

SKRIPSI

**ANALISA PENGGUNAAN RECLOSER 3 PHASA 20 kV PENYULANG
PAJALAU UNTUK PENGAMAN ARUS LEBIH PT. PLN (PERSERO) ULP
KELEBAJENG**



Oleh :

Mukti Ari Bayu

Nurhidayat Arif

105821105918

1058211062 18

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2023

HALAMAN JUDUL

**ANALISA PENGGUNAAN RECLOSER 3 PHASA 20 kV PENYULANG
PAJALAU UNTUK PENGAMAN ARUS LEBIH PT. PLN (PERSERO) ULP
KELEBAJENG**



Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Makassar

Diajukan Oleh :

Mukti Ari Bayu

Nurhidayat Arif

105821105918

1058211062 18

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2023



FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website : <https://teknik.unismuh.ac.id>, Email : teknik@unismuh.co.id



Kampus
Merdeka
INDONESIA JAYA

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **ANALISA PENGGUNAAN RECLOSER 3 PHASA 20 KV PENYULANG PAJALAU UNTUK PENGAMAN ARUS LEBIH PT. PLN (PERSERO) ULP KALEBAJENG**

Nama : 1. Mukti Ari Bayu

2. Nurhidayat Arif

Stambuk : 1. 105 82 11059 19

2. 105 82 11062 18

Makassar, 08 Agustus 2023

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing:

Pembimbing I

Pembimbing II


Suryani, S.T., M.T., IPM


Dr. Ir. Hafsah Nirwana, M.T

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Elektro




In. Adriani, S.T., M.T.

NBM : 1044 202



FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website : <https://teknik.unismuh.ac.id>, Email : teknik@unismuh.co.id



Kampus
Merdeka
INDONESIA JAYA

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama **Mukti Ari Bayu** dengan nomor induk Mahasiswa 105 82 11059 18 dan **Nurhidayat Arif** dengan nomor induk Mahasiswa 105 82 11062 18 dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0007/SK-Y/20201/091004/2023, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu, 05 Agustus 2023.

Panitia Ujian :

- 21 Muharam 1445 H
08 Agustus 2023 M
1. Pengawas Umum Makassar, _____
- a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar
Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag. _____
- b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Prof. Dr. Eng. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T., ASEAN., Eng. _____
2. Penguji
- a. Ketua : Rizal Ahdiyat Duyo, S.T., M.T. _____
- b. Sekretaris : Dr. Ridwang, S.Kom., M.T. _____
3. Anggota : 1. Andi Fajaruddin, S.T., M.T. _____
2. Andi Abd Halik Lateko, S.T., M.T., Phd. _____
3. Ir. Abdul Hafid, M.T. _____

Mengetahui :

Pembimbing I

Suryani, S.T., M.T., IPM

Pembimbing II

Dr. Ir. Hafsah Nirwana, M.T

Dekan



Dr. Ir. H. Nirwanaty, S.T., M.T., IPM

D ENBM : 795 108

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah Swt, karena atas rahmat,berkat dan hidayah-Nya semata penulis dapat menyelesaikan proposal yang berjudul **“Analisa Penggunaan recloser 3 Phasa 20 kV Penyulang Pajalau Untuk Pegaman Arus Lebih PT.PLN (Persero) ULP Kalebajeng”**

Proposal ini merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Penulis Menyadari bahwa proposal ini tidak mungkin terwujud tanpa bantuan,uluran tangan,dan motivasi dari berbagai pihak yang senantiasa memberikan dorongan,bimbingan,dan petunjuk kepada penulis dalam menyelesaikan proposal ini. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada kedua orang tua tercinta dan semua keluarga tercinta yang selalu memberi semangat dan juga doa yang terbaik untuk penulis. Ucapan terimakasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.ag. selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Ibu Dr. Ir. Nurmawaty, ST., MT., IPM. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Ibu Ir. Adriani, ST., MT., IPM. Selaku Ketua Progam Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Makassar.

