

JOURNAL OF ELECTRICAL ENGINEERING AND INFORMATION TECHNOLOGY

Analisis Redaman Jaringan *Fiber To The Home* Di Daerah Istana Gardenia Regency

M.Reza Hidayat, Iqbal Imadudin Prasetyo

RFID Untuk Sistem Keamanan Dan Pelacakan: Tinjauan Literatur

Tri Seda Mulya, Aisyah Aira Putri Maharani, Michael Steven, Diky Zakaria

Perancangan dan Integrasi IoT pada Sistem Kendali Air Kolam dengan Metode Fuzzy Berdasarkan PH dan *Turbidity* Berbasis Mikrokontroler

Ni Ketut H.D, Joni Mahardani

Sistem Pentanahan *Driven Ground* Pada Gardu Distribusi ULP Soreang

Fauzia Haz, Muhammad Ilhammawardi

Analisis Perbaikan Drop Tegangan dengan Metode Pecah Beban pada Penyulang GNAP PT. PLN (Persero) ULP Plered

Hakim Achmad Rifan, Dede Furqon Nurjaman, Een Taryana, Wahyu Hidayat



Program Studi Teknik Elektro
Universitas Jenderal Achmad Yani

ISSN 1693-4989



Vol. 22, No. 1, Juni 2024

E-ISSN : 2745-5688 P-ISSN : 1693-4989

EPSILON : *Journal of Electrical Engineering and Information Technology* adalah jurnal penelitian dan pengkajian aplikasi teknologi dalam bidang teknik elektro dan teknologi informasi yang dikelola oleh Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jenderal Achmad Yani. Redaksi menerima tulisan para peneliti di lingkup perguruan tinggi dan lembaga penelitian. Tulisan bisa dalam Bahasa Inggris atau dalam Bahasa Indonesia. Makalah lengkap dikirim dalam bentuk *softcopy* ke alamat redaksi. Makalah akan dimuat apabila mengikuti panduan yang ditetapkan serta setelah mengalami penyuntingan dan penilaian dari redaksi ahli. Penilaian dari redaksi ahli dilaksanakan secara anonim.

PENGELOLA JURNAL

Penanggung Jawab

Dekan Fakultas Teknik Unjani

Pimpinan Umum

Ketua Program Studi Teknik Elektro Unjani

Pimpinan Redaksi

Atik Charisma, S.T., M.T. (Scopus ID : 57188567470) Universitas Jenderal Achmad Yani

Tim Redaksi :

1. Fauzia Haz, S.T., M.T. (Scopus ID : 57215826492) Universitas Jenderal Achmad Yani
2. Dede Furqon Nurjaman, S.T., M.T. (Scopus ID : 57215826304) Universitas Jenderal Achmad Yani
3. Nivika Tifanny Somantri, S.T., M.T. (Scopus ID : 7205030775) Universitas Jenderal Achmad Yani
4. Irvan Budiawan, S.T., M.T. (Scopus ID : 57205060472) Universitas Jenderal Achmad Yani
5. Salita Ulitia Prini, S.Kom., M.T. (Scopus ID : 57208581701) Unit Pusat Riset Eleltronika & Telekomunikasi – BRIN
6. Griffani Megiyanto Rahmatullah, S.ST., M.T. (Scopus ID : 57215431443) National Taiwan University of Science and Technology
7. Adnan Raffi Al Tahtawi, S.Pd., M.T. (Scopus ID : 57188575833) Politeknik Negeri Bandung

Epsilon diterbitkan dua (2) kali dalam satu tahun
Alamat Redaksi dan Tata Usaha:
Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Jenderal Achmad Yani
Jl. Terusan Jenderal Sudirman PO Box 148 Cimahi 40533
Telp./Fax. 022 – 6642063
Website : www.unjani.ac.id
e-mail : jurnal_epsilon@unjani.ac.id

MITRA BESTARI

- Reviewers : 1. Dr. Asep Najmurokhman, S.T., M.T. (Universitas Jenderal Achmad Yani, Scopus ID : 55919091000)
2. Handoko Rusian Iskandar, S.T., M.T. (Universitas Jenderal Achmad Yani, Scopus ID : 57194219446)
3. Giri Angga Setia S.T., M.T. (Universitas Jenderal Achmad Yani, Scopus ID : 57215919610)*
4. Dede Irawan Saputa, S.Pd., M.T. (Universitas Jenderal Achmad Yani, Scopus ID : 57215833890)*
5. M. Reza Hidayat, S.T., M.T. Universitas Jenderal Achmad Yani, Scopus ID : 57188573208)
6. Hajiar Yuliana, S.T., M.T. Universitas Jenderal Achmad Yani, Scopus ID : 57194007789)*
7. Naftalin Winanti, S.T., M.T. Universitas Jenderal Achmad Yani, Scopus ID : 57200994613)*
8. Yurika, S.T., M.T. (Politeknik TEDC Bandug, SINTA ID : 6109670)
9. Antrisha Daneraici Setiawan, S.T., M.T. (University of Electro-Communications, Scopus ID : 57188573899)
10. Hanny Madiawati, S.ST., M.T. (Politeknik Negeri Bandung, Scopus ID : 57193823758)
11. Barokatun Hasanah S.T., M.T. (Institut Teknologi Kalimantan, Scopus ID : 57188567669)
12. Imil Hamda Imran, M.Sc, P.hD (King Fahd University of Petroleum and Minerals, Scopus ID : 57199736015)
13. Nurul Fahmi Arief, S.T., M.T. (Universitas Pendidikan Indonesia, SINTA ID : 6725597)*
14. Anugrah Adiwilaga S.ST., M.T (Universitas Pendidikan Indonesia, Scopus ID : 57194714935)
15. Fakhruddin Mangkusasmito, S.T., M.T. (Universitas Diponegoro, SINTA ID : 6720123)
16. Christiono, S.T., M.T. (Institut Teknologi PLN, Scopus ID : 6679673)
17. Andi Junaidi, S.T., M.T. (Institut Teknologi PLN, Scopus ID : 57200986174)*
18. Imam Taufiqurrohman, S.Pd., M.T. (Universitas Siliwangi, Scopus ID : 53980722100)*
19. Agus Ramelan, S.Pd., M.T. (Universitas Negeri Solo, Scopus ID : 57203956839)
20. Steven Humena, S.T., M.T. (Universitas Ichsan Gorontalo, Scopus ID : 57192240068)*
21. Ayu Latifah, S.T., M.T. (Institut Teknologi Garut, Scopus ID : 57203959221)*
22. Fachrur Razy Rahman, S.T.,M.T. (Politeknik Industri Logam Morowali, Scopus ID : 57280529800)
23. Martin, S.T., M.T. (Politeknik Negeri Bandung, Scopus ID : 7202782870*)
24. Dinda Ayu Permatasari, S.S.T., M.T. (Politeknik Negeri Malang, Scopus ID : 57209274119)
25. C. Bambang Dwi Kuncoro, Ph.D (National Chin-Yi University of Technology (NCUT), Taiwan, Scopus ID : 56168013600)
-

DAFTAR ISI

Analisis Redaman Jaringan *Fiber To The Home* Di Daerah Istana Gardenia Regency

M.Reza Hidayat, Iqbal Imadudin Prasetyo 1 – 8

RFID Untuk Sistem Keamanan Dan Pelacakan: Tinjauan Literatur

Tri Seda Mulya, Aisyah Aira Putri Maharani, Michael Steven, Diky Zakaria 9 - 16

Perancangan dan Integrasi IoT pada Sistem Kendali Air Kolam dengan Metode Fuzzy Berdasarkan Ph dan *Turbidity* Berbasis Mikrokontroler

Ni Ketut H.D, Joni Mahardani 17 - 32

Sistem Pentanahan *Driven Ground* Pada Gardu Distribusi ULP Soreang

Fauzia Haz, Muhammad Ilhammawardi 33 - 41

Analisis Perbaikan Drop Tegangan dengan Metode Pecah Beban pada Penyulang GNAP PT. PLN (Persero) ULP Plered

Hakim Achmad Rifan, Dede Furqon Nurjaman, Een Taryana, Wahyu Hidayat 42 - 52

DARI REDAKSI

Puji syukur kami sampaikan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas kelimpahan rahmat-Nya sehingga kami bisa menerbitkan Jurnal *EPSILON : Journal of Electrical Engineering and Information Technology* Vol. 22 No.1 Juni 2024. Pada edisi ini menerbitkan lima (5) artikel di bidang Teknik Elektro. Artikel tersebut yakni : (1) Analisis Redaman Jaringan *Fiber To The Home* Di Daerah Istana Gardenia Regency, (2) RFID Untuk Sistem Keamanan Dan Pelacakan: Tinjauan Literatur, (3) Perancangan dan Integrasi IoT pada Sistem Kendali Air Kolam dengan Metode Fuzzy Berdasarkan PH dan *Turbidity* Berbasis Mikrokontroler, (4) Sistem Pentanahan *Driven Ground* Pada Gardu Distribusi ULP Soreang, (5) Analisis Perbaikan Drop Tegangan dengan Metode Pecah Beban pada Penyulang GNAP PT. PLN (Persero) ULP Plered.

Tim redaksi mengucapkan terimakasih kepada peneliti-peneliti yang berkenan mempublikasikan hasil penelitiannya di Jurnal *EPSILON : Journal of Electrical Engineering and Information Technology* Vol. 22 No. 1 Juni 2024. Kami juga mengucapkan terimakasih kepada mitra bestari yang terlibat dalam proses *review* artikel-artikel pada edisi ini. Terimakasih kami ucapkan kepada Program Studi Teknik Elektro Universitas Jenderal Achmad Yani yang telah mendukung penerbitan artikel-artikel. Besar harapan kami kepada para peniliti, perekayasa dan para fungsional lainnya untuk mempublikasikan hasil penelitiannya pada jurnal kami demi pengembangan ilmu pengetahuan teknologi khususnya di bidang teknik elektro. Kami menerima kritik dan saran untuk kemajuan jurnal EPSILON.

Cimahi, Juli 2024

Dewan Redaksi

Analisis Redaman Jaringan *Fiber To The Home* di Daerah Istana Gardenia Regency

M.Reza Hidayat ^{1*)}, Iqbal Imadudin Prasetyo ²⁾

^{1,2)}Program Studi Teknik Elektro

Universitas Jenderal Achmad Yani

Jalan Terusan Jend. Sudirman PO.BOX 148 Cimahi 40531

²⁾Program Studi Teknik Elektro, Universitas Jenderal Achmad Yani

^{*)}Korespondensi : mreza@lecture.unjani.ac.id

Abstrak

Kebutuhan jaringan *fiber to the home* (FTTH) semakin marak digunakan di perkotaan Indonesia, salah satu daerah yang menggunakan jaringan FTTH adalah Istana Gardenia Regency, namun pada saat ini masih banyak terjadi kendala dalam kualitas jaringan yang didapatkan penduduk maka sebab itu diperlukan pengecekan kualitas jaringan FTTH di daerah tersebut. Pada penelitian ini dilakukan pengecekan pada sisi kualitas redaman jaringan FTTH di perumahan Istana Gardenia Regency yang menggunakan *provider* PT. Telkom, penelitian ini dilakukan dengan pengecekan kondisi jaringan secara lapangan menggunakan *optical power meter* (OPM), setelah melakukan pengecekan, dilakukan perancangan jaringan FTTH menggunakan *software optysystem* kemudian melakukan perbandingan kondisi di lapangan dengan hasil perancangan. Hasil pengukuran di lapangan didapatkan hasil sebesar 24,46 dB dengan jarak ONT terdekat dan 34,87dB dengan jarak ONT terjauh sedangkan hasil simulasi didapatkan hasil sebesar 22.527 dB pada ONT terdekat dan 22,668 dB pada ONT terjauh, sehingga dapat dilihat pengaruh lekukan yang dihasilkan dari tarikan kabel mempengaruhi peningkatan redaman. Berdasarkan dengan standarisasi PT. Telkom nilai redaman yang berada pada batas wajar sebesar 13dB hingga 28dB dan nilai daya yang diterima oleh ONT sebesar – 13 dBm hingga -24 dBm. Pada hasil perhitungan *power link budget* dan simulasi, semua sudah sesuai dengan standarisasi PT. Telkom dan layak untuk digunakan.

Kata kunci : FTTH, Redaman, *Optysystem*

Abstract

The need for fiber to the home (FTTH) networks is increasingly being used in urban areas in Indonesia, one of the areas that uses the FTTH network is the Gardenia Regency Palace. In this research, a check was carried out on the quality of the attenuation of FTTH network in the residential area which uses provider PT. Telkom, this research was carried out by checking network conditions in the field using an optical power meter (OPM) measuring instrument. After checking, FTTH network was designed using optysystem software and then compared the conditions in the field with the design results. Field measurement results obtained results of 24.46 dB on ONT distance and 34.87 dB on ONT distance, while simulation results 22,527 dB on ONT and 22.668 dB of farthest ONT, so it can be seen the influence of the indentation resulting from cable pulling affects the increase. Based on the standardization of PT. Telkom attenuation value is within reasonable limits of 13 dB to 28 dB and power value received by ONT is -13 dBm to -24 dBm. In the results of power link budget calculations and simulations, everything is in accordance with PT standards. Telkom and suitable for use.

Keywords : FTTH, Attenuation, *Optysystem*

I. PENDAHULUAN

Perkembangan FTTH (*Fiber To The Home*) untuk internet di Indonesia telah mengalami peningkatan yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir. FTTH merupakan teknologi yang memungkinkan pengiriman sinyal internet melalui serat optik hingga ke rumah pelanggan, memberikan kecepatan dan

Info Makalah:

Dikirim : 03-16-2024;
Revisi 1 : 07-09-2024;
Revisi 2 : mm-dd-yy;
Diterima : 07-10-2024.

Penulis Korespondensi:

Telp : +62-822-1524-4637
e-mail : mreza@lecture.unjani.ac.id

kualitas koneksi yang lebih baik dibandingkan dengan teknologi kabel tembaga. Jaringan FTTH memiliki banyak manfaat dan sangat penting untuk perumahan, keuntungan yang diberikan jaringan FTTH merupakan kualitas internet yang sangat tinggi yang dapat digunakan untuk hal penting seperti *streaming video*, *gaming online*, dan bekerja dari rumah. Akan tetapi jaringan FTTH juga memiliki kekurangan seperti harus melakukan perawatan dan pemeliharaan untuk mendapatkan kualitas layanan yang optimal. Dengan kekurangan tersebut pentingnya untuk melakukan pengecekan lapangan, pengecekan lapangan juga

membantu dalam mendeteksi masalah atau gangguan yang mungkin muncul pada jaringan FTTH. Ini mencakup identifikasi titik-titik lemah dalam infrastruktur, kerusakan kabel, atau gangguan teknis lainnya yang dapat memengaruhi kualitas layanan seperti tekukan (*bending*). Dengan mengetahui masalah ini, operator dapat segera mengambil tindakan perbaikan yang diperlukan.[1].

Ada beberapa penelitian sebelumnya yang terkait dengan penelitian ini, diantaranya adalah penelitian dengan judul “Analisis Redaman Pada Jaringan *Fiber To The Home* (FTTH) Berteknologi Gigabit *Passive Optical Network* (GPON) Di PT Telkom Makasar” [2] yang melakukan optimasi redaman pada output kabel *dropware*. Kemudian penelitian yang berjudul “Analisis Jaringan FTTH (*Fiber To The Home*) Berteknologi GPON (*Gigabit Passive Optical Network*) [3] dimana penelitian ini membahas redaman disepanjang kabel serat optik. Dan penelitian lain tentang “Analisis Redaman Pada Jaringan *Fiber To The Home* (FTTH) PT. Telkom Indonesia (Persero) TBK. Witel Makassar Di Perumahan Bumi Tamanlarea Permai” [4] dimana penelitian ini melakukan simulasi menggunakan *optisystem* dan melakukan perhitungan *power link budget*.

Dari penelitian sebelumnya terlihat bahwa pentingnya melakukan riset terkait kondisi kelayakan jaringan FTTH dilapangan sehingga pada penelitian ini juga dilakukan riset penelitian dilapangan untuk daerah perumahan Istana Gardenia Regency, dimana akan dilaksanakan pengujian secara simulasi. Diharapkan hasil yang akan didapat nantinya dapat memenuhi standar termasuk pada ONT terjauh pada perbaikan titik dan dapat mengembalikan kondisi jaringan sesuai standar

II. METODE

Pada Gambar 1 menjelaskan tentang diagram alir dari penelitian yang akan dilakukan. Diagram alir tersebut menjelaskan proses menganalisa redaman jaringan FTTH di area perumahan Istana Gardenia Regency. Proses analisis redaman FTTH dibagi menjadi beberapa tahapan yaitu menentukan daerah yang akan dianalisis, pengambilan data dan pengumpulan data secara langsung dilapangan, analisis data yang telah didapat, dan pembuatan laporan. Pada penelitian ini hal yang perlu dilakukan pertama adalah menentukan area yang akan diamati Perumahan Istana Gardenia Regency. Penulis menentukan sebagai area yang akan dianalisis pada tugas akhir ini. Tahapan selanjutnya adalah menganalisis kondisi awal kualitas redaman di daerah Perumahan Gardenia Regency. Pada tahapan ini analisis data dilakukan berdasarkan data redaman jaringan FTTH yang didapat dilapangan, kemudian melakukan pemantauan terhadap level batas wajar dari redaman yang diduga penyebab terjadinya gangguan pada jaringan FTTH. Kemudian mengukur redaman, apakah nilai redaman melewati batas wajar, kemudian hasil tersebut dibandingkan dengan hasil penelitian dilapangan dengan data yang ada pada PT Telkom Cihanjuang.

Area yang akan diamati dalam penelitian adalah perumahan Istana Gardenia Regency. Kemudian melakukan pengukuran lapangan pada daya keluaran *Optical Line Termination* (OLT), *Optical Distributin Cabinet* (ODC), dan *Optical Network Termination* (ONT). Setelah hasil pengukuran didapatkan kemudian melakukan perbandingan data yang didapatkan dengan hasil perhitungan *power link budget* dan simulasi menggunakan *software optysystem*. Cara melakukan perhitungan *power link budget* dengan persamaan seperti berikut :

$$atot = L. aserat + Nc. ac + Ns. as + Nasp. aasp \quad (1)$$

Keterangan :

- *L* : Panjang serat optik (Km)
- *ac*: Loss konektor (dB/buah)
- *as*: Loss sambungan (dB/Km)

- N_s : Jumlah sambungan
- N_c : Jumlah konektor
- a_{asp} : Loss *splitter* (dB)

Sedangkan untuk menghitung daya terima (P_{rx}) jaringan serat optik GPON dihitung dengan persamaan:

$$P_{rx} = P_{tx} - a_{tot} \quad (2)$$

Keterangan :

- P_{tx} : Daya output dari sumber optik (dBm)
- P_{rx} : Daya terima maksimum detektor (dBm)

Untuk menghitung power loss jaringan serat optik dihitung dengan persamaan :

$$\alpha = P_T - P_R \quad (3)$$

Keterangan :

- α : Power loss (dB)
- P_t : Daya transmit (dBm)
- P_r : Daya receive (dBm)



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Sedangkan untuk melakukan perancangan jaringan FTTH menggunakan *software optysystem* menggunakan data sebagai berikut :

Tabel 1 Data simulasi *optysystem*

No	Parameter Pengukuran	Unit
1	Panjang Gelombang	1490 nm
2	Daya keluaran Optik (Ptx)	3.25 dBm
3	Jumlah Optical Transmitter	1
4	Jumlah Optical Receiver	2
5	Jumlah konektor	6
6	Jumlah Sambungan	3
7	Jumlah Passive <i>Splitter</i> 1:4 (Sp)	1
8	Jumlah Passive <i>Splitter</i> 1:8 (Sp)	2
9	Tipe modulasi	NRZ (<i>Non-return-to-zero</i>)

III. HASIL DAN DISKUSI

A. Power link budget berdasarkan perhitungan

Perhitungan *power link budget* di area Istana Gardenia Regency dilakukan agar dapat mengetahui daya terima pada jaringan FTTH yang dirancang sehingga daya yang sudah dirancang tidak melebihi batas wajar daya yang ditetapkan. Status kelayakan perhitungan *power link budget* ini sesuai dengan standarisasi PT. Telkom yaitu daya terima -13 s/d -24 dBm dan redaman total 13 s/d 28 dB. Untuk menghitung *power link budget* di area Istana Gardenia Regency dibutuhkan data sesuai dengan hasil yang didapatkan, data yang didapatkan dilapangan sebagai berikut :

Tabel 2 Data spesifikasi perhitungan *power link budget*

No	Parameter Pengukuran	Unit
1	Panjang Gelombang	1490 nm
2	Daya keluaran Optik (Ptx)	3.25 dBm
3	Jumlah Optical Transmitter	1
4	Jumlah Optical Receiver	2
5	Redaman Fiber Optik (α serat)	0.35 dB/Km
6	Redaman Passive splitter 1:4 (Sp)	7.25 dB
7	Redaman Passive splitter 1:8 (Sp)	10.38 dB
8	Redaman Konektor (α_c)	0.25 dB
9	Redaman Sambungan (α_s)	0.1 dB
10	Jumlah konektor (Nc)	6
11	Jumlah Sambungan (Ns)	3

Pada perhitungan *power link budget* dapat menggunakan persamaan (1) dan (2). Perhitungan perancang *link power budget* ini akan menghitung dari OLT hingga ONT. Dengan data diatas, akan didapatkan hasil seperti berikut :

- Jarak OLT – ONT terdekat

Berdasarkan rumus (2.1) akan didapatkan hasil redaman sebagai berikut :

$$a_{tot} = L \cdot a_{serat} + N_c \cdot a_c + N_s \cdot a_s + N_{asp} \cdot a_{asp}$$

$$a_{tot} = (4.197 \times 0.35) + (6 \times 0.25) + (3 \times 0.1) + 7.25 + 10.38$$

$$a_{tot} = 20,928 \text{ dB}$$

Analisis Redaman Jaringan Fiber To The Home di Daerah Istana Gardenia Regency (M.Reza Hidayat, Iqbal Imadudin Prasetyo : Halaman 1 - 8)

Berdasarkan rumus (2) akan didapatkan hasil daya sebagai berikut :

$$P_{rx} = P_{tx} - a_{tot}$$

$$P_r = 3.25 - 20,898$$

$$P_r = -17,739 \text{ dBm}$$

- Jarak OLT – ONT terjauh

$$a_{tot} = L \cdot a_{serat} + N_c \cdot a_c + N_s \cdot a_s + N_{asp} \cdot a_{asp}$$

$$a_{tot} = (5,607 \times 0.35) + (6 \times 0.25) + (3 \times 0.1) + 7.25 + 10.38$$

$$a_{tot} = 21.392 \text{ dB}$$

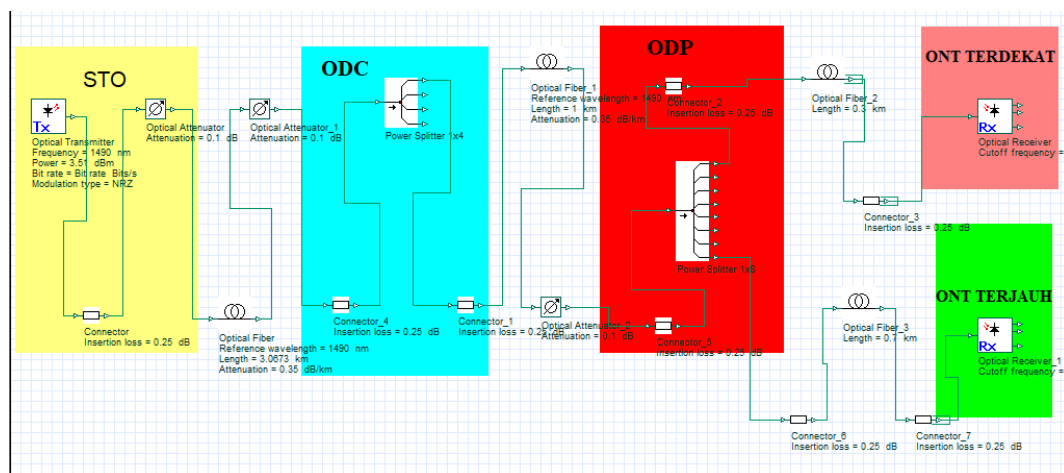
Berdasarkan rumus (2) akan didapatkan hasil daya sebagai berikut :

$$P_{rx} = P_{tx} - a_{tot}$$

$$P_r = 3.25 - 21.392$$

$$P_r = -18,142 \text{ dBm}$$

B. Konfigurasi jaringan FTTH menggunakan *software optysystem*

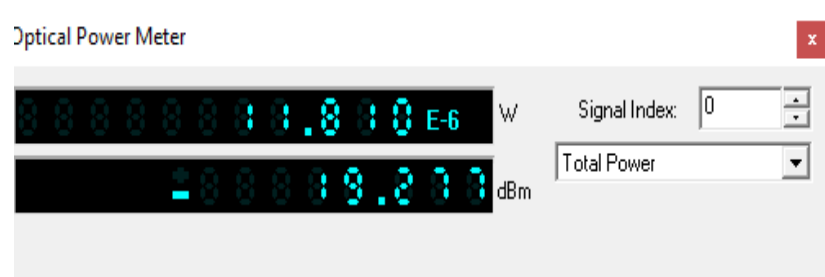


Gambar 2 Konfigurasi *optysystem*

Konfigurasi jaringan FTTH menggunakan *software optysystem* akan memperlihatkan simulasi jaringan FTTH area Istana Gardenia Regency, dimana OLT sebagai *optical transmitter* dan ONT sebagai *optical receiver* data yang digunakan untuk melakukan proses simulasi menggunakan data pada tabel 1.

