

PROSIDING



Seminar Nasional Teknik Elektro VI 2021 (SENTER VI 2021)

UIN Sunan Gunung Djati Bandung

**“ Menyongsong Revolusi Industri 4.0
Di Era New Normal ”**

Jurusan Teknik Elektro UIN Sunan Gunung Djati Bandung

Studi Masa Pakai Baterai Pada Panel Surya

Study of Battery Lifetime in Solar Panels

Samsurizal¹, Sulthon Adi Jaya²

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro, Institut Teknologi PLN
Jalan Lingkar Luar Barat, Duri Kosambi, Cengkareng, Jakarta 11750
samsurizal@itpln.ac.id¹, sulthon1711242@itpln.ac.id²

Abstrak – Pada sistem pembangkit tenaga surya dengan sistem Off-Grid diperlukan sebuah baterai sebagai sistem penyimpanan energi yang dihasilkan dari Solar panel. Masa pakai dan usia layak pakaisebuah baterai dipengaruhi beberapa faktor, oleh karenanya perlu diketahui seberapa besar tingkat persentase rata-rata Depth of Discharge (DoD) sebuah baterai, serta banyaknya siklus harian yang dipakai oleh baterai selama digunakan. Pada penelitian ini jenis baterai yang di pakai adalah Lithium Iron Phosphate (LiFePo₄) dengan kapasitas nominalnya sebesar 45.875 Watt berjumlah 8 buah, masing-masing baterai mempunyai kapasitas 51.2V 112Ah yang disusun secara seri. Dari hasil penelitian didapatkan hasil tingkat persentase Depth of Discharge (DoD) sebesar 54.11%, jumlah siklus yang sudah terpakai sebanyak 15 kali siklus dan rata-rata siklus harian adalah 0.5 siklus, dengan rata-rata Discharging harian sebesar 24.281 kWh dan Charging 57.223 kWh. Sehingga perkiraan sisa umur baterai Lithium Iron Phosphate (LiFePo₄) 48 Tahun 2 Bulan 9 Hari atau setara dengan siklus baterai sebanyak 8.813 kali siklus.

Kata Kunci: *depth of discharge, umur baterai, energi penyimpanan*

Abstract – In a solar power generation system with an Off-Grid system, a battery is needed as an energy storage system produced from Solar panels. The service life and useful life of a battery are influenced by several factors, therefore it is necessary to know how big the percentage level of the average Depth of Discharge (DoD) of a battery, as well as the number of daily cycles used by the battery during use. In this study, the type of battery used is Lithium Iron Phosphate (LiFePo₄) with a nominal capacity of 45,875 Watts totaling 8 pieces, each battery has a capacity of 51.2V 112Ah which is arranged in series. From the results of the study, it was found that the percentage level of Depth of Discharge (DoD) was 54.11%, the number of cycles that had been used was 15 cycles and the average daily cycle was 0.5 cycles, with an average daily Discharging of 24,281 kWh and Charging 57,223 kWh. So the estimated remaining life of the Lithium Iron Phosphate (LiFePo₄) battery is 48 Years 2 Months 9 Days or equivalent to 8,813 cycles of the battery.

Keywords: *Depth of Discharge, Battery Life, Energy Storage*

1. Pendahuluan

Solar PV (*Photovoltaik*) yang sekarang beredar sudah sangat baik kualitasnya, terlebih ditambah dengan kemajuan teknologi dan riset yang menjadikan efisiensi pada solar pv semakin baik dan tinggi. Sejak sistem energi masuk ke dalam bangunan ini dianggap tidak hanya dari titik konsumsi yang dilihat, tetapi juga dari produksi energi, dan, sampai batas tertentu, sebagai penyimpanan energi, dengan cara ini, bangunan adalah salah satunya platform paling menarik untuk menerapkan energi pintar teknologi dan sistem energi terintegrasi untuk meningkat pasokan energi terbarukan, dan efisiensi energi[1]. Disisi lainnya, ada kendala utama dibalik

SENTER VI 2021, 18 November 2021, pp. 01-13

ISBN: 978-602-60581-7-1

berkembangnya Energi Terbarukan di Indonesia. Yaitu *Energy Storage System* (ESS), yakni salah satu komponen penting dalam pemasangan instalasi PLTS. Baterai berfungsi sebagai penyimpan dan penyuplai energi listrik. Karena baterai sebagai penyimpan dan suplai arus listrik yang sangat baik dan mudah dalam penggunaan, maka baterai sangat banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari [2]. Penyimpan energi listrik dengan *Energy Storage System* (ESS) ini digunakan untuk menyimpan energi sebagai penyuplai pengganti pengoperasian pembangkit yang mahal saat beban puncak serta pemanfaatan sumber energi murah pada saat luar beban puncak untuk sumber pengisian (*charging*) ESS [3].

Ada beberapa baterai yang cocok untuk dijadikan sebagai ESS (*Energy Storage System*) dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yaitu *Lead Acid Battery*, *Valve-Regulated Lead Acid Battery* (VRLA), dan *Lithium Battery*. Ketiganya memiliki keunggulan dan kelemahannya masing-masing. Kemudian memilih jenis baterai untuk PLTS cukup rumit, karena ada beberapa hal yang perlu kita tahu dan pahami sebelum memilih baterai seperti kapasitas baterai, berapa tegangan yang keluar, siklus (*cycle*) efek baterai, DoD (Depth of discharge), dan lainnya masih banyak lagi. Sehingga jika kita sudah paham maka akan kecil kemungkinan kita salah dalam memilih baterai yang ideal.

Baterai yang berkualitas, dan mahal sekalipun jika penggunaannya tidak benar akan mengakibatkan umur baterai tidak akan bertahan lama, dan cenderung cepat rusak. Kesalahan yang sering banyak terjadi di masyarakat adalah seperti *overcharge* ini terjadi akibat baterai sudah kondisi 100% tetapi masih dalam keadaan *Charging*. Kondisi ini bisa menyebabkan terjadinya elektrolisis sehingga nantinya akan terbentuknya gas serta hilangnya air dalam baterai. Kemudian pengaturan beban yang tidak seimbang akan mengakibatkan baterai cepat rusak. Maka dari itu perlu adanya pengaturan yang optimal dan tepat sasaran, serta pengetahuan tentang perawatan baterai agar energi listrik yang dihasilkan dapat dimanfaatkan secara maksimal dalam penyimpanan baterai dan bisa bertahan lama.

2. Metode Penelitian

2.1. Baterai Lithium Ion

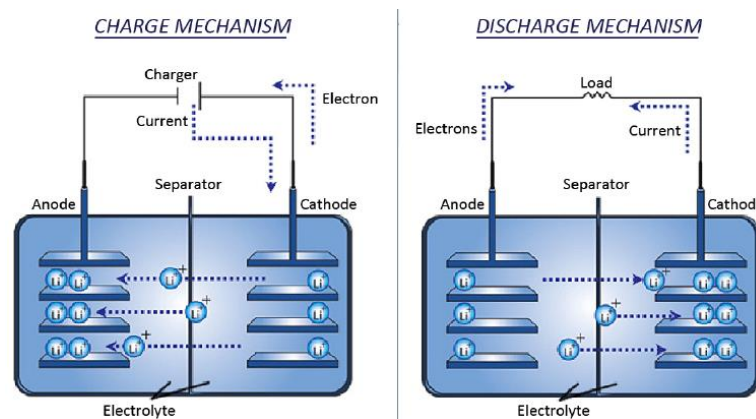
Baterai (Battery) adalah sebuah alat yang dapat merubah energi kimia reversible yang disimpannya menjadi energi Listrik yang dapat digunakan oleh suatu perangkat Elektronik. Baterai lithium-ion telah digunakan sebagai media penyimpan energi listrik portabel karena memiliki densitas energi tinggi dan siklus hidup yang panjang serta sebagai bahan pada katoda yang lebih murah, aman serta ramah lingkungan [4]. Baterai lithium-ion mempunyai densitas energi dan tegangan yang cukup tinggi serta mempunyai *lifecycle* yang panjang diantara jenis baterai lainnya. Lithium Iron Phosphate (LiFePO₄) telah diperkenalkan sebagai bahan untuk katoda pada baterai Li-ion oleh Padhi et al. pada tahun 1997. Baterai LiFePO₄ merupakan baterai lithium yang memiliki C-LiFePO₄ pada katoda dan grafit atau karbon yang diinterkalasi dengan lithium pada anoda [5]. LiFePO₄ memiliki berbagai keunggulan diantaranya berbiaya rendah, tegangan kerja tinggi (kurva tegangan mendekati linear pada 3.4 V dibandingkan dengan bahan lithium), kapasitas spesifik tinggi (170 mAh/g dibandingkan 100 mAh/g pada LiCoO₂), memiliki kestabilan yang baik pada suhu tinggi, life cycle yang panjang (lebih dari 1000 siklus pemakaian) dan ramah lingkungan [4].



Gambar 1. Baterai LiFePO4 Storion-T50/T100

2.2. Analisa Variasi Charge / Discharge Daya Baterai

Baterai merupakan komponen penting pada pembangkit listrik tenaga surya, yang berfungsi untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya sehingga listrik tetap dapat digunakan pada malam hari [6]. Pada saat Charge atau pengisian daya, terjadi pengisian energi listrik ke baterai yang berasal dari sumber PLN atau bisa saja dari Solar PV yang kita install yang nantinya daya yang dihasilkan akan di simpan ke dalam baterai. Fase ini disebut dengan proses oksidasi di katoda dan terjadi proses reduksi pada anoda yang disertai dengan terjadinya aliran perpindahan elektron dari katoda ke anoda. Sedangkan pada saat Discharge atau pelepasan daya listrik, terjadi pengosongan dari baterai ke beban seperti lampu, AC, handphone, televisi dan sebagainya. Pada fase pelepasan daya, terjadi proses oksidasi di anoda dan proses reduksi di katoda serta terjadi perpindahan elektron dari anoda ke katoda.



Gambar 2. Reaksi Kimia Charging dan Discharging

2.3. Metode Perhitungan Perkiraan Umur Baterai Berdasarkan Perbedaan Kondisi Charge/Discharge

a. Kapasitas Nominal Baterai

Pada penelitian ini menggunakan 8 buah baterai Lithium Iron Phosphate (LiFePO₄) yang disusun secara seri dengan kapasitas masing-masing baterai adalah 51.2V 112Ah. Baterai lithium-ion telah digunakan sebagai media penyimpanan energi listrik portabel karena memiliki densitas energi tinggi dan siklus hidup yang panjang serta sebagai bahan pada katoda yang lebih murah, aman serta ramah lingkungan [4]. Maka untuk mencari kapasitas nominal baterai adalah :

$$Kapasitas\ Nominal\ Baterai = Jumlah\ Baterai \times Kapasitas\ Baterai \tag{1}$$

b. Depth of Discharge (DoD) Baterai

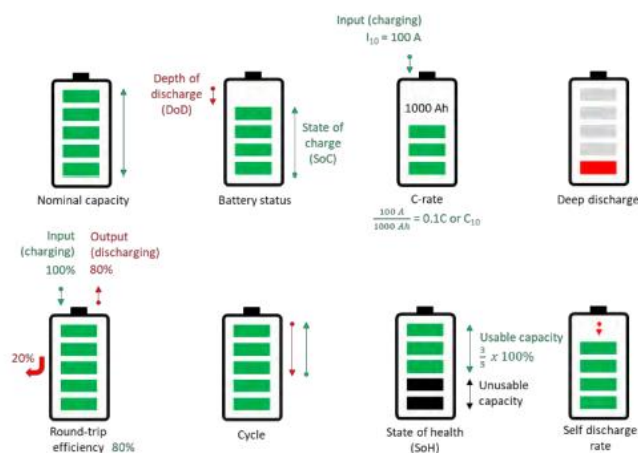
Depth of Discharge (DOD) adalah suatu ketentuan yang membatasi tingkat kedalaman discharge maksimum yang dapat diberlakukan pada baterai tersebut. Pengaturan DOD berperan dalam menjaga usia pakai (life time) dari baterai tersebut. Semakin dalam DOD yang diberlakukan pada suatu baterai, maka semakin pendek pula usia pakai dari baterai tersebut. Berikut ini adalah tabel yang menunjukkan hubungan antara DOD dan usia pakai dari suatu baterai [7]. Jadi semakin dalam nilai DoD nya, maka semakin sedikit jumlah cycle umur pakai sebuah baterai. Untuk mencapai minimum 1.825 siklus (5 tahun) pada temperatur 20° C, DoD dari baterai tidak boleh lebih tinggi dari sekitar 75% [8].

Untuk memperkirakan tingkat DoD suatu baterai, pertama-tama yang kita harus lakukan adalah dengan menghitung rata-rata discharge (Daya yang digunakan) pada baterai selama pemakaian dalam sehari. Kemudian ini dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut :

$$DoD = \frac{Rata-rata\ discharge\ harian\ daya\ baterai}{Kapasitas\ Baterai} \tag{2}$$

2.4. Memperkirakan Siklus Baterai Yang Telah Dilalui

Satu kali (1x) urutan pengisian dan pengosongan penuh dilakukan baterai sebelum turun dari kapasitas nominal yang sudah ditentukan yaitu 70-90% dari kapasitas penuhnya. Pada baterai Lead Acid normalnya adalah mencapai 2000 cycle atau kalau dihitung dalam hari mencapai 5 tahun beroperasi.



Gambar 3. Kondisi-kondisi Baterai

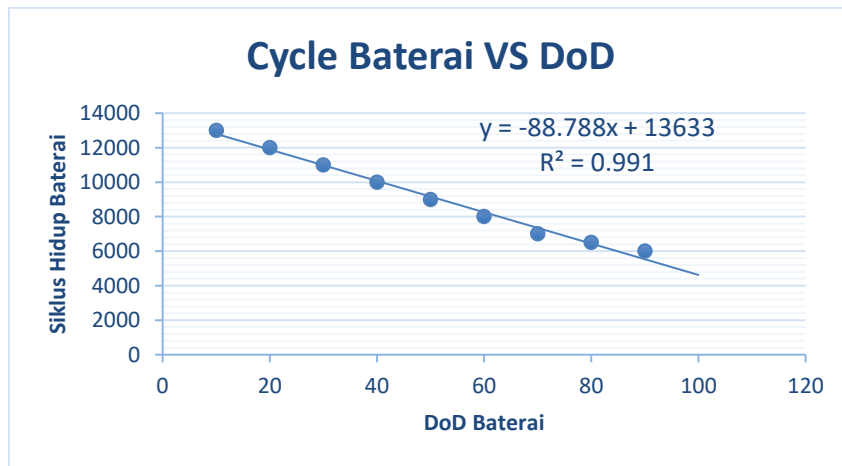
Banyaknya cycle yang digunakan dipengaruhi oleh tingkat DoD pada baterai. Untuk memperkirakan siklus yang telah di lalui baterai pertama-tama harus menghitung rata-rata siklus baterai perhari selama baterai tersebut digunakan [9]. Maka persamaannya adalah :

$$Rata-rata siklus baterai perhari = \frac{\sum Rata-rata siklus baterai setiap hari}{banyak hari baterai selama pemakaian} \tag{3}$$

Setelah penulis mendapatkan rata-rata siklus baterai perhari, maka dapat menghitung jumlah siklus yang telah dilalui dengan persamaan berikut :

$$Jumlah Siklus yang sudah dilalui = \frac{Rata-rata siklus baterai prthari}{banyak hari baterai selama pemakaian} \tag{4}$$

- a. Memperkirakan jumlah battery lifecycle (siklus hidup baterai) berdasarkan tingkat DoD. Dalam menganalisis dan memperkirakan jumlah cycle (siklus) berdasarkan tingkat DoD baterai dapat dilakukan dengan metode pendekatan regresi pada kurva DoD vs lifecycle baterai LiFePo₄ Alpha ESS STORION Series T50/T100. Dibawah ini adalah hasil dari regresi polynominal kurva DoD vs Lifecycle baterai LiFePo₄ Alpha ESS STORION Series T50/T100 :



Gambar 4. Hasil Regresi kurva DoD vs Lifecycle baterai

Dari hasil regresi grafik gambar 4 untuk mencari lifecycle baterai terhadap tingkat DoD baterai LiFePo₄ Alpha ESS STORION Series T50/T100 dapat menggunakan persamaan berikut :

$$Lifecycle maksimum = -88.788 \times (\%DoD) + 13633 \tag{5}$$

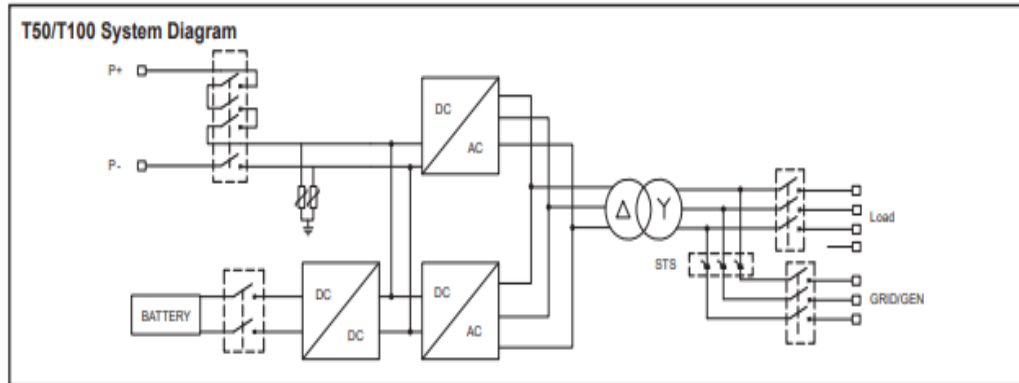
2.5. Memperkirakan Sisa Umur Baterai

Setiap baterai memiliki siklus hidupnya, jumlah nya bergantung pada jenis baterai apa yang digunakan. Baterai jenis Lithium Iron Phosphate (LiFePo₄) adalah jenis baterai Lithium yang umumnya memiliki jumlah siklus lebih banyak dari pada jenis baterai lainnya. Agar mendapatkan waktu perkiraan sisa umur baterai dalam hari dapat mencarinya dengan persamaan berikut :

$$Sisa umur baterai = \frac{Cycle maksimum - cycle dilalui}{rata-rata siklus baterai perhari} \tag{6}$$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Spesifikasi PLTS

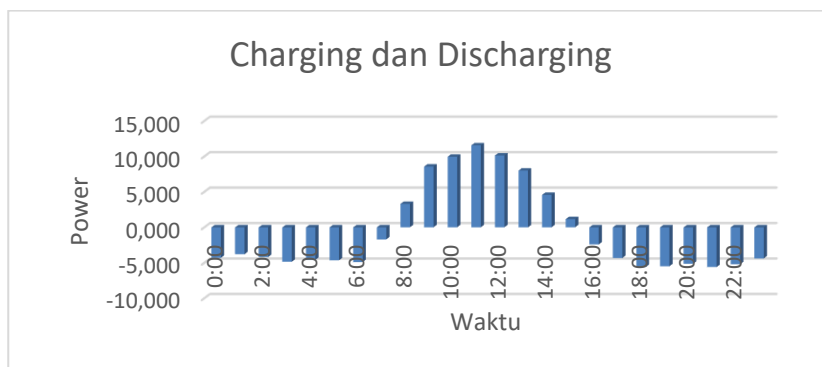


Gambar 5. Gambar Single Line Diagram

Dalam proses penginstalan PLTS tersebut memiliki beberapa komponen penyusun, diantaranya:

1. 102 buah PV module, kapasitas daya output @350 Wp. Sehingga total kapasitas daya output PV module maksimal adalah 35.700 Wp. Jika efisiensi modul 65% maka total daya adalah 23.100 Wp.
2. 3 buah string yang terhubung ke inverter. Kapasitas daya output masing-masing string berbeda 6.300 Wp, 12.600 Wp, dan 16.800 Wp, total 35.700 Wp.
3. 2 buah inverter on-grid, masing-masing memiliki kapasitas 20.000 Watt dan 2000 Watt.
4. 1 buah bidirectional converter kapasitas 50.000 Watt.
5. 8 buah baterai LiFePo₄ dengan total kapasitas 45.875 Watt.
6. Serta komponen-komponen lainnya seperti, DC protection (DC isolator switch, DC Fuse Holder, DC surge arrester), AC Protection (MCB), Kabel, dll.

Bidirectional DC-DC konverter berfungsi sebagai mode boost dan mode buck. Bidirectional DC-DC converter akan berfungsi sebagai mode buck pada saat ada energi listrik lebih yang dihasilkan dari panel surya. Artinya pada saat panel surya menghasilkan daya yang maksimal sehingga dapat memenuhi daya beban secara langsung dan sisanya dapat digunakan untuk proses pengisian baterai. Bidirectional converter akan berfungsi sebagai mode boost pada saat daya yang dihasilkan dari panel surya tidak mampu memenuhi untuk beban. Sehingga baterai akan memberikan sumber tegangan / daya pada beban [10].



Gambar 6. Grafik Rata-rata Charging dan Discharging daya baterai tiap 1 jam dalam sehari

Berdasarkan data grafik PLTS rooftop gambar 6 didapatkan bahwa charge daya baterai lebih besar dari pada discharge daya yang dikonsumsi oleh beban. Hal ini dikarenakan pada saat siang hari daya output dari PV yang kelebihan akan disimpan oleh baterai (charging) dengan rata 57.223 kW dan rata-rata daya discharging setiap jam nya 24.281 kW. Dari data grafik diatas 4.6 dapat dilihat jika pada saat pukul 08:00 sampai dengan pukul 15:00 kurang lebih ada waktu 8 jam untuk baterai melakukan charging serta pada pukul 11:00 daya listrik yang dihasilkan oleh solar panel tinggi yang menandakan saat itu juga suplai daya puncak terjadi pada jam 11 siang. Dan grafik akan menurun setelah itu hingga ke pukul 15:00. Baterai yang digunakan pada instalasi PLTS rooftop ini adalah jenis baterai Lithium Iron Phosphate (LiFePO₄) dengan kapasitas baterai 112 Ah dan tegangan nominal 51.2 V sebanyak 8 buah.

3.2. Perkiraan persentase DoD Baterai Berdasarkan Rata-rata Charge dan Discharge.

Agar mendapatkan nilai persentase DoD (Depth of Discharge) pada suatu baterai kita harus mengetahui variasi data charge dan discharge. Berikut ini adalah variasi data charge dan discharge daya setiap per satu jam dalam satu hari selama periode 13/04/2020 hingga 12/05/2020 yang didapatkan dari bidirectional DC-DC Converter owner.

Tabel 1 Rata-rata Charge dan Discharge baterai (kWh) tiap satu jam perhari

Waktu	Load (kW)	
	Discharging	Charging
2:00	4.182	0.000
3:00	4.835	0.000
4:00	4.581	0.000
5:00	4.637	0.000
6:00	4.897	0.008
7:00	4.168	2.467
	Discharging	Charging
8:00	4.516	3.299
9:00	4.920	8.563
10:00	5.573	9.952
11:00	5.306	11.562
12:00	5.937	10.129
13:00	6.567	8.003
14:00	6.565	4.569
15:00	6.851	1.147
16:00	6.273	3.868
	Beban	Grid PLN
17:00	5.193	4.325
18:00	5.585	5.584
19:00	5.479	5.478
20:00	5.133	5.132
21:00	5.588	5.588
22:00	5.191	5.190

Waktu	Load (kW)	
	Discharging	Charging
23:00	4.382	4.382
24:00	4.313	4.312
01:00	3.78	4.0373

Pada Tabel 1 merupakan data rata-rata Charge dan Discharge daya setiap satu jam. Maka dapat dihitung dengan persamaan 2 diperoleh hasil.

Jumlah rata-rata discharge daya selama periode 13/04/2020 hingga 12/05/2020 adalah :
 = 24.281 kWp per satu jam

Setelah mendapatkan nilai rata-rata discharge daya per satu jam selama 30 hari, maka dapat dihitung perkiraan rata-rata persentase DoD

$$\begin{aligned}
 \text{Perkiraan rata-rata persentase } DoD &= \frac{\sum \text{Rata-rata discharge harian daya baterai}}{\text{Kapasitas Baterai}} \\
 &= \frac{24.281}{45.875} \times 100\% \\
 &= 54.11 \%
 \end{aligned}$$

Maka dapat kita asumsikan bahwa Depth of Discharge baterai adalah sebesar 54.11 %. Kemudian dari nilai ini akan didapat mencari nilai rata-rata siklus yang dipakai oleh baterai sehari sampai dengan 30 hari.

3.3. Perkiraan persentase DoD berdasarkan data daya listrik harian baterai.

Memprediksi tingkat presentase DoD baterai juga dapat dilakukan dengan menggunakan data charge dan discharge daya baterai dari kWh meter pada bidirectional inverter. Dibawah ini adalah data charge dan discharge daya baterai dari kWh padav bidirectional inverter.

Tabel 2. Rata-rata charge dan discharge (kWh) berdasarkan data energi harian baterai

Hari	Load (kW)	Hari	Load (kW)	Hari	Load (kW)
	Discharging		Discharging		Discharging
1	26.48	11	29.24	21	26.02
2	28.58	12	30.68	22	24.9
3	23.78	13	30.06	23	26.76
4	26.98	14	28.48	24	29.7
5	23.66	15	25.6	25	28.3
6	26.38	16	27.14	26	30.62
7	27.42	17	24.22	27	25.32
8	28.16	18	25.79	28	27.42
9	26.9	19	28.56	29	27.68
10	28.36	20	28.12	30	27.68

Jumlah rata-rata discharge daya = 27.300 kWh

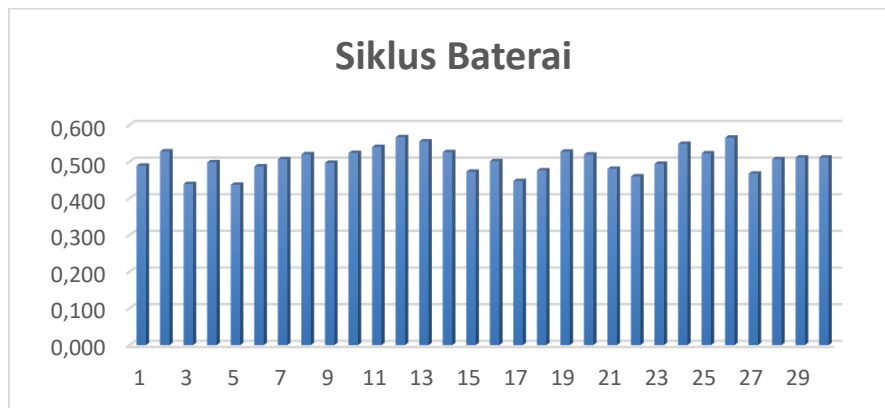
$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata persentase DoD} &= \frac{\sum \text{Rata-rata discharge harian daya baterai}}{\text{Kapasitas Baterai}} \\
 &= \frac{27.300 \text{ kWh}}{45.875 \text{ kWh}} \times 100\% \\
 &= 59.53 \%
 \end{aligned}$$

Maka dapat kita asumsikan bahwa Depth of Discharge baterai adalah sebesar 59.53% dari hasil rata-rata penggunaan charge dan discharge satu hari. kemudian dari nilai ini akan didapat mencari nilai rata-rata siklus yang dipakai oleh baterai sehari sampai dengan 30 hari Dari hasil persentase rata-rata tingkat DoD berdasarkan data charge dan discharge diatas, penulis menggunakan data charge dan discharging daya tiap 1 jam. Sehingga tingkat rata-rata kedalaman DoD (Depth of Discharge) adalah 54.11% dari total kapasitas nominalnya atau besarnya rata-rata discharge daya baterai perharinya adalah sebesar :

$$54.11 \% \times 45.875 \text{ kWh} = 24.824 \text{ kWh}$$

3.4. Perkiraan Jumlah Siklus Hidup dan Siklus Harian Baterai.

Setiap baterai memiliki siklus hidupnya, jumlah nya bergantung pada jenis baterai apa yang digunakan. Baterai jenis Lithium Iron Phosphate (LiFePO₄) adalah jenis baterai Lithium yang umumnya memiliki jumlah siklus lebih banyak dari pada jenis baterai lainnya.



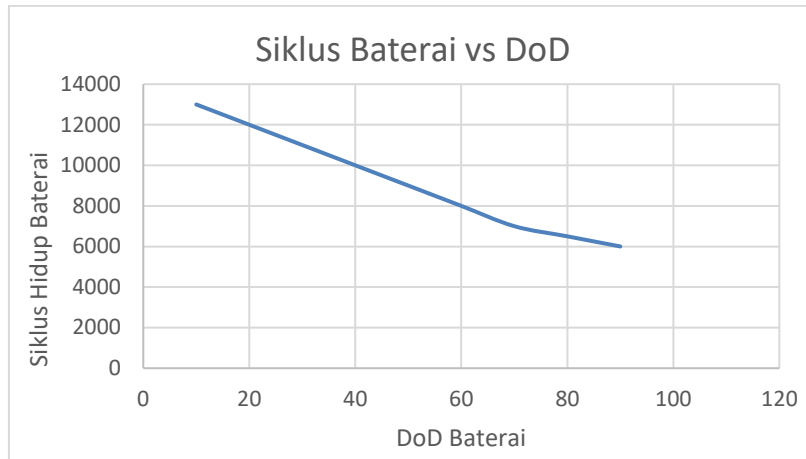
Gambar 7. Grafik siklus baterai perhari

Banyaknya siklus yang telah di lalui baterai selama kurun waktu 30 hari 13/04/2020 hingga 12/05/2020 adalah sebanyak 15 siklus charge dan discharge baterai.

Maka, jumlah rata-rata siklus harian baterai adalah :

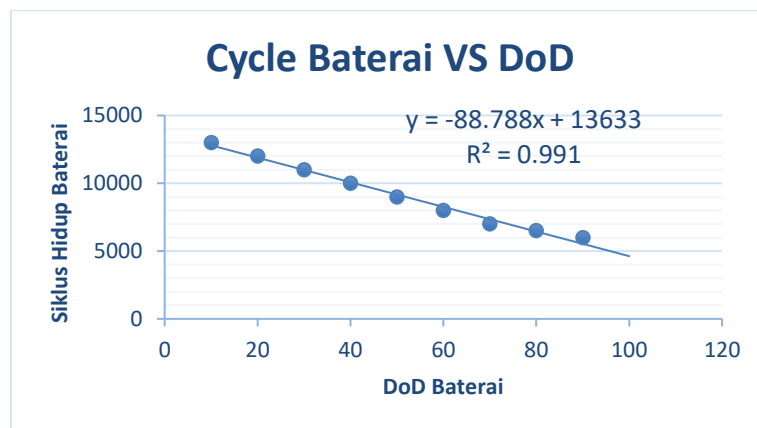
$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata siklus harian baterai} &= 15/30 \text{ hari} \\
 &= 0.5 \text{ siklus/hari}
 \end{aligned}$$

Siklus hidup sebuah baterai tidak bisa hanya dihitung dengan menggunakan satu parameter saja. Penulis juga menggunakan satu metode lagi dengan memperkirakan berapa jumlah siklus baterai tersebut berdasarkan data grafik Baterai Cycle vs tingkat DoD baterai yang didapatkan pendekatan dengan cara membuat grafik dan mencari nilai regresi pada Gambar Grafik 4 agar nantinya mendapatkan rumus hubungan keduanya antara siklus baterai vs tingkat DoD baterai. Berikut adalah gambar kurva hubungan siklus baterai vs tingkat DoD baterai.



Gambar 8. Grafik siklus baterai vs DoD

Berdasarkan data Gambar grafik diatas perkiraan jumlah siklus hidup baterai, maka untuk mendapatkan persamaan untuk mencari nilai jumlah siklus hidup baterai berdasarkan tingkat DoD dengan meregresi. Sehingga mendapatkan hasil nilai regresi dari grafik tersebut adalah :



Gambar 9. Hasil regresi grafik siklus hidup baterai vs DoD

Nilai perkiraan persentase rata-rata tingkat DoD baterai adalah sebesar 54.11%, maka banyaknya siklus hidup yang dapat dilakukan sebuah baterai sepanjang masa hidupnya dan pemakaian adalah sebanyak :

$$\begin{aligned}
 \text{Banyak siklus hidup} &= -88.788 (\text{DoD}) + 13633 \\
 &= -88.788 (54.11\%) + 13633 \\
 &= 8.828 \text{ siklus hidup}
 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan jumlah siklus baterai pada persentase DoD 54.11% adalah sebanyak 8.828 siklus baterai. Yang artinya adalah baterai akan benar-benar habis dan tidak bisa dipakai lagi jika sudah mencapai 8.828 kali siklus.

3.5. Perkiraan Usia Umur Baterai

Untuk bisa mendapatkan perkiraan umur baterai penulis menggunakan data hasil perhitungan sebelumnya sebagai berikut :

1. Perkiraan banyaknya siklus baterai sesuai persentase DoD:

- 54.11 % DoD = 8.828 siklus hidup baterai
2. Rata-rata jumlah siklus baterai perhari :
1 hari = 0.5 siklus
 3. Banyaknya hari baterai beroperasi :
Dari data operasional baterai mulai 13 April 2020 sampai dengan 12 Mei 2020 = 30 hari
 4. Banyaknya siklus yang telah dilalui baterai berdasarkan data charge/discharge daya baterai :
Siklus yang telah dilakukan = 15 siklus

Menghitung sisa siklus hidup baterai yang tersisa :

$$= \text{siklus hidup baterai sesuai tingkat persentase DoD} - \text{siklus}$$

baterai yang telah dilakukan

$$= 8.828 \text{ siklus} - 15 \text{ siklus} = 8.813 \text{ siklus}$$

Sehingga, baterai Lithium Iron Phosphate (LiFePo₄) Customer PT. WEDOSOLAR INDONESIA yang terletak di Ciputat Tangerang memiliki tingkat persentase DoD rata-rata 54.11 %. Yang hanya bisa melakukan siklus baterai sebanyak 8.813 siklus lagi dari total sebelumnya adalah 8.828 siklus hidup baterai.

Sehingga dengan menggunakan persamaan 6 didapatkan sisa umur baterai :

$$\begin{aligned} \text{Sisa umur baterai} &= \frac{\text{Cycle maksimum} - \text{cycle dilalui}}{\text{rata-rata siklus baterai perhari}} \\ &= \frac{8.813 \text{ siklus}}{0.5 \frac{\text{siklus}}{\text{hari}}} \\ &= 17.626 \text{ Hari} \end{aligned}$$

Maka dari hasil diatas dapat dikonversikan ke dalam tahun, bulan dan hari adalah :

$$\begin{aligned} &= 17.626 \text{ Hari} / 1 \text{ Tahun} \\ &= 17.626 \text{ Hari} / 365 \text{ hari} \\ &= 48,290411 \text{ Tahun} \\ &= 48 \text{ tahun } 2 \text{ Bulan } 9 \text{ Hari} \end{aligned}$$

Dapat diperkirakan apabila baterai dioperasikan dengan tingkat persentase DoD sebesar 54.11 % dari total nominal baterai, maka baterai dapat bertahan hingga 48 tahun 2 bulan 9 hari kedepan, yaitu hingga siklus baterai habis sampai 8.813 kali silus.

3.6. Pengoperasian Yang Dianjurkan

Dari hasil perhitungan yang sudah diketahui diatas, bahwa pada pengoperasian baterai terutama Depth of Discharge atau DoD yang dipakai adalah berkisaran 50-55 %. Kemudian jumlah siklus yang masih dan akan bisa dilakukan sebesar 8.813 kali siklus atau jika di konversikan ke bentuk hari adalah 48 tahun 2 bulan 9 hari. Sebenarnya jika penulis melihat dari manual book yang di keluarkan oleh perusahaan Alpha ESS Co., Ltd.tentang produk yang mereka keluarkan khususnya pada Energy Storage System (ESS) Storion-T50/T100 (Off-grid, Indoor) penggunaan tingkat persentase Depth of Discharge (DoD) itu bisa mencapai ke tingkat 90% sesuai dengan anjuran maual book. Dan siklus yang bisa baterai dari jenis baterai Lithium Iron Phosphate (LiFePo₄) tempuh ≥ 6000 kali siklus atau bisa konversikan ke dalam hari berkisar 16 tahunan jika penggunaan nya hingga 90% pada tingkat persentase DoD nya. Maka dari situ bisa

memaksimalkan persentase tingkat DoD pada baterai sehingga efisiensi baterai tinggi dan pemakaian daya bisa terpakai secara maksimal.

Tabel 3. Spesifikasi baterai Storion-T50/T100

System Configuration				
Model	Storion-T50		Storion-T100	
Output Power	50 kW		100 kW	
Max. Input PV Power	110 kW		220 kW	
Capacity Range	28.7 kWh ~ 1032.2 kWh (90% DoD)			
Battery Chemistry	LFP (LiFePO ₄)			
IP Protection	IP20/IP54 (Container Design)			
Warranty	3 year product warranty / 10 year performance warranty			
Inverter Technical Specification				
Max. Input PV Current	110 A	220 A	Off-Grid Voltage Range	360 ~ 440 V
PV Voltage Range	520 ~ 900 V		Rated Frequency	50/60 Hz
MPPT Number	1		Backup	UPS (with STS Module)
Battery Voltage Range	250 ~ 520V		Display	7 Inch Touch LCD
Max. Battery Charge Current	150 A	300 A	Operating Temperature Range	-10°C ~ 50°C*
Max. Battery Charge Power	50 kW	100 kW	Dimension (W x D x H)	800 mm x 800 mm x 2160 mm
Phase	Three-Phase		Weight	520 kg 750 kg
Rated Voltage	400 V		Grid Regulation	AS 4777.2/3
Grid Voltage Range	340 ~ 460 V		Safety	IEC 62109-1&2
Battery & BMS Technical Specification				
Module Model	M48112-S			
Module Capacity	5.7 kWh			
Module Weight	65 kg			
Module Dimension	450 mm x 580 mm x 165 mm			
Cycle Life	≥ 6000			
Max. Charge/Discharge Current	112A (1C)			
BMU Model	HV900112 (TOP BMU required with more than one cluster)			
Modules Connection	4 ~ 9 in series in one cluster			
Clusters Connection	Max. 20 clusters in parallel			

4. Kesimpulan

Setelah melakukan analisis serta perhitungan, perancangan, dan implementasi, maka diperoleh kesimpulan :

1. Kapasitas nominal baterai adalah 45.875 Watt dengan total baterai 8 pcs masing-masing memiliki kapasitas 51.2 V 112Ah.
2. Baterai Lithium Iron Phosphate (LiFePO₄) Storion-T50/T100 memiliki jumlah rata-rata Charging (pengisian) yang lebih besar yaitu 57.223 kWh dari pada jumlah rata-rata Discharge (Pelepasan) pada baterai yaitu 24.281 kWh.
3. Baterai Lithium Iron Phosphate (LiFePO₄) Storion-T50/T100 memiliki tingkat persentase rata-rata Depth of Discharge (DoD) sebesar 54.11%
4. Jumlah siklus yang sudah dilakukan oleh baterai mulai 13/04/2020 sampai dengan 12/05/2020 adalah 15 silus dengan rata-rata siklus per harinya adalah 0.5 siklus.
5. Jumlah siklus hidup yang bisa dilakukan oleh baterai Lithium Iron Phosphate (LiFePO₄) Storion-T50/T100 dengan rata-rata DoD 54.11% adalah sebanyak 8.813 kali siklus hidup
6. Perkiraan baterai Lithium Iron Phosphate (LiFePO₄) Storion-T50/T100 dapat bertahan hidup dan bisa digunakan selama kurang lebih 48 Tahun 2 Bulan 9 Hari.
7. Hasil perkiraan diatas adalah tidak memperhitungkan faktor suhu ruangan tempat baterai, rugi-rugi instalasi, rugi-rugi panas pada saat pengukuran tegangan dan hambatan dalam dari baterai.

Referensi

- [1] V. Stepaniuk, J. Pillai, and B. Bak-Jensen, "Battery Energy Storage Management for Smart Residential Buildings," Proc. - 2018 53rd Int. Univ. Power Eng. Conf. UPEC 2018, no. August 2019, 2018, doi: 10.1109/UPEC.2018.8541980.
- [2] R. M. Hamid *et al.*, "Rancang Bangun Charger Baterai Untuk Kebutuhan," vol. 4, no. 2, pp. 130–136, 2016.
- [3] A. V. Sanella, "Kajian Kelayakan Energy Storage System (ESS) Kapasitas 30 Mw Sebagai Implementasi Program Demand Side Management (Dsm) Pada Sistem Sulawesi Utara - Gorontalo," 2020.
- [4] A. Satriady, W. Alamsyah, A. H. I. Saad, and S. Hidayat, "Pengaruh Luas Elektroda Terhadap Karakteristik Baterai Lifepo 4," vol. 06, no. 02, pp. 43–48, 2016.
- [5] A. D. dan N. Widjanarko, Pipit Wahyu Nugroho, "Studi Implementasi Small PLTS Off Grid Berbasis Baterai Lifepo4 Pada Rumah Tinggal Daya Tenaga Surya 200 W," vol. 13, no. 2, pp. 10–14, 2019.
- [6] A. Ainuddin, S. Manjang, and F. A. Samman, "Sistem Pengendali Pengisian Baterai pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya," vol. 21, no. 02, pp. 16–24, 2017.
- [7] M. Roal, "Peningkatan Efisiensi Energi Menggunakan Baterai Dengan Kendali Otomatis Penerangan Ruang Kelas Berbasis PLTS," vol. 7, no. 2, pp. 12–19, 2015.
- [8] ing. B. Ramadhani, Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dos & Don ' ts. 2018.
- [9] Alwan Farras, "Prediksi Umur Dan Tingkat Kesehatan Baterai Valve Regulated Lead Acid Jenis Lead Carbon Berdasarkan Variasi Charge/Discharge Daya Baterai Di PLTS 1mw Cirata," *Skripsi*, 2019.
- [10] L. Pradigta, S. Raharja, R. P. Eviningsih, I. Ferdiansyah, and D. S. Yanaratri, "Perancangan Dan Implementasi DC-DC Bidirectional Converter Dengan Sumber Energi Listrik Dari Panel Surya Dan Baterai Untuk Pemenuhan Kebutuhan Daya Listrik Beban Di kawasan Indonesia sangat tepat untuk menerapkan Renewable Energy dengan memanfaatkan sina," vol. 7, no. 2, 2019.
- [11] Widjanarko, Pipit Wahyu Nugroho, A. D. dan N. *Studi Implementasi Small PLTS Off Grid Berbasis Baterai Lifepo4 Pada Rumah Tinggal Daya Tenaga Surya 200 W. 13(2)*, 10–14. 2019
- [12] Reddy, D. L. and T. B. Handbook Of Batteries. In The McGraw-Hill Companies, Inc. 2011 <https://doi.org/10.1002/9780470933886.ch1>
- [13] Il-Kuen Won, Do-Yun Kim, Jun-Ha Hwang, Jung-Hyo Lee, C.-Y. W. LifetimeManagement Method of Lithium-ion battery for Energy Storage System. 2015

ID: 04

Pengendalian Keselamatan, Kesehatan, Keamanan Kerja dan Lingkungan Pada *Inclining Test* Kapal

Control of Health Safety and Environment in Ship Inclining Test

Aris Hermawan^{1,*}

¹Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111, telp.(0231) 5994251/fax. 031-5923465
Ariesh2007@gmail.com^{1*}, pasca_its@its.ac.id¹

Abstrak – Keselamatan, kesehatan dan keamanan kerja serta lingkungan hidup merupakan aspek yang harus diutamakan dalam lingkungan kerja dengan tujuan untuk mencegah kecelakaan dan penyakit akibat kerja. Sedangkan dalam proses *Inclining test* kapal, memiliki tingkat resiko yang cukup tinggi terhadap K3L. Dalam pengendalian risiko K3L terdapat hirarki pengendalian risiko yang bertujuan untuk meningkatkan nilai K3L dan meminimalisir risiko K3L. Tujuan penelitian yang hendak dicapai adalah: 1) Mengetahui pengendalian K3L. 2) Mengetahui *inclining test* kapal. 3) Mengetahui pengendalian K3L pada *inclining test* kapal. Jenis Penelitian menggunakan metode penelitian deskriptif, dengan pendekatan kualitatif, Fokus pengamatan adalah pengendalian K3L dan *Inclining test* kapal. Berdasarkan ISO 45001, 2018 ada 5 tahap hirarki pengendalian risiko yaitu Eliminasi, Substitusi, Rekayasa teknik dan reorganisasi, Pengendalian Administrasi, APD (Alat pelindung diri). Berdasarkan BKI, 2015 tahapan prosedur *inclining test* yaitu: a) persiapan umum. b) pengujian kemiringan. Pengendalian K3L yang dapat dilaksanakan pada *inclining test* kapal yaitu: 1) eliminasi pada *inclining test* kapal, 2) pengendalian administrasi pada *inclining test* kapal, 3) APD pada *inclining test* kapal.

Kata Kunci: Pengendalian K3L, *Inclining test* kapal

Abstract – Occupational safety, health and security as well as the environment are aspects that must be prioritized in the work environment with the aim of preventing accidents and occupational diseases. Meanwhile, in the process of *inclining the ship*, it has a fairly high level of risk to HSE. In controlling HSE risk, there is a risk control hierarchy that aims to increase the value of HSE and minimize HSE risk. The research objectives to be achieved are: 1) Knowing HSE control. 2) Knowing the *inclining test* of the ship. 3) Knowing HSE control on ship *inclining test*. This type of research uses a descriptive research method, with a qualitative approach, the focus of the observation is HSE control and ship *Inclining test*. Based on ISO 45001, 2018 there are 5 stages of the risk control hierarchy, namely Elimination, Substitution, Engineering and reorganization, Administrative Control, PPE (Personal Protective Equipment). Based on BKI, 2015 the stages of the *inclining test* procedure are: a) general preparation. b) *inclining test*. HSE controls that can be implemented on the ship *inclining test* are: 1) elimination in the ship *inclining test*, 2) administrative control on the ship *inclining test*, 3) PPE on the ship *inclining test*.

Keywords: HSE Control, *Inclining test* ship.

1. Pendahuluan

Keselamatan, kesehatan dan keamanan kerja serta lingkungan hidup merupakan aspek yang harus diutamakan dalam lingkungan kerja. Keselamatan adalah merujuk pada perlindungan terhadap kesejahteraan fisik seseorang terhadap cedera yang terkait dengan pekerjaan (Mathis dan Jackson, 2002). Dan tujuan dari Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) adalah untuk mencegah kecelakaan dan penyakit akibat kerja (UU No. 1 tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja). Sedangkan Tujuan hirarki pengendalian risiko adalah untuk menyediakan pendekatan sistematis

guna peningkatan keselamatan dan kesehatan, mengeliminasi bahaya dan mengurangi atau mengendalikan risiko keselamatan dan kesehatan kerja. Berikut adalah 5 tahap hirarki pengendalian risiko berdasarkan ISO 45001, 2018 yaitu: 1) Eliminasi berarti menghilangkan bahaya. 2) Substitusi mengganti sesuatu yang berbahaya dengan sesuatu yang memiliki bahaya lebih sedikit. 3) Rekayasa teknik dan reorganisasi dari pekerjaan merupakan tahapan untuk memberikan perlindungan pekerja secara kolektif. 4) Pengendalian Administrasi yakni memberikan peraturan-peraturan terkait dengan keselamatan dan kesehatan kerja yang dibuat. 5) APD (Alat pelindung diri) menurut Peraturan Menteri Tenaga Kerja nomor 8 Tahun 2010 adalah suatu alat yang mempunyai kemampuan untuk melindungi seseorang yang fungsinya mengisolasi sebagian atau seluruh tubuh dari potensi bahaya di tempat kerja.

Dalam kegiatan pemasangan atau pelepasan material baru dalam sebuah kapal, pada umumnya dilaksanakan kegiatan inclining test kapal. Inclining test adalah suatu kegiatan yang bertujuan untuk mengetahui bobot kosong kapal dan mengetahui titik G kapal sehingga dapat diketahui berapa besar perubahan bobot kosong kapal dan perubahan titik G kapal. Sebagai upaya untuk mengoptimalkan pelaksanaan Inclining test, K3L menjadi isu penting. Dengan adanya pengamalan K3L yang baik dan benar, diharapkan penyelenggaraan inclining test dapat berjalan dengan lancar dan aman serta Zero Accident.

Makalah ini akan membahas tentang pengendalian K3L pada kegiatan Inclining test kapal di perusahaan galangan kapal. Beberapa permasalahan masih terjadi terkait dengan K3L sehingga pelaksanaan inclining test kapal kurang optimal. Berdasarkan pada paparan dan permasalahan yang dihadapi oleh perusahaan galangan kapal terkait dengan K3L, maka peneliti akan meneliti tentang K3L dengan judul : “pengendalian keselamatan, kesehatan, keamanan kerja dan lingkungan dalam kegiatan inclining test kapal di galangan kapal”.

Pengendalian K3L pada Satgas pemasangan meriam diimplementasikan berupa eliminasi, pengendalian administrasi dan penggunaan APD. Berdasarkan permasalahan yang dihadapi terkait dengan pengendalian K3L, maka permasalahan tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut : 1) Bagaimana pengendalian K3L? 2) Bagaimana inclining test kapal? 3) Bagaimana pengendalian K3L pada inclining test kapal?

Berdasarkan rumusan masalah di atas, bahwa tujuan penelitian yang hendak dicapai adalah : 1) Mengetahui pengendalian K3L. 2) Mengetahui inclining test kapal. 3) Mengetahui pengendalian K3L pada inclining test kapal.

Melalui penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi berbagai pihak, diantaranya adalah: 1) Dapat memberikan kontribusi dalam pemahaman, penerapan dan pengembangan sumber daya manusia terutama terkait dengan pengendalian K3L pada inclining test kapal. 2) Dapat dijadikan sebagai acuan untuk melakukan penelitian lanjutan berkaitan dengan pengendalian K3L pada inclining test kapal. 3) Dapat dijadikan sebagai masukan bagi pimpinan dan pihak-pihak terkait dan menyusun serta merumuskan kebijakan yang berkaitan dengan pengendalian K3L pada inclining test kapal. 4) Dapat menjadi sebuah referensi dengan sudut pandang yang berbeda.

2. Metode Penelitian

Jenis Penelitian menggunakan metode penelitian deskriptif. Menurut Nazir (1988) dalam Buku Contoh Metode Penelitian, metode deskriptif merupakan suatu metode dalam meneliti status sekelompok manusia, suatu objek, suatu set kondisi, suatu sistem pemikiran ataupun suatu kelas peristiwa pada masa sekarang. Tujuan dari penelitian deskriptif ini adalah untuk membuat deskripsi, gambaran, atau lukisan secara sistematis, faktual dan akurat mengenai fakta-fakta, sifat-sifat serta hubungan antarfenomena yang diselidiki.

Untuk metode pendekatan yang digunakan adalah pendekatan kualitatif. Menurut Sukmadinata (2005) dasar penelitian kualitatif adalah konstruktivisme yang berasumsi bahwa kenyataan itu berdimensi jamak, interaktif dan suatu pertukaran pengalaman sosial yang diinterpretasikan oleh setiap individu. Peneliti kualitatif percaya bahwa kebenaran adalah dinamis

dan dapat ditemukan hanya melalui penelaahan terhadap orang-orang melalui interaksinya dengan situasi sosial mereka (Danim, 2002).

Menurut Moloeng (2000), fokus penelitian di maksudkan untuk membatasi penelitian guna memilih mana data yang relevan dan yang tidak relevan, agar tidak di masukkan ke dalam sejumlah data yang sedang di kumpulkan, walaupun data itu menarik. Perumusan fokus masalah dalam penelitian kualitatif bersifat tentatif, artinya penyempurnaan rumusan fokus atau masalah masih tetap di lakukan sewaktu penelitian sudah berada di lapangan. Fokus pengamatan dalam penelitian ini adalah pengendalian K3L dan inclining test kapal

Dimensi dan sub dimensi merupakan kriteria-kriteria apa sajakah yang akan diamati untuk menjawab dan menjelaskan permasalahan penelitian yang diajukan. (Hartati Sri, 2016). Dimensi dalam penelitian ini terdiri dari: 1) Pengendalian K3L: a) Bagaimana eliminasi K3L. b) Bagaimana Pengendalian Administrasi K3L. c) Bagaimana penggunaan APD K3L. 2) Inclining test kapal: a) bagaimana tahap persiapan umum inclining test. b) Bagaimana tahap pengujian inclining test. 3) Pengendalian K3L pada inclining test kapal: a) Bagaimana eliminasi K3L pada inclining test kapal. b) Bagaimana Pengendalian Administrasi K3L pada inclining test kapal. c) Bagaimana penggunaan APD K3L pada inclining test kapal.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Penelitian

3.1.1. Hierarki Pengendalian Resiko

Hirarki Pengendalian Risiko dijelaskan pada poin A.8.1.2 dari ISO 45001 tentang Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja. Hirarki Pengendalian Risiko ini merupakan hal dasar yang harus dipahami oleh seluruh praktisi keselamatan dan kesehatan kerja karena akan menjadi dasar dalam pengambilan keputusan terkait dengan pengendalian risiko kelak. Tujuan hirarki pengendalian risiko adalah untuk menyediakan pendekatan sistematis guna peningkatan keselamatan dan kesehatan, mengeliminasi bahaya dan mengurangi atau mengendalikan risiko keselamatan dan kesehatan kerja. Dalam hirarki pengendalian bahaya, pengendalian yang lebih atas disepakati lebih efektif daripada pengendalian yang lebih bawah. Kita bisa mengkombinasikan beberapa pengendalian risiko dengan tujuan agar berhasil dalam mengurangi risiko terkait dengan keselamatan dan kesehatan kerja kepada level yang serendah mungkin yang dapat dikerjakan dengan pertimbangan (*as low as reasonably practicable*). Berikut adalah 5 tahap hirarki pengendalian risiko berdasarkan ISO 45001, 2018: 1) Eliminasi berarti menghilangkan bahaya. 2) Substitusi mengganti sesuatu yang berbahaya dengan sesuatu yang memiliki bahaya lebih sedikit. 3) Rekayasa teknik dan reorganisasi dari pekerjaan merupakan tahapan untuk memberikan perlindungan pekerja secara kolektif. 4) Pengendalian Administrasi yakni memberikan peraturan-peraturan terkait dengan keselamatan dan kesehatan kerja yang dibuat. 5) APD (Alat pelindung diri) menurut Peraturan Menteri Tenaga Kerja nomor 8 Tahun 2010 adalah suatu alat yang mempunyai kemampuan untuk melindungi seseorang yang fungsinya mengisolasi sebagian atau seluruh tubuh dari potensi bahaya di tempat kerja.

3.1.2. Inclining Test

Inclining test merupakan prosedur yang dilaksanakan untuk mendapatkan secara akurat berat dan titik berat kapal kosong (BKI, 2015). Petunjuk ini merupakan suatu rekomendasi. Ada dua tahap prosedur Inclining test kapal yakni tahap persiapan umum dan tahap pengujian.

3.1.2.1. Pesiapan Umum

Kegiatan persiapan umum pada inclining adalah sebagai berikut:

1. Informasi yang harus dikirim

Informasi yang berisi tanggal dan lokasi pengujian, personil yang bertanggung jawab, stabilitas, beban pengujian, urutan pemindahan beban dan lain-lain, harus disampaikan ke BKI sebelum pengujian dilaksanakan. Informasi berikut juga harus tersedia pada saat pelaksanaan pengujian kemiringan: Gambar Rencana Umum, Rencana Kapasitas Tangki, Kurva Hidrostatik, Lokasi tanda sarat (draft mark)

2. Kondisi Pengujian Kemiringan

- a. Kapal harus sedapat mungkin mendekati penyelesaian akhir. Alat-alat yang digunakan oleh pihak galangan kapal diusahakan sesedikit mungkin. Sebelum pelaksanaan pengujian kemiringan, daftar semua barang yang akan dinaikan ke kapal, diturunkan atau dipindahkan lokasinya harus disiapkan. Berat dan lokasi barang-barang tersebut harus dicatat dengan akurat. Umumnya, jumlah total barang yang belum terpasang dikapal tidak boleh melebihi 2% dan beban tambahan selain air ballas, tidak melebihi 4% dari berat kapal kosong. Untuk kapal kecil, prosentase tersebut boleh lebih besar.
- b. Semua barang harus dijaga agar tetap pada posisinya. Barang yang dapat berayun atau mudah bergeser harus terikat di tempatnya. Apabila terdapat kemungkinan lebih dari satu penyimpanan, maka posisi penyimpanan barang selama pelaksanaan pengujian berlangsung harus dicatat.
- c. Kapal harus dibersihkan dari sisa muatan, alat kerja, puing-puing, perancah dan salju. Tidak diperbolehkan adanya es yang terbentuk pada permukaan dalam dan luar, termasuk lambung kapal bawah air.
- d. Semua air got dan cairan di ruang terbuka harus dibersihkan. Jika pengeringan masing-masing tangki tidak memungkinkan, maka jumlah cairan yang diizinkan harus mendapat persetujuan dari BKI.
- e. Semua tangki servis dan pipa-pipa permesinan harus terisi sesuai kondisi kerjanya.
- f. Secara umum, hanya personil yang bertugas dalam pengujian kemiringan yang boleh berada di kapal.
- g. Semua ruangan harus aman untuk diperiksa.

3. Isi Tangki

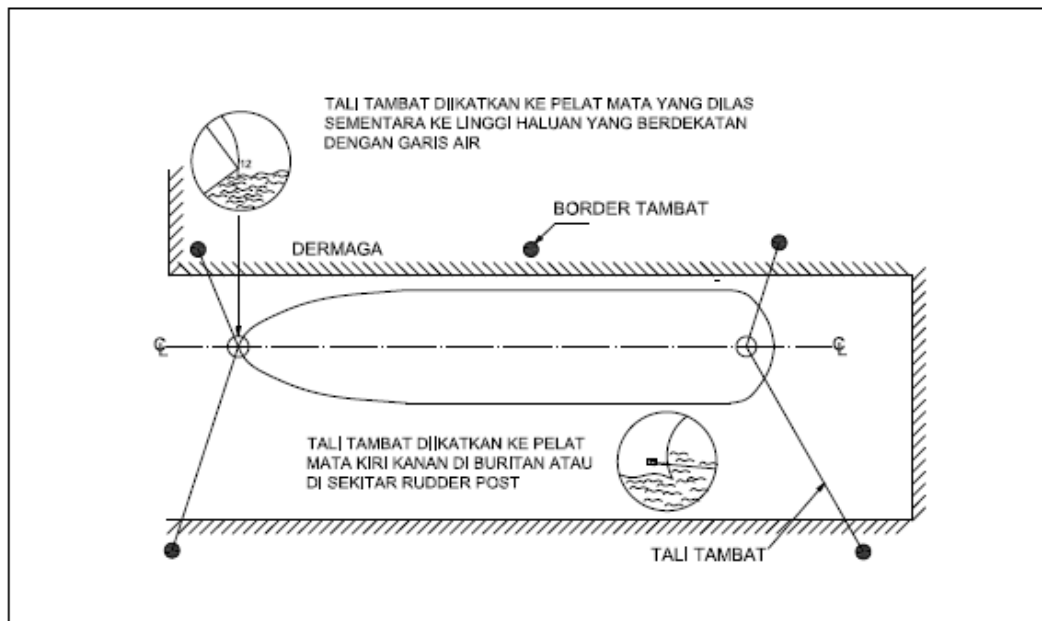
- a. Diusahakan agar semua tangki berada dalam kondisi penuh atau kosong. Jumlah tangki yang berisi cairan diusahakan sesedikit mungkin.
- b. Pengukuran Volume (sounding) dan masa jenis cairan dalam tangki harus dilakukan. Bentuk tangki yang tidak terisi penuh harus diketahui untuk menentukan pengaruh permukaan bebas cairan.
- c. Langkah-langkah yang memadai harus diambil untuk mencegah adanya kantong udara di tangka yang terisi penuh. Semua sambungan antar tangki harus ditutup dan tangki yang kosong harus dalam kondisi kering.

4. Pengaturan Penambatan dan Kondisi Lingkungan

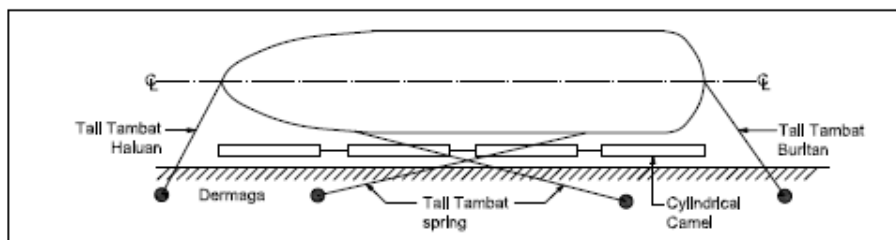
- a. Tali tambat harus bebas dari tegangan pada arah melintang kapal selama pembacaan akibat adanya perpindahan masing-masing beban. Tidak boleh ada momen dari luar yang bekerja pada kapal (dari tali tambat, dermaga dan lain-lain). Sedapat mungkin kapal harus berada di perairan yang tenang, daerah yang terlindung dan bebas dari pengaruh gaya luar.
- b. Kedalaman perairan dibawah lambung kapal harus mencukupi untuk menjamin bahwa lambung kapal benar-benar tidak menyentuh dasar perairan. Sebelum pengujian,

kedalaman perairan harus diukur pada beberapa lokasi untuk memastikan bahwa persyaratan ini terpenuhi, dengan mempertimbangkan perubahan pasang surut jika ada.

- c. Idealnya tata susunan penambatan meliputi tali haluan dan buritan pada kedua sisi kapal yang diikat sedekat mungkin dengan garis tengah kapal (centre-line), lihat Gambar 1. Tali tambat memanjang harus sepanjang mungkin. Umumnya, kapal hanya ditambat dengan tali tambat di haluan dan di buritan pada salah satu sisi kapal dan dilengkapi dengan tali tambat silang (spring lines), lihat Gambar 2. Apabila satu tali di haluan atau buritan saja yang akan dipakai, Suveryor harus yakin bahwa gerak bebas kapal tidak mempengaruhi pelaksanaan pengujian tersebut.



Gambar 1. Tali tambat memanjang



Gambar 2. Tali tambat silang

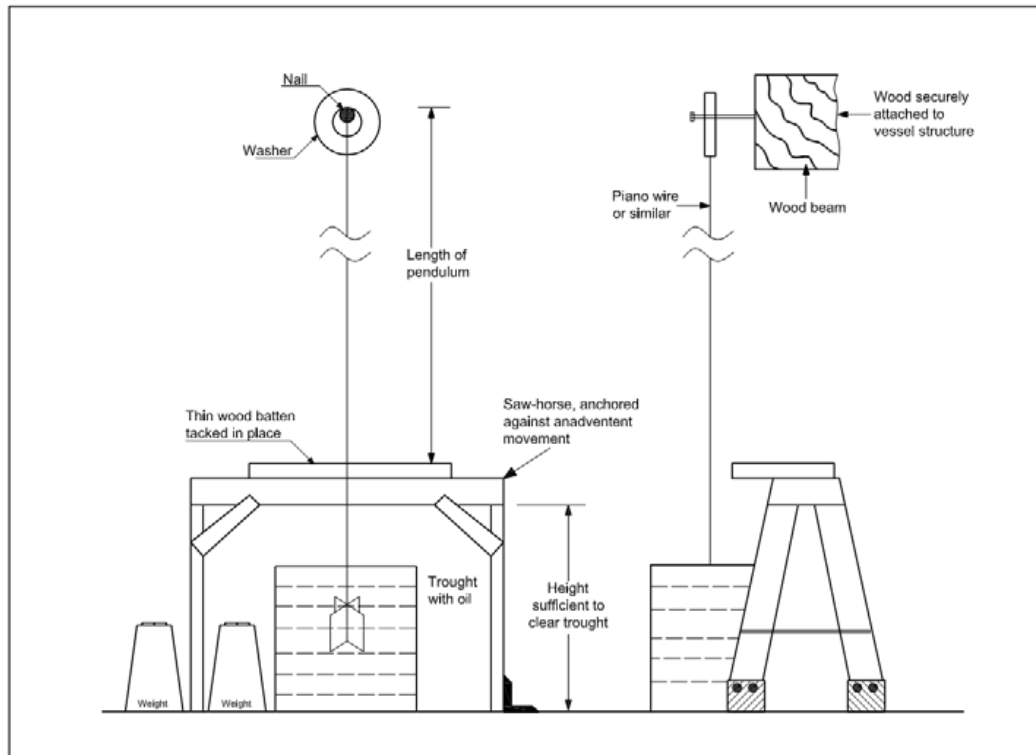
- d. Kapal boleh ditambat dengan cara lain yang disetujui oleh BKI.
- e. Apabila terjadi arus pasang surut, maka pengujian agar dilakukan pada saat perbedaan pasang surut yang kecil.
- f. Tangga akomodasi harus diikat pada tempatnya dan tangga dari darat harus dilepas selama pengujian. Kabel, selang dll, yang harus tetap terhubung diusahakan agar dalam keadaan kendur.
- g. Pengujian tidak boleh dilakukan pada kondisi angin, ombak dan arus yang buruk, karena akan menyebabkan hasil pengujian yang tidak akurat.

5. Beban Uji

- a. Untuk pengujian kemiringan, sebaiknya digunakan beban uji berupa benda padat.
- b. Penggunaan perpindahan air balas untuk memiringkan kapal hanya boleh digunakan apabila tidak memungkinkan memiringkan kapal dengan beban uji yang padat. Apabila digunakan dengan cara perpindahan air balas, prosedur rincinya, termasuk prosedur perhitungannya harus dikirimkan ke BKI untuk disetujui sebelum dilakukan pengujian.
- c. Total beban uji harus cukup untuk memiringkan kapal paling sedikit 1 derajat dan paling besar 4 derajat pada setiap sisi kapal terhitung dari posisi awal. Akan tetapi, bila tidak memungkinkan untuk mencapai kemiringan sebesar 1 derajat dengan menggunakan beban padat atau air balas, maka sudut kemiringan yang lebih kecil dapat diterima dengan catatan persyaratan simpangan bandul atau selisih tinggi cairan tabung U sebagaimana ditentukan dalam 6.a. terpenuhi.
- d. Setiap beban uji harus beban yang menyatu, tahan air dan dibentuk sedemikian rupa sehingga titik beratnya dapat ditentukan dengan tepat. Dianjurkan agar beban uji jumlahnya tidak kurang dari empat buah (atau kelompok beban), masing-masing diperkirakan memiliki berat yang sama dan beban uji (kelompok beban uji) berada pada posisi yang simetris dan sejajar dengan garis tengah kapal, berada di tempat yang mudah dipindahkan dan mudah pengukurannya.
- e. Setiap beban uji harus diberi tanda dengan diberi nomor identifikasi. Beban uji harus ditimbang dengan disaksikan oleh Suveryor BKI menggunakan peralatan yang telah dikalibrasi.

6. Bandul dan Peralatannya

- a. Dianjurkan untuk menggunakan 3 buah alat ukur untuk menentukan kemiringan kapal setelah masing-masing beban dipindahkan ke sisi yang lain, namun sedikitnya 2 buah peralatan yang digunakan, dimana salah satu dari peralatan tersebut menggunakan bandul atau tabung berbentuk U. Panjang dan pengaturan bandul/tabung U harus sedemikian rupa untuk menjamin ketepatan pembacaan simpangan. Simpangan minimum ke salah satu sisi kapal dari posisi semula setelah perpindahan seluruh beban uji harus mencapai 15 cm.
- b. Penggunaan stabilograf juga dapat diterima dengan catatan kalibrasi dari alat tersebut telah diverifikasi dan disetujui oleh Suveryor sebelum pengujian dilaksanakan. Urutan pola kemiringan kapal harus dilampirkan pada laporan pengujian.
- c. Rencana bandul dan peralatannya seperti tampak pada Gambar 3.



Gambar 3. Bandul

7. Tim dan Stabilitas

- a. Kapal harus pada posisi tegak sebelum dimiringkan. Posisi awal kemiringan kapal yang diijinkan tidak lebih dari 0,5 derajat.
- b. Trim yang berlebihan harus dihindari untuk bentuk-bentuk badan kapal tertentu pada daerah yang akan mengakibatkan perubahan bentuk bidang garis air pada saat kapal miring. Kondisi tersebut harus dipertimbangkan dalam menentukan sarat dan trim yang sesuai untuk pengujian.
- c. Personil yang melaksanakan pengujian harus yakin bahwa kapal memiliki stabilitas yang memadai, stabilitas positif dan tegangan yang timbul masih dapat diterima selama pengujian berlangsung. Perkiraan Tinggi Metasentra (GM0) paling sedikit adalah 0,20 m.

3.1.2.2. Pengujian Kemiringan dan Pencatatan Data

1. Penanggungjawab

Personil yang kompeten bertanggung jawab terhadap persiapan dan pelaksanaan pengujian kemiringan.

2. Keakuratan Data

Pengambilan data pengujian kemiringan harus seakurat mungkin dan harus sesuai persetujuan Surveyor BKI yang ditugaskan.

3. Pengukuran Sarat Air dan Masa Jenis Air

- a. Sarat air/lambung timbul harus diukur menjelang dan setelah pengujian untuk memastikan bahwa tidak ada perubahan yang signifikan terhadap kondisi kapal selama pengujian.
- b. Sarat air/lambung timbul harus diukur pada tanda sarat haluan, buritan dan tengah kapal pada kedua sisi. Apabila lambung timbul tidak diukur dari tepi atas garis

geledak pada sisi kapal dari geledak lambung timbul atau pada gading yang sama lokasinya dengan tanda sarat, maka lokasi dan data vertikalnya harus dinyatakan.

- c. Perahu yang memadai dengan lambung timbul yang kecil harus tersedia untuk pengukuran sarat air.
 - d. Untuk mengontrol ketepatan pengukuran sarat air, dianjurkan untuk menggambar 2 garis air berdasarkan pembacaan sarat air dan dengan yang diukur berdasarkan lambung timbul. Bila pengukuran tepat, maka kedua garis air akan berhimpit. Dalam hal kedua garis air tidak berhimpit, maka pengukuran tambahan harus dilakukan.
 - e. Sejumlah contoh air yang cukup harus diambil pada lokasi dan kedalaman yang sesuai untuk memperoleh hasil pemeriksaan massa jenis air yang tepat.
- 4. Pemindahan Beban Pengujian**
- a. Dua urutan pemindahan beban uji yang direkomendasikan dapat dilihat sesuai Tabel 1.

Tabel 1. Tabel Pemindahan Beban Pengujian Kemiringan

Urutan pemindahan beban	Jumlah beban atau kelompok beban			
	Empat		Enam	
	Kiri	Kanan	kiri	kanan
0	2, 4	1, 3	2, 4, 6	1, 3, 5
1	4	1, 2, 3	4,6	1,2,3,5
2		1, 2, 3, 4		1,2,3,4,5, 6
3	1	234	6	1,2,3,4,5
4	13	24	2,4,6	1,3,5
5	123	4	1,2,3,4,6	5
6	123 4		1,2,3,4,5, 6	
7	234	1	1, 2,4,6	3,5
8	24	13	2,4,6	1,3,5
Kiri dan Kanan menunjukkan posisi sebelah kiri dan sebelah kanan kapal. Nomor yang diberi garis dibawahnya menyatakan posisi beban atau kelompok beban yang terakhir dipindahkan				

- b. Posisi beban uji harus diberi tanda diatas geladak untuk menjamin bahwa pemindahan dilakukan dengan konsisten. Jarak pergeseran beban melintang harus sejauh mungkin dan perubahan yang cukup besar pada posisi beban secara memanjang dan vertikal ketika beban digeser dari kiri ke kanan atau sebaliknya harus dihindari.
- c. Panjang bandul harus diukur dari titik pusat ayunan sampai dengan papan untuk pembacaan simpangan.
- d. Pembacaan simpangan bandul atau tabung U pada papan pencatat dapat dilakukan dengan salah satu cara berikut ini: 1) Pada akhir posisi stabil dari bandul atau kolom cairan setelah berhentinya gerakan kapal akibat pergeseran beban uji. 2) dengan cara menentukan harga rata-rata dari sisa simpangan (osilasi).
- e. Apabila menggunakan peralatan yang lain, sudut kemiringan dicatat mengikuti petunjuk dari peralatan tersebut.

- f. Pemeriksaan setiap alat ukur harus dilakukan selama pengujian berlangsung. Pada umumnya penggambaran titik-titik yang merupakan fungsi dari sudut kemiringan dengan momen akibat perpindahan beban akan berada pada garis lurus yang melewati sumbu perpotongan absis dan ordinat (0,0). Apabila terjadi penyimpangan titik, baik titik yang tepat pada perpindahan beban maupun titik pada garis lurus, maka simpangan dan momen harus diperiksa dan dikoreksi sebelum perpindahan beban uji berikutnya.
- g. Personil pelaksana diinstruksikan tetap ditempat tugasnya ketika sedang dilakukan pembacaan data kemiringan kapal, dan dilakukan pemeriksaan terhadap semua tali tambat dll, harus berada dalam keadaan kendor setelah beban dipindahkan sampai seluruh pembacaan data kemiringan kapal selesai dilaksanakan.

5. Data Penting Lainnya

- a. Jika pengujian kemiringan kapal dilakukan dengan cara perpindahan air, berat dan titik berat cairan yang dipindahkan harus dapat dihitung dengan tepat, terkait dengan kemiringan dan trim kapal.
- b. Kondisi cuaca antara lain kecepatan dan arah angin terhadap kapal, kondisi perairan, temperature udara dan air selama pengujian kemiringan dilakukan harus dicatat.

3.2. Pembahasan

3.2.1. Pengendalian K3L Pada Proses Inclining Test Kapal

Pengendalian K3L di Satgas mengacu pada ISO 45001: 2018 diantaranya eliminasi, pengendalian administrasi dan APD (Alat Pelindung Diri).

3.2.1.1. Eliminasi

Kegiatan K3L untuk menghilangkan bahaya yang dapat dilaksanakan adalah:

- a. Pada saat pengosongan peralatan di luar daftar inventaris kapal, agar dilaksanakan pembersihan peralatan yang tidak digunakan/yang mengganggu kegiatan inclining test kapal, pembersihkan serpihan-serpihan gram, serpihan las dan sampah-sampah, menyingkirkan kaleng cat, kaleng tinner, sisa muatan, alat kerja, puing-puing, perancah, tenda, membersihkan lantai dari tumpahan oli dan sebagainya, melaksanakan penyimpanan barang yang mudah pecah, bergeser selama pelaksanaan pengujian berlangsung, melaksanakan pengecekan keamanan ruangan-ruangan. Sampah agar dipisahkan sesuai kategori dan segera diangkut agar tidak mencemari dermaga.
- b. Pada saat pengosongan tangki-tangki bahan bakar, oli dan limbah, agar dilaksanakan penghisapan menggunakan pompa hisap dan selang. Bahan bakar, oli dan limbah agar dikumpulkan di dalam drum. Hal ini bertujuan agar bahan bakar, oli dan limbah tidak mencemari lingkungan dan mengganggu kesehatan manusia. Untuk selang yang menjulur di dermaga dari kapal ke drum agar diberikan protective cover agar tidak berbahaya saat ada kendaraan atau personel yang melintas.

3.2.1.2. Pengendalian Administrasi

Pengendalian risiko dan bahaya dengan peraturan-peraturan terkait dengan keselamatan dan kesehatan kerja yang dibuat dalam pelaksanaan inclining test adalah sebagai berikut:

- a. Pengecekan jumlah personel yang mengikuti kegiatan Inclining test. Agar dipastikan jumlah personel yang mengikuti sama baik sebelum maupun sesudah. Dalam kondisi gelap/malam hari agar dilaksanakan pengecekan fisik.

- b. Pengecekan APD yang digunakan personel. Agar dipastikan tiap personel menggunakan APD wajib dan APD tambahan sesuai dengan pekerjaan yang dilaksanakan baik sebelum atau saat pelaksanaan.
- c. Pengecekan kondisi jasmani dan rohani personel dengan dibantu tim medis. Pada masa pandemic covid-19 ini, agar tim medis mengecek surat vaksin dan hasil swab personel yang mengikuti kegiatan inclining tes. Hal ini untuk pencegahan penyebaran virus covid-19. Disamping itu juga dilaksanakan pengecekan kondisi kesehatan personel saat itu. Hal ini untuk memastikan bahwa personel yang terlibat kegiatan dalam kondisi sehat jasmani dan rohani sehingga tidak membahayakan diri sendiri dan orang lain.
- d. Pengecekan kelaikan material dan peralatan kerja. Agar dilaksanakan pengecekan material dan peralatan kerja sebelum memulai pekerjaan baik secara administrasi maupun secara teknis. Hal yang paling utama saat proses inclining adalah Crane. Kemampuan beban crane harus dapat dipastikan baik secara administrasi maupun teknis. Selanjutnya adalah perahu karet, harus dipastikan perahu dalam kondisi tidak bocor. Sehingga peralatan tersebut apabila dioperasikan tidak mencelakai personel.
- e. Melaksanakan briefing SOP kegiatan inclining test kapal. Pentingnya briefing SOP kegiatan inclining adalah untuk memastikan bahwa tiap personel memahami tugas dan tanggung jawabnya, kapan dan dimana sehingga tidak mengganggu personel yang lain dalam melaksanakan tugas dan tanggung jawabnya.
- f. Melaksanakan briefing K3L selama kegiatan inclining test kapal. Hal ini penting dilaksanakan agar tiap personel menyadari resiko masing masing tugas dan tanggung jawabnya sehingga tidak membahayakan diri sendiri dan orang lain.
- g. Melaksanakan pengawasan saat pelaksanaan inclining. Pada saat pengosongan tangki-tangki bahan bakar, oli, dan limbah agar diinstruksikan tidak ada personel yang merokok. Pada saat pelaksanaan kegiatan inclining test, setiap personel yang membahayakan K3L harus ditegur.
- h. Membuat Work permit/ijin kerja. Ijin kerja berisikan waktu dan tempat kerja, jenis ijin pekerjaan, APD yang diperlukan, intruksi pekerjaan baik secara teknis SOP maupun terkait K3L, serta penanggung jawab pekerjaan. Hal ini diperlukan sebagai panduan dalam bekerja.
- i. Membuat laporan kegiatan Inclining test terkait pelaksanaan K3L. Agar hasil pelaksanaan K3LH dalam kegiatan inclining dapat terukur maka diperlukan laporan kegiatan yang berisikan rekap personil dan materiil yang terlibat kegiatan, item pengendalian K3L yang dilaksanakan, tahap persiapan, tahap pelaksanaan dan hasil akhir kegiatan.

3.2.1.3. Alat Pelindung Diri

- a. APD Wajib (katelpak, helm, sepatu safety). Helm berfungsi untuk menjaga kepala dari resiko terbentur dengan benda keras, atau kejatuhan material. Sepatu safety berfungsi menjaga kaki dari benturan, benda keras dan aliran listrik. Dan katelpak untuk menjaga badan dari bahaya benda asing atau panas sehingga tidak langsung mengenai kulit. APD wajib ini harus digunakan disetiap kegiatan. Pada tahap pengujian dilaksanakan perpindahan beban uji menggunakan cran dari kanan ke kiri sehingga tanpa menggunakan helm hal ini sangat beresiko.
- b. Kacamata safety digunakan untuk melindungi mata dari bahaya benda asing. APD ini dapat digunakan saat pembersihan/pengosongan muatan kapal diluar daftar inventaris, pemasangan perancah bandul dan kegiatan yang memiliki potensi bahaya terhadap mata.
- c. Lifejacket berfungsi untuk melindungi diri agar tidak tenggelam saat terjatuh di laut. APD ini digunakan saat pengecekan draft kapal menggunakan perahu karet.
- d. Senter digunakan untuk memberikan penerangan di area yang gelap. Senter dapat digunakan saat pengecekan ruangan-ruangan, pengecekan tangka-tangki,

- pengecekan draft kapal dan sekitar kapal apabila dilaksanakan malam hari dan lain sebagainya.
- e. Sarung tangan digunakan untuk melindungi tangan dari resiko panas, gesekan, benda tajam dll. Sarung tangan dapat digunakan saat proses pengaturan tali tambat, pembersihan, perakitan perancah bandul dan lain sebagainya.
 - f. Masker merupakan alat pelindung mulut dan hidung dari benda asing, asap, bau menyengat, virus dan bakteri. Pada masa pandemic, masker wajib digunakan setiap waktu. Dan khususnya saat pembersihan ruangan ruangan dan tangki-tangki diwajibkan menggunakan masker.
 - g. APAR (Alat Pemadam Api Ringan) berfungsi untuk memadamkan api apabila terjadi kebakaran. APD ini dapat digunakan saat pengosongan bahan bakar, saat terdapat pekerjaan panas (las/gerinda) pada pembuatan perancah bandul dan lainnya.
 - h. Kotak P3K berfungsi sebagai alat keselamatan pertama saat terjadi kecelakaan kerja. Apd ini standby setiap saat selama pekerjaan inclining test.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut: 1) Berdasarkan ISO 45001, 2018 ada 5 tahap hirarki pengendalian risiko: yaitu a) Eliminasi berarti menghilangkan bahaya. b) Substitusi mengganti sesuatu yang berbahaya dengan sesuatu yang memiliki bahaya lebih sedikit. c) Rekayasa teknik dan reorganisasi dari pekerjaan merupakan tahapan untuk memberikan perlindungan pekerja secara kolektif. d) Pengendalian Administrasi yakni memberikan peraturan-peraturan terkait dengan keselamatan dan kesehatan kerja yang dibuat. e) APD (Alat pelindung diri) menurut Peraturan Menteri Tenaga Kerja nomor 8 Tahun 2010 adalah suatu alat yang mempunyai kemampuan untuk melindungi seseorang yang fungsinya mengisolasi sebagian atau seluruh tubuh dari potensi bahaya di tempat kerja. 2) Berdasarkan BKI, 2015 tahapan prosedur inclining test yaitu: a) persiapan umum. b) pengujian kemiringan. 3) Pengendalian K3L pada inclining test kapal yaitu: a) eliminasi pada inclining test yakni saat pembersihan ruang-ruangan dan saat pengosongan tangki, b) pengendalian administrasi pada inclining test yakni Pengecekan jumlah personel, Pengecekan APD, Pengecekan kondisi jasmani dan rohani, Pengecekan kelaikan material dan peralatan kerja, Melaksanakan briefing SOP, Melaksanakan briefing K3L, Melaksanakan pengawasan saat kegiatan, Membuat Work permit, laporan kegiatan. b) APD pada inclining test yakni katelpak, helm, sepatu safety, Kacamata safety, Lifejacket, Senter, Sarung tangan, Masker, APAR, Kotak P3K.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada Tim Seminar Nasional Teknik Elektro 2021 yang telah meluangkan waktu untuk membuat template ini.

Referensi

- [1] British Standard Institution. 2018. ISO 45001: 2018 Occupational Health and Safety management systems. Geneva, Swiss.
- [2] Undang Undang No. 1 tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja
- [3] Volume C, Petunjuk Pengujian Kemiringan. 2015: Biro Klasifikasi Indonesia.

ID: 05

Sistem Pengenalan Suara untuk Pengendali Sepeda Motor dengan Menggunakan *Google Speech API*

Voice Recognition System to Control Motorcycle Using Google Speech API

Nicholas Gian Hillary¹, Damar Widjaja^{2*}

^{1,2}Universitas Sanata Dharma Yogyakarta

Kampus III Paingan, Maguwoharjo, Depok, Sleman, Telp. 08112661144 ext. 52341

nicholasgh99@gmail.com¹, damar@usd.ac.id^{2*}

Abstrak – Suara manusia memiliki banyak sekali karakteristik. Ada yang memiliki suara berat, suara yang lembut, suara yang tinggi, suara yang rendah dan lain sebagainya. Manusia dapat mengenali karakteristik suara tersebut dan mengerti hal-hal yang diucapkan. Berbagai inovasi telah dikeluarkan untuk merancang suatu kecerdasan buatan untuk mengerti arti ucapan yang diberikan oleh manusia. Hal ini menjadi ketertarikan bagi penulis untuk merancang sistem pengenalan suara. Rancangan yang dibuat penulis adalah membuat sistem pengenalan suara yang berbasis *Google Speech API* pada Smartphone Android untuk dapat mengendalikan sepeda motor dengan menggunakan teknologi *Bluetooth HC-05* pada *Raspberry Pi*.

Penelitian ini menggunakan 3 tahap pengujian. Pengujian pertama merupakan pengujian untuk mengetahui jarak ideal antara bibir dengan microphone pada Smartphone Android saat memberikan perintah kepada sepeda motor. Pengujian kedua dilakukan untuk mengetahui jarak ideal untuk berkomunikasi antara Smartphone Android dengan *Raspberry Pi*, dan pengujian ketiga adalah untuk merancang sistem keamanan tambahan dengan menggunakan sidik jari pada Smartphone Android.

Hasil yang didapatkan pada pengujian pertama adalah persentase keberhasilan tertinggi berada pada jarak 5cm dengan nilai sebesar 99.17% dan tingkat terendah pada jarak 30cm antara bibir dengan microphone dengan nilai sebesar 78.33%. Pengujian kedua didapatkan hasil bahwa jarak maksimal untuk melakukan komunikasi antara Smartphone Android dengan modul *Bluetooth HC-05* pada *Raspberry Pi* adalah sebesar 20m, lebih dari itu perangkat tidak dapat berkomunikasi. Pengujian ketiga didapatkan hasil bahwa selain sidik jari yang terdaftar maka user tidak dapat menggunakan aplikasi yang telah dirancang karena aplikasi akan melakukan looping secara terprogram.

Kata Kunci: suara, google speech API, android, raspberryPi

Abstract – Human speech in the world has many of characteristics. There are deep voices, soft voices, high and low voices, etc. Human can hear the voice and knowing what are they telling about. Many Research has been inovated to made an Artificial Intelegent for learning what are they saying for. This is the reason why we interested to made something like that. In this study, we designed voice recognition system based on *Google Speech API* on Android Smartphone to control motorcycle using *Bluetooth Technology HC-05* and plug it at *Raspberry Pi*.

There are 3 tests for this research. First test is used to know the ideal distances between lips and microphone of Android Smartphone while giving commands to motorcycle. Second test is used to know the ideal distances for bluetooth communicating between Android Smartphone and *Raspberry Pi*, and the last testing is used to made an addition security system that used fingerprint sensor on Android Smartphone.

The highest percentage of First Test is on 5cm between lips and microphone with a value of 99.17% and the lowest one is on 30cm with a value of 78.33%. Second test has resulted that the max distances for communicating between Smartphone Android and *Raspberry Pi* is 20m. This cannot be used for more than 20m. The last test has resulted that application cannot be used if it read other fingerprint that used to be registred before and because of it the program will do some looping until it recognizes the true fingerprint.

Keywords: speech, google speech API, android, raspberryPi

1. Pendahuluan

Suara manusia memiliki banyak sekali karakteristik, sebagai contoh ada manusia yang memiliki suara yang berat, ada yang memiliki suara yang lembut, ada yang memiliki suara yang serak, ada yang memiliki suara tinggi, dan lain sebagainya [1]. Banyaknya karakteristik suara tersebut membuat manusia dapat mendengar dan mengerti suara yang dihasilkan tersebut. Dengan adanya karakteristik dari suara manusia tersebut, para peneliti memiliki inisiatif untuk menciptakan suatu kecerdasan buatan yang dapat mendengarkan dan mengenali suara manusia tersebut.

Banyak pihak yang sudah mengembangkan teknologi kecerdasan buatan ini. Kecerdasan buatan dapat dibuat dengan pengendali seperti contohnya sistem perancangan *Smart Door Lock* dengan menggunakan pengenalan suara atau *Voice Recognition* yang berbasis *Raspberry Pi 3* oleh Diah Aryani (2018) [2] atau penelitian yang dilakukan oleh Hasan Gyulyustan dan Svetoslav Enkov dari *Plovdiv University* dari Bulgaria yang membuat percobaan sistem pengenalan suara dengan berbasis *Raspberry Pi 3* (2017) [3]. Dari 2 contoh sistem kecerdasan buatan tersebut mereka menggunakan *Raspberry Pi 3* yang dirancang sedemikian serupa untuk bisa mengenali suara.

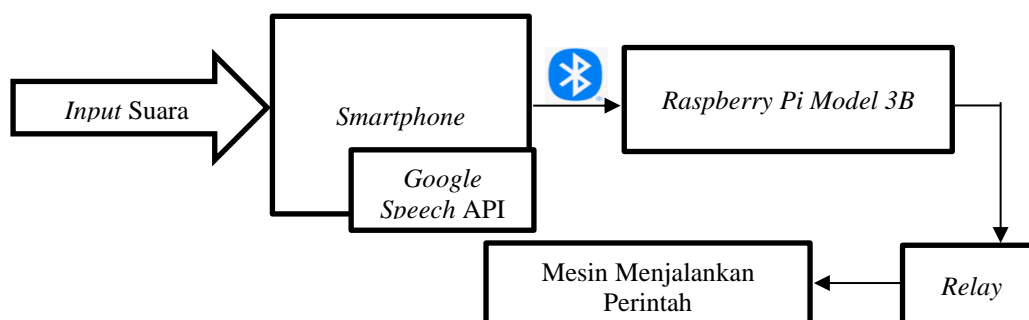
Penelitian yang diajukan oleh penulis adalah dengan menggunakan *Smartphone Android* yang sudah dipasangkan aplikasi untuk bisa memberikan perintah suara kepada *Raspberry Pi* dengan menggunakan *Bluetooth* ke *Raspberry Pi*. Aplikasi *Android* yang dirancang oleh penulis menggunakan sistem dari *Google Speech API* untuk dapat mengenali suara yang diberikan.

Selain itu aplikasi *Android* yang dirancang juga menggunakan sistem keamanan sidik jari pada *Smartphone Android* untuk meningkatkan keamanan. Apabila sidik jari yang terdeteksi pada sensor sidik jari berbeda dengan sidik jari yang terdaftar, maka aplikasi akan melakukan *looping* hingga perangkat mendeteksi sidik jari yang tepat.

Google Speech API akan mendeteksi suara yang dikenali dan kemudian akan diubah menjadi String dan kemudian dikirimkan ke modul *Bluetooth HC-05* yang terpasang pada *Raspberry Pi* agar dapat mengendalikan *relay*. Dalam hal ini penulis menggunakan *Raspberry Pi 3B* sebagai pengendali yang akan dipasang pada kendaraan bermotor dan menggunakan *Relay* untuk memberikan *trigger* kepada kendaraan bermotor apabila perintah sesuai dengan yang diinginkan. Apabila perintah suara yang diterima tidak sama dengan program yang telah dirancang pada *Raspberry Pi*, maka *user* tidak dapat menggunakan sistem pengenalan suara untuk mengendalikan motor tersebut.

2. Metode Penelitian

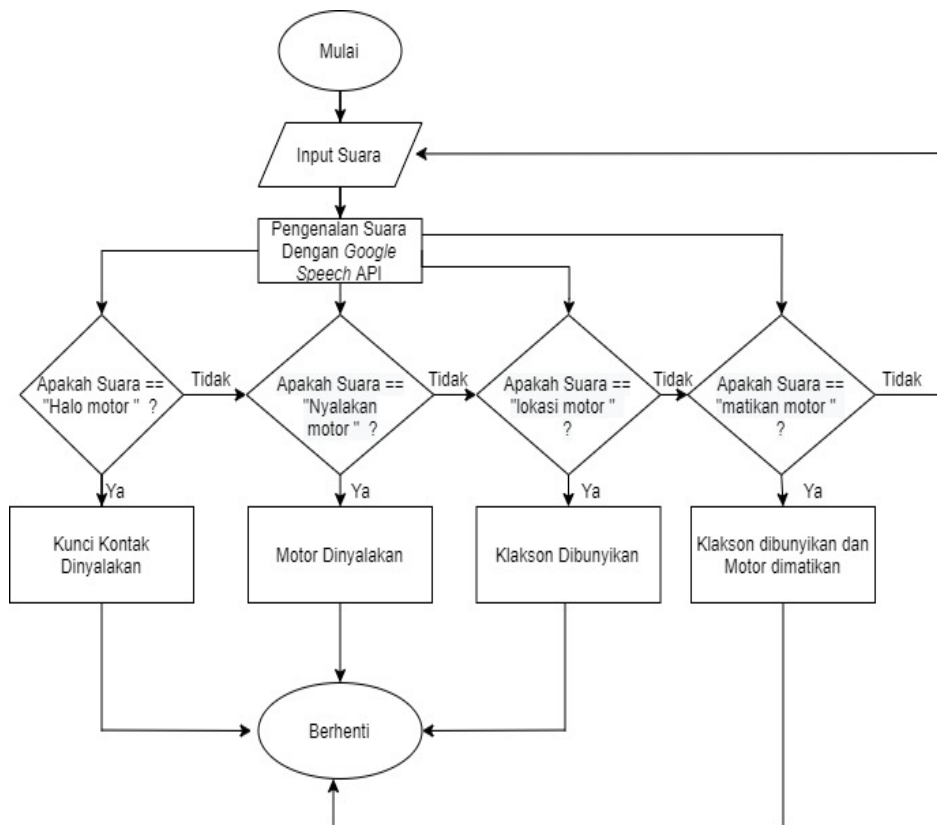
Rancangan penelitian yang akan dilakukan adalah dengan menggunakan Bahasa Indonesia yang dikenali pada *Google Speech API* yang telah terprogram pada aplikasi *Android* yang telah dirancang. Terdapat 3 jenis pengujian yang akan dilakukan. Gambar 1 menunjukkan diagram blok sistem kerja penelitian.



Gambar 1. Diagram blok system penelitian

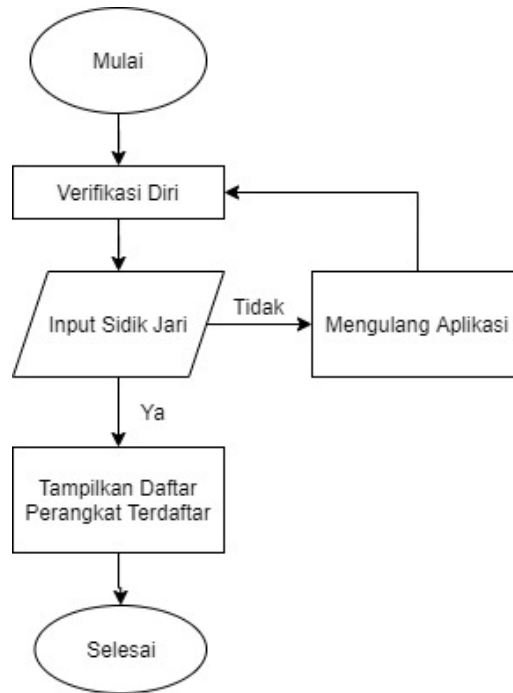
Pengujian pertama dilakukan untuk menguji keberhasilan pengenalan perintah pada *Smartphone Android*. Pengujian ini dilakukan dengan mengucapkan masing-masing perintah dengan jarak antara bibir dengan *microphone* sebesar 5cm, 10cm, 15cm, 20cm, 25cm, dan 30cm mulai dari menyalakan kunci kontak, menyalakan sepeda motor, menyalakan klakson, hingga mematikan kunci kontak kembali sebanyak 30 kali pengujian. Pengujian dilakukan pada ruangan tertutup dengan kondisi *noise* seperti suara kipas angin, kicauan burung.

Pengujian kedua dilakukan untuk menguji kemampuan koneksi *bluetooth* antara *Smartphone Android* dengan modul *Bluetooth HC-05*. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan jarak sebesar 50cm, 1m, 5m, 10m, 15m, 20m, 25m, 30m, 35m, dan 40m antara *Smartphone Android* dan modul *Bluetooth HC-05* dengan catatan masing-masing jarak dilakukan 30 kali pengujian untuk setiap perintah. Gambar 2 menunjukkan *flowchart* untuk pengujian pertama dan kedua.



Gambar 1. FlowChart pengujian pertama dan pengujian kedua.

Pengujian ketiga dilakukan untuk menguji keberhasilan sensor sidik jari pada *Smartphone Android* untuk mengenali sidik jari yang telah terdaftar. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan jari tangan penulis. Jari tangan yang telah terdaftar pada *Smartphone Android* yang digunakan adalah jari telunjuk kiri dan kanan milik penulis. Gambar 3 menunjukkan *flowchart* pengujian ketiga.



Gambar 2. Flowchart pengujian ketiga.

Dari ketiga pengujian yang dilakukan, memiliki tujuan untuk mengetahui tingkat keberhasilan dan eror/kegagalan yang dialami oleh alat yang dirancang untuk mengenali perintah suara. Persamaan yang digunakan untuk menghitung persentase keberhasilan adalah dengan menggunakan Persamaan 1, sedangkan untuk menghitung persentase kegagalan adalah dengan menggunakan Persamaan 2 yang dapat dilihat di bawah ini.

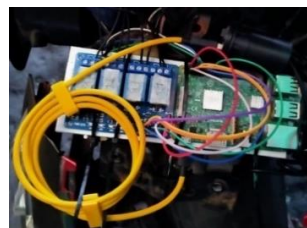
$$\text{Eror} = \frac{(\text{Jumlah perintah yang berbeda})}{(\text{Jumlah data uji})} \times 100\% \tag{1}$$

$$\% \text{ Keberhasilan} = \frac{(\text{Jumlah data uji} - \text{Jumlah perintah yang berbeda})}{(\text{Jumlah data uji})} \times 100\% \tag{2}$$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Perancangan Alat

Setelah melalui proses pemrograman, penulis melakukan pemasangan *Raspberry Pi* dan *relay* pada bagian *Dashboard* depan sepeda motor Vario 125cc. Pemasangan peralan ini disertai dengan pemasangan *charger* USB yang digunakan sebagai *power supply* untuk *Raspberry Pi* dan pemasangan sistem pengkabelan pada *relay* yang terhubung dengan sepeda motor. Gambar 4 menunjukkan alat yang dipasang pada *Dashboard* sepeda motor Vario 125cc.



Gambar 3. Pemasangan Alat pada Dashboard Sepeda Motor.

Gambar 5 hingga Gambar 12 adalah gambar-gambar hasil pengujian alat sebelum terpasang pada sepeda motor ketika Raspberry Pi menerima perintah dari aplikasi Android dan memberikan perintah kepada relay.

```
Shell
>>> %Run finali.py
b'Halo motor'
1st Relay ON
2nd Relay ON
```

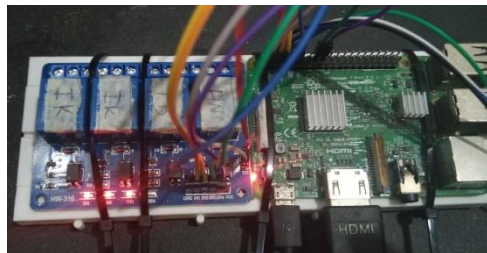
Gambar 4. Output pada *Raspberry Pi* saat Menerima Perintah “Halo motor”.



Gambar 5. *Relay 1* dan *Relay 2* Menyala saat Menerima Perintah “Halo motor”.

```
b'Nyalakan motor'
3rd Relay ON
3rd Relay OFF
```

Gambar 6. Output pada *Raspberry Pi* saat Menerima Perintah “Nyalakan motor”.



Gambar 7. *Relay 3* Menyala Selama 0.5 Detik Kemudian Mati.

```
Shell
b'lokasi motor'
4th Relay ON
4th Relay OFF
4th Relay ON
4th Relay OFF
```

Gambar 8. Output pada *Raspberry Pi* saat Menerima Perintah “lokasi motor”.



Gambar 9. *Relay 4* Menyala kemudian Mati Selama 0.2 detik dengan 2x.

```

b'matikan motor'
4th Relay ON
4th Relay OFF
1st Relay OFF
2nd Relay OFF
    
```

Gambar 10. Output pada *Raspberry Pi* saat Menerima Perintah “matikan motor”.

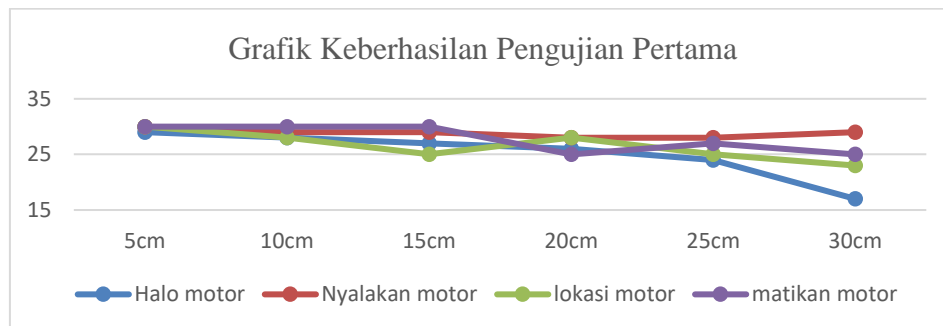


Gambar 11. *Relay 1* dan *Relay 2* Mati saat Menerima Perintah “matikan motor”, Disertai *Relay 4* Menyala Selama 0.2 Detik Kemudian Mati.

3.2. Data Pengujian

3.2.1. Data Pengujian Pertama

Pada Gambar 13 akan menunjukkan grafik keberhasilan pada pengujian pertama secara keseluruhan. Sumbu X pada grafik tersebut merupakan jumlah suara yang berhasil dikenali, dan sumbu Y merupakan jarak pengujian antara bibir dengan *microphone* pada *Smartphone Android*.

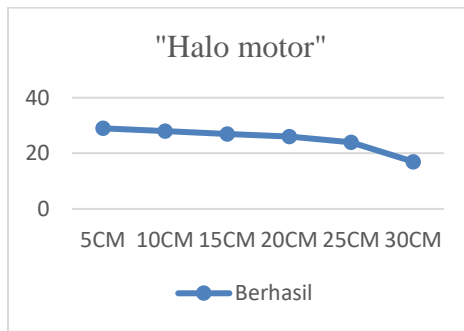


Gambar 12. Grafik Keberhasilan Pengujian Pertama Secara Keseluruhan.

Dari pemaparan tingkat keberhasilan pengujian pertama pada Gambar 13 dapat dilihat bahwa terjadi perubahan grafik untuk masing-masing perintah. Tingkat persentase keberhasilan dan kegagalan pengenalan perintah yang diberikan untuk masing-masing perintah dapat dilihat pada Tabel 1 hingga Tabel 4. Gambar 14 hingga Gambar 17 akan menunjukkan grafik perubahan keberhasilan pengenalan perintah pada setiap perintah yang diberikan.

Tabel 1. Tabel Persentase Keberhasilan dan Kegagalan Pengenalan Perintah "Halo motor".

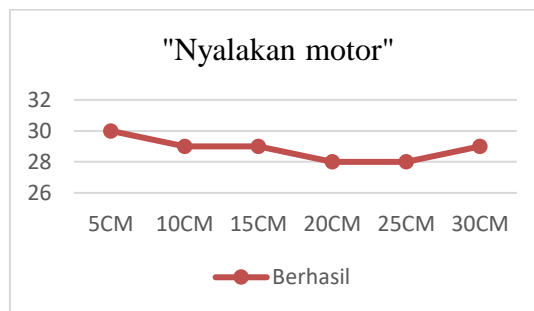
Halo motor					
No	Jarak	Berhasil	Gagal	%Berhasil (%)	%Gagal (%)
1	5cm	29	1	96.67	3.33
2	10cm	28	2	93.33	6.67
3	15cm	27	3	90	10
4	20cm	26	4	86.67	13.33
5	25cm	24	6	80	20
6	30cm	17	13	56.67	43.33



Gambar 13. Grafik Perubahan Keberhasilan pada Perintah "Halo motor".

Tabel 2. Tabel Persentase Keberhasilan dan Kegagalan Pengenalan Perintah "Nyalakan motor".

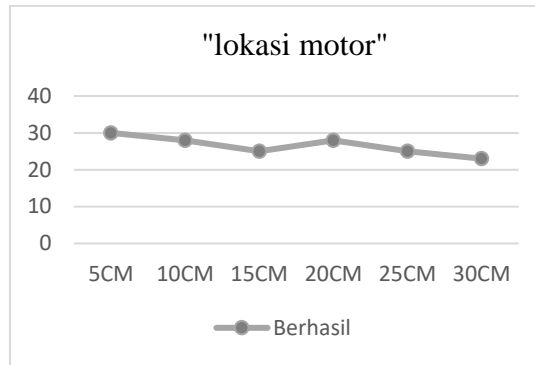
Nyalakan motor					
No	Jarak	Berhasil	Gagal	%Berhasil (%)	%Gagal (%)
1	5cm	30	0	100	0
2	10cm	29	1	96.67	3.33
3	15cm	29	1	96.67	3.33
4	20cm	28	2	93.33	6.67
5	25cm	28	2	93.33	6.67
6	30cm	29	1	96.67	3.33



Gambar 14. Grafik Perubahan Keberhasilan pada Perintah "Nyalakan motor".

Tabel 3. Tabel Persentase Keberhasilan dan Kegagalan Pengenalan Perintah "lokasi motor".

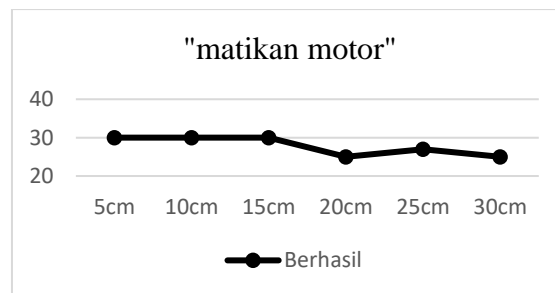
lokasi motor					
No	Jarak	Berhasil	Gagal	%Berhasil (%)	%Gagal (%)
1	5cm	30	0	100	0
2	10cm	28	2	93.33	6.67
3	15cm	25	5	83.33	16.67
4	20cm	28	2	93.33	6.67
5	25cm	25	5	83.33	16.67
6	30cm	23	7	76.67	23.33



Gambar 15. Grafik Perubahan Keberhasilan pada Perintah "lokasi motor".

Tabel 4. Tabel Persentase Keberhasilan dan Kegagalan Pengenalan Perintah "matikan motor".

matikan motor					
No	Jarak	Berhasil	Gagal	%Berhasil (%)	%Gagal (%)
1	5cm	30	0	100	0
2	10cm	30	0	100	0
3	15cm	30	0	100	0
4	20cm	25	5	83.33	16.67
5	25cm	27	3	90	10
6	30cm	25	5	83.33	16.67



Gambar 16. Grafik Perubahan Keberhasilan pada Perintah "matikan motor".

Setelah pengujian pertama selesai dilakukan, proses selanjutnya ialah mengakumulasikan jumlah data yang diperoleh. Pada Tabel 5 hingga Tabel 10 akan menunjukkan besar persentase perbandingan antara keberhasilan dengan kegagalan pengujian pertama untuk mengenali perintah dengan variabel jarak mulai dari 5cm hingga 30cm.

Tabel 5. Persentase Perbandingan Pengujian dengan Jarak 5cm.

Jarak 5cm	
Jumlah Benar	119
Jumlah Salah	1
%Benar (%)	99.17
%Salah (%)	0.83

Tabel 6. Persentase Perbandingan Pengujian dengan Jarak 10cm.

Jarak 10cm	
Jumlah Benar	115
Jumlah Salah	5
% Benar (%)	95.83
% Salah (%)	4.17

Tabel 7. Persentase Perbandingan Pengujian dengan Jarak 15 cm.

Jarak 15cm	
Jumlah Benar	111
Jumlah Salah	9
% Benar (%)	92.5
% Salah (%)	7.5

Tabel 8. Persentase Perbandingan Pengujian dengan Jarak 20 cm.

Jarak 20cm	
Jumlah Benar	107
Jumlah Salah	13
% Benar (%)	89.17
% Salah (%)	10.8

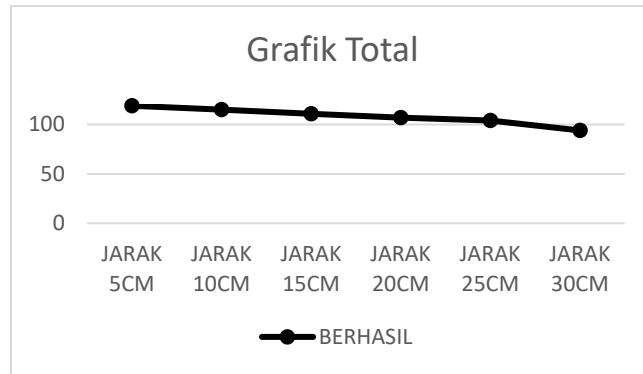
Tabel 9. Persentase Perbandingan Pengujian dengan Jarak 25 cm.

Jarak 25cm	
Jumlah Benar	104
Jumlah Salah	16
% Benar (%)	86.67
% Salah (%)	13.33

Tabel 10. Persentase Perbandingan Pengujian dengan Jarak 30 cm.

Jarak 30cm	
Jumlah Benar	94
Jumlah Salah	26
% Benar (%)	78.33
% Salah (%)	21.67

Dari Tabel 5 hingga Tabel 10 dapat dilihat bahwa dapat semakin besar jarak antara bibir dan *microphone* pada *Smartphone Android* akan membuat tingkat keberhasilan pengenalan perintah menjadi semakin kecil. Oleh karena itu, Gambar 18 merupakan grafik perbandingan antara jarak bibir dengan *microphone* pada *Smartphone Android* yang ditunjukkan oleh sumbu X dan jumlah keberhasilan data yang dikenali pada sumbu Y.



Gambar 17. Grafik Keberhasilan Pengujian Pertama.

3.2.2. Data Pengujian Kedua

Hasil pengujian kedua dilakukan untuk mengetahui jarak konektivitas antara *Smartphone Android* dengan modul *Bluetooth HC-05* pada *Raspberry Pi*. Spesifikasi singkat *Smartphone Android* yang digunakan oleh penulis adalah sebagai berikut :

- Chipset* : Snapdragon 665, GPU Adreno 610
- OS* : Android 10, Realme UI
- RAM/ROM* : 4/64Gb
- Bluetooth* : 5.0

Dengan menggunakan *Smartphone* dengan spesifikasi di atas, Gambar 19 merupakan grafik hasil pengujian kemampuan *Smartphone* untuk menghubungkan ke modul *Bluetooth HC-05*.



Gambar 18. Grafik Keberhasilan Konektivitas.

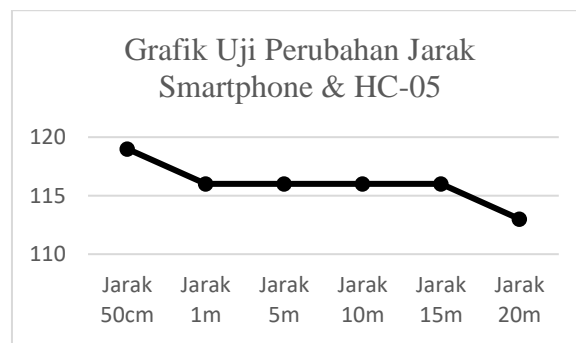
Sumbu X pada Gambar 19 merupakan variabel jarak yang digunakan sebagai pengujian. Sedangkan, sumbu Y merupakan keberhasilan atau kegagalan konektivitas antara *Smartphone Android* dengan modul *Bluetooth HC-05* dengan nilai 1 sebagai keberhasilan, dan nilai 0 sebagai kegagalan.

Dari Gambar 19 dapat dilihat bahwa *Bluetooth* pada *Smartphone Android* mampu melakukan koneksi dengan modul *Bluetooth HC-05* hingga jarak 20m. Tabel 11 merupakan hasil persentase pengujian setiap perintah dengan variabel jarak 50cm, 1m, 5m, 10m, 15m, dan 20m dengan masing-masing jarak dilakukan pengujian sebanyak 120 data.

Tabel 11. Tabel Data Uji Jarak Antara Smartphone dengan Bluetooth HC-05.

	Jarak 50cm	Jarak 1m	Jarak 5m	Jarak 10m	Jarak 15m	Jarak 20m
Berhasil	119	116	116	116	116	113
Gagal	1	4	4	4	4	7
%Berhasil	99.17	96.67	96.67	96.67	96.67	94.17
%Gagal	0.83	3.33	3.33	3.33	3.33	5.83

Dengan adanya data pengujian pada Tabel 11, Gambar 20 akan menunjukkan grafik hasil keberhasilan pada pengujian kedua ini. Sumbu X pada Gambar 20 merupakan variabel jarak yang digunakan, sedangkan sumbu Y merupakan jumlah data yang berhasil diterima oleh modul *Bluetooth* HC-05.



Gambar 19. Grafik Uji Perubahan Jarak *Smartphone* & HC-05.

3.2.3. Data Pengujian Ketiga

Pada program yang dirancang penulis dibuat agar *user* yang menggunakan aplikasi ini menggunakan sidik jari yang terdaftar pada *Smartphone Android* untuk mengakses perangkat yang terpasang dengan *Bluetooth*. Penulis mendaftarkan jari telunjuk pada tangan kiri dan kanan milik penulis, dan mencoba menggunakan jari lain milik penulis untuk mengakses aplikasi ini. Apabila aplikasi mendeteksi bahwa sidik jari tidak dikenali, maka aplikasi tidak dapat diakses. Hasil pengujian dengan menggunakan sensor sidik jari pada aplikasi ini dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Hasil Pengujian Aplikasi dengan menggunakan Sensor Sidik Jari

Pengujian Ke-	Jari yang Digunakan	Berhasil/Tidak
1	Jari telunjuk tangan kiri penulis	✓
2	Jari telunjuk tangan kanan penulis	✓
3	Ibu jari tangan kiri penulis	X
4	Ibu jari tangan kiri penulis	X
5	Jari tengah tangan kiri penulis	X
6	Jari tengah tangan kanan penulis	X
7	Jari manis tangan kiri penulis	X
8	Jari manis tangan kanan penulis	X
9	Jari kelingking tangan kiri penulis	X
10	Jari kelingking tangan kanan penulis	X

3.3. Analisis Pengujian

Setelah tiga pengujian telah berhasil dilakukan, pada pengujian pertama menguji kemampuan *microphone* pada *Smartphone Android* untuk mengenali perintah yang diberikan. Kemudian pada pengujian kedua dilakukan untuk menguji kemampuan koneksi *Bluetooth* antara *Smartphone Android* dengan modul *Bluetooth HC-05*, dan pengujian terakhir adalah menguji keberhasilan sensor sidik jari pada *Smartphone Android*.

3.3.1. Analisis Pengujian Pertama

Pada pengujian pertama didapatkan hasil bahwa pada jarak 5cm (Tabel 5) antara bibir dengan *microphone*, maka jumlah keberhasilan pengenalan perintah adalah sebesar 99.17 % dengan jumlah perintah yang berhasil dikenali sebesar 119 data. Dilanjutkan dengan pengujian dengan jarak 10cm (Tabel 6), hasil yang diperoleh adalah sebesar 115 data yang berhasil dikenali dengan benar. Dengan 115 data yang benar tersebut, persentase keberhasilan pada jarak 10cm adalah sebesar 95.83%.

Selanjutnya pada jarak 15cm (Tabel 7) terdapat 111 data benar dengan persentase 92.5% dari 120 data pengujian. Terjadi pengurangan persentase keberhasilan dari jarak 5cm sebesar 6.67%. Pada jarak 20cm (Tabel 8), jumlah data yang berhasil dikenali memiliki persentase sebesar 89.17%, sedangkan pada jarak 25cm (Tabel 9) persentase keberhasilan yang diperoleh adalah sebesar 86.67%. Selanjutnya pada jarak 30cm (Tabel 10), persentase keberhasilan untuk mengenali perintah yang diberikan adalah sebesar 78.33%. Pada jarak 30cm ini menjadi tingkat terendah keberhasilan pengenalan perintah yang diberikan. Hal ini menyebabkan terjadinya pengurangan persentase keberhasilan sebesar 20.84%.

Dari pemaparan pengujian pertama di atas dapat dilihat bahwa semakin besar jarak antara bibir dengan *microphone* pada *Smartphone Android* membuat tingkat keberhasilan pengenalan perintah yang diberikan menjadi lebih kecil. Hal ini dapat disebabkan oleh karena semakin jauh jarak antara bibir dengan *microphone Smartphone Android* akan menyebabkan intensitas suara yang diterima oleh *microphone* menjadi lebih kecil. Untuk mendapatkan persentase keberhasilan pengenalan suara yang lebih besar, maka jarak antara bibir dengan *microphone* pada *Smartphone Android* harus diperkecil. Apabila ingin mendapatkan persentase keberhasilan di atas 90% maka jarak 15cm adalah jarak maksimal yang bisa digunakan untuk memperoleh keberhasilan pengenalan suara tersebut.

3.3.2. Analisis Pengujian Kedua

Pada pengujian kedua dengan menggunakan *Smartphone Android* yang memiliki koneksi *Bluetooth 5.0*, kemampuan yang bisa dilakukan untuk berkomunikasi pada pengujian ini adalah mulai dari 50cm hingga 20m. Penulis melakukan percobaan untuk menghubungkan perangkat *Smartphone Android* dengan jarak lebih dari 20m hingga 40m, namun perangkat tidak dapat terhubung. Dengan demikian penulis mengetahui bahwa batas kemampuan dari menggunakan sistem ini adalah hingga 20m.

Peringkat tertinggi dari persentase pengujian ketiga ini terdapat pada pengujian dengan jarak 50cm yaitu sebesar 99.17%. Sedangkan pada jarak 1m, 5m, 10m, dan 15m mendapatkan hasil keberhasilan pengiriman data sebesar 116 data terkirim dengan persentase keberhasilan sebesar 96.67%. Peringkat terendah terdapat pada jarak 20m dengan 113 data berhasil terkirim dengan persentase 94.17%.

Hal yang bisa mempengaruhi keberhasilan komunikasi pada pengujian ini adalah jarak yang digunakan. Semakin besar jarak yang digunakan untuk berkomunikasi dengan menggunakan *Bluetooth*, maka semakin kecil keberhasilan yang akan diperoleh. Oleh karena itu, penulis mengetahui bahwa alat yang dirancang ini hanya bisa berkomunikasi dengan jarak maksimal pada 20m saja.

3.3.3. Analisis Pengujian Ketiga

Pengujian selanjutnya adalah pengujian aplikasi dengan menggunakan sensor sidik jari pada *Smartphone Android*. Sidik jari yang terdaftar pada perangkat ialah sidik jari pada jari telunjuk tangan kanan dan kiri penulis. Pengujian dilakukan dengan menggunakan semua jari tangan penulis.

Dapat dilihat pada Tabel 12 bahwa selain jari yang sidik jari yang dikenali hanyalah sidik jari pada jari telunjuk tangan kanan dan kiri milik penulis. Sedangkan, dengan menggunakan sidik jari lain akses untuk menggunakan aplikasi tidak diberikan. Apabila terdeteksi sidik jari lain selain yang terdaftar, maka program akan terus melakukan *looping* hingga mendeteksi sidik jari yang telah terdaftar. Dengan demikian, aplikasi dengan menggunakan sidik jari untuk keamanan dapat dikatakan berhasil dan berjalan dengan baik.

4. Kesimpulan

Alat yang dirancang berhasil terpasang pada sepeda motor dan dapat diimplementasikan untuk meningkatkan keamanan sepeda motor. Sistem Pengenalan Suara untuk kunci motor berhasil dibuat dengan menggunakan metode *Google Speech API*. *Google Speech API* berhasil mengenali perintah “Halo motor”, “Nyalakan motor” “lokasi motor”, dan “matikan motor”.

Pengujian dilakukan 30 kali untuk setiap perintah dengan jarak 5cm, 10cm, 15cm, 20cm, 25cm, dan 30cm antara bibir dan *microphone*. Persentase keberhasilan tertinggi yang diperoleh adalah pada jarak 5cm yaitu sebesar 99.17%. Sedangkan persentase keberhasilan terendah terdapat pada jarak 30cm yaitu sebesar 78.33%. Jarak ideal untuk menghubungkan *Smartphone Android* dengan modul *Bluetooth HC-05* adalah hingga maksimal 20m dengan tingkat keberhasilan pada jarak 20% adalah sebesar 94.17% dari 120data uji setiap variabel jarak.

Aplikasi yang dirancang berhasil mengenali sidik jari *user* yang telah terdaftar pada *Smartphone Android* dengan baik. Apabila terdeteksi sidik jari yang tidak dikenali maka aplikasi akan melakukan *looping* hingga menemukan sidik jari yang sesuai.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih penulis sampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Sanata Dharma yang telah mendanai penelitian ini.

Referensi

- [1] Wening, Tyas. 2018. *Kenapa Suara Manusia Terdengar Berbeda-Beda? Yuk, Cari Tahu!*. <https://bobo.grid.id/read/08954863/kenapa-suara-manusia-terdengar-berbeda-beda-yuk-cari-tahu?page=all>, diakses tanggal 26 Januari 2021
- [2] Aryani, Diah, dan tim. 2018. *Perancangan Smart Door Lock Menggunakan Voice Recognition Berbasis Raspberry Pi 3*. Tangerang: STMIK Raharja.
- [3] Gyulyustan, Hasan, dan Svetoslav Enkov. 2017. *Experimental Speech Recognition System Based on Raspberry Pi 3*. Bulgaria: Plovdiv University.

ID: 06

Kinerja Komunikasi Data Pada Model Taman Cerdas

Data Communication Performance in Smart Garden Model

Eda Mini Agnesia¹, Damar Widjaja^{2*}

^{1,2}Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta

Kampus III Paingan, Maguwoharjo, Depok, Sleman, Telp. 08112661144 ext. 52341

edamagnesia@gmail.com¹, damar@usd.ac.id^{2*}

Abstrak – Penggunaan platform IoT dengan kualitas yang tidak sesuai sangat berbahaya karena dapat mengakibatkan delay pengiriman data yang tinggi dan kesalahan pengiriman data pada sistem monitoring. Banyak kendala ditemukan dalam memilih platform yang sesuai untuk sistem monitoring, seperti delay pengiriman yang tinggi, data error rate yang besar, terlalu sulit untuk membuat tampilan platform, serta kesulitan dalam mengakses platform yang digunakan yang menimbulkan kesukahan dalam menentukan platform yang akan digunakan. Oleh karena itu diperlukan suatu perbandingan kinerja komunikasi data yang dapat membantu pengguna memilih platform yang sesuai untuk proses monitoring yang dirancang.

Kinerja komunikasi data dari masing-masing platform sangat dibutuhkan untuk mengetahui kualitas dari platform App Invertor, Thingspeak dan Blynk. Kinerja platform diukur berdasarkan hasil perbandingan delay dan data error rate masing-masing platform. Hasil perbandingan kinerja ketiga platform ini dapat mempermudah pengguna untuk memilih platform yang cocok untuk dipakai sesuai dengan fungsi dan kualitas yang diinginkan. Oleh karena itu diperlukan suatu perbandingan kinerja komunikasi data untuk mengetahui kualitas dari platform App Invertor, Thingspeak dan Blynk.

Berdasarkan hasil penelitian, disimpulkan bahwa bahwa semua sistem pada model taman cerdas dapat mengirim data hasil baca sensor menuju platform IoT yang dituju. Namun hanya sistem yang menggunakan platform App Invertor dan Blynk dapat berjalan dengan baik sesuai dengan perancangan, jika dianalisis menggunakan perhitungan delay dan data error rate tiap pengiriman data. Dari hasil perbandingan kinerja platform dapat disimpulkan bahwa platform Blynk lebih unggul dibandingkan platform lainnya.

Kata Kunci: NodeMCU, App Inveror, Thingspeak, Blynk.

Abstract – The use of IoT platforms with lack of quality is very dangerous because it can lead to high data transmission delays and data transmission errors in the monitoring system. Many obstacles were found in choosing an appropriate platform for the monitoring system, such as high delivery delays, large data error rates, too difficult to create a platform display, as well as difficulties in accessing the platform used which caused difficulties in determining the platform to be used. Therefore we need a data communication performance comparison that can help users choose the appropriate platform for the monitoring process designed. The data communication performance of each platform is needed to determine the quality of the App Invertor, Thingspeak and Blynk platforms. Platform performance is measured based on the results of the comparison of the delay and error rate data for each platform. The results of the comparison of the performance of these three platforms can make it easier for users to choose a suitable platform to use according to the desired function and quality. Therefore, a comparison of data communication performance is needed to determine the quality of the App Invertor, Thingspeak and Blynk platforms. Based on the results of the study, it was concluded that all systems in the smart garden model could send sensor reading data to the intended IoT platform. However, only systems that use App Invertor and Blynk platforms can run well according to the design, if analyzed using the calculation of delay and error rate data for each data transmission. From the results of the comparison of platform performance, it can be concluded that the Blynk platform is superior to other platforms.

Keywords: NodeMCU, App Inveror, Thingspeak, Blynk.

1. Pendahuluan

Dalam dunia telekomunikasi digital, data akan dikirim menggunakan transmisi elektronik dari satu komputer ke komputer lain atau dari satu komputer ke terminal tertentu [1]. Data merupakan sinyal elektromagnetik yang dibangkitkan oleh sumber data yang dapat ditangkap dan dikirimkan ke terminal penerima. Dalam sistem *IoT* data diperoleh dari sensor, diolah dan dikirimkan ke web server *platform IoT*. Untuk mengukur kinerja komunikasi data, diperlukan dua parameter ukur yaitu *delay* dan *data error rate*.

Harry Yuliansyah (2016) meneliti “Uji Kinerja Pengiriman Data Secara Wireless Menggunakan Modul ESP8266 Berbasis *Rest Architecture*”[2]. Pengiriman data dari mikrokontroler menuju komputer server dapat dilakukan secara wireless. Pengiriman data pada penelitian ini menggunakan modul ESP8266. Penelitian ini menerapkan tiga metode yaitu dengan menggunakan AT-Command, Protokol SLIP dan NodeMCU. Pengujian dilakukan dengan cara mengirimkan data secara sistematis menuju komputer server. Kemudian data tersebut dianalisa sehingga dapat dihitung kecepatan *transfer* data dan kehandalan sistem.

S.Samsugi dan tim juga melakukan pengujian kinerja alat pengendali jarak jauh pada penerapan teknologi *internet of things* (IoT) untuk mengetahui perbedaan waktu saat sistem bekerja “Sistem Kendali Jarak Jauh Berbasis Arduino Dan Modul Wifi Esp8266”[3]. Sistem kendali pada penelitian ini dirancang menggunakan Arduino UNO dengan mikrokontroler ATmega328 sebagai pusat kendali dari sistem, serta modul wifi ESP8266 guna untuk komunikasi kontroler ke internet melalui media wifi. Interface dibuat dengan berbasis web dengan HTML5. Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan penggunaan jaringan 3G dengan 4G. Penggunaan jaringan 3G dapat digunakan hanya saja membutuhkan waktu eksekusi yang lebih lama dibandingkan dengan jaringan 4G. Penggunaan jaringan 4G lebih baik disarankan dalam penerapan teknologi *internet of things* (IoT) karena waktu eksekusi yang lebih cepat.

Saat ini, model taman cerdas sudah tersedia, hanya saja untuk pengukuran kinerja komunikasi data masih belum diperhitungkan/diteliti. Kolam ikan cerdas berisikan sistem monitoring tingkat keasaman dan salinitas kolam ikan koi dengan tujuan mempermudah pengguna memantau salinitas air kolam dari jarak jauh menggunakan kontainer untuk menambahkan garam. Data diambil menggunakan sensor TDS yang kemudian diolah dan dikirimkan menggunakan platform *App Invertor* pada *SmartPhone* [4].

Tempat sampah cerdas berisikan sistem pembuka tutup otomatis tempat sampah dengan tujuan mempermudah masyarakat menangani masalah sampah. Sistem didesain menggunakan akuator berupa motor servo sebagai penggerak pada tutup tempat sampah. Data diambil menggunakan sensor *ultrasonik* yang kemudian diolah dan dikirimkan menggunakan platform *Thingspeak* pada Laptop [5].

Taman mini cerdas berisikan sistem penyiraman tanaman otomatis dan pemantau kondisi tanah jarak jauh menggunakan deteksi lokasi dengan tujuan mempermudah pengguna untuk memantau kondisi tanaman di lapangan. Sistem didesain menggunakan pompa air sebagai penyiram tanaman secara otomatis. Data diambil menggunakan sensor *soil moisture* yang kemudian diolah dan dikirimkan menggunakan platform *Blynk* pada *smartphone* [6].

Beberapa parameter kerja yang akan diukur/diteliti, dan kemudian dibandingkan adalah *delay* dan *data error rate*. Berdasarkan permasalahan tersebut, penulis akan meneliti tentang kinerja komunikasi data dengan cara membandingkan kinerja komunikasi data antara *App Invertor*, *Blynk* dan *Thingspeak* pada model taman cerdas. Pengiriman data dalam penelitian ini menggunakan modul *NodeMCU*. Modul *NodeMCU* memiliki beberapa keunggulan di antaranya harga murah dan *firmware* yang dapat dikembangkan [7]. Sedangkan untuk *monitoring*, peneliti menggunakan *smart phone* dan laptop.

2. Metodologi Penelitian

2.1. Studi Pustaka

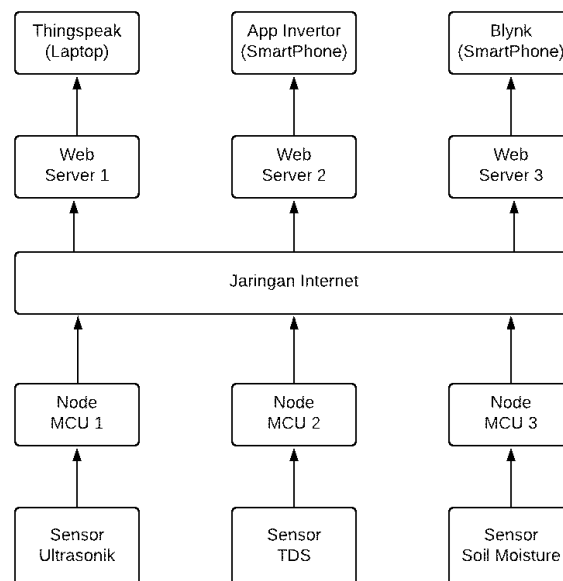
Tahap awal penelitian ini dimulai dari mencari dan mempelajari referensi dari buku, jurnal, dan artikel-artikel serta skripsi-skripsi yang berkaitan dengan *Thingspeak*, *App Invertor*, *Blynk* dan mikrokontroler arduino menggunakan Modul *NodeMCU* ESP32 (Sensor *Soil Moisture*), ESP8266 (Sensor TDS), ESP8266 (Sensor *ultrasonik*). Serta mempelajari komunikasi data antara *Node Mcu* dan *IoT*.

2.2. Pengujian Alat dan Pengambilan Data

Tahap ini bertujuan melakukan pengujian pada alat secara keseluruhan baik perangkat keras maupun perangkat lunak agar sesuai dengan hasil yang diinginkan, serta memperhatikan komunikasi modul ESP32 (*sensor soil moisture*), ESP8266 (SensorTDS), ESP8266 (*sensor ultrasonik*). Pengambilan data dari *Thingspeak*, *App Invertor* dan *Blynk* dilakukan:

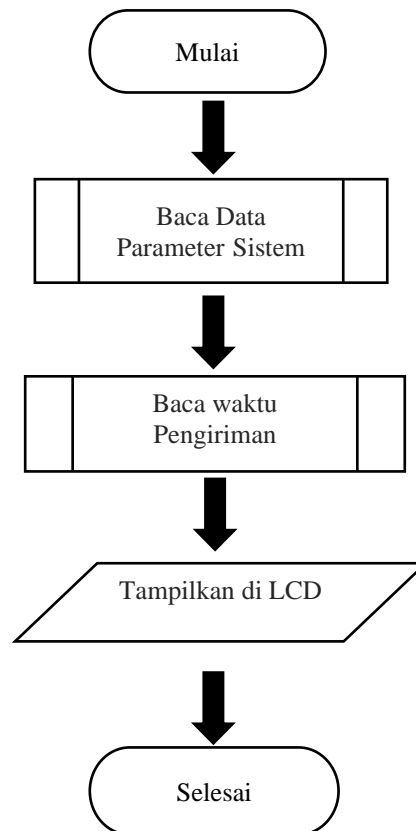
- Saat sensor TDS mendeteksi kadar garam, *NodeMCU* mampu mengirimkan data untuk ditampilkan di *App Invertor*.
- Saat sensor ultrasonik mendeteksi ketinggian sampah, *NodeMCU* mampu mengirimkan data untuk ditampilkan di *Thingspeak*.
- Saat sensor *soil moisture* mendeteksi kelembaban tanah, *NodeMCU* mampu mengirimkan data untuk ditampilkan di *Blynk*.

Diagram blok proses kerja sistem secara umum dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram blok proses kerja sistem secara umum.

Proses pengambilan data dilakukan sebanyak 5 kali pengambilan data, menggunakan interval pengiriman data tiap 2,4,10,15, dan 30 detik untuk masing-masing sistem pada Model Taman Cerdas. jumlah data yang diambil setiap interval pengiriman sebanyak 10 data. Data yang diambil digunakan sebagai sarana untuk menguji ketelitian masing-masing sensor setiap sitem dengan mengukur kecepatan deteksi sensor, menguji tingkat keberhasilan data yang dikirimkan dari masing-masing *platform* yang digunakan ketiga sistem saat bekerja menggunakan interval waktu pengiriman yang sama, serta mengamati waktu pengiriman data yang diperlukan sistem.



Gambar 2. Flowchart secara umum proses pengambilan dan penampilan data pada LCD

Dari gambar 2 dapat dilihat bahwa ketika sistem dijalankan, maka sensor akan membaca data parameter yang diambil dari masing-masing sensor pada sistem, serta membaca waktu pengiriman yang diperlukan masing-masing sistem. Untuk mempermudah pengguna memantau sistem secara langsung, maka data pada *NodeMCU* akan ditampilkan di LCD I2C 16x2.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengujian Kinerja Komunikasi Data Pada Masing-masing Platform

Pengujian sistem digunakan untuk mengukur tingkat keberhasilan pengiriman data dari *NodeMcu* menuju masing-masing platform. Proses pengujian dilakukan dengan mengirim data dari sisi transmitter (tx) ke sisi receiver (rx). Untuk sisi tx yaitu *NodeMCU* sebagai access point sedangkan pada sisi rx ada tiga yaitu smartphone yang sudah ter-install platform *App inverter*, *Blynk* dan terhubung *Thingspeak* yang sudah terhubung pada laptop.

Pengujian sistem dilakukan dengan beberapa bagian yaitu pengujian ketepatan pengiriman data serta perhitungan *delay* dan *data error rate* pada tiap platform *IoT* saat proses pengiriman data. Pada tahap pengujian ini jumlah data yang diambil setiap pengiriman yaitu 10 data, dengan range pengiriman data tiap 2,4,10,15, dan 30 detik. Rata-rata perhitungan *delay* dan *data error rate* pada tiap-tiap Platform akan diubah dalam bentuk grafik untuk melihat performa dan perbandingannya.

Pengujian kinerja komunikasi data secara keseluruhan dilakukan dengan cara *NodeMcu* mampu mengirimkan data sensor menuju masing-masing Platform. Adapun pengujian meliputi pengujian ketepatan pengiriman data serta perhitungan *delay* dan *data error rate* pada saat proses pengiriman data.

Perhitungan *data error rate* masing-masing sistem akan diukur berdasarkan ketepatan data

yang dikirimkan dari sensor yang tersimpan di dalam *NodeMCU* saat diterima dan ditampilkan di masing-masing *platform*. *Data error rate* diukur menggunakan rumus persamaan 1.

$$Data\ error\ rate = \left(\frac{A-B}{B} \right) \times 100 \tag{1}$$

dengan A adalah data terkirim dan B adalah data yang diterima

Perhitungan *delay* dilakukan dengan mengamati waktu data diterima pada *App Invertor* dan waktu kirim pada serial monitor. *Delay* diukur menggunakan rumus persamaan 2.

$$Delay = A - B \tag{2}$$

dengan A adalah waktu data diterima dan B adalah waktu data dikirim.

3.2. Data Pengujian Sistem

3.2.1. Data Pengujian Komunikasi Esp 8266 – App Inventor

Pengujian komunikasi Esp 8266-App invetor dilakukan dengan cara memasukkan sensor TDS kedalam larutan air garam dan menggunakan arus tegangan 5 Volt melalui elektrida yang dimasukkan ke dalam air untuk mengukur tegangan ADC yang akan dikonversi menjadi nilai salinitas dalam ppt.

Pada pengujian pengiriman data antara *Esp 8266- Platform App Invertor* akan diambil sebanyak 50 data, dapat dilihat pada tabel 1, 2, 3, 4 dan 5. Untuk dapat mengukur kinerja *platform App Invertor* maka dilakukan perhitungan *delay* dan *data error rate* setiap interval pengiriman. Perhitungan *delay* pada *platform App invertor* menggunakan perhitungan *delay* antara *platform Thingspeak – App invertor*.

Tabel 1. Data *Platform App Invertor* dengan *interval* pengiriman /2 detik.

Waktu SM	Data SM (ppt)	Waktu TS	Data TS (ppt)	Waktu terima App Invertor	Data App Invertor (ppt)	Hasil perhitungan <i>delay</i> (s)	Hasil perhitungan <i>Data error rate</i>
13.07.01	2	13.07.03	2	13.07.04	2	00.00.01	0
13.07.03	2	-	-	-	-	-	1
13.07.05	2	-	-	-	-	-	1
13.07.07	5,06	-	-	-	-	-	1
13.07.08	5,77	-	-	-	-	-	1
13.07.10	7	-	-	-	-	-	1
13.07.12	7,56	-	-	-	-	-	1
13.07.14	7,56	-	-	-	-	-	1
13.07.16	4,65	-	-	-	-	-	1
13.07.18	5,06	-	-	-	-	-	1

Tabel 2. Data Platform App Invertor dengan interval pengiriman /4 detik.

Waktu SM	Data SM (ppt)	Waktu TS	Data TS (ppt)	Waktu terima App Invertor	Data App Invertor (ppt)	Hasil perhitungan delay (s)	Hasil perhitungan Data error rate
13.11.00	14,27	13.11.01	14,27	13.11.03	14,27	00.00.02	0
13.11.04	14,43	-	-	-	-	-	1
13.11.08	14,48	-	-	-	-	-	1
13.11.12	14,58	-	-	-	-	-	1
13.11.16	14,58	13.11.16	14,5798	13.11.18		00.00.02	0
13.11.20	14,78	-	-	-	-	-	1
13.11.24	14,89	-	-	-	-	-	1
13.11.28	14,99	13.11.32	14,987	13.11.32		00.00.00	0
13.11.33	14,99	-	-	-	-	-	1
13.11.37	15,14	-	-	-	-	-	1

Tabel 3. Data Platform App Invertor dengan interval pengiriman /10 detik.

Waktu SM	Data SM (ppt)	Waktu TS	Data TS (ppt)	Waktu terima App Invertor	Data App Invertor (ppt)	Hasil perhitungan delay (s)	Hasil perhitungan Data error rate
13.11.45	15,34	13.11.48	15,3433	13.11.50	15,3433	00.00.02	0
13.11.55	15,39	-	-	-	-	-	1
13.12.05	14,53	-	-	-	-	-	1
13.12.15	11,78	-	-	-	-	-	1
13.12.25	11,53	-	-	-	-	-	1
13.12.34	12,49	-	-	-	-	-	1
13.12.44	10,2	-	-	-	-	-	1
13.12.54	12,29	-	-	-	-	-	1
13.13.04	13,15	13.13.07	13,15	13.13.08	03.42.37	00.00.01	0
13.13.14	13,46	-	-	-	-	-	1

Tabel 4. Data Platform App Invertor dengan interval pengiriman /15 detik.

Waktu SM	Data SM (ppt)	Waktu TS	Data TS (ppt)	Waktu terima App Invertor	Data App Invertor (ppt)	Hasil perhitungan delay (s)	Hasil perhitungan Data error rate
13.07.01	2	-	-	-	-	-	1
13.07.16	4,65	13.07.19	4,65	13.07.21	4,65	00.00.02	0
13.07.32	3,28	13.07.35	3,28	13.07.37	3,28	00.00.02	0
13.07.48	2	13.07.50	2	13.07.52	2	00.00.02	0
13.08.03	8,37	13.08.06	8,37	13.08.08	8,37	00.00.02	0
13.08.19	10,46	13.08.22	10,46	13.08.23	10,46	00.00.01	0
13.08.35	11,07	13.08.38	11,07	13.08.39	11,07	00.00.01	0
13.08.51	11,53	13.08.54	11,53	13.08.55	11,53	00.00.01	0
13.09.06	12,34	13.09.09	12,34	13.09.10	12,34	00.00.01	0
13.09.22	13,56	13.09.25	13,56	13.09.27	13,56	00.00.02	0

Tabel 5. Data *Platform App Invertor* dengan *interval* pengiriman /30 detik

Waktu SM	Data SM (ppt)	Waktu TS	Data TS (ppt)	Waktu terima App Invertor	Data App Invertor (ppt)	Hasil perhitungan delay (s)	Hasil perhitungan Data error rate
13.07.16	4,65	13.07.19	4,65	13.07.21	4,65	00.00.02	0
13.07.46	6,23	-	-	-	-	-	1
13.08.15	10,15	-	-	-	-	-	1
13.08.45	11,22	-	-	-	-	-	1
13.09.16	13,46	-	-	-	-	-	1
13.09.46	13,92	-	-	-	-	-	1
13.10.16	12,54	-	-	-	-	-	1
13.10.45	13,82	-	-	-	-	-	1
13.11.16	14,58	-	-	-	-	-	1
13.11.45	15,34	13.11.48	15,34	13.11.50	15,34	00.00.02	0

Tabel 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, dan 4.5. pengujian transmisi data pada *platform App invertor* dilakukan sebanyak 5 kali percobaan, dan hasil yang didapat banyak sekali data *error*, terutama pada pengiriman menggunakan interval pengiriman data /2, 4, 10 dan 30 detik, seperti pada tabel diatas. Berbeda dengan pengiriman data /15 detik hampir semua data diterima oleh *platform App Invertor*. Hal ini dipengaruhi oleh karakteristik *server Thingspeak* yang membutuhkan waktu minimal 15 detik untuk memperbaharui data (*update data*), sehingga data yang dapat diteruskan menuju *platform App invertor* sesuai dengan data yang diterima oleh *server Thingspeak*.