4. Ibu Suryani, ST., MT. Selaku Pembimbing I yang telah banyak meluangkan waktunya untuk membimbing kami.
5. Ibu Dr. Ir. Hj. Hafsa Nirwana, MT. Selaku Pembimbing II kami yang telah banyak meluangkan waktunya untuk membimbing kami.
6. Bapak/Ibu Dosen serta Staf Fakultas Teknik atas segala waktunya telah mendidik melayani kami selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
7. Ayah dan Ibu tercinta, kami mengucapkan banyak terimakasih yang sebesar-besarnya atas segala limpahan kasih sayang, doa dan pengorbanan terutama dalam bentuk materi dalam menyelesaikan kuliah.
8. Saudara-saudaraku serta rekan-rekan Mahasiswa Fakultas Teknik terkhususnya MEKANIKA 2018 yang dengan keakraban dan persaudaraan banyak membantu dalam menyelesaikan proposal ini.

Penulis menyadari bahwa penyusunan proposal ini sepenuhnya tidak luput dari berbagai kekurangan, baik dari segi Bahasa, sistematika penulisan bahkan isi yang terkandung didalamnya. Oleh sebab itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari berbagai pihak demi kebaikan dan kesempurnaan proposal ini. Dan segala masukan dan kritikan akan penulis terima dengan lapang dada.

Makassar, 20 Maret 2023

Penulis

ANALISA PENGGUNAAN *RECLOSER* 3 PASHA 20 kV PENYULANG PAJALAU UNTUK PENGAMAN ARUS LEBIH

PT. PLN (PERSERO) ULP KALEBAJENG

ABSTRAK

Mukti Ari Bayu¹, Nurhidayat Arif²

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar

Jl. Sultan Alauddin No. 259, Rappocini, Makassar, Sulawesi Selatan, 90221, Indonesia

*email¹ : muktiaribayu1998@gmail.com

*email² : nurhidayatarif2406@gmail.com

Abstrak : Mukti Ari Bayu dan Nurhidayat Arif, (2023) Salah satu penyulang yang dijaga keandalannya oleh PT PLN (Persero) ULP Kalebajeng adalah penyulang pajalau. Namun, untuk mencapai tingkat keandalan yang diinginkan cukup sulit mengingat peralatan proteksi arus lebih hanya berada dikubikel penyulang. Akibatnya, saat terjadi gangguan di jaringan, seluruh pelanggan pada penyulang pajalau akan mengalami pemadaman listrik. sehingga diperlukan *setting* proteksi yang mampu mengkoordinasikan *recloser* dengan penyulang Pajalau. Penelitian ini dilakukan untuk menghitung *setting* proteksi yang akan diterapkan di *recloser* agar mampu berkoordinasi dengan penyulang pajalau. Untuk data yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi data trafo yang menggunakan merek Pauwels Trafo dengan daya 60 MVA bertegangan 150/20 kV dengan vektor grup YNyn0-d, data hubung singkat 3 fasa dan 1 fasa, data *setting* proteksi penyulang, data konduktor pada jaringan dengan luas penampang 240. Perhitungan tersebut mencakup arus hubung singkat 3 fasa dan 1 fasa di setiap *section*, *setting* OCR, GFR, TMS OCR, TMS GFR dan *instant highset recloser*. Selanjutnya untuk menguji hasil perhitungan tersebut dilakukan simulasi gangguan menggunakan aplikasi ETAP. Pada aplikasi ETAP dilakukan simulasi hubung singkat 3 fasa dan 1 fasa, simulasi urutan kerja peralatan proteksi di jaringan serta simulasi waktu kerja relai proteksi terhadap gangguan hubung singkat yang terjadi. Simulasi aplikasi ETAP menunjukkan bahwa hasil perhitungan *setting* proteksi pada *recloser* mampu berkoordinasi dengan penyulang Pajalau.

Kata kunci : Keandalan jaringan, arus hubung singkat, ETAP, koordinasi proteksi, penyulang pajalau.