C. Perhitungan *power link budget* berdasarkan *optysystem*

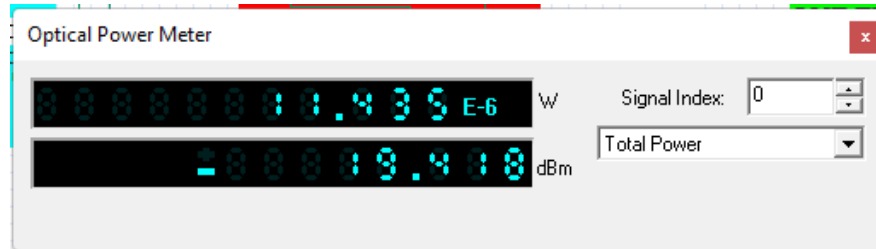
Setelah membuat konfigurasi jaringan FFTH, agar dapat menentukan rugi – rugi atau redaman pada jaringan yang telah dibuat dengan cara melakukan pengukuran menggunakan *tools optical power meter* (OPM). Hasil pengukuran simulasi menggunakan *software optysystem* sebagai berikut :



Gambar 3 Daya terima ONT pada ODP-CMI-FDB-87 (ODP terdekat)

Nilai *power link budget* pada ONT terdekat dengan jarak 4.197 Km dari OLT sebesar -19.277 dBm. Berdasarkan rumus (3) didapatkan hasil redaman sebesar :

$$\begin{aligned}\alpha &= P_T - P_R \\ &= 3.25 \text{ dBm} - (-19,277) \\ &= 22.527\text{dB}\end{aligned}$$



Gambar 4 Daya terima ONT pada ODP-CMI-FDB-87 (ODP terjauh)

Nilai *power link budget* pada ONT terjauh dengan jarak 5.607 Km dari OLT sebesar -19.418 dBm. Berdasarkan rumus (2.3) didapatkan hasil redaman sebesar :

$$\begin{aligned}\alpha &= P_T - P_R \\ &= 3.25 \text{ dBm} - (-19,418) \\ &= 22.668\text{dB}\end{aligned}$$

D. Power Link Budget Hasil Pengukuran Lapangan

Hasil pengukuran didapatkan secara real menggunakan alat ukur di lapangan didampingi oleh teknisi PT. Telkom Akses Cihanjuang. Hasil yang didapatkan sebagai berikut :

Tabel 3 *Power link budget* berdasarkan hasil pengukuran lapangan

NO	Kode ODP	Fiber Length (Km)	Tx dBm	Rx dBm	Redaman dB
1	ODP-CMI-FDB-87	4,197	3,25	-21,21	24,46
2	ODP-CMI-FDB-87	5,607	3,25	-31,62	34,87

Tabel 4 Perbandingan hasil perhitungan *power link budget*

No.	Keterangan	Power Link Budget			Status
		Hasil Simulasi	Hasil Perhitungan	Hasil Pengukuran Lapangan Menggunakan OPM	
1	Total redaman STO-ONT Terdekat	22,527 dB	20,928 dB	24,46 dB	Sesuai Standar
2	Total redaman STO-ONT Terjauh	22,668 dB	21,392 dB	34,87 dB	Tidak Sesuai Standar
3	Prx terdekat	-19,277 dBm	22,527 dB	-19,277 dBm	Sesuai Standar
4	Prx terjauh	-19,418 dBm	22,668 dB	-19,418 dBm	Sesuai Standar

Nilai *power link budget* pada ONT terdekat dengan jarak 4,197 Km dari OLT mendapatkan nilai daya sebesar -21,21 dBm dan redaman sebesar 24,46dB kemudian ONT terjauh dengan jarak 5,607 Km dari OLT mendapatkan nilai daya sebesar -31,62dBm dan redaman sebesar 34,87dB.

Pada tabel 4 dapat dilihat hasil simulasi, perhitungan, dan pengukuran di lapangan terlihat mendapatkan nilai yang berbeda – beda. Berdasarkan dengan standarisasi PT. Telkom Indonesia nilai redaman yang berada pada batas wajar sebesar 13 dB hingga 28 dB dan nilai daya yang diterima oleh ONT sebesar -13dBm hingga -24 dBm. Pada hasil perhitungan power link budget dan simulasi, semua sudah sesuai dengan standarisasi PT. Telkom Indonesia dan layak untuk digunakan. Akan tetapi kita melihat tabel .4 kemudian membandingkan hasil simulasi dan pengukuran di lapangan pada ONT terjauh mendapatkan hasil yang jauh berbeda. Hasil pengukuran pada ONT terjauh mendapatkan nilai redaman 34,87dB yang berarti melewati standarisasi PT. Telkom Indonesia, dengan besarnya nilai redaman yang didapatkan di lapangan akan menyebabkan besarnya power link budget dan akan mempengaruhi pada kualitas jaringan yang didapatkan. Besarnya redaman pada jarak ONT terjauh bisa terjadi karena beberapa faktor, diantaranya bisa terjadi karena kesalahan yang dilakukan oleh teknisi pada saat penarikan kabel menuju rumah pelanggan yang menyebabkan lekukan (*bending*) pada kabel *fiber optic*, ataupun bisa terjadi karena kesalahan pada saat melakukan penyambungan (*splice*) kabel *fiber optic*.

Tabel 5 Perbandingan hasil pengukuran lapangan dengan hasil simulasi

Keterangan	OLT	ODC	ONT
ONT Terdekat	3,25 dBm	-07,85 dBm	-21,21 dBm
ONT Terjauh	3,25 dBm	-07,85 dBm	-31,62 dBm
Rx Terdekat	3,25 dBm	-6,097 dBm	-19,277 dBm
Rx Terjauh	3,25dBm	-6,097 dBm	-19,410 dBm

Dapat dilihat pada perbandingan tabel 5 bahwa daya *output* pada OLT hasil pengukuran dan hasil simulasi mendapatkan hasil sesuai dengan standarisasi PT. Telkom yaitu 3,25 dBm kemudian daya *output* pada ODC hasil pengukuran dan hasil simulasi mendapatkan hasil yang berbeda, pada hasil pengukuran didapatkan daya sebesar -07,85 dBm sedangkan hasil simulasi didapatkan daya sebesar -6,097 dBm, terdapat selisih -1,753 dBm pada hasil pengukuran dan simulasi, akan tetapi daya *output* pada ODC masih sesuai dengan standarisasi PT. Telkom kemudian daya *output* pada ONT hasil pengukuran dan hasil simulasi mendapatkan hasil yang berbeda, hasil pengukuran pada ONT terdekat mendapatkan hasil -21,21dBm dan ONT terjauh mendapatkan hasil -31,62dBm sedangkan hasil simulasi ONT terdekat mendapatkan hasil -19,277 dBm dan terjauh sebesar -19,410 dBm, pada hasil simulasi dapat dilihat bahwa daya yang diterima oleh ONT sesuai dengan standarisasi PT. Telkom yaitu sebesar 15-27 dBm sedangkan hasil pengukuran pada ONT terjauh mendapatkan hasil yang melebihi standarisasi PT. Telkom, hal tersebut dapat disebabkan oleh lekukan (*bending*) pada saat melakukan penarikan kabel *fiber optic* dari ODC sampai ke rumah pelanggan.

IV. KESIMPULAN

Pada hasil simulasi menggunakan *software optysystem* dapat dilihat pada jarak ONT terdekat dan ONT terjauh mendapatkan nilai daya terima dan redaman yang berbeda, nilai daya terima pada ONT terdekat sebesar -19,277 dBm dan ONT terjauh sebesar -19,418 dBm sedangkan redaman ONT terdekat mendapatkan nilai 22,527 dB dan ONT terjauh mendapatkan nilai 22,668 dB, hal tersebut membuktikan bahwa lekukan (*bending*) dapat mempengaruhi peningkatan redaman. Kemudian penelitian ini telah melaksanakan pengujian secara simulasi dan mendapatkan hasil yang memenuhi standar termasuk pada ONT terjauh, berdasarkan data yang kami peroleh dalam penelitian ini pada perbaikan titik ini bisa mengembalikan kondisi jaringan sesuai standarisasi yaitu -14 sampai -27 dBm. Pada penelitian ini juga dapat dilihat hasil pengukuran lapangan menggunakan OPM pada OLT, ODC, dan ONT terlihat hasil yang didapatkan pada daya keluaran OLT dan ODC sudah sesuai dengan standarisasi PT. Telkom, tetapi daya yang dikeluarkan oleh ONT terjauh mendapatkan hasil -31,62 dBm, daya tersebut melebihi standarisasi PT. Telkom. Dapat disimpulkan bahwa peningkatan redaman yang melewati batas wajar terjadi pada ONT.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada rekan dosen dan mahasiswa Teknik Elektro Universitas Jenderal Achmad Yani atas doa dan dukungannya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. N. U. Zaenal dan F. Fausiah, "Analisis Redaman pada Jaringan Fiber to the Home (FTTH) Berteknologi Gigabit Passive Optical Network (GPON) di PT Telkom Makassar," *Ainet : Jurnal Informatika*, vol. 1, no. 1, pp. 21–27, Aug. 2019
- [2] Meilinaeka, "Mengetahui Pengertian, Fungsi, dan Cara Kerja Splitter," Direktorat Pusat Teknologi Informasi, Dec. 23, 2022.
- [3] Y. Hamdani, "Analisa Rugi-Rugi Pelengkungan pada Serat Optik Single Mode terhadap Pelemahan Intensitas Cahaya," *Usu.ac.id*, 2016.
- [4] A.Muharor, B.P.Asmara, dan Z. Bonok, "Analisis Pentransmisian Fiber Optik Saluran Udara Pada Panjang Gelombang 1310 nm Dari Optical Distribution Point (ODP) – Optical Network Termination (ONT)", *JAMBURA : Journal of Electrial and Engineering (JIEEE)*, vol. 1, no. 2,2019.
- [5] I.Hanif, dan D.Arnaldy, "Analisa Penyambungan Kabel Fiber Optik Akses dengan Kabel Fiber Optik Backbone pada Indosat Area Jabodetabek. *Jurnal Multinetics*, Vol. 3. No. 2,2017.
- [6] A. Fauzi,"Perancangan Konfigurasi FTTH Jaringan Akses Fiber Optik Dengan Optisystem Dalam Modul Praktikum Komunikasi Optik", *IJAI: Indonesian Journal of Applied Informatics*, 5(2), pp.146-154, 2022.
- [7] R. Ikhsan, dan R.F.Syahputra, "Performance Control of Semiconductor Optikal Amplifier and Fiber Raman Amplifier in Communication Sistem", *IEEE.19th IEEE/ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing (SNPD)*.pp. 32-36, Juni 2018.
- [8] A.E.Paramarta,, G.Sukadarmika, P.K.Sudiarta, dan K. Kunci, "Analisis Kualitas Jaringan Lokal Akses Fiber Optik Pada Indihome PT. TELKOM di Area Jimbaran", *JIEE*, vol, 16, pp.2-7, 2017.
- [9] R.A.Kurnia, H.Novita., "Analisis Redaman Pada Sistem Fiber Optik Akibat Adanya Penambahan STAdapter", In *Prosiding-Seminar Nasional Teknik Elektro UIN Sunan Gunung Djati Bandung*,pp. 308-314, Maret 2020.
- [10] I. P. F. Prasetya, G. Sukadarmika, "Identifikasi Dan Monitoring Gangguan Layanan Fiber Optik Menggunakan Aplikasi Field Support Management Dan Xshell 7", *Jurnal SPEKTRUM* Vol. 9, no. 2, Juni 2022.
- [11] M.A.Rahmatulloh, D.Hanto, M.Yantidewi , A.Rianaris, R.A. Firdaus, "Analisis Redaman Fiber Optik dengan Menggunakan Pemodelan Software Optisystem" *Jurnal Kolaboratif Sains*, vol. 6, issues 7, Juli 2023.
- [12] B.T. Pratiwi, A. Setyowati, B. Maruddani, "Analisis Penggunaan Jaringan Fiber Optik Untuk Jaringan Komunikasi Scada Di PT PLN UP3 Bekasi", *Jurnal Pendidikan Vokasional Teknik Elektronika (JVOTE)*, Vol 6, No. 1, Juli 2023.
- [13] E.N.Ardina, "Implementasi Fiber Optik di Ranah Industri dan Penyambungan Fiber Optik Menggunakan Splicer di SMK Telkom Tunas Harapan", *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat (Abdimas)*, Vol. 2 No. 2,Agustus 2022.
- [14] N.K.U.Yulianingsih, P.K.Sudiarta, dan N.P.Sastra," Pengembangan Modul Praktikum Untuk Perbandingan Unjuk Kerja Sumber Cahaya Optik LED dan Laser Dalam Sistem Komunikasi Optik", *Jurnal SPEKTRUM*, Vol, 8, NO.1, 2021.
- [15] E.Y.R.Regha,"Prosedur Pemasangan Instalasi Kabel Rumah (Ikr) Dari Pt Oxygen Infrastruktur Indonesia Yang Dikerjakan Oleh Pt Genesis Berkat Usaha Cabang Bali Dalam Mendukung Kegiatan Work From Home (Wfh). Karya Tulis, 2021.

RFID Untuk Sistem Keamanan Dan Pelacakan: Tinjauan Literatur

Tri Seda Mulya¹⁾, Aisyah Aira Putri Maharani²⁾, Michael Steven³⁾, Diky Zakaria^{4*)}

^{1,2,3,4)}Program Studi Mekatronika dan Kecerdasan Buatan
Universitas Pendidikan Indonesia
Jl. Dr. Setiabudi No.229, Kota Bandung

^{*)}Korespondensi e-mail: dikyzak@upi.edu

Abstrak

Pada era perkembangan teknologi yang semakin pesat, pelacakan dan keamanan menjadi aspek yang sangat penting dalam berbagai bidang industri. Hal ini merupakan sebuah respons terhadap tantangan global yang semakin kompleks. Salah satu teknologi yang dapat menjawab tantangan ini adalah teknologi RFID. Dengan RFID, pengelola industri dapat melakukan pelacakan inventaris yang akurat secara real-time, melakukan pemantauan yang jauh lebih akurat terhadap aliran barang, serta mengidentifikasi potensi kerugian akibat hilangnya barang atau kerusakan dalam rantai pasokan. Artikel ini mengulas berbagai artikel dari database scienceDirect yang berhubungan dengan penggunaan RFID pada sistem keamanan dan pelacakan dengan pertanyaan penelitian: bidang yang menggunakan RFID, reader yang digunakan, tag yang digunakan, dampak, dan komunikasi data. Metode yang digunakan pada penulisan ini adalah Systematic Literature Review (SLR). Hasil artikel review ini dapat memberi gambaran bahwa menurut mayoritas artikel, bidang yang paling banyak memanfaatkan RFID untuk sistem keamanan dan pelacakan adalah bidang manufaktur yang menggunakan tag dan reader RFID pasif melalui sistem komunikasi nirkabel dengan memasang tag pada objek yang digunakan dan menempatkan reader pada akses-akses tertentu. Penggunaan RFID ini juga memiliki berbagai dampak yang positif menurut mayoritas artikel seperti dapat mempersingkat waktu operasional, melacak objek kecil, meminimalisir kesalahan pelacakan, serta memperkecil biaya yang dibutuhkan.

Kata Kunci : Keamanan, Pelacakan, RFID, literature review

Abstract

In an era of rapid technological development, tracking and security become very important aspects in various industrial fields. This is a response to increasingly complex global challenges. Technology that can answer this challenge is RFID. Industry managers can perform accurate inventory tracking in real-time, conduct more accurate monitoring the flow of goods, and identify potential losses due to loss or damage in the supply chain with RFID. This article reviews various articles from scienceDirect database related to the use of RFID in security and tracking systems with research questions: fields that use RFID, readers used, tags used, impact, and data communication. The method used in this paper is Systematic Literature Review (SLR). The results of this review article can illustrate that according to the majority of articles, the field that most utilizes RFID for security and tracking systems is the manufacturing field that uses passive RFID tags and readers through a wireless communication system by attaching tags to objects used and placing readers at certain accesses. The use of RFID also has various positive impacts according to the majority of articles such as being able to shorten operational time, track small objects, minimize tracking errors, and minimize the costs required.

Keywords : RFID, Security, Tracking, Literature Review

I. PENDAHULUAN

Pada era perkembangan teknologi yang semakin pesat, pemantauan dan pelacakan menjadi aspek yang sangat penting dalam berbagai sektor [1]. Hal ini merupakan sebuah respon terhadap tantangan global yang semakin kompleks sehingga mengakibatkan sistem pelacakan yang efisien dan akurat menjadi isu yang krusial. Salah satu teknologi yang menghasilkan dampak signifikan dalam menjawab tantangan ini

Info Makalah:

Dikirim : 05-09-2024;

Revisi 1 : 05-26-2024;

Revisi 2 : mm-dd-yy;

Diterima : 05-28-2024.

Penulis Korespondensi:

Telp : +62-813-2143-9833

e-mail : dikyzak@upi.edu

adalah teknologi RFID. RFID (*Radio Frequency Identification*) adalah teknologi yang memungkinkan identifikasi serta pemantauan objek atau makhluk hidup dengan menggunakan sinyal gelombang radio [2]. RFID terdiri dari 3 komponen utama, yaitu *tag*, *reader*, dan basis data [3]. Teknologi ini telah menjadi salah satu solusi utama dalam mengatasi berbagai tantangan dalam pengelolaan dan pelacakan barang, mulai dari pengiriman barang, manajemen persediaan, hingga keamanan.

Dalam era industri perdagangan yang fenomenal seperti sekarang ini juga, persaingan akan berjalan semakin ketat yang diimbangi oleh ekspektasi konsumen yang semakin tinggi. Untuk memenuhi kepuasan konsumen, sistem pelacakan yang efisien memiliki peran yang sangat penting untuk memastikan pengiriman yang tepat waktu [4]. Kepuasan konsumen tidak hanya terkait dengan kualitas produk dan harga, tetapi juga sejauh mana sebuah industri perdagangan dapat memenuhi pengiriman yang tepat waktu. Dalam konteks ini, RFID (*Radio Frequency Identification*) muncul sebagai solusi yang efisien. Dengan RFID, pengelola industri perdagangan dapat melakukan pelacakan inventaris yang akurat secara *real-time* [5]. Hal ini berarti para pemilik industri dapat dengan mudah mengidentifikasi posisi dan status setiap produk dalam stok mereka. Dengan cara ini, RFID membantu menghindari kesalahan dalam pengiriman sehingga efisiensi operasional dapat meningkat dan pada akhirnya kepuasan konsumen juga ikut meningkat.

Selain itu, RFID juga muncul sebagai sebuah inovasi yang sangat penting dalam industri manufaktur [6]. Teknologi RFID memiliki peran yang sangat signifikan dalam mengoptimalkan rantai pasokan. Dengan RFID, industri manufaktur dapat melakukan pemantauan yang jauh lebih akurat terhadap aliran barang dari pemasok awal mulai dari proses produksi hingga tahap pengiriman kepada konsumen akhir. Informasi *real-time* yang diberikan oleh RFID memungkinkan industri untuk merencanakan produksi dengan lebih efisien dan mengurangi risiko kekurangan atau kelebihan persediaan. Di samping itu, RFID juga membantu industri untuk mengidentifikasi potensi kerugian akibat hilangnya barang atau kerusakan dalam rantai pasokan mereka. Dengan pemantauan yang lebih teliti ini, industri dapat mengambil tindakan yang tepat waktu untuk mengurangi risiko yang dapat terjadi Terhadap barang yang diproduksi serta mengoptimalkan proses produksi. Penggunaan RFID dalam industri manufaktur telah membuka pintu menuju efisiensi yang lebih besar dan manajemen yang lebih cerdas dalam operasi rantai pasokan [7].

Beberapa penelitian mengenai masalah ini sudah dilakukan oleh peneliti terdahulu. Salah satunya adalah penelitian yang dilakukan Rahmawati dkk [8] yang bertujuan untuk mengembangkan sistem pelacakan posisi aset laboratorium yang efisien dan akurat menggunakan teknologi RFID. Selain itu, terdapat penelitian lain yang dilakukan oleh Arirama Trihantoro [9] yang menjelaskan teknologi RFID untuk melacak dan mengelola aset-aset perpustakaan dan arsip di Jakarta Barat. Meskipun sudah banyak penelitian mengenai penggunaan RFID untuk pelacakan, namun penelitian ini tetap perlu dilakukan karena penelitian ini akan berfokus pada perkembangan terkini dalam aplikasi RFID serta evaluasi efektivitasnya dalam berbagai sektor.

Dengan menggunakan metode *systematic literature review*, penulisan artikel ini akan mengungkap bagaimana RFID telah menjadi solusi yang penting dalam mengatasi permasalahan sistem keamanan dan pelacakan secara global. Metode ini dipilih karena memungkinkan peneliti untuk mengumpulkan dan menganalisis informasi yang sudah ada dalam literatur yang digunakan. Sejauh ini, belum ada artikel *literatur review* yang membahas mengenai penggunaan RFID untuk sistem keamanan dan pelacakan pada database yang peneliti gunakan. Pembahasan mengenai RFID pada *literatur review* yang ada hanyalah sebatas pengenalan mengenai RFID tanpa dikaji lebih dalam serta dibandingkan dengan topik yang sama. Hal tersebutlah yang mendorong peneliti untuk menulis artikel literatur review ini untuk dapat mengetahui lebih jauh mengenai permasalahan yang diangkat serta menimbulkan kebermanfaatan bagi para pembaca karena ini merupakan sesuatu yang baru.