3.2.2. Data Pengujian Komunikasi Esp 8266 – Thingspeak

Pengujian komunikasi Esp 8266-*Thingspeak* dilakukan dengan meletakkan sensor *ultrasonik* pada sisi atas cover sampah, sehingga pada saat sampah dimasukkan dengan ketinggian yang bervariasi sampai batas maksimal agar dapat dibaca oleh sensor. Adapun sampah yang dimasukkan yaitu sampah kering padat berupa kertas. Nilai ketinggian sampah akan dikirimkan secara *realtime* ke *Thingspeak*.

Pada pengujian pengiriman data antara *Esp 8266- Platform Thingspeak* akan diambil sebanyak 50 data dapat dilihat pada tabel 6, 7, 8, 9 dan 10. Untuk dapat mengukur kinerja *platform Thingspeak* maka dilakukan perhitungan *delay* dan *data error rate* setiap interval pengiriman.

Tabel 6. Data *Platform Thingspeak* dengan *interval* pengiriman /2 detik.

Waktu SM	Data SM (Cm)	Waktu terima Thingspeak	Data Thingspeak (Cm)	Hasil perhitungan delay (s)	Hasil perhitungan Data error rate
14.10.21	26	14.10.24	26	00.00.03	0
14.10.25	26	-	-	-	1
14.10.27	26	-	-	-	1
14.10.29	26	-	-	-	1
14.10.31	6	-	-	-	1
14.10.33	21	-	-	-	1
14.10.35	16	-	-	-	1
14.10.37	17	14.10.40	17	00.00.03	0
14.10.39	18	-	-	-	1
14.10.41	17	-	-	-	1

Tabel 7. Data Platform Thingspeak dengan interval pengiriman /4 detik.

Waktu SM	Data SM (Cm)	Waktu terima Thingspeak	Data Thingspeak (Cm)	Hasil perhitungan delay (s)	Hasil perhitungan Data error rate
14.11.01	13	-	-	-	1
14.11.05	16	-	-	-	1
14.11.09	20	14.11.13	20	00.00.04	0
14.11.13	25	-	-	-	1
14.11.17	16	-	-	-	1
14.11.21	18	-	-	-	1
14.11.25	29	14.11.29	29	00.00.04	0
14.11.29	25	-	-	-	1
14.11.33	24	-	-	-	1
14.11.37	23	-	-	-	1

Tabel 8. Data Platform Thingspeak dengan interval pengiriman /10 detik.

Waktu SM	Data SM (Cm)	Waktu terima Thingspeak	Data Thingspeak (Cm)	Hasil perhitungan delay (s)	Hasil perhitungan Data error rate
14.12.14	17	14.12.17	17	00.00.03	0
14.12.24	6	-	-	-	1
14.12.34	24	-	-	-	1
14.12.44	8	-	-	-	1
14.12.54	10	-	-	-	1
14.13.04	14	-	-	-	1
14.13.14	14	-	-	-	1
14.13.24	24	-	-	-	1
14.13.34	25	14.13.38	25	00.00.04	0
14.13.44	16	-	-	-	1

Tabel 9. Data Platform Thingspeak dengan interval pengiriman /15 detik.

Waktu SM	Data SM (Cm)	Waktu terima Thingspeak	Data Thingspeak (Cm)	Hasil perhitungan delay (s)	Hasil perhitungan Data error rate
14.11.09	20	14.11.13	20	00.00.04	0
14.11.25	29	14.11.29	29	00.00.04	0
14.11.41	26	14.11.45	26	00.00.04	0
14.11.56	9	-	-	-	1
14.12.10	15	-	-	-	1
14.12.24	6	-	-	-	1
14.12.38	12	-	-	-	1
14.12.54	10	-	-	-	1
14.13.10	12	-	-	-	1
14.13.24	24	-	-	-	1

Tabel 10. Data Platform Thingspeak dengan interval pengiriman /30 detik.

Waktu SM	Data SM (Cm)	Waktu terima Thingspeak	Data Thingspeak (Cm)	Hasil perhitungan delay (s)	Hasil perhitungan Data error rate
14.12.16	11	-	-	-	1
14.12.46	14	14.12.49	14	00.00.03	0
14.13.26	6	-	-	-	1
14.13.55	17	-	-	-	1
14.14.25	55	-	-	-	1
14.14.55	17	14.14.58	17	00.00.03	0
14.15.25	19	-	-	-	1
14.15.56	19	-	-	-	1
14.16.26	17	-	-	-	1
14.16.55	13	-	-	-	1

Tabel 6, 7, 8, 9 dan 10. pengujian transmisi data pada platform Thingspeak dilakukan sebanyak 5 kali percobaan, dari hasil pengujian banyak sekali data error yang didapat, terutama pada pengiriman menggunakan interval pengiriman data /2, 4, 10 dan 30 detik, seperti pada tabel diatas. Berbeda dengan pengiriman data /15 detik data yang diterima oleh platform Thingspeak lebih banyak. Hal ini dipengaruhi oleh karakteristik server Thingspeak yang membutuhkan waktu minimal 15 detik untuk memperbaharui data (*update data*), sehingga data yang dapat diterima oleh platform Thingspeak dengan interval pengiriman data /15 detik lebih banyak.

3.2.3. Data Pengujian Komunikasi Esp 32 – Blynk

Pengujian komunikasi Esp 32-Blynk dilakukan dengan cara memasukkan sensor *Soil Moisture* kedalam media yang sudah berisi tanah dengan kondisi tanah dalam keadaan kering nilai range analog sensor > 3500, kondisi tanah dalam keadaan lembab nilai range analog sensor < 3500 dan > 1600 serta kondisi tanah dalam keadaan basah nilai range analog sensor < 1600. Hasil keluaran sensor *soil moisture* akan dikonversi menjadi tegangan 12 BIT dan akan dikirim secara *real time* ke *blynk*.

Pada pengujian pengiriman data antara Esp 32- Platform blynk akan diambil sebanyak 50 data dapat dilihat pada tabel 11, 12, 13, 14 dan 15. Untuk dapat mengukur kinerja platform blynk maka dilakukan perhitungan *delay* dan *data error rate* setiap interval pengiriman.

Tabel 11. Data Platform Blynk dengan interval pengiriman /2 detik.

Waktu SM	Data SM (V ADC)	Waktu terima Blynk	Data Blynk (V ADC)	Hasil perhitungan delay (s)	Hasil perhitungan Data error rate
13.18.10	2,99	13.18.11	2,99	00.00.01	0
13.18.12	3,01	13.18.13	3,01	00.00.01	0
13.18.14	3	13.18.15	3	00.00.01	0
13.18.16	2,93	13.18.18	2,93	00.00.02	0
13.18.18	2,7	13.18.19	2,7	00.00.01	0
13.18.20	2,66	-	-	-	1
13.18.22	2,62	13.18.23	2,62	00.00.01	0
13.18.24	2,45	13.18.25	2,45	00.00.01	0
13.18.26	2,39	13.18.27	2,39	00.00.01	0
13.18.28	2,32	13.18.29	2,32	00.00.01	0

Tabel 12. Data *Platform Blynk* dengan *interval* pengiriman /4 detik.

Waktu SM	Data SM (V ADC)	Waktu terima <i>Blynk</i>	Data <i>Blynk</i> (V ADC)	Hasil perhitungan <i>delay</i> (s)	Hasil perhitungan Data <i>error rate</i>
13.19.56	-	-	-	-	1
13.20.00	1,2	13.20.01	1,2	00.00.01	0
13.20.04	1,38	13.20.05	1,38	00.00.01	0
13.20.08	1,47	13.20.10	1,47	00.00.02	0
13.20.12	-	-	-	-	1
13.20.16	1,32	13.20.16	1,32	00.00.00	0
13.20.20	1,61	13.20.21	1,61	00.00.01	0
13.20.24	3,24	13.20.25	3,24	00.00.01	0
13.20.28	2,07	13.20.29	2,07	00.00.01	0
13.20.32	-	-	-	-	1

Tabel 13. Data *Platform Blynk* dengan *interval* pengiriman /10 detik.

Waktu SM	Data SM (V ADC)	Waktu terima <i>Blynk</i>	Data <i>Blynk</i> (V ADC)	Hasil perhitungan <i>delay</i> (s)	Hasil perhitungan Data <i>error rate</i>
13.21.00	1,81	13.21.01	1,81	00.00.01	0
13.21.10	1,81	13.21.11	1,81	00.00.01	0
13.21.20	1,82	13.21.22	1,82	00.00.02	0
13.21.30	1,89	13.21.31	1,89	00.00.01	0
13.21.40	2,23	13.21.41	2,23	00.00.01	0
13.21.50	2,25	13.21.50	2,25	00.00.00	0
13.22.00	1,92	13.22.01	1,92	00.00.01	0
13.22.10	1,96	13.22.11	1,96	00.00.01	0
13.22.20	-	-	-	-	1
13.22.30	-	-	-	-	1

Tabel 14. Data *Platform Blynk* dengan *interval* pengiriman /15 detik.

Waktu SM	Data SM (V ADC)	Waktu terima <i>Blynk</i>	Data <i>Blynk</i> (V ADC)	Hasil perhitungan <i>delay</i> (s)	Hasil perhitungan Data <i>error rate</i>
13.23.00	1,81	13.23.01	1,81	00.00.01	0
13.23.15	2,14	13.23.16	2,14	00.00.01	0
13.23.30	1,9	13.23.31	1,9	00.00.01	0
13.23.45	2,02	13.23.47	2,02	00.00.02	0
13.24.00	1,71	13.24.00	1,71	00.00.00	0
13.24.15	1,87	13.24.16	1,87	00.00.01	0
13.24.30	2,58	13.24.31	2,58	00.00.01	0
13.24.45	1,52	13.24.46	1,52	00.00.01	0
13.25.00	2,54	13.25.01	2,54	00.00.01	0
13.25.15	1,37	13.25.16	1,37	00.00.01	0

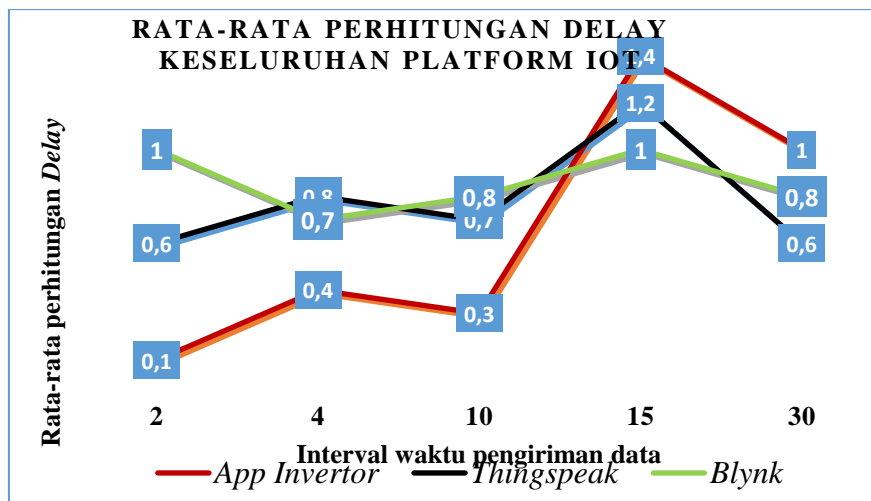
Tabel 15. Data Platform Blynk dengan interval pengiriman /30 detik.

Waktu SM	Data SM (V ADC)	Waktu terima Blynk	Data Blynk (V ADC)	Hasil perhitungan delay (s)	Hasil perhitungan Data error rate
13.23.00	1,79	13.23.01	1,79	00.00.01	0
13.23.30	1,9	13.23.31	1,9	00.00.01	0
13.24.00	1,71	13.24.01	1,71	00.00.01	0
13.24.30	2,58	13.24.30	2,58	00.00.00	0
13.25.00	2,54	13.25.01	2,54	00.00.01	0
13.25.30	2,86	13.25.31	2,86	00.00.01	0
13.26.00	1,57	13.26.01	1,57	00.00.01	0
13.26.30	-	-	-	-	1
13.27.00	2,31	13.27.01	2,31	00.00.01	0
13.27.30	1,64	13.27.31	1,64	00.00.01	0

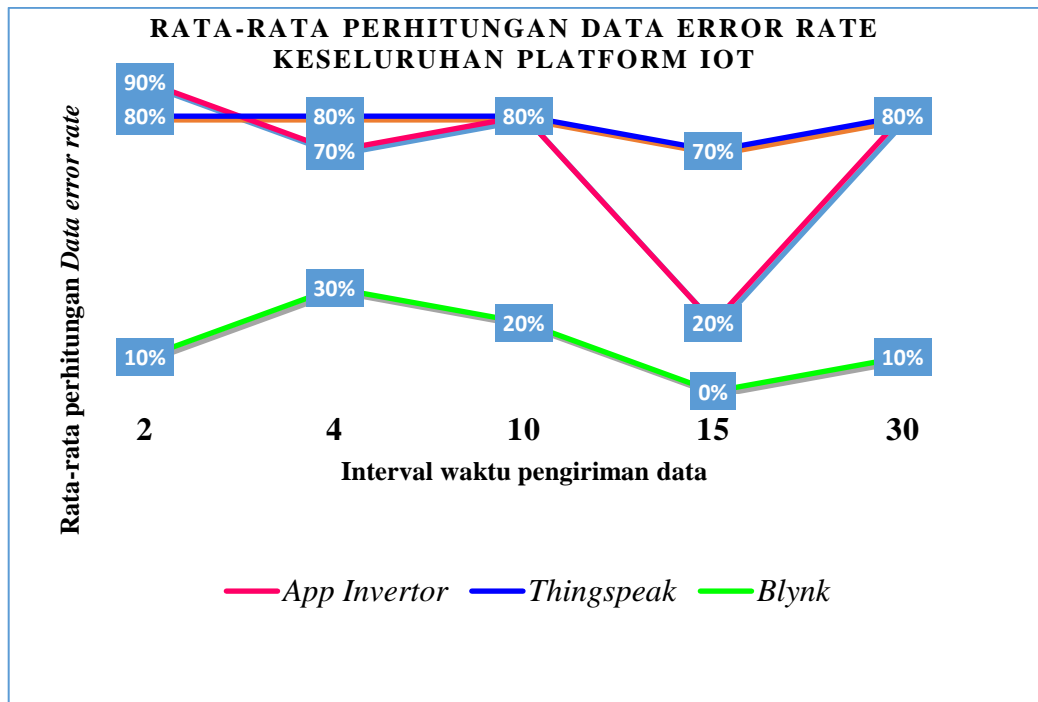
Pada tabel 11, 12, 13, 14 dan 15. pengujian transmisi data pada platform Blynk dilakukan sebanyak 5 kali percobaan, dari hasil pengujian ada beberapa data error yang didapat pada interval pengiriman tertentu, terutama pada pengiriman menggunakan interval pengiriman data /4 dan 10 detik, seperti pada tabel 13 dan 14 diatas. Berbeda dengan pengiriman data /15 detik, seperti pada tabel 14 menunjukkan bahwa tidak ada data error rate yang diterima oleh platform Blynk. Hal ini dipengaruhi oleh karakteristik server Thingspeak yang membutuhkan waktu minimal 15 detik untuk memperbaharui data (update data), sehingga data yang dapat diterima oleh platform Thingspeak lebih banyak.

3.3. Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem

Hasil pengujian delay dan data error rate keseluruhan sistem digunakan sebagai pembandingan kinerja Platform IoT pada sistem taman cerdas. Hasil perbandingan kinerja platform bertujuan untuk mengetahui kualitas dari masing-masing platform. Data dari hasil pengujian akan diambil rata-ratanya dan diubah menjadi grafik untuk melihat performa dan perbandingannya. Data yang digunakan untuk membandingkan kinerja platform sesuai dengan rata-rata perhitungan delay dan data error rate masing-masing interval pengiriman data. Data hasil pengujian delay dan data error rate keseluruhan sistem dapat dilihat pada grafik 1 dan 2.



Gambar 3. Rata-rata perhitungan delay keseluruhan platform IoT



Gambar 4. Rata-rata perhitungan data *error rate* keseluruhan *platform IoT*

Berdasarkan grafik 1 dan 2 dapat kita lihat bahwa performa *delay* dan *data error rate* masing-masing *platform* bervariasi sesuai dengan interval pengiriman data yang digunakan. Rata-rata perhitungan *data error rate* sangat berpengaruh terhadap perhitungan *delay*, karena rata-rata dari perhitungan *delay* akan dihitung sesuai dengan jumlah data yang diterima masing-masing *platform IoT*. Semakin banyak data yang diterima *platform IoT* maka semakin tinggi hasil perhitungan *delay* yang didapat.

Pada *platform App Inventor* memperoleh nilai perhitungan *delay* yang sangat rendah, dapat dilihat pada grafik 1. Hal ini dikarenakan besarnya nilai *data error rate* yang didapatkan sangat besar, (dapat dilihat pada tabel 2). Besarnya nilai *data error rate* disebabkan *platform App Inventor* tidak dapat menerima semua data yang dikirimkan *NodeMCU*. Pada pengujian ini, *platform App Inventor* yang menggunakan server *Thingspeak* untuk transmisi data, sehingga data yang diterima *platform App Inventor* dipengaruhi data pada *platform Thingspeak*.

Pada *platform Thingspeak* memperoleh nilai perhitungan rata-rata *delay* yang cukup tinggi, dapat dilihat pada grafik 1. Hal ini dikarenakan nilai *data error rate* yang didapatkan cukup besar (dapat dilihat pada tabel 2). Besarnya nilai *data error rate* disebabkan *platform Thingspeak* yang membutuhkan waktu minimal 15 detik untuk memperbaharui (*update*) data, sehingga pada proses pengiriman data pada interval tertentu *platform Thingspeak* tidak dapat menerima semua data yang dikirimkan dari *Node MCU*.

Pada *platform Blynk* memperoleh nilai perhitungan *delay* yang sangat tinggi, dapat dilihat pada grafik 1. hal ini dikarenakan nilai *data error rate* yang didapatkan sangat kecil, (dapat dilihat pada tabel 2.). Nilai *data error rate* yang sangat kecil disebabkan *platform Blynk* yang dapat menerima data perdetik, sehingga hampir semua data yang dikirimkan dari *Node MCU* dapat diterima oleh *platform Blynk* tanpa pengaruh interval pengiriman data yang digunakan.

Berdasarkan hasil Analisis yang diperoleh, dengan membandingkan nilai perhitungan *delay* dan *data error rate* keseluruhan sistem. *Platform Blynk* lebih unggul dibandingkan *platform* lainnya, hal ini dikarenakan nilai perhitungan *data error rate* yang sangat kecil, begitu juga dengan nilai perhitungan *delay* untuk tiap pengiriman data yang berkisar antara 1-2 detik. sedangkan untuk *platform App inventor* bisa dikatakan cukup bagus, karena pada perhitungan *delay* juga memperoleh nilai yang rendah dan sama dengan nilai perhitungan *delay* pada *platform*

Blynk, berkisar antara 1-2 detik per pengiriman data. Kelemahan dari *platform App Invertor* yaitu *App Invertor* yang menggunakan server *Thingspeak* untuk transmisi data, yang menyebabkan ada banyak data yang dikirimkan *Node MCU* tidak diterima oleh *platform App Invertor*, sehingga *platform App Invertor* memperoleh nilai *data error rate* yang besar.

Dari hasil analisis juga dapat disimpulkan bahwa *platform Thingspeak* memiliki *performa* yang kurang bagus, jika dilihat dari hasil perhitungan *delay* per pengiriman data yang didapatkan cukup tinggi, berkisar antara 3-4 detik. Nilai *delay* yang tinggi pada *platform Thingspeak* dipengaruhi lokasi *server Thingspeak* yang berada di Inggris. Keunggulan dari *platform Thingspeak* yaitu riwayat data yang diterima dapat dilihat dengan mudah oleh pengguna, serta dapat didownload dalam bentuk *csv*.

4. Kesimpulan

Setelah mempelajari alat yang dibuat sebelumnya, implementasi, dan pengujian Kinerja komunikasi Data pada Model Taman Cerdas, dapat diambil kesimpulan bahwa Semua sistem pada model taman cerdas dapat mengirim data hasil baca sensor menuju *platform IoT* yang dituju. Namun hanya sistem yang menggunakan *platform App Invertor* dan *Blynk* dapat berjalan dengan baik sesuai dengan perancangan, jika dianalisis menggunakan perhitungan *delay* dan *data error rate* tiap pengiriman data. Dari hasil perbandingan kinerja *platform* dapat disimpulkan bahwa *platform Blynk* lebih unggul dibandingkan *platform* lainnya.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih penulis sampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Sanata Dharma yang telah mendanai penelitian ini.

Referensi

- [1] Ariyus, Dony dan Andri, Rum. 2008. “*Komunikasi Data*”
- [2] Yuliansah, Harry. 2016. Uji Kinerja Pengiriman Data Secara Wireless Menggunakan Modul ESP8266 Berbasis Rest Architecture. *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, Vol. 10, No. 2.
- [3] S, Samsugi, dkk. 2017. Sistem Kendali Jarak Jauh Berbasis Arduino dan Modul Wifi ESP8266. *Prosiding Seminar Nasional XII “Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi 2017 Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Nusantara”*.
- [4] Putri, Novia Indriani. 2020. *Sistem Monitoring Dan Pengendalian Jarak Jauh Tingkat Keasaman Dan Salinitas Kolam Ikan Koi*. Skripsi. Universitas Sanata Dharma.
- [5] Moris, Fridyastuti Dwi. 2020. *Pembuka Tutup Otomatis Dan Pemantau Isi Tempat Sampah Jarak Jauh Dengan Deteksi Lokasi*. Skripsi. Universitas Sanata Dharma.
- [6] Jonathan. 2020. *Penyiram Tanaman Otomatis Dan Pemantauan Kondisi Tanah Jarak Jauh Dengan Deteksi Lokasi*. Skripsi. Universitas Sanata Dharma.
- [7] Saptaji. 2020. IoT Dengan Arduino dan Thingspeak. <http://saptaji.com/2016/11/21/iot-dengan-arduino-dan-thingspeak/> diakses 15 Desember 2020.

ID: 07

Perancangan Sistem Kendali Peralatan Listrik Jarak Jauh Melalui Internet Berbasis Mikrokontroler

Design Of Remote Electrical Equipment Control System Through The Internet Based On Microcontroller

Tripan Arius Jodi Lumban Gaol^{1*}, Adnan Rafi Al Tahtawi², Dedi Aming³

^{1,2,3} Politeknik Negeri Bandung

Jl. Gegerkalong Hilir, Ciwaruga, Kec. Parongpong, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat 40599, Indonesia

tripan.arius.tlis18@polban.ac.id^{1*}, adnan.raf@polban.ac.id², deam2k@yahoo.com³

Abstrak – Dengan berkembangnya zaman kegiatan manusia begitu terbantu oleh teknologi salah satu contohnya adalah penerapan sistem kendali pada peralatan listrik rumah tangga yang memungkinkan manusia dapat mengendalikan peralatan listrik dengan jarak yang jauh tanpa perlu mendekati ke peralatannya. Dengan sistem kendali ini dapat mempermudah kehidupan pengguna dan dapat menghemat penggunaan listrik yang berlebih di saat pengguna pergi dan lupa untuk mematikan lampu pengguna tidak perlu kembali ke rumah untuk mematkannya hanya perlu mematkannya lewat smartphone atau PC yang terhubung internet. Sistem kendali ini menggunakan arduino UNO sebagai mikrokontroler, modul ESP8266 sebagai penghubung, sensor arus sebagai monitoring dan berbasis Internet of Things. Hasil yang didapatkan dari pengujian sensor arus memiliki rata-rata error 2,17 dan waktu pengiriman perintah sangat bergantung pada kualitas sinyal. Konsep sistem kendali ini arduino Uno sebagai mikrokontroler dan modul ESP8266 dihubungkan ke jaringan internet dan dapat diakses oleh pengguna yang dapat menghidup matikan peralatan listrik dan monitoring nilai arus yang mengalir dengan menggunakan aplikasi blynk.

Kata Kunci: Sistem Kendali; Internet; Modul Wifi ESP8266; Mikrokontroler; Sensor Arus ACS712.

Abstract - With the development of the era of human activities so assisted by technology, one example is the application of a control system on household electrical equipment that allows humans to control electrical equipment over long distances without the need to approach the equipment. With this control system, it can simplify the user's life and can save excessive electricity usage when the user leaves and forgets to turn off the lights, the user does not need to return home to turn it off, only needs to turn it off via a smartphone or PC connected to the internet. This control system uses Arduino UNO as a microcontroller, ESP8266 module as a connector, current sensor as monitoring and based on Internet of Things. The results obtained from testing the current sensor have an average error of 2.17 and the delivery time of the command is highly dependent on the signal quality. The concept of this control system is Arduino Uno as a microcontroller and the ESP8266 module is connected to the internet network and can be accessed by users who can turn on and off electrical equipment and monitor the value of the current flowing using the blynk application.

Keywords: Control System; Internet; ESP8266 Wifi Module; Microcontroller; ACS712 Current Sensor

1. Pendahuluan

Teknologi merupakan salah hal yang terus mengalami perkembangan yang pesat setiap tahunnya dan perkembangan ini dimanfaatkan dan dipelajari oleh manusia agar dapat membantu kehidupan sehari-hari. Salah satu yang berkembang adalah sistem kendali dan internet, sistem kendali banyak diterapkan dalam berbagai hal dalam kehidupan manusia untuk mempermudah

dalam beraktivitas. Kemudian sekarang bahkan bukan hanya smartphone dan komputer saja yang dapat terkoneksi dengan internet beberapa benda lainnya dapat terhubung dengan internet. Sebagai contoh dapat berupa peralatan listrik, peralatan yang digunakan manusia, dan termasuk benda nyata apa saja yang semuanya tersambung ke jaringan lokal dan global melalui sensor yang tertanam dan selalu aktif.[1], [3].

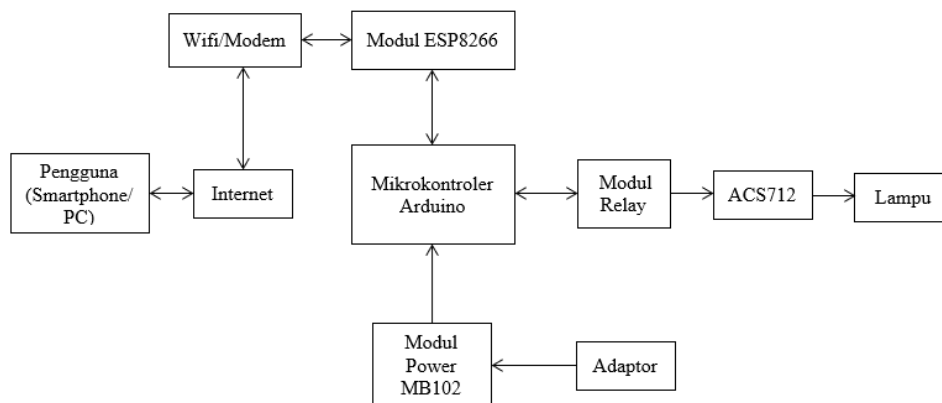
Salah satu kegiatan yang sering dilakukan manusia adalah penggunaan peralatan listrik dalam rumah tangga seperti menyalakan lampu, menyalakan kipas angin dan berbagai macam peralatan elektronik lainnya. Permasalahan sering terjadi pada manusia adalah lupa untuk menyalakan atau mematikan peralatan listrik yang sudah dipakai apalagi jika sedang pergi keluar dari rumah hal ini sangat tidak efisien dan merepotkan sehingga kita harus kembali ke rumah untuk mematikan atau menyalakan peralatan listrik secara manual dan akan menimbulkan pemborosan energi listrik saat peralatan listrik tidak dimatikan.[2].

Dengan menggabungkan kedua hal tersebut yaitu teknologi dan internet memungkinkan peralatan listrik rumah tangga atau yang lainnya dapat dikendalikan oleh pengguna dari jarak jauh tanpa perlu mendekati ke peralatan listriknya. Teknologi ini diharapkan dapat membantu memenuhi kebutuhan manusia yang saat ini menginginkan segala sesuatu dapat dilakukan dengan mudah dan cepat disela-sela kesibukan manusia dalam beraktivitas.

2. Metode Penelitian

2.1. Diagram Blok Sistem

Diagram blok dalam penelitian berfungsi untuk mengetahui komponen – komponen yang berperan sebagai input, kontroler dan output yang dibutuhkan. Diagram blok juga dapat berfungsi sebagai gambaran alur kinerja dari suatu rancangan alat secara sederhana. Hal ini dapat membantu suatu perencanaan alat karena perancang dapat dengan mudah membaca alur dari sistem yang digunakan.

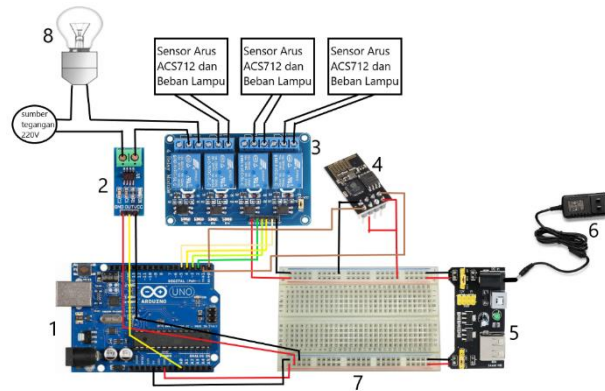


Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Tahapan prosesnya adalah pengguna menggunakan smartphone atau PC yang terhubung internet untuk mengendalikan hidup dan mati peralatan listrik. Dengan mikrokontroler Arduino Uno sebagai otak pengolah data yang tersambung dengan modul wifi ESP8266 dan jaringan internet sehingga dapat menerima perintah dari pengguna dan mikrokontroler terhubung oleh modul power MB102 dan adaptor agar dapat mengoperasikan lebih dari satu peralatan listrik.

2.2. Perancangan Alat

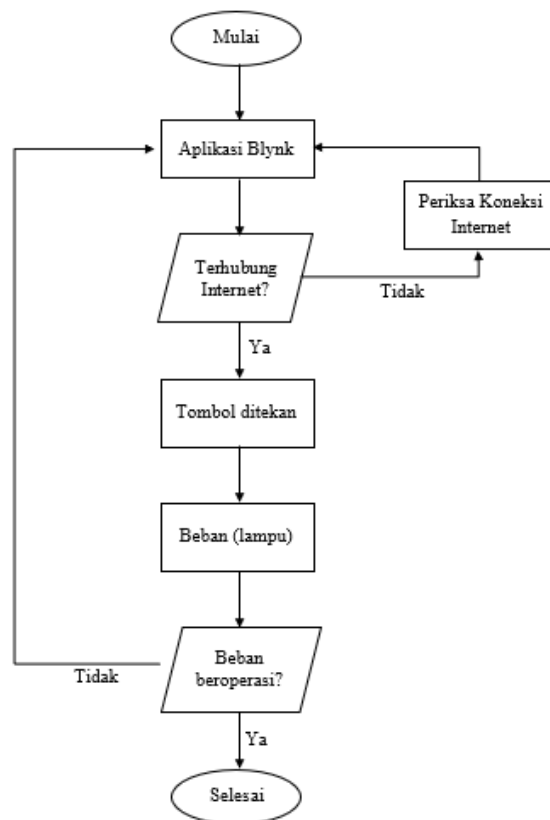
Pada proses kali ini dilakukan pembuatan perancangan rangkaian yang akan di buat, menentukan dan menyusun algoritma untuk perancangan Hardware.



Gambar 2. Perancangan Alat

2.3. Perancangan Perangkat Lunak

Pada sistem kendali peralatan listrik berbasis IoT akan dibangun aplikasi kontrol yang digunakan untuk mengontrol perangkat keras. Berikut ini gambar 3. Perancangan perangkat lunak yang digunakan untuk sistem kendali peralatan listrik menggunakan aplikasi blynk.



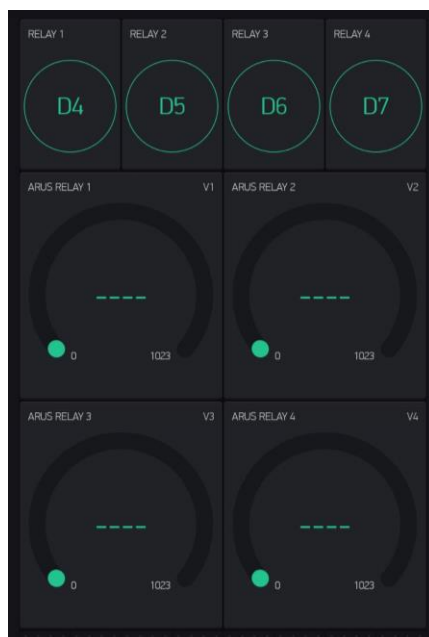
Gambar 3. Flowchart Blynk

Pada gambar 3. Proses aplikasi blynk untuk sistem kendali peralatan listrik, start aplikasi dibuka, alat terhubung ke aplikasi bylnk android, jika tidak terhubung pin dari widget dan program arduino benar, kemudian jika alat terhubung ke aplikasi blynk saat tombol ON/OFF ditekan lampu akan menyala atau mati sesuai dengan apa yang ditunjukkan pada tombol,

selanjutnya apabila lampu mrenyala maka sensor arus akan menunjukkan nilai, jika pada saat tombol ditekan dan menunjukkan lampu ON tapi lampu tidak menyala atau nilai arus tidak terbaca maka pastikan pin dari widget dan program arduino benar.

2.4. Perancangan Program Aplikasi Blynk

Dengan menggunakan aplikasi yang dibuat berbasis android dengan aplikasi blynk yang dimplementasikan ke dalam Mikrokontroler Arduino Uno dan modul ESP 8266 sebagai alat bantu dalam implementasi aplikasi kendali peralatan listrik berbasis IoT. Nilai arus akan di tampilkan di android aplikasi Blynk sebagai monitoring. Alat akan berkerja saat alat dan smarthphone android terhubung ke jaringan internet, untuk menghubungkan perangkat ke aplikasi tersebut perlu login dengan email dan kode Auth Token yang dikirim oleh aplikasi Blynk ke Program Arduino IDE. Berikut Gambar 4. Tampilan Aplikasi Blynk.

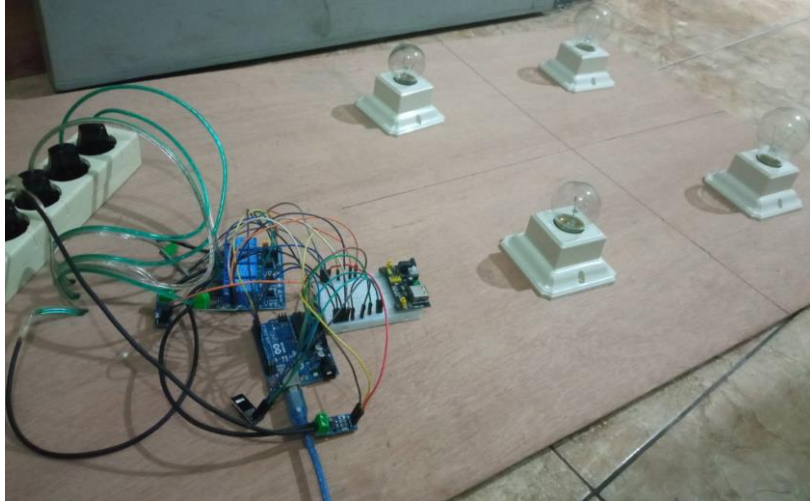


Gambar 4. Tampilan Aplikasi Blynk

Pada gambar 4. pada perancangan aplikasi Blynk dirancang untuk sebagai tombol ON/OFF dan dapat memonitoring arus yang mengalir pada peralatan listrik. Pada rancangan aplikasi blynk yang digunakan untuk tombol ON/OFF berjumlah 4 dan untuk monitoring berjumlah 4 gauge dikarenakan hanya menggunakan 4 relay.

2.5. Implementasi Perangkat Keras

Pada tahap penyusunan perangkat keras, Mikrokontroler Arduino UNO, modul wifi ESP8266, sensor arus, modul relay, dan breadboard akan dihubungkan dengan kabel sesuai dengan rangkaiannya dan juga beban, sensor arus ACS712 dan modul relay akan dihubungkan dengan kabel. Hasil dari Impmentasi perangkat keras, menggunakan beban lampu sebanyak 4 buah. Kontrol ON/OFF lampu dan pembacaan sensor arus akan ditampilkan di aplikasi blynk.



Gambar 5. Perangkat Keras

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengujian Sensor Arus

Pengujian sensor arus dilakukan dengan cara mengukur arus yang diberikan beban listrik yang berubah-ubah dengan menggunakan sensor arus ACS712 dan multimeter digital, kemudian membandingkan hasil pengukuran menggunakan sensor arus ACS712 dengan hasil pengukuran menggunakan multimeter digital. Nilai beban listrik yang berubah-ubah menggunakan beban resistif. Setelah dilakukan pengujian sensor arus didapat data hasil pengujian yang ditampilkan pada Tabel 1.

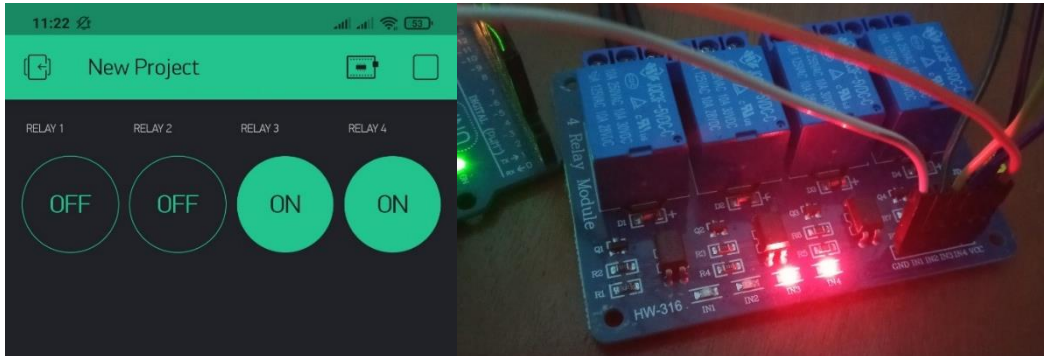
Tabel 1. Hasil Pengujian Pengukuran Arus

No.	Hasil Pengukuran				Error (%)
	Multimeter Digital (A)	Sensor Arus	Daya (W)	Tegangan (V)	
1.	0,059	0,057	13	220	3,3
2.	0,063	0,064	14	220	1,5
3.	0,070	0,068	15	220	2,8
4.	0,108	0,105	23	220	2,7
5.	0,134	0,138	30	220	2,8
6.	0,157	0,156	35	220	0,6
7.	0,181	0,175	40	220	3,3
8.	0,227	0,222	50	220	2,2
9.	0,254	0,250	55	220	1,5
10.	0,272	0,275	60	220	1
Minimum					0,6
Maksimum					3,3
Rata-rata					2,17

Tabel 1. didapat selisih hasil pengukuran antara hasil pengukuran sensor arus dengan hasil pengukuran multimeter digital. Didapat nilai persentase kesalahan (Error) dalam pengujian sensor

arus tersebut. Didapat Error maksimum sebesar 3,3%, error minimum sebesar 0.6% dan rata-rata Error adalah 2,17%.

3.2. Pengujian Relay

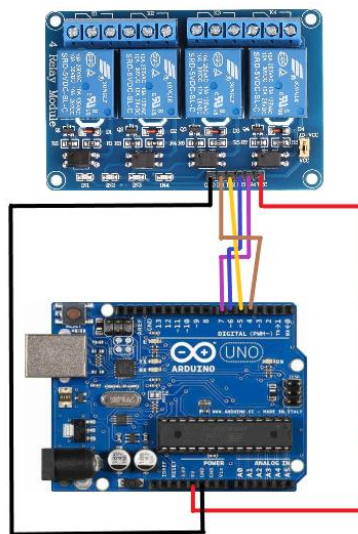


Gambar 6. Pengujian Relay

Tabel 2. Pengujian Relay

Pin Relay	Lampu Indikator Relay
IN1	Mati
IN2	Mati
IN3	Menyala
IN4	Menyala

Dari gambar 6. dan tabel 2. menunjukkan hasil pengujian Relay Modul. Ketika button pada blynk ditekan menunjukkan ON maka lampu indikator IN1, IN2, IN3 dan IN4 menyala yang menunjukkan relay aktif begitu juga sebaliknya jika button pada blynk ditekan menunjukkan OFF maka lampu indikator IN1, IN2, IN3 dan IN4 mati yang menunjukkan relay tidak aktif. Hasil pengujian menunjukkan bahwa Relay Modul berfungsi baik.



Gambar 7. Rangkaian Relay

Dari Gambar 7. dapat dijelaskan bahwa ketika Pin digital diberi logika HIGH maka akan mengirimkan tegangan sebesar 5VDC ke Relay dan membuat Relay menjadi NC. Pada Kondisi ini tegangan 220VAC tidak dapat mengalir ke lampu sehingga membuat lampu menyala. Sebaliknya, ketika Pin digital diberi logika LOW maka akan menghasilkan tegangan sebesar 0VDC dan membuat Relay menjadi NO. Pada kondisi ini tegangan 220VAC akan mengalir ke lampu sehingga membuat lampu mati. Relay yang digunakan pada penelitian ini bertipe Active HIGH, dimana ketika diberi logika “1” Relay akan menjadi NC dan ketika diberi logika “0” Relay akan menjadi NO.

3.3. Pengujian Sistem Kontrol dan Monitoring

Pengujian sistem kontrol dilakukan untuk mendapat waktu respon saat button di blynk ditekan sampai nyalanya lampu, pengujian dilakukan dengan menggunakan berbagai provider dan diukur melalui jarak antara access point dan perangkat, dikarenakan perangkat IoT harus terhubung ke internet dan kualitas sinyal yang mempengaruhi cepatnya mengirim data. Lokasi pengujian dilakukan di rumah dengan alamat di blok 14, no 132 rt/rw 003/005 kel. Sarijadi, kec. Sukasari, Kota Bandung, Jawa Barat atau dengan titik koordinat (-6.880325365723209, 107.57675765889559). Berikut Gambar 8. Denah Lokasi Pengujian, Table 3. Dan Tabel 4. Pengujian Respon.



Gambar 8. Denah Lokasi Pengujian

Tabel 3. Pengujian Respon

Provider	Percobaan	Respon	Keterangan
Wifi	1	18 ms	Terhubung
	2	17 ms	
	3	15 ms	
	4	17 ms	
	5	15 ms	
XL	1	25 ms	Terhubung
	2	21 ms	
	3	22 ms	
	4	24 ms	
	5	25 ms	

Provider	Percobaan	Respon	Keterangan
Telkomsel	1	23 ms	Terhubung
	2	21 ms	
	3	25 ms	
	4	22 ms	
	5	21 ms	
Indosat	1	25 ms	Terhubung
	2	28 ms	
	3	26 ms	
	4	28 ms	
	5	27 ms	

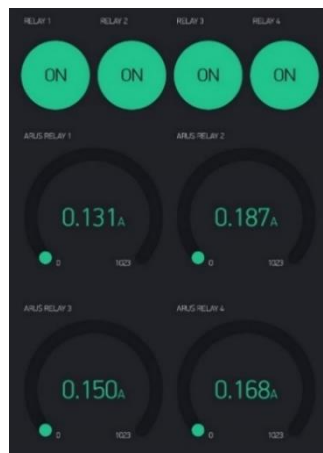
Tabel 4. Pengujian Jarak Access Point(wifi) – Android – Alat

Jarak	Percobaan	Respon	Keterangan
10 m	1	54 ms	Terhubung
	2	63 ms	
	3	59 ms	
	4	71 ms	
	5	61 ms	
15 m	1	83 ms	Terhubung
	2	71 ms	
	3	75 ms	
	4	86 ms	
	5	69 ms	

Dari hasil pengujian menggunakan berbagai provider dan jarak antara access point(wifi) – android – alat menunjukkan semakin buruk kualitas sinyal dan semakin jauh jarak antara alat dan smartphone dari access point maka akan semakin lama pula responnya, karena perangkat sangat bergantung dari kualitas sinyal.

3.4. Pengujian Blynk

Tampilan pembacaan alat yang sudah terhubung dengan aplikasi blynk baik itu smartphone android dan mikrokontroller. Kemudian nilai arus akan ditampilkan di aplikasi blynk. Berikut Gambar 9. Tombol dan monitoring arus di aplikasi blynk.



Gambar 9. Tombol dan Monitoring Arus di Aplikasi Blynk

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tugas akhir didapatkan kesimpulan yaitu Perancangan sistem kendali peralatan listrik berbasis IoT menggunakan mikrokontroler dengan menggunakan beban 4 lampu dan tegangan 220 volt telah berkeja sesuai rancangan. Hasil pengujian sensor arus dan relay sudah bekerja dengan baik. Dengan nilai persentase kesalahan (Error) dalam pengujian sensor arus tersebut rata-rata Error adalah 2,17%.

Saran

Untuk mengembangkan lebih jauh lagi menambah sensor yang lainnya untuk monitoring peralatan listrik, mengganti sensor arus yang dapat membaca arus AC dengan konstan, menambahkan monitoring tegangan, daya dan lain-lainnya.

Ucapan Terima Kasih

Terima Kasih penulis ucapkan kepada dosen pembimbing dan juga kepada semua pihak terkait yang telah membantu dalam menyelesaikan jurnal ini baik secara langsung maupun tidak langsung. Dan terima kasih disampaikan kepada Tim Seminar Nasional Teknik Elektro 2021 yang telah meluangkan waktu untuk menerbitkan paper ini.

Referensi

- [1] Pragmawati, Kiki. "Sistem Kontrol Peralatan Elektronik Rumah Tangga Menggunakan SMS GATEWAY," Tugas akhir Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang, 2016.
- [2] Agus Mulyanto, Yeni Agus Nurhuda, and Imam Khoirusid. "Sistem kendali lampu rumah menggunakan smartphone Android." *Jurnal Teknoinfo* 11.2 (2017): 48-53.
- [3] Handoko, Prio. "Sistem Kendali Perangkat Elektronika Monolitik Berbasis Arduino Uno R3." *Prosiding Semnastek*, 2017.
- [4] Efendi, Yoyon. "Internet Of Things (Iot) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile." *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Al Asyariah Mandar* 4.2, 2018: 21-27.
- [5] Kurniadi, Dede, and Lia Amelia. "Sistem Kendali Perangkat Elektronik Rumah Berbasis Android dan Arduino." *Jurnal Algoritma* 15.2 (2018): 37-42.
- [6] Rusdi, Muhammad, and Achmad Yani. "Sistem Kendali Peralatan Elektronik Melalui Media Bluetooth Menggunakan Voice Recognition." *JET (Journal of Electrical Technology)* 3.1 (2018): 27-33.
- [7] Kusumaningrum, Anggraini, Asih Pujiastuti, and Muhammad Zeny. "Pemanfaatan Internet Of Things pada Kendali Lampu." *Compiler* 6.1 (2017).
- [8] Kiswanto, Kiki. "Pembangunan Sistem Monitoring Energi menggunakan konsep Internet Of Thing." *Diss. Fakultas Teknik* (2017).

Aplikasi Teknologi *IoT* Pada Sistem Kontrol dan Monitoring Tandon Air

Application of IoT Technology in Water Tank Control and Monitoring Systems

Noval Dida^{1*}, Richa Watiasih²

^{1,2}. Universitas Bhayangkara Surabaya

Jl. Ahmad Yani No. 114, Surabaya

Novaldida23@gmail.com^{1*}, richa@ubhara.ac.id²

Abstrak – Penempatan tandon air yang berada di ketinggian membuat kesulitan untuk mengetahui kondisi air secara langsung, sehingga diperlukan suatu sistem yang dapat mengontrol dan monitoring secara real time. Pada penelitian ini telah digunakan sensor waterflow sebagai alat pembaca debit air, sensor ultrasonik sebagai pembaca level air dan sensor TDS untuk mendeteksi kekeruhan air pada tandon yang dihubungkan dengan arduino atmega 2560. Metode fuzzy logic tipe mamdani digunakan untuk mengontrol pengisian air dalam tandon dengan aturan tingkat ketinggian dan kekeruhan air yang dikontrol dan dimonitor menggunakan teknologi *IoT* pada smartphone. Berdasarkan hasil penelitian dapat diketahui bahwa penggunaan *IoT* pada sistem kontrol dan monitoring dapat mempermudah pemantauan kondisi tandon dari jarak jauh secara real time, dimana data hasil uji coba diperoleh tingkat keberhasilan tertinggi proses pengisian air mencapai 97% dengan rata-rata error kurang dari 15%. Sehingga metode ini dapat diterapkan untuk sistem kontrol dan monitoring tandon air rumah cerdas.

Kata Kunci: *IoT*, Sensor waterflow, TDS, Ultrasonik, fuzzy logic.

Abstract – The placement of water reservoirs at an altitude makes it difficult to know the condition of the water directly, so we need a system that can control and monitor in real time. In this study, a waterflow sensor has been used as a water flow reader, an ultrasonic sensor as a water level reader and a TDS sensor to detect water turbidity in a reservoir connected to an Arduino Atmega 2560. The Mamdani type fuzzy logic method is used to control the filling of water in a reservoir with level rules. water level and turbidity are controlled and monitored using *IoT* technology on smartphones. Based on the results of the study, it can be seen that the use of *IoT* in the control and monitoring system can facilitate monitoring the condition of reservoirs remotely in real time, where the data from the trial results obtained the highest success rate of the water filling process reaching 97% with an average error of less than 15%. So that this method can be applied to a smart home water reservoir control and monitoring system.

Keywords: *IoT*, Waterflow sensor, TDS, Ultrasonic, fuzzy logic.

1. Pendahuluan

Air merupakan sumber daya alam yang penting bagi kehidupan. Seiring dengan bertambahnya populasi, permintaan air juga semakin meningkat [1]. Fungsi air dapat memenuhi kebutuhan sehari-hari, seperti mandi, mencuci, memasak, dan lain – lain [2]. Hal tersebut wajar, karena air merupakan kebutuhan utama manusia di dunia [3]. Namun sejauh ini, kesadaran masyarakat akan konservasi air belum mencapai tujuan penggunaan air. Masyarakat masih belum menyadari pentingnya sumber daya air dan tidak peduli dengan berapa banyak air yang digunakan setiap hari [1].

Sering terjadinya kerusakan saluran air akibat pembangunan membuat air dirumah penduduk berhenti mengalir tiba-tiba. Pihak PDAM membutuhkan waktu berhari hari untuk memperbaiki kerusakan pipa saluran yang rusak. Penyimpanan air dalam tandon dibutuhkan disaat situasi

seperti itu terjadi. Penyimpanan air dalam tandon juga berfungsi untuk menghemat penggunaan air [4].

PDAM menggunakan meteran air untuk mengetahui jumlah pemakaian air bersih pada tiap-tiap rumah pelanggan [5]. Meter air rumahan masih banyak yang berbasis analog sehingga data pemakaian air sulit diketahui oleh masyarakat, namun sekarang sudah banyak yang menggunakan sistem digital [6]. Sehingga kita mendapatkan kemudahan untuk membaca nilai hasil pengukuran. Pihak PDAM tidak perlu lagi datang kerumah pelanggan untuk mencatat meter air [7]. Penerapan alat untuk memantau penggunaan air tandon dan mengontrolnya secara otomatis dari jarak jauh agar mempermudah penduduk dalam melihat pemakaian aliran air dirumah [8].

Penelitian ini mengusulkan aplikasi teknologi IoT yang diintegrasikan dengan sensor water flow, ultrasonic dan TDS dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 dengan tujuan untuk mengontrol dan monitoring penggunaan air PDAM pada tandon air secara otomatis dan dapat memberikan informasi secara real time kondisi tandon air.

2. Metode Penelitian

2.1. Fuzzy Logic Mamdani

Metode Mamdani sering juga dikenal dengan nama Metode *Max-Min*. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975 [9]. Untuk mendapatkan *output*, diperlukan 4 tahapan:

1. Pembentukan himpunan *fuzzy*

Pada Metode Mamdani, baik variabel input maupun variabel output dibagi menjadi satuataulebihhimpunan *fuzzy*.

2. Aplikasi fungsi implikasi

Pada Metode Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah *Min*.

3. Komposisi Aturan

Tidak seperti penalaran monoton, apabila sistem terdiri-dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh darikumpulan dankorelasi antaraturan.

4. Penegasan (*defuzzy*)

Masukan dari proses *defuzzifikasi* adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan keluaran yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada *domain* himpunan *fuzzy* tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam *range* tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai *crsip* tertentu sebagai keluaran [2][10].

2.2. Perancangan Sistem Fuzzy Logic

Untuk membuat sistem *Fuzzy logic*, hal pertama yang harus di dilakukan adalah membentuk himpunan *fuzzy* dari input dan output. Berikut adalah himpunan *fuzzy* dari keseluruhan sensor.

a) Sensor TDS meter

- | | |
|------------------|--------------------------|
| 1. Sangat jernih | : (0, 30, 80, 120) |
| 2. Jernih | : (100, 140, 190, 240) |
| 3. Normal | : (220, 260, 300, 320) |
| 4. Keruh | : (310, 500, 750, 900) |
| 5. Sangat keruh | : (800, 980, 1150, 1350) |

b) Sensor Ultrasonik

- | | |
|------------------|--------------------|
| 1. Penuh | : (8, 10, 12, 14) |
| 2. Lumayan penuh | : (13, 15, 17, 19) |
| 3. Setengah | : (18, 20, 22, 24) |
| 4. Kurang | : (23, 25, 27, 29) |

- 5. Sangat kurang : (28, 30, 38, 40)
- c) Durasi Pompa Air
 - 1. Mati : (0, 0, 0, 0)
 - 2. Cepat : (1, 2, 5, 6)
 - 3. Sedang : (5, 6, 11, 12)
 - 4. Lama : (11, 12, 17, 18)
 - 5. Sangat lama : (17, 18, 29, 30)

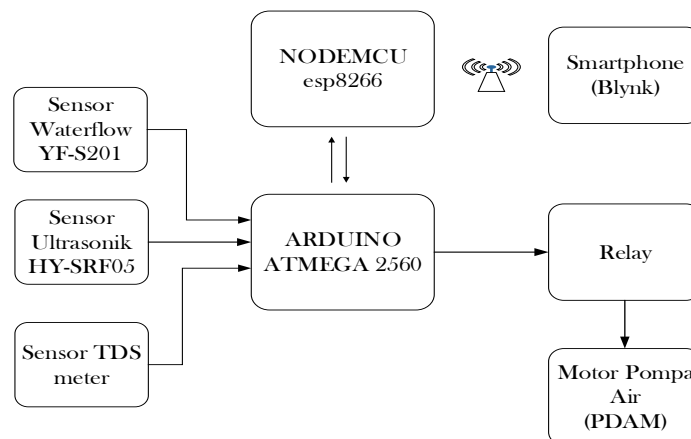
Menentukan *rule base fuzzy* mamdani dari data *membership function* yang telah dibuat. Desain *fuzzy mamdani* sistem *waterflow* menggunakan 25 *rule of base* dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 *Rule of base system waterflow*

Ketinggian	Kekeruhan				
	S.jernih	jernih	normal	keruh	S.keruh
penuh	mati	mati	mati	mati	mati
L. Penuh	cepat	cepat	cepat	cepat	mati
setengah	sedang	sedang	sedang	cepat	mati
kurang	lama	lama	lama	sedang	mati
S. Kurang	s. Lama	s. Lama	s. Lama	sedang	mati

2.3. Perancangan Hardware

Secara teknik perancangan *hardware* terdiri atas sensor *waterflow*, sensor ultrasonik, sensor TDS meter, mikrokontroller *Arduino Atmega 2560*, *NodeMCU ESP 8266*, *Relay*, motor pompa air, dan *Smartphone*. Bagian-bagian tersebut kemudian dikombinasikan dengan menggunakan *metode fuzzy logic* pada program *Arduino IDE* sebagai pusat pemroses pengendali dan *monitoring* pengisian air tandon pada *prototype* alat pengisian air tandon yang sebenarnya. Gambar 1 menunjukkan blok diagram perancangan *hardware*.



Gambar 1 Blok diagram *hardware*

2.3.1. Sensor Water Flow YF – S201

Water Flow Sensor merupakan sebuah perangkat sensor yang digunakan untuk mengukur debit fluida. Sensor tipe ini memiliki rotor dan transducer *hall effect* didalamnya untuk

mendeteksi putaran rotor ketika fluida melewatinya. Putaran tersebut akan menghasilkan pulsa digital yang banyaknya sebanding dengan banyaknya fluida yang mengalir melewatinya.

2.3.2. Sensor Ultrasonik HY – SRF05

Sensor Ultrasonik merupakan sensor pengukur jarak berbasis gelombang ultrasonik. HY-SR05 memiliki 2 komponen utama sebagai penyusunnya yaitu ultrasonik *transmitter* dan ultrasonik *receiver*. Gelombang ultrasonik dibangkitkan melalui sebuah alat yang disebut dengan *piezoelektrik* dengan frekuensi tertentu. *Piezoelektrik* ini akan menghasilkan gelombang ultrasonik (umumnya berfrekuensi 40kHz).

2.3.3. Sensor TDS meter

TDS (*Total Dissolved Solids*) menunjukkan berapa miligram padatan terlarut yang terlarut dalam satu liter air. Secara umum, semakin tinggi nilai TDS, semakin banyak padatan terlarut yang terlarut dalam air, dan semakin kurang bersih airnya. Oleh karena itu, nilai TDS dapat digunakan sebagai salah satu acuan untuk mencerminkan kebersihan air.

2.3.4. Arduino Atmega 2560

Arduino Mega 2560 adalah papan pengembangan mikrokontroler yang berbasis Arduino dengan menggunakan *chip* ATmega2560. *Board* ini memiliki pin I/O yang cukup banyak, sejumlah 54 buah digital I/O pin (15 pin diantaranya adalah PWM), 16 pin analog input, 4 pin UART (*serial port hardware*).

2.3.5. NodeMCU ESP8266

NodeMcu esp8266 adalah *Open-source firmware* dan pengembangan kit yang membantu untuk membuat prototipe produk IOT (*Internet of Things*) dalam beberapa baris skrip Lua. NodeMcu Esp8266 adalah sebuah *platform open source IOT (Internet Of Things)*.

2.3.6. Relay

Relay adalah Saklar (*Switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen *Electromechanical* (Elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni *Elektromagnet* (Coil) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/*Switch*).

2.3.7. Motor Pompa Air

Pompa adalah suatu alat yang dapat memindahkan fluida dari tempat yang rendah ke tempat yang tinggi dan meningkatkan tekanan fluida dari yang bertekanan rendah ke yang bertekanan tinggi. Pompa air yang digerakkan oleh motor DC memiliki prinsip kerja yang sama dengan pompa air AC, hanya saja pompa tersebut memperoleh energi listrik dari tegangan DC yang diberikan oleh baterai atau adaptor, dan prinsipnya sama dengan yang digerakkan oleh AC.

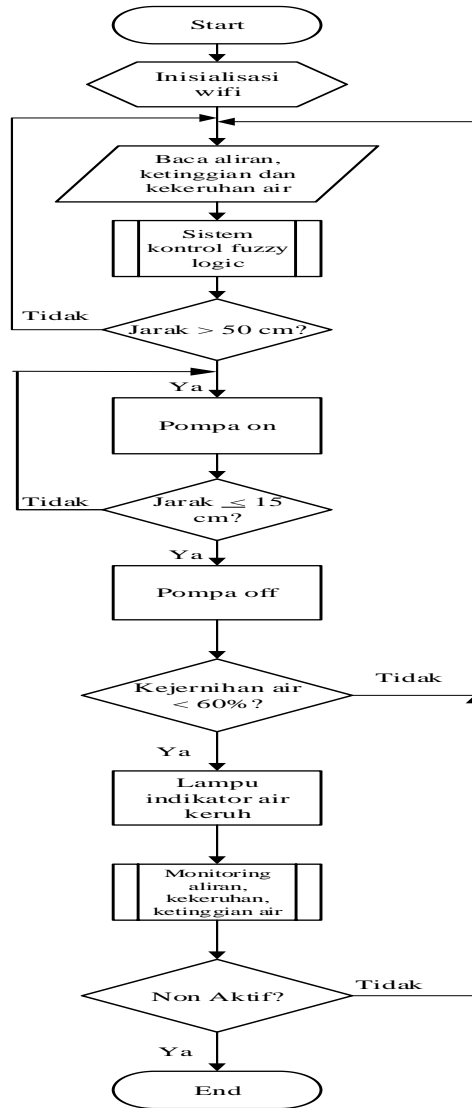
2.3.8. Blynk

Blynk adalah *IOT Cloud platform* untuk aplikasi iOS dan Android yang berguna untuk mengontrol Arduino, Raspberry Pi, dan *board-board* sejenisnya melalui Internet. Blynk adalah dasbor digital tempat Anda dapat membangun antarmuka grafis untuk alat siap pakai hanya dengan menyeret dan melepas widget. Blynk tidak terikat dengan beberapa microcontroller

tertentu atau *shield* tertentu. Sebaliknya, apakah Arduino atau Raspberry Pi melalui Wi-Fi, Ethernet atau chip ESP8266, Blynk akan membuat alat online dan siap untuk *Internet Of Hal*.

2.4. Perancangan Software

Perancangan *software* digambarkan menggunakan *flowchart* untuk mengetahui cara kerja *prototype* sistem *water flow*, dapat dilihat pada gambar 2.



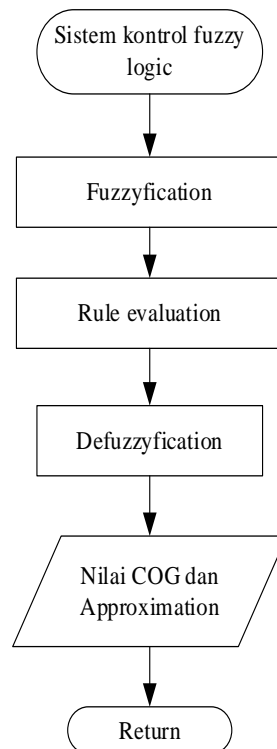
Gambar 2 *Flowchart* proses pengisian tandon

Pada saat pertama kali dijalankan, sistem akan melakukan konfigurasi *wifi* pada aplikasi *blynk* untuk mendeteksi pembacaan sensor *ultrasonik*, tds meter dan *waterflow*. Kemudian setelah sensor sudah terdeteksi dan berfungsi dengan baik, sistem akan langsung menjalankan pompa air untuk proses pengisian bak tandon dengan aturan metode fuzzy mamdani untuk input ketinggian dan kekeruhan air. Pengisian akan dimulai dari ketinggian lebih dari 50 cm dan nilai kadar partikel air diantara 250 – 350 ppm. Proses pengisian air mengikuti durasi nyala pompa air dari aturan *membership function fuzzy logic* yang sudah dibuat sampai ketinggian air mencapai kurang dari 15 cm dan nilai kadar partikel air diantara 250 – 350 ppm. Setelah itu pompa air akan mati. Jika keadaan air dalam bak tandon keruh atau tingkat kejernihan kurang dari 60 % pada saat proses

pengisian berlangsung, maka pompa air akan berhenti mengisi ditandai dengan lampu indikator menyala, untuk itu diperlukannya pengurusan air dan pembersihan bak tandon. Semua proses tersebut dapat dipantau lewat *smartphone* menggunakan IoT.

2.4.1. Sistem Fuzzy Logic

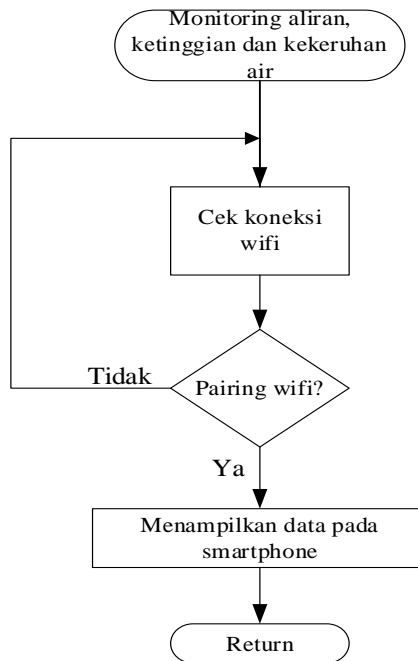
Untuk bagian *subprogram* ini digunakan sebagai metode yang dipakai pada sistem pengaturan pompa pada pengisian air tandon. *Flowchart* proses kontrol *fuzzy logic* ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3 *Flowchart subprogram fuzzy logic*

2.4.2. Monitoring Blynk

Untuk bagian *subprogram* ini digunakan untuk mengontrol kondisi pengisian air dalam tandon melalui *smartphone*, ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4 Flowchart subprogram monitor Blynk

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengujian Sensor

3.1.1. Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah hasil nilai ketinggian air Sensor Ultrasonik sama dengan hasil pengukuran manual. Berdasarkan pengujian tersebut didapat hasil perbandingan seperti ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2 Pengujian sensor ultrasonik

Pengujian ke	Sensor Ultrasonik (cm)	Pengukuran Manual (cm)	Error (%)
1	2	2	0
2	6	6	0
3	11	11	0
4	16,8	17	-0,01176
5	22,3	23	-0,03043
6	25	25	0
7	28,5	29	-0,01724
8	32,9	33	-0,00303
9	36,2	36	0,005556
10	42,4	42	0,009524

3.1.2. Pengujian Sensor TDS meter

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah hasil nilai ppm air Sensor TDS sama dengan hasil pengukuran dengan alat *digital* yang ada di pasaran. Berdasarkan pengujian tersebut didapat hasil perbandingan seperti ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3 Pengujian sensor TDS meter

Pengujian ke	Sensor TDS meter (ppm)	Pengukuran Manual (ppm)	Error (%)
1	274,6	274	0,00219
2	276,6	276	0,002174
3	294,4	289	0,018685
4	293,2	293	0,000683
5	295,9	295	0,003051
6	296,8	298	-0,00403
7	300,5	300	0,001667
8	317,8	320	-0,00687
9	330,8	333	-0,00661
10	352,3	359	-0,01866

3.2. Pengujian Sistem

Pengujian selanjutnya dilakukan pada sistem kontrol pengisian tandon air menggunakan *fuzzy inference system* metode mamdani. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah sistem kontrol dapat bekerja dengan baik menggunakan sensor *waterflow*, ultrasonik dan tds meter untuk mengontrol pompa air dalam melakukan pengisian air tandon. Untuk menguji metode *fuzzy* mamdani dapat diterapkan pada sistem pengisian air tandon. Dari pengujian ini akan didapatkan data yang berisi respon dari masing-masing komponen. Data hasil percobaan 1 sistem kontrol dan *monitoring waterflow* dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4 *Monitoring waterflow* percobaan 1

no	kekeruhan air (ppm)	level air (cm)	durasi pompa (s)	flowrate (L/m)	debit air (L)	pompa
1	319	28	0	0	4	off
2	319	28	19	0	4.13	on
3	318	20	4	4	4.67	on
4	316	19	7	4	6.82	on
5	318	18	2	7	8.93	on
6	318	14	2	9	10.46	on
7	318	14	2	2	10.84	on
8	318	13	2	13	13.16	on
9	314	12	0	4	16.59	off

Hasil pengamatan pada tabel 4 pompa berhenti bekerja pada level air 12 cm dengan jumlah debit air sebesar 16.59 L dengan durasi pompa yang semakin tinggi level air semakin lama pula durasi pompa menyala. Nilai ppm air stabil, Pembacaan *flowrate* berbanding lurus dengan durasi pompa dan jumlah debit air yang terkumpul. Air dapat terisi sebanyak 87% dari kapasitas

maximum tandon. Data hasil percobaan 2 sistem kontrol dan *monitoring waterflow* dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5 *Monitoring waterflow* percobaan 2

no	kekeruhan air (ppm)	level air (cm)	durasi pompa (s)	flowrate (L/m)	debit air (L)	pompa
1	304	30	0	0	4	off
2	292	29	10	4	8.68	on
3	302	24	12	3	9.25	on
4	302	21	10	1	9.44	on
5	298	17	2	13	11.70	on
6	297	11	0	0	13.83	off

Hasil pengamatan pada tabel 5 pompa berhenti bekerja pada level air 11 cm dengan jumlah debit air sebesar 13.83 L dengan durasi pompa yang relatif stabil. Nilai ppm air juga stabil namun terjadi penurunan debit air yang hanya 73 % dari total *maximum* kapasitas tandon. Data hasil percobaan 3 sistem kontrol dan *monitoring waterflow* dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6 *Monitoring waterflow* percobaan 3

no	kekeruhan air (ppm)	level air (cm)	durasi pompa (s)	flowrate (L/m)	debit air (L)	pompa
1	292	28	0	0	4	off
2	285	28	10	3	4.53	on
3	285	28	0	25	8.73	off
4	292	26	14	0	8.80	on
5	285	24	0	16	11.48	off
6	300	20	8	0	11.49	on
7	292	19	8	2	11.86	on
8	297	16	3	4	12.60	on
9	298	14	0	6	13.71	off
10	295	12	0	0	13.71	off

Hasil pengamatan pada tabel 6 pompa berhenti bekerja pada level air 12 cm dengan jumlah debit air sebesar 13.71 L dengan durasi pompa kurang stabil namun tetap berfungsi. Nilai ppm cenderung stabil. Debit air hanya terisi 72 % dari total kapasitas *maximum* tandon. Data hasil percobaan 4 sistem kontrol dan *monitoring waterflow* dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7 *Monitoring waterflow* percobaan 4

no	kekeruhan air (ppm)	level air (cm)	durasi pompa (s)	flowrate (L/m)	debit air (L)	pompa
1	283	28	0	0	4	off
2	280	27	14	21	8.64	on
3	300	22	0	9	10.32	on
4	293	19	4	3	10.89	on
5	280	17	2	7	13.91	on
6	278	17	3	5	14.89	on
7	278	17	2	1	15.18	on

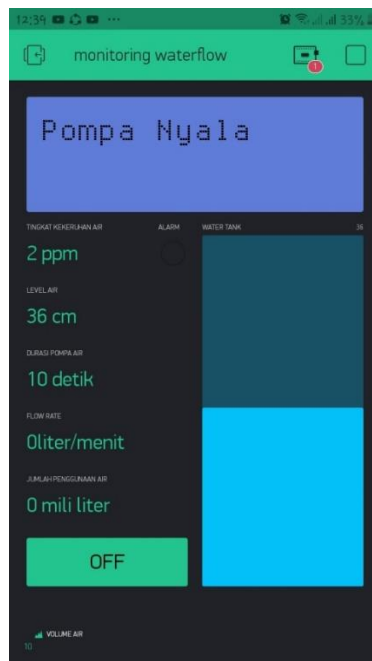
no	kekeruhan air (ppm)	level air (cm)	durasi pompa (s)	flowrate (L/m)	debit air (L)	pompa
8	281	16	3	5	16.14	on
9	278	15	3	5	17.00	on
10	280	14	0	0	18.55	off

Hasil pengamatan pada tabel 7 pompa berhenti bekerja pada level air 14 cm dengan jumlah debit air sebesar 18.55 L dengan durasi pompa *fluktuatif* namun cenderung stabil dari segi nilai ppm, *flowrate* maupun jumlah debit air. Air pun terisi sampai 97% dari kapasitas *maximum* tandon. Data hasil percobaan 5 sistem kontrol dan *monitoring waterflow* dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8 Monitoring waterflow percobaan 5

no	kekeruhan air (ppm)	level air (cm)	durasi pompa (s)	flowrate (L/m)	debit air (L)	pompa
1	276	28	0	0	4	off
2	276	28	10	11	6.49	on
3	274	25	14	1	6.66	on
4	276	23	14	1	6.92	on
5	274	18	4	2	9.32	on
6	274	13	2	11	10.64	on
7	276	13	2	13	12.89	on
8	274	11	0	0	17.11	off

Hasil pengamatan pada tabel 8 pompa berhenti bekerja pada level air 11 cm dengan jumlah debit air sebesar 17.11 L dengan durasi pompa *fluktuatif* namun cenderung stabil dari segi nilai ppm, *flowrate* maupun jumlah debit air. Air pun terisi sampai 90% dari kapasitas *maximum* tandon. Tampilan IoT sistem pengisian air sedang bekerja dengan normal dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5 Kondisi air normal

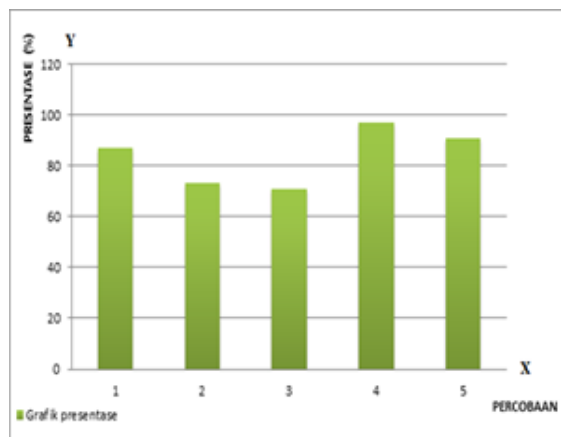
Error yang terjadi jika air dalam kondisi keruh dengan nilai ppm diatas 400 akan mematikan secara paksa proses pengisian air dalam tandon ditandai dengan indikator lampu led menyala dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6 Kondisi air sedang keruh.

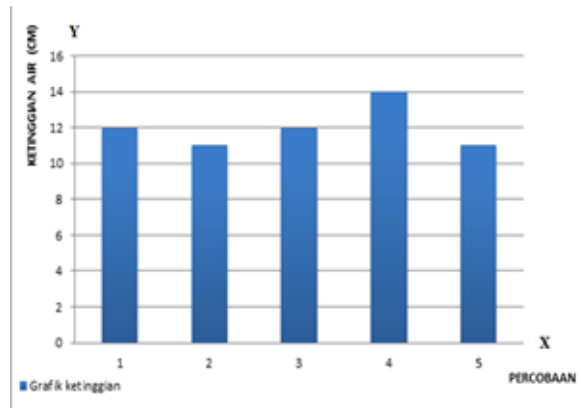
3.3. Analisis

Hasil data perbandingan pengisian tandon air pada percobaan pertama sampai percobaan kelima mengalami *fluktuatif*. Tingkat keberhasilan terendah mencapai 71% dan tingkat keberhasilan tertinggi mencapai 97% dapat dilihat pada gambar 7.



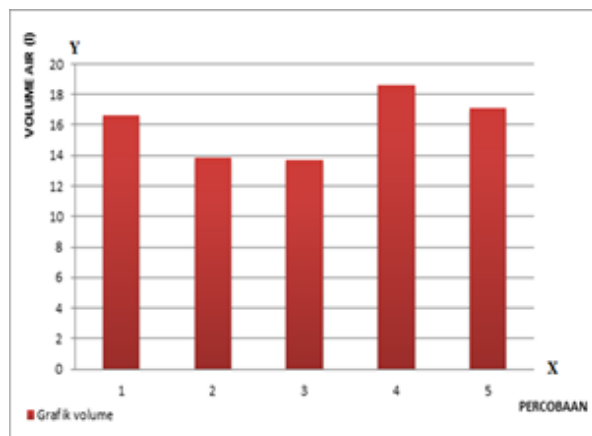
Gambar 7 Grafik keberhasilan percobaan

Perbandingan grafik ketinggian air percobaan pertama sampai percobaan kelima dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8 Grafik ketinggian air

Perbandingan grafik volume air percobaan pertama sampai percobaan kelima dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9 Grafik volume air

4. Kesimpulan

Setelah melakukan perencanaan dan pembuatan *prototype* sistem kontrol dan *monitoring* tandon air kemudian dilakukan pengujian dan analisa, maka dapat diambil beberapa kesimpulan:

1. Sistem dapat mengontrol secara real time melalui *smartphone* berbasis IoT dapat menampilkan informasi kondisi air tandon menggunakan aplikasi *blynk*.
2. Sistem dapat memonitor kualitas kekeruhan air dan penggunaan air tandon melalui *smartphone*.
3. Berdasarkan data hasil tiap percobaan yang dilakukan terhadap sistem kontrol tandon air, diperoleh data bahwa dengan menggunakan metode *fuzzy logic* memiliki tingkat keberhasilan yang cukup baik. Hal ini dibuktikan dengan tingkat keberhasilan tertinggi mencapai 97% dengan rata-rata error kurang dari 15%.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh dosen dan staff pengajar Universitas Bhayangkara Surabaya atas bimbingan dan ilmu serta memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian dan memberikan arahan selama proses pengambilan data, analisis, hingga penulisan.

Referensi

- [1] A. Suharjono, L. N. Rahayu, and R. Afwah, "Aplikasi Sensor Flow Water Untuk Mengukur Penggunaan Air Pelanggan Secara Digital Serta Pengiriman Data Secara Otomatis Pada PDAM Kota Semarang," *Tek. Elektro, Politek. negeri Semarang*, vol. 13, no. 1, pp. 7–12, 2015.
- [2] A. A. Afifuddin, "Penerapan Metode Fuzzy Untuk Monitoring Penggunaan Air Rumah Tangga Berbasis Arduino," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, vol. 3, no. 1, pp. 31–38, 2019.
- [3] D. P. A. R. Hakim, A. Budijanto, and B. Widjanarko, "Sistem Monitoring Penggunaan Air PDAM pada Rumah Tangga Menggunakan Mikrokontroler NODEMCU Berbasis Smartphone ANDROID," *J. IPTEK*, vol. 22, no. 2, pp. 9–18, 2019, doi: 10.31284/j.ipitek.2018.v22i2.259.
- [4] D. Sasmoko, H. Rasminto, and A. Rahmadani, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Kekeruhan Air Berbasis IoT pada Tandon Air Warga," *J. Inform. Upgris*, vol. 5, no. 1, pp. 25–34, 2019, doi: 10.26877/jiu.v5i1.2993.
- [5] R. Savitri, "Genius Loci Permukiman Bansir Laut di Kota Pontianak," vol. 18, no. 1, 2021.
- [6] H. A. Robhani and A. Ro'uf, "Perancangan Flowmeter Ultrasonik untuk Mengukur Debit Air Pada Pipa," *IJEIS (Indonesian J. Electron. Instrum. Syst.*, vol. 8, no. 1, p. 83, 2018, doi: 10.22146/ijeis.31774.
- [7] D. Wijayanto, D. Triyanto, and Ilhamsyah, "Pengganti Meteran Manual Karena Dapat Mengontrol Penggunaan Air Yang," *Coding, Sist. Komput. Untan*, vol. 4, no. 3, pp. 109–118, 2016.
- [8] S. Sagala and A. Marlina, "Alat Pengukur Debit Air dengan Sensor Waterflow Ego-A Berbasis Arduino Uno dengan Tampilan LCD dan Buzzer," *Repos. Institusi USU*, 2017.
- [9] D. Pemilihan, P. Mahasiswa, and U. Tugas, "Penggunaan Metode Fuzzy Inference System (Fis) Mamdani Dalam Pemilihan Peminatan Mahasiswa Untuk Tugas Akhir," *J. Inform. Darmajaya*, vol. 15, no. 1, pp. 10–23, 2015.
- [10] E. V. Haryanto, R. Puspasari, and U. P. Utama, "Rancang Bangun Monitoring Penerangan Ruangan Menggunakan Kamera Berbasis Komputer Dengan Metode Fuzzy Logic," *It*, vol. 4, no. 2, pp. 192–201.
- [11] Y. Yolinda, "Analisis Willingness To Pay Sistem Penyediaan Air Minum Menggunakan Contingent Valuation Method Di Kota Bandung (Studi Kasus Pelanggan IPA Dago Pakar)," *J. Reka Lingkungan.*, vol. 7, no. 2, pp. 78–89, 2019, doi: 10.26760/rekalingkungan.v7i2.78-89.

ID: 11

Aplikasi IoT Pada Sistem Kontrol dan Monitoring Tanaman Hidroponik

Application of IoT in Hydroponic Plant Control and Monitoring Systems

Dicky Theo Syafei^{1*}, Richa Watiasih²

^{1,2} Universitas Bhayangkara Surabaya

Jl. Ahmad Yani No. 114, Surabaya

dickytheo27@gmail.com^{1*}, richa@ubhara.ac.id²

Abstrak – Selama ini untuk proses pencampuran air larutan nutrisi a dan air larutan nutrisi b masih menggunakan cara konvensional yaitu masih menggunakan tenaga manusia dan saat pengaplikasiannya membutuhkan waktu yang lama. Maka dibutuhkan suatu alat yang dapat memecahkan masalah tersebut dengan mengontrol pencampuran air nutrisi dan memonitoring kondisi air nutrisi tersebut. Dengan menggunakan sensor TDS meter yang pengaplikasiannya untuk mendeteksi kandungan mineral dalam air larutan nutrisi. Menggunakan metode fuzzy logic sebagai pusat kendali sistem pengisian air baru dan air larutan nutrisi. Untuk proses monitoring secara wireless menggunakan smartphone melalui aplikasi blynk.

Penelitian menghasilkan bahwa metode fuzzy logic mampu digunakan sebagai sistem control dan monitoring tanaman hidroponik. Berdasarkan data hasil uji coba, maka didapat rata-rata error sensor kurang dari 7%. Sehingga metode ini dapat diterapkan untuk sistem kontrol tanaman hidroponik. Serta sistem monitoring yang ditampilkan melalui IoT dapat bekerja secara real time meskipun orang tersebut berada di jarak yang jauh.

Kata kunci : IoT, sensor TDS, Hidroponik, fuzzy logic

Abstract – So far, the process of mixing nutrient solution water a and nutrient solution b water is still using the conventional method, which is still using human power and when the application takes a long time. So we need a tool that can solve this problem by controlling the mixing of nutrient water and monitoring the condition of the nutrient water. By using a TDS meter sensor whose application is to detect mineral content in nutrient solution water. Using the fuzzy logic method as the control center for the new water filling system and nutrient solution water. For the monitoring process wirelessly using a smartphone via the blynk application.

The research shows that the fuzzy logic method can be used as a control and monitoring system for hydroponic plants. Based on the experimental data, the average sensor error is less than 7%. So that this method can be applied to hydroponic plant control systems. And the monitoring system displayed via IoT can work in real time even though the person is at a distance.

Keywords : IoT, TDS sensor, Hydroponics, fuzzy logic

1. Pendahuluan

Kebutuhan pangan untuk penduduk Indonesia seperti buah dan sayuran bertambah tiap tahunnya, kebutuhan sayur pada tahun 2014 sebesar 11.918.571 ton, bertambah 3,12% dari tahun 2013[3]. Dari Informasi tersebut didapat bahwa untuk menyesuaikan kebutuhan sayur wajib terdapat kenaikan produksi sayur. Nyatanya banyak wilayah di Indonesia cuma mementingkan pembangunan fisik daerahnya saja seperti pembangunan perumahan serta gedung perkantoran tanpa berfikir guna dari lahan tersebut, sehingga perihal ini menyebabkan banyak wilayah di Indonesia mulai kehabisan lahan selaku media tanam tumbuhan [4]. Dengan berkurangnya lahan pertanian ataupun lahan untuk bercocok tanam hingga sangat sesuai dengan menggunakan metode hidroponik sebab tidak membutuhkan lahan yang luas [5]. Hidroponik merupakan metode

penanaman yang ditanam dengan pemanfaatan air serta tidak pemakaian tanah selaku media tanam, namun menekankan pada pemenuhan kebutuhan nutrisi tumbuhan. Jadi tumbuhan hidroponik tidak ditanam di media tanah melainkan media lain semacam bata merah, rockwool, kerikil, arang sekam dan lain lain. Meski menggunakan air, namun air yang diperlukan tidak banyak.

Hal penting dalam tumbuhan hidroponik adalah pemenuhan nutrisi tumbuhan yang berupa larutan [1]. larutan mempunyai 2 aspek utama ialah nilai ph serta nilai ppm yang sesuai dengan jenis tanaman. Untuk nilai pH biasanya tumbuhan bisa berkembang produktif pada range 6,0 – 6,5. Jika pH antara 3–5 menyebabkan tumbuhnya jamur serta menyebabkan pangkal membusuk [6]. Namun bila kandungan pH berlebihan juga tidak baik sebab bisa mengganggu perkembangan tumbuhan antara lain rusaknya membran akar [7]. Kemudian nutrisi larutan (ppm) hendaknya disesuaikan dengan kebutuhan tumbuhan. Bila ppmnya kurang dari yang diperlukan tumbuhan, maka perkembangan tumbuhan akan lambat nampak dari jumlah daun yang keluar pada tumbuhan. Serta bila ppm sangat besar sebaliknya tumbuhan masih kecil maka tumbuhan akan mati sebab sangat banyak nutrisi yang diterima [2].

Penelitian ini mengusulkan penerapan teknologi IoT yang bisa mengatur kandungan nutrisi (ppm) yang larut dalam air secara otomatis, serta sesuai dengan kebutuhan tumbuhan dan dapat memonitoring melalui smartphone secara real time walaupun pemilik tumbuhan sedang berada jauh dari posisi tanaman.

2. Metode Penelitian

2.1. Fuzzy Logic

Fuzzy logic adalah suatu logika yang memiliki nilai kekaburan atau kesamaran (*fuzzyness*) antara benar atau salah. Profesor Lotfi A. Zadeh merupakan pencetus sekaligus yang mengenalkan ide tentang cara mekanisme pengolahan atau manajemen ketidakpastian yang kemudian dikenal dengan logika fuzzy [8]. Metode Fuzzy Mamdani merupakan salah satu bagian dari *Fuzzy Inference System* yang berguna untuk penarikan kesimpulan atau suatu keputusan terbaik dalam permasalahan yang tidak pasti [9]. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975 [10]. Untuk mengambil keputusan dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu pembentukan himpunan *fuzzy*, aplikasi fungsi implikasi, komposisi aturan; defuzzifikasi:

1. Pembentukan himpunan *fuzzy*
Membentuk himpunan *fuzzy* atau disebut *Fuzzifikasi* merupakan proses yang dilakukan dengan mengtransformasi *input* himpunan tegas (*crisp*) ke dalam himpunan *fuzzy*[9].
2. Aplikasi fungsi implikasi
Fungsi implikasi merupakan struktur logika yang terdiri atas kumpulan premis dan satu *konklusi*. Fungsi implikasi berguna untuk mengetahui hubungan antara premis-premis dan konklusinya. Bentuk dari fungsi implikasi ini adalah dengan pernyataan *IF is THEN is*, dengan dan adalah skalar, serta A dan adalah himpunan *fuzzy*[9].
3. Komposisi aturan
tujuan untuk menentukan inferensi dari kumpulan dan korelasi antar aturan menggunakan Metode *Max*, dengan makna lain yaitu prosedur menggabungkan fungsi keanggotaan dari aturan aplikasi fungsi implikasi[9].
4. Penegasan (*defuzzy*)
Masukan dari proses *defuzzifikasi* adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan keluaran yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada *domain* himpunan *fuzzy* tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam *range* tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai *crisp* tertentu sebagai keluaran [11]

2.2. Perancangan Sistem Fuzzy logic

Hal pertama yang harus di dilakukan untuk membuat sistem *Fuzzy logic* adalah membentuk himpunan *fuzzy* dari input dan output. Berikut adalah himpunan *fuzzy* yang dibuat sesuai keinginan dan karakteristik sensor tersebut:

- a) Sensor TDS meter
 - 1. Sangat kurang : (0, 50, 200, 250)
 - 2. Kurang : (200, 250, 550, 600)
 - 3. Normal : (560, 610, 790, 840)
 - 4. Tinggi : (800, 850, 1050, 1100)
 - 5. Sangat tinggi : (1050, 1100, 1250, 1300)
- b) Sensor Ultrasonik
 - 1. Sangat Rendah : (0, 1, 2, 3)
 - 2. Rendah : (2, 3, 6, 7)
 - 3. Setengah : (6, 7, 10, 11)
 - 4. Lumayan penuh: (10, 12, 14, 16)
 - 5. Penuh : (15, 17, 18, 19)
- c) Durasi Pompa Air Nutrisi
 - 1. Mati : (0 ,0, 0 ,0)
 - 2. Cepat : (1 ,3 ,6 ,8)
 - 3. Lama : (7 ,10 ,12 ,15)
- d) Durasi Pompa Air Baru
 - 1. Mati : (0, 0, 0, 0)
 - 2. Cepat : (1, 3, 12, 15)
 - 3. Sedang : (14, 17, 22, 25)
 - 4. Lama : (24, 27, 32, 35)
 - 5. Sangat lama : (34, 37, 42, 45)

Langkah selanjutnya menentukan *rule base fuzzy* mamdani dari data *membership function* yang telah dibuat sebelumnya. Desain *fuzzy* mamdani sistem *hidroponik* menggunakan *25 rule of base* dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Rule of base system hidroponik

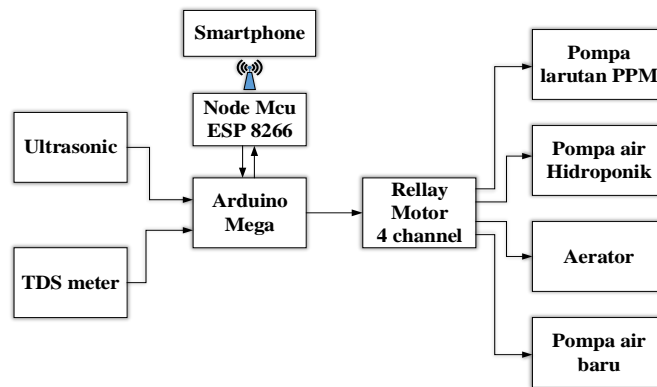
Nutrisi Ketinggian \	S_kurang	Kurang	Normal	Tinggi	S_tinggi
Penuh	Pa:off Pn:Lama	Pa:off Pn:Cepat	Pa:off Pn:off	Pa:off Pn:off	Pa:off Pn:off
L_penuh	Pa:Cepat Pn:Lama	Pa:Cepat Pn:Cepat	Pa:Cepat Pn:off	Pa:Cepat Pn:off	Pa:Cepat Pn:off
Setengah	Pa:Sedang Pn:Lama	Pa:Sedang Pn:cepat	Pa:Sedang Pn:off	Pa:Sedang Pn:off	Pa:Sedang Pn:off
Rendah	Pa:Lama Pn:Lama	Pa:Lama Pn:cepat	Pa:Lama Pn:Off	Pa:Lama Pn:Off	Pa:Lama Pn:Off
S_Rendah	Pa:S_lama Pn:Lama	Pa:S_lama Pn:Cepat	Pa:S_lama Pn:off	Pa:S_lama Pn:off	Pa:S_lama Pn:off

2.3. Perancangan Hardware

Perancangan *hardware* terdiri atas beberapa blok yang terkonfigurasi dan dikontrol menggunakan *metode fuzzy logic* pada program *Arduino IDE* sebagai pusat pemroses pengendali, antara lain:

- 1. Sensor TDSmeter berguna untuk mengukur jumlah nutrisi yang dibutuhkan pada tanaman dengan cara mendeteksi PPM (*Part Per Milion*) atau kandungan *mineral* maupun partikel dalam air.

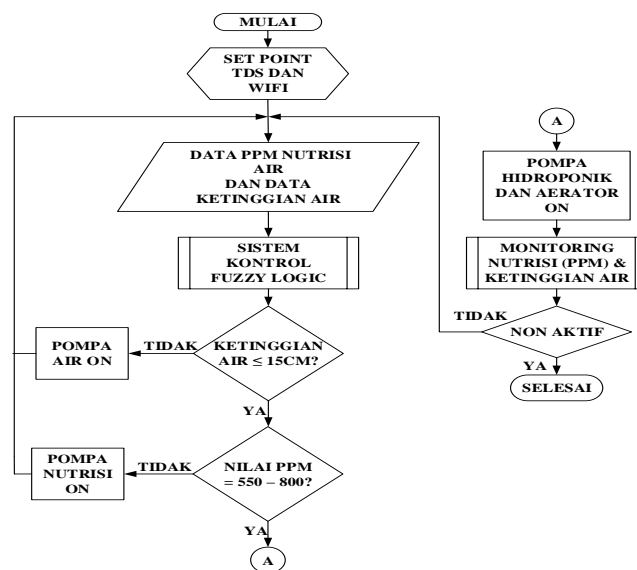
2. Sensor *Ultrasonic* pada rangkaian yang akan dibuat berfungsi untuk mengontrol ketinggian air maksimum dan ketinggian air minimum pada bak pencampur.
3. Mikrokontroler *Arduino Atmega 2560* bertugas sebagai otak yang mengendalikan proses input, dan menghasilkan output kemudian di eksekusi oleh motor pompa air.
4. *NodeMCU ESP 8266* digunakan sebagai media *transfer* data dari alat Arduino ke *smartphone*.
5. *Relay 4 channel* bertugas sebagai saklar elektronik atau kendali untuk pompa air yang bertegangan AC.
6. motor pompa air Nutrisi, pompa air baru, dan pompa air hidroponik adalah pompa yang digunakan pada rancangan hardware dengan tegangan AC.
7. aerator berfungsi untuk menghasilkan gelembung udara guna memberikan oksigen pada air nutrisi dan juga berguna sebagai media mengaduk air nutrisi dan air baku (air baru).
8. *smartphone* untuk *monitoring* pengisian air di bak penampung di kirim melalui *Node MCU ESP 8266*. Gambar 1. Menunjukkan konfigurasi blok diagram perancangan *hardware*.



Gambar 1. Block diagram *hardware*

2.4. Perancangan *Software*

Perancangan *software* digambarkan menggunakan *flowchart* untuk mengetahui cara kerja sistem kontrol dan monitoring hidroponik, dapat dilihat pada gambar 2.



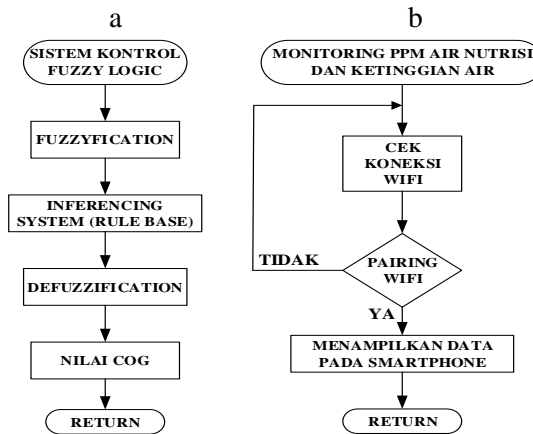
Gambar 2. *Flowchart* system kontrol dan monitoring hidroponik

Pertama kali dijalankan, sistem akan melakukan konfigurasi *wifi* pada aplikasi *blynk* untuk mendeteksi pembacaan sensor *ultrasonik* dan *tds* meter . Kemudian setelah sensor sudah terdeteksi dan berfungsi dengan baik, sistem akan langsung menjalankan pompa air baru bergantian dengan pompa nutrisi. untuk proses pengisian bak penampungan dengan metode *fuzzy* mamdani melalui indikator nilai input ketinggian air dan nutrisi air melalui indikator nilai nutrisi air. Pengisian air baru akan dimulai dari ketinggian ≤ 18 cm dari dasar pak penampungan dan nilai kadar partikel air ≤ 560 PPM. Proses pengisian air mengikuti durasi nyala pompa air dari aturan *membership function fuzzy logic* yang sudah dibuat sampai ketinggian air mencapai 18 cm dan nilai kadar partikel air atau nutrisi air diantara 560 – 840 ppm. Setelah itu pompa air akan mati semua proses tersebut dapat dipantau lewat *smartphone* menggunakan *IoT*.

2.4.1. Sistem Fuzzy logic dan Monitoring Blynk

Untuk bagian *subprogram sistem fuzzy* ini digunakan sebagai metode yang dipakai pada sistem pengaturan pompa air nutrisi dan air baru pada pengisian bak penampung. *Flowchart* proses kontrol *fuzzy logic* ditunjukkan pada gambar 3 bagian a.

Untuk bagian *subprogram monitoring blynk* ini digunakan untuk mengontrol ketinggian air saat pengisian ke dalam bak penampungan melalui *smartphone*. ditunjukkan pada gambar 3. bagian b.



Gambar 3. *Flowchart* subprogram a. *fuzzy logic* dan b. *monitoring ppm* (nutrisi) dan ketinggian air.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengujian Sensor

3.1.1. Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengujian ini dilakukan Sensor *ultrasonic* yang telah diberikan kontrol *Arduino Mega 2560*. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah hasil nilai ketinggian air Sensor Ultrasonik sama dengan hasil pengukuran manual. Berdasarkan pengujian tersebut didapat hasil perbandingan seperti ditunjukkan pada tabel 2. dibawah ini.

Tabel 2. Pengujian sensor ultrasonik

Pengujian Sensor Ultrasonik			
Pengujian ke	Manual (cm)	Sensor (cm)	Error (%)
1	7.5	7.36	1.86667
2	27.9	27.8	0.35842
3	16	15.3	4.375
4	21.9	22.7	3.652968
5	10.8	11.3	4.62963

3.1.2. Pengujian TDS Sensor Meter

Pengujian ini dilakukan pada Sensor TDS yang telah diberikan kontrol *Arduino Mega 2560*. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah hasil nilai ppm air Sensor TDS sama dengan hasil pengukuran dengan alat *digital* yang dijual di pasaran. Berdasarkan pengujian tersebut didapat hasil perbandingan seperti ditunjukkan pada tabel 3. dibawah ini.

Tabel 3. Pengujian sensor TDS meter

Pengujian Sensor TDS meter			
Pengujian ke	Manual (PPM)	Sensor (PPM)	Error(%)
1	305	321.5	5.409836
2	149	144.8	2.81879
3	418	408.3	2.32057
4	205	218.4	6.536585
5	290	285.8	1.44828

3.2. Pengujian Sistem

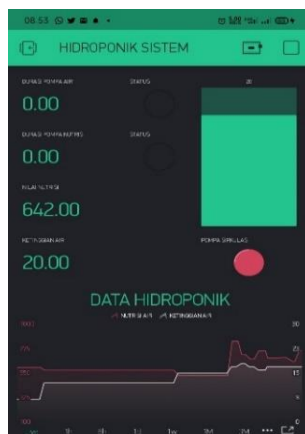
Pengujian selanjutnya dilakukan pada sistem kontrol pengisian tandon air menggunakan *fuzzy inference system* metode mamdani. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah sistem kontrol dapat bekerja dengan baik menggunakan ultrasonik dan tds meter untuk mengontrol pompa air dalam melakukan pengisian air bak penampungan. Dari pengujian ini akan didapatkan data yang berisi respon dari masing-masing komponen.

Data hasil percobaan 1 sistem kontrol dan *monitoring* tanaman hidroponik dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil percobaan 1

Pengujian Ke	Ketinggian Air (Cm)	Durasi Pompa air Baru (detik)	Nutrisi (PPm)	Durasi Pompa Nutrisi (detik)
1	2.89	26.3	228.45	7.52
2	2.45	29.9	146.45	11
3	7.37	14.5	149.17	11
4	6.32	21.1	179.00	11
5	7.34	14.5	268.45	4.5
6	14.76	5.36	593.24	4.08
7	17.01	Off	652.68	Off
8	17.33	Off	648.27	Off
9	18.86	Off	628.95	Off
10	18.95	Off	628.59	Off
11	18.91	Off	628.40	Off
12	18.91	Off	628.61	Off
13	18.89	Off	628.02	Off
Total Durasi Pompa		111.66	-	49.1

Hasil pengamatan pada tabel 4. diatas durasi pompa air baru untuk memenuhi sirkulasi hidroponik membutuhkan waktu 111.66 detik. Dan untuk durasi pompa nutrisi untuk memenuhi kebutuhan sistem hidroponik membutuhkan waktu 49.1 detik.



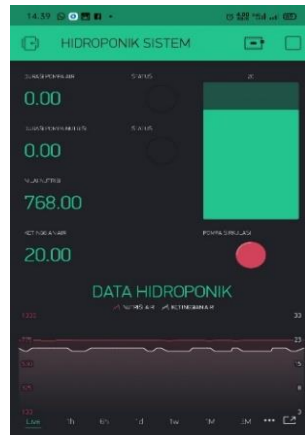
Gambar 4. Tampilan *blynk* percobaan 1.

Data hasil percobaan 2 sistem kontrol dan *monitoring* tanaman hidroponik dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil percobaan 2

Pengujian ke	Ketinggian air (cm)	Durasi Pompa Air Baru (detik)	Nutrisi (PPm)	Durasi Pompa Nutrisi (detik)
1	2.88	25.9	96.87	11
2	3.33	24.5	189.36	11
3	7.63	14.5	354.09	4.5
4	10.55	11.8	517.93	4.5
5	18.91	Off	575.43	4.43
6	19.00	Off	579.00	4.4
7	18.70	Off	683.13	Off
8	19.35	Off	792.63	Off
9	19.85	Off	772.57	Off
10	19.80	Off	772.56	Off
11	19.77	Off	772.25	Off
12	19.68	Off	770.91	Off
13	19.63	Off	770.83	Off
14	19.66	Off	770.88	Off
15	19.76	Off	771.01	Off
16	19.80	Off	769.90	Off
17	19.80	Off	769.81	Off
Total		76.7	-	39.83

Hasil pengamatan pada tabel 5. Pada tabel diatas durasi pompa air baru untuk memenuhi sirkulasi hidroponik membutuhkan waktu 76.7 detik. Dan untuk durasi pompa nutrisi untuk memenuhi kebutuhan sistem hidroponik membutuhkan waktu 39.83 detik.



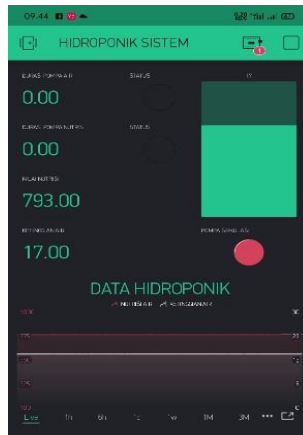
Gambar 5. Tampilan *blynk* percobaan 2.

Data hasil percobaan 3 sistem kontrol dan *monitoring* tanaman hidroponik dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil percobaan 3

Pengujian ke	Ketinggian Air (cm)	Durasi pompa air baru (detik)	Nutrisi Air (PPM)	Durasi pompa Nutrisi (Detik)
1	7.83	14.50	155.34	11
2	8.20	14.50	156.24	11
3	8.50	14.50	158.23	11
4	7.28	14.50	171.45	11
5	11.53	5.32	1130.37	Off
6	14.59	5.34	1010.15	Off
7	15.00	5.38	946.96	Off
8	14.88	5.37	763.68	Off
9	15.90	3.60	677.02	Off
10	15.34	5.27	626.84	Off
11	15.86	4.04	530.39	4.5
12	15.85	4.04	636.93	Off
13	16.86	Off	876.15	Off
14	16.89	Off	840.64	Off
15	16.85	Off	820.18	Off
16	16.91	Off	798.96	Off
17	16.95	Off	788.75	Off
Total durasi pompa		96.36	-	48.5

Hasil pengamatan pada tabel 6. diatas durasi pompa air baru untuk memenuhi sirkulasi hidroponik membutuhkan waktu 96.36 detik. Dan untuk durasi pompa nutrisi untuk memenuhi kebutuhan sistem hidroponik membutuhkan waktu 48.5 detik.



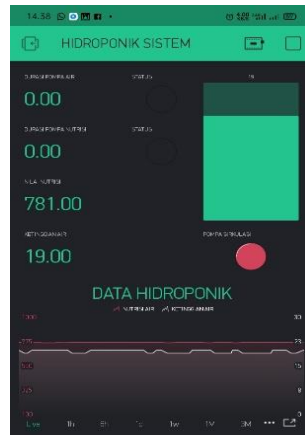
Gambar 6. Tampilan *blynk* percobaan 3.

Data hasil percobaan 4 sistem kontrol dan *monitoring* tanaman hidroponik dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Hasil percobaan 4

Pengujian Ke	Ketinggian Air (cm)	Durasi pompa air baru (detik)	Nutrisi Air (PPm)	Durasi pompa Nutrisi (detik)
1	7.63	14.50	163.34	11.00
2	8.00	14.50	166.14	11.00
3	8.00	14.50	168.03	11.00
4	7.48	14.50	171.45	11.00
5	12.43	5.28	1137.37	Off
6	14.69	5.36	1018.15	Off
7	15.08	5.36	942.96	Off
8	15.88	3.84	761.68	Off
9	15.90	3.60	674.02	Off
10	15.94	2.86	626.84	Off
11	15.96	2.28	617.39	Off
12	15.95	2.60	636.93	Off
13	16.76	Off	874.15	Off
14	16.89	Off	840.64	Off
15	16.85	Off	820.18	Off
16	16.91	Off	801.96	Off
17	16.95	Off	788.75	Off
18	16.91	Off	784.33	Off
19	16.94	Off	785.13	Off
20	16.91	Off	788.56	Off
21	16.95	Off	791.77	Off
22	16.83	Off	794.08	Off
23	16.72	Off	796.00	Off
24	16.57	Off	795.95	Off
25	16.59	Off	796.00	Off
26	16.61	Off	796.06	Off
27	16.82	Off	795.81	Off
28	16.89	Off	794.99	Off
29	16.92	Off	793.90	Off
30	16.87	Off	793.09	Off
31	16.89	Off	793.00	Off
Total		89.18	-	44.00

Hasil pengamatan pada tabel 7. diatas durasi pompa air baru untuk memenuhi sirkulasi hidroponik membutuhkan waktu 83.18 detik. Dan untuk durasi pompa nutrisi untuk memenuhi kebutuhan sistem hidroponik membutuhkan waktu 44 detik.



Gambar 7. Tampilan blynk percobaan 4.

Data hasil percobaan 5 sistem kontrol dan *monitoring* tanaman hidroponik dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Hasil percobaan 5

Pengujian Ke	Ketinggian Air (cm)	Durasi pompa air baru (detik)	Nutrisi Air (PPm)	Durasi pompa Nutrisi (detik)
1	6.53	19.20	160.34	11.00
2	8.33	14.50	170.03	11.00
3	7.28	14.50	250.55	4.50
4	12.83	5.28	1130.47	Off
5	13.59	5.28	1015.15	Off
6	15.03	5.37	936.96	Off
7	14.88	5.37	750.68	Off
8	15.70	4.84	683.02	Off
9	15.84	4.20	659.84	Off
10	15.96	2.28	634.39	Off
11	15.55	5.07	530.93	4.50
12	16.46	Off	884.15	Off
13	16.69	Off	832.64	Off
14	16.45	Off	831.18	Off
15	16.91	Off	801.96	Off
16	16.95	Off	798.75	Off
17	16.91	Off	790.33	Off
18	16.94	Off	785.13	Off
19	16.91	Off	788.56	Off
20	16.95	Off	765.77	Off
21	16.83	Off	754.08	Off
22	16.72	Off	736.00	Off
23	16.57	Off	715.95	Off
24	16.59	Off	703.00	Off
25	16.61	Off	699.06	Off
26	16.82	Off	590.81	4.35
27	16.89	Off	780.99	Off
28	16.92	Off	676.35	Off
29	16.87	Off	676.34	Off
30	16.89	Off	676.35	Off
Total		85.89	-	35.35

Hasil pengamatan pada tabel 5. Pada tabel diatas durasi pompa air baru untuk memenuhi sirkulasi hidroponik membutuhkan waktu 85.89 detik. Dan untuk durasi pompa nutrisi untuk memenuhi kebutuhan sistem hidroponik membutuhkan waktu 35.35 detik.

Pada gambar 8. Terlihat bahwa lampu indikator untuk pompa sirkulasi tetap berjalan tetapi untuk pompa air nutrisi serta air baru tidak berjalan Karena sudah sesuai dengan ketentuan yang kita inginkan yaitu, PPm di antara 560-840 PPm. Dan ketinggian air di antara 18-20 cm.

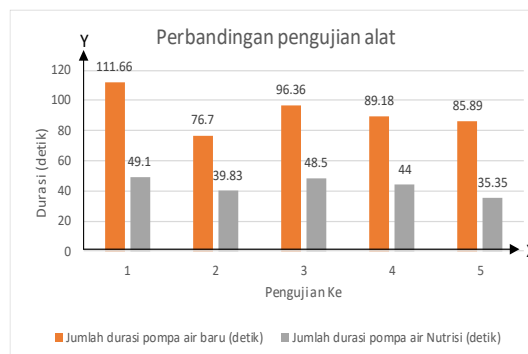


Gambar 8. Tampilan Blynk percobaan 5.

3.3. Analisis

2.4.1. Analisis Data

Dari percobaan yang dilakukan pada kelima tahapan data tersebut dapat dibuat grafik untuk lebih mudah di analisa sistem kontrol dan monitoring kondisi air hidroponik. Pompa air baru akan berhenti ketika kondisi di bak pencampur sudah masuk kategori penuh sekitar 17cm- 20cm. lalu untuk ukuran nutrisi tanaman selada hijau berada di antara 600ppm – 800ppm. Grafik pengujian kelima tahapan dapat dilihat pada gambar.



Gambar 9. Grafik perbandingan kelima tahap pengujian

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa untuk pompa air baru memiliki durasi rata rata 91.95 detik. Dan untuk pompa nutrisi memiliki durasi rata rata 43.35 detik.

2.4.2. Analisis Pertumbuhan Tanaman Selada

Analisa ini bertujuan untuk melihat pertumbuhan dan perkembangan tanaman hidroponik dengan sistem DFT (*Deep Flow Technique*) dengan kondisi di atas rumah lantai satu dan tanpa penghalang matahari paranet. Berikut ini hasil pertumbuhan tanaman selada selama 2 bulan.

a. Tanaman selada berumur 5hr

Pada usia 5hr ini tanaman selada terdapat 3 daun dan belum siap masuk ke instalasi hidroponik.



Gambar 10. Tanaman selada berumur 5 hari

- b. Tanaman selada siap masuk instalasi hidroponik. Pada usia 10 hari ini tanaman siap masuk ke instalasi hidroponik jenis DFT. Terdapat tanda hijau pada rockwool.



Gambar 11. Tanaman selada berumur 5 hari

- c. Tanaman selada sudah berumur 30 hari.

Pada usia ini terlihat tangkai tanaman selada mengalami kuting (kurus dan keriting) tidak membentuk kelopak pada tangkai selada. Hal tersebut terjadi karena sinar matahari yang diterima tanaman selada kurang optimal. Memang pada sistem hidroponik jenis dft yang saya buat terletak di atas lantai satu menghadap timur. Sehingga sinar matahari yang diterima hanya pagi hari sekitar pukul 08:00 sampai 11:00. Kurang lebih 3 jam. Hal ini membuat tanaman menjadi kuting. Cahaya yang diterima tidak optimal / sedikit. Sedangkan nutrisi yang diterima sudah optimal dan sudah sesuai dengan buku panduan hidroponik, terlihat daun masih segar dan berwarna hijau dan akar panjang berwarna putih. Berikut ini adalah gambar pertumbuhan selada umur 30 hari.



Gambar 12. Tanaman Selada umur 30 hari

- d. Tanaman selada sudah berusia 45 hari.

Tanaman selada tumbuh dengan baik dan berdaun banyak serta hijau. Akarnya pun sehat berwarna putih dan panjang.



Gambar 13. Tanaman Selada umur 45 hari

e. Tanaman selada memasuki usia 60hari

Tanaman selada yang memasuki usia 60 hari bisa dibilang sudah dapat dipanen. Terlihat daun selada sudah lebat dan berwarna hijau serta akar yang sehat berwarna putih panjang.

f. Tanaman selada tanpa menggunakan paranet.

Paranet berfungsi untuk mengurangi intensitas cahaya yang diterima tanaman selada. Jika tanaman selada menerima cahaya 100% tanaman akan layu pada bagian daunnya.



Gambar 14. Tanaman selada umur 60 hari tanpa paranet



Gambar 15. Tanaman selada umur 60 hari

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari Tugas Akhir yang berjudul Aplikasi Teknologi *IoT* Pada Sistem Kontrol Dan *Monitoring* Tanaman hidroponik adalah sebagai berikut:

1. Penerapan metode fuzzy logic dalam tugas akhir ini berfungsi sebagai pengontrol otomatis nutrisi yang dibutuhkan tanaman sayur daun selada. Pada pengujian yang telah dilakukan untuk mencapai nilai nutrisi dari rata rata 650 ppm sampai 750 ppm, sistem ini membutuhkan waktu rata-rata 88,96 detik untuk pompa air dan rata rata 50,39 detik untuk pompa nutrisi. Sedangkan apabila pengaturan menggunakan metode manual akan membutuhkan waktu

- yang lama karena harus melakukan pengecekan dan pengaturan kondisi nutrisi secara manual.
2. Penelitian ini berhasil mengaplikasikan rancangan sistem kontrol berbasis fuzzy logic yang dibuktikan dengan proses pengujian yang cukup baik. Terbukti pada data pertumbuhan tanaman selama 60 hari tidak ada masalah dalam akar dan daun selada dalam artian tanaman tidak membusuk atau daun rusak.
 3. Tanaman selada mengalami tangkai yang kriting di akibatkan karena kurang terkena sinar matahari. meskipun begitu daun selada tetap hijau segar dan akar sehat berwarna putih panjang terbukti pada data pertumbuhan tanaman selada selama 60 hari.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh dosen dan staff pengajar Universitas Bhayangkara Surabaya atas bimbingan dan ilmu serta memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian dan memberikan arahan selama proses pengambilan data, analisis, hingga penulisan.

Referensi

- [1] T. E. Tallei, I. F. M. Rumengan, and A. A. Adam, *Hidroponik untuk Pemula*, vol. 1, no. 1. 2017.
- [2] D. Wadokusuma and A. F. Afandi, "Tanaman Hidroponik Alami Tanpa Bahan Kimia," pp. 1–12, 2018, doi: 10.31227/osf.io/d4vu3.
- [3] M. Ir. Anastasia Promosiana and M. S. Hanang Dwi Atmojo, SP, *statistik produksi hortikultura tahun 2014*. 2014.
- [4] F. D. W. I. Hartarto, "Rancang Bangun Monitoring Dan Kontrol Pertumbuhan Tanaman Pada Sistem Hidroponik Dft Menggunakan Metode Fuzzy Logic," *Politek. Perkapalan Negeri Surabaya*, p. 20, 2019.
- [5] M. Apriyanto, "rancang bangun sistem pencampuran dan penggantian larutan nutrisi otomatis pada hidroponik," vol. 21, no. 1, pp. 1–9, 2020.
- [6] Sotyohadi, Wahyu Surya Dewa, and I Komang Somawirata, "Perancangan Pengatur Kandungan TDS dan PH pada Larutan Nutrisi Hidroponik Menggunakan Metode Fuzzy Logic," *ALINIER J. Artif. Intell. Appl.*, vol. 1, no. 1, pp. 33–43, 2020, doi: 10.36040/alinier.v1i1.2520.
- [7] I. Kustanti, "Pengendalian Kadar Keasaman (pH) Pada Sistem Hidroponik Stroberi Menggunakan Kontroler PID Berbasis Arduino Uno," *J. Mhs. TEUB*, vol. 2, no. 1, pp. 1–6, 2014.
- [8] Syafnidawaty, "No Title," *Universitas raharja*, 2020. <https://raharja.ac.id/2020/04/06/logika-fuzzy/>.
- [9] N. Febriany, "Implementatiton of fuzzy time series methods," *J. Math.*, pp. 29–49, 2016.
- [10] D. Pemilihan, P. Mahasiswa, and U. Tugas, "Penggunaan Metode Fuzzy Inference System (Fis) Mamdani Dalam Pemilihan Peminatan Mahasiswa Untuk Tugas Akhir," *J. Inform. Darmajaya*, vol. 15, no. 1, pp. 10–23, 2015.
- [11] E. V. Haryanto, R. Puspasari, and U. P. Utama, "Rancang Bangun Monitoring Penerangan Ruangn Menggunakan Kamera Berbasis Komputer Dengan Metode Fuzzy Logic," *It*, vol. 4, no. 2, pp. 192–201.

ID: 12

Simulasi Pengendali Kecepatan Motor DC Seri Dengan Menggunakan Penyearah Terkendali Penuh Berbasis PSIM

Simulation of Series DC Motor Speed Control Using PSIM Based Fully Controlled Rectifier

Ahmad Yusuf¹, Ihsan Prima Faza², Toto Tohir^{3*}

^{1,2,3}Politeknik Negeri Bandung

Jl. Gegerkalong Hilir, Telp.(022) 2013789 Fax. (022) 2013889

ahmad.yusuf.tlis19 @polban.ac.id¹, ihsan.prima.tlis19@polban.ac.id², toto.tohir@polban.ac.id³

Abstrak – Perkembangan teknologi motor DC telah berkembang dan banyak digunakan di berbagai bidang. Saat ini banyak yang menggunakan autotrafo untuk mengendalikan kecepatan motor DC. Pengaturan dengan autotrafo memiliki berbagai kelemahan, diantaranya dari segi ekonomis, saat autotrafo mengalami kerusakan maka untuk mendapatkan komponen yang baru akan kesulitan dikarenakan harganya yang mahal. Secara fisik peralatan tersebut kurang praktis dan untuk pengaturan tegangan jangkar memiliki efisiensi yang rendah. Maka dari itu dibutuhkan alat pengendali kecepatan motor DC penguat seri yang lebih praktis dan ekonomis. Dengan software PSIM kita bisa merencanakan sebuah sistem untuk membuat alat pengendali kecepatan motor DC penguat seri yaitu membuat sistem penyearah terkendali penuh dengan menggunakan thyristor. Simulasi menggunakan PSIM mempermudah dalam perancangan sistem di lapangan dan dapat menghemat banyak hal, seperti waktu, tenaga, biaya serta resiko saat terjadi kegagalan. Untuk mencari parameter motor DC penguat seri penulis melakukan kajian literatur. Setelah didapatkan parameter motor DC penguat seri maka dilakukan simulasi tanpa rangkaian penyearah untuk menguji parameter motor. Apabila telah sesuai maka motor DC penguat seri ditambahkan rangkaian penyearah terkendali penuh, setelah itu dilakukan pengaturan sudut penyalaaan. Kemudian memulai simulasi untuk melihat nilai kecepatan motor DC penguat seri. Penelitian ini mendapatkan hasil bahwa semakin besar sudut penyalaaan maka kecepatan motor DC penguat seri semakin meningkat contohnya pada saat $T = 0$ Nm diberi sudut penyalaaan 0^0 maka tegangan DC yang dihasilkan sebesar 184,64 volt dengan kecepatan 2927,94 RPM. Pengaturan kecepatan motor DC penguat seri dengan penyearah terkendali penuh dipakai untuk sistem dengan kecepatan motor yang nilainya lebih kecil dari kecepatan maksimum.

Kata Kunci: Pengendali kecepatan, motor DC penguat seri, Penyearah terkendali penuh, PSIM.

Abstract – The development of DC motor technology has developed and is widely used in various fields. Currently, many use autotransformers to control the speed of DC motors. Arrangements with autotransformers have various weaknesses, including in terms of economy, when the autotransformer is damaged, it will be difficult to get new components due to the high price. Physically the equipment is less practical and for regulating the armature voltage it has low efficiency. Therefore, a series amplifier DC motor speed controller is needed which is more practical and economical. With PSIM software, we can plan a system to make a series amplifier DC motor speed controller, which is to make a fully controlled rectifier system using a thyristor. Simulation using PSIM simplifies system design in the field and can save many things, such as time, effort, cost and risk in the event of a failure. To find the parameters of the DC motor in series amplifier, the writer conducted a literature review. After obtaining the parameters of the DC motor in series, a simulation is carried out without a rectifier circuit to test the motor parameters. If it is appropriate, the series amplifier DC motor is added with a fully controlled rectifier circuit, after which the ignition angle is adjusted. Then start the simulation to see the value of the DC motor speed in the series amplifier. This study found that the greater the angle of ignition, the speed of the DC motor in the series amplifier increases, for example, when $T = 0$ Nm is given an ignition angle of 0^0 , the DC voltage generated

is 184.64 volts with a speed of 2927.94 RPM. DC motor speed regulation series amplifier with fully controlled rectifier is used for systems where the motor speed is less than the maximum speed.

Keywords: Speed controller, series amplifier DC motor, Fully controlled rectifier, PSIM.

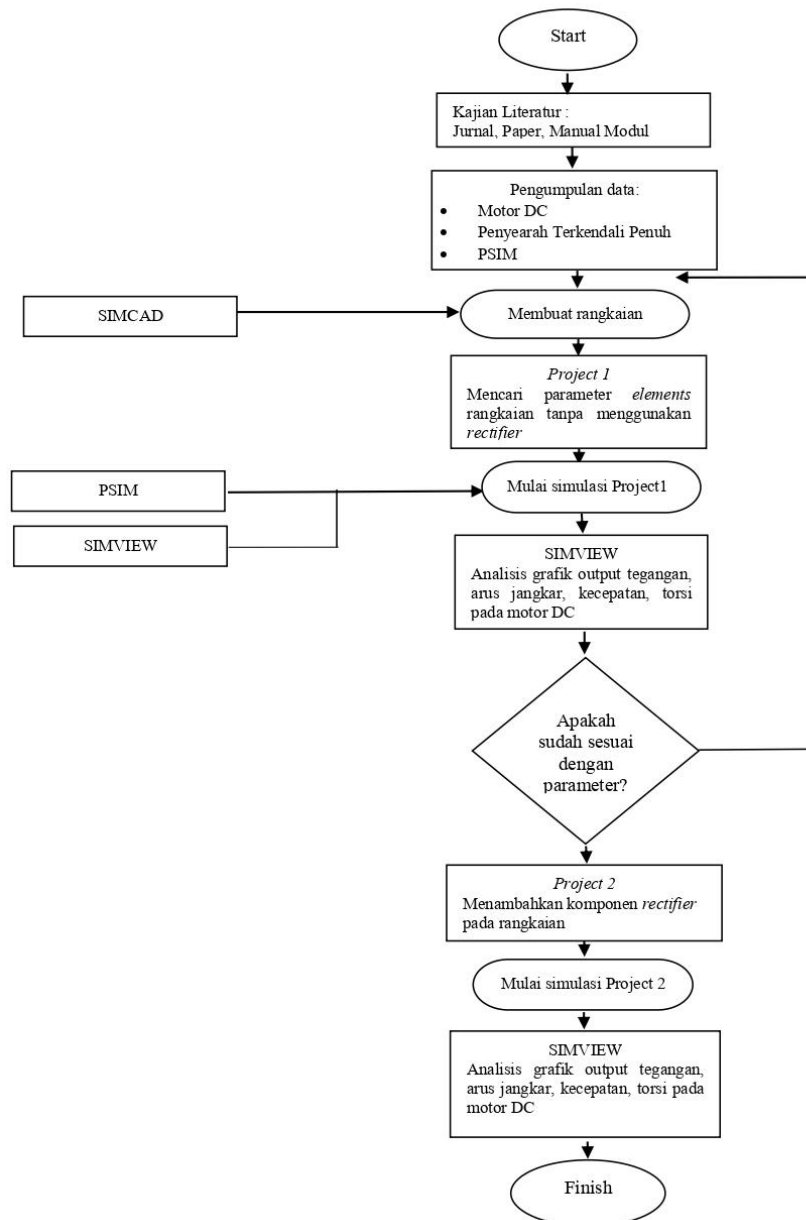
1. Pendahuluan

Pelaksanaan sistem listrik di lapangan tidak cukup hanya menggunakan analisis rangkaian listrik semata, tetapi sering terkait dengan bidang-bidang yang lain seperti sistem mekanis, sistem *thermal*, dan sistem kendali. Oleh karena itu, tahap perencanaan memerlukan kajian dari berbagai ranah dalam rangka mencari alternatif-alternatif baru maupun memperbaiki sistem yang sudah ada. Langkah akhir dalam perencanaan adalah melakukan simulasi. Simulasi ini sangat membantu karena dapat menghemat banyak hal, seperti waktu, tenaga, biaya serta resiko yang dihadapi jika terjadi kegagalan. Sekarang ini, banyak sekali software yang menawarkan program simulasi, salah satunya adalah PSIM. SIMVIEW pada PSIM mampu membuat sistem dengan sangat sederhana, cepat, mudah, dan efisien [1].

Makalah ini membahas simulasi pengendali kecepatan motor DC dengan menggunakan penyearah terkendali penuh. Simulasi dilakukan dengan software PSIM 9.1, yaitu dengan PSIM dan SIMVIEW. Kecepatan motor DC diatur berdasarkan pengaturan tegangan jangkar menggunakan penyearah terkendali penuh. Simulasi ini akan mengetahui pengaruh perubahan beban terhadap kecepatan motor.

2. Metode Penelitian

Gambar 1, dibawah ini merupakan diagram alir penelitian dengan melakukan kajian literatur terlebih dahulu untuk memperdalam pemahaman terkait dengan penelitian tentang motor DC, penyearah terkendali penuh yang berasal dari sumber referensi berupa jurnal, paper dan manual modul. Kemudian mengumpulkan data parameter dari komponen motor DC dan *rectifier*. Jika tidak sesuai maka kembali ketahapan pencarian parameter tiap elemen pada rangkaian. Kemudian saat parameter telah sesuai maka lanjut ke tahap membuat rangkaian penyearah terkendali penuh menggunakan PSIM. Setelah membuat rangkaian dan memasukan parameter maka dilakukan *run simulation* dan melihat grafik pada Simview. Setelah melakukan penelitian, dibuatlah laporan hasil penelitian. Penelitian ini dibuat sebagai suatu kemudahan untuk merancang suatu sistem penyearah terkendali penuh terhadap motor DC agar dapat meminimalisir keasalahan pada saat perancangan yang akan dilakukan di lapangan, sehingga menggunakan software PSIM.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian.

2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian mengenai simulasi pengendali motor DC dengan penyearah terkendali penuh telah banyak diteliti sebelumnya. Jurnal dan penelitian yang membahas kemiripan teori maupun subjek penelitian dijadikan sebagai acuan dalam penelitian ini. Berikut merupakan penelitian terdahulu yang membahas pengendali motor DC dengan penyearah terkendali penuh.

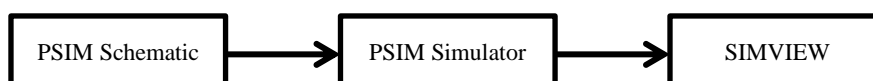
Pertama, penelitian yang dilakukan oleh Ikhsan Hidayat (2004) dalam jurnal TELKOMNIKA Volume 2, Nomor 1. Beliau meneliti tentang simulasi pengendali kecepatan motor DC dengan penyearah terkendali semi konverter berbasis matlab/simulink. Hasil penelitian ini ditemukan bahwa Software simulasi seperti Simulink dalam Matlab dapat membantu proses perencanaan sistem dan pengaturan kecepatan motor DC dengan penyearah terkendali gelombang penuh semi konverter untuk sistem yang memerlukan kecepatan konstan.

kedua, penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Hamzah Abdurrahman As-Salaf (2021) dalam jurnal MIND Volume 6, Nomor 1. Beliau meneliti tentang simulasi pengendali kecepatan motor BLDC dengan penyearah terkendali semi konverter berbasis PSIM. Hasil penelitian ini ditemukan bahwa pada pengaturan kecepatan, sinyal referensi diubah pada bagian rangkaian kontrol dengan nilai 500, 750, 1000, 1250 dan 1500. Hasilnya dimana kecepatan motor BLDC akan mengikuti sebagaimana yang di inputkan pada rangkaian kontrol.

Persamaan penelitian sebelumnya dengan penelitian ini dibuat sebagai suatu kemudahan dalam proses perencanaan sistem penyearah terkendali penuh terhadap motor DC menggunakan software. Perbedaan penelitian yang dilakukan terletak pada software yang digunakan dalam mensimulasikan sistem dan jenis motor DC yang digunakan.

2.1.1. PSIM

PSIM merupakan perangkat lunak simulasi yang dirancang khusus untuk elektronika daya, penggerak motor dan sistem konversi daya. Proses simulasi yang cepat pada PSIM menyediakan simulasi yang kuat untuk memenuhi kebutuhan simulasi dan pengembangan. PSIM terdiri dari schematic program PSIM (PSIM Schematic), simulation engine (PSIM Simulator), dan waveform processing program (SIMVIEW) [2].



Gambar 2. Proses kerja PSIM [2].

2.1.2. Pengertian Dasar Motor DC

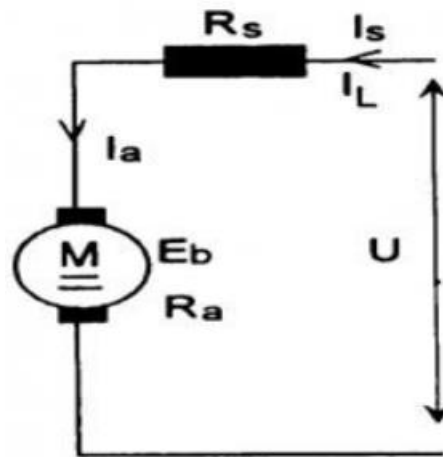
Motor DC disuplai oleh tegangan searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Dalam motor DC terdiri atas dua kumparan yaitu kumparan medan yang berfungsi untuk menghasilkan medan magnet dan kumparan jangkar yang berfungsi sebagai tempat terbentuknya gaya gerak listrik (ggl). Jika arus dalam kumparan jangkar berinteraksi dengan medan magnet, maka akan timbul torsi (T) yang akan memutar motor [3].

2.1.3. Motor Arus Searah Berpenguat Sendiri

Motor DC dengan penguat sendiri (self excited) adalah motor DC yang arus kumparan medan disuplai dari sumber arus DC yang sama dengan arus yang digunakan pada kumparan jangkar. Berdasarkan cara menghubungkan kumparan medan dan kumparan jangkar, secara umum motor DC diklasifikasi dalam 3 macam, yaitu : 1) Motor arus searah berpenguat shunt (paralel). 2) Motor arus searah berpenguat seri. 3) Motor arus searah berpenguat kompon [3].

2.1.4. Motor Arus Searah Berpenguat Seri

Motor DC penguat sendiri seri adalah motor DC dimana tahanan medan dan tahanan jangkar dihubungkan secara seri. Motor DC penguat sendiri seri identik dengan kecepatan rotasi yang tidak konstan dimana saat beban yang diberikan besar, maka kecepatan rotasi motor akan kecil, namun sebaliknya bila beban yang diberikan kecil, maka kecepatan rotasi motor akan besar. Berikut adalah gambar rangkaian motor DC seri [4].



Gambar 3. Rangkaian ekivalen motor DC penguat sendiri seri [5].

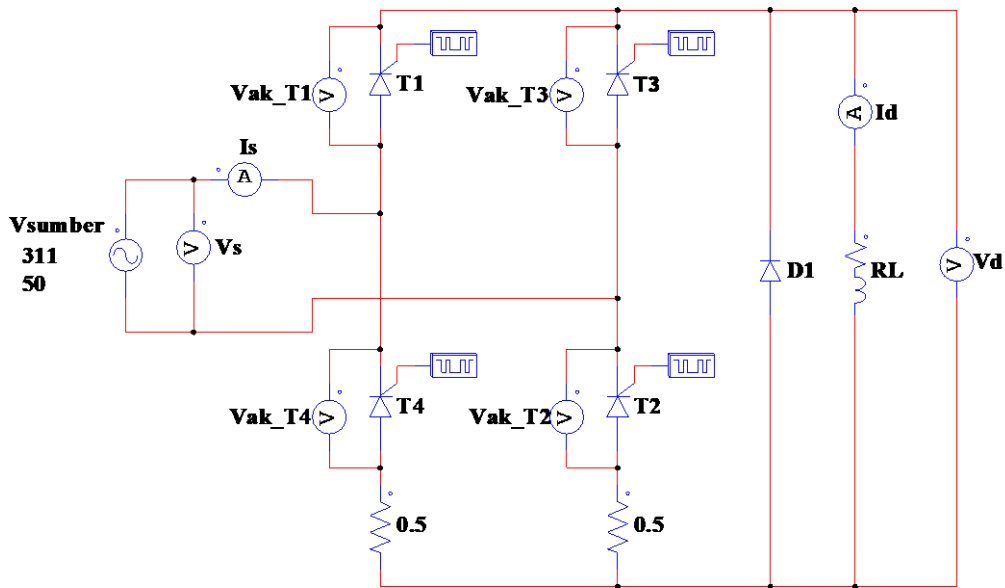
2.1.5. Penyearah (*Rectifier*)

Rectifier adalah alat yang digunakan untuk mengubah tipe tegangan yang awal mulanya sumber arus bolak-balik (AC) menjadi sinyal sumber arus searah (DC). Gelombang AC yang berbentuk gelombang sinus dan gelombang DC yang berbentuk gelombang *steady state* hanya dapat dilihat dengan alat ukur CRO. Rangkaian rectifier banyak menggunakan transformator step down yang digunakan untuk menurunkan tegangan sesuai dengan perbandingan transformasi transformator yang digunakan [6].

2.1.6. Perancangan Rangkaian Penyearah Satu Fasa

Penyearah satu fasa terkendali penuh digunakan sebagai catu daya DC sekaligus pengendali kecepatan untuk motor arus searah. Pada perancangan penyearah satu fasa terkendali penuh menggunakan komponen SCR. Untuk mengaktifkan rangkaian penyearah, pada SCR perlu diberikan pemicu berupa tegangan positif diantara terminal gate dan katoda. Pemicuan harus diberikan pada satu pasang SCR (T1,T2 dan T3,T4) pada waktu yang sama sehingga penyearah satu fasa terkendali penuh dapat bekerja. Gambar .4 akan menunjukkan rangkaian penyearah satu fasa terkendali penuh [7].

Untuk melindungi rangkaian penyearah dari arus sisa pada beban induktif dapat memasang sebuah dioda freewheeling yang terpasang paralel dengan rangkaian penyearah. Dioda freewheeling digunakan sebagai perlindungan rangkaian penyearah terhadap adanya arus sisa dari beban induktif. Ketika suplai tegangan pada rangkaian daya dimatikan maka pada beban induktif masih terdapat tegangan pada belitan sebesar $L \frac{di}{dt}$, sehingga arus sisa akan mengalir ke rangkaian penyearah, jika komponen rangkaian penyearah tidak mampu menahan arus sisa maka akan terjadi kerusakan pada komponen rangkaian penyearah. Pemasangan dioda freewheeling akan mengakibatkan arus sisa yang mengalir dari beban induktif hanya akan mengalir pada sisi dioda freewheeling saja sehingga tidak ada arus sisa yang mengalir menuju rangkaian daya [7].

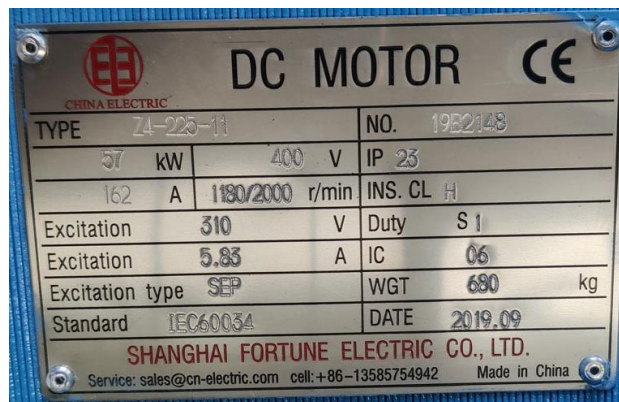


Gambar 4. Rangkaian penyearah satu fasa jembatan terkontrol penuh.

3. Hasil dan Pembahasan

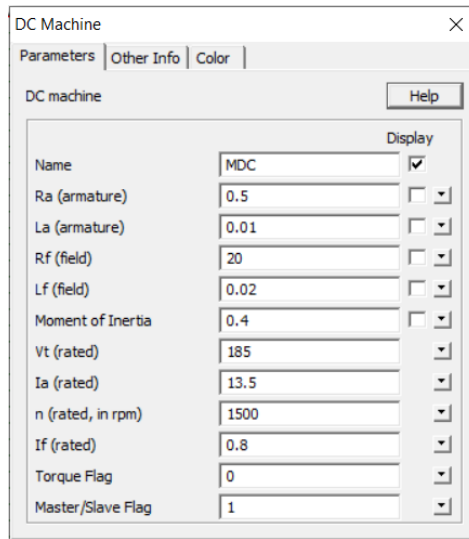
3.1. Penentuan Parameter Motor DC

Pada penelitian ini penulis mencari referensi parameter motor DC di internet dan dipatkan *nameplate* motor DC dengan merek CHINA ELECTRIC yang dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Nameplate motor DC [8].

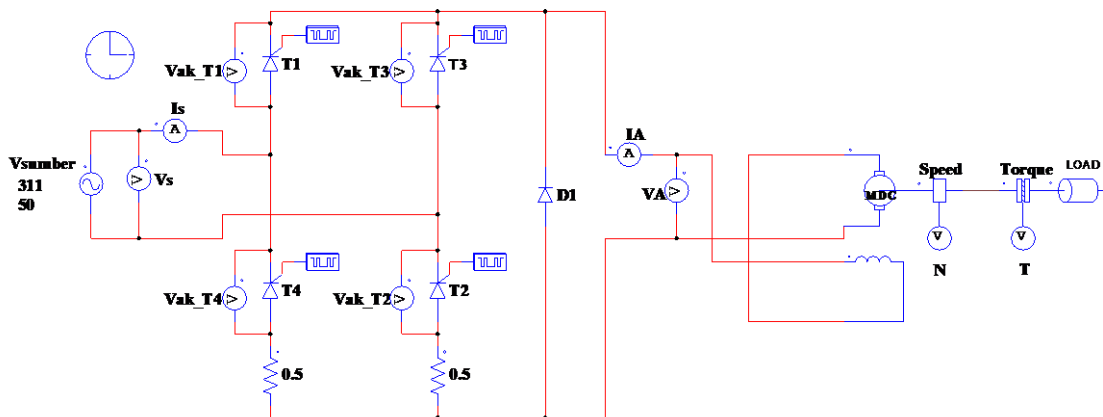
Setelah mendapatkan nameplate motor DC, penulis memasukan data nameplate motor DC pada parameter motor DC yang ada di PSIM. Berikut adalah parameter motor DC di PSIM yang bisa dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Parameter motor DC pada PSIM.

3.2. Perancangan Rangkaian Penyearah Terkendali Penuh dengan Motor DC Seri

Penyearah satu fasa terkendali penuh digunakan sebagai catu daya DC sekaligus pengendali kecepatan untuk motor DC dengan penguat sendiri seri. Tegangan AC yang digunakan adalah tegangan satu fasa 220 volt, kemudian tegangan tersebut akan disearahkan oleh rangkaian penyearah terkendali penuh. Tegangan DC yang dihasilkan tergantung pada sudut penyalan yang digunakan pada *Gating Block* di PSIM. Berikut adalah rangkaian penyearah terkendali penuh dengan motor DC penguat sendiri seri.



Gambar 7. Rangkaian motor DC penguat seri dengan penyearah terkendali penuh

3.3. Data Hasil Pengukuran

Setelah melakukan pengukuran dengan *software* PSIM, data pengukuran yang diamati adalah tegangan jangkar (V_a), arus jangkar (I_a) dan putaran motor DC penguat sendiri seri (N). Kemudian motor DC dibebani dengan beban torsi = 0 Nm, 1 Nm, dan 2 Nm. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Hasil pengukuran dengan menggunakan Torsi = 0 Nm [9].

Sudut Penyalaan (°)	Torsi (Nm)	Tegangan Jangkar (Va) (Volt)	Arus Jangkar (Ia) (Ampere)	Putaran (RPM)
0	0	184.64	0.65	2927.94
30	0	172.14	0.61	2895.25
60	0	137.64	0.52	2701.85
90	0	90.48	0.41	2271.98
120	0	43.5	0.29	1597.77
150	0	9.8	0.16	700.38
180	0	5.79E-18	4E-14	0

Tabel 2. Hasil pengukuran dengan menggunakan Torsi = 1 Nm [9]

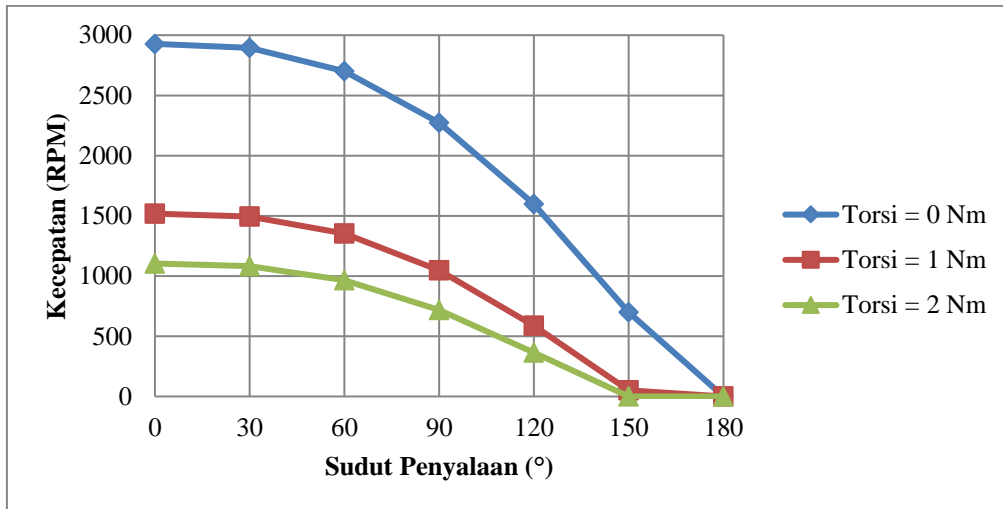
Sudut Penyalaan (°)	Torsi (Nm)	Tegangan Jangkar (Va) (Volt)	Arus Jangkar (Ia) (Ampere)	Putaran (RPM)
0	1	177.2	1.01	1517.92
30	1	165.06	0.95	1493.72
60	1	131.32	0.83	1353.75
90	1	84.9	0.68	1047.42
120	1	38.62	0.53	588.54
150	1	3.52	0.47	51.09
180	1	3.35E-17	8.8E-15	0

Tabel 3. Hasil pengukuran dengan menggunakan Torsi = 2 Nm [9].