ANALYSIS OF RECLOSER 3 PASHA 20 kV IMPLEMENTATION AT PAJALAU FEEDER FOR OVERCURRENT PROTECTION IN PT. PLN (PERSERO) ULP KALEBAJENG

ABSTRACT

Mukti Ari Bayu², Nurhidayat Arif²

Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Muhammadiyah

University of Makassar

Jl. Sultan Alauddin No. 259, Rappocini, Makassar, South Sulawesi, 90221, Indonesia

*email¹ : muktiaribayu1998@gmail.com

*email² : nurhidayatarif2406@gmail.com

Abstract: Mukti Ari Bayu and Nurhidayat Arif, (2023). *One of the feeders that PT.PLN (Persero) ULP Kalebajeng ensures its reliability is the Pajalau feeder. However, achieving the desired level of reliability is challenging, considering that overcurrent protection equipment is only available at the Pajalau feeder cubicle. Consequently, when a disturbance occurs in the network, all customers on the Pajalau feeder experience power outages. Therefore, it is necessary to have protection settings that can coordinate the recloser with the Pajalau feeder. This research was conducted to calculate the protection settings that will be applied to the recloser to enable coordination with the Pajalau feeder. The data required for this study includes transformer data using the Pauwels Trafo brand with a capacity of 60 MVA, a voltage of 150/20 kV with vector group YNyn0-d, 3-phase and 1-phase short-circuit data, feeder protection setting data, and conductor data on the network with a cross-sectional area of 240. The calculations involve 3-phase and 1-phase short-circuit currents in each section, setting OCR, GFR, TMS OCR, TMS GFR, and instant high-set recloser. Furthermore, to test the calculation results, fault simulations are performed using the ETAP application. In the ETAP application, 3-phase and 1-phase short-circuit simulations, protection equipment's sequence of operation simulations in the network, and relay protection response time simulations for the occurring short-circuit faults are conducted. The ETAP application simulations demonstrate that the calculated protection setting on the recloser can coordinate effectively with the Pajalau feeder.*

Keywords : *Network reliability, short-circuit current, ETAP, protection coordination Pajalau feeder.*

DAFTAR ISI

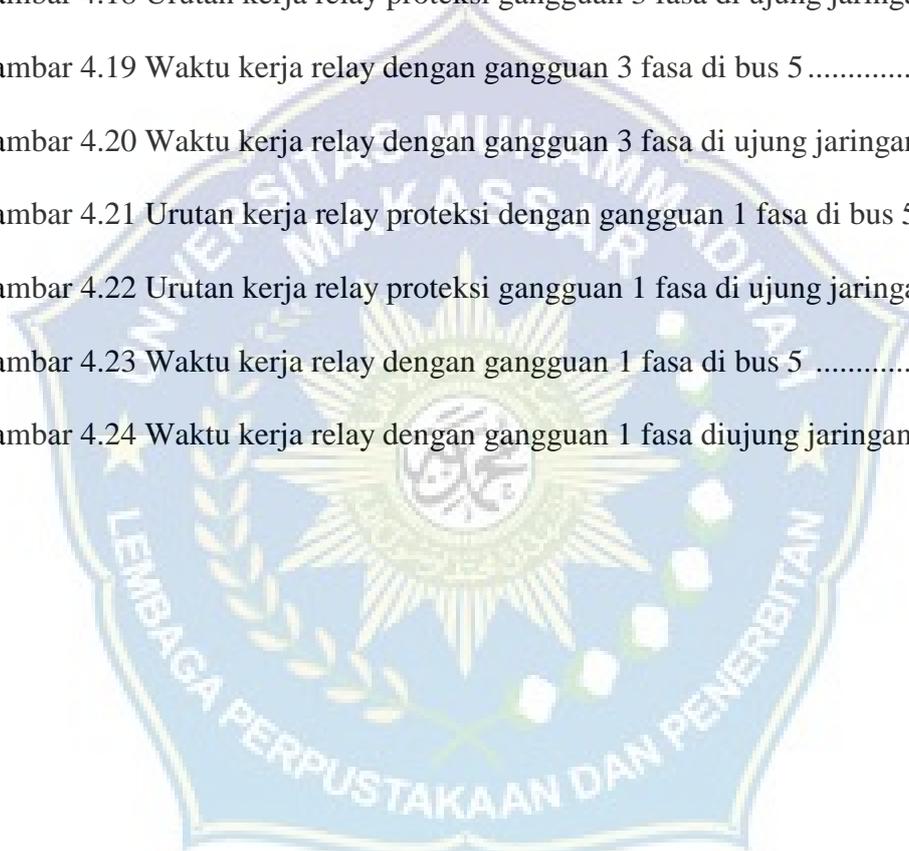
SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	2
C. Tujuan Penelitian	2
D. Manfaat Penelitian	2
E. Batasan Masalah.....	3
F. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN UMUM	5
A. Sistem Proteksi Jaringan Distribusi	5
B. Gangguan Arus Lebih Recloser	6
C. Recloser.....	8
D. Fungsi Recloser	9
E. Prinsip Kerja Recloser.....	10
F. Perhitungan Koordinasi Recloser	11
G. Urutan Kerja Recloser	13
H. ETAP 19.0.1	15
I. Single Line Penyulang	16
J. Rele Arus Lebih	18
BAB III LANDASAN TEORI	20