Adapun *research questions* (RQs) yang digunakan peneliti dalam melakukan penelitian ini adalah:

- RQ1: Pada bidang apa RFID tersebut digunakan?
-

- RQ2: Apa reader RFID yang digunakan?
- RQ3: Apa tag RFID yang digunakan?
- RQ4: Apa dampak RFID terhadap sistem pelacakan?
- RQ5: Bagaimana komunikasi data pada sistem RFID?

Oleh karenanya, penulisan artikel literature review ini bertujuan untuk mengidentifikasi cara kerja dan dampak dari penggunaan teknologi RFID dalam sistem keamanan dan pelacakan di berbagai bidang yang ada. Dalam kata lain, penelitian ini juga bertujuan untuk memberikan pemahaman yang mendalam tentang bagaimana RFID mempengaruhi tingkat akurasi pelacakan, efisiensi dalam pengiriman dan manajemen barang, serta keamanan dalam operasi pelacakan. Dengan hal tersebut, hasil dari penulisan artikel literature review ini diharapkan dapat memberikan gambaran kepada peneliti lain yang membaca terkait dengan pengembangan penelitian yang sudah ada mengenai penggunaan RFID untuk sistem keamanan dan Pelacakan agar dapat menemukan orisinalitas dan kebaruan penelitian mereka berikutnya.

II. METODE

A. Pemilihan Artikel

Pemilihan artikel menggunakan database ScienceDirect untuk memilih artikel yang relevan dan yang menjurus dengan topik yang dibawa. ScienceDirect adalah sebuah website yang memberikan akses mudah ke sumber informasi ilmiah seperti artikel jurnal, buku, tesis, dan laporan teknis dari seluruh dunia serta dijadikan juga sebagai media publikasi untuk jurnal yang sudah dihasilkan oleh para akademisi [10]. Kata kunci pencarian yang digunakan adalah ("RFID" and "TRACKING " and "SYSTEM"). Pencarian dilakukan pada tanggal 17 Oktober 2023 Pukul 07.00 WIB dengan keterangan sebagai berikut:

Tabel 1 Artikel Diseleksi dan Dipilih pada ScienceDirect

No	Proses	Jumlah artikel
1	Memasukkan kata ("RFID" and "TRACKING" and "SYSTEM") pada kolom pencarian ScienceDirect	681 Artikel
2	Memilih artikel dengan batas 5 tahun terakhir (2019 – 2023)	316 Artikel
3	Memilih tipe artikel "artikel penelitian"	197 Artikel
4	Memilih subjek area bidang engineering	84 Artikel
5	Mengecualikan artikel yang aksesnya tertutup	25 Artikel
6	Mengecualikan artikel yang tidak berhubungan	13 Artikel
Jumlah akhir artikel yang digunakan		13 Artikel

B. Proses Review Artikel

Setelah tahapan pemilihan artikel selesai, langkah selanjutnya adalah melakukan pengunduhan 13 artikel tersebut dan melanjutkan proses review yang meliputi menjawab 5 pertanyaan yang telah ditentukan sebelumnya, memberikan analisis mendalam, serta menyusun kesimpulan berdasarkan temuan yang didapat. Database sciencedirect digunakan karena merupakan publisher terkemuka di dunia dan sudah terindeks database Scopus. 13 artikel terpilih karena sudah memenuhi kriteria yang ditentukan. Kriteria utamanya adalah artikel yang open access, sehingga artikel yang closed access tidak melibatkan. Lebih detail seperti tercantum pada tabel 1.

III. HASIL DAN DISKUSI

A. Metadata Artikel

Metadata dari 13 artikel yang digunakan ditampilkan pada Tabel 2:

Tabel 2 Metadata Artikel yang Digunakan

No	Penulis	Judul	Konferensi/ Sumber Jurnal
1	[11]	Procedure and Validation of the Implementation of Automated Sensor Integration Kinematics in an LPBF System	53rd CIRP Conference on Manufacturing Systems
2	[12]	Real-time locating systems (RTLS) in future factories: technology review, morphology and application potentials	54th CIRP Conference on Manufacturing Systems Real-time
3	[13]	A security reference architecture for cargo ports	Elsevier B.V. on behalf of KeAi Communications Co., Ltd: Internet of Things and Cyber-Physical Systems
4	[14]	Automated manufacturing of large composites utilizing a process orchestration system	30th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM2021)
5	[15]	Internal Positioning System for Cardiotocograph (CTG) Transducers at Mackay Base Hospital	14th Global Congress on Manufacturing and Management (GCMM-2018)
6	[12]	Real-time locating systems (RTLS) in future factories: Technology review, morphology and application potentials	54th CIRP Conference on Manufacturing Systems
7	[16]	Introducing autonomous aerial robots in industrial manufacturing	Elsevier Ltd on behalf of The Society of Manufacturing Engineers: Journal of Manufacturing Systems journal
8	[17]	A real-time condition monitoring and maintenance management system for low voltage industrial motors using internet-of-things	International Conference on Industry 4.0 and Smart Manufacturing (ISM 2019)
9	[18]	A socio-technical systems analysis of the application of RFID-enabled technology to the transport of precious laboratory samples in a large acute teaching hospital	Elsevier Ltd: Applied Ergonomics
10	[19]	Dynamic human systems risk prognosis and control of lifting operations during prefabricated building construction	Elsevier Ltd: Developments in the Built Environment 14 (2023) 100143 behaviors
11	[20]	UAV surveying and mapping information collection method based on Internet of Things	Elsevier B.V. on behalf of KeAi Communications Co., Ltd: Internet of Things and Cyber-Physical Systems
12	[21]	Utilizing industry 4.0-related technologies and modern techniques for manufacturing customized products – Smart yogurt filling system	Elsevier B.V. on behalf of Kuwait University: Journal of Engineering Research journal
13	[22]	Visible Light Communication and localization: A study on tracking solutions for Industry 4.0 and the Operator 4.0	Elsevier Ltd on behalf of The Society of Manufacturing Engineers: Journal of Manufacturing Systems.

B. Kesimpulan Review Artikel

Selanjutnya, ringkasan hasil review artikel yang telah dilakukan ditampilkan pada Tabel 3:

Tabel 3 Hasil Artikel Review

No	Judul	RQ1	RQ 2	RQ3	RQ4	RQ5
1	[11]	Manufaktur	Reader Aktif	Tag Aktif	Memiliki keunggulan waktu 32x lebih cepat dibandingkan dengan integrasi manual.	Via nirkabel (RFID) yang diintegrasikan dengan sensor.
2	[12]	Manufaktur	-	Tag Pasif	Lebih mudah dalam menemukan lokasi aset yang lebih kecil.	Via real time locating systems
3	[13]	Pelabuhan	Reader Aktif	Tag Aktif	Model kontrol akses dapat lebih selektif mengaktifkan atau menonaktifkan fitur-fitur canggih sesuai dengan tingkat operator.	Via out-of-band channels (infrared)
4	[14]	Manufaktur	-	Tag Pasif	Menghindari pemborosan material dan menghilangkan langkah kerja tambahan.	Via palet
5	[15]	Kardiotokograf (CTG)	-	-	Mengurangi kesalahan dalam sistem penentuan posisi dalam ruangan karena memiliki jangkauan yang jauh.	-
6	[12]	Sistem Berbagi Sepeda	-	-	Meminimalisir pencurian sepeda.	-
7	[16]	Manufaktur	-	Tag Pasif	Mempersingkat waktu dalam proses pencarian barang.	-
8	[17]	Otomotif	-	Tag Pasif	Mengurangi pemeliharaan rutin dan meningkatkan kesadaran manajer.	-
9	[18]	Laboratorium kesehatan	Reader pasif	Tag Pasif	Memberikan visibilitas pergerakan specimen dan meningkatkan intervensi, operasional, sosial, dan budaya.	-
10	[19]	Konstruksi Bangunan	Reader pasif	Tag Pasif	Mengefisiensi waktu dan menghemat biaya	Via tag RFID yang terpasang
11	[20]	UAV	Reader pasif	Tag Pasif	Lebih menjaga keamanan data dan mengefisienkan waktu.	Mengubah data menjadi kode.
12	[21]	Manufaktur	Reader Aktif	Tag Aktif	Waktu dan operasional dapat diefisiensikan.	Via Uplink
13	[22]	Industri Operator Pelacakan	Reader pasif	-	Operasional yang lebih terstruktur.	Via downlink

C. Menjawab RQs

Penggunaan RFID untuk keamanan dan pelacakan sistem banyak digunakan dalam berbagai bidang karena memiliki keunggulan sistem kerja yang cepat sehingga memakan waktu lebih sedikit dan lebih

mudah saat digunakan untuk melacak objek yang kecil dengan biaya yang lebih murah [11], [12], [14], [21]. Keberhasilan dari proses identifikasi pada RFID dipengaruhi oleh beberapa batasan. Deskripsi singkat tentang batasan tersebut adalah:

- Posisi antena pada RFID reader: Harus disesuaikan dengan kebutuhan aplikasi dan lingkungan operasional. Untuk produksi berskala besar, antena pada RFID biasanya ditempatkan pada posisi yang terintegrasi dari satu pintu akses ke pintu akses lainnya.
- Batasan daya: Penting untuk memahami batasan daya dan memilih konfigurasi yang sesuai untuk aplikasi tertentu. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa pertimbangan seperti jarak operasional, penghalang, interferensi, hambatan medan elektromagnetik, standar frekuensi, dan cuaca.
- Frekuensi kerja sistem RFID: Pemilihan frekuensi RFID tergantung pada kebutuhan operasional dan peraturan regional. Frekuensi *Ultra-High-Frequency* paling banyak digunakan untuk produksi berskala besar karena memiliki jangkauan hingga puluhan meter.

Berdasarkan hasil review artikel, RQ1 mengenai “pada bidang apa RFID digunakan?” telah memiliki jawaban. RFID digunakan diberbagai bidang yang berbeda, namun mayoritas artikel menyatakan bahwa RFID paling banyak digunakan pada bidang manufaktur [11], [12], [14], [16], [21]. Berbeda dengan mayoritas artikel tersebut, artikel lainnya memanfaatkan RFID untuk bidang yang berbeda, seperti bidang kesehatan [15], [18], bidang transportasi [12], [13], [20], bidang otomotif [17], bidang bangunan [19], serta bidang operator pelacakan [22].

Berkaitan dengan RQ2 dan RQ3, RFID untuk sistem keamanan dan pelacakan paling banyak menggunakan tag pasif dan reader pasif untuk mengoptimalkan daya [12], [14], [16]–[20], [22].

Berkaitan dengan RQ4, penggunaan RFID untuk sistem keamanan dan pelacakan memiliki berbagai dampak. Beberapa dampak pada sistem keamanan dan pelacakan dijelaskan sebagai berikut:

- Waktu yang dibutuhkan: Sistem kerja RFID dikenal cepat dalam mengidentifikasi objek sehingga membutuhkan waktu yang singkat dalam penggunaannya. Kecepatan pengidentifikasian RFID bervariasi tergantung pada jarak antara *tag*, *reader*, dan lingkungan dimana RFID digunakan [11], [16], [19], [21].
- Melacak objek kecil: Ukuran tag RFID yang dipasang pada objek bisa sangat kecil dan juga kemampuan identifikasi jarak jauh tanpa kontak sehingga memungkinkan RFID untuk melacak objek kecil dengan mudah saat diintegrasikan dengan sistem [12].
- Tingkat akurasi: RFID memiliki tingkat akurasi yang tinggi sehingga meminimalisir kesalahan pelacakan [13], [15].
- Biaya: Biaya energi yang dibutuhkan serta pemeliharaan RFID tergolong murah sehingga berdampak pada biaya yang dibutuhkan menjadi rendah [17], [19].

Berkaitan dengan RQ5, mayoritas komunikasi data RFID menggunakan nirkabel dengan memasang tag pada objek yang digunakan dan menempatkan *reader* pada akses-akses tertentu sebagai sistem pelacakan objek untuk dioperasikan dengan sistem ataupun sensor lain sehingga memungkinkan RFID untuk memasukan data dan mengubahnya menjadi kode agar dapat digunakan untuk sistem keamanan.

IV. KESIMPULAN

Artikel *literature review* ini mengkaji berbagai artikel mengenai penggunaan RFID untuk sistem keamanan dan pelacakan. Kata kunci pencarian yang digunakan adalah ("RFID" and "TRACKING" and "SYSTEM"). Pencarian dilakukan pada tanggal 17 Oktober 2023 Pukul 07.00 WIB dan diperoleh 13 artikel sesuai dengan kriteria yang diinginkan. Dari hasil pencarian, artikel dengan topik mengenai penggunaan RFID untuk sistem keamanan dan pelacakan ini masih kurang terwakili keberadaannya di jurnal internasional. Artinya, peneliti lain akan mempunyai peluang lebih besar untuk menerbitkan artikel tentang topik ini di jurnal internasional. Setelah proses *review* selesai, dapat disimpulkan bahwa menurut mayoritas artikel, bidang yang paling banyak memanfaatkan RFID untuk sistem keamanan dan

pelacakan adalah bidang manufaktur yang menggunakan tag dan reader RFID pasif melalui sistem komunikasi nirkabel dengan memasang tag pada objek yang digunakan dan menempatkan reader pada akses-akses tertentu. Penggunaan RFID ini juga memiliki berbagai dampak yang positif seperti dapat mempersingkat waktu operasional, melacak objek kecil, meminimalisir kesalahan pelacakan, serta memperkecil biaya yang dibutuhkan. Kekurangan yang dapat disempurnakan oleh peneliti selanjutnya adalah memperluas cakupan database yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Iqbal Nur Fauzi, "SISTEM MONITORING DAN PELACAKAN KURA-KURA BERBASIS INTERNET of THINGS (IoT)," UNIVERSITAS TEKNOLOGI YOGYAKARTA, 2020.
- [2] A. T. J. H. Febrian Murti Dewanto, Bambang Agus Herlambang, "Pengembangan Sistem Informasi Absensi Berbasis Radio Frequency Identification (RFID) Terintegrasi dengan Sistem Informasi Akademik," *J. Inform. J. Pengemb. IT*, vol. 02, no. 02, p. 208, 2006, [Online]. Available: <http://dnb.info/978653955/04>
- [3] S. A. Syarif and A. Karman, "SIMULASI IMPLEMENTASI RFID PADA SISTEM PARKIR MOTOR (Studi Kasus: Fakultas Teknik Univ. Muhammadiyah Jakarta)," *Cross-border*, vol. 5, no. 2, pp. 1240–1254, 2022, [Online]. Available: <https://journal.iaisambas.ac.id/index.php/Cross-Border/article/view/1268>
- [4] N. Kurniasih, "Pengaruh Sistem Pelacakan Berbasis Website terhadap Kualitas Layanan Logistik dan Penanganan Komplain terhadap Kepuasan Pelanggan (Studi Pada JNE di Kabupaten Majalengka)," *J. Akunt. dan Sist. Inf.*, vol. 3, no. 2, pp. 253–262, 2022.
- [5] T. Noveiota *et al.*, "PENERAPAN SISTEM RFID PADA TEMPAT PARKIR MOTOR PERUSAHAAN PARKIR MOTOR PERUSAHAAN FORMULATRIX SALATIGA," vol. 7, no. 2, pp. 1275–1283, 2023.
- [6] L. Aldianto, I. Raafaldini Mirzanti, D. Sushandoyo, and E. Fitriana Dewi, "Pengembangan Science Dan Technopark Dalam Menghadapi Era Industri 4.0 - Sebuah Studi Pustaka," *J. Manaj. Indones.*, vol. 18, no. 1, pp. 68–76, 2018, doi: 10.25124/jmi.v18i1.1261.
- [7] A. Sarac, E. M. De Saint-etienne, C. M. P. Site, G. Charpak, A. De Mimet, and F.-G. France, "A literature review on the impact of RFID technologies on supply chain management Stéphane DAUZERE-PERES A literature review on the impact of RFID technologies on supply chain management," 2009.
- [8] Atika Nur Rahmawati, Susetyo Bagas Bhaskoro, and Siti Aminah, "Sistem Pelacakan Posisi Aset Laboratorium Melalui Sensor Tanpa Kontak Fisik Menggunakan Metode K – Nearest Neighbor (K- NN)," *J. Sist. Cerdas*, vol. 3, no. 3, pp. 192–205, 2020, doi: 10.37396/jsc.v3i3.88.
- [9] A. Trihantoro, "PEMANFAATAN TEKNOLOGI RFID (Radio Frequency Identification) DI SUKU DINAS PERPUSTAKAAN DAN ARSIP KOTA ADMINISTRASI JAKARTA BARAT," UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SYARIF HIDAYATULLAH JAKARTA, 2018. [Online]. Available: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=sph&AN=119374333&site=ehost-live&scope=site%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.neuron.2018.07.032%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.tics.2017.03.010%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.neuron.2018.08.006>
- [10] D. W. L. Pamungkas and S. Rochimah, "Pengujian Aplikasi Web - Tinjauan Pustaka Sistematis," *J. IPTEK*, vol. 23, no. 1, pp. 17–24, 2019, doi: 10.31284/j.ipitek.2019.v23i1.459.
- [11] Bimilian *et al.*, "Procedure and validation of the implementation of automated sensor integration kinematics in an LPBF system," *Procedia CIRP*, vol. 93, no. March, pp. 1304–1309, 2020, doi: 10.1016/j.procir.2020.04.090.
- [12] S. Thiede, B. Sullivan, R. Damgrave, and E. Lutters, "Real-time locating systems (RTLS) in future factories: Technology review, morphology and application potentials," *Procedia CIRP*, vol. 104, no. March, pp. 671–676, 2021, doi: 10.1016/j.procir.2021.11.113.
- [13] E. B. Fernandez and V. M. Romero, "A security reference architecture for cargo ports," *Internet Things Cyber-Physical Syst.*, vol. 2, no. January, pp. 120–137, 2022, doi: 10.1016/j.iotcps.2022.07.001.
- [14] C. Frommel *et al.*, "Automated manufacturing of large composites utilizing a process orchestration system," *Procedia Manuf.*, vol. 51, pp. 470–477, 2020, doi: 10.1016/j.promfg.2020.10.066.
- [15] V. Pontevedra, A. Santana, P. Afonso, A. Zanin, and R. Wernke, "ScienceDirect ScienceDirect

- ScienceDirect Internal Positioning System for Cardiotocograph (CTG) Internal Positioning System for Cardiotocograph (CTG) Transducers at Mackay Base Hospital Transducers at Mackay Base Hospital Costing models for capacity o,” *Procedia Manuf.*, vol. 30, pp. 365–372, 2019, doi: 10.1016/j.promfg.2019.02.051.
- [16] F. J. Perez-Grau *et al.*, “Introducing autonomous aerial robots in industrial manufacturing,” *J. Manuf. Syst.*, vol. 60, no. June 2021, pp. 312–324, 2021, doi: 10.1016/j.jmsy.2021.06.008.
- [17] K. Mykoniatis, “A real-time condition monitoring and maintenance management system for low voltage industrial motors using internet-of-things,” *Procedia Manuf.*, vol. 42, no. 2019, pp. 450–456, 2020, doi: 10.1016/j.promfg.2020.02.050.
- [18] U. Geary, M. E. Ward, V. Callan, N. McDonald, and S. Corrigan, “A socio-technical systems analysis of the application of RFID-enabled technology to the transport of precious laboratory samples in a large acute teaching hospital,” *Appl. Ergon.*, vol. 102, no. December 2021, 2022, doi: 10.1016/j.apergo.2022.103759.
- [19] Z. Sun, Z. Zhu, R. Xiong, P. Tang, and Z. Liu, “Dynamic human systems risk prognosis and control of lifting operations during prefabricated building construction,” *Dev. Built Environ.*, vol. 14, no. February, p. 100143, 2023, doi: 10.1016/j.dibe.2023.100143.
- [20] Z. Xu, “UAV surveying and mapping information collection method based on Internet of Things,” *Internet Things Cyber-Physical Syst.*, vol. 2, no. May, pp. 138–144, 2022, doi: 10.1016/j.iotcps.2022.07.002.
- [21] M. Ali, B. Salah, and T. Habib, “Utilizing industry 4.0-related technologies and modern techniques for manufacturing customized products – Smart yogurt filling system,” *J. Eng. Res.*, no. May, p. 100144, 2023, doi: 10.1016/j.jer.2023.100144.
- [22] L. Danys *et al.*, “Visible Light Communication and localization: A study on tracking solutions for Industry 4.0 and the Operator 4.0,” *J. Manuf. Syst.*, vol. 64, no. May, pp. 535–545, 2022, doi: 10.1016/j.jmsy.2022.07.011.

Perancangan dan Integrasi IoT pada Sistem Kendali Air Kolam dengan Metode Fuzzy Berdasarkan Ph dan Turbidity Berbasis Mikrokontroler

Ni Ketut H.D ^{1*)}, Joni Mahardani ²⁾

^{1,2)}Program Studi Teknik Elektro
Universitas Jenderal Achmad Yani
Jalan Terusan Jend. Sudirman PO. BOX 148 Cimahi 40531

^{*)}Korespondensi: niketuthd@lecture.unjani.ac.id

Abstrak

Dalam budidaya ikan lele sangat penting untuk memperhatikan kualitas air kolam, diantaranya tingkat keasaman air kolam, dan tingkat kekeruhan pada kolam. Dengan sistem yang berbasis Arduino dan IoT yang otomatis dapat membantu mengontrol keasaman air dan kekeruhan kolam meskipun pemilik sedang tidak berada di tempat. Penelitian ini bertujuan untuk membuat prototipe kontrol kendali air kolam ikan lele dengan menggunakan mikrokontroler dan sensor pH serta sensor *turbidity*. Penelitian ini menggunakan metode *fuzzy logic control*. Output dari hasil perhitungan fuzzy berupa *timer*, yaitu lama waktu yang diperlukan untuk menguras air kolam. Hasil pembacaan sensor pH dan *turbidity* akan ditampilkan di LCD, oleh Arduino akan dikirim ke ESP8266 untuk diteruskan ke pengguna melalui aplikasi Blynk. Sistem penyesuaian pH otomatis berhasil dibangun dan dapat diakses melalui aplikasi Blynk. Keakuratan sensor pH dapat membaca nilai derajat keasaman dengan rata-rata *error* sebesar 2,053% sehingga dapat dikatakan sensor bekerja dengan cukup baik. Sensor *turbidity* yang digunakan juga mempunyai keandalan yang cukup baik dengan rata-rata *error* 8,057%. Pengujian perhitungan metode Sugeno dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan *fuzzy logic control* dengan hasil perhitungan *Matlab*. Dengan menggunakan 15 masukan yang berbeda, sistem dapat memberikan hasil keluaran yang sama dengan perhitungan manual. Dengan demikian sistem sudah sesuai dalam melakukan perhitungan fuzzy.

Kata kunci : Arduino Uno, *Fuzzy Logic*, pH Air, Kekeruhan Air

Abstract

In cultivating catfish, it is very important to pay attention to the quality of the pond water, including the acidity level of the pond water and the level of turbidity in the pond. With a system based on Arduino and IoT that can automatically help control the acidity of the water and the turbidity of the pool even though the owner is not there. This research aims to create a water control prototype for catfish ponds using a microcontroller and a pH sensor and turbidity sensor. This research uses the fuzzy logic control method. The output from the fuzzy calculation results is in the form of a timer, namely the amount of time needed to drain the pool water. The results of the pH and turbidity sensor readings will be displayed on the LCD, which Arduino will send to the ESP8266 to be forwarded to the user via the Blynk application. The automatic pH adjustment system was successfully built and can be accessed via the Blynk application. The accuracy of the pH sensor can read the value of the degree of acidity with an average error of 2.053%, so it can be said that the sensor works quite well. The turbidity sensor used also has quite good reliability with an average error of 8.057%. The Sugeno method calculation test was carried out by comparing the fuzzy logic control calculation results with the Matlab calculation results. By using 15 different inputs, the system can provide the same output results as manual calculations. Thus the system is suitable for carrying out fuzzy calculations.