Sudut Penyalaan (°)	Torsi (Nm)	Tegangan Jangkar (Va) (Volt)	Arus Jangkar (Ia) (Ampere)	Putaran (RPM)
0	2	174.7	1.13	1103.95
30	2	162.65	1.07	1083.02
60	2	128.93	0.95	965.7
90	2	82.4	0.81	717.06
120	2	35.62	0.67	363.95
150	2	0.32	0.63	0.0739
180	2	6.8E-18	4.2E-14	0

3.4. Karakteristik Fungsi Sudut Penyalaan Terhadap Kecepatan Putaran Motor

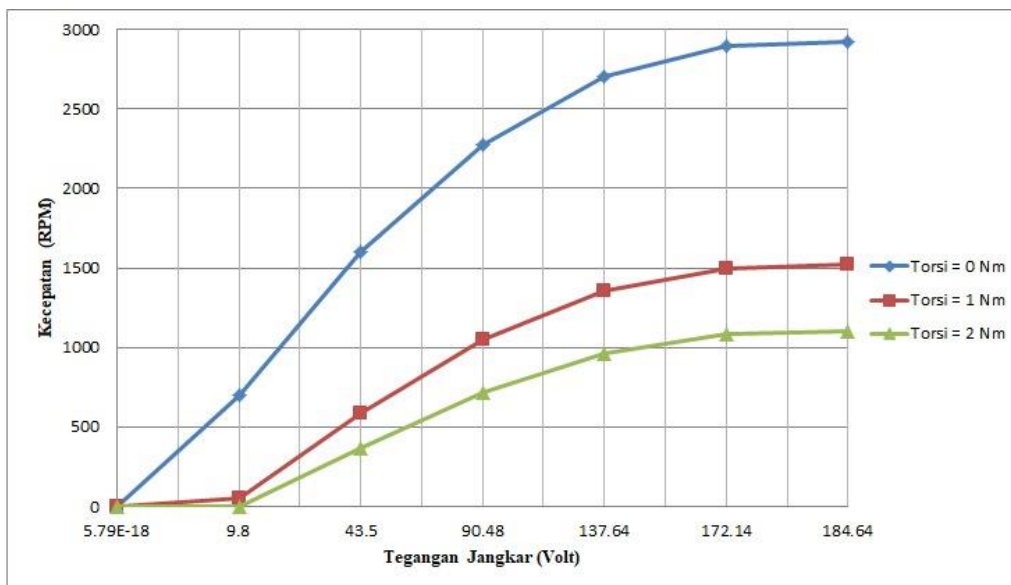
Kecepatan putaran motor DC penguat sendiri seri dikendalikan dengan menggunakan thyristor yaitu mengubah sudut penyalaan (α) dari thyristor. Pada penelitian ini menggunakan sudut penyalaan (α) sebagai berikut : 0° , 30° , 60° , 90° , 120° , 150° , 180° . Berikut merupakan grafik karakteristik sudut penyalaan(α) dari thyristor terhadap kecepatan (N) putaran motor DC.



Gambar 8. Grafik fungsi sudut penyalaan terhadap kecepatan putaran motor DC penguat sendiri seri.

3.5. Karakteristik Fungsi Tegangan Jangkar Terhadap Kecepatan Putaran Motor

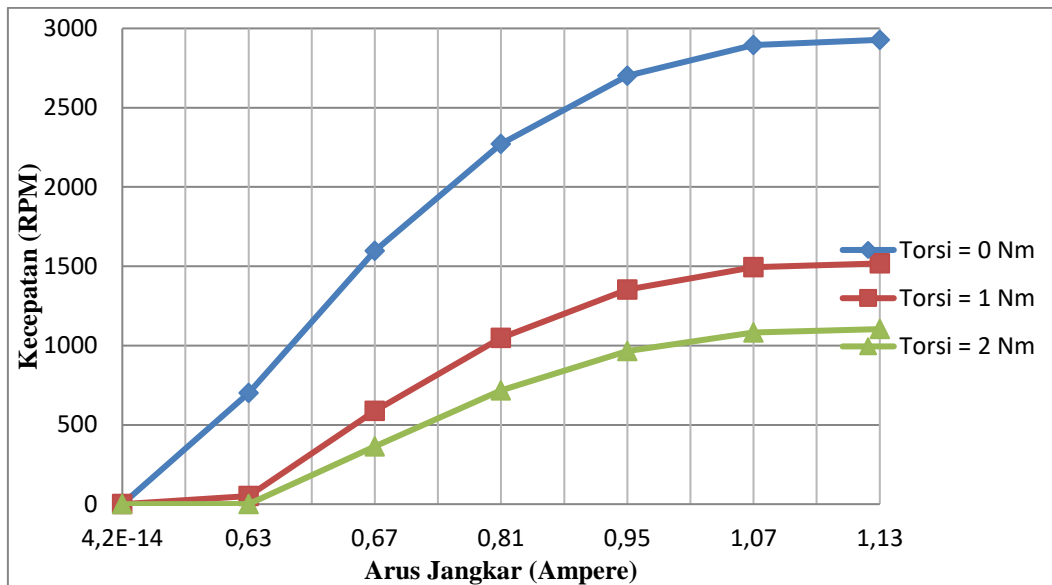
Pada saat sudut penyalaan (α) diperbesar maka tegangan jangkar (V_a) akan menurun. Ketika tegangan jangkar (V_a) pada sebuah motor DC semakin besar maka kecepatan putaran dari motor DC penguat sendiri seri akan semakin meningkat. Berikut merupakan grafik fungsi tegangan jangkar (V_a) terhadap kecepatan putaran (N) motor DC.



Gambar 9. Grafik fungsi tegangan jangkar terhadap kecepatan putaran motor DC penguat sendiri seri.

3.6. Karakteristik Fungsi Arus Jangkar Terhadap Kecepatan Putaran Motor

Pada saat sudut penyalaan (α) diperbesar maka arus jangkar (I_a) akan meningkat. Ketika arus jangkar (I_a) pada sebuah motor DC semakin besar maka kecepatan putaran dari motor DC penguat sendiri seri akan semakin meningkat. Berikut merupakan grafik fungsi arus jangkar (I_a) terhadap kecepatan putaran (N) motor DC.



Gambar 10. Grafik fungsi tegangan jangkar terhadap kecepatan putaran motor DC penguat sendiri seri.

3.7. Pembahasan

Data pengukuran yang diamati adalah tegangan jangkar (V_a), arus jangkar (I_a) dan putaran motor DC penguat sendiri seri (N). Kemudian motor DC dibebani dengan beban torsi = 0 Nm, 1 Nm, dan 2 Nm.

Dari hasil pengukuran diketahui bahwa pengaruh sudut penyalan (α) berbanding terbalik dengan kecepatan putaran motor DC penguat seri sehingga semakin besar sudut penyalan (α) yang diberikan terhadap thyristor maka kecepatan putaran motor DC penguat sendiri seri akan semakin menurun. Pengaruh tegangan jangkar terhadap kecepatan putaran motor DC penguat seri berbanding lurus. Semakin besar tegangan jangkar maka kecepatan putaran dari motor DC penguat sendiri seri akan semakin meningkat. Sama halnya dengan tegangan jangkar, pengaruh arus jangkar terhadap kecepatan putaran motor DC penguat seri berbanding lurus. Semakin besar arus jangkar maka kecepatan putaran dari motor DC penguat sendiri seri akan semakin meningkat.

Dari hasil pengukuran telah mendapatkan nilai kecepatan putaran motor DC dari masing-masing sudut penyalan (α) dan torsi yang digunakan. Sehingga bisa disimpulkan bahwa semakin besar torsi beban yang ditanggung oleh motor maka kecepatan putaran motor DC penguat sendiri seri akan semakin menurun.

4. Kesimpulan

Software simulasi PSIM dapat membantu proses perencanaan sistem yang dapat mencegah kerugian apabila terjadi kegagalan pada saat perancangan suatu sistem. Untuk perkembangan dari penelitian ini dibandingkan dengan penelitian sebelumnya adalah pada penelitian ini menggunakan sistem penyearah terkendali penuh dimana untuk mengendalikan sebuah kecepatan motor DC yaitu dengan cara mengatur sudut penyalan pada thyristor. Pengaturan kecepatan motor DC penguat seri dengan penyearah terkendali penuh dipakai untuk sistem yang memerlukan kecepatan motor dengan nilai kecepatan yang lebih rendah dari spesifikasi pada motor DC penguat seri. Pada percobaan penulis menggunakan spesifikasi motor dengan kecepatan 1500 RPM, ketika diberi beban torsi = 1 Nm dengan sudut penyulutan 0° didapatkan nilai kecepatan 1517.92 RPM. Besarnya kecepatan motor DC penguat seri dapat diperkecil nilai kecepatannya dengan memperbesar sudut penyalannya.

Ucapan Terima Kasih

Segala puji syukur dan terima kasih kami panjatkan ke hadirat Allah Azza Wa Jalla atas berkat dan rahmat-Nya yang telah melindungi dan membimbing sehingga kami dapat menyelesaikan penyusunan *paper* yang berjudul *Simulasi Pengendali Kecepatan Motor DC Seri Dengan Menggunakan Penyearah Terkendali Penuh Berbasis PSIM*.

Paper ini tidak akan terlaksana tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segala kerendahan hati, dalam kesempatan ini kami ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah *Azza Wa Jalla*, selaku Tuhan semesta alam yang telah memberikan ridha dan rahmatnya kepada kami semua dalam penyelesaian artikel ilmiah ini.
2. Tim Seminar Nasional Teknik Elektro 2021, untuk menerbitkan *paper* ini.

Referensi

- [1] I. Hidayat, "SIMULASI PENGENDALI KECEPATAN MOTOR DC DENGAN PENYEARAH TERKENDALI SEMI KONVERTER BERBASIS MATLAB/SIMULINK," *TELEKOMNIKA*, vol. 2, no. 1, pp. 41-48, 2004.
- [2] S. MUHAMMAD HAMZAH ABDURRAHMAN AS-SALAF, "Simulasi Pengaturan Kecepatan Motor BLDC Menggunakan Software PSIM," *MIND*, vol. 6, no. 1, pp. 103 - 117, 2021.
- [3] N. Nugroho and S. Agustina, "ANALISA MOTOR DC (DIRECT CURRENT) SEBAGAI PENGGERAK MOBIL LISTRIK," *Mikrotiga*, vol. 2, no. 1, pp. 28-34, 2015.
- [4] I. G. A. Gede, "KULIAH ELDAS," 29 April 2013. [Online]. Available: <https://blogs.itb.ac.id/el2244k0112211083igustiagunggede/2013/04/29/4/>. [Accessed 22 Oktober 2021].
- [5] admin, "Kelaspinter," 20 September 2021. [Online]. Available: <https://www.kelaspinter.com/prinsip-kerja-dan-jenis-jenis-motor-dc/>. [Accessed 22 Oktober 2021].
- [6] T. F. T. U. N. Yogyakarta, "Penyearah (Rectifier)," in *Teknik Dasar Rectifier dan Inverter*, Yogyakarta, Universitas Negeri Yogyakarta, 2003, p. 8.
- [7] A. B. Wibisino, T. Sukmadi and M. Facta, "PERANCANGAN PENYEARAH SATU FASE TERKONTROL PENUH SEBAGAI CATU DAYA MOTOR ARUS SEARAH PADA PROTOTYPE OVERHEAD CRANE MODE HOISTING," *TRANSIENT*, vol. 7, no. 1, 2018.
- [8] CHINA ELECTRIC, "CHINAELECTRIC.net," CHINA ELECTRIC, 1 November 2019. [Online]. Available: https://www.china-electric.net/z4-225-11_57_kw_1180_2000_rpm_z4-250-12_160_kw_1940_2400_rpm_extruder_dc_motors.html. [Accessed 22 Oktober 2021].
- [9] M. Sunarhati, "ANALISA PENGATURAN KECEPATAN PUTARAN MOTOR DC PENGUAT DENGAN MENGGUNAKAN THYRISTOR," *TEKNIK ELEKTRO*, vol. 8, no. 1, pp. 24-34, 2018.
- [10] M. J. Mustofa, "PERANCANGAN PENYEARAH TERKENDALI UNTUK PENGATURAN KECEPATAN MOTOR DC," *TEKNIK ELEKTRO*, pp. 1-2, 2021.

Robot Paralel Konfigurasi Delta Dengan Penggerak Motor Servo

Delta Configuration Parallel Robot With Servo Motor Drive

Excelsis Deo^{1*}, Martanto²

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro, Kampus III, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta
Paingan, Maguwoharjo, Depok, Sleman, Yogyakarta, telp. (0274) 883037, 883968 Fax. (0274) 886529
excelsis48@gmail.com^{1*}, martanto@usd.ac.id²

Abstrak – Robot menjadi pilihan untuk membantu pekerjaan manusia mengatasi masalah kepresisian, keamanan, fleksibilitas dan pekerjaan yang berulang. Bidang industri merupakan salah satu bidang yang telah menggunakan robot dalam pekerjaannya untuk memenuhi kebutuhan konsumen dengan efisien, terutama dalam melakukan tugas pick & place yang membutuhkan keamanan, kecepatan, presisi dan konsistensi. Untuk mencapai tujuan tersebut dibuatlah robot delta yang cocok dalam melakukan tugas tersebut, terutama dalam industri pengemasan. Pada penelitian ini robot delta yang dibuat merupakan prototype yang memiliki ukuran kecil dan berbasis Arduino Mega 2560. Robot delta ini memiliki 3 DoF (Degree of Freedom) yang disusun secara paralel dengan konfigurasi segitiga. Aktuator robot ini menggunakan motor servo yang dikontrol oleh mikrokontroler dengan input yang berasal dari joystick dan GUI melalui komunikasi serial. Input yang berasal dari joystick dan GUI diproses oleh mikrokontroler untuk melakukan perhitungan inverse kinematics yang telah diuraikan, sehingga mendapatkan hasil sudut untuk ketiga servo untuk mencapai posisi end-effector yang diinginkan. Selain secara manual, robot dapat dikendalikan secara otomatis dengan mode perekaman posisi.

Kata Kunci: Robot delta, gripper, Arduino Mega, Motor servo

Abstract – Robots are the choice to help human work overcome the problems of precision, safety, flexibility and repetitive work. The industrial sector is one field that has used robots in its work to efficiently meet consumer needs, especially in carrying out pick & place tasks that require security, speed, precision and consistency. In order to achieve this goal, a delta robot is made that is suitable for carrying out these tasks, especially in the packaging industry. In this research, the delta robot made is a prototype that has a small size and is based on Arduino Mega 2560. This delta robot has 3 DoF (Degree of Freedom) arranged in parallel with a triangular configuration. This robot actuator uses a servo motor which is controlled by a microcontroller with input from joystick and GUI via serial communication. The input from the joystick and GUI is processed by the microcontroller to perform the inverse kinematics calculations that have been described, so as to get the angle results for the three servos to achieve the desired end-effector position. In addition to manually, the robot can be controlled automatically with position recording mode.

Keywords: Delta robot, Gripper, Arduino Mega, Servo Motor

1. Pendahuluan

Seiring perkembangan zaman, teknologi telah banyak berkembang pesat terutama dalam dunia robotika, baik dalam bidang industri, medis, militer dan lain sebagainya. Berbagai penelitian telah banyak dilakukan untuk mengembangkan dan menyempurnakan baik dari segi jenis, bentuk, kecepatan dan kekuatan.

Salah satu robot yang kini banyak digunakan dalam industri maupun dalam bidang umum adalah robot manipulator. Manipulator merupakan bagian mekanik yang dapat difungsikan untuk memindahkan, menulis, mengangkat dan memanipulasi benda kerja. Secara umum robot

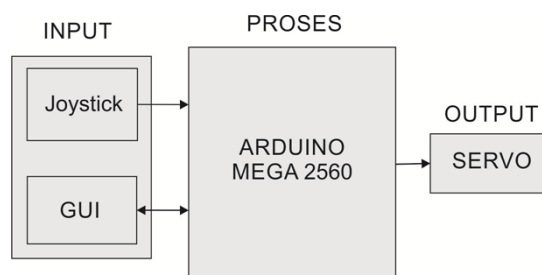
manipulator dibedakan menjadi beberapa jenis berdasarkan konfigurasi mekanikalnya yaitu Cartesian, SCARA, Articulated, Parallel. Untuk memenuhi kebutuhan konsumen dengan efisien, telah banyak industri yang menggunakan robot manipulator dalam membantu pekerjaan terutama dalam melakukan tugas pick & place, yang membutuhkan keamanan, kecepatan, presisi dan konsistensi. Dalam melakukan pick & place, robot manipulator parallel merupakan tipe robot yang tepat dalam melakukan pick & place terutama dalam pengemasan, karena memiliki kecepatan yang lebih baik dibandingkan manipulator serial dan salah satu tipe robot yang termasuk dalam manipulator parallel tersebut adalah tipe delta [5].

Secara konstruksi robot delta memiliki 3 DoF (Degree of Freedom) yang disusun secara parallel dengan konfigurasi segitiga. Berkat konfigurasi tersebut robot dapat memiliki pergerakan yang sangat cepat, karena tidak membutuhkan aktuator yang banyak sehingga membuatnya ringan dan robot delta sangat cocok untuk digunakan dalam ruang kerja yang kecil [5].

Dari paparan diatas, munculah sebuah ide untuk merancang prototype robot delta yang akan memiliki ukuran yang kecil dan menggunakan motor servo sebagai aktuatornya, sehingga tidak memakan banyak ruang kerja. Robot delta ini akan bertugas untuk mengambil benda pada area kerja pada sumbu XY ± 180 mm dan 300 mm pada sumbu Z, dengan menggunakan gripper dan meletakkannya pada posisi tertentu baik secara manual ataupun dengan menyimpan koordinat posisi.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian pada perancangan ini memiliki beberapa tahapan yang harus dilewati, yaitu studi kasus pada robot yang akan dirancang, perancangan sistem robot (hardware dan software), pembuatan sistem robot dan evaluasi melalui pengujian dan data yang telah diambil. Pada tahapan studi kasus, diperlukan untuk mengumpulkan bahan-bahan referensi untuk memahami cara kerja dari robot yang akan dirancang. Setelah memahami cara kerja dari robot tersebut dilakukan proses pembuatan sistem keseluruhan robot yang meliputi hardware dan software, pada tahap dibuat diagram sistem untuk mempermudah dalam proses pembuatan sistem robot. Tahap selanjutnya setelah semua sistem telah dibuat dapat dilakukan evaluasi yang dimana terdiri pengujian dan pengambilan data, untuk mengetahui performa atau hasil dari alat yang dibuat.



Gambar 1. Blok diagram sistem keseluruhan robot delta.

2.1. Inverse Kinematics

Kinematika adalah ilmu yang mempelajari tentang gerakan dengan memperhatikan sisi geometrinya. Dalam robot, kinematika berfungsi untuk menentukan persamaan dinamika dan control robot. Dalam menentukan persamaan kinematika perlu dilakukan deskripsi analisis dari penempatan posisi secara spasial dari lengan robot sebagai sebuah fungsi waktu. Secara garis besar, kinematika membahas tentang hubungan antara derajat kebebasan, posisi dan orientasi dari *end-effector* pada lengan robot. Dalam kinematika ada dua metode untuk menentukan posisi dan orientasi *end-effector* yaitu forward kinematics dan *inverse kinematics* [1]. Dalam penelitian ini agar robot dapat bergerak sesuai koordinat yang diberikan digunakanlah metode *inverse*

kinematics. Pada persamaan inverse kinematics pada robot delta, ketiga lengannya memiliki persamaan yang berbeda-beda yang dapat ditulis sebagai berikut dibawah ini [1]:

- Lengan 1

$$E_1 = 2L(y + a) \quad (1)$$

$$F_1 = 2zL \quad (2)$$

$$G_1 = x^2 + y^2 + z^2 + a^2 + L^2 + 2ya - l^2 \quad (3)$$

- Lengan 2

$$E_2 = -L(\sqrt{3}(x + b) + y + c) \quad (4)$$

$$F_2 = 2zL \quad (5)$$

$$G_2 = x^2 + y^2 + z^2 + b^2 + c^2 + L^2 + 2xb + 2yc - l^2 \quad (6)$$

- Lengan 3

$$E_3 = L(\sqrt{3}(x - b) + y - c) \quad (6)$$

$$F_3 = 2zL \quad (8)$$

$$G_3 = x^2 + y^2 + z^2 + b^2 + c^2 + L^2 - 2xb + 2yc - l^2 \quad (9)$$

Agar dapat bisa mendapatkan nilai θ_i pada setiap lengan, pertama harus mencari nilai abc pada agar dimasukan pada persamaan setiap lengannya dengan persamaan dibawah ini :

$$a = w_B - u_p \quad (10)$$

$$b = \frac{s_p}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2}w_B \quad (11)$$

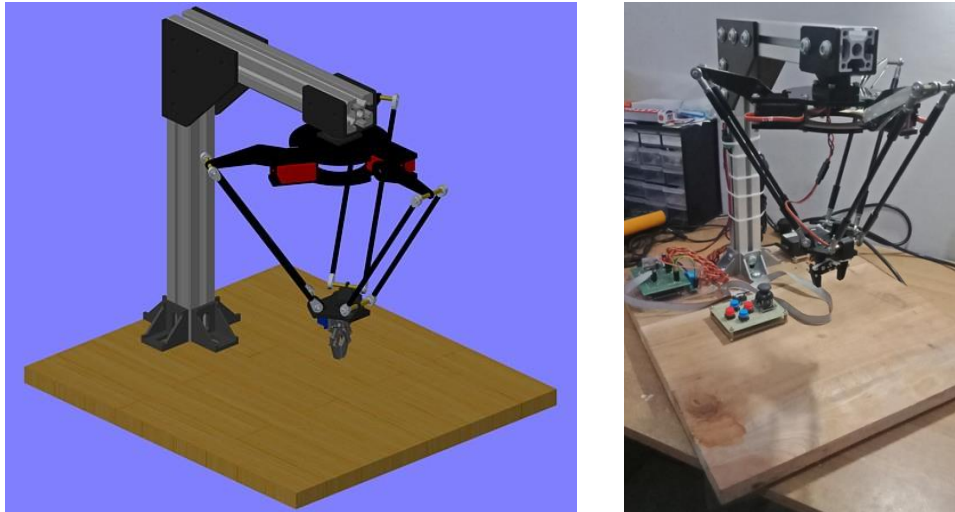
$$c = w_p - \frac{1}{2}w_B \quad (12)$$

Setelah didapatkan nilai abc nya, dapat dicari nilai θ_i pada setiap lengan dengan persamaan dibawah ini :

$$\theta_i = 2 \tan^{-1}(t_i) \quad (13)$$

2.2. Perancangan Mekanik

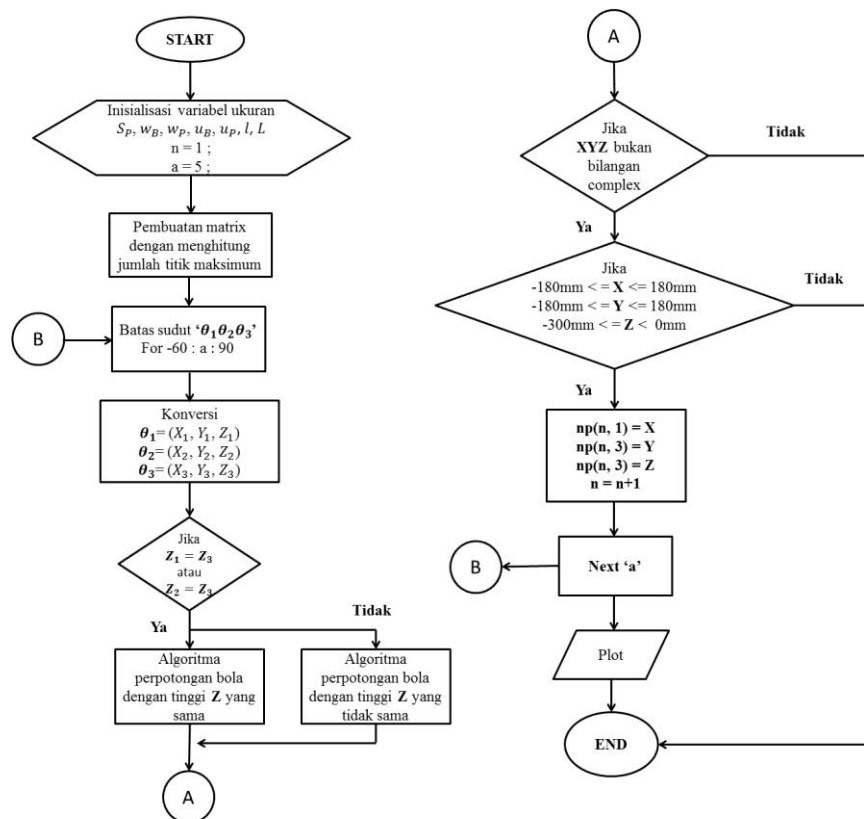
Kerangka robot dibagi menjadi empat bagian yakni *body (base)*, lengan bagian atas, lengan bagian bawah (*Parallelograms*), *end-effector*, stand dan gripper, yang ditunjukkan pada gambar 2. Pada bagian *body (base)* menggunakan bahan akrilik dengan tebal 5 mm dan lengan bagian atas menggunakan bahan akrilik dengan 2 jenis ketebalan yang berbeda, yaitu 3 mm dan 1,5 mm, yang dimana pada akrilik 3 mm akan dilapisi dengan akrilik 1,5 mm. Pada lengan bagian bawah menggunakan *structural part* 3D printer yang terbuat dari karbon memiliki panjang 217 mm dan 33 mm lebar antar lengannya. Pada *end-effector* PLA dengan menggunakan 3D printer. Desain stand menggunakan alumunium profil 4040 yang disambungkan dengan braket yang terbuat dari akrilik, yang berguna untuk menggantung robot. Penggunaan alumunium profil ini, karena memiliki kekuatan yang cukup kuat, sehingga tidak mudah patah. Pada penggantung robot menggunakan bahan PLA dengan menggunakan 3D printer. Desain gripper memiliki bukaan hingga 22,06 mm.



Gambar 2. Desain mekanik keseluruhan robot delta.

2.3. Pemodelan Area Kerja (*Workspace*)

Berdasarkan perancangan mekanik yang telah dilakukan, sangatlah penting untuk membuat pemodelan *workspace* nya [2]. Pemodelan ini berguna untuk mengetahui bagaimana fleksibilitas dan bentuk pergerakan yang dilakukan oleh robot pada suatu area dengan *end-effector* sebagai acuannya. Untuk mengetahui bagaimana model *workspace* robot, dilakukanlah simulasi Matlab dengan menggunakan metode *forward kinematics* [1], yang ditunjukkan pada flowchart gambar 3.

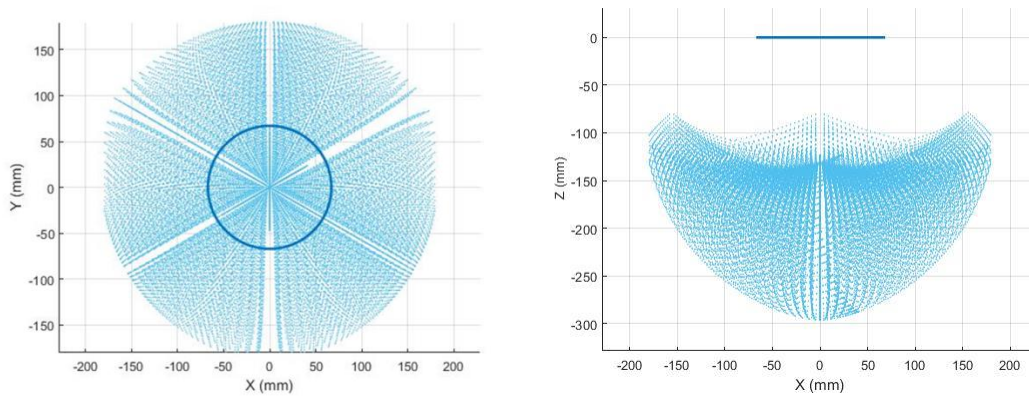


Gambar 3. Flowchart simulasi area kerja.

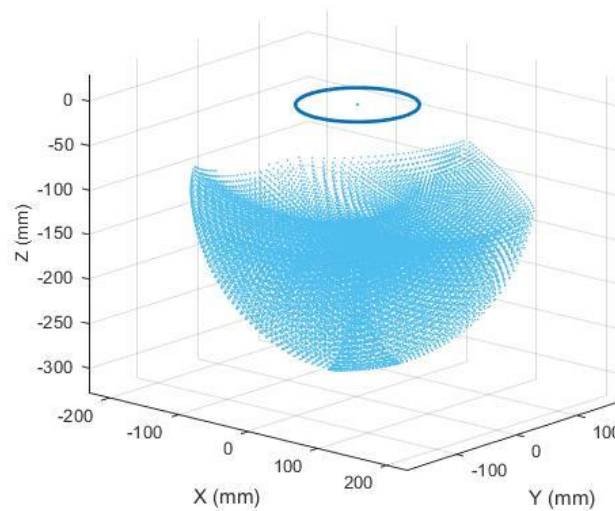
Tabel 1. Ukuran desain robot.

Variabel	Panjang (mm)	Panjang (m)
S_P	51,96 mm	0,05196 m
w_B	67 mm	0,067 m
w_P	15 mm	0,015 m
u_B	134 mm	0,134 m
u_P	30 mm	0,030 m
l	83 mm	0,083 m
L	217 mm	0,217 m

Metode ini akan menghasilkan koordinat xyz sesuai dengan sudut rotasi (θ) yang dimasukkan, berdasarkan input sudut dan variabel pada ukuran desain yang ditunjukkan pada tabel 1[3]. Titik-titik koordinat yang dihasilkan oleh simulasi yang telah dilakukan, kemudian akan membentuk area kerja dari robot, yang dapat dilihat pada gambar 4 dan gambar 5.

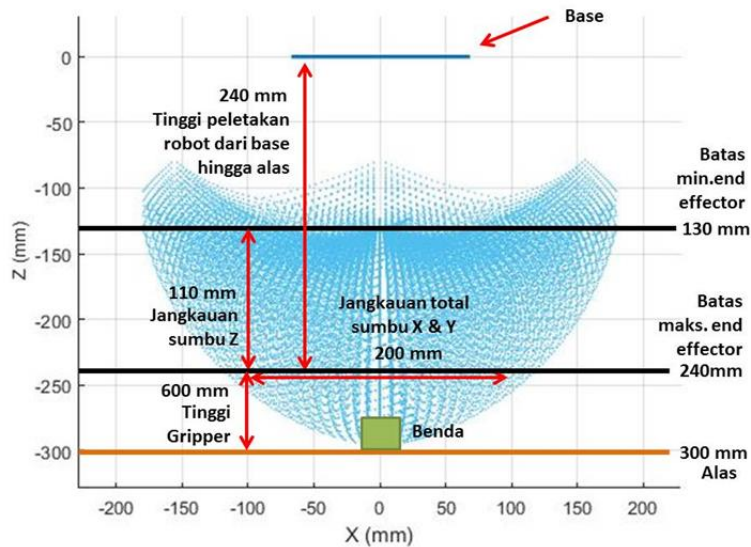


Gambar 4. Hasil plot *Workspace* (tampak atas dan depan)



Gambar 5. Hasil plot *Workspace* (tampak 3D)

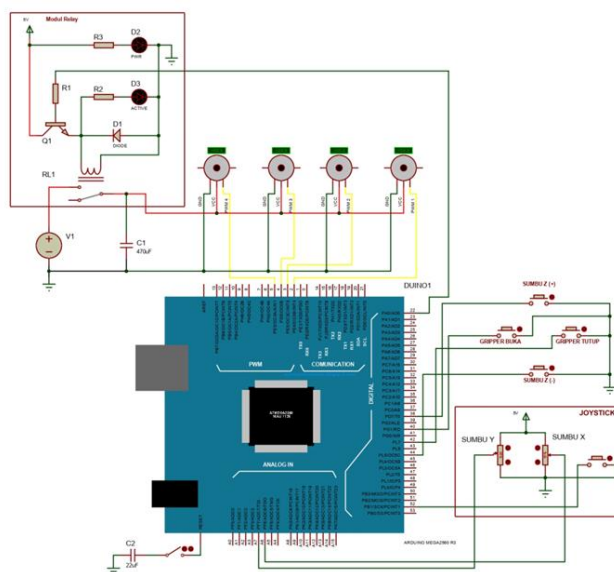
Dari hasil plot *workspace* yang telah dilakukan dapat dibuat posisi peletakan bendanya, seperti yang ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6. Posisi peletakan benda berdasarkan *Workspace*.

2.4. Perancangan Rangkaian Pengendali Servo

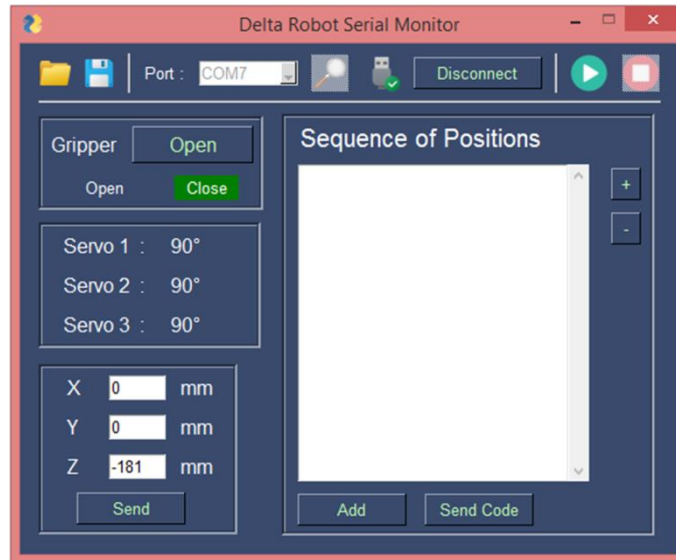
Pada gambar 7 rangkaian pengendali servo ini menggunakan Arduino Mega 2560[4] sebagai *driver servo* yang dikendalikan oleh modul *joystick* untuk mengendalikan robot pada sumbu X, Y dan tombol posisi *homing*, serta dua buah *push button* untuk mengendalikan sumbu Z dan dua buah *push button* untuk mengendalikan *gripper*. Catu daya yang digunakan untuk mensuplai servo menggunakan sumber eksternal yang disambungkan pada *jack power DC* yang difilter menggunakan kapasitor 470uF. Untuk menghindari arduino agar tidak ter-reset, dipasang kapasitor 22uF pada pin RESET secara paralel.



Gambar 7. Rangkaian Pengendali Servo

2.5. Perancangan Antarmuka GUI

Pada gambar 8 menunjukkan tampilan GUI yang berfungsi untuk mengendalikan robot dan menjalankan mode perekaman posisi. GUI akan mengirimkan data koordinat XYZ dan perintah-perintah tertentu melalui komunikasi serial. Perancangan tampilan GUI ini menggunakan *software* SPYDER yang menggunakan python sebagai bahasa pemrogramannya.



Gambar 8. Tampilan GUI kontrol robot *delta*.

3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian dan analisis yang dilakukan dibagi menjadi 4 bagian pengujian, yaitu pengujian pada sumbu Z, pengujian pada sumbu XY, pengujian saat kembali keposisi awal dan pengujian mode perekaman posisi.

3.1. Pengujian Ketinggian *End-Effector* Pada Sumbu Z

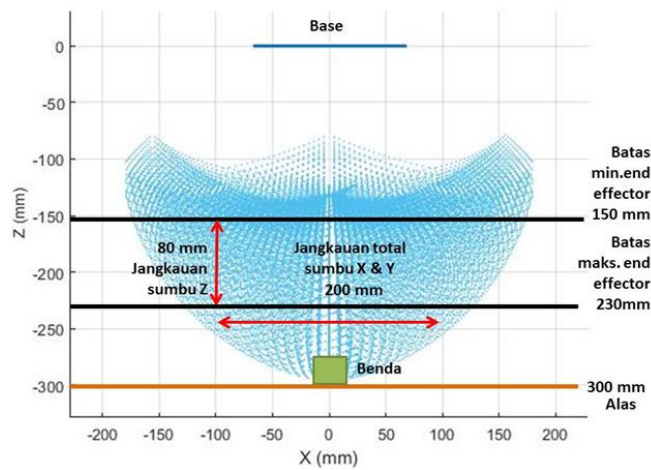
Pengujian ini dilakukan dengan mengukur ketinggian sumbu Z dan sudut ketiga *servo* setiap 10 mm dari ketinggian -130 mm hingga -240 mm sesuai dengan teori perancangan yang ditunjukkan pada gambar 6. Data pengujian ditunjukkan pada tabel 2 dibawah ini :

Tabel 2. Data pengujian ketinggian *end-effector* pada sumbu Z.

Percobaan	Input GUI Sumbu Z (mm)	Error			
		Sumbu Z (mm)	Servo 1 (°)	Servo 2 (°)	Servo 3 (°)
1	-150	3	0	0	1
2	-160	4	0	0	1
3	-170	3	1	0	1
4	-180	4	1	1	1
5	-190	3	2	0	1
6	-200	3	1	0	1
7	-210	2	1	0	1

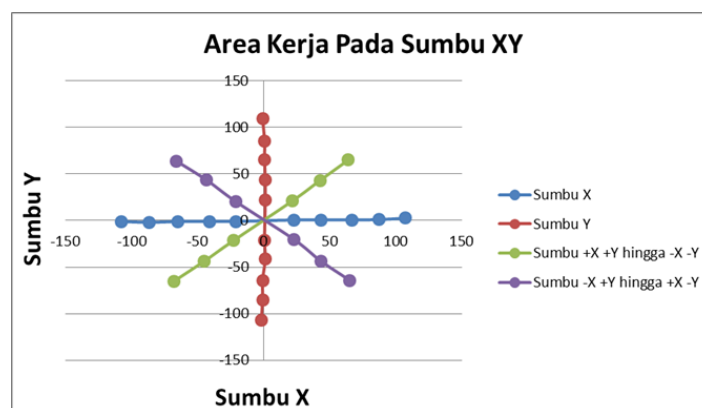
Percobaan	Input GUI Sumbu Z (mm)	Error			
		Sumbu Z (mm)	Servo 1 (°)	Servo 2 (°)	Servo 3 (°)
8	-220	2	0	0	1
9	-230	2	1	0	1
Rata-rata		3	1	0	1

Hasil pengujian ketinggian sumbu Z yang ditunjukkan pada tabel 3 dapat dilihat robot memiliki *error* akurasi rata-rata sekitar 3 mm, dengan memiliki rentang jangkauan dari -150 mm hingga -230 mm, karena ketika diberi input pada ketinggian -130 mm dan -140 mm lengan akan menyentuh bagian dan saat diberi input pada ketinggian -240 mm *end-effector* akan menyentuh alas kayu, yang merusak *end-effector*. Dari pengujian yang dilakukan dapat digambarkan area kerja setelah pengujian, yang ditunjukkan pada gambar 9.



Gambar 9. Perubahan area kerja pada sumbu Z setelah pengujian.

3.2. Pengujian Akurasi *Pick & Place* Dan Area Kerja Pada Sumbu XY

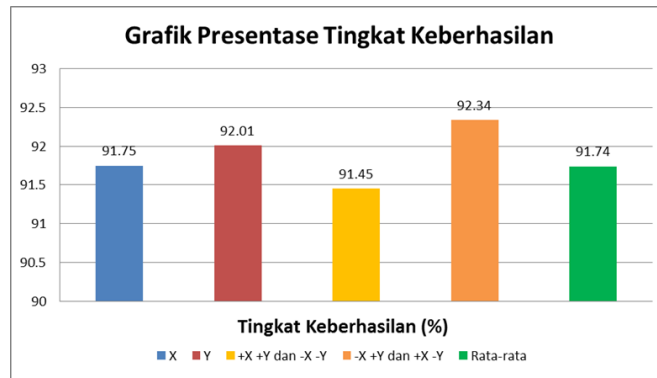


Gambar 10. Grafik area kerja pada sumbu XY.

Gambar 10 merupakan grafik area kerja pada sumbu XY dari pengujian yang telah dilakukan. Dari grafik dan tabel tersebut dapat dilihat bahwa pada jalur pergerakan pada sumbu X, sumbu

Y dan secara diagonal pada sumbu XY setiap posisi tidak tegak lurus pada sumbu dan memiliki selisih yang berbeda-beda.

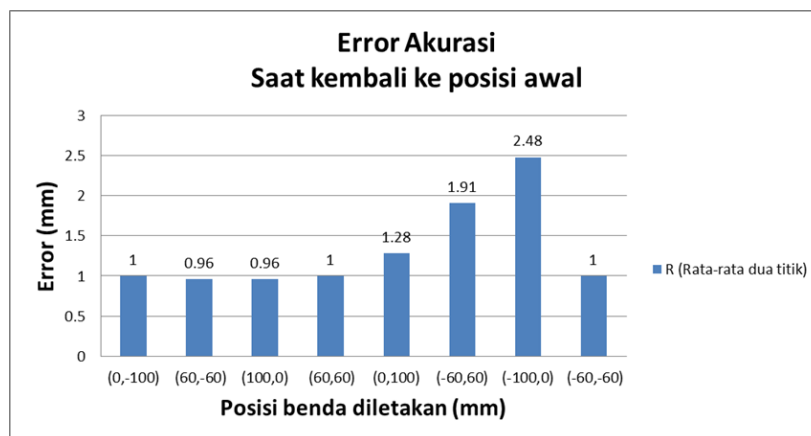
Berdasarkan hasil data yang telah diperoleh sesuai pada grafik yang ditunjukkan pada gambar 11, didapatkan rata-rata presentase tingkat keberhasilan yang didapatkan dari setiap pengujian adalah 91,74%, dengan presentase tingkat keberhasilan terkecil 91,45% saat melakukan pergerakan pada sumbu positif X positif Y dan sumbu negatif X negatif Y dan presentase tingkat keberhasilan terbesar 92,34% saat melakukan pergerakan pada sumbu negatif X positif Y dan sumbu positif X negatif Y. Dari keempat pengujian tersebut, presentase tingkat keberhasilan yang dihasilkan masih dibawah 100%, karena kurangnya akurasi yang disebabkan oleh adanya *error* pada sudut yang dihasilkan pada *servo*.



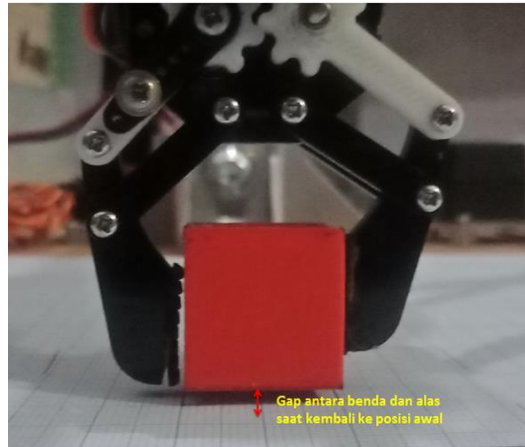
Gambar 11. Grafik presentase tingkat keberhasilan pada setiap pengujian.

3.3. Pengujian Akurasi Saat Balik Posisi Awal Pada Sumbu XY

Posisi peletakan benda dilakukan pada sumbu X, sumbu Y dan secara diagonal dengan kombinasi sumbu XY, dengan posisi pada jangkauan maksimumnya, yaitu (0,-100) mm, (60,-60) mm, (100,0) mm, (60,60) mm, (0,100) mm, (-60,60) mm dan (-60,-60) mm, serta ketinggian sumbu Z untuk peletakan konstan pada posisi -230 mm.



Gambar 12. Grafik *error* akurasi saat kembali ke posisi awal.

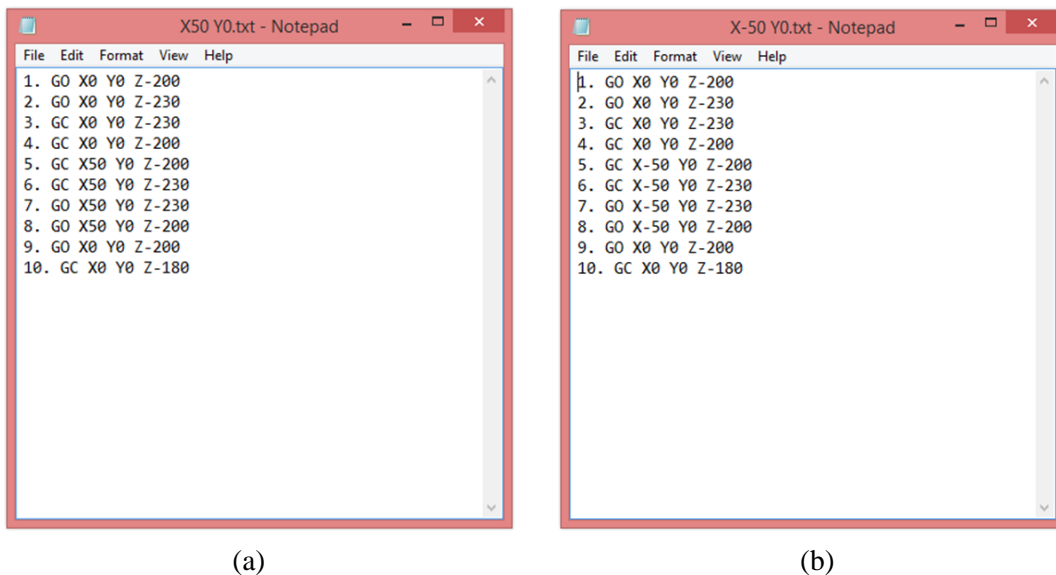


Gambar 13. Jarak atau gap antara benda dan alas.

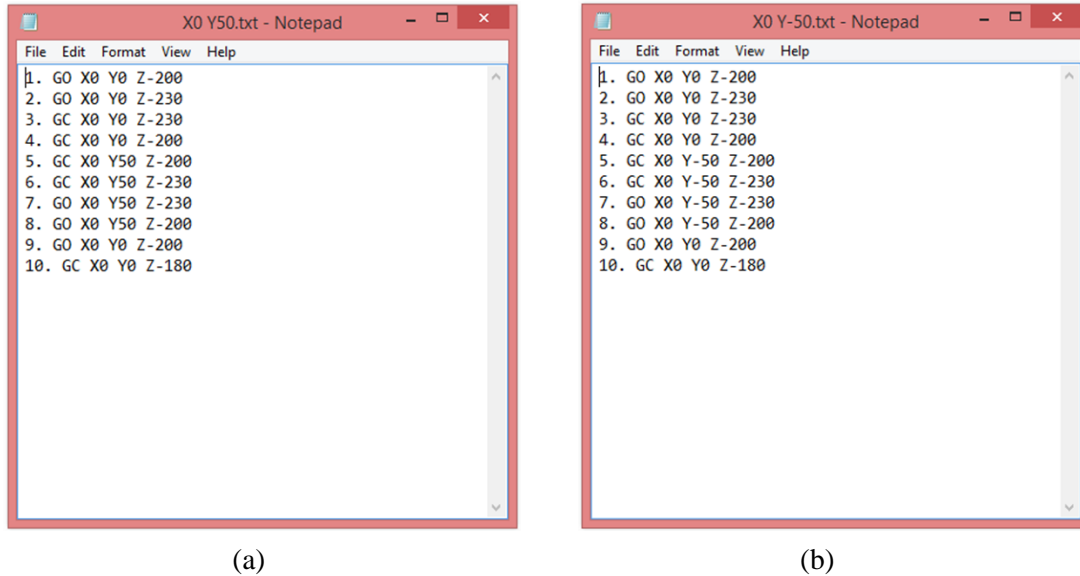
Dari gambar grafik tersebut dapat dilihat saat objek benda kembali ke posisi awal dari posisi peletakan yang telah ditentukan memiliki nilai *error* yang berbeda-beda, dengan nilai *error* akurasi terbesar adalah 2,48 mm ketika benda diletakkan pada posisi (-100,0) mm. Penyebab besar nilai *error* ini terjadi karena pada saat kembali ke posisi awal, benda dan alas memiliki jarak atau gap yang ditunjukkan pada gambar 13, sehingga ketika benda dilepas dari *gripper* benda akan terjatuh dan bergeser dari posisi awalnya.

3.4. Pengujian Mode Perekaman Posisi

Pengujian ini dilakukan pada 4 posisi peletakan pada sumbu X dan Y, yaitu (50,0) mm, (-50,0) mm, (0,50) mm dan (0, -50) mm. Setiap posisi memiliki tahapan untuk melakukan proses peletakan yang telah disimpan dalam bentuk file text, yang ditunjukkan pada gambar 14 dan gambar 15.



Gambar 14. Tahapan untuk posisi peletakan (a) (50,0) mm (b) (-50,0) mm.



Gambar 15. Tahapan untuk posisi peletakan (a) (0,50) mm (b) (0,-50) mm.

Tabel 4. Hasil pengukuran posisi peletakan dengan mode perekaman posisi.

Percobaan	Posisi peletakan (mm)		Pengukuran sumbu rata-rata (mm)		Error Rata-rata (mm)		
	X	Y	X	Y	\Delta X	\Delta Y	R
1	50	0	56	1	6	1	6.08
2	-50	0	-56	-0.6	6	1	6.08
3	0	50	0	57.4	0	7.4	7.4
4	0	-50	-1.2	-54.4	1.2	4.4	4.57
Rata-rata					3	3	6

Dari hasil pengukuran pada tabel 4, menunjukkan robot memiliki konsistensi yang cukup bagus dalam melakukan tugas *pick & place* secara otomatis dengan menggunakan metode perekaman posisi. Dengan selisih 1 mm pada sumbu X dan Y antara pengulangan sebelum dan sesudahnya.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dari hasil perancangan yang dibuat dapat diambil beberapa kesimpulan bahwa *error* akurasi yang dihasilkan dari robot *delta* masih sangatlah besar. Pada pengujian pada sumbu Z didapatkan rata-rata *error* 3 mm dan pada saat melakukan perpindahan posisi robot memiliki presentase keberhasilan rata-rata 91,74%. Begitu juga saat kembali ke posisi awal dari posisi peletakkannya robot memiliki *error* akurasi terbesar 2,48 mm dan saat dalam mode perekaman posisi robot memiliki konsistensi yang cukup bagus dalam melakukan tugas *pick & place* secara berulang pada posisi yang sama dalam, dengan selisih paling kecil 1 mm pada sumbu X dan Y antara pengulangan sebelum dan sesudahnya. Nilai *error* ini dapat disebabkan karena *error* pada sudut yang dihasilkan pada motor *servo* atau kurangnya akurasi dalam pencetakan bagian robot.

Untuk meningkatkan akurasi pada aktuatornya dapat digunakan aktuator yang lebih akurat, seperti motor stepper.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kami ucapkan kepada semua pihak yang telah membantu menyelesaikan penelitian ini. Serta terima kasih kepada prodi teknik elektro Univeritas Sanata Dharma atas dukungannya untuk publikasi penelitian ini.

Referensi

- [1] Williams II, R.L., *The Delta Parallel Robot: Kinematics Solutions*, Mechanical Engineering, Ohio University , 2016.
- [2] Lynch, K. M., Frank C. Park, *Modern Robotics: Mechanics, Planning, and Control*, Cambridge University Press, 2017.
- [3] Andrioaia, D., Marius Pascu, Lucian Mihaila, Claudiu Florin Obrea, *Determining the workspace in case of the robots with parallel structure delta 3dof*, Annals & Proceedings of DAAAM International 2012, 2012.
- [4] "Arduino Mega 2560 Rev 3." [Online] . Available : <https://store.arduino.cc/usa/mega-2560-r3>. [Accessed 05-Des-2020] .
- [5] "Types of Robots Based on Configuration." [Online]. Available : <https://www.plantautomationtechnology.com/articles/types-of-robots-based-on-configuration>. [Accessed 05-Des-2020].

ID: 14

Sistem Kendali Kinerja Motor 1 Phasa Pada WTP Menggunakan ESP8266 Tipe 01

Control System for 1 Phase Motor Performance at WTP Using ESP8266 Type 01

Akhmad Syaefudin^{1*}, Agus Kiswantono², Bambang Purwahyudi³

^{1,2,3}Fakultas Teknik Elektro, Program Studi Sistem Tenaga

Universitas Bhayangkara Surabaya

akhmad.syaefudin@trakindo.co.id¹, saeyen@gmail.com¹

Abstrak – Penggunaan kabel komunikasi jarak jauh sering menghambat pekerjaan, terutama pada area area yang sulit dijangkau . Teknologi pengendalian berbasis IOT dapat mengurangi pemakaian kabel komunikasi , sehingga teknologi IOT lebih praktis digunakan. Namun signal provider sering menjadi gangguan pada sisitem IOT, sehingga dapat berpengaruh untuk komunikasi data antara server dan client. Untuk mengatasi hal ini, penulis mencoba mengembangkan dengan sistem Wireless Local Area Network (WLAN) dengan protokol komunikasi TCP/IP. Yang dibutuhkan pada WLAN yaitu access point menggunakan ESP8266-01 sebagai router wireless dan Station mnggunakan Esp8266-01 sebagai server yang terhubung langsung pada mikokontroler atmega32. Dari hasil penelitian, sistem bekerja dengan baik mampu mengendalikan motor induksi 1 phasa dengan jarak +/- 110 meter. Dan data random dapat diterima dari esp8266-01 sebanyak 6000 data/mnt dengan jarak +/- 90 meter. Kesimpulan dari penelitian ini bahwa modul wifi esp8266 tipe 01 dapat dioperasikan dengan jarak ideal 90 meter.

Kata Kunci: Wireless Local Area Network, Komunikasi Protokol Tcp/IP, ESP8266-01, Pengendalian Motor Induksi 1 phasa

Abstract – The use of long-distance communication cables often hinders work, especially in hard-to-reach areas . IOT-based control technology can reduce the use of communication cables, so that IoT technology is more practical to use. However, the signal provider is often a nuisance to the IoT system, so it can affect data communication between the server and client. To overcome this, the author tries to develop a Wireless Local Area Network (WLAN) system with a TCP/IP communication protocol. What is needed in WLAN is an access point using ESP8266-01 as a wireless router and Station using Esp8266-01 as a server that is connected directly to the ATmega32 microcontroller. From the results of the study, the system works well and is able to control a single phase induction motor with a distance of +/- 110 meters. And random data can be received from esp8266-01 as much as 6000 data/min with a distance of +/- 90 meters. The conclusion of this study is that the esp8266 type 01 wifi module can be operated with an ideal distance of 90 meters.

Keywords: Wireless Local Area Network, Communication Protocol Tcp/IP, ESP826601, 1 phase Induction Motor Control

1. Pendahuluan

Saat ini perkembangan teknologi semakin maju dan pesat. Terutama pada skala *industry*, setiap *industry* memiliki *system Water Treatment Plant* (WTP) yang merupakan sistem pengolahan air bersih. Dalam *Water treatment plant* terdapat banyak motor motor induksi sebagai penggerak pompa untuk filterasi air yang dikendalikan dari *local control panel*. Sistem kendali

berbasis PLC yang dapat terhubung dengan beberapa *interface* seperti, *Human Machine Interface* (HMI), SCADA, dll. Sistem kendali PLC ini mampu menggantikan sistem control local. Sehingga sistem *water treatment plant* dapat lebih mudah dikendalikan maupun dimonitoring dari *control panel room*.

Pengendalian dari jauh, antara plc panel lokal dengan ruang panel control masih menggunakan media kabel komunikasi seperti kabel LAN, kabel komunikasi serial RS485. Semakin jauh jarak ruang panel kontrol, semakin panjang pula kabel komunikasi yang di gunakan, potensi potensi kerusakan kabel juga masih tinggi yang dapat mengganggu dalam pengendalian maupun monitoring data. Untuk mengatasi permasalahan ini, banyak peneliti mengembangkan sistem kendali jarak jauh seperti sistem kendali berbasis mikrokontroler yang terhubung dengan IOT. IOT masih membutuhkan provider sehingga potensi gangguan komunikasi masih sering terjadi yang disebabkan dari provider.

Dalam penelitian akan dikembangkan sistem kendali menggunakan jaringan *Wireless Local Area Network* (WLAN). Menggunakan modul wireless ESP8266-01 dan mikrokontroler untuk mengendalikan motor 1 phasa. Interface menggunakan smartphone yang dapat mengendalikan maupun monitoring data pada mikrokontroler. Penelitian ini untuk menguji jangkauan sistem kendali jarak jauh, kesetabilan pengiriman data, jarak ideal dalam pengiriman data.

2. Studi Pustaka

2.1. Modul ESP8266-01

Modul wireless ESP8266 merupakan Wi-Fi dengan dukungan penuh salah satunya untuk penggunaan protocol TCP/IP. Modul ini dapat disetting dengan 2 metode, AT-Command dan Pemrograman langsung menggunakan software arduino ide. ESP8266 bekerja pada frekuensi 2.4Ghz. [1].

Categories	Items	Parameters
Wi-Fi	Certification	Wi-Fi Alliance
	Protocols	802.11 b/g/n (HT20)
	Frequency Range	2.4 GHz – 2.5 GHz (2400 MHz – 2483.5 MHz)
	TX Power	802.11 b: +20 dBm
		802.11 g: +17 dBm
		802.11 n: +14 dBm
	Rx Sensitivity	802.11 b: -91 dbm (11 Mbps)
		802.11 g: -75 dbm (54 Mbps)
802.11 n: -72 dbm (MCS7)		
Antenna	PCB Trace, External, IPEX Connector, Ceramic Chip	

Gambar 1. Spesifikasi Modul ESP8266-01

2.2. *Wireless Local Area Network* (WLAN)

WLAN adalah singkatan dari *Wireless Local Area Network* yaitu suatu jenis jaringan komputer yang menggunakan gelombang radio sebagai alat atau media transmisi data. Informasi atau data ditransfer dari satu komputer ke komputer yang lainnya menggunakan gelombang radio. WLAN juga sering disebut dengan Jaringan Nirkabel atau jaringan wireless [2].



Gambar 2. Sistem Protokol WLAN

Dalam konfigurasi Wireless LAN pada umumnya alat transmitter dan receiver yang disebut access point (AP) terhubung pada wired network pada lokasi yang tetap. Antena pada access point inilah yang dapat meng-cover sinyal radio di sekitarnya sehingga pengguna dapat mengaksesnya dalam radius tertentu dari penempatan AP ini. Standard ini menggunakan frekuensi yang lebih tinggi dari sebelumnya yaitu 5 GHz dan dapat menghasilkan kecepatan hingga 54 Mbps dengan menggunakan bandwidth 20 MHz [3].

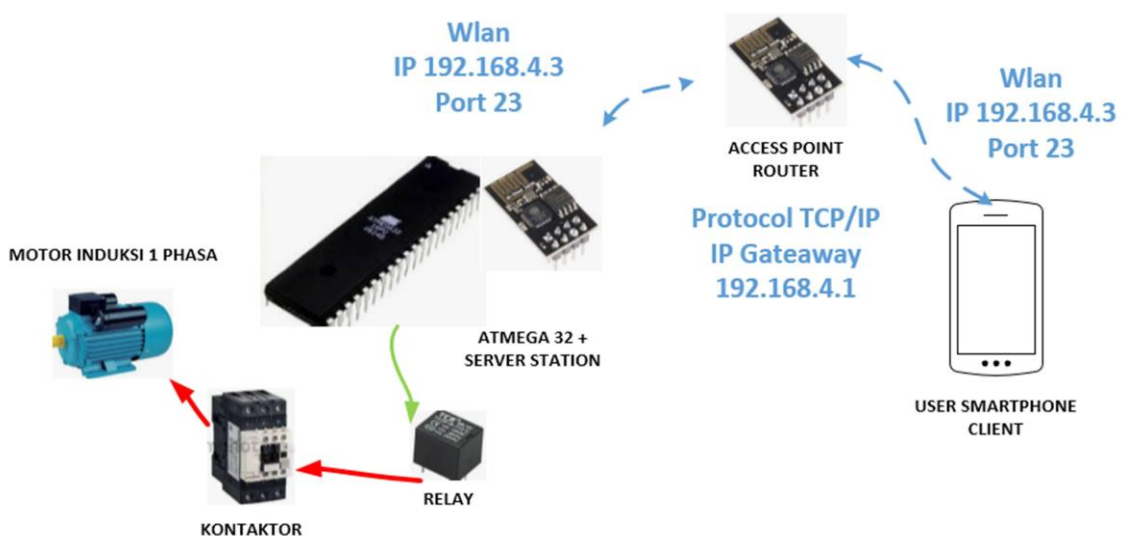
3. Metode Penelitian

Langkah awal dalam penelitian ini dimulai dari identifikasi masalah, studi literatur, perencanaan sistem, pembuatan alat, simulasi, dan hasil pembahasan.

3.1. Perencanaan Sistem

Sistem ini dibuat untuk mengendalikan motor induksi 1 phasa pada WTP dan disimulasikan dalam bentuk prototype sederhana. Berikut alat utama yang akan digunakan untuk penelitian :

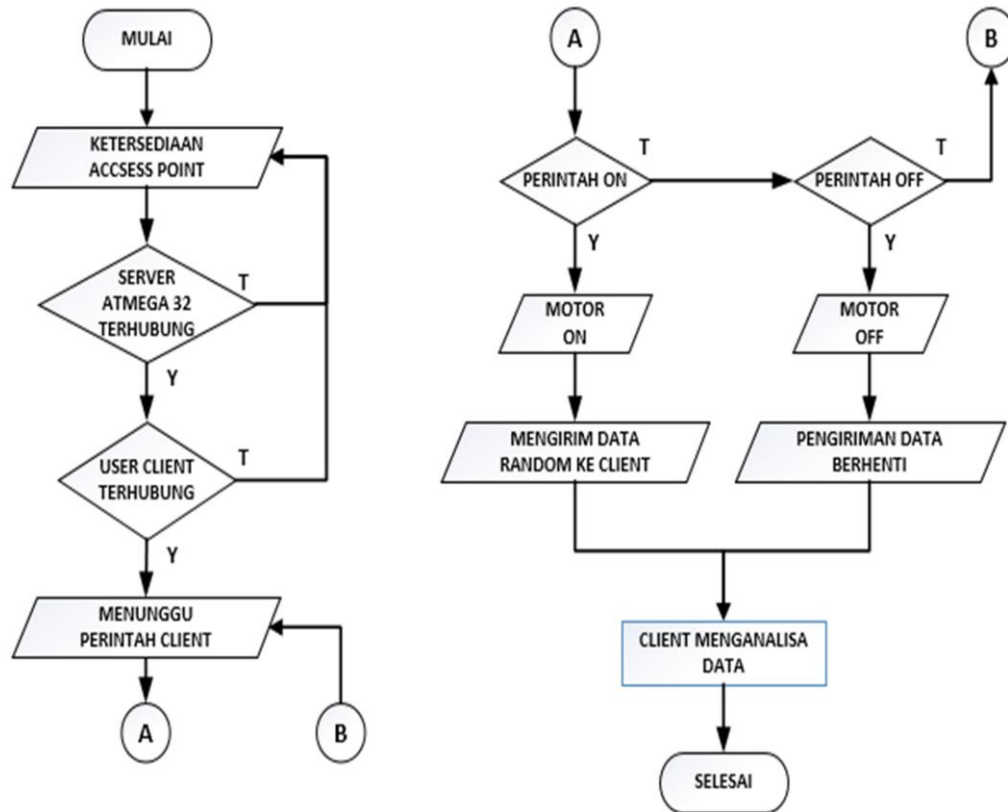
1. Modul ESP8266 tipe 01 sebagai Access Point
2. Modul ESP8266 tipe 01 sebagai Station
3. Mikrokontroler Atmega 32 sebagai pengolah data dan kontrol



Gambar 3. Perencanaan Sistem Alat

3.2. Sistem Kerja Alat

Prinsip kerja alat dibuat berdasarkan dari konsep alat, sehingga dapat di bangun sautu perancangan alat yang dapat memonitoring dan mengontrol motor induksi 1 fasa, serta menganalisa data yang dikirim antara ESP8266 dengan Client.



Gambar 4. Flowchart Sistem Kerja Alat

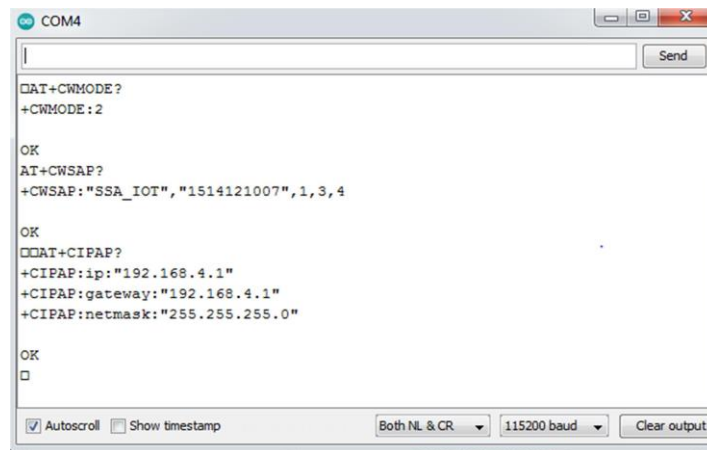
Dari flowchart diatas dapat dilihat alur kerja sistem yaitu, acces point harus tersedia terlebih dahulu, agar server ESP8266 yang terhubung dengan atmega32 dapat terhubung dengan Acces Point. Kemudian user (*smartphone*) sebagai client masuk ke acces point agar dapat mengontrol server atmega 32 dengan protocol WLAN TCP/IP. Client memberi perintah untuk mengendalikan motor induksi 1 fasa dan server atmega32 memberikan feedback berupa data random untuk dianalisa client, untuk mengetahui jangkauan ideal dari modul ESP8266 dan jumlah data yang diterima dari server ke client per menit.

3.3. Setting Access Point

Accses Point sebagai router wireless menggunakan modul ESP8266 tipe 01 dengan aturan point to multipoint. Penyetelan menggunakan metode perintah ATCommand yang ada pada datasheet. Berikut parameter yang diperlukan untuk access point.

Tabel 1. Parameter Acces Point Esp8266-01 mode AT-Command

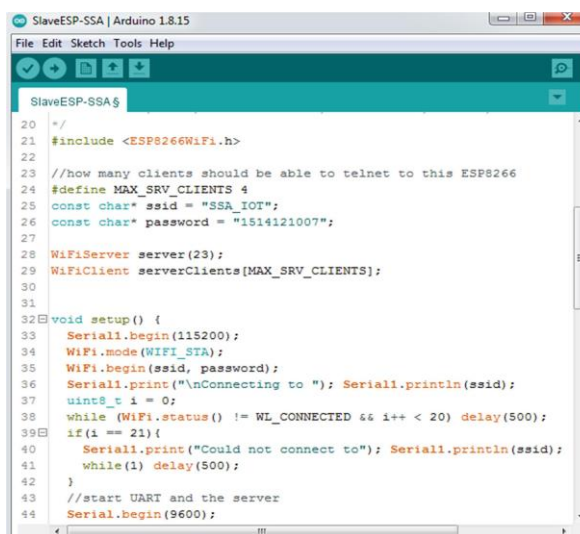
SETTING ACCESS POINT ESP8266-01	
At Command	Fungsi
AT+CWMODE	Parameter mode AP / STA
AT+CWSAP	Parameter SSID, Password
	Maksimum client
AT+CIPIP	Parameter IP Address



Gambar 5. Tampilan sketch Station / Server ESP8266

3.4. Setting Station/Server

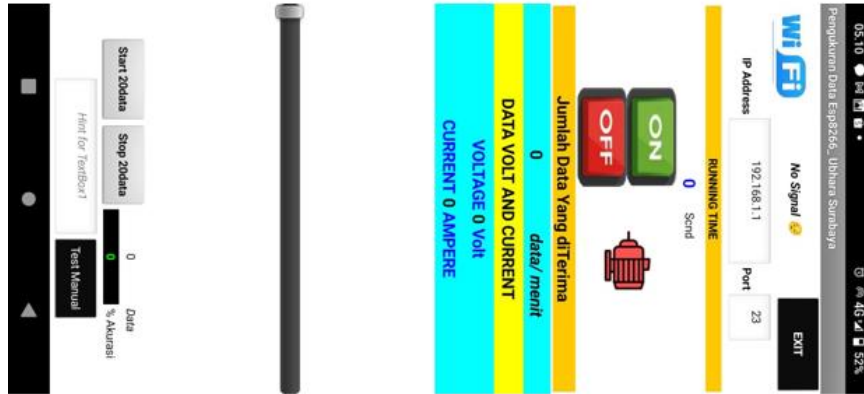
Station sebagai server wireless menggunakan modul ESP8266 tipe 01 yang dihubungkan langsung pada atmega 32 dengan serial TTL. Penyetelan menggunakan metode Pemrograman pada software Arduino ide, seperti pada gambar 6.



Gambar 6. Tampilan sketch Station / Server ESP8266

3.5. Pembuatan Interface Smartphone

Interface yang digunakan berbasis android, dibuat dari webhost MIT APP Inventor. Untuk mengendalikan motor induksi 1 phasa dan monitoring data.



Gambar 7. Tampilan AT Command Access Point ESP8266

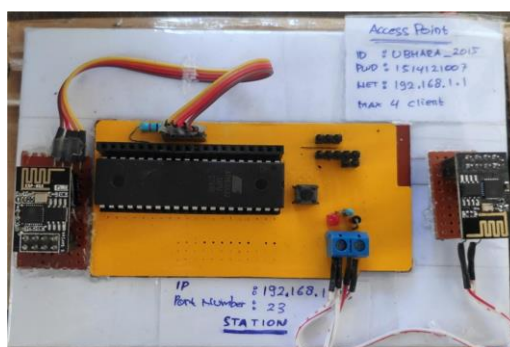
Aplikasi ini sebagai client yang terhubung dengan server Station melalui WLAN menggunakan protocol TCP/IP, yaitu konfigurasi IP Address dan Port number.

4. Hasil dan Pembahasan

Pada tahap ini merupakan hasil dari keseluruhan proses perancangan alat. Dari hasil tersebut dilakukan pengujian menyeluruh dari alat yang sudah dibuat agar dapat mengetahui kondisi sistem kerja maupun hasil monitoring alat agar sesuai dengan tahap perencanaan awal.

Pengujian dapat dibagi meliputi pengujian sistem kendali motor induksi 1 phasa, monitoring jumlah data yang diterima antara server atmega32 dengan user client, monitoring jarak ideal penggunaan modul ESP8266 tipe 01.

Hasil penelitian menampilkan hasil yang dapat dan dinyatakan dalam bentuk tabel. Berikut hasil pembuatan alat pada gambar 8.



Gambar 8. Hasil Pembuatan Alat

4.1. Pengujian Sistem Kendali Motor Induksi 1 Phasa

Pengujian dilakukan dengan mengirimkan perintah dari smartphone sebagai client dan dibaca kembali respon kondisi motor dari smartphone. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sistem Kendali

TABEL PENGUJIAN SISTEM KENDALI MOTOR				
No.	Durasi	Jarak	Data/Mnt	Motor
	(detik)	(meter)	(data)	
1	30	5	6400	Aktif
2	30	10	6450	Aktif
3	30	20	6440	Aktif
4	30	30	6450	Aktif
5	30	40	6480	Aktif
6	30	50	6360	Aktif
7	30	60	6360	Aktif
8	30	70	6360	Aktif
9	30	80	6140	Aktif
10	30	90	6000	Aktif
11	60	100	4800	Aktif
12	60	110	4750	Aktif
13	60	120	3808	Loss
14	60	130	1780	Loss
15	60	140	loss	Loss

Dari data yang ada pada table, motor dapat dikendalikan hingga jarak 120 meter tanpa ada halangan. Dan data random yang dikirimkan dari server atmega32 dapat diterima oleh client smartphone +/- 6000 data random/menit dalam jarak 90 meter. Pada jarak 100 -130 meter data mulai tidak setabil dan motor pun sulit dijangkau untuk dikendalikan.



Gambar 9. Hasil Pengujian Sistem Kendali

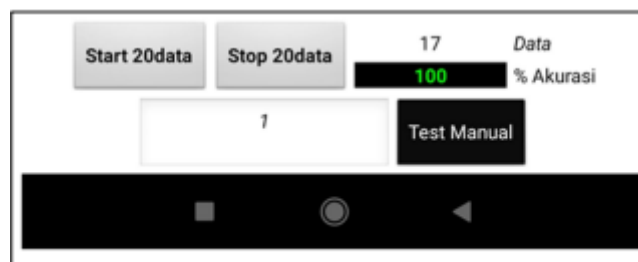
4.2. Pengujian Jarak Ideal ESP8266 Tipe 01

Pengujian dilakukan dengan mengirimkan 20 data random dari server atmega32 untuk diterima dan dimonitor oleh client smartphone, Pengiriman data dilakukan setiap 500ms. Hasil pengujian dapat dilihat pada table 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Jangkauan ESP8266-01

TABEL PENGUJIAN JARAK IDEAL					
No.	Durasi	Jarak	SEND	RECIVE	AKURASI
	(detik)	(meter)	(data)	(data)	%
1	15	5	20	20	100%
2	15	10	20	20	100%
3	15	20	20	20	100%
4	15	30	20	20	100%
5	15	40	20	20	100%
6	15	50	20	20	100%
7	15	60	20	20	100%
8	15	70	20	20	100%
9	15	80	20	20	100%
10	15	90	20	20	100%
11	15	100	20	15	75%
12	15	110	20	15	75%
13	15	120	20	10	50%
14	15	130	20	4	20%
15	15	140	20	loss	Loss

Dari hasil percobaan, data dapat diterima 100% pada jarak maksimal 90 meter tanpa halangan. Pada jarak 100 -130 meter data mulai ada penurunan hingga data yang dapat diterima hanya 20%, dan pada jarak 140 meter data tidak dapat diterima sama sekali.



Gambar 9. Hasil Pengujian Akurasi Data

4.3. Pengujian Power ESP8266 Tipe 01

Pengujian dilakukan menggunakan aplikasi lain, yang dapat mengukur kecepatan dan penguatan signal wireless access point dari modul esp8266-01. Hasil pengujian dapat dilihat pada table 4.

Tabel 3. Hasil Pengujian Power wireless ESP8266-01

TABEL PENGUJIAN POWER ESP8266-01				
No.	Durasi	Jarak	Kekuatan Siganl	Kecepatan Signal
	(detik)	(meter)	(dbm)	(Mbps)
1	15	5	-15	54
2	15	10	-44	54
3	15	20	-57	54
4	15	30	-60	36
5	15	40	-63	24
6	15	50	-64	24
7	15	60	-68	12
8	15	70	-70	12
9	15	80	-71	12
10	15	90	-78	12
11	15	100	-79	12
12	15	110	-79	12
13	15	120	-76	12
14	15	130	-77	12
15	15	140	-82	1

Dari hasil percobaan, semakin jauh jangkauan esp8266, semakin tinggi nilai redaman signal dan dapat menurunkan kecepatan transfer data wireless.

5. Kesimpulan

Dari hasil keseluruhan penelitian dari alat yang sudah dibuat yaitu Sistem Kendali Motor 1 Phasa menggunakan ESP8266 tipe 01. Dapat dibagi bebearpa point penting, yaitu:

1. Pada sisi pengendalian, sistem dapat dikendalikan secara wireless local area network hingga jarak jangkauan 110 meter tanpa ada halangan.
2. Pada sisi monitoring data, data dapat diterima dengan jarak ideal 90 meter tanpa ada halangan.
3. Pada sisi kekuatan dan kecepatan ESP8266, redaman power -11 dbm hingga -82 dbm , dengan kecepatan transfer data 54 Mbps hingga 1 Mbps, dalam jarak jangkauan 140 meter.

Referensi

- [1] *Uji Kinerja Pengiriman Data Secara Wireless Menggunakan Modul*. Harry, Yuliansyah. s.l. :Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro, 02 Mei 2016, Vol. 10. 02.
- [2] Sora, N. Pengertian WLAN Atau Wireless LAN. *Pengertian Apapun*. [Online] 01 11,2015. [Cited: Juni 02, 2021.] <http://www.pengertianku.net/2015/01/pengertian-wlan-atauwireless-lan.html>.
- [3] **Elektronika, Artikel**. Wireless LAN (Local Area Network). *ELEKTRONIKA DASAR*. [Online] Januari 22, 2021. [Cited: Juni 02, 2021.] <https://elektronika-dasar.web.id/wireless-lan-localarea-network/>.
- [4] **Systems, Espressif**. ESP8266EX User Guid. *ESP8266EX*. 2020.

- [5] *DESAIN DAN IMPLEMENTASI PENGENDALI PUTARAN MOTOR DC MENGGUNAKAN VOICE COMMAND BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)*. **Nurchahyo, Agus**. 2020, Teknik STTKD, p. Vol.6 / No.2.
- [6] *Prototype Sistem Multi-Telemetry Wireless Untuk Mengukur*. **Nida, Hanum Shirotu**. Agustus 2017, KINETIK, p. Vol.2 / No.03.
- [7] *Rancang Bangun Smarthome Berbasis QR*. **Bayu, Santoso Rizky**. Maret 2021, JASEE, p. Vol.2/ No.01.

ID: 15

Analisis Perbandingan Kinerja Routing Statis dan Dinamis dengan Teknik RIP Pada Topologi Ring Dalam Jaringan LAN

Comparative Analysis of Static and Dynamic Routing Performance with RIP Techniques on Ring Topology in LAN Networks

Yesica Esti Oktaviani^{1*}, Augustinus Bayu Primawan²

^{1,2} Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta, Indonesia, 0274-562383
yesicaoktav9@gmail.com¹, bayu@dosen.usd.ac.id²

Abstrak – Aktivitas masyarakat tidak terlepas dari peran teknologi. Internet selalu berkembang dan sudah dapat diakses oleh seluruh orang, hampir seluruh pekerjaan menggunakan internet untuk mengakses apapun. Dengan internet kita dapat saling terhubung antar perangkat dan bisa mengakses secara luas, seperti antar gedung yang saling terhubung dengan pembagian ip dalam sebuah jaringan. Terdapat dua teknik peroutingan yang akan dibandingkan, yaitu secara statis dan dinamis dengan teknik RIP (Routing Information Protocol) dan menggunakan topologi ring untuk pertukaran data nya. Kedua routing akan dibandingkan untuk mengetahui troughput, delay, dan packet loss dengan keadaan sibuk dan tidak sibuk, tujuannya adalah ntuk mengetahui kinerja routing statis dan dinamis dengan teknik RIP (Routing Information Protocol). FTP (File Transfer Protocol) bisa digunakan untuk mengunduh atau mengunggah file dari pc ke server, mempunyai besaran sendiri dan bisa digunakan unuk mengakses troughput. Untuk mendapatkan hasil FTP bisa melalui traffic generator pada comand prompt. Hasil yang diperoleh untuk delay pada kedua routing bagus, karena rerata <150 ms. Routing static pada traffic tidak sibuk lebih rendah nilai delay, sedangkan pada routing static lebih rendah nilai delay pada traffic sibuk. Pada traffic sibuk dalam pada kedua router tidak memiliki nilai packetloss, sedangkan pada traffic tidak sibuk, routing dynamic dengan teknik rip mempunyai nilai packetloss lebih rendah dibanding routing static. Nilai throughput pada traffic tidak sibuk routing dynamic dengan teknik RIP lebih tinggi dibanding dengan routing static, sedangkan routing static mempunyai rerata nilai throughput pada traffic sibuk lebih tinggi dibanding routing rip.

Kata Kunci: Statis, RIP, Delay, Troughput, Packet loss, FTP.

Abstract – Community activities cannot be separated from the role of technology. The internet is always evolving and can be accessed by everyone, almost all jobs use the internet to access anything. With the internet we can connect to each other between devices and can access widely, such as between buildings that are connected to each other by sharing IP in a network. There are two routing techniques that will be compared, namely statically and dynamically with RIP (Routing Information Protocol) techniques and using ring topology for data exchange. Both routings will be compared to determine throughput, delay, and packet loss with busy and not busy conditions, the goal is to determine the performance of static and dynamic routing with RIP (Routing Information Protocol) techniques. FTP (File Transfer Protocol) can be used to download or upload files from a PC to a server, has its own size and can be used to access throughput. To get FTP results, you can go through the traffic generator at the command prompt. The results obtained for the delay in both routings are good, because the average is <150 ms. Static routing in non-busy traffic has a lower delay value, while in static routing the delay value is lower in busy traffic. In busy traffic, both routers do not have packet loss values, while in non-busy traffic, dynamic routing with the rip technique has a lower packetloss value than static routing. The throughput value in dynamic routing traffic with RIP technique is higher than static routing, while static routing has a higher average throughput value in busy traffic than rip routing.

Keywords: Static, RIP, Delay, Troughput, Packet loss, FTP.

1. Pendahuluan

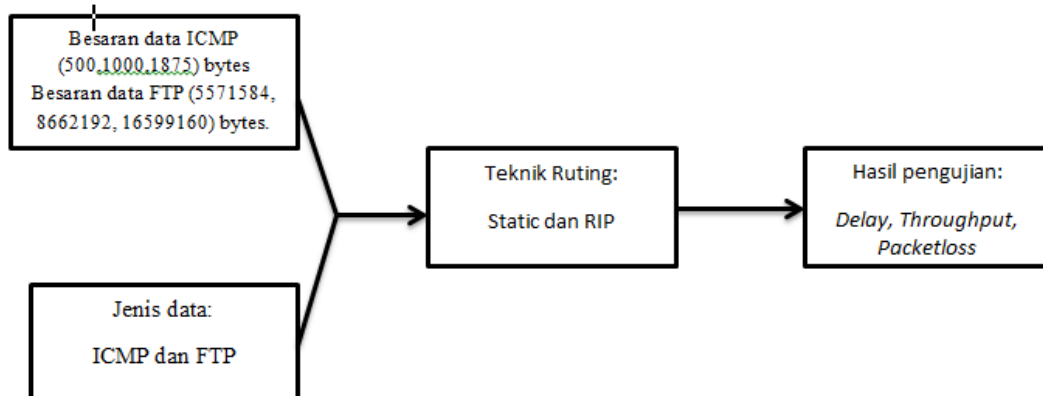
Teknologi informasi dan komunikasi sangat berpengaruh di masyarakat. Aktivitas masyarakat tidak terlepas dari peran teknologi, mulai dari yang sederhana sampai canggih. Pada saat ini teknologi di dukung dengan adanya internet untuk memberikan informasi yang cangkupannya lebih luas. Jaringan yang membentuk internet bekerja berdasarkan protokol standar yang digunakan untuk menghubungkan jaringan komputer dan mengalami lalu lintas dalam jaringan. Protokol ini mengatur format data yang diijinkan, penanganan kesalahan (error handling), lalu lintas pesan, dan standar komunikasi lainnya[1]. Protokol standar pada internet dikenal sebagai TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*). Protokol ini memiliki kemampuan untuk bekerja diatas segala jenis komputer, tanpa terpengaruh oleh perbedaan perangkat keras maupun sistem operasi yang digunakan. Sebuah sistem komputer yang terhubung secara langsung ke jaringan memiliki nama domain dan alamat IP (*Internet Protocol*) dalam bentuk numerik dengan format tertentu sebagai pengenalan[5].

Terdapat beberapa jenis topologi, yaitu ring, mesh, bus, star, tree, peer to peer, linier, dan hybrid. Terdapat 3 jenis jaringan dengan cangkupannya masing – masing, yaitu LAN (*Local Area Network*), MAN (*Metropolitan Area Network*), dan WAN (*Wide Area Network*). Berkembangnya teknologi informasi dan komunikasi menyebabkan kebutuhan internet semakin melonjak dengan kecepatan yang semakin tinggi. Peningkatan kerja suatu jaringan dapat dilihat dari QoS (*Quality of Service*). Jika hasil dari perhitungan QoS (*Quality of Service*) tidak sesuai dengan standar, maka kualitas jaringan dianggap kurang baik. Untuk mengetahui kinerja dari QoS (*Quality of Service*) perlu adanya parameter untuk menilai seperti, *delay*, *packet loss*, dan *throughput*[2]. Cisco mengeluarkan aplikasi yang bernama cisco packet tracer. Cisco packet racer adalah software simulator yang difungsikan sebagai media pembelajaran, pelatihan dan juga penelitian jaringan computer.

Dirancanglah simulasi jaringan untuk menganalisis perbandingan kinerja routing dinamis dengan teknik RIP (*Routing Information Protocol*) dan routing *static*. Routing static adalah proses router menentukan paket tujuan ke jaringan yang dituju secara manual[6]. Perbandingan dilihat dari hasil perhitungan dengan parameter QoS (*Quality of Service*) dengan standart tabel QoS (*Quality of Service*) yang telah baku (standart THIPON / *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks*). Perbandingan kinerja routing digunakan untuk mengetahui kelebihan dari kedua yang akan di bandingkan.

2. Metode Penelitian

Perancangan pada jaringan tidak menggunakan perangkat keras, yang digunakan dalam melakukan perancangan ini adalah software aplikasi cisco packet traser student versi 6.2 . Pada gambar 1 proses simulasi jaringan yang digunakan dalam topologi ring dengan routing protocol statis dan dinamis.

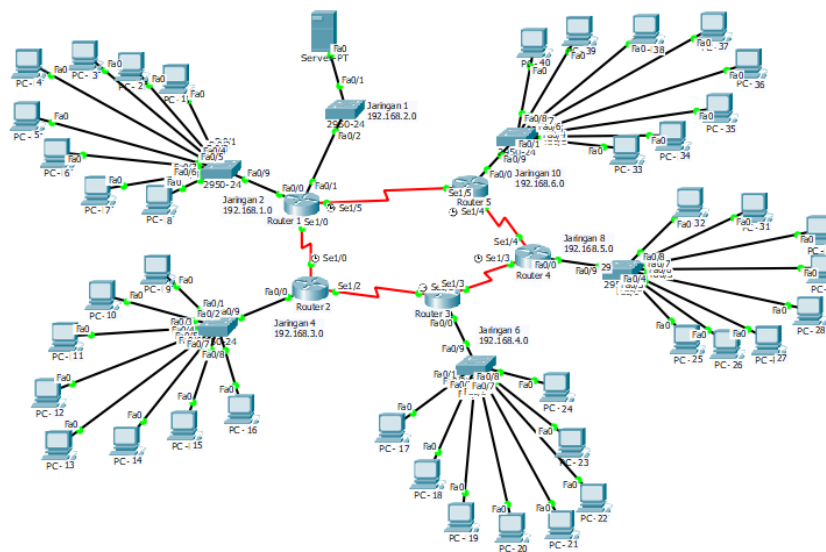


Gambar 1. Proses Simulasi

Pada proses simulasi perancangan sistem diatas, data yang akan dikirim berupa data random dengan besaran data 500byte, 1000byte, dan 1875byte. Kemudian dilakukan konfigurasi routing untuk mengirimkan pesan atau packet, konfigurasi routing dilakukan dengan routing statis dan routing dinamis. Selanjutnya adalah, data yang diterima. Data yang diterima dari parameter pengujian yaitu *delay*, *throughput*, dan *packet loss*.

Sebelum melakukan pengujian sebuah jaringan, dilakukan implementasi jaringan dalam simulator jaringan seperti gambar 2. Dalam implementasi jaringan menggunakan topologi ring dan beberapa komponen lainnya seperti, PC, Router, Switch, server, kabel straight dan kabel serial.

Pengujian yang digunakan adalah traffic sibuk dan traffic tidak sibuk. Pengiriman traffic sibuk dilakukan dengan mengirimkan packet secara bersamaan dalam satu waktu, sedangkan pada traffic tidak sibuk, packet dikirimkan secara bergantian.



Gambar 2. Implementasi Jaringan

Ip yang digunakan adalah ip *private* dengan nomor ip 192.168.1.0 dan ip *public* dengan nomor ip 220.180.20.0. Menggunakan kelas ip yang sering digunakan untuk ip *private* da ip *public* adalah kelas C. Dalam perancangan jaringan ini digunakan ip *private* untuk perangkat switch, pc, dan server karena ip *private* tidak dapat dipakai berulang kali, hanya dapat diakses dari jaringan lokal dan tidak bisa diakses melalui internet tanpa bantuan router. Untuk ip *public* digunakan dalam router karena ip *public* dapat digunakan berulang.

Tabel 1. Konfigurasi IP address

Perangkat	Network	NetMask
Router 1	192.168.1.0	255.255.255.240
	192.168.2.0	255.255.255.240
	220.180.20.0	255.255.255.240
	220.180.20.128	255.255.255.240
Router 2	192.168.3.0	255.255.255.240
	220.180.20.0	255.255.255.240
	220.180.20.32	255.255.255.240

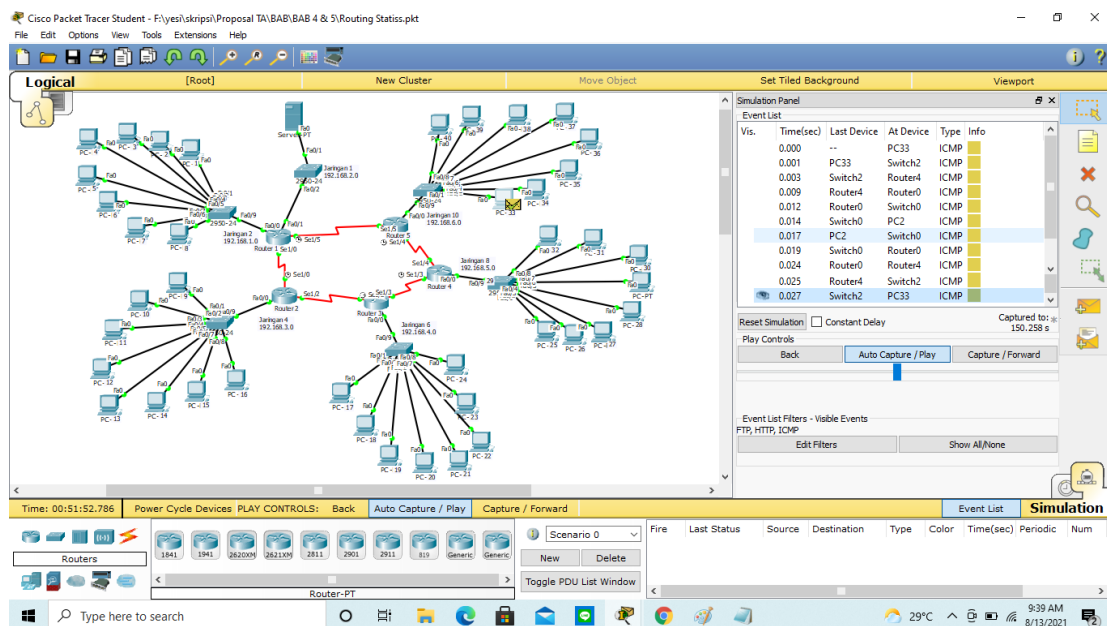
Perangkat	Network	NetMask
Router 3	192.168.4.0	255.255.255.240
	220.180.20.64	255.255.255.240
	220.180.20.32	255.255.255.240
Router 4	192.168.5.0	255.255.255.240
	220.180.20.96	255.255.255.240
	220.180.20.64	255.255.255.240
Router 5	192.168.6.0	255.255.255.240
	220.180.20.96	255.255.255.240
	220.180.20.18	255.255.255.240

3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian yang dilakukan pada simulasi ini adalah dengan membandingkan routing static dan dynamic dengan teknik RIP pada traffic sibuk dan traffic tidak sibuk, dan setiap traffic mempunyai tiga besaran data.

3.1. Tampilan Rancangan dan Simulasi

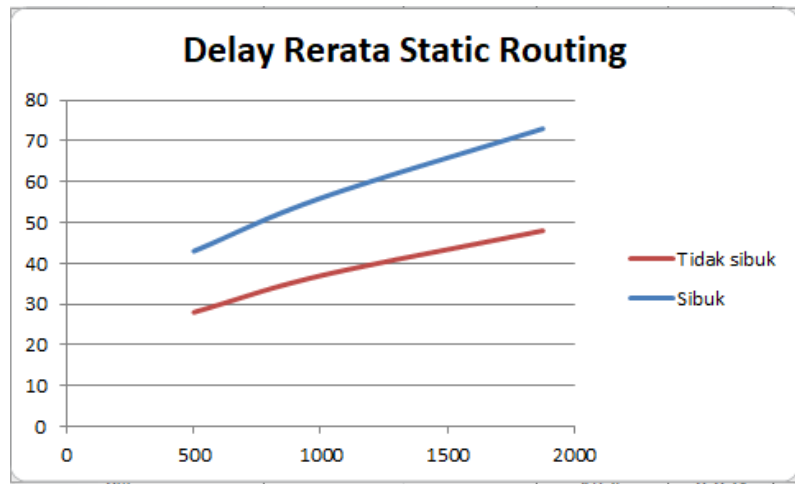
Simulasi pengiriman tidak sibuk, jalur yang dilewati untuk mengirimkan pesan ICMP atau mengecek koneksi antar pc yang sudah di tentukan. PC 33 mengirimkan pesan ICMP atau mengecek koneksi PC 2, jalur yang dilewati terdapat pada simulation panel yaitu, dimulai dari PC 33 kemudian melewati switch 2, dari switch 2 dikirim ke router 4, dari router 4 dikirim ke router 0, dan sampai pada tujuan pengecekan koneksi, yaitu PC 2. Setelah dari PC 2, jika berhasil, maka akan mengirimkan respon balik ke PC 33 dengan melewati jalur yang sama, jika berhasil diterima PC 33, maka pesan mendapat respon ceklis yang mengartikan berhasil, jika tidak berhasil, maka akan mendapat respon dengan tanda silang.



Gambar 6. simulasi pengiriman tidak sibuk.

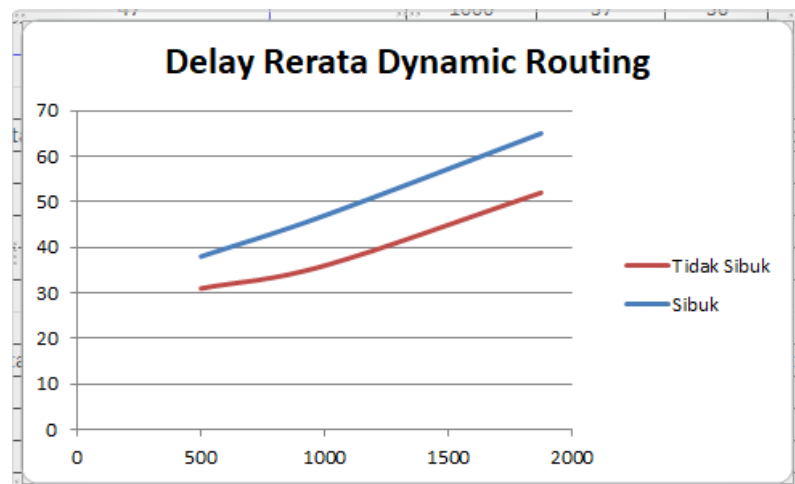
3.2. Hasil Simulasi Untuk Delay

Dari hasil simulasi yang telah dilakukan, didapat data delay. Delay dibandingkan dalam dua routing yaitu, routing static dan dynamic, dalam kedua routing tersebut memiliki dua *traffic* yaitu, *traffic* sibuk dan *traffic* tidak sibuk.



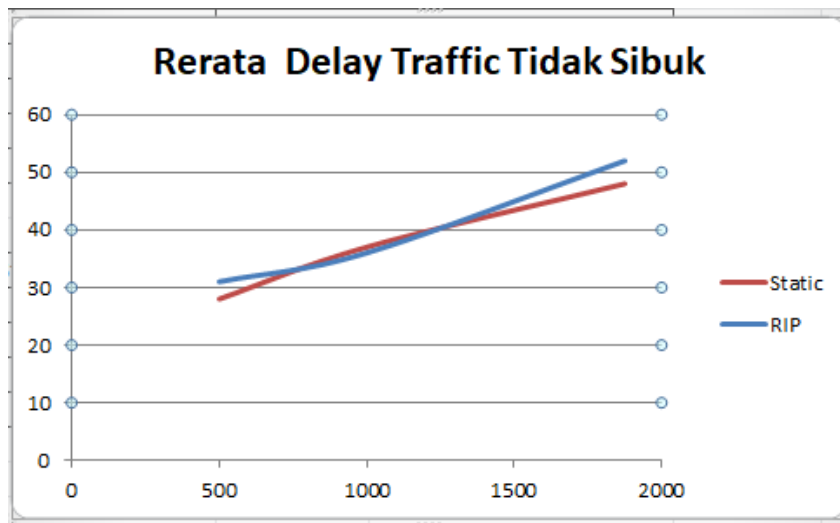
Gambar 7. Grafik delay rerata static routing

Gambar 7 adalah grafik delay rerata static routing pada *traffic* sibuk dan tidak sibuk. Besaran data berpengaruh terhadap kenaikan delay, pada *traffic* sibuk nilai delay lebih tinggi dibanding dengan *traffic* tidak sibuk, karena pada saat sibuk pengiriman dilakukan secara bersamaan, kemiringan yang terjadi pada *traffic* sibuk curam dibanding *traffic* tidak sibuk, karena data yang dikirim pada *traffic* sibuk lebih banyak dibanding *traffic* tidak sibuk dalam waktu yang sama.



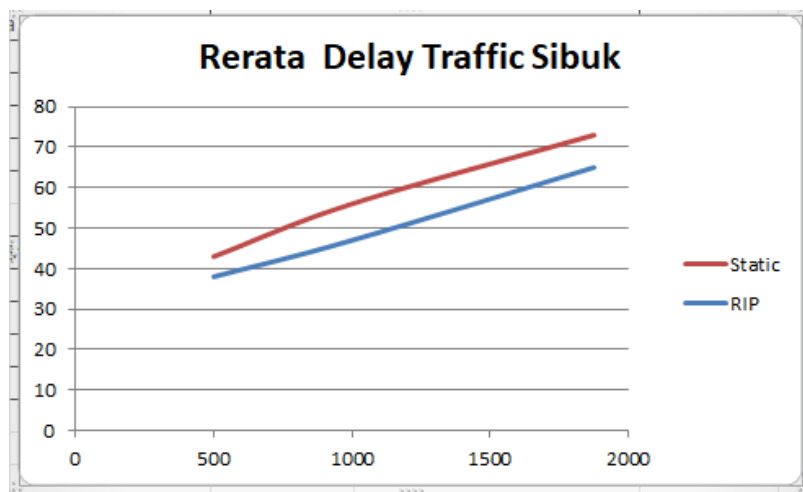
Gambar 8. Grafik delay rerata dynamic routing.

Gambar 8 adalah grafik delay rerata routing dynamic pada *traffic* sibuk dan *traffic* tidak sibuk. Banyaknya data mempengaruhi waktu pengiriman. *Traffic* sibuk pada routing dynamic mempunyai kemiringan yang lebih curam dibanding dengan *traffic* tidak sibuk. Perbandingan delay pada kedua routing adalah pada nilai delay routing static lebih rendah pada saat *traffic* tidak sibuk, dan pada saat *traffic* sibuk pada routing dynamic nilai delay lebih rendah. Sehingga, routing static baik digunakan ketika *traffic* tidak sibuk, sedangkan routing dynamic dengan teknik rip baik digunakan pada *traffic* sibuk.



Gambar 9. Grafik delay rerata trafik tidak sibuk.

Delay rerata *traffic* tidak sibuk dapat dilihat pada gambar 9. kenaikan yang terjadi pada routing static dan dynamic tidak jauh berbeda, disetiap besaran data akan mengalami kenaikan, karena besaran data berpengaruh dalam pengiriman pesan. *Traffic* tidak sibuk disimulasikan dengan mengirimkan pesan secara bergantian, dalam routing static, administrator dapat memilih jalur yang akan dilewati, sedangkan pada RIP tidak dapat memilih jalur yang dilewati.

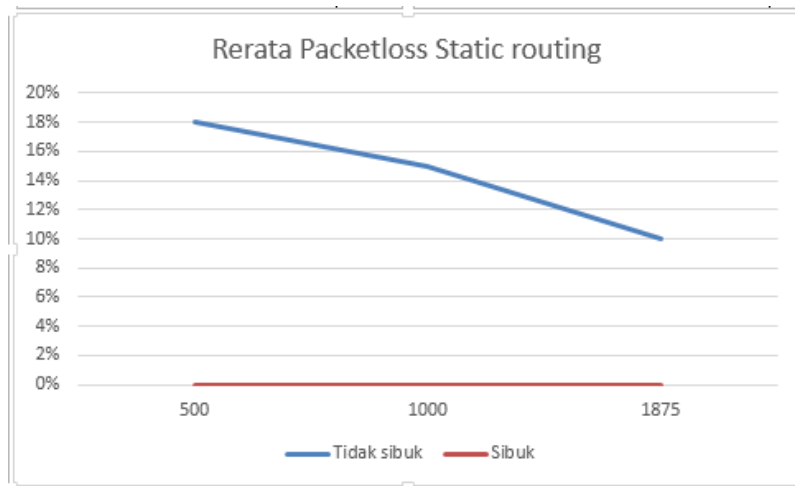


Gambar 10. Grafik rerata trafik sibuk.

Nilai rerata delay pada traffic sibuk bisa lebih tinggi karena jalur yang dilewati dari pengamatan simulasi lebih jauh, dan pada traffic sibuk hanya mengamati satu pc pada saat pengiriman seluruh pc dalam satu waktu, sedangkan pada *traffic* tidak sibuk memiliki hasil rerata delay lebih rendah dibanding dengan traffic sibuk. Pada *traffic* tidak sibuk melakukan pengiriman secara bergantian dengan jalur yang dilewat berbeda-beda. Routing static dan routing dynamic mempunyai hasil rerata delay untuk besaran data 500 bytes, 1000 bytes, dan 1875 bytes, pada traffic sibuk dan tidak sibuk sangat bagus, karena hasil rerata delay <150 ms.

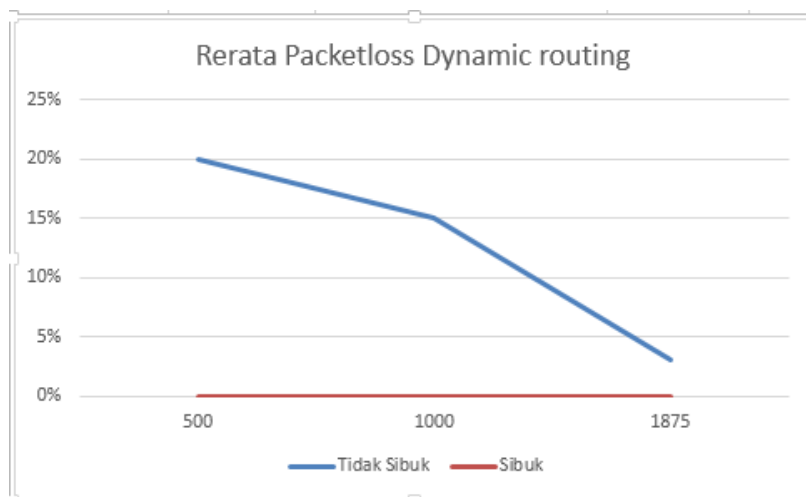
3.3. Hasil Simulasi untuk Packetloss

Hasil dari simulasi jaringan di dapatkan nilai packetloss, packetloss adalah kegagalan transmisi ke ip tujuan. Besaran data yang digunakan yaitu 500 bytes, 1000 bytes, dan 1875 bytes, traffic yang digunakan ada dua yaitu traffic sibuk dan traffic tidak sibuk.



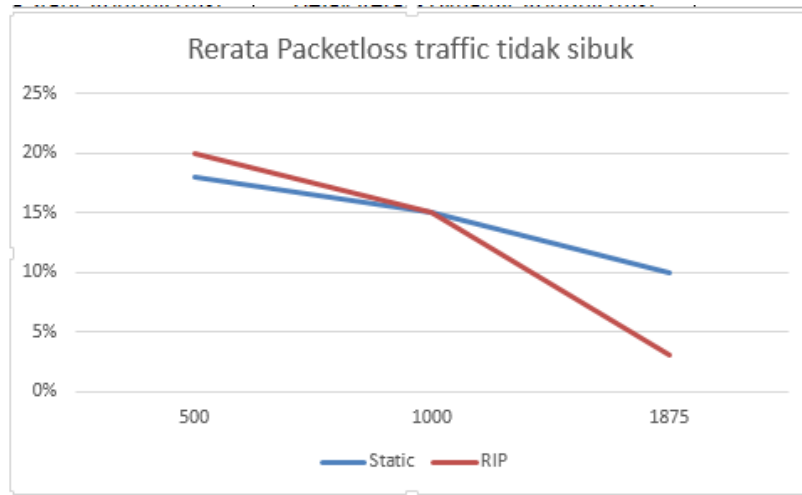
Gambar 11. Grafik packetloss rerata static routing

Gambar 11 adalah grafik packetloss pada routing static untuk traffic sibuk dan tidak sibuk. Pada garis biru adalah traffic tidak sibuk mengalami penurunan disetiap peningkatan besaran besaran data. Penurunan pada besaran data 500 byte ke 1000 bytes adalah 3%, pada besaran data 1000 bytes ke 1875 bytes 5%. Pada saat traffic sibuk tidak memiliki kegagalan dalam pengiriman data.



Gambar 12. Grafik packetloss rerata dynamic routing.

Gambar 12 adalah grafik packetloss routing dynamic, pada traffic tidak sibuk dapat dilihat terjadi penurunan nilai packetloss yang signifikan di setiap kenaikan besaran data, karena pada routing dynamic, jika banyak data yang digunakan, dan besaran data semakin tinggi, maka nilai packetloss akan semakin menurun. Untuk traffic sibuk, tidak mempunyai nilai packet yang hilang.



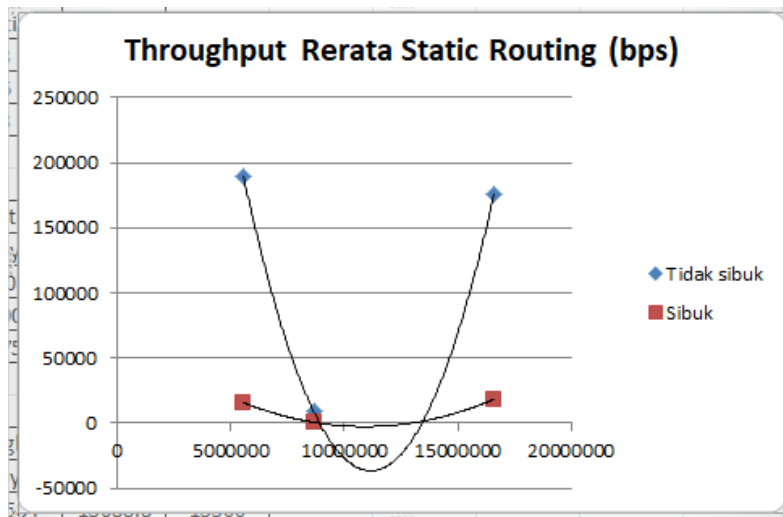
Gambar 13. Grafik packetloss rerata trafik tidak sibuk.

Gambar 9 adalah grafik rerata nilai packetloss untuk routing static dan routing dynamic teknik RIP. Perbandingan antara routing static dan routing dynamic dengan teknik rip dalam traffic tidak sibuk terjadi penurunan nilai packetloss pada setiap kenaikan besaran data. Pada routing rip, terjadi penurunan yang signifikan pada besaran data 1875 bytes.

Jadi, besaran data sangat mempengaruhi jalannya pengiriman, dapat dilihat dari nilai besaran data minimum, sedang, dan maksimum memiliki penurunan packetloss yang lebih baik, dan pada jaringan ini, routing dinamis dengan teknik RIP lebih dapat mengurangi nilai packet yang hilang dibanding dengan routing static.

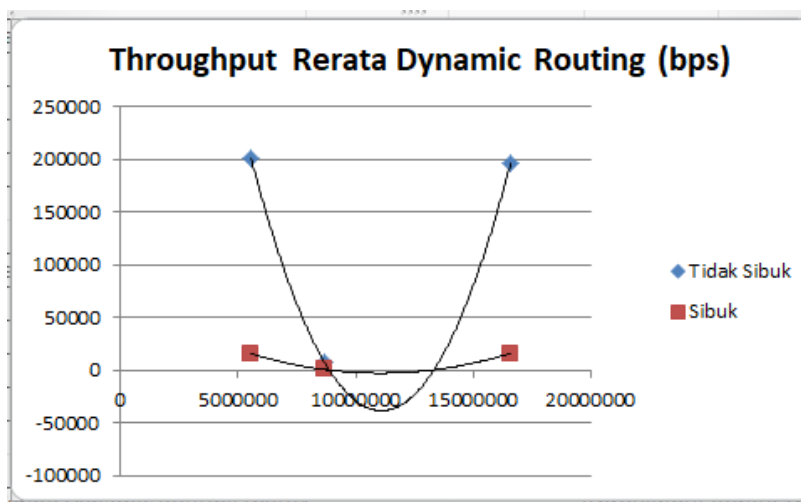
3.4. Hasil Simulasi *Throughput*

Gambar 14 adalah grafik FTP routing static pada pengiriman packet dengan *traffic* sibuk dan tidak sibuk. Terlihat pada garis berwarna biru adalah traffic tidak sibuk yang terjadi penurunan nilai throughput sangat tinggi yaitu, dari besaran data 5571584 bytes yang mempunyai rerata nilai 188959.2 bps menurun pada besaran data 8662192 bytes yang mempunyai nilai 8709.6 bps, dan terjadi kenaikan pada besaran data maksimum 16599160 bytes dengan nilai 175788.2 bps. Penurunan nilai throughput pada besaran data sedang 8662192 bytes dapat terjadi karena pada saat pengiriman packet membutuhkan waktu yang lama dan membuat nilai throughput menjadi turun. Traffic sibuk yang di tandai dengan garis merah pada grafik mempunyai nilai throughput lebih rendah dibanding dengan traffic tidak sibuk, karena pada traffic sibuk, pengiriman dilakukan secara bersamaan dalam satu waktu. Pada besaran data minimum mempunyai nilai 15688.8 bps, pada besaran data sedang mempunyai nilai throughput 616.8 bps dan pada besaran data maksimum mempunyai nilai throughput 18259.2 bps.



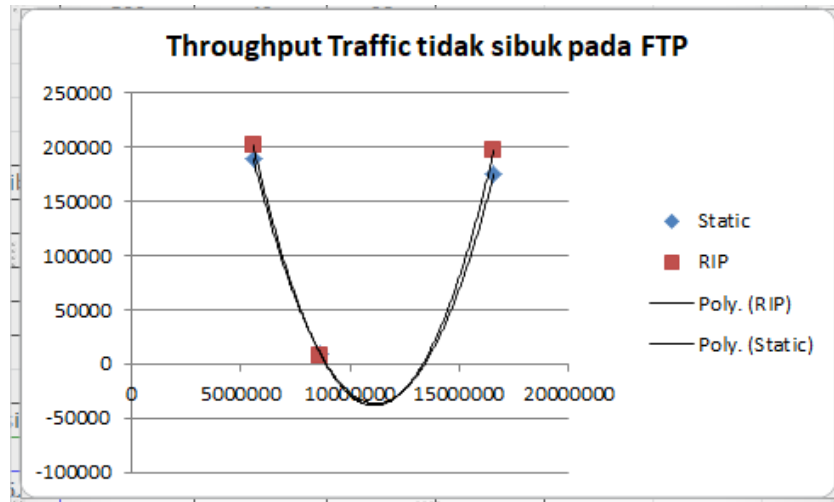
Gambar 14. Grafik throughput FTP routing static

Rerata FTP (File Transfer Protocol) pada routing RIP dapat dilihat pada gambar 15. Terjadi penurunan pada besaran data 8662192 bytes yang signifikan, dapat terjadi karena waktu yang terjadi pada saat pengiriman lebih lama dibanding dengan besaran data maksimum dan minimum, yang menyebabkan penurunan pada nilai throughput. Nilai throughput lebih unggul pada traffic tidak sibuk dibanding traffic sibuk.



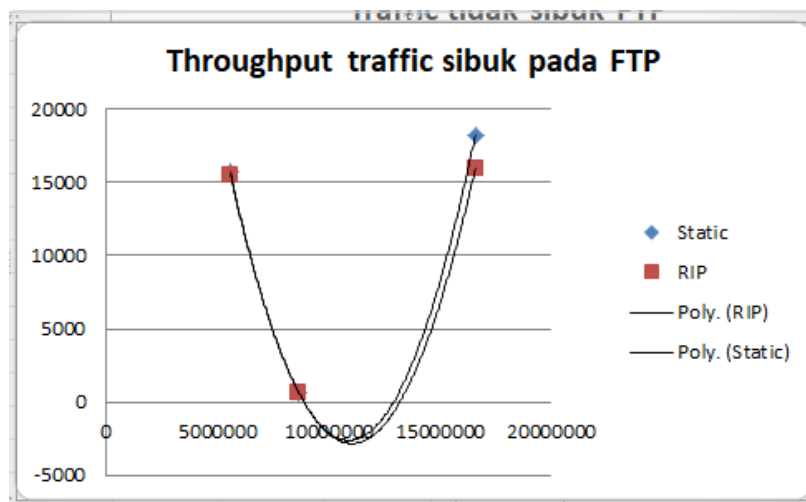
Gambar 15. Grafik FTP routing RIP

Rerata traffic tidak sibuk yang terjadi pada routing static dan RIP dapat dilihat pada gambar 16. Pada kedua routing mempunyai nilai throughput yang tidak jauh berbeda, pada besaran data minimum routing static mempunyai nilai 188959.2 bps, pada besaran data minimum routing rip mempunyai nilai 200886.8 bps, sedangkan pada besaran data sedang routing static mempunyai nilai 8709.6 bps, pada routing rip mempunyai nilai 8261.6 bps, dan pada besaran data maksimum routing static mempunyai nilai 175788.2 bps, pada routing rip mempunyai nilai throughput 197277.9 bps. Dari routing static dan dynamic dengan teknik rip pada grafik diatas, routing rip mempunyai nilai throughput yang lebih tinggi dibanding dengan routing static.



Gambar 16. Rerata trafic tidak sibuk FTP

Gambar 17 adalah rerata traffic sibuk FTP pada routing static dan routing rip pada besaran minimum tidak memiliki perbedaan yang jauh, pada besaran data minimum mempunyai nilai throughput 15688.8 bps untuk routing static, dan 15500 bps untuk routing rip, pada besaran data sedang juga tidak memiliki perbedaan yang jauh antara kedua routing, yaitu pada routing static mempunyai nilai 616.8 bps dan routing static mempunyai nilai 643.2 bps, besaran data maksimum pada routing static mempunyai nilai 18259.2 bps sedangkan pada routing rip mempunyai nilai 15980 bps. Pada traffic tidak sibuk, routing static mempunyai nilai throughput lebih unggul pada rerata traffic sibuk dibanding routing rip.



Gambar 17. Rerata traffic sibuk FTP

4. Kesimpulan

Hasil yang diperoleh untuk delay pada kedua routing bagus, karena rerata <150 ms. Delay traffic tidak sibuk pada routing static lebih rendah dibanding dengan routing dynamic dengan teknik RIP. Sedangkan pada traffic sibuk, delay pada routing dynamic dengan teknik RIP lebih rendah dibanding dengan routing static. Hasil dari pengiriman packet, mempunyai nilai

packetloss pada traffic tidak sibuk dalam routing dynamic lebih tinggi dibanding routing static, sedangkan pada traffic sibuk tidak terjadi packetloss, maka dari itu routing dynamic dengan teknik rip lebih unggul untuk mengurangi terjadinya packetloss. Nilai throughput pada traffic tidak sibuk routing dynamic dengan teknik RIP lebih tinggi dibanding dengan routing static, sedangkan routing static mempunyai rerata nilai throughput pada traffic sibuk lebih tinggi dibanding routing rip.

Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada program studi S1 Teknik Elektro serta Direktorat Penelitian dan Universitas Sanata Dharma yang telah memfasilitasi penelitian ini.

Referensi

- [1] Febri Uswatun Hasanah¹, Naemah Mubarakah². “ANALISIS KINERJA ROUTING DINAMIS DENGAN TEKNIK RIP (ROUTING INFORMATION PROTOCOL) PADA TOPOLOGI RING DALAM JARINGAN LAN (LOCAL AREA NETWORK) MENGGUNAKAN CISCO PACKET TRACER”, Jurnal Tugas Akhir, VOL. 7 NO. 3/ Juni 2014.
- [2] Iwan Iskandar¹, Alvinur Hidayat², “*Analisa Quality of Service (QoS) Jaringan Internet Kampus (Studi Kasus: UIN Suska Riau)*”, Jurnal CoreIT, ISSN : 2460-738X, Vol. 1 No. 2, edisi Desember 2015.
- [3] Maria Ulfa¹, Fatoni², “ANALISIS PERBANDINGAN PENERAPAN STATIC ROUTING PADA IPV4 DAN IPV6”, Jurnal Ilmiah Matrik, ISSN : 177-186, Vol. 19 No. 2, edisi Agustus 2017.
- [4] Kadek Chandra Tresna Wijaya, “ANALISIS KINERJA RIP (ROUTING INFORMATION PROTOCOL) UNTUK OPTIMALISASI JALUR ROUTING”.
- [5] Graifan Ramadhani¹. “Modul Pengenalan Internet”, 28 Juli 2003.
- [6] Imam Marzuki. “Perancangan dan Simulasi Routing Static Berbasis IPV4 Menggunakan Router Cisco”, Jurnal, ISSN : 2088-4591, Vol. 5 No. 2, edisi November 2015.

ID: 16

Analisis Perbandingan Kinerja Routing Dinamis Dengan Teknik EIGRP dan OSPF Pada Topologi Mesh dalam Jaringan LAN

Comparative Analysis of Dynamic Routing Performance With EIGRP and OSPF Techniques on Mesh Topology in LAN Networks

Priscillya Cita Raruna¹, Augustinus Bayu Primawan²

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta, Indonesia, 0274-562383
wpriscillyaaa97@gmail.com¹, bayu@dosen.usd.ac.id²

Abstrak – Dunia teknologi saat ini mengalami perkembangan yang cepat, terlebih pada teknologi jaringan komputer. Teknologi jaringan komputer merupakan sebuah teknologi yang saat ini banyak digunakan oleh manusia untuk berkomunikasi dan mengirim berbagai data dalam jarak yang saling berjauhan dengan cepat. Untuk dapat saling berkomunikasi manusia menetapkan aturan agar mudah dipahami yaitu bahasa, begitu pun komputer. Namun, dalam komputer yang dibutuhkan adalah Protocol yang akan menyepakati aturan-aturan berkomunikasi. Pengujian dilakukan dengan membandingkan kinerja routing EIGRP dan OSPF dengan menghubungkan beberapa jaringan menggunakan topologi mesh. Pengujian dilakukan dengan melakukan pengukuran berdasarkan parameter Delay, Packet loss, Throughput dengan kondisi Traffic saat tidak sibuk dan Traffic Sibuk. Tujuannya adalah untuk Mengetahui unjuk kerja routing dinamis Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP) dan Open Shortest Path First (OSPF). Delay dan Packet loss digunakan untuk mengetahui kinerja Routing pada pengiriman paket ICMP, sedangkan Throughput digunakan untuk mengetahui kinerja routing pada pengiriman HTTP dan FTP. Pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa Hasil simulasi dan pengujian EIGRP memiliki nilai rata-rata delay terendah dibandingkan OSPF. Hasil pengujian packet loss yang dikonfigurasi menggunakan EIGRP dan OSPF pada topologi mesh yaitu 0% atau tidak terjadi packet loss. Hasil pengujian parameter throughput traffic tidak sibuk routing EIGRP memiliki hasil throughput lebih besar dibandingkan routing OSPF, sedangkan pada throughput traffic sibuk routing OSPF memiliki hasil throughput lebih besar dibandingkan routing EIGRP. Sehingga EIGRP memiliki kinerja terbaik berdasarkan parameter delay dan parameter throughput traffic tidak sibuk dan routing OSPF memiliki kinerja terbaik berdasarkan parameter throughput traffic sibuk.

Kata Kunci: EIGRP, OSPF, Delay, Throughput, Packet loss, FTP.

Abstract – The world of technology is currently experiencing rapid development, especially in computer network technology. Computer network technology is a technology that is currently widely used by humans to communicate and send various data over long distances quickly. To be able to communicate with each other, humans set rules so that they are easy to understand, namely language, as well as computers. However, in a computer what is needed is a protocol that will agree on the rules of communication. The test is done by comparing the routing performance of EIGRP and OSPF by connecting several networks using a mesh topology. The test is carried out by measuring based on the parameters of Delay, Packet loss, Throughput with Traffic conditions when not busy and Traffic Busy. The aim is to determine the dynamic routing performance of Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP) and Open Shortest Path First (OSPF). Delay and Packet loss are used to determine Routing performance on ICMP packet delivery, while Throughput is used to determine routing performance on HTTP and FTP deliveries. The tests that have been carried out show that Simulation and testing results EIGRP has the lowest average delay value compared to OSPF. The packet loss test results in EIGRP and OSPF in mesh topology are 0% or there is no packet loss. The test results of the non-busy traffic throughput parameter EIGRP routing has a higher throughput than OSPF routing, while on busy traffic throughput OSPF routing has a higher throughput than EIGRP routing. So that EIGRP has the best performance based on the delay parameter and the

throughput traffic parameter is not busy and OSPF routing has the best performance based on the busy traffic throughput parameter.

Keywords: EIGRP, OSPF, Delay, Troughput, Packet loss, FTP.

1. Pendahuluan

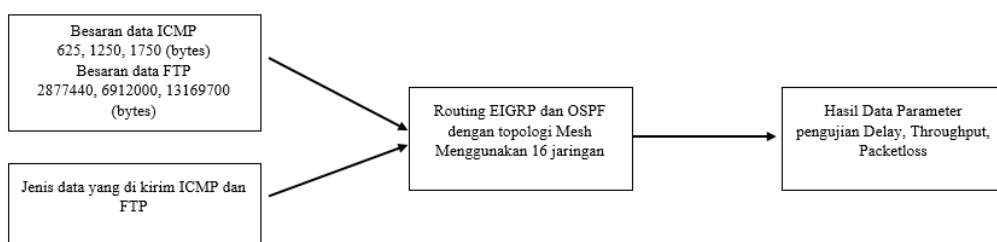
Dunia teknologi saat ini mengalami perkembangan yang cepat, terlebih pada teknologi jaringan komputer. Teknologi jaringan komputer merupakan sebuah teknologi yang saat ini banyak digunakan oleh manusia untuk berkomunikasi dan mengirim berbagai data dalam jarak yang saling berjauhan dengan cepat. Untuk dapat saling berkomunikasi manusia menetapkan aturan agar mudah dipahami yaitu bahasa, begitu pun komputer. Namun, dalam komputer yang dibutuhkan adalah Protocol yang akan menyepakati aturan-aturan berkomunikasi.

Dalam jaringan komputer ada beberapa istilah mengenai internet, TCP/IP, HTTP, pengamanan jaringan, jaringan multimedia, simulasi jaringan dan masih banyak istilah lainnya. Aplikasi cisco packet tracer merupakan sebuah software simulasi jaringan. Sebelum melakukan konfigurasi jaringan yang sesungguhnya terlebih dahulu dilakukan simulasi menggunakan software ini. Simulasi ini sangat bermanfaat jika membuat sebuah jaringan yang kompleks namun hanya memiliki komponen fisik yang terbatas. [1]

Penelitian untuk melakukan pengujian kinerja *Protocol routing Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP)* dan *Open Shortest Path First (OSPF)* pada topologi *mesh* dengan Parameter yang diujikan berupa *Quality Of Service (delay, packet loss dan throughput)*. Hasil dari perbandingan *routing EIGRP* dan *OSPF* pada topologi *mesh* bertujuan untuk mengetahui kekurangan dan kelebihan masing-masing teknik *routing* tersebut. Sehingga dapat menunjukkan kinerja *routing* mana yang lebih baik di gunakan untuk mengirim data dengan cepat dan memberikan hasil terbaik pada topologi *mesh*.

2. Metode Penelitian

Perancangan pada jaringan tidak menggunakan perangkat keras, yang digunakan dalam melakukan perancangan ini adalah software aplikasi cisco packet tracer. Pada gambar 1 menjelaskan proses perancangan sistem dalam jaringan berdasarkan topologi *mesh* dengan menggunakan *routing Protocol EIGRP* dan *OSPF*.

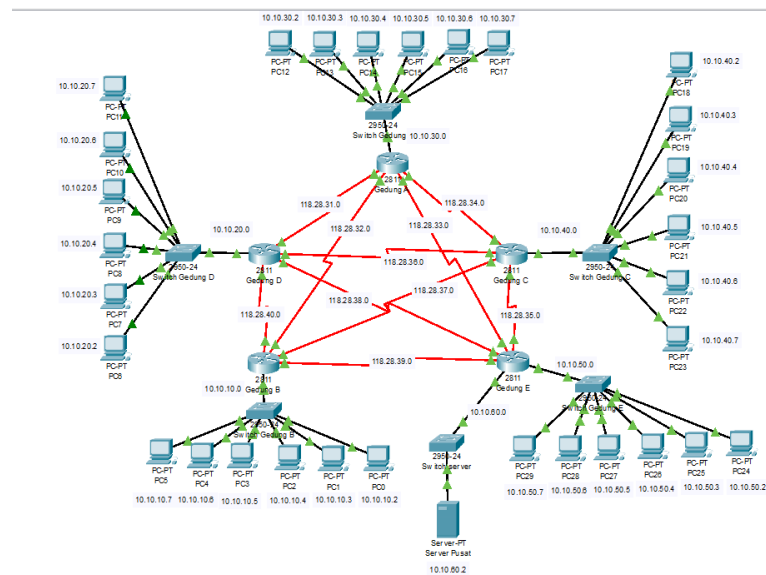


Gambar 1. Proses Simulasi

Pada proses simulasi perancangan sistem diatas, paket data akan dikirim berupa file data ICMP dan HTTP dan jenis data yang akan dikirim berupa data *random* dengan 3 besaran data 625 *byte* (minimum), 1250 *byte* (sedang), dan 1750 *byte* (maksimum). Selanjutnya melakukan routing untuk mengirimkan paket data ke tujuan, konfigurasi routing dilakukan dengan routing EIRP dan OSPF dengan 16 jaringan membentuk topologi *mesh*. Dari routing tersebut akan menghasilkan data yang diterima berupa nilai parameter pengujian *delay, throughput, packetloss*.

Sebelum melakukan pengujian sebuah jaringan, dilakukan implementasi jaringan dalam simulator jaringan seperti gambar 2. Dalam implementasi jaringan menggunakan topologi Mesh dan beberapa komponen lainnya seperti, PC, Router, Switch, server, kabel straight dan kabel

serial. Pengujian yang digunakan adalah traffic sibuk dan traffic tidak sibuk. Pengiriman traffic sibuk dilakukan dengan mengirimkan packet secara bersamaan dalam satu waktu, sedangkan pada traffic tidak sibuk, packet dikirimkan secara bergantian.



Gambar 2. Implementasi Jaringan

Setiap perangkat diberi IP Address yang berbeda-beda, IP Private untuk switch dan PC serta IP Publik untuk IP tiap router. Terdapat 16 jaringan dan beberapa nomor IP yang terdiri dari jaringan antara router dan router, switch dengan router, switch dengan PC. Pembagian IP Address pada masing-masing jaringan terdapat pada Tabel 1

Tabel 1. Konfigurasi IP address

Nama Network	Network Address	Subnet Mask
T1	118.28.31.0	255.255.255.224
T2	118.28.32.0	255.255.255.224
T3	118.28.33.0	255.255.255.224
T4	118.28.34.0	255.255.255.224
T5	118.28.35.0	255.255.255.224
T6	118.28.36.0	255.255.255.224
T7	118.28.37.0	255.255.255.224
T8	118.28.38.0	255.255.255.224
T9	118.28.39.0	255.255.255.224
T10	118.28.40.0	255.255.255.224
T11	10.10.10.0	255.255.255.192
T12	10.10.20.0	255.255.255.192

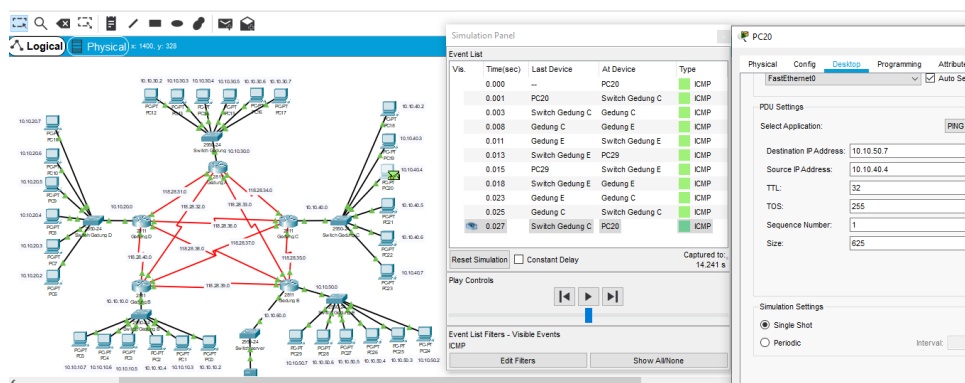
Nama Network	Network Address	Subnet Mask
T13	10.10.30.0	255.255.255.192
T14	10.10.40.0	255.255.255.192
T15	10.10.50.0	255.255.255.192
T16	10.10.60.0	255.255.255.192

3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian yang dilakukan pada simulasi ini adalah dengan membandingkan routing EIGRP dan routing OSPFRIP pada traffic sibuk dan traffic tidak sibuk, dan setiap traffic mempunyai tiga besaran data.

3.1. Tampilan dan Rancangan Simulasi

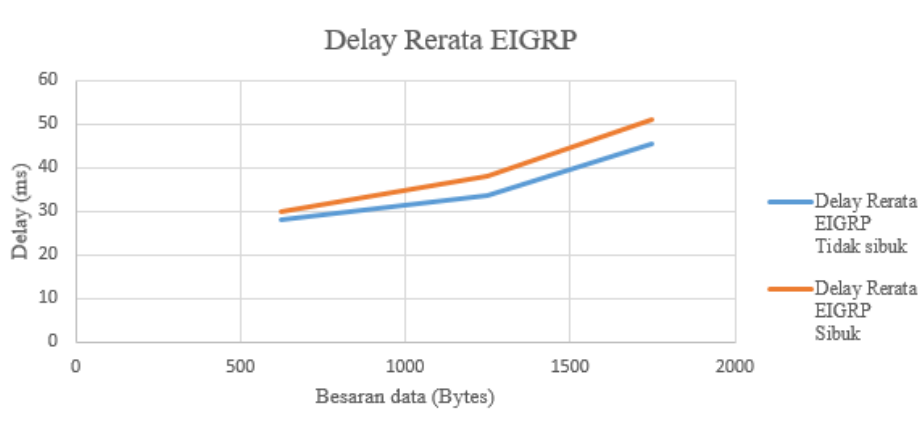
Simulasi pengiriman pada saat traffic tidak sibuk dapat dilihat pada gambar 3. proses yang dilakukan yaitu mengamati waktu pengiriman paket data dari PC sumber ke PC/server Tujuan. Pada saat pengujian waktu, tidak menggunakan constant delay karena akan berpengaruh pada besaran waktu yang akan menyebabkan waktu pengiriman paket menjadi tidak valid. Proses yang terjadi yaitu paket pada PC sumber akan menuju PC tujuan dan pada bagian simulation panel akan terlihat paket berjalan melalui jalur mana. Pada penelitian ini akan melakukan pengujian pada antar jaringan. Pada gambar 3. terlihat pengiriman PC 20 menuju PC 29 dengan jalur yang dilewatinya adalah dari PC 20 menuju switch gedung C lalu menuju router gedung C, dari router gedung C menuju router gedung E, dari router gedung E menuju switch gedung E dari switch gedung E akan menuju PC tujuan yaitu PC 29. Jika proses pengiriman berhasil hingga sampai pada PC tujuan akan terdapat respon paket yang kembali dengan tanda centang hijau itu membuktikan bahwa paket berhasil terkirim dan waktu pengiriman dari PC sumber ke PC Tujuan yaitu 0,027 dan hasil waktu inilah yang akan dicatat untuk pengambilan data delay.



Gambar 3. simulasi pengiriman tidak sibuk.

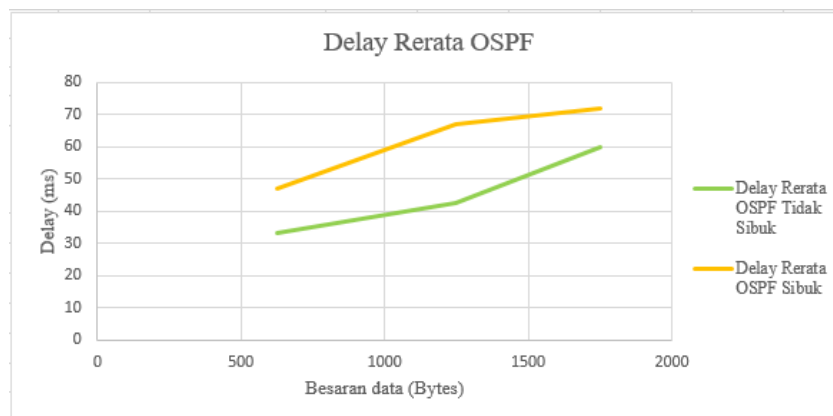
3.2. Hasil Simulasi Untuk Delay

Pengujian untuk delay dilakukan dengan pengiriman paket ICMP ke setiap PC dengan menggunakan bantuan traffic generator. Pengujian delay ini akan membandingkan dua buah routing yaitu EIGRP dan OSPF. Pada routing tersebut masing-masing akan menguji dua buat traffic yaitu sibuk dan tidak sibuk dengan tiga besaran data.



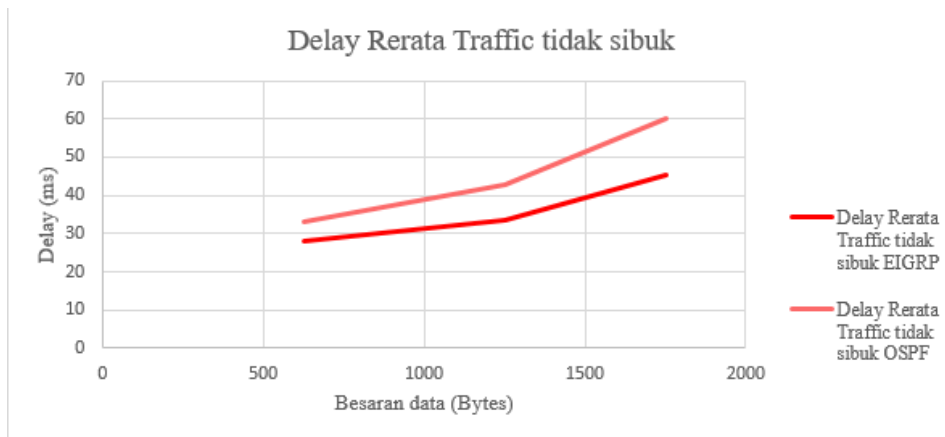
Gambar 4. Grafik delay rerata EIGRP

Gambar 4 adalah grafik delay rerata routing EIGRP pada traffic sibuk dan tidak sibuk. Pengujian EIGRP ini memberikan hasil pada traffic sibuk memiliki delay lebih besar dibandingkan traffic tidak sibuk, hal ini terjadi karena pada saat traffic sibuk pengiriman dilakukan secara bersamaan, sehingga memiliki waktu tunggu yang menyebabkan delay menjadi lebih besar dan Dari hasil pengujian routing EIGRP pada traffic tidak sibuk dan traffic sibuk semua besaran masuk kategori sangat bagus karena semua delay memiliki hasil ≤ 150 ms. Untuk besaran pada data juga mempengaruhi waktu pengiriman sampai pada tujuan.



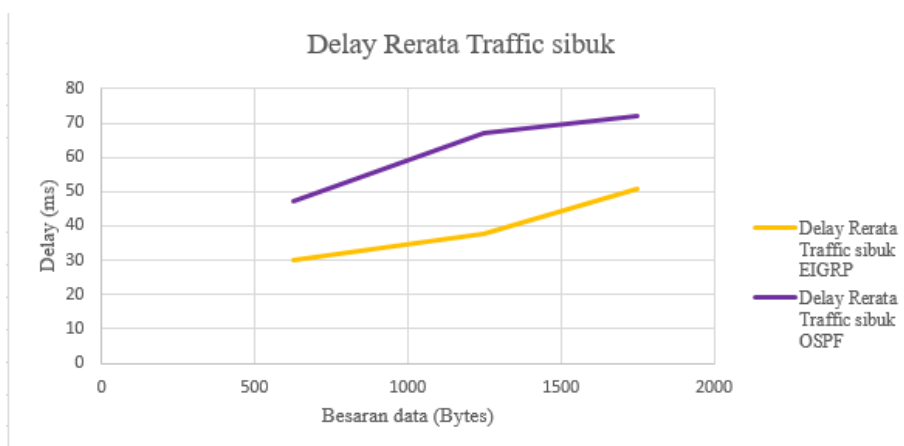
Gambar 5. Grafik delay rerata OSPF.

Gambar 5 adalah grafik delay rerata routing OSPF pada traffic sibuk dan tidak sibuk. Pengujian OSPF ini memberikan hasil pada traffic sibuk memiliki delay lebih besar dibandingkan traffic tidak sibuk, hal ini terjadi karena pada saat traffic sibuk pengiriman dilakukan secara bersamaan, sehingga memiliki waktu tunggu yang menyebabkan delay menjadi lebih besar dan Dari hasil pengujian routing OSPF pada traffic tidak sibuk dan traffic sibuk semua besaran masuk kategori sangat bagus karena semua delay memiliki hasil ≤ 150 ms. Untuk besaran pada data juga mempengaruhi waktu pengiriman sampai pada tujuan.



Gambar 6. Grafik delay rerata trafik tidak sibuk.

Delay rerata *traffic* tidak sibuk dapat dilihat pada gambar 6. Terlihat bahwa grafik terus meningkat ke atas maka semakin besar data yang dikirimkan semakin besar pula delay yang terjadi pada kedua routing. Dari hasil pengujian routing pada *traffic* tidak sibuk yang memiliki delay terkecil yaitu routing EIGRP.



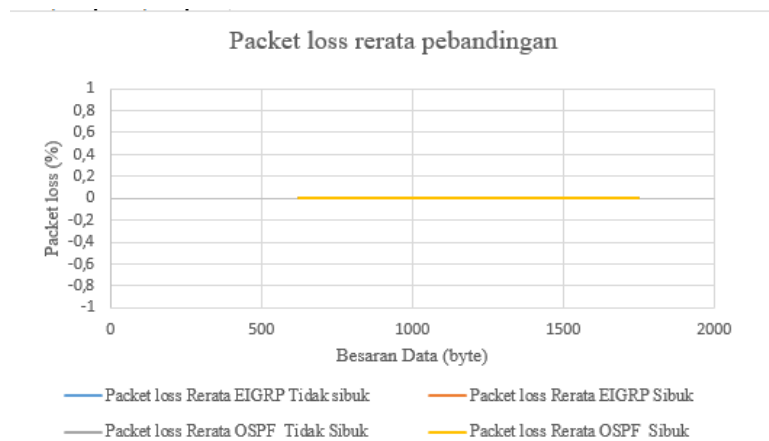
Gambar 7. Grafik rerata trafik sibuk.

Pada gambar 7 hasil grafik terus meningkat ke atas maka semakin besar data yang dikirimkan semakin besar pula delay yang terjadi pada kedua routing. Dari hasil pengujian routing pada *traffic* sibuk yang memiliki delay terkecil yaitu routing EIGRP. *Traffic* sibuk hanya mengamati satu pc pada saat pengiriman seluruh pc dalam satu waktu, sedangkan pada *traffic* tidak sibuk memiliki hasil rerata delay lebih rendah dibanding dengan *traffic* sibuk. Pada *traffic* tidak sibuk melakukan pengiriman secara bergantian.