A. Tempat Penelitian	20
B. Waktu Penelitian.....	20
C. Data Spesifikasi Penyulang Pajalau.....	21
D. Alat dan Bahan	23
E. Metode Penelitian Data.....	24
F. Teknik Anslisa Data	25
BAB IV ANALISA DAN HASIL	26
A. Perhitungan Impedansi Ekuifalen	26
B. Perhitungs Impedansi Sumber	26
C. Perhitungan Impedansi Trafo.....	27
D. Perhitungan Impedansi Penyulang	27
E. Perhitungan Arus Hubung Singkat.....	28
F. Perhitungan Setting Proteksi Recloser	30
G. Pemodelan ETAP.....	37
H. Analisa Setting Dengan Simulasi ETAP	45
I. Peubahan pola operasi jaringan	52
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	53
A. Kesimpulan.....	53
B. Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Recloser.....	9
Gambar 2.2 Blok Diagram Recloser	10
Gambar 2.3 Urutan Operasi Recloser Gangguan Permanen.....	14
Gambar 2.4 Urutan Operasi Recloser Gangguan Sementara.....	14
Gambar 2.5 Tampilan Program ETAP 19.0.1.....	16
Gambar 2.6 Diagram <i>Single Line</i> sec 1 Penyulang Pajalau	16
Gambar 2.7 Diagram <i>Single Line</i> sec 2 Penyulang Pajalau.....	17
Gambar 2.8 Diagram <i>Single Line</i> Penyulang Pajalau.....	17
Gambar 3.1 Flowchart.....	25
Gambar 4.1 Visualisasi single line diagram penyulang	37
Gambar 4.2 Power grid	38
Gambar 4.3 Setting trafo.....	39
Gambar 4.4 Pengisian rating incoming sesuai library	39
Gambar 4.5 Pemilihan rating circuit breaker untuk incoming.....	40
Gambar 4.6 Pengisian rating PMT Pajalau	40
Gambar 4.7 Pemilihan rating circuit breaker untuk PMT	41
Gambar 4.8 Setting CT PMT Pajalau	41
Gambar 4.9 Setting OCR,invers,high set 1 dan high set 2.....	42
Gambar 4.10 Setting GFR,invers,high set 1 dan high set 2	42
Gambar 4.11 Setting OCR,GFR, dan instant high set recloser	43
Gambar 4.12 Setting output relay proteksi penyulang dan recloser	43

Gambar 4.13 Setting spesifikasi kabel dan configuration	44
Gambar 4.14 Setting impedansi kabel	44
Gambar 4.15 Grafik koordinasi proteksi OCR PMT, penyulang, recloser	46
Gambar 4.16 Grafik koordinasi proteksi GFR PMT penyulang dan recloser.	47
Gambar 4.17 Urutan kerja relay proteksi dengan gangguan 3 fasa di bus 5	47
Gambar 4.18 Urutan kerja relay proteksi gangguan 3 fasa di ujung jaringan..	48
Gambar 4.19 Waktu kerja relay dengan gangguan 3 fasa di bus 5	48
Gambar 4.20 Waktu kerja relay dengan gangguan 3 fasa di ujung jaringan ..	49
Gambar 4.21 Urutan kerja relay proteksi dengan gangguan 1 fasa di bus 5 ...	49
Gambar 4.22 Urutan kerja relay proteksi gangguan 1 fasa di ujung jaringan..	50
Gambar 4.23 Waktu kerja relay dengan gangguan 1 fasa di bus 5	50
Gambar 4.24 Waktu kerja relay dengan gangguan 1 fasa diujung jaringan	51