Keywords : Arduino Uno, *Fuzzy Logic*, pH Water, Turbidity Water

I. PENDAHULUAN

Pada masa saat ini, pertumbuhan teknologi dalam bidang elektronika tumbuh pesat serta memberi akibat pada penciptaan alat-alat mutakhir yaitu penciptaan alat-alat yang bekerja secara otomatis serta presisi yang tinggi untuk mempermudah pekerjaan manusia jauh lebih instan, murah serta efisien. Pertumbuhan teknologi saat ini sudah mendesak banyak kehidupan manusia untuk melaksanakan hal-hal yang efektif serta otomatis dari berbagai bidang [1]. Salah satu pemanfaatan teknologi di bidang peternakan adalah budidaya ikan lele.

Ikan lele (*Claris sp.*) merupakan komoditas perikanan yang sangat menjanjikan untuk industri dan pertanian rumah tangga [2]. Selain itu ikan lele juga merupakan jenis ikan yang bernilai ekonomis, mudah perawatannya dan cepat tumbuh. Oleh karena potensi tersebut mendorong minat masyarakat untuk membudidayakan ikan lele secara besar-besaran [3]. Berbagai cara dilakukan untuk mengembangkan perikanan budidaya ikan lele dengan intensif, namun hal ini masih terus diupayakan karena sistem ini masih terkendala oleh berbagai permasalahan diantaranya kualitas air [4].

Dalam kolam pemeliharaan ikan lele sangat penting memperhatikan kualitas air kolam meliputi nutrisi, tingkat keasaman air kolam, dan tingkat kekeruhan pada kolam [5]. Air kolam yang sangat keruh disebabkan oleh pakan yang tidak dimakan dan kotoran lele yang mengendap di dasar kolam. Air yang sangat keruh mengurangi nafsu makan ikan yang dapat menyebabkan gagal panen karena ikan lele tidak tumbuh dengan baik. Selain kekeruhan, nilai pH air juga mempengaruhi kematian lele.

Keasaman atau pH air yang dianggap baik untuk perkembangan ikan lele adalah antara 6 sampai 8 [6]. Air yang mempunyai keasaman terlalu rendah akan mengakibatkan penggumpalan lendir pada insang ikan lele, sedangkan tingkat keasaman yang terlalu tinggi dapat menyebabkan berkurangnya nafsu makan ikan lele [7]. Tingkat keasaman yang tidak normal ditandai dengan warna kolam yang pekat dan bau air yang menyengat. Peranan kualitas air sangat berpengaruh dalam budidaya ikan lele, sehingga monitoring air kolam sangat penting untuk dilakukan secara berkala.

Dalam era industri 4.0 saat ini, kemajuan teknologi, khususnya *Internet of Things (IoT)*, sangat penting, terutama dalam hal kemampuan untuk memudahkan akses internet dan mengontrol alat atau beberapa objek secara jarak jauh dari sumber kendali tradisional. Kita memasuki generasi Internet Of Things (IoT), khususnya di bidang elektronik. Di masa mendatang, IoT akan meningkatkan kontrol, komunikasi, presisi, dan penciptaan pengetahuan massal. [8]. Dengan identitas eksklusif dan kemampuan untuk memindahkan data melalui jaringan tanpa memerlukan koneksi dua arah manusia-ke-manusia, *Internet of Things (IoT)* adalah sistem. Sumber ke tujuan, atau Interaksi Manusia-Komputer, *Internet of Things (IoT)* adalah kemajuan teknologi yang menjanjikan yang dapat memperbaiki kehidupan kita melalui penggunaan sensor dan objek cerdas yang terhubung ke internet dan memiliki jaringan. [9].

Penelitian ini merujuk dari beberapa sumber jurnal terkait sebagai referensi mengenai pengendalian kualitas air pada budidaya ikan lele. Jurnal-jurnal terkait yang menjadi referensi yaitu jurnal dengan pembahasan budidaya ikan lele, *internet of things*, rancang bangun alat pemberi pakan ikan otomatis berbasis mikrokontroler, perancangan sistem pengatur pH air akuarium menggunakan kendali logika fuzzy. Tinjauan pustaka ini memberikan pemahaman yang mendalam mengenai sistem yang dapat

mengontrol kualitas air kolam dengan menggunakan sensor pH dan sensor *turbidity* dan sistem yang dapat mengontrol nilai dari keasaman dan kekeruhan air secara otomatis dengan menggunakan metode fuzzy serta analisis apakah metode fuzzy Sugeno dapat dijadikan alternatif untuk sistem pengontrolan derajat keasaman dan kekeruhan air kolam secara otomatis.

Dalam penelitian ini, penulis akan menggunakan metode fuzzy Sugeno untuk memecahkan masalah. Metode ini menggunakan aturan *if-then*, yang membuat lebih mudah bagi model untuk

Info Makalah:

Dikirim : 05-21-2024;

Revisi 1 : 06-06-2024;

Revisi 2 : mm-dd-yy;

Diterima : 05-25-2024.

Penulis Korespondensi:

Telp : +62-859-7499-2595

e-mail : niketuthd@lecture.unjani.ac.id

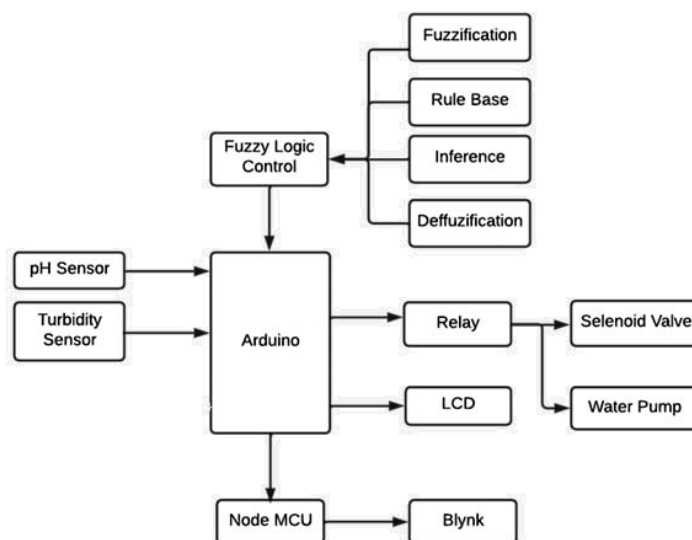
menggambarkan aspek subjektif dan kompleks dari penilaian dan manajemen data tentang tingkat kualitas air [10]. Metode *fuzzy* Sugeno digunakan untuk menentukan berapa lama pompa air akan berjalan dan mengalirkan air ke kolam berdasarkan nilai masukan dari sebuah sumber [10].

Maka berdasarkan permasalahan yang dihadapi para peternak ikan lele tersebut, peneliti bermaksud untuk membuat Perancangan dan Integrasi IoT pada Sistem Kendali Air Kolam dengan Metode Fuzzy Berdasarkan pH dan Turbidity Berbasis Mikrokontroler. Perangkat sistem dibagi menjadi beberapa bagian, pada bagian *input* terdiri dari sensor pH dan sensor *turbidity*, bagian proses terdiri dari Arduino Uno dan NodeMCU dan bagian *output* terdiri dari motor servo, *relay*, pompa air, *solenoid valve*, dan LCD. Bagian *input* merupakan perangkat yang membaca tingkat pH air dan kekeruhan air. Selanjutnya data dari bagian *input* akan diolah oleh mikrokontroler yang selanjutnya akan mengatur pompa air untuk melakukan pengurasan.

II. METODE

A. Diagram Blok Sistem

Perancangan sistem melibatkan perancangan perangkat keras dan perangkat lunak secara bersamaan. Perancangan sistem hardware mencakup perancangan rangkaian sistem secara utuh, sedangkan perancangan perangkat lunak mencakup perancangan metode *fuzzy* Sugeno, perancangan pengambilan data sensor, dan perancangan program utama sistem. Semua perangkat lunak dibuat dalam kode program IDE Arduino yang dipasang pada mikrokontroler Arduino Uno. Desain sistem digambarkan pada diagram blok seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Blok Sistem

Diagram blok terdiri dari :

1. Input

Dua sensor digunakan sebagai variabel masukan untuk penelitian ini; ini adalah pH sensor *module* MSP 340 dan *Turbidity Sensor* SEN0189.

- Untuk mengukur tingkat keasaman air, modul pH sensor MSP 340 dipasang di dalam air dan disambungkan ke Arduino. Data pH kemudian dikirim ke Arduino untuk diproses lebih lanjut.
- Untuk mengukur kekeruhan air, *sensor* kekeruhan analog SEN0189 dimasukkan ke dalam air dan dihubungkan ke Arduino. Data tentang kekeruhan kemudian dikirim ke Arduino untuk diproses.

2. Proses

Arduino dapat digunakan untuk menyimpan kode program yang menggunakan Bahasa C untuk menggunakan *fuzzy* Sugeno untuk memproses *data input* dari kedua sensor tersebut.

3. *Output*

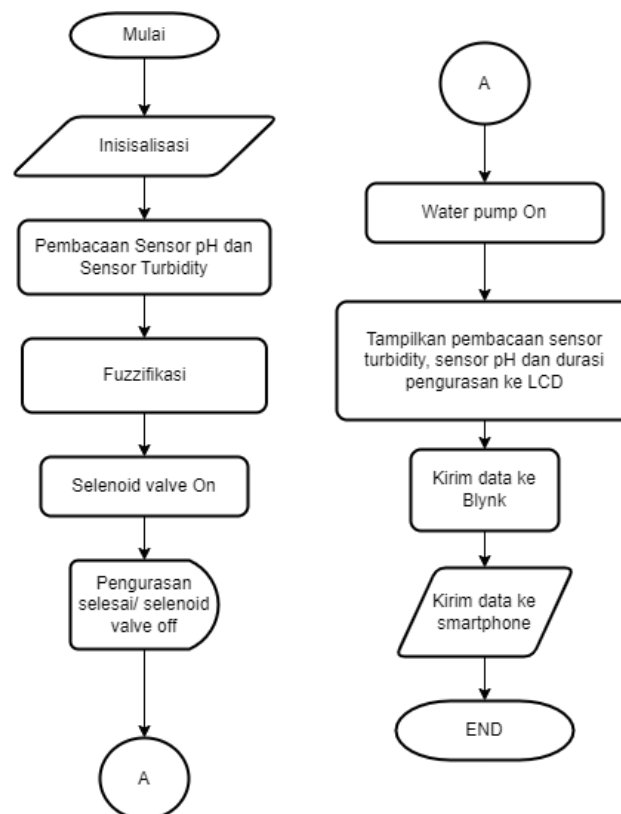
Output dari sistem ini adalah terdiri dari 2 bagian, yaitu keluaran berupa aktuator dan berupa data. *Output* aktuator terdiri dari water pump dan *solenoida valve* yang diatur oleh *relay*. *Output* data yaitu nilai pH dan *turbidity* yang ditampilkan pada LCD dan pada aplikasi Blynk.

B. Prinsip Kerja Sistem

Sistem pengendalian air kolam otomatis ini mengukur derajat keasaman (pH) dan kekeruhan air yang ideal untuk ikan lele. Mikrokontroler Arduino Uno memproses pengukuran ini dan mengatur pompa air dan *solenoid valve*.

Sistem ini menggunakan pompa dan *solenoid valve* sebagai aktuator. Pompa digunakan untuk memasok air kolam dengan air jernih dan pH netral, dan *solenoid valve* mengurangi volume air kolam. *Solenoid valve* akan terbuka untuk menyelaraskan kembali derajat keasaman (pH) dan kekeruhan air jika mereka berada di bawah tingkat yang ideal untuk ikan lele.

Sistem ini dirancang dengan metode *fuzzy* Sugeno. Dua sensor digunakan untuk mengukur derajat keasaman (pH) air dan *sensor turbidity* untuk mengukur kekeruhan air.



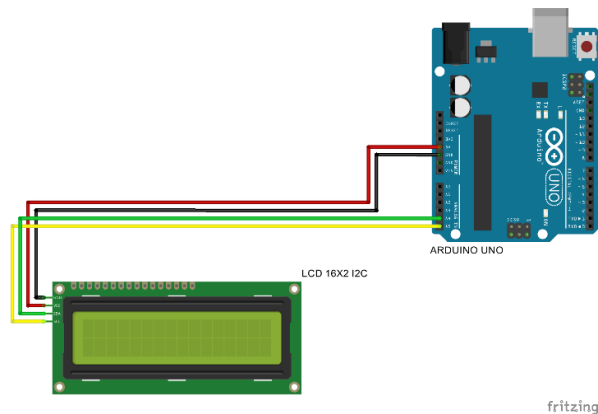
Gambar 2 Diagram Alir

Gambar 2 menunjukkan proses perancangan perangkat lunak untuk program utama sistem. Tujuannya adalah untuk mengetahui hasil pembacaan data sensor, yang akan diproses melalui metode penyelesaian *fuzzy* Sugeno. Ini karena mikrokontroler pada dasarnya akan membaca nilai sensor secara terus menerus.

- Untuk membedakan *input* dan *output*, pin Arduino diinisialisasi untuk memulai sistem.
- Proses kalibrasi dilakukan pada sensor pH MSP 340, yang termasuk dalam kode program.
- Mengaktifkan fungsi *fuzzy* Sugeno
- Kemudian, hasil perhitungan *fuzzy* Sugeno ditemukan, yang menentukan apakah pH kolam harus naik atau turun. Selain itu, ditemukan jumlah liter air yang harus ditambahkan ke kolam.

4. Rangkaian LCD

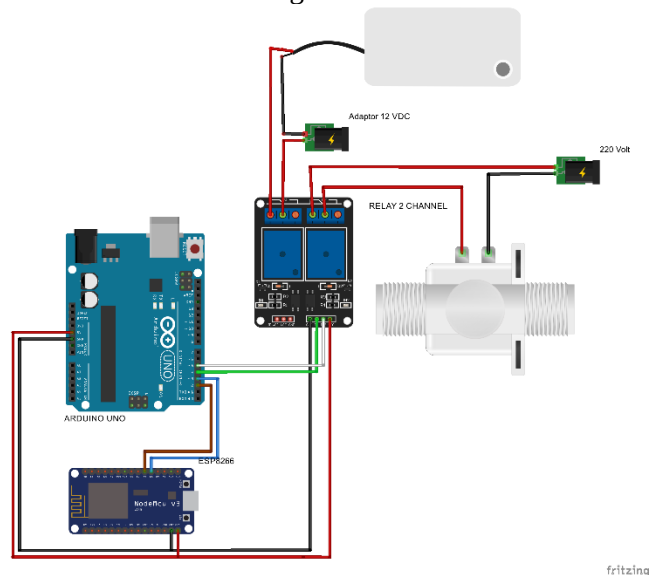
Dalam rangkaian ini akan menggambarkan bagaimana LCD akan terhubung dengan Arduino. LCD akan menampilkan hasil pembacaan dari derajat keasaman dan kekeruhan yang telah diukur.



Gambar 6 Rangkaian LCD

5. Rangkaian Relay

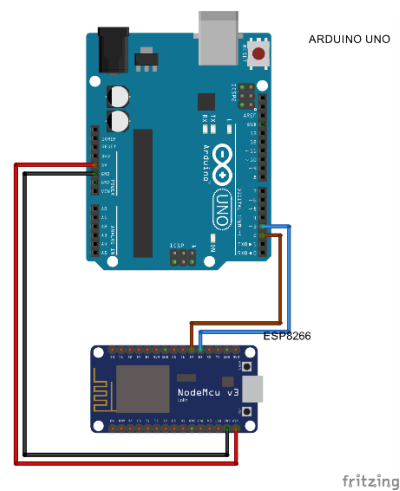
Dalam skema rangkaian ini akan menggambarkan bagaimana Arduino dapat terhubung dengan *relay* 2 saluran. *Relay* ini berfungsi untuk mengatur aliran listrik ke pompa dan *solenoid valve*. *Relay* dikendalikan oleh Arduino untuk membuka maupun menutup sambungan aliran listrik di dalam *relay* tersebut. *Relay* memanfaatkan medan elektromagnetik untuk membuka dan menutup saklar.



Gambar 7 Rangkaian Relay dengan Arduino

6. Rangkaian ESP8266 dengan Arduino

Dalam skema rangkaian ini akan menggambarkan bagaimana ESP8266 dapat terhubung dengan Arduino. ESP8266 digunakan untuk menerima data dari Arduino dan mengirimkan data ke Blynk dengan WiFi.

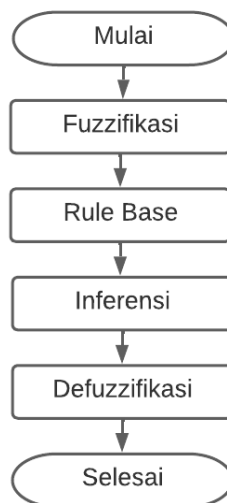


Gambar 8 Rangkaian ESP8266 dengan Arduino

D. Perancangan Perangkat Lunak

Pada sub-bab perancangan perangkat lunak dibagi menjadi 2 pembahasan, yakni perancangan perangkat lunak dengan metode fuzzy Sugeno dengan Matlab dan perancangan program dengan Arduino IDE.

1. Perancangan Metode Fuzzy Sugeno



Gambar 9 Diagram Alir Metode Fuzzy

Proses perhitungan fuzzy Sugeno terdiri dari beberapa tahap, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9. Perancangan sistem dengan metode fuzzy membutuhkan beberapa proses: fuzzifikasi, pembentukan rule base, inferensi, dan defuzzifikasi.

a. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah proses menciptakan himpunan dan keanggotaan setiap parameter, kemudian menghasilkan aturan. Himpunan fuzzy adalah kumpulan variabel fuzzy yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu. Pada setiap parameter, pembentukan himpunan dilakukan. Ada tiga parameter dalam sistem ini, dengan dua parameter sebagai data input dari sensor yang sudah dikalibrasi, dan satu parameter sebagai output sistem, air dalam satuan liter. Sensor pH dan *turbidity* adalah dua sensor input.

- Himpunan Sensor pH Meter SEN0161

Dalam sensor pH, ada tiga himpunan: *Low*, *Normal*, dan *High*. Berikut adalah penjelasan himpunannya:

- Sangat Asam [0 3 4]

Fungsi keanggotaan dapat dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0, & x \geq 4 \\ \frac{4-x}{4-3}, & 3 \leq x \leq 4 \\ 1, & x \leq 3 \end{cases}$$

- Asam [3 4 5 6]

Fungsi keanggotaan dapat dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 3 \text{ atau } x \geq 6 \\ \frac{x-3}{4-3}, & 3 \leq x \leq 4 \\ 1, & 4 \leq x \leq 5 \\ \frac{6-x}{6-5}, & 5 \leq x \leq 6 \end{cases}$$

- Netral [5 6 8 9]

Fungsi keanggotaan dapat dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 5 \text{ atau } x \geq 9 \\ \frac{x-5}{6-5}, & 5 \leq x \leq 6 \\ 1, & 6 \leq x \leq 8 \\ \frac{9-x}{9-8}, & 8 \leq x \leq 9 \end{cases}$$

- Basa [8 9 10 11]

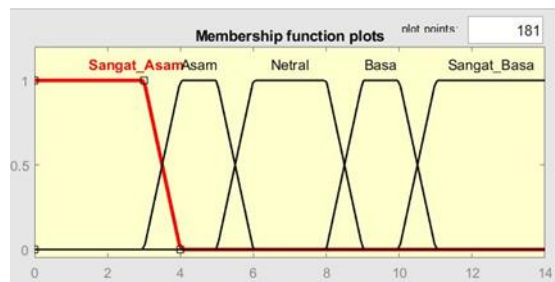
Fungsi keanggotaan dapat dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 8 \text{ atau } x \geq 11 \\ \frac{x-8}{9-8}, & 8 \leq x \leq 9 \\ 1, & 9 \leq x \leq 10 \\ \frac{11-x}{11-10}, & 10 \leq x \leq 11 \end{cases}$$

- Sangat Basa [10 11 14]

Fungsi keanggotaan dapat dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 10 \\ \frac{x-10}{11-10}, & 10 \leq x \leq 11 \\ 1, & x \geq 11 \end{cases}$$



Gambar 10 Fungsi keanggotaan pH

Himpunan sensor *turbidity* mempunyai 3 himpunan yaitu Normal, Keruh, dan sangat Keruh.

- Normal [0 40 50]

Fungsi keanggotaan dapat dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0, & x \geq 50 \\ \frac{50 - x}{50 - 40}, & 40 \leq x \leq 50 \\ 1, & x \leq 40 \end{cases}$$

- Keruh [40 50 70 80]

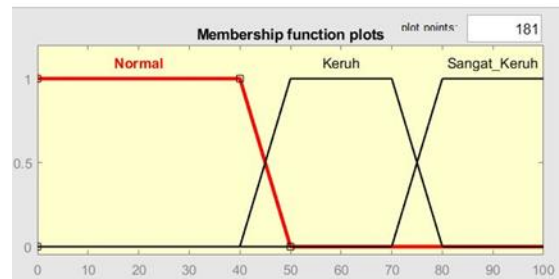
Fungsi keanggotaan dapat dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 40 \text{ atau } x \geq 80 \\ \frac{x - 40}{50 - 40}, & 40 \leq x \leq 50 \\ 1, & 50 \leq x \leq 70 \\ \frac{80 - x}{50 - 70}, & 70 \leq x \leq 80 \end{cases}$$

- Sangat Keruh [70 80 100]

Fungsi keanggotaan dapat dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 70 \\ \frac{x - 70}{80 - 70}, & 70 \leq x \leq 80 \\ 1, & x \geq 80 \end{cases}$$

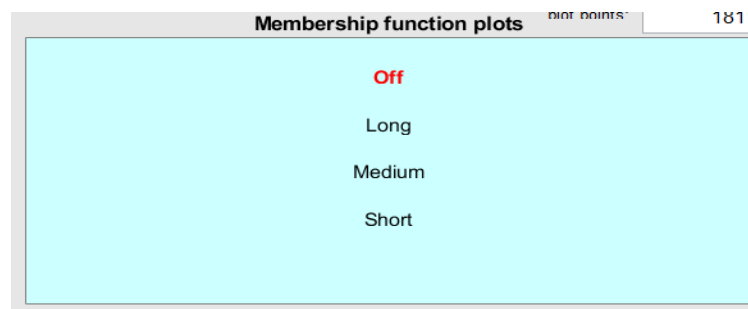


Gambar 11 Fungsi Keanggotaan *Turbidity*

- Himpunan Durasi pompa

Durasi pengaktifan pompa memiliki 4 himpunan yaitu *Off*, *Long*, *Medium*, dan *Short*. di bawah ini merupakan penjelasan himpunannya :

- *Off* [0]
- *Medium* [20]
- *Short* [40]
- *Long* [60]



Gambar 12 Fungsi Keanggotaan Durasi Pengurasan

b. Pembuatan Aturan Fuzzy

Aturan *fuzzy* dibuat setelah himpunan dan keanggotaan pada setiap parameter dibuat. Dalam bahasa Inggris, *rule*, atau penyebutan, adalah pengetahuan prosedural yang menghubungkan informasi yang diberikan dengan tindakan. Secara logika, peraturan *fuzzy* mengatur pemrosesan masukan dan membandingkannya dengan keluaran. Himpunan output ditentukan melalui perhitungan manual dalam kondisi kolam ikan lele.