Hasil pengujian parameter delay yang telah dilakukan baik dalam *traffic* tidak sibuk maupun *traffic* sibuk diketahui bahwa routing EIGRP memiliki nilai delay terkecil dibandingkan routing OSPF. Semakin rendah nilai delay, maka semakin baik kualitas dari jaringan tersebut

3.3. Hasil Simulasi Untuk Packetloss

Pengujian untuk packet loss dilakukan dengan pengiriman paket ICMP ke setiap PC dengan menggunakan bantuan command prompt. Pengujian packet loss ini akan membandingkan dua buah routing yaitu EIGRP dan OSPF. Pada routing tersebut masing-masing akan menguji dua buah *traffic* yaitu sibuk dan tidak sibuk dengan tiga besaran data.

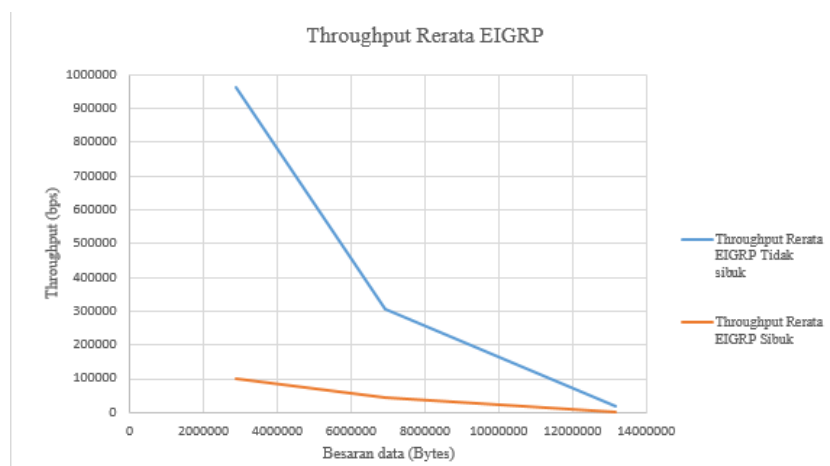


Gambar 8. Grafik packetloss rerata

Pada gambar 8. Merupakan hasil packet loss yang terjadi pada routing EIGRP dan OSPF. karena packet loss didefinisikan sebagai kegagalan pengiriman packet sampai tujuan. Jika dilihat dari grafik hasil data berada pada satu garis lurus yang sama, untuk penelitian ini semua packet pada tiga besaran data terkirim dengan baik dan tidak terjadi kegagalan dalam pengiriman packet untuk kedua routing saat proses pengiriman dilakukan. Dari hasil packet loss yang terjadi semua besaran masuk kategori sangat bagus karena semua packet loss memiliki hasil ≥ 0 dan $\leq 3\%$ sehingga untuk proses pengiriman data packet loss pada 16 jaringan dan menggunakan topologi mesh baik digunakan untuk routing EIGRP dan OSPF.

3.4. Hasil Simulasi Untuk Throughput

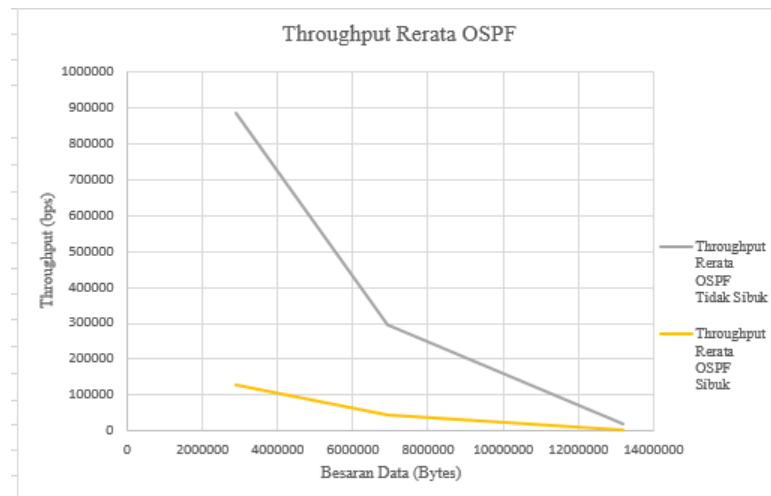
Pengujian untuk Throughput dilakukan dengan pengiriman paket FTP ke setiap PC dengan menggunakan bantuan commandprompt. Pengujian Throughput ini akan membandingkan dua buah routing yaitu EIGRP dan OSPF. Pada routing tersebut masing-masing akan menguji dua buah traffic yaitu sibuk dan tidak sibuk dengan tiga besaran data.



Gambar 9. Grafik throughput FTP EIGRP

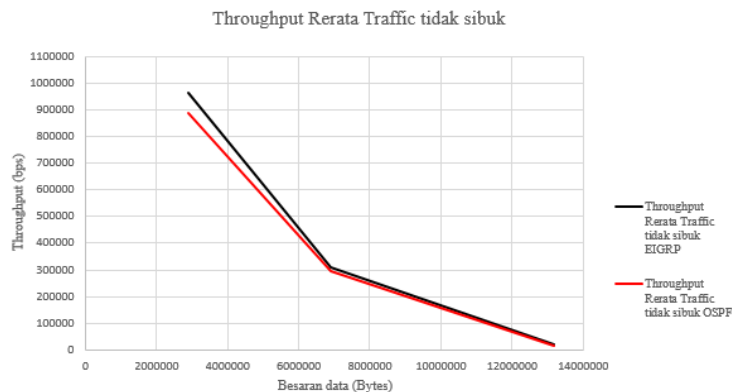
Gambar 14 adalah grafik FTP routing static pada pengiriman packet dengan *traffic* sibuk dan tidak sibuk. Terlihat pada garis berwarna biru adalah traffic tidak sibuk yang terjadi penurunan nilai throughput, penurunan terjadi ketika mengambil data pada besaran sedang, hal ini dapat terjadi karena pada saat pengiriman membutuhkan waktu yang lama dan membuat nilai throughput menjadi turun. Traffic sibuk yang di tandai dengan garis merah pada grafik

mempunyai nilai throughput lebih rendah dibanding dengan traffic tidak sibuk, karena pada traffic sibuk, pengiriman dilakukan secara bersamaan dalam satu waktu.



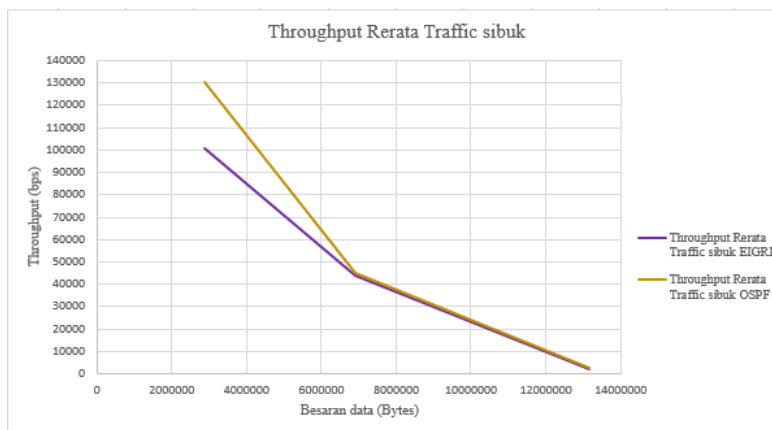
Gambar 10. Grafik FTP routing OSPF

Hasil rerata throughput FTP pada routing OSPF dapat dilihat pada gambar 10. Jika dilihat pada gambar hasil pengujian throughput untuk kedua traffic mengalami penurunan pada setiap besaran. Terjadi penurunan karena waktu yang terjadi pada saat pengiriman lebih lama dibanding dengan besaran data minimum, yang menyebabkan penurunan pada nilai throughput.



Gambar 11. Rerata trafic tidak sibuk FTP

Rerata traffic tidak sibuk yang terjadi pada routing static dan RIP dapat dilihat pada gambar 11. Dapat dilihat perbandingan throughput rerata traffic tidak sibuk pada routing EIGRP dan OSPF. Terlihat bahwa routing EIGRP lebih besar throughputnya dibandingkan dengan throughput routing OSPF. Terlihat bahwa grafik terus menurun ke bawah maka semakin besar data yang dikirimkan semakin kecil throughput yang terjadi pada kedua routing. Dari hasil pengujian routing pada traffic tidak sibuk dengan besaran minimum, sedang dan maksimum yang memiliki throughput paling besar yaitu routing EIGRP karena semakin besar nilai throughput, maka semakin baik kualitas dari jaringan tersebut.



Gambar 12. Rerata traffic sibuk FTP

Gambar 17 adalah rerata traffic sibuk FTP, Dapat dilihat perbandingan throughput rerata traffic sibuk pada routing EIGRP dan OSPF. Terlihat bahwa routing OSPF lebih besar throughputnya dibandingkan dengan throughput routing EIGRP. Namun untuk hasil pada besaran sedang dan maksimum pada traffic sibuk tidak terlihat jauh berbeda. Terlihat bahwa grafik terus menurun ke bawah maka semakin besar data yang dikirimkan semakin kecil throughput yang terjadi pada kedua routing. Dari hasil pengujian routing pada traffic sibuk dengan besaran minimum, sedang dan maksimum yang memiliki throughput paling besar yaitu routing OSPF karena semakin besar nilai throughput, maka semakin baik kualitas dari jaringan tersebut.

4. Kesimpulan

Hasil pengujian parameter delay yang telah dilakukan baik dalam traffic tidak sibuk maupun traffic sibuk diketahui bahwa routing EIGRP memiliki nilai delay terkecil dibandingkan routing OSPF. Semakin rendah nilai delay, maka semakin baik kualitas dari jaringan tersebut. Hasil parameter packet loss pada topologi mesh yang dikonfigurasi menggunakan protokol routing EIGRP dan OSPF yaitu 0% atau tidak terjadi packet loss. Hasil pengujian parameter throughput traffic tidak sibuk routing EIGRP memiliki hasil throughput lebih besar dibandingkan routing OSPF, sedangkan pada throughput traffic sibuk routing OSPF memiliki hasil throughput lebih besar dibandingkan routing EIGRP. Semakin besar nilai throughput, maka semakin baik kualitas dari jaringan tersebut. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan pada topologi mesh dengan 16 jaringan dalam traffic tidak sibuk dan traffic sibuk diketahui bahwa kinerja routing EIGRP lebih baik digunakan untuk parameter delay dan parameter throughput tidak sibuk sedangkan routing OSPF lebih baik digunakan untuk throughput traffic sibuk.

Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada program studi S1 Teknik Elektro serta Direktorat Penelitian dan Universitas Sanata Dharma yang telah memfasilitasi penelitian ini.

Referensi

[1] Sumadi, Utami., “Cisco packet tracer & simulasinya”, 2017.[online] <https://docplayer.info/31675191-Cisco-packet-tracer-simulasinya.html>, [Accessed: Nov. 10, 2020].

Sistem Monitoring Berat Muatan Truk Berbasis IoT (*Internet of Things*)

Truck Weight Monitoring System Based on IoT (Internet of Things)

Berri Mexico Fransiscus Sihombing^{1*}, Augustinus Bayu Primawan²

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta, Indonesia, 0274-562383
berrimexico.bm@gmail.com^{1*}, bayu@dosen.usd.ac.id²

Abstrak – Dalam kehidupan sehari-hari, truk digunakan untuk mengangkut barang. Tak jarang kelihatan banyak penggunaan truk yang melebihi daya angkutnya. Kecelakaan di jalan raya termasuk dampak yang ditimbulkan truk yang kelebihan muatan atau overloading. Tujuan dari penelitian ini adalah mengurangi resiko kecelakaan karena beban berlebih atau overloading. Sistem monitoring berat muatan truk bertujuan untuk memudahkan pengguna truk untuk melihat berat muatan truk secara langsung melalui smartphone dengan aplikasi. Selain itu, pengguna juga dapat melihat berat muatan yang berlebih serta terdapat indikator kelebihan berat berupa buzzer. Dengan adanya sistem ini, pengguna dapat mengurangi resiko kecelakaan pada kendaraan mereka. Sistem ini terdiri dari sensor load cell dan modul HX711 sebagai pendeteksi berat, NodeMCU sebagai mikrokontroler dan pengiriman data, firebase sebagai database, dan android studio sebagai wadah untuk membuat aplikasi. Data berat muatan dapat dilakukan monitoring jarak jauh maupun dekat sesuai prinsip Internet of Things (IoT). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sistem bekerja dengan baik dengan tingkat keakuratan sensor pada prototipe truk 1 dan prototipe truk 2 diatas 95%. Penulisan data pada firebase, pembacaan firebase melalui aplikasi dan pengujian buzzer memiliki persentase tingkat keberhasilan sebesar 100%. Waktu pengiriman tidak terlihat perbedaan antara serial monitor dan firebase.

Kata Kunci: Overloading, NodeMCU ESP8266, Internet of Things, Sensor Load Cell, Sistem Monitoring.

Abstract – In everyday life, trucks are used to transport goods. Not infrequently seen a lot of use of trucks that exceed the carrying capacity. Accidents on the highway include the impact caused by trucks that are overloaded or overloading. The purpose of this study is to reduce the risk of accidents due to overloading or overloading. The truck load monitoring system aims to make it easier for truck users to see the truck load weight directly through a smartphone with an application. In addition, users can also see the excess weight of the load and there is an overweight indicator in the form of a buzzer. With this system, users can reduce the risk of accidents on their vehicles. This system consists of a load cell sensor and HX711 module as a weight detector, NodeMCU as a microcontroller and data transmission, firebase as a database, and android studio as a container for creating applications. Payload weight data can be monitored remotely or close according to the principles of the Internet of Things (IoT). The results of this study indicate that the system works well with the sensor accuracy level on the prototype truck 1 and truck prototype 2 above 95%. Writing data on firebase, reading firebase through the application and testing the buzzer has a 100% success rate percentage. There is no difference transmission delay between serial monitor and firebase.

Keywords: Overloading, NodeMCU ESP8266, Internet of Things, Sensor Load Cell, Monitoring System.

4. Pendahuluan

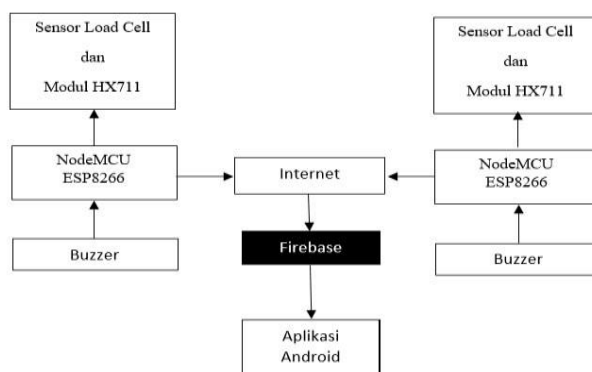
Truk merupakan sebuah kendaraan bermotor untuk mengangkut barang. Ada banyak jenis truk semisal nya, truk trailer, truk tronton, truk tangki, dan truk yang memiliki bak terbuka. Daya angkut truk tergantung pada beberapa variabel semisal nya jumlah ban, jumlah sumbu, kekuatan ban, dan daya dukung jalan. Tak jarang kelihatan banyak penggunaan truk yang melebihi daya angkutnya. Bahaya dan efek buruk membawa muatan berlebih bagi kendaraan juga harus diperhatikan.

Menteri Perhubungan Budi Karya Sumadi mengatakan, dari berbagai kejadian kecelakaan di jalan raya selama ini, sebanyak 63 persen di antaranya dipicu oleh kendaraan yang membawa muatan berlebihan, melampaui ketentuan alias overload. Budi Karya mengatakan, akibat dari overload kendaraan berat tersebut menyebabkan kecepatan kendaraan hanya dapat ditempuh 30 km/jam sehingga berpengaruh pada waktu tempuh Jakarta-Bandung yang harus menghabiskan waktu sekitar 5-6 jam (waktu tempuh normal sekitar 3 jam) (Bus-Truck.id).

Oleh karena itu diperlukan pengembangan sistem untuk menghitung beban berlebih pada prototipe truk melalui smartphone. Sistem akan mendeteksi berat pada truk menggunakan sensor load cell lalu data yang terdeteksi dikirim ke smartphone melalui nodemcu esp8266. Jika terjadi kelebihan muatan pada truk, maka sistem akan mengirimkan notifikasi dan mengaktifkan alarm pada buzzer. Dengan adanya notifikasi pengguna akan mengetahui bahwa telah terjadi kelebihan muatan dan pengguna harus mengurangi beban pada muatan agar tercipta kenyamanan dalam berkendara. Poses pengiriman informasi berbasis IoT sebagai sistem pendeteksi dan monitoring yang bisa mengirim data terus-menerus secara real time. Hal ini juga searah dengan perkembangan zaman yang sudah serba digital atau melalui jaringan internet.

5. Metode Penelitian

Perancangan alat ini terdiri dari beberapa bagian yaitu perancangan perangkat keras berupa model truk pengangkut barang, pengkabelan NodeMCU, sensor load cell, modul HX711 dan buzzer. Perancangan perangkat lunak meliputi perancangan aplikasi android sebagai tampilan informasi yang sudah diproses dan perancangan pendeteksi berat muatan yang berlebih. Diagram sistem monitoring berat muatan truk pada penelitian dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Blok diagram sistem monitoring berat muatan truk

Sensor load cell adalah sebuah alat uji perangkat listrik yang dapat mengubah suatu gaya menjadi sinyal listrik. Perubahan dari satu sistem ke sistem lainnya ini tidak langsung terjadi dalam dua tahap saja tetapi harus melalui tahap-tahap pengaturan mekanikal, kekuatan dan energi dapat merasakan perubahan kondisi dari baik menjadi kurang baik. Pada strain gauge (load cell) atau biasa disebut dengan deformasi strain gauge. Strain gauge mengukur perubahan yang berpengaruh pada strain sebagai sinyal listrik, karena perubahan efektif terjadi pada beban hambatan kawat listrik.

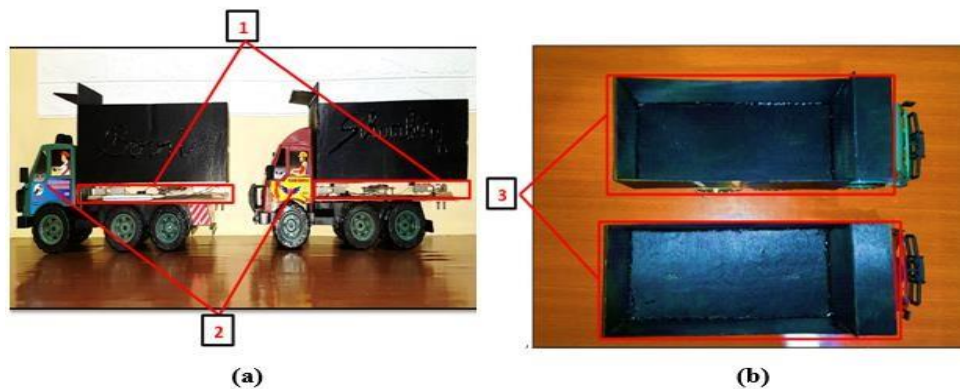
HX711 merupakan sebuah modul amplifier atau penguat sinyal untuk sebuah sensor loadcell/beban berat. Dengan adanya modul ini maka mikrokontroller dapat membaca sebuah sinyal dari sensor beban tersebut. Karena load cell sensor hanya mampu memberikan sebuah sinyal tegangan yang sangat kecil sehingga membutuhkan sebuah amplifier untuk menguatkan sinyalnya menjadi batas minimum sebuah mikrokontroller 0V-5V. HX711 adalah sebuah presisi analog 24-bit ke digital konverter (ADC). Tidak pemrograman yang dibutuhkan untuk register internal. Semua kontrol pada modul HX711 dilakukan melalui pin.

NodeMCU adalah sebuah platform IoT yang bersifat open source. Terdiri dari perangkat keras berupa System On Chip ESP8266 dari ESP8266 buatan espressif system. NodeMCU bisa dianalogikan sebagai board arduino yang terkoneksi dengan ESP8266. NodeMCU telah menggabungkan ESP8266 ke dalam sebuah board yang sudah terintegrasi dengan berbagai feature selanjutnya mikrokontroler dan kapasitas akses terhadap wifi dan juga chip komunikasi yang berupa USB to serial. Sehingga dalam pemrograman hanya dibutuhkan kabel data USB.

Android studio adalah Integrated Development Environment (IDE) untuk pengembangan aplikasi android. Firebase adalah Backend as a Service (BaaS) yang saat ini dimiliki oleh Google. Firebase merupakan solusi yang ditawarkan oleh Google untuk mempermudah pengembangan aplikasi mobile. Firebase Database merupakan penyimpanan basis data nonSQL yang memungkinkan untuk menyimpan beberapa tipe data. Tipe data itu antara lain String, Long, dan Boolean. Data pada Firebase Database disimpan sebagai objek JSON tree. Tidak seperti basis data SQL, tidak ada tabel dan baris pada basis data non-SQL. Ketika ada penambahan data, data tersebut akan menjadi node pada struktur JSON. Node merupakan simpul yang berisi data dan bisa memiliki cabang-cabang berupa node lainnya yang berisi data pula.

Pengguna perlu menghubungkan perangkatnya (smartphone) dengan access point sistem monitoring berat muatan truk. Pemilik truk dapat mengakses aplikasi yang ada di android untuk mendapatkan informasi mengenai berat muatan truk pada saat itu. Aplikasi menampilkan informasi berat muatan truk dan kelebihan berat muatan jika berlebih. Pada saat terjadi kelebihan muatan buzzer menyala sampai muatan pada truk dikurangi hingga normal dan buzzer juga dapat di matikan dengan menekan tombol OFF pada aplikasi.

Prototipe sistem monitoring berat muatan truk pada penelitian ini dibuat dengan miniatur truk dan bak truk yang terbuat dari triplek. Bentuk fisik prototipe sistem monitoring berat muatan truk pada penelitian ini ditunjukkan pada gambar 2 dan setiap bagian dari alat ditunjukkan pada tabel 1.

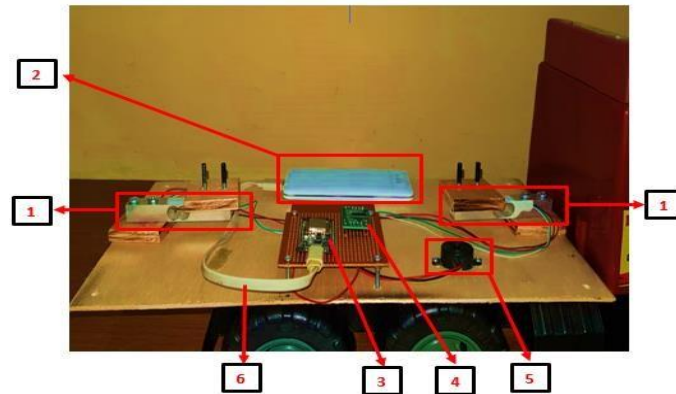


Gambar 2. Bentuk fisik prototipe truk (a) Tampak samping (b) Tampak atas

Tabel 1. Keterangan bentuk fisik prototipe truk

No	Keterangan
1	Tempat rangkaian sistem alat
2	Miniatur truk
3	Wadah pengukuran berat

Rangkaian sistem monitoring berat muatan truk dapat dilihat pada gambar 3 dan setiap komponen dari alat ditunjukkan pada tabel 2.



Gambar 3. Rangkaian Sistem Alat

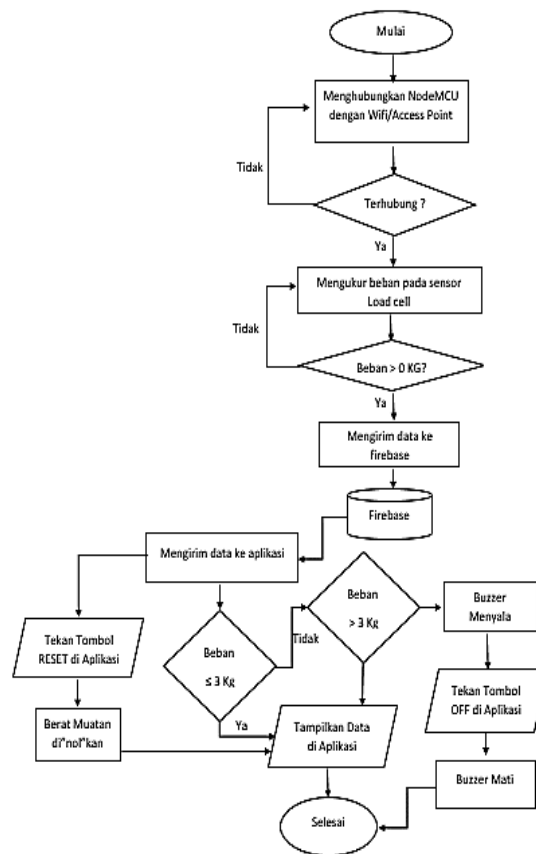
Tabel 2. Keterangan Rangkaian Sistem Alat

No	Keterangan
1	Sensor <i>load cell</i>
2	Power bank 5V
3	NodeMcu ESP 8266
4	Modul HX711
5	Buzzer
6	Kabel <i>micro</i> USB

Perancangan perangkat lunak sesuai dengan diagram alir pada gambar 4. Saat pertama kali dihidupkan, NodeMCU melakukan inisialisasi pada tiap port yang digunakan. Setelah melakukan inisialisasi, NodeMCU akan mencoba menghubungkan dengan jaringan atau access point yang ada.

Sensor load cell mulai melakukan deteksi objek (muatan) setelah NodeMCU terhubung dengan access point. Data yang didapat dari sensor langsung diproses oleh NodeMCU. Jika data yang sudah diproses menghasilkan status ada muatan, NodeMCU mengirimkan data tersebut ke firebase.

Jika status yang dihasilkan adalah tidak ada muatan, maka data tersebut langsung dikirim ke firebase. Setelah semua data sudah dikirim ke firebase, program pada NodeMCU melakukan looping. NodeMCU kembali melakukan deteksi objek pada bak truk. Proses ini terjadi terus menerus selama NodeMCU memiliki koneksi ke internet. Sensor load cell diatur untuk melakukan pengukuran secara terus-menerus dengan ketentuan tertentu. Setelah data dikirimkan ke firebase, firebase mengirim data tersebut ke aplikasi android. Aplikasi menampilkan data berat muatan dan jumlah kelebihan berat muatan. Pada sistem aplikasi, berat muatan truk juga dapat di"nol"kan dengan cara menekan tombol RESET pada aplikasi. Muatan truk ditampilkan di aplikasi. Apabila terjadi kelebihan muatan yaitu muatan yang lebih dari 3 Kg, maka buzzer menyala. Sistem buzzer juga dapat dimatikan dengan menekan tombol OFF pada aplikasi. Pengguna dapat melakukan monitoring melalui tampilan aplikasi pada android.



Gambar 4. Diagram alir utama

Pengguna perlu mengakses aplikasi yang ada pada android untuk melihat informasi mengenai muatan truk pada saat itu dan kelebihan muatan truk pada sistem monitoring berat muatan truk. Aplikasi menunjukkan jumlah muatan truk pada saat itu dalam kilogram (Kg) dan kelebihan berat muatan yang dialami truk apabila overload dalam kilogram (Kg). Hasil dari tampilan aplikasi dapat dilihat pada Gambar 5 dan juga terdapat ikon aplikasi untuk mempermudah pengguna dalam menemukan aplikasi di smartphone pengguna pada Gambar 6.



Gambar 5. Tampilan aplikasi



Gambar 6. Ikon aplikasi di smartphone

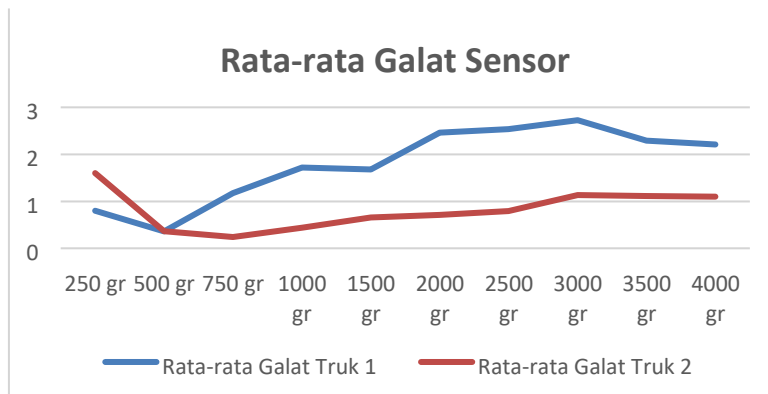
6. Hasil dan Pembahasan

Pengujian sistem dilakukan untuk mengukur tingkat keberhasilan sistem monitoring berat muatan truk. Pengujian sistem dilakukan untuk beberapa bagian yaitu pengujian kemampuan sensor load cell mendeteksi berat muatan yang berada di bak truk, pengujian terhadap buzzer menyala jika berat lebih dari 3 KG serta buzzer akan mati jika berat muatan dikurangi, dan pengujian pengiriman data ke aplikasi.

2.1. Pengujian Sensor Load Cell

Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran sensor yang didapat dari serial monitor NodeMCU dengan timbangan komersial. Serial monitor dilihat melalui aplikasi arduino IDE pada laptop yang terhubung dengan NodeMCU menggunakan kabel micro USB. Dalam pengujian ini terdapat 10 variasi pengukuran beban mulai dari 250 gram sampai dengan 4 kilogram. Pengujian tiap variasi dilakukan sebanyak 5 kali. Dari 5 data yang didapat, data dirata-rata untuk mendapatkan nilai rata-rata galat pengukurannya.

Dari data hasil pengujian dapat diperoleh tingkat keakuratan sensor load cell mendeteksi berat muatan pada setiap prototipe dan besar galat sensor load cell pada setiap prototipe. Hasil perbandingan nilai pengukuran sensor load cell dengan timbangan komersial dapat dilihat pada gambar 7, dan tabel 3.



Gambar 7. Galat sensor

Tabel 3. Hasil pengujian ketepatan berat sensor *load cell*

Pembacaan Berat Beban Timbangan Komersial (Gram)	Jumlah Percobaan	Prototipe Truk 1		Prototipe Truk 2	
		Rata-rata Galat (%)	Rata-rata Tingkat Keberhasilan (%)	Rata-rata Galat (%)	Rata-rata Tingkat Keberhasilan (%)
250	5	0.8	99.2	1.6	98.4
500	5	0.36	99.64	0.36	99.64

Pembacaan Berat Beban Timbangan Komersial (Gram)	Jumlah Percobaan	Prototipe Truk 1		Prototipe Truk 2	
		Rata-rata Galat (%)	Rata-rata Tingkat Keberhasilan (%)	Rata-rata Galat (%)	Rata-rata Tingkat Keberhasilan (%)
750	5	1.173333	98.82667	0.24	99.76
1000	5	1.72	98.28	0.44	99.56
1500	5	1.68	98.32	0.653333	99.34667
2000	5	2.46	97.54	0.71	99.29
2500	5	2.536	97.464	0.792	99.208
3000	5	2.726667	97.27333	1.133333	98.86667
3500	5	2.291429	97.70857	1.114286	98.88571
4000	5	2.21	97.79	1.1	98.9
Tingkat keakuratan keseluruhan (%)		98.20426		99.18571	

Berdasarkan data yang didapatkan pada tabel 3, rata-rata galat sensor load cell terbesar terdapat pada beban 3000 gram dengan nilai 2,726667% untuk truk 1 dan beban 250 gram dengan nilai 1,6% untuk truk 2. Rata-rata galat sensor load cell terkecil terdapat pada beban 500 gram dengan nilai 0,36% untuk truk 1 dan beban 500 gram dengan nilai 0,36% untuk truk 2. Sistem sudah berhasil mengidentifikasi berat muatan prototipe dengan cukup baik. Rata-rata tingkat keakuratan sistem mendeteksi berat muatan sebesar 98.20426% pada truk 1 dan 99.18571% pada truk 2. Tingkat keakuratan tertinggi terdapat pada beban 500 gram dengan nilai 99,64% untuk truk 1 dan beban 750 gram dengan nilai 99,76% untuk truk 2. Sedangkan untuk tingkat keakuratan terendah terdapat pada beban 3000 gram dengan nilai 97,27333% untuk truk 1 dan beban 250 gram dengan nilai 98,4% untuk truk 2.

Pada gambar 7 terdapat grafik yang menunjukkan tingkat galat sensor dan tingkat keakuratan sensor pada setiap prototipe. Gambar 7 menunjukkan galat pada sensor untuk setiap prototipe. Galat pada sensor cenderung meningkat dengan berat yang juga semakin meningkat. Begitu juga dengan tingkat keakuratan sensor pada setiap prototipe yang cenderung menurun, berbanding terbalik dengan galat sensor.

Tiap truk memiliki tingkat keakuratan yang berbeda-beda, namun persentasi keakuratan tiap truk berada diatas 90%. Persentasi keakuratan sensor sudah cukup stabil. Pada percobaan ini galat dapat terjadi karna perbedaan gelombang yang dideteksi oleh masing-masing sensor. Selain itu, perbedaan galat pada tiap truk berbeda karena luas permukaan penopang yang berbeda pada setiap truk. Luas penopang pada setiap truk mempengaruhi kinerja sensor load cell karena sensor load cell mendeteksi tekanan yang terjadi pada prototipe truk.

2.2. Pengujian Penulisan dan Pembacaan Firebase

Pengujian penulisan data pada *firebase* dilakukan dengan mengirimkan data untuk memasukkan/menulis data pada *firebase*. Percobaan dilakukan sebanyak 5 kali pada setiap indikator muatan. Jika data masuk ke dalam *firebase*, percobaan dinyatakan berhasil. Jika data yang dikirim tidak masuk ke dalam *firebase*, percobaan dinyatakan gagal. Hasil percobaan penulisan pada *firebase* dapat dilihat pada table 4.

Tabel 4. Hasil percobaan penulisan data pada *firebase*

Muatan (Gram)	Percobaan Pengiriman Berhasil	Percobaan Pengiriman Berhasil
	(Truk 1)	(Truk 2)
250	5	5
500	5	5
750	5	5
1000	5	5
1500	5	5
2000	5	5
2500	5	5
3000	5	5
3500	5	5
4000	5	5
Persentase Tingkat Keberhasilan	100%	100%

Berdasarkan data yang didapat pada tabel 4 menyatakan bahwa dalam 5 kali percobaan penulisan pada *firebase* semua percobaan berhasil. Penulisan data pada tiap prototipe truk berhasil dilakukan dengan baik. Persentase tingkat keberhasilan penulisan data pada tiap prototipe truk adalah 100%. Tingkat keberhasilan penulisan data pada sistem adalah sebesar 100%.

Tabel 5. Pembacaan *firebase* melalui aplikasi

Muatan (Gram)	Percobaan Pembacaan Data	Percobaan Pembacaan Data
	(Truk 1)	(Truk 2)
250	5	5
500	5	5
750	5	5
1000	5	5
1500	5	5
2000	5	5
2500	5	5
3000	5	5
3500	5	5
4000	5	5
Persentase Tingkat Kesesuaian data	100%	100%

Pada tabel 5 ditunjukkan data hasil percobaan pembacaan *firebase* melalui aplikasi. Dilakukan percobaan pembacaan sebanyak 5 kali pada tiap muatan. Tujuan percobaan ini adalah untuk memastikan kesesuaian data yang ditampilkan pada aplikasi dengan *firebase*. Persentase tingkat kesesuaian data yang didapat pada tiap prototipe truk bernilai 100%. Tiap percobaan pembacaan *firebase* berhasil dilakukan dengan baik. Tingkat kesesuaian data untuk sistem adalah sebesar 100%.

2.3. Pengujian Buzzer

Pengujian dilakukan dengan melihat keadaan *buzzer* menyala atau mati yang didapat dari serial monitor. Serial monitor dilihat melalui aplikasi arduino IDE pada laptop yang terhubung dengan NodeMCU menggunakan kabel *micro* USB. Dalam pengujian ini terdapat 10 variasi pengukuran beban mulai dari 250 gram sampai dengan 4 kilogram. Keadaan *buzzer* terlihat pada serial monitor beserta hasil timbangan muatan yang diberikan pada truk. Sistem mendeteksi muatan yang berlebih dengan batas muatan 3KG.

Tabel 6. Hasil percobaan terhadap *buzzer*

Pembacaan Berat Beban Timbangan Komersial (Gram)	Prototipe Truk 1		Prototipe Truk 2	
	Pembacaan Sensor (Gram)	Keadaan <i>Buzzer</i>	Pembacaan Sensor (Gram)	Keadaan <i>Buzzer</i>
250	252	Mati	247	Mati
500	502	Mati	499	Mati
750	760	Mati	749	Mati
1000	1016	Mati	1002	Mati
1500	1524	Mati	1508	Mati
2000	2046	Mati	2014	Mati
2500	2560	Mati	2519	Mati
3000	3076	Menyala	3034	Menyala
3500	3585	Menyala	3539	Menyala
4000	4092	Menyala	4040	Menyala
Keterangan	Berhasil		B berhasil	

Pada tabel 6 ditunjukkan data hasil percobaan terhadap *buzzer*. Dilakukan percobaan terhadap *buzzer* dengan memberi 10 variasi muatan. Pada kedua prototipe truk, *buzzer* sudah berfungsi dengan baik dan menyala jika mengalami kelebihan muatan yaitu muatan yang melebihi 3 Kg. Pada muatan 3 Kg *buzzer* menyala karena sensor mendeteksi berat muatan melebihi 3 Kg yaitu 3076 gram pada prototipe 1 dan 3034 gram pada prototipe 2.

2.4. Pengujian Jangkauan Wi-Fi

Pengujian jangkauan Wi-Fi digunakan untuk mengetahui jarak dari NodeMCU ESP 8266 ke *access point*. Jangkauan jarak pancar Wi-Fi sangat dipengaruhi oleh lokasi tempat pengambilan data. Pada lokasi pengambilan data dilakukan pengambilan data pada ruang terbuka tanpa ada hambatan dinding atau yang lain. Jangkauan Wi-Fi dilakukan hingga jarak 60 meter. Hasil pengujian jangkauan Wi-Fi ditunjukkan oleh tabel 7.

Tabel 7. Hasil Jangkauan Jarak Wi-Fi

No	Jarak (Meter)	Data Kirim	Sinyal
1	5	Data diterima	4
2	10	Data diterima	4
3	15	Data diterima	4
4	20	Data diterima	3

No	Jarak (Meter)	Data Kirim	Sinyal
5	25	Data diterima	3
6	30	Data diterima	3
7	35	Data diterima	3
8	40	Data diterima	2
9	45	Data diterima	2
10	50	Data diterima	2
11	55	Data diterima	1
12	60	Data tidak diterima	0

7. Kesimpulan

Dari hasil perancangan dan pengujian prototipe “Sistem Monitoring Berat Muatan Truk berbasis IoT (Internet of Thing)” diambil kesimpulan bahwa sistem sudah mampu melakukan proses pengukuran berat muatan truk dengan tingkat keakuratan 98.20426 % pada truk 1 dan 99.18571 % pada truk 2. Sistem berhasil mendeteksi berat muatan yang melebihi 3 KG, indikator kelebihan berat berupa buzzer sudah berfungsi dengan baik, serta fungsi tombol “OFF” untuk mematikan buzzer dan tombol “RESET” untuk meng”nol”kan berat muatan sudah berfungsi dengan baik juga. Tampilan aplikasi bekerja dengan benar sesuai dengan fungsi masing-masing. Pengiriman data dari NodeMCU ke firebase dan dari firebase ke aplikasi berjalan baik dengan tingkat keakuratan pengiriman data 100%.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada Keluarga besar Teknik Elektro Universitas Sanata Dharma Yogyakarta

Referensi

- [1] Fauzi1,N.A., Hapsari, G.I., Rosmiati, M., 2019. Prototipe Sistem Monitoring Berat Muatan Truk. e-Proceeding of Applied Science, Vol. 5(3), 2433-2440.
- [2] Bus-Truck.id. 2018. Menhub: 63 Persen Kecelakaan di Jalan Raya karena Kendaraan Overload,<https://bus-truck.id/berita/menhub-63-persen-kecelakaan-di-jalan-raya-karena-kendaraan-overload>, diakses 10 November 2020.
- [3] Arifin, J., Sumardi, Setiawan, 2011. Model Timbangan Digital Menggunakan Load Cell.
- [4] Adzani, M.R., 2014. Prototipe Sistem Monitoring Berat dan Posisi Kendaraan Bermuatan Dengan Menggunakan PC.
- [5] Peraturan Daerah Istimewa Yogyakarta, 2010. Perda DIY No. 4 Tahun 2010 ttg Kelebihan Muatan Angkutan Barang.
- [6] Robotshop, 2011. Datasheet. 3133 - Micro Load Cell (0-5kg) - CZL635, <http://yourduino.com/docs/Loadcell-datasheet-3133.pdf>, diakses pada 15 November 2020.
- [7] Avia semiconductor Datasheet: 24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales. Pp.1-9.
- [8] Nugraha, Agung, D., 2017. Timbangan Gantung Digital dengan Sensor HX711 (Load Cell) Berbasis Arduino Uno.
- [9] Espressif. (2015). ESP8266EX Datasheet. Espressif Systems Datasheet, pp. 1-31. Diakses dari https://www.adafruit.com/images/productfiles/2471/0AESP8266_Datasheet_EN_v4.3.pdf pada 20 November, 13.45 WIB.

- [10] Darmawan, C. W., Sompie, S. R. U. A., Kambey, F. D., 2020. Implementasi Internet of Things Pada Monitoring Kecepatan Kendaraan Bermotor. Jurnal Teknik Informatika, Vol. 1(1), 1-10.
- [11] Dicoding, 2019. Apa itu Android Studio dan Android SDK?. <https://www.dicoding.com/blog/apa-itu-android-studio-dan-android-sdk/> , diakses pada 10 Desember 2020.
- [12] Sandy, L. A., Januar, R., Hariadi, R. R., 2017. Rancang Bangun Aplikasi Chat pada Platform Android dengan Media Input berupa Canvas dan Shareable Canvas untuk Bekerja Dalam Satu Canvas secara Online. Jurnal Teknik ITS, Vol. 6 (2), 2337-

Perancangan Sistem Monitoring *Greenhouse* Berbasis IoT

Design System Monitoring Greenhouse Based on IoT

Yorrisah Lukas Leba¹

¹Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Pelita Harapan

Jl. M.H. Thamrin Boulevard 1100, Lippo Karawaci Tangerang, Banten 15811, 021-5460901

yl80001@student.uph.edu^{1*}

Abstrak - Faktor lingkungan mempengaruhi pertumbuhan tanaman yang terdiri dari temperatur, kelembapan udara, kelembapan tanah, intensitas cahaya dan kualitas udara oleh karena itu akan dirancang sistem untuk memantau parameter tersebut dan otomatisasi berdasarkan nilai ukur sensor, sistem pemantauan greenhouse berbasis IoT (Internet of Things) hasil dari sistem dapat diakses pada web atau smartphone yang telah dibuat. Penelitian ini bertujuan untuk mempermudah melakukan pemantauan terhadap pertumbuhan tanaman secara real time dan online selain itu dapat menjaga kondisi ruang greenhouse dengan otomatisasi. Mikrokontroler yang digunakan Arduino Uno dan beberapa sensor berdasarkan faktor lingkungan. Hasil dari uji coba yang dilakukan bahwa alat dapat bekerja sesuai yang diperintahkan, kalibrasi sensor DHT11 dan soil moisture V1.2 dengan metode regresi efektif untuk meminimalisir eror, nilai rata-rata eror suhu 1.18% dibandingkan dengan nilai sebelumnya 1.66%, untuk kelembapan udara 4.31% dari nilai sebelumnya 21.78% begitupun kelembapan tanah memberikan nilai rata-rata eror 3.80% dibandingkan nilai sebelumnya 7.40%, otomatisasi feedback berjalan dengan baik dan implementasi IoT dengan ThingSpeak ini dapat berjalan dengan baik data yang ditampilkan sama dengan kondisi yang diterima.

Kata Kunci : Arduino Uno, Tanaman, Greenhouse, IoT.

Abstract- Environmental factors affecting plant growth consisting of temperature, humidity, soil moisture, light intensity and air quality will therefore be designed to monitor those parameters and automation based on sensor measurement values, A system of monitoring greenhouse based a IoT (internet of things) that results from the system can be accessed on the web or the smartphone. This research purpose to make it easier monitoring growth of plants in real time and online, besides that it can maintain condition greenhouse with automation. Arduino Uno as microcontroller and many sensors for measure and maintain environmental factors. The results of the trial conducted that the instrument can work as instructed, calibration of DHT11 sensor and soil moisture V1.2 effective to minimize errors with regression methods, the average value of temperature error 1.18% compared to the previous value of 1.66%, for air humidity 4.31% from the previous value of 21.78% and soil moisture provides an average error value of 3.80% compared to the previous value of 7.40%, feedback automation is running well and the implementation of IoT with ThingSpeak can run well, the data displayed is the same as the conditions received.

Keywords : Arduino Uno, Tanaman, Greenhouse, IoT.

1. Pendahuluan

Greenhouse merupakan tempat yang digunakan untuk merawat tanaman terhadap berbagai macam cuaca karena ada banyak tanaman yang tidak cocok dengan iklim di Indonesia (tanaman hias, sayuran dan buah) yang memiliki nilai tinggi dan juga sulit dibudidayakan dilahan luar dapat dibudidayakan di greenhouse karena dapat mengendalikan iklimnya seperti suhu, tingkat kelembapan dan waktu penyiraman yang dapat disesuaikan, dalam perancangan ini saya memakai akuarium acrylic sebagai media untuk greenhouse, penggunaan akuarium acrylic ini saya pilih dikarenakan tahan akan perubahan cuaca dan penyerapan sinar ultra violet dari matahari lebih

tinggi dibandingkan dengan bahan yang terbuat dari kaca. selanjutnya mengenai sistem irigasi didalam greenhouse, sistemnya secara otomatis akan melakukan penyiraman dengan membandingkan nilai kelembapan tanah tertentu, jika tidak sesuai dengan batas minimum kelembapan tanah maka akan menyiram secara otomatis, ketika kondisi suhu tidak sesuai kipas akan menyala, begitupun untuk kelembapan udara maka humidifier akan menyala dan exhaust saat CO2 melebihi batas tertentu.

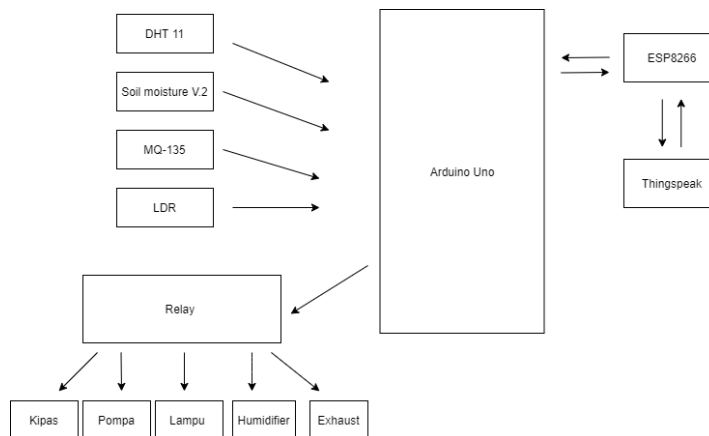
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pertumbuhan dan kesuburan tanaman agar mendapatkan hasil yang maksimal dengan menggunakan teknologi penyiraman otomatis yang terintegrasi dengan aplikasi sehingga dapat diakses secara *real time*, mengidentifikasi pertumbuhan tanaman berdasarkan data – data yang didapat.

Berdasarkan penjelasan diatas penulis merancang sistem *monitoring greenhouse* yang diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dalam bercocok tanam dan menjaga faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman [1]. Dalam hal ini terdapat penelitian yang belum menerapkan teknologi berbasis IoT [2] maupun penelitian yang hanya melakukan perbandingan pada satu sensor tetapi sensor lain tidak [3].

2. Metode Penelitian

3.1. Diagram Blok

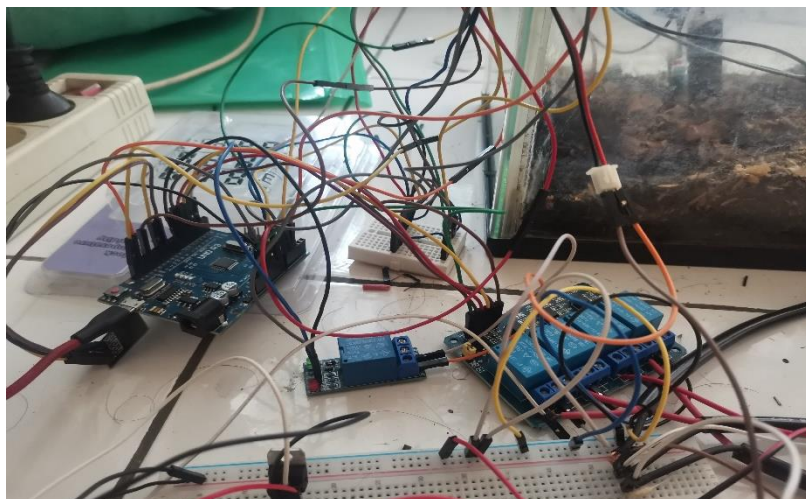
Perancangan sistem monitoring pada greenhouse bertujuan untuk menjaga kelembapan tanah, kelembapan udara, intensitas cahaya, suhu dan kualitas udara didalam greenhouse lalu terdapat sistem untuk penyiraman tanaman secara otomatis yang efektif maka diperlukan alat untuk otomatisasi greenhouse dengan menggunakan Arduino Uno sebagai mikrokontroler sensor DHT11 untuk suhu dan kelembapan udara, untuk kualitas udara memakai MQ135, Soil Moisture V1.2 untuk kelembapan tanah dan LDR untuk intensitas cahaya, monitoring ini penting untuk pertumbuhan tanaman agar maksimal.



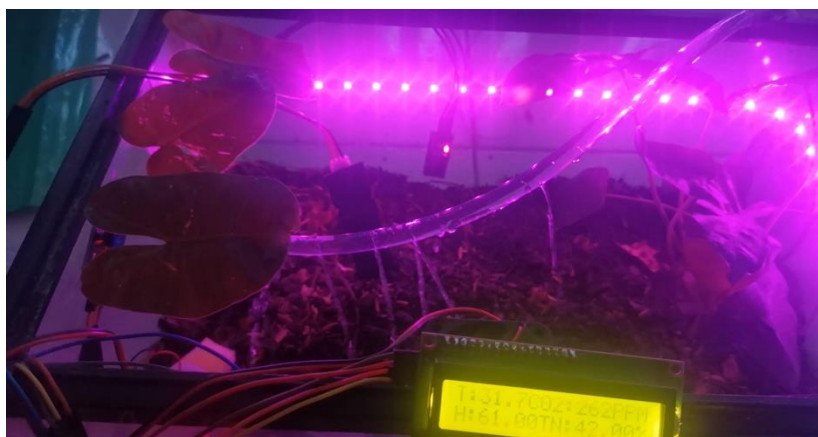
Gambar 1 Blok Diagram

3.2. Implementasi Perangkat Keras dan Koneksi dengan Thingspeak

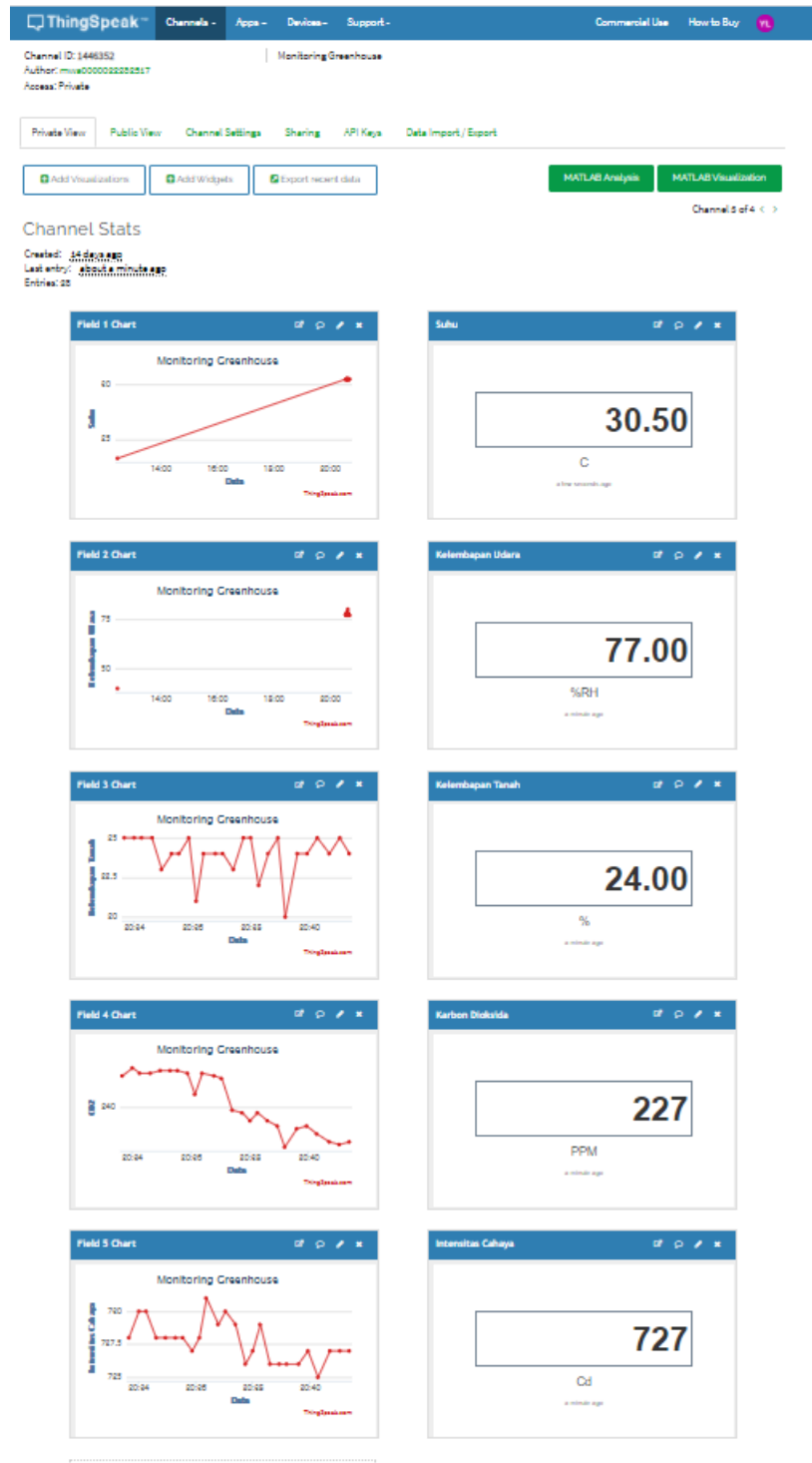
Pada pembuatan perangkat dibutuhkan suatu perangkat keras sebagai penunjang dan perangkat lunak untuk monitoring jarak jauh, implementasi perangkat dapat dilihat pada gambar 2, gambar 3 dan gambar 4 yang menunjukkan hasil implementasi perangkat keras dan tampilan website ataupun smartphone.



Gambar 2 Implementasi keseluruhan perangkat keras



Gambar 3 Tampilan keseluruhan greenhouse



Gambar 4 Tampilan Keseluruhan Thingspeak

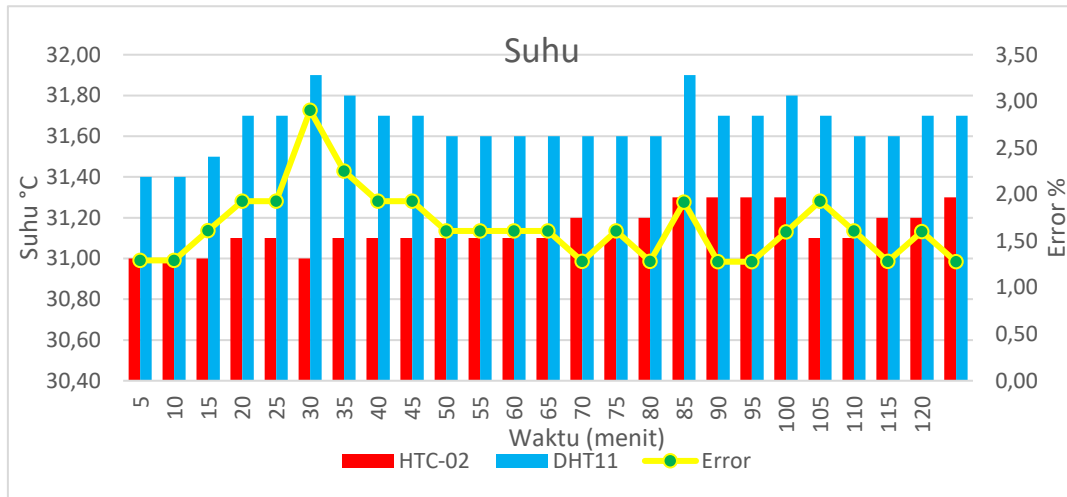
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengujian Alat

Pengujian dari alat yang sudah dibuat. Pengujian yang dilakukan untuk menganalisis hasil pengukuran dan fungsional alat terutama sensor DHT11, *Soil Moisture* V1.2, MQ-135, Modul sensor LDR, Arduino Uno, *relay*, ESP8266 dan Thingspeak.

3.1.1. Pengujian Pada DHT 11

Pengujian sensor DHT11 yang dilakukan untuk mengukur suhu pada ruang greenhouse. Pengukuran ini dilakukan dengan membandingkan sensor DHT11 dengan alat ukur suhu lainnya yaitu Digital Temperature, pada gambar 5 menunjukkan perbandingan nilai suhu.

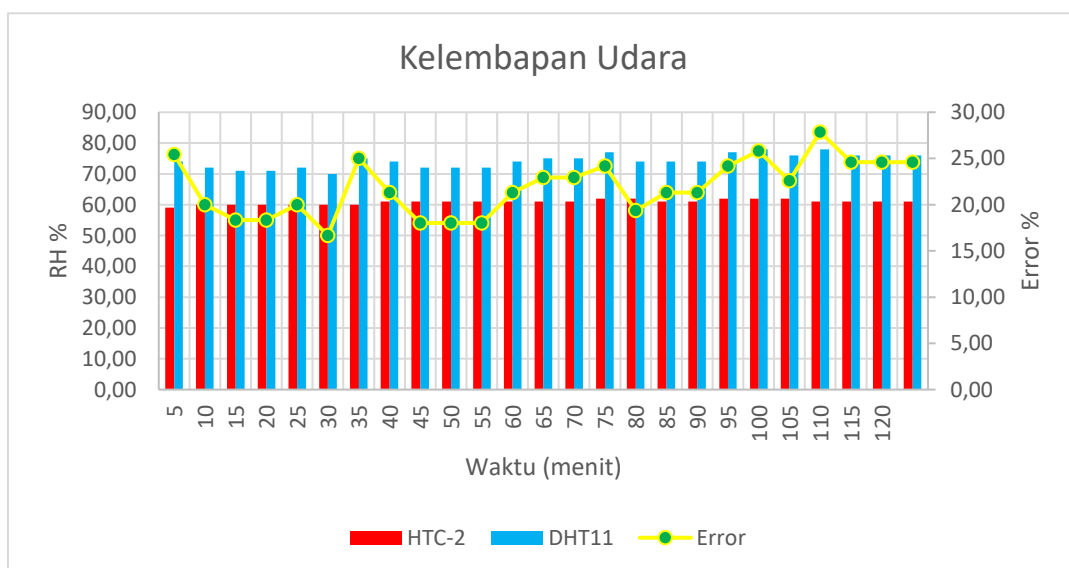


Gambar 5 Tampilan Keseluruhan Thingspeak

Nilai rata – rata suhu di akuarium untuk DHT11 31.66°C dan digital *temperature* 31.14°C terjadi selisih 0.52°C, Selisih yang terjadi pada kedua alat dimungkinkan karena akurasi alat, dan juga karena proses pembulatan hasil pada sensor.

Perbandingan nilai eror pada percobaan menunjukkan nilai eror tertinggi 2.90% dan nilai eror terendah 1.28%, perlu dilakukan kalibrasi pada sensor agar didapatkan hasil nilai eror yang lebih baik.

Pengujian sensor DHT11 yang dilakukan untuk mengukur kelembapan udara pada ruang *greenhouse*. Pengukuran ini dilakukan dengan membandingkan sensor DHT11 dengan alat ukur suhu lainnya yaitu Digital *Temperature*, pada gambar 6 menunjukkan nilai kelembapan udara.



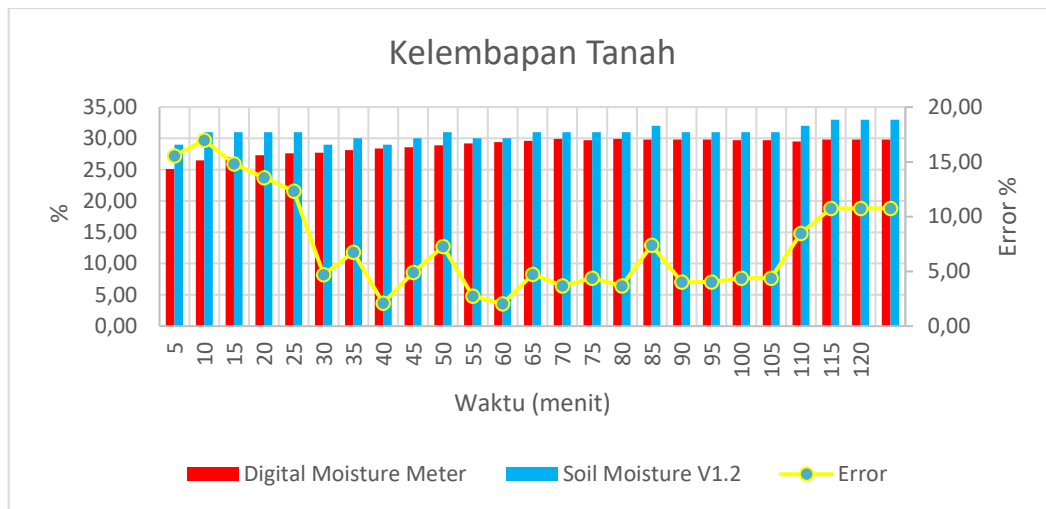
Gambar 6 grafik perbandingan kelembapan udara pada HTC-2 dan DHT11

Nilai rata – rata kelembapan udara diakuarium yang ditunjukkan untuk DHT11 74.20 %RH dan digital *temperature* 60.88 %RH terjadi selisih 13.32 %RH, Selisih yang terjadi pada kedua alat dimungkinkan karena akurasi alat, dan juga karena proses pembulatan hasil pada sensor.

Perbandingan nilai eror pada percobaan menunjukkan nilai eror tertinggi 27.87 % dan nilai eror terendah 16.67 %, perlu dilakukan kalibrasi pada sensor agar didapatkan hasil nilai eror yang lebih baik.

3.1.2. Pengujian Pada Soil Moisture V1.2

Pengujian sensor *Soil Moisture V1.2* yang dilakukan untuk mengukur kelembapan tanah pada ruang *greenhouse*. Pengukuran ini dilakukan dengan membandingkan sensor *Soil Moisture V1.2* dengan alat ukur suhu lainnya yaitu *Digital Moisture Meter*, pada gambar 7 menunjukkan nilai kelembapan tanah.



Gambar 7 grafik perbandingan kelembapan tanah pada *Digital Moisture Meter* dan *Soil Moisture V1.2*

Nilai rata – rata kelembapan tanah yang ditunjukkan untuk *Soil Moisture V1.2* adalah 30.92 % dan *Digital Moisture Meter* 28.82 % terjadi selisih 2.1 %, Selisih yang terjadi pada kedua alat dimungkinkan karena akurasi alat, dan juga karena proses pembulatan hasil pada sensor.

Perbandingan nilai eror pada percobaan menunjukkan nilai eror tertinggi 16.98 % dan nilai eror terendah 2.04 %, perlu dilakukan kalibrasi pada sensor agar didapatkan hasil nilai eror yang lebih baik.

3.1.3. Pengujian Sensor MQ-135

Pengujian sensor MQ-135 yang dilakukan untuk melihat nilai pada ruang *greenhouse*. Pengukuran ini belum membandingkan dengan alat acuan.

Tabel 1 Pengukuran kadar CO2 dengan sensor MQ-135

No	Waktu pengukuran (menit)	MQ-135 ppm
1	5	287
2	10	282
3	15	271
4	20	268

No	Waktu pengukuran (menit)	MQ-135 ppm
5	25	250
6	30	244
7	35	242
8	40	236
9	45	233
10	50	225
11	55	223
12	60	221
13	65	221
14	70	219
15	75	217
16	80	216
17	85	215
18	90	214
19	95	213
20	100	212
21	105	213
22	110	213
23	115	212
24	120	212
25	125	213

3.1.4. Pengujian Pada Modul LDR

Pengujian modul LDR dilakukan dengan cara menyiapkan penghalang antara sumber dan modul LDR untuk mengetahui respon dari feedback. Jarak sumber dengan modul LDR 40 cm, penghalang terus bergerak mendekati sumber.

Tabel 2 Pengukuran intensitas cahaya dengan modul LDR

No	Jarak (cm)	Kondisi LED Plant Growth	ADC
1	5	Mati	592
2	10	Mati	592
3	15	Mati	592
4	20	Nyala	600
5	25	Nyala	600
6	30	Nyala	601
7	35	Nyala	601
8	40	Nyala	602

Dari Tabel 2 ketika penghalang semakin mendekat dengan sumber *feedback* LED menyala dan nilai ADC semakin tinggi, jarak penghalang dengan sumber mempengaruhi pembacaan.

3.2. Kalibrasi Pembacaan Alat

Kalibrasi alat memiliki tujuan untuk memastikan bahwa pembacaan suhu, kelembapan udara dan kelembapan tanah yang dilakukan sensor yang diproses Aduino dapat akurat dan diterima hasilnya. Kegiatan ini dengan membandingkan hasil pembacaan suhu dan kelembapan yang berada di Arduino dan sensor DHT11 dengan alat HTC-2, untuk pembacaan kelembapan tanah dengan sensor *Soil Moisture* V1.2 membandingkan dengan digital moisture meter. Gambar 8 adalah tampilan kalibrasi sensor DHT 11 dan Gambar 9 *Soil Moisture* V1.2 dengan masing – masing alat acuan.



Gambar 8 Tampilan kalibrasi sensor DHT11 dengan HTC-2

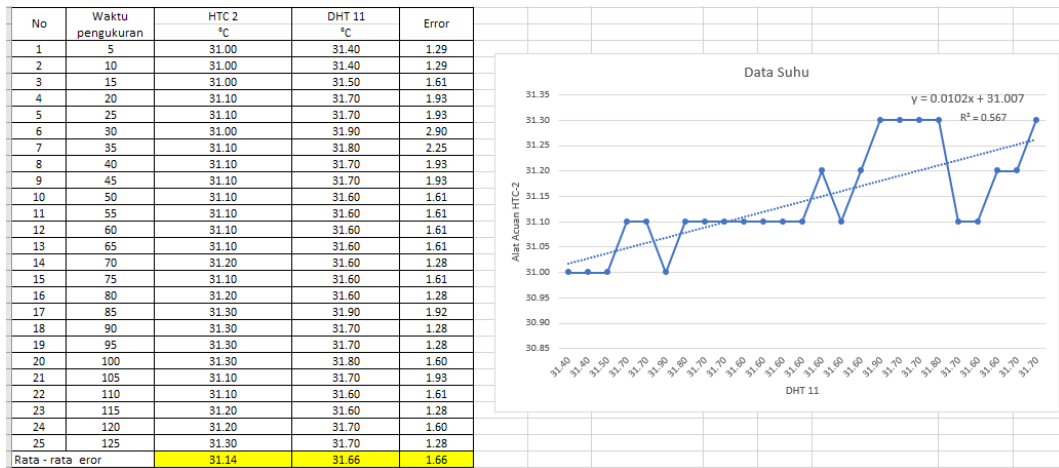


Gambar 9 Tampilan kalibrasi sensor *Soil Moisture* V1.2 dengan digital *moisture* meter.

Proses kalibrasi DHT11 dan *Soil Moisture* V1.2 dengan menggunakan metode regresi linier, metode ini menggunakan 2 variabel yaitu X variabel akibat dan Y variabel penyebab, variabel bebas yang digunakan yaitu DHT11 dan *Soil Moisture* V1.2 adapun variabel tidak bebas adalah pada sensor pembanding masing – masing. Persamaan pada metode regresi $Y = \alpha + \beta X$, α = konstanta, dan nilai β = koefisien regresi, data yang diambil adalah dari data sample. Peneliti mencari rumus regresi pada *Microsoft excel*.

3.2.1. Kalibrasi Pembacaan Suhu

Kalibrasi pembacaan suhu pada alat peneliti dibandingkan dengan HTC-02 pada akuarium, alat peneliti dan alat acuan dijalankan secara bersamaan untuk mengetahui hasil perbedaan nilai pada alat yang peneliti buat dan HTC-02 dan setiap perubahan nilai akan dicatat sebagai pengukuran. Gambar 10 menunjukkan grafik scatter dari data suhu.



Gambar 10 Grafik scatter suhu dengan rumus regresi linier

Hasil pembacaan yang diperoleh selanjutnya dimasukan ke program Arduino IDE agar pembacaan sensor DHT 11 mendekati nilai aktual dan eror yang kecil, pada tabel diatas rata – rata eror 1.66% .

Melakukan uji coba untuk pengambilan data setelah melakukan kalibrasi, data yang sudah diambil kemudian diolah dan dicari nilai eror.

Tabel 3 Tabel kalibrasi suhu setelah regresi

No	HTC 2 °C	DHT 11 °C	Error %
1	28.20	28.70	1.77
2	28.30	28.80	1.77
3	28.30	28.70	1.41
4	28.40	28.70	1.06
5	28.50	28.70	0.70
6	28.60	28.80	0.70
7	28.70	29.10	1.39
8	28.70	29.10	1.39
9	28.80	29.10	1.04
10	28.80	29.20	1.39
11	28.90	29.20	1.04
12	28.90	29.20	1.04
133	29.00	29.20	0.69
14	29.00	29.20	0.69
15	29.00	29.30	1.03
16	29.00	29.30	1.03

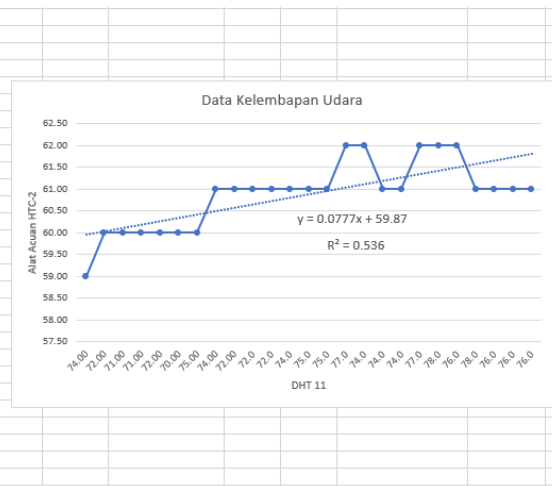
No	HTC 2 °C	DHT 11 °C	Eror %
17	29.10	29.30	0.69
18	29.10	29.30	0.69
19	29.10	29.40	1.03
20	29.20	29.50	1.03
21	29.30	29.50	0.68
22	29.30	29.60	1.02
23	29.30	29.80	1.71
24	29.30	29.80	1.71
25	29.30	30.10	2.73
Rata-rata	28.88	29.22	1.18

Berdasarkan tabel diatas memberikan hasil kalibrasi suhu dari alat yang peneliti buat dibandingkan dengan HTC-2. setelah melakukan regresi pada Microsoft Excel, nilai DHT11 mendekati nilai aktual dan nilai rata – rata eror menjadi kecil yaitu 1.18 % hal ini menunjukkan bahwa dengan metode regresi menghasilkan nilai eror yang kecil dibandingkan sebelumnya.

3.2.2. Kalibrasi Pembacaan Kelembapan Udara

Kalibrasi pembacaan kelembapan udara pada alat peneliti dibandingkan dengan HTC-02 pada ruang greenhouse, alat peneliti dan alat acuan dijalankan secara bersamaan untuk mengetahui hasil perbedaan nilai pada alat yang peneliti buat dan HTC-02 setiap perubahan nilai akan di catat sebagai pengukuran.

No	Waktu pengukuran	HTC 2 %RH	DHT 11 %RH	Error
1	5	59.00	74.00	25.42
2	10	60.00	72.00	20.00
3	15	60.00	71.00	18.33
4	20	60.00	71.00	18.33
5	25	60.00	72.00	20.00
6	30	60.00	70.00	16.67
7	35	60.00	75.00	25.00
8	40	61.00	74.00	21.31
9	45	61.00	72.00	18.03
10	50	61.0	72.0	18.03
11	55	61.0	72.0	18.03
12	60	61.0	74.0	21.31
13	65	61.0	75.0	22.95
14	70	61.0	75.0	22.95
15	75	62.0	77.0	24.19
16	80	62.0	74.0	19.35
17	85	61.0	74.0	21.31
18	90	61.0	74.0	21.31
19	95	62.0	77.0	24.19
20	100	62.0	78.0	25.81
21	105	62.0	76.0	22.58
22	110	61.0	78.0	27.87
23	115	61.0	76.0	24.59
24	120	61.0	76.0	24.59
25	125	61.0	76.0	24.59
Rata - rata error		60.88	74.20	21.87



Gambar 11 Grafik scatter kelembapan udara dengan rumus regresi linier

Berdasarkan tabel diatas hasil pembacaan yang diperoleh nilai rata – rata eror sangat tinggi yaitu 21.87% selanjutnya dimasukan ke koding Arduino IDE agar pembacaan sensor DHT 11 mendekati nilai actual.

Melakukan uji coba untuk pengambilan data setelah melakukan kalibrasi, data yang sudah diambil kemudian diolah dan dicari nilai eror.

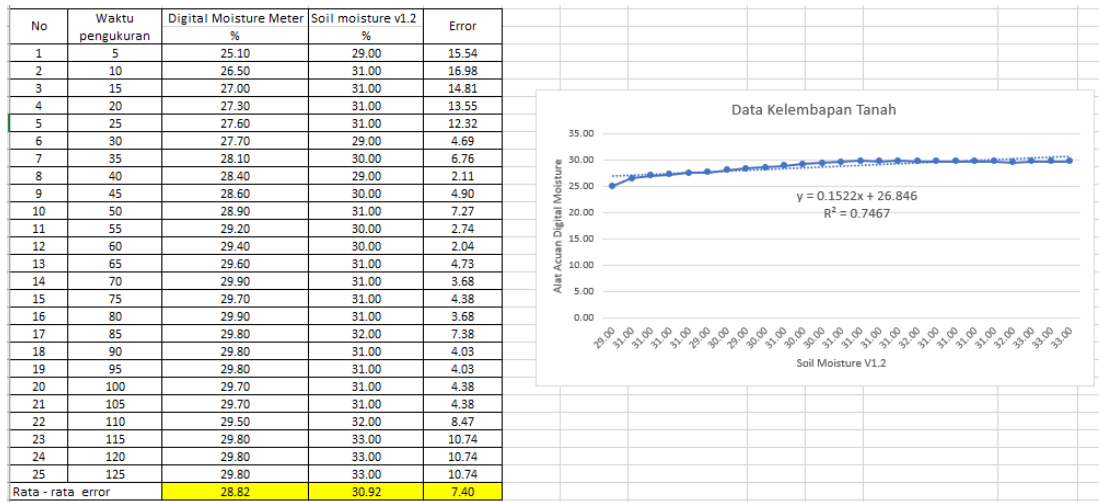
Tabel 4 Tabel kalibrasi kelembapan udara setelah regresi

No	HTC 2 %RH	DHT 11 %RH	Error %
1	76.00	83.00	9.21
2	76.00	83.00	9.21
3	76.00	85.00	11.84
4	76.00	85.00	11.84
5	76.00	83.00	9.21
6	76.00	82.00	7.89
7	76.00	81.00	6.58
8	76.00	79.00	3.95
9	76.00	79.00	3.95
10	75.00	79.00	5.33
11	75.00	78.00	4.00
12	72.00	75.00	4.17
13	73.00	74.00	1.37
14	73.00	72.00	1.37
15	73.00	72.00	1.37
16	73.00	72.00	1.37
17	73.00	72.00	1.37
18	72.00	71.00	1.39
19	72.00	72.00	0.00
20	72.00	71.00	1.39
21	73.00	72.00	1.37
22	73.00	71.00	2.74
23	73.00	71.00	2.74
24	73.00	71.00	2.74
25	73.00	72.00	1.37
Rata-rata	74.08	76.20	4.31

Berdasarkan tabel diatas memberikan hasil kalibrasi suhu dari alat yang peneliti buat dibandingkan dengan HTC-2. setelah melakukan regresi pada Microsoft Excel, nilai DHT11 mendekati nilai aktual dan nilai rata – rata eror menjadi kecil yaitu 4.31% hal ini menunjukkan bahwa dengan metode regresi menghasilkan nilai eror yang kecil dibandingkan sebelumnya dan metode regresi efektif mengurangi eror pada percobaan sebelumnya.

3.2.3. Kalibrasi Pembacaan Kelembapan Tanah

Kalibrasi pembacaan kelembapan tanah pada alat peneliti dibandingkan dengan *digital moisture meter* pada tanah di ruang *greenhouse*, alat peneliti dan alat acuan dijalankan secara bersamaan untuk mengetahui hasil perbedaan nilai pada alat yang peneliti buat dan *digital moisture meter* dan setiap perubahan nilai akan di catat sebagai pengukuran.



Gambar 12 Grafik scatter kelembapan tanah dengan rumus regresi linier

Hasil pembacaan yang diperoleh memiliki nilai rata – rata error 7.40%. Selanjutnya dimasukan ke koding Arduino IDE agar pembacaan sensor *Soil Moisture V1.2* mendekati nilai aktual.

Melakukan uji coba untuk pengambilan data setelah melakukan kalibrasi, data yang sudah diambil kemudian diolah dan dicari nilai error.

Tabel 5 Tabel kalibrasi kelembapan tanah setelah regresi

No	Moisture digital %	Soil Moisture v2 %	Error %
1	41.00	38.0	7.32
2	41.00	38.0	7.32
3	40.30	38.0	5.71
4	40.50	41.0	1.23
5	40.20	41.00	1.99
6	39.80	41.00	3.02
7	41.80	42.00	0.48
8	39.00	42.00	7.69
9	39.00	42.00	7.69
10	38.70	41.00	5.94
11	38.80	41.00	5.67
12	40.00	42.00	5.00
13	40.00	42.00	5.00
14	39.90	41.00	2.76
15	40.00	41.00	2.50
16	40.00	41.00	2.50
17	39.90	41.00	2.76
18	39.90	41.00	2.76
19	39.80	41.00	3.02
20	40.10	41.00	2.24

No	Moisture digital %	Soil Moisture v2 %	Eror %
21	40.00	41.00	2.50
22	40.00	41.00	2.50
23	40.00	41.00	2.50
24	40.00	41.00	2.50
25	40.00	41.00	2.50
Rata-rata	39.99	40.84	3.80

Berdasarkan tabel diatas memberikan hasil kalibrasi suhu dari alat yang peneliti buat dibandingkan dengan digital moisture meter. setelah melakukan regresi pada Microsoft Excel, nilai sensor *Soil Moisture* V1.2 mendekati nilai aktual dan nilai rata – rata eror menjadi kecil yaitu 3.80% hal ini menunjukkan bahwa dengan metode regresi menghasilkan nilai eror yang kecil dibandingkan sebelumnya.

4. Kesimpulan

Sistem yang dibuat telah sesuai dengan yang diharapkan yaitu dapat monitoring suhu, kelembapan udara, kelembapan tanah, CO₂ dan intensitas cahaya pada ruang greenhouse secara online.

Pengukuran suhu dan kelembapan udara pada ruang greenhouse dengan sensor DHT11 dan HTC-02 menggunakan metode regresi memberikan nilai rata-rata eror suhu 1.18% dibandingkan dengan nilai sebelumnya 1.66%, untuk kelembapan udara 4.31% dari nilai sebelumnya 21.78%, metode regresi cara yang efektif untuk meminimalisasi nilai eror. Pengukuran kelembapan tanah dengan *soil moisture* V1.2 dan *soil moisture* digital, menggunakan metode regresi memberikan nilai rata-rata eror 3.80% dibandingkan nilai sebelumnya 7.40%, metode regresi cara yang efektif untuk meminimalisir nilai eror.

Implementasi IoT dengan ThingSpeak pada penelitian ini dapat berjalan dengan baik, sehingga memberikan kemudahan untuk proses pengolahan data digital secara *real time*, tetapi belum dapat melakukan kontrol pada sistem *feedback*.

Otomatisasi feedback sudah berjalan dengan baik, sesuai dengan kondisi ruang greenhouse.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada Tim Seminar Nasional Teknik Elektro 2021 yang telah menyelenggarakan seminar ini.

Referensi

- [1] Supardi, "Pertumbuhan Tanaman," Research Gate, [online document].2020. Available: https://www.researchgate.net/publication/341540066_PERTUMBUHAN_TANAMAN [Accessed: 28 Agustus 2021]
- [2] Syaharuddin.khsan, Irfan, "Rancang Bangun Pengontrolan Kelembapan Tanah dengan Menggunakan Aplikasi Arduino,"*Skripsi*, 2018.
- [3] H. R. Lubis, "Rancang Bangun Smart System Ruang Greenhouse Berbasis IOT dengan Menggunakan Arduino Uno," *Skripsi*, pp. 4 - 5, 2020.

ID: 21

Perancangan Alat Pendeteksi Kebocoran Gas LPG Berbasis Sensor MQ-2 dan Arduino Uno

Design of LPG Gas Leak Detection Equipment Based on MQ-2 Sensor and Arduino Uno

Mardi Irawan^{1*}

¹Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Pelita Harapan

Jl. M.H. Thamrin Boulevard 1100, Lippo Karawaci Tangerang, Banten 15811, 021-5460901
mi80006@student.uph.edu¹

Abstrak – Pada era modern seperti sekarang ini, penggunaan gas LPG (Liquefied Petroleum Gas) cukup penting baik di rumah tangga maupun industri. Kemudahan dalam penggunaan dan harganya yang terjangkau menyebabkan LPG banyak dimanfaatkan untuk kebutuhan rumah tangga. Namun gas LPG dapat berdampak negatif, bilamana penggunaannya tidak dilakukan dengan baik dan benar. Sifatnya yang mudah terbakar, mudah bocor dan menybar kemana-mana di udara membuat gas LPG ini sebagai salah satu pencetus kebakaran. Kebocoran gas LPG ini sering sekali terlambat terdeteksi bahkan terabaikan atau tidak disadari, ketika bahaya kebakaran sudah sulit dikendalikan. Kebakaran yang disebabkan oleh kebocoran gas ini diperparah dengan adanya akumulasi dari gas itu sendiri pada ruangan tertutup yang bercampur antara gas, oksigen dan panas. Oleh sebab itu dalam TA ini penulis merancang suatu sistem peringatan dini pendeteksi dan monitoring kebocoran gas. Dengan pemanfaatan Arduino Uno sebagai otak atau mikrokontrolernya, sensor MQ-2 sebagai sensor pendeteksi kebocoran gas LPG. Piranti-piranti tersebut diintegrasikan kedalam satu system dimana terdapat protokol wireless 2.4 GHz. Dengan demikian alat ini dapat mengirimkan informasi ke user melalui aplikasi Blynk yang terinstal pada handphone. IoT (Internet of Things) sebagai media interface dalam monitoring aktual secara real time.

Kata Kunci: LPG, Arduino, sensor MQ-2, internet of things.

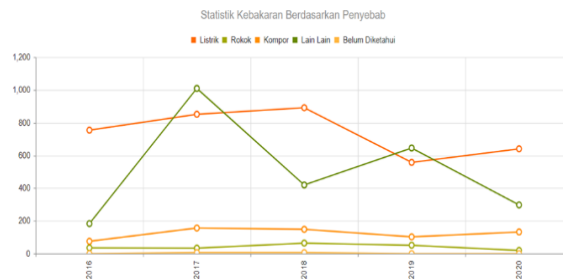
Abstract – In this modern era, the use of LPG (Liquefied Petroleum Gas) is quite important both in households and industry. Ease of use and affordable prices cause LPG to be widely used for household needs. However, LPG gas can have a negative impact, if its usage is not carried out properly and correctly. Its flammable nature, easy to leak and spread everywhere in the air makes this LPG gas one of the originators of fires. LPG gas leaks are often detected too late and even ignored or not realized, when the danger of fire is difficult to control. Fires caused by gas leaks are exacerbated by the accumulation of the gas itself in a closed room which is a mixture of gas, oxygen and heat. Therefore, in this research work the author designed an early warning system for detecting and monitoring gas leaks. By using Arduino Uno as the brain or microcontroller, the MQ-2 sensor is used to detect LPG gas leaks. These devices are integrated into one system where there is a 2.4 GHz wireless protocol. Thus this tool can send information to the user through the Blynk application installed on the cellphone. IoT (internet of things) as a media interface for actual monitoring in real time. The results of the research conducted a test using a torch with two different boxes, the size of the area of box a = 0.31 m and the area of box b = 0.63 m. The research findings are differences in the average gas values read in box a and box b, the closest distance is 4cm box a = 4783.67 ppm and box b = 4152.67 ppm, the farthest distance is 32 cm box a = 3368.33 and box b = 3539.00. From these experiments, it was concluded that the distance of the gas leak to the area of the room affects the results of gas leak detection.

Keywords: LPG, Arduino, sensor MQ-2, internet of things.

1. Pendahuluan

Di zaman modern seperti sekarang ini, penggunaan LPG (*Liquefied Petroleum Gas*) baik di rumah tangga maupun industri menjadi sangat penting. Kemudahan penggunaan dan harga yang terjangkau membuat LPG banyak digunakan untuk keperluan rumah tangga. Namun, gas LPG dapat menimbulkan dampak negatif jika tidak digunakan dengan benar dan tepat. Sifatnya yang mudah terbakar, yang lolos dan menyebar dengan mudah di mana saja di udara, menjadikan gas LPG ini sebagai penyebab kebakaran. Kebakaran akibat kebocoran gas LPG ini disebabkan oleh kesalahan pengguna saat memasang regulator. Selain itu, kebocoran gas juga dapat disebabkan oleh kerusakan katup, pipa yang rusak atau karet pengaman yang rusak yang dapat menciptakan ruang bagi gas untuk keluar dari pipa. Kebocoran gas LPG seringkali terlambat terdeteksi bahkan diabaikan atau tidak terdeteksi sama sekali jika risiko kebakaran sulit dikendalikan. Kebakaran yang disebabkan oleh kebocoran gas diperparah oleh akumulasi gas itu sendiri di ruang tertutup, yang merupakan campuran gas, oksigen, dan panas.

Menurut statistik jakartafire.net penyebab kebakaran kebocoran gas elpiji, masih di urutan ketiga. Gambar 1 menunjukkan dari tahun 2016 hingga 2020 bahwa kebocoran gas tetap menjadi sumber utama kebakaran.



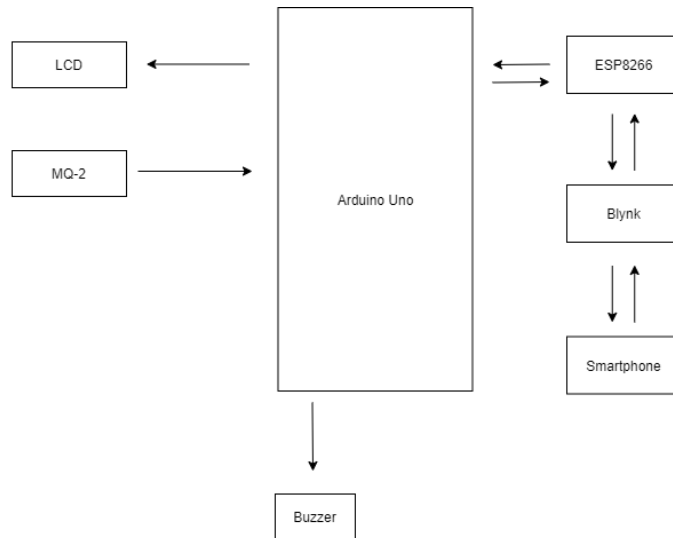
Gambar 1. Statistik kebakaran berdasarkan penyebab [4].

Berdasarkan permasalahan di atas, penulis merancang sistem peringatan dini untuk mendeteksi dan memantau kebocoran gas. Dalam hal ini beberapa penelitian serupa hanya menampilkan hasil pada LCD [1] lalu membandingkan sensitifitas sensor [2] dan memantau kebocoran gas dengan sensor lain [3] hal yang membedakan dalam penelitian ini adalah dengan penggunaan sensor MQ-2 beserta hasil sensor dan kadar ppm kebocoran gas yang juga ditampilkan pada smartphone pengguna dengan koneksi internet dan aplikasi Blynk.

2. Metode Penelitian

2.1. Diagram Blok

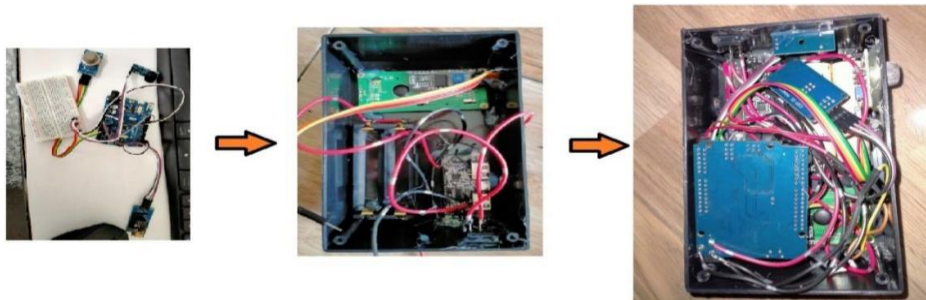
Rancangan konsep sesuai dengan kebutuhan komponen pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2, mikrokontroler menggunakan Arduino Uno sebagai penerima informasi dari sensor MQ2, kemudian informasi tersebut ditampilkan pada LCD, mengaktifkan buzzer hingga meneruskan informasi ke module WiFi agar dapat diteruskan ke *handphone user* dengan memanfaatkan modul WiFi ESP8266 dan *Internet of Things* (IoT). Selain itu data juga ditampilkan melalui *User Interface* pada *smartphone*.



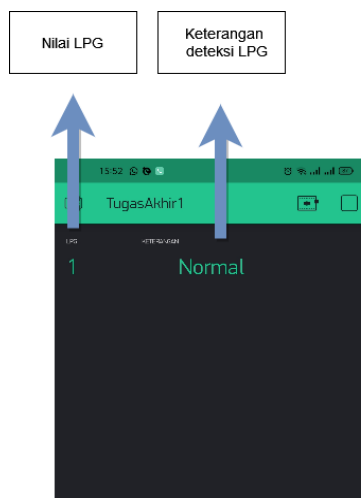
Gambar 2. Blok Diagram

2.2. Implementasi Perangkat Keras dan Aplikasi

Pembuatan perangkat terdapat dua bagian yaitu blynk sebagai sistem pemantauan dan *hardware* mendeteksi kebocoran. Implementasi perangkat dapat dilihat pada gambar 3 dan 4 yang menunjukkan hasil implementasi perangkat keras dan tampilan pada *smartphone*.



Gambar 3. Implementasi Keseluruhan Perangkat Keras



Gambar 4. Tampilan Desain Aplikasi Blynk

Pada Gambar 4 merupakan rancangan tampilan pada aplikasi *Blynk*.

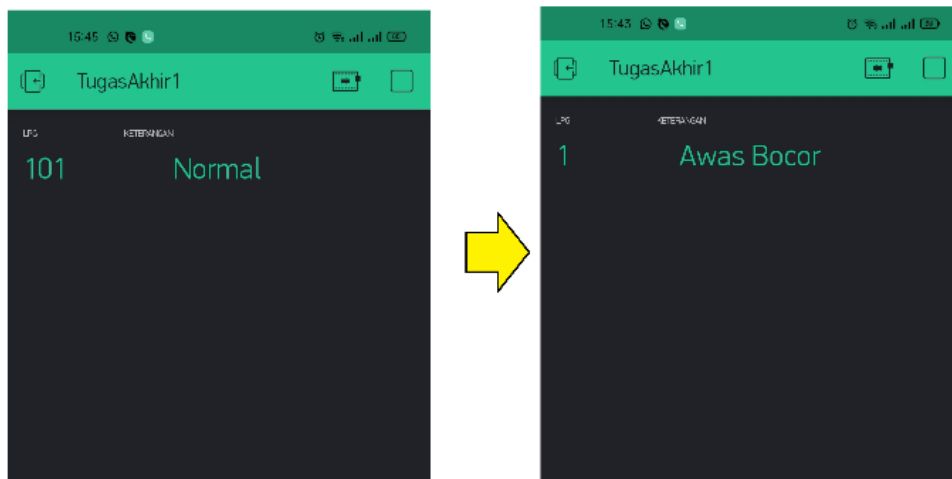
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengujian Alat

Pada proses pengujian alat ini penulis melakukan beberapa percobaan, di mana penulis melakukan 2x percobaan sebagai perbandingan sekaligus komparasi keefektivitasan alat ini. Adapun uji coba yang dilakukan antara lain:

1. Melakukan pengujian pertama pembacaan nilai kebocoran gas LPG pada ruangan box dengan ukuran P = 43 cm, L = 26 cm, dan Tinggi 28 cm. Kebocoran gas menggunakan *torch* yang diputar sehingga gas bocor.
2. Melakukan pengujian kedua pembacaan nilai kebocoran as LPG pada ruangan box dengan ukuran P = 56 cm, L = 32 cm, dan Tinggi 35 cm. Kebocoran gas menggunakan *torch* yang diputar sehingga gas bocor.

Pengujian pada gambar 1. sebagai contoh dilakukan dengan *torch*, didalam box terdapat perubahan keterangan saat nilai ppm melebihi batas yang sudah ditentukan.



Gambar 5. Hasil Perubahan Pembacaan Sensor pada Blynk

Adapun proses pengujian sekaligus pengukuran ini dapat dilihat pada Gambar 6 dan 7.



Gambar 6. Percobaan Pertama

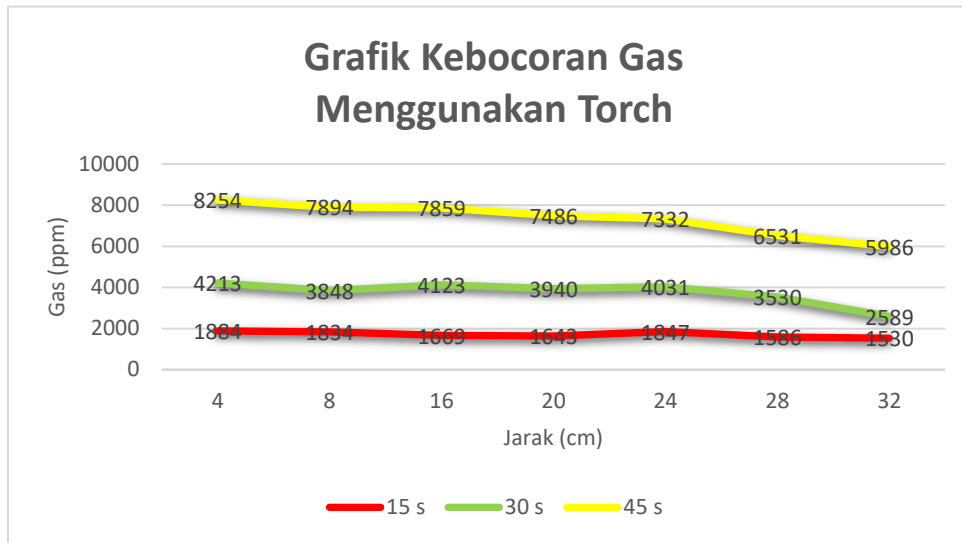


Gambar 7. Percobaan Kedua

Pada proses pengujian alat didapatkan hasil pengukuran, sebagai berikut

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Percobaan Pertama

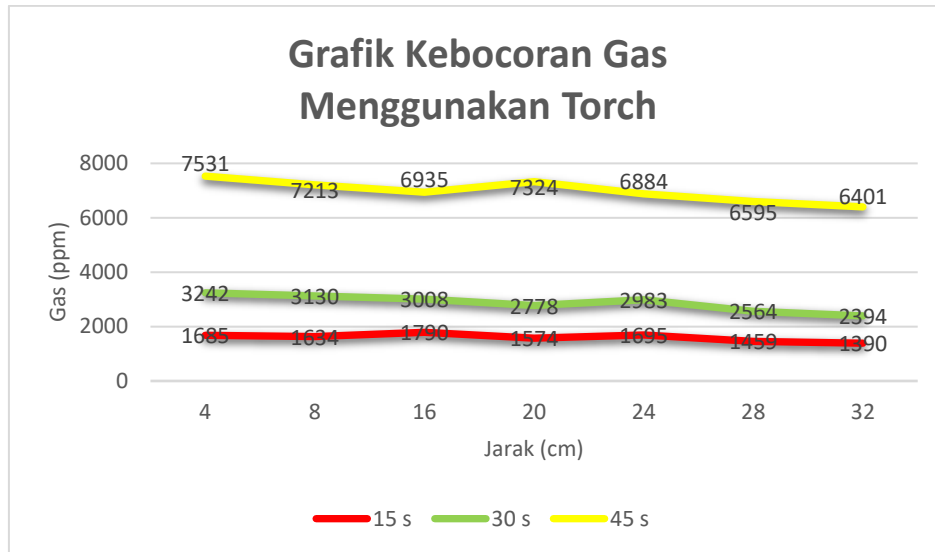
No	Batas Sensor (treshold)Gas (ppm)	Waktu (s)	Jarak (Cm)	Gas Terdata (ppm)	Rata rata (ppm)
1	>200	15	4	1884	4783.67
2	>200	30	4	4213	
3	>200	45	4	8254	
4	>200	15	8	1834	4525.33
5	>200	30	8	3848	
6	>200	45	8	7894	
7	>200	15	16	1669	4550.33
8	>200	30	16	4123	
9	>200	45	16	7859	
10	>200	15	20	1643	4356.33
11	>200	30	20	3940	
12	>200	45	20	7486	
13	>200	15	24	1847	4403.33
14	>200	30	24	4031	
15	>200	45	24	7332	
16	>200	15	28	1586	3882.33
17	>200	30	28	3530	
18	>200	45	28	6531	
19	>200	15	32	1530	3368.33
20	>200	30	32	2589	
21	>200	45	32	5986	



Gambar 8 Grafik Perbandingan Hasil Pengukuran Percobaan Pertama

Tabel 2. Data Hasil Pengukuran Percobaan Kedua

No	Batas Sensor (treshold)Gas (ppm)	Waktu (s)	Jarak (Cm)	Gas Terdata (ppm)	Rata rata (ppm)
1	>200	15	4	1685	4152.67
2	>200	30	4	3242	
3	>200	45	4	7531	
4	>200	15	8	1634	3992.33
5	>200	30	8	3130	
6	>200	45	8	7213	
7	>200	15	16	1790	3911.00
8	>200	30	16	3008	
9	>200	45	16	6935	
10	>200	15	20	1574	3892.00
11	>200	30	20	2778	
12	>200	45	20	7324	
13	>200	15	24	1695	3854.00
14	>200	30	24	2983	
15	>200	45	24	6884	
16	>200	15	28	1459	3506.00
17	>200	30	28	2564	
18	>200	45	28	6595	
19	>200	15	32	1390	3595.00
20	>200	30	32	2394	
21	>200	45	32	6401	



Gambar 8 Grafik Perbandingan Hasil Pengukuran Percobaan Kedua

Berdasarkan kedua hasil percobaan tersebut didapatkan perbedaan yang signifikan dari nilai gas terbaca pada percobaan pertama dan percobaan kedua dengan dimensi ruang yang lebih kecil nilai kebocoran gas lebih tinggi, dapat dilihat pada Gambar 5.10 dan Gambar 5.11 bahwa kecenderungan grafik turun hal ini didasari oleh jarak yaitu semakin jauh sumber kebocoran gas dengan alat pendeteksi, semakin kecil nilai yang terdeteksi. Nilai kebocoran gas ini juga dipengaruhi oleh ukuran ruangnya. Semakin besar kebocorannya maka semakin besar pula nilai yang terbaca oleh sensor MQ-2. Semakin banyaknya gas yang bocor dan terakumulasi pada suatu ruangan tertutup maka akan semakin besar pula potensi kebakaran. Sehingga alat yang telah dibuat oleh penulis berfungsi sebagai mana harapan untuk peringatan lebih dini pada kebocoran gas.

4. Kesimpulan

Mendapatkan rancangan sistem pendeteksi kebocoran gas LPG secara dini dan mendapatkan Perancangan alat *monitoring* yang real time untuk kebocoran gas LPG menggunakan prinsip *Internet of Things (IoT)*. Dapat dibangun dengan menggunakan Arduino Uno, Sensor MQ-2, *Module Wifi ESP8266*, *Buzzer* serta *LCD I2C*.

Berdasarkan kedua hasil percobaan tersebut didapatkan perbedaan yang signifikan dari nilai gas terbaca pada percobaan pertama dan percobaan kedua dengan dimensi ruang yang lebih kecil nilai kebocoran gas lebih tinggi. Di mana nilai kebocoran gas ini juga dipengaruhi oleh jarak beserta ukuran ruangnya. Semakin besar kebocorannya maka semakin besar pula nilai yang terbaca oleh sensor MQ-2. Dan semakin banyaknya gas yang bocor dan terakumulasi pada suatu ruangan tertutup maka akan semakin besar pula potensi kebakaran.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada Tim Seminar Nasional Teknik Elektro 2021 yang telah menyelenggarakan seminar ini.

Referensi

- [1] F. Nasution, "Alat Pendeteksi Kebocoran Gas LPG Menggunakan Sensor MQ-6 Berbasis Arduino Uno dan ATmega 8," Laporan Projek Akhir II, pp. 4 - 16, 2019.

- [2] A. Fachrureza, Y. Saragih and R. Hidayat, "Pemanfaatan sensor MQ-6 pada sistem pendeteksi gas LPG," *Jurnal Teknik Elektro Terapan*, vol. 10, no. 1, pp. 45 - 50, 2021.
- [3] I. Kurniaty and H. Hermansyah, "Media Neliti," 8 November 2016. [Online]. Available: <https://media.neliti.com/media/publications/172397-ID-potensi-pemanfaatan-lpg-liquefied-petrol.pdf>. [Accessed 13 June 2021].
- [4] Dinas Penanggulangan Kebakaran dan Penyelamatan Provinsi DKI Jakarta. "Statistik Kebakaran Berdasarkan Penyebab". Internet: <https://www.jakartafire.net/statistic>, 2019 [May. 22, 2021].

ID: 22

Perancangan Sistem *Smart Key* Sepeda Motor Berbasis NodeMCU ESP8266

Design of A Motorcycle Smart Key System Based on NodeMCU ESP8266

Ignatius Loyola Wuarbanaran¹

¹Universitas Pelita Harapan

iw80005@student.uph.edu¹

Abstrak – Perancangan sistem smart key pada sepeda motor yang terhubung secara nirkabel ke smartphone difungsikan agar sepeda motor yang belum memiliki sistem smart key dapat memilikinya. Diharapkan ke depannya dengan alat ini dapat membantu pengguna sepeda motor yang sering kelupaan kunci kontak sepeda motor, memiliki backup yang bisa digunakan melalui smartphone, serta mencari posisi motor di tempat parkir. Pada perancangan sistem smart key ini menggunakan perangkat keras NodeMCU 8266, relay dan regulator. Untuk perangkat lunak menggunakan Arduino IDE yang digunakan untuk membuat web server. Untuk pembuatan aplikasi pada smartphone berbasis android menggunakan appsgeyser yaitu suatu website untuk mengubah web server menjadi aplikasi yang bisa diunduh dan di instal pada smartphone berbasis Android. Hasil uji coba perancangan alat ini memiliki kelebihan jangkauan dibandingkan dengan sistem smart key motor Honda Vario 150 tahun 2019. Untuk perancangan alat ini masih memiliki kekurangan dan diharapkan pada penelitian ke depannya dapat dikembangkan dan disempurnakan, seperti adanya penambahan sistem keamanan (sidik jari/GPS), menambahkan voice control, bisa membuka kunci stang sepeda motor, dapat beroperasi juga pada sistem IOS, sebab jika hal-hal tersebut bisa dilakukan maka kemudahan bagi pengguna sepeda motor semakin baik.

Kata Kunci: Sistem Smart key, Nirkabel, NodeMCU esp8266, Sepeda Motor, Smartphone..

Abstract – The design of a smart key system on a motorcycle that is connected wirelessly to a smartphone is enabled so that motorcycles that do not have a smart key system can have it. It is hoped that in the future this tool can help motorcycle users who often forget their motorcycle ignition keys, have backups that can be used via smartphones, and find the position of the motorcycle in the parking lot. In designing this smart key system using NodeMCU 8266 hardware, relays and regulators. For software using Arduino IDE which is used to create a web server. For making applications on android-based smartphones using appsgeyser, which is a website to convert web servers into applications that can be downloaded and installed on Android-based smartphones. The results of the trial design of this tool have a range advantage compared to the Honda Vario 150 motorcycle smart key system in 2019. For the design of this tool it still has shortcomings and it is hoped that in future research it can be developed and perfected, such as the addition of a security system (fingerprint/GPS). , add voice control, can unlock motorcycle handlebars, can also operate on the IOS system, because if these things can be done then the convenience for motorcycle users will be better.

Keywords: Smart key system, Wireless, NodeMCU esp8266, Motorcycle, Smartphone.

1. Pendahuluan

Di era sekarang ini pertumbuhan kendaraan bermotor sangat pesat terutama sepeda motor yang penggunaannya hampir mencapai 133 juta. Dari sisi kualitas dan teknologi kendaraan pun berkembang seperti fitur smart key yaitu suatu sistem di mana tidak diperlukan lagi kunci konvensional untuk menyalakan sepeda motor tetapi menggunakan remote dan bisa terhubung secara nirkabel .

Inovasi sistem smart key pada sepeda motor sangat penting karena dengan fitur ini diharapkan dapat mengurangi pencurian kendaraan sepeda motor, selain dari sisi keamanan,

SENTER VI 2021, 18 November 2021, pp. 172-181

ISBN: 978-602-60581-7-1

inovasi smart key mempermudah pengguna ketika mengalami kelupaan kunci, menemukan sepeda motor di parkir. Tetapi sayangnya tidak semua sepeda motor memiliki fitur sistem smart key.

Dewasa ini perkembangan teknologi yang dipadukan oleh teknologi nirkabel mulai berkembang seperti wireless charging, smart home, dan lain lain, Salah satu kelebihan yang luar biasa dari wireless adalah bisa disambungkan ke smartphone.

Oleh karena itu, dengan alasan-alasan yang penulis sebutkan di atas, maka penulis ingin merancang sebuah alat tambahan pada sepeda motor, yang penulis beri judul Perancangan Sistem Smart Key Sepeda Motor Nirkabel Berbasis NodeMCU Esp8266, dengan adanya alat ini diharapkan sepeda motor yang belum memiliki fitur smart key dapat memiliki teknologi tersebut tanpa harus mengganti sepeda motor sehingga dapat mempermudah pengguna kendaraan sepeda motor.

2. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini didasarkan pada hasil pengamatan secara langsung dan disusun berdasarkan hasil perancangan yang dilakukan:

2.1. Komponen yang digunakan

2.1.1. Sepeda Motor

Sepeda motor adalah kendaraan beroda dua yang digerakkan oleh sebuah mesin. Letak kedua roda depan dan belakang sejajar dan pada kecepatan tinggi sepeda motor tetap stabil disebabkan oleh gaya giroskopik. Sedangkan pada kecepatan rendah, kestabilan atau keseimbangan sepeda motor bergantung kepada pengaturan setang oleh pengendara.

2.1.2. Smartphone

Smartphone adalah telepon genggam yang bisa menjalankan banyak fungsi seperti streaming, browsing, download, upload biasanya memiliki layar sentuh, akses internet, dan sistem operasi yang mampu menjalankan aplikasi yang di install di dalamnya.

2.1.3. NodeMCU ESP8266

NodeMCU esp8266 adalah mikrokontroler yang memiliki tambahan Wi-Fi dan memiliki firmware opensource yang ditargetkan untuk aplikasi IoT, dengan harganya yang murah perangkat ini mampu untuk mengontrol berbagai hal dari mana saja dan sangat baik untuk proyek IoT.

2.1.4. Relay

Relay adalah sakelar listrik yang menggunakan elektromagnetik untuk mengubah rangsangan listrik kecil menjadi arus yang lebih besar. Konversi ini terjadi ketika input listrik mengaktifkan elektromagnetik sehingga dapat mengendalikan atau memutus sirkuit yang ada.

Pada kesempatan ini penulis menggunakan module relay dual channel kurang lebih sama dengan module relay tunggal, tetapi dengan beberapa fitur tambahan seperti isolasi optik. Modul relay dual channel dapat digunakan juga untuk mengalihkan beban daya listrik dari pin mikrokontroler.

2.1.5. Regulator

Regulator merupakan perangkat yang dapat mengubah tegangan arus searah (DC) input, menjadi tegangan arus searah (DC) yang diinginkan. regulator switching berperan mengubah tegangan dari baterai atau sumber daya lainnya ke tegangan yang dibutuhkan, regulator yang digunakan mengkonversi tegangan masukan 6 – 12V ke 5V.

2.1.6. Arduino IDE

Integrated Development Environment atau yang biasa disingkat dengan IDE, merupakan aplikasi opensource yang terintegrasi untuk melakukan pengembangan. Melalui software inilah NodeMCU esp8266 diprogram untuk menjalankan fungsi-fungsi yang diperlukan melalui bahasa pemrograman. Bahasa pemrograman Arduino IDE memiliki bahasa program sendiri dan hampir menyerupai bahasa pemrograman C.

2.1.7. Web Server

Web Server ialah perangkat lunak yang difungsikan untuk membuka website. perangkat lunak ini dapat mendistribusikan halaman yang diminta. Tujuan utama dari web server adalah untuk memproses, menyimpan dan mengirimkan halaman website kepada pengguna yang memanggilmnya. Interkomunikasi ini dilakukan dengan menggunakan Hypertext Transfer Protocol (HTTP). Halaman website biasanya terdiri dari gambar, dokumen HTML, teks, dan lain-lain.

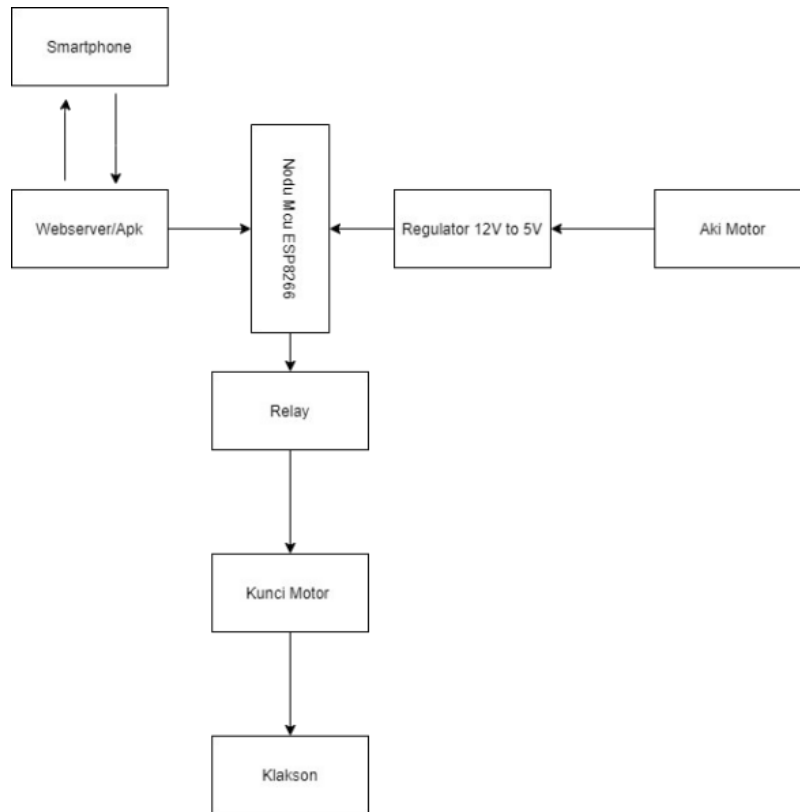
Tugas utama web server adalah menampilkan konten situs website. Ketika seseorang meminta website dengan menambahkan URL atau alamat website pada bilah alamat browser (seperti Chrome atau Firefox) dan menuliskan (seperti www.learn.uph.edu), browser akan mengirimkan permintaan ke internet untuk melihat halaman website tersebut.

2.1.8. Appgesyer

Appgesyer adalah suatu website untuk mengubah web server menjadi aplikasi yang nantinya bisa digunakan di smartphone berbasis android.

2.2. Skema Perancangan

Berikut skema rancangan dalam penelitian ini, seperti pada gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1 Skema rancangan

Keterangan skema perancangan :

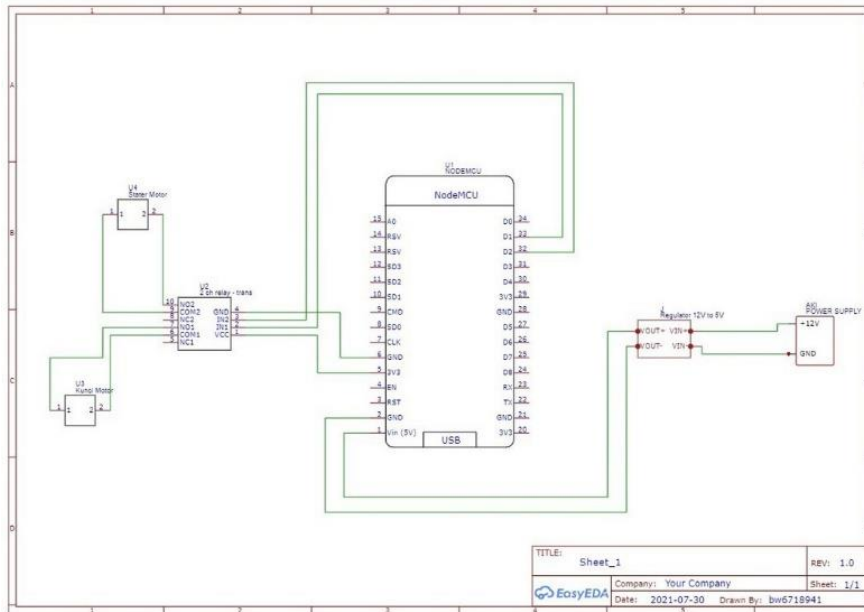
- Smartphone berfungsi untuk, mengontrol perangkat yang terpasang pada sepeda motor
- NodeMCU ESP 8266 digunakan untuk melakukan proses data sesuai dengan program yang telah dibuat ke modul NodeMCU ESP 8266.
- Relay berfungsi menyalakan atau mematikan arus listrik yang diperintahkan dari smartphone baik ke kunci kontak atau klakson motor.
- Regulator berfungsi untuk mengubah besaran tegangan pada aki motor.
- Aki motor berfungsi sebagai catu daya.

2.3. Diagram Schematic

Tahapan perancangan rangkaian alat sistem smart key motor ini mengikuti schematic seperti gambar 2. Dibawah ini, yang dilakukan sebagai berikut:

- Pasang kabel penghubung pada pin D1 NodeMCU esp8266 ke pin IN1 pada relay
- Pasang kabel penghubung pada pin D2 NodeMCU sp8266 ke pin IN2 pada relay
- Pasang kabel penghubung pada pin Ground NodeMCU 8622 ke pin 4 Ground relay
- Pasang kabel penghubung pada pin pin 3v3 NodeMCU esp8266 ke pin VCC pada relay.
- Pasang kabel penghubung pada pin Vin (5V) V Out (+) pada regulator dan V IN (+) dihubungkan ke Aki +12 V pada sepeda motor.
- Pasang kabel penghubung pada pin Ground ke V Out (-) pada regulator, dan V IN dihubungkan ke Ground Aki pada sepeda motor.
- Pasang kabel penghubung di pin COM1 pada relay ke socket kabel kunci kontak.
- Pasang kabel penghubung di pin NO1 pada relay ke socket kabel kunci kontak.
- Pasang kabel penghubung di pin COM2 pada relay ke socket kabel klakson sepeda motor.

- Pasang kabel penghubung di pin NO2 ke socket kabel klakson sepeda motor.

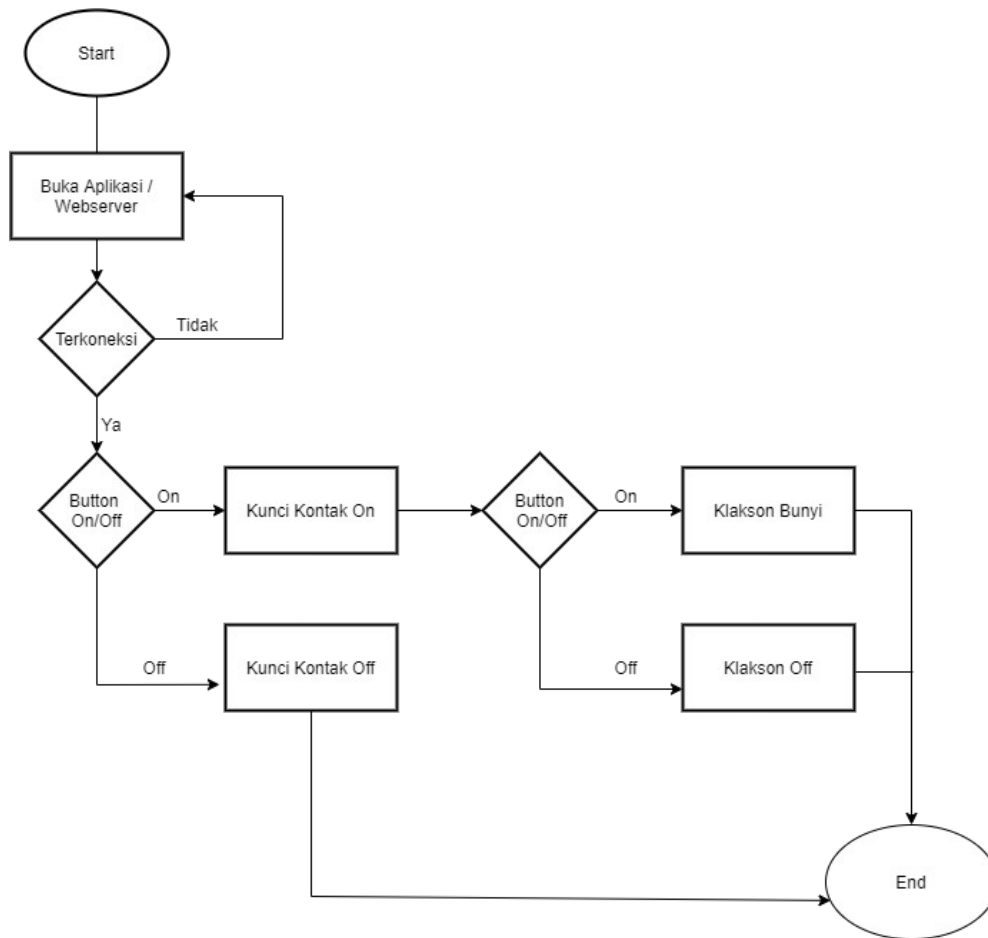


Gambar 2 Skema schematic

Langkah-langkah yang dilakukan untuk perangkaian sistem smart key pada sepeda motor:

- Membuka body samping, kap lampu depan dan jok pada sepeda motor agar aki motor dan socket kunci kontak dan klakson bisa dilihat dan nantinya dipasangkan alat rancangan.
- Memasang kabel penghubung dari aki ke regulator untuk output regulator dihubungkan ke pin Vin dan GND, pada NodeMCU 8266.
- Melepaskan kabel socket kunci kontak di sepeda motor, selanjutnya pada socket tersebut dihubungkan dengan output kabel penghubung relay IN2 sehingga klakson dapat terkoneksi dengan NodeMCU esp8266.
- Melepaskan kabel socket klakson motor selanjutnya pada socket tersebut dihubungkan dengan output kabel relay IN1 sehingga klakson motor dapat terkoneksi dengan NodeMCU esp8266.
- Jika telah dipastikan terpasang dengan baik tinggal melakukan koneksi dengan aplikasi sistem smart key motor yang telah di install pada smartphone.

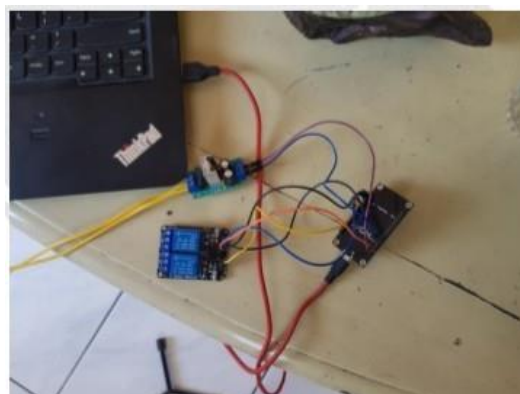
2.4. Flowchart Aplikasi



Gambar 3 Flowchart aplikasi

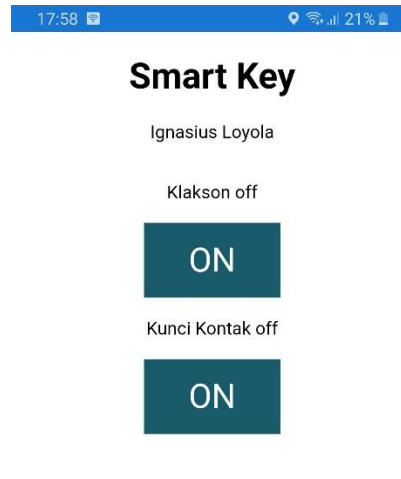
3. Hasil dan Pembahasan

Hardware hasil rangkaian perancangan yang dibuat untuk mengontrol kebutuhan smart key motor dapat dilihat pada gambar 4. di bawah ini.



Gambar 4 Hasil rancangan hardware

Hasil dari software pada smartphone yang telah dibuat dapat dilihat pada gambar 5. dibawah ini:



Gambar 5 Tampilan aplikasi

- **Uji Komponen Alat Smart Key Motor**

Langkah uji coba yang dilakukan pada perancangan sistem smart key motor dengan cara menyatukan antara bagian hardware dan software yang telah disusun dan diprogram. Hasil dari integrasi antara hardware dan software tersebut nantinya dapat mematikan dan menghidupkan sepeda motor melalui jaringan hotspot wi-fi pada smartphone berbasis android serta dapat menyalakan dan mematikan klakson sepeda motor dapat dilihat pada gambar 6. dan gambar 7. dibawah ini.



Gambar 6 Menyalakan kunci kontak motor



Gambar 7 Mematikan kunci kontak motor

Pengujian fungsi sistem alat yang dilakukan untuk mengetahui apakah alat ini dapat berfungsi dengan baik serta berapa jarak efisien untuk mengontrol sepeda motor, pengujian dilakukan dengan dua cara yaitu terhalang bangunan dan tidak terhalang bangunan, Alat ini juga sudah dilakukan pengujian dengan membandingkan dengan sistem smart key motor honda vario 150 tahun 2019.

- **Pengujian Tanpa Halangan**

Pengujian tanpa halangan dilakukan pada jalan yang lurus dan tidak memiliki halangan dengan cara sepeda motor yang memiliki alat hasil perancangan dan sepeda motor yang memiliki smart key di dalamnya disejajarkan dan selanjutnya smartphone untuk melakukan remote pada alat yang sudah terpasang pada sepeda motor dan smart key di bawah jalan untuk mengukur jarak maksimal yang diperoleh.

Tabel 1 Pengujian alat untuk fungsi kunci kontak pada sepeda motor tanpa halangan

Jarak	Waktu	Hasil	Fungsi Alat Kunci Kontak Motor & Klakson	Fungsi Sistem Smart Key Motor Vario
1 meter	1 detik	Sukses	<i>On-Off</i>	<i>On-Off</i>
10 meter	1 detik	Sukses	<i>On-Off</i>	<i>On-Off</i>
20 meter	1 detik	Sukses	<i>On-Off</i>	<i>On-Off</i>
30 meter	1 detik	Sukses	<i>On-Off</i>	<i>On-Off</i>
40 meter	1 detik	Sukses	<i>On-Off</i>	<i>On-Off</i>
50 meter	1 detik	Sukses	<i>On-Off</i>	<i>On-Off</i>
60 meter	1 detik	Sukses	<i>On-Off</i>	Gagal
70 meter	1 detik	Sukses	<i>On-Off</i>	Gagal
80 meter	1 detik	Sukses	<i>On-Off</i>	Gagal

- **Pengujian Dengan Halangan**

Pengujian yang kedua dilakukan dengan cara memiliki halangan bangunan rumah dapat dilihat pada Gambar 8. di bawah ini:



Gambar 8 Pengujian dengan halangan

Keterangan Gambar :

- ⊗ Simbol dari Motor KLX dengan menggunakan alat hasil perancangan.
- ⊙ Simbol dari Motor Vario yang memiliki smart key.

Pengujian dilakukan dengan cara memarkir sepeda motor pada teras rumah yang jaraknya ke jalan 4 meter setelah diposisi tersebut dilakukan pengujian dengan cara jalan ke arah samping rumah membawa smartphone dan smart key melewati depan bangunan rumah, setiap rumah memiliki panjang 5 meter dan hasilnya untuk smart key pada posisi rumah ke 6 sudah tidak bisa mengendalikan kunci kontak dan suara beep dengan memiliki jarak + 30 meter, sementara perancangan alat yang dibuat dapat melewati 7 rumah dengan memiliki jarak +35 meter.

Tabel 2. Pengujian alat untuk fungsi kunci kontak pada sepeda motor memiliki halangan tembok rumah

Jarak	Hasil	Fungsi Alat Kunci Kontak & Klakson Motor	Fungsi Sistem Smart key Honda
5 meter	Sukses	Sukses	Sukses
10 meter	Sukses	Sukses	Sukses
15 meter	Sukses	Sukses	Sukses
20 meter	Sukses	Sukses	Sukses
25 meter	Sukses	Sukses	Sukses
30 meter	Sukses	Sukses	Gagal
35 meter	Sukses	Sukses	Gagal

Berdasarkan table 2. jarak efektif yang dapat dijangkau alat jika tanpa halangan yaitu 80 meter dengan waktu respons stabil di 1 detik, sedangkan untuk sistem smart key pada motor vario di angka 60 meter, penelitian belum berhasil memastikan jarak maksimal dari alat yang di rancang, sebab lokasi tidak memungkinkan. Berdasarkan Tabel 2. jarak efektif jika alat tersebut

memiliki halangan seperti tembok rumah jarak efektif di 35 meter sedangkan untuk motor vario adalah 30 meter.

Tabel 3. Pengujian Delay Alat Perancangan dengan Smart Key

Alat Kunci Motor	WAKTU MOTOR ON/OFF
ON	1 detik
OFF	1 detik

Dari data tabel di atas untuk waktu ternyata alat kunci motor untuk mematikan dan menyalakan motor tidak ada perbedaan waktu, tetapi jika ada halangan dengan jarak di atas 35 meter terkadang mengalami on-off, sedangkan untuk smart key motor vario di atas 30 meter sudah mengalami on-off. Perancangan alat kunci motor dan stater motor dipasang secara paralel, agar sepeda motor tetap bisa menggunakan kunci manual.

4. Kesimpulan

Dari proses perancangan alat ini, bisa ditarik beberapa kesimpulan, antara lain:

- NodeMCU 8266 dapat digunakan sebagai pengontrol sepeda motor bila diragkai dengan komponen lainnya.
- Smartphone Android bisa difungsikan sebagai pengontrol untuk menghidupkan atau mematikan sepeda motor dengan menambahkan aplikasi tambahan.
- Untuk rancang bangun alat ini memerlukan beberapa proses, mulai dari komponen yang digunakan, keterkaitan antara hardware dan software, setiap perangkat memiliki fungsinya masing-masing, seperti regulator yang membantu menurunkan tegangan pada aki sepeda motor, relay yang berfungsi sebagai sakeral yang menjalankan perintah NodeMCU esp8266, yang terintegrasi ke smartphone sebagai medianya, hardware tersebut tidak akan berfungsi jika tidak memiliki software yang memberikan perintah di dalamnya.
- Alat ini tidak akan saling terintegrasi jika tidak memiliki WiFi sebagai media penghubung antara alat dan smartphone.

Ucapan Terima Kasih

- Dr. P. Uranus selaku Donen Mata Kuliah Seminar.
- Junita, S.T., M.Eng. Selaku Dosen Pembimbing
- Terima kasih juga saya sampaikan kepada Tim Seminar Nasional Teknik Elektro 2021 yang telah menyelenggarakan seminar ini.

Referensi

- [1] CNN Indonesia, "Sensus Kendaraan di Indonesia," 2021. [Online]. Available: <https://www.cnnindonesia.com/teknologi/20210203115349-384-601700/sensus-kendaraan-di-indonesia-lebih-dari-133-juta-unit>. [Accessed 30 July 2021].
- [2] Astra Motor, [Online]. Available: <https://www.astramotor.co.id/begini-cara-penggunaan-honda-smart-key-system-dengan-benar/>. [Accessed 6 Agustus 2021].
- [3] G. C. Cromer, "britannica.," [Online]. Available: <http://www.duhaime.org/LegalDictionary/M/Motorcycle.aspx>.
- [4] Components101, "https://components101.com/," 2020. [Online]. Available: <https://components101.com/development-boards/no-demcu-esp8266-pinout-features-and-datasheet>.
- [5] V. Thonti, "Basic Working Principle of Relay - Construction and Types," [Online]. Available

ID: 23

Pengendalian Sistem Parkir Mobil Putar Vertikal Otomatis Menggunakan PLC Outseal dan HMI Android

The Controlling Automatic Vertical Rotating Car Parking System Using A PLC Outseal and Android HMI

Rudi Purnomo¹, Djoko Untoro Suwarno^{2*}

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta, Indonesia
Jl. Paingan, Krodan, Maguwoharjo, Kec. Depok, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281
rudipurnomo025@gmail.com¹, joko_unt@usd.ac.id^{2*}

Abstrak - Kebutuhan akan tempat parkir semakin banyak seiring dengan meningkatnya orang yang menggunakan mobil. Salah satu solusi tempat parkir yaitu tempat parkir yang dapat berputar secara vertikal sehingga tidak banyak memerlukan lahan yang banyak. Permasalahan pada Sistem tempat parkir berputar vertikal menjadi tantangan tersendiri untuk dipelajari. Pada penelitian ini dibuat suatu purwarupa sistem parkir berputar vertikal dengan 8 tempat parkir dan dikendalikan menggunakan PLC outseal dan HMI berupa android. Kontroler yang digunakan PLC Outseal yang berbasis mikrokontroler Arduino. Penggerak tempat parkir berputar menggunakan Motor DC yang akan memutar ruang parkir untuk kendaraan masuk ataupun keluar. Model mobil yang akan masuk dan keluar ruangan parkir dideteksi menggunakan sensor proximity dan sensor IR. Tampilan proses menggunakan HMI Android yang terhubung secara nirkabel dengan modul Bluetooth HC-05. Aplikasi pada HMI menggunakan HMI modbus yang dipasang pada android. Operator dapat memberikan perintah untuk memilih tempat parkir yang diinginkan untuk mobil masuk maupun untuk mobil keluar.

Kata kunci : PLC Outseal, HMI Modbus, Parkir perputar

Abstract - The need for parking spaces is increasing along with the increasing number of people using cars. One of the parking lot solutions is a parking lot that can rotate vertically which requires a small amount of land. Problems in the vertical rotating parking system is a challenge to study. In this study, a prototype of a vertical rotating parking system with 8 parking spaces was made and controlled using PLC outseal and HMI Android. The controller used is an Outseal PLC based on an Arduino microcontroller. The rotating parking lot uses a DC Motor that will rotate the vehicle parking lot to enter or exit. Car models that will enter and exit the parking lot are detected using proximity sensors and IR sensors. Process view using Android HMI wirelessly connected with Bluetooth module HC-05. The application on the HMI uses the HMI Modbus installed on Android. The operator can give orders to select the desired parking space for cars to enter and exit.

Keyword : PLC Outseal, HMI Modbus, Rotary Parking

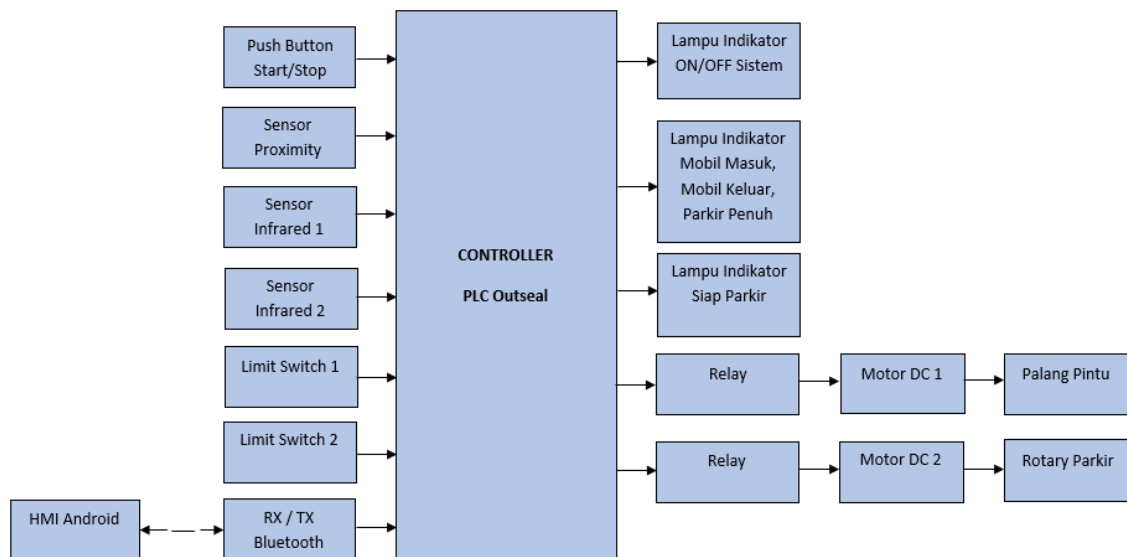
1. Pendahuluan

Penggunaan mobil pribadi dalam kehidupan sehari – hari sebagai transportasi untuk tujuan kerja dan dalam berlibur sangat tinggi sehingga dalam masalah penyediaan tempat parkir mobil menjadi sangat dibutuhkan. Di Yogyakarta sendiri karena sebagai tempat wisata dan juga sebagai kota pendidikan, terdapat banyak tempat penginapan atau hotel – hotel yang tersedia akan tetapi hotel – hotel tersebut tidak banyak menyediakan tempat parkir yang sesuai kapasitas sehingga banyak mobil yang parkir sembarangan di pinggir jalan dan tentu saja dapat menyebabkan kemacetan bagi pengguna jalan.

Pengendalian sistem parkir rotary menggunakan mikrokontroler ATmega16 dilakukan oleh Ali [1]. Pengendalian menggunakan mikrokontroler ATmega merupakan system yang tertutup yang artinya program hanya bisa diubah oleh programmernya saja. Penelitian tentang algoritma untuk pemilihan lokasi system dilakukan oleh Wang [2]. Pengendalian model system parkir rotary berbasis Arduino dilakukan oleh Sodiq et al [3]. System ini terdiri dari 6 kabin untuk parkir mobil serta menggunakan motor stepper sebagai penggerak. Motor stepper cocok untuk menggerakkan plant yang ringan namun tidak cocok untuk system yang lebih besar. Kontroler PLC banyak digunakan untuk pengendalian otomatis. PLC menggunakan diagram anak tangga untuk memprogram langkah- langkah pengendalian. Pada penelitian ini akan dirancang dan diimplementasikan kontroler pada system parkir mobil putar otomatis menggunakan PLC outseal. PLC outseal merupakan PLC yang berbasis mikrokontroler Arduino yang dikembangkan oleh Bahtiar[4]. Aplikasi PLC outseal dengan menggunakan HMI android dilakukan oleh Parimpin [5] dan Jati [6]. PLC outseal memiliki bentuk yang kompak dengan harga yang relative murah bisa untuk pembelajaran PLC. Berdasarkan latar belakang berikut penulis ingin membuat “Pengendalian Sistem Parkir Mobil Putar Vertikal Otomatis Menggunakan PLC Outseal dan HMI Android”.

2. Metodologi Penelitian

Pada penelitian ini dibuat suatu purwarupa terdiri rotary parkir untuk 8 kabin dan digerakkan menggunakan motor DC sebagai penggerak, menggunakan PLC Outseal Mega V.1 sebagai kontroler dan sensor IR dan sensor proximity untuk mendeteksi keberadaan mobil yang masuk. PLC outseal yang memiliki port I/O berupa 16 digital input, 16 digital output, 2 serial port. Untuk pemogramnya menggunakan diagram anak tangga pada Outseal Studio dan dapat dihubungkan dengan smartphone Android sebagai HMI melalui komunikasi Bluetooth dengan menggunakan app HMI modbus. Pada model terdapat palang pintu masuk yang digerakkan menggunakan motor DC.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Diagram blok dari sistem parkir mobil otomatis berputar vertikal dapat dilihat pada gambar 1. Perancangan alat ini terdiri dari beberapa bagian utama, yaitu PLC Outseal Mega V.1

sebagai kontroler utama untuk mengolah perintah yang diberikan oleh pengguna melalui HMI Android, sensor *proximity*, sensor *infrared* dan *push button* sebagai masukan, lampu *led* dan motor DC sebagai keluaran. Relay berfungsi untuk melindungi motor DC dari kelebihan tegangan dan sebagai pembalik arah putaran motor DC *Counter Wise / Counter Clock Wise* (CW/CCW). Terdapat modul bluetooth yang akan terpasang dengan kontroler PLC Outseal Mega V.1 berfungsi untuk menyambungkan *smartphone* android pada HMI sistem parkir untuk pengguna memarkirkan atau mengeluarkan kendaraan.

Agar tujuan yang ingin dicapai terselesaikan dengan benar maka metode – metode yang digunakan adalah sebagai berikut.

- a) Perancangan perangkat keras seperti bentuk *prototype* dari sistem *rotary* parkir otomatis, mobil, palang pintu, sensor dan perangkat lunak seperti *ladder* diagram PLC Outseal dan HMI Android.
- b) Pembuatan perangkat keras dan lunak, berdasarkan gambar 1 maka perangkat keras yang dibuat meliputi rancangan konfigurasi sensor dengan PLC, konfigurasi PLC dengan *output* dan relay untuk motor DC. Perangkat lunak dari sistem meliputi *ladder* PLC untuk mengendalikan *output* dan HMI Android sebagai pengoperasian sistem.
- c) Melakukan uji coba dan pengambilan data. Menguji *prototype* yang telah dibuat untuk melihat hasil kerja sistem. Dengan mengambil data berupa, data ketepatan letak dari kendaraan pada nomor parkir yg ditekan, saat kendaraan ingin diambil apakah sesuai dengan nomor yang dipilih atau tidak. Juga data jarak dari proses *pairing Bluetooth* dengan *smartphone* Android.
- d) Analisis dan kesimpulan hasil percobaan. Analisis data dilakukan dengan melihat ketepatan sistem dalam memarkirkan kendaraan dan mengambil atau mengeluarkan kendaraan. Kesimpulan dari hasil penelitian dilakukan dengan melihat apakah sistem sudah bekerja dengan benar, dengan melihat keberhasilan sistem. Indikator keberhasilan sistem adalah ketepatan sistem dalam melakukan parkir dan ketepatan nomor pada ruang parkir ketika kendaraan akan parkir dan kendaraan keluar.

3. Hasil dan pembahasan.

3.1 Hasil implementasi

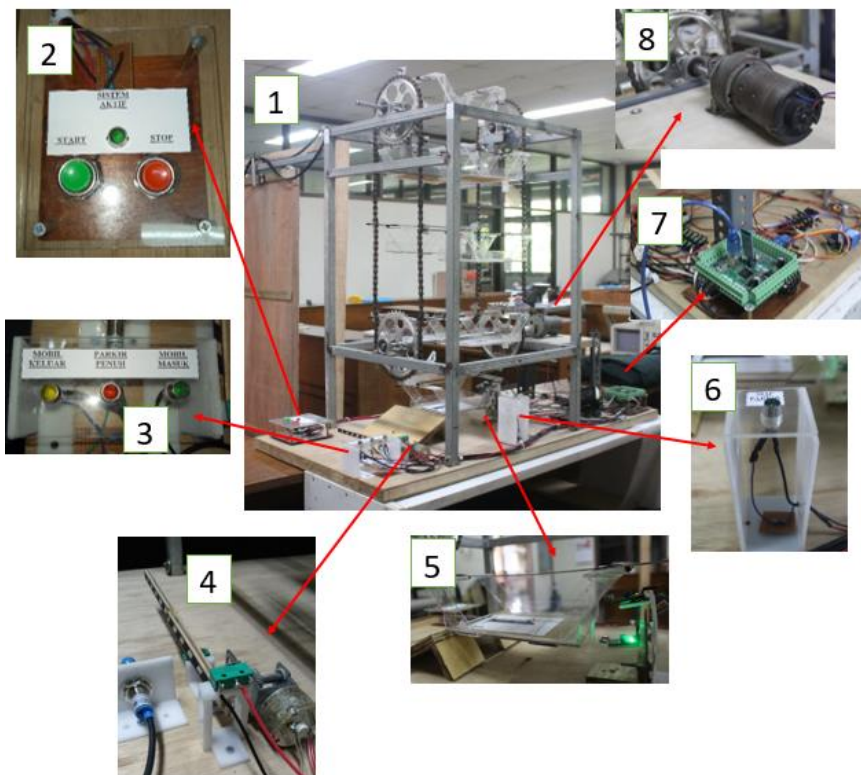
Untuk menjalankan sistem harus menekan tombol ON (*Start*) dan untuk mematikan sistem maka harus menekan tombol OFF (*Stop*), jika sistem diaktifkan maka lampu *led* hijau ON menandakan sistem aktif. Sensor *proximity* digunakan untuk mendeteksi kendaraan masuk dan sensor *infrared* mendeteksi kendaraan siap parkir dan mendeteksi perpindahan ruang parkir.