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai konstanta α dan β pada kurva tipe inverse	13
Tabel 2.2 Beban masing-masing section.....	18
Tabel 2.3 Panjang masing-masing section.....	18
Tabel 3.1 Jadwal kegiatan penelitian	20
Tabel 3.2 Data hubung singkat.....	21
Tabel 3.3 Data spesifikasi trafo 60 MVA GI	21
Tabel 3.4 Data setting proteksi penyulang.....	22
Tabel 3.5 Tahanan,reaktansi, dan impedansi pada penghantar tipe AAAC.....	22
Tabel 4.1 Hasil perhitungan arus hubung singkat 3 fasa dan 1 fasa	30
Tabel 4.2 Hasil perhitungan setting proteksi recloser.....	36
Tabel 4.3 Hasil perhitungan setting proteksi recloser.....	45

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pengaman sistem distribusi tenaga listrik merupakan salah satu unsur dari pemenuhan pelayanan. Pemutus Balik Otomatis / *Recloser* merupakan salah satu peralatan pengaman SUTM 20 kv yang berfungsi untuk mengantisipasi gangguan sesaat sehingga pemadaman listrik dapat diantisipasi, sehingga daerah pemadaman tidak meluas dan penyaluran tenaga listrik dapat berjalan dengan baik.

Dalam proses bekerjanya alat *recloser* ini, harus didukung dengan peralatan proteksi lainnya salah satunya yaitu rele arus lebih. Rele arus lebih ini berguna untuk merasakan adanya gangguan yang terjadi sehingga dapat memerintah *recloser* untuk trip. Koordinasi antara *recloser* dan rele arus lebih sangat dibutuhkan supaya mendapatkan hasil kerja yang semestinya dan proteksi jaringan distribusi menjadi aman.

Seperti halnya yang terdapat pada Penyulang Pajalau 20 kV ULP Kalebajeng dimana keandalan *recloser* sangat di butuhkan demi kinerja penyaluran listrik yang optimal. Dalam mencapai semua itu ULP Kalebajeng menggunakan sebuah program tambahan berupa simulator *software* ETAP versi 12.6.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Kunto Herwin Bono (2005) dengan judul penelitian “Analisa Penggunaan *recloser* 3 Fasa 20 Kv Untuk Pengaman Arus Lebih Pada Sutm 20 Kv Sistem 3 Fasa 4 Kawat Di PT.PLN

(Persero) Apj Semarang” dengan tujuan penelitiannya ialah untuk mengetahui penggunaan PBO/Recloser yang terpasang di penyulang 20 kV sebagai peralatan pengaman jaringan dari adanya arus hubung singkat, sehingga pelanggan dapat menikmati keberadaan listrik dengan nyaman serta salah satu cara peningkatan pelayanan.

Berdasarkan penjelasan latar belakang di atas, penulis mencoba mengalisa penggunaan *recloser* dengan judul “Analisa *Recloser* 3 Phasa 20 kV Penyulan Pajalau Untuk Pengaman Arus Lebih PT.PLN (Persero) ULP Kalebajeng”.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, maka dapat dirumuskan masalah yaitu:

1. Bagaimana koordinasi proteksi *recloser* di penyulang pajalau?
2. Menentukan Setting proteksi *recloser* pada Penyulang Pajalau ULP Kalebajeng?