Tabel 1 *Rule Base*

pH	Turbidity		
	Normal	Keruh	Sangat Keruh
Sangat Asam	<i>Medium</i>	<i>Long</i>	<i>Long</i>
Asam	<i>Short</i>	<i>Medium</i>	<i>Long</i>
Netral	<i>OFF</i>	<i>Medium</i>	<i>Long</i>
Basa	<i>Short</i>	<i>Medium</i>	<i>Long</i>
Sangat Basa	<i>Medium</i>	<i>Long</i>	<i>Long</i>

Berdasarkan tabel 1 maka didapatkan *rule* sebagai berikut:

- [R1] Jika pH Sangat Asam dan *Turbidity* Normal maka Durasi bukaan valve *Medium*
- [R2] Jika pH Sangat Asam dan *Turbidity* Keruh maka Durasi bukaan valve *Long*
- [R3] Jika pH Sangat Asam dan *Turbidity* Sangat Keruh maka Durasi bukaan valve *Long*
- [R4] Jika pH Asam dan *Turbidity* Normal maka Durasi bukaan valve *Short*
- [R5] Jika pH Asam dan *Turbidity* Keruh maka Durasi bukaan valve *Medium*
- [R6] Jika pH Asam dan *Turbidity* Sangat Keruh maka Durasi bukaan valve *Long*
- [R7] Jika pH Netral dan *Turbidity* Sangat Normal maka Durasi bukaan valve *Off*
- [R8] Jika pH Netral dan *Turbidity* Keruh maka Durasi bukaan valve *Medium*
- [R9] Jika pH Netral dan *Turbidity* Sangat Keruh maka Durasi bukaan valve *Long*
- [R10] Jika pH Basa dan *Turbidity* Normal maka Durasi bukaan valve *Short*
- [R11] Jika pH Basa dan *Turbidity* Keruh maka Durasi bukaan valve *Medium*
- [R12] Jika pH Basa dan *Turbidity* Sangat Keruh maka Durasi bukaan valve *Long*
- [R13] Jika pH Sangat Basa dan *Turbidity* Normal maka Durasi bukaan valve *Medium*
- [R14] Jika pH Sangat Basa dan *Turbidity* Keruh maka Durasi bukaan valve *Long*
- [R15] Jika pH Sangat Basa dan *Turbidity* Normal maka Durasi bukaan valve *Long*

III. HASIL DAN DISKUSI

Dalam penelitian ini, penulis melakukan pengujian dan menganalisis hasilnya. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah sistem telah memenuhi semua kebutuhan yang diharapkan. Proses pemeriksaan sistem terdiri dari empat komponen: pengujian tingkat akurasi sensor pH, yang mengukur tingkat keasaman air; pengujian sensor kekeruhan, yang mengukur tingkat kekeruhan air; dan pengujian pompa air dan *solenoid valve*, yang mengatur aliran air. Terakhir, pemeriksaan sistem secara keseluruhan untuk menentukan apakah sistem dengan logika *fuzzy* Sugeno dapat digunakan sebagai alternatif untuk mengontrol kualitas air secara otomatis.

A. Pengujian Sensor pH

Pada bagian ini akan dilakukan pengujian terhadap sensor pH yang digunakan pada sistem ini. Pengujian dibagi menjadi 2 bagian yaitu pengujian karakteristik dan pengujian keakuratan sensor.

1. Pengujian Karakteristik Sensor pH

Pada bagian ini didapatkan hubungan antara nilai ADC dan tegangan yang dikeluarkan oleh sensor pH dengan nilai keluaran sensor pH. Sensor pH juga dapat dikalibrasi melalui potensiometer yang terdapat pada modul pH.

Tabel 2 Hubungan Antara Nilai ADC, Voltase dan Nilai pH

No.	Nilai ADC	Voltase	Nilai pH
1.	628	3,066	4,25
2.	632	3,086	4,14
3.	551	2,690	6,46
4.	544	2,656	6,66
5.	473	2,310	8,70
6.	477	2,329	8,594

2. Pengujian Keakuratan Sensor pH

Hasil pengujian sensor pH yang telah dilakukan ditunjukkan pada Tabel 3. Tabel tersebut menunjukkan hasil pembacaan derajat keasaman yang dilakukan dengan menggunakan sensor pH dan pH meter. Terlihat bahwa sensor pH dapat mencatat nilai derajat keasaman yang berbeda pada berbagai jenis air, dan hasil perbandingan antara keduanya pada objek air yang sama menunjukkan perbedaan nilai.

Tabel 3 Hasil Pengujian Sensor pH

No.	Sensor pH	pH meter	Error
1.	4,15	4,3	3,49%
2.	4,42	4,6	3,91%
3.	4,85	5,0	3,0%
4.	5,21	5,4	3,52%
5.	5,50	5,7	3,5%
6.	6,12	6,3	2,86%
7.	6,43	6,6	2,58%
8.	6,85	7,0	2,14%
9.	7,08	7,2	1,67%
10.	7,58	7,5	1,07%
11.	7,88	7,8	1,0%
12.	8,26	8,3	0,48%
13.	8,42	8,4	0,24%
14.	8,75	8,8	0,57%
15.	9,170	9,1	0,77%
Rata-rata			2,053%

Untuk menentukan persentase *error* pada setiap pengujian, menggunakan persamaan (1) berikut :

$$\text{Persentase error} = \frac{|\text{pembacaan alat ukur} - \text{pembacaan sensor}|}{\text{Pembacaan alat ukur}} \times 100\% \quad (1)$$

Adapun cara untuk menghitung nilai selisih pembacaan nilai sensor dan alat ukur yaitu dengan menggunakan persamaan (2) berikut :

$$\text{Selisih nilai pembacaan} = |\text{pembacaan alat ukur} - \text{pembacaan sensor}| \quad (2)$$

Contoh perhitungan persentase error pada pengujian sebagai berikut :

Nilai derajat keasaman pembacaan sensor = 4,15

Nilai derajat keasaman pembacaan alat ukur = 4,3

$$\begin{aligned} \text{Selisih nilai pembacaan} &= |\text{pembacaan alat ukur} - \text{pembacaan sensor}| \\ &= |4,3 - 4,15| \\ &= 0,15 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Persentase error} &= \frac{|\text{pembacaan alat ukur} - \text{pembacaan sensor}|}{\text{Pembacaan alat ukur}} \times 100\% \\ &= \frac{|4,3 - 4,15|}{4,3} \times 100\% \\ &= \frac{0,15}{4,3} \times 100\% \\ &= 3,49\% \end{aligned}$$

Adapun untuk menghitung nilai rata-rata *error* keseluruhan pengujian adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata error} &= \frac{\text{Jumlah persentase error}}{\text{Jumlah pengujian}} \\ &= \frac{30,8}{15} \\ &= 2,053\% \end{aligned}$$

$$\text{Akurasi sensor } 100\% - 2,053\% = 97,947\%$$

Dengan menggunakan sensor pH yang sudah dikalibrasi, *error* yang dihasilkan sangat kecil, yaitu 2,053%, ditunjukkan oleh hasil pengujian pada tabel 10. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor pH meter sangat baik dalam membaca nilai derajat keasaman, bahkan jika terjadi *error* antara pembacaan sensor dan alat ukur.

B. Pengujian Sensor Turbidity

1. Pengujian Karakteristik Sensor Turbidity

Pada bagian ini didapatkan hubungan antara nilai ADC dan tegangan yang dikeluarkan oleh sensor pH dengan nilai keluaran sensor *turbidity*. Sensor *turbidity* juga dapat dikalibrasi melalui potensiometer yang terdapat pada modul *turbidity*.

Tabel 4 Hubungan Antara Nilai ADC, Voltase dan Nilai NTU

No.	Nilai ADC	Voltase	Nilai NTU
1.	875	4,27	2,8
2.	890	4,35	1,1
3.	698	3,41	22,2

2. Pengujian Keakuratan Sensor Turbidity

Beberapa sampel diambil untuk melakukan pengujian. Tingkat kekeruhan dalam air diukur dengan satuan *Nephelometric Turbidity Units* (NTU). Untuk menguji hal ini, sensor *turbidity* dimasukkan ke dalam air bersih sampai airnya menjadi keruh, lalu ditampilkan ke *serial monitor*. Nilai NTU meningkat seiring dengan keruhnya air.

Tabel 5 Hasil pengujian sensor kekeruhan

No.	Sensor kekeruhan	Turbidity meter	Error
1.	2,8	3,0	6,67%
2.	1,1	1,0	10%
3.	22,2	24,0	7,5%
Rata-rata error			8,057%

Sebelum penggunaan kontrol *fuzzy*, penulis melakukan analisis pengambilan data sensor. Dengan membandingkan sensor *turbidity* dengan *turbidity meter*, hasil menunjukkan persentase *error* rata-rata 8,057%. Dengan akurasi pembacaan 91,943%, sensor *turbidity* memiliki tingkat akurasi yang cukup baik. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.

C. Pengujian Pompa Air

Uji pompa air dilakukan untuk mengukur jumlah air yang dikeluarkan dalam beberapa detik. Hasil uji ini dapat digunakan sebagai referensi untuk menentukan berapa lama *timer* untuk pengisian dan pengurasan. Tabel uji coba yang telah dilakukan dengan pompa air 12V ditunjukkan di sini.

Tabel 6 Hasil pengujian Pompa Air

No.	Waktu	Jumlah
1.	6 detik	200ml
2.	18 detik	600ml
3.	30 detik	1000ml
4.	42 detik	1400ml
5.	60 detik	2000ml

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 6 dapat diketahui bahwa pompa air yang digunakan dapat mengalirkan air dengan kecepatan 33,3 ml/s atau 2 liter setiap menitnya.

D. Pengujian Fuzzy

Pengujian ini dilakukan untuk menguji metode *fuzzy* sistem (*fuzzy sugeno*). Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui hasil dari nilai *fuzzy* dari Matlab dan perhitungan manual.

Pada pengujian ini, *input* dilakukan secara manual tanpa menggunakan sensor pada sistem. Keluaran sistem akan dibandingkan dengan keluaran yang dihitung secara manual. Data diambil sebanyak lima belas kali untuk setiap kondisi pada *rule base* yang dibuat pada aturan *fuzzy*. Ini adalah hasil dari pengujian proses *fuzzy Sugeno*.

Misalkan diberikan nilai

- pH = 7

- $Turbidity = 72$

Berikutnya tentukan nilai dari masing-masing himpunan fuzzy berdasarkan nilai yang telah diberikan.

- pH Sangat asam = 0
- pH Asam = 0
- pH Netral = 1
- pH Basa = 0
- pH Sangat Basa = 0
- $Turbidity$ Normal = 0
- $Turbidity$ Keruh = 0,8
- $Turbidity$ Sangat Keruh = 0,2

Setelah memiliki nilai masing masing himpunan fuzzy maka selanjutnya adalah melakukan fungsi implikasi MIN beserta menerapkan peraturan fuzzy.

- Durasi Pompa *Short* = 20
- Durasi Pompa *Medium* = 40
- Durasi Pompa *Long* = 80

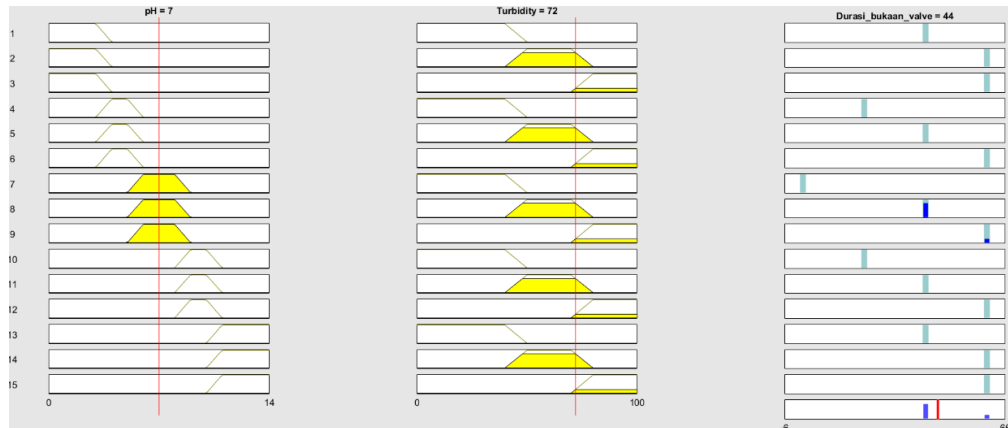
Tabel 7 Deskripsi, Fungsi Implikasi dan Rule

No.	Deskripsi	Fungsi Implikasi MIN	Rule
1.	Jika pH Sangat Asam dan $Turbidity$ Normal maka Durasi bukaan valve <i>Medium</i>	MIN (0,0) = 0	40
2.	Jika pH Sangat Asam dan $Turbidity$ Keruh maka Durasi bukaan valve <i>Long</i>	MIN (0,0.8) = 0	80
3.	Jika pH Sangat Asam dan $Turbidity$ Sangat Keruh maka Durasi bukaan valve <i>Long</i>	MIN (0,0.2) = 0	80
4.	Jika pH Asam dan $Turbidity$ Normal maka Durasi bukaan valve <i>Short</i>	MIN (0,0) = 0	20
5.	Jika pH Asam dan $Turbidity$ Keruh maka Durasi bukaan valve <i>Medium</i>	MIN (0,0.8) = 0	40
6.	Jika pH Asam dan $Turbidity$ Sangat Keruh maka Durasi bukaan valve <i>Long</i>	MIN (0,0.2) = 0	80
7.	Jika pH Netral dan $Turbidity$ Normal maka Durasi bukaan valve <i>Off</i>	MIN (1,0) = 0	0
8.	Jika pH Netral dan $Turbidity$ Keruh maka Durasi bukaan valve <i>Medium</i>	MIN (1,0.8) = 0.8	40
9.	Jika pH Netral dan $Turbidity$ Sangat Keruh maka Durasi bukaan valve <i>Long</i>	MIN (1,0.2) = 0.2	80
10.	Jika pH Basa dan $Turbidity$ Normal maka Durasi bukaan valve <i>Short</i>	MIN (0,0) = 0	20
11.	Jika pH Basa dan $Turbidity$ Keruh maka Durasi bukaan valve <i>Medium</i>	MIN (0,0.8) = 0	40
12.	Jika pH Basa dan $Turbidity$ Sangat Keruh maka Durasi bukaan valve <i>Long</i>	MIN (0,0.2) = 0	80
13.	Jika pH Sangat Basa dan $Turbidity$ Normal maka Durasi bukaan valve <i>Medium</i>	MIN (0,0) = 0	40
14.	Jika pH Sangat Basa dan $Turbidity$ Keruh maka Durasi bukaan valve <i>Long</i>	MIN (0,0.8) = 0	80
15.	Jika pH Sangat Basa dan $Turbidity$ Normal maka Durasi bukaan valve <i>Long</i>	MIN (0,0.2) = 0	80

Berikutnya adalah melakukan defuzzifikasi

Nilai rata-rata =

$$= \frac{(0 \times 40) + (0 \times 80) + (0 \times 80) + (0 \times 20) + (0 \times 40) + (0 \times 80) + (0 \times 0) + (0.8 \times 40) + (0.2 \times 80) + (0 \times 20) + (0 \times 40) + (0 \times 80) + (0 \times 40) + (0 \times 80) + (0 \times 80)}{0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0.8 + 0.2 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0} = \frac{48}{1} = 48$$



Gambar 13 Perhitungan Fuzzy dengan Matlab

Tabel 8 Hasil Pengujian Fuzzy Sugeno

No.	Nilai pH	Nilai <i>Turbidity</i>	Hasil Perhitungan Manual	Hasil Perhitungan Sistem
1.	4	10	20	20
2.	6	55	40	40
3.	7	3	0	0
4.	9	25	20	20
5.	7	85	60	60

Keluaran dari kedua tes—sistem dan perhitungan manual—memiliki nilai yang sama dengan hasil perhitungan manual, seperti yang ditunjukkan oleh hasil tes pada Tabel 8 di atas. Dengan demikian, sistem sudah sesuai untuk melakukan perhitungan *fuzzy* karena sistem dapat memberikan hasil yang sama dengan perhitungan manual dengan 15 masukan yang berbeda.

E. Pengujian pengiriman data ke Blynk

Pada bagian ini akan diuji pengiriman data dari ESP8266 ke aplikasi Blynk. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan data yang keluar pada serial monitor dengan data yang tampil di Blynk. Terdapat 5 data yang dikirim dari ESP8266 ke aplikasi Blynk. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali untuk setiap data tersebut. Berikut hasil pengujian pengiriman data ke aplikasi Blynk.

Tabel 9 Pengujian Pengiriman Data ke Blynk

No.	Data Serial Monitor	Data Sensor	Hasil
1.	pH : 4,26	pH : 4,2	Sesuai
	<i>Turbidity</i> : 10 NTU	<i>Turbidity</i> : 10 NTU	Sesuai

	Durasi Pompa : 20s	Durasi Pompa : 20s	Sesuai
2.	pH : 7,84	pH : 7,8	Sesuai
	<i>Turbidity</i> : 3,4	<i>Turbidity</i> : 3	Sesuai
	Durasi Pompa : 0	Durasi Pompa : 0	Sesuai
3.	pH : 7,11	pH : 7,1	Sesuai
	<i>Turbidity</i> : 85	<i>Turbidity</i> : 85	Sesuai
	Durasi Pompa : 60s	Durasi Pompa : 60s	Sesuai

IV. KESIMPULAN

Sistem kendali kualitas air kolam dapat bekerja dengan cukup baik dengan menggunakan fuzzy logic metode Sugeno, Arduino, ESP8266 dengan tambahan sensor pH, sensor *turbidity* serta *relay* dan pompa air. Sistem juga terhubung aplikasi Blynk pada *smartphone* pengguna melalui jaringan internet dan koneksi WiFi. Selain itu sistem juga menampilkan informasi melalui layar LCD.

Sensor pH yang diletakkan dalam kondisi air kolam sebagian terendam dapat dengan akurat mengukur nilai derajat keasaman dengan rata-rata *error* sebesar 2,053%. Ini menunjukkan bahwa sensor bekerja dengan cukup baik karena ia dapat mengamati perubahan dalam tingkat keasaman dalam berbagai air meskipun dengan perubahan yang cukup kecil. Sensor *turbidity* yang digunakan juga sangat andal dengan rata-rata *error* 8,057%.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada rekan dosen dan mahasiswa Teknik Elektro Universitas Jenderal Achmad Yani atas doa dan dukungannya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. D. Putra, A. Sulastra and D. R. Suchendra, "IMPLEMENTASI PENGONTROL PAKAN TERNAK MENGGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK BERBASIS ARDUINO UNO," *Telkom University*, p. 1958, 2018.
- [2] D. Jatnika, K. Sumantadinata and N. H. Pandjaitan, "Pengembangan Usaha Budidaya Ikan Lele (*Clarias* sp.) di Lahan Kering," *Manajemen IKM*, pp. 96-105, 2014.
- [3] S. Ciptanto and S. Suyantoro, Top 10 ikan air tawar : panduan lengkap pembesaran secara organik di kolam air, kolam terpal, karamba, dan jala apung, Yogyakarta: Lily Publisher, 2010.
- [4] I. Apriyani, Budidaya ikan lele sistem bioflok : teknik pembesaran ikan lele sistem bioflok kelola mina pembudidaya, Yogyakarta: Deepublish, 2017.
- [5] E. N. Fatimah and M. Sari, Kiat Sukses Budi Daya Ikan Lele Dari Pembenihan, Panen Raya, Hingga Pasca Panen, Jakarta: Bibit Publisher, 2015.
- [6] R. Nurhidayat, "PENGENDALIAN KUALITAS AIR PADA BUDIDAYA IKAN LELE," *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kendali dan Listrik*, pp. 42-50, 2020.
- [7] N. Nasution, M. I. Nasution and S. Irawati, "RANCANG BANGUN SISTEM SMART KOLAM CATFISH BERBASIS," *Jurnal Hasil Penelitian Bidang Fisika*, 2022.
- [8] Saharuddin, Aji Ery Burhandenny, Arif Harjanto, Happy Nograho, Pandu Wirawan, "Rancang Bangun Sistem Internet Of Things (IoT) Alat Pengendalian Kekeruhan Air Pada Kolam Terpal Ikan Lele Memanfaatkan Firebase," *Asian Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 2023.
- [9] A. Junaidi, "INTERNET OF THINGS, SEJARAH, DAN TEKNOLOGI" *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Terapan*, pp. 62-66, 2015.
- [10] S. Sembiring, A. Rifai and P. A. Kurnia, "JURNAL INFORMATIK," *Perancangan Sistem Pengatur pH Air Akuarium Menggunakan Kendali Logika Fuzzy*, vol. 1, no. 16, p. 13, 2020.

Sistem Pentanahan *Driven Ground* Pada Gardu Distribusi ULP Soreang

Fauzia Haz ^{1*)}, Muhammad Ilhammawardi ²⁾

^{1,2)}Program Studi Teknik Elektro
Universitas Jenderal Achmad Yani
Jalan Terusan Jend. Sudirman PO.BOX 148 Cimahi 40531
Program Studi Teknik Elektro, Universitas Jenderal Achmad Yani

*)Korespondensi : fauzia.haz@lecture.unjani.ac.id

Abstrak

Pada sistem tenaga listrik dibutuhkan suatu proteksi yang dapat menjaga dan juga mengamankan pemakai dan juga peralatan listrik, maka diperlukan sebuah sistem yaitu sistem pentanahan pada gardu distribusi listrik. Sistem pentanahan yang terdapat pada jaringan distribusi bertujuan untuk pengaman langsung terhadap manusia dan juga peralatan jika terjadi gangguan tanah atau terjadi kebocoran arus yang diakibatkan kegagalan isolasi, tegangan lebih pada peralatan jaringan distribusi dan petir juga bisa menghasilkan arus gangguan dan tegangan lebih. Bahaya dari gangguan akibat petir bisa diatasi jika sistem pentanahannya baik yaitu memiliki nilai resistansi pentanahan yang kurang dari ≤ 1 ohm supaya arus dari gangguan akibat petir bisa langsung mengalir ke dalam tanah. Pada beberapa gardu distribusi di ULP Soreang sering mengalami masalah yang dikarenakan nilai resistansi nya lumayan tinggi yaitu 34.2 Ω , 25 Ω , 41.5 Ω , 6.42 Ω , dan 10.98 Ω . Cara yang dipakai adalah dengan sistem *driven ground* yaitu dengan cara menanamkan *earthing rod* atau elektroda batang ke dalam tanah untuk memperkecil nilai tahanan supaya bisa menghantarkan arus yang berlebih hingga dapat mengamankan peralatan listrik dan menjaga keselamatan manusia yang menggunakannya. Hasil dari penelitian bisa dijadikan referensi dalam penentu tindakan pencegahan gangguan penyaluran secara dini ataupun sebagai bahan untuk menentukan pemasangan pentanahan pada gardu distribusi secara tepat, supaya sistem pentanahan ULP Soreang UP3 Majalaya bisa terjaga keandalannya.

Kata kunci : *Driven ground*, Elektroda, Gardu Distribusi, Nilai Resistansi, Sistem pentanahan.