Ketika adanya kendaraan masuk maka sensor *proximity* akan ON dan motor DC menggerakkan palang pintu untuk terbuka, disini kondisi lampu *led* hijau 1 ON menandakan kondisi parkir masih tersedia, kondisi *led* merah OFF. Ketika ruang parkir sudah penuh maka motor DC penggerak palang tetap tertutup kondisi *led* merah ON menandakan ruang parkir sudah tidak tersedia kondisi *led* hijau OFF. Ketika mobil sudah masuk ruang parkir, jika sensor *infrared* 1 ON kondisi *led* hijau 2 ON menandakan bahwa kendaraan sudah siap parkir dan kondisi *led* hijau 1 OFF, jika sensor *infrared* 1 OFF menandakan bahwa kendaraan masih belum sesuai atau posisi mobil belum tepat maka *led* hijau 2 OFF, maka pengguna harus membenarkan posisi mobilnya agar sensor mendeteksi bahwa kendaraan sudah tepat untuk siap melakukan parkir.

Kemudian pengguna mobil keluar dari ruang parkir dan operator mengoperasikan HMI Android yang sudah disediakan untuk parkir untuk melakukan parkir mobil. Pada HMI Android sistem *rotary* parkir, operator menekan “Parkir Mobil” kemudian menekan “Nomor” ruang parkir mobilnya ditempatkan dan menekan “OK”. Setelah itu motor DC penggerak *rotary* parkir ON

untuk memarkirkan mobil dan palang pintu tertutup kondisi *led* hijau 2 OFF maka proses parkir selesai. Ketika sensor *infrared* 2 mendeteksi ruang parkir yang lewat maka motor DC penggerak rotary parkir OFF. Sensor *infrared* 1 mendeteksi kendaraan pada ruang parkir, jika ada mobil pada ruang parkir maka motor DC penggerak *rotary* parkir ON dan jika tidak ada mobil pada ruang parkir maka sistem masuk pada kondisi siap parkir untuk mobil berikutnya.

Ketika pengguna akan mengambil mobil atau ingin mengeluarkan mobilnya, maka operator mengoperasikan kembali HMI Android kembali. Pada HMI Android sistem *rotary* parkir, operator menekan “Ambil Mobil” kemudian menekan “Nomor” ruang parkir mobil ditempatkan dan menekan “OK”. Setelah itu motor DC penggerak *rotary* parkir ON mengarahkan mobil kebawah bergerak CW/CCW dan ketika ruang parkir yang ditekan pada HMI Android sudah berada dibawah maka *led* kuning ON dan motor DC penggerak *rotary* parkir OFF. Operator menekan menu selanjutnya untuk memastikan apakah mobil yang akan dikeluarkan sudah benar atau belum, jika sudah benar maka tombol “BENAR” ditekan maka palang pintu akan terbuka dan ketika belum benar maka yang ditekan adalah tombol “SALAH” maka operator harus mengulangi “Ambil Mobil”.

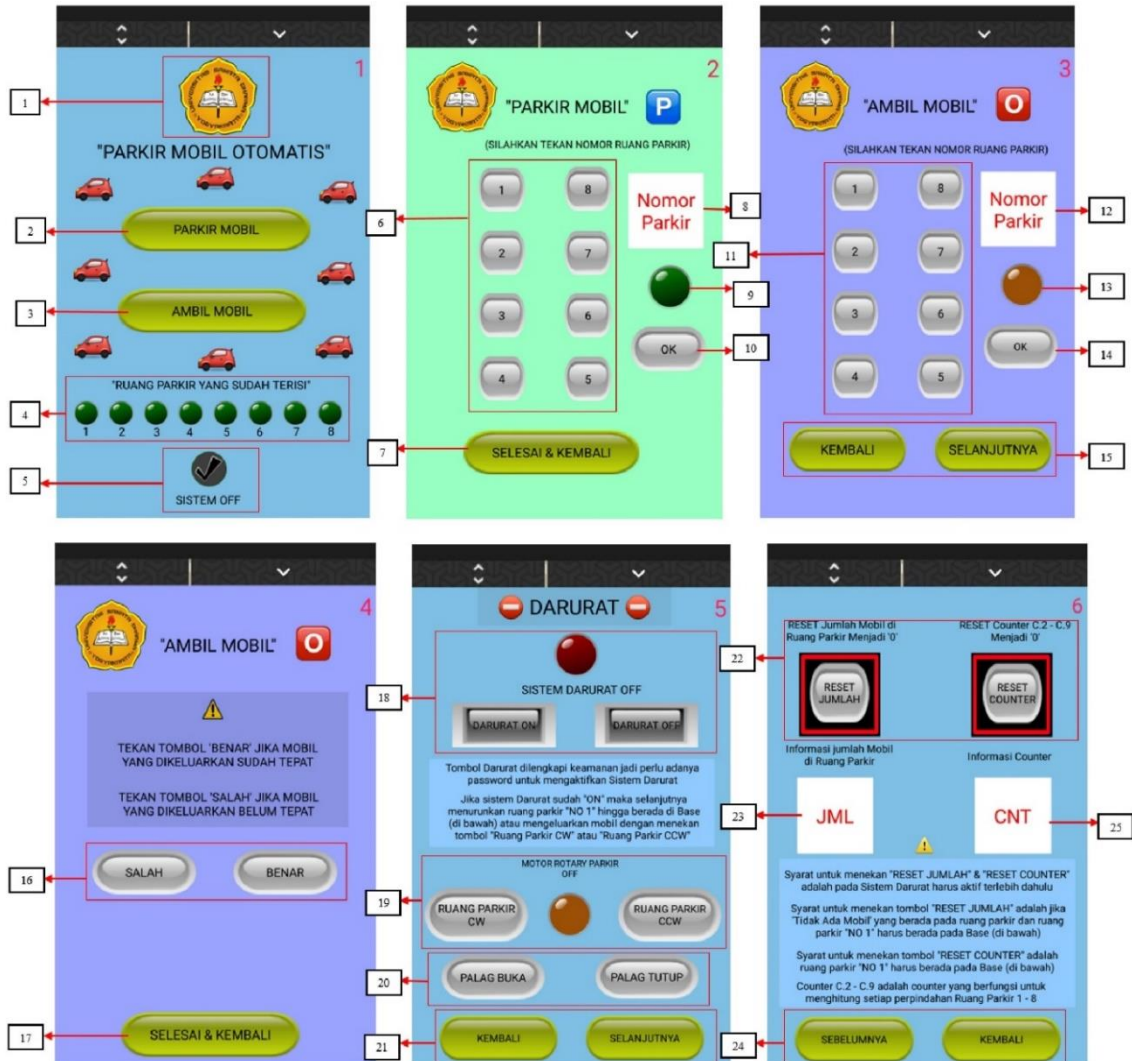


Gambar 2. Hasil Implementasi Hardware Sistem Parkir Mobil Putar Vertikal Otomatis

Keterangan Gambar 2:

1. Gambar sistem parkir secara keseluruhan.
2. Bagian untuk *start* / *stop* sistem dan indikator *led* hijau jika sistem aktif.
3. Indikator mobil masuk (*led* warna hijau), parkir penuh (*led* warna merah), dan mobil keluar (*led* warna kuning).
4. Palang pintu untuk mobil masuk dan keluar, juga sensor *proximity* untuk deteksi mobil masuk dan keluar.
5. Ruang parkir dan sensor *infrared* bagian atas deteksi mobil pada ruang parkir dan bagian bawah deteksi setiap perpindahan ruang parkir.

6. Indikator warna hijau untuk mobil siap parkir.
7. Bagian kontrol untuk menjalankan sistem terdapat PLC Outseal beserta bluetooth HC – 05 dan modul relay pembalik arah putaran motor DC.
8. Motor DC sebagai penggerak ruang parkir



Gambar 3. Tampilan HMI Android

Ketika mobil keluar dari ruang parkir dan melewati sensor *proximity*, maka sensor *proximity* ON kemudian palang pintu tertutup kembali dan kondisi *led* kuning OFF menandakan proses selesai. Untuk menghitung jumlah kendaraan yang masuk terdapat pada proses kendaraan parkir atau kondisi dimana mobil sudah melakukan parkir dan untuk mengurangi terdapat pada proses kendaraan keluar dimana proses ini setelah mobil keluar melalui sensor *proximity*.

Keadaan darurat adalah keadaan dimana proses tidak sesuai dengan jalannya sistem seperti pengguna membatalkan untuk melakukan parkir atau mengeluarkan mobil dan keadaan yang tidak terduga seperti terjadinya kesalahan sistem menghitung perpindahan ruang parkir juga keadaan dimana terjadi bencana maka perlu untuk melakukan proses ini agar mobil dikeluarkan dengan lebih cepat. Dapat dilihat pada gambar 2 untuk hasil implementasi hardware berupa *prototype* dan gambar 3 untuk tampilan HMI Android.

Pada HMI Android terdapat angka 1 sampai 6 di pojok kanan atas menandakan nomor setiap layar, untuk keterangan dari setiap layar terdapat pada tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Keterangan Pada Tampilan HMI Android

Layar	Nomor	Keterangan
1 (Utama)	1	Logo USD berfungsi juga sebagai tombol untuk berpindah layar ke 5 (Darurat) untuk mengaktifkan sistem keadaan darurat
	2	Tombol untuk melakukan Parkir Mobil jika ditekan maka akan berpindah pada layar ke 2 (Parkir Mobil)
	3	Tombol untuk melakukan Ambil Mobil jika ditekan maka akan berpindah pada layar ke 3 (Ambil Mobil)
	4	Indikator untuk mengetahui jika ruang parkir nomor 1 sampai nomor 8 sudah terisi oleh mobil
	5	Indikator sistem aktif jika sistem aktif lampu indikator centang hijau akan menyala dan tampilan teks akan berubah menjadi "SISTEM ON"
2 (Parkir Mobil)	6	Tombol nomor ruang parkir 1 sampai ruang parkir 8 untuk parkir mobil
	7	Tombol selesai dan kembali jika ditekan maka akan berpindah pada layar ke 1 (Layar Utama)
	8	Bagian layar menampilkan nomor yang ditekan untuk parkir mobil
	9	Indikator hijau untuk pemberitahuan perintah mobil sedang parkir
	10	Tombol OK untuk mengaktifkan perintah parkir mobil (Tombol ini ditekan setelah tombol nomor ruang parkir 1 sampai ruang parkir 8 ditekan)
3 (Ambil Mobil)	11	Tombol nomor ruang parkir 1 sampai ruang parkir 8 untuk ambil mobil
	12	Bagian layar menampilkan nomor yang ditekan untuk ambil mobil
	13	Indikator kuning untuk pemberitahuan pengambilan mobil sudah selesai
	14	Tombol OK untuk mengaktifkan perintah ambil mobil (Tombol ini ditekan setelah tombol nomor ruang parkir 1 sampai ruang parkir 8 ditekan)
	15	Tombol Kembali untuk kembali pada layar ke 1 (Layar Utama) dan tombol Selanjutnya untuk validasi pengambilan mobil
4 (Validasi Ambil Mobil)	16	Tombol untuk validasi pengambilan mobil, jika mobil yang di turunkan atau yang akan dikeluarkan sudah benar maka tombol yang ditekan adalah tombol BENAR dan jika sebaliknya maka tombol yang ditekan adalah tombol SALAH. Akan ada tampilan tulisan pada bawah tombol jika salah satu tombol ditekan tulisan tersebut merupakan perintah untuk proses ambil mobil sudah selesai atau belum
	17	Tombol selesai dan kembali jika ditekan maka akan berpindah pada layar ke 1 (Layar Utama)

Layar	Nomor	Keterangan
5 (Darurat)	18	Indikator merah untuk menampilkan sistem dalam keadaan darurat jika menyala dan teks akan berubah menjadi "SISTEM DARURAT ON", untuk mengaktifkan sistem darurat maka yang di tekan adalah tombol "DARURAT ON" dan untuk mematikan sistem darurat adalah tombol "DARURAT OFF"
	19	Tombol dan indikator untuk menurunkan ruang parkir CW/CCW, jika salah satu tombol ditekan maka tampilan teks akan berubah menjadi "MOTOR ROTARY PARKIR ON" (Untuk keadaan darurat)
	20	Tombol untuk Palang Buka dan Palang Tutup (Untuk keadaan darurat)
	21	Tombol Kembali jika ditekan maka berpindah layar ke 1 (Layar Utama) dan tombol Selanjutnya jika ditekan maka berpindah layar ke 6 (Bagian Reset)
6 (Bagian Reset)	22	Tombol Reset Jumlah untuk mereset perhitungan jumlah mobil yang berada pada ruang parkir dan tombol Reset Counter untuk mereset perhitungan perpindahan ruang parkir
	23	Layar untuk menampilkan informasi jumlah mobil yang sedang parkir
	24	Tombol Sebelumnya jika ditekan maka berpindah layar ke 5 (Darurat) dan tombol Kembali jika ditekan maka berpindah layar ke 1 (Layar Utama)
	25	Layar untuk menampilkan informasi perhitungan setiap perpindahan ruang parkir

3.2 Data Jarak Komunikasi *Bluetooth* Dengan HMI Android

Pada bagian ini akan menjelaskan jarak komunikasi pengiriman data antara PLC Outseal dengan HMI Android menggunakan modul *Bluetooth* HC-05. Dapat dilihat pada tabel 2 yaitu proses komunikasi hanya berhasil dari jarak 0-10 Meter, sedangkan pada jarak di atas 11 meter keatas komunikasi sudah terputus atau gagal sehingga data tidak berhasil dikirim.

Tabel 2. Jarak Komunikasi *Bluetooth* Dengan HMI Android

No	Jarak <i>Bluetooth</i> dengan HMI Android (Meter)	Keterangan
1	2	Berhasil
2	4	Berhasil
3	6	Berhasil
4	8	Berhasil
5	10	Berhasil
6	11	Gagal
7	12	Gagal

3.3 Data Pengujian Mobil Masuk Melakukan Parkir

Pada bagian ini menjelaskan proses mobil masuk hingga melakukan parkir dengan HMI Android. Data yang diambil berdasarkan pengamatan terhadap perubahan ON/OFF seperti indikator *led*, motor DC, dan sensor pada alat. Dapat dilihat pada tabel 3 merupakan data hasil pengamatan sistem mobil parkir.

Tabel 3. Data Mobil Parkir

Keterangan: *on* = 1 dan *off* = 0

Kondisi	Proses Masuk				Proses Parkir				Jumlah Mobil di Area Parkir	Nomor Ruang Parkir
	Sensor 1	LED Hijau 1	LED Merah	Motor DC Palang	Sensor 2	Sensor 3	LED Hijau 2	Motor DC R Parkir CCW		
Awal	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Mendeteksi Kendaraan Depan Palang	1	1	0	1 (Buka)	0	1	0	0	0	1
Mendeteksi Kendaraan Masuk Ruang	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1
Perintah Parkir Aktif	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1
	0	0	0	0	0	1	0	0	1	8
Tidak Mendeteksi Kendaraan	0	0	0	0	0	1	0	0	1	8
Mendeteksi Kendaraan Depan Palang	1	1	0	1	0	1	0	0	1	8
Mendeteksi Kendaraan Masuk Ruang	0	0	0	0	1	1	1	0	1	8
Perintah Parkir Aktif	0	0	0	1	0	0	0	1	2	8
	0	0	0	0	0	1	0	0	2	7

3.4 Data Pengujian Mobil Keluar

Pada bagian ini menjelaskan proses ambil mobil hingga mobil keluar dengan. Data yang diambil berdasarkan pengamatan terhadap perubahan ON/OFF seperti indikator *led*, motor DC, dan sensor pada alat. Dapat dilihat pada tabel 3 merupakan data hasil pengamatan sistem mobil keluar.

4 Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem parkir mobil otomatis berputar vertikal menggunakan PLC Outseal dan HMI Android berhasil di imlementasikan dengan baik.
2. Komunikasi atau transfer data antara PLC dengan HMI Android sudah berjalan dengan baik walaupun terdapat *delay* 1 – 2 detik tetapi proses tetap berjalan dengan baik.
3. Proses parkir maupun keluar menggunakan HMI Android juga sudah sesuai seperti perintah nomor tombol yang ditekan sudah sesuai dengan nomor ruang parkir untuk proses parkir maupun proses keluar dan perintah – perintah yang diminta pada sistem juga sudah dijalankan dengan benar.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Ir. Tjendro, M.Kom, IPM yang telah mensupport kami untuk mengikuti Seminar ini.

Referensi

- [1] Ali, Saad Eldin Suliman Yousif. "Implementation and Simulation of Rotary Automated Car Parking System". Electrical Engineering, College of Graduate Studies, Sudan University of Science and Technology. 2016
- [2] Wang, Jian-Min, et al. "Parking path programming strategy for automatic parking system." *Vehicle Engineering (VE)* Volume 1 (2013)
- [3] Sodiq, M., and H. Hasbullah. "Prototype of Arduino Based Parking Rotation System." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 384. No. 1. IOP Publishing, 2018.
- [4] Bakhtiar, Agung. "Panduan Dasar Outseal PLC". Outseal, 2020
- [5] Parimpin, Denis "Pengendalian lift barang 4 lantai menggunakan PLC Outseal yang terhubung dengan android melalui Bluetooth" Skripsi thesis, Sanata Dharma University., 2021
- [6] Jati, Martinus Fajarbudi Kurnia. "Pemilah Buah Kopi Merah dan Hijau Berbasis PLC Outseal". Tugas Akhir, Teknik Elektro, FST, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta., 2020

ID: 24

Analisis Pengukuran Tahanan Kontak dan Tahanan Pertanahan Pada Pemutus Tenaga (PMT)

Analysis of Contact Resistance Measurement and Grounding Resistance on Circuit Breaker

Zahra Farras Sumarna^{1*}, Eki Ahmad Zaki Hamidi²

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro UIN Sunan Gunung Djati Bandung

Jln. AH. Nasution No. 105 Bandung

zahrafarras7@gmail.com^{1*}, ekiahmadzaki@uinsgd.ac.id²

Abstrak - Proses pemeliharaan pemutus tenaga (PMT) sangat penting dilakukan diantaranya pengukuran tahanan kontak, untuk mengetahui kondisi kontak PMT masih beroperasi dengan baik atau sudah perlu dilakukan perbaikan, serta tahanan pentanahan untuk mengetahui nilainya agar mencegah terjadinya tegangan kejut yang berbahaya bagi manusia dan peralatan. Dalam pengukuran tahanan kontak dan tahanan pentanahan pada objek PMT bay Cikarang I Gardu Induk 150 kV Jababeka telah dianalisis dan dilakukan perbandingan antara pengukuran dengan micro ohm meter dan perhitungan manual. Nilai tahanan kontak PMT pada masing-masing fasa R, S, T, sebesar $38 \mu\Omega$, $89 \mu\Omega$, $40 \mu\Omega$. Hal ini menunjukkan bahwa tahanan kontak pada PMT masih dibawah batas normal, menurut standar PLN sebesar $R < 100 \mu\Omega$. Presentase kesalahan untuk perbandingan antara pengukuran tahanan kontak menggunakan micro ohm meter dengan perhitungan manual pada masing-masing fasa R, S, T sebesar dibawah 1%. Nilai pengukuran tahanan pentanahan PMT di setiap fasa R, S, T sebesar $0,23 \Omega$, $0,19 \Omega$, $0,31 \Omega$. Hal ini menunjukkan bahwa sistem pentanahan masih baik, menurut standar PUIL 2000 sebesar $\leq 1 \Omega$.

Kata kunci: Gardu induk, pemutus tenaga, tahanan kontak, tahanan pertanahan

Abstract - The process of maintaining the circuit breaker (PMT) is very important, including measuring contact resistance, to find out if the PMT contact is still operating properly or if it needs to be repaired, as well as grounding detention to determine how to prevent dangerous shock voltages and human equipment. In the contact resistance on the object PMT bay Cikarang I Jababeka substation has been analyzed and made a comparison between measurements with a micro ohm meter and manual calculations. The PMT contact value for each phase R, S, T is $38 \mu\Omega$, $89 \mu\Omega$, $40 \mu\Omega$. This shows that the contact limit at PMT is still below the normal limit, according to PLN standards of $R < 100 \mu\Omega$. The comparison presentation between contact limit measurements using a micro ohm meter with manual calculations for each R, S, T phase is below 1%. The value of the PMT grounding resistance measurement in each phase R, S, T is $0,23 \Omega$, $0,19 \Omega$, $0,31 \Omega$. That indicates that the grounding system is still good, according to the PUIL 2000 standard of $\leq 1 \Omega$.

Keywords: Substations, circuit breaker, contact resistance, grounding resistance.

1. Pendahuluan

Dalam sebuah perusahaan tenaga listrik yang bergerak di segala sektor mengenai ketenagalistrikan seperti pembangkit, transmisi, dan distribusi, pemeliharaan sarana instalasi memegang peranan penting dalam menunjang kualitas dan keandalan penyediaan tenaga listrik kepada konsumen. Pemeliharaan sarana instalasi menjadi salah satu proses kegiatan yang bertujuan menjaga kondisi peralatan tenaga listrik, sehingga dalam pengoperasiannya peralatan dapat selalu berfungsi dengan baik sesuai standar yang telah ditentukan PT. PLN (Persero)[1].

Berdasarkan IEV (*International Electrotechnical Vocabulary*) 441-14-20 disebutkan bahwa *Circuit Breaker* (CB) atau Pemutus Tenaga (PMT) merupakan peralatan saklar / *switching* mekanis, yang mampu menutup, mengalirkan (dalam periode waktu tertentu) dan memutus arus beban dalam spesifik kondisi abnormal/gangguan seperti kondisi hubung singkat atau *short circuit* [2].

Seiring lamanya pengoperasian pemutus tenaga (PMT), maka sangat diperlukan pengecekan dan pengukuran salah satu pada tahanan kontak. Rangkaian tenaga listrik sebagian besar terdiri dari banyak titik sambungan. Dimana sambungan ialah dua atau lebih permukaan dari beberapa jenis konduktor bertemu secara fisik dan pertemuan dari beberapa konduktor ini yang menyebabkan adanya suatu hambatan/resistan. Jadi tahanan kontak adalah adanya pertemuan dari beberapa konduktor yang menyebabkan suatu hambatan/resistan. Tujuan dari pengukuran tahanan kontak ini untuk mengetahui nilai tahanan kontak yang harus seminimal mungkin agar PMT beroperasi dengan baik. Dalam pengukuran tahanan kontak pada pemutus tenaga (PMT) menggunakan alat ukur *mikro ohm meter*[3].

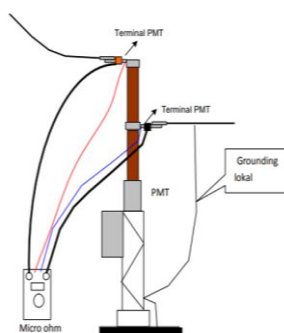
Selain itu, dalam suatu gardu induk dibutuhkan suatu sistem resistansi pentanahan yang baik. Hal ini dimaksud agar ketika terjadi gangguan ke tanah pada gardu induk tidak akan membahayakan keselamatan manusia, sebab arus gangguan akan mengalir pada bagian peralatan dan ke piranti pentanahan. Hal ini akan menimbulkan pada permukaan tanah yang berbahaya bagi manusia dan peralatan yang berada di area gardu induk. Oleh sebab itu diperlukan sistem pentanahan yang baik dan efektif. Dalam pengukuran tahanan pentanahan dilakukan dengan menggunakan alat ukur *Digital Earth Tester*[4].

2. Metode penelitian

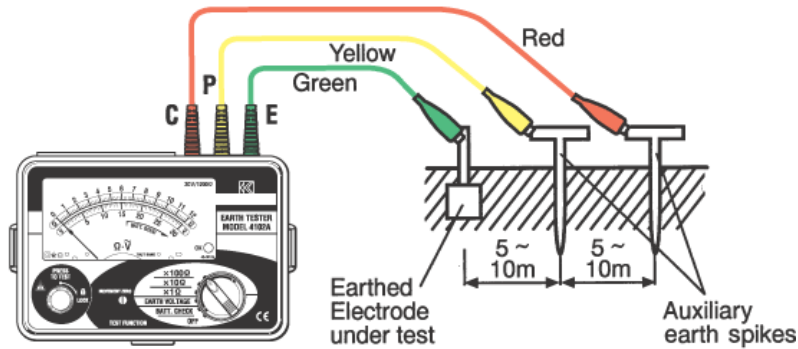
Lokasi penelitian berada di Gardu Induk 150 kV Jababeka. Peneliti menggunakan metode kuantitatif dalam penelitian ini, dengan teknik yang digunakan berupa teknik penelitian lapangan untuk melakukan pengukuran tahanan kontak dan tahanan pentanahan pada Pemutus Tenaga (PMT) Bay Cikarang 1 Gardu Induk 150 kV Jababeka. Adapun metode perhitungan yang digunakan dalam menganalisis tahanan kontak dan tahanan pentanahan dengan perhitungan manual.

2.1. Skema Pengukuran

Terdapat dua model skema pengukuran yang dibuat untuk pengambilan data yaitu: 1) skema pengukuran tahanan kontak; 2) skema pengukuran tahanan pentanahan.

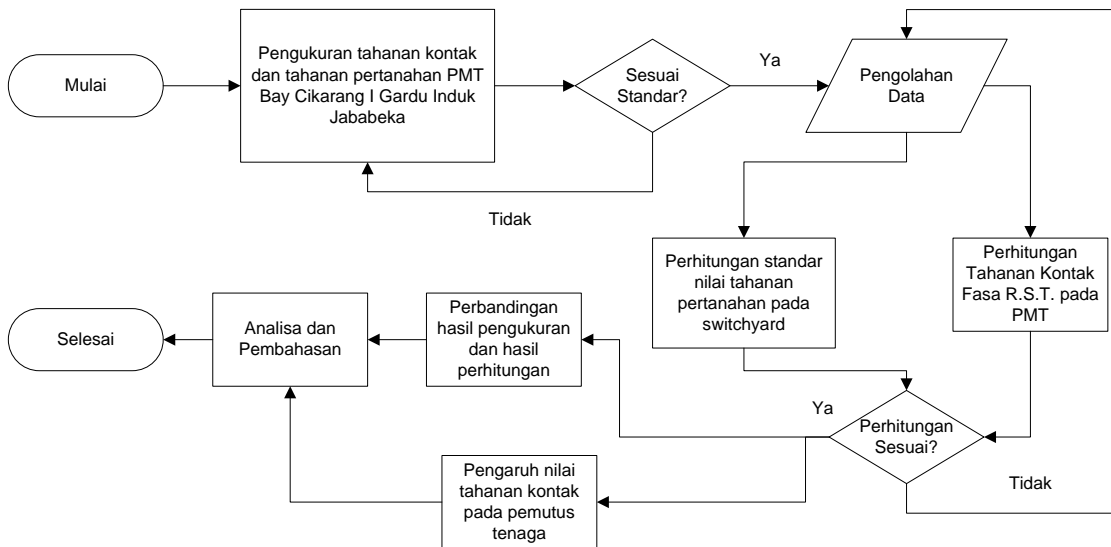


Gambar 1. Skema pengukuran tahanan kontak pada PMT.



Gambar 2. Pengaruh pemilihan metode *switching* yang berbeda dalam kondisi dinamis.

Berikut ini flowchart pengukuran untuk dan perhitungan seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir pengukuran dan perhitungan.

Pada pengukuran tahanan kontak, dilakukan saat kondisi kontak-kontak PMT tertutup (*close*). Pengukuran dilakukan terhadap terminal fasa R dan titik *grounding*, terminal fasa S dan titik *grounding*, terminal fasa T dan titik *grounding*. Nilai standar pengukuran tahanan kontak pada pemutus tenaga ditetapkan sebesar $R < 100 \mu\Omega$ (sesuai dengan P3B O&M PMT/001.01 dan SK Direksi Tahun 2012/2013) [2].

Faktor yang mempengaruhi nilai resistansi pentanahan yaitu, tahanan jenis tanah (ρ), panjang elektroda pentanahan, dan luas *switchyard* gardu induk. Pada Gardu Induk Jababeka, jenis tahanan pentanahannya yaitu pasir basah bernilai $200 \Omega\text{m}$. Nilai standar mengacu pada Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) tahun 2000, peraturan yang sesuai dan berlaku hingga saat ini yaitu $\leq 1 \text{ ohm}$. Dijelaskan bahwa nilai sebesar 1Ω merupakan nilai maksimal atau batas tertinggi dari hasil resistansi pentanahan (*grounding*) yang masih bisa ditoleransi[5].

2.2. Analisis Data

2.2.1. Perhitungan Nilai Tahanan Kontak

Perhitungan nilai tahanan kontak bisa dengan menggunakan hukum Ohm yaitu:

$$V = i \times R \quad (1)$$

Dimana :

V = tegangan (volt)

i = arus (ampere)

R = hambatan (ohm)

2.2.2. Perhitungan Pengaruh Nilai Tahanan Kontak Pada Pemutus Tenaga (PMT)

Proses terjadinya panas bukan karena nilai tahanan kontak, melainkan oleh arus yang mengalir pada pemutus tenaga. Pertemuan dari beberapa konduktor menyebabkan suatu hambatan terhadap arus yang melaluinya, sehingga mengakibatkan panas dan kerugian teknis. Dapat dihitung dengan persamaan 2 dan persamaan 3 sebagai berikut:

$$P = I^2 \times R \quad (2)$$

$$E = P \times t \quad (3)$$

Dimana:

P = daya (watt)

I = arus (ampere)

R = hambatan (ohm)

E = energi yang dihasilkan (joule)

t = waktu (detik)

2.2.3. Perhitungan Standar Nilai Tahanan Pada *Switchyard*

Pentanahan di gardu induk berfungsi untuk mengalirkan arus dari kawat akibat sambaranpetir, oleh karena itu nilai pentanahan tiang harus dibuat sekecil mungkin agar tidak menimbulkan tegangan tiang yang tinggi yang pada akhirnya dapat mengganggu sistem penyaluran tenaga listrik. Batasan nilai pentanahan pada serandang adalah maksimal 1 Ohm untuk semua level tegangan. Dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut[6].

$$RA = \frac{\rho}{4} \sqrt{\frac{\pi}{A}} \quad (4)$$

Dimana:

RA = Tahanan Sistem Pentanahan (Ω)

A = Luas *Switchyard* pada Gardu Induk (m^2)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Pengukuran Tahanan Kontak Pada PMT Fasa R



Gambar 4. Hasil tahanan kontak pada PMT fasa R.

Dapat dilihat pada *display*, bahwa nilai tahanan kontak pada PMT fasa R adalah $38 \mu\Omega$. Dari hasil pengukuran tersebut nilai tahanan kontak masih dibawah $100 \mu\Omega$ dan dapat dikatakan tahanan kontak pada PMT fasa R dalam keadaan baik atau masih layak digunakan.

Dari gambar 4 dengan menekan tombol Ω akan diketahui hasil pengukuran tegangan yang tercantum pada alat ukur *micro ohm meter*, nilai tegangan disini merupakan nilai tegangan jatuh (*voltage drop*) seperti pada gambar 5 sebagai berikut.



Gambar 5. Pengukuran tegangan pada PMT fasa R.

Dapat dilihat pada *display*, hasil pengukuran tegangan pada PMT fasa R adalah 3,82 mV. Nilai tersebut akan dimasukkan pada perhitungan, kemudian dibandingkan antara hasil perhitungan dan pengukuran menggunakan alat ukur *micro ohm meter*.

3.2. Hasil Pengukuran Tahanan Kontak Pada PMT Fasa S

Hasil pengukuran tahanan kontak pada PMT fasa S adalah seperti pada gambar 6 berikut.



Gambar 6. Hasil pengukuran tahanan kontak pada PMT fasa S

Dapat dilihat pada *display*, bahwa nilai tahanan kontak pada PMT fasa S adalah $39 \mu\Omega$. Dari hasil pengukuran tersebut nilai tahanan kontak masih dibawah $100 \mu\Omega$ dan dapat dikatakan tahanan kontak pada PMT fasa S dalam keadaan baik atau masih layak digunakan.

Dari gambar 6 dengan menekan tombol Ω akan diketahui hasil pengukuran tegangan yang tercantum pada alat ukur *micro ohm meter*, nilai tegangan disini merupakan nilai tegangan jatuh (*voltage drop*) seperti pada gambar 7 sebagai berikut:



Gambar 7. Hasil pengukuran tegangan pada PMT fasa S

Dapat dilihat pada display, hasil pengukuran tegangan pada PMT fasa S adalah $3,90 \text{ mV}$. Nilai tersebut akan dimasukkan pada perhitungan, kemudian dibandingkan antara hasil perhitungan dan pengukuran menggunakan alat ukur *micro ohm meter*.

3.3. Hasil Pengukuran Tahanan Kontak Pada PMT Fasa T

Hasil pengukuran tahanan kontak pada PMT fasa T adalah seperti pada gambar 8 berikut.



Gambar 8. Hasil pengukuran tahanan kontak pada PMT fasa T

Dapat dilihat pada *display*, bahwa nilai tahanan kontak pada PMT fasa T adalah $40 \mu\Omega$. Dari hasil pengukuran tersebut nilai tahanan kontak masih dibawah $100 \mu\Omega$ dan dapat dikatakan tahanan kontak pada PMT fasa T dalam keadaan baik atau masih layak digunakan.

Dari gambar 8 dengan menekan tombol Ω akan diketahui hasil pengukuran tegangan yang tercantum pada alat ukur *micro ohm meter*, nilai tegangan disini merupakan nilai tegangan jatuh (*voltage drop*) seperti pada gambar 9 sebeagai berikut.



Gambar 9. Hasil pengukuran tegangan pada PMT fasa T

Dapat dilihat pada *display*, hasil pengukuran tegangan pada PMT fasa T adalah $4,04 \text{ mV}$. Nilai tersebut akan dimasukkan pada perhitungan, kemudian dibandingkan antara hasil perhitungan dan pengukuran menggunakan alat ukur *micro ohm meter*.

3.4. Perhitungan Tahanan Kontak Pada Fasa R

Sesuai dengan hasil alat ukur *micro ohm meter* pada fasa R tercantum arus dan tegangan. Pada saat pengukuran seperti pada gambar 2 diketahui nilai arus (I) sebesar 101 A , dan nilai tegangan (V) sebesar $3,82 \text{ mV}$. Nilai arus dan tegangan tersebut akan dimasukkan pada perhitungan menggunakan rumus Hukum Ohm agar dapat diketahui nilai tahanan kontak pada PMT fasa R. Maka didapat nilai tahanan kontak yaitu $37,8 \mu\Omega$. Hasil perhitungan pada fasa R akan dibandingkan dengan hasil pengukuran dengan *micro ohm meter* pada fasa R.

3.5. Perhitungan Tahanan Kontak Pada Fasa S

Sesuai dengan hasil alat ukur *micro ohm meter* pada fasa S tercantum arus dan tegangan. Pada saat pengukuran seperti pada gambar diketahui nilai arus (I) sebesar 100 A , dan nilai tegangan (V) sebesar $3,90 \text{ mV}$. Nilai arus dan tegangan tersebut akan dimasukkan pada perhitungan menggunakan rumus Hukum Ohm agar dapat diketahui nilai tahanan kontak pada PMT fasa S. Maka didapat nilai tahanan kontak yaitu $39 \mu\Omega$. Hasil perhitungan pada fasa S akan dibandingkan dengan hasil pengukuran dengan *micro ohm meter* pada fasa S.

3.6. Perhitungan Tahanan Kontak Pada Fasa T

Sesuai dengan hasil alat ukur *micro ohm meter* pada fasa T tercantum arus dan tegangan. Pada saat pengukuran seperti pada gambar 6 diketahui nilai arus (I) sebesar 100 A , dan nilai tegangan (V) sebesar $4,04 \text{ mV}$. Nilai arus dan tegangan tersebut akan dimasukkan pada perhitungan menggunakan rumus Hukum Ohm agar dapat diketahui nilai tahanan kontak pada PMT fasa T. Maka didapat nilai tahanan kontak yaitu $40,4 \mu\Omega$. Hasil perhitungan pada fasa T akan dibandingkan dengan hasil pengukuran dengan *micro ohm meter* pada fasa T.

3.7. Perbandingan Hasil Pengukuran dengan Hasil Perhitungan

Hasil perbandingan antara pengukuran tahanan kontak dengan *micro ohm meter* seperti pada gambar 4, 6, 8 dan perhitungan menggunakan rumus yang sudah diketahui pada uraian sebelumnya, hasilnya disajikan pada tabel berikut.

Tabel 1. Perbandingan hasil pengukuran tahanan kontak dengan Micro Ohm Meter (MOM) dan perhitungan

Fasa	Pengukuran (MOM) $\mu\Omega$	Perhitungan ($\mu\Omega$)	Presentasi Kesalahan (%)	Keterangan
R	38	37,8	0,52	Baik
S	39	39	0	Baik
T	40	40,5	0,99	Baik

Dari tabel 1 perbandingan hasil pengukuran tahanan kontak dengan *micro ohm meter* dan perhitungan manual, dapat disimpulkan bahwa nilai tahanan kontak PMT masing-masing fasa R, S, dan T tersebut tidak jauh berbeda. Untuk menghitung presentase kesalahan pada tabel diatas dapat menggunakan persamaan (5) berikut:

$$\% \text{ Kesalahan} = \left| \frac{Hh - Hp}{Hh} \right| \times 100\% \quad (5)$$

Dimana Hh adalah hasil hitung dan Hp adalah hasil pengukuran, maka jika dihitung manual pada masing-masing fasa yaitu:

- Fasa R = 0,52%
- Fasa S = 0%
- Fasa T = 0,99%

Dalam pengukuran tahanan kontak terdapat nilai arus dan tegangan. Nilai arus pada fasa R, S, dan T berbeda karena pada saat memberikan arus dalam memposisikan range arus tidak akurat pada titik 100 A. sedangkan nilai tegangan pada fasa R, S, dan T berbeda karena hasil ukur antara arus yang diberikan dengan hambatan yang diperoleh dari pengujian tahanan kontak tersebut. Akan tetapi, dapat dikatakan pengukuran tahanan kontak pada PMT bay Cikarang I ini terbilang baik dan setelah dibandingkan dengan perhitungan manual hasilnya tidak jauh berbeda dan nilai kesalahan tidak tinggi.

3.8. Pengaruh Nilai Tahanan Kontak Pada Pemutus Tenaga (PMT)

Nilai tahanan kontak pada PMT yang normal harus (acuan awal) disesuaikan dengan petunjuk/manual dari masing-masing pabrikan PMT (dikarenakan nilai ini akan berbeda antar merk), namun apabila di petunjuk/manual dari pabrikan tidak mencantumkan nilai tersebut, maka dapat menggunakan nilai standar $R < 100 \mu\Omega$ (sesuai dengan P3B O dan M PMT/001.01). Pada pemutus tenaga (PMT) nilai tahanan kontak harus dibawah $100 \mu\Omega$ karena untuk mencegah terjadinya panas pada kontak pemutus tenaga tersebut.

Proses terjadinya panas bukan karena nilai tahanan kontak, melainkan oleh arus yang mengalir pada pemutus tenaga. Pertemuan dari beberapa konduktor menyebabkan suatu hambatan terhadap arus yang melaluinya, sehingga mengakibatkan panas dan kerugian teknis.

Dapat dicontohkan jika nilai tahanan kontak adalah 1Ω dan arus yang mengalir 100 A , pemutus tenaga beroperasi dalam satu hari ($t = 24 \times 60 \times 60 = 86400$ detik), dan untuk mendapatkan nilai P dan E, maka dengan menggunakan persamaan 2 dan 3, didapat $P = 10.000$ Watt dan $E = 864$ Mega Joule.

Untuk menjadi panas dari energy akan dikonversikan menjadi kalori, karena 1 joule = 0,24 kalori. Dengan demikian panas yang timbul pada tahanan kontak dapat dihitung dengan $Q = 0,24 \times E$, maka didapat $Q = 203.040.000$ kalori.

Dari uraian perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa jika nilai tahanan kontak besar akan berpengaruh dan dapat menimbulkan panas pada kontak pemutus tenaga.

Untuk mengetahui batas panas atau kalori dapat ditinjau dari batas standar tahanan kontak yaitu $100 \mu\Omega$. Dengan demikian jika nilai tahanan kontak $100 \mu\Omega$ dan arus yang mengalir adalah 100 A, pemutus tenaga beroperasi dalam waktu satu hari ($t = 24 \times 60 \times 60 = 86400$ detik), dan untuk mendapatkan nilai P dan E, maka dengan menggunakan persamaan 2 dan 3, didapat $P = 1$ Watt dan $E = 86400$ Joule.

Untuk menjadi panas dari energy akan dikonversikan menjadi kalori, karena 1 joule = 0,24 kalori. Dengan demikian panas yang timbul pada tahanan kontak dapat dihitung dengan $Q = 0,24 \times E$, maka didapat $Q = 20.304$ kalori.

Dari kedua uraian perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa nilai tahanan kontak berpengaruh terhadap PMT, jika nilai tahanan kontak besar dalam jangka lama maka kontak pemutus tenaga akan panas dan akan terjadi *break down* atau terjadinya kerusakan. Sedangkan jika nilai tahanan kontak kecil sesuai batas standar kontak, maka pemutus tenaga akan beroperasi dengan baik tanpa adanya kerusakan.

3.9. Pengukuran Tahanan Pertanahan

Alat ukur yang digunakan untuk mengukur tahanan pentanahan yaitu *earth ground tester* merek Kyoritsu. Hasil pengukuran tahanan pentanahan pada pemutus tenaga (PMT) bay Cikarang I Gradu Induk 150 kV Jababeka, dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 2. Hasil pengukuran tahanan dan pertanahan

Titik Ukur	Fasa R			Fasa S			Fasa T		
	Std	Thn lalu	Hasil Ukur	Std	Thn lalu	Hasil Ukur	Std	Thn lalu	Hasil Ukur
Tahanan Pertanahan	1	0,12	0,23	1	0,13	0,19	1	0,13	0,31

Pada hasil pengukuran tahanan pentanahan pada pemutus tenaga (PMT) yang disajikan dalam bentuk tabel, hasil masing-masing fasa yaitu R, S, T masih dibawah 1Ω . Hal ini menunjukkan bahwa sistem pentanahan pada pemutus tenaga (PMT) bay 1 Cikarang Gardu Induk 150 kV Jababeka masih terbilang baik.

3.10. Metode Perhitungan Untuk Mengetahui Standar Nilai Tahanan Pertanahan Pada *Switchyard*

Dalam sistem pentanahan/pembumian (*grounding*) pada gardu induk, perhitungan ini memang tidak terlalu diperlukan atau tidak terlalu menjadi acuan, yang terpenting pada saat pengukuran tahanan pentanahan hasilnya tidak boleh melebihi batas nilai standar yang sudah ditentukan, yaitu 1Ω . Maka perhitungan sistem pentanahan pada *switchyard* dapat dihitung menggunakan persamaan 4, dimana pada tahanan jenis tanah (ρ) *switchyard* GI 150 kV Jababeka bernilai $200 \Omega\text{m}$, karena jenis tanahnya yaitu pasir basah. Dengan luas (A) *switchyard* sekitar 11220 m^2 , didapatkan nilai tahanan pentanahan (RA) yaitu $0,835 \Omega$. Nilai ini menjadi batasan tahanan pentanahan untuk setiap serandang pada *switchyard* GI 150 kV Jababeka. Akan tetapi, ini hanya sekedar teori perhitungan saja, dan nilainya tidak menjadi acuan. Nilai standar mengacu pada PUIL 2000 yaitu $\leq 1 \text{ ohm}$.

4. Kesimpulan

Pengukuran dilakukan menggunakan alat ukur *micro ohm meter*. Nilai tahanan kontak PMT bay Cikarang I pada masing-masing fasa R, S, T yaitu $38 \mu\Omega$, $89 \mu\Omega$, $40 \mu\Omega$ terbilang baik karena dibawah $100 \mu\Omega$, dengan demikian pemutus tenaga dalam keadaan baik atau masih layak digunakan. Dalam pemutus tenaga (PMT) nilai tahanan kontak sangat berpengaruh, karena jika nilai tahanan kontak besar akan menyebabkan panas dan kerugian teknis. Perbandingan hasil pengukuran tahanan kontak dengan *micro ohm meter* dan perhitungan manual dapat disimpulkan bahwa nilai tahanan kontak PMT masing-masing fasa R, S, dan T tersebut tidak jauh berbeda, dan presentase kesalahan terhitung kecil yaitu dibawah 1%. Sistem pentanahan sangat vital karena sebagai sistem pengaman untuk gardu induk. Nilai tahanan pentanahan tidak boleh melebihi standar PUIL 2000 sebesar 1 ohm. Pengukuran tahanan pentanahan menggunakan alat ukur *earth ground tester*.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Allah SWT yang telah memberi nikmat sehat dan nikmat waktu, kedua orang tua dan rekan-rekan yang telah memberikan berbagai dukungan baik itu dukungan secara moral maupun material serta dorongan semangat, juga kepada bapak Eki Ahmad Zaki Hamidi yang dengan ikhlas meberikan bimbingan, arahan, serta masukan dalam penyelesaian penelitian ini.

Referensi

- [1] PT. PLN (Persero), *Buku Pedoman Pemeliharaan Serandang dan Pentanahan GI*. 2014.
- [2] Robaga, S, A. Setyo, I. Samsu, and E. Al, *Buku Pedoman Pemeliharaan Pemutus Tenaga*. PT. PLN, 2009.
- [3] Baha, "Sistem Pembumian (Grounding System)." <https://baha.my.id/posts/sistem-pembumian-grounding-system/> (accessed Mar. 30, 2021).
- [4] Wijdan, "Mengenal Elektroda Pentanahan, Jenis Tahanan Tanah, dan Cara Mengukurnya," 2017. <https://www.kelistrikanku.com/2016/05/elektroda-pentanahan.html> (accessed Apr. 01, 2021).
- [5] B. S. Nasional, "Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)," vol. 2000, 2000.
- [6] Dunia Listrik, "Proses Terjadinya Busur Api pada Circuit Breaker." <http://dunia-listrik.blogspot.com/2010/04/proses-terjadinya-busur-api-pada.html> (accessed Mar. 30, 2021).
- [7] E. A. Z. Hamidi, M. R. Effendi, and H. A. Shiddiq, "Perancangan dan Implementasi Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) Proses Sedimentasi Water Treatment Plant (WTP) Dengan Menggunakan Raspberry PI 3 B," *IEEE*, pp. 1–7, 2018.
- [8] F. A. Nugraha, S. Opipah, E. A. Z. Hamidi, and M. R. Effendi, "Implementasi Sistem SCADA Pada Proses Koagulasi Water Treatment Plant Berbasis Raspberry Pi," *Prosiding-Seminar Nas. Tek. Elektro UIN Sunan Gunung Djati Bandung*, pp. 592–600, 2020.

ID: 25

Sistem Pelacakan Objek Menggunakan Algoritma Correlation Tracker Pada Pustaka DLIB

Object Tracking System Using Correlation Tracker Algorithm in DLIB Library

Nabila Safitri Dwi Oktafiandini^{1*}, Hendri Maja Saputra², Eki Ahmad Zaki Hamidi³

^{1,3} Jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Gunung Djati Bandung

Jalan AH. Nasution 105 Bandung 40614

² Pusat Riset Tenaga Listrik dan Mekatronik – BRIN

Jalan Cisititu No.21 / 154D, Bandung 40135 telp. (022) 2504770/fax +62-22-2504773

1187070062@student.uinsgd.ac.id^{1*}, hendri.maja.saputra@lipi.go.id², ekiahmadzaki@uinsgd.ac.id³

Abstrak - Pelacakan objek merupakan suatu proses untuk menentukan dan mengikuti posisi dari sebuah objek bergerak yang diinginkan menggunakan kamera secara realtime. Ada berbagai macam algoritma dalam pembuatan sistem pelacakan objek, salah satunya adalah algoritma correlation tracker pada pustaka DLIB. Sistem pelacakan objek ini menggunakan Raspberry Pi 4 yang berisi program python untuk pelacakan objek. Pi Camera digunakan sebagai input gambar video realtime. Hasil penggunaan algoritma correlation tracker yang ada pada pustaka DLIB, yaitu proses pelacakan objek dapat berjalan dengan baik. Terdapat 5 objek yang dilacak dan hasilnya kotak pelacakan selalu berada di sekitar objek, baik saat objek bergerak ke kiri, ke kanan, maju dan mundur. Apabila objek bergerak maju dan mundur, skala pada kotak pelacakan dapat berubah mengikuti ukuran objek. Performa pada Raspberry Pi dapat dilihat dari framerate video sebesar 10,5 fps.

Kata kunci: Algoritma Correlation Tracker, Dlib, Pelacakan Objek, Raspberry PI

Abstract - Object tracking is a process to determine and follow the position of a desired moving object using a camera in real time. There are various algorithms in making object tracking systems, one of which is the correlation tracker algorithm in the DLIB library. This object tracking system uses Raspberry Pi 4 which contains a python program for object tracking. Pi Camera is used as a realtime video image input. The results of using the correlation tracker algorithm in the DLIB library, namely the object tracking process can run well. There are 5 objects that are tracked and as a result the tracking box is always around the object, whether the object is moving left, right, forward, and backward. As the object moves back and forth, the scale on the tracking box may change according to the object's size. Performance on the Raspberry Pi can be seen from the video framerate of 10.5 fps.

Keywords: Correlation Tracker Algorithm, Dlib, Object Tracking, Raspberry PI

1. Pendahuluan

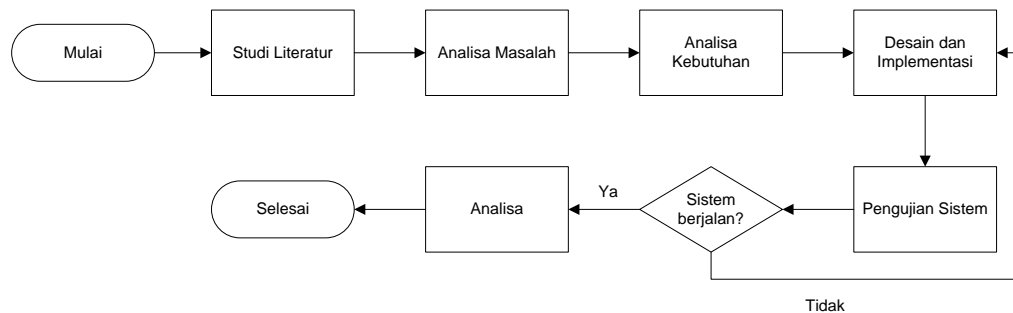
Penelitian di bidang *Computer Vision* telah berkembang cukup pesat. Terdapat berbagai topik penelitian di dalam nya, diantaranya pengolahan citra, citra geometri, pengenalan pola, rekonstruksi 3D, dan sebagainya[1]. Pelacakan objek juga menjadi salah satu topik yang populer di bidang *computer vision*[2]. Pelacakan objek merupakan suatu proses untuk menentukan dan mengikuti posisi dari sebuah objek bergerak yang diinginkan menggunakan kamera[1][3]. Terdapat berbagai permasalahan pengolahan citra yang dapat diselesaikan dengan sistem pelacakan objek, misalnya pelacakan pergerakan bola dalam permainan sepak bola, *traffic* monitoring, *multiple tracking* manusia pada CCTV, sistem navigasi robot, dan lain sebagainya[3][4].

Ada berbagai algoritma untuk membuat sistem pelacakan objek. Pada penelitian yang dilakukan oleh Gigih Samudra, dkk [5] yaitu membuat sistem yang dapat menemukan objek dan menuju ke posisi objek, dalam hal ini objek berbentuk lingkaran dan kotak. Metode yang digunakan adalah dengan menemukan titik tengah objek dan dibandingkan dengan titik pusat *frame*. Penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Izzuddin Mahali dkk [3] yaitu menggunakan algoritma *meanshift* dalam proses pelacakan benda. Penelitian Dian Rosdiana [6] yaitu dilakukan pemisahan antara latar belakang dan objek dengan menggunakan metode *K-Means* yang dibutuhkan untuk melakukan pelacak gerakan. Penelitian Ahmad Fahriannur dkk [1] yaitu membuat sistem menggunakan komputer, *webcam*, *servo*, dan *arduino*. Metode pelacakan yang digunakan yaitu *optical flow* dan *canny edge detection*. Penelitian yang dilakukan oleh Ravindra R. Patil dkk [7] yaitu membandingkan *API* dari *OpenCV* yang terdiri dari *BOOSTING*, *TLD*, *MEDIANFLOW*, *MIL*, *MOSSE*, *CSRT*, *KCF*, dan *GOTURN*. *Hardware* yang digunakan adalah *Raspberry Pi 3* model *B+* dan *Processor Intel ULV* untuk menjalankan program *OpenCV* serta *webcam* untuk menangkap *video realtime*.

Penelitian yang dilakukan saat ini yaitu menggunakan algoritma *correlation tracker* yang terdapat pada pustaka *DLIB* dan menggunakan pustaka *OpenCV* sebagai pendukung program yang dibuat untuk mengolah *video*. *Hardware* yang digunakan yaitu *Raspberry Pi 4* model *B* sebagai alat untuk menjalankan program pelacakan objek. *Raspberry Pi* merupakan komputer kecil [8][9] tetapi mampu menjalankan tugas yang sama dengan komputer desktop.

2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yang disusun dalam diagram alir penelitian seperti pada Gambar 1.



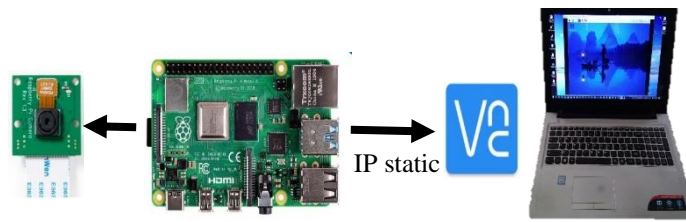
Gambar 1. Diagram alir penelitian

Tahap pertama dalam penelitian ini yaitu studi literatur mengenai pokok bahasan dalam penelitian yaitu sistem pelacakan objek. Tahap selanjutnya yaitu menentukan masalah serta menganalisa kebutuhan baik dari segi *hardware* maupun *software*. Berdasarkan analisa kebutuhan kemudian dilakukan perancangan *hardware* dan perancangan *software*, selanjutnya dilakukan penerapan atau implementasi dari hasil perancangan sistem. Sistem yang telah dibuat kemudian diuji untuk mengetahui apakah sistem sudah mencapai kriteria yang diinginkan. Tahap terakhir yaitu menganalisis untuk memperoleh kesimpulan akhir.

3. Perancangan Sistem

Perancangan sistem untuk pelacakan objek menggunakan algoritma *correlation tracker* pada pustaka *DLIB* terdiri dari perancangan *hardware* dan perancangan *software*.

3.1. Perancangan *Hardware*

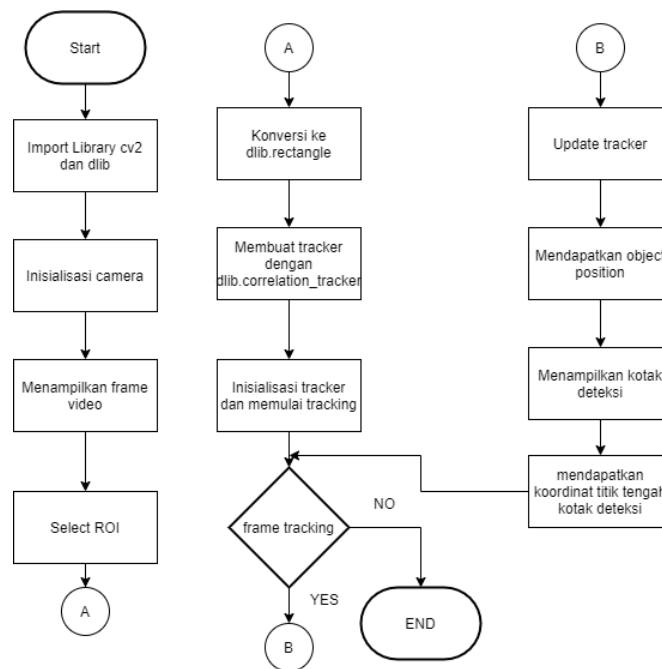


Gambar 2. *Skema Hardware*

Perancangan *hardware* untuk sistem pelacakan objek ini, dapat dilihat pada Gambar 2 yaitu menggunakan *Raspberry Pi 4* yang berisi program *python* untuk pelacakan objek dan *Pi Camera* sebagai *input* gambar *video realtime*. *Pi Camera* dapat digunakan pada *Raspberry PI*, tetapi harus mengaktifkan *interface camera* pada *Raspberry Configuration* terlebih dahulu. *Raspberry PI* dapat diakses dan dikontrol dengan menggunakan *VNC viewer* pada laptop, sehingga tidak perlu menggunakan *monitor, keyboard, dan mouse*.

3.2. Perancangan *Software*

Diagram alir program untuk sistem pelacakan objek ini dapat dilihat pada Gambar 3. Pustaka *OpenCV* digunakan sebagai pendukung program yang dibuat untuk mengolah *video*.



Gambar 3. *Diagram Alir Program*

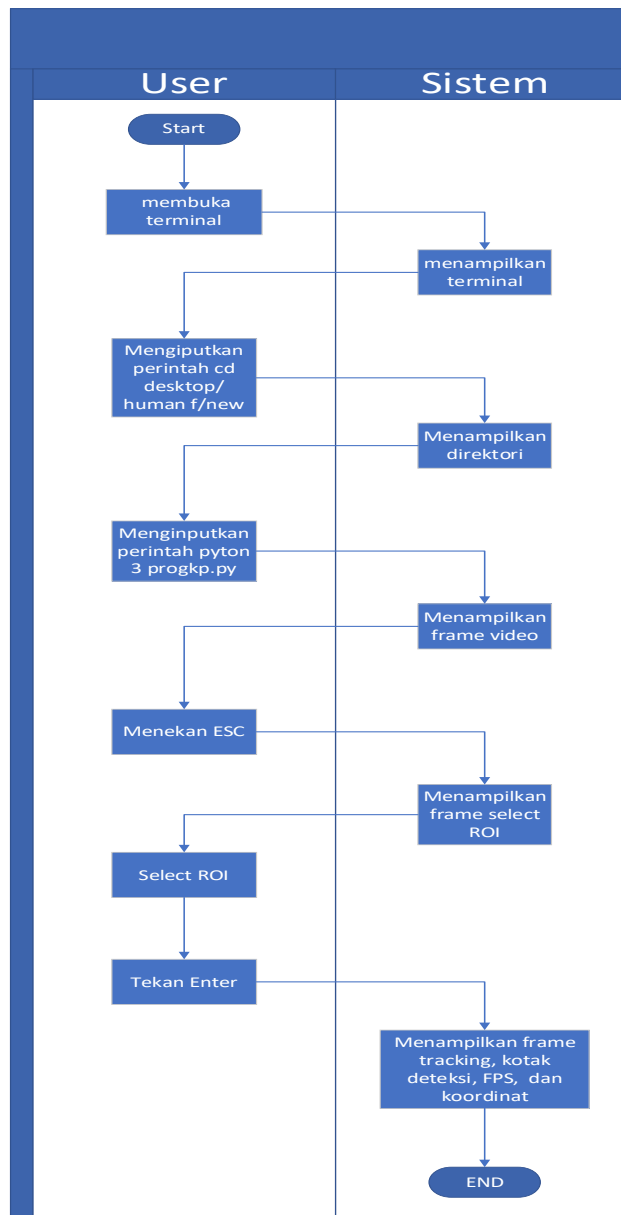
Import cv2 pada pustaka *OpenCV* digunakan untuk menginisialisasikan kamera dan menampilkan *frame video streaming*. Secara normal, *frame* kamera berukuran *640 x 480 px*. Pemilihan objek yang dilacak dapat dilakukan dengan menggunakan fungsi *ROI* untuk menyeleksi daerah dari objek yang dideteksi. Hasil dari fungsi *ROI* didapatkan nilai yang dikonversi untuk menjadi nilai parameter pada fungsi *dlib.rectangle*. Pustaka *DLIB* memiliki fungsi *dlib.correlation_tracker* yang dapat digunakan sebagai algoritma pelacakan objek. Fungsi

ini diinisialisasikan sebagai *tracker*. Inisialisasi *tracker* tersebut berisi parameter *frame* kamera dan titik *rectangle*. Setelah selesai menginisialisasikan *tracker* maka sistem menampilkan *frame* baru.

Frame baru yang muncul disebut *frame tracking*. *Frame tracking* ini memiliki fungsi untuk *meng-update tracker* sehingga didapatkan posisi objek pada setiap *frame*. Di dalam *frame tracking* ditampilkan kotak pelacakan yang berada di sekitar objek yang dilacak. Hasil yang didapatkan saat melacak objek yaitu koordinat yang didapatkan dari titik tengah kotak pelacakan. Selama *frame tracking* muncul, pelacakan objek terus dilakukan. Menghentikan pelacakan objek dapat dilakukan dengan cara keluar dari *frame tracking*.

3.3. Sistem Kerja Keseluruhan

Secara keseluruhan, sitem kerja pada pelacakan objek ini dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Alir Sistem Kerja

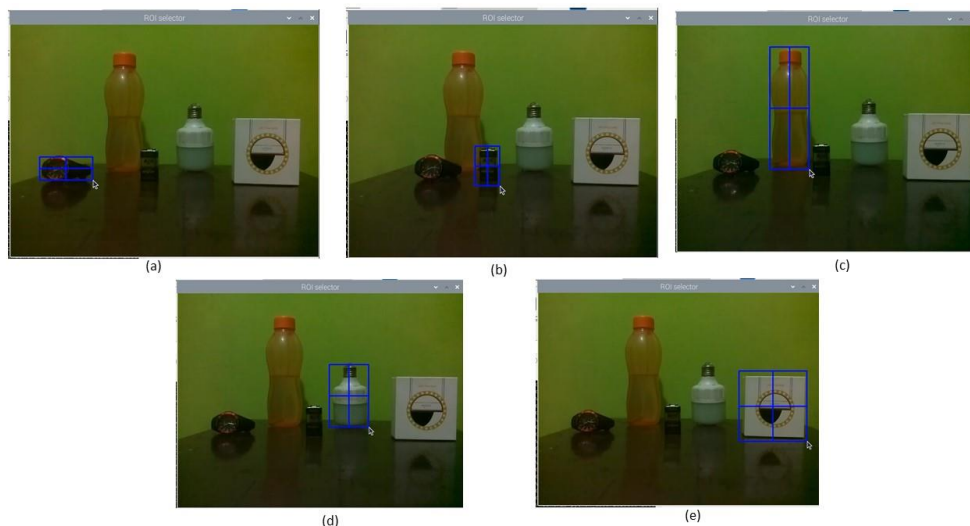
Langkah pertama yaitu pengguna mengakses terminal pada *raspberry pi* terlebih dahulu. Langkah berikutnya yaitu membuka *folder* yang terdapat program *python*. Program *python* berada di dalam *folder* 'HumanF' yang ada di *Desktop*. Pengguna mengetikkan perintah *python3* diikuti nama *file* dan ekstensi *file python* untuk menjalankan program. Sistem pertama kali bekerja menampilkan *frame video realtime*. Pengguna menekan tombol 'esc' untuk men-capture *video* yang nantinya ditampilkan pada *frame select ROI*. Pengguna membuat kotak seleksi untuk objek yang dipilih untuk dilacak menggunakan *mouse*. Setelah selesai membuat *ROI*, maka selanjutnya pengguna menekan tombol 'enter' untuk menampilkan *frame tracking*, sehingga proses pelacakan di mulai.

4. Hasil dan Pembahasan

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah objek dapat dilacak dengan menggunakan algoritma *correlation tracker* dari pustaka *DLIB*. Terdapat beberapa proses yang dilakukan yaitu menampilkan hasil *streaming video* secara *realtime*, pemilihan objek, dan proses pelacakan objek.



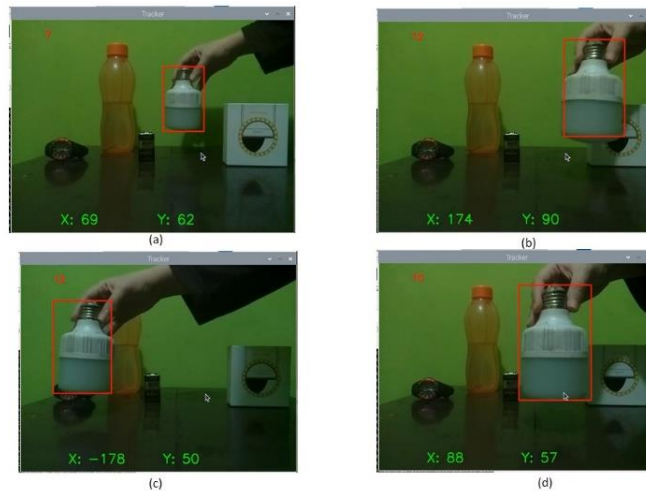
Gambar 5. *Frame video realtime*



Gambar 6. (a) Pemilihan ROI jam tangan, (b) Pemilihan ROI baterai 9v, (c) Pemilihan ROI botol, (d) Pemilihan ROI lampu LED, (e) Pemilihan ROI kotak ukuran 10 cm

Frame hasil dari *streaming video* dapat dilihat pada Gambar 5. *Frame* tersebut menampilkan berbagai objek yang berbeda. Pemilihan objek yang dilacak memanfaatkan fitur *ROI* yang di pilih oleh pengguna seperti pada Gambar 6. Setelah objek dipilih oleh pengguna, sistem menampilkan

kotak pelacakan yang berada di sekitar objek dan melakukan *update tracker* di setiap *frame* sehingga kotak pelacakan selalu berada pada objek yang sudah dipilih.



Gambar 7. (a) Objek bergerak mundur, (b) Objek bergerak maju, (c) Objek bergerak ke kiri, (d) Objek bergerak ke kanan

Sebagaimana pada Gambar 7, di dalam *frame* terdapat koordinat *x* dan *y* yang didapatkan dari titik tengah kotak *tracking* terhadap *frame pixel video*. Titik tengah pada *frame* bernilai 0,0. Sumbu *x* maksimal bernilai 320 dan minimal bernilai -320, sedangkan pada sumbu *y* maksimal bernilai 240 dan minimal bernilai -240.

Pengujian pelacakan objek juga dilakukan pada objek yang berbeda baik itu dari ukuran, bentuk dan warna. Pengujian ini dilakukan di dalam ruangan agar mendapatkan penerangan yang stabil dari lampu. Hasil pengujian dari berbagai objek yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. *Tracking objek*

Objek	Hasil			
	Kiri	Kanan	Maju	Mundur
Jam Tangan	√	√	√	√
Baterai 9V	√	√	√	√
Kotak ukuran 10 cm	√	√	√	√
Lampu LED	√	√	√	√
Botol Minum	√	√	√	√

Terdapat 5 objek yang diuji, yaitu jam tangan, baterai 9v, kotak ukuran 10cm, lampu LED, dan botol minum. Selanjutnya objek bergerak ke kiri, ke kanan, maju, dan mundur. Pergerakan objek saat ke kiri dan ke kanan, kotak pelacakan tetap berada di sekitar objek. Selanjutnya saat objek bergerak menjauhi kamera, maka ukuran objek semakin kecil sehingga ukuran kotak pelacakan pun berubah mengecil mengikuti ukuran objek. Apabila objek bergerak mendekati kamera, maka ukuran objek semakin besar sehingga ukuran kotak pelacakan pun berubah menjadi besar mengikuti ukuran objek.

Performa dari *Raspberry PI* dapat dilihat saat program *python* mulai dijalankan. Terdapat program untuk mengetahui *framerate* pada *video* dalam satu detik. Nilai *framerate* tersebut memiliki satuan *fps* (*frame per second*) dan ditampilkan pada *frame tracking* dengan resolusi 480 x 640 *pixel* sehingga dapat diamati secara langsung.

Tabel 2. Rata-rata framerate pada raspberry pi

Nilai	Nilai framerate (fps)
Framerate terkecil	7
Framerate terbesar	14
Rata-rata framerate	10,5

Berdasarkan Tabel 2, nilai *framerate* terkecil sebesar 7 *fps*, yang didapatkan saat *frame video* mulai diproses. Nilai *framerate* terbesar sebesar 14 *fps*. Nilai *framerate* rata-rata diambil saat menjalankan sistem pelacakan selama 1 menit. Rata-rata nilai *framerate* sebesar 10,5 *fps*.

5. Kesimpulan

Algoritma *correlation tracker* yang ada pada pustaka *DLIB* dapat digunakan untuk melakukan pelacakan objek secara *realtime*. Hasil dari pelacakan obyek yaitu kotak pelacakan selalu berada di sekitar objek, baik saat objek bergerak ke kiri, ke kanan, maju, dan mundur. Skala kotak pelacakan dapat berubah mengikuti ukuran objek. Saat program berjalan pada *Raspberry Pi*, rata-rata *framerate video realtime* sebesar 10,5 *fps* sehingga kualitas *video* cukup stabil tanpa adanya *delay*.

Referensi

- [1] A. Fahriannur and M. Siswanto, "Sistem Tracking Objek Berbasis Algoritma Optical Flow Menggunakan Kamera Pan-Tilt," in *Seminar Nasional Hasil Penelitian*, 2017, pp. 175–178.
- [2] Hidayatullah P. and Konik H., "CAMSHIFT Improvement on Multi-Hue and Multi-Object Tracking," in *International Conference on Electrical Engineering and Informatics*, 2011, pp. 1–6.
- [3] M. I. Mahali and A. Harjoko, "Pelacakan Benda Bergerak Menggunakan Metode Mean-Shift dengan Perubahan Skala dan Orientasi," *Berkala MIPA*, vol. 24, no. 2, pp. 167–180, 2014.
- [4] I. Supriana, "Multiple Object Tracking dan Estimasi Posisi untuk Menunjang Sistem Keamanan Rumah," *Jurnal Sekolah Teknik Elektro Informatika. Institut Teknologi Bandung*, 2015.
- [5] G. Samudera, ; Jirio, ; Okky, and I. H. Kartowisatro, "OBJECT TRACKING," 2012.
- [6] D. Rosdiana, "TRACKING OBJEK BERGERAK DENGAN ALGORITMA K-MEANS," *TEDC*, vol. 11, no. 1, pp. 31–36, 2017.
- [7] R. R. Patil, O. S. Vaidya, G. M. Phade, and S. T. Gandhe, "Qualified Scrutiny for Real-Time Object Tracking Framework," *International Journal on Emerging Technologies*, vol. 11, no. 3, pp. 313–319, 2020, [Online]. Available: www.researchtrend.net
- [8] F. A. Nugraha *et al.*, "Implementasi Sistem SCADA Pada Proses Koagulasi Water Treatment Plant Berbasis Raspberry Pi The Implementation SCADA System of Coagulation Process of Water Treatment Plant By Using Raspberry Pi," in *Seminar Nasional Teknik Elektro*, 2019, pp. 592–600.
- [9] M. Ridlo Effendi, E. Ahmad, Z. Hamidi, and A. A. Suhardi, "Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Manusia Pada Ruangan Menggunakan Raspberry Pi 3 Type B Dan Internet," in *Seminar Nasional Teknik Elektro*, 2017, pp. 271–279.

ID: 26

Pemodelan dan Simulasi Modul Sel Surya Paralel Menggunakan MATLAB

Modeling and Simulation of Parallel Solar Cell Module Using MATLAB

Setianto^{1*}

¹ Departemen Fisika, FMIPA, Universitas Padjadjaran
Jalan Raya Bandung-Sumedang KM 21, Sumedang 45363
*setianto@phys.unpad.ac.id

Abstrak – Energi matahari dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif yang potensial karena energinya yang sangat besar serta ramah lingkungan dan dapat diperbaharui. Salah satu teknologi yang dapat mengubah energi matahari menjadi energi listrik adalah panel surya yang berdasarkan pada prinsip fotovoltaik. Pada tulisan ini akan dijelaskan tentang pemodelan dan simulasi untuk mengetahui karakteristik modul sel surya tunggal dan paralel dengan parameter berupa tegangan, arus dan daya maksimum yang digunakan untuk menganalisa kinerja dari panel surya. Hasilnya, pada iradiasi matahari tetap daya maksimum pada modul tunggal bernilai 156,49 watt dengan efisiensi 15,649 persen, sedangkan untuk modul paralel menghasilkan daya maksimum sebesar 313,206 watt dengan efisiensi sebesar 16,36 persen.

Kata Kunci: fotovoltaik, pemodelan, karakteristik panel surya.

Abstract - Solar energy can be used as a potential alternative energy source because the energy is very large and environmentally friendly and renewable. One technology that can convert solar energy into electrical energy is solar panels based on the photovoltaic principle. In this paper, modeling and simulation will be explained to determine the characteristics of single and parallel solar cell modules with parameters such as voltage, current and maximum power used to analyze the performance of solar panels. As a result, in solar irradiation the maximum power for a single module is 156.49 watts with an efficiency of 15.649 percent, while for parallel modules it produces a maximum power of 313.206 watts with an efficiency of 16.36 percent.

Keywords: photovoltaic, modeling, characteristics of solar panels.

1. Pendahuluan

Salah satu energi alternatif yang bisa digunakan yaitu Energi matahari, Matahari menyediakan energi sangat besar diperkirakan permukaan bumi menyerap sebesar 1.8×10^{11} MW [1,4] ini artinya kurang dari satu jam matahari mengirimkan energi ke bumi untuk mencukupi kebutuhan makhluk hidup, indonesia sendiri menerima energi surya yang iradiasi energi harian rata-rata persatuan luas persatuan waktu sebesar kira-kira 48.000 Watt/m^2 [2]. Salah satu teknologi energi matahari yang dapat digunakan yaitu *Photovoltaic* (PV). PV sendiri merupakan sistem pengubah energi matahari menjadi energi listrik[3]. Saat ini jumlah instalasi PV yang terpasang didunia mengalami peningkatan yang cukup pesat pada tahun 2000 sampai dengan 2012, benua dengan jumlah instalasi PV terbesar adalah Eropa. Sel surya memiliki kemampuan yang beragam bergantung dengan perlakuan yang diberikan, maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahuinya, namun untuk melakukan percobaan secara langsung menggunakan modul sel surya akan sulit dilakukan karena membutuhkan biaya yang cukup besar pula sehingga terdapat resiko yang perlu dipertimbangkan untuk merangkai PV secara langsung. Resiko yang akan terjadi dapat berupa daya yang dihasilkan oleh PV tidak sesuai dengan yang diharapkan dan terdapat kerusakan- kerusakan yang tidak diketahui. Dalam dunia

SENTER VI 2021, 18 November 2021, pp. 208-213

ISBN: 978-602-60581-7-1

■ 208

engineering perlu dilakukan pemodelan dimana suatu sistem *real* dapat dibuat modelnya agar dapat dengan mudah dipelajari dan ditingkatkan performanya tanpa harus melalui serangkaian eksperimen terhadap sistem *real*[5,6]. Maka pada artikel ini akan dilakukan pemodelan dan simulasi modul sel surya yang disusun secara paralel untuk mengetahui karakteristik kelistrikkannya. Pemodelan yang digunakan adalah rangkaian ekuivalen sel surya dua dioda sedangkan untuk simulasinya menggunakan perangkat lunak Matlab yaitu program Simulink. Simulink memiliki sejumlah kelebihan bila dibanding dengan m-file. Diantara kelebihan tersebut adalah pemrogramannya yang lebih mudah, karena dengan hanya menempatkan atau menyambung blok-blok yang sudah disediakan program sudah sesuai dengan sistem yang sesungguhnya. Data yang diperoleh dari simulasi ini adalah tegangan dan arus dari sel surya yang merupakan karakteristik kelistrikan panel sel surya secara paralel. Modul Sel Surya ini sendiri tidak hanya terdiri sel-sel surya, tetapi juga terdiri atas peralatan elektronik yang dibutuhkan untuk melakukan koneksi antara modul sel surya dengan sistem lainnya dan tergantung pada sistem modul sel surya tersebut. Berbagai penelitian yang mempelajari sel surya dan aplikasinya menggunakan model rangkaian listrik yang ekuivalen dengan sel surya untuk mendeskripsikan hubungan antara arus keluaran dan tegangan keluaran sel surya rangkaian ekuivalen dari sel surya terdiri atas sumber arus yang dihasilkan dari proses konversi, dua buah diode, sebuah resistor paralel, dan sebuah resistor seri. Sel surya memiliki titik tegangan operasi optimal dimana pada titik tersebut daya keluaran yang dihasilkan oleh sel surya berada pada nilai maksimal. Titik tegangan operasi optimal ini bervariasi tergantung pada kondisi lingkungan (T dan I_r) [7]. Sebuah panel surya dapat beroperasi secara maksimum jika temperatur panel tetap normal (pada $25\text{ }^\circ\text{C}$), kenaikan temperatur lebih tinggi dari temperatur normal pada panel surya akan melemahkan tegangan. Setiap kenaikan temperatur panel surya $1\text{ }^\circ\text{C}$ (dari $25\text{ }^\circ\text{C}$) akan berkurang sekitar 0.4% pada total tenaga yang dihasilkan atau akan melemah 2 kali lipat untuk kenaikan temperatur panel per $10\text{ }^\circ\text{C}$ [8]. Rangkaian sel surya dapat dianalogkan dengan rangkaian baterai sebagai sumber energi listrik dalam rangkaian listrik. Ada dua jenis rangkaian yang dapat dipakai sel surya yaitu rangkaian seri dan rangkaian paralel. Penentuan jenis rangkaian sel surya disesuaikan dengan nilai tegangan dan arus keluaran yang diinginkan [9].

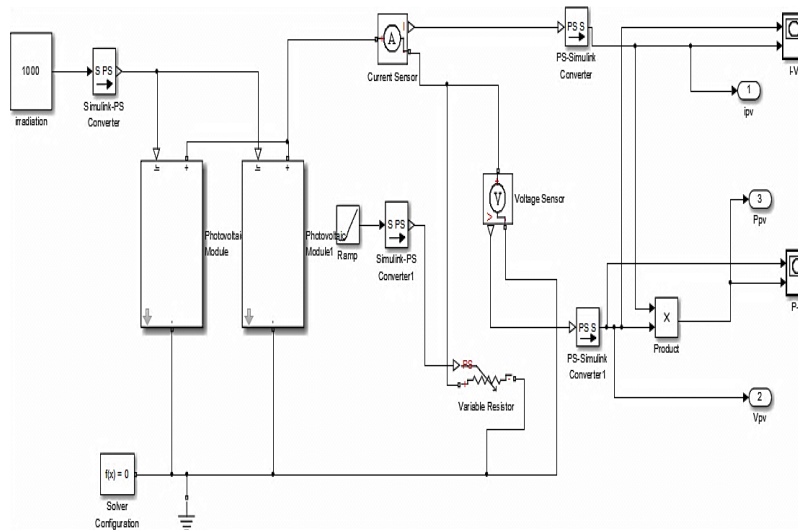
2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode pemodelan yang digunakan untuk mengetahui karakteristik modul surya dengan parameter berupa tegangan, arus dan daya maksimum yang digunakan untuk menganalisa kinerja dari panel surya. Untuk melakukan simulasi tersebut diperlukan data referensi sel surya komersial, data referensi yang digunakan merupakan panel surya 150 wp greentek Polycrystalline yang telah dilakukan pengujian sesuai dengan standar ISO 9001:2008. Tahapan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari tiga tahap. Tahap pertama adalah studi literatur, tahap kedua pemodelan modul sel surya, dan tahap ketiga adalah analisa karakteristik I-V dan P-V panel surya. Sel surya dapat dirangkai menjadi pemodelan ekuivalen sederhana dengan menghubungkan sumber arus dengan dioda p-n secara paralel. *Photocurrent* I_{ph} adalah besarnya keluaran dari sumber arus yang secara langsung didapat dari jatuhnya cahaya matahari ke sel surya. Pada kenyataannya aliran arus ini mengalami hambatan pada material semikonduktor dan resistansi eksternalnya. Sehingga perlu menambahkan resistor shunt R_p yang diparalel dengan dua dioda sebagai arus bocor dan resistor seri R_s sebagai tahanan dalam dari aliran arus. Komponen yang paling penting mempengaruhi dari simulasi ini adalah model *photovoltaic* (PV) sel. Pemodelan dari sel surya termasuk mengestimasi kurva nilai karakteristik dari I-V dan P-V sesuai dengan simulasi kondisi lingkungan sebenarnya. Pemodelan ini menggunakan modul Sel surya 150wp Greentek *polycrystalline* (Tabel 1) yang terhubung secara paralel sebanyak 36×2 sel surya.

Tabel 1. Spesifikasi greentek polycrystalline 150Wp

Deskripsi Spesifikasi	Keterangan
Daya maksimum(P_{max})	150 WP
Tegangan maksimum (V_{max})	18,1
Arus maksimum (I_{max})	8,29 A
Tegangan Open circuit (V_{oc})	22,2 V
Arus short circuit (I_{sc})	8,89 A
Jumlah Sel surya	4 x 9 (36)
Luas modul	0,992 m ²
Ruang temperature	-40°C sampai 85°C

Tahapan pertama pada pemodelan ini adalah membuat suatu subsistem utama menggunakan MATLAB Simulink yang diberikan pada Gambar 1 dibawah ini :



Gambar 1 Tampilan subsistem utama MATLAB Simulink untuk pemodelan Sel Surya

Fungsi subsistem ini sebagai tempat untuk merancang sistem yang akan diterapkan yang terdiri dari inputan iradiasi matahari serta terdapat komponen- komponen seperti *Simulink-PS Converter*, *Current sensor*, *Voltage sensor*, *Solver configuration*, *Variable resistor*, *Ramp block*, *product* dan *ground*. Dimana *Simulink PS-Converter* berfungsi untuk merubah sinyal masukan sumber iradiasi matahari menjadi sinyal fisik, *solver configurations* berfungsi sebagai pengumpul informasi agar semua parameter yang sudah digabungkan dapat disimulasikan sesuai dengan konfigurasi yang diinginkan, ketika kotak ini dipilih solver berusaha untuk menemukan kondisi tepat yang akan dihasilkan jika input ke sistem tetap konstan untuk waktu yang cukup besar, dimulai dari keadaan awal yang diperoleh dari perhitungan kondisi awal. *Current sensor* merupakan sensor arus ideal, yaitu perangkat yang mengubah arus yang diukur dalam cabang listrik menjadi sinyal fisik yang sebanding dengan arus. Koneksi + dan - adalah port yang melindungi listrik di mana sensor dimasukkan ke dalam rangkaian. Koneksi I adalah port sinyal fisik yang menampilkan hasil pengukuran. *Voltage sensor* merupakan sensor tegangan ideal, yaitu perangkat yang mengubah tegangan yang diukur antara dua titik dari rangkaian listrik menjadi sinyal fisik yang sebanding dengan tegangan. Koneksi + dan - adalah port melindungi listrik di mana sensor terhubung ke sirkuit. Koneksi tegangan adalah port sinyal fisik yang menampilkan hasil pengukuran. *Variable Resistor* memodelkan variabel linierresistor, dijelaskan dengan

persamaan $V = I \times R$ (V : tegangan, I : arus, R : hambatan) Koneksi + dan - adalah untuk menghemat port listrik yang berhubungan dengan terminal positif dan negatif dari resistor, masing-masing. P adalah port input sinyal fisik yang mengontrol nilai resistansi. Arus positif jika mengalir dari positif ke negatif, dan tegangan di resistor sama dengan perbedaan antara tegangan pada terminal positif dan negatif, $V (+) - V (-)$. *Ramp block* menghasilkan sinyal yang dimulai pada pada saat waktu dan perubahan dengan nilai yang ditentukan.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada pemodelan ini dilakukan pengujian karakteristik P-V dan I-V pada suhu $T = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ dengan iradiasi matahari yang diberikan 1000 W/m^2 . Kedua parameter tersebut ditentukan berdasarkan datasheet referensi yang bertujuan untuk mengetahui apakah rangkaian yang dibuat menghasilkan keluaran sesuai dengan referensi. Berdasarkan Tabel 2 menunjukkan bahwa hasil simulasi memiliki nilai parameter yang mendekati referensi dengan error yang sangat kecil dibawah 10 %.

Tabel 2. Perbandingan parameter datasheet referensi dan hasil simulasi

Karakteristik	Referensi	I : 1000 W/m ²	error
Daya (W)	150	156,49	4%
Isc (A)	8,89	8,89	0%
Voc (V)	22,2	22,17	0%
I _{max} (V)	8,29	8,42	2%
V _{max} (V)	18,1	18,56	3%
η (%)	15%	16,36%	9%

Pada pemodelan selanjutnya, dilakukan kembali pengujian karakteristik I-V dan P-V dengan dua modul yang diparalelkan pada keadaan yang sama dengan modul tunggal. Setiap penambahan panel sel surya akan menyebabkan hambatan pada rangkaian paralel panel sel surya akan semakin kecil, dan jika hambatan semakin kecil maka Arus semakin besar. berdasarkan hukum kirchoff mengenai rangkaian paralel yaitu tegangan akan bernilai tetap sedangkan arus akan bertambah menjadi $I = I_1 + I_2$ dst. Sehingga penyusunan secara paralel akan mempengaruhi karakteristik I-V dan P-V. dimana V_{mp} yang diperoleh yaitu 18,698 Volt dan I_{mp} sebesar 16,769 A dan *Fill Factor* yang didapat yaitu 0,795. Nilai tersebut masih dalam standar atau ideal. Tabel 3 menunjukkan parameter yang didapatkan pada simulasi.

Tabel 3. Hasil simulasi modul sel surya paralel

Karakteristik	I : 1000 Watt/m ²
Daya (W)	313,20
Isc (A)	17,78
Voc (V)	22,17
I _{max} (V)	16,74
V _{max} (V)	18,69
η (%)	16,36
FF	0,79
P _{max} (Watt)	313,20
A (m ²)	0,95
2A (m ²)	1,91

Berdasarkan Tabel 3.2 diperoleh daya maksimal modul sel surya paralel yang dihasilkan adalah 313,653 watt dengan efisiensi 16,368 %. Kemudian dilakukan pengujian karakteristik P-V dan I-V modul sel surya paralel pada suhu $T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ dengan variasi iradiasi matahari yang ditentukan yaitu 1000 W/m^2 , 800 W/m^2 , 600 W/m^2 , 400 W/m^2 , 200 W/m^2 dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik modul sel surya paralel dari berbagai variasi iradiasi matahari. Semakin berkurangnya iradiasi matahari menyebabkan pengurangan I_{sc} , sedangkan V_{oc} memiliki nilai yang relatif konstan sebesar 20 Volt. Parameter modul sel surya hasil pengukuran ditunjukkan dalam Tabel 4. Berdasarkan Tabel 4, didapatkan I_{mpp} 16,75 A dan V_{mpp} 18,69 Volt dengan P_{mpp} 313,20 watt sebagai *maximum power point* (Mpp) diperoleh pada V_{oc} 22,17 Volt dan I_{sc} 17,78 A. Jika dibandingkan dengan datasheet I_{sc} 17,78 A dan V_{oc} 22,2 Volt terdapat error pada $I_{sc} = 0\%$ dan error pada $V_{oc} = 0,10\%$ yang menunjukkan bahwa tidak ada kesalahan pada I_{sc} dan terdapat error pada V_{oc} yang tidak mencapai 1 %. Perubahan iradiasi matahari menyebabkan terjadinya perubahan yang signifikan pada arus short circuit sedangkan tegangan open circuit relatif tetap. Berdasarkan data hasil perhitungan menunjukkan bahwa I_{sc} meningkat sekitar 3,5 V seiring meningkatnya iradiasi matahari seiring dengan peningkatan daya yang dihasilkan secara linier dengan efisiensi yang relatif tetap berada diantara 15 % - 16 % sesuai dengan bahan sel surya yang digunakan.

Tabel 4 Karakteristik modul sel surya dengan variasi iradiasi matahari

Karakteristik	I = 200 W/m ²	I = 400 W/m ²	I = 600 W/m ²	I = 800 W/m ²	I=1000 W/m ²
Daya (W)	56,33	118,01	181,76	247,13	313,20
I_{sc} (A)	3,55	7,11	10,66	14,22	17,78
V_{oc} (V)	20,24	21,07	21,56	21,90	22,17
I_{max} (V)	3,32	6,73	9,87	13,35	16,75
V_{max} (V)	16,92	17,53	18,40	18,51	18,69
η (%)	14,71	15,41	15,83	16%	16,36

4. Kesimpulan

Perhitungan daya panel surya pada modul tunggal dengan iradiasi 1000 W/m^2 menunjukkan hasil yang relatif sama (error 4%) dengan datasheet referensi sehingga dapat dikatakan bahwa program simulasi yang dilakukan sesuai dengan daya maksimum yaitu 150 watt dengan efisiensi sebesar 15%. Karakteristik Arus– tegangan dan daya–tegangan panel surya pada modul yang disusun secara paralel dengan iradiasi 1000 W/m^2 menunjukkan bahwa rangkaian paralel akan meningkatkan I_{sc} dua kali lipat dari modul tunggal sedangkan V_{oc} tetap konstan yaitu $I_{sc} = 17,78\text{ A}$ dan $V_{oc} = 22,1758\text{ V}$ yang menyebabkan daya maksimum yang dihasilkan meningkat menjadi 313,2 watt dengan efisiensi 16,36 %. Intensitas radiasi sangat mempengaruhi besar kecilnya arus yang dihasilkan, dimana semakin besar iradiasi matahari yang diberikan maka akan menyebabkan peningkatan arus dari sel surya. Dari hasil simulasi pada modul paralel ini daya dan efisiensi maksimal ada pada iradiasi matahari 1000 Watt / m^2 dengan $P_{maks} = 313,2\text{ watt}$ dengan efisiensi 16,36 % sedangkan untuk modul tunggal menghasilkan $P_{maks} = 156\text{ watt}$ dengan efisiensi 15,6%

Referensi

- [1] Messenger R. and Ventre J. Photovoltaic Systems Engineering. CRC Press. 2000: 41-51.
- [2] Wardhana, A S. Pengaruh suhu pada modul 100 wp menggunakan pemodelan dan simulasi 36 sel *photovoltaic*. Jurnal ESDM, Volume 6, Nomor 2, November 2014, hlm. 82-88
- [3] Kroposki B., DeBlasio R. Technologies for the New Millennium: Photovoltaics as a

- Distributed Resource. Power Engineering Society Summer Meeting. IEEE. 16- 20 Juli 2000;3:1798-1801.
- [4] Ariswan. 2005. *Prospek Penelitian dan Aplikasi Fotovoltaik sebagai Sumber Energi Alternatif di Indonesia*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta. Hlm 2-3
- [5] Green, Martin A. *Solar Cells: Operating Principles, Technology, and System Applications*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, Inc., 1982.
- [6] Luque, A., & Hegedus, S. (2003). Status, Trends, Challenges and the Bright Future of Solar Electricity from Photovoltaics. In *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering* (pp. 1-41). John Wiley & Sons, LTD
- [7] Castaner, L., & Silvester, S. (2002). *Modelling Photovoltaic System using PSpice*. Barcelona: John Wiley & Sons, LTD.
- [8] Wibowo, Arymukti, Hadi Nasbeydan Satwiko Sidopekso. 2011. *Pengukuran I-V dengan Menggunakan Sun Simulator Sederhana*. Jakarta: Universitas Negeri Jakarta. Hlm 80
- [9] Dewi. Ardiani E. 2007. *Optimalisasi rangkaian panel sel surya dengan menggunakan battery pb-acid sebagai sistem penyimpanan energi surya*. Surakarta: Universitas sebelas maret.

ID: 28

Perancangan Prototipe Kursi Roda Otomatis dengan Sensor Flex Arduino Berbasis Mikrokontroler

Prototype Automatic Wheelchair With Flex Sensor Arduino Based Microcontroller

Rama Muhamad Azizi^{1*}, Candra Nurhafid², Feri Nurfauzi³

^{1,2,3} Teknik Informatika, Fakultas Teknik

Universitas Majalengka Jawa Barat

ramuaz97@gmail.com^{1*}, ferin966@gmail.com², candraopatbelas@gmail.com³

Abstrak – Kursi roda adalah salah satu peralatan yang digunakan oleh para penyandang disabilitas fisik dalam melakukan aktivitas. Saat ini Kursi roda masih banyak yang menggunakan tenaga manusia untuk menggerakkannya, sehingga dibuatlah robot kursi roda dengan kontrol pergerakannya menggunakan teknologi sensor flex. Pada sistem ini menggunakan dua buah kontroler Sebagai satu kontroler master dan Satu kontroler slave. Kursi roda yang sering digunakan oleh pasien rumah sakit maupun orang yang mempunyai kekurangan fisik, kebanyakan masih menggunakan sistem yang manual. Perangkat ini menggunakan bluetooth sebagai media komunikasi antar dua buah kontroler. Sensor Flex yang dipasangkan di tangan pengguna sebagai master, dan kontroler yang berada di kursi roda sebagai slave. Maka peneliti mendesain suatu simulator kursi roda otomatis dengan menggunakan teknologi sensor flex yang membantu mempermudah aktivitas pengguna kursi roda dengan menggunakan gerakan lengkukan pada jari-jari tangan. Untuk menggerakkan kursi roda berjalan, digunakan perintah dengan posisi jari dilakukan lengkukan dan posisi jari lainnya juga dilakukan lengkukan. Pada pengujian sistem robot kursi roda, Didapatkan tingkat keberhasilan pergerakan kursi roda dengan perintah sensor flex sebesar 83,3%.

Kata Kunci: Disabilitas, Sensor Flex, Kursi Roda, Mikrokontroler, Bluetooth

Abstract – A wheelchair is one of the equipment used by persons with physical disabilities in carrying out activities. Currently, there are still many wheelchairs that use human power to move them, so a wheelchair robot was made with motion control using flex sensor technology. This system uses two controllers as one master controller and one slave controller. Wheelchairs are often used by hospital patients as well as people with physical disabilities, most of whom still use manual systems. This device uses Bluetooth as a communication medium between two controllers. The Flex sensor is mounted in the user's hand as the master, and the controller in the wheelchair is a slave. So the researchers designed an automatic wheelchair simulator using flex sensor technology that helps facilitate wheelchair user activity by using curvature of the fingers. To move the walking wheelchair, use the command with the position of the fingers do the flexion and the position of the other fingers also do the flexion. In testing the wheelchair robot system, obtained the success rate of wheelchair movement with flex sensor commands of 83.3%.

Keywords: Disabilities, Flex Sensor, Wheelchair, Microcontroller, Bluetooth.

1. Pendahuluan

Kursi roda yang sering digunakan oleh pasien rumah sakit maupun orang yang mempunyai kekurangan fisik, kebanyakan masih menggunakan sistem yang manual. Kursi roda manual dalam pengoperasiannya dibutuhkan seseorang untuk menggerakkan kursi roda, akan tetapi hal ini bagi pengguna yang memiliki keterbatasan untuk menggerakkan kursi roda tidak dapat melakukannya. Idealnya kursi roda yang dibutuhkan adalah pengguna merasa bebas dapat mengatur gerakan kursi roda sesuai kehendaknya. Kenyatannya hal tersebut tidak dapat dilakukan oleh pengguna yang memiliki keterbatasan pada bagian tangan, sehingga membutuhkan alat bantu untuk dapat

menggerakkan kursi roda tanpa tergantung orang lain dan tetap aman. Maka diperlukan sebuah alat yang dapat membantu mobilitas para pengguna kursi roda berupa kursi roda otomatis yang dapat dengan mudah dikendalikan oleh pengguna itu sendiri. (Badan pusat Infodatin, 2014).

Berdasarkan permasalahan di atas, penelitian ini mendesain suatu simulator kursi roda otomatis dengan menggunakan sensor *flex* yang membantu mempermudah aktivitas pengguna kursi roda dengan menggunakan gerakan jari-jari tangan, sehingga pengguna dapat leluasa bergerak sesuai dengan keinginannya. Kursi roda dirancang dengan menggunakan lima buah sensor *flex* yang akan dipasangkan dalam sarung tangan yang akan dipakai oleh pengguna. Gerakan tangan ini secara tidak langsung melatih koordinasi syaraf otak agar bekerja dengan seimbang.

Proses kursi roda di rumah sakit kursi roda yang digunakan oleh pasien masih manual yaitu dengan melakukan dorong kursi roda sehingga kesulitan tidak adanya dengan teknologi. Maka perlu adanya teknologi kursi roda sensor *flex* supaya mempermudah pasien tersebut akan lebih berkembang. Sebagaimana yang telah diketahui, bahwa saat ini muncul berbagai teknologi baru yang sifatnya memudahkan manusia. “Rancang Bangun Robot Pengendali Kursi Roda Menggunakan Suara”.(Yudhi Gunardi, 2015).

Sebelumnya sudah ada penelitian (Rio Asruleovito, Isnan Nur Rifai, 2014) dengan judul “KURSI RODA DENGAN PENGENDALI BLUETOOTH SMARTPHONE ANDROID BERBASIS ARDUINO UNO.

Melihat kondisi ini, maka dirancang sebuah alat yang dapat digunakan untuk mengontrol sistem industri yaitu Melihat kondisi ini, maka dirancang sebuah alat yang dapat digunakan untuk mengontrol sistem industri yaitu “PERANCANGAN PROTOTYPE KURSI RODA OTOMATIS DENGAN SENSOR *FLEX* ARDUINO BERBASIS MIKROKONTROLER”.

2. Metode Penelitian

2.1. Teknik Pengumpulan Data

Metode ini dilakukan dalam penelitian ini secara langsung dengan mengumpulkan data yang berhubungan dengan Kursi Roda Otomatis. Data-data tersebut penulis kumpulkan dengan cara:

a. Wawancara (interview)

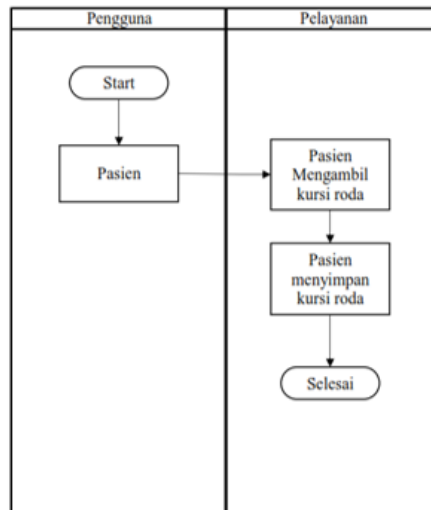
Metode yang akan dilakukan cara yaitu wawancara dengan direktur RSK Bedah Budi Kasih serta sumber-sumber lain yang dapat dijadikan sebagai acuan dan perbandingan dalam merancang alat ini.

b. Observasi

Observasi adalah metode pengumpulan data melalui pengamatan langsung di lokasi yaitu RSK Bedah Budi Kasih.

2.2. Analisis Sistem yang Sedang Berjalan

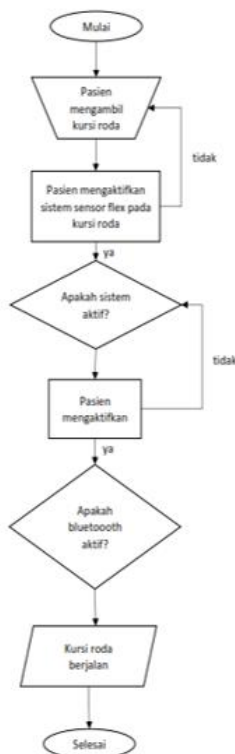
Sistem kursi roda yang sedang berjalan saat ini adalah pasien maupun penyandang disabilitas datang, lalu ia mengambil kursi roda, setelah itu kursi roda didorong untuk pasien sekitar RSK Bedah Budi Kasih. Dapat dilihat bahwa disini ada kondisi dimana pasien maupun penyandang disabilitas mendorong kursi roda tersebut dengan cara didorong tanpa adanya sensor *flex*. *Flowmap* system yang sedang berjalan pada kursi roda.



Gambar 1. Analisis Sistem yang sedang berjalan

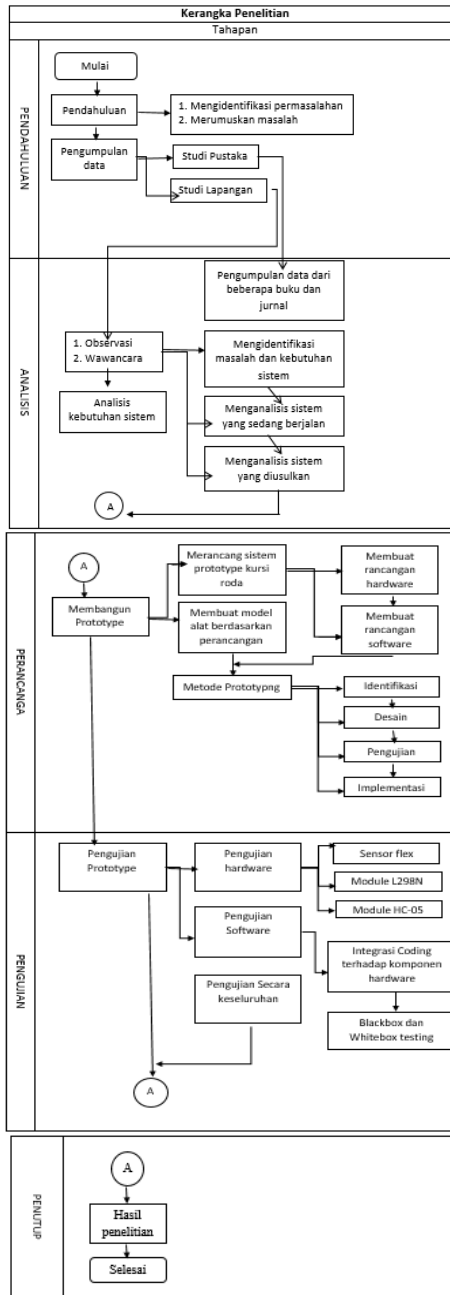
2.3. Analisis Sistem yang Diusulkan

Proses kursi roda didorong oleh pasien, berbeda dengan *flowchart* sistem yang diusulkan yaitu proses kursi roda menggunakan sensor flex yang dapat berjalan dengan jari-jari pasien. Jika bluetooth sensor flex pengirim ke penerima bluetooth kursi roda.. Analisis sistem yang akan diusulkan ini dapat digambarkan pada *flowchart* dibawah ini.



Gambar 2. Analisis Sistem yang diusulkan

2.4. Kerangka Pemikiran



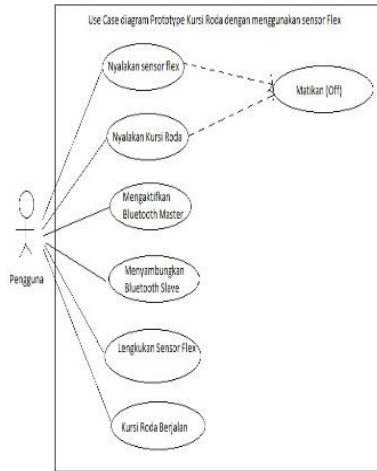
Gambar 3. Kerangka Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Model Perancangan

Unified Modelling Language (UML) adalah sebuah bahasa yang telah menjadi standar dalam industri untuk visualisasi, merancang dan mendokumentasikan sistem piranti lunak. UML menawarkan sebuah standar untuk merancang model sebuah sistem.

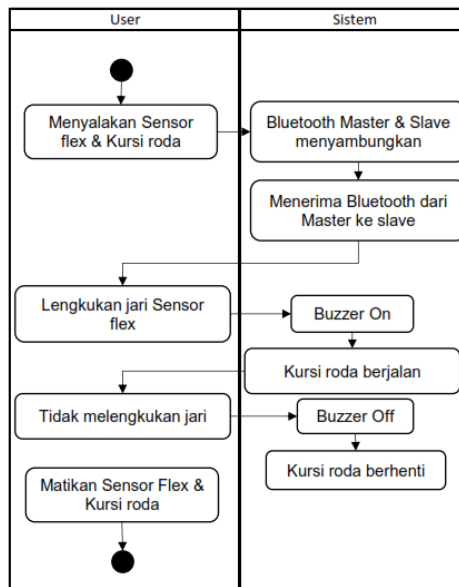
a. Use Case Diagram



Gambar 4. Use Case Diagram

Use case diagram diatas menggambarkan bahwa actor hanya ada satu yaitu pengguna dimana sarung tangan dengan sensor flex ini dapat digunakan oleh pasien RSK Bedah Budi Kasih. Pengguna dapat berinteraksi dengan system dengan melakukan lengkukan jari pada sensor flex.

b. Activity Diagram



Gambar 5. Activity Diagram

3.2. Implementasi

Pada tahap ini akan di implementasikan pada perancangan sensor flex dan kursi roda yang telah dibuat adalah sebagai berikut:

a. Pengujian Sensor Flex

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai tegangan analog yang terbaca pada *serial monitor* arduino IDE dan melakukan pengukuran tegangan saat *flex* sensor dalam keadaan lurus dan saat dilengkungkan. Hasil data uji dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Sensor flex

Pin Analog	Output Gerakan	Letak Sensor	Posisi Jari
A0	Maju	Telunjuk	Dilengkungkan 60° ke bawah
A1	Mundur	Tengah	Dilengkungkan 50° ke bawah
A2	Kanan	Manis	Dilengkungkan 50° ke bawah
A3	Kiri	Kelingking	Dilengkungkan 50° ke bawah

b. Pengujian Putaran Roda

Pengujian motor DC dilakukan untuk mengetahui kesesuaian antara putaran motor DC dengan gerakan kursi roda. Pengujian dilakukan dengan cara membuat program yang diupload pada arduino uno yang berisi perintah menggerakkan motor DC untuk berputar ke depan dan belakang secara otomatis. Hasil data pengujian dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Pengujian putaran roda

Gerakan Roda	Putaran Roda		Keter-angan
	Motor Kanan	Motor Kiri	
Maju	Berputar Ke depan	Berputar ke depan	Sesuai
Mundur	Berputar ke belakang	Berputar ke belakang	Sesuai
Kanan	Berpetuar ke belakang	Berpuar ke depan	Sesuai
Kiri	Berputar ke depan	Berputar ke belakang	Sesuai
Berhenti	Diam	Diam	Sesuai

4. Kesimpulan

Dari sistem yang dibangun, didapatkan beberapa data dan parameter yang sesuai untuk memaksimalkan prototype kursi roda otomatis dengan menggunakan sensor flex. Pada data pengujian pengiriman data karakter dari master ke slave, didapat prosentase keberhasilan sebesar 100%. Hal ini disebabkan terjadinya kesalahan pada posisi lengkungan jari dalam memberikan perintah gerakan pada robot kursi roda. Hasil penelitian ini berupa kursi roda dengan kontrol lengkungan jari pada sensor flex ini dapat membantu pasien maupun disabilitas fisik dalam melakukan aktifitas. Prototype kursi roda otomatis dengan sensor *flex* arduino berbasis mikrokontroler ini dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pembuatan perangkat keras prototype kursi roda otomatis dengan sensor *flex* arduino berbasis mikrokontroler dirangkai menggunakan baterai 18650 3.7V 6000mAh sebagai catu daya pada *driver* motor DC yang digunakan untuk menggerakkan motor DC. Sedangkan untuk mengaktifkan mikrokontroler arduino uno berfungsi sebagai kendali utama diperlukan sumber tegangan dari baterai 9 V, selain itu berfungsi sebagai catu daya, *buzzer*, dan sensor *flex*.
2. Pembuatan perangkat lunak program yang digunakan untuk menjalankan mikrokontroler arduino uno menggunakan arduino IDE sebagai pembuatan *source code* program menggunakan bahasa C. Pada program arduino IDE menggunakan *library* untuk menjalankan sistem dari driver motor L298N dan sensor *flex*.

Hasil unjuk kerja secara keseluruhan dari simulator kursi roda otomatis dengan sensor *flex* berbasis mikrokontroler memiliki unjuk kerja yaitu kursi roda dapat bergerak maju, mundur, kanan, kiri sesuai perintah pengguna kursi roda dan ketika ada penghalang *buzzer* berbunyi dan kursi roda berhenti.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada Tim Class C yang telah meluangkan waktu untuk membuat template ini.

Referensi

- [1] Departemen Pendidikan Nasional. (2005). *Pedoman Pengertian Simulator*. Jakarta: Depdiknas
- [2] Infodatin. (2014). *Penyandang Disabilitas Pada Anak*. Jakarta: Pusat Data dan Informasi Kementerian Kesehatan RI.
- [3] Michael, D., Gustina. (2019). Rancang Bangun Prototype Monitoring Kapasitas Air Pada Kolam Ikan Secara Otomatis Dengan Menggunakan Mikrokontroler Arduino
- [4] Nugroho, A., (2009). Rekayasa Perangkat lunak menggunakan umi dan jaya, Andi., Andi.
- [5] Prasetyo, T. F., Muhaemin, M. (2019). Pengembangan Prototipe *E-Health* Pasien Terintegrasi Dengan Arduino Uno R3
- [6] Rio Asruleovito, Isnan Nur Rifai. (2014). KURSI RODA DENGAN PENGENDALI BLUETOOTH SMARTPHONE ANDROID BERBASIS ARDUINO UNO
- [7] Sujadi, H., Paisal, P. (2018). SISTEM KEAMANAN SEPEDA MOTOR MENGGUNAKAN Mikrokontroler Arduino Uno R3 Dengan Sensor Hc-Sr501 Dan Hc-Sr04
- [8] Susandi, D., Nugraha, W., Rodiyansyah, S. F. (2017). Perancangan Smart Parking System Pada Prototype Smart Office Berbasis Internet Of Things
- [9] Susandi, D., Nugraha., W. (2019). Rancang Bangun Aplikasi Android Security Status Sebagai Pengendali Prototype Sistem Keamanan Berbasis Arduino Uno R3
- [10] Yudhi Gunardi. (2015). Rancang Bangun Robot Pengendali Kursi Roda Menggunakan Suara.

ID: 30

Tahap-Tahap Perancangan Pengendalian PID Secara Visual Menggunakan GeoGebra

Visual PID Control Design Stages Using GeoGebra

Djoko Untoro Suwarno¹

¹Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Sanata Dharma Yogyakarta
joko_unt@usd.ac.id¹

Abstrak – Kontroler PID merupakan kontroler yang banyak dipakai di industry. Terdapat parameter proporsional, integral dan derivative pada kontroler PID. Proses perhitungan dalam PID secara buku teks lebih banyak berisi analisis pengaruh parameter K_p , K_i dan K_d . Proses implementasi perhitungan dirasakan kurang dipahami dengan cepat dan mudah oleh mahasiswa maka dibuat visualisasi untuk menunjukkan proses pada kontroler PID. Proses visualisasi menggunakan GeoGebra untuk menunjukkan proses yang terjadi pada blok perhitungan galar, pengaruh Gain proposal pada blok kontroler proporsional, pengaruh gain pada blok integral dan pengaruh perubahan galat pada blok kontroler derivative. Visualisasi juga dilakukan pada blok elemen control akhir.

Kata Kunci: kontroler PID, visualisasi, GeoGebra, Integral, derivative

Abstract – PID controller is a controller that is widely used in industry. There are proportional, integral, and derivative parameters on the PID controller. The calculation process in PID in textbooks contains more analysis of the influence of the parameters K_p , K_i , and K_d . The implementation process that is felt to be poorly understood by students is then made visualization to show the process on the PID controller. Visualization process using GeoGebra to show the process that occurs in the error calculation block, the effect of the influence on the proportional controller block, the effect of gain on the proportional controller block, and the effect of changes on the derivative controller block. Visualization is also performed on the final control element block.

Keywords: PID controller, visualization, GeoGebra, Integral, derivative

1. Pendahuluan

Kontroler PID merupakan kontroler yang banyak dipakai di industry dan PID dijabarkan secara ideal [1]-[3]. Penjabaran PID untuk industry oleh Setiawan [4], Implementasi kontroler PID untuk mengendalikan plant dilakukan oleh Rosada [5]. Ali [6] mengimplementasikan PID menggunakan matlab. Impelementasi PID menggunakan arduino dilakukan oleh [7][8]. Mahasiswa dalam membuat proyek dengan kontroler PID sering kali mengalami kesulitan dalam memahami proses yang terjadi pada kontroler PID.

Geogebra merupakan tool matematik yang berbasis web untuk pembelajaran dan visualisasi matematika. Melalui tools ini pengguna bisa mensharingkan hasil kerja dalam bentuk file ggb. Dengan adanya forum untuk pengguna GeoGebra maka makin lama situs GeoGebra menjadi semakin lengkap.

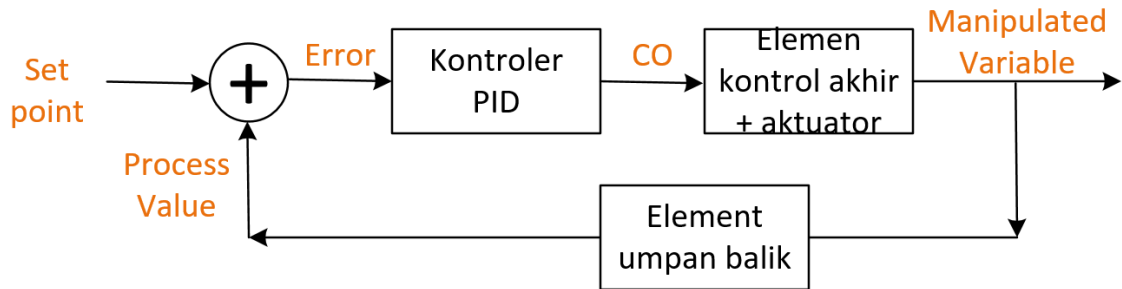
Pada penelitian akan dilakukan visualisasi setiap tahapan dalam kontroler PID mulai dari sinyal SP dan PV serta proses perhitungan pada kontroler PID dan penyesuaian sinyal keluaran. Visualisasi dilakukan dengan menggunakan GeoGebra. Suwarno [9] menggunakan GeoGebra untuk melakukan visualisasi terhadap trigger Thristor, menginspirasi untuk membuat visualisasi operasi kontroler PID.

Permasalahan yang akan diselesaikan

1. Langkah visualisasi operasi pada kontroler PID menggunakan GeoGebra
2. Penyesuaian sinyal keluaran kontroler ke actuator

2. Metode Penelitian

Diagram Blok pengendalian PID pada umumnya ditunjukkan pada Gambar 2 berikut :



Gambar 2. Diagram blok Pengendali PID

Dari diagram blok terdiri dari sinyal dan blok. Sinyal antara lain *Set Point (SP)*, *Process Value (PV)*, sinyal *Error* (galat), sinyal *Controller Output (CO)* dan *Manipulated Variable (MV)*. Blok antara lain penjumlah (atau pengurang) untuk SP dan PV, blok Kontroler PID, blok Elemen Kontrol Akhir dan actuator serta Elemen umpan balik.

Setiap blok akan dilakukan visualisasi menggunakan GeoGebra, yaitu perhitungan sinyal error berupa aksi langsung (*direct acting*) dan aksi kebalikan (*reverse acting*). Proses pengubahan (pemetaan) pada blok Elemen Kontrol Akhir dan aktuator. Blok pengendali PID akan divisualisasikan pada bagian kontroler proposial yaitu pengaruh gain dan pita proporsional (*Proporsional Band*) . Pada bagian kontroler Integral akan divisualisasikan sinyal integral error dengan gain integral tertentu dan waktu integral tertentu. Pada bagian kontroler derivative akan divisualisasikan perubahan terhadap SP dan perubahan terhadap PV.

3. Hasil dan Pembahasan

Perhitungan error ditunjukkan pada persamaan (1) dan (2)
 Aksi langsung

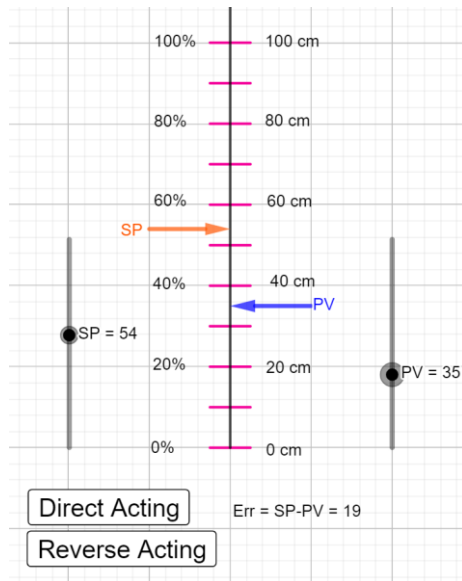
$$E(t) = SP - PV \tag{1}$$

Aksi kebalikan

$$E(t) = PV - SP \tag{2}$$

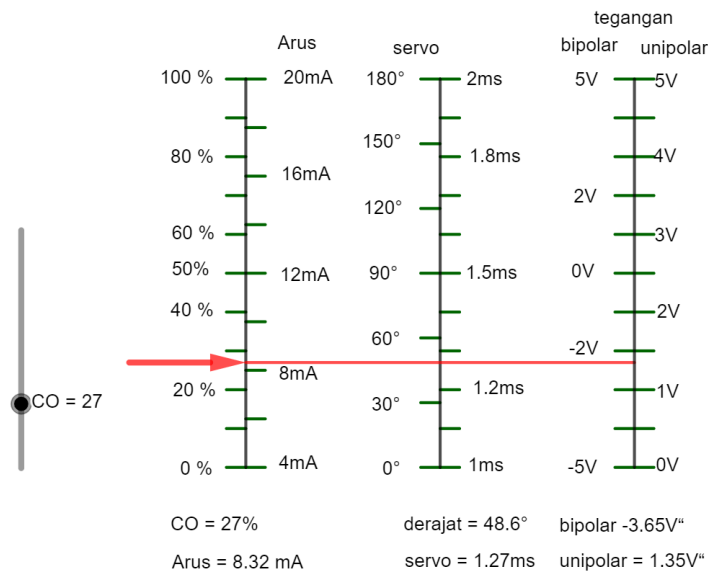
Hubungan antara SP dan PV ditunjukkan pada Gambar 3

SP merupakan nilai acuan , sedangkan PV sebagai masukan untuk kontroler untuk perhitungan galat (error). Satuan SP dan PV haruslah sama, biasanya dalam bentuk % . terdapat nilai minimal dan nilai maksimal. Nilai SP dan PV dalam bentuk persen dapat memudahkan operator memberikan nilai agar tidak melebihi batas. Nilai PV bisa terjadi puncak (*overshoot*) ataupun lembah (*undershoot*). Puncak tidak diperbolehkan melewati batas atas dari system, dan lembah tidak diperbolehkan kurang dari batas bawah.



Gambar 3. Panel kendali untuk SP dan PV

Elemen Kontrol Akhir berhubungan dengan aktuator yang akan dikendalikan. Satuan pengaturan aktuator juga dalam satuan persen. Pemetaan sinyal keluaran kontroler menjadi Variable termanipulasi ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Pemetaan untuk CO menjadi keluaran yang diinginkan

Perhitungan untuk keluaran (variable termanipulasi) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Arus} &= CO(\%) \times 16mA + 4mA \\
 \text{Servo} &= CO(\%) \times 180^\circ \\
 \text{Pulsa} &= CO(\%) \times 1ms + 1ms \\
 V_{\text{bipolar}} &= CO(\%) \times 10V - 5V \\
 V_{\text{unipolar}} &= CO(\%) \times 5V
 \end{aligned}$$

3.1. Bagian Kontroler Proporsional

Hubungan antara Kp, PB dan galat ditunjukkan pada persamaan (3)

$$CO = Kp \cdot E(t) \tag{3}$$

Dengan CO merupakan Keluaran Kontroler (dalam %) galat dalam satuan %

Kp merupakan gain proporsional

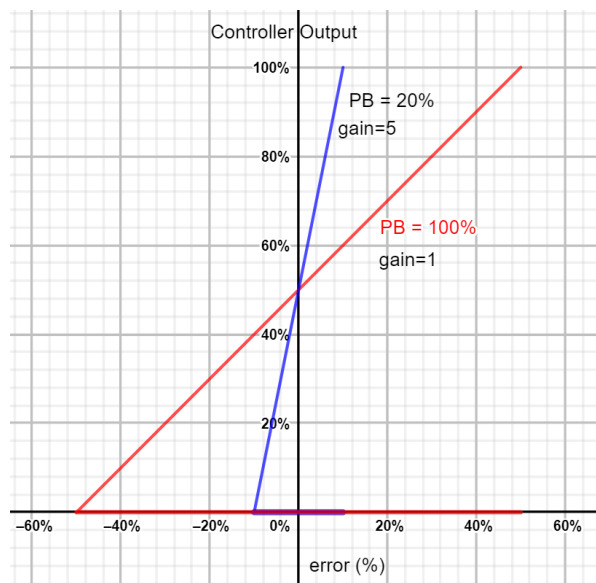
Pada Gambar 5, galat = ± 10% menghasilkan CO = 100% maka

$$Kp = \Delta CO / \Delta error = 100\% / 20\% = 5$$

Dan

$$PB = 1 / Kp = 1 / 5 = 20\%$$

PB yang sempit menunjukkan gain yang besar, perubahan galat yang kecil mengakibatkan keluaran kontroler yang besar dikatakan sistem peka terhadap perubahan masukan.



Gambar 5. Proporsional Band, error dan Keluaran Kontroler

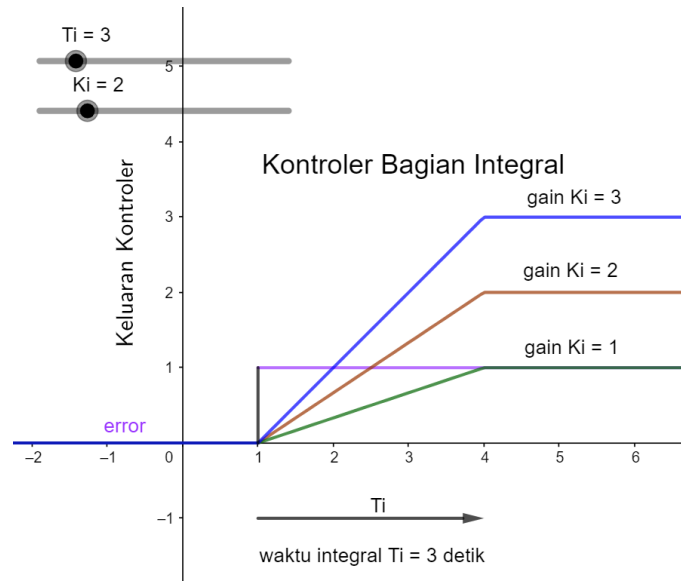
3.2. Bagian Kontroler Integral

Hubungan antara gain integral, waktu integral dengan keluaran kontroler

$$CO = \int_0^t K_i E(t) dt \tag{4}$$

Dengan waktu integral sebagai berikut

$$K_i = 1 / T_i \tag{5}$$



Gambar 6. Pengaruh Kontroler bagian integral

Kontanta gain integral semakin besar akan mengakibatkan galat yang masih ada di akumulasi sehingga makin lama makin besar. Lama waktu integral ditentukan oleh T_i , untuk T_i yang besar mengakibatkan factor integral semakin tidak pengaruh. Untuk menghilangkan factor integral dilakukan dengan memberikan nilai $T_i = \infty$.

Nilai gain integral yang besar berarti system cepat, sedangkan untuk nilai gain integral yang kecil berarti system lambat. Nilai waktu integral memiliki satuan repeat/satuan waktu. Contoh system dengan setting waktu integral 1 menit per repeat artinya keluaran system menjadi satu kali dari masukan dalam waktu satu menit. Pada

Gambar 6, nilai waktu integral $T_i = 3$ detik dan untuk $K_i = 1$ maka dalam waktu 3 detik nilai keluaran kontroler akan sama dengan masukan kontroler. Untuk $K_i = 3$ maka dapat dikatakan 3 repeat per detik.

Bagian integral bila tidak dibatasi akan menyebabkan keluaran kontroler cepat menjadi jenuh. Keluaran dikatakan jenuh (saturasi) bila penambahan masukan tidak mengubah keluaran.

3.3. Kontroler Bagian Derivatif

Kontroler Derivatif berfungsi untuk memberikan respons terhadap perubahan galat . Bagian derivatif ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$CO = Kd \cdot de(t)/dt \tag{6}$$

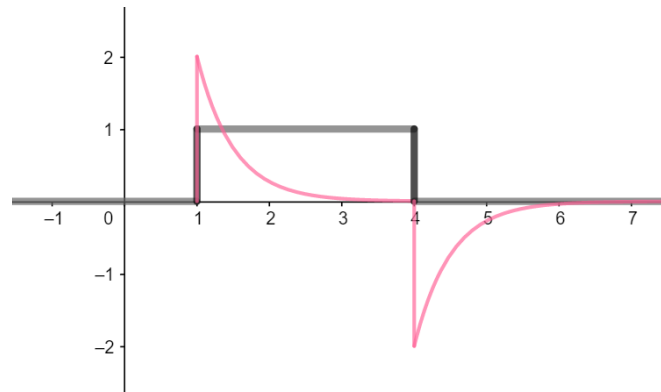
Dengan $e(t) = SP - PV$

Saat terjadi perubahan SP yang cepat, misalnya SP berupa fungsi undak maka,

$$\frac{de(t)}{dt} = \frac{d(SP - PV)}{dt} = \frac{d(SP)}{dt} - \frac{dPV}{dt}$$

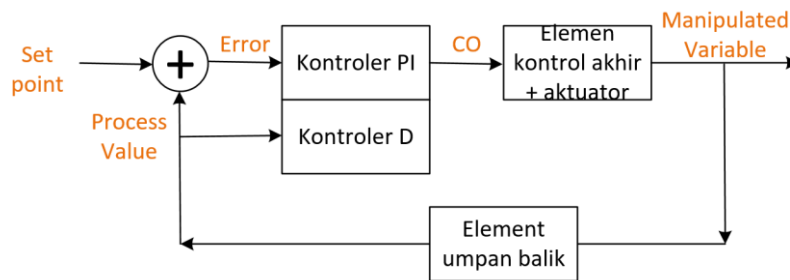
Untuk SP berupa fungsi undak maka dSP/dt akan menghasilkan fungsi impuls ditunjukkan pada

Gambar 7



Gambar 7. Kejutan (fungsi impuls) pada perubahan galat

Untuk mengatasi adanya kejutan (dinamakan derivative kickoff) maka proses perhitungan galat dilakukan dengan melakukan perubahan galat pada PV untuk perhitungan kontroler derivative, sedangkan pada kontroler Proporsional dan kontroler Integral perhitungan galat tetap menggunakan e(t) seperti ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Kontroler PID yang disempurnakan

Persamaan untuk keluaran kontroler yang disempurnakan ditunjukkan pada persamaan berikut

$$CO = Kp e(t) + \frac{Kp}{Ti} \int_0^t e(t) dt + Kd.Td \frac{dPV}{dt} + offset$$

Adanya factor penambahan offset digunakan untuk penyesuaian variable termanipulasi untuk actuator.

Langkah Langkah pada GeoGebra dinamakan protocol Konstruksi yang merupakan urutan untuk membentuk grafik. Berikut ini contoh protocol Konstruksi untuk gambar 6 ditunjukkan pada Gambar 9.

⋮	Name	Description	Value
1	Function t		$t(t) = If(1 \leq t \leq 4, 1, 0)$
2	Function g		$g(t) = If(1 < t < 4, 2e^{-2(t-1)})$
3	Function h		$h(t) = If(4 < t, -2e^{-2(t-4)})$
4	Segment i	Segment (1, 0), (1, 1)	$i = 1$
5	Segment j	Segment (4, 0), (4, 1)	$j = 1$
6	Segment k	Segment (1, 0), (1, 2)	$k = 2$
7	Segment l	Segment (4, 0), (4, -2)	$l = 2$

Gambar 9. Protokol Konstruksi GeoGebra untuk gambar 6

Batasan dalam makalah ini yaitu tidak dibahas implementasi dalam bentuk script untuk kontroler PID. Script untuk kontroler PID dikemas dalam bentuk library [8] sehingga pemakai tidak mudah mengamati proses yang terjadi. Visualisasi belum diimplementasikan untuk masukan yang berubah sehingga tampilan tidak real time. Protokol konstruksi pada GeoGebra bisa diubah parameternya sehingga bisa dilihat pengaruh dari parameter terhadap blok tertentu.

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh yaitu

1. Visualisasi proses pada kontroler PID berhasil ditampilkan menggunakan GeoGebra
2. Visualisasi memudahkan melihat proses yang terjadi pada kontroler PID
3. Visualisasi tidak mengimplentasikan kontroler PID dalam bentuk script.

Referensi

- [1] Ogata, Katsuhiko. *Modern control engineering*. Prentice hall, 2010. Seborg, Dale E., et al. *Process dynamics and control*. John Wiley & Sons, 2017.
- [2] Nise, N. S. *Control System Engineering*, 6th edition. New Jersey: John Wiley and Son. 2010
- [3] Pedro Albertos, I. M. *Feedback and Control for Everyone*. Berlin: Springer, 2010
- [4] Setiawan, Iwan. *Kontrol PID untuk proses industri*. Elex Media Komputindo, 2013.
- [5] Rosada, Kevin. Sistem Kontrol Pompa Air Menggunakan Kontroler PID Berbasis Raspberry Pi. Diss. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017.
- [6] Ali, Muhamad. "Pembelajaran Perancangan sistem kontrol PID dengan software MATLAB." *Jurnal Edukasi@ Elektro* 1.1 2004.
- [7] Visioli, Antonio. *Practical PID control*. Springer Science & Business Media, 2006.
- [8] Bista, Dinesh. "Understanding and Design of an Arduino-based PID Controller." 2016
- [9] Suwarno, Djoko Untoro. "Visualization of Rectified Sine Waves and Triggering Angles on Thyristor Using GeoGebra." *Proceeding International Conference on Mathematics and Learning Research*. 2021

Sistem Informasi Akademik Dengan Model Pengembangan Waterfall

Academic Information System With Waterfall Development Model

Didik Aribowo^{1*}, Irwanto², Maulana Ali Usman³

^{1,2,3} Pendidikan Vokasional Teknik Elektro, FKIP, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jl. Ciwaru Raya No. 25 Kota Serang, Banten, Indonesia
d_aribowo@untirta.ac.id¹, irwanto.ir@untirta.ac.id², maulanaali.akshy@gmail.com³

Abstrak – Penelitian ini merupakan jenis penelitian dan pengembangan atau *Research and Development (R&D)* yang bertujuan untuk menghasilkan sebuah produk sistem informasi akademik, mengetahui proses pengembangan serta tingkat kelayakan. Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian pengembangan yang mengadaptasi model pengembangan waterfall yang terdiri dari empat tahapan yaitu: (1) Analisis, (2) Desain, (3) Pengkodean, (4) Pengujian. Produk akhir yang dihasilkan dari penelitian pengembangan ini berupa sistem informasi akademik yang sekaligus menjadi objek utama penelitian. Teknik pengumpulan data pada penelitian ini adalah wawancara dan angket. Adapun pengujian tingkat kelayakan sistem informasi akademik melibatkan dua orang ahli media, serta untuk uji coba penggunaan dilakukan oleh siswa SMK Negeri 1 Ciruas. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan diperoleh skor kelayakan sistem informasi akademik berdasarkan evaluasi ahli media sebesar 70 dengan kriteria “Sangat Layak”, dalam hal ini diartikan sistem informasi akademik sudah baik dan sangat layak untuk digunakan sebagai sistem informasi, dan skor uji pengguna sebesar 35 dengan kriteria “Sangat Layak” dalam hal ini diartikan sistem informasi sudah baik dan sangat layak untuk digunakan sebagai sistem informasi.

Kata Kunci: Sistem Informasi Akademik, Penelitian Pengembangan, Waterfall.

Abstract – This research is a type of research and development (R&D) which aims to produce a information system product in the form of an academic information system, knowing the level of eligibility and development process. The research method used is development research that adapts the waterfall development model which consists of four stages, namely: (1) Analyze, (2) Design, (3) Coding, (4) Testing. The final product resulting from this development research is in the form of an academic information system which is also the main object of research. The methods used in collecting data in this study include interviews. The testing of the feasibility level of information system involved two media experts and for the trial use it was conducted by student at SMK Negeri 1 Ciruas. Based on the results of the study, the feasibility score of the academic information system on the evaluation of the media experts was 70 with the criteria "Very Feasible", in this case the academic information system in terms of technical quality and instructional quality was good and very feasible for used as a information system, the feasibility score of the academic information system on the evaluation of user test was 35 with the criterion "Very Eligible" in this case interpreted as an information system very feasible to be used as a information system.

Keywords: Accademic Information System, Research Development, Waterfall.

1. Pendahuluan

Pada masa ini perkembangan teknologi dan informasi berkembang dengan pesat. Kemajuan teknologi dan informasi dapat mengembangkan prestasi yang memungkinkan macam-macam aktivitas bisa dilaksanakan dengan mudah dan benar serta mengembangkan kreativitas seseorang. Suatu pengaruh dari berkembangnya teknologi dan informasi adalah muncul banyak platform yang menggunakan elektronik, seperti: *e-commerce*, *e-education*, *e-government* serta platform yang lainnya. Dengan berkembangnya teknologi dan informasi akan mendapatkan gaya hidup yang baru, dari awal hidup sampai akhir hidup, kehidupan ini biasa disebut dengan sebutan *e-life*, yang berarti bahwa hidup tersebut telah terpengaruhi dengan gaya hidup elektronik, maka

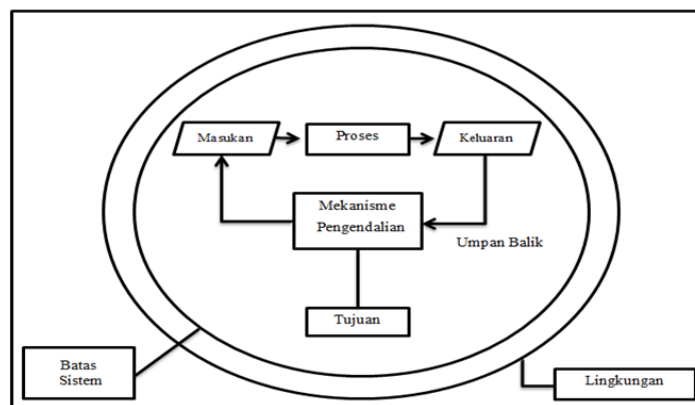
kesimpulannya adalah teknologi dan informasi mempunyai peranan penting di dalam bidangnya [1].

Sistem informasi akademik sekolah memerlukan jaringan internet untuk menggunakan teknologi sebagai tempat fasilitator informasi dan untuk menghimpun data akademik. Sistem informasi akademik banyak dipakai sebagai sumber informasi. *Website* adalah suatu media untuk menyampaikan informasi dan penyebarluasan yang mudah untuk diakses kapan saja tanpa ada batasan tempat geografis yang akan digunakan oleh sekolah. *Website* ini berisikan data yang meliputi sebagai berikut: (1) profil sekolah, (2) identitas sekolah, (3) album gambar dan video kegiatan-kegiatan yang sudah dilaksanakan beserta informasi yang terbaru [2].

Salah satu Sekolah Menengah Kejuruan Negeri di Kabupaten Serang yang belum memaksimalkan *website* sebagai sistem informasi akademik, yaitu SMKN 1 Ciruas. Pendataan siswa, pendataan guru dan pegawai, dan pendataan data alumni yang tiap tahunnya berubah membutuhkan sebuah sistem yang bisa dikelola dengan cepat sehingga tidak terjadi penumpukan data. Selain itu, penyampaian informasi akademik masih manual dan informasi lainnya masih sebatas pengumuman-pengumuman yang dipasang di papan pengumuman sekolah, sehingga proses penyampaian informasi menjadi lambat. Tujuan dari pengembangan sistem informasi akademik ini diantaranya sebagai berikut:

1. Mengetahui proses pengembangan sistem informasi akademik di SMKN 1 Ciruas.
2. Mengetahui kelayakan pengembangan sistem informasi akademik di SMKN 1 Ciruas.

Sistem informasi sudah digunakan di Indonesia tak hanya di Negara-negara maju, banyak kehidupan yang berkaitan dengan sistem informasi seperti di kantor, bandara, pasar modern dan juga dirumah ketika pengguna sedang mengakses dunia maya atau melalui ponsel, sistem informasi sudah banyak mendukung kegiatan manusia [3]. Sistem informasi merupakan sebuah bagian diantaranya adalah, manusia, teknologi dan informasi, serta aturan kerja yang mengolah, menyimpan, menganalisa, dan memberikan informasi supaya tercapainya sebuah tujuan [4]. sistem informasi merupakan sebuah sistem yang bisa dijabarkan dengan menyatukan, mengolah, menyimpan, menganalisa, memberikan sebuah informasi untuk mencapai tujuan [5]. Sistem informasi yaitu suatu sistem di dalam suatu organisasi yang mempertemukan kebutuhan pengolahan transaksi harian yang mendukung fungsi operasi organisasi yang bersifat manajerial dengan kegiatan strategi dari suatu organisasi untuk dapat menyediakan kepada pihak luar tertentu dengan laporan-laporan yang diperlukan [6]. Sistem informasi akademik (SIA) adalah sebuah sistem aplikasi yang dibuat secara khusus untuk mengelola data administrasi akademik dengan penerapan teknologi komputerisasi sehingga pengelolaan administrasi akademik dapat dikelola dengan baik dan dapat menyajikan informasi secara tepat dan cepat [3]. Sistem informasi akademik (SIKAD) adalah aplikasi atau sistem yang dirancang dan dibuat untuk mengolah data-data yang berhubungan dengan informasi akademik, meliputi data mahasiswa, data dosen, rekaman hasil kuliah, kurikulum dan jadwal perkuliahan [7].



Gambar 1. Elemen-elemen Sistem [3]

Fungsi dari *website* sekolah diperlukan sebuah konten-konten agar mendapatkan bermacam informasi supaya tujuan dari *website* sekolah dapat terpenuhi [3]. Konten-konten yang dimaksud sebagai berikut:

1. Konten *Tag* ; Fungsi Konten ini guna menampilkan slogan atau *tag* sekolah tersebut. Slogan atau *tag* ini diharap dapat meningkatkan karakter sekolah.
2. Konten *Social Icon* ; Berkembangnya sosial media yang begitu pesat pada masa ini membentuk saling terhubung anatara satu dengan yang lainnya. Sosial media juga mempunyai peran yang signifikan untuk membentuk jaringan. Fungsi dari *social icon* ini untuk saling terhubung antara akun media sosial sekolah dengan *website* sekolah.
3. Konten *Header* ; Konten ini untuk membuat nama sekolah serta logo sekolah, dapat juga guna memperlihatkan foto atau *tag* prestasi sekolah.
4. Konten Menu ; Konten ini memiliki fungsi pusat untuk menjelajahi setiap halaman yang sudah tersedia. Menu yang tersedia di *website* sekolah terdapat dua unsur, adalah menu utama dan sub menu.
5. Halaman Beranda ; Halaman beranda memiliki peran yang besar pada sebuah kesan pertama terhadap pengguna. Hampir setiap pengguna akan melihat halaman berandanya pada pertama kali, lalu kemudian mulai menjelajahi isi yang lainnya.
6. Halaman Pendukung ; Halaman pendukung merupakan sebuah halaman yang memenuhi konten yang meliputi berbagai macam yaitu:
 - a. Halaman Profil Sekolah ; Halaman profil sekolah mengandung visi misi, sambutan kepala sekolah, sejarah sekolah dan yang lainnya sesuai dengan apa yang ingin ditunjukkan.
 - b. Halaman Pengumuman dan Agenda ; Halaman ini ditunjukkan secara simpel berbentuk informasi, agenda kegiatan, ataupun pemberitahuan yang berguna untuk siswa, guru dan pengguna.
 - c. Halaman Informasi ; Halaman ini adalah pusat dari *website* sekolah. Halaman ini mempunyai peran untuk menyampaikan informasi sekolah, baik berupa pemberitahuan dan pendukung informasi sekolah.
 - d. Halaman PPDB (Penerimaan Peserta Didik Baru) ; Mengandung informasi PPDB seperti agenda, aturan, alur dan aturan lainnya. Selain itu, halaman ini mengandung informasi yang berkaitan dengan formulir pendaftaran dan hasil PPDB.
 - e. Halaman Interaksi ; Halaman Interaksi sebagai media berinteraksi pengguna dan admin, sebab itu adanya kontak administrator.
 - f. Halaman Galeri Foto ; Halaman ini mengandung pengarsipan kegiatan rutin atau prestasi dengan menampilkan foto atau video dari siswa atau guru di sekolah.