C. Tujuan Penelitian

1. Untuk menentukan *setting* proteksi *recloser* agar dapat berkoordinasi dengan penyulang pajalau.
2. Mensimulasikan koordinasi proteksi *recloser* dengan penyulang pajalau di aplikasi

D. Batasan Masalah

Dalam penyusunan penelitian penulis membatasi ruang lingkup permasalahan demi mencapai sasaran yang diharapkan. Adapun batasan masalah penelitian ini adalah :

1. Pembahasan hanya pada system kerja *recloser* pada penyulang Pajalau ULP Kalebajeng.
2. Pembahasan ini hanya seputar evaluasi perhitungan gangguan hubung singkat menggunakan *software* ETAP 12.6.0.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin dicapai oleh Penulis adalah :

1. Meningkatkan keandalan penyulang pajalau.
2. Pengukuran keandalan penyulang menjadi lebih mudah.
3. Meminimalisir terjadinya gangguan sehingga gangguan tidak menyebar.
4. Memudahkan petugas dalam mencari lokasi terjadinya gangguan
5. Sebagai bahan referensi bagi penelitian selanjutnya agar lebih baik.

F. Sistematika Penulisan

Untuk memberikan gambaran umum dari seluruh penelitian ini berdasarkan penulisan yaitu:

BAB I PENDAHULUAN

Membahas mengenai latar belakang , rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berupa uraian teori tentang system proteksi tenaga listrik 20 kV menggunakan recloser.

BAB III METODE PENELITIAN

Berisi tentang bagaimana teknis, proses dan validasi pengambilan data dari lapangan serta pengolahan datanya.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi hasil penelitian berupa cara kerja sistem recloser, fungsi dan perhitungan untuk mengetahui arus lebih.

BAB V PENUTUP

Terdiri dari kesimpulan dan saran akhir dari penelitian ini .



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Sistem Proteksi Jaringan Distribusi

Sebelum melangkah lebih jauh alangkah baiknya jika kita mengetahui apa yang dimaksud dengan sistem jaringan distribusi. Sistem jaringan distribusi merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi merupakan sub sistem tenaga listrik yang paling dekat dengan pelanggan yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (*Bulk Power Source*) sampai ke konsumen. Jaringan distribusi tegangan menengah mempunyai tegangan antara 3 kV sampai 20 kV. Pada saat ini PLN hanya mengembangkan jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV. Jaringan distribusi tegangan menengah sebagian besar berupa saluran udara tegangan menengah dan kabel tanah. (Rochman, Penangsang, & Aryani, 2015)

Secara umum sistem proteksi ialah cara untuk mencegah atau membatasi kerusakan peralatan terhadap gangguan, sehingga kelangsungan penyaluran tenaga listrik dapat di pertahankan. (Ario Putra & Firdaus, 2017)

Dengan adanya sistem proteksi yang handal, maka dapat menyelamatkan peralatan dari akibat gangguan hubung singkat dan melokalisir bagian yang terganggu dari sistem sehingga bagian yang tidak terganggu dapat beroperasi dengan normal. Untuk lebih efisien digunakan yang dapat menutup secara otomatis yaitu menggunakan recloser. Bila gangguan yang menyebabkan terbuka bersifat sementara. Penempatan *recloser* tidak boleh pada sembarangan titik, karena sangat mempengaruhi tingkat keandalan penyulang sehingga diperlukan

suatu optimasi agar tingkat keandalan yang di peroleh maksimal.(Fuadi et al., 2016)

Pemasangan *recloser* sangat membantu dalam meningkatkan indeks keandalan maupun factor ekonomis pada jaringan sistem distribusi, karena penggunaan *recloser* mampu mengurangi atau mempercepat durasi gangguan. Seperti diketahui bahwa *recloser* dapat bekerja secara otomatis dan dapat disetting 2 kali atau lebih beroperasi saat terjadi gangguan.(Fuadi et al., 2016)

B. Gangguan Arus Lebih Recloser

Berdasarkan Puil 2011, “Arus hubung singkat adalah arus lebih yang di akibatkan oleh gangguan Impedansi yan sangat kecil mendekati nol antara dua penghantar aktif dalam kondisi operasional normal berbeda potensial”.(Badan Standar Nasional Indonesia.,2011). Gangguan hubung singkat yang mungkin terjadi dalam jaringan (sistem kelistrikan), yaitu :