Abstract

In an electric power system, protection is needed that can protect and also secure users and electrical equipment, so a system is needed, namely a grounding system at the electricity distribution substation. The grounding system in the distribution network aims to directly protect people and equipment if a ground fault occurs or a current leak occurs which causes insulation failure, overvoltage on distribution network equipment and lightning can also produce fault currents and overvoltage. The danger of disturbances caused by lightning can be overcome if the grounding system is good, that is, it has a grounding resistance value of less than ≤ 1 ohm so that the current from disturbances caused by lightning can flow directly into the ground. Several distribution substations at ULP Soreang often experience problems because the resistance values are quite high, namely 34.2 Ω , 25 Ω , 41.5 Ω , 6.42 Ω , and 10.98 Ω . The method used is a drive ground system, namely by installing a grounding rod or rod electrode into the ground to reduce the resistance value so that it can conduct excess current so that it can secure electrical equipment and maintain the safety of people who use it. The results of the research can be used as a reference in determining actions to prevent early distribution disruptions or as material for determining the installation of grounding at substations that are distributed appropriately, so that the Soreang UP3 Majalaya ULP grounding system can maintain its confidentiality.

Keywords : *Driven ground*, Electrodes, Distribution Substations, Resistance Values, Grounding Systems.

I. PENDAHULUAN

PT PLN (Persero) adalah salah satu Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bekerja dalam bidang tenaga listrik sebagai penyedia energi listrik untuk melayani kebutuhan setiap orang di Indonesia. Dari pembangkitan, distribusi, dan transmisi adalah menjadi tanggung jawab pihak PT PLN (Persero). Untuk mencegah terjadi lagi pemadaman listrik yang lama maka akan dipasang ACO (*Automatic Charge Over*) pada pelanggan premium. Diharapkan kedepannya jika terjadi lagi kejanggalaan maka akan otomatis berpindah ke penyulang cadangan yang sudah disiapkan dengan waktu beberapa detik[1].

Info Makalah:

Dikirim : 05-21-2024;

Revisi 1 : 06-19-2024;

Revisi 2 : mm-dd-yy;

Diterima : 06-30-2024.

Penulis Korespondensi:

Telp : +62-852-5590-8299

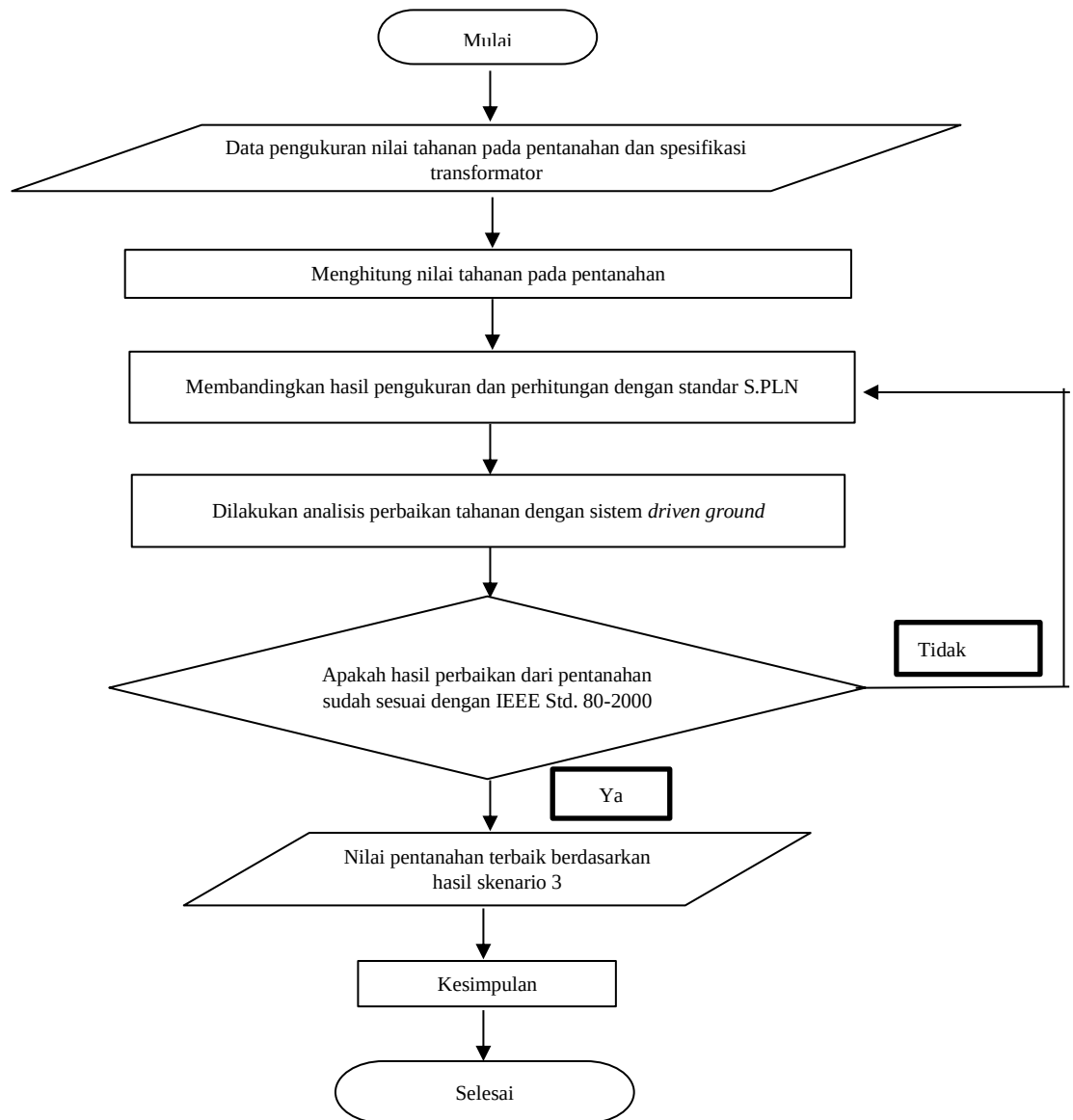
e-mail : fauzia.haz@lecture.unjani.ac.id

Kelemahan menggunakan sistem pentanahan grid adalah bahwa untuk mendapatkan tegangan permukaan yang dapat memenuhi syarat keamanan, oleh karena itu dibutuhkan konduktor pentanahan yang panjangnya lebih dari rata-rata[2]. Elektroda batang yaitu elektroda yang terbuat dari pipa atau besi profil yang digunakan dengan cara ditancapkan ke dalam tanah. Elektroda ini adalah elektroda yang pertama kali dipakai untuk menjadi landasan teori-teori baru dari elektroda jenis lain. Kelebihan elektroda jenis batang (rod) yaitu tidak memerlukan lahan yang luas. Elektroda ini sering dipakai pada gardu-gardu

induk[3]

Di daerah Soreang juga telah terjadi beberapa kejadian yaitu terjadinya kebakaran pada beberapa ruko atau toko yang ternyata terjadi karena arus yang besar berlebih sehingga terbentuklah tegangan eksposur dan mengakibatkan busur tanah (*grounding arc*). Dikarenakan jika arus gangguan tanah yang bernilai lebih dari 5A biasanya tidak bisa padam dengan sendirinya oleh karena itu timbullah potensi kebakaran atau ledakan. Dengan sistem pentanahan ini, dapat membuat potensial semua bagian menjadi struktur, peralatan dan juga permukaan tanah menjadi sama, oleh karena itu bisa mencegah terjadinya loncatan listrik dari bagian peralatan ke tanah. ULP soreang sendiri saat ini terjadi masalah di beberapa gardu distribusinya yaitu tahanan pentanahan yang lebih dari standar PLN yaitu maksimal di angka $1,7\Omega$ [4], sedangkan yang terjadi ada beberapa gardu distribusi yang pentanahan nya mencapai lebih dari $1,7\Omega$. Ada yang bernilai 3,4,5 sampai 10Ω , oleh sebab itu penelitian ini bertujuan agar nilai dari sistem pentanahan mencapai nilai yang aman untuk bisa dipakai, dengan cara memakai sistem pentanahan driven ground atau driven rod. Yang mana menggunakan alat rod/batang yang ditancapkan ke dalam tanah, supaya bisa mengalirkan resistansi yang berlebih ke dalam tanah. Penulis menggunakan sistem pentanahan driven ground atau driven rod dikarenakan metode ini tidak memerlukan lahan datar yang luas seperti metode grid, oleh karena itu metode ini cocok digunakan di ULP Soreang yang mayoritas mencakup ke daerah pedesaan atau di pinggir jalan yang lahannya kurang luas[5].

II. METODE



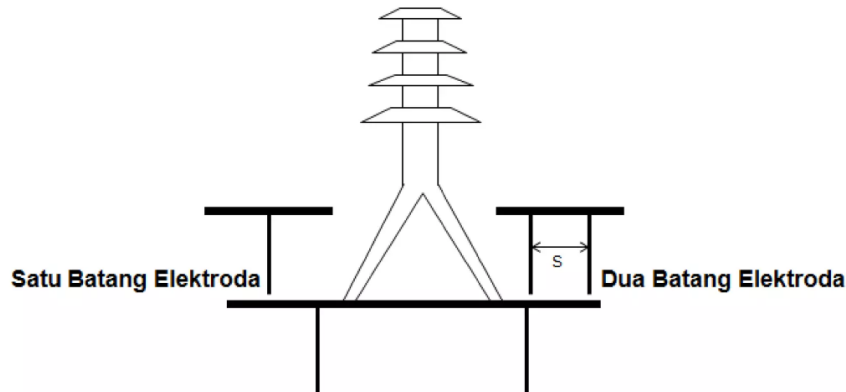
Gambar 1. Flowchart Penelitian.

A. Sistem Pentanahan *Driven Ground*

Pentanahan dengan sistem *driven ground* adalah pentanahan yang menggunakan cara dengan menancapkan batang elektroda ke tanah[6]. Elektroda batang dimasukkan dengan cara tegak lurus ke dalam tanah dan panjangnya juga disesuaikan dengan resistansi pentanahan yang diperlukan bisa dilihat pada Tabel 1. Resistansi pentanahannya sebagian besar tergantung pada seberapa panjangnya dan sedikit juga yang bergantung pada ukuran dari penampangnya. Bila beberapa elektroda dibutuhkan untuk mendapatkan resistansi pentanahan yang bernilai rendah, jarak antara elektroda tersebut minimum harus dua kali panjangnya. Bila elektroda tersebut tidak bekerja efektif pada seluruh panjangnya, maka jarak minimum antara elektroda harus dua kali panjang efektifnya[6], [7]. Sistem pentanahan yang baik, jika diukur akan beda potensialnya antara titik nol jaringan dengan grounding akan mempunyai nilai tegangan tidak lebih dari 5 volt[7]. *Driven ground* yaitu menanamkan elektroda tegak lurus ke dalam tanah atau beberapa buah batang yang merupakan kelompok elektroda biasanya berdiameter $\frac{3}{4}$ inch sampai dengan 2 inch, dan panjangnya antara 3 meter sampai 15 meter[8].

Tabel 1. Jenis Elektroda

Jenis Elektrode	Batang atau pipa			
Panjang (m)	1	2	3	5
Resistansi Pembumian (Ohm)	70	40	30	20



Gambar 2. Sistem Pentanahan Driven Ground

B. Desain Sistem Pentanahan Driven Ground

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa tahanan tanah adalah faktor inti yang menentukan tahanan elektroda dan juga pada kedalaman tertentu elektroda tersebut harus ditanam di dalam tanah untuk mendapatkan tahanan pentanahan yang bernilai rendah. Nilai tahanan tanah sangat bervariasi. Hal ini tergantung pada cuaca, kandungan elektrolit dan juga jenis tanahnya. Bisa dilihat pada gambar 1. Metode pentanahan dalam hal ini harus memakai sistem Driven Ground, yaitu dengan menanamkan batang elektroda tegak lurus ke dalam tanah atau berapa buah batang yang merupakan kelompok elektroda yang biasanya berdiameter $\frac{3}{4}$ inci sampai dengan yang berdiameter 2 inci, dan panjangnya antara 3 meter sampai dengan 15 meter[9].

C. Tahanan Pentanahan

Hambatan tanah bisa diartikan sebagai kuantitas yang terperangkap dalam kontak atau hubungan diantara periode dan tanah. Resistansi tanah harus serendah mungkin untuk bisa menghindari bahaya dari setiap arus interferensi tanah yang ada. Kabel netral dipasang di dekat catu daya atau transformator, setiap saluran udara 200m dan pada setiap pelanggan (konsumen). Resistansi tanah elektroda disekitar sumber daya, transformator, atau jaringan saluran udara dengan jarak minimum 200 M harus bernilai 10 ohm, dan resistansi tanah gardu induk besar harus bernilai kurang dari 1 ohm, sedangkan gardu kecil (konektor / gardu beton), nilainya harus bernilai kecil sekitar 1- 5 ohm.

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left\{ \ln \ln \frac{4L}{a} - 1 \right\} \quad (1)$$

Dimana :

- R = Tahanan pasak ke tanah (ohm)
- ρ = Tahanan tanah rata-rata (ohm-cm)
- L = panjang pasak ke tanah (cm)
- a = Jari-jari penampang pasak (cm)

Jika sudah didapatkan nilai resistansinya maka lanjut menghitung total nilai resistansi semua *earthing rod* yang terpasang dengan cara:

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_n} \quad (2)$$

Dimana :

- R_{total} = Total tahanan pembumian untuk elektroda pasak (Ω).
- R_1 = Tahanan pembumian untuk elektroda pasak ke-1 (Ω).

R2 = Tahanan pembumian untuk elektroda pasak ke-2 (Ω).

Rn = Tahanan pembumian untuk elektroda pasak ke-N (Ω).

D. Skenario Yang Dipakai Untuk Perbaikan

Ada 3 skenario yang akan dipakai dalam perbaikan sistem pentanahan *Driven Ground* pada beberapa gardu distribusi di wilayah PLN ULP Soreang kali ini yaitu yang pertama adalah dengan cara mengubah jenis pentanahan yang semulanya ada pada tanah liat dengan nilai tahanan 20 Ω M - 100 Ω M dipindahkan ke daerah tanah rawa yang memiliki nilai tahanan 10 Ω M - 40 Ω M. Skenario kedua adalah dengan menambahkan beberapa *earthing rod* lagi sampai nilai tahanannya bisa mencapai standar SPLN yaitu 1.7 Ω . Dan skenario terakhir yaitu dengan cara menambah panjangnya *earthing rod* yang semulanya adalah 2 Meter maka diganti dengan *earthing rod* yang memiliki panjang 15 Meter[10].

III. HASIL DAN DISKUSI

A. Data Pengukuran Tahanan Jenis Tanah

Berikut ini data dari hasil pengukuran tahanan jenis tanah di beberapa gardu distribusi ULP Soreang. Pengukuran dilakukan di 5 gardu distribusi dan menggunakan alat ukur *earth tester*.

Tabel 2. Hasil pengukuran tahanan jenis tanah

No	Nama Daerah Gardu Distribusi	Hasil Pengukuran (Ω)
1.	CWDY 304	34.2
2.	CWDY 340	25.0
3.	CWDY 287	41.5
4.	CWDY 271	6.42
5.	CWDY 278	10.98



Gambar 3. Gardu Distribusi

Pada gambar 3 merupakan beberapa gardu distribusi yang memiliki nilai tahanan lebih dari S.PLN atau standar yang telah dibakukan oleh PLN seperti pada gambar 4.1 memiliki nilai tahanan 34.2 Ω , pada gambar 2 memiliki nilai tahanan 25.0 Ω , pada gambar 4.3 memiliki nilai tahanan 41.5 Ω , pada gambar 4 memiliki nilai tahanan 6.42 Ω dan pada gambar 4.5 memiliki nilai tahanan 10.98 Ω sedangkan pada SPLN sendiri batas maksimal nilai tahanannya adalah 1.7 Ω . Jika tidak diperbaiki maka dapat

menyebabkan terganggunya arus listrik yang mengalir ke desa-desa atau Perusahaan yang dijangkau oleh gardu distribusi tersebut. Maka dari itu diperlukan perbaikan hingga nilai tahananannya bisa mencapai dibawah 1.7 Ω . Hubungan antara beban dan pentanahan adalah hubungan yang cukup berkesinambungan, karena jika terjadi rugi-rugi daya atau arus berlebih akan diminimalisir oleh sistem pentanahan oleh sebab itu akan meminimalisir juga kerusakan terhadap alat-alat elektronik dan juga arus kejut terhadap manusia karena arus berlebih.

B. Pengukuran Pentanahan Pada Gardu ULP Soreang

Sistem pentanahan (*grounding system*) sendiri sudah menjadi bagian dari sistem tenaga listrik yang mempunyai fungsi untuk menyetanahkan jika terjadi muatan tegangan atau arus lebih sampai mendapat meminimalkan gangguan yang akan terjadi. Oleh karena itu pentanahan yang ideal harus bisa memenuhi syarat yaitu dengan nilai R (resistansi) dapat mendekati nilai dibawah 1,7 ohm, syarat ini sudah baku menurut IEEE Std. 80:2000 yang sudah tercatat di SPLN (Standar Perusahaan Listrik Negara). Tegangan dan juga arus dari gangguan yang terjadi di beberapa gardu yang telah diukur diatas tidak mengalir kedalam tanah diakibatkan karena kegagalan isolasi peralatan dan nilai tahanan pentanahan yang cukup besar[11].

Tabel 3. Hasil pengukuran tahanan jenis tanah

Range (Ω)	Hasil Pengukuran	SPLN (Dibawah 1.7(Ω))
200	3.42	Tidak memenuhi syarat
200	2.50	Tidak memenuhi syarat
200	4.15	Tidak memenuhi syarat
200	6.42	Tidak memenuhi syarat
200	10.98	Tidak memenuhi syarat

Sistem pentanahan pada gardu distribusi yang terpasang yaitu bentuk nya batang dengan panjang masing masing 2 M dan dengan jari jari yang bernilai 1,27 M², dan tahanan tanah yang bernilai 100 Ω M yaitu nilai dari tahanan tanah liat. Jika semua data yang dibutuhkan sudah terkumpul semua maka bisa dihitung nilai resistansi dari pentanahannya sesuai persamaan 1 :

$$R = \frac{100}{2\pi \times 2} \left\{ \ln \ln \frac{4 \times 2}{1,27} - 1 \right\}$$

$$R = 37,81\Omega$$

Berdasarkan data yang didapat dari perhitungan sebelumnya, oleh karena itu dapat dilanjutkan dengan menghitung tahanan *Driven Ground* berdasarkan persamaan 2, diketahui $R = 37,81$, $\rho = 100$, $L = 2$ M $A = 1,27$ M² sehingga pada Gardu Distribusi CWDY 304.

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{10}{37,81} = \frac{37,81}{10} = 3,78\Omega$$

Tabel 4. Perbandingan Hasil Pengukuran dan Perhitungan

Hasil Perhitungan	Hasil Pengukuran	S.PLN (Dibawah 1.7(Ω))
3.78 Ω	3.42 Ω	Tidak memenuhi syarat
2.52 Ω	2.50 Ω	Tidak memenuhi syarat
4.20 Ω	4.15 Ω	Tidak memenuhi syarat
6.30 Ω	6.42 Ω	Tidak memenuhi syarat
9.45 Ω	10.98 Ω	Tidak memenuhi syarat

Berdasarkan tabel 4 diatas terdapat selisih antara hasil pengukuran dan hasil dari perhitungan penulis hal ini terjadi dikarenakan adanya faktor eksternal seperti kondisi cuaca dan kondisi tanah pada setiap daerah tidak akan selalu sama yang mengakibatkan tahanan tanah liat/ladang dalam kondisi antara 20

Sistem Pentanahan *Driven Ground* Pada Gardu Distribusi ULP Soreang (Fauzia Haz, Muhammad Ilhammawardi: Halaman 33 - 41)

Ω M samapi dengan 100 Ω M. Dan pada penelitian ini penulis mengambil nilai maksimal yaitu 100 Ω M. Dengan nilai tahanan tanah 100 ohm dan beberapa elektroda nilai tahanan tanah masih di atas 1,7 ohm.

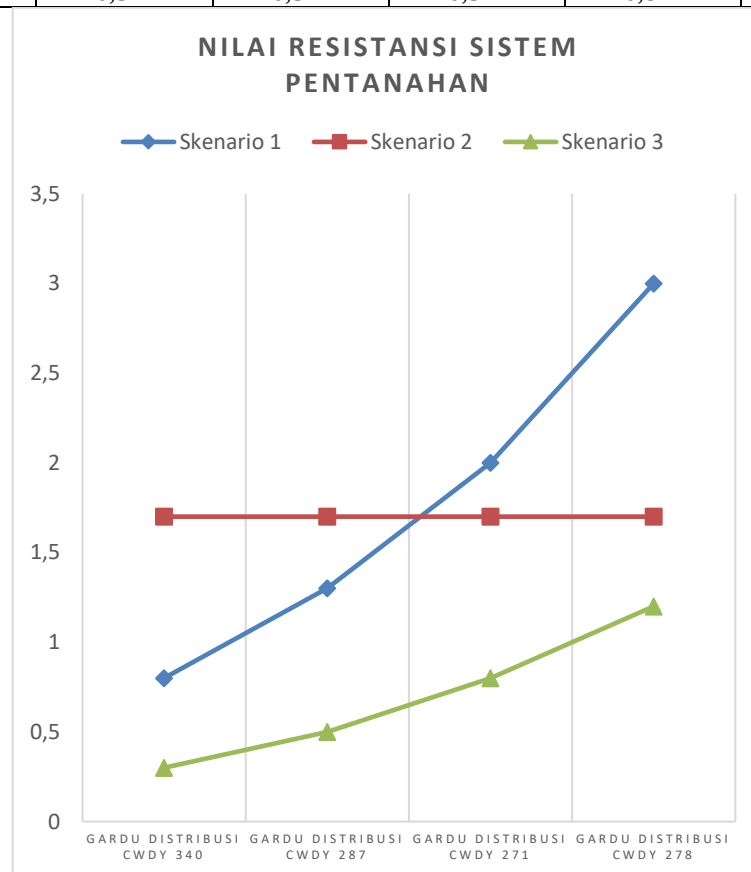
C. Perbaikan Pentanahan Gardu Distribusi ULP Soreang

Besar tahanan jenis di lokasi memiliki nilai sebesar 100 ohm. Oleh sebab itu penulis melakukan evaluasi mengenai sistem pentanahan pada gardu distribusi untuk bisa mengetahui apakah sistem pentanahan yang dipakai adalah sistem pentanahan yang paling efisien berdasarkan variasi total panjang dan jumlah rod yang ditanam. Untuk memperoleh resistansi pentanahan yang diinginkan dilakukan sebanyak 3 skenario. Yaitu skenario pertama adalah dengan memindahkan ke tempat yang lebih lembap dengan kadar air yang lebih banyak yaitu di tanah rawa yang memiliki tahanan jenis 10 – 40 Ohm. Skenario kedua adalah dengan menambah jumlah elektroda batang hingga mencapai nilai tahanan pentanahan yang diinginkan dan sesuai dengan standar PLN. Skenario terakhir yaitu dengan cara menambah panjang elektroda batang yang akan dipakai hingga mencapai kedalaman tanah yang lebih dalam dan memiliki kelembapan dan kadar air yang lebih banyak dibandingkan dengan sebelumnya.

Berikut adalah tabel perbandingan tahanan *Driven Ground* ULP Soreang dengan skenario 1, 2, dan 3:

Tabel 5. Perbandingan tahanan *driven ground* ULP Soreang dengan skenario 1,2,dan 3.