Hasil dari observasi mengenai perancangan sistem pembelajaran *e-learning* berbasis *website* di program studi Pendidikan Vokasional Teknik Elektro adalah seperti berikut [8] :

1. Produk *website e-learning* dikembangkan menurut metode *Research and Development* dengan model pengembangan *waterfall* yang melibatkan berbagai langkah adalah, analisis kebutuhan, desain, implementasi atau pengkodeaan, dan pengujian.
2. Nilai yang diperoleh guna kelayakan produk dari hasil pengujian validator yaitu 74,6 yang dimana termasuk kedalam kategori “sangat layak”.
3. Nilai yang diperoleh guna kelayakan produk dari hasil pengujian pengguna dosen dan mahasiswa yaitu 90,3 dan 85 yang dimana termasuk kedalam kategori “sangat layak”.

Perancangan sistem informasi sekolah berbasis *web* bisa mempermudah pengguna untuk mencari data karena tidak mencari dengan menggunakan pencarian secara konvensional. Pada tata usaha sekolah bisa mempermudah untuk penyimpanan berkas karena menggunakan database dan tidak membutuhkan tempat yang banyak untuk menyimpan berkas, memudahkan untuk mencari data. Merubah cara kerja dari konvensional menjadi *modern*. Sedangkan untuk kepala sekolah bisa mempermudah untuk melihat data peserta didik, data tenaga pendidik dan data penilaian [9].

Sistem informasi pencarian indekos berbasis *website* dalam pemanfaatannya dapat membantu mahasiswa FKIP Untirta dalam proses pencarian tempat indekos dan juga waktu yang dibutuhkan untuk mencari indekos lebih efektif. Hasil analisis kelayakan sistem informasi pencari indekos untuk mahasiswa FKIP Untirta dilakukan pada 2 orang ahli media, 35 responden yaitu 29 mahasiswa FKIP Untirta dan 6 pemilik indekos. Hasil analisisnya ialah pada aspek *functionality* dimana hasil pengujian memiliki nilai 0.88, maka *software* sudah memenuhi standar *functionality*, lalu pada aspek *usability* mendapatkan rata-rata 90.1 dan berada pada kategori sangat layak, terakhir aspek *efficiency* dengan rata-rata waktu *pageload* yaitu 3.43 detik dan telah sesuai dengan standar *efficiency* [10].

Hasil observasi lainnya yang sudah dilaksanakan terkait dengan memanfaatkan *website* untuk pengembangan keahlian serta keunggulan sekolah adalah hal yang benar dikarenakan *website* merupakan media yang begitu aktif dalam meningkatkan pengetahuan beserta untuk eksistensi diri. Penerapan sistem informasi sekolah berbasis *website* dapat dibuka kapan dan dimana saja menggunakan jaringan internet. *Website* sekolah bisa menyelesaikan masalah untuk menyampaikan informasi [11].

Sistem informasi akademik pada SMK 11 Maret Jakarta menjelaskan sebagai berikut: Sistem Informasi Akademik sekolah diharapkan bisa mempermudah untuk pengguna dan bisa membantu untuk mempermudah penyampaian informasi kepada tenaga pendidik dan peserta didik. Selain itu, dengan memakai *website* sekolah, tenaga pendidik bisa menyampaikan tugas bagi peserta didik dan memberikan penilaian langsung melalui *website* [12].

Sistem informasi sekolah berbasis *website* di SMK PGRI 1 Kota Serang bisa didapat penjelasan seperti berikut. (1) Sistem informasi sekolah berbasis *website* dikembangkan memakai metode *Research and Development*. Menggunakan model *waterfall* dengan langkah-langkah observasi sebagai berikut; analisis, desain, pemrograman dan pengujian. Langkah perancangan sistem informasi sekolah berbasis *website* ini antara lain adalah merancang *flow chart* dan *story board*, perancangan dan penyusunan konten, membuat tahap *procedure* sistem informasi sekolah menurut dengan alur yang telah ditetapkan, melaksanakan pembuatan *database* memakai aplikasi XAMPP, kemudian penulisan *code* dengan bahasa pemrograman PHP guna mengolah data pada *website* dengan dibantu aplikasi *sublime text*. Kemudian melaksanakan pengkodean kemudian *website* yang telah jadi di *hosting* supaya dapat terkoneksi dengan jaringan internet. (2) Tingkat kelayakan pada sistem informasi sekolah berbasis *website* ini menurut validator media serta pengguna yaitu staff tata usaha, staff keuangan dan administrasi, tenaga pendidik, peserta didik dan masyarakat. Penilaian oleh validator media memperoleh nilai rata-rata 72,5 yang menurut tabel konversi kelayakan menyatakan sangat layak, nilai rata-rata dari pengguna sebesar 71,96 yang menurut tabel konversi kelayakan menyatakan sangat layak [13].

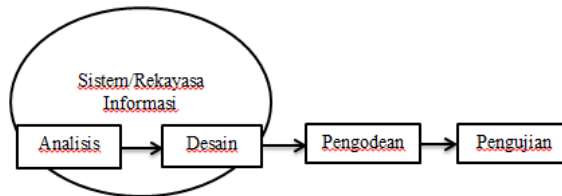
Sistem informasi akademik di SMKN 1 Ciruas saat sebelum penelitian tidak dapat dibuka kapan saja dan dimana saja dan ini merupakan masalah yang dapat mengurangi cara kerja sistem untuk menyampaikan informasi serta memperlambat cara kerja proses pendidikan. Informasi sekolah yang seharusnya dapat diproses mengharuskan sekolah membuat suatu sistem yang dapat dipergunakan dengan benar. Sehingga bisa mengatasi kesulitan yang di alami sekolah. Penerapan sistem informasi akademik diharapkan dapat mendorong kemudahan dalam penyampaian informasi akademik yang cepat, memberikan kemudahan dan keakuratan untuk mendapatkan informasi tentang sekolah. Berdasarkan permasalahan yang terjadi, maka dilakukan penelitian pengembangan sistem informasi akademik di SMK Negeri 1 Ciruas. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan kemudahan dalam mengakses informasi yang dibutuhkan serta kelancaran dalam menyampaikan informasi yang terbaru, akurat, dan cepat.

2. Metode Penelitian

Penelitian pengembangan sistem informasi akademik di SMK Negeri 1 Ciruas ini adalah berupa penelitian dan pengembangan *Research and Development (R&D)*. *R&D* adalah metode

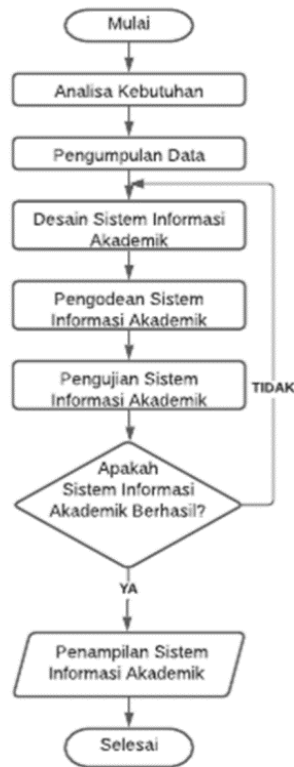
yang digunakan untuk merealisasikan produk tertentu dan menguji keefektifanya [14]. Pada penelitian ini model pengembangan yang digunakan ialah waterfall.

Model waterfall adalah alur hidup klasik yang menerangkan pendekatan alur hidup perangkat lunak secara teratur mulai dari analisa, desain, pengodean, pengujian dan tahap pendukung. Model pengembangan waterfall (air terjun) sering juga disebut model sekuensial linier (*sequential linear*) atau alur hidup klasik (*classic life cycle*) [15].

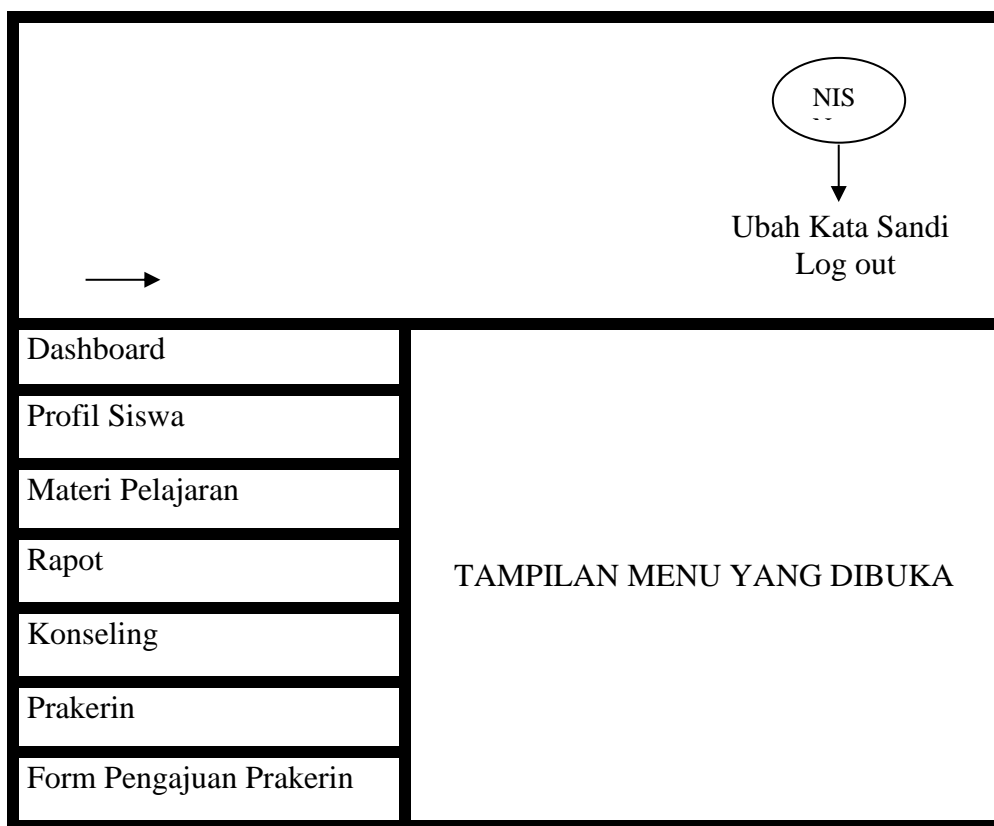


Gambar 2. Ilustrasi Model Waterfall [15]

Dalam penelitian ini terdapat tahapan penelitian dalam flow chart yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Flow Chart Tahapan Penelitian



Gambar 4. Desain Produk

Adapun subyek coba pada observasi ini melibatkan siswa SMKN 1 Ciruas. Pengujian yang nilai yaitu dari kelayakan sistem informasi akademik tersebut dan melibatkan 2 orang validator sebagai ahli media. Teknik yang digunakan pada pengumpulan data meliputi tiga tahapan yaitu, wawancara, pengamatan dan studi pustaka. Teknik pengumpulan data ini bertujuan supaya memperoleh data-data yang diperlukan, selanjutnya untuk di analisa. Instrumen penelitian yaitu setiap media yang dipakai untuk pengumpulan, pemeriksaan, pengolahan, penganalisaan dan menyediakan data-data secara terstruktur dan obyektif yang bertujuan untuk menguji sebuah hipotesis atau menyelesaikan suatu permasalahan [16]. Pengumpulan data mempunyai dua macam instrumen di antaranya adalah instrumen ahli media dan instrumen pengguna. Pengujian instrumen bertujuan supaya melihat tingkat validasi dan juga menjadi syarat mutlak instrumen yang ingin dipakai pada penelitian, maka diharapkan hasil penelitian akan menjadi valid.

Pada penelitian kali ini, peneliti memakai teknik analisa deskripsi. Teknik analisa deskripsi dipakai dengan cara memanfaatkan bahan deskripsi. Bahan analisa deskripsi ini adalah statistik yang mempunyai fungsi untuk menganalisis sebuah data yang telah dihimpun dengan cara menjabarkannya data yang sudah terhimpun tanpa membentuk suatu ringkasan yang bersifat luas.

Data yang telah dikumpulkan akan dianalisa dan dideskripsikan sehingga dapat membentuk suatu informasi. Proses ini dimulai dari proses data-data yang telah didapatkan akan membentuk data yang bermakna, sebab itu harus dikelompokkan menjadi dua kelompok data yaitu, data merupakan bilangan dan tulisan. Tahap awal untuk menganalisa data ialah dengan cara memakai deskripsi, menjelaskan tentang produk hasil rangkaian sistem informasi yang telah diterapkan dalam wujud media yang sudah dibuat dan menilai tingkat kelayakan dari produk. Langkah berikutnya memakai deskripsi yang dihitung menggunakan rumus yaitu, penjelasan tentang kelayakan produk untuk digunakan di sekolah SMKN 1 Ciruas.

Dari hasil data yang sudah diproses pengembangan produk adalah suatu data yang sifatnya deskripsi. Pembuatan data tahapan pengembangan produk ini didapat dari validator media dan pengguna yaitu siswa di SMKN 1 Ciruas, yang berupa saran dan penilaian, Selanjutnya saran dan penilaian menjadi suatu rujukan untuk mengerjakan produk untuk diterapkan di sekolah.

3. Hasil dan Pembahasan

Proses dan hasil pengembangan dari sistem informasi akademik akan dibahas pada bagian ini. Dalam hal ini penelitian menggunakan model pengembangan waterfall yang mempunyai 4 tahap, yaitu: (1) analisis, (2) desain, (3) pengodean, dan (4) pengujian. Produk yang telah dikembangkan pada penelitian ini berupa sistem informasi akademik. Tahapan-tahapan yang telah disebutkan pada model penelitian waterfall tersebut akan dijelaskan seperti berikut:

1) Tahap Analisis

a. Analisis Awal

Pada langkah awal ini melakukan analisis dengan mencari suatu masalah, masalah yang diperoleh sesudah melakukan wawancara kepada wakil kepala sekolah di SMK Negeri 1 Ciruas. Analisa awal ini mempunyai tujuan supaya mengetahui masalah yang ada di sekolah terutama di SMKN 1 Ciruas. Menurut hasil dari wawancara, bahwa sekolah memerlukan suatu sistem informasi akademik yang bisa digunakan dengan cepat dan benar, meminimalisir pemakaian kertas, tetapi juga dapat menyediakan informasi sekolah. Suatu sistem informasi akademik yang memudahkan siswa dan guru dalam hal akademik.

Permasalahan yang ditemukan ketika pemberian informasi sekolah masih bersifat manual yaitu masih banyak nya siswa yang tidak mendengarkan pengumuman-pengumuman yang diberikan oleh sekolah serta kekeliruan dalam menangkap informasi yang didengar oleh siswa. Permasalahan lain yang didapat adalah dengan cara observasi ke sekolah. Solusi yang baik dalam menangani masalah-masalah diatas adalah dengan membuat sebuah sistem informasi akademik yang didalamnya memudahkan sekolah supaya nantinya mampu mempermudah siswa dalam mendapatkan informasi akademik.

b. Analisis Pengguna

Tujuan dilakukannya analisis pengguna yaitu agar dapat mengetahui saran dan pendapat serta kebutuhan pengguna terhadap sebuah sistem informasi akademik yang akan dibuat.

Tabel 1. Pendapat Menu Dari Wawancara Wakil Kepala Sekolah

Menu
<i>Lo gin</i>
Profil
Nilai
Materi
Prakerin
E-Konseling

c. Analisis Fungsi dan Tugas

Berdasarkan analisis dari hasil wawancara pada bidang kurikulum SMK Negeri 1 Ciruas, tugas atau fungsi utama pada sistem informasi akademik pada tabel 2.

Tabel 2. Tugas dalam Sistem Informasi Akademik

No.	Tugas	Keterangan
1.	Mempermudah pengguna mendapatkan informasi sekolah.	- Informasi sekolah - Agenda sekolah - Pengumuman Sekolah
2.	Mempromosikan sekolah pada jangkauan yang luas.	- Memberikan informasi prestasi dan kerja sama sekolah pada perusahaan dengan bantuan internet. - Memberi informasi kegiatan agenda di sekolah.
3.	Memudahkan siswa kelas XI untuk mendaftarkan prakerin dan semua siswa untuk melakukan bimbingan konseling secara <i>online</i> serta melihat nilai secara keseluruhan	- fitur prakerin untuk kelas XI - fitur bimbingan konseling secara <i>online</i> untuk seluruh siswa - fitur profil dan nilai untuk seluruh siswa

2) Tahap Desain

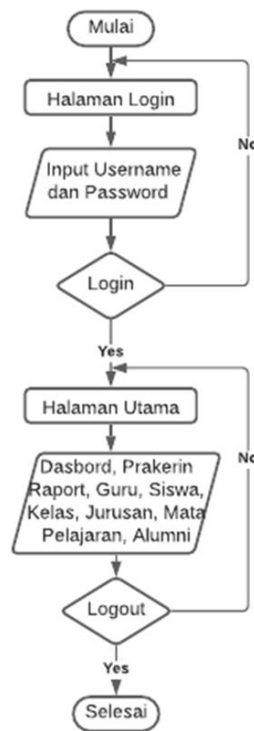
Pada langkah ini dimana keperluan *software* telah didapatkan dan diterjemahkan ke dalam wujud gambaran *software* yang kemudian akan dibentuk. Representasi dari bentuk *software* dijabarkan pada tahap-tahap berikut:

a. Pembuatan Flow Chart

- **Flow Chart User Administrasi**

User admin dibentuk melalui *database*, dengan menggunakan *password* serta *username* yang telah diatur. Apabila ada kesalahan dalam menginput *username* serta *password* maka akan muncul peringatan dan akan disuruh memasukan *username* serta *password* kembali. Beda halnya jika memasukan user name serta password dengan benar, maka masuk ke dalam beranda admin. Beranda ini mempunyai bermacam menu sebagai berikut: *dashboard*, prakerin, rapat, guru, siswa, kelas, jurusan, mata pelajaran.

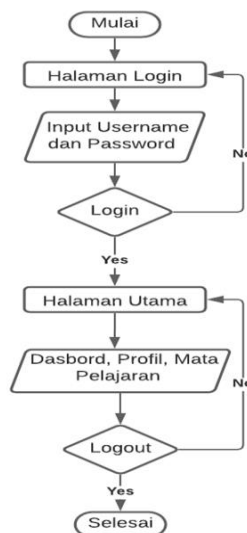
User administrator ini berfungsi untuk melakukan pageditan konten-konten yang berada di dalam *website* dari mulai prakerin sampai materi pelajaran. *User* ini juga berfungsi sebagai penambahan akun siswa dan guru.



Gambar 5. Flow Chart User Admin

- **Flow Chart User guru**

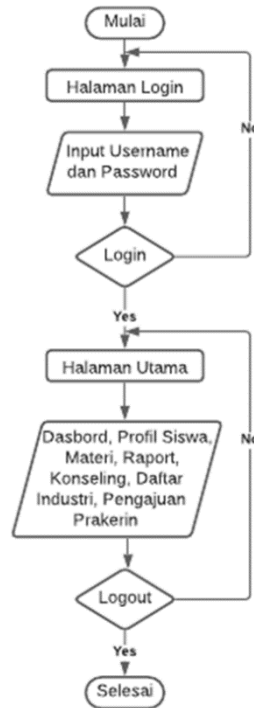
User guru merupakan user halaman guru yang akan digunakan oleh guru. Pembuatan user guru ini dibuat melalui administrator yang didata dalam user halaman administrator. User guru ini dikhususkan hanya untuk mengpload materi pelajaran. Menu-menu dalam user guru diantaranya adalah dasbord, profil guru, materi pelajaran.



Gambar 6. Flow Chart User Guru

- **Flowchart user siswa**

User siswa merupakan user halaman siswa yang akan digunakan oleh siswa. Pembuatan *user* siswa ini dibuat melalui administrator yang didata dalam *user* halaman administrator. *Username* dan *password* yang digunakan oleh *user* siswa adalah menggunakan NIS (Nomer Induk Siswa). Jika *username* serta *password*nya salah maka muncul peringatan untuk mencoba kembali memasukan *password* dan *usernamenya*, namun jika benar maka akan langsung masuk kehalaman awal dari *user* siswa.



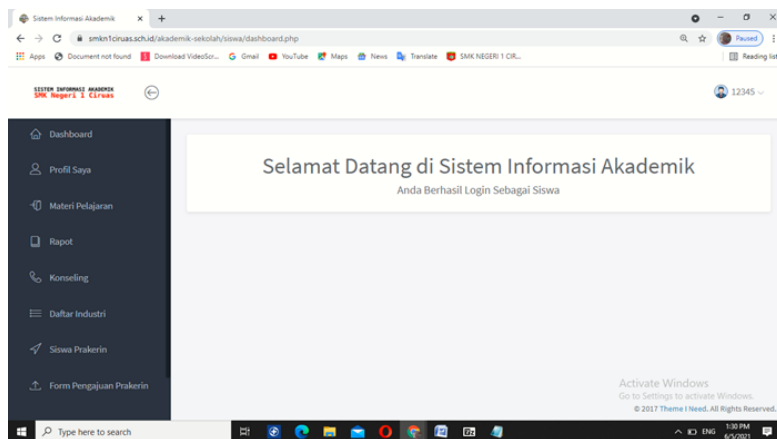
Gambar 7. Flow Chart Siswa Kelas

Menu-menu dalam *user* siswa diantaranya adalah *dasbord*, profil saya, materi pelajaran, raport, konseling, daftar industri, siswa prakerin, pengajuan prakerin. Dan untuk menu siswa kelas lainnya adalah dashboard, profil siswa, materi pelajaran, raport, konseling.

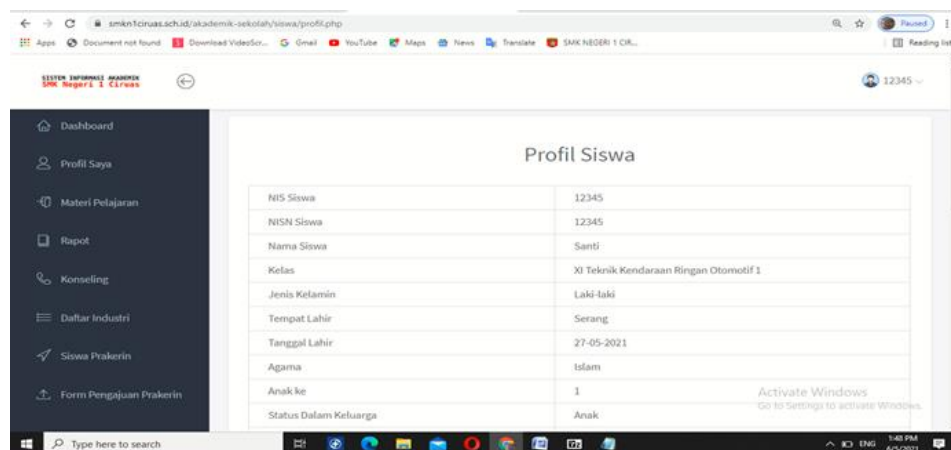
3) Tahap Pengkodean (Coding)

Pembentukan sistem informasi akademik bisa terjadi karena suatu pembuatan *coding* atau program dalam bahasa pemrograman. Bahasa pemrograman yang dipakai oleh peneliti yaitu, Javascript serta PHP. Langkah awal membuat sistem informasi akademik ini memakai aplikasi *sublime text* dengan menggunakan bahasa program PHP. Dalam pembuatan rangkaian media memakai bahasa program Javascript. Untuk penyimpanan *database* menggunakan Mysql.

Setelah penulisan program untuk dashboard siswa sudah diketik pada *sublime text editor*, maka selanjutnya dilakukan pengecekan dan perbaikan jika terjadi kesalahan yang tidak sesuai dengan fungsi. Di bawah ini merupakan hasil tampilan dari dashboard siswa pada *website* sistem informasi setelah penulisan *coding* selesai.

Gambar 8. Tampilan *Dashboard* Siswa

Setelah selesai membuat pemrograman untuk tampilan profil siswa pada *website*, lakukanlah pengecekan jika ada fungsi yang tidak sesuai pada tampilan tersebut dan lakukanlah perbaikan. Berikut tampilan dari halaman profil siswa.

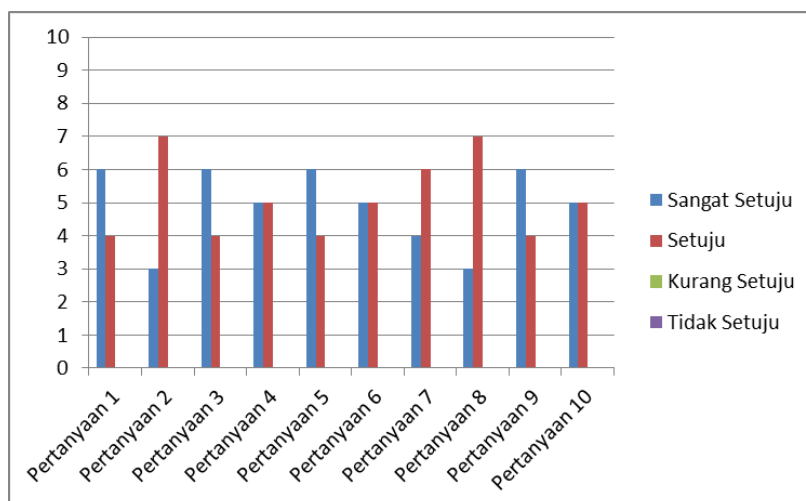


Gambar 9. Tampilan Profil Siswa

4) Tahap Pengujian

Tahap pengujian adalah sebuah langkah yang akan dikerjakan jika sistem informasi akademik telah disetujui oleh para validator beserta programnya, menu ataupun komponen yang telah diselesaikan pada tahapan perencanaan dan telah sedia untuk digunakan. Tahapan perancangan ini bertujuan menguji rancangannya yang telah dibuat pada tahap perancangan. Sistem informasi akademik ini telah sedia untuk digunakan untuk menyampaikan informasi dengan tiga *user*, yaitu *user* admin, *user* guru dan *user* siswa yang akan berhubungan pada sistem ini.

Validasi ahli media adalah suatu validasi yang diberikan para ahli media yang berkompeten pada bidang tersebut, dalam penelitian ini para ahli media yang akan menjadi validator yaitu guru SMK Negeri 1 Ciruas sebagai tim IT. Untuk validasi ahli media ini dilaksanakan sebelum melaksanakan pengujian ke pengguna sistem informasi akademik yaitu siswa SMK Negeri 1 Ciruas. Berikut ini hasil penilaian dari kuesioner validasi ahli media yang dinilai oleh dua orang ahli media bisa dilihat dalam bentuk diagram.



Gambar 10. Hasil Uji Pengguna Sistem Informasi Akademik

Setelah memperoleh hasil perhitungan rentang nilai, maka kemudian rentang nilai yang telah dihitung dimasukan ke tabel konversi. Berikut tabel konversi untuk menentukan kategori kelayakan.

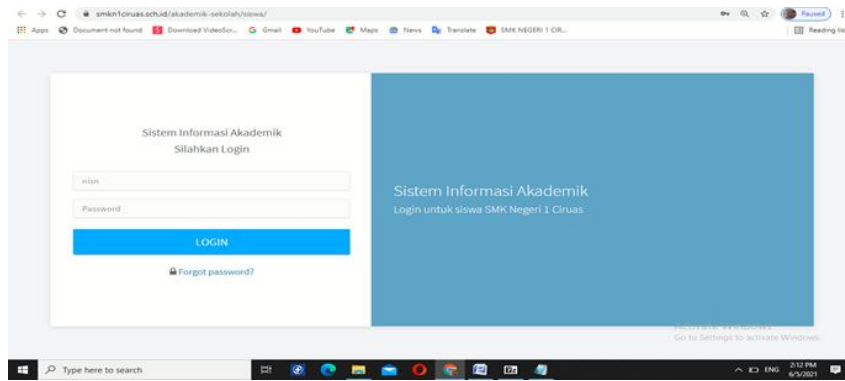
Tabel 3. Konversi Kategori Kelayakan Pengguna

No.	Nilai	Rentang Nilai	Kategori Kelayakan
1.	$x \geq \bar{x} + 1.SBx$	$x \geq 30$	Sangat Layak
2.	$\bar{x} + SBx > x \geq \bar{x}$	$30 > x \geq 25$	Layak
3.	$\bar{x} > x \geq \bar{x} - 1.SBx$	$25 > x \geq 20$	Tidak Layak
4.	$x < \bar{x} - 1.SBx$	$x < 20$	Sangat Tidak Layak

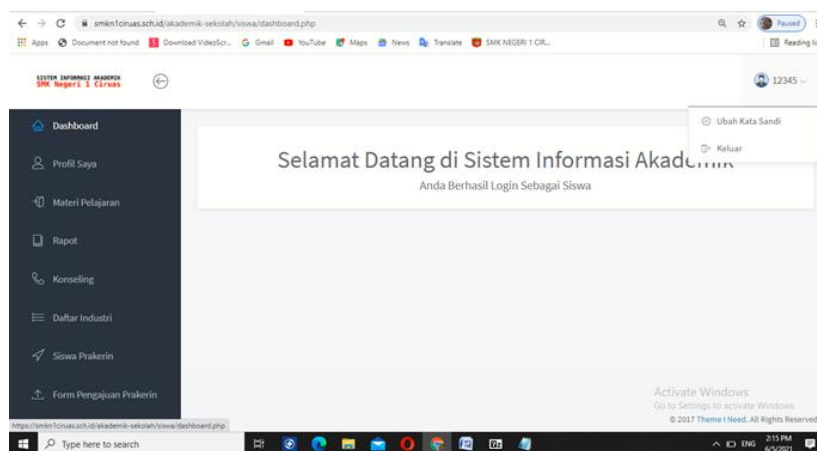
Kesimpulan yang dapat diperoleh menurut tabel di atas bahwa sistem informasi akademik sekolah SMKN 1 Ciruas yang sudah diuji coba oleh pengguna, maka bisa dikatakan “sangat layak” karena termasuk ke dalam rentang nilai $X \geq 30$ dimana X diperoleh dari total rata-rata kuesioner uji coba yaitu 35, sehingga dengan begitu sistem informasi akademik sekolah ini dapat dikatakan siap dan sangat layak untuk digunakan SMKN 1 Ciruas.

Dalam penelitian ini akan menghasilkan sebuah media sistem informasi akademik yang berfungsi untuk media informasi dengan koneksi internet serta mempermudah siswa dan guru sebagai sarana akademik. Terdapat beberapa kajian produk meliputi validator instrumen dan produk akhir. Validator instrumen merupakan seorang yang memvalidasi instrumen penelitian sebelum instrumen tersebut digunakan untuk dilakukannya pengujian baik ke pengguna maupun ke ahli media. Validator instrumen disini merevisi bagian instrumennya saja namun tidak memberikan saran untuk merevisi produk atau sistem informasi akademik di SMKN 1 Ciruas.

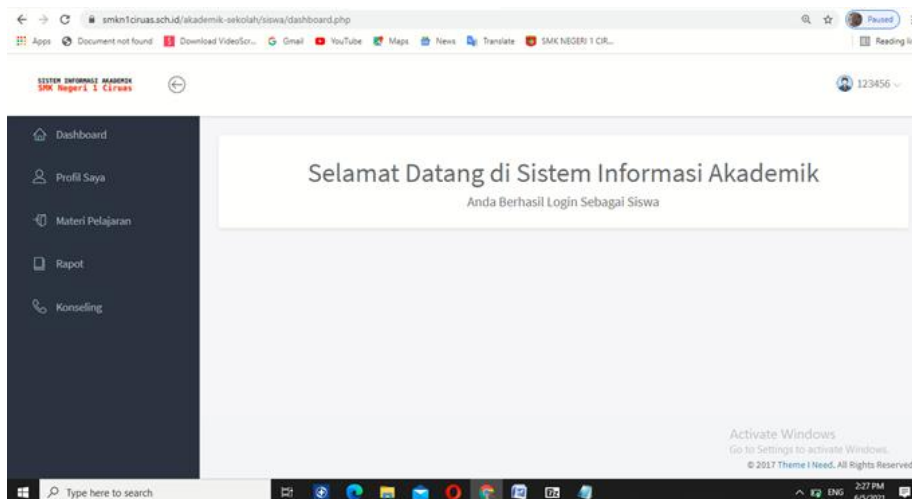
Pengembangan suatu sistem informasi akademik di SMKN 1 Ciruas sudah melalui beberapa tahap diantaranya tahap validasi, dan ujicoba. Dalam hal ini sehingga dihasilkan sebuah produk akhir yaitu sistem informasi akademik yang siap digunakan sebagai sistem informasi. Dengan adanya sistem informasi akademik ini diharapkan dapat membantu guru dan siswa.



Gambar 11. Tampilan Halaman Log in Siswa

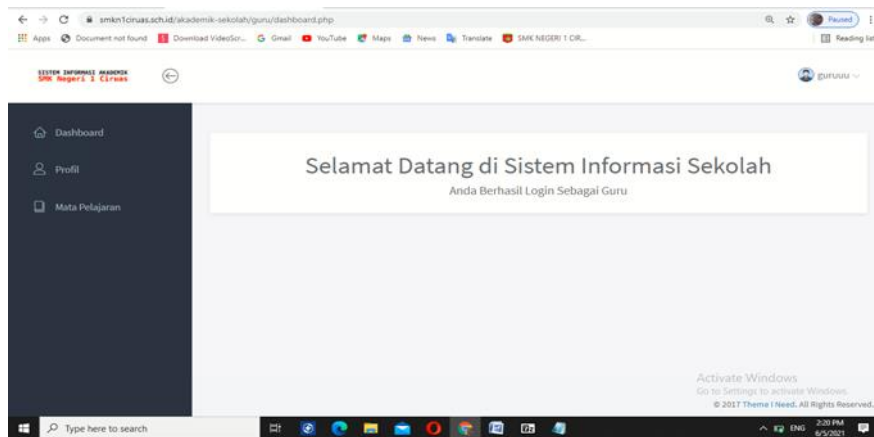


Gambar 12. Tampilan Halaman Siswa Kelas XI



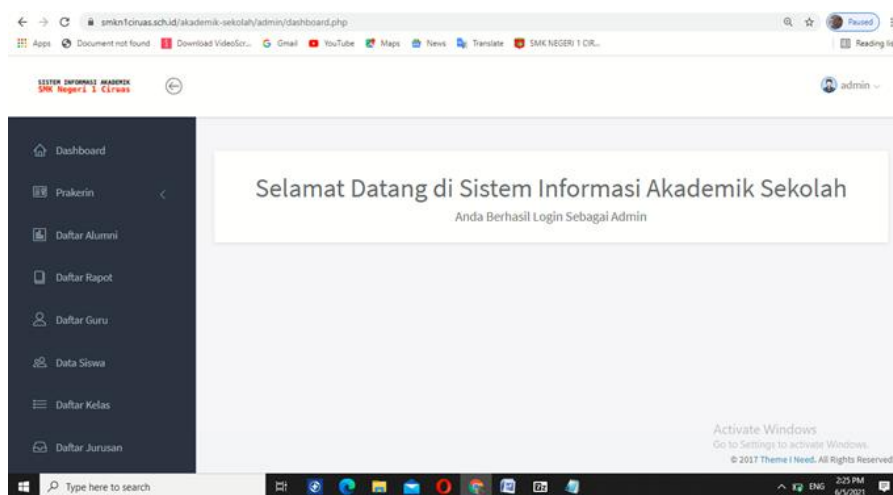
Gambar 13. Tampilan Halaman Siswa Kelas X dan XII

User guru dalam sistem informasi akademik ini hanya diberikan akses untuk *upload* materi pelajaran yang sesuai dengan mata pelajaran yang diajarkan dan sesuai dengan kelasnya.



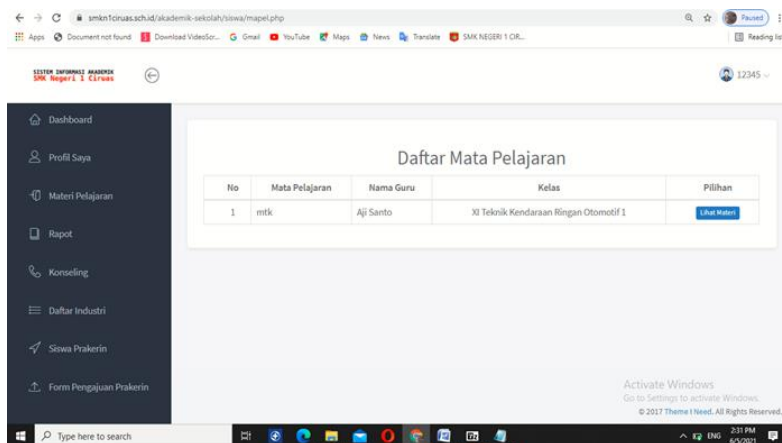
Gambar 14. Tampilan Halaman Utama Guru

User admin dalam sistem informasi akademik ini berfungsi untuk mengedit semua data pada sistem informasi akademik. Setelah user admin telah menginput *use name* dan *password*, maka akan masuk ke halaman utama atau *dashboard*. Dalam halaman utama admin ini terdapat beberapa menu.



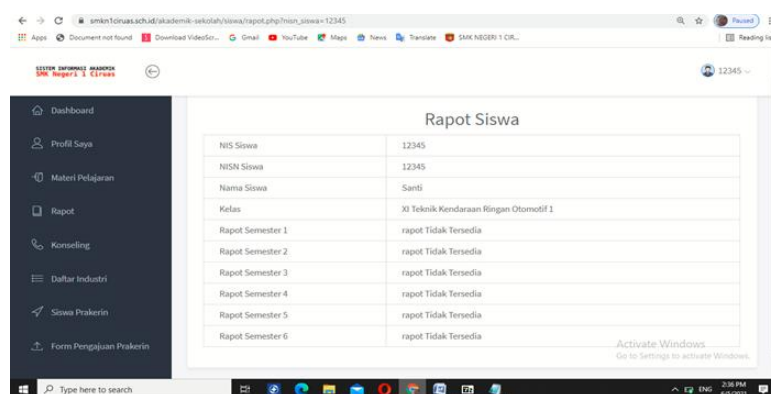
Gambar 15. Tampilan Halaman Utama Admin

Dalam materi pelajaran siswa bisa mengunduh materi yang sudah di *upload* oleh guru pada kolom yang sudah disediakan sesuai mata pelajaran dan guru pengajar.



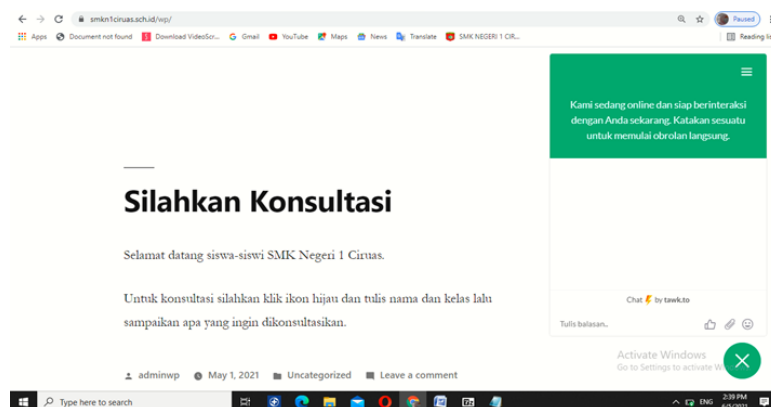
Gambar 16. Tampilan Materi Pelajaran

Menu raport atau nilai siswa bisa di download melalui menu ini yang telah di upload oleh admin. Nilai yang tersedia di menu ini adalah nilai dari kelas 1 sampai dengan kelas 3 atau semester 1 sampai dengan semester 6. Raport yang akan tampil sesuai dengan semester yang telah selesai.



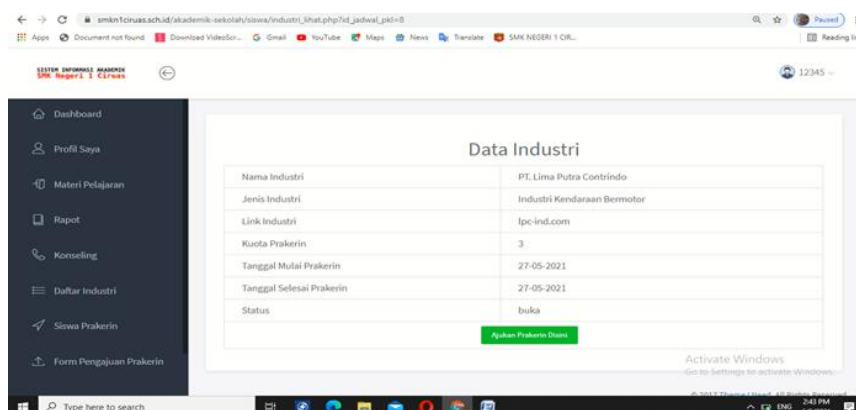
Gambar 17. Tampilan Rapot Siswa

Menu konseling ini digunakan untuk melakukan bimbingan konseling secara *online* melalui fitur ini terdapat komunikasi dua arah yaitu guru BK dengan siswa dan bersifat pribadi.



Gambar 18. Tampilan Menu Konseling

Menu ini hanya dapat diakses oleh siswa kelas XI dimana untuk mengajukan program kerja industri/ magang di industry yang sesuai dengan kompetensi keahliannya.



Gambar 19. Tampilan Menu Prakerin Kelas XI

Pengembangan sistem informasi akademik dinilai kelayakannya oleh validator media dan uji coba pengguna. Validator media memberi nilai, serta pengguna memberikan penilaian penginputan data. Kelayakan sistem informasi akademik dilihat dari ahli media yang berjumlah 2 orang sebagai validator. Ahli media menilai dengan total rata-rata 70 yang digabungkan dari beberapa aspek dalam pengisian angket yang diberikan oleh peneliti. Dari hasil ahli media yang pertama di dapatkan jumlah skor yaitu 70 dan untuk ahli media yang kedua didapatkan skor yaitu 70, sehingga ketika dijumlahkan akan mendapatkan rata-rata dengan skor 70. Dapat dilihat pada tabel konversi penilaian dengan skor 70 masuk dalam interval $X \geq 60$, yang berada pada kategori 1. Jadi kesimpulannya bahwa sistem informasi akademik sangat layak untuk digunakan.

Tabel 4. Kelayakan Sistem Informasi Akademik Menurut Ahli Media

Rata – rata Skor	Kategori
70	Sangat Layak

Melihat dari hasil validasi pengguna/responden dengan nilai rata- rata yang bisa dilihat pada tabel 5 di bawah ini. Data yang diambil dari validasi pengguna/responden yaitu siswa SMK Negeri 1 Ciruas dengan jumlah siswa yang mengisi angket kelayakan media sebanyak 10 mahasiswa.

Tabel 5. Kelayakan Sistem Informasi Akademik Menurut Pengguna

Rata – rata Skor	Kategori
35	Sangat Layak

Data yang dihasilkan peneliti dari pengguna/responden yaitu siswa SMK Negeri 1 Ciruas, jawaban dari setiap individu mempunyai spesifikasinya sendiri-sendiri, dari beberapa aspek yang terdapat di dalam angket yang dijadikan satu oleh peneliti memiliki nilai tersendiri di setiap aspek pertanyaan yang dinilai oleh pengguna/responden. Total rata-rata yang didapat dari hasil validasi oleh pengguna/responden adalah 35 Nilat rata-rata yang didapat masuk dalam interval $X \geq 30$ dimana termasuk ke dalam kategori 1 yaitu sangat layak. Bisa disimpulkan bahwa sistem informasi akademik yang dinilai oleh pengguna/responden (siswa SMK Negeri 1 Ciruas), maka termasuk ke dalam kategori sangat layak untuk diimplementasikan.

Pengembangan dan observasi ini dilakukan guna mengembangkan sistem informasi akademik di SMKN 1 Ciruas. Terdapat beberapa kelebihan dan kekurangan pada sistem informasi akademik ini. Kelebihan dari sistem informasi akademik ini diantaranya adalah:

- a. Memudahkan siswa untuk mendapatkan informasi akademik
- b. Memudahkan guru untuk memberikan informasi akademik
- c. Mengurangi konsumsi kertas untuk memberikan informasi-informasi seputar informasi akademik

4. Kesimpulan

1. Pengembangan media ini menggunakan metode penelitian *Research and Development* dengan model pengembangan *waterfall* (Analisis, Desain, Pengkodean, Pengujian). Pembuatan sistem informasi akademik ini menggunakan bantuan software XAMPP, *Sublime text*, Javascript, PHP, MySQL.
2. Tingkat kelayakan sistem informasi akademik masuk ke dalam kategori “sangat layak”. Tingkat kelayakan sistem informasi akademik oleh ahli media dengan nilai rata-rata yaitu 70 yang berada pada interval $X \geq 60$ yang termasuk ke dalam kategori “sangat layak. Penilaian yang diberikan oleh pengguna setelah menggunakan sistem informasi akademik ini yaitu dengan rata-rata nilai 35 termasuk dalam interval $X \geq 30$ serta masuk dalam kategori “sangat layak” untuk diterapkan. Berdasarkan data yang didapat oleh peneliti terkait dengan penilaian produk sistem informasi akademik sudah sangat layak untuk digunakan oleh pengguna karena dikemas lebih menarik, menambah pengetahuan pengguna/siswa, serta mempermudah tenaga pendidik dan peserta didik di bidang akademik.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kami sampaikan kepada semua pihak yang telah membantu penyelesaian penelitian ini. Semoga menjadikan manfaat bagi semua pihak terhadap hasil penelitian ini.

Referensi

- [1] Munir. (2008). Kurikulum Berbasis Teknologi Informasi dan Komunikasi. Bandung: Alfabeta.
- [2] Hariyanto, A. (2015). Membuat Web Profil Sekolah + PPDB Online. Yogyakarta: Lokomedia.
- [3] Kadir, A. (2014). Pengenalan Sistem Informasi. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- [4] Mulyanto. (2009). Sistem Informasi Konsep dan Aplikasi. Yogyakarta: Pustaka Belajar.
- [5] Sutarman. (2012). Buku Pengantar Teknologi Informasi. Jakarta: Bumi Aksara.
- [6] Sutabri, T. (2013). Komputer dan Masyarakat. Yogyakarta: Andi.
- [7] Nuari, N. (2014). Perancangan Aplikasi Layanan Mobile Informasi Administrasi Akademik Berbasis Android Menggunakan Webservice. *Jurnal Sistem Teknologi dan Informasi*, Vol 2 No 1.
- [8] Septyanto, K. (2020). Pengembangan E-Learning Berbasis Website menggunakan Metode Waterfall. *ELINVO (Electronics, Informatics, and Vocational Education)*, 5(1): 89-101
- [9] Habiby, A. I. (2017). Sistem Informasi Sekolah Berbasis Website. *Jurnal Manajemen Informatika*, Volume 7 Nomor 2 Tahun 2017, 94-100.
- [10] Pratama, R. (2020). Pengembangan Sistem Pencarian Indekos Untuk Mahasiswa FKIP Untirta Menggunakan GPS Berbasis WEB. *Jurnal Sistem Informasi, Teknologi Informatika dan Komputer*.
- [11] Irawan, Y., Susanti, N., & Triyanto, W. A. (2016). Analisa dan Perancangan Sistem Informasi Sekolah Berbasis Website Untuk Penyampaian Informasi Sekolah dan Media Promosi Kepada Masyarakat. *Jurnal SIMETRIS*, Vol 7 No.1.
- [12] Hariyanto, D., & Meidiany, T. (2018). Sistem Informasi Akademik Sekolah. *Jurnal SWABUMI*, Vol. 6 pp. 98-103.

- [13] Irwanto. (2021). Perancangan Sistem Informasi Sekolah Kejuruan dengan Menggunakan Metode Waterfall. *Lectura: Jurnal Pendidikan*, Vol. 12 No.1.
- [14] Sugiyono. (2016). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- [15] Rosa, & Shalahuddin, M. (2018). *Rekayasa Perangkat Lunak (Terstruktur dan Berorientasi Objek)*. Bandung: Informatika.
- [16] Manurung, I. H. (2019). Sistem Informasi Lembaga Kursus dan Pelatihan (LKP) City Com Berbasis Web Menggunakan PHP dan MySQL. *Mahajana Informasi*, Vol. 4, No.1, Hal 42-50.

Penerapan *Software Defined Network* Pada MikroTik RouterOS Menggunakan OpenFlow Berbasis ONOS Controller

Application of Software Defined Network on MikroTik RouterOS Using OpenFlow Based on ONOS Controller

Dadang Sumantri Pulungan^{1*}, Ade Rukmana², Bambang Sugiarto³

^{1*2,3} Fakultas Teknik Universitas Garut, Garut, Jawa Barat, 44151, Indonesia

dadangspulungan@gmail.com^{1*}, ade.rukmana@uniga.ac.id², bsugiarto991@gmail.com³

Abstrak – Kesulitan dalam mengkonfigurasi jalur pengiriman data pada jaringan komputer tradisional membuat dibutuhkannya solusi untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Salah satu solusi yang berkembang saat ini adalah SDN. *Software Defined Network* mempermudah konfigurasi perangkat jaringan karena adanya pemisahan pada control plane dan data plane. SDN tidak membutuhkan konfigurasi pada setiap perangkat untuk mengirimkan data. SDN hanya membutuhkan sebuah kontroler untuk mengatur setiap pengiriman data sehingga memudahkan saat mengkonfigurasi jaringan. Akan tetapi SDN masih harus diuji dalam kehandalan mengirimkan data. Pada penelitian ini dilakukan penerapan SDN dan pengujian QoS SDN pada MikroTik RouterOS dengan kontroler ONOS. Ada 4 parameter QoS yang diujikan yaitu jitter, throughput, delay dan packet loss. Pada pengujian QoS SDN di MikroTik didapatkan nilai QoS yang sangat bagus pada setiap parameter yang diujikan dengan nilai indeks 4. Hasil perbandingan QoS SDN terhadap QoS jaringan komputer tradisional menunjukkan QoS SDN lebih baik daripada QoS jaringan komputer tradisional.

Kata Kunci: QoS, SDN, jaringan, MikroTik, ONOS.

Abstract – The difficulty in configuring data transmission paths on traditional computer networks makes a solution to solve these problems needed. One solution that is currently developing is SDN. *Software Defined Network* simplifies configuration of network devices due to the separation of the control plane and data plane. SDN does not require any configuration on each device to transmit data. SDN only requires a controller to manage each data transmission, making it easier to configure the network. However, SDN still has to be tested in the reliability of sending data. In this study, the implementation of SDN and SDN QoS testing on MikroTik RouterOS with ONOS controller was carried out. There are 4 tested QoS parameters, namely jitter, throughput, delay and packet loss. In the SDN QoS test at MikroTik, a very good QoS value was obtained for each parameter tested with an index value of 4. The results of the comparison of SDN QoS against traditional computer network QoS showed SDN QoS was better than traditional computer network QoS.

Keywords: QoS, SDN, network, MikroTik, ONOS.

1. Pendahuluan

Salah satu kompleksitas pada jaringan tradisional disebabkan belum dipisahkannya *data plane* dan *control plane* pada forwarding data [1]. Pada jaringan tradisional, administrator jaringan harus mengkonfigurasi *control plane* dan *data plane* untuk pengiriman paket data pada masing-masing perangkat fisik jaringan seperti router maupun switch router. Ini membuat routing jaringan kurang efektif karena harus dikonfigurasi pada setiap router.

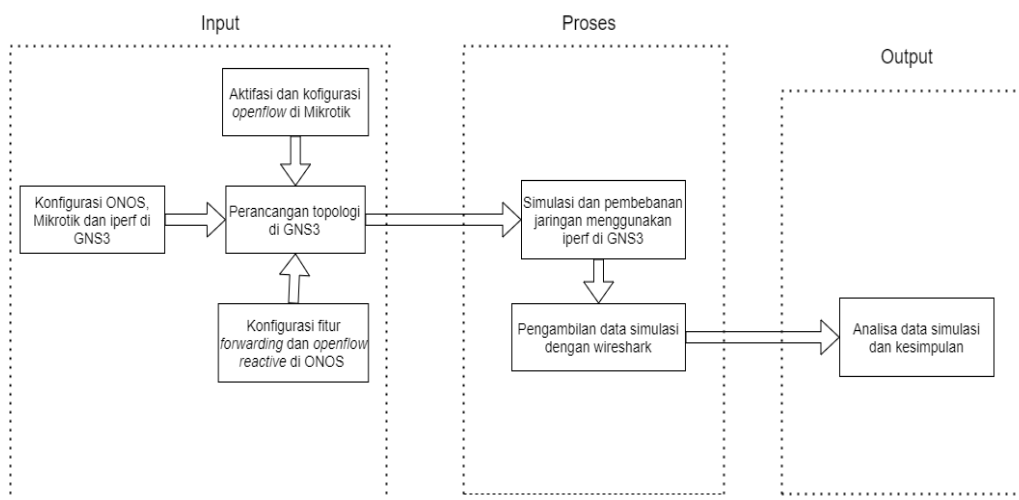
Pemisahan *control plane* dan *data plane* dapat mempermudah routing jaringan karena perangkat fisik pada jaringan seperti router dapat diatur oleh satu alat pengontrol. Pemisahan tersebut membuat administrator jaringan tidak perlu untuk mengatur protokol maupun rute paket pada setiap routernya. Pemisahan *control plane* dan *data plane* pada jaringan komputer terdapat

pada konsep jaringan SDN. *Software defined network* (SDN) merupakan konsep jaringan yang memisahkan antara control plane dan data plane. Pemisahan ini terjadi karena adanya protokol *Openflow* dan kontroler SDN. *Openflow* bertugas sebagai pengganti *data plane* dan kontroler SDN bertanggung jawab atas *control plane*. Sehingga setiap pengaturan paket data yang dikirimkan dapat diatur secara terpusat oleh kontroler dan router hanya berperan sebagai *data plane* yang mengalirkan paket data [1].

Penerapan SDN akan dilakukan pada perangkat jaringan yang banyak digunakan saat ini yaitu router MikroTik. Router Mikrotik masih menggunakan konsep dan protokol jaringan tradisional. Untuk menjadikan MikroTik sebagai switch SDN, diperlukan instalasi paket openflow. Paket openflow digunakan untuk mengaktifkan protocol openflow pada MikroTik sehingga dapat memisahkan *data plane* dan *control plane* pada MikroTik. MikroTik hanya mendukung penggunaan protokol openflow versi 1.0 saja. Protokol openflow pada router MikroTik tidak diaktifkan secara *defult* sehingga harus diaktifkan terlebih dahulu. MikroTik yang sudah menjadi switch SDN kemudian akan dikontrol menggunakan kontroler SDN yaitu ONOS. Penerapan SDN ini kemudian akan diuji melalui parameter *Quality of Service* (QoS) jaringan yaitu *throughput*, *jitter*, *delay* dan *packet loss*. Hasil pengujian QoS SDN kemudian akan dibandingkan dengan hasil dari pengujian QoS jaringan tradisional yang menggunakan router MikroTik dan QoS dari simulator mininet dengan topologi yang sama. Perbandingan ini untuk mengukur bagaimana performansi penerapan SDN pada MikroTik terhadap performansi jaringan tradisional dan performansi SDN menggunakan Simulator mininet.

2. Metode Penelitian

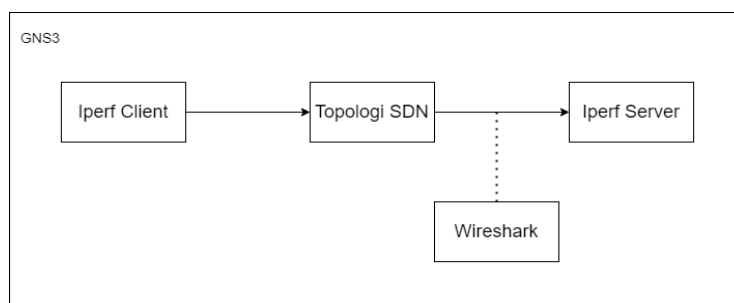
Penerapan SDN pada MikroTik dimulai dengan menginstall simulator jaringan GNS3 di PC untuk menjadi wadah virtualisasi setiap komponen penelitian ini. GNS3 yang sudah diinstall kemudian di konfigurasi supaya terhubung dengan pc hostnya. Setelah instalasi GNS3 kemudian setiap komponen yang dibutuhkan pada simulasi ini diinstallkan di GNS3. Komponen yang sudah diinstall kemudian di setting supaya siap digunakan dalam simulasi.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Tahapan selanjutnya adalah Menyusun setiap komponen sesuai dengan topologi yang sudah dirancang. Pada penelitian ini, penulis menggunakan topologi tree dengan 7 router dan 12 host. Kemudian router MikroTik akan diubah menjadi switch SDN dengan menerapkan protocol Openflow di MikroTik. MikroTik yang sudah menjadi switch SDN akan dihubungkan dengan *controller* ONOS. Kontroler ONOS dikonfigurasi terlebih dahulu agar dapat mengatur paket pada

switch SDN MikroTik. ONOS akan menjadi pengatur paket di dalam jaringan SDN. Setelah MikroTik sudah terhubung dengan ONOS, di setiap host akan diberi alamat ip untuk dapat terhubung dengan SDN MikroTik. Di setiap host akan menggunakan metode ping untuk pengetesan jaringan.



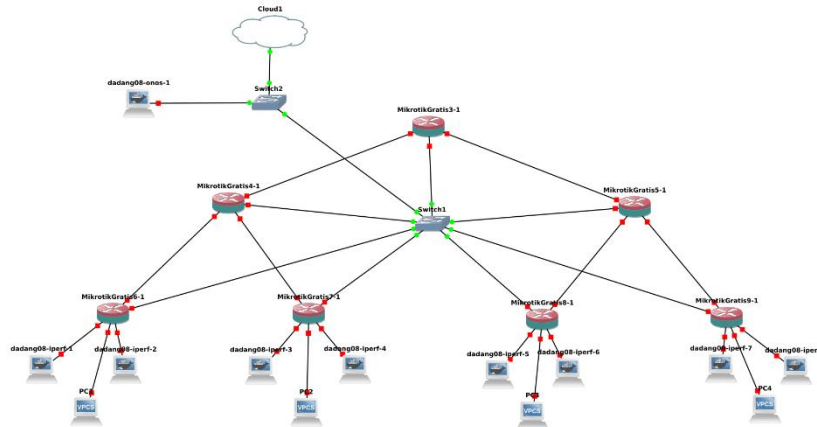
Gambar 2. Blok Diagram Pengujian Jaringan

Setelah semua sudah terhubung, SDN di MikroTik akan diberikan load trigger melalui software iperf[7]. Besaran data yang akan diuji diberi secara default oleh iperf. Kemudian beban yang dikirimkan oleh iperf ke jaringan SDN MikroTik akan dianalisa kualitas jaringannya menggunakan Wireshark menurut parameter QoS. Hasil Analisa pada SDN MikroTik kemudian akan dibandingkan dengan hasil analisa dari jaringan tradisional menggunakan router MikroTik dan SDN menggunakan emulator mininet yang sudah disimulasikan sebelumnya.

2.1. Prosedur Pengerjaan Penelitian

Berikut prosedur pekerjaan dalam penelitian ini: 1) Memasang GNS3. GNS3 digunakan sebagai wadah simulasi SDN di MikroTik menggunakan OpenFlow dan ONOS Controller dan juga simulasi untuk jaringan tradisional. 2) Memasang VirtualBox. VirtualBox digunakan untuk menjalankan MikroTik RouterOS secara virtual agar dapat disimulasikan di GNS3. 3) Memasang MikroTik RouterOs pada VirtualBox. 4) Memasang Docker. Docker digunakan untuk membuat docker image ONOS dan docker image Iperf agar ONOS dan Iperf dapat dijalankan di GNS3. 5) Membuat docker image ONOS dan docker image Iperf. ONOS digunakan sebagai kontroler untuk SDN dan Iperf digunakan untuk membebani jaringan di SDN agar dapat diuji keandalannya. 6) Memasang Python. Python digunakan untuk menjalankan mininet, membuat topologi pada mininet dan menghitung jitter. 7) Memasang Mininet. Mininet digunakan sebagai simulator SDN. Mininet dapat menggambarkan jaringan SDN secara ideal. 8) Menambahkan dan Mengkonfigurasi MikroTik RouterOS, ONOS dan Iperf ke GNS3. 9) Membuat Topologi yang telah dirancang pada GNS3 dan di Mininet. 10) Memasang OpenFlow pada MikroTik RouterOS. OpenFlow digunakan untuk mengubah MikroTik RouterOS menjadi switch pada SDN. 11) Konfigurasi OpenFlow yang telah dipasang di MikroTik RouterOS. 12) Penambahan paket-paket aplikasi pada ONOS supaya ONOS dapat terhubung dengan OpenFlow. 13) Tes Koneksi dari ONOS ke OpenFlow dan tes koneksi antar host/Iperf. 14) Pengujian pembebanan pada SDN dengan Iperf. 15) Pengambilan data pengujian dengan wireshark. Perhitungan parameter QoS dari data yang telah diambil menggunakan Wireshark.

2.2. Desain Topologi



Gambar 3. Topologi Jaringan

Didalam topologi yang akan dibuat di GNS3, komponen-komponen yang digunakan adalah cloud, kontroler ONOS, switch, MikroTik RouterOS, iperf dan vpcs. Gambar diatas terdapat 1 kontroler ONOS, 2 switch, 7 router MikroTik RouterOS yang akan dijadikan switch SDN dan 12 host. 12 host terdiri dari 10 vpcs dan 2 iperf berbasis docker yang akan dijadikan sebagai server dan client yang digunakan untuk menguji QoS SDN di MikroTik.

2.3. Alat dan Bahan

Tabel 1. Alat dan Bahan

No	Perangkat	Kegunaan
1.	Laptop/ <i>Personal Computer</i>	Spesifikasi dari laptop/personal computer minimal dapat diinstallkan semua perangkat lunak yang dibutuhkan.
2.	MikroTik RouterOS	Desain perancangan database yang dipakai dalam penelitian
3.	ONOS	Kontroler MikroTik RouterOS yang sudah dijadikan sebagai switch SDN. ONOS berfungsi sebagai control plane SDN untuk mengatur paket data plane di switch SDN.
5.	QEMU	Qemu digunakan sebagai mesin virtual untuk router MikroTik RouterOS di GNS3.
7.	VPCS	VPCS digunakan sebagai host virtual untuk menguji jalannya paket pada SDN.
8.	Mininet	Mininet digunakan sebagai pembanding terhadap kualitas dari penerapam SDN di MikroTik
9.	GNS 3	Perangkat lunak untuk mendesain topologi jaringan internet yang dirancang, serta mensimulasikannya
10.	Iperf	Iperf adalah alat untuk mengukur <i>bandwidth</i> dan kualitas link jaringan, tersedia pada sistem Linux, berukuran kecil dan dapat diinstall dengan mudah. Iperf digunakan untuk ujicoba QoS pada SDN di MikroTik.
11.	Wireshark	Wireshark digunakan sebagai alat analisa kualitas SDN di MikroTik menurut parameter QoS

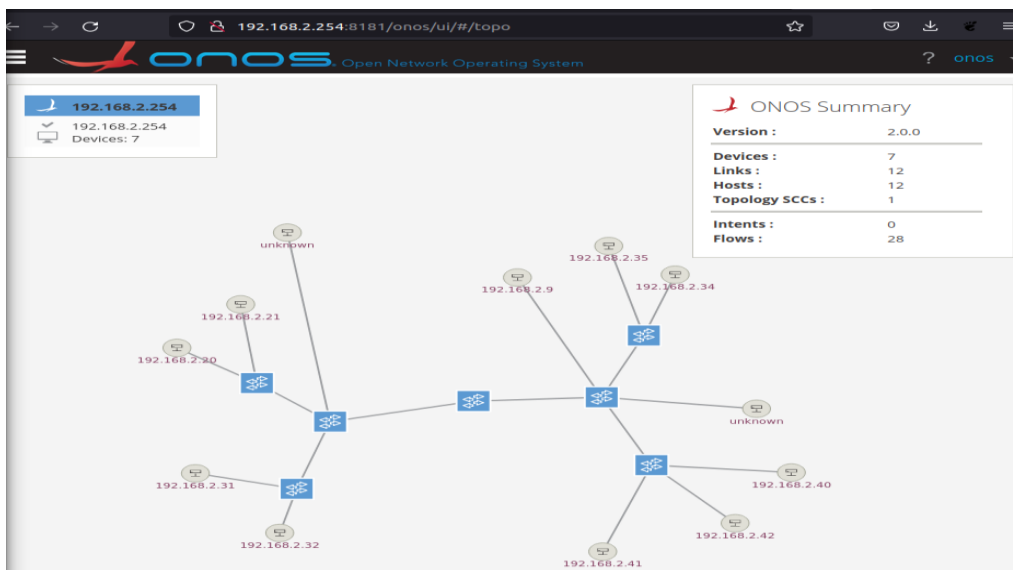
No	Perangkat	Kegunaan
12	Docker	Docker digunakan untuk membuat <i>image</i> ONOS dan iperf supaya dapat digunakan di GNS3 tanpa install dan konfigurasi aplikasi tersebut dari awal

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Penerapan SDN pada MikroTik

Add New									
5 items									
	▲ Interface	Switch	Port Num...	Tx Bytes	Tx Packets	Tx Drops	Rx Bytes	Rx Packets	Rx Drops
- D	ether2	oflow1	1	51.3 KiB	386 B	0 B	202.7 KiB	1179 B	0 B
- D	ether3	oflow1	2	182.0 KiB	860 B	0 B	0 B	0 B	0 B
- D	ether4	oflow1	3	182.9 KiB	870 B	0 B	2030 B	25 B	0 B
- D	ether5	oflow1	4	182.0 KiB	860 B	0 B	0 B	0 B	0 B
- D	ether6	oflow1	5	182.0 KiB	860 B	0 B	0 B	0 B	0 B

Gambar 4. Port OpenFlow di MikroTik



Gambar 5. Tampilan ONOS

Gambar diatas menunjukkan bagaimana SDN sudah dapat diterapkan pada router MikroTik. Gambar 3.1 menunjukkan port OpenFlow yang aktif pada router MikroTik. Gambar 5 menunjukkan ONOS yang sudah dapat mengontrol SDN MikroTik.

3.2. Hasil Pembebanan Menggunakan Iperf

```

root@dadang08-iperf-1:/# iperf3 -s
-----
Server listening on 5201
-----
Accepted connection from 192.168.2.40, port 50838
[ 5] local 192.168.2.20 port 5201 connected to 192.168.2.40 port 50840
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate
[ 5]  0.00-1.00  sec    233 KBytes  1.91 Mbits/sec
    
```

Gambar 6. Tampilan Muka Iperf Server

```

Trying 127.0.0.1...
Connected to localhost.
Escape character is '^]'.
dadang08-iperf-2 console is now available... Press RETURN to get started.
root@dadang08-iperf-2:/# iperf3 -c 192.168.2.20 -n 10240K
Connecting to host 192.168.2.20, port 5201
[ 5] local 192.168.2.40 port 50840 connected to 192.168.2.20 port 5201
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate    Retr  Cwnd
[ 5]  0.00-1.00  sec    339 KBytes  2.78 Mbits/sec    0   32.5 KBytes
[ 5]  1.00-2.00  sec    206 KBytes  1.69 Mbits/sec    0   30.6 KBytes
    
```

Gambar. 7 Tampilan Muka Iperf Client

3.3. Hasil Pengujian QoS

Pengukuran QoS pada SDN MikroTik dilakukan dengan melakukan pembebanan pada topologi menggunakan Iperf. Iperf adalah pembebanan jaringan dengan konsep server-client. Untuk pembebanan iperf, dibutuhkan 2 host untuk menjadi server dan client. Untuk pengujian pada penelitian ini, jaringan akan dibebani dengan pengiriman data sebesar 200MB dengan bandwidth 50Mbit/s pada protokol tcp/ip dan udp dengan menguji 10 kali pengujian. Pada saat pengujian ada 8 host yang saling terkoneksi. 4 akan menjadi server dan 4 yang lainnya akan menjadi *client*. Setiap *server-client* iperf akan memberi beban sebesar 200MB sehingga secara bersamaan jaringan akan melakukan transfer data sebanyak 800MB. Pada sisi server ketikkan perintah **iperf3 -s** untuk mengaktifkan iperf *server*. Dan pada sisi client ketikkan **perintah iperf3 -c <ip-server> -b 50M -t 200** untuk mengaktifkan iperf client dengan bandwidth 50Mbit/ dan mengirim selama 200 detik. Untuk client yang akan diambil datanya dengan wireshark ketikkan perintah **iperf3 -c <ip-server> -b 50M -n 200M** agar dapat mengirim data sebesar 200MB pada bandwidth 50Mbit/s. Perintah tersebut untuk menguji protocol TCP. Pada protocol UDP perintah yang digunakan adalah **iperf3 -c <ip-server> -b 50M -n 200M -u**. Berikut merupakan rumus dan tabel kategori degradasi yang dipakai untuk mencari ke 4 parameter dari QoS:

1. Delay

$$\text{Rata-rata delay} = \frac{\text{Total Delay}}{\text{Total Paket Yang diterima}} \dots\dots\dots (1)$$

Tabel 2. – Kategori Delay

Kategori Delay*	Delay (ms)	Indeks
Sangat bagus	< 150 ms	4
Bagus	150 – 300 ms	3
Sedang	300 – 450 ms	2
Jelek	> 450 ms	1

2. Packet Loss

$$\text{Packet loss} = \frac{\text{paket dikirim} - \text{paket diterima}}{\text{paket dikirim}} \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

Tabel 3. – Kategori Delay

Kategori Degradasi*	Packet Loss	Indeks
Sangat bagus	0%	4
Bagus	3%	3
Sedang	15%	2
Jelek	25%	1

3. Jitter

$$\text{Total variasi delay} = (\text{delay}2 - \text{delay}1) + \dots + (\text{delay} n - \text{delay}(n-1)) \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{Jitter} = \frac{\text{Total Variasi Delay}}{\text{Total paket diterima} - 1} \dots\dots\dots (4)$$

Tabel 4. – Kategori Jitter

Kategori Degradasi*	Jitter	Indeks
Sangat bagus	0 ms	4
Bagus	1 – 75 ms	3
Sedang	76 – 125 ms	2
Jelek	126 – 225 ms	1

4. Throughput

$$\text{Throughput} = \frac{\text{paket diterima}}{\text{Waktu antara paket pertama dan terakhir}} \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{Throughput}(\%) = \frac{\text{Throughput}(\text{Mbps})}{\text{total bandwidth}(\text{Mbps})} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

Tabel 5. – Kategori Jitter

Kategori Throughput*	Throughput	Indeks
Sangat bagus	100%	4
Bagus	75 %	3
Sedang	50%	2
Jelek	< 25%	1

3.4. Hasil Perhitungan QoS SDN MikroTik

3.4.1. Delay

TCP

rata – rata delay :

$$= \frac{0,162 + 0,162 + 0,162 + 0,162 + 0,162 + 0,160 + 0,162 + 0,162 + 0,161 + 0,161}{10}$$

$$= 0,161 \text{ ms}$$

UDP

Rata – rata delay :

$$= \frac{0,230 + 0,230 + 0,231 + 0,230 + 0,231 + 0,231 + 0,229 + 0,232 + 0,231 + 0,230}{10}$$

$$= 0,2305 \text{ ms}$$

3.4.2. Throughput

TCP

rata – rata Throughput

$$= \frac{49,162 + 49,590 + 49,655 + 49,211 + 49,162 + 49,151 + 49,181 + 49,459 + 49,253 + 49,423}{10}$$

$$= 49,324 \text{ Mbit/s}$$

$$\frac{49,324 \text{ Mbps}}{50 \text{ Mbps}} \times 100\% = 98,65 \%$$

UDP

rata – rata Throughput =

$$\frac{46,621 + 47,547 + 47,482 + 47,741 + 47,384 + 47,516 + 48,955 + 47,194 + 47,473 + 48,644}{10}$$

$$= 47,656 \text{ Mbit/s}$$

$$\frac{47,656 \text{ Mbps}}{50 \text{ Mbps}} \times 100\% = 95,312 \%$$

3.4.3. Packet Loss

TCP

rata – rata packet loss

$$= \frac{0,024 + 0,025 + 0,028 + 0,003 + 0,005 + 0,025 + 0,012 + 0,006 + 0,017 + 0,010}{10}$$

$$= 0,017 \%$$

UDP

rata – rata packet loss :

$$= \frac{0,004 + 0,005 + 0,001 + 0,007 + 0,006 + 0,010 + 0,009 + 0,005 + 0,004 + 0,011}{10}$$

$$= 0,0055 \%$$

3.4.4. Jitter

TCP

rata – rata jitter

$$= \frac{3,965 + 3,756 + 10,29 + 20,47 + 17,88 + 2,513 + 5,404 + 4,931 + 7,573 + 2,432}{10}$$

$$= 7,921 \times 10^{-6} \text{ ms}$$

UDP

rata – rata jitter

$$= \frac{32,42 + 14,33 + 5,420 + 10,15 + 13,40 + 8,203 + 2,692 + 11,96 + 24,09 + 7,090}{10}$$

$$= 12,975 \times 10^{-6} \text{ ms}$$

3.5. Perbandingan SDN MikroTik, MikroTik Tradisional, dan SDN Mininet

TCP

Tabel 6. Perbandingan TCP

Parameter QoS	SDN MikroTik	MikroTik Tradisional	SDN Mininet
Delay	0,161 ms	0,162 ms	0,163 ms
Packet Loss	0,017 %	0,022 %	0,003 %
Jitter	7,921 x 10 ⁻⁶ ms	18,775 x 10 ⁻⁶ ms	17,013 x 10 ⁻⁶ ms
Throughput	49,324 Mbit/s	48, 816 Mbit/s	48,429 Mbit/s

UDP

Tabel 7. Perbandingan UDP

Parameter QoS	SDN MikroTik	MikroTik Tradisional	SDN Mininet
Delay	0,230 ms	0,231 ms	0,223 ms
Packet Loss	0,0055 %	0,0053 %	0,0002 %
Jitter	12,975 x 10 ⁻⁶ ms	8,832 x 10 ⁻⁶ ms	61,517 x 10 ⁻⁶ ms
Throughput	47,656 Mbit/s	47,341 Mbit/s	49,596 Mbit/s

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan Analisa yang diuraikan pada bab-bab sebelumnya, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada MikroTik RouterOS dapat diterapkan SDN dengan menggunakan OpenFlow dan kontroler ONOS. Jaringan terkoneksi dengan baik tanpa harus merouting pada setiap router. Hasil pengujian QoS pada SDN MikroTik menunjukkan hasil yang memuaskan.
2. Berdasarkan hasil pengujian didapat nilai delay SDN MikroTik sebesar 0,161 ms untuk TCP dan 0,2305 ms untuk UDP. Untuk nilai *jitter* didapat nilai sebesar $7,921 \times 10^{-6}$ ms untuk TCP dan $12,975 \times 10^{-6}$ ms untuk UDP. Untuk nilai *throughput* didapat nilai sebesar 49,324 Mbit/s (98%) untuk TCP dan 47,656 Mbit/s (95%) untuk UDP. Untuk nilai *packet loss* didapat nilai sebesar 0,0170 % untuk TCP dan 0,0055 % untuk UDP.
3. Berdasarkan hasil nilai pengujian QoS SDN MikroTik, nilai delay TCP dan UDP berada pada indeks 4 menurut parameter PITHON dengan katagori sangat bagus. Untuk nilai *jitter* SDN MikroTik berada pada indeks 4 dengan katagori sangat bagus. Pada nilai *throughput* SDN MikroTik didapat nilai dengan indeks 4 dengan katagori sangat bagus. Demikian dengan nilai *packet loss* SDN MikroTik didapat nilai dengan indeks 4 dengan katagori sangat bagus
4. Hasil QoS SDN MikroTik dibandingkan dengan SDN Mininet dan MikroTik tradisional. Hasil perbandingan didapatkan nilai QoS MikroTik lebih baik daripada MikroTik tradisional dan sama baiknya dengan SDN Mininet.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik berkat bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Garut, dan pihak lain yang telah memberikan kerjasama yang baik dalam penelitian ini.

Referensi

- [1] C. B. T. C. Paul Goranson, *Software Defined Networks A Comprehensive Approach*, Cambridge: Todd Green, 2017.
- [2] A. Fadli, "Implemetasi Quality Of Service Pada Campus Network menggunakan Teknologi Software Defined Networking Dan Opendaylight Controller Dengan Metoe Hierarchical Token Bucket," *Skripsi*, p. 5, 2018.
- [3] Tanembum, *Computer Networks*, AS: Prentise Hall, 1996.
- [4] I. Riadi, "Optimalisasi Keamanan Jaringan Menggunakan Pemfilteran Aplikasi berbasis Mikrotik," *JUSI*, vol. 1, p. 74, 2011.
- [5] M. R. Krisnadhi, "Himaster Mipa UNS," UNS, Selasa Maret 2021. [Online]. Available: <https://himaster.mipa.uns.ac.id/blog/index.php/2021/03/16/mengenal-virtualbox-dan-kegunaannya/>. [Accessed Sabtu Oktober 2021].
- [6] M. Fuszner, "Graphical Network Simulator," p. 1, 11 2008.
- [7] R. Rosnelly, "Membandingkan Analisa Trafik Data Pada Jaringan Komputer Antara Wireshark dan Nmap," *Konferensi Nasional Sistem Informasi*, vol. 1, pp. 936-937, 2011.
- [8] R. Wulandari, "Analisis QoS Pada Jaringan Internet (Studi Kasus : UPT Loka Uji Teknik Penambangan Jampang Kulon - LIPI)," *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 2, p. 1, 2016.

- [9] T. Pratama, "Perbandingan Metode PCQ, SFQ, RED dan FIFO Pada MikroTik Sebagai Upaya Optimalisasi Layanan Jaringan Pada Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura," *Jurnal Teknik Universitas Tanjungpura*, pp. 2-3, 2015.

ID: 33

Analisis Kebutuhan Storage dan Bandwidth Serta Perencanaan Jaringan Internet Pada Sistem Informasi Pelayanan Kesehatan Berbasis Website

Analysis of Storage and Bandwidth Needs and Internet Network Planning on Web-Based Health Service Information System

Erwin Arrahman Malik^{1*}, Helfy Susilawati², Ade Rukmana³

^{1*,2,3} Fakultas Teknik Universitas Garut, Garut, Jawa Barat, 44151, Indonesia
erwinarrahanmalik@gmail.com^{1*}, helfy.susilawati@uniga.ac.id², ade.rukmana@uniga.ac.id³

Abstrak – Proses penyimpanan data penyedia layanan kesehatan masih melalui pembukuan, dari hal tersebut maka dirancanglah suatu pelayanan kesehatan secara online dengan website sebagai medianya. Ditemukannya kembali permasalahan ketika penggunaan layanan hosting secara asal sehingga website rentan mengalami gangguan. Dihasilkannya solusi yaitu menganalisis storage dan bandwidth yang dibutuhkan untuk website dengan ukuran asal website 64,4MB yaitu storage sebesar 2,1GB dan bandwidth sebesar 175GB dengan rata-rata pasien berobat sebanyak 2000 orang, halaman website sebanyak 47 halaman, rata-rata pengguna mengakses halaman sebanyak 59 halaman, dan 210 kali kunjungan website dalam waktu satu bulan. Selain itu, jaringan internet yang tidak stabil menyebabkan pengaksesan website semakin lama, hal ini disebabkan oleh pemasangan jaringan internet yang tidak terencana. Dihasilkannya solusi yaitu merencanakan pemasangan jaringan internet pada tempat penelitian dengan memanfaatkan mikrotik memungkinkan pengguna dapat menggunakan speed priority dengan hasil analisis menunjukkan rata-rata QoS yang baik dengan rata-rata nilai indeks dari parameteranya bernilai 3 dan 4.

Kata Kunci: hosting, storage, bandwidth, jaringan, topologi.

Abstract – Data storage for some health care provider is still maintained by filling system, so the solution is to design services online with a website as the medium. After that, the problems were found when using hosting services at random that cause website is vulnerable to interference. The solution is to analyze the storage and bandwidth needs for a website. In this research, a website size is 64.4MB, generate requirements which 2.1GB of storage and 175GB of bandwidth with 2000 patients, 47 web pages, 59 pages view, and 210 visits within one month. In addition, an unstable internet network causes longer access to the website, this is due to the unplanned installation of internet network. In this research, the solution is to plan the installation using a tree topology due to good data management and easier to add new devices. Using mikrotic are also allows users to use speed priority.

Keywords: hosting, storage, bandwidth, network, topology

1. Pendahuluan

Perkembangan ilmu pengetahuan, teknologi dan arus informasi semakin pesat terutama didalam bidang kesehatan. Salah satu perkembangan tersebut yaitu pada sistem manajemen suatu penyedia layanan kesehatan dengan dilakukannya kegiatan operasional pada penyedia layanan kesehatan secara online dengan memanfaatkan *website* sebagai media arus pertukaran informasi dengan.

Saat ini, kebanyakan para penyedia layanan kesehatan menggunakan penyimpanan data rekam medis pasien yang ditulis seadanya pada buku besar rekam medis menyebabkan pencarian keseluruhan data yang masih membutuhkan waktu lama. Pembayaran pemeriksaan berobat juga tidak dilakukan dengan menyimpan bukti bayar secara benar sehingga meningkatkan resiko terjadinya kecurangan [1].

Permasalahan dalam *penghosting* dan juga pemeliharaan *website* pun masih terbilang awam bagi sebagian orang. Salah satu permasalahannya adalah kebutuhan *space website* dan *bandwidth* yang tidak memenuhi persyaratan dalam kebutuhannya, hal ini bisa disebabkan oleh pembelian *hosting* secara asal tanpa mempertimbangkan kebutuhan akan *website* yang akan di-*hosting*-nya. Ketika kebutuhan akan salah satu faktor pendukung tidak terpenuhi, hal ini memungkinkan terjadinya *error* pada pengaksesan *website*.

Selain dari permasalahan diatas, jaringan internet juga berpengaruh besar terhadap pengaksesan *website* secara online. Ketika kondisi internet yang terpasang menghasilkan koneksi internet yang kurang stabil menyebabkan waktu pengaksesan *website* menjadi lama. Permasalahan tersebut secara tidak langsung akan berpengaruh kepada lama antrian pasien.

Penelitian ini bertujuan untuk menghadirkan sebuah solusi dari permasalahan tersebut dengan membuat pelayanan pada penyedia layanan kesehatan secara online dari mulai pendaftaran pasien, perancangan sistem antrian, pendigitalan resep dokter, pendataan laboratorium, pendataan riwayat penyakit dan hasil diagnosa pasien, serta informasi pembiayaan secara digital. Pelayanan ini dibuatkan secara digital dengan memanfaatkan *website* sebagai sarana pertukaran informasi dan juga sarana untuk berkomunikasi antar semua pihak yang terlibat baik itu pasien, dokter, perawat, laboratorium, apotek maupun kasir yang terdapat di suatu penyedia layanan kesehatan.

Penelitian ini juga mencoba untuk menganalisa kebutuhan-kebutuhan mendasar dari *web* yang akan di-*hosting*, terutama penganalisaan *storage* dan *bandwidth* yang dibutuhkan sehingga faktor-faktor tersebut dapat memaksimalkan kinerja *website* yang akan di-*hosting* dengan biaya yang bisa diefektifkan. Selain dari itu, memperkirakan perancangan dan instalasi jaringan internet yang baik, sehingga tempat penyedia layanan kesehatan memiliki koneksi internet yang baik untuk pengaksesan *website* yang akan dirancang.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan metode deskriptif dan *prototyping*. Metode deskriptif yaitu metode yang menjelaskan pemanfaatan suatu aplikasi dalam meningkatkan keuntungan dan menekan biaya [2]. Metode ini digunakan untuk menganalisis bandwidth dan storage pada website yang akan dirancang, serta jaringan internet yang akan diinstalasi pada tempat pelayanan kesehatan tersebut. Sedangkan metode *prototyping* yaitu metode dimana membuat dan merancang suatu sistem atau perangkat yang akan dikembangkan kembali [3] digunakan untuk membangun sistem informasi dari pelayanan kesehatan secara online serta membangun perencanaan jaringan internet yang akan diinstalasi pada tempat pelayanan kesehatan.

2.1. Alat dan Bahan

Salah satu kebutuhan dalam pembangunan sistem ini adalah penggunaan alat dan bahan untuk proses pembangunan sistem, dalam hal ini yaitu kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat-perangkat yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 1. – Alat dan Bahan

No	Perangkat	Kegunaan
1.	Laptop/ <i>Personal Computer</i>	Spesifikasi dari laptop/personal computer bebas menggunakan spesifikasi apa saja asalkan perangkat lunak yang digunakan dapat terinstall.
2.	MySQL Workbench	Desain perancangan database yang dipakai dalam penelitian

No	Perangkat	Kegunaan
3.	Umlet	Desain diagram UML yang digunakan untuk proses perancangan
5.	XAMPP	Web server dalam pengembangan aplikasi berbasis web, penyedia penyimpanan dan pengaksesan database yang digunakan ketika dalam proses pengembangan sistem.
7.	Microsoft Visual Studio Code	Pengolahan data dan code editor pada saat proses penulisan sintak pemrograman
8.	Web Browser	Proses monitoring progress pemrograman yang berfungsi sebagai interpretasi bahasa pemrograman PHP kedalam tampilan grafis
9.	GNS 3	Perangkat lunak untuk mendesain topologi jaringan internet yang dirancang, serta mensimulasikannya
10.	Winbox	Perangkat lunak yang digunakan untuk membantu proses konfigurasi router mikrotik OS pada perencanaan perancangan topologi jaringan pada GNS3.
11.	Rumahweb.com	Perangkat lunak penyedia layanan hosting dimana perangkat ini menyewakan penyimpanan dan juga server agar dapat website yang telah dibangun sebelumnya dapat diakses secara online.

2.2. Pengumpulan Data

Data yang diperlukan untuk penelitian ini sebagai acuan pembangunan serta beberapa analisis terhadap sistem yang dibangun dari tempat dimana penelitian dilakukan adalah sebagai berikut: 1) Banyaknya pasien yang berobat dalam kurun waktu satu bulan. 2) Alur pelayanan kesehatan yang digunakan. 3) Sistem dan kelengkapan pelayanan terhadap pasien yang berobat. 4) Fasilitas yang terdapat di tempat penelitian.

2.3. Perancangan Pembagian Aksesibilitas User

Perancangan pembagian untuk aksesibilitas pengguna juga dibagi kedalam tujuh kelompok sesuai dengan tujuh level user pada web yang akan dirancang, diantaranya:

a. Admin

Admin diberikan akses untuk mendaftarkan akun untuk user para pegawai. Selain itu admin juga bertugas untuk memonitor database, dan maintenance aksesibilitas semua user karena admin dapat mengakses semua fitur yang ada pada aplikasi *website* yang dibangun.

b. Dokter

Dokter dapat mengakses berupa halaman pembuatan resep obat serta pembuatan surat rujukan pelaksanaan tes laboratorium. Dokter juga dapat mengakses arsip berupa rekam medis dari pasien dan diberikan akses untuk mengubah dan menambahkan rekam medis tersebut.

c. Perawat

Aksesibilitas hanya dapat mengakses berupa halaman arsip berupa rekam medis dari pasien dan diberikan akses untuk mengubah dan menambahkan rekam medis tersebut sesuai arahan dari dokter. Sistem antrian juga diakses oleh Perawat.

d. Laboratorium

Laboratorium dapat mengakses berupa halaman kotak masuk berupa surat rujukan pelaksanaan laboratorium bagi pasien yang akan melaksanakan tes lab di tempat tersebut.

Bagian laboratorium juga dapat mengakses pengarsipan berupa halaman pembuatan hasil laboratorium dari pasien serta juga dapat mengakses hasil laboratorium tersebut.

e. Administrasi/Kasir

Administrasi hanya dapat menakses pembacaan kotak masuk dari pembuatan resep obat dan surat rujukan pelaksanaan tes lab, sehingga proses pembayaran dan keterangan pembayaran nantinya dapat dilakukan secara online. Bagian dari administrasi juga diberikan akses untuk

f. Apoteker

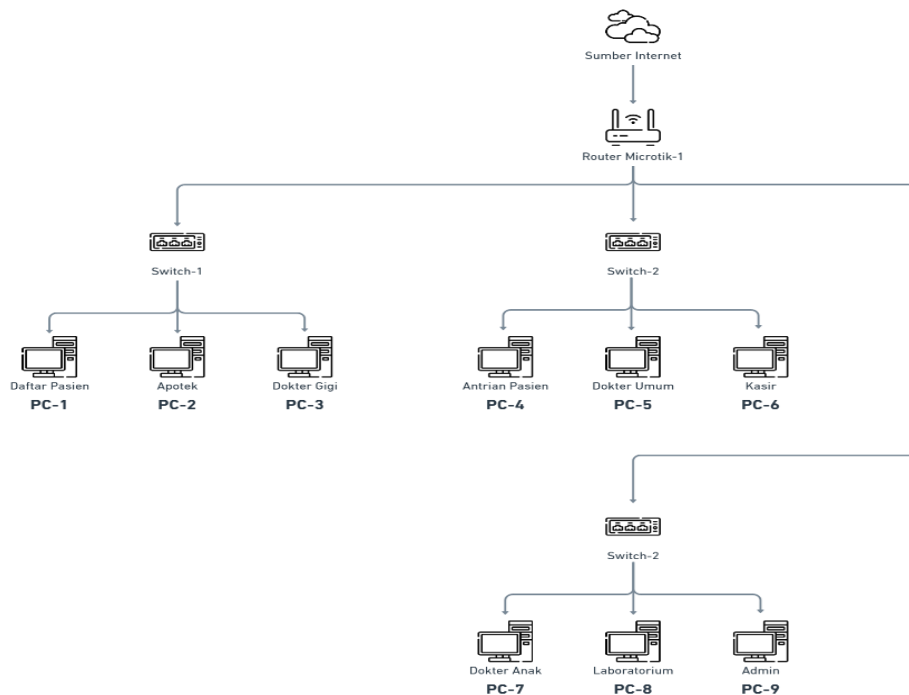
Apoteker dapat mengakses berupa kotak masuk yang dikirim dari kasir dimana kotak masuk tersebut berisi resep obat yang harus diberikan kepada pasien yang telah berobat. Selain itu, apoteker dapat mengubah stok obat yang tersedia di tempat pelayanan kesehatan tersebut.

g. Pasien

Pasien hanya dapat mengakses proses pendaftaran serta pengambilan antrian untuk berobat. Pasien juga diberikan akses untuk dapat melihat antrian pasien yang berobat pada saat itu serta mengakses rekam medis dirinya sendiri.

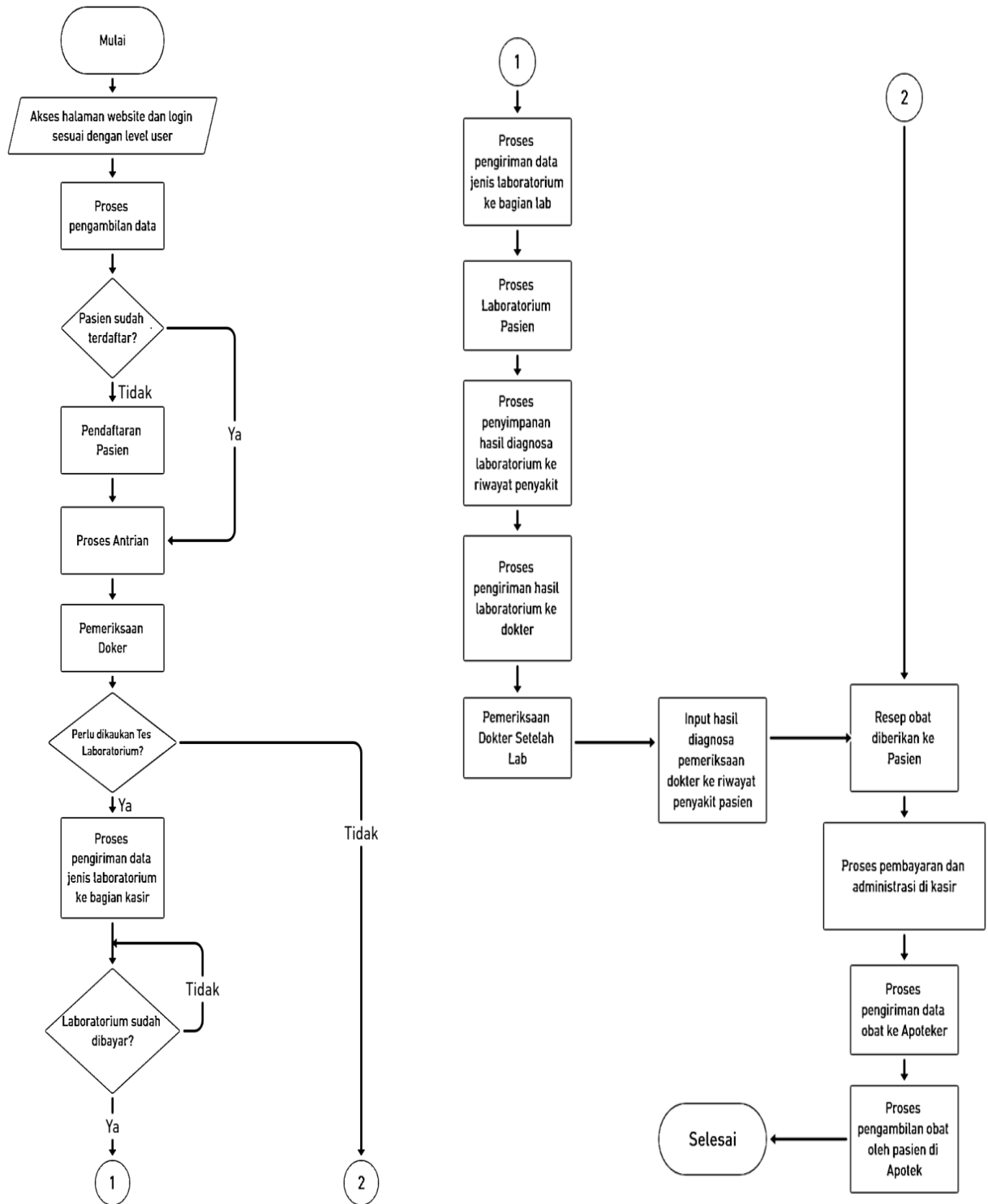
2.4. Desain Jaringan Internet

Desain perencanaan instalasi topologi jaringan internet diperlukan pada lokasi penelitian yang digunakan, dikarenakan belum terpasangnya jaringan internet pada lokasi penelitian serta. Maka dari itu, untuk memaksimalkan proses kinerja dari pembuatan sistem ini, diperlukan jaringan internet dengan *QoS* dari jaringan internet memenuhi nilai standar bagus. Pada penelitian ini, pendesainan dan simulasi topologi jaringan internet dilakukan dengan memanfaatkan GNS (Graphical Network Simulator) 3 sebagai software untuk merealisasikan hal tersebut dengan wireshark sebagai software untuk menganalisis paket jaringannya. Untuk desain topologinya itu sendiri adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Desain Topologi Jaringan Internet

2.5. Flowchart Sistem

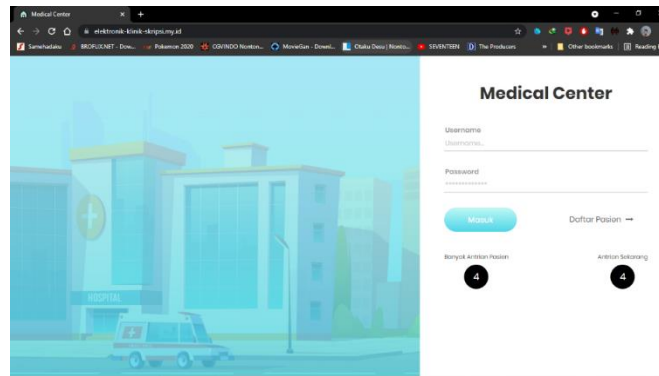


Gambar 2. –Flowchart Sistem

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Realisasi Aplikasi

Aplikasi yang telah dirancang selanjutnya dapat diakses dengan *web browser* sebagai mediana yang selanjutnya mengetikkan alamat dari aplikasi *website* pada *address bar* browser tersebut yaitu, <https://www.elektronik-klinik-skripsi.com/>.



Gambar 3. Interface Awal Akses

Tabel 2 – Daftar Username dan Password

No	Username	Password	Level
1.	Erwinmaalik	erwinmaalik1	Pasien
2.	Perawat	perawat	Perawat
3.	Dokter	dokter	Dokter
4.	Lab	Lab	Laboratorium
5.	Kasir	Kasir	Kasir
6.	apoteker	apoteker	Apoteker
7.	admin	admin	Admin

3.2. Analisis Storage

Perencanaan kebutuhan *storage* dibutuhkan spesifikasi dari penyedia layanan *hosting* untuk ukuran *storage website* sistem informasi pelayanan kesehatan berbasis *website* ini yaitu dibutuhkan harus lebih besar dari 2,1 GB dalam kurun waktu satu bulan penggunaan. Hasil tersebut didapatkan berdasarkan data spesifikasi *website* yang dirancang, diantaranya adalah:

1. Ukuran *website* sebesar 64,4 MB dengan ukuran asal *database* sebesar 54,6 KB.
2. Penambahan ukuran *database* ketika proses pendaftaran akun pasien dilakukan adalah sebesar 3,7 KB (3.781 bytes). Sedangkan untuk penambahan ukuran *database* dari satu pegawai yaitu senilai 0,5 KB (523 bytes).
3. Pada proses upload foto, penambahan *storage* dari foto setiap pasien yaitu memiliki rata-rata ukuran foto sebesar 1 MB dan ditentukan dengan besar maksimal foto yang dapat di upload sebesar 2 MB.
4. Berdasarkan data, pasien yang berobat setiap bulan memiliki rata-rata sebanyak 2000 orang. Data pasien akan mengalami kenaikan ukuran *database* senilai 7,562 MB (7.562.000 bytes) dengan kenaikan ukuran *website* dengan penyimpanan foto sebesar 2000 MB.

3.3. Analisis Bandwidth

Perencanaan kebutuhan *bandwidth* yang dibutuhkan dibutuhkan spesifikasi dari penyedia layanan *hosting* untuk *bandwidth* yang diberika bagi sistem yang dirancang harus lebih besar dari 165 GB dalam kurun waktu penggunaan satu bulan. Hasil tersebut didapatkan berdasarkan data, diantaranya adalah:

1. Jumlah halaman keseluruhan *website* yang dirancang sebesar 47 halaman.
2. Dari jumlah rata-rata orang yang berobat, maka didapatkan jumlah pengunjung rata-rata sebanyak 2000 kali kunjungan.
3. Selain itu data pengunjung dari pegawai didapatkan data dari tujuh *user* pegawai (dokter umum, dokter gigi, dokter anak, apoteker, kasir, laboratorium, dan perawat) sebesar 210 kali kunjungan dalam satu bulan.
4. Page view yang dihasilkan dari enam level pengguna sebesar 59 halaman secara total.

Hasil tersebut didapatkan dengan memasukan data yang telah didapatkan kedalam rumus berikut secara bertahap [4].

$$Ukuran\ rata - rata\ halaman = \frac{Ukuran\ Website\ Keseluruhan}{Jumlah\ Halaman} \dots\dots\dots(1)$$

$$Bw\ rata - rata = Ukuran\ halaman\ rata - rata \times jumlah\ pengunjung \dots\dots\dots(2)$$

$$Bw\ tot = Bw \times Page\ View \dots\dots\dots(3)$$

3.4. Analisis Topologi Jaringan Internet

Pemanfaatan mikrotik dengan sistem *routing* statis untuk pembagian *bandwidth* kecepatan internet dan fitur *priority* digunakan karena skala yang dirancang masih dalam skala jaringan kecil sehingga konfigurasi akan terkesan lebih mudah serta kestabilan internet pada masing-masing perangkat dapat terjaga.

3.4.1. Analisis QoS

Provider penyedia internet dengan kecepatan 30Mbps yang diujikan pada topologi *tree* yang dirancang dengan jumlah 9 pengguna. Perhitungan parameter QoS didapatkan dengan memasukan data yang telah didapatkan dari rekaman pengiriman paket pada topologi yang dibuat dengan menggunakan wireshark kedalam rumus dan juga tabel kateori parameter sebagai berikut yaitu [5]:

1. *Throughput*

$$Throughput = \frac{Paket\ diterima}{Waktu\ antara\ paket\ pertama\ dan\ terakhir} \dots\dots\dots(5)$$

Tabel 3. – Throughput

Kategori Throughput	Troughput	Indeks
Sangat bagus	100%	4
Bagus	75%	3
Sedang	50%	2
Jelek	<25%	1

2. *Latency/Delay*

$$Rata-rata\ Delay = \frac{Total\ Delay}{Total\ Paket\ Yang\ Diterima} \dots\dots\dots(6)$$

Tabel 4. – *Latency/Delay*

Kategori Latensi	Besar Delay (ms)	Indeks
Sangat bagus	<150 ms	4
Bagus	150 s/d 300 ms	3
Sedang	300 s/d 450 ms	2
Jelek	>450 ms	1

3. *Packet Loss*

$$Packet\ loss = \left(\frac{Data\ yang\ dikirim - Paket\ data\ yang\ diterima}{Paket\ data\ yang\ dikirim} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

Tabel 5 – *Packet Loss*

Kategori Packet Loss	Packet Loss	Indeks
Sangat bagus	0	4
Bagus	3%	3
Sedang	15%	2
Jelek	25%	1

4. *Jitter*

$$Jitter = \frac{Total\ Variasi\ Delay}{Total\ paket\ diterima - 1} \times 100\% \dots\dots\dots (8)$$

Tabel 6. – *Jitter*

Kategori Jitter	Peak Jitter	Indeks
Sangat bagus	0 ms	4
Bagus	0 s/d 75 ms	3
Sedang	76 s/d 125 ms	2
Jelek	125 s/d 225 ms	1

Hasil dari QoS pada topologi yang dirancang tergolong pada kategori *QoS* yang bagus berdasarkan dari 4 parameter. Hasil dari parameter yang dihitung adalah sebagai berikut:

5. *Throughput* didapat pada pengambilan data yaitu sebesar 86.9% dengan kategori bagus.

Tabel 7. – Hasil Perhitungan Throughput

Parameter yang dihitung	Nilai yang didapat
Paket yang diterima	976800 bytes
Lama pengamatan	61,536 s
Data throughput	126,98907956318 kbps

6. *Packet loss* yang didapat dari pengambilan data yaitu adalah 0.0677048070412 % dengan kategori sangat bagus.

Tabel 8. – Hasil Perhitungan *Packet Loss*

Parameter yang dihitung	Nilai yang didapat
Paket data yang dikirim	1477
Paket data yang diterima	1476
<i>Packet loss</i>	0.0677048070412 %

7. Parameter *delay* yang didapat 41,62896 ms dari semua waktu *delay* yang didapat masih berada di bawah batas normal dengan kategori sangat bagus.

Tabel 9. – Hasil Perhitungan Rata-Rata *Delay*

Parameter yang dihitung	Nilai yang didapat
Total paket yang diterima	1476
Total <i>delay</i>	61,53609786 s
Rata-rata <i>delay</i>	41,62896 ms

8. Nilai *jitter* yang didapat yaitu 0.000279535 ms dengan kategori nilai sangat bagus

Tabel 10. – Hasil Perhitungan *Jitter*

Parameter yang dihitung	Nilai yang didapat
Total paket yang diterima	1476
Total <i>Jitter</i>	0.000412594 s
Rata-rata <i>Jitter</i>	0.000279535 ms

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa yang diuraikan pada bab-bab sebelumnya, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. *Storage* layanan hosting yang dibutuhkan sistem informasi pelayanan kesehatan berbasis *website* yang dirancang yaitu harus lebih besar dari 2,1 GB dalam kurun waktu satu bulan penggunaan dengan ukuran asal *website* dan database sebesar 64,4MB dan 54,6KB.
2. *Bandwidth* layanan hosting yang dibutuhkan bagi sistem yang dirancang yaitu harus lebih besar dari 175 GB dalam kurun waktu penggunaan satu bulan dengan jumlah halaman sebanyak 47 halaman, *page view* sebesar 59 halaman dan jumlah kunjungan *website* dalam waktu satu bulan sebesar 2210 kunjungan.
3. Provider penyedia internet dengan kecepatan 30Mbps yang diujikan pada topologi *tree* yang dirancang dengan jumlah 9 pengguna tergolong pada kategori *QoS* yang bagus berdasarkan dari 4 parameter yang dihitung, yaitu:
 - a. *Throughput* yang didapat pada pengambilan data yaitu sebesar 86.9% dengan kategori bagus.
 - b. *Packet loss* yang didapat dari pengambilan data yaitu adalah 0.0677048070412 % dengan kategori sangat bagus.
 - c. Parameter *delay* yang didapat 41,62896 ms dari semua waktu *delay* yang didapat masih berada di bawah batas normal dengan kategori sangat bagus.
 - d. Nilai *jitter* yang didapat yaitu 0.000279535 ms dengan kategori nilai sangat bagus.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik berkat bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Garut, dan pihak lain yang telah memberikan kerjasama yang baik dalam penelitian ini.

Referensi

- [1] Kumara, Micelia P. (2015). **SISTEM INFORMASI MANAJEMEN KLINIK PERMATAMEDICAL CENTER PATI** [skripsi]. Kudus (ID): Universitas Muria Kudus.
- [2] Simangunsong, Jumadi. dkk. (2009). **ANALISIS PEMANFAATAN APLIKASI RCS SOUND BROADCAST SYSTEM. YANG DISEWA PT RADIO ATTAHIRIYAH GEN FM (98.7 FM) DENGAN. PENDEKATAN EKONOMI INFORMASI.** [skripsi]. Jakarta Barat (ID): Universitas Bina Nusantara.
- [3] Pressman, Roger S., Ph.D. (2012), **REKAYASA PERANGKAT LUNAK (PENDEKATAN PRAKTISI) EDISI 7: BUKU 1** “, Yogyakarta: Andi.
- [4] Nusamedia. (2009). **MEMPERKIRAKAN KEBUTUHAN HOSTING.** Blitar [on line].
Tersedia:
<https://www.nusamedia.net/memperkirakan-kebutuhan-hosting/>
[17 November 2020]
- [5] R. Wulandari. 2016. **ANALISIS QoS (QUALITY OF SERVICE) PADA JARINGAN INTERNET (STUDI KASUS : UPT LOKA UJI TEKNIK PENAMBANGAN JAMPANG KULON – LIPI).** Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi, pp. 162-172.

Wearable Antenna Jenis Mikrostrip dengan Struktur *Electromagnetic Band Gap* (EBG) untuk Komunikasi *Wireless* pada Tubuh

Wearable Microstrip Antenna Using Electromagnetic Band Gap (EBG) Structure for Body Wireless Communication

Salwa Salsabila^{1*}, Harfan Hian Ryanu², Levy Olivia Nur³

^{1*,2,3} Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Jl. Telekomunikasi No. 1, Terusan Buah Batu – Bojongsong, Bandung, Jawa Barat 40257
salwasalsabilaf@student.telkomuniversity.ac.id^{1*}, harfanhr@telkomuniversity.ac.id², levyolivia@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak – Wearable antenna jenis mikrostrip merupakan salah satu teknologi komunikasi nirkabel untuk tujuan pemantauan pada manusia yang dapat terintegrasi dengan pakaian serta menjaga kenyamanan pengguna. Akan tetapi, antenna mikrostrip memiliki sejumlah kelemahan seperti gain dan efisiensi yang rendah, lebar pita sempit serta adanya gelombang permukaan yang dapat merusak pola radiasi. Selain itu, penggunaan wearable antenna memungkinkan terjadinya efek mutual coupling antara tubuh dengan antenna yang dapat mengubah frekuensi kerja, penurunan kinerja antenna dan efek radiasi pada tubuh. Berdasarkan permasalahan di atas, diberikan struktur *Electromagnetic Band Gap* (EBG) dengan unit cell berbentuk *Mushroom-like EBG* dan via pada bagian tengah EBG. Penggunaan struktur EBG tersebut dapat meningkatkan efisiensi, mengurangi efek mutual coupling, menghasilkan pola radiasi yang lebih baik serta mengurangi efek radiasi pada tubuh. Pengujian dilakukan pada antenna tanpa struktur EBG dan dengan struktur EBG pada rentang lebar pita 10-100 MHz untuk frekuensi kerja 3,5 GHz 5G Band (n78 3500 MHz) dan nilai SAR $\leq 1,6$ W/Kg. Didapat nilai VSWR < 2 , return loss ≤ -10 , lebar pita > 30 MHz dan gain > 5 dB.

Kata Kunci: wearable antenna, mikrostrip, electromagnetic band gap

Abstract – The microstrip wearable antenna is a wireless communication technology for monitoring the human body that can be integrated with clothing and maintain user safety and comfort. However, microstrip antenna have some disadvantages such as low gain and efficiency, narrow bandwidth and surface waves that can destroy the radiation pattern. In addition, the use of a wearable antenna possibly makes a mutual coupling effect between the body and the antenna which can change the resonant frequency, decrease the performance of the antenna and the effect of radiation on the body. Based on these problems, an *Electromagnetic Band Gap* (EBG) structure was added with a unit cell in the shape of a *Mushroom-like EBG* and a via in the centre of the EBG the antenna design. The use of the EBG structure can increase efficiency, reduce the effect of mutual coupling, produce a better radiation pattern and reduce the effects of radiation on the body. The study was carried out on antennas without EBG structure and with EBG structure in a bandwidth range of 10-100 MHz for a resonant frequency of 3.5 GHz 5G Band (n78 3500 MHz) and a SAR value less than 1.6 W/Kg. The value of VSWR < 2 , return loss ≤ -10 , bandwidth > 30 MHz and gain > 5 dB.

Keywords: wearable antenna, mikrostrip, electromagnetic band gap

1. Pendahuluan

Pemanfaatan teknologi komunikasi *wireless* untuk tujuan pemantauan pada manusia telah dilakukan dalam beberapa tahun terakhir. Salah satu komponen yang digunakan yaitu *wearable antenna* yang memiliki keunikan karena dapat terintegrasi dengan pakaian. Kelompok

standarisasi IEEE 802.15 telah menentukan standar pada penelitian antena dan propagasi untuk sistem komunikasi baik di tubuh, di dalam tubuh maupun di luar tubuh [1].

Jenis antena yang digunakan untuk *wearable antenna* yaitu antena mikrostrip karena dimensinya kecil sehingga akan mudah untuk diintegrasikan ke pakaian serta dapat menjaga kenyamanan pengguna. Akan tetapi, antena jenis ini memiliki sejumlah kelemahan seperti *gain* dan efisiensi yang rendah, lebar pita sempit serta adanya gelombang permukaan yang dapat merusak pola radiasi [2]. *Wearable antenna* dengan tujuan pemantauan membuat antena berada dekat tubuh manusia. Memposisikan antena dekat tubuh menyebabkan terjadinya efek *mutual coupling* antara tubuh manusia dengan antena yang dapat mengubah frekuensi kerja serta terjadinya penurunan kinerja pada antena. Selain itu, efisiensi dari pancaran radiasi antena pun berkurang karena adanya penyerapan radiasi oleh jaringan tubuh. Penyerapan radiasi gelombang elektromagnetik oleh tubuh dianggap berbahaya bagi kesehatan jaringan tubuh manusia [3]. Oleh karena itu, telah ditetapkan nilai *Specific Absorption Rate* (SAR) oleh standar internasional ANSI/IEEE (Amerika), bahwa nilai SAR yang aman bagi tubuh manusia adalah sebesar 1,6 W/Kg [4].

Berdasarkan permasalahan yang telah dijelaskan di atas, penulis mengusulkan suatu metode yaitu penggunaan struktur *Electromagnetic Band Gap* (EBG). Penggunaan struktur EBG dapat meningkatkan efisiensi, mengurangi efek *mutual coupling*, mengurangi *back radiation* yang dapat meningkatkan nilai *gain* serta menghasilkan pola radiasi yang lebih baik [5]. Menurut hasil penelitian pada [3], nilai SAR yang dihasilkan setelah penggunaan struktur EBG diketahui mengalami penurunan yang signifikan sehingga penggunaan struktur EBG dapat menjadi solusi untuk *wearable antenna* jenis mikrostrip sebagai alat komunikasi nirkabel pada tubuh.

2. Metode Penelitian

Struktur penyusun dari antena jenis ini pada dasarnya sama saja dengan antena mikrostrip biasa yaitu terdiri dari *patch*, substrat dan *groundplane*. Namun, untuk memungkinkan penggunaan antena yang nyaman pada tubuh, bahan dari *patch* dan substrat yang digunakan memiliki karakteristik tertentu. Bahan *patch* dan substrat yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1. [6].

Tabel 4. Karakteristik Bahan

Komponen	Bahan	Permitivitas Relatif (ϵ_r)	Massa (Kg/m^2)	Ketebalan (mm)
<i>Patch</i> dan <i>Groundplane</i>	<i>Copper tape</i>	-	-	t = 0.1
Substrat	<i>Cordura Delinova 200</i>	1.6	0.370	h = 0.5

Antena yang akan dirancang memiliki spesifikasi seperti pada Tabel 2. berikut dengan nilai impedansi input $Z_0 = 50 \Omega$.

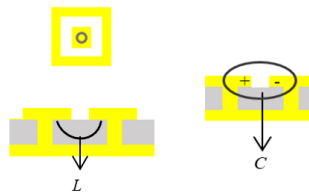
Tabel 5. Spesifikasi Antena

Parameter	Spesifikasi
Frekuensi Kerja	3,5 GHz 5G Band
<i>Gain</i>	> 5 dB
VSWR	< 2
Pola Radiasi	<i>Unidirectional</i>

Parameter	Spesifikasi
Lebar Pita	Channel bandwidths in 3,5 GHz 5G Band: 10,15,20,30,40,50,60,70,80,90,100 MHz
SAR	≤ 1.6 W/kg

Pada penelitian ini, antenna bekerja pada frekuensi 3,5 GHz 5G Band (n78 3500 MHz) atau biasa disebut dengan *C-band* 5G. *C-band* 5G merupakan frekuensi kerja yang banyak digunakan dalam uji coba pengembangan 5G untuk komunikasi nirkabel sederhana pada spektrum 3,3-3,8 GHz [7].

2.1. Struktur *Electromagnetic Band Gap* (EBG)

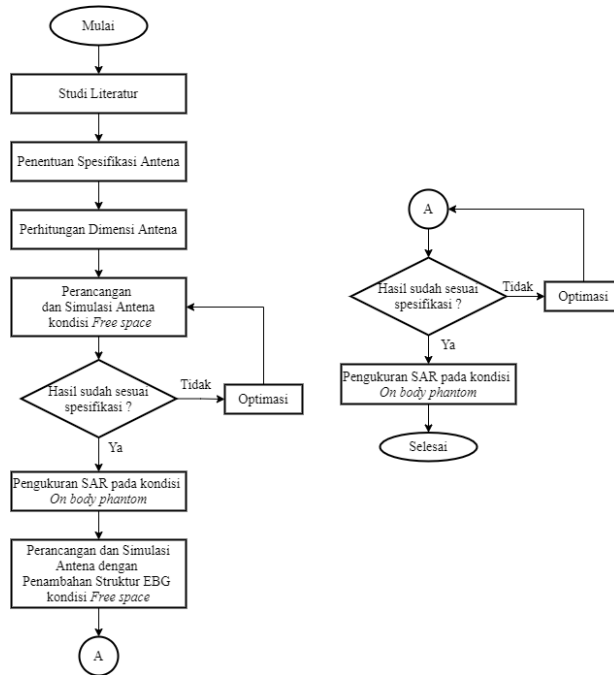


Gambar 10. *Mushroom-like* EBG

Struktur EBG berbentuk seperti jamur atau *Mushroom-like* EBG dan terdapat sebuah *via* di bagian tengah EBG yang menghubungkannya dengan *groundplane*. Struktur EBG dapat diartikan sebagai rangkaian resonansi *LC* yang memunculkan nilai induktansi *L* dan kapasitansi *C*. Terdapat arus listrik yang mengalir pada logam EBG yang memunculkan induktor *L*. Terdapat pula nilai kapasitansi *C* yang muncul akibat adanya celah antar bagian EBG baik antar bagian dalam satu *unit cell* maupun antara *unit cell* satu dengan lainnya [8].

2.2. Model dan Sistem Perancangan

Dilakukan perancangan *wearable antenna* jenis mikrostrip untuk mengetahui ukuran antenna sebelum disimulasikan. Berikut merupakan metode perancangan *wearable antenna* jenis mikrostrip pada Gambar 2. dalam bentuk Diagram Alir.

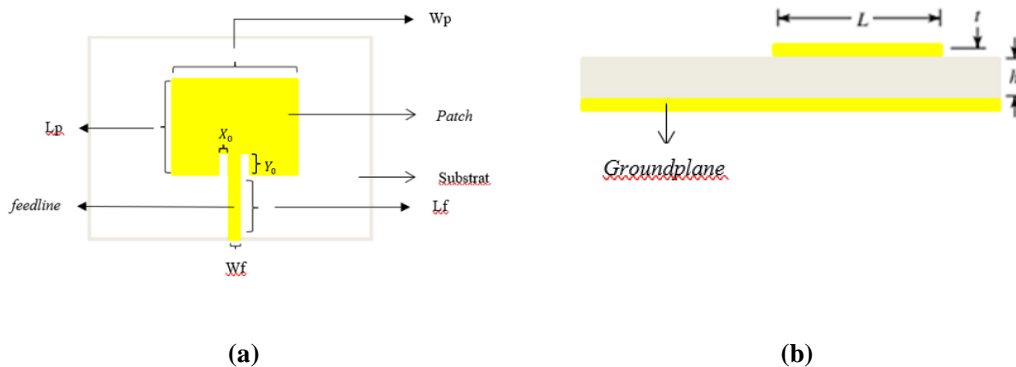


Gambar 11. Diagram Alir

Metode perancangan pada Gambar 2. dilakukan secara bertahap dimulai dengan studi literatur untuk mendukung pemahaman konsep dan teori mengenai kinerja dari *wearable antenna* dengan penambahan struktur EBG dan tanpa penambahan struktur EBG serta efek radiasi gelombang elektromagnetik dari *wearable antenna* pada tubuh. Selanjutnya dilakukan penentuan spesifikasi antenna serta perhitungan dimensi untuk mencapai spesifikasi yang telah ditentukan sebelum melakukan perncangan dan simulasi. Proses perancangan dan simulasi terdiri atas dua tahap yaitu perancangan dan simulasi sebelum ditambahkan struktur EBG dan setelah ditambahkan struktur EBG. Perancangan dan simulasi pertama dilakukan untuk mengukur nilai SAR yang dihasilkan, setelah itu dilanjutkan ke perancangan dan simulasi tahap dua dengan menambahkan struktur EBG untuk mengurangi nilai SAR yang dihasilkan antenna.

2.1.1. Perancangan Antena Tanpa Struktur EBG

Pada perancangan dan simulasi antenna tahap ini, antenna yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 3. dengan besar *groundplane* sama dengan besar substratnya.



Gambar 12. (a) Struktur Penyusun Antena Tampak Depan (b) Tampak Belakang

Antena pada Gambar 3. di atas dirancang dengan parameter hasil perhitungan dengan rumus penentuan dimensi pada [9] sehingga menghasilkan nilai pada Tabel 3. berikut.

Tabel 6. Parameter Antena Hasil Perhitungan

Parameter	Nilai (mm)	Keterangan
W_p	37.58	Lebar <i>patch</i>
L_p	33,53	Panjang <i>patch</i>
W_g	75.16	Lebar substrat dan <i>groundplane</i>
L_g	67.53	Panjang substrat dan <i>groundplane</i>
W_f	2	Lebar <i>feed</i>
L_f	17	Panjang <i>feed</i>
t	0.1	Tebal <i>patch</i> dan <i>groundplane</i>
h	0.5	Tebal substrat

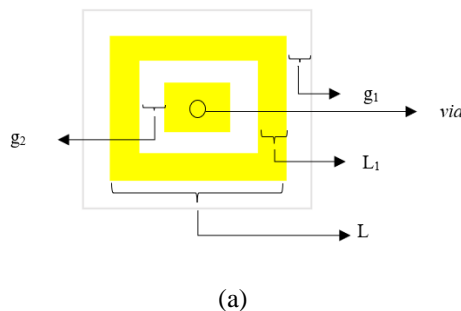
Pada penelitian ini, dilakukan optimasi *inset feed* untuk memastikan bahwa antena bekerja sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Berikut nilai hasil optimasi dalam penentuan dimensi *inset feed* pada Tabel 4.

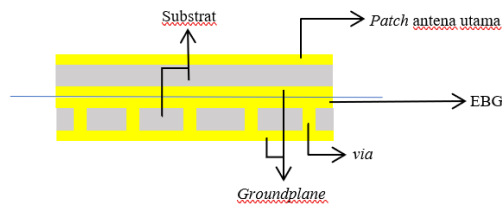
Tabel 7. Parameter *Inset Feed* Hasil Optimasi

Parameter	Nilai (mm)	Keterangan
X_0	3	Lebar <i>inset feed</i>
Y_0	9	Panjang <i>inset feed</i>

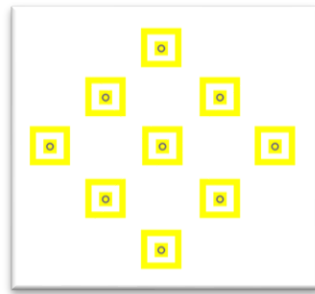
2.1.2. Perancangan Antena Dengan Struktur EBG

Berdasarkan penelitian pada [10][11], EBG diketahui dapat mengurangi nilai SAR yang dihasilkan antena. Perancangan Struktur EBG yang digunakan yaitu jenis *Mushroom-like* EBG dengan rancangan seperti pada Gambar 4. berikut.





(b)



(c)

Gambar 13. (a) *Unit cell Mushroom-like* EBG (b) Antena dengan EBG Tampak Samping (c) EBG Tampak Depan

Parameter yang digunakan dalam perancangan unit cell EBG dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 8. Parameter *Unit Cell* EBG

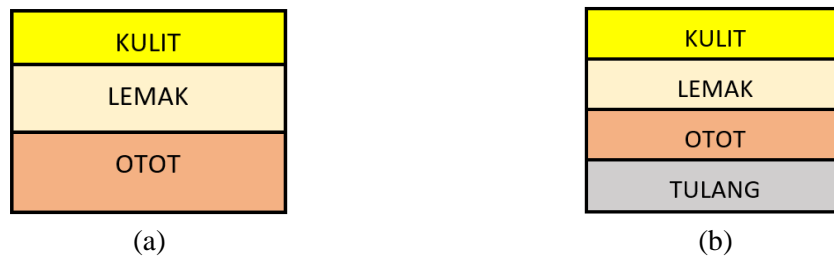
Parameter	Keterangan
L	Panjang dan lebar EBG
L_1	Jarak antara EBG dan slot
g_1	Celah antar <i>unit cell</i> EBG
g_2	Lebar slot dalam

2.1.3. Body-Phantom

Model *body phantom* yang ditambahkan untuk pengukuran nilai SAR pada dua bagian tubuh yaitu tangan dan dada seperti pada Tabel 6. [12].

Tabel 9. Komponen Penyusun *Body-Phantom*.

Lapisan	Permitivitas Relatif (ϵ_r)	Konduktivitas (S/m)	Density (Kg/m^3)	Ketebalan (mm)	
				Dada	Tangan
Kulit	37,005	2,0249	1090	2	1,5
Lemak	5,1739	0,15553	930	8	1,5
Otot	51,444	2,5575	1050	23	2,5
Tulang	5,1861	0,14515	-	-	19



Gambar 14.(a) *Phantom Dada* (b) *Phantom Tangan*

3. Hasil dan Pembahasan

Dilakukan simulasi pada perancangan antenna tanpa struktur EBG. Perancangan antenna tanpa struktur EBG menghasilkan nilai parameter antenna seperti *VSWR*, *return-loss*, lebar pita, dan *gain*. Simulasi dilanjutkan dengan penambahan struktur *body-phantom* pada bagian tangan dan dada untuk mengukur nilai SAR yang dihasilkan dengan beberapa jarak antara *body-phantom* dan antenna.

3.1. Hasil Simulasi Antenna Tanpa Struktur EBG

Hasil simulasi antenna tanpa struktur EBG kondisi *on-body phantom* bagian Lengan seperti pada Tabel 7. berikut.

Tabel 10. Hasil Simulasi *On-Body Phantom* Lengan

Jarak (mm)	VSWR	<i>Return-loss</i>	Lebar Pita (MHz)	Gain (dB)	SAR (W/Kg)
0	1,37	-16,06	31,20	7,41	0,264
5	1,37	-16,00	30,90	6,87	0,148
10	1,37	-16,00	30,90	6,92	0,157

Setelah pengukuran nilai SAR pada bagian Lengan, dilakukan pengukuran nilai SAR pada bagian Dada dengan hasil pada Tabel 8. Berikut.

Tabel 11. Hasil Simulasi *On-Body Phantom* Dada

Jarak (mm)	VSWR	Return-loss	Lebar Pita (MHz)	Gain (dB)	SAR (W/Kg)
0	1,37	-16,05	31,20	7,40	0,295
5	1,34	-16,61	32,00	7,51	0,099
10	1,36	-16,25	31,40	7,38	0,068

3.2. Hasil Simulasi Antena Dengan Struktur EBG

Hasil simulasi antena tanpa struktur EBG kondisi *on-body phantom* bagian Lengan seperti pada Tabel 9. berikut.

Tabel 12. Hasil Simulasi *On-Body Phantom* Lengan

Jarak (mm)	VSWR	Return-loss	Lebar Pita (MHz)	Gain (dB)	SAR (W/Kg)
0	1,03	-35,09	59,10	7,46	0,084
5	1,03	-34,93	59,40	7,55	0,031
10	1,03	-35,10	59,40	7,07	0,012

Tabel 13. Hasil Simulasi *On-Body Phantom* Dada

Jarak (mm)	VSWR	Return-loss	Lebar Pita (MHz)	Gain (dB)	SAR (W/Kg)
0	1,14	-44,56	58,90	7,23	0,034
5	1,10	-44,88	59,10	7,21	0,023
10	1,10	-44,67	59,00	7,18	0,013

3.3. Dimensi Akhir Perancangan Antena

Dilakukan optimasi pada dimensi antena setelah diberi penambaha struktur EBG. Optimasi yang dilakukan yaitu mengubah ukuran *patch* dan pemotongan sebagian *groundplane* antena dengan diikuti dengan perubahan nilai *unit cell* EBG. Perubahan nilai *unit cell* EBG akan selalu mengikuti perubahan nilai *patch* karena dimensi *unit cell* EBG diambil dari perbandingan nilai *patch* dengan perbandingan antara lebar *patch* dengan panjang dan lebar EBG sebesar 4 : 1.

Tabel 14. Parameter Antena Hasil Optimasi

Parameter	Nilai (mm)	Keterangan
Wp	37,025	Lebar <i>patch</i>
Lp	33,03	Panjang <i>patch</i>
Wg	75,16	Lebar substrat dan <i>groundplane</i>
Lg	67,53	Panjang substrat dan <i>groundplane</i>
Wf	2	Lebar <i>feed</i>
Lf	16,75	Panjang <i>feed</i>

Parameter	Nilai (mm)	Keterangan
t	0.1	Tebal <i>patch</i> dan <i>groundplane</i>
h	0.5	Tebal substrat
L	$Wp/4$	Panjang dan lebar EBG
L_1	3	Jarak antara EBG dan slot
g_1	3	Celah antar <i>unit cell</i> EBG
g_2	3	Lebar slot dalam

Tabel 15. Tabel Perbandingan Hasil Simulasi

	Tanpa Struktur EBG						Dengan Struktur EBG					
	Dada			Tangan			Dada			Tangan		
Jarak (mm)	0	5	10	0	5	10	0	5	10	0	5	10
SAR (W/Kg)	0,295	0,099	0,068	0,264	0,148	0,157	0,034	0,021	0,013	0,084	0,031	0,012
VSWR	1,37	1,34	1,36	1,37	1,37	1,37	1,14	1,10	1,10	1,03	1,03	1,03
Return Loss	-16,05	-16,61	-16,25	-16,06	-16,00	-16,00	-	-44,88	-44,67	-35,09	-34,93	-
Lebar Pita (MHz)	31,20	32,00	31,40	31,20	30,90	30,90	58,90	59,10	59,00	59,10	59,40	59,40
Gain (dB)	7,40	7,51	7,38	7,41	6,87	6,92	7,23	7,21	7,18	7,46	7,55	7,07

Berdasarkan tabel di atas, pada simulasi antenna tanpa EBG terlihat bahwa nilai SAR lebih besar dibanding dengan antenna EBG. Hal tersebut sebagai akibat dari adanya struktur EBG yang dapat menyerap pancaran radiasi ke arah belakang antenna sehingga nilai SAR menurun. Selain itu, terdapat pula peningkatan lebar pita yang dihasilkan setelah melakukan optimasi pengurangan dimensi *groundplane* antenna.

4. Kesimpulan

Telah dilakukan perancangan dan simulasi antenna *patch rectangular* dengan penambahan struktur EBG yang disusun bertumpuk. Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan, penambahan struktur EBG dapat mengurangi nilai SAR dengan rata-rata pengurangan sebesar 0,13 pada bagian dada dan 0,44 pada bagian lengan. Terdapat pula peningkatan lebar pita dengan rata-rata sebesar 20 MHz. Dengan pengurangan nilai SAR dan peningkatan lebar pita tersebut, *wearable antenna* dengan penambahan struktur *mushroom-like* EBG yang disusun bertumpuk dapat menjadi solusi untuk sistem komunikasi nirkabel pada tubuh.

Referensi

[1] N. H. M. Rais, P. J. Soh, F. Malek, S. Ahmad, N. B. M. Hashim, and P. S. Hall, "A review of wearable antenna," *Loughbrgh. Antennas Propag. Conf. LAPC 2009 - Conf. Proc.*, no. May 2014, pp. 225–228, 2009, doi: 10.1109/LAPC.2009.5352373.

[2] M. I. Zaman, F. T. Hamedani, and H. Amjadi, "A new EBG structure and its application on microstrip patch antenna," *2012 15th Int. Symp. Antenna Technol. Appl. Electromagn. ANTEM 2012*, pp. 2–4, 2012, doi: 10.1109/ANTEM.2012.6262420.

[3] A. Y. I. Ashyap *et al.*, "Highly efficient wearable CPW antenna enabled by EBG-FSS

- structure for medical body area network applications,” *IEEE Access*, vol. 6, pp. 77529–77541, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2883379.
- [4] G. Mu and P. Ren, “A Compact Dual-Band Metasurface-Based Antenna for Wearable Medical Body-Area Network Devices,” *J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 2020, 2020, doi: 10.1155/2020/4967198.
- [5] M. S. Alam, N. Misran, B. Yatim, and M. T. Islam, “Development of electromagnetic band gap structures in the perspective of microstrip antenna design,” *Int. J. Antennas Propag.*, vol. 2013, 2013, doi: 10.1155/2013/507158.
- [6] R. Salvado, C. Loss, Gon, and P. Pinho, “Textile materials for the design of wearable antennas: A survey,” *Sensors (Switzerland)*, vol. 12, no. 11, pp. 15841–15857, 2012, doi: 10.3390/s121115841.
- [7] “What is n78 band of 5G Network?,” *Router-switch.com*, 2020. .
- [8] Z. Guo, H. Tian, X. Wang, Q. Luo, and Y. Ji, “Bandwidth enhancement of monopole uwb antenna with new slots and ebg structures,” *IEEE Antennas Wirel. Propag. Lett.*, vol. 12, pp. 1550–1553, 2013, doi: 10.1109/LAWP.2013.2292063.
- [9] C. A. Balanis, *Antenna Theory Analysis and Design*, Second Edition, John Wiley & Sons, Inc.
- [10] O. Ayop, M. K. A. Rahim, and T. Masri, “Dual Band Electromagnetic Band Gap (EBG) Structure,” vol. 1, pp. 6–8, 2007.
- [11] A. Ahmad, F. Faisal, S. Khan, S. Ullah, and U. Ali, “Performance Analysis of a Wearable and Dual Band Planar Antenna Using a Mushroom-like Electromagnetic Bandgap (EBG) Ground Plane,” pp. 24–29, 2015.
- [12] M. El Atrash, M. A. Abdalla, and H. M. Elhennawy, “A Wearable Dual-Band Low Profile High Gain Low SAR Antenna AMC-Backed for WBAN Applications,” *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 67, no. 10, pp. 6378–6388, 2019, doi: 10.1109/TAP.2019.2923058.

ID: 37

Antena Mikrostrip Kotak Dengan Slot Berbentuk X Untuk Frekuensi LoRa

X-Shape Slotted Rectangular Microstrip Antenna For LoRa Frequency

Tasya Paramita Nofrida¹, Edwar², Levy Olivia Nur³

^{1,2,3}Telkom University

Jl. Telekomunikasi No. 1, Terusan Buahbatu – Bojongsoang, Sukapura, Kec. Dayeuhkolot,
Bandung, Jawa Barat 40257, (022) 7564108

tasyaparamitanofrida@student.telkomuniversity.ac.id^{1*}, edwarm@telkomuniversity.ac.id²,
levyolivia@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak – Long Range (LoRa) adalah teknologi komunikasi baru di bawah Low Power Wide Area Network (LPWAN). LoRa merupakan sistem komunikasi nirkabel untuk Internet Of Things (IoT) yang mempunyai komunikasi jarak jauh dan daya yang rendah. LoRa bekerja pada frekuensi 923 Mhz dengan karakteristik antena yang diinginkan yaitu memiliki gain yang tinggi dan memiliki pola radiasi Omnidireksional agar dapat menerima sinyal dari segala arah. Pada penelitian ini dirancang antena microstrip patch rectangular menggunakan bahan FR-4 dengan menggunakan metode slotted patch agar mendapatkan performa antena yang baik dan dapat mendukung komunikasi pada sensor node pada LoRa. Teknik pencatutan antena menggunakan Mikrostrip Feedline dengan penambahan insert feed. Setelah melakukan perancangan, antena pada penelitian ini menghasilkan $VSWR \leq 2$, dengan return loss -26.94 dB dan gain yang didapat ≥ 0 dBi.

Kata Kunci: LoRa, Antena Mikrostrip, Slotted Patch.

Abstract – Long Range (LoRa) is a new communication technology for Low Power Wide Area Networks (LPWAN). LoRa is a wireless communication system for the Internet of Things (IoT) that has long-distance communication and low power. LoRa works at a frequency of 923 Mhz with the desired antenna characteristics, namely having high gain and having an omnidirectional radiation pattern so that it can receive signals from all directions. In this study, a rectangular microstrip patch antenna was designed using FR-4 material using the slotted patch method in order to get good antenna performance and support communication at the sensor node on LoRa. The antenna feeding technique uses a microstrip feedline with the addition of an insert feed. After designing, the antenna in this study produces a $VSWR$ of 2, with a return loss of -26.94 dB and a gain of 0 dBi.

Keywords: LoRa, Antenna Microstrip, Slotted Patch..

2. Pendahuluan

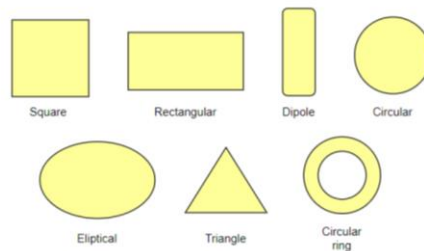
Dengan adanya perkembangan teknologi yang cukup pesat membawa dampak yang besar bagi sistem komunikasi. Dampak perkembangan teknologi tersebut membawa pengaruh besar bagi beberapa orang, kelompok kecil maupun kelompok besar. Dewasa ini, semakin meningkatnya inovasi tersebut muncul untuk segala bentuk kegiatan yang dilakukan secara otomatis. Salah satu penggunaan inovasi tersebut dengan menggunakan Internet Of Things (IoT) dengan menggunakan sensor. Agar sensor dapat menangkap informasi, maka dibutuhkan sebuah modul, yaitu Long Range (LoRa).

3. Metode Penelitian

Penelitian antenna mikrostrip untuk komunikasi LoRa ini dirancang mengacu pada teori-teori yang dapat diimplementasikan untuk mencapai spesifikasi yang kita inginkan.

2.1 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip merupakan jenis antenna yang memiliki karakteristik bentuk yang sederhana, ringan dan compact[1]. Penggunaan antenna mikrostrip ini dapat di aplikasikan untuk kebutuhan antenna yang ringkas seperti yang digunakan pada satelit dan radar. Terlihat pada Gambar 1. susunan lapisan pada antenna mikrostrip. *Patch*, merupakan lapisan atas antenna yang berfungsi sebagai peradiasi gelombang ke udara dengan bahan konduktor. Patch memiliki bentuk yang beragam seperti persegi (*square*), persegi Panjang (*rectangular*), lingkaran (*circular*), segitiga (*triangular*), dan sebagainya[2]. *Substrate* merupakan lapisan yang memiliki bahan dielektrik yang berfungsi menjadi penyalur gelombang elektromagnetik[7]. Besaran nilai dari bahan dielektriknya disebut konstanta dielektrik (ϵ_r) dan ketebalan substrate (h). *Ground plane*, berfungsi sebagai reflector untuk memantulkan gelombang yang dipancarkan oleh patch.



Gambar 1. Bentuk Patch

2.1.1. Patch Persegi Panjang

Penentuan bentuk patch akan berdampak pada performa kerja antenna. Pada penelitian ini, dipilih patch yang berbentuk persegi Panjang (*rectangular*) karena mudah dirancang dan memiliki perhitungan dimensi antenna yang sederhana. Pada umumnya, bentuk patch persegi panjang memiliki polarisasi linier[3]. Berikut merupakan perhitungan yang dilakukan untuk menentukan dimensi patch[2].

$$W_p = \frac{1}{2f_r \sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}}$$

$$L_p = \frac{1}{2f_r \sqrt{\epsilon_{eff} \mu_0 \epsilon_0}} - 2\Delta l$$

$$\frac{\Delta l}{h} = 0.421 \frac{(\epsilon_{eff} + 0.3) \left(\frac{W_p}{h} + 0.264\right)}{(\epsilon_{eff} - 0.258) \left(\frac{W_p}{h} + 0.8\right)}$$

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{W_p}\right]^{-1/2}$$

Untuk mendapatkan nilai dari dimensi antenna, dapat menggunakan perhitungan lebar ground plane (W_g) dan lebar ground plane (L_g) menggunakan persamaan berikut[2] :

$$Wg = 6h + Wp$$

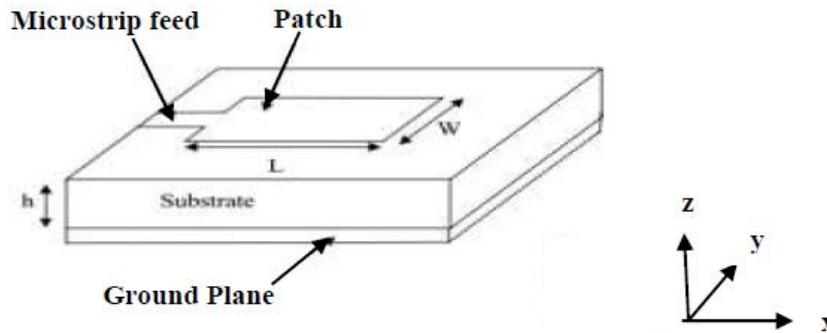
$$Lg = 6h + Lp$$

2.1.2. Jenis Substrat

Pemilihan substrat akan mempengaruhi perhitungan ukuran pada antenna secara keseluruhan. Karakteristik substrat yang dipilih untuk melakukan perancangan antenna mikrostrip akan memberikan pengaruh pada hasil perancangan. Pada penelitian ini, substrat yang digunakan memiliki tiga karakteristik penting yang harus diperhatikan, yaitu nilai konstanta dielektrik (ϵ_r), *dielectric loss tangent* ($\tan \delta$) dan ketebalan substrat (h).

2.1.3. Teknik Pencatuan *Microstrip Line Feed*

Teknik pencatuan *microstrip line feed* merupakan salah satu Teknik pecatuan yang mudah dilakukan dalam proses fabrikasi karena feed line dan elemen paradiasi dicetak pada substart yang sama. Seperti yang terlihat pada Gambar 2. *patch* antenna dicatu pada bagian tepinya, sehingga yang harus diperhatikan adalah impedansi pada tepi *patch* yang harus *match* dengan impedansi dari saluran agar terjadi transfer daya maksimum[4].



Gambar 2. Mikrostrip *Feed Line*

Untuk menentukan Panjang feedline (L_f) dan lebar feedline (W_f) dapat menggunakan persamaan dibawah[2].