1. Gangguan hubung singkat tiga fasa

$$I_{3fasa} = \frac{V_a}{Z_1 + Z_f}$$

Keterangan :

V_a = Tegangan hubung singkat

Z_1 = Penjumlahan dari impedansi trafo, penyulang, dan sumber

Z_f = Penjumlahan impedansi penyebab gangguan

2. Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah

$$I_{1fasa-netral} = \frac{E_{fasa} \times 3}{Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3Z_n + 3Z_f}$$

Keterangan :

Z_n = Nilai pentanahan pada gardu induk

Z_f = Nilai impedansi gangguan

Untuk melakukan perhitungan arus hubung singkat menggunakan rumus dasar, yaitu:

$$I = \frac{V}{Z}$$

Keterangan :

I = Arus Hubung Singkat (Amper)

V = Tegangan Kompleks (Volt)

Z = Impedansi (ohm)

Sebelum melakukan perhitungan arus hubung singkat, maka terlebih dahulu harus memulainya dari perhitungan pada rel daya tegangan primer di gardu induk untuk berbagai jenis gangguan, kemudian menghitung pada titik-titik lainnya yang letaknya semakin jauh dari gardu induk tersebut. Untuk itu diperlukan perhitungan dari impedansi sumber, impedansi transformator, dan impedansi penyulang. (Ario Putra & Firdaus, 2017)

a. Impedansi Sumber

$$X_s = \frac{kV_2^2}{kV_1 \cdot kA \cdot \sqrt{3}}$$

Keterangan :

X_s = Impedansi Sumber sisi 20 kV (Ω)

kV_2 = Tegangan Sisi sekunder (kV)

kV1 = Tegangan Sisi Primer (kV)

kA = Data hubung singkat sisi tegangan tinggi 150 kV (kA)

b. Impedansi Transformator Tipe YNyn

$$X_{T0} = \% \frac{kV^2}{MVA}$$

Untuk menghitung reaktansi urutan nol (X_{T0}) sama dengan X_{T1} dengan tipe transformator YNyn

X_T = Reaktansi trafo tenaga (Ω)

kV = Tegangan sisi sekunder 20 kV (kV)

MVA = Kapasitas daya trafo tenaga (MVA)

c. Impedansi Penyulang

Untuk urutan positif dan negatif menggunakan rumus :

$$Z = (R + jX)\text{Ohm.KM}$$

C. Recloser

Recloser adalah rangkaian listrik yang terdiri dari pemutus tenaga yang dilengkapi kontak kontrol elektronik (*Elektronik Control Box*) recloser, yaitu suatu peralatan elektronik sebagai kelengkapan *recloser* dimana peralatan ini tidak berhubungan dengan tegangan menengah dan pada peralatan ini *recloser* dapat

dikendalikan cara pelepasannya. Dari dalam kotak control inilah pengaturan (*setting*) *recloser* dapat ditentukan(Hutabarat, 2022)



Gambar 2.1 *recloser*

(Sumber : Penyulang Pajalau)

Alat pengaman ini bekerja secara otomatis guna mengamankan suatu sistem dari arus lebih yang diakibatkan adanya gangguan hubung-singkat. Cara bekerjanya adalah untuk menutup balik dan membuka secara otomatis yang dapat diatur selang waktunya, dimana pada sebuah gangguan temporer, *recloser* tidak meembuka tetap (*lock out*)(Hutabarat, 2022)

D. Fungsi *Recloser*

Pada suatu gangguan permanen, *recloser* berfungsi memaksimalkan daerah atau jaringan yang terganggu sistemnya secara cepat sehingga dapat memperkecil daerah gangguan secara sesat sampai gangguan tersebut akan

dianggap hilang, dengan demikian *recloser* akan masuk kembali secara otomatis. (Hutabarat, 2022)

Lebih lengkapnya dibawah ini adalah beberapa setting waktu pada gangguan yang terjadi di penyulang PT PLN (Persero).

1. Setting *recloser* terhadap gangguan permanen