Skenario	CWDY 304	CWDY 340	CWDY 287	CWDY 271	CWDY 278
1	1,2 Ω	0,8 Ω	1,3 Ω	2,0 Ω	3,0 Ω
2	1,7 Ω	1,7 Ω	1,7 Ω	1,7 Ω	1,7 Ω
3	0,5 Ω	0,3 Ω	0,5 Ω	0,8 Ω	1,2 Ω

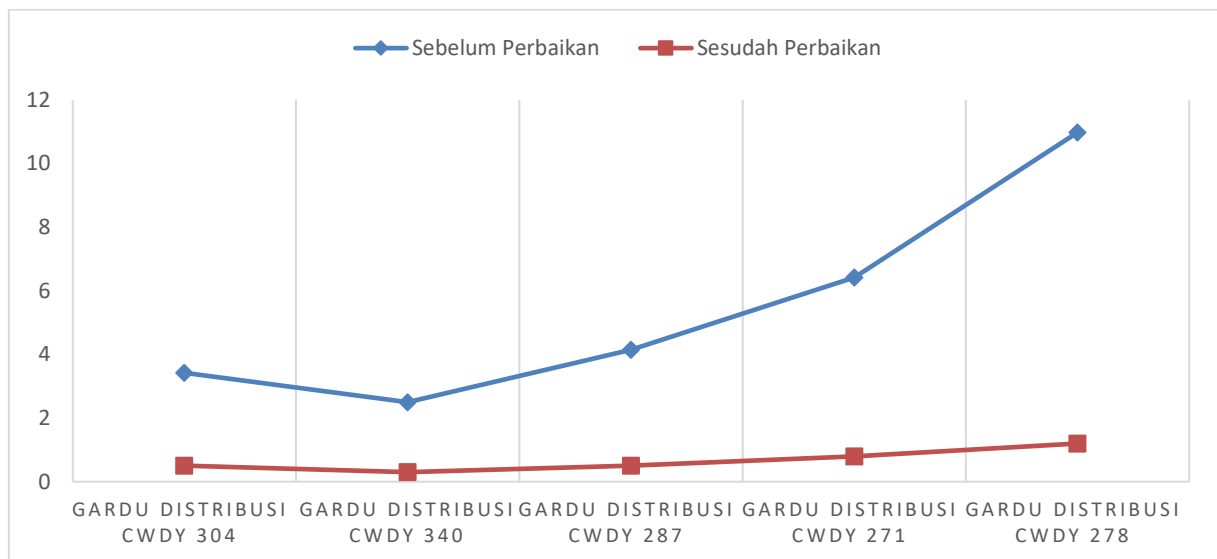


Gambar 4. Grafik Nilai Resistansi Sistem Pentanahan

Berdasarkan hasil dari perbandingan tahanan *driven rod* ULP Soreang dengan menggunakan skenario 1,2, dan 3. Yang paling efisien adalah dengan menggunakan skenario ke 3 yaitu dengan memperpanjang elektroda batangnya tetapi tetap dengan jumlah yang sebelumnya. Berikut ini tabel 6 merupakan perbandingan tahanan *driven ground* sebelum perbaikan dan sesudah perbaikan:

Tabel 1. Perbandingan Sebelum Dan Sesudah Perbaikan

Gardu Distribusi	di bawah 1,7 Ω	
	Sebelum perbaikan	Sesudah perbaikan
CWDY 304	✗ 3.42 Ω	✓ 0,5 Ω
CWDY 340	✗ 2.50 Ω	✓ 0,3 Ω
CWDY 287	✗ 4.15 Ω	✓ 0,5 Ω
CWDY 271	✗ 6.42 Ω	✓ 0,8 Ω
CWDY 278	✗ 10.98 Ω	✓ 1,2 Ω



Gambar 5 . Grafik perbandingan sebelum dan sesudah memperpanjang elektroda batang

Berdasarkan gambar 5 hasil dari perbandingan tahanan *driven rod* ULP Soreang dengan menggunakan skenario 1,2, dan 3 kondisi paling efisien adalah dengan menggunakan skenario ke 3 yaitu dengan memperpanjang elektroda batang nya tetapi tetap dengan jumlah yang sebelumnya.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari pengukuran yang dilakukan dilapangan, tahanan pentanahan pada beberapa gardu distribusi ULP Soreang. Mendapatkan nilai yang lebih dari S.PLN, yang mana nilai nya lebih dari 1,7 ohm yang berarti sudah melewati nilai pentanahan yang telah ditetapkan IEEE Std. 80-2000 yaitu nilai pentanahan pada gardu distribusi harus kurang lebih dari 1 ohm. Hasil dari perhitungan matematis yang digunakan adalah sistem pentanahan driven rod mendapatkan nilai tahanan pentanahan lebih dari ≤ 1 ohm, guna agar menyesuaikan nilai tahanan pentanahan dengan hasil pengukuran dilapangan, yang mana nantinya akan dilakukan suatu perbaikan agar dapat menurunkan nilai tahanan dari pentanahan dibawah ≤ 1 ohm dan sesuai dengan S.PLN. Berdasarkan hasil dari perhitungan perencanaan perbaikan digunakan lah sistem driven rod dan dilakukan 3 skenario untuk banding dan menemukan 1 skenario terbaik. Untuk skenario pertama perhitungannya mendapatkan mayoritas nilai tahanan yang masih kurang bagus atau masih diatas ≤ 1 ohm yaitu 1.2 ohm, 0.8 ohm, 1.3 ohm, 2.0 ohm, dan 3.0 ohm. Skenario kedua juga masih mendapatkan hasil yang belum memuaskan dikarenakan terlalu kompleks yaitu terlalu banyak menggunakan objek rooting rod. Dan skenario ketiga yang menurut penulis lebih efisien karena sudah memenuhi S.PLN yaitu 0.5 ohm, 0.3 ohm, 0.5 ohm, 0.8 ohm dan 1.2 ohm.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih PT. PLN (ULP SOREANG) atas dukungannya dalam keikutsertaan dalam kegiatan ilmiah ini. Penulis juga berterima kasih kepada rekan-rekan dosen Teknik elektro atas diskusinya yang bermanfaat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. R. Arifin And S. Hermawan, "Legal Analysis Of Dilematical Electrical Resources Policy In Electrical Supply Business In Indonesia", Doi: 10.14203/Jep.24.1.2016.29-41.
- [2] I. Sugianto And A. D. Mustikasari, "Pemasangan Automatic Change Over (Aco) Untuk Meningkatkan Keandalan Pada Pelanggan Premium," *Jurnal Ilmu Teknik Dan Komputer*, Vol. 3, No. 1, 2019.
- [3] A. Riyanto And J. W. Simatupang, "Analisis Sistem Pentanahan Jaringan Gardu Induk 150 Kv Pt Bekasi Power Cikarang," *Ejournal Kajian Teknik Elektro*, Vol. 4, No. 1, 1945.
- [4] "Buku_1_Ruplt_2015_2024".
- [5] "5642-14980-1-Sm (1)".
- [6] A. Pranoto, H. Tumaliang, And G. Mch Mangindaan, "Analisa Sistem Pentanahan Gardu Induk Teling Dengan Konstruksi Grid (Kisi-Kisi)," 2018.
- [7] "C.431.14.0121-05-BAB-II-20200910021141".
- [8] "Perencanaan Sistem Pentanahan Tenaga Listrik Terintegrasi Pada Bangunan."
- [9] O. : Jamaaluddin, I. Anshory, / Eko, and A. Suprayitno, "Penentuan Kedalaman Elektroda pada Tanah Pasir dan Kerikil Kering Untuk Memperoleh Nilai Tahanan Pentanahan yang Baik (Depth Determination of Electrode at Sand and Gravel Dry for Get The Good Of Earth Resistance)," 2015.
- [10] D. E. Putra, "Pemanfaatan Drainase (Saluran) Air Bekas Limbah Rumah Tangga sebagai Solusi untuk Penurunan Resistansi Pentanahan (Grounding)," *Science, and Physics Education Journal (SPEJ)*, vol. 4, no. 2, pp. 56–61, Jun. 2021, doi: 10.31539/spej.v4i2.2274.
- [11] R. Rizkullah Fazrin and T. Tohir, "Pengujian Nilai Resistansi Pentanahan Elektroda Batang dengan Zat Aditif Bentonit dan Tanpa Bentonit."

Analisis Perbaikan Drop Tegangan dengan Metode Pecah Beban pada Penyulang GNAF PT. PLN (Persero) ULP Plered

Hakim Achmad Rifan ¹⁾, Dede Furqon Nurjaman ^{2*)} Een Taryana ³⁾, Wahyu Hidayat ⁴⁾

^{1,2,3)}Program Studi Teknik Elektro ⁴⁾Program Studi Teknik Mesin
Universitas Jenderal Achmad Yani
Jalan Terusan Jend. Sudirman PO.BOX 148 Cimahi 40531

^{*)}Korespondensi : dede.furqon@lecture.unjani.ac.id

Abstrak

Kebutuhan energi listrik terus meningkat setiap tahun seiring dengan teknologi yang semakin modern dan ketergantungan masyarakat terkait pemenuhan kebutuhan listrik. Ketergantungan masyarakat terkait listrik, mendorong peningkatan mutu listrik oleh PLN salah satunya adalah perbaikan kualitas tegangan. Pada PT. PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan (ULP) Plered terdapat penyulang dengan tegangan ujung masih di bawah standar. Pada penelitian ini, dibuat analisis sistem terkait perbaikan drop tegangan pada penyulang GNAF dengan bantuan simulasi ETAP. Perbaikan drop tegangan dilakukan dengan metode pecah beban penyulang yaitu memindahkan sebagian beban ke penyulang lain. Hasil yang diperoleh, drop tegangan pada penyulang GNAF mengalami penurunan yang awalnya 1.19 kV menjadi 0.84 kV pada beban siang dan 1.24 kV menjadi 0.90 kV pada beban malam. Drop tegangan dalam persen juga mengalami penurunan yang awalnya 5.95% menjadi 4.18% pada beban siang dan 6.20% menjadi 4.51% pada beban malam.

Kata kunci: ETAP, Simulasi, Drop Tegangan, Pecah Beban, Penyulang, GNAF

Abstract

The electricity demand continues to increase every year in line with advancing technology and society's dependence on electricity supply. The society's reliance on electricity drives the improvement of power quality by PLN, one of which is the enhancement of voltage quality. At PT. PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan (ULP) Plered, there is a distribution feeder with an end voltage that is still below the standard. In this study, an analysis of the system related to the improvement of voltage drop on the GNAF distribution feeder was conducted with the assistance of ETAP simulation. The voltage drop improvement was carried out using the load splitting method, which involves redistributing a portion of the load to another feeder. The obtained results show that the voltage drop on the GNAF feeder decreased from the initial 1.19 kV to 0.84 kV during daytime load and from 1.24 kV to 0.90 kV during nighttime load. The voltage loss also experienced a decrease from the initial 5.95% to 4.18% during daytime load and from 6.20% to 4.51% during nighttime load.

Keywords: ETAP, Feeder, Load Splitting, Voltage Drop, Feeder, GNAF

I. PENDAHULUAN

PLN berkewajiban untuk menyediakan tenaga listrik dalam jumlah yang cukup kepada masyarakat di seluruh Indonesia secara terus-menerus, baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang sesuai dengan tingkat mutu pelayanan [1]. PLN pada prinsipnya harus melayani kebutuhan tenaga listrik seluruh masyarakat di wilayah Indonesia dengan jumlah yang cukup dan kualitas yang baik. Di sisi lain menyediakan tenaga listrik secara terus-menerus namun tidak diimbangi dengan penarikan penyulang baru akan membuat overload pada penyulang existing, terlebih ketika penambahan beban tersebut berada pada ujung penyulang sehingga akan menyebabkan drop tegangan yang cukup besar akibat arus tingginya yang melewati penghantar.

Info Makalah:

Dikirim : 06-03-2024;

Revisi 1 : 06-19-2024;

Revisi 2 : mm-dd-yy;

Diterima : 07-03-2024.

Penulis Korespondensi:

Telp : +62-852-2327-9730

e-mail : dede.furqon@lecture.unjani.ac.id

Semangat dalam memperbaiki mutu listrik juga tertuang pada visi PLN yaitu “Menjadi Perusahaan Listrik Terkemuka se-Asia Tenggara dan #1 Pilihan Pelanggan untuk Solusi Energi” [2]. Sesuai dengan arahan direksi tersebut, unit PLN di seluruh Indonesia saat ini sedang berupaya keras untuk meningkatkan kualitas listrik, termasuk memperbaiki tegangan yang disalurkan kepada pelanggan. Pada PT. PLN (Persero) di kota Purwakarta khususnya di Unit Layanan Pelanggan (ULP) Plered memiliki tujuh seperti diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Data panjang penyulang, tegangan, dan beban rata-rata ULP Plered [3]

Penyulang	Panjang Penyulang (kms)	Tegangan Pangkal (kV)	Tegangan Ujung (kV)	Beban (A)
CADASMEKAR (CDMK)	85.290	20.71	18.95	212
CADASARI (CDSR)	55.905	20.71	20.38	101
CANTAYAN (CNTY)	28.888	20.71	20.43	44
CITEKO (CTKO)	50.553	20.71	20.39	94
GUNUNG ASEUPAN (GNAP)	66.498	20.71	19.47	242
LIUNGGUNUNG (LIGN)	53.841	20.71	20.35	124
GUNUNG HEJO (GNHJ)	7.265	20.28	20.25	34

Terlihat pada Tabel 1. penyulang terpanjang saat ini dimiliki oleh penyulang CDMK dan beban tertinggi ada pada penyulang GNAP. Pada kedua penyulang tersebut memiliki permasalahan yang sama yaitu drop tegangan pada ujung penyulang, selisih dari tegangan pangkal dengan tegangan ujung di atas standar tegangan menengah yaitu 5% [4]. Drop tegangan pada kedua penyulang tersebut disebabkan oleh meningkatnya kebutuhan listrik yang cukup signifikan pada daerah tersebut. Penyulang CDMK dengan daerah wisatanya dan penyulang GNAP dengan lokasi industrinya. Penyulang CDMK yang memasok sampai ke ujung lokasi wisata sehingga panjang penyulang yang semakin bertambah dan penyulang GNAP yang memasok lokasi-lokasi industri sehingga arus beban yang bertambah. Jika disederhanakan drop tegangan penyulang CDMK dengan penyulang terpanjangnya dan penyulang GNAP dengan arus terbesarnya. Dari kedua penyulang tersebut hanya ada satu penyulang yang masih bisa diusahakan dalam perbaikan drop tegangannya, yaitu penyulang GNAP. Pada penyulang CDMK kondisi di lokasi tidak dapat dilakukan perbaikan drop tegangan dengan metode pecah beban dikarenakan posisi ujung penyulang terlalu jauh dengan gardu induk existing dan juga apabila melakukan penarikan penyulang baru ataupun pembuatan gardu induk baru akan membutuhkan anggaran investasi yang mahal.

Tabel 2 Data tegangan pangkal dan ujung penyulang GNAP

Kategori beban	Tegangan Pangkal (kV)	Tegangan Ujung (kV)	Drop Tegangan (kV)	Drop Tegangan (%)
	Gardu Induk	kWh Exim		
SIANG	20.42	19.23	1.19	5.95
MALAM	20.71	19.47	1.24	6.20

Pada Tabel 2. terlihat bahwa drop tegangan pada penyulang GNAP sebesar 1.22 kV pada beban siang dan 1.31 kV pada beban malam. Tegangan pangkal diambil dari tegangan pada panel Gardu Induk (GI) dan tegangan ujung diambil dari kWh meter exim. Drop tegangan didapatkan dari tegangan pangkal dikurangi tegangan ujung. Untuk drop tegangan dalam persen didapatkan dari drop tegangan dibagi dengan tegangan nominal tegangan menengah. Dari hasil perhitungan tersebut maka didapatkan hasil

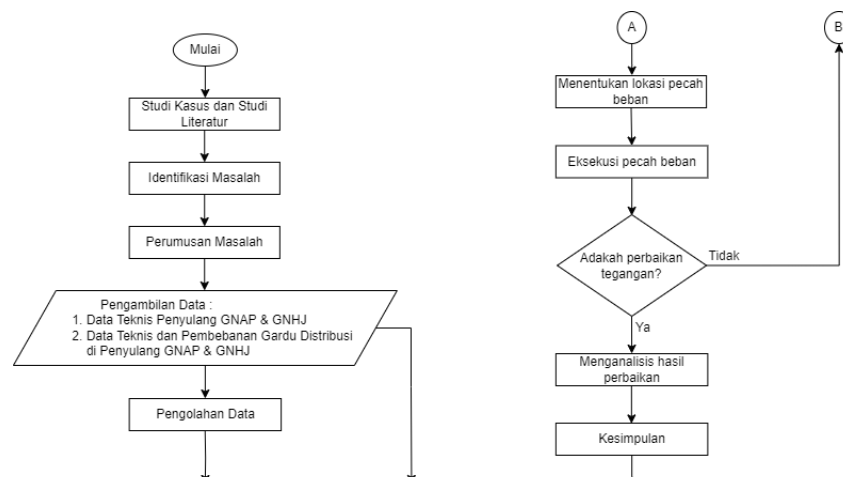
drop tidak standar, yang mana kita ketahui bahwa drop tegangan sistem tegangan menengah yaitu 5% [4].

II. METODE

A. Diagram Alir

Diagram Alir Penelitian merupakan proses penulis dalam melakukan penelitian. Pada jurnal ini dimulai dari studi kasus dan studi literatur, kemudian identifikasi masalah, dilanjut dengan perumusan masalah, pengambilan data hingga data yang didapatkan sesuai dengan standar. Kemudian dilakukan pengolahan data yang telah didapatkan. Setelah pengolahan data dilanjutkan dengan penentuan lokasi pecah beban dan dilanjutkan eksekusi pecah beban. Jika dari hasil pecah beban tidak menunjukkan perbaikan drop tegangan maka dilakukan pengulangan langkah dari pengambilan data kembali, namun jika menunjukkan hasil perbaikan tegangan maka dilanjutkan dengan menganalisis hasil perbaikan dan selanjutnya ditutup dengan membuat kesimpulan.

Diagram Alir Penelitian bisa dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

B. Studi Literatur

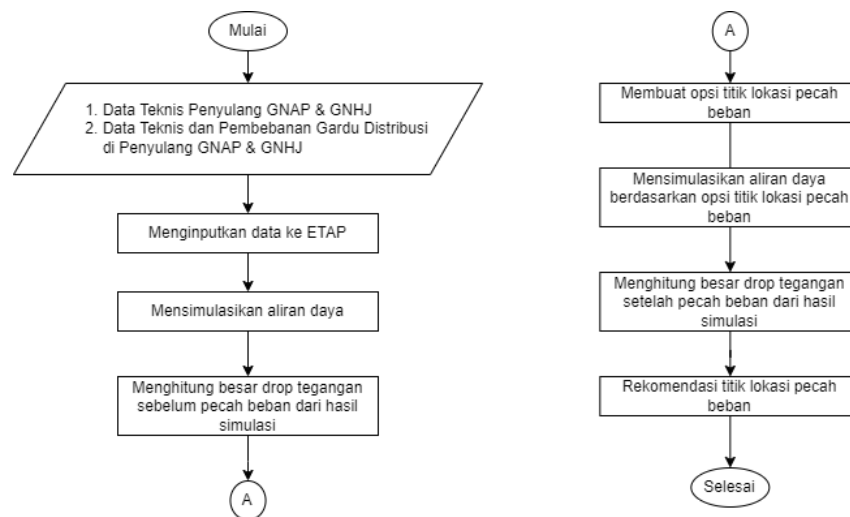
Studi Literatur penelitian bersumber dari buku, jurnal teknik elektro. Kemudian standar yang digunakan yaitu ANSI/IEEE dan SPLN untuk standar Internasional dan Nasional.

C. Metode Pengambilan Data

Untuk memperoleh data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini, maka yang dilakukan penulis adalah melakukan pengumpulan data pengukuran beban pada seluruh gardu di penyulang GNAP dan GNHJ. Terdapat dua data pengukuran beban yaitu pada saat WBP (Waktu Beban Puncak) dan LWBP (Luar Waktu Beban Puncak). Adapun data pendukung lainnya seperti jenis penampang kabel, panjang konduktor, konfigurasi penyulang didapatkan dari hasil inspeksi yang sudah dituangkan dalam LTB (Laporan Teknik Bulanan).

D. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan setelah seluruh data yang dibutuhkan telah dipenuhi. Ketika data sudah dikumpulkan maka selanjutnya akan dilakukan penginputan data ke dalam software ETAP 19.0. Pada saat penginputan ke dalam ETAP dibutuhkan juga Single Line Diagram (SLD) agar memudahkan dalam penyusunan urutan komponen-komponen distribusi seperti gardu, fuse cut out, Load Break Switch (LBS) ataupun recloser. Setelah data sudah diinputkan ke dalam ETAP dilanjutkan dengan dilakukannya simulasi aliran daya. Dari hasil simulasi aliran daya dilakukan perhitungan besar drop tegangan sebelum pecah beban. Dari hasil simulasi ETAP dilakukan juga pembuatan opsi titik lokasi pecah beban berdasarkan pemutus LBS yang paling memungkinkan. Dari opsi titik lokasi pecah beban, dilakukan simulasi aliran daya selanjutnya dilakukan perhitungan besar drop tegangan setelah pecah beban. Dari hasil perhitungan tersebut, maka akan dilanjutkan dengan membuat rekomendasi titik lokasi pecah beban. Flowchart pengolahan data dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Flowchart Pengolahan Data

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Permasalahan Penyulang

Penyulang GNAP adalah salah satu penyulang dengan beban di atas 200 A. Hal ini menjadi salah satu penyebab terdapat perbedaan signifikan pada tegangan 20 kV yang disalurkan terkhusus pada daerah ujung penyulang. Sesuai dengan Tabel 2 yang telah disampaikan tegangan pangkal pada GI sebesar 20.42 kV pada beban siang dan 20.71 kV pada beban namun tegangan pada ujung sebesar 19.23 kV pada beban siang dan 19.47 kV pada beban malam. Dari data tersebut bisa dilakukan perhitungan drop tegangan pada beban malam sebagai berikut.

$$\Delta V = V_s - V_r$$

$$\Delta V = 20.71 - 19.47$$

$$\Delta V = 1.24 \text{ kV}$$

Keterangan:

ΔV = Drop tegangan (V)

V_s = Tegangan kirim (V)

V_r = Tegangan terima (V)

Dari hasil perhitungan di atas maka didapatkan besar nilai persentase (%) drop tegangan adalah.

$$\Delta V (\%) = \Delta V / V \times 100\%$$

$$\Delta V (\%) = 1.24 / 20 \times 100\%$$

$$\Delta V (\%) = 6.20\%$$

Keterangan:

$\Delta V (\%)$ = Drop tegangan dalam % (V)

V = Tegangan kerja (V)

Adapun perhitungan drop tegangan bisa dilakukan dengan cara menghitung terlebih dahulu impedansi penghantar. Jika diketahui bahwa penghantar penyulang GNAP dominan adalah AAAC 150 dengan nilai $R = 0.1983676 \Omega/\text{km}$; $X = 0.3305 \Omega/\text{km}$ dan $\cos \phi$ 0.9. Maka dapat dihitung sebagai berikut.

$$Z = (R + jX)$$

$$Z = (R \cdot \cos \phi + X \cdot \sin \phi)$$

$$Z = (0.1983676 \cdot 0.9 + 0.3305 \cdot 0.436)$$

$$Z = 0.3226288 \Omega/\text{km}$$

Keterangan:

Z = Impedansi penghantar (ohm/km)

R = Resistansi penghantar (ohm/km)

X = Reaktansi penghantar (ohm/km)

Analisis Perbaikan Drop Tegangan dengan Metode Pecah Beban pada Penyulang GNAP PT. PLN (Persero) ULP Plered
(Hakim Achmad Rifan, Dede Furqon Nurjaman, Een Taryana, Wahyu Hidayat : Halaman 42 - 52

Panjang penyulang GNAP pada mainlane atau bisa disebut jaring utama sepanjang 16.54km dengan arus beban malam 242 A. Jika disubstitusikan beserta perhitungan di atas maka didapatkan perhitungan sebagai berikut.

$$\Delta V = I \cdot Z \cdot l$$

$$\Delta V = 242 \cdot 0.3226288 \cdot 16.54$$

$$\Delta V = 1291.4V$$

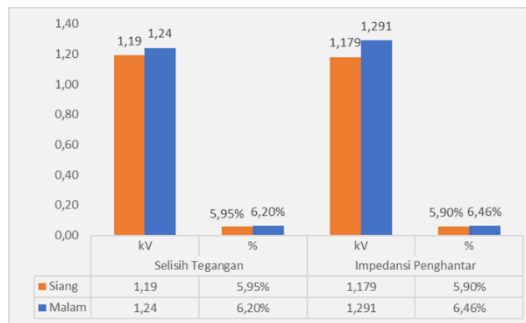
$$\Delta V = 1.291 \text{ kV}$$

Keterangan:

ΔV = Drop tegangan (V)

I = Arus beban (A)

l = Panjang penghantar (km)



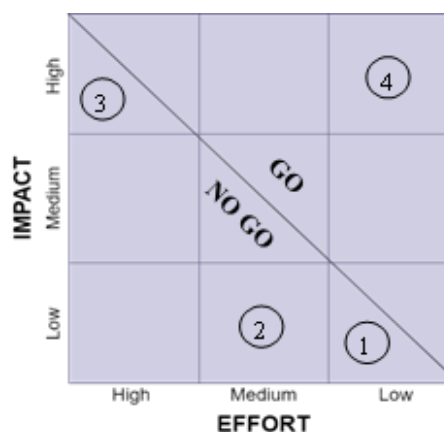
Gambar 3 Perbandingan perhitungan drop tegangan pada dua metode

B. Penentuan metode yang digunakan dalam perbaikan drop tegangan

Terdapat berbagai cara dalam perbaikan drop tegangan pada penyulang terkhusus pada penyulang GNAP, yaitu:

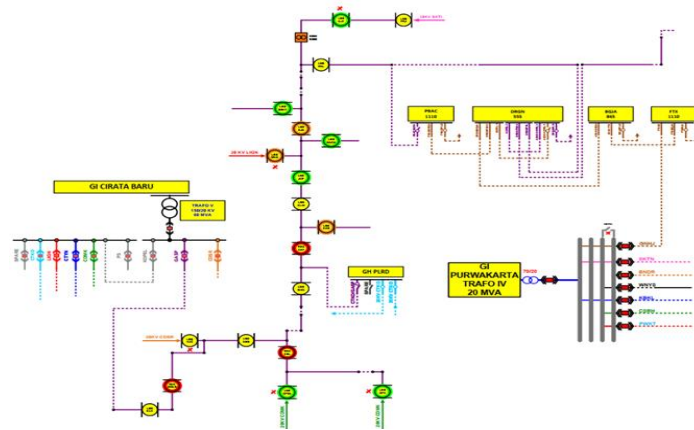
1. Menaikkan tap changer pada GI
2. Memperbaiki titik sambung
3. Memperbesar luas penampang penghantar
4. Pecah beban penyulang

Dari keempat cara perbaikan drop tegangan pada penyulang GNAP maka dapat dibuat matriks prioritas seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Matriks prioritas

Pada Gambar 4 terlihat bahwa cara keempat yaitu pecah beban penyulang begitu efektif dengan usaha yang dikeluarkan sedikit. Pecah beban yang dimaksudkan dalam hal ini yaitu memindahkan sebagian beban dari penyulang GNAP ke penyulang GNHJ dengan mengubah Normally Open (NO) antara penyulang tersebut. Terlihat pada Gambar 5 pada saat ini NO antara penyulang GNAP dan GNHJ terletak pada gardu PBAC yang nantinya dalam penelitian ini direncanakan akan dipindah sehingga dapat memotong beban penyulang GNAP dan memindahkannya ke pasokan penyulang GNHJ.



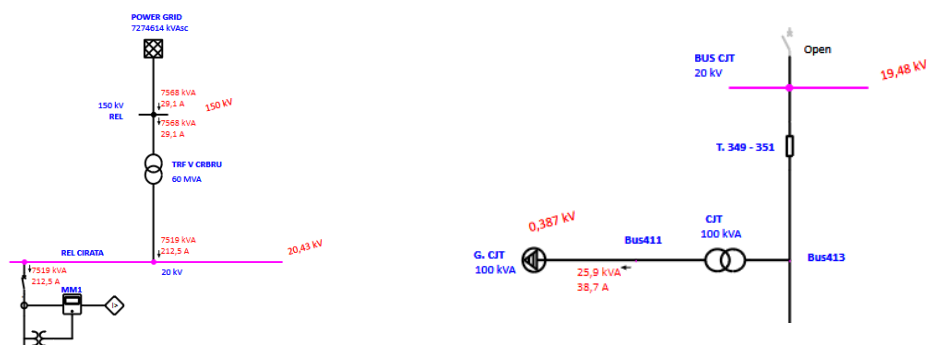
Gambar 5 SLD proteksi penyulang GNAP dan GNHJ

C. Simulasi aliran daya pecah beban

Rencana untuk pecah beban penyulang GNAP dilakukan pada dua titik yaitu mengubah NO dengan penyulang GNHJ ke LBS PRL dan LBS SJA. Penentuan titik lokasi pecah beban tersebut didasari dari proteksi terdekat dari penyulang GNHJ. Selanjutnya akan dilakukan perbandingan tegangan ujung pada masing-masing rencana titik pemindahan NO.

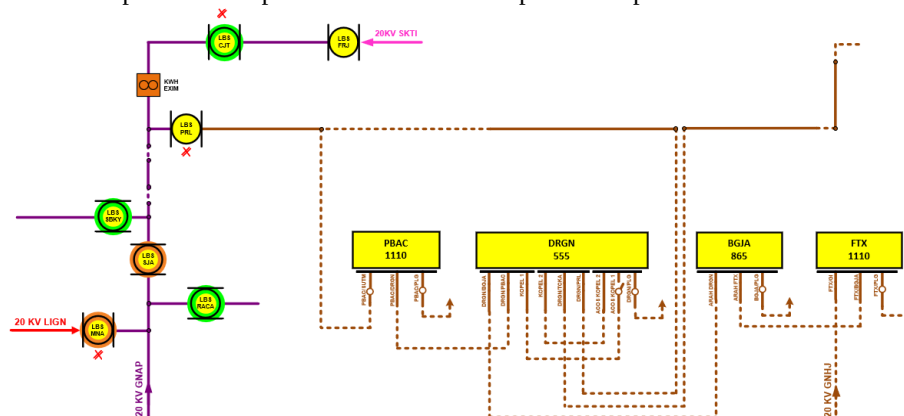
1. Pemindahan NO pada LBS PRL

Berikut akan ditampilkan hasil simulasi aliran daya pada beban puncak malam setelah dilakukan pecah beban pemindahan NO ke LBS PRL.



Gambar 6 Tegangan pangkal & ujung setelah pecah beban ke LBS PRL

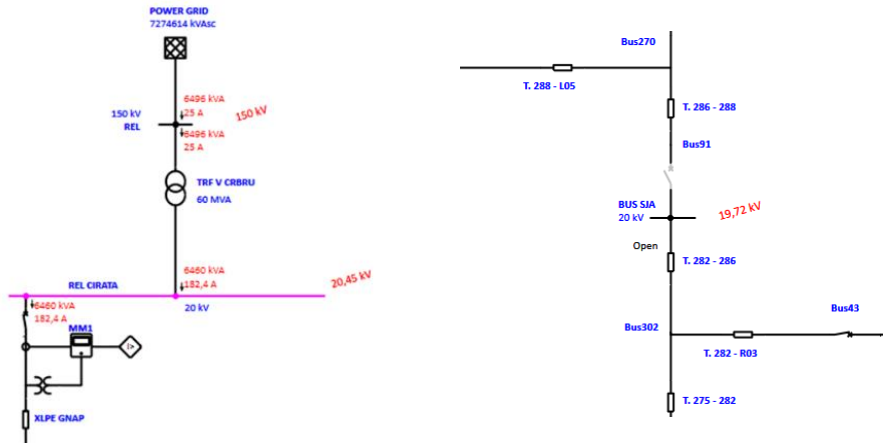
Terlihat pada Gambar 6 beban penyulang GNAP berkurang sekitar 30 A sehingga menjadi 212.5 A dengan tegangan pangkal 20.43 kV. Pada tegangan ujung menjadi sebesar 19.48 kV. Jika diperlihatkan SLD setelah pecah beban pada LBS PRL maka dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 7 SLD penyulang GNAP setelah pecah beban pada LBS PRL

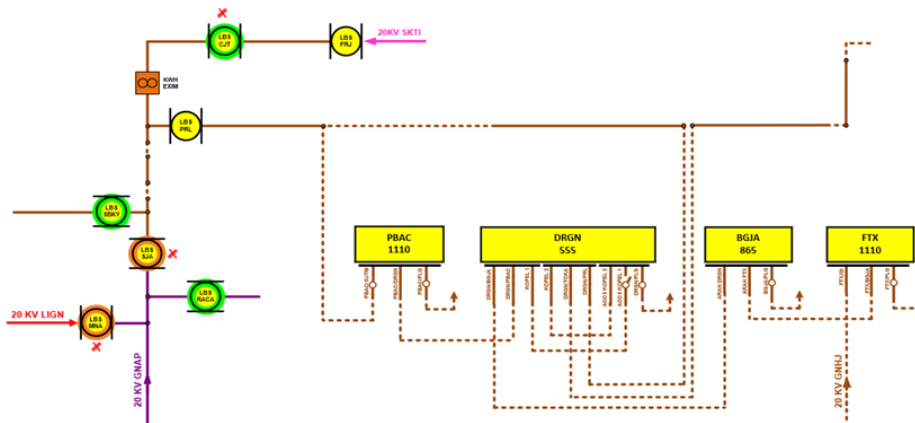
2. Pemindahan NO pada LBS SJA

Berikut akan ditampilkan hasil simulasi aliran daya pada beban puncak malam setelah dilakukan pecah beban pemindahan NO ke LBS SJA.



Gambar 8 Tegangan pangkal & ujung setelah pecah beban ke LBS SJA

Terlihat pada Gambar 8 beban penyulang GNAP berkurang sekitar 60 A sehingga menjadi 182.4 A dengan tegangan pangkal 20.45 kV. Pada tegangan ujung menjadi sebesar 19.72 kV. Jika diperlihatkan SLD setelah pecah beban pada LBS SJA maka dapat dilihat sebagai pada Gambar 9.



Gambar 9 SLD penyulang GNAP setelah pecah beban pada LBS SJA

Setelah dilakukannya simulasi aliran daya pada beban penyulang GNAP dan GNHJ didapatkan hasil simulasi sebagai berikut.

Tabel 3 Rekap hasil simulasi pecah beban

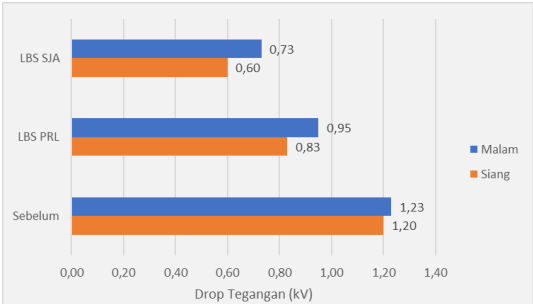
Penyulang	Lokasi Pecah Beban	Kondisi Simulasi	Beban Puncak (A)	Tegangan Pangkal (kV)	Tegangan Ujung (kV)
GNAP	LBS PRL	Siang	183.0	20.45	19.62
		Malam	212.5	20.43	19.48
	LBS SJA	Siang	151.6	20.47	19.87
		Malam	182.4	20.45	19.72
GNHJ	LBS PRL	Siang	71.2	20.22	20.13
		Malam	61.0	20.24	20.17
	LBS SJA	Siang	101.8	20.19	20.02
		Malam	90.0	20.21	20.07

Terlihat sekilas pada Tabel 3 bahwa terdapat dua penyulang yaitu GNAP dan GNHJ, dimana penyulang GNAP akan mengalami pengurangan beban sedangkan penyulang GNHJ mengalami kenaikan beban dikarenakan beban penyulang GNAP dipindahkan ke penyulang GNAP dengan mengubah NO. Pada penyulang GNAP cenderung beban besar saat di malam hari sedangkan pada penyulang GNHJ beban terbesarnya pada siang hari.

Tabel 4 Hasil simulasi pecah beban dan persentase drop

Penyulang	Lokasi Pecah Beban	Kondisi Simulasi	Drop Tegangan (kV)	Drop Tegangan (%)
GNAP	LBS PRL	Siang	0,83	4,15
		Malam	0,95	4,75
	LBS SJA	Siang	0,6	3,00
		Malam	0,73	3,65
GNHJ	LBS PRL	Siang	0,09	0,45
		Malam	0,07	0,35
	LBS SJA	Siang	0,17	0,85
		Malam	0,14	0,70

Selanjutnya akan ditampilkan grafik simulasi perubahan drop tegangan dari keadaan awal hingga dilakukannya pecah beban pada LBS PRL dan LBS SJA.



Gambar 10 Grafik hasil simulasi drop tegangan penyulang GNAP

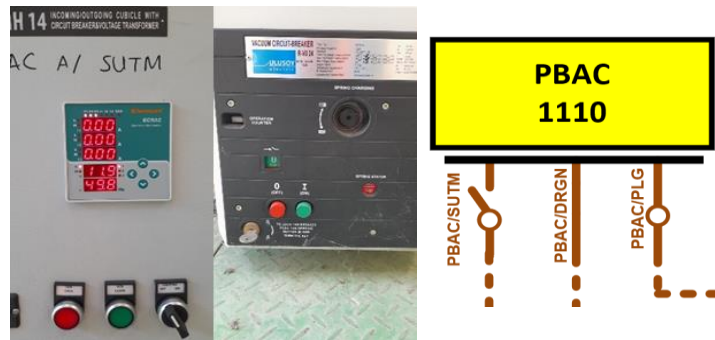
Terlihat jelas pada Gambar 10 bahwa terdapat penurunan drop tegangan sebelum dipecah beban dan sesudah dilakukan pecah beban, pecah beban dilakukan pada LBS PRL dan LBS SJA

D. Penentuan lokasi pecah beban penyulang GNAP

Jika dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 10 pecah beban dengan mengubah NO di LBS SJA lebih menjanjikan dikarenakan baik pada beban puncak siang ataupun malam akan didapatkan hasil yang standar yaitu di bawah 5% bahkan dari hasil simulasi bisa menyentuh di bawah 4%. Sedangkan pecah beban di LBS PRL mendapatkan hasil masuk standar yaitu di bawah 5%. Dampak dari pecah beban tersebut akan membuat beban meningkat pada penyulang GNHJ. Bisa kita lihat pada Tabel 4.1 ketika pecah beban dengan mengubah NO di LBS PRL beban meningkat pada siang sekitar 71.2A dan malam 61 A. Pada saat pecah beban di LBS SJA beban meningkat pada siang 101.8 A dan malam 90 A. Selain itu, panjang penyulang GNHJ akan bertambah dikarenakan perpindahan NO. Dikarenakan pertimbangan penyulang GNHJ adalah penyulang dengan jumlah pelanggan potensial cukup banyak maka dari itu pecah beban diharapkan tidak terlalu panjang sehingga membebankan jaringan ke penyulang GNHJ. Dengan pertimbangan tersebut maka pecah beban akan dicoba terlebih dahulu pada LBS PRL yang dengan hasil simulasi masih masuk standar di bawah 5%.

E. Eksekusi pecah beban penyulang GNAP

Pecah beban akan dilakukan dengan mengubah NO penyulang GNAP dan GNHJ yang awalnya di gardu PBAC arah SUTM selanjutnya akan di LBS PRL. Berikut akan tunjukkan keadaan awal pada Gardu PBAC dan LBS PRL.



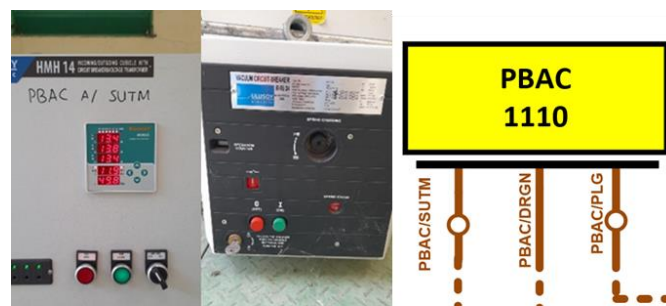
Gambar 11 Gardu PBAC arah SUTM sebelum pecah beban
Pada Gambar 11 menunjukkan posisi awal Gardu PBAC arah SUTM sebelum dilakukannya pecah beban. Terlihat bahwa Gardu PBAC posisi terbuka atau open.



Gambar 12 PRL sebelum pecah beban

Pada Gambar 12 menunjukkan posisi awal LBS PRL sebelum dilakukannya pecah beban. Terlihat bahwa LBS PRL posisi tertutup atau close.

Setelah mengetahui kondisi awal dari kedua proteksi tersebut selanjutnya dilakukan eksekusi pecah beban yaitu memindahkan NO penyulang GNAP dengan GNHJ pada LBS PRL dengan urutan eksekusi yaitu, memasukkan PBAC arah SUTM terlebih dahulu dilanjutkan mengeluarkan LBS PRL. Berikut adalah kondisi proteksi setelah dilakukannya pecah beban.



Gambar 13 Gardu PBAC arah SUTM setelah pecah beban

Pada Gambar 13 menunjukkan posisi akhir Gardu PBAC arah SUTM setelah dilakukannya pecah beban. Terlihat bahwa Gardu PBAC posisi tertutup atau close.



Gambar 14 LBS PRL setelah pecah beban

Pada Gambar 14 menunjukkan posisi akhir LBS PRL setelah dilakukannya pecah beban. Terlihat bahwa LBS PRL posisi terbuka atau open.

Dari hasil eksekusi pecah beban pemindahan NO penyulang GNAP dan GNHJ pada LBS PRL maka didapatkan hasil pengukuran tegangan secara riil sebagai berikut.

Tabel 5 Hasil pecah beban dan persentase drop

Kategori Beban	Tegangan Pangkal (kV)	Tegangan Ujung (kV)	Drop Tegangan (kV)	Drop Tegangan (%)
Siang	20.29	19.45	0.84	4.18
Malam	20.68	19.78	0.90	4.51

Dari Tabel 5 didapat grafik perbandingan sebelum pecah beban penyulang GNAP dan sesudahnya ditunjukkan sebagai berikut.



Gambar 15 Perbandingan drop tegangan sebelum dan sesudah dipecah beban

Terlihat pada Gambar 15 perbaikan drop tegangan yang dilakukan telah memenuhi standar yaitu di bawah 5% sehingga perubahan NO penyulang GNAP dan GNHJ di LBS PRL akan dipermanenkan dan menjadi realisasi pecah beban penyulang.

IV. KESIMPULAN

Drop tegangan pada penyulang GNAP sebelum dilakukan pecah beban yaitu 1.19 kV pada beban siang dan 1.24 kV pada beban malam. Drop tegangan dalam persen yaitu 5.95% pada beban siang dan 6.20% pada beban malam. Hasil simulasi pecah beban penyulang GNAP pada LBS PRL mendapatkan hasil drop tegangan 0.83 kV atau 4.15% pada beban siang dan 0.95 kV atau 4.75% pada beban malam. Sedangkan hasil simulasi pecah beban GNAP pada LBS SJA mendapatkan hasil drop tegangan 0.60 kV atau 3.00% pada beban siang dan 0.73 kV atau 3.65% pada beban malam. Perbaikan drop tegangan pada penyulang GNAP dilakukan dengan metode pecah beban pemindahan NO antara penyulang GNAP dan penyulang GNHJ dari NO di Gardu PBAC menjadi di LBS PRL dengan pertimbangan hasil simulasi sudah masuk standar di bawah 5%.

Drop tegangan pada penyulang GNAP setelah dilakukan pecah beban yaitu 0.84 kV pada beban siang dan 0.90 kV pada beban malam. Drop tegangan dalam persen yaitu 4.18% pada beban siang dan 4.51% pada beban malam.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] PT PLN (Persero), Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT Perusahaan Listrik Negara (Persero) Tahun 2021 Sampai Dengan Tahun 2030, 2021.
- [2] PT PLN (Persero), Peraturan Direksi Nomor 76 tahun 2020 tentang Organisasi dan Tata Kerja PT PLN (Persero), Jakarta, 2020.
- [3] PT PLN (Persero), Laporan Teknik Bulan Januari ULP Plered, Purwakarta, 2023.
- [4] Y. Heryadi, Interviewee, Perkembangan Beban Pada ULP Plered. [Wawancara]. 02 Februari 2023.
- [5] R. T. Tanto dan I. Alfi, "Optimalisasi Pengaturan Tegangan Menggunakan Tap Changer," Universitas Teknologi Yogyakarta.
- [6] J. Asrul dan Firmansyah, "Reconnecting Sambungan Rumah (SR) Pada Gardu 079 Sovia Untuk Mengurangi Losses di PT. PLN (Persero) Rayon Bukittinggi (Menggunakan Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan)," Politeknik Negeri Padang.
- [7] Y. A. Deavy, A. B. Fakhri dan M. Putri, "Analisis Perbaikan Jatuh Tegangan Dengan Uprating Penghantar Di NR.06 Menggunakan Software ETAP," Politeknik Negeri Medan.
- [8] Hamimi, M. I. Chaniago dan H. Widodo, "Analisis Drop Tegangan Listrik Menggunakan ETAP Pada Penyulang Utari PT. PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan Bandarjaya," Universitas Muhammadiyah Lampung.
- [9] PT PLN (Persero), Laporan Beban Harian Bulan Januari UP3 Purwakarta, Purwakarta, 2023.
- [10] Kelompok Pembakuan Bidang Distribusi dan Kelompok Kerja Konstruksi Distribusi, SPLN 72: 1987 – Spesifikasi desain untuk Jaringan Tegangan, 1987.
- [11] W. B. E. P. Daya, Asmar dan T. Hendrawan, "Analisa Pecah Beban Penyulang KB5 Di PLN Rayon Koba Untuk Perbaikan Tegangan Dan Susut," Universitas Bangka Belitung.
- [12] I. Amu, Y. Mohamad dan A. I. Tolago, "Kajian Kelayakan Operasi Pecah Beban Penyulang Beta (SJ-2) Untuk Keandalan Sistem Kelistrikan Kota Bitung," Universitas Negeri Gorontalo.
- [13] B. Isnanto, M. Jumnahdi dan M. Y. Puriza, "Studi Rekonfigurasi Jaringan Distribusi di Penyulang Dendang PLN UP3 Belitung," Universitas Bangka.
- [14] D. Suswanto, Sistem Distribusi Tenaga Listrik, 2009.
- [15] Kelompok Kerja Standar Konstruksi Distribusi Jaringan Tenaga Listrik dan Pusat Penelitian Sains dan Teknologi Universitas Indonesia, Buku 5 – Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik, 2010.
- [16] W. H. Kersting, Distribution System Modeling and Analysis – Third Edition, 2012.
- [17] A. Supriyadi, Analisa Aliran Daya Pada Sistem Tenaga Listrik Menggunakan Software ETAP 12.6, Forum Teknologi.