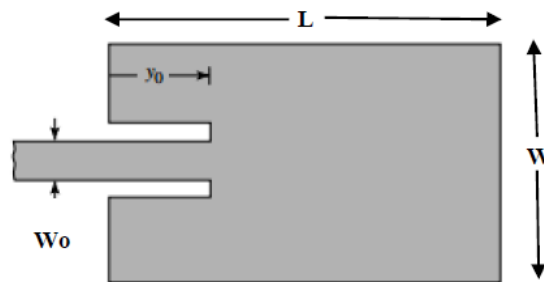
$$\lambda_0 = \frac{c}{f_0}$$

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{reff}}}$$

$$L_f = \frac{\lambda_g}{4}$$

$$W_f = \frac{2h}{\pi} x \{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} [\ln(B - 1) + 0.39 -] \}$$

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0\sqrt{\epsilon_r}}$$



Gambar 3. *Insert Feed*

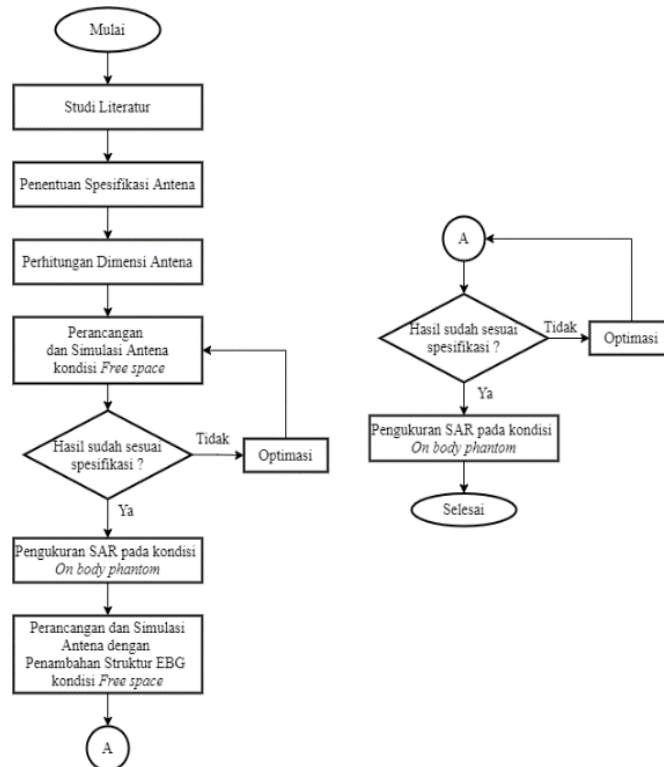
Penggunaan inset feed seperti Gambar 3. bertujuan untuk mempermudah dalam pengontrolan impedansi input pada antenna mikrostrip dengan memperhatikan lebar inset feed dan panjang inset feed

2.2. Slotted Patch

Karena adanya perubahan jalur arus pada *patch* antenna, menggunakan *slot* pada *patch* dapat mengurangi ukuran *patch* antenna mikrostrip dari perhitungan secara teoritis[6]. Ketika *slot* diaplikasikan pada *patch*, maka akan ada penambahan jalur arus gelombang elektromagnetik pada *patch*[5]. Celah pada *patch* memiliki bentuk yang beragam seperti huruf U, H, I, T dan lain sebagainya. Pada penelitian ini penulis memilih celah “X” karena dapat meningkatkan gain.

2.3. Model Sistem dan Perancangan

Dilakukan perancangan antenna mikrostrip untuk melakukan perbandingan hasil simulasi dengan perhitungan secara teoritis. Berikut metode perancangan anten mikrostrip *rectangular* pada Gambar 4. dalam bentuk diagram alir.



Gambar 4. Diagram Alir

Tahapan awal dimulai dengan menentukan spesifikasi antenna yang dibutuhkan. Selanjutnya, menentukan metode antenna yang akan dirancang agar sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan, dilanjutkan dengan menghitung dimensi antenna. Setelah mendapatkan dimensi antenna dilanjutkan dengan perancangan awal antenna dan melakukan simulasi kerja antenna menggunakan CST Software dengan metode yang dipilih. Jika hasil simulasi tidak memenuhi spesifikasi, maka dilakukan optimasi antenna agar mendapatkan spesifikasi yang diinginkan. Jika sudah sesuai dengan spesifikasi, selanjutnya melakukan pencetakan antenna dan dilanjutkan dengan pengukuran antenna. Jika hasil pengukuran tidak sesuai dengan spesifikasi maka akan dilakukan kembali optimasi dan jika sudah sesuai spesifikasi maka tahapan selesai.

2.4 Spesifikasi Antena

Spesifikasi antenna yang dibutuhkan dapat dilihat pada Tabel 1. berikut.

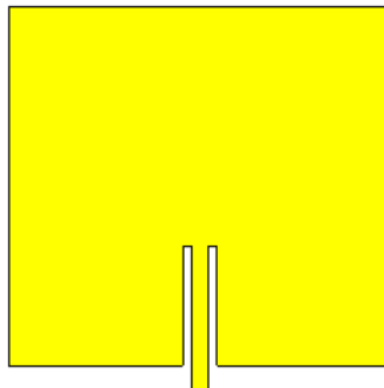
Tabel 1. Spesifikasi Antena

Parameter	Spesifikasi
Frekuensi Kerja	923 Mhz
VSWR	< 2
Return Loss	< -10db
Gain	> 0 dB

Pada penelitian ini, antenna yang dirancang pada frekuensi 923 Mhz yang merupakan frekuensi kerja pada LoRa.

2.5 Perancangan Antena Tanpa Slotted Patch

Pada perancangan dan simulasi antenna pada tahap ini dapat dilihat pada Gambar 5. berdasarkan hasil perhitungan secara teoritis.



Gambar 5. Tampak Depan Antena Konvensional

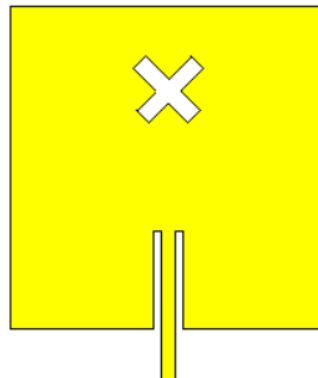
Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan rumus untuk menentukan dimensi pada antenna, sehingga menghasilkan nilai pada Tabel 2. berikut.

Tabel 2. Dimensi Awal Antena

Parameter	Nilai (mm)	Keterangan
Wg	118.96	Lebar <i>groundplane</i>
Lg	97.32	Panjang <i>groundplane</i>
Wp	99.76	Lebar <i>patch</i>
Lp	78.12	Panjang <i>patch</i>
Wf	6.221	Lebar <i>feed</i>
Lf	56	Panjang <i>feed</i>
T	0.035	Tebal <i>patch</i> dan <i>groundplane</i>
H	3.2	Tebal Substrat
X	2	Lebar <i>insert feed</i>
Y	25	Panjang <i>insert feed</i>

2.5.1 Perancangan Antena Dengan Slotted Patch

Berdasarkan penelitian pada [7][8], *slotted patch* dapat meningkatkan performa pada antena sehingga dapat memenuhi spesifikasi yang diinginkan. Karena adanya perubahan jalur arus pada *patch*, menggunakan *slot* pada *patch* antenna mikrostrip dapat mengurangi ukuran *patch* antena[7]. Pada penelitian ini, perancangan slotted “X” seperti Gambar 6. berikut.



Gambar 6. Antena Dengan *Slotted Patch* Tampak Depan

Parameter yang digunakan dalam perancangan slotted “X” dapat dilihat pada Tabel 3. Berikut.

Tabel 3. Parameter *Slotted Patch*

Parameter	Keterangan
X1	Lebar <i>slotted patch</i>

Parameter	Keterangan
Y1	Panjang slotted <i>patch</i>

3. Hasil dan Pembahasan

Dilakukan simulasi menggunakan CST Suite Studio 2020 untuk menentukan nilai parameter antenna seperti VSWR, Gain, *Return Loss*. Setelah mendapatkan hasil parameter dari simulasi, dilakukan optimasi untuk mendapatkan hasil yang diinginkan sesuai dengan spesifikasi.

3.1. Hasil Simulasi Antena Konvensional

Hasil simulasi antenna konvensional dapat dilihat pada Tabel 4. berikut.

Tabel 4. Hasil Simulasi Antena Konvensional

Parameter	Hasil
VSWR	6.334
Return Loss	-2.765
Gain	-0.505

3.2. Hasil Simulasi Antena Dengan Slotted *Patch*

Dilakukan beberapa simulasi antenna menggunakan slotted *patch* seperti Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Hasil Simulasi Dengan *Slotted Patch*

X1	Y1	VSWR	<i>Return Loss</i>	Gain
2	12	1.2	-19.08	1.052
4	16	1.2	-20.65	1.064
4	18	1.09	-26.94	1.085

3.3. Dimensi Akhir Perancangan Antena

Setelah dilakukan simulasi dengan menggunakan perhitungan awal, dilakukan optimasi pada dimensi antenna. Optimasi yang dilakukan yaitu mengubah ukuran *patch*, *groundplane*, dan dimensi pada slotted "X". Perubahan pada slotted *patch* mempengaruhi ukuran *patch* pada antenna. Dimensi antenna setelah dilakukan optimasi dapat dilihat pada Tabel 6. berikut.

Tabel 6. Dimensi Akhir Perancangan Antena

Parameter	Nilai (mm)	Keterangan
Wp	73	Lebar <i>patch</i>

Parameter	Nilai (mm)	Keterangan
Lp	75	Panjang <i>patch</i>
Wg	90	Lebar <i>groundplane</i>
Lg	100	Panjang <i>groundplane</i>
Wf	3.2	Lebar <i>Feed</i>
Lf	35	Panjang <i>feed</i>
T	0.035	Tebal <i>patch</i> dan <i>groundplane</i>
H	3.2	Tebal substrat
X	2	Lebar <i>insertfeed</i>
Y	23	Panjang <i>insertfeed</i>
X1	4	Lebar <i>slotted patch</i>
Y1	18	Panjang <i>slotted patch</i>

4. Kesimpulan

Antena yang dirancang bertujuan agar dapat bekerja pada sensor node pada LoRa untuk melakukan sistem komunikasi. Perancangan antena mikrostrip dengan metode pencatutan mikrostrip feedline dengan *insert feed* dan substrat berbahan FR-4 *exopy*. Pada perancangan ini, dilakukan metode *slotted patch* dengan celah “x” untuk dapat meningkatkan nilai Gain dan mendapatkan hasil simulasi sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Pada hasil akhir simulasi, didapatkan nilai VSWR 1.09 dengan *return loss* sebesar -26.94 db dan gain ≥ 0 dengan polaradiasi unidireksional.

Referensi

- [1] A. Augustin, J. Yi, T. Clausen, and W. M. Townsley, “A study of lora: Long range & low power networks for the internet of things,” *Sensors*, vol. 16, no. 9, p. 1466, 2016.
- [2] C. A. Balanis, “Antenna theory third edition analysis and design,” *John Wiley & Sons Inc*, pp. 811–842, 2005
- [3] S. Babani, N. H. H. Khamis, B. D. Bala, and T. A. Ahmed Mohammed, “A compact microstrip patch antenna for ADS-B operation,” *2014 IEEE Asia-Pacific Conf. Appl. Electromagn. APACE 2014 - Proceeding*, pp. 250–252, 2015.
- [4] K. Wong, “Compact Circularly Polarized Microstrip Antennas,” *Compact Broadband Microstrip Antennas*, pp. 162–220, 2002.
- [5] [Online]. Available: <https://docplayer.info/docs-images/75/72040212/images/3-1.jpg>. [Accessed: 03-Dec-2019].
- [6] B. SATRIYOTOMO, “Antena mikrostrip segi empat pojok terpotong untuk penerima sinyal ads-b pada satelit nano,” 2020.
- [7] L. AMMAI, “Miniaturisasi antena mikrostrip menggunakan defected ground structure pada frekuensi fixed wimax 3.65 ghz,” 2017.

- [8] P. Daud, D. Mahmudin, A. Fathnan, I. Syamsu, T. Estu, and Y. Wijayanto, "Inset-fed u-slotted patch antenna array for 10ghz radio-overfiber applications," in *2016 IEEE International Conference on Semiconductor Electronics (ICSE)*. IEEE, 2016.

ID: 38

Antena Wearable Patch Triangular Ultra Wideband Untuk Aplikasi Kesehatan

Ultra Wide Band Triangular Patch Wearable Antenna For Medicine Application

Ruben Samuel Marojahan Purba^{1*}, Levy Olivia Nur², Harfan Hian Ryanu³

^{1,2,3}Telkom University

Jl. Telekomunikasi No. 1, Terusan Buah Batu- Bojongsoang, Sukapura Kec. Dayeuhkolot, Bandung, Jawa Barat 40257, (022) 7564108

rubenpurba@student.telkomuniversity.ac.id ^{1*}, levyolivia@telkomuniversity.ac.id²
harfanhr@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak – Antena wearable pada komunikasi Wireless Body Area Network adalah antena yang memiliki keunggulan seperti ukuran yang kecil, ringan, fabrikasi yang mudah, murah dan mampu bekerja di frekuensi yang cukup lebar. Antena Wearable juga memiliki kemampuan untuk dibengkokkan karena bahan substrat yang fleksibel. Pada penelitian ini antena wearable digunakan pada frekuensi Industrial, Science, and Medicine. Antena dirancang dengan menggunakan patch triangular, bahan substrat cordura dan juga teknik pencatuan microstrip feed line, namun antena wearable memiliki kekurangan yaitu memiliki bandwidth yang sempit Berdasarkan kekurangan dari antena wearable penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan bandwidth pada antena wearable yang berkarakteristik ultra wideband, dan mempertimbangkan nilai Specific Absorption Rate yang harus lebih kecil dari 1,6 W/Kg. Dengan menggunakan teknik Defected Ground Structure spesifikasi yang diharapkan untuk antena wearable dengan return loss -26.07 dB, VSWR 1.104, dan Bandwidth 1618 MHz.

Kata Kunci: Antena Mikrostrip, Antena wearable, cordura, Industrial Science and Medical band.

Abstract – Wearable antennas in Wireless Body Area Network communication are antennas that have advantages such as small size, light weight, easy fabrication, low cost and able to work in a fairly wide frequency. Wearable antennas also have the ability to bend due to flexible substrate material. In this study, wearable antennas are used at Industrial, Science, and Medicine band. Antenna Wearable is designed using triangular patch, cordura substrate material and also microstrip feed line feeding technique, but wearable antennas have the disadvantage of having a narrow bandwidth. Based on disadvantage of wearable antenna, this study aims to increase the bandwidth of wearable antennas with ultra wideband characteristics, and consider the Specific Absorption Rate Which must be less than 1.6 W/Kg. By using the Defected Ground Structure technique, the expected specifications for a wearable antenna are -26.07 dB return loss, 1.104 VSWR, and 1618 MHz bandwidth.

Keywords: Microstrip Antenna, Wearable Antenna, Cordura, Industrial Science and Medical Band.

1. Pendahuluan

Teknologi telemedis merupakan teknologi yang melakukan pelayanan medis pada masyarakat yang mampu melakukan monitoring dari jarak jauh[1]. Mengingat Indonesia memiliki letak geografis yang sangat beragam, mulai dari pulau pulau, daratan luas, dan banyak yang tidak dapat dijangkau dengan cepat dan keberadaan tenaga medis pun belum tersebar merata untuk tiap daerah di Indonesia. Dan dikarenakan terbatasnya jumlah dokter di tempat-tempat tertentu, serta kurang baiknya fasilitas medis di daerah tertentu, tentu menjadi masalah yang serius untuk pelayanan Kesehatan di Indonesia. Dari permasalahan tersebut penulis menawarkan solusi

menggunakan komunikasi *wireless* pada tubuh manusia atau *Wireless Body Area Networks* (WBAN).

Antena merupakan sebuah perangkat yang digunakan untuk keperluan radio, dimana antena berfungsi mengubah sinyal listrik menjadi gelombang elektromagnetik yang merambat melalui ruang bebas atau udara, dan sebaliknya. Untuk komunikasi *wireless*, antena yang sering digunakan adalah antena mikrostrip. Antena mikrostrip memiliki beberapa keuntungan yaitu, bentuk yang kecil, proses pembuatan yang mudah, instalasi yang mudah, dan biaya yang murah. Antena mikrostrip memiliki kekurangan *bandwidth* yang sempit. Antena *wearable* adalah antena mikrostrip yang dapat dipasangkan pada pakaian atau langsung diletakkan di atas kulit manusia. Antena *wearable* memiliki beberapa keunggulan seperti ukuran yang kecil, ringan, fabrikasi yang mudah dan juga murah dan juga mampu bekerja di frekuensi yang cukup lebar. Antena *wearable* juga memiliki kemampuan untuk dibengkokkan karena bahan substrat yang fleksibel.

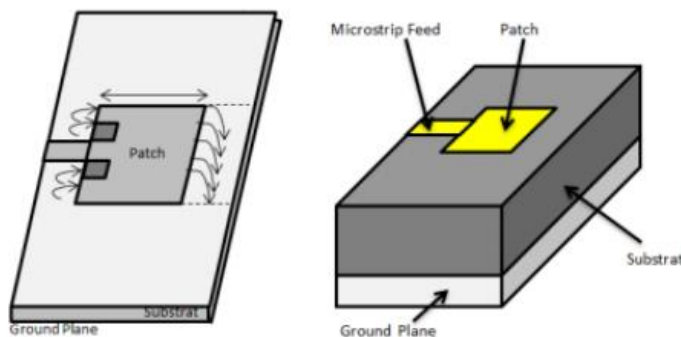
Antena *wearable* memiliki beberapa keunggulan seperti ukuran yang kecil, ringan, pembuatan mudah dan murah, serta dapat bekerja pada frekuensi yang lebar[2]. Antena *wearable* juga memiliki kemampuan untuk ditekuk atau dibengkokkan karena bahan *substrat* terbuat dari material yang fleksibel dan juga tipis. Dengan kemampuan fleksibilitas tersebut, antena dapat menyesuaikan perubahan bentuk tubuh sehingga tetap dapat bekerja dengan baik. Namun dalam pengaplikasiannya antena *wearable* memiliki kekurangan karena memiliki substrat yang tipis maka memiliki *bandwidth* yang lebih sempit dibanding yang lainnya. Pada umumnya antena ini digunakan dalam *band Industrial, Scientific and Medical (ISM)* karena *band ISM* dianggap band yang paling cocok karena bebas dari lisensi dan juga *bandwidth* yang memadai untuk WBAN.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan hasil yang baik untuk antena *wearable* dan mampu digunakan dengan baik dan mengacu pada teori teori untuk mendapatkan hasil yang diinginkan.

3.1. Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip adalah antena yang berdimensi kecil dan tipis, harga terjangkau, mudah dalam melakukan perancangan, dan mudah untuk di fabrikasi kemudian diimplementasi. Namun dari beberapa kelebihan dari antena mikrostrip ada beberapa kekurangan dari antena mikrostrip itu sendiri yaitu, *bandwidth* yang kecil, kapasitas daya yang rendah dan juga *high cross polarization*[3]. Berdasarkan gambar 2.1 Antena mikrostrip memiliki beberapa struktur lapisan yaitu *groundplane*, *substrat*, dan *patch*.



Gambar 15 Struktur antena mikrostrip.

Groundplane adalah lapisan paling bawah dari suatu antena mikrostrip. *Groundplane* berfungsi sebagai reflector yang memantulkan hasil radiasi ke depan (unidireksional) dengan bahan yang terbuat dari konduktor. Jika dilakukan modifikasi terhadap *groundplane* maka akan menghasilkan pola radiasi bidireksional atau omnidireksional. Substrat adalah bagian dari antena mikrostrip yang terletak di bagian tengah. Substrat biasanya terbuat dari bahan dielektrik yang memiliki fungsi sebagai penyalur antara gelombang elektromagnetik dan catuan. Patch adalah lapisan paling atas pada antena mikrostrip. Pada umumnya patch terbuat dari bahan konduktor yang berfungsi untuk meradiasikan sinyal gelombang elektromagnetik.

2.1.4. Perhitungan Dimensi Antena Mikrostrip Triangular

Antena mikrostrip dengan bentuk triangular patch adalah jenis antena yang cukup umum digunakan karena bentuknya unik dan mudah dalam desain. Untuk melakukan desain antena triangular dibutuhkan beberapa parameter:

- Panjang sisi Patch menggunakan persamaan

$$f_0 = \frac{2c}{3 \times a \times \sqrt{\epsilon_r}}$$

$$a = \frac{2c}{3 \times f_0 \times \sqrt{\epsilon_r}}$$

- Tinggi patch menggunakan persamaan

$$tinggi = 0,5 \times a \times \sqrt{3}$$

- Outer Radius menggunakan persamaan

$$Outer\ Radius = \frac{a}{2 \times \cos 30^\circ}$$

- Lebar *Groundplane* dan substrat menggunakan persamaan

$$Wg = 6h + a$$

- Menentukan panjang *groundplane* dan substrat menggunakan persamaan

$$Lg = 6h + tinggi$$

- Menentukan Lebar feed menggunakan persamaan

$$Wf = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) \left[+ \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \times \left[\ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \right] \right] \right\}$$

$$B = \frac{60\pi^2}{z_0\sqrt{\epsilon_r}}$$

- Menentukan panjang feed menggunakan persamaan

$$l_f = \frac{\lambda_g}{4}$$

$$\lambda_g = \frac{\lambda_o}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

$$\lambda_o = \frac{c}{f_0}$$

2.1.5. Jenis Substrat

Pemilihan substrat akan mempengaruhi perhitungan ukuran pada antena secara keseluruhan. Karakteristik substrat yang akan dipilih untuk melakukan perancangan antena mikrostrip akan memberikan pengaruh bentuk desain terhadap perancangan. Dalam penelitian ini substrat yang digunakan adalah bahan condura karna memiliki fleksibilitas yang baik sehingga mendukung penggunaan antena wearable.

Tabel 16 Karakteristik Bahan Substrat.

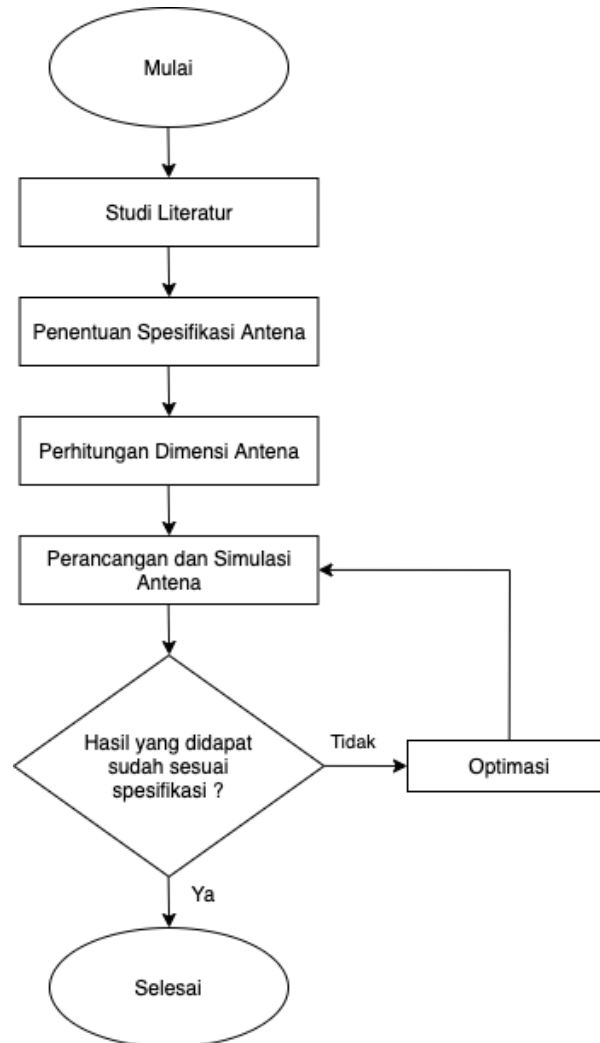
Komponen	Bahan	Permitivitas Relatif (ϵ_r)	Massa (Kg/m^2)	Ketebalan (mm)
Patch dan Groundplane	Copper tape	1	-	t = 0.1
Substrat	Condura Delinova 200	1.6	0.370	h = 0.5

3.2. Antena Wearable

Antena wearable adalah antena yang mudah digunakan dan dipakai oleh manusia dalam kegiatan sehari-hari. Antena bersifat wearable dalam penerapannya sangat cocok untuk komunikasi Wireless Body Area Network (WBAN) pada bagian Off-body communication, yang dimana antena dipasang di atas tubuh untuk melakukan komunikasi dengan jaringan tidak berada di atas tubuh melainkan jauh di tempat lain. Untuk frekuensi kerja dari antena wearable yang umumnya digunakan di dunia termasuk Indonesia adalah pada frekuensi Industrial, Science, and Medical (ISM-Band) 2,4 GHz dan 5,2 GHz sebagai frekuensi kerja perangkat nirkabel dan sensor yang umumnya digunakan[4].

3.3. Model Sistem dan Perancangan

Dilakukan perancangan antena mikrostrip dan kemudian dibandingkan hasil simulasi dengan perhitungan secara teoritis. Berikut diagram alir perancangan antena mikrostrip dengan triangular patch.



Gambar 16 Diagram Alir Perancangan Antena Triangular Patch.

Dalam perancangan dan realisasi antena *ultra wideband*, ada beberapa tahap yang harus dilakukan. Tahap awal yang harus dilakukan adalah melakukan studi literatur untuk memahami konsep dan teori mengenai perbedaan kinerja antena wearable *ultra wideband*. Setelah melakukan studi literatur, selanjutnya menentukan spesifikasi dari antena berupa parameter antena, adapun spesifikasi dan parameternya yang ditentukan adalah *bandwidth*, *gain*, *VSWR*, dan pola radiasi. Setelah penentuan dari spesifikasi seperti apa yang akan digunakan, maka dilakukan perhitungan untuk mendapatkan dimensi yang dibutuhkan saat simulasi. Setelah mendapat dimensi yang dibutuhkan maka dilakukan perancangan dan simulasi pada *software*.

3.4. Spesifikasi Antena

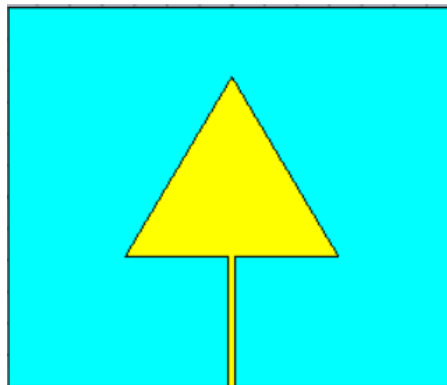
Spesifikasi pada penelitian ini berbeda dengan spesifikasi antena pada umumnya. Pada penelitian ini terdapat nilai SAR yang menjadi ambang batas efek radiasi gelombang elektromagnetik pada jaringan tubuh manusia. Antena Wearable yang akan disimulasikan mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 17 Spesifikasi Antena Wearable.

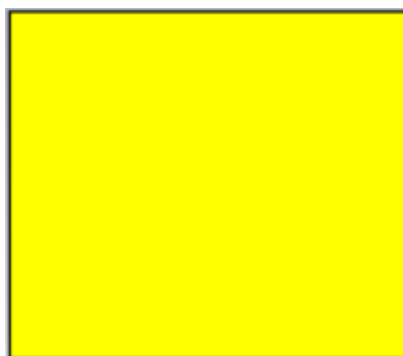
Parameter	Spesifikasi
Frekuensi Kerja	2.4 GHz ISM Band
Gain	≥ 3 dB
VSWR	< 2
Impedansi Input	50Ω
Lebar Pita	≥ 500 MHz
SAR	≤ 1.6 W/kg

3.5. Perancangan Antena sesuai Perhitungan

Dalam perancangan ini karakteristik dari bahan yang mempengaruhi perhitungan dimensi antena dengan spesifikasi yang sudah di tentukan. Semakin tinggi frekuensi kerja antena yang sudah ditentukan maka dimensi akan semakin kecil begitu juga sebaliknya. Dalam penelitian ini penulis menggunakan patch berbentuk triangular dengan frekuen 2.4 GHz seperti pada gambar.



Gambar 17 Dimensi Antena Tampak Depan.



Gambar 18 Dimensi Antena Tampak Belakang.

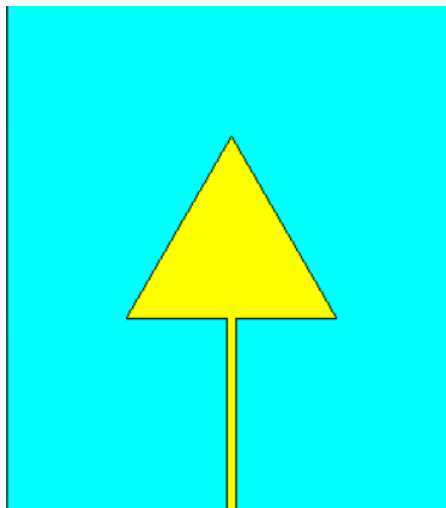
Dari hasil Perhitungan yang sudah dilakukan, diperoleh data parameter antena mikrostrip triangular patch pada tabel berikut :

Tabel 18 Dimensi Awal Antena

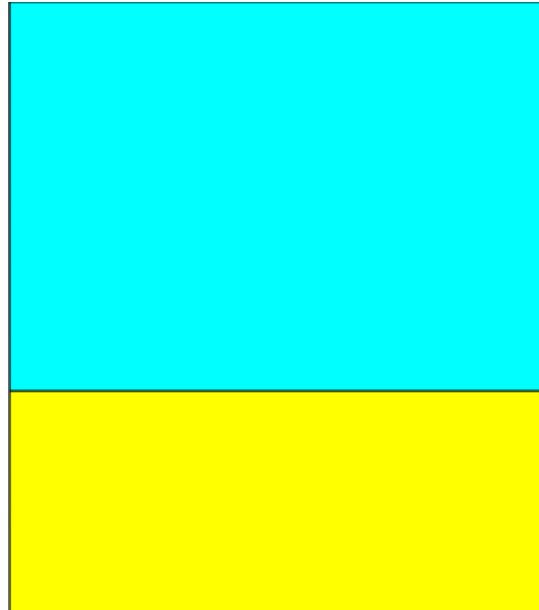
Parameter	Nilai (mm)	Keterangan
a	65.88	Sisi Segitiga
Tinggi	57.054	Tinggi Segitiga
Wg	68.88	Lebar substrat dan <i>groundplane</i>
Lg	60.054	Panjang substrat dan <i>groundplane</i>
Wf	1.914	Lebar <i>feed</i>
Lf	24.7	Panjang <i>feed</i>
t	0.1	Tebal <i>patch</i> dan <i>groundplane</i>
h	0.5	Tebal substrat

3.6. Perancangan Akhir Antena

Untuk Meningkatkan Performa dari antena yang desain sebelumnya maka dilakukan pencacatan pada *groundplane* atau disebut Defected Ground Structure.



Gambar 19 Dimensi Antena Tampak Depan.



Gambar 20 Dmensi Antena Tampak Belakang.

Tabel 19 Dimensi Akhir Antena.

Parameter	Nilai (mm)	Keterangan
a	50	Sisi Segitiga
Tinggi	57	Tinggi Segitiga
Wg	53	Lebar substrat dan <i>groundplane</i>
Lg	60	Panjang substrat dan <i>groundplane</i>
Wf	2	Lebar <i>feed</i>
Lf	24.7	Panjang <i>feed</i>
t	0.1	Tebal <i>patch</i> dan <i>groundplane</i>
h	0.5	Tebal substrat
p	2	Jarak dari Lg ke Lp

3. Hasil dan Pembahasan

Setelah melakukan perancangan menggunakan software maka dilakukan simulasi untuk menentukan nilai parameter seperti VSWR, Gain, Return Loss. Setelah mendapat kan hasil parameter dari simulasi, dilakukan optimasi untuk mendapatkan hasil yang diinginkan sesuai dengan spesifi kasi

3.4. Hasil Simulasi Antena Sesuai Perhitungan

Dari hasil simulasi yang dilakukan pada software didapatkan hassil yang tertera pada tabel, namun hasilny masih tidak sesuai dengan spesifikasi yang kita inginkan, sehingga kita perlu melakukan optimasi pada antena.

Tabel 20 Hasil Simulasi Sesuai Perhitungan.

Parameter	Hasil
VSWR	3.101
Return Loss	-0.66

3.5. Hasil Simulasi Antena Setelah Optimasi

Setelah melakukan optimasi pada antena dan melakukan teknik Defected Ground Structure pada antena mampu memperbaiki parameter yang menjadi tolak ukur dalam penelitian. Dengan memotong ground maka return loss dan VSWR akan turun namun gain akan menjadi kurang bagus.

Tabel 21 Hasil Simulasi Setelah Optimasi.

Parameter	Hasil
Return Loss	-26.07 dB
VSWR	1.104
Gain	2.7 dBi
Bandwidth	1618 MHz

4. Kesimpulan

Perancangan dan Simulasi Antena Wearable dengan patch Triangular dengan menggunakan teknik Defected Ground Structure yang bertujuan untuk melebarkan bandwidth sehingga tercapai tujuan Ultra Wideband dan sesuai dengan spesifikasi. Pengurangan dimensi pada ground mempengaruhi terhadap beberapa parameter pada antena seperti VSWR, Return Loss, Bandwidth. Pada hasil akhir simulasi antena, didapatkan nilai VSWR 1.104 dengan nilai return loss -26.07 dB, gain 2.7 dBi dan Bandwidth 1618 MHz.

Referensi

- [1] F. Riska, L. O. Nur, and T. Yunita, "Antena Wearable Dual Band Pada Frekuensi 2.4 GHz dan 5.8 GHz Untuk Aplikasi Kesehatan Dengan Menggunakan Substrat Berbahan Tekstil," 2020.
- [2] M. Shatila and H. Wijanto, "Perancangan Dan Realisasi Antena Plaster Pada Frekuensi 2,45 GHz Untuk Komunikasi Wireless Body Area Network," 2014.
- [3] M. Y. Fadilah, A. Fahmi, and E. Edwar, "DESAIN ANTENA MONOPOLE PLANAR MENGGUNAKAN METODA STEPPED CUT AT FOUR CORNERS UNTUK APLIKASI ULTRA WIDEBAND," 2019.
- [4] Y. Manwal, S. Bisht, S. Kumari, S. Rai, and B. Chauhan, "Literature Review On Wearable Textile Antennas," pp. 35–39, 2016.

ID: 41

Perbandingan Akurasi Jarak antara Metode Integral Euler dengan Metode Putaran Roda untuk Kendaraan Otonom

Comparation Accuracy Distance Between Euler's Integral Method with Wheel Spin Method for Autonomous Vehicle

Saip Ardo Pratama^{1*}, Hendri Maja Saputra², Eki Ahmad Zaki Hamidi³, Muhammad Haniff⁴

^{1,3,4}Jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Gunung Djati

Jl. A.H. Nasution Nomor. 105A, Cibiru, Bandung, Indonesia

²Pusat Riset Tenaga Listrik dan Mekatronik

Badan Riset dan Inovasi Nasional

Jl. Cisitno No. 21/154D Sangkuriang – Bandung 40135, Indonesia

1187070075@student.uinsgd.ac.id^{1*}, hendri.maja@gmail.com², ekiahmadzaki@uinsgd.ac.id³,

1187070052@student.uinsgd.ac.id⁴

Abstrak – Penggunaan kendaraan otonom dengan sistem kendali jarak jauh sangat banyak sekali penggunaannya di era revolusi industri, salah satunya adalah teknologi pembacaan jarak perpindahan kendaraan dan kecepatan gerak kendaraan. Pembacaan jarak perpindahan pada kendaraan otonom dapat dilakukan dengan metode integral euler dan metode putaran roda, metode reinman dan lain sebagainya. Penelitian ini bertujuan menentukan pembacaan jarak dan perbandingannya pada kendaraan otonom menggunakan metode integral euler dan metode putaran roda. Penelitian ini berfokus pada perbandingan jarak perpindahan kendaraan otonom antara metode integral euler dengan metode putaran roda. Metode integral euler digunakan pada perhitungan jarak perpindahan menggunakan sensor inersia dengan menurunkan data percepatan. Metode putaran roda digunakan pada perhitungan jarak perpindahan menggunakan infrared sensor dengan menghitung jumlah pulse data yang terdeteksi dikalikan dengan variabel penambahan jarak setiap celah roda. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa penggunaan metode integral euler pada pembacaan jarak perpindahan lebih baik dibandingkan metode putaran roda pada percoroda kendaraan bergerak maju, mundur, ke kiri dan ke kanan dengan perbandingan error 4.13625 % berbanding 6.845 %.

Kata Kunci: Integral Euler, Kendaraan Otonom, Sensor inersia, Sensor Inframerah.

Abstract – Implementation of autonomous vehicle with remote control system is very much implementation in industrial revolution. One of that is kendaraan displacement distance reading. Displacement distance reading in autonomous vehicle can using integral euler method, wheel spin method, reinman method and the others. Purpose in this research is to read displacement and comparison in Autonomous vehicle using euler integral method and wheel spin. This research focused in comparison of displacement distance autonomous vehicle between euler integral method with wheel spin method. Euler's integral method used in calculation displacement distance with inertial sensor by diferential acceleration data. Wheel speed method used in calculation displacement distance with infrared sensor by calculate of pulse multiplied with addition each gap variabel. Research result show that use of euler integral method in displacement distance read more accurate than wheel speed method in test vehicle moves forward, backward, to the right, and to the left with comparison error 4.13625 % to 6.845 %.

Keywords: Euler Integral, Autonomous vehicle, Inertial Sensor, Infrared Sensor

1. Pendahuluan

Penggunaan kendaraan dengan sistem kendali jarak jauh dan otomatis (*autonomous vehicle*) sangat banyak sekali penggunaannya di era revolusi industri [1]. Kendaraan otonom merupakan Kendaraan yang dirancang untuk dapat bernavigasi secara mandiri dan dapat mengambil

SENTER VI 2021, 18 November 2021, pp. 295-306

ISBN: 978-602-60581-7-1

■ 295

keputusan dari keadaan sekitarnya [2]. Kendaraan otonom dapat digunakan pada lokasi yang sempit dan ramai karena dapat bergerak ke segala arah sehingga sangat efisien dalam pemakaiannya [3]. Salah satu bagian penting dari kendaraan otonom adalah teknologi pembacaan jarak perpindahan kendaraan dan kecepatan gerak kendaraan. Ada banyak sekali pemanfaatan teknologi pembacaan jarak perpindahan kendaraan dan pembacaan kecepatan gerak kendaraan, seperti misalnya sistem *Proportional-Integral-Derivative* (PID) yang memerlukan umpan balik kecepatan kendaraan, tracking pergerakan kendaraan juga pemetaan gerak kendaraan [4]. Sistem *Global Positioning System* (GPS) pada *handphone*, yang memanfaatkan perkiraan pergerakan *handphone* berdasarkan sensor GPS [5]. Pemanfaatan pembacaan jarak perpindahan dan kecepatan gerak kendaraan banyak dimanfaatkan pada dunia industri seperti, pemantauan dan *tracking* kendaraan pengangkut barang dan pemantauan rute taksi online[6].

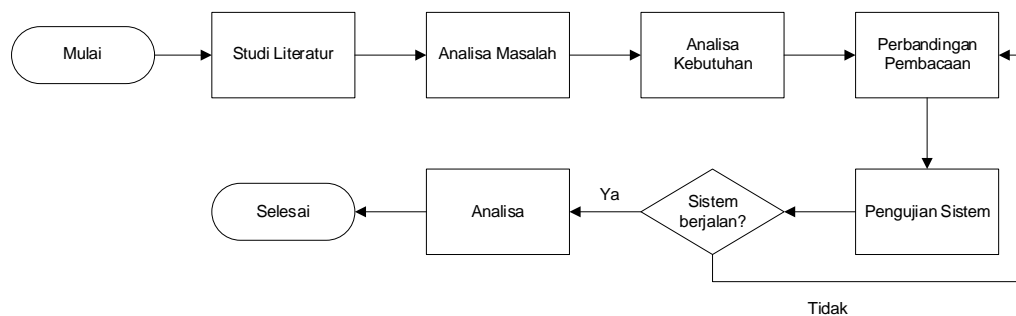
Banyak sensor yang dapat digunakan untuk menghitung perpindahan dan kecepatan kendaraan, baik itu menggunakan sensor *rotary encoder* pada roda motor, sensor inframerah, sensor percepatan, sensor GPS, dan sensor - sensor lainnya [7 - 9] . Setiap sensor memiliki kekurangan dan kelebihan masing – masing, sehingga sering kali untuk menghasilkan pembacaan kecepatan dan perpindahan kendaraan secara teliti digunakan gabungan dari sensor-sensor [10]. Sistem pada kendaraan otonom tentunya akan semakin baik jika sensor yang digunakan lebih akurat dan teliti, maka perlu dilakukan validasi sensor mana yang lebih baik penggunaannya pada pembacaan jarak perpindahan kendaraan.

Beberapa metode dapat digunakan pada pembacaan jarak perpindahan , yang paling umum digunakan adalah metode integral dengan menurunkan pembacaan percepatan menjadi jarak perpindahan kendaraan diantaranya metode integral euler [11], integral reinman dan lain sebagainya [12]. Metode integral ini umumnya digunakan untuk sensor inersia, GPS dan lain sebagainya. Metode lain yang juga dapat digunakan adalah metode putaran roda [13], dengan membaca banyaknya putaran roda yang dilakukan untuk menghitung jarak yang ditempuh oleh kendaraan [14]. Metode putaran roda ini biasanya digunakan untuk *rotary encoder*, *optical encoder* (sensor inframerah) dan lain sebagainya. Metode yang lebih baik dan efisien penggunaannya akan lebih baik pula sistem yang dihasilkan, maka perlu dilakukan validasi metode yang lebih baik dan efisien.

Penelitian ini berfokus pada perhitungan jarak perpindahan kendaraan otonom menggunakan metode integral euler dan metode putaran roda, lalu membandingkannya untuk menentukan ketepatan dan keakuratan pembacaan jarak perpindahan. Perhitungan jarak perpindahan kendaraan dengan metode integral euler dilakukan dengan menurunkan data percepatan. Perhitungan jarak perpindahan kendaraan dengan metode putaran roda dilakukan dengan menghitung jumlah pulse data yang terdeteksi dan dikalikan dengan variabel penambahan jarak setiap celah roda

2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan metode eksperimen, yang di susun dalam diagram alir penelitian seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

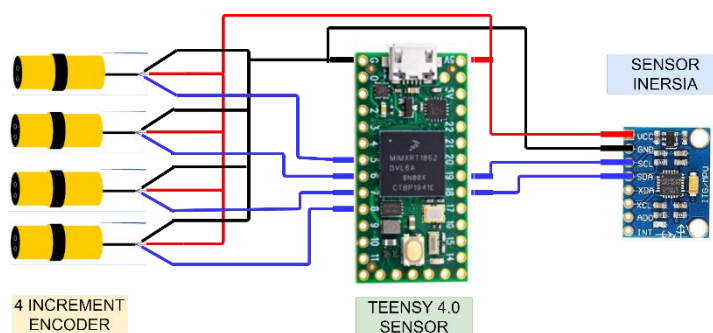
Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1, penelitian ini dimulai dengan mencari dan memperdalam studi literatur dari penelitian yang hampir serupa sebagai referensi. Berdasarkan beberapa referensi ditemukan beberapa metode yang dapat digunakan untuk membaca jarak perpindahan kendaraan, selanjutnya ditentukan masalah yang dapat dikembangkan serta kebutuhan proses penelitian. Berdasarkan analisa terhadap studi literatur terkait, diimplementasikan rangkaian mekanik dan elektrik yang dibutuhkan untuk perbandingan akurasi jarak perpindahan antara metode integral euler pada sensor inersia dengan metode putaran roda pada sensor inframerah untuk kendaraan otonom. Pada implementasi rangkaian mekanik dan elektrik akan dilakukan pengujian system. Setelah pengujian dilakukan, maka dilakukan analisa terhadap hasil pengujian sistem yang akan dibahas pada bagian selanjutnya.

3. Perancangan Eksperimen

Perancangan perbandingan akurasi jarak perpindahan antara metode integral euler dengan metode putaran roda untuk kendaraan otonom terdiri dari beberapa bagian yaitu perancangan perangkat keras, pemodelan dan kalibrasi sensor, dan perhitungan jarak perpindahan.

3.1. Perancangan Perangkat Keras

Pada kendaraan otonom roda empat yang di uji, menggunakan metode integral euler pada sensor inersia dan metode putaran roda digunakan pada keempat sensor infrarad di roda kendaraan otonom. Kendaraan otonom yang diuji menggunakan roda berjenis *omni-directional wheel*, yaitu jenis roda yang dapat bergerak ke segala arah[15]. Roda *omni-directional wheel* yang digunakan memiliki diameter roda 15.2 cm dengan 15 celah pada ujung bannya. Kontrol kendaraan menggunakan mikrokontroler *Teensy 4.0* [16] untuk mengontrol gerak dan membaca jarak perpindahan kendaraan otonom. Pada kendaraan otonom yang di uji menggunakan sensor inersia dengan jenis MPU-6050 [17] dan sensor inframerah menggunakan sensor E18-D80NK [18].



Gambar 2. Rangkaian elektrik eksperimen

Sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 2, terdapat mikrokontroler *Teensy 4.0* untuk memproses data yang dibaca dari 4 sensor inframerah dihubungkan pada pin digital 5, 6, 7 dan 8 pada mikrokontroler untuk mengirimkan hasil pembacaan sensor ke mikrokontroler. Sensor inersia dihubungkan dengan komunikasi I2C pada pin 18 dan 19 (SDA, SCL) pada mikrokontroler.

Sensor inframerah dapat langsung diakses oleh mikrokontroler secara langsung ketika diberikan tegangan. Sensor inersia tidak dapat langsung diakses oleh mikrokontroler, namun memerlukan pengaturan register sensor khusus. Sensor inersia akan aktif dengan mengatur output dan fungsi-fungsi yang ingin diaktifkan dalam penggunaan sensor inersia. Pengaturan fungsi-fungsi dan konfigurasi sensor inersia dapat dilakukan dengan mengakses register sensor. Pengujian perpindahan kendaraan dengan sensor inersia menggunakan beberapa register [19].

Tabel 1. Register sensor inersia.

Addr (Hex)	Nama Register	Kegunaan
0x68	<i>SIGNAL_PATH_RESET</i>	Mereset hasil pembacaan sinyal
0x6B	<i>PWR_MGMT_1</i>	Mengatur <i>power mode</i> dan <i>clock source</i> sensor
0x1A	<i>CONFIG</i>	Konfigurasi sensor
0x1B	<i>GYRO_CONFIG</i>	Konfigurasi sensor <i>Gyroscope</i> serta pemilihan <i>Full scale range</i>
0x1C	<i>ACCEL_CONFIG</i>	Konfigurasi sensor <i>Accelerometer</i> serta pemilihan <i>Full scale range</i>
0x3B – 0x40	<i>ACCEL_OUT</i>	Menampilkan output <i>accelerometer</i>
0x43 – 0x48	<i>GYRO_OUT</i>	Menampilkan output <i>Gyroscope</i>

Sebagaimana yang tertera pada Tabel 1, sensor inersia menggunakan register *SIGNAL_PATH_RESET*, untuk mereset hasil pembacaan sinyal, *PWR_MGMT_1* untuk mengatur *power mode* dan *clock source* sensor, *CONFIG* untuk mengkonfigurasi sensor, *GYRO_CONFIG* untuk memilih konfigurasi dan scale range pada sensor *gyroscope*, *ACCEL_CONFIG* untuk memilih konfigurasi dan scale range pada sensor percepatan, *ACCEL_OUT* untuk menampilkan pembacaan percepatan, *GYRO_OUT* untuk menampilkan pembacaan gyrometer. Sensor inersia yang sudah diatur registernya akan memberikan hasil yang sesuai dengan pengaturan registernya saja.

3.2. Pemodelan dan Kalibrasi Sensor

Sensor inersia secara teknis nilai pembacaanya berbentuk $\Delta x, \Delta y, \text{ dan } \Delta z$ yang merupakan selisih pembacaan $x_g, y_g, \text{ dan } z_g$ terhadap kondisi tanpa getaran $x_{tg}, y_{tg}, \text{ dan } z_{tg}$ yang dirumuskan dalam persamaan 1:

$$\Delta x = x_g - x_{tg}, \Delta y = y_g - y_{tg}, \Delta z = z_g - z_{tg} \quad (1),$$

sebagaimana pada Persamaan 1, dimana $\Delta x, \Delta y, \text{ dan } \Delta z$ adalah hasil pembacaan percepatan pada sumbu x, y, dan z. Variable $x_g, y_g, \text{ dan } z_g$ adalah hasil pembacaan sebenarnya sumbu x, y, dan z. Variabel $x_{tg}, y_{tg}, \text{ dan } z_{tg}$ adalah pembacaan tanpa getaran pada sumbu x, y, dan z. Persamaan ini digunakan dalam melakukan kalibrasi sensor inersia, yakni mengurangi hasil pembacaan sensor dengan nilai simpangan sensor. Adapun kalibrasi sensor inersia dilakukan dengan cara menentukan simpangan hasil pembacaan sensor inersia, lalu nilai simpangan akan dikurangkan dengan hasil pembacaan baru oleh mikrokontroler

Tabel 2. Pengujian offset sensor inersia.

No	Accelerasi SB-X	Accelerasi SB-Y	Accelerasi SB-Z
1	-0.069404252	0.003887992	0.997580998
2	-0.069404169	0.003888153	0.997581003
3	-0.069404112	0.003888265	0.997581007
4	-0.069404072	0.003888342	0.997581009
5	-0.069404045	0.003888395	0.997581011
6	-0.069404026	0.003888432	0.997581012
---	---	---	---
9999	-0.070089749	0.003304491	0.997535173
10000	-0.070089606	0.003304303	0.997535184
RATA-RATA	-0.073319117	0.004257668	0.997292416
OFSET	0.017753481	0.018490522	0.001297424

Sebagaimana yang ditunjukkan pada Tabel 2, diketahui bahwa pada kondisi diam sensor inersia memiliki nilai simpangan sebesar ± 0.017 g pada sumbu x, ± 0.017 g pada sumbu y, dan

± 0.017 g pada sumbu z. sehingga untuk mengkalibrasi sensor inersia pada sensor percepatan hasil pembacaan akan dikurangkan dengan nilai offsetnya, sesuai persamaan (1).

Sensor inframerah secara teknis pembacaannya berbentuk sinyal digital yang bernilai *high* dan *low* saja. Sensor inframerah pada kendaraan otonom roda 4 yang diuji akan membaca jumlah celah pada roda kendaraan otonom. Jenis roda yang digunakan untuk uji coba adalah *omni-directional wheel* dengan diameter 15cm dan 15 celah pada ujung rodanya. Pembacaan sensor inframerah pada satu putaran roda akan menghasilkan 15 kali nilai *high*. Kalibrasi sensor inframerah, dilakukan secara manual pada bagian sensor dengan mengatur sensitifitas sensor.

3.3. Algoritma Jarak Perpindahan

Prinsip kerja pada pembacaan dan kalibrasi perpindahan pada kendaraan otonom dengan sensor inframerah menggunakan metode perputaran roda. Pembacaan dilakukan dengan membaca banyaknya perputaran roda pada kendaraan, lalu mengkonversi jumlah putaran menjadi jarak. Sensor inframerah yang telah dikalibrasi akan membaca jumlah celah pada roda kendaraan [13]. Dikarenakan jenis roda yang digunakan memiliki diameter 15 cm dan 15 celah pada ujung rodanya, dapat diasumsikan roda sebagai lingkaran dengan diameter 15cm. Jarak perpindahan roda dapat diasumsikan sebagai radius perputaran roda, dimana 15 kali pembacaan *high* pada sensor inframerah merupakan 1 keliling penuh dari roda [14].

$$x = \frac{\pi \cdot r}{16} \cdot n \quad (2),$$

sebagaimana yang tertera pada Persamaan 2, dimana x adalah jarak perpindahan, π merupakan nilai ketetapan perhitungan lingkaran, r adalah jari jari roda, dan n adalah jumlah pembacaan celah (*pulse data*) pada sensor inframerah. Persamaan ini yang menjadi persamaan utama penentuan jarak perpindahan kendaraan otonom dengan sensor inframerah.

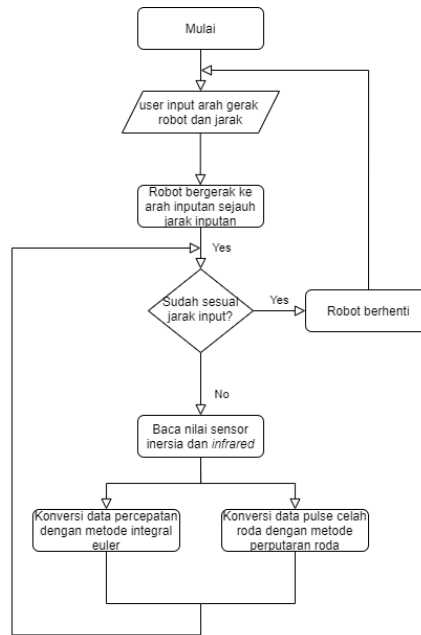
Prinsip kerja pada pembacaan jarak perpindahan pada kendaraan otonom dengan sensor inersia menggunakan metode integral euler. Metode ini lebih banyak digunakan pada kendaraan otonom dibandingkan dengan metode integral lainnya seperti reinman [12]. Pembacaan percepatan gerak kendaraan akan diturunkan, sehingga didapatkan jarak perpindahan kendaraan. Pada penurunan nilai percepatan menjadi perpindahan. Nilai percepatan akan diturunkan menjadi kecepatan, lalu diturunkan kembali menjadi perpindahan. Penurunan hasil pembacaan ini menggunakan metode integral euler [11]

$$x_t = \frac{1}{2} a \cdot t^2 + v_0 \cdot t + x_0 \quad (3),$$

$$v_t = v_0 + a \cdot t \quad (4),$$

sebagaimana yang tertera pada Persamaan 3 dan 4, dimana x_t adalah jarak perpindahan, a adalah percepatan hasil pembacaan sensor inersia, v_t adalah turunan pertama dari hasil pembacaan sensor inersia, v_0 adalah nilai kecepatan sebelumnya, x_0 adalah jarak sebelumnya, dan t adalah waktu sampling sensor. Persamaan ini yang menjadi persamaan utama penentuan jarak perpindahan kendaraan otonom dengan sensor inersia menggunakan metode euler.

Persamaan 2 akan di aplikasikan pada mikrokontroler sehingga data sensor inframerah yang awalnya bernilai pulse data saja akan dirubah menjadi jarak perpindahan kendaraan menggunakan metode perputaran roda. Persamaan 3 dan 4 juga akan di aplikasikan pada mikrokontroler untuk mengubah data analog pada pembacaan sensor inersia menjadi data jara perpindahan menggunakan metode integral euler. Alur flow chart pada eksperimen ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Algoritma eksperimen jarak perpindahan

Sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 3, alur kerja eksperimen dimulai dengan *user*/penulis menentukan arah gerak dan jarak gerak kendaraan yang mana kedua variabel ini yang menjadi variasi pada penelitian. Kendaraan akan bergerak berdasarkan jarak dan arah yang telah ditentukan berdasarkan inputan yang diberikan *user*. Mikrokontroler akan membaca nilai outputan sensor inersia dan sensor inframerah. *Pulse data* celah roda dikonversikan menjadi nilai jarak dengan Persamaan 2 berdasarkan metode perputaran roda. Data percepatan dikonversikan menjadi jarak dengan Persamaan 3 berdasarkan metode integral euler. Saat mendekati jarak yang telah ditentukan, *user* mengontrol secara manual agar kendaraan berhenti bergerak.

4. Hasil dan Pembahasan

Penelitian dilakukan dengan menguji pembacaan jarak perpindahan kendaraan menggunakan metode integral euler dan metode perputaran roda. Hasil pembacaan jarak menggunakan kedua metode tersebut akan dibandingkan untuk mengetahui akurasi hasil pembacaan jarak perpindahan yang lebih efektif dan akurat.

4.1. Pengujian Pembacaan Sensor Inersia dan Sensor inframerah

Pengujian perbandingan akurasi jarak perpindahan antara metode integral euler dengan metode putaran roda untuk kendaraan otonom dilakukan dengan 4 variasi data yaitu pengujian gerak maju, mundur, ke kanan dan ke kiri. Masing masing variasi di uji sebanyak 10 kali pengujian pada metode integral euler menggunakan sensor inersia dan metode perputaran roda menggunakan sensor inframerah.

4.2. Pengujian Pembacaan Jarak dengan Metode Integral Euler

Pengujian pembacaan jarak perpindahan pada metode integral euler dilakukan dengan membaca hasil pembacaan percepatan yang diproses menjadi perpindahan. Pengujian perpindahan kendaraan dilakukan 10 kali percobaan pada jarak tertentu dan arah tertentu (maju,

mundur, kiri, kanan). Pengujian dilakukan dengan 2 variasi data, yaitu data pada jarak sebenarnya 60 cm dan data pada jarak sebenarnya 120 cm.

Tabel 3. Pengujian hasil pembacaan jarak perpindahan pada metode integral eurl kendaraan bergerak maju

Jarak (cm)	Ke-1 (cm)	Ke-2 (cm)	Ke-3 (cm)	Ke-4 (cm)	Ke-5 (cm)	Ke-6 (cm)	Ke-7 (cm)	Ke-8 (cm)	Ke-9 (cm)	Ke-10 (cm)
60	61.55	61.45	61.15	61.08	61.56	61.58	61.87	63.52	64	63.12
120	123.44	124.67	126.75	125.30	126.70	123.45	122.47	126.35	124.07	123.22

Sebagaimana yang tertera pada Tabel 3 diketahui bahwa pada pengujian dengan sebenarnya 60 cm, didapatkan hasil pembacaan yaitu rata-rata 62.448 cm. Pada jarak 120 cm didapatkan rata-rata hasil pembacaan sebesar 124.648 cm. Pembacaan perpindahan kendaraan pada kondisi maju dengan metode integral eurl didapatkan eror sebesar $\pm 4.01\%$.

Tabel 4. Pengujian hasil pembacaan jarak perpindahan pada metode integral eurl kendaraan bergerak mundur

Jarak (cm)	Ke-1 (cm)	Ke-2 (cm)	Ke-3 (cm)	Ke-4 (cm)	Ke-5 (cm)	Ke-6 (cm)	Ke-7 (cm)	Ke-8 (cm)	Ke-9 (cm)	Ke-10 (cm)
60	57.62	57.27	57.74	56.9	57.89	57.58	57.78	57.26	58.47	58.35
120	115.76	115.48	114.98	114.86	116.45	115.87	116.14	117.06	117.96	116.2

Sebagaimana yang tertera pada Tabel 4 diketahui bahwa pada pengujian dengan sebenarnya 60 cm, didapatkan hasil pembacaan yaitu rata-rata 57.686 cm. Pada jarak 120 cm didapatkan rata-rata hasil pembacaan sebesar 116.076 cm. Pembacaan perpindahan kendaraan pada kondisi mundur dengan metode integral eurl didapatkan eror sebesar $\pm 3.563\%$.

Tabel 5. Pengujian hasil pembacaan jarak perpindahan pada metode integral eurl kendaraan bergerak ke kiri

Jarak (cm)	Ke-1 (cm)	Ke-2 (cm)	Ke-3 (cm)	Ke-4 (cm)	Ke-5 (cm)	Ke-6 (cm)	Ke-7 (cm)	Ke-8 (cm)	Ke-9 (cm)	Ke-10 (cm)
60	62.45	63.05	62.95	62.55	63.15	63.17	63.76	62.13	62.36	62.35
120	127.86	127.31	126.42	127.45	127.89	126.45	127.55	128.16	127.86	127.79

Sebagaimana yang tertera pada Tabel 5 diketahui bahwa pada pengujian dengan sebenarnya 60 cm, didapatkan hasil pembacaan yaitu rata-rata 62.792 cm. Pada jarak 120 cm didapatkan rata-rata hasil pembacaan sebesar 127.474 cm. Pembacaan perpindahan kendaraan pada kondisi maju dengan metode integral eurl didapatkan eror sebesar $\pm 5.44\%$.

Tabel 6. Pengujian hasil pembacaan jarak perpindahan pada metode integral eurl kendaraan bergerak ke kanan

Jarak (cm)	Ke-1 (cm)	Ke-2 (cm)	Ke-3 (cm)	Ke-4 (cm)	Ke-5 (cm)	Ke-6 (cm)	Ke-7 (cm)	Ke-8 (cm)	Ke-9 (cm)	Ke-10 (cm)
60	57.49	57.33	56.82	57.1	58.24	57.89	56.95	57.23	58.64	58.79
120	116.68	116.18	117.01	117.56	116.89	115.94	115.07	115.67	115.1	116.18

Sebagaimana yang tertera pada Tabel 6 diketahui bahwa pada pengujian dengan sebenarnya 60 cm, didapatkan hasil pembacaan yaitu rata-rata 57.648 cm. Pada jarak 120 cm didapatkan rata-

rata hasil pembacaan sebesar 116.228 cm. Pembacaan perpindahan kendaraan pada kondisi maju dengan metode integral eurel didapatkan eror sebesar $\pm 3.53\%$ yang mana ini merupakan eror terkecil pada pembacaan jarak perpindahan.

4.2.1. Pengujian Jarak dengan Metode Perputaran Roda

Pengujian pembacaan jarak perpindahan pada metode perputaran roda dilakukan dengan membaca jumlah perputaran roda kendaraan. Pengujian dilakukan 10 kali percobaan pada jarak tertentu dan arah tertentu (maju, mundur, kiri, kanan). Pengujian dilakukan dengan 2 variasi data, yaitu data pada jarak sebenarnya 60 cm dan data pada jarak sebenarnya 120 cm.

Tabel 7. Pengujian hasil pembacaan jarak perpindahan pada metode perputaran roda kendaraan bergerak maju

Jarak (cm)	Ke-1 (cm)	Ke-2 (cm)	Ke-3 (cm)	Ke-4 (cm)	Ke-5 (cm)	Ke-6 (cm)	Ke-7 (cm)	Ke-8 (cm)	Ke-9 (cm)	Ke-10 (cm)
60	56.73	57.7	57.7	57.29	57.35	57.49	57.33	56.09	57.08	59.85
120	108.2	109.17	108.91	108.45	109	111	108.76	109.17	109.97	108.97

Sebagaimana yang tertera pada Tabel 7. diketahui bahwa pada pengujian dengan sebenarnya 60 cm, didapatkan hasil pembacaan yaitu rata-rata 57.461 cm. Pada jarak 120 cm, didapatkan rata-rata hasil pembacaan sebesar 109.16 cm. maka pada pembacaan perpindahan kendaraan pada kondisi maju dengan metode perputaran roda didapatkan eror sebesar $\pm 6.63\%$.

Tabel 8. Pengujian hasil pembacaan jarak perpindahan pada metode perputaran roda kendaraan bergerak mundur

Jarak (cm)	Ke-1 (cm)	Ke-2 (cm)	Ke-3 (cm)	Ke-4 (cm)	Ke-5 (cm)	Ke-6 (cm)	Ke-7 (cm)	Ke-8 (cm)	Ke-9 (cm)	Ke-10 (cm)
60	57.26	57.29	57.69	57.88	56.34	57.12	57.58	55.47	56.47	57.71
120	107.56	107.35	106.35	106.67	106.97	107.89	107.14	107.33	107.14	106.53

Sebagaimana yang tertera pada Tabel 8. diketahui bahwa pada pengujian dengan sebenarnya 60 cm, didapatkan hasil pembacaan yaitu rata-rata 57.081 cm. Pada jarak 120 cm didapatkan rata-rata hasil pembacaan sebesar 107.075 cm. Pembacaan perpindahan kendaraan pada kondisi maju dengan metode perputaran roda didapatkan eror sebesar $\pm 7.81\%$.

Tabel 9. Pengujian hasil pembacaan jarak perpindahan pada metode perputaran roda kendaraan bergerak ke kiri

Jarak (cm)	Ke-1 (cm)	Ke-2 (cm)	Ke-3 (cm)	Ke-4 (cm)	Ke-5 (cm)	Ke-6 (cm)	Ke-7 (cm)	Ke-8 (cm)	Ke-9 (cm)	Ke-10 (cm)
60	57.74	58.74	56.73	57.37	57.45	57.67	57.23	58.16	56.89	57.57
120	109.11	111.18	110.01	110.68	111.56	112.12	112.07	111.07	110.1	111.18

Sebagaimana yang tertera pada Tabel 9. diketahui bahwa pada pengujian dengan sebenarnya 60 cm, didapatkan hasil pembacaan yaitu rata-rata 57.55 cm. Pada jarak 120 cm didapatkan rata-rata hasil pembacaan sebesar 110.908 cm. Pembacaan perpindahan kendaraan pada kondisi maju dengan metode perputaran roda didapatkan eror sebesar $\pm 5.852\%$ yang mana ini merupakan eror terkecil pada pembacaan jarak perpindahan.

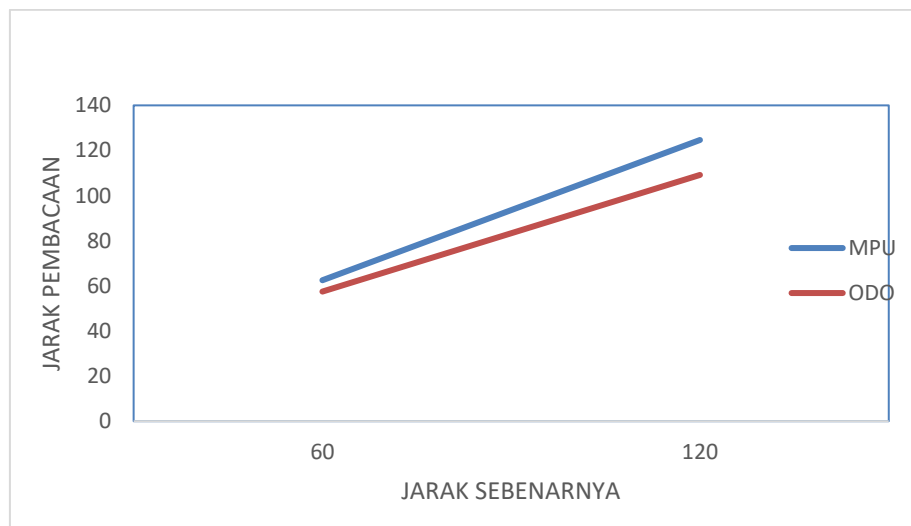
Tabel 10. Pengujian hasil pembacaan jarak perpindahan pada metode perputaran roda kendaraan bergerak ke kanan

Jarak (cm)	Ke-1 (cm)	Ke-2 (cm)	Ke-3 (cm)	Ke-4 (cm)	Ke-5 (cm)	Ke-6 (cm)	Ke-7 (cm)	Ke-8 (cm)	Ke-9 (cm)	Ke-10 (cm)
60	57.53	56.89	56.11	57.74	56.78	57.34	57.81	58.94	56.32	57.53
120	108.37	108.52	107.43	108.54	107.45	108.67	108.15	109.58	107.37	109.37

Sebagaimana yang tertera pada Tabel 10. diketahui bahwa pada pengujian dengan sebenarnya 60 cm, didapatkan hasil pembacaan yaitu rata-rata 57.299 cm. Pada jarak 120 cm didapatkan rata-rata hasil pembacaan sebesar 108.345 cm. Pembacaan perpindahan kendaraan pada kondisi maju dengan metode perputaran roda didapatkan eror sebesar $\pm 7.107\%$.

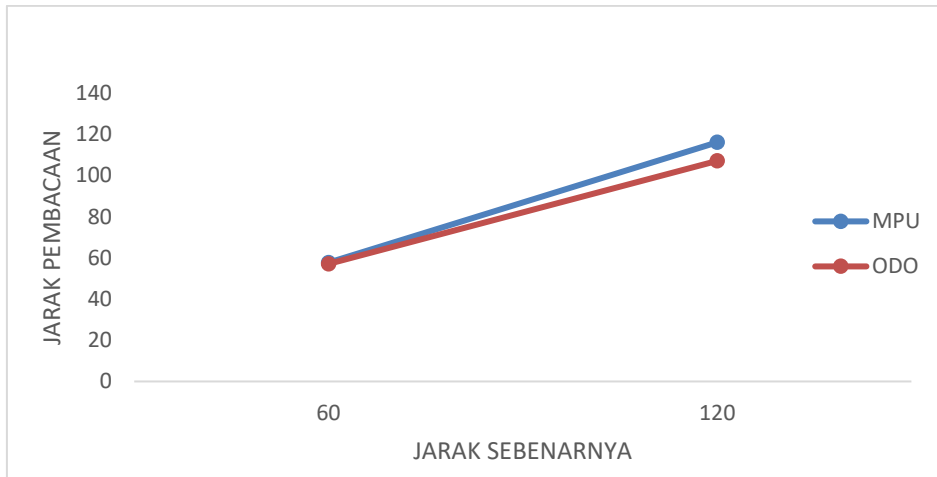
4.3. Perbandingan Hasil Pembacaan Jarak Perpindahan antara Metode Integral Euler dengan Metode Perputaran Roda

Perbandingan hasil pembacaan jarak perpindahan antara metode integral euler dengan metode perputaran roda di lakukan untuk menentukan hasil pembacaan yang lebih baik dan akurat.



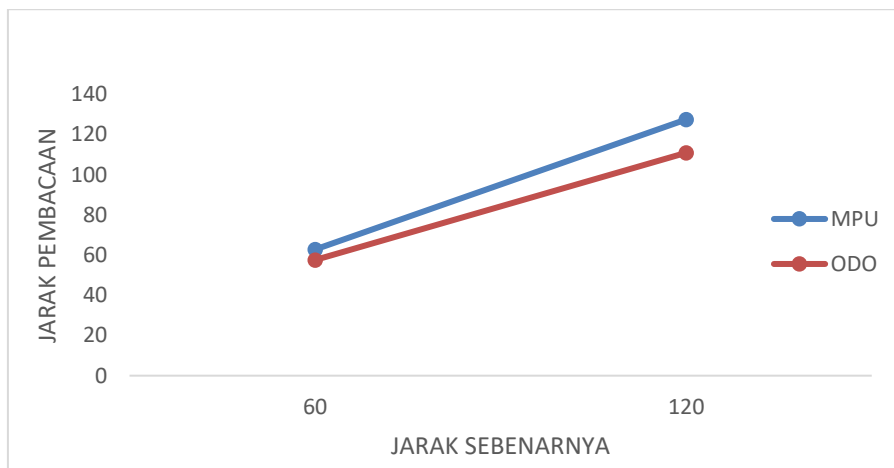
Gambar 4. Perbandingan pembacaan jarak perpindahan antara metode integral euler dengan metode perputaran roda pada kondisi maju

Sebagaimana hasil perbandingan pada Gambar 4. terlihat bahwa pembacaan menggunakan metode integral eurl melebihi jarak sebenarnya, sedangkan pada pembacaan menggunakan metode perputaran roda kurang dari jarak sebenarnya. Hasil pembacaan yang paling mendekati jarak sebenarnya adalah pembacaan menggunakan metode integral eurl dengan eror 4.01 %.



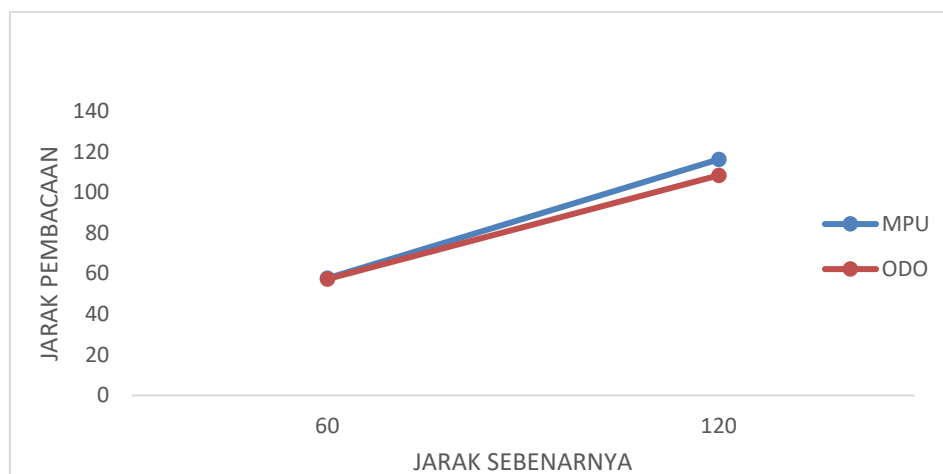
Gambar 5. Perbandingan pembacaan jarak perpindahan antara metode integral euler dengan metode perputaran roda pada kondisi mundur

Sebagaimana hasil pengujian pada Gambar 5. terlihat bahwa pembacaan menggunakan metode integral eurl dan metode perputaran roda keduanya kurang dari jarak sebenarnya, sedangkan hasil pembacaan yang paling mendekati jarak sebenarnya adalah pembacaan menggunakan metode integral eurl dengan eror 3.56%.



Gambar 6. Perbandingan pembacaan jarak perpindahan antara metode integral euler dengan metode perputaran roda pada kondsi kekiri

Sebagaimana hasil pengujian pada Gambar 6. terlihat bahwa pembacaan menggunakan metode integral eurl melebihi jarak sebenarnya, sedangkan pada pembacaan metode perputaran roda kurang dari jarak sebenarnya. Hasil pembacaan yang paling mendekati jarak sebenarnya adalah pembacaan menggunakan metode integral eurl dengan eror 5.44%.



Gambar 7. Perbandingan pembacaan jarak perpindahan antara metode integral euler dengan metode perputaran roda pada kondisi ke kanan

Sebagaimana hasil pengujian pada Gambar 7, terlihat bahwa pembacaan menggunakan metode integral euler dan metode perputaran roda keduanya kurang dari jarak sebenarnya, sedangkan hasil pembacaan yang paling mendekati jarak sebenarnya adalah pembacaan menggunakan metode integral euler dengan error 3.53%.

5. Kesimpulan

Hasil eksperimen akurasi pengukuran pengukuran jarak perpindahan kendaraan antara metode integral euler yang diterapkan pada sensor inersia dan metode perputaran roda yang diterapkan pada sensor inframerah untuk kendaraan otonom, didapatkan hasil bahwa penggunaan metode integral euler terbukti dapat digunakan untuk membaca jarak perpindahan kendaraan. Hasil pembacaan jarak perpindahan mendekati nilai jarak yang sebenarnya dari jarak perpindahan kendaraan dengan error yang lebih kecil dari 5%. Penggunaan metode perputaran roda juga dapat digunakan untuk membaca jarak perpindahan kendaraan dengan error yang lebih kecil dari 7%. Hasil pengujian perpindahan kendaraan otonom ini didapat dengan mengkombinasikan jarak perpindahan dengan arah pergerakan. Hasil perbandingan pembacaan jarak perpindahan menggunakan metode integral euler dan metode perputaran roda. Penggunaan metode integral euler lebih efektif dalam pembacaan jarak perpindahan kendaraan dibandingkan metode perputaran roda dengan perbandingan error 4.13625% berbanding 6.845%.

Referensi

- [1] T. Gamer, M. Hoernicke, B. Kloepper, R. Bauer, and A. J. Isaksson, "The Autonomous Industrial Plant -Future of Process Engineering, Operations and Maintenance," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 52, no. 1, pp. 454–460, Jan. 2019, doi: 10.1016/J.IFACOL.2019.06.104.
- [2] N. Correll, "Introduction to Autonomous Control," *University of Colorado Boulder*, pp. 1–226, 2016, Accessed: Nov. 01, 2021. [Online]. Available: <https://open.umn.edu/opentextbooks/textbooks/introduction-to-autonomous-robots>
- [3] Y. Liu, J. Zhao, J. Apple, T. Frank, M. Saylor, and T. Siegel, "An Autonomous Omnidirectional Robot," *Journal of Robotics*, vol. 2010, pp. 1–9, 2010, doi: 10.1155/2010/857594.
- [4] E. Kayacan, E. Kayacan, H. Ramon, and W. Saeys, "Velocity Control of a Spherical Rolling Robot Using a Grey-PID Type Fuzzy Controller With an Adaptive Step Size,"

- IFAC Proceedings Volumes*, vol. 45, no. 22, pp. 863–868, Jan. 2012, doi: 10.3182/20120905-3-HR-2030.00123.
- [5] L. Kamelia, E. A. D. Hamidi, W. Darmalaksana, and A. Nugraha, “Real-Time Online Attendance System Based on Fingerprint and GPS in the Smartphone,” *Proceeding of 2018 4th International Conference on Wireless and Telematics, ICWT 2018*, Nov. 2018, doi: 10.1109/ICWT.2018.8527837.
- [6] B. Anoohya B and R. Padhi, “Trajectory Tracking of Autonomous Mobile Robots Using Nonlinear Dynamic Inversion,” *IFAC-PapersOnLine*, vol. 51, no. 1, pp. 202–207, Jan. 2018, doi: 10.1016/J.IFACOL.2018.05.041.
- [7] G. Péter, B. Kiss, and V. Tihanyi, “Vision and odometry based autonomous vehicle lane changing,” *ICT Express*, vol. 5, no. 4, pp. 219–226, Dec. 2019, doi: 10.1016/J.ICTE.2019.09.005.
- [8] Y. Zein, M. Darwiche, and O. Mokhiamar, “GPS tracking system for autonomous vehicles,” *Alexandria Engineering Journal*, vol. 57, no. 4, pp. 3127–3137, Dec. 2018, doi: 10.1016/J.AEJ.2017.12.002.
- [9] H. A. Hashim, M. Abouheaf, and M. A. Abido, “Geometric stochastic filter with guaranteed performance for autonomous navigation based on IMU and feature sensor fusion,” *Control Engineering Practice*, vol. 116, p. 104926, Nov. 2021, doi: 10.1016/J.CONENGP.2021.104926.
- [10] E. I. al Khatib, M. A. Jaradat, M. Abdel-Hafez, and M. Roigari, “Multiple sensor fusion for mobile robot localization and navigation using the Extended Kalman Filter,” *ISMA 2015 - 10th International Symposium on Mechatronics and its Applications*, Jan. 2016, doi: 10.1109/ISMA.2015.7373480.
- [11] Md. Nurujjaman, “Enhanced Euler’s Method to Solve First Order Ordinary Differential Equations with Better Accuracy,” Mar. 2020, doi: 10.5281/ZENODO.3731020.
- [12] H. author Anton, “Calculus : early transcendentals,” 2013, Accessed: Nov. 12, 2021. [Online]. Available: <http://lib.ui.ac.id>
- [13] by Daniel James Loughnane, “DESIGN AND CONSTRUCTION OF AN AUTONOMOUS MOBILE SECURITY DEVICE”.
- [14] A. Paul, *Design of an autonomous navigation system for a mobile robot*. Library and Archives Canada = Bibliothèque et Archives Canada, 2007.
- [15] M. O. Tatar, C. Popovici, D. Mandru, I. Ardelean, and A. Plesa, “Design and development of an autonomous omni-directional mobile robot with Mecanum wheels,” *Proceedings of 2014 IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics, AQTR 2014*, 2014, doi: 10.1109/AQTR.2014.6857869.
- [16] “Teensy® 4.0.” <https://www.pjrc.com/store/teensy40.html> (accessed Nov. 12, 2021).
- [17] “MPU-6000 and MPU-6050 Product Specification Revision 3.4.” <https://invensense.tdk.com/wp-content/uploads/2015/02/MPU-6000-Datasheet1.pdf> (accessed Nov. 01, 2021).
- [18] “E18-D80NK Sensor/Switch Datasheet pdf - Proximity Sensor/Switch. Equivalent, Catalog.” <https://datasheetspdf.com/pdf/1311840/tinkbox/E18-D80NK/1> (accessed Nov. 01, 2021).
- [19] “MPU-6000 and MPU-6050 Register Map and Descriptions Revision 4.2 MPU-6000/MPU-6050 Register Map and Descriptions,” 2013, Accessed: Nov. 01, 2021. [Online]. Available: <https://invensense.tdk.com/wp-content/uploads/2015/02/MPU-6000-Register-Map1.pdf>

ID: 42

Pengujian Akurasi Posisi Sudut Sistem Kemudi Kendaraan Otonom dengan *Unity Feedback System*

Experiments on Autonomous Vehicle Steering System with Unity Feedback System

**Muhammad Haniff^{1*}, Hendri Maja Saputra², Eki Ahmad Zaki Hamidi³, M Nurohman Firdaus⁴,
Saip Ardo Pratama⁵**

^{1,3,5}Jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Gunung Djati Bandung
Jl. A.H. Nasution No. 105A, Cibiru, Bandung, Indonesia

^{2,4}Pusat Riset Tenaga Listrik dan Mekatronik
Badan Riset dan Inovasi Nasional

Jl. Cisitno No. 21/154D Sangkuriang – Bandung 40135, Indonesia

1187070052@student.uinsgd.ac.id^{1*}, hendri.maja@gmail.com², ekiahmadzaki@uinsgd.ac.id³,
muhamadnurohmanf7@gmail.com⁴, 1187070075@student.uinsgd.ac.id⁵

Abstrak – Perkembangan kendaraan otonom sebagai solusi dari transportasi ramah lingkungan saat ini berkembang cukup cepat. Penelitian ini berfokus pada sistem kemudi loop tertutup dengan unity feedback system untuk kendaraan otonom roda tiga menggunakan Motor BLDC dan Absolute Rotary Encoder. Rotary encoder memberikan feedback perubahan sudut dari kemudi kendaraan otonom. Kendali kemudi yang diusulkan pada penelitian ini ialah dengan menentukan perubahan sudut yang diperlukan untuk kendaraan otonom. Perbandingan sudut yang diinginkan dengan feedback nilai sudut dari rotary encoder dilakukan agar didapatkan hasil yang akurat. Pada penelitian ini dilakukan pengujian dengan 3 variasi kecepatan rotasi putaran kemudi yakni 20 PWM, 50 PWM, dan 100 PWM. Variasi kecepatan diberikan terhadap sudut input berupa sudut lancip yang merepresentasikan belokan tajam (20° - 90° setiap 10°) dan sudut tumpul untuk belokan tidak tajam (120°, 180°, dan 270°). Berdasarkan percobaan, nilai error pada pengujian sudut lancip lebih besar dibandingkan dengan sudut tumpul. Kenaikan nilai error juga meningkat terhadap kenaikan kecepatan putaran rotasi kemudi.

Kata Kunci: Absolute rotary encoder, Kendali Sistem Kemudi, Motor BLDC, Kendaraan Otonom Roda Tiga, Pengaturan Posisi Sudut, Unity Feedback System

Abstract – The development of autonomous vehicles as a solution for environmentally friendly transportation is currently developing quite fast. This study focuses on closed loop steering system for three wheel autonomous vehicles with unity feedback system using BLDC Motor and Absolute Rotary Encoder. Rotary encoder as a transducer provides feedback of changing angle position of three wheel autonomous vehicle steering. Steering system that is proposed in this study is to determine the required angle change for the autonomous vehicle. Comparing the desired angle with actual feedback angle value from the rotary encoder that connected to a BLDC motor, so the precise steering angle value can be achieved. The experiments carried out in this research are run with 3 various steering speed rotation; 20 PWM, 50 PWM, and 100 PWM according to input angle; acute angle that represent sharp turn (20° - 90° every 10°) and obtuse angle that represent non-sharp turn (120°, 180°, and 270°). According to the experiment, sharp turn represent input has bigger error rate than non-sharp turn. Error rate is increasing according to steering rotation speed increment.

Keywords: Absolute Rotary Encoder, Angle positioning, BLDC Motor, Steering control, Three Wheel Autonomous Vehicle, Unity Feedback System.

1. Pendahuluan

Perkembangan penelitian kendaraan otonom dalam beberapa tahun terakhir cukup meningkat, khususnya penelitian yang berfokus pada strategi kontrol kemudi untuk mencapai kendali kendaraan yang stabil dan optimal [1]. Kendaraan otonom telah merubah akses transportasi pada berbagai kota di seluruh dunia. Pengembangan model dari kendaraan otonom menjadi topik penelitian yang cukup banyak dilakukan. Kendaraan telah menjadi sarana transportasi yang tidak terlepas dari kehidupan manusia. Sarana transportasi yang semula-nya dikendalikan oleh manusia, sekarang ini dapat menentukan arah kemudi secara otomatis yang. Peningkatan penelitian terkait kendaraan otonom dapat memberikan kemudahan dalam aspek transportasi bagi manusia, salah satu potensi dari kendaraan otonom yakni memberikan kemudahan mobilitas terhadap orang disabilitas dan lansia. Pada penelitian [2] telah dijelaskan implementasi dari kendaraan otonom perlu diperhatikan pengetahuan mengenai model dinamis kendaraan, sehingga dapat diketahui hubungan antara input yang diberikan seperti putaran kemudi kendaraan, kecepatan kendaraan, dan masih banyak lagi, terhadap output yang dihasilkan. Output yang diharapkan ialah bagaimana reaksi kendaraan terhadap input yang diberikan dapat berjalan dengan baik.

Kendaraan otonom roda tiga merupakan salah satu model yang cukup banyak dikembangkan dari topik penelitian kendaraan otonom. Kendaraan roda tiga banyak dimanfaatkan untuk transportasi umum dan juga transportasi intra-bangunan seperti antar terminal di bandar udara dan masih banyak lagi. Keunggulan kendaraan roda tiga seperti desain yang aerodinamis, kendaraan otonom roda tiga sangat efektif untuk transportasi masa depan [3]. Strategi sistem kemudi pada kendaraan otonom bergantung pada model dinamis dari mekanik rangka kendaraan. Kendali kemudi dari kendaraan roda tiga yang umum menggunakan model *front steering* atau kemudi dengan roda didepan. Kontrol dan kestabilan merupakan tantangan yang paling besar dalam pengembangan kendaraan roda tiga. Pada penelitian [4] dan beberapa referensi lainnya telah memberikan penelitian dari kestabilan kendaraan roda tiga.

Penentuan arah kendaraan otonom umumnya dilakukan dengan memanfaatkan sensor yang memberikan informasi keadaan sekitar seperti, kamera, sensor ultrasonik, *IR Obstacle*, dan sensor lainnya yang akan memberikan informasi terhadap jalur kendaraan. Penelitian dan pengembangan kendaraan otonom terus meningkat. GPS (*Global Positioning System*) juga sudah banyak diimplementasikan dalam kendaraan otonom sebagai peningkatan akurasi kemudi kendaraan. Sensor akan memberikan informasi jalur yang akan dilalui kendaraan, seperti menunjukkan terdapat halangan pada jalur, sehingga arah kendaraan akan berubah sesuai pembacaan sensor dengan mengatur kecepatan rotasi roda kiri dan kanan. Apabila pembacaan sensor telah menunjukkan tidak adanya halangan, maka kendaraan akan bergerak lurus [4, 5].

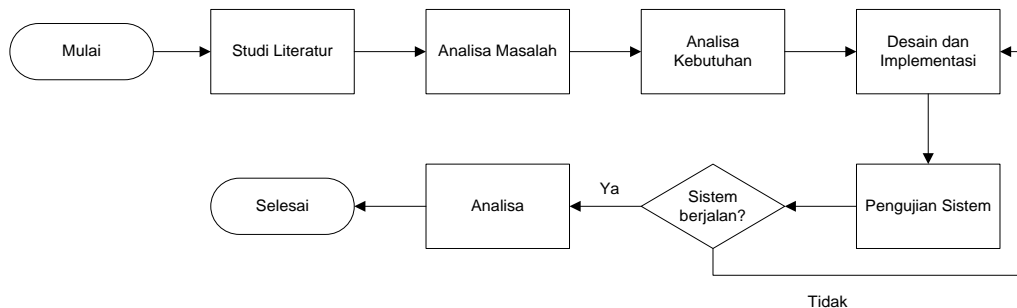
Kemudi kendaraan otonom biasanya mengalami error pada arah kemudinya, sehingga perlu diperhatikan juga strategi untuk pemrosesan arah kemudi yang baik. *Absolute rotary encoder* merupakan transduser yang memberikan nilai pembacaan rotasi seperti posisi putaran dan perubahan kecepatan putaran. Sensor ini banyak dimanfaatkan pada pengembangan kendaraan otonom [7]. Implementasi *rotary encoder* ke motor BLDC dapat dimanfaatkan untuk mendapatkan nilai perubahan posisi sudut dari putaran motor, sehingga pengaturan arah pada motor BLDC dapat diterapkan. Informasi perubahan posisi kemudi dari *rotary encoder* dapat dikendalikan dengan memanfaatkan mikrokontroler, sehingga dapat dihasilkan putaran kemudi dengan sudut yang akurat [8]. Implementasi *rotary encoder* pada motor BLDC dapat dijadikan sebagai sistem kemudi untuk kendaraan otonom. Pembacaan *rotary encoder* dapat langsung dibandingkan dengan arah kemudi yang diinginkan. Pada artikel [9] dijelaskan *unity feedback system* merupakan sistem kendali yang melakukan proses *feedback* secara langsung tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu. Sistem kendali ini memiliki *gain feedback* sama dengan 1, sehingga pengecekan eror dapat dilakukan dengan menentukan selisih antara input dan output.

Penelitian ini berfokus untuk melakukan uji coba dari sistem kemudi. Pengujian ditujukan untuk sistem kemudi kendaraan roda tiga model delta dengan *front steering*. Motor BLDC sebagai

penggerak putaran kemudi terhubung dengan *rotary encoder* yang memberikan nilai posisi sudut sebagai *feedback*. Sistem kemudi yang diuji langsung membandingkan *feedback* output dengan input posisi putaran yang diinginkan. Berdasarkan pengembangan sistem kendali putaran sudut motor dengan *feedback* dari *rotary encoder*, maka sistem kemudi kendaraan otonom roda tiga yang akurat dapat diterapkan.

2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan metode eksperimen, yang disusun dalam diagram alir penelitian seperti pada Gambar 1 dibawah ini:



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 1, penelitian ini dimulai dengan mencari dan memperdalam studi literatur terkait kendaraan otonom seperti, dinamis kendaraan roda tiga, pengaturan posisi motor, dan beberapa literatur terkait yang dijadikan sebagai referensi. Berdasarkan beberapa referensi yang ditemukan, selanjutnya ditentukan masalah yang dapat dikembangkan serta kebutuhan proses penelitian. Sebelum dilakukan pengujian sistem dan analisa, telah disusun implementasi rangkaian mekanik dan elektrik yang dibutuhkan untuk pengujian sistem kemudi pada kendaraan otonom dengan *unity feedback system*, yang akan dibahas pada pembahasan selanjutnya

3. Perancangan Sistem

Berdasarkan referensi yang ditemukan terkait sistem kemudi pada kendaraan otonom, pengujian sistem kemudi yang dilakukan menggunakan rancangan sistem kemudi untuk kendaraan roda tiga model delta dengan satu roda didepan sebagai kemudi. Sebelum dilakukan pengujian, telah dirancang mekanik dan elektrik dari sistem kemudi yang akan dilakukan uji coba.

3.1. Desain Sistem Kemudi

Kendaraan roda tiga merupakan salah satu model kendaraan yang cukup populer, pengembangan dari kendaraan roda tiga terfokus pada keunggulan yang dimiliki seperti ukuran kendaraan yang tidak terlalu besar dengan tingkat keamanan dan kenyamanan yang lebih baik. Terdapat dua rancangan umum dari kendaraan roda tiga yakni model delta dan model tadpole yang memiliki keunggulan-nya masing-masing [10]. Model delta merupakan model kendaraan roda tiga dengan satu roda depan dan dua roda belakang. Model tadpole merupakan model kendaraan roda tiga dengan dua roda didepan dan satu roda dibelakang.

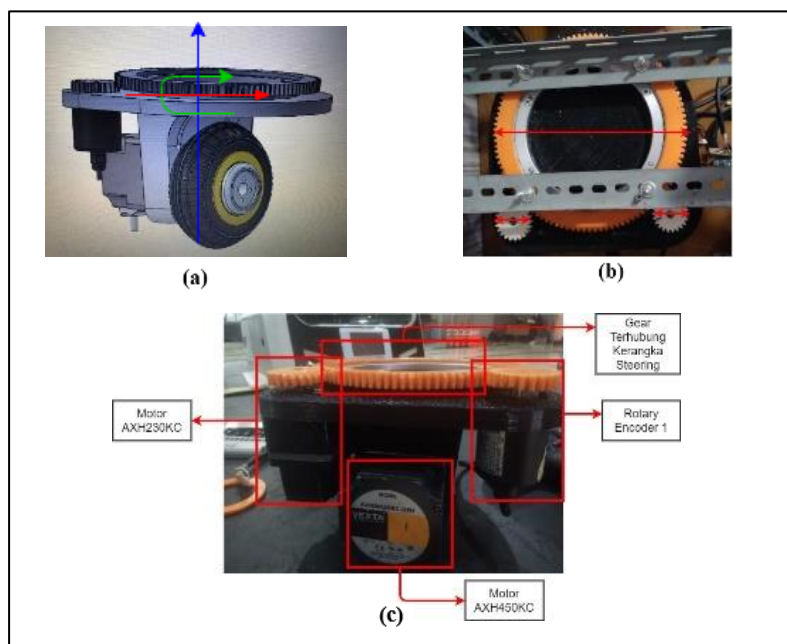
Keunggulan model kendaraan roda tiga dilihat dari segi stabilitas dan dinamis desain kendaraan, model tadpole memiliki keunggulan distribusi beban yang lebih baik selain itu desain model tadpole juga memiliki keunggulan dari segi aerodinamis. Tetapi model tadpole memiliki desain kontrol kemudi yang cukup rumit, dengan dua roda didepan sebagai kontrol kemudi, maka strategi kontrol seperti kemudi diferensial digunakan untuk kemudi kendaraan dan merubah arah

kendaraan [11]. Desain kendaraan roda tiga model delta dengan satu roda didepan sebagai kemudi, sistem kemudi model delta tentu-nya lebih mudah dilakukan, yakni hanya mengatur putaran kemudi dari satu roda didepan dengan memperhatikan model dinamis dan titik berat rangka kendaraan [12]. Masalah yang cukup rumit dalam penelitian kendaraan otonom adalah perencanaan dan modelling sistem kemudi yang dipengaruhi noise dan banyak ketidakpastian [13]. Penelitian sistem kemudi yang diajukan pada paper ini menggunakan model delta dari kendaraan roda tiga dengan satu roda didepan sebagai kemudi.

3.2. Mekanik Sistem Kemudi

Sistem kemudi merupakan proyek elektromekanika. Desain rangka mekanis untuk mensimulasikan cara kerja sistem yang diajukan sesuai pada Gambar 2. Rangka kemudi nantinya akan ditempatkan sebagai satu roda depan dari kendaraan otonom roda tiga. Desain yang diajukan menggunakan motor BLDC keluaran oriental motor AXH230KC dengan driver AXHD30K sebagai penggerak rangka yang akan merubah arah kemudi. Motor penggerak kemudi juga terhubung dengan *absolute rotary encoder* yang akan memberikan *feedback* nilai posisi rangka kemudi. Rancangan desain juga menggunakan BLDC AXH450KC sebagai penggerak satu roda kemudi.

Berdasarkan Gambar 2 dibawah ini, motor BLDC penggerak kemudi terhubung dengan gear penggerak kerangka kemudi yang digunakan sebagai penggerak putaran. Motor akan menggerakkan kemudi dengan pergerakan sesuai garis hijau pada Gambar 1(a). Pergerakan akan dibaca oleh *rotary encoder* yang juga terhubung dengan gear penggerak kerangka kemudi. *Rotary encoder* akan mengirimkan sinyal yang merepresentasikan posisi putaran kemudi. Gambar 1(b) menunjukkan perbandingan rasio gear pada kerangka kemudi. Gear penggerak kerangka kemudi memiliki diameter 20 cm dan gear kecil yang terhubung pada motor dan *rotary encoder* memiliki diameter 4 cm. Sehingga perbandingan rasio gear desain kerangka satu roda kemudi memiliki perbandingan 5 : 1. Berdasarkan rasio gear mekanik kemudi, 1 putaran rangka kemudi sama dengan 5 putaran *rotary encoder*. Perhitungan gear yang menghubungkan *rotary encoder* dengan rangka kemudi 5:1 akan dimanfaatkan pada program pengaturan posisi kemudi, sehingga nilai sudut posisi rangka kemudi (0° - 360°) sesuai dengan pembacaan dari *rotary encoder*.



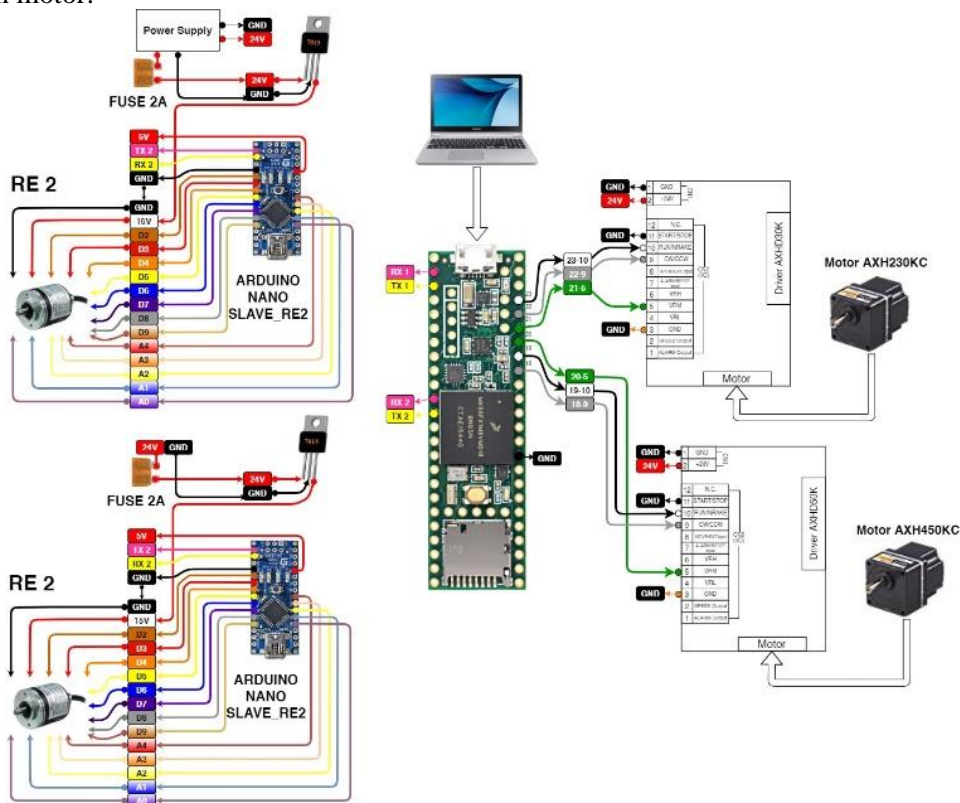
Gambar 2. Desain Mekanik Rangka Kemudi

3.3. Elektrik Sistem Kemudi

Perancangan sistem kemudi untuk kendaraan otonom roda tiga pada penelitian ini menggunakan mikrokontroler *teensy 3.6* sebagai master untuk mengendalikan putaran motor kemudi. Mikrokontroler master juga mendapatkan input berupa pembacaan nilai dari *absolute rotary encoder* melalui komunikasi serial. Pembacaan posisi dari *rotary encoder* dilakukan dengan mikrokontroler Arduino nano. Motor BLDC akan mengendalikan arah putaran dan posisi rangka kemudi, ketika motor berputar maka kerangka kemudi akan berputar sesuai putaran motor. *Absolute rotary encoder* yang digunakan merupakan keluaran EP50S8-1024-1R-N-24 untuk memberikan nilai putaran sudut. *Rotary encoder* ini memberikan nilai dalam kode BCD 13 bit yang dibaca Arduino nano. Untuk mendapatkan nilai posisi sudut, pada mikrokontroler Arduino nano dilakukan konversi kode BCD menjadi nilai sudut desimal yang dilakukan sesuai dengan Persamaan (1).

$$\theta^\circ = \frac{BCD\ Code}{1023} \times 360 \tag{1}$$

Nilai output pembacaan dari *rotary encoder* yang memberikan pembacaan BCD 13 bit dirubah kedalam nilai desimal, dengan total nilai 2^{13} atau 1024 dalam rentang 0 – 1023. Kemudian nilai desimal dikonversikan menjadi nilai sudut dengan Persamaan (1). Hasil perhitungan sudut *rotary encoder* pada mikrokontroler Arduino nano (0° - 360°) akan dikirimkan ke mikrokontroler master dari sistem kemudi melalui komunikasi serial. Nilai posisi sudut dari *rotary encoder* dijadikan sudut pembanding antara sudut yang diinginkan dan sudut nyata dari putaran motor.



Gambar 3. Rangkaian Elektrik Sistem Kemudi.

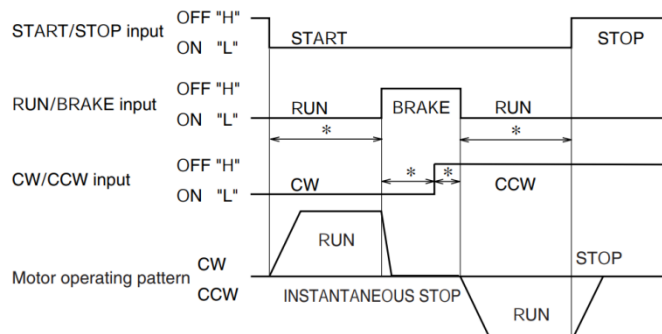
Sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 3, Mikrokontroler master dari desain yang diajukkan mendapatkan input dari komputer melalui serial USB. Rangkaian mikrokontroler Arduino nano juga digunakan untuk membaca putaran kemudi, dimana Arduino nano memberikan *feedback* berupa nilai sudut 0-360°. 15 pin *absolute rotary encoder* terhubung ke

Arduino nano yang melakukan komunikasi serial ke mikrokontroler master. Driver Motor memiliki 12 pin kendali tetapi pada penelitian ini hanya digunakan 6 pin yang sesuai dengan Tabel 1. Motor driver akan bekerja dengan tegangan supply 24 V dan *absolute rotary encoder* bekerja pada tegangan 24V. Motor driver dan *rotary encoder* dihubungkan dengan power supply 24 VDC. Pada motor driver kecepatan motor dapat diatur dengan beberapa metode, pada penelitian ini diatur dengan menggunakan PWM yang dimiliki pin digital dari mikrokontroler yang digunakan. Pin PWM Mikrokontroler terhubung ke pin VRM driver motor dengan fungsi sesuai pada tabel 1, dimana sesuai dengan fungsi yang tertera pin START/STOP, VRL, dan GND dihubungkan ke ground pada mikrokontroler.

Tabel 1. Penggunaan kabel motor driver dan fungsinya

Kabel	Warna Kabel	Fungsi
START/STOP	Hitam	Motor akan start Ketika input = 0 Motor akan stop Ketika input = 1
RUN/BREAK	Putih	Motor akan run Ketika input = 0 Motor akan break Ketika input = 1
CW/CCW	Abu-abu	Putaran CW Ketika input = 0 Putaran CCW Ketika input = 1
VRM	Hijau	Mengatur kecepatan motor (+)
VRL	Kuning	Mengatur kecepatan motor (-)
GND	Orange	Ground

Kinerja penggerakan kemudi dengan motor BLDC dan driver motor yang digunakan sesuai konfigurasi pada datasheet. Mikrokontroler digunakan untuk mengirimkan kondisi sinyal operasi motor. Pin snyal driver motor memiliki konfigurasi keadaan *Normally HIGH*, dimana dalam keadaan normal memiliki logika “HIGH”.



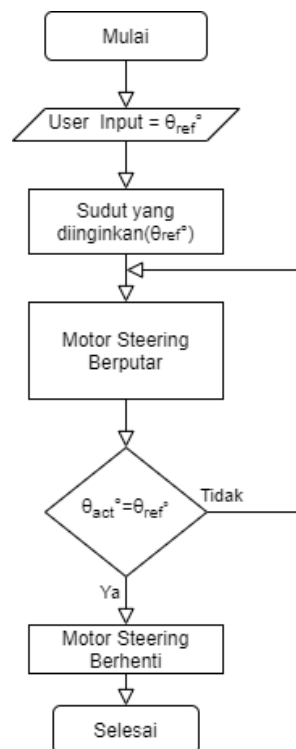
Gambar 4. Grafik sinyal I/O driver motor AXHD30K.

Berdasarkan grafik logika sinyal operasi motor sesuai Gambar 4, pin 11 (*START/STOP*) pada driver motor dengan kabel hitam dihubungkan dengan pin ground pada mikrokontroler sehingga memberikan logika *LOW* atau kondisi “*START*”. Kemudian pin 10 (*RUN/BRAKE*) dengan kabel putih dihubungkan ke pin digital pada mikrokontroler yang memberikan sinyal kendali, ketika motor akan dijalankan maka mikrokontroler akan memberikan logika *LOW*, sebaliknya ketika motor akan dihentikan maka mikrokontroler akan memberikan logika *HIGH*. Pin 9 (*CW/CCW*) digunakan untuk mengatur arah rotasi motor, perubahan arah motor untuk berputar searah jarum jam (*clockwise* (*CW*)) akan diberikan logika *LOW*, sebaliknya untuk membuat motor berputar berlawanan arah jarum jam (*counter-clockwise* (*CCW*)), maka mikrokontroler akan memberikan logika *HIGH* [14]. Kinerja pengaturan kecepatan motor dapat dilakukan dengan menggunakan tegangan DC eksternal 0-5V yang diberikan pada pin 5 (*VRM*) dengan kabel hijau, pin 5 terhubung dengan pin PWM mikrokontroler yang dapat memberikan tegangan 0-5V DC.

3.4. Algoritma Sistem Kemudi

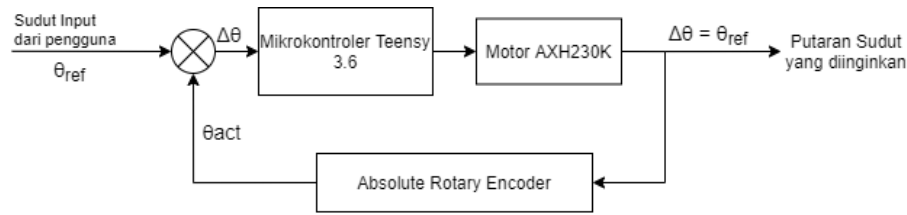
Sistem kemudi untuk kendaraan otonom yang diajukan dikendalikan dengan menggunakan putaran sudut dari motor penggerak kemudi. Pada penelitian ini simulasi dijalankan dengan menjadikan sudut yang diinginkan sebagai input dari sistem. Sudut yang diinginkan merupakan input dari pengguna. Dalam pengaturan arah putaran motor *clockwise* ataupun *counterclockwise*, sudut input diberikan kode tertentu. Pada putaran sudut arah *counterclockwise*, sudut input yang diberikan ditambah angka 1. Sebagai contoh apabila ingin melakukan putaran 90° arah *counterclockwise* maka diberikan sudut input 91, sedangkan apabila diinginkan putaran 90° arah *clockwise*, maka cukup berikan 90 sebagai input dari sistem.

Ketika sistem mendapatkan input maka motor penggerak kemudi akan berputar, putaran sudut dari motor akan dibaca oleh *rotary encoder*. Apabila sudut putaran motor tidak sama dengan sudut input sebagai sudut yang diinginkan, maka motor akan terus berputar sehingga tercapai sudut yang diinginkan. Diagram flowchart sistem kemudi ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Algoritma Putaran Sudut Kemudi.

Prinsip kerja kemudi yang diajukan sesuai dengan diagram alur pada Gambar 5. Motor penggerak kemudi akan berputar ketika diberi input oleh pengguna berupa nilai sudut yang diinginkan (θ_{ref}). Putaran motor yang terhubung dengan *rotary encoder* akan memberikan nilai posisi sudut yang sebenarnya (θ_{act}) dari rangka kemudi. Apabila sudut yang diinginkan telah tercapai atau ketika $\theta_{ref} = \theta_{act}$, maka motor penggerak putaran kemudi akan berhenti. Akan tetapi ketika sudut yang diinginkan belum tercapai maka motor penggerak kemudi akan terus berputar hingga sudut yang diinginkan tercapai.



Gambar 6. Blok Diagram Sistem Kemudi.

Strategi kemudi satu roda depan yang diajukkan pada penelitian ini merupakan sistem loop tertutup dengan *unity feedback system* sesuai blok diagram yang ditunjukkan pada Gambar 6. BLDC motor digunakan sebagai penggerak posisi kemudi dan *rotary encoder* akan memberikan *feedback* nilai posisi dari putaran kemudi yang sebenarnya tanpa dilakukan perhitungan *gain* dari *feedback* sistem loop tertutup (*feedback gain* = 1). Perhitungan nilai rata-rata kesalahan sistem kendali loop tertutup dengan *unity feedback system* sesuai dengan Persamaan (2), dimana R(s) merupakan input atau sudut referensi dan C(s) merupakan variabel output sistem [9]. Berdasarkan pemrosesan nilai *feedback* sudut dari *rotary encoder* dengan nilai input sudut yang diinginkan oleh pengguna, maka sudut posisi putaran kemudi yang sebenarnya dapat tercapai.

$$E(s) = R(s) - C(s) \tag{2}$$

Rancangan yang diusulkan pada penelitian ini akan menjadikan sudut akhir dari putaran motor menjadi sudut awal, sehingga apabila diberikan sudut input 90° maka motor akan berputar sampai mencapai sudut 90° dari sudut sebelumnya. Apabila sebelumnya telah dilakukan putaran sudut 10° dari titik 0, kemudian diberikan input putaran kembali sejauh 80°, maka putaran sudut motor akan berada pada titik 90° dari titik 0.

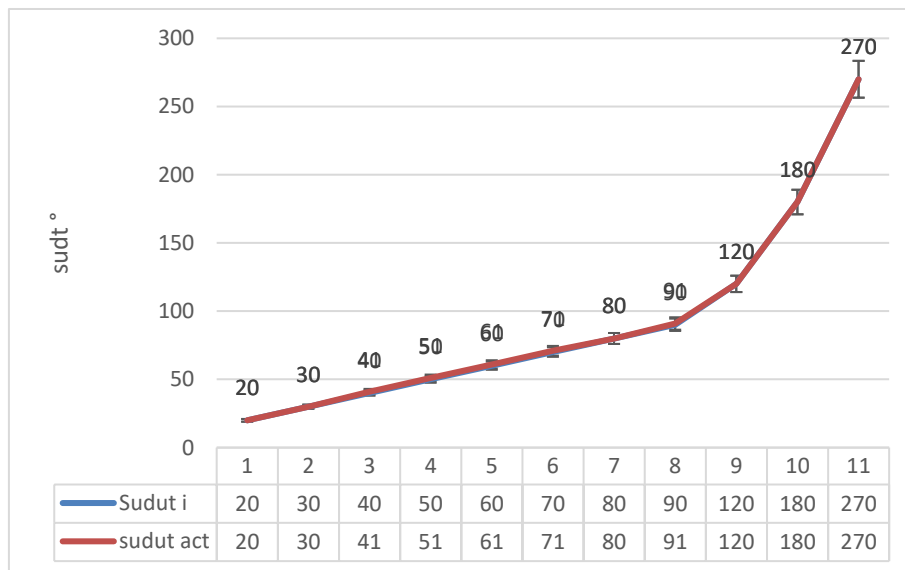
4. Hasil dan Pembahasan

Pengujian sistem kemudi kendaraan otonom roda tiga dilakukan dengan memberikan input nilai sudut. Input yang diberikan berupa sudut lancip yang merepresentasikan belokan tajam dan sudut tumpul yang merepresentasikan belokan tidak tajam. Sudut representasi belokan tajam diantaranya; 20°, 30°, 40°, 50°, 60°, 70°, 80°, dan 90°. Sudut yang merepresentasikan belokan tidak tajam diantaranya; 120°, 180°, dan 270°. Pengujian juga dilakukan dengan memberikan nilai kecepatan putaran kemudi dalam nilai PWM mikrokontroler sebanyak 3 variasi kecepatan berbeda diantaranya, 20 PWM sebagai kecepatan lambat, 50 PWM sebagai kecepatan sedang, dan 100 PWM sebagai kecepatan tinggi. Hasil pengujian kecepatan dengan variasi sudut dan kecepatan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil percobaan putaran prototipe kemudi.

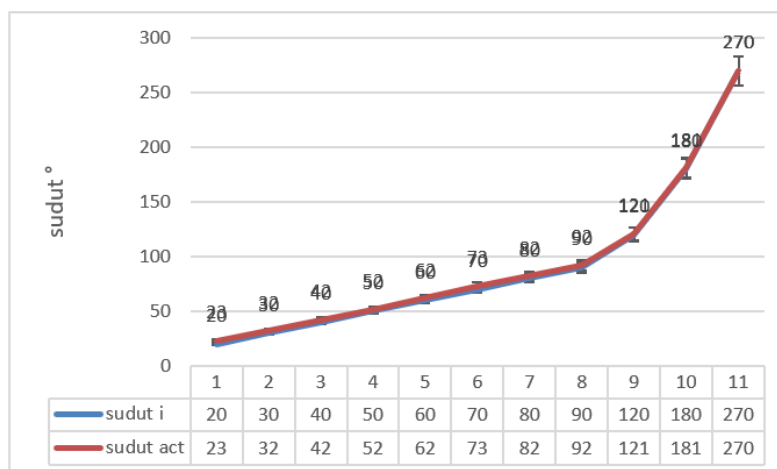
PWM = 20		PWM = 50		PWM = 100	
Sudut input (θ _{ref} ^o)	Sudut aktual (θ _{act} ^o)	Sudut input (θ _{ref} ^o)	Sudut aktual (θ _{act} ^o)	Sudut input (θ _{ref} ^o)	Sudut aktual (θ _{act} ^o)
20	20	20	23	20	27
30	30	30	32	30	36
40	41	40	42	40	46
50	51	50	52	50	56
60	61	60	62	60	64
70	71	70	73	70	74
80	80	80	82	80	85
90	91	90	92	90	94
120	120	120	121	120	123
180	180	180	181	180	183
270	270	270	270	270	272
<i>error rate = 0.45%</i>		<i>error rate = 1.81%</i>		<i>error rate = 4.54%</i>	

Berdasarkan data pada Tabel 2, didapati bahwa nilai rata-rata error pada nilai kecepatan rotasi kemudi 20 PWM sebesar 0.45%, pada kecepatan rotasi kemudi 50 PWM sebesar 1.81%, dan pada kecepatan 100 PWM didapati nilai rata-rata error sebesar 4.54%. Data hasil percobaan menunjukkan semakin besar nilai kecepatan putaran motor kemudi yang diberikan maka nilai rata-rata error juga semakin besar, sudut posisi hasil putaran kemudi memiliki selisih yang semakin besar dengan posisi sudut input yang diinginkan. Begitu juga dengan ketajaman sudut yang diberikan, semakin tajam belokan yang ingin dicapai yakni semakin kecil sudut input yang diberikan maka selisih nilai posisi sudut putaran yang sebenarnya dengan posisi sudut putaran yang diinginkan akan semakin besar. Perbedaan nilai antara sudut yang sebenarnya dengan sudut yang diinginkan dengan tiga variasi kecepatan yang diberikan dapat dilihat pada grafik pada Gambar 7, 8, dan 9.



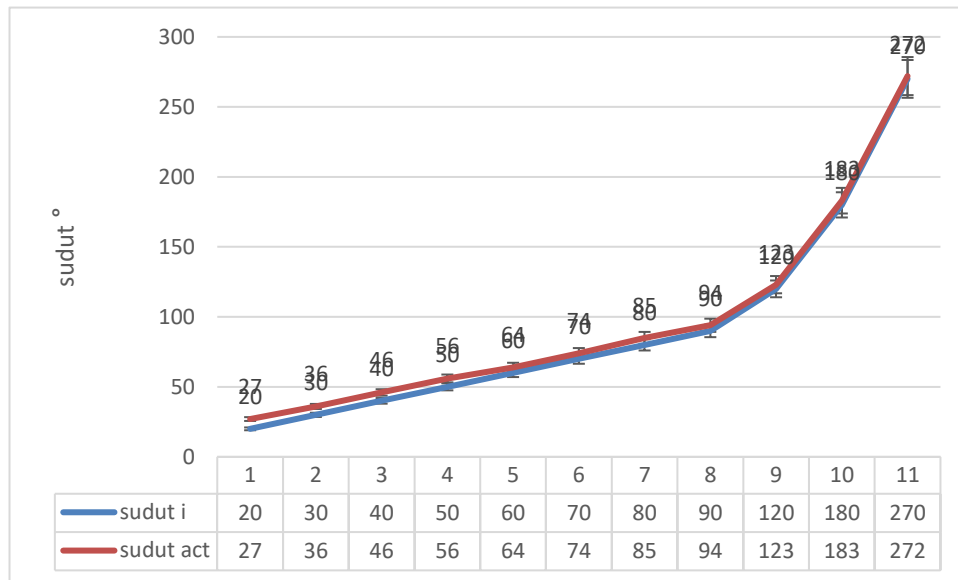
Gambar 7. Grafik perbandingan sudut yang diinginkan dengan sudut sebenarnya (PWM 20).

Berdasarkan grafik pada Gambar 7, percobaan pengaturan posisi sudut kemudi dengan kecepatan 20 PWM. Pada belokan tajam dengan sudut input 40°, 50°, 60°, 70°, dan 90°, menunjukkan hasil putaran posisi sudut kemudi yang sebenarnya selisih 1° dengan sudut yang diinginkan. Pada kecepatan ini nilai rata-rata error sebesar 0.45 %.



Gambar 8. Grafik perbandingan sudut yang diinginkan dengan sudut sebenarnya (PWM 50).

Sebagaimana grafik yang ditunjukkan pada Gambar 8 yang menunjukkan grafik perbandingan percobaan sudut input dengan sudut yang diinginkan pada kecepatan sedang (50 PWM). Pada belokan tajam dengan input sudut lancip, menunjukkan selisih hasil putaran rotasi kemudi sebenarnya dengan sudut yang diberikan lebih besar dibandingkan pada input sudut tumpul. Pada input sudut 20° memiliki selisih sudut 3°, dan pada sudut tumpul 120° dan 180° memiliki selisih 1°, sehingga didapati nilai rata-rata error sebesar 1.81%.



Gambar 9. Grafik perbandingan sudut yang diinginkan dengan sudut sebenarnya (PWM 100)

Berdasarkan Gambar 9, yang menunjukkan grafik perbandingan sudut input dengan sudut sebenarnya pada kecepatan PWM 100. Nilai selisih sudut antara sudut posisi hasil putaran kemudi dengan putaran sudut yang diinginkan lebih besar pada sudut lancip, pada sudut 20° memiliki selisih sebesar 7°, dan pada sudut 30° hingga 50°, memiliki selisih sebesar 4°. Selisih nilai sudut semakin kecil apabila sudut yang diberikan semakin besar dengan nilai rata-rata error untuk putaran kemudi sebesar 4,54 %. Berdasarkan grafik sesuai Gambar 7, 8, dan 9 dapat dilihat bahwa nilai selisih perbedaan antara sudut yang sesungguhnya dengan sudut yang diinginkan semakin berbeda ketika nilai kecepatan putaran motor semakin besar dan sudut yang diinginkan semakin tajam atau kecil. Pada kecepatan rendah (20 PWM), kecepatan sedang (50 PWM), dan kecepatan tinggi (100 PWM) masing masing memiliki nilai rata-rata error sebesar 0.45 %, 1.81%, dan 4,54 %. Sesuai pada [15], telah dijelaskan dalam perhitungan nilai *error rate*, dapat diambil nilai maksimum *error rate* sebesar 0.05 atau 5%, maka percobaan pengujian awal sistem kemudi kendaraan otonom roda tiga loop tertutup dengan *unity feedback system* dapat diterima. Akan tetapi pengembangan dari sistem kemudi yang diajukan perlu ditinjau lagi dengan berbagai aspek kendaraan otonom yang harus diperhatikan, penelitian yang akan dilakukan selanjutnya akan membahas lebih dalam rancangan sistem kemudi untuk kendaraan otonom roda tiga dengan memberikan hasil yang lebih stabil sehingga dapat diterapkan menjadi sarana transportasi.

5. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian sistem kemudi kendaraan otonom loop tertutup dengan *unity feedback system* yang diajukan sebagai desain awal untuk kemudi kendaraan otonom tiga dapat disimpulkan bahwa kendaraan roda tiga model delta, dengan satu roda didepan sebagai kemudi,

memiliki mekanisme sistem kemudi yang lebih mudah dibandingkan dengan model tadpole. Kemudi kendaraan roda tiga model delta dilakukan dengan mengatur putaran satu roda didepan sesuai dengan arah yang diinginkan. Rancangan kemudi yang dibuat dengan motor BLDC sebagai penggerak kemudi terhubung dengan *rotary encoder* yang memberikan nilai posisi putaran yang sebenarnya sebagai *feedback* kedalam sistem kemudi. Dengan menggunakan mikrokontroler posisi kemudi dapat diatur dengan memberikan nilai sudut sebagai input mikrokontroler. *Feedback* dari *rotary encoder* memperbesar nilai akurasi dari posisi sudut yang sebenarnya dengan posisi sudut yang diinginkan. Rancangan kemudi kendaraan roda tiga yang diajukan masih memiliki kekurangan, dimana nilai sudut yang sebenarnya memiliki rata-rata error 0,5 – 5% dari nilai yang diinginkan seiring dengan semakin cepatnya putaran kemudi yang diberikan dan ketajaman sudut yang ingin dicapai.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada pihak Pusat Riset Tenaga Listrik dan Mekatronik BRIN (Badan Riset dan Inovasi Nasional) yang telah memberikan tempat dan bahan untuk melakukan penelitian ini.

Referensi

- [1] Se-Young Oh and Younguk Yim, "Modeling of vehicle dynamics from real vehicle measurements using a neural network with two-stage hybrid learning for accurate long-term prediction," pp. 83–88, Jan. 2003, doi: 10.1109/CIRA.1999.809951.
- [2] A. Pandey, S. Jha, and D. Chakravarty, "Modeling and control of an autonomous three wheeled mobile robot with front steer," *Proceedings - 2017 1st IEEE International Conference on Robotic Computing, IRC 2017*, pp. 136–142, May 2017, doi: 10.1109/IRC.2017.67.
- [3] Tyler C. Folsom, "Self-driving Tricycles," *International Symposium on Bicycle Urbanism*, Jan. 16, 2013.
https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=HG0jqo0AAAJ&citation_for_view=HG0jqo0AAAJ:Se3iqnhoufwC (accessed Oct. 27, 2021).
- [4] J. Sindha, B. Chakraborty, and D. Chakravarty, "Rigid body modeling of three wheel vehicle to determine the dynamic stability-A practical approach," *2015 IEEE International Transportation Electrification Conference, ITEC-India 2015*, Jan. 2016, doi: 10.1109/ITEC-INDIA.2015.7386889.
- [5] L. Kamelia, E. A. D. Hamidi, W. Darmalaksana, and A. Nugraha, "Real-Time Online Attendance System Based on Fingerprint and GPS in the Smartphone," *Proceeding of 2018 4th International Conference on Wireless and Telematics, ICWT 2018*, Nov. 2018, doi: 10.1109/ICWT.2018.8527837.
- [6] A. Pandey *et al.*, "Low cost autonomous navigation and control of a mechanically balanced bicycle with dual locomotion mode," *2015 IEEE International Transportation Electrification Conference, ITEC-India 2015*, Jan. 2016, doi: 10.1109/ITEC-INDIA.2015.7386938.
- [7] T. F. Wang, Y. J. Yan, H. C. Chiang, T. L. Chen, and M. Ou-Yang, "Coding optimization for the absolute optical rotary encoder," *2018 International Automatic Control Conference, CACS 2018*, Jan. 2019, doi: 10.1109/CACS.2018.8606741.
- [8] Hendri Maja Saputra and LastName; Agam Setiawan, "EKSPERIMEN KENDALI POSISI SUDUT DAN KECEPATAN MOTOR DC BRUSHLESS AXH230KC-100 UNTUK MANIPULATOR ROBOT," *Seminar Nasional Rekayasa Energi, Mekatronik, dan Teknik Kendaraan*, pp. 181–188, Sep. 2013, Accessed: Oct. 27, 2021. [Online]. Available:
https://www.researchgate.net/publication/277668847_Experiment_for_Position_and_Speed_Control_of_AXH230KC-100_Brushless_DC_Motor_for_Robot_Manipulator

- [9] P. Bajpai, "Process Control," *Biermann's Handbook of Pulp and Paper*, pp. 483–492, 2018, doi: 10.1016/B978-0-12-814238-7.00024-6.
- [10] H. Thomas, "Jetrike.Com - Tadpole or Delta?," 2007. <http://www.jetrike.com/tadpole-or-delta.html> (accessed Oct. 27, 2021).
- [11] M. Yildirim and H. Kurum, "Electronic Differential System for an Electric Vehicle with Four In-wheel PMSM," *IEEE Vehicular Technology Conference*, vol. 2020-May, May 2020, doi: 10.1109/VTC2020-SPRING48590.2020.9129139.
- [12] A. Ranpariya, A. Thattil, S. Vachhani, D. Raval, P. Sharma, and U. G. Students, "Design of the Tadpole Type Three-Wheel Vehicle with Dynamic Conditions," *International Research Journal of Engineering and Technology*, vol. 9001, 2008, Accessed: Oct. 29, 2021. [Online]. Available: www.irjet.net
- [13] R. M. Murray, "Optimization-Based Control".
- [14] "Brushless DC motor and Driver AXH Series OPERATING MANUAL." <https://www.orientalmotor.com/products/pdfs/opmanuals/HM-5126E.pdf> (accessed Oct. 29, 2021).
- [15] R. J. Freund, W. J. Wilson, and D. L. Mohr, "Inferences for Two or More Means," *Statistical Methods*, pp. 245–320, 2010, doi: 10.1016/B978-0-12-374970-3.00006-8.

ID: 43

Perbandingan Kinerja Jaro Winkler dan Levensthein Distance pada Autocorrect Sistem Pencarian Hadis

Performance Comparison of Jaro Winkler dan Levensthein Distance on Autocorrect Hadith Search System

Ichsan Taufik^{1*}, Manarul Huda², Yana Aditia Gerhana³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Gunung Djati Bandung

Jl. AH. Nasution No. 105 Bandung

ichsan@uinsgd.ac.id¹, manarulhuda57@gmail.com², yanagerhana@uinsgd.ac.id³

Abstrak – Hadis merupakan hukum Islam kedua setelah Alquran. Banyaknya hadis yang tersebar di berbagai kitab hadis, mendorong umat Islam mencari cara untuk mendapatkan hadis yang tepat dalam waktu yang sesingkat-singkatnya. Salah satunya adalah Kitab Bulughul Maram yang berjumlah lebih kurang 1.371 buah hadis. Maka diperlukan implementasi untuk Sistem Pencarian Hadis. Namun saat dilakukan proses pencarian, kata kunci yang dipilih terkadang terjadi kesalahan penulisan. Oleh karenanya, diperlukan autocorrect untuk mengatasi hal tersebut. Kemudian, diperlukan analisa untuk mengetahui kinerja autocorrect pada Algoritma Jaro Winkler dan Levensthein Distance. Hasil yang didapatkan setelah 20 kali pengujian, akurasi Jaro Winkler sebesar 97,45%, lebih tinggi dibandingkan dengan akurasi Levensthein Distance yang sebesar 90,27%. Sedangkan untuk waktu tempuh, Levensthein Distance lebih singkat sebesar 0,09 detik dibandingkan Jaro Winkler sebesar 0,74 detik. Lalu untuk memori yang digunakan, Levensthein Distance lebih ringan dengan kapasitas 12.396,41kb dibandingkan dengan Jaro Winkler 12.664,84kb.

Kata Kunci: Hadis, Autocorrect, Jaro Winkler, Levensthein Distance.

Abstract – Hadith is the second Islamic law after the Koran. The number of hadiths that scattered in various books of hadith, encouraging Muslims to find ways to get the right hadith in the shortest possible time. One of them is the Book of Bulughul Maram which amounts to approximately 1,371 hadiths. So implementation is required for Hadith Search System. However, when the process search, the selected keyword sometimes error occurs. By hence, autocorrect is required to overcome tis. Then, required analysis to determine the performance of autocorrect on the Jaro Winkler Algorithm and Levensthein Distance. The results obtained after 20 times of testing, Jaro Winkler's accuracy 97.45%, higher than Levensthein's accuracy The distance is 90.27%. As for travel time, Levensthein Distance shorter by 0.09 seconds than Jaro Winkler by 0.74 seconds. Then for the memory used, Levensthein Distance is lighter with capacity 12,396.41kb compared to Jaro Winkler's 12,664.84kb.

Keywords: Hadith, Autocorrect, Jaro Winkler, Levensthein Distance

1. Pendahuluan

Hadis merupakan hukum islam kedua setelah Alqur'an. Untuk mempelajari hadis, diperlukan sumber dari ulama-ulama yang sanadnya sampai ke Rasulullah SAW. Salah satu Kitab Ulama hadis yang populer saat ini adalah Kitab Bulughul Maram karangan Ibnu Hajar Al-Asqalani. Kitab ini merupakan kitab hadis tematik yang memuat hadis-hadis yang dijadikan sumber pengambilan hukum fikih (istinbath) oleh para ahli fikih yang berjumlah lebih kurang 1.371 buah hadis dan menjadi rujukan utama khususnya bagi fikih dari Mazhab Syafi'i. Kitab ini termasuk kitab fikih yang menerima pengakuan global dan juga banyak diterjemahkan ke berbagai bahasa di seluruh dunia [1].

SENTER VI 2021, 18 November 2021, pp. 319-330

ISBN: 978-602-60581-7-1

■ 319

Beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, diantaranya yang dilakukan oleh Arie Satia Dharma, dkk pada tahun 2018 tentang Analisis Algoritma Approximate String Matching pada fitur Autocorrect dalam pencarian data. Penelitian tersebut berfokus pada perbandingan algoritma Levenshtein Distance dan Hamming Distance. Data yang dipakai berupa nama dan tipe mobil sekitar 370.000 data. Pengujian dilakukan pada 10 data uji yang melalui 3 tahap yakni pengujian running time dan memory, akurasi pengurangan karakter dan akurasi pergantian karakter. Dari pengujian dapat dihasilkan bahwa algoritma Hamming Distance lebih baik dalam melakukan pencarian 10,527 ms dan memakan memory 3.479.294,2 byte dibandingkan dengan algoritma Levenshtein 1.201,8 ms dan 6.553.652,2 byte. Algoritma Levenshtein Distance memiliki akurasi lebih tinggi 79,4% dibandingkan dengan algoritma Hamming Distance 25,8%. Serta akurasi pergantian kata, algoritma Levenshtein Distance 79,1% dan algoritma Hamming Distance 77,5% [2].

Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Agung Prasetyo, dkk pada tahun 2018 tentang penggunaan algoritma Jaro Winkler untuk fitur Autocorrect dan Spelling Sugestion pada penulisan naskah bahasa Indonesia di BMS TV. Dalam hal ini, Jaro Winkler digunakan untuk menangani kesalahan penulisan ejaan kata pada naskah bahasa Indonesia. Penggunaan algoritma tersebut melalui dua tahap yakni tahap Preprocessing dan tahap pengukuran jarak kedekatan kata. Dari pengujian yang dilakukan pada 60 kata yang salah pengejaannya, dihasilkan 49 yang mampu ditangani dengan tepat. Dengan demikian, algoritma tersebut mampu mengurangi kesalahan dalam penulisan naskah bahasa Indonesia [3].

Berdasarkan penelitian sebelumnya, pada umumnya perbandingan algoritma Levenshtein Distance dan Hamming Distance, akurasi algoritma Levenshtein Distance lebih tinggi dibandingkan dengan Hamming Distance. Sedangkan, waktu tempuh dilakukannya pencarian, algoritma Hamming Distance lebih cepat dibandingkan dengan Levenshtein Distance. Lalu, kapasitas memori yang digunakan, algoritma Levenshtein Distance lebih banyak memakan memori dibandingkan dengan algoritma Hamming Distance. Begitupun algoritma Jaro Winkler pada penelitian sebelumnya, umumnya dalam akurasi pengoreksian kata lebih tinggi dibandingkan dengan algoritma lainnya. Maka, penelitian ini diusulkan “Perbandingan kinerja Jaro Winkler Distance dan Levenshtein Distance pada autocorrect Sistem Pencarian Hadis.”

2. Metode Penelitian

Metode pembangunan perangkat lunak yang digunakan yaitu model prototipe. Dimana metode ini menerapkan secara langsung hasil analisa perbagian ke dalam sebuah model tanpa harus menunggu sistem selesai dibuat [10]. Metode pengembangan ini cocok digunakan untuk pengerjaan proyek jangka pendek. Karena memiliki kelebihan diantaranya, pendefinisian kebutuhan pemakai menjadi lebih baik, peningkatan kepuasan pemakai, mempersingkat waktu pengembangan, pendeteksian kesalahan di setiap versi *Prototipe*, interaksi pengembang dan pelanggan dalam setiap perubahan, dan menekan biaya produksi [5]. Ada beberapa tahapan yang dilakukan pada pembangunan perangkat lunak ini :

1. Pengumpulan Kebutuhan

Melakukan komunikasi dengan narasumber perihal pencarian hadis, sehingga teridentifikasi dan terkumpul data-data penting yang sesuai dengan kebutuhan sistem yang akan dibangun.

2. *Quick Design*

Quick Desain bisa disebut juga dengan kegiatan dalam melakukan perancangan sekaligus dengan pemodelan. Pada tahap ini yakni, menerjemahkan dari analisis metode pencarian

hadis dan kebutuhan sistem ke bentuk yang mudah dimengerti oleh pengguna seperti halnya diagram dan *interface*.

3. Implementasi

Setelah dilakukan *Quick Design*, maka tahap selanjutnya ialah mengimplementasikan ke dalam kode program menjadi suatu perangkat lunak yang utuh.

4. Testing

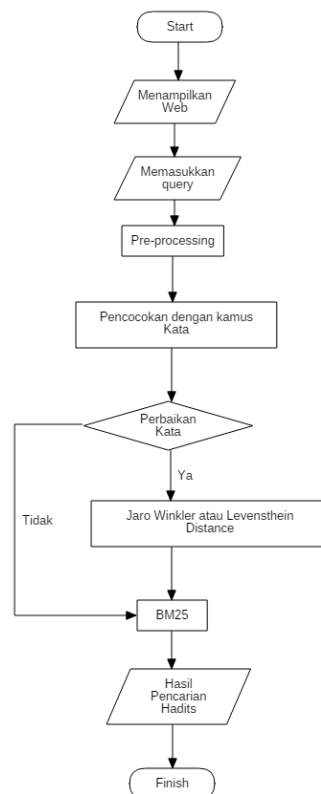
Setelah implementasi sudah menjadi suatu perangkat lunak yang utuh, maka perlu dilakukan uji coba terlebih dahulu sebelum dipakai oleh pengguna.

5. Evaluasi

Bila perangkat lunak sudah diuji coba, maka perlu adanya evaluasi dari serangkaian tahap yang sudah dikerjakan untuk dapat diperbaiki jika masih ada kekurangan ataupun kesalahan.

3.1. Alur Penelitian

Alur dari penelitian yang akan dilakukan bisa dilihat pada Gambar 1 berikut.



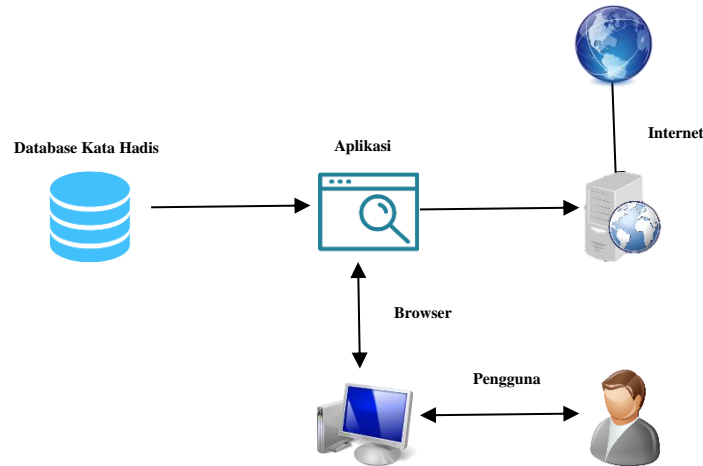
Gambar 1 Flowchart Aplikasi

Pada Gambar 1, sebelum melakukan pencarian, *query* masuk tahap *preprocessing*. Sehingga dari banyaknya kata pada *query*, hanya kata kunci yang dapat dijadikan perhitungan untuk pencarian nantinya. Jika, kata kunci tidak ada kekeliruan pada penulisan, maka dilanjutkan pada proses pencarian. Namun, jika kata kunci terdapat kekeliruan pada penulisan, maka dilakukan *autocorrect* menggunakan *Jaro Winkler* atau *Levensthein Distance*. Setelah direkomendasikan

kata kunci baru, maka lanjut pada proses pencarian.

3.2. Arsitektur system

Pada Gambar 2 Berikut merupakan arsitektur sistem pada penelitian ini, yang menggambarkan sistem yang dibuat serta spesifikasi dari sistem yang telah dibuat.



Gambar 2 Arsitektur sistem

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Implementasi Algoritma Jaro Winkler dan Levensthein Distance

Pada penelitian ini, data yang akan diolah untuk pencarian merupakan data hadis dari kitab Bulughul Maram yang diiputkan pada koleksi data berupa tabel hadis. Data tersebut seperti pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1 Data Hadis

No.	Judul Hadis	Isi Hadis
1.	Kesucian Air	Dari Abu Sa'id al-Khudri rodhiyallohu 'anhu, ia berkata: Rosululloh Shollallohu 'alaihi wa Sallam bersabda, "Sesungguhnya air itu mensucikan tidak dapat dinajiskan oleh sesuatu pun." Dikeluarkan oleh imam yang tiga (Abu Dawud, at-Tirmidzi, dan an-Nasa-i) dan dishohihkan oleh Ahmad.
2.	Laki-laki mandi dengan air bekas wanita dan sebaliknya.	Dari seorang laki-laki Sahabat Nabi Shollallohu 'alaihi wa Sallam, ia berkata, "Rosulullah Shollallohu 'alaihi wa Sallam melarang wanita untuk mandi dengan air bekas laki-laki dan laki-laki dengan air bekas wanita." Musaddad menambah, "Hendaklah keduanya meciduk." Dikeluarkan oleh Abu Dawud dan an-Nasa-i dan sanadnya shohih.

Dari data tersebut akan diolah dan dikenali oleh algoritma BM25. Hasil pencarian akan dilakukan pemeringkatan dari skor yang paling tinggi. Sebagai contoh dapat dilakukan seperti pada Tabel 2.

Query : Hadis tentang waktu Salat.

Tabel 2 Dokumen Hadis

Dokumen ke-1	Dari Abdullah bin Amr RA bahwa Rasulullah SAW bersabda : "Waktu zuhur itu jika matahari telah condong dan bayangan seseorang sama dengan tingginya selama waktu asar belum tiba, waktu asar itu ada selama matahari belum menguning, waktu salat magrib itu selama awan merah belum menghilang, waktu salat isya itu hingga tengah malam dan waktu salat subuh itu mulai terbitnya fajar selama matahari belum terbit." HR Muslim.[612]
--------------	---

Setelah *query* dan dokumen yang tersedia, maka dilanjutkan dengan tahap *Preprocessing* yang melewati tahapan *Casefolding*, *Tokenizing*, *Filtering* dan *Stemming*.

1. *Casefolding*

Query : hadis tentang waktu shalat.

Tabel 3 *Casefolding* dokumen hadis

Dokumen ke-1	dari abdullah bin amr ra bahwa rasulullah saw bersabda waktu zuhur itu jika matahari telah condong dan bayangan seseorang sama dengan tingginya selama waktu asar belum tiba waktu asar itu ada selama matahari belum menguning waktu salat magrib itu selama awan merah belum menghilang waktu salat isya itu hingga tengah malam dan waktu salat subuh itu mulai terbitnya fajar selama matahari belum terbit hr muslim
--------------	---

2. *Tokenizing*

a. *Query*

Tabel 4 *Tokenizing Query*

Kata	Kata
Hadis	Waktu
Tentang	Salat

b. Dokumen Ke-1

Tabel 5 *Tokenizing* Dokumen ke-1

Kata	Kata	Kata	Kata	Kata
dari	matahari	tiba	Awan	salat
abdullah	Telah	waktu	Merah	subuh
bin	condong	asar	Belum	itu
amr	Dan	itu	menghilang	mulai
ra	bayangan	ada	Waktu	terbitnya
bahwa	seseorang	selama	Salat	fajar
rasullah	Sama	matahari	Isya	selama
saw	Dengan	belum	Itu	matahari
bersabda	tingginya	menguning	hingga	belum

Kata	Kata	Kata	Kata	Kata
waktu	Selama	waktu	tengah	terbit
zuhur	Waktu	magrib	Malam	hr
itu	Asar	itu	Dan	muslim
jika	belum	selama	waktu	

3. Filtering

a. Query

Tabel 6 Filtering Query

Kata
Hadis
Salat

b. Dokumen Ke-1

Tabel 7 Filtering Dokumen ke-1

Kata	Kata	Kata	Kata	Kata
abdullah	zuhur	matahari	Isya	terbit
bin	matahari	menguning	malam	hr
amr	condong	magrib	salat	muslim
Ra	bayangan	awan	subuh	
rasullah	tingginya	merah	terbitnya	
saw	asar	menghilang	fajar	
bersabda	asar	salat	matahari	

4. Stemming

a. Query

Tabel 8 Stemming Query

Kata
Hadis
Salat

b. Dokumen Ke-1

Tabel 9 Stemming Dokumen Ke-1

Kata	Kata	Kata	Kata	Kata
abdullah	zuhur	matahari	Isya	terbit
bin	matahari	kuning	malam	hr
amr	condong	magrib	salat	muslim
Ra	bayang	Awan	subuh	
rasullah	tinggi	Merah	terbit	
saw	asar	Hilang	fajar	

Dari hasil *preprocessing* di atas, dilanjutkan dengan perhitungan *autocorrect* menggunakan algoritma *Jaro Winkler* dan *Levenshtein Distance*. Untuk *autocorrect* menggunakan *Jaro Winkler*, contoh koreksi kata “hads”i” menuju “hadis” langkahnya sebagai berikut:

$$dj = \frac{1}{3} \left(\frac{m}{S1} + \frac{m}{S2} + \frac{m-t}{m} \right) = \frac{1}{3} \times \left(\frac{5}{5} + \frac{5}{5} + \frac{5-1}{5} \right) = \frac{1}{3} \times \left(1 + 1 + \frac{4}{5} \right) = \frac{1}{3} \times (1 + 1 + 0,8) = \frac{1}{3} (2,8) = 0,93$$

$$dw = dj + (l \times p(1 - dj)) = 0,93 + (3 \times 0,1(1 - 0,93)) = 0,93 + (3 \times 0,1(0,07)) = 0,93 + (3 \times 0,007) = 0,93 + 0,007 = 0,937$$

Begitupun jika menggunakan *autocorrect Levenshtein Distance*. Terlebih dahulu tentukan banyaknya karakter yang akan dikoreksi dengan matriks string sebagai berikut:

Tabel 10 Matriks string *Levenshtein Distance*

		H	A	D	I	S
	0	1	2	3	4	5
H	1	0	1	2	3	4
A	2	1	0	1	2	3
D	3	2	1	0	1	2
S	4	3	2	1	1	2
I	5	4	3	2	2	2

Dari matriks string tersebut, angka yang diberi warna merah adalah banyaknya karakter yang akan dirubah. Untuk mengetahui akurasi merubah kata yang asalnya “hads”i” menuju “hadis” sebagai berikut :

$$Bobot\ kemiripan = \left(1 - \frac{d[m,n]}{Max(S,T)} \right) * 100\% = \left(1 - \frac{2}{5} \right) * 100\% = (1 - 0,4) * 100\% = 0,6 * 100\% = 60\%$$

Dari kedua algoritma yang telah dihitung, untuk kompleksitas dari masing-masing algoritma sebagai berikut:

1. Kompleksitas Algoritma *Jaro Winkler*

Tabel 11 Kompleksitas Algoritma *Jaro Winkler*

Code	Cost	Time	Cost.Time
<code>Int (matchRange;cs1;cs2;)</code>	C1	n	C1n
<code>matchRange=max(cs1.length(),cs2.length()) / 2 - 1</code>	C2	n ²	C2n
<code>return matchRange;</code>	C3	n ²	C3n ²
<code>transposition(jaroCompare;jaroDistance);</code>	C4	n ²	C4n ²
<code>jaroCompare(cs1,cs2)=(matches(cs1,cs2)/cs1.length()+ matches(cs1,cs2) / cs2.length()+ (matches(cs1,cs2)- transposes(cs1,cs2))/matches(cs1,cs2)) / 3</code>	C5	n ²	C5n ²
<code>jaroDistance(cs1,cs2)=1-jaroCompare(cs1,cs2)</code>	C6	n ²	C6n ²

Code	Cost	Time	Cost.Time
return FALSE;	C7	n	C7n
Winkler(jaroWinklercompare;boostThreshold;p refixSize;jaroMeasure;)	C8	n ²	C8n ²
jaroWinklerCompare(cs1,cs2,boostThreshold,p refixSize)=jaroMeasure(cs1,cs2)<=boostThres hold?jaroMeasure(cs	C9	n ²	C9n ²
1,cs2):jaroMeasure(cs1,cs2)+0.1*prefixMatch (cs1,cs2,prefixSize)*(1.0- jaroDistance(cs1,cs2))			
jaroWinklerDistance(cs1,cs2,boostThreshold, prefixSize)=1- jaroWinklerCompare(cs1,cs2,boostThreshold,p refixSize)	C10	n ²	C10n ²
Return jaroWinklerCompare;	C11	n	C11n

$$\begin{aligned}
 T(n) &= \sum_i^n = 1 \\
 &= (C1 + C7 + C11)n + (C2 + C3 + C4 + C5 + C6 + C8 + C9 + C10)n^2 \\
 &= \theta(n)^2 \\
 \text{Jumlah} &= n = 3n \\
 &= n^2 = 8n^2
 \end{aligned}$$

Dari tabel diatas, hasil dari perhitungan kompleksitas algoritma *Jaro Winkler* menunjukkan bahwa jumlah (n) terdapat 3 sedangkan untuk nilai (n)² terdapat 8, artinya nilai n lebih kecil daripada nilai n² dengan selisih 5 berarti untuk proses pengoreksian kata kunci menggunakan algoritma *Jaro Winkler* adalah lambat.

2. Kompleksitas Algoritma *Levensthein Distance*

Tabel 12 Kompleksitas Algoritma *Levensthein Distance*

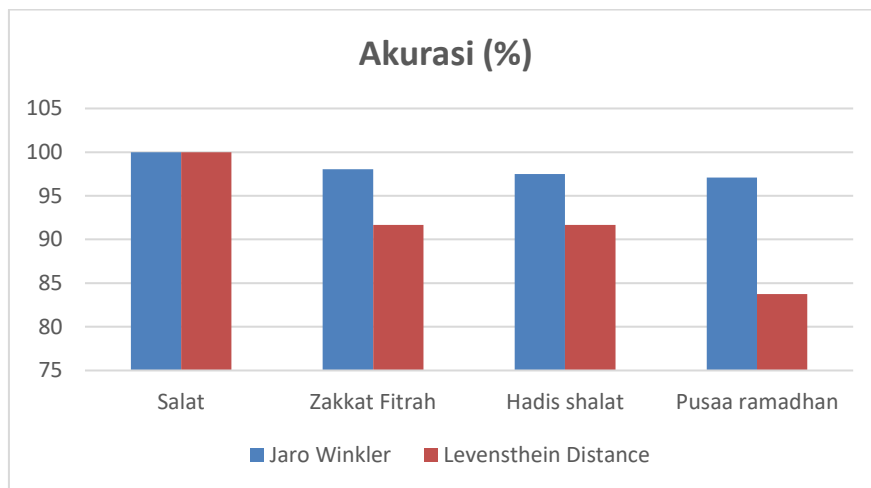
Code	Cost	Time	Cost.Time
kolom declare int d[0..m, 0..n]	C1	n	C1n
for i from 0 to m	C2	n ²	C2n ²
d[i, 0] := i	C3	n	C3n
for j from 0 to n	C4	n ²	C4n ²
d[0, j] := j	C5	n	C5n
for i from 1 to m	C6	n ²	C6n ²
for j from 1 to n {	C7	n ²	C7n ²
if s[i] = t[j] then cost := 0	C8	n ²	C8n ²
else cost := 1	C9	n	C9n
d[i, j] := minimum(d[i-1, j] + 1)	C10	n ²	C10n ²
d[i, j-1] + 1	C11	n	C11n
d[i-1, j-1] + cost	C12	n	C12n
} return d[m, n]	C13	n	C13n

$$\begin{aligned}
 T(n) &= \sum_i^n = 1 \\
 &= (C1 + C3 + C5 + C9 + C11 + C12 + C13)n + (C2 + C4 + C6 + \\
 &\quad C7 + C8 + C10)n^2 \\
 &= \theta(n)^2 \\
 \text{Jumlah} &= n = 7n \\
 &= n^2 = 6n^2
 \end{aligned}$$

Dari tabel diatas, hasil dari perhitungan kompleksitas algoritma *Levensthein Distance* menunjukkan bahwa jumlah (n) terdapat 7 sedangkan untuk nilai (n)² terdapat 6, artinya nilai n lebih besar daripada nilai n² dengan selisih 1 berarti untuk proses pengoreksian kata kunci menggunakan algoritma *Levensthein Dostance* adalah cepat.

3.2. Pengujian

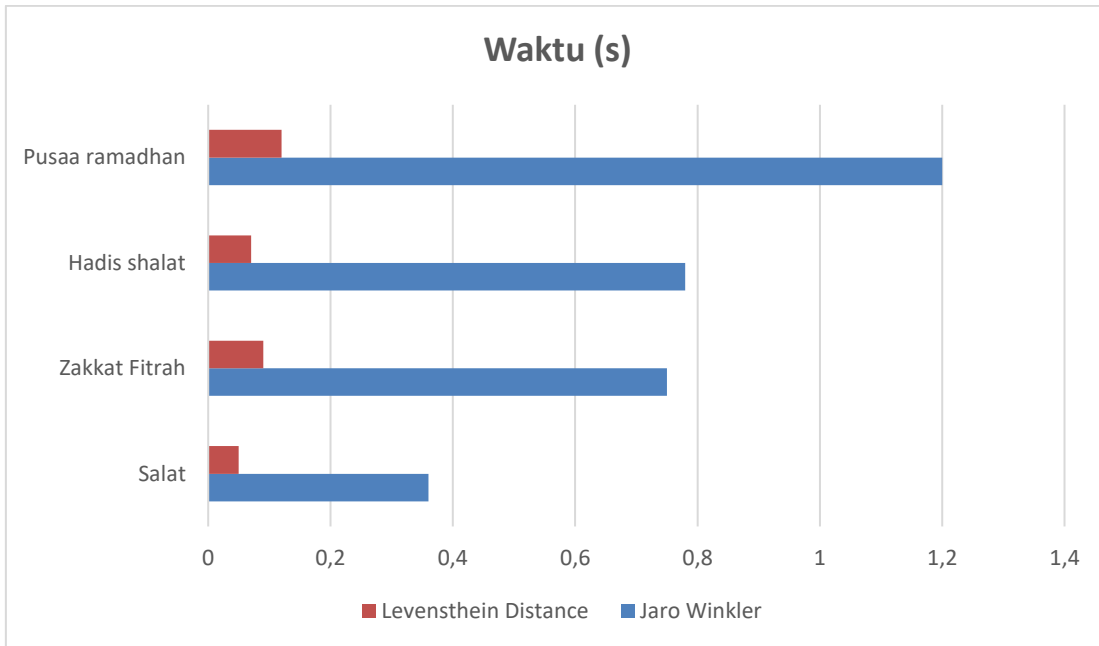
Berdasarkan hasil 20 kali pengujian dari algoritma *Jaro Winkler* dan *Leventhein Distance* terhadap data *training* sejumlah 28530 kata. Tiap kata memiliki skornya masing-masing. Untuk pengujian sendiri menggunakan 4 skenario yakni kata benar semua, kata pertama salah dan kata kedua benar, kata pertama benar dan kata kedua salah, dan kata salah semua. Agar lebih terarah pada perbandingannya. Untuk perbandingan algoritma dari sisi akurasi dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Perbandingan Akurasi Algoritma

Pada Gambar 3, perwakilan kata untuk tiap skenario yang dihasilkan adalah kata awal sebelum dilakukan *autocorrect*. Setelah dilakukan *autocorrect*, menghasilkan kata baru dan kata baru tersebut adalah skor yang tertinggi. Akurasi yang dihasilkan belum tentu menunjukkan kata yang diharapkan. Setelah dibandingkan kedua algoritma tersebut, akurasi dari *Jaro Winkler* lebih baik dari *Levensthein Distance*.

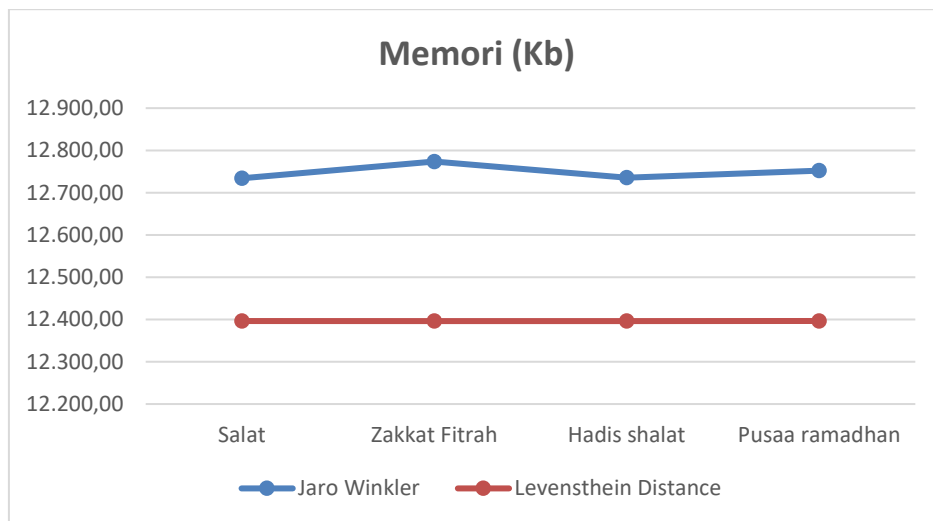
Untuk waktu tempuh yang digunakan, perbandingan dari Algoritma *Jaro Winkler* dan *Levensthein Distance* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Perbandingan Waktu *Jaro Winkler* dan *Levensthein Distance*

Pada Gambar 4, perbedaan waktu yang muncul lumayan jauh. Perhitungan waktu didapat dari selisih awal dan akhir dari pemrosesan algoritma. Waktu yang digunakan bisa saja sewaktu-waktu berubah menyesuaikan dengan kondisi perangkat keras yang digunakan. Namun saat ini, Algoritma *Levensthein Distance* lebih unggul dibandingkan dengan algoritma *Jaro Winkler*.

Untuk kapasitas yang digunakan, perbandingan algoritma *Jaro Winkler* dan *Levensthein Distance* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Perbandingan Memori *Jaro Winkler* dan *Levensthein Distance*

Pada Gambar 5, memori yang digunakan adalah selisih dari akhir dan awal pemrosesan algoritma. Hasil dari perhitungan menunjukkan bahwa Algoritma *Levensthein Distance* lebih ringan dibandingkan dengan Algoritma *Jaro Winkler*.

Dari pengujian akurasi, waktu tempuh dan memori didapatkan hasil akhir pada Tabel 4.6 Sebagai berikut:

Tabel 13 Perbandingan Algoritma *Jaro Winkler* dan *Levensthein Distance*

No.	Algoritma	Akurasi(%)	Waktu(s)	Memori(kb)
1.	<i>Jaro Winkler</i>	97,45	0,74	12.664,84
2.	<i>Levensthein Distance</i>	90,27	0,09	12.396,41

Dari hasil rata-rata nilai uji untuk koreksi kata masing-masing algoritma, selisih akurasi *Jaro Winkler* dengan *Levensthein Distance* sekitar 7,18%. Hal ini dikarenakan, algoritma *Jaro Winkler* dalam perhitungannya selain dari menghitung panjang dari dua *string*, dan menemukan jumlah karakter yang sama di dalam dua *string*, algoritma ini juga terdapat perhitungan untuk menemukan jumlah transposisi. Sehingga meningkatnya tingkat akurasi dari masing-masing kata yang tersedia di data *training*. Untuk waktu tempuh koreksi kata, memiliki selisih 0,65 detik. Karena, algoritma *Levensthein Distance* tidak terlalu banyak tahapan yang dilaluinya. Sehingga waktu tempuh yang dilalui pun lebih singkat. Lalu untuk kapasitas memori yang digunakan, memiliki selisih kapasitas 268,4kb. Karena, *performansi* dari algoritma *Levensthein Distance* lebih unggul dengan data *training* yang tersedia. Untuk penggunaan algoritmanya pada sistem pencarian hadis disesuaikan dengan kondisi dari sarana pendukung yang dimiliki.

4. Kesimpulan

Setelah dilakukannya implementasi dan pengujian algoritma, maka kesimpulannya sebagai berikut:

1. Algoritma *Jaro Winkler* yang telah diterapkan pada koreksi kata kunci telah melalui tahapan perhitungan panjang dari dua *string*, ditemukannya jumlah karakter yang sama di dalam dua *string*, dan ditemukannya jumlah transposisi. Lalu dilakukan perhitungan *Jaro Winkler* dengan dihasilkannya nilai maksimum dari skor masing-masing kata dasar. Sedangkan algoritma *Levensthein Distance*, telah melalui tahapan perhitungan panjang dua *string* dan matriks *string*. Lalu dilakukan perhitungan *Levensthein Distance* dengan dihasilkannya nilai minimum dari skor masing-masing kata dasar.
2. Berdasarkan hasil pengujian dengan menggunakan 20 data sampel dengan data *training* 28530 kata dalam membandingkan kinerja Algoritma *Jaro Winkler* dan *Levensthein Distance* dapat disimpulkan bahwa algoritma *Jaro Winkler* mendapatkan nilai akurasi lebih tinggi sebesar 97,45%. Sedangkan untuk waktu tempuh koreksi kata, algoritma *Levensthein Distance* mendapatkan waktu lebih cepat sebesar 0,09 detik. Lalu untuk memori yang digunakan, algoritma *Levensthein Distance* lebih ringan kapasitas sebesar 12.396,41 kb.

Referensi

- [1] "Bulughul Maram," 2018. [Online]. Available: https://id.wikipedia.org/wiki/Bulughul_Maram. [Accessed: 30-Jun-2019].
- [2] A. S. Dharma, J. Banjarnahor, O. Nainggolan, and Y. Sihombing, "Analisis Algoritma Approximate String Matching Pada Fitur Autocorrect dalam Pencarian Data," vol. 01, no. 01, pp. 1–6, 2018.
- [3] A. Prasetyo, W. M. Baihaqi, and I. S. Had, "ALGORITMA JAROWINKLER DISTANCE: FITUR AUTOCORRECT DAN SPELLING SUGGESTION PADA PENULISAN NASKAH BAHASA INDONESIA DI BMS TV," J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput., vol. 5, no. 4, pp. 435–444, 2018.
- [4] J. Sarwono, Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif, Cetakan Pe. Yoogyakarta: Graha Ilmu, 2006.
- [5] A. Kadir, Pengenalan Sistem Informasi Edisi Revisi. Yogyakarta: CV ANDI, 2014.

- [6] M. Hakim, "SISTEM PAKAR MENGIDENTIFIKASI JENIS HADITS MENGGUNAKAN METODE FORWARD CHAINING," pp. 28–29, 2016.
- [7] P. D. I. W, "IMPLEMENTASI PEMBELAJARAN KITAB KUNING SEBAGAI UP PENINGKATAN RELIGIUSITAS PESERTA DIDIK DI PONDOK PESANTREN TARBİYATUL MUBTADIIN BEKASI TIMUR," Yogyakarta, 2018.
- [8] N. K. bin Kurdian, "STUDI KOMPARASI ANTARA BAB AL-MIYAH DI KITAB ALMUHARRAR FI AHADITS AL-AHKAM DENGAN BAB ALMIYAH DI KITAB BULUGHUL MARAM MIN ADILLAH AL-AH KAM," Al-Majaalis, vol. 3, no. 2, pp. 1–33, 2016.
- [9] W. Zaelani, "Penerapan Algoritma Jaro Winkler Distance Untuk Penilaian Esai Otomatis Pada Mata Pelajaran Kewarganegaraan," Bandung, 2017.
- [10] Tinaliah and T. Elizabeth, "Perbandingan Hasil Deteksi Plagiarisme Dokumen Dengan Metode Jaro Winkler Distance dan Metode Latent Semantic Analysis," J. Teknol. dan Sist. Komput., vol. Vol 6, 2018.
- [11] I. Taufik, I. D. Aishia, I. I. Data, and D. A. N. Metode, "IMPLEMENTASI FUZZY SEARCH UNTUK PENDETEKSI KATA ASING PADA," no. April, pp. 1–8, 2017.
- [12] A. Nurul and S. Ulfah, "Implementasi Algoritma Levensthein Distance untuk koreksi kesalahan ejaan pada dokumen teks," Diploma Thesis UIN SGD Bandung, 2016.
- [13] Hartanto, "TEXT MINING DAN SENTIMEN ANALISIS TWITTER PADA GERAKAN LGBT," vol. 9, no. 1, pp. 18–25, 2017.
- [14] R. Siringoringo, "Text Mining dan Klasterisasi Sentimen Pada Ulasan Produk Toko Online," Tek. Inform. Univ. Prima Indones. Medan, vol. 2, pp. 1–6, 2019.
- [15] A. Sofyan and S. Santosa, "TEXT MINING UNTUK KLASIFIKASI PENGADUAN PADA SISTEM LAPOR MENGGUNAKAN METODE C4.5 BERBASIS FORWARD SELECTION," Teknol. Inf., vol. 12, no. April, pp. 74–83, 2016.
- [16] R. R. Bintana and S. Agustian, "Penerapan Model OKAPI BM25 Pada Sistem Temu Kembali Informasi," pp. 273–279, 2012.
- [17] A. Dan et al., "KEBUDAYAAN."
- [18] F. Sanjaya, "Pemanfaatan Sistem Temu Kembali Informasi dalam Pencarian Dokumen Menggunakan Metode Vector Space Model," J. Inf. Technol., vol. 5, no. 2, pp. 147–153, 2017.
- [19] A. S. Nayak, A. P. Kanive, N. Chandavekar, and R. Balasubramani, "Survey on Pre-Processing Techniques for Text Mining," vol. 5, no. 16875, pp. 16875–16879, 2016.
- [20] D. Susandi and U. Sholahudin, "Pemanfaatan Vector Space Model pada Penerapan Algoritma Nazief Adriani , KNN dan Fungsi Similarity Cosine untuk Pembobotan IDF dan WIDF pada Prototipe Sistem Klasifikasi Teks Bahasa Indonesia," vol. 3, no. 1, pp. 22–29, 2016.
- [21] M. W. Sardjono, M. Cahyanti, M. Mujahidin, and R. Arianty, "BERBAHASA INDONESIA MENGGUNAKAN ALGORITMA STEMMING NAZIEF-ADRIANI," jurnal.wicida.ac.id, pp. 138–146, 2018.
- [22] D. Wahyudi, T. Susyanto, and D. Nugroho, "Implementasi dan analisis algoritma stemming nazief & adriani dan porter pada dokumen berbahasa indonesia," pp. 49–56, 2013.
- [23] K. Frinta and P. P. Adikara, "Pencarian Berita Berbahasa Indonesia Menggunakan Metode BM25," vol. 3, no. 3, pp. 2589–2595, 2019.
- [24] J. R. Embongbulan, Y. F. A, and A. P. Kurniati, "RETRIEVAL Latar belakang Kebutuhan informasi yang semakin tinggi , memaksa manusia untuk," 2010.
- [25] R. A. S. and M. Shalahuddin, *Rekayasa Perangkat Lunak Terstruktur dan Berorientasi Objek*. 2016.
- [26] R. A.S and M. Shalahuddin, *Pemrograman Berorientasi Obyek*. Bandung: Modula, 2010.
- [27] P. Hidayatullah and J. K. Kawstara, *Pemrograman Web*, Edisi Revi. Bandung: Informatika Bandung, 2017.
- [28] B. Raharjo, *Belajar Otodidak Codeigniter, Pertama*. Bandung: Informatika Bandung, 2015.
- [29] R. Abdullah, *Web Programming is Easy*. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo, 2015.
- [30] R. S. Pressman, *Rekayasa Perangkat Lunak Pendekatan Praktisi*. Yogyakarta: Andi, 2002.

ID: 45

Perancangan dan Implementasi Sistem Pemantauan Ketinggian Air di Ruang *Ground Tank* PT. Angkasa Pura II (Persero) Menggunakan Platform Internet-of-Things

Design and Implementation of Water Level Monitoring at Ground Tank of PT Angkasa Pura II (Persero) Using Internet-of-Things Platform

Annisa Kusuma Nur Safa¹, Asep Najmurrokhman^{2*}

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro Universitas Jenderal Achmad Yani
Jl. Terusan Jenderal Sudirman PO Box 148 Cimahi 40531
nursafannisa@gmail.com¹, asep.najmurrokhman@lecture.unjani.ac.id^{2*}

Abstrak - Pada musim hujan, curah hujan yang relatif tinggi mengakibatkan peningkatan volume air permukaan yang dapat menyebabkan banjir di area tertentu. Salah satunya adalah ruangan *ground tank* di PT. Angkasa Pura II tempat menyimpan bahan bakar solar yang diperlukan untuk mengoperasikan generator. Permasalahan yang terdapat disana adalah tidak adanya sistem untuk mengetahui ketinggian luapan air ketika terjadi curah hujan yang tinggi. Untuk mengantisipasi permasalahan tersebut diperlukan sistem pemantauan ketinggian air. Sistem pemantau ketinggian air ini menggunakan sensor ultrasonik tipe HC-SR04 sebagai pengukur ketinggian air yang diletakkan di dalam pipa dengan panjang 1 meter. Pipa tersebut disimpan di dekat pompa distribusi. Sistem dibangun menggunakan ESP8266 NodeMCU sebagai pemroses sinyal dan LCD 20×4 untuk menampilkan nilai yang terbaca pada sensor. Pemantauan ketinggian air dapat dilakukan dari jarak jauh dengan menggunakan platform internet-of-things yaitu aplikasi Blynk yang diinstalasi dalam telepon genggam. Sistem dilengkapi dengan alarm sebagai peringatan tambahan apabila ketinggian air sudah mencapai lebih dari 80 cm. Hasil pengujian menunjukkan data ketinggian air dapat dipantau setiap saat melalui telepon genggam yang diinstalasi aplikasi Blynk. Nilai rata-rata akurasi pada sensor 1 sebesar 99,10% dan pada sensor 2 adalah 98,79%.

Kata Kunci: aplikasi blynk, internet-of-things, ketinggian air, Node MCU ESP8266, sensor ultrasonik HC-SR04.

Abstract – In the rainy season, a high rainfall tends to increase the volume of surface water which can cause flooding in certain areas. One of them is the *ground tank* room at PT. Angkasa Pura II. It is a place to store the diesel fuel needed to operate the generator. So far, there is no system to determine the height of the overflow when there is high rainfall. To anticipate these problems, a water level monitoring system is needed. This water level monitoring system uses an ultrasonic sensor type HC-SR04 as a water level sensor which is placed in a 1 meter long pipe. The pipe is stored near the distribution pump. The system is built using the ESP8266 NodeMCU as a signal processor and a 20x4 LCD to display the value read on the sensor. Water level monitoring can be done remotely using the internet-of-things platform, namely the Blynk application installed on a mobile phone. The system is equipped with an alarm as an additional warning if the water level has reached more than 80 cm. Experimental results show that water level data can be monitored at any time via a mobile phone with the Blynk application installed. The average value of accuracy on sensor 1 is 99.10% and on sensor 2 is 98.79%

Keywords: blynk application, internet-of-things, Node MCU ESP8266, ultrasonic sensor HC-SR04, water level.

1. Pendahuluan

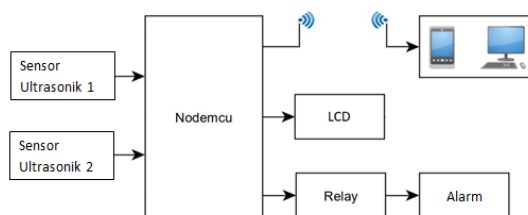
Indonesia adalah negara yang terletak di Asia Tenggara yang memiliki dua musim, yaitu musim hujan dan kemarau karena merupakan kawasan beriklim tropis. Pada musim penghujan, curah hujan sangat tinggi dan dapat berlangsung hingga enam bulan. Hujan yang terus menerus menyebabkan meningkatnya volume air dan berpotensi menghasilkan luapan air di beberapa daerah termasuk di PT. Angkasa Pura II (Persero). PT. Angkasa Pura II (Persero) merupakan salah satu Badan Usaha Milik Negara yang bergerak dalam bidang usaha pelayanan jasa kebandarudaraan dan pelayanan jasa terkait bandar udara. Tempat yang sering mengalami kenaikan volume air di PT. Angkasa Pura II (Persero) saat curah hujan meningkat adalah ruangan *ground tank*. Ruangan tersebut merupakan tempat penyimpanan bahan bakar genset berupa solar yang didalamnya terdapat tangki, pompa, dan panel distribusi listrik. Pompa tersebut digunakan sebagai distribusi solar ke setiap tangki harian genset. Letak pompa berada di dasar ruangan yang jika air meluap dari penampungan mengakibatkan kerusakan pada pompa distribusi tersebut. Sementara itu, luapan air juga dapat menyebabkan korsleting pada panel distribusi listrik. Untuk mengantisipasi kondisi tersebut, sebuah sistem yang dapat memantau kondisi ketinggian air di ruang *ground tank* saat terjadi hujan diperlukan agar petugas dapat melakukan mitigasi untuk menghindari terjadinya banjir dalam ruang tersebut. Dengan demikian, kerugian karena terputusnya catu daya ke seluruh unit operasi di bandar udara dapat diminimalisir.

Makalah ini menguraikan sistem pemantau ketinggian air yang diinstalasi di ruang *ground tank* PT. Angkasa Pura II (Persero). Sistem ini menggunakan sensor pendeteksi ketinggian berupa sensor ultrasonik HC-SR04. Sensor ini telah digunakan dalam berbagai aplikasi deteksi jarak atau ketinggian, misalnya dalam [1]–[8]. Maulidin, dkk. menggunakan sensor HC-SR04 untuk deteksi jarak sebuah *quadcopter* terhadap dinding [1], sedangkan Hastuti & Zulkarnain dalam [2] memanfaatkan sensor HC-SR04 untuk mengukur jarak aman saat merealisasikan program *social distancing* mencegah penularan virus Covid-19. Aplikasi yang mirip digunakan oleh Perdana dkk. dalam [4] untuk sistem pengingat jarak dalam antrian loket. Sementara itu, penggunaan sensor ultrasonik dalam mendeteksi ketinggian fluida misalnya air atau minyak telah dilakukan oleh Prasetyo dkk. [5] dan Prayetno dkk. [6]. Aplikasi lain dari sensor HC-SR04 sebagai detektor jarak digunakan dalam *mobile robot* yang dirancang untuk menghindari tabrakan terhadap dinding atau halangan di depannya [7]. Selanjutnya, informasi terkait ketinggian air yang terdeteksi oleh sensor ultrasonik HC-SR04 diolah oleh mikrokontroler NodeMCU ESP32866. Penggunaan tipe mikrokontroler tersebut bertujuan agar data dapat diakses dimana saja karena mikrokontroler sudah memiliki modul WiFi didalamnya. Dengan membangun aplikasi tertentu menggunakan platform *internet-of-things*, kondisi ketinggian air dapat diakses setiap saat menggunakan telepon genggam yang dimiliki oleh pihak yang berkepentingan dengan penanganan fasilitas di area tersebut.

Untuk merealisasikan sistem *internet-of-things*, beberapa platform standar yang bersifat *open source* sudah banyak dikembangkan dan dapat digunakan dengan mudah melalui instalasi aplikasi tersebut dalam telepon genggam pengguna. Dengan demikian, data atau informasi dapat diakses lebih cepat oleh pihak yang berkepentingan sehingga penanganan terhadap bahaya yang mengancam dapat lebih cepat diatasi. Dalam makalah ini, platform yang digunakan adalah Blynk. Data atau informasi yang diperlukan dapat dipantau melalui *dashboard* dalam aplikasi berbasis platform Blynk tersebut. Beberapa penelitian telah menggunakan platform tersebut dalam menunjang implementasi *internet-of-things*, misalnya yang dilaporkan dalam [9]–[12].

2. Metode Penelitian

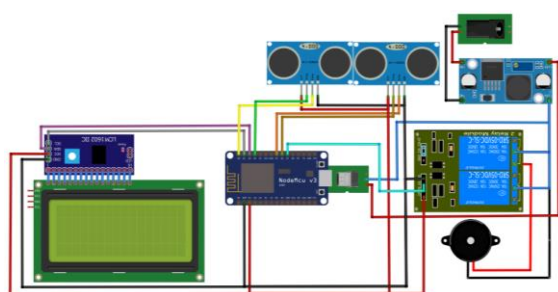
Diagram skematik dari sistem pemantauan ketinggian air diberikan dalam Gambar 1. Sistem dibangun oleh komponen-komponen yang terdiri dari sensor ultrasonik, mikrokontroler, penampil LCD, relay untuk membunyikan alarm, dan telepon genggam yang diinstalasi aplikasi berbasis platform *internet-of-things* Blynk.



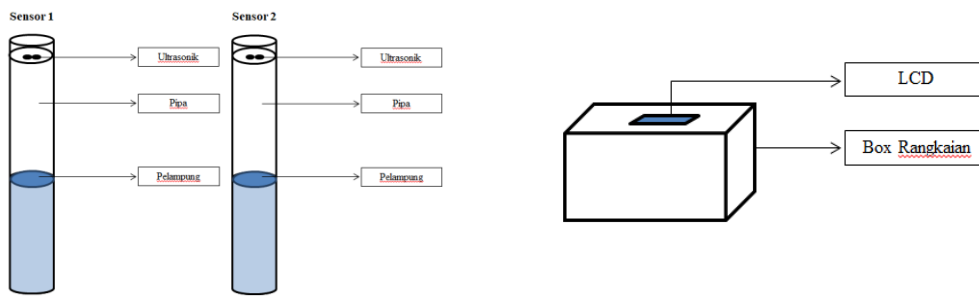
Gambar 1. Diagram skematik sistem

Dua buah sensor ultrasonik bertipe HC-SR04 digunakan untuk membaca ketinggian air pada tiap titik yang telah ditentukan. Selanjutnya, data dari sensor ini diolah mikrokontroler NodeMCU ESP8266. Sensor ditempatkan pada pipa dengan panjang 100 cm. Panjang tersebut merupakan batas maksimum ketinggian air yang dianggap sangat bahaya. Pada sistem ini sensor yang digunakan adalah dua buah sensor dengan tipe yang sama yang ditempatkan pada titik atau ruangan yang berbeda. Mikrokontroler yang digunakan adalah NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler sekaligus modul WiFi untuk mengolah data hasil pembacaan sensor dan dapat dihubungkan langsung dengan aplikasi Blynk. NodeMCU akan memproses setiap perubahan ketinggian air yang terdeteksi. NodeMCU akan mengeluarkan output berdasarkan ketinggian air yang terdeteksi sensor. Telepon genggam yang nomor kontaknya diregistrasikan dalam sistem berfungsi media untuk memantau ketinggian air secara *real time* melalui aplikasi Blynk atau bisa sebagai *hotspot* agar sistem terhubung dengan internet. Selain itu modem WiFi diperlukan agar sistem bisa terus terhubung dengan internet agar bisa dipantau dari jarak jauh. Perangkat seperti modem WiFi memiliki baterai, sehingga dibutuhkan alat yang dapat mengisi baterai jika daya baterai sudah berkurang. Dalam sistem yang dirancang, penampil LCD dapat menampung 20×4 karakter. LCD akan menampilkan ketinggian air dari kedua sensor. LCD ini menggunakan modul I2C agar dapat mengurangi pin NodeMCU yang digunakan. Sementara itu, relay yang digunakan adalah modul relay 2 *channel* untuk menghidupkan atau mematikan output yang menggunakan tegangan yang lebih tinggi dibandingkan dengan NodeMCU yang memberikan sinyal outputnya. Komponen yang akan dikendalikan oleh relay ini adalah alarm. Alarm yang digunakan yaitu alarm sirine 12 VDC yang ditempatkan pada ruangan control. Ketika ketinggian air sudah mencapai maksimum, NodeMCU akan mengirimkan sinyal output pada relay untuk menghidupkan alarm tersebut agar operator mendapat informasi ketinggian air sudah mencapai maksimum.

Diagram interkoneksi antar komponen dalam sistem diperlihatkan dalam Gambar 2. Sementara itu, penempatan kedua sensor ultrasonik dalam sebuah pipa dengan panjang 100 cm dan diameter 5 cm untuk mengukur ketinggian air serta bentuk kompak dari prototipe yang dirancang diberikan dalam Gambar 3.

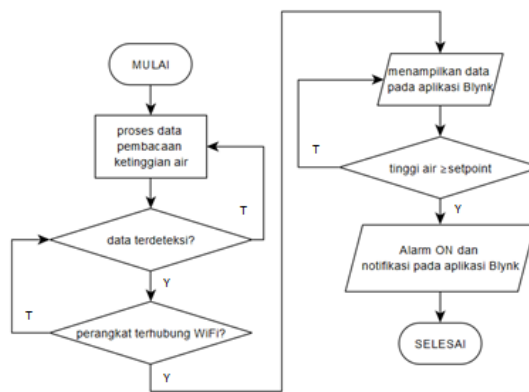


Gambar 2. Rangkaian keseluruhan



Gambar 3. Desain bentuk alat

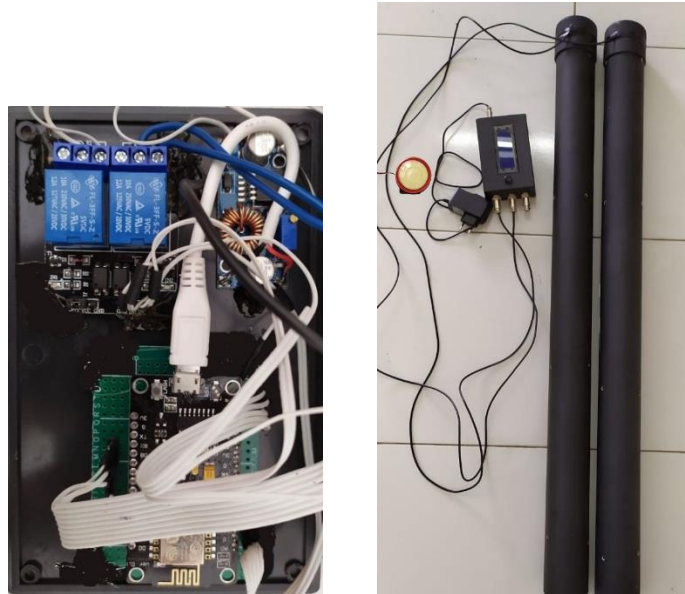
Untuk mengilustrasikan cara kerja dari prototipe yang dibuat, diagram alir pada Gambar 4 menunjukkan proses pengukuran ketinggian air dan indikasi pengaktifan alarm.



Gambar 4. Diagram alir system

3. Hasil dan Pembahasan

Realisasi perangkat keras dan bentuk pemasangan sensor dalam pipa diperlihatkan pada Gambar 5, sedangkan tata letak pemasangan sistem di ruang *ground tank* diberikan dalam Gambar 6.



Gambar 5. Realisasi perangkat keras



Gambar 6. Realisasi pemasangan sistem

Untuk menguji akurasi sensor, perbandingan dilakukan antara hasil pembacaan sensor dengan jarak sebenarnya. Pengujian dilakukan beberapa kali dan hasilnya diberikan dalam Tabel 1 dan Tabel 2. Dari hasil pengujian tersebut, nilai akurasi sensor 1 sekitar 99,1 % dan sensor 2 bernilai 98,79 %.

Tabel 1. Pengujian sensor 1

Percobaan	Jarak yang diukur penggaris (cm)	Jarak yang terbaca oleh sensor 1 (cm)	Selisih (cm)	Akurasi (%)
1	10	10,14	0,14	98,62
2	20	20,55	0,55	97,32
3	30	30,55	0,55	98,20
4	40	39,66	0,34	100,86
5	50	50,21	0,21	99,58
6	60	60,69	0,69	98,86
7	70	70,07	0,07	99,90
8	80	80,85	0,85	98,95
9	90	90,38	0,38	99,58
Rata-rata			0,34	99,10

Tabel 2. Pengujian sensor 2

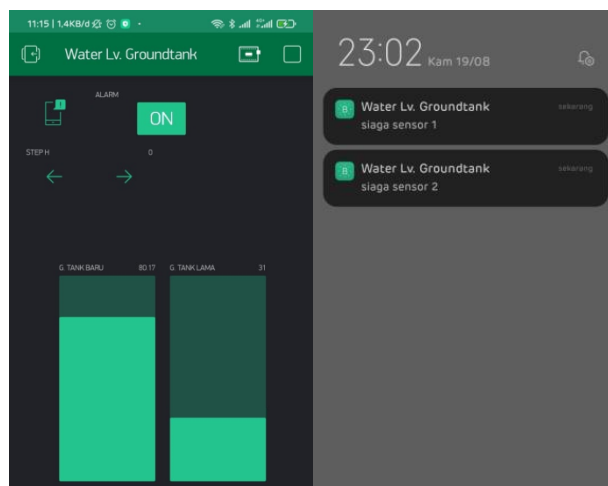
Percobaan	Jarak yang diukur penggaris (cm)	Jarak yang terbaca oleh sensor 2 (cm)	Selisih (cm)	Akurasi (%)
1	10	10,51	0,51	95,15
2	20	20,45	0,45	97,80
3	30	30,14	0,14	99,54
4	40	40,07	0,07	99,83
5	50	50,76	0,76	98,50
6	60	60,24	0,24	99,60
7	70	70,10	0,10	99,86
8	80	80,96	0,96	98,81
9	90	89,97	0,03	100,03
Rata-rata			0,36	98,79

Pengujian lainnya dilakukan untuk mengetahui apakah aplikasi Blynk mengirimkan notifikasi peringatan ketinggian air jika ketinggian air sudah melampaui nilai ambang yang telah ditetapkan. Dalam prototipe, alarm aktif apabila kedua sensor atau salah satu sensor sudah membaca ketinggian mencapai nilai 80 cm. Pengujian ini dilakukan dengan beberapa ketinggian air yang berbeda. Hasil pengujian diperlihatkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian alarm dan notifikasi

Percobaan	Jarak yang terbaca oleh sensor 1 (cm)	Jarak yang terbaca oleh sensor 2 (cm)	Alarm	Notifikasi Blynk
1	92,96	82,41	ON	ON
2	92,20	82,89	ON	ON
3	87,70	80,34	ON	ON
4	85,84	78,90	ON	ON
5	86,01	79,55	ON	ON
6	78,64	82,41	ON	ON
7	72,93	80,17	ON	ON
8	65,14	79,37	OFF	OFF
9	58,12	77,89	OFF	OFF
10	55,53	75,99	OFF	OFF

Pengujian berikutnya dilakukan dengan menghubungkan NodeMCU ke internet melalui jaringan *WiFi* kemudian menghubungkannya dengan aplikasi Blynk. Hasil pengujian diberikan dalam Gambar 7.



Gambar 7. Pengujian aplikasi Blynk

4. Kesimpulan

Sistem pemantau ketinggian air di ruang *ground tank* PT. Angkasa Pura II (Persero) telah berhasil diimplementasikan. Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data, sistem pemantau ini berfungsi dengan baik berupa terhubungnya data sensor dan aplikasi Blynk yang diinstalasi dalam telepon genggam. Tinggi permukaan air dapat dipantau setiap saat secara *real time*. Rata-rata nilai akurasi pada sensor 1 adalah 99,10% dan pada sensor 2 adalah 98,79%. Hal ini berarti penggunaan sensor ultrasonik tipe HC-SR04 sudah cukup baik untuk mengukur ketinggian air. Sementara itu, pengujian alarm dan notifikasi menggunakan aplikasi Blynk pada telepon genggam menggunakan koneksi *WiFi* yang dikontrol oleh NodeMCU ESP8266, dapat berjalan dengan baik selama sistem terhubung dengan koneksi *WiFi* dengan jaringan yang mantap. Sistem dapat memberikan notifikasi pada aplikasi Blynk dan menghidupkan alarm pada saat ketinggian melebihi nilai ambang yang telah ditetapkan.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada Kepala Laboratorium Teknik Kendali dan Instrumentasi Program Studi Teknik Elektro Universitas Jenderal Achmad Yani yang telah memfasilitasi pembuatan dan perakitan prototipe serta rekan-rekan di bagian Main Power Station 3 di PT. Angkasa Pura II (Persero) yang telah membantu saat instalasi sistem dan melakukan pengujian.

Referensi

- [1] I. Maulidin, M. Muliady, and Y. Susanthi, "Rancang Bangun Quadcopter untuk Terbang Mengikuti Dinding Menggunakan Sensor Jarak Ultrasonik HC-SR04," *TELKA - Telekomun. Elektron. Komputasi dan Kontrol*, vol. 6, no. 2, pp. 75–84, 2020, doi: 10.15575/telka.v6n2.75-84.
- [2] D. Hastuti and M. R. Zulkarnain, "Design of New Normal Health Protocol Reminder Using Arduino Nano and Ultrasonic Sensor," *BEST J. Appl. Electr. Sci. Technol.*, vol. 3, no. 1, pp. 17–21, 2021, doi: 10.36456/best.vol3.no1.3536.
- [3] A. A. Olayinka, A. A. Oluwadamilare, and A. F. Emmanuel, "Distance Measurement and

- Energy Conservation Using Arduino Nano and Ultrasonic Sensor,” *Am. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 5, no. 2, pp. 40–44, 2021, doi: 10.11648/j.ajece.20210502.11.
- [4] F. W. Perdana, S. D. Ayuni, A. Wisaksono, and S. Syahririni, “Prototype Social Distancing Reminder Using HC-SR04 Sensor At The Payment Counter Via A Smartphone,” in *Procedia of Engineering and Life Science*, 2021, vol. 1, no. 2, pp. 1–7, doi: 10.21070/pels.v1i2.952.
- [5] H. Prasetyo, M. Rofi’i, S. Kurniasari, and M. W. Pamungkas, “Design and Build of Automatic Wastafel Using Ultrasound HC-SR04 Sensor Based on Arduino,” *J. Neutrino J. Fis. dan Apl.*, vol. 13, no. 2, pp. 60–66, 2021, doi: 10.36418/edv.v1i3.27.
- [6] E. Prayetno, T. Nadapdap, A. S. Susanti, and D. Miranda, “PLTD Engine Tank Oil Volume Monitoring System using HC-SR04 Ultrasonic Sensor Based on Internet of Things (IoT),” *Int. J. Electr. Energy Power Syst. Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 134–138, 2021, doi: 10.31258/ijeepse.4.1.134-138.
- [7] A. Najmurokhman, Kusnandar, U. Komarudin, Sunubroto, A. Sadiyoko, and T. Y. Iskanto, “Mamdani based Fuzzy Logic Controller for A Wheeled Mobile Robot with Obstacle Avoidance Capability,” in *2019 International Conference on Mechatronics, Robotics and Systems Engineering (MoRSE)*, 2019, no. 4-6 December, pp. 1–4.
- [8] A. Najmurokhman, K. Kusnandar, U. Komarudin, A. M. Annas, and R. Rahim, “Design and Realization of A Low Cost Clinometer based on ADXL345 Sensor, Ultrasonic Sensor, and Android based Smartphone,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1424, no. 012006, pp. 1–8, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1424/1/012006.
- [9] N. A. Putra, H. A. Ahmadi, K. Lourensius, and A. A. Gunawan, “IoT-Project Smart Trash Can with Blynk Platform Integration,” *Eng. Math. Comput. Sci. J.*, vol. 3, no. 3, pp. 121–125, 2021, doi: 10.21512/emacsjournal.v3i3.7499.
- [10] D. Venkateshappa, H. Chethan, C. L. Jayaraj, V. N. Jatinjayasimha, and D. S. Srihari, “Home Automation With Blynk And Nodemcu,” *Turkish J. Comput. Math. Educ.*, vol. 12, no. 12, pp. 2669–2674, 2021.
- [11] J. Waworundeng, O. Dumanaw, and T. Rumawouw, “Prototipe Detektor Suhu dan Kelembaban Berbasis IoT di Ruang Server Sistem Informasi Universitas Klabat,” *Cogito Smart J.*, vol. 7, no. 1, pp. 193–203, 2021.
- [12] C. Hermanu, H. Maghfiroh, H. P. Santoso, Z. Arifin, and C. Harsito, “Dual Mode System of Smart Home Based on Internet of Things,” *J. Robot. Control*, vol. 3, no. 1, pp. 26–31, 2022, doi: 10.18196/jrc.31147.

ID: 46

Pentingnya Drone Sprayer di Sektor Pertanian Khususnya Bagi Petani Indonesia

The Importance of Drone Sprayer in Agricultural Sector Especially for Indonesian Farmers

Joni Welman Simatupang^{1*}, Elan Rohmawan², dan Zano Junior³

^{1,2,3}Electrical Engineering Study Program,, President University, Jababeka Education Park
Jl. Ki Hajar Dewantara, RT.2/RW.4, Mekarmukti, Cikarang Utara, Bekasi, Jawa Barat - 17530
joniwsmt@president.ac.id

Abstrak – Teknologi Drone sangatlah berkembang pesat seiring dengan perkembangan zaman, teknologi drone yang awalnya di manfaatkan di dunia militer saja sekarang mulai di terapkan di sektor pertanian untuk membantu pekerjaan para petani. Potensi pertanian di Indonesia sendiri sangatlah besar mengingat pada kondisi tanah Indonesia yang subur. Tetapi pertanian di Indonesia masih banyak yang menggunakan cara tradisional yang di rasa masih ada cara lain agar pertanian di Indonesia bisa lebih efektif dan efisien lagi, sehingga banyak bermunculan teknologi drone yang bisa membantu sekaligus membuat pertanian menjadi lebih efektif dari cara tradisional. Selain itu masih ada resiko bahaya yang harus dihadapi para petani contohnya seperti pada saat pemupukan atau pembasmian hama, petani harus berhadapan langsung dengan zat kimia yang berbahaya bagi mereka. Tahapan dalam penelitian ini meliputi: Studi Literatur, Observasi, menentukan Variabel penelitian, Pengolahan data, dan Penarikan kesimpulan. Sedangkan untuk mengetahui hasil penelitian dilakukan perbandingan antara menggunakan cara tradisional (tenaga manusia) dan Drone. Dengan menggunakan Drone terbukti bahwa hasilnya lebih efektif dibandingkan menggunakan cara tradisional sehingga hasil pertanian lebih meningkat, Hasil penelitian ini diharapkan menjadi sebuah rekomendasi bagi petani dan pemerintah mengenai perkembangan penggunaan teknologi Drone di sektor pertanian khususnya bagi petani Indonesia.

Kata Kunci: teknologi pesawat tanpa awak, sektor pertanian, petani Indonesia.

Abstract – Drone technology is growing rapidly along with the times, drone technology which was originally used in the military world is now starting to be applied in the agricultural sector to help the work of farmers. The potential of agriculture in Indonesia itself is very large considering the condition of Indonesia's fertile soil. But agriculture in Indonesia is still a lot that uses traditional methods which it feels like there are other ways so that agriculture in Indonesia can be more effective and efficient, so many drone technologies have emerged that can help and make agriculture more effective than traditional methods. In addition, there are still dangers that must be faced by farmers, for example, when fertilizing or exterminating pests, farmers must deal directly with chemicals that are harmful to them. The stages in this research include: Literature Study, Observation, determining research variables, data processing, and drawing conclusions. Meanwhile, to find out the results of the study, a comparison was made between using traditional methods (human labor) and drones. By using drones, it is proven that the results are more effective than using traditional methods so that agricultural yields are increased. The results of this study are expected to be a recommendation for farmers and the government regarding the development of the use of drone technology in the agricultural segment, especially for Indonesian farmers.

Keywords: drone technology, agricultural sector, Indonesian farmers.

1. Pendahuluan

Bidang pertanian merupakan salah satu solusi utama dalam permasalahan jika ketersediaan pangan sudah tidak bisa mencukupi kebutuhan pangan masyarakat. Selain itu khususnya di Indonesia sendiri sektor pertanian sangat berpotensi besar jika kita melihat kondisi tanah di Indonesia yang subur. Oleh sebab itu sektor pertanian harus lebih diperhatikan agar hasil pertanian bisa lebih banyak lagi. Dalam pemeliharaan tanaman, seperti dalam penyemprotan pestisida dirasa kurang efektif jika hanya menggunakan tenaga manusia. Diperlukan waktu yang cukup lama dan tenaga kerja yang cukup banyak untuk melakukan penyemprotan pestisida. Selain itu cairan pestisida bahaya bagi manusia, Tidak sedikit kecelakaan akibat pestisida yang dialami dapat berupa pusing ketika sedang menyemprot maupun sesudahnya, muntah-muntah, mulas, mata berair, kulit terasa gatal-gatal dan menjadi luka, kejang-kejang, pingsan, dan tidak sedikit kasus yang berakhir dengan kematian [1-3]. Penerapan teknologi di bidang pertanian khususnya tentang penyemprotan pestisida sudah ada yang melakukan penelitian dengan menggunakan teknologi *Drone*. Menteri Pertanian Amran Sulaiman menjelaskan, ini terbukti mampu meningkatkan produktivitas pertanian hingga 30,6 persen. Secara finansial, pola ini juga terbukti telah meningkatkan pendapatan petani sebesar Rp 1,3 juta hingga Rp 5 juta. Di sisi lain, pengadaan barang dan jasa melalui e-catalog bisa menghemat anggaran negara hingga Rp 1,2 triliun. Penghematan ini digunakan untuk pembelian alat mesin pra panen dan pasca panen. Disamping itu penggunaan teknologi *Drone* sangat cocok untuk digunakan di masa saat ini yang menuntut kita untuk berada di rumah saja dan mengurangi kontak langsung dengan masyarakat karena pengoprasian *Drone* bisa dilakukan dengan jarak jauh serta *Drone* dilengkapi dengan kamera jadi bisa dilakukan dengan jarak yang jauh. Tetapi informasi tentang teknologi *drone* yang di bisa meringankan dan mengurangi biaya pertanian belum mereka dapatkan secara mendalam serta menyeluruh kurangnya sosialisai akan adanya teknologi yang sudah bisa menjawab masalah-masalah tersebut.

Berdasarkan informasi yang ada di latar belakang maka timbul beberapa rumusan masalah diantaranya sebagai berikut: 1) Petani masih belum menyadari akan peranan *drone* dalam membantu pekerjaan mereka. 2) Harga yang masih relative mahal. 3) Perawatan *Drone* yang sulit. Berdasarkan hasil penelitian yang kami lakukan, Tujuan Penelitian ini diantaranya sebagai berikut: 1) Memberikan informasi tentang peranan drone di segmen pertanian. 2) Memudahkan para petani untuk mendapatkan *Drone*. 3) Memberi pengetahuan tentang teknologi *drone*.

Drone merupakan pesawat tanpa pilot. Pesawat ini dikendalikan secara otomatis melalui program komputer yang dirancang, atau melalui kendali jarak jauh dari pilot yang terdapat di dataran atau di kendaraan lainnya. Awalnya UAV merupakan pesawat yang dikendalikan jarak jauh, namun sistem otomatis kini mulai banyak diterapkan. *Drone*, yang lebih dikenal *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* awalnya dikembangkan untuk kebutuhan militer [4]. Menurut sejarahnya, ide pengembangan pesawat tanpa pilot sudah ada sejak 22 Agustus 1849. Waktu itu, Austria berusaha menyerang kota Venesia di Italia dengan menggunakan balon tak berawak yang penuh akan bahan peledak. Cara kerja drone sederhana ini tidak sepenuhnya berhasil. Beberapa balon mengenai sasaran, tetapi ada pula yang terjebak angin dan berubah arah [5].

Drone sudah dikembangkan dengan sangat cepat yang awalnya di gunakan untuk militer, sekarang sudah bisa di terapkan di bidang pertanian tidak sedikit negara berkembang yang sudah menggunakan system *Drone*. Sampai saat ini, *Drone* sudah dimanfaatkan dalam banyak bidang, seperti berikut ini: Dalam bidang Pertahanan, *Drone* mempunyai fungsi sebagai berikut: 1) Pesawat pengintai atau mata-mata. 2) Pesawat penyerang markas musuh. 3) Pesawat bunuh diri (ditabrakan ke musuh). 4) Untuk mengawasi daerah pertahanan. Dalam bidang Pelayanan, *Drone* difungsikan sebagai berikut: 1) Menentukan lokasi korban bencana. 2) Mengidentifikasi lokasi bencana yang paling membutuhkan bantuan. 3) Memantau lokasi yang terkena dampak bencana alam. Dalam bidang sipil, *Drone* dimanfaatkan untuk: 1) Memantau aktivitas proyek di lapangan. 2) Mengukur luas lahan. 3) Mengambil gambar area proyek. Dalam bidang pertanian, *Drone*

digunakan untuk: 1) Menanam bibit. 2) Mengontrol kualitas tanaman. 3) Menyemprot tanaman. 4) Pemupukan tanaman. 5) Memantau keamanan lahan tani. 6) Memantau kualitas tanah (Sensor Thermal). *Drone* bisa dikembangkan di berbagai bidang tergantung dari pembuatnya [6]. Bahkan saat ini *Drone* sudah dilengkapi dengan fitur *auto-pilot* yang sangat berguna di saat *Drone* digunakan untuk pemantauan yang jauh sekali. Di Indonesia sendiri *Drone* sudah banyak berkeliaran di langit bahkan ada kontes untuk *Drone* itu sendiri.

Keinginan untuk terbang telah dicoba sejak jaman kuno oleh seorang arsitek juga seniman dari Yunani; Dedal dan Icarus, kemudian dilanjutkan proyek anatomi burung oleh seorang ilmuwan populer pada masa Renaissance, Leonardo da Vinci 1452- 1519. Setelah itu proyek eksperimen berupa parasut oleh Montgolfer pada tahun 1783. Tidak berhenti di sini, upaya berlanjut dengan keinginan mencipta pesawat nirawak yang dapat diterbangkan lebih mudah dan lebih ringan oleh Santos-Dumont pada tahun 1899 dan Zeppelin 1900-1909, serta pesawat nirawak yang dapat dikontrol dari jarak jauh oleh Otto Lilienthal 1890-1896, terus dikembangkan secara pesat pada saat Perang Dunia I dan Perang Dunia II. Kendaraan udara tanpa awak dikenal dengan banyak nama dan akronim sepanjang sejarah, yaitu; Drone, RPV (Remotely Piloted Vehicle), UAV (Unmanned Aerial Vehicle), UCAV (Uninhabited Combat Aerial Vehicle), FVO (Organic Aerial Vehicle), UCAV/S (Uninhabited Combat Aircraft Vehicles/ System), RPA (Remotely Piloted Aircraft), RPH (Remotely Piloted Helicopter), Aerial Robotics, dan MAV (Micro Aerial Vehicle) [7, 8].

Drone memiliki 2 jenis diantaranya *Drone* yang dikendalikan oleh pilot secara manual dari jarak jauh menggunakan *radio control* dan *Drone* yang bekerja secara otomatis dari program yang telah ditentukan sebelum terbang. *Drone* ini mirip dengan rudal, tetapi berbeda dari segi penggunaannya. Jika rudal digunakan sekali pakai tetapi drone bisa digunakan kembali dan bisa membawa serta menjatuhkan senjata. Oleh karena itu *Drone* pada awalnya digunakan di bidang pertahanan.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian studi ini menggunakan Literature Review secondary resources [9, 10]. Penulis mencari referensi dengan cara menggunakan beberapa kata kunci seperti Drone, perawatan Drone, penerapan Drone di bidang pertanian, peranan Drone bagi segmen pertanian di Indonesia. Penulis mulai mengumpulkan referensi sekitar 25 Juni sampai 21 Juli 2021 melalui database online yaitu laporan, buku, jurnal dan konferensi hingga berita yang di terbitkan oleh situs dan media yang terpercaya. Dari semua sumber yang didapatkan penulis mencoba menganalisa seberapa besar peranan Drone dalam bidang pertanian.

3. Hasil dan Pembahasan

Drone atau *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) atau sering disebut pesawat tanpa awak adalah salah satu teknologi yang sudah tidak asing lagi dari mulai sektor militer hingga ke sektor fotografi, di era pandemi Covid-19 sekarang ini yang menuntut kita berada di rumah saja [6]. Selain itu penerapan drone atau *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) dapat digunakan di sektor pertanian sebagai contohnya dalam hal penyemprotan pestisida, dengan memodifikasi drone menjadi drone yang mempunyai daya angkut yang besar bisa sampai 20 kg, drone bisa di gunakan seperti untuk menyemprotkan cairan pestisida [1], pemupukan ke lahan pertanian [11], selain itu drone juga di manfaatkan untuk pemetaan dan pemantauan tanaman dan lahan pertanian [12]. Dengan adanya teknologi drone ini ternyata bisa meringankan dan membuat pekerjaan lebih efektif lagi, seperti dalam penyemprotan pestisida contohnya yang awalnya dilakukan dengan cara tradisional menggunakan pompa gendong yang bobot dari alat tersebut jika di hitung total berat yang di gendong sekitar 20 kg, selain itu petani harus berhadapan langsung dengan cairan pestisida yang memiliki efek bahaya jika terhirup oleh manusia apalagi jika dalam kondisi cuaca yang sangat panas, tidak sedikit petani yang keracunan oleh pestisida bahkan sampai meninggal

dunia. Menteri Pertanian Amran Sulaiman menjelaskan, drone ini terbukti mampu meningkatkan produktivitas pertanian hingga 30,6 persen. Secara finansial, pola ini juga terbukti telah meningkatkan pendapatan petani sebesar Rp 1,3 juta hingga Rp 5 juta [13]. Anda bisa membayangkan jika di sektor pertanian khususnya di Indonesia sudah menggunakan teknologi drone, berapa kenaikan keuntungan bagi para petani Indonesia?

3.1) Efektivitas Drone di segmen pertanian

Drone sudah banyak yang sudah di rancang khusus untuk membantu para petani untuk mengerjakan pekerjaan para petani. Berikut beberapa hasil pengujian salah satu Drone yang sudah pernah di buat untuk mengerjakan pekerjaan petani:

3.1.1) Drone penyemprot pestisida dan pupuk cair

Drone ini dirancang untuk menyemprotkan cairan pestisida dan pupuk cair, serta agar memiliki kecepatan yang stabil pada saat terbang, selain itu di rancang agar bisa mengangkat beban yang lumayan berat minimal bisa mengangkat 10 liter [14].



Gambar 1. Tampak keseluruhan drone penyemprot [14].

Drone tersebut telah di uji dan di terapkan di kabupaten pinrang Sulawesi selatan. Pertama kali drone tersebut di terbangkan di halaman yang terbuka agar mengetahui kesetabilan pada saat terbang, secara fungsi drone berjalan dengan normal dan terbang dengan stabil. Nosel penyemprot juga berjalan dengan baik sehingga pupuk dan pestisida bisa didistribusikan dengan merata ke seluruh bagian tanaman. Drone ini bisa di kendalikan maksimal 500 meter dari transmitter tetapi jika menggunakan mode groundstation menggunakan GPS bisa menjai tak terbatas atau bisa di katakana auto pilot. Jika dengan beban penuh drone bisa terbang selama 12-17 menit tetapi dalam waktu tersebut drone sudah bisa menyelesaikan menyemprot tanaman seluas 1 hektare, jika dilakukan secara manual bisa selesai 6 sampai 12 jam penyemprotan seluas 1 hetare. Dengan debit 6 Liter / Menit drone juga bisa di atur debit penyemprotannya tergantung kebutuhan [14].

Tabel 1. Komparasi kapasitas kerja alat penyemprot menggunakan drone vs cara tradisional.

Indikator	Luas tanah (hektare)	Metode penyemprotan	
		Tradisional (Manual)	Drone
Waktu penyemprotan/hektare	1	12 jam	0.25 jam
Volume pupuk yang di gunakan	1	120 Liter	40 Liter
Kapasitas kerja (Liter / Jam)		10 Liter / Jam	160 Liter / Jam

Berdasarkan tabel di atas bahwa di dapat data metode menggunakan drone mencapai efisiensi dari mulai waktu pengerjaan maupun jumlah pupuk / pestisida yang di gunakan.

Selain drone di atas penulis juga akan membahas pengujian drone yang di rancang dan di gunakan di tempat lain. Kali ini drone di rancang dengan kapasitas mengangkat beban pupuk sebesar 10 kg dengan memiliki torsi di setiap motor yaitu 14 kg dan menggunakan battre lipo 50,4 V 8400 mAh, secara keseluruhan memiliki torsi maksimal adalah 56 kg yang akan di salurkan ke setiap part seperti rangka, komponen elektronik dan beban maksimal air 10 liter [11].



Gambar 2. Drone pemupuk secara keseluruhan [11].

Drone tersebut juga memiliki 4 buah nozzle dengan debit air yang di semprotkan bisa di atur sesuai kebutuhan melalui remote control. Selain itu drone sudah menggunakan metode *GUI* sehingga dapat terbang dan melakukan penyemprotan secara otomatis sesuai dengan jalur yang di tentukan pada peta yang ada di *GUI*, setelah itu drone akan Kembali ke titik *homepoint* / titik awal drone. Pengujian drone dilakukan dengan membandingkan Kapasitas Lapang Teoritis (KLT) dan Kapasitas Lapang Efektif, Kapasitas lapang teoritis di dapat dari membagi kecepatan kerja dengan lebar kerja dari drone pemupuk, dengan hasil yang di peroleh adalah sebesar 6,37 m²/s atau 2,29 ha/jam atau 0.04 ha/menit lama terbang dengan beban maksimal yaitu 8 menit, sehingga simpulan KLT drone yaitu 0.31 ha/ 8 menit. Selanjutnya menghitung Kapasitas Lapang Efektif (KLE) dengan membagi luas lahan yang di semprot dengan waktu kerja, sedangkan luas lahan yang digunakan yaitu 0.30 hektar dan selesai di semprot dengan waktu kurang lebih 8,86 menit sehingga KLE yang di dapat 2,03 ha/jam. Setelah itu Efisiensi Lapang (Ef) di hitung dengan membagi KLE dan KLT lalu di kali 100 % sehingga di dapatkan efisiensi 88,60 %. Dari hasil uji di maka bisa disimpulkan drone penyemprot memiliki efektifitas yang baik [11].

3.2) Dampak dari penggunaan *Drone*.

Dari hasil penelitian bahwa dengan menggunakan drone untuk di segmentasi pertanian diantaranya sebagai berikut: Drone memiliki keunggulan diantaranya, 1) Pekerjaan jadi lebih cepat. 2) Mengurangi jumlah tenaga kerja. 3) Mengurangi biaya pertanian. 4) Mengurangi bahaya cairan pestisida. 5) Pekerjaan bisa dilakukan dengan jarak jauh. 6) Penyemprotan cairan pestisida bisa lebih merata. 7) Mengurangi resiko keracunan pestisida dan pupuk. Selain keunggulan drone juga memiliki beberapa kekurangan diantaranya, 1) Perlu keahlian khusus untuk perbaikan jika ada kerusakan. 2) Biaya investasi awal yang relative tinggi. 3) Perlu di pelatihan untuk menerbangkannya. 4) ketergantungan terhadap cuaca.

3.3) Rekomendasi agar *Drone* bisa dimiliki petani

Meskipun memiliki keunggulan yang signifikan, tetapi untuk memiliki drone sprayer membutuhkan biaya yang tidak murah. maka diperlukan dukungan dari pemerintah agar bisa membantu dalam pengadaan drone sprayer yang lebih banyak supaya sektor pertanian khususnya di Indonesia bisa lebih meningkat lagi dan bisa merajai di pangsa pasar dunia, sehingga nantinya harga kebutuhan pokok seperti beras dll bisa lebih stabil. Selain itu para petani bisa bergotong royong untuk mengumpulkan biaya agar nantinya drone sprayer bisa dimiliki meskipun kepemilikannya bisa dikatakan sebagai milik bersama (sistem koperasi). Jika melihat dari sisi efisiensi penggunaan drone contohnya dari sebuah drone sprayer bisa memenuhi kebutuhan akan penyemprotan pupuk dan pestisida untuk beberapa petani dalam jumlah yang cukup. Sebagai contohnya, di Sawah Besar negeri Malaysia mereka membentuk koperasi dan bisa memiliki 6 buah drone sprayer. Drone yang mereka miliki mampu menyemprot 0.6 ha lahan dengan kapasitas 10 liter pestisida atau pupuk. Dalam satu hari drone bisa menyemprot lahan seluas 5 ha. Untuk 1 ha diperlukan waktu sekitar 10 menit sehingga dalam sehari penyemprotan 5 ha lahan bisa terselesaikan dalam waktu sekitar 50 menit. Berbeda halnya jika menggunakan cara tradisional memanfaatkan tenaga manusia akan memakan waktu sekitar 20 jam per 1 ha lahan [1-3, 15-17]. Dari data di atas bisa kita lihat bahwa biaya dengan menggunakan drone jauh lebih murah.

3.4) Perawatan ringan *Drone* Pertanian.

Drone pertanian memang perlu perlakuan oleh seorang yang mengerti di bidang elektronik untuk perawatannya. Tetapi dalam perawatannya tidaklah jauh berbeda karena menggunakan sistem yang sama dengan drone tipe lain perbedaannya seperti di tipe bettre yang di gunakan tetapi yang paling dominan di motor yang digunakan memiliki kekuatan atau torsi lebih besar. maka dari itu kita akan sedikit membahas mengenai perawatan drone serta bagian bagian mana saja yang perlu diperhatikan sehingga masa pakai drone bisa lebih lama. Berikut ini tata cara perawatan drone sprayer:

a) Cek kondisi fisik drone secara berkala.

Drone biasanya beroperasi hingga berjam-jam tergantung dari luas lahan pertanian. Oleh karena itu, jangan lupa untuk selalu mengecek kondisi fisik drone setelah beroperasi. Hal ini bertujuan agar jika ada kerusakan akan terdeteksi secara dini sehingga kerusakan tidak semakin parah dan kerusakan tidak sempat merembet kemana-mana, sebagai contoh: kabel koneksi yang kendor, baut yang lepas, dlsbnya.

b) Cek kondisi level battery pastikan selalu dalam kondisi penuh.

Baterai merupakan salah satu komponen utama yang perlu perhatian khusus. Dalam setiap selesai penggunaan baiknya bateray langsung diisi sampai penuh dan jangan mencabut jika belum

terisi penuh. Hal ini akan mengakibatkan menurunnya masa pakai baterai tersebut, yang harusnya bisa mencapai bertahun-tahun tetapi karena penggunaannya yang kurang tepat akan membuat baterai jadi cepat rusak.

c) Bersihkan drone setelah pemakaian.

Drone yang kotor akan membuat komponen drone menjadi lebih cepat rusak contohnya seperti di bagian pada motor penggerak. Jika bagian dalam motor banyak debu atau kotoran lain akan membuat bearing motor menjadi cepat aus dan akan memperlambat gerak motor tersebut. Maka dengan membersihkan drone setelah dipakai akan menjaga kinerja drone tetap optimal serta memperpanjang umur dari motor penggerak tersebut.

4. Kesimpulan

Peranan drone di bidang pertanian sangat berpengaruh pada efisiensi hasil pertanian dari mulai waktu pengerjaan sampai pemakaian pestisida dan pupuk menjadi lebih efektif, jika kita bandingkan dengan cara tradisional bisa kita lihat dari hasil uji coba beberapa drone yang telah di paparkan di bab 3. Tetapi drone masih memiliki kekurangan yang paling signifikan yaitu drone tidak bisa dioperasikan jika kondisi cuaca pada saat hujan. Disamping itu drone membutuhkan biaya awal yang mahal tetapi jika pemerintah bisa memfasilitasi atau mendukung dalam segi pengadaan drone tersebut masalah biaya yang mahal bisa teratasi. Drone juga perlu perawatan ringan agar drone bisa bekerja secara maksimal dan tidak mudah rusak, drone untuk pertanian memang di rancang berbeda dengan drone yang beredar di pasaran yang kegunaannya untuk video grafis tetapi sebenarnya tidaklah jauh berbeda sama sama menggunakan motor untuk membuat drone terbang hanya saja penggunaan motor yang di gunakan drone pertanian lebih memiliki kapasitas yang lebih besar, selebihnya untuk sistem penerbangannya sama saja.

Referensi

- [1] H. Khoirunisa, F. Kurniawati, "Penggunaan Drone dalam Mengaplikasikan Pestisida di Daerah Sungai Besar Malaysia," *Jurnal Pusat Inovasi Masyarakat*, Vol 1 (1) 2019: 87 - 91, November 2019.
- [2] N. Ikhwana, D.R. Hapsari, "Aplikasi Drone Wawasan Tani untuk Pertanian di Simpang Lima, Sungai Besar, Selangor," *Jurnal Pusat Inovasi Masyarakat*, Vol 1 (1) 2019: 99-104, November 2019.
- [3] S. Umar, S. Pangaribuan, "Evaluasi Penggunaan Mesin Tanam Bibit Padi (*Rice Transplanter*) Sistem Jajar Legowo Di Lahan Pasang Surut," *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, Vol.6, No. 2:105-114, Juli 2017.
- [4] Admin, "Pengertian dan sejarah perkembangan *drone* di dunia," *JSP*, November 2020. [Online], Available: <https://jsp.co.id/pengertian-dan-sejarah-perkembangan-drone-di-dunia/>. [Accessed Juli. 12, 2021].
- [5] F. Noor, "Historiograf *drone*: Dari Militer hingga Sinema," *ProTVF*, Volume 4, No. 2, 2020, hlm. 185-205, September 2020.
- [6] U.M. R. Mogili and B.B.V.L. Deepak, "Review on Application of Drone Systems in Precision Agriculture," *International Conference on Robotics and Smart Manufacturing (RoSMa2018)*, *Procedia Computer Science* 133 (2018) 502-509.
- [7] S. Deny, "Gunakan Drone, Produktivitas Lahan Pertanian Meningkatkan 33 Persen," Juli 2019. [Online], Available: <https://www.liputan6.com/bisnis/read/4005017/gunakan-drone-produktivitas-lahan-pertanian-meningkat-33-persen>. [Accessed Juli. 09, 2021].
- [8] P. Nostalgia, "Sejarah *Drone* yang bermula dari teknologi militer abad 19," *Kumparan*, Desember 2020. [Online], Available: <https://kumparan.com/potongan-nostalgia/sejarah-drone-yang-bermula-dari-teknologi-militer-abad->

ID: 47

**Analisa Sambaran Petir Terhadap Efektivitas Proteksi Transformator Daya
(Studi Kasus Transformator Daya 70/20 kV 30 MVA Gardu Induk
Majalaya)**

**Lightning Strike Analysis on The Effectiveness of Power Transformer
Protection (Case Study of Power Transformer 70/20 kV 30 MVA Majalaya
Substation)**

Mega Lestanto^{1*}, Edi Mulyana², Yudha Simamora Utama³

^{1,3}Jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Gunung Djati Bandung
Jalan AH. Nasution 105 Bandung 40614 telp. (022) 7800525/fax (022) 7803936

²UItg Bandung timur Gardu induk majalaya Jalan Raya Laswi No.9 Majalaya
Bandung 40832 (085) 314895268

mega.lestanto@gmail.com^{1*}, edim@uinsgd.ac.id²

Abstrak – Sambaran petir selalu menjadi ancaman yang berbahaya bagi peralatan elektrik umumnya di saluran transmisi, perlindungan terhadap sambaran petir didasarkan pada tingkat isolasi peralatan. Untuk mencegah terjadinya kerusakan pada peralatan maka dipasanglah lightning arrester sebagai alat proteksi dari sambaran petir, lightning arrester tipe DCC-M akan dimodelkan menjadi pelindung transformator dari sambaran petir secara langsung dan tidak langsung. Sebagai perbandingan performa pemodelan lightning arrester akan dibuat menjadi model yaitu : model IEE, Karlabaya, dan Micaela yang selanjutnya disimulasikan dengan rating arus sebesar 10 KA sampai 50 kA. Dari hasil simulasi sambaran petir secara langsung pada tegangan transformator memiliki nilai 657,7 kV, setelah dipasang lightning arrester tegangan dapat diturunkan menjadi 64,21 kV. Faktor perlindungan dari ketiga pemodelan lightning arrester memiliki nilai 48%. Pada simulasi model IEEE dan Karlabaya berhasil memutus arus yang masuk ke transformator sehingga tegangan yang dihasilkan lebih kecil dari nilai BIL transformator, sedangkan pada model Micaela cukup dinyatakan berhasil melindungi pada saluran tegangan tinggi, namun pada saat di injeksikan arus sebesar 40 kA dan 50 kA nilai tegangan nya lebih besar dari BIL transformator.

Kata Kunci: Sambaran petir, lightning arrester, transformator, pemodelan.

Abstract – Lightning strikes have always been a dangerous threat to electrical equipment, generally in transmission lines, protection against lightning strikes is based on the insulation level of the equipment. To prevent damage to the equipment, a lightning arrester is installed as a means of protection from lightning strikes, the DCC-M type lightning arrester will be modeled as a transformer protector from direct and indirect lightning strikes. For comparison, the lightning arrester modeling performance will be made into a model, namely: IEE, Karlabaya, and Micaela models which are then simulated with a current rating of 10 KA to 50 kA. From the simulation results of lightning strikes directly on the transformer voltage has a value of 657.7 kV, after installing a lightning arrester the voltage can be reduced to 64.21 kV. The protection factor of the three lightning arrester models has a value of 48%. In the simulation of the IEEE and Karlabaya models, they succeeded in cutting the current entering the transformer so that the resulting voltage was smaller than the BIL value of the transformer, while in the Micaela model it was stated that it was successful in protecting the high voltage line, but when injected the current was 40 kA and 50 kA. its voltage is greater than the transformer BIL.

Keywords: Lightning strike, lightning arrester, transformer, modeling.

1. Pendahuluan

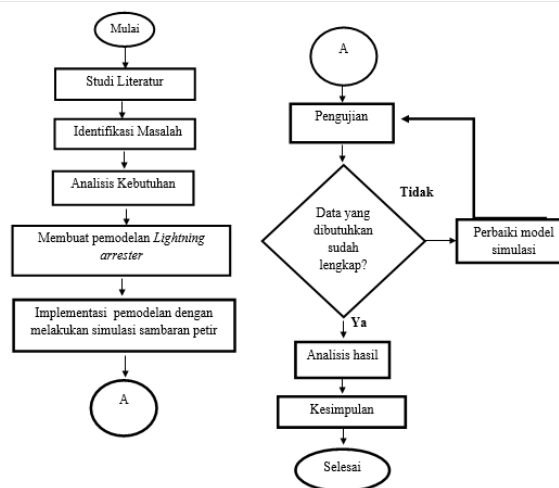
Ketersediaan listrik tersebut tentunya disertai dengan sistem tenaga listrik yang handal. Sistem tenaga listrik memiliki 3 komponen yaitu pusat pembangkit, sistem distribusi dan sistem transmisi. Sistem transmisi merupakan proses penyaluran energi listrik dari pusat pembangkit yang memiliki level tegangan tertentu yang kemudian dinaikkan tegangannya ke level yang lebih tinggi sebelum masuk ke gardu induk. Pada umumnya, gardu induk memiliki beberapa perlengkapan. Perlengkapan tersebut berupa transformator tenaga, pemisah, pemutus, busbar dan isolator, instrumen pengukuran, rele dan pengaman, sistem pengetanahan dll [1].

Rumitnya uji coba secara langsung pada komponen listrik untuk menganalisa tegangan secara transien pada gardu induk tegangan tinggi membuat peneliti simulator berupa software untuk memudahkan menganalisa tegangan transien. Program ATP-EMTP (*Alternative Transient Program of the Electro Magnetic Transients Program*) sangat tepat digunakan untuk menganalisa transien pada operasi surja hubung (*switching surge*) atau surja petir (*lightning surge*) dikarenakan software ATP-EMTP ini merupakan software terintegrasi yang secara khusus didesain untuk menyelesaikan masalah pada sistem tenaga listrik, rangkaian terdistribusi atau kombinasi kedua rangkaian tersebut karena program ini secara khusus menyediakan pemodelan untuk transformator, *lightning arrester*, generator, dan sumber petir [2].

Petir sering menyebabkan gangguan dalam sistem 70 kV, 150 kV hingga 500 kV sedangkan pada sistem 20 kV hanya terjadi surja hubung. Spesifikasi *arrester* sangat penting untuk diperhatikan agar sesuai dengan kebutuhan dari sistem tersebut sehingga *arrester* berfungsi sesuai dengan tugasnya. Penempatan *arrester* terhadap objek yang diproteksi (Transformator Daya) berpengaruh terhadap kualitas perlindungannya. Jarak maksimum *arrester* terhadap transformator agar proteksi tersebut efektif [3].

2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan pendekatan pemodelan, yaitu dengan membuat pemodelan *lightning arrester*. Pemodelan ini dibuat menjadi tiga model yaitu model IEEE, model Karlabye, dan model Micaela. Ketiga model itu dibuat menggunakan software atp draw.



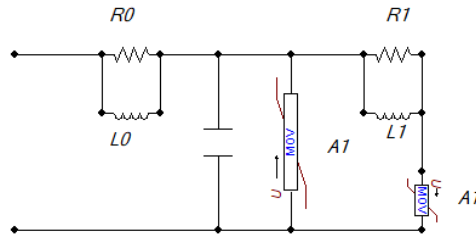
Gambar 1. Flowchart metode penelitian.

2.1. Perancangan Pemodelan Lightning Arrester

Untuk mendapatkan performa *Lightning Arrester* yang lebih baik, rangkaian ekivalen yang akan dimodelkan sedemikian rupa agar dapat mengamankan saluran transmisi. Terdapat 3 pemodelan *arrester* yaitu : Model IEEE, Mircela dan Karlabaye.

2.1.1. Model IEEE

Model ini direkomendasikan oleh IEEE W.G di tunjukan pada gambar 2.



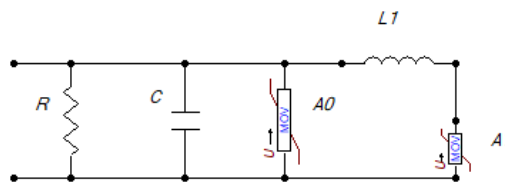
Gambar 2. Model IEEE

Dalam model ini karakteristik non-linear V-I diperoleh dengan menggunakan dua resistor non-linear (disebut A0 dan A1) dipisahkan oleh filter R-L. Untuk lonjakan yang lambat impedansi filter sangat rendah serta A0 dan A1 dihubungkan secara paralel.

2.1.2. Model Karlabaye

Model miacela ini dicetuskan oleh Micaela Cazerza Nargo, Marco Giannettoni dan Paolo Pinceti dimana model ini adalah penyederhanaan dari model IEEE.

- Jangkauan tegangan diperpanjang ke seluruh level HV dan MV.
- Terdapat rumus baru jika tidak didapatkan data *manufactur* data tegangan residu pada lonjakan arus 10 kA dengan kecepatan arus waktu muka gelombang = $1/T2 \mu s$. Rangkaian ditunjukkan pada Gambar 3.



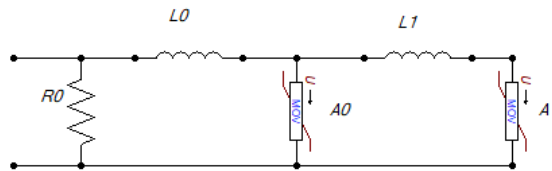
Gambar 3. Blok Diagram Sistem.

2.1.3 Model Micaela

Model ini diciptakan oleh M. Karbalaye dimana model ini pun adalah bentuk penyederhanaan dari model IEEE. Adapun terdapat perbedaan pada model ini yaitu :

- Satu buah hambatan diparalel dengan induktansi diganti oleh resistor sebesar $1(M\Omega)$ diantara terminal input.

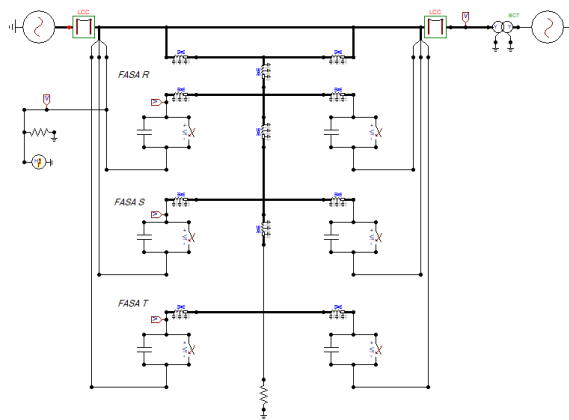
- Satu buah hambatan paralel induktansi diganti dengan satu induktansi seperti pada gambar 4.



Gambar 4. Model Micaela

2.2. Perancangan sambaran petir secara langsung sebelum menggunakan lightning arrester

Untuk mengetahui nilai efektivitas proteksi dari transformator sebelum dipasang *lightning arrester* maka dilakukan simulasi ini dengan nilai tegangan amplitudo puncak dari sistem yang berada di data Gardu Induk majalaya 70 kV. Pada simulasi ini kemungkinan fasa yang paling mudah tersambar adalah fasa yang paling tinggi di menara yaitu fasa R. Gambar 5 menunjukkan rangkaian simulasi dengan kondisi petir menyambar fasa R sebelum dipasang *lightning arrester*.



Gambar 5. Simulasi sambaran sebelum menggunakan lightning arrester

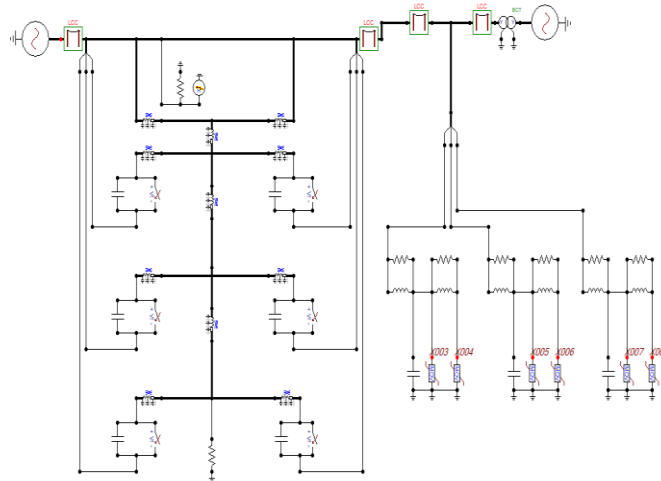
Gambar 5 menunjukkan hasil perancangan ramgkaian di software ATP Draw sebelum menggunakan lightning arrester, simulasi ini menggunakan ranning arus dengan interval 10 kA – 50 kA untuk mengetahui hasil dari perbedaan dari masing masing interval arus tersebut.

2.3 Perancangan sambaran petir secara tidak langsung menggunakan berbagai model lightning arrester

Sambaran petir tidak langsung menggunakan berbagai jenis *lightning arrester* yang telah dibuat ini menginjeksikan arus dengan ranning 10 kA sampai 50 kA dengan interval ranning sebesar 10 kA. Dalam simulasi ini akan terlihat dari jauhnya perbandingan antara tegangan fasa terminal

dengan BIL transformator yang dapat mengakibatkan komponen akan rentan untuk merusak komponen isolasi dan dapat merusak peralatan karena terjadinya *insulation break down* (tragedi hubung singkat) yang dapat mengakibatkan rusaknya peralatan.

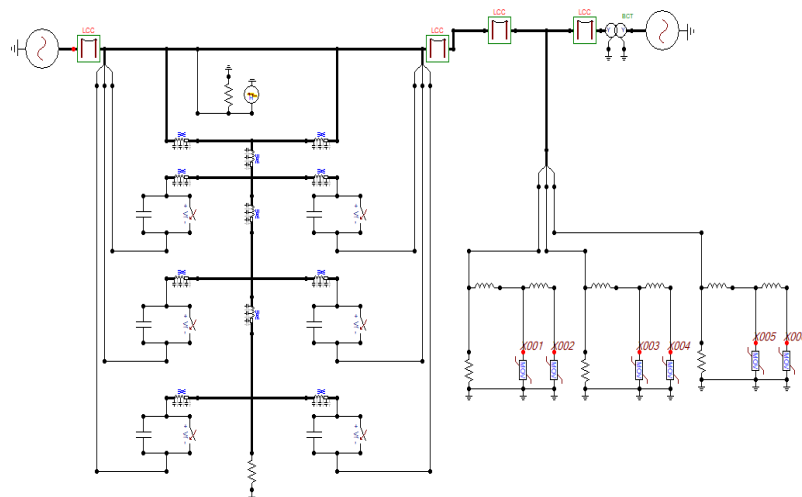
2.3.1 Model IEEE



Gambar 6. Simulasi menggunakan model IEEE

Gambar 6. menunjukkan pengaturan simulasi sambaran petir tidak langsung menggunakan model IEEE ini ada beberapa komponen yang sangat penting di dalamnya untuk memproteksi arus surja petir, model IEEE ini memiliki komponen yang berada didalamnya yaitu dua buah resistor, dua buah induktansi, dan satu buah kapasitor. Pada gardu induk majalaya 70/20 kV *lightning arrester* yang dipakai adalah tipe DCC-M.

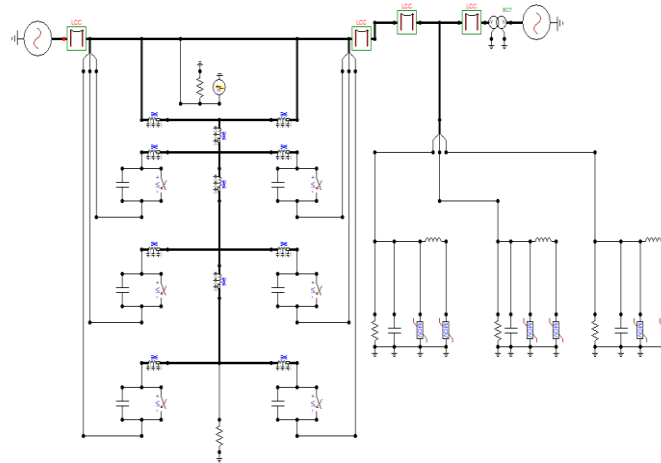
2.3.2 Model Karlabye



Gambar 7. Simulasi menggunakan model karlabaye

Gambar 7. menunjukkan pengaturan simulasi sambaran petir secara tidak langsung menggunakan model Karlabaye ini ada beberapa perbedaan dengan model IEEE, pada model karlabaye ini hanya memiliki satu buah resistor yang diparalel dengan dua buah induktansi yang diserikan, pada model karlabaye ini menghilangkan kapasitor pada komponen nya.

2.3.3 Model Micaela



Gambar 8. Simulasi menggunakan model Micaela

Gambar 8. menunjukkan pengaturan simulasi sambaran petir secara tidak langsung menggunakan model Micaela ini ada beberapa perbedaan dengan model IEEE, pada model karlabaye ini hanya memiliki satu buah hambatan yang diparalel dengan induktansi, dan satu buah hambatan paralel induktansi diganti dengan satu buah induktansi, dan menggunakan satu buah kapasitor.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian dan analisis ini dibagi menjadi 4 bagian yaitu pengujian sambaran petir secara langsung sebelum dipasang lightning arrester, pengujian secara tidak langsung menggunakan jenis model IEEE, pengujian secara tidak langsung menggunakan model Karlabaye, dan pengujian secara tidak langsung menggunakan model Micaela.

3.1 Pengujian sambaran petir secara langsung sebelum menggunakan lightning arrester

Tabel 1 Hasil simulasi sambaran petir 10 – 50 kA pada tegangan fasa

Arus petir (kA)	Tegangan pada Fasa (kV)		
	R	S	T
10	1.698,70	475,5	322
20	2.982,80	922,7	654,5
30	4.678,70	1.393,70	986,5
40	5.865,50	1.865,70	1.323,90

Arus petir (kA)	Tegangan pada Fasa (kV)		
	R	S	T
50	7.827,90	2.435,70	1.657,90

Pada tabel 1 pengujian simulasi kali ini sangat terlihat jelas bahwa tegangan tertinggi berada di fasa R dengan nilai tegangan mulai dari 1.698,70 kV – 7.827,90 kV, disusul oleh fasa S dengan nilai tegangan sebesar 475,5 kV – 2.435,70 kV dan fasa T dengan nilai tegangan sebesar 322 kV – 1.657,90 kV, perbedaan diantara ketiga fasa tersebut 3 kali lipat lebih besar.

Tabel 2. Hasil simulasi pada sambaran petir 10 kA – 50 kA pada tegangan Transformator

Arus petir (kA)	Tegangan pada Transformator (kV)		
	R	S	T
10	1.294,50	456,80	425,70
20	2.534,60	913,80	497,70
30	3.817,80	1.417,80	1.467
40	5.094,40	1.875,70	1.985,30
50	6.352	2.348,20	2.428,70

Pada tabel 2, dari tegangan transformator, berbeda dari hasil simulasi tegangan fasa pada hasil data tegangan transformator ini mengalami penurunan data, hal ini disebabkan karena terjadinya aneuansi yaitu penurunan gelombang magnitude. Adapun faktor lain yang mempengaruhi penurunan gelombang magnitude ini bisa disebabkan dengan efek kulit transformator, pertukaran resistansi ground, dan kebocoran yang bisa mengakibatkan berkurangnya energi dari transformator itu sendiri.

3.2 Pengujian sambaran secara tidak langsung menggunakan model IEEE

Tabel 3. Hasil simulasi model IEEE

Arus petir (kA)	Tegangan pada Transformator (kV)		
	R	S	T
10	64,37	-32,79	-38,21
20	65,40	-33,87	-34,01
30	71,35	-36,19	-48,32
40	72,59	-36,83	-49,52
50	90,83	-46,43	-76,28

Pada tabel 3 dalam hal ini penggunaan *lightning arrester* sebagai alat proteksi sangat penting dalam saluran transmisi, karena dapat menghambat tegangan yang masuk pada transformator terbukti pada tegangan fasa R, S dan T. Pada fasa R tegangan yang masuk ke transformator cenderung menurun dari simulasi sebelumnya dengan hanya memiliki tegangan terbesar yang

berada pada pengujian kelima dengan raiting arus 50 kA dengan nilai sebesar 90,83 kV dan nilai terkecil berada pada pengujian pertama 10 kA -32,79 kV pada fasa S.

3.3 Pengujian sambaran petir secara tidak langsung menggunakan model Karlabaya

Tabel 4. Hasil simulasi model karlabaye

Arus petir (kA)	Tegangan pada Transformator (kV)		
	R	S	T
10	66,98	-28,49	-31,91
20	57,79	-29,10	-31,10
30	58,07	-29,89	-31,67
40	58,46	-30,15	-32,14
50	63,57	-35,54	-34,73

Pada tabel 4, hasil simulasi dari pemodelan karlabaye hanya menggunakan satu kapasitor sehingga tegangan yang masuk kedalam tegangan transformator tidak beraturan, begitu pun pada tegangan terminal fasa R, S dan fasa T yang juga mengalami penurunan tegangan, terbukti pada lima kali pengujian nilai terbesar dari ketiga fasa tersebut sebesar 63,57 kV pada fasa R, -35,54 kV pada fasa S, dan -34,73 kV pada fasa T.

3.4 Pengujian sambaran secara tidak langsung menggunakan model micaela

Tabel 5. Hasil simulasi pada model Micaela

Arus petir (kA)	Tegangan pada Transformator (kV)		
	R	S	T
10	235,48	-238,37	-265,28
20	272,20	-213,20	-145,33
30	300,32	-292,97	-328,70
40	354,51	-321,40	-371,50
50	395,53	-341,23	-432,70

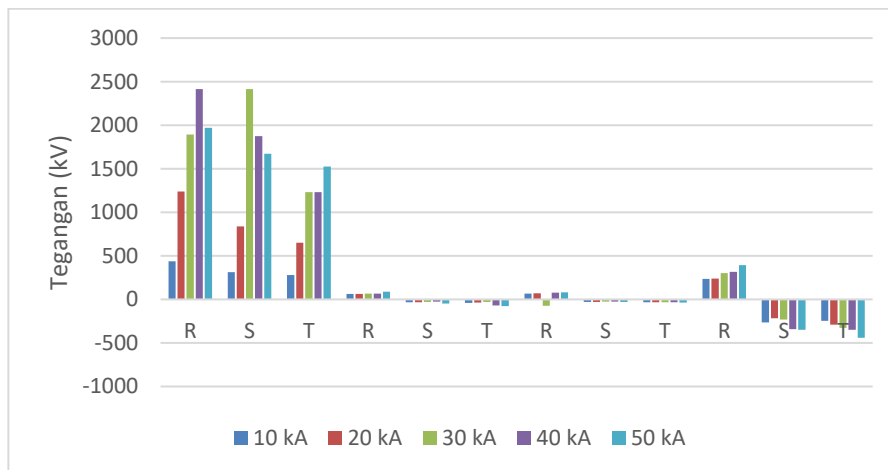
Pada tabel 5 menunjukkan adanya beberapa kenaikan tegangan dari pengujian sebelumnya pada pengujian ini tegangan yang dihasilkan cenderung stabil pada terminal tegangan fasa R di transformator dengan nilai sebesar 235,48 kV pada pengujian pertama sampai 395,53 kV pada pengujian kelima, sedangkan terminal tegangan fasa S dan T pada simulasi kedua mengalami penurunan tegangan yang cukup besar yaitu sebesar -213,20 kV pada fasa S dan -145,33 kV pada fasa T. Hal ini terjadi karena berfungsinya kawat tanah lebih baik daripada *lightning arrester*. Nilai minus dari tegangan ini terjadi karena adanya polaritas, yaitu apabila nilai tegangan positif maka arus akan mengalir dari daerah potensial tinggi menuju daerah yang potensialnya rendah. Begitu pun dengan sebaliknya, jika nilai tegangan negatif maka tegangan akan diukur terbalik (dari potensial rendah ke potensial tinggi).

3.5 Analisis

Lightning arrester pada penelitian ini sangat berperan penting dalam melindungi sistem transmisi terhadap tegangan lebih akibat adanya sambaran petir maupun surja hubung, sehingga pada proses aliran daya pada frekuensi 50 Hz tidak mudah terganggu akibat tegangan lebih tersebut.

Tabel 6 Hasil perbandingan nilai tegangan sebelum dan setelah menggunakan lightning arrester

Arus Petir (kA)	Fasa	Tanpa Lightning arrester	Model IEEE	Model Karlabaye	Model Micaela
10 kA	R	439	64,21	67,3	237,16
	S	311	-32,7	-29,12	-264,59
	T	281	-39,2	-32,87	-247,8
20 kA	R	1.238,70	63,67	70,43	238,25
	S	837	-32,36	-28,6	-217,19
	T	650	-37,07	-31,57	-289,07
30 kA	R	1.893	64,96	73,69	302,83
	S	2.414	-31,06	-29,6	-229,79
	T	1.230	-30,66	-32,82	-328,4
40 kA	R	2.414	67,42	77,83	316,07
	S	1.876	-26,41	-25,91	-341,27
	T	1.230	-67,82	-33,06	-350,15
50 kA	R	1.970	90,18	81,96	395,15
	S	1.671,40	-46,21	-27,81	-350,15
	T	1.525,40	-76,28	-35,07	-439,7



Gambar 8. Kurva perbandingan hasil tegangan sebelum dan setelah menggunakan lightning arrester

Gambar 8 menunjukkan adanya perbedaan sebelum dan setelah menggunakan *lightning arrester* sebelum menggunakan *lightning arrester* nilai tegangan transformator dari simulasi dengan interval raiting arus sebesar 10 kA sampai 50 kA mengalami kenaikan tegangan lebih tinggi pada setiap simulasi yang dilakukan terutama pada fasa R dari lima pengujian nilai tegangan terbesarnya adalah 2.414 kV, bahkan nilai tegangan transformator nya melebihi nilai BIL, jika hal ini terus terjadi maka akan merusak peralatan elektrik bahkan bisa merusak sistem

transmisi. Setelah menggunakan *lightning arrester* terdapat perubahan dari nilai tegangan transformator yang didapat dari fasa R, S, dan T, pada fasa R nilai terbesar yang didapat adalah sebesar 395,15 kV, -350,15 kV pada fasa S, dan -439,70 kV pada fasa T ketiga nilai terbesar ini terjadi pada pengujian interval arus 50 kA pada model Micaela. Hal ini dapat terjadi karena penggunaan *lightning arrester* dapat melindungi transformator dari kerusakan dengan membatasi tegangan lebih yang masuk dan menghilangkan energi tersebut (by-pass energy), Sebagai contoh tegangan dari fasa R dengan injeksi sebesar 50 kA pada fasa R model IEEE memiliki nilai tegangan 90,18, dan pada model Karlabaye memiliki nilai tegangan sebesar 81,96 kV.

4. Kesimpulan

Dalam pengujian sambaran petir secara langsung hasil tegangan yang didapatkan cenderung lebih besar hal ini dikarenakan simulasi dilakukan sebelum menggunakan *lightning arrester*, Namu berbeda hasilnya ketika dilakukan pengujian sambaran petir secara tidak langsung menggunakan *lightning arrester* hasilnya cenderung lebih kecil hal ini dikarenakan adanya *lightning arrester* yang berfungsi baik sebagai alat proteksi dari sambaran petir.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kami ucapkan kepada semua pihak yang telah membantu menyelesaikan penelitian ini. Serta terima kasih kepada UIN Sunan Gunung Djati Bandung dan ULTG Bandung timur atas dukungannya untuk publikasi penelitian ini.

Referensi

- [1] C. G. I. I. G. D. A. I Putu Weda, "Analisa Penempatan Lightning Arrester pada Cable Head 60 Sebagai Pengaman Traanformator GIS Bandara Ngurah Rai," *Jurnal Spektrum*, pp. Vol.7, No1, 2020.
- [2] T. Saengsuwan, "The Lightning Arrester Modeling Using ATP-EMTP," *Kasetart University*, vol. 42, no. 07, pp. 156-164, 2019.
- [3] W. Syakur,A., "Kinerja Arrester Akibat Induksi Sambaran Petir," *Jurnal Ilmah Teknik Elektro*, 2009.
- [4] S. W, "Kinerja arrester akibat induksi sambaran petir," *jurnal ilmiah teknik elektro*, 2009.
- [5] R. N. Y.a, "Analisa penempatan lightning arrester sebagai pengaman gangguan petir di gardu induk langsa," *Buletin utama teknik*, vol. vol. 14, no. 3, 2019.
- [6] S. I, "Pengaruh pentanahan terhadap transformator pada jaringan menengah 20 kV," pp. 50-71, 2015.
- [7] M. H, "Analisis penentuan arrester sebagai pengaman transformator 20 kV," *jurnal eltek*, no. 02, pp. 26-36, 2012.
- [8] L. P. AP, "Analisis perbandingan transformator distribusi yang efektif terhadap surja petir," *jurnal teknologi*, vol. 6, no. 2, pp. 671-678, 2009.
- [9] SPLN, Pedoman pemilihan tingkat isolasi transformator dan penangkal petir, Jakarta: PLN, 1987.
- [10] P. A, "Analisis perlindungan transformator distribusi yang efektif terhadap surja petir," *jurnal teknologi*, pp. 57-83, 2009.

ID: 48

Prototipe Sistem Monitoring Nirkabel Kualitas Air Minum di Tempat Layanan Galon Isi Ulang

The Prototype of Wireless Quality Monitoring System for Gallon Drinking Water at A Refilling Service

Tita Aisyah¹, Mufty Arif Setiawan², Adi Setiawan^{3*}

^{1,2,3}Institut Teknologi Indonesia

Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan, (021) 7561093
tita.aisyah@iti.ac.id¹, mufty717@gmail.com², adiseti.st@gmail.com^{3*}

Abstrak – Kualitas air minum galon isi ulang perlu dimonitor oleh pemilik usaha layanan galon isi ulang untuk menjamin terpenuhinya syarat mutu air minum. Untuk keperluan tersebut, dirancang suatu prototipe sistem monitoring nirkabel kualitas air minum galon isi ulang menggunakan input dari sensor-sensor pengukur, yaitu sensor suhu air, sensor pH, dan sensor konduktivitas listrik. Alat ini dilengkapi juga dengan sensor level air untuk mendeteksi keberadaan air di dalam bak penampungan. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Uno sedangkan NodeMCU ESP8266 digunakan pada sistem monitoring, sehingga hasil pengukuran dapat dengan mudah diketahui dan dipantau. Hasil pengujian alat menunjukkan $|\%Error|$ rata-rata dari sensor suhu adalah 0,487%, sensor pH pada pH 4,00 terukur rata-rata $4,00 \pm 0,02$ sedangkan pada pH 7,00 terukur nilai rata-rata $6,99 \pm 0,01$. Adapun untuk sensor konduktivitas listrik diperoleh hasil $1,42 \pm 0,02$ untuk larutan 1,413 mS/cm dan $12,89 \pm 0,04$ untuk larutan 12,88 mS/cm. Seluruh hasil ini dapat dimonitor melalui displai LCD di lokasi atau webserver Thingspeak melalui jaringan internet sehingga dapat dikatakan prototipe dapat bekerja dengan baik.

Kata Kunci: Air galon isi ulang, syarat mutu air minum, Arduino Uno, NodeMCU ESP8266, Thingspeak

Abstract – For some people, refilled gallon drinking water is an interesting option to choose than branded one because the price could be cheaper. Nevertheless, the owner of refilling service should keep maintaining quality of the drinking water to meet its quality requirements. In order to monitor the quality of drinking water at his or her refilling service, the prototype of wireless quality monitoring system is built using inputs from sensors, such as water temperature sensors, pH sensors, and electrical conductivity sensors. This device is also equipped with a water level sensor to detect the height level of water in the reservoir. A microcontroller used is Arduino Uno while NodeMCU ESP8266 is used in the monitoring system so the measurement results will be easily accessed and monitored. The tests showed $|\%Error|$ of the average temperature sensor was 0.487%, the pH sensor read average value of 4.00 ± 0.02 for pH 4.00 while for pH 7.00 the average reading value was 6.99 ± 0.01 . The reading results of electrical conductivity sensor was 1.42 ± 0.02 for 1.413 mS/cm solution and 12.89 ± 0.04 for 12.88 mS/cm solution. All these results could be monitored via LCD display at site or Thingspeak webserver through internet connection hence it can be concluded that the prototype works well.

Keywords: Refilled gallon drinking water, drinking water quality requirements, Arduino Uno, NodeMCU ESP8266, Thingspeak

1. Pendahuluan

Kualitas air minum yang baik dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain nilai pH dan konduktivitas listrik. Nilai *power of hydrogen* (pH) menunjukkan derajat keasaman atau kebasaan suatu cairan. Untuk air minum, pH yang baik antara 8,5 – 11,5. Nilai pH yang tinggi membuat darah lebih bersifat basa atau alkali yang diyakini bisa membuat tubuh lebih sehat [1].

Selain nilai pH, pengaruh kualitas air minum dipengaruhi juga oleh nilai konduktivitas listriknya. Konduktivitas listrik (Daya Hantar Listrik/DHL) adalah gambaran numerik dari kemampuan air untuk meneruskan aliran listrik. Nilai konduktivitas air yang layak minum adalah antara 42-500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ atau 0,042-0,5 mS/cm [2].

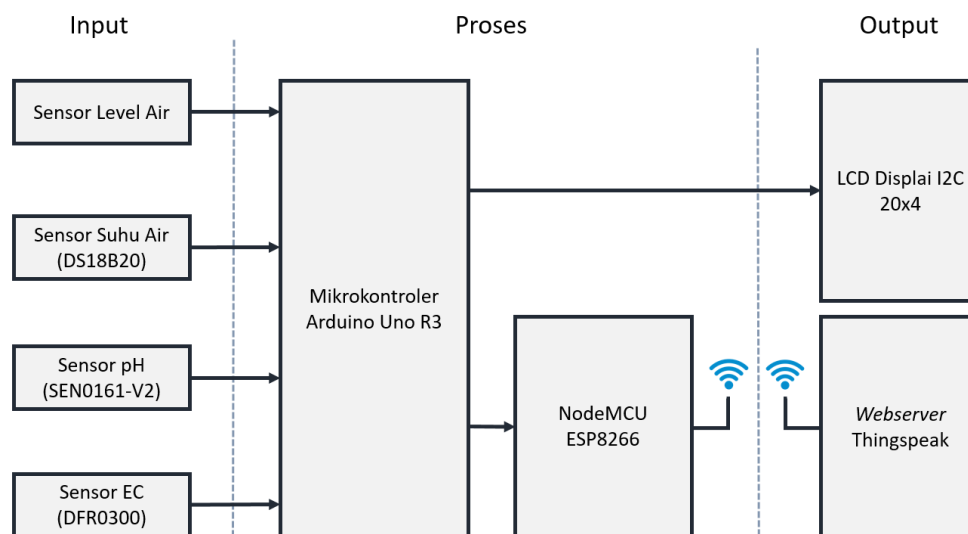
Air minum galon adalah termasuk air minum dalam kemasan (AMDK). Air minum jenis ini wajib memenuhi standar yang telah ditetapkan SNI Air Mineral SNI 3553:2015 agar aman dikonsumsi [3]. Hanya saja, karena air minum galon yang bermerek memiliki harga yang lebih tinggi, masyarakat banyak yang berpaling kepada air minum galon isi ulang. Namun demikian, meskipun banyak pemilik layanan air minum galon isi ulang mengklaim jika air yang dijual telah disterilisasi dan memakai teknologi penyaring terkini, bukan berarti air tersebut telah bebas dari kontaminasi kuman atau bakteri [4].

Sebenarnya pemilik layanan air minum galon isi ulang dapat memonitor sendiri kualitas air minumnya jika terdapat suatu sistem monitoring kualitas air minum di tempat mereka. Sistem ini dapat dibuat secara nirkabel (*wireless*) yang dapat membantu mereka memonitor kualitas air minum isi ulangnya melalui suatu *webservice* yang terhubung dengan jaringan internet atau dapat juga dipantau di lokasi tanpa jaringan internet. Adapun rancangan lengkap sistem yang akan dipaparkan dalam makalah ini berasal dari penelitian penulis di [5].

2. Metode Penelitian

Pada bagian ini dipaparkan alur proses penelitian atau perancangan yang ditampilkan dalam bentuk diagram alir yang mendetail, alat dan bahan/material yang digunakan, serta pengujian yang dilakukan dengan mengikuti penjelasan di dalam [6].

Langkah pertama dalam pembuatan prototipe sistem monitoring nirkabel kualitas air minum ini adalah melakukan desain diagram blok dari sistem, yaitu sebagai berikut:



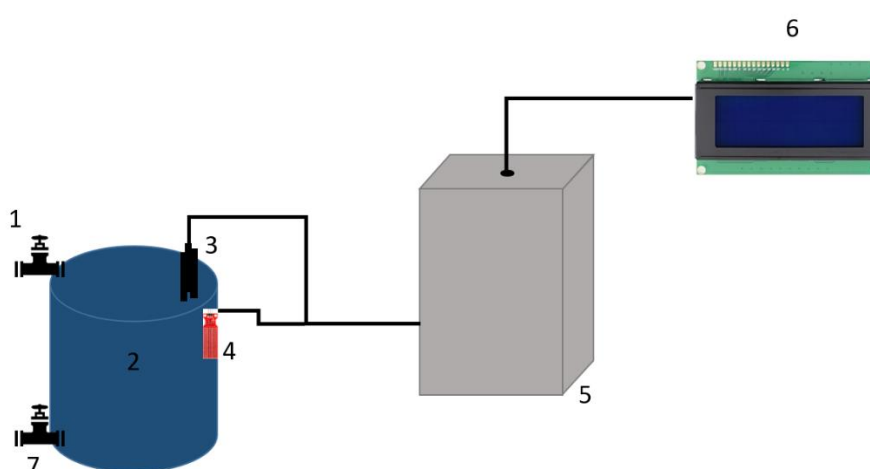
Gambar 1. Diagram blok sistem.

Dari Gambar 1 di atas dapat dijelaskan fungsi dari tiap komponennya sebagai berikut:

1. Mikrokontroler NodeMCU ESP8266 berfungsi sebagai media komunikasi serial antara komponen-komponen dengan *webservice*.
2. Mikrokontroler Arduino Uno R3 berfungsi untuk mengolah data dari masukan (*input*) untuk diteruskan ke keluaran (*output*).

3. Sensor level air berfungsi untuk mendeteksi tersedia atau tidaknya air di bak penampungan.
4. Sensor suhu air DS18B20 berfungsi untuk mengukur suhu air minum.
5. Sensor pH SEN0161-V2 berfungsi untuk mengukur pH air minum.
6. Sensor EC (*Electrical Conductivity*) DFR0300 berfungsi untuk mengukur konduktivitas listrik dari air minum.
7. *Websserver* Thingspeak digunakan untuk menampilkan data tunggal pengukuran serta grafik dari pengukuran yang dilakukan.
8. Displai LCD berfungsi menampilkan data tunggal pengukuran seperti yang ditampilkan oleh *websserver* Thingspeak.

Selanjutnya dilakukan langkah kedua, yakni membuat desain prototipe dari sistem monitoring nirkabel kualitas air minum di tempat layanan galon isi ulang sebagai berikut:

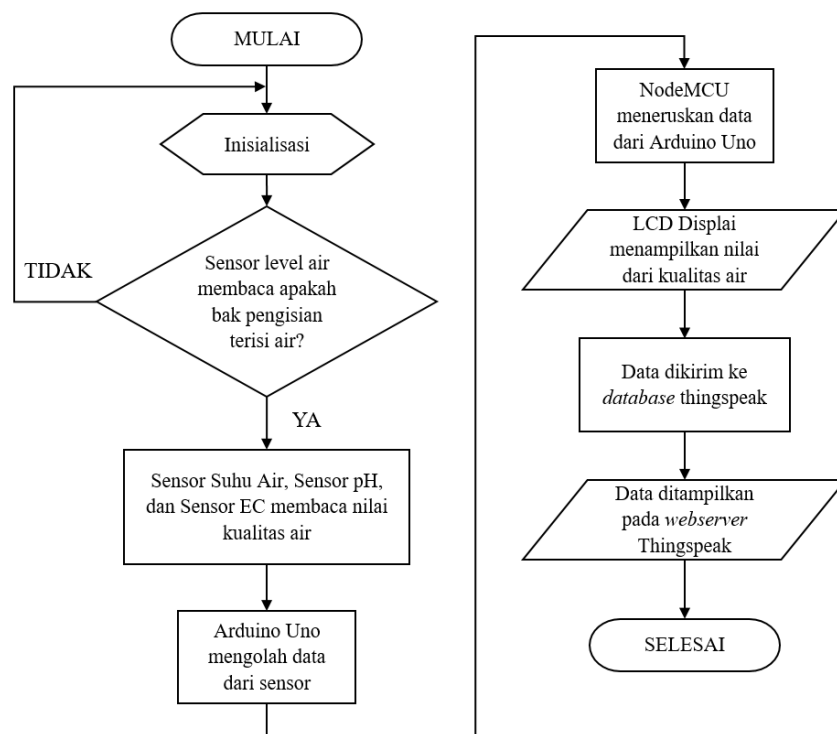


Gambar 2. Desain prototipe sistem.

Keterangan komponen pada Gambar 2 di atas:

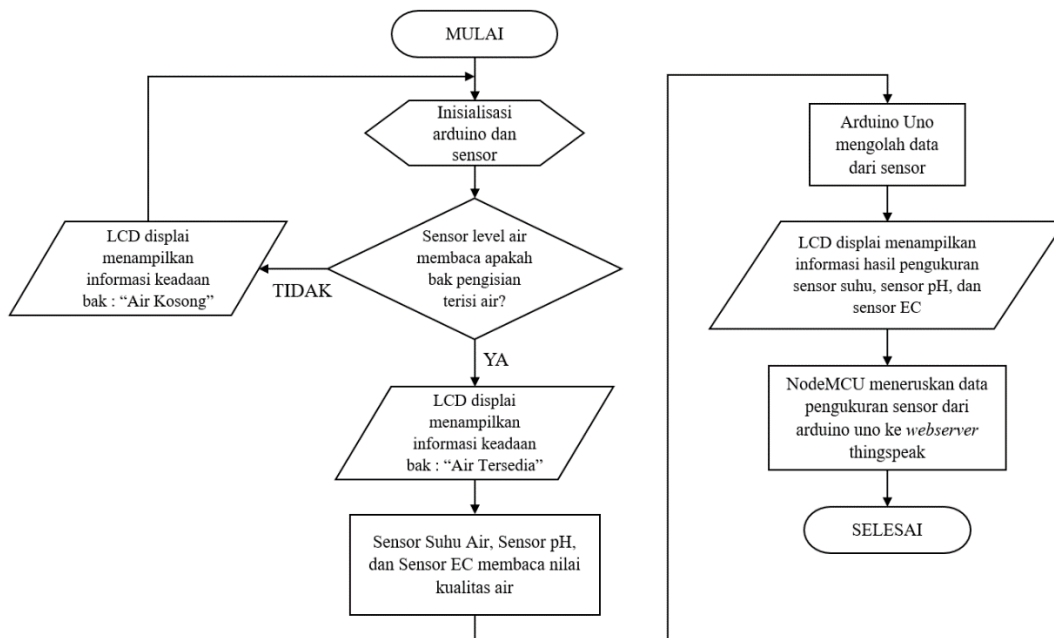
1. Kran air masuk
2. Bak penampungan sementara
3. Sensor (3 *input* sensor)
4. Sensor level air
5. Box listrik plastik
6. Displai LCD 20x4 I2C
7. Kran air keluar

Selanjutnya, langkah ketiga yaitu membuat diagram alir sistem kerja sebagai berikut:



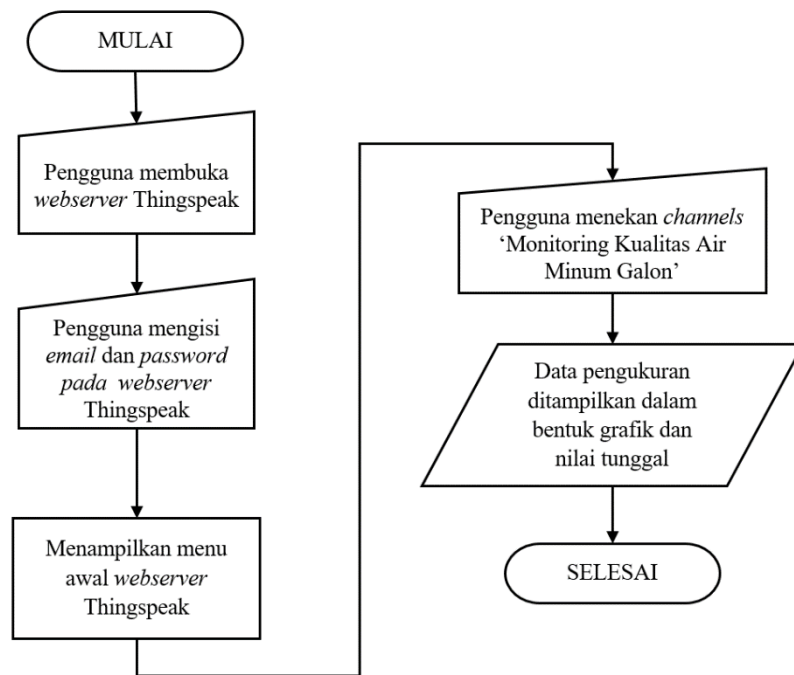
Gambar 3. Diagram alir sistem kerja.

Dilanjutkan langkah keempat dengan pembuatan diagram alir pemrograman mikrokontroler Arduino Uno R3 sebagai berikut:



Gambar 4. Diagram alir pemrograman mikrokontroler.

Lalu dilanjutkan langkah kelima dengan pembuatan diagram alir penggunaan *webserver* Thingspeak sebagai berikut:



Gambar 5. Diagram alir penggunaan *webservice* Thingspeak.

Selanjutnya langkah keenam atau terakhir adalah melakukan pengujian atas komponen yang terdiri dari pengujian sebagai berikut:

1. Pengujian konektivitas *mikrokontroler* NodeMCU ESP8266

Tujuan pengujian mikrokontroler NodeMCU ini adalah untuk melihat dan mendeteksi tingkat kestabilan dari sistem melalui jaringan internet. Pengujian dilakukan dengan *melakukan ping test* pada *internet protocol* (IP) di Node MCU ESP8266 yang terhubung dengan suplai perangkat komputer/laptop. *Ping test* bertujuan untuk mengetahui seberapa cepat waktu dari reaksi koneksi komputer untuk mendapat jawaban setelah proses pengiriman data. Alat dan bahan yang dipergunakan pada pengujian ini adalah: NodeMCU ESP8266, laptop, kabel *micro* USB, jaringan internet dan modem WiFi.

2. Pengujian LCD displai

Tujuan pengujian adalah untuk menampilkan informasi yang kita inginkan apakah sudah sesuai dengan yang tampil pada displai LCD. Pengujian dilakukan dengan menampilkan karakter “ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZabcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890!@#\$\$%^&*()<>?/;:}{””. Alat dan bahan yang dipergunakan pada pengujian ini adalah: Arduino Uno dan displai LCD 20x4 yang telah dilengkapi modul I2C.

3. Pengujian sensor level air

Tujuan pengujian adalah untuk mengetahui atau mendeteksi keberadaan air dalam bak penampungan. Pengujian pertama dilakukan dengan keadaan bak penampungan kosong, kemudian pengujian kedua dengan bak penampungan terisi sampai batas pada sensor level air. Alat dan bahan yang dipergunakan pada pengujian ini adalah: Arduino Uno, sensor level air, displai LCD 20x4 dan bak penampungan air.

4. Pengujian sensor suhu air DS18B20

Tujuan pengujian ini untuk memastikan apakah nilai sensor sudah benar sesuai dengan nilai sensor suhu lain yang telah terkalibrasi. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil menggunakan alat ukur suhu air terkalibrasi, yaitu Yokogawa Power Multi Channel. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali pengambilan data dan menggunakan rentetan suhu yang berbeda, mulai dari 27°C sampai 37°C. Alat dan bahan yang dipergunakan pada pengujian ini adalah: Arduino Uno, *probe* sensor suhu air, modul *board*, displai LCD 20x4 dan Yokogawa Power Multi Channel.

5. Pengujian sensor pH SEN0161-V2

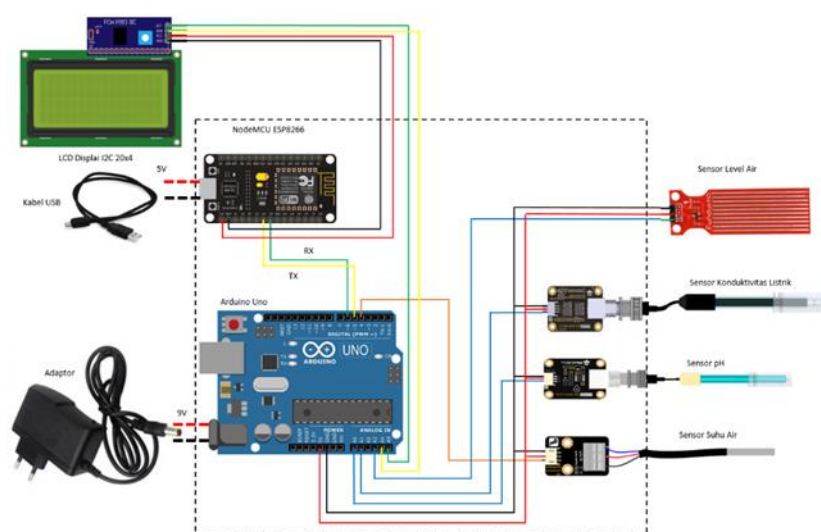
Tujuan pengujian ini untuk memastikan apakah pembacaan sensor pH sudah sesuai dengan hasil sebenarnya. Suhu lingkungan yang digunakan untuk melakukan pengujian adalah 25°C. Sebelum *probe* pH digunakan untuk mengukur larutan yang berbeda, *probe* dibersihkan terlebih dahulu menggunakan air deionisasi. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali untuk pengambilan datanya. Alat dan bahan yang dipergunakan pada pengujian ini adalah: Arduino Uno, modul *board*, *probe* sensor pH, larutan standar atau *buffer solution* pH 4.00 dan pH 7.00, air deionisasi dan displai LCD 20x4.

6. Pengujian sensor EC DFR0300

Tujuan pengujian adalah untuk memastikan apakah pembacaan sensor konduktivitas listrik ini sudah sesuai dengan hasil sebenarnya. Suhu lingkungan yang digunakan untuk melakukan pengujian adalah 25°C. Sebelum *probe* EC digunakan untuk mengukur larutan yang berbeda, *probe* dibersihkan terlebih dahulu menggunakan air deionisasi. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali untuk pengambilan datanya. Alat dan bahan yang dipergunakan pada pengujian ini adalah: Arduino Uno, modul *board*, *probe* sensor EC, larutan konduktivitas standar atau *conductivity solution* 1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dan 12,88 mS/cm , air deionisasi dan displai LCD 20x4.

7. Pengujian sistem secara keseluruhan

Tujuan dari pengujian keseluruhan yaitu untuk memastikan alat yang dibuat sesuai dengan spesifikasi dan rancangan yang sudah direncanakan. Pengujian ini juga bertujuan untuk mengetahui keakuratan dan keandalan dari sistem yang dibuat seperti dapat dilihat pada Gambar 6 di bawah ini.

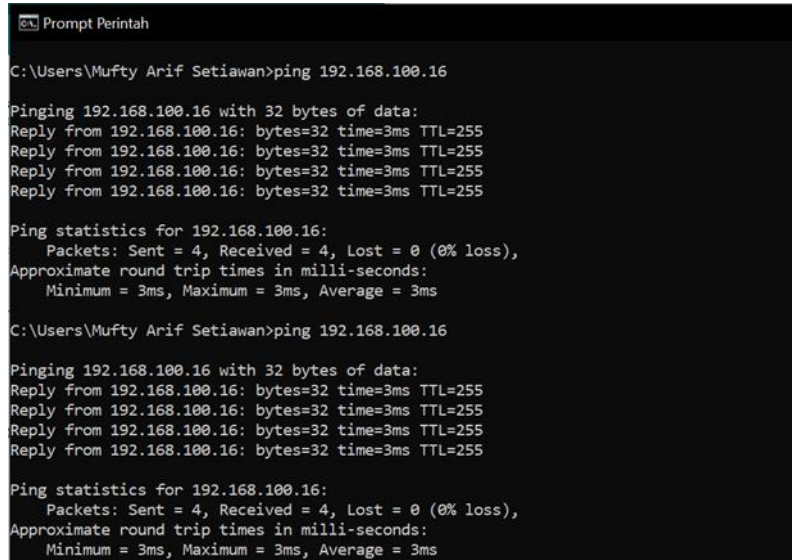


Gambar 6. Pengujian sistem secara keseluruhan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Pengujian *Mikrokontroler* NodeMCU ESP8266 dan Pembahasan

Setelah dilakukan pengujian mikrokontroler NodeMCU, dari hasil pembacaan *command prompt* yang menampilkan kecepatan konektivitas internet pada NodeMCU ESP8266 yang menggunakan sumber internet berupa modem WiFi internet, dibutuhkan waktu rata-rata 3 ms untuk mengirimkan data. Hal ini membuktikan NodeMCU dapat bekerja dengan baik. *Screenshot* dari laptop ditampilkan pada Gambar 7 berikut ini.



```
Prompt Perintah

C:\Users\Mufty Arif Setiawan>ping 192.168.100.16

Pinging 192.168.100.16 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.100.16: bytes=32 time=3ms TTL=255
Reply from 192.168.100.16: bytes=32 time=3ms TTL=255
Reply from 192.168.100.16: bytes=32 time=3ms TTL=255
Reply from 192.168.100.16: bytes=32 time=3ms TTL=255

Ping statistics for 192.168.100.16:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 3ms, Maximum = 3ms, Average = 3ms

C:\Users\Mufty Arif Setiawan>ping 192.168.100.16

Pinging 192.168.100.16 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.100.16: bytes=32 time=3ms TTL=255
Reply from 192.168.100.16: bytes=32 time=3ms TTL=255
Reply from 192.168.100.16: bytes=32 time=3ms TTL=255
Reply from 192.168.100.16: bytes=32 time=3ms TTL=255

Ping statistics for 192.168.100.16:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 3ms, Maximum = 3ms, Average = 3ms
```

Gambar 7. Hasil pengujian konektivitas NodeMCU pada *command prompt*.

3.2 Hasil Pengujian Displai LCD dan Pembahasan

Setelah dilakukan pengujian terhadap displai LCD, dapat disimpulkan bahwa displai LCD dalam keadaan baik dan dapat digunakan. Hal ini karena displai dapat menampilkan semua karakter yang diinginkan. Gambar 8 berikut ini memperlihatkan hasil pengujian tersebut.



Gambar 8. Hasil pengujian displai LCD.

3.3 Hasil Pengujian Sensor Level Air dan Pembahasan

Gambar 9 dan Gambar 10 berikut ini merupakan tampilan pada display LCD 20x4 hasil pengujian dengan keadaan bak penampungan air kosong dan bak penampungan terisi sampai batas pada sensor level air. Dari hasil pengujian sensor level air tersebut, maka sensor level air terbukti dapat digunakan sebagai indikasi pendeteksi keberadaan air pada bak penampungan air.



Gambar 9. Hasil pengujian dengan keadaan bak penampungan air kosong.



Gambar 10. Hasil pengujian dengan keadaan bak penampungan air terisi.

3.4 Hasil Pengujian Sensor Suhu Air DS18B20 dan Pembahasan

Pengujian dari sensor suhu air DS18B20 dilakukan sebanyak 10x pengambilan data. Selanjutnya, hasil pengujian ditampilkan dalam Tabel 1 di bawah ini. Dari hasil pembacaan sensor suhu air DS18B20 dan sensor suhu air pada Yokogawa *Temperature* diperoleh nilai persen error <2%. Dengan demikian sensor suhu air DS18B20 ini dapat digunakan.

Tabel 1. Pengujian sensor suhu air DS18B20.

Pengukuran ke	Yokogawa <i>Temperature</i> (°C)	Sensor Suhu Air	
		(DS18B20) (°C)	%Error
1	27,6	27,69	0,33
2	28,8	28,87	0,24
3	30,4	30,44	0,13
4	31,5	31,56	0,19
5	32,4	32,50	0,31

Pengukuran ke	Yokogawa <i>Temperature</i> (°C)	Sensor Suhu Air	
		(DS18B20) (°C)	[%Error]
6	33,1	33,19	0,27
7	34,3	34,50	0,58
8	35,2	35,38	0,51
9	36,4	36,75	0,96
10	37,0	37,50	1,35
Rata-rata [%Error]			0,487

3.5 Hasil Pengujian Sensor pH SEN0161-V2 dan Pembahasan

Pengujian sensor pH SEN0161-V2 dilakukan sebanyak 10x pengambilan data pada setiap larutan standar. Selanjutnya, hasil pengujian ditampilkan dalam Tabel 2 di bawah ini. Dari hasil pembacaan sensor pH SEN0161-V2 pada larutan standar pH 4,00 dan pH 7,00, diperoleh nilai terukur rata-rata adalah $4,00 \pm 0,02$ untuk pH 4,00 dan $6,99 \pm 0,01$ untuk pH 7,00. Maka disimpulkan sensor pH SEN0161-V2 ini dapat digunakan.

Tabel 2. Pengujian sensor pH (SEN0161-V2).

Pengukuran ke	pH Buffer	
	4,00	7,00
1	3,97	7,00
2	4,00	6,97
3	4,00	7,00
4	4,03	7,00
5	4,00	7,00
6	4,00	7,00
7	4,03	6,97
8	4,00	7,00
9	4,00	7,00
10	4,00	7,00
Rata-rata	4,00	6,99
Standar Deviasi	0,02	0,01

3.6 Hasil Pengujian Sensor EC DFR0300 dan Pembahasan

Pengujian sensor konduktivitas listrik EC DFR0300 dilakukan sebanyak 10x pengambilan data pada setiap larutan standar. Selanjutnya, hasil pengujian ditampilkan dalam Tabel 3 di bawah ini. Dari hasil pembacaan sensor konduktivitas listrik (DFR0300) pada larutan konduktivitas standar 1,413 mS/cm diperoleh nilai konduktivitas rata-rata $1,42 \pm 0,02$. Sedangkan pada larutan konduktivitas standar 12,88 mS/cm diperoleh nilai konduktivitas rata-rata $12,89 \pm 0,04$. Sehingga disimpulkan sensor konduktivitas listrik EC DFR0300 ini dapat digunakan.

Tabel 3. Pengujian sensor EC DFR0300.

Pengukuran ke	Conductivity Solution	
	1,413 mS/cm	12,88 mS/cm
1	1,41	12,91
2	1,45	12,95
3	1,41	12,98
4	1,41	12,88
5	1,45	12,85

Pengukuran ke	Conductivity Solution 1,413 mS/cm	Conductivity Solution 12,88 mS/cm
6	1,45	12,88
7	1,41	12,88
8	1,42	12,90
9	1,41	12,85
10	1,42	12,88
Rata-rata	1,42	12,89
Standar Deviasi	0,02	0,04

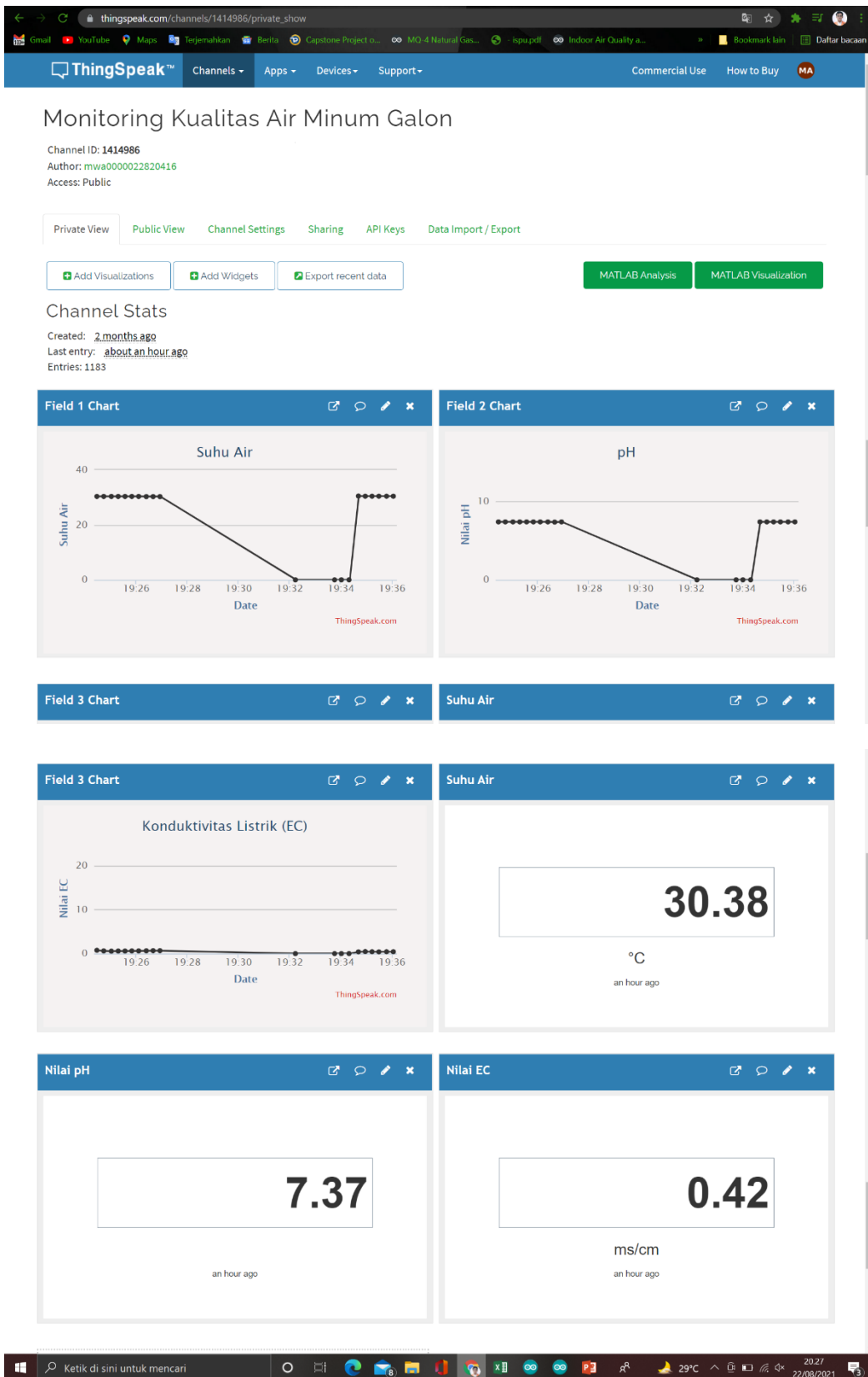
3.7 Hasil Pengujian Keseluruhan dan Pembahasan

Tabel 4 di bawah ini menyajikan data hasil pengujian sistem secara keseluruhan. Tabel terdiri dari kolom *input* sensor, proses, serta *output* data yang dihasilkan (baik pada displai LCD maupun *webserver* Thingspeak).

Tabel 4. Data pengujian secara keseluruhan.

No.	Waktu pengukuran	Kondisi Bak	Output displai LCD			Output webserver Thingspeak		
			Suhu Air (°C)	pH	Konduktivitas listrik (mS/cm)	Suhu Air (°C)	pH	Konduktivitas listrik (mS/cm)
1	2021-08-22 19:23:35	Air Kosong	-	-	-	0	0	0
2	2021-08-22 19:23:56	Air Kosong	-	-	-	0	0	0
3	2021-08-22 19:24:12	Air Tersedia	30,44	7,37	0,39	30,44	7,37	0,39
4	2021-08-22 19:24:29	Air Tersedia	30,31	7,37	0,45	30,31	7,37	0,45
5	2021-08-22 19:24:45	Air Tersedia	30,31	7,37	0,42	30,31	7,37	0,42
6	2021-08-22 19:25:02	Air Tersedia	30,31	7,37	0,39	30,31	7,37	0,39
7	2021-08-22 19:25:18	Air Tersedia	30,31	7,37	0,42	30,31	7,37	0,42
8	2021-08-22 19:25:35	Air Tersedia	30,31	7,37	0,42	30,31	7,37	0,42
9	2021-08-22 19:25:51	Air Tersedia	30,31	7,37	0,42	30,31	7,37	0,42
10	2021-08-22 19:26:07	Air Tersedia	30,31	7,37	0,42	30,31	7,37	0,42
11	2021-08-22 19:26:24	Air Tersedia	30,25	7,37	0,42	30,25	7,37	0,42
12	2021-08-22 19:26:40	Air Tersedia	30,25	7,34	0,42	30,25	7,34	0,42
13	2021-08-22 19:26:57	Air Tersedia	30,25	7,37	0,42	30,25	7,37	0,42
14	2021-08-22 19:32:15	Air Kosong	-	-	-	0	0	0
15	2021-08-22 19:33:47	Air Kosong	-	-	-	0	0	0

Setelah dilakukan pengujian sistem secara keseluruhan, terbukti prototipe sistem dapat bekerja dengan baik sesuai dengan rancangan. Hal itu dapat dipahami dari Tabel 4 di atas. Jika bak penampungan kosong, maka *output* displai LCD maupun *output* yang tampak di *webserver* Thingspeak tidak menampilkan data apa pun. Namun jika bak penampungan terisi air, maka *output* displai LCD menampilkan data pengukuran yang sama dengan yang dapat diamati di *webserver* Thingspeak. Untuk lebih jelasnya, *screenshot* tampilan monitoring hasil pengukuran di *webserver* Thingspeak dapat dilihat pada Gambar 11 berikut ini.



Gambar 11. Screenshot tampilan monitoring kualitas air minum di webserver Thingspeak.

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang bisa diambil dari penelitian pembuatan prototipe sistem monitoring nirkabel kualitas air minum galon isi ulang ini antara lain adalah prototipe dapat bekerja dengan baik. Sistem bekerja sesuai dengan rancangan di mana sistem dapat menampilkan data-data pengukuran dari sensor level air, sensor suhu, sensor pH dan sensor konduktivitas listrik. Monitoring dapat dilakukan di tempat layanan galon isi ulang lewat display LCD maupun secara *remote* melalui jaringan internet lewat *webserver* Thingspeak. Ke depannya model monitoring kualitas air minum isi ulang seperti ini dapat menambahkan sensor ORP (*Oxidation-Reduction Potential*) untuk mengukur kemampuan oksidasi dan reduksi larutan dari air minum, atau sensor DOS (*Dissolved Oxygen Sensor*) untuk mengukur jumlah oksigen terlarut dalam air, dan sensor-sensor kualitas air minum yang lain.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada Tim Seminar Nasional Teknik Elektro (SENER VI 2021) yang telah menyelenggarakan seminar ini.

Referensi

- [1] Shafira, F. M. Syahidah, D. S. Riyandi, et. al “Perbedaan Pengaruh Air Alkali dengan Air Mineral Terhadap Status Hidrasi dan pH Urin pada Mahasiswa Fakultas Farmasi Universitas Padjajaran,” *Farmaka*, Vol. 17, No. 1, 2019. [Online serial]. Available: <https://jurnal.unpad.ac.id/farmaka/article/view/15175>. [Accessed Nov. 12, 2021].
- [2] Khairunnas and M. Gusman, “Analisis Pengaruh Parameter Konduktivitas, Resistivitas, dan TDS Terhadap Salinitas Air Tanah Dangkal pada Kondisi Air Laut Pasang dan Air Laut Surut di Daerah Pesisir Pantai Kota Padang,” *Jurnal Bina Tambang*, Vol. 3, No. 4, 2018. [Online serial]. Available: <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/mining/article/view/102295>. [Accessed Nov. 12, 2021].
- [3] M. M. Sa’idi, “Analisis Parameter Kualitas Air Minum (pH, ORP, TDS, DO, dan Kadar Garam) Pada Produk Air Minum Dalam Kemasan (AMDK),” Tugas Akhir S1, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, 2020.
- [4] I. Bramasti (ed.), “Jangan Minum Air Galon Isi Ulang Tiap Hari, Ternyata Berbahaya Bagi Kesehatan Tubuh, Ada Bakteri,” August 9, 2020. [Online], Available: <https://newsmaker.tribunnews.com/2020/08/09/jangan-minum-air-galon-isi-ulang-tiap-hari-ternyata-berbahaya-bagi-kesehatan-tubuh-ada-bakteri>. [Accessed Nov. 12, 2021].
- [5] M. A. Setiawan, “Rancang Bangun Sistem Informasi Kualitas Air Galon Isi Ulang Berbasis Webserver,” Tugas Akhir S1, Institut Teknologi Indonesia, Tangerang Selatan, 2021.
- [6] L. Noerochim, *10+ Kesalahan dalam Penulisan Artikel Ilmiah (Jurnal, Skripsi, Tesis dan Disertasi)*. Boyolali: Kaaffah Penerbit, 2019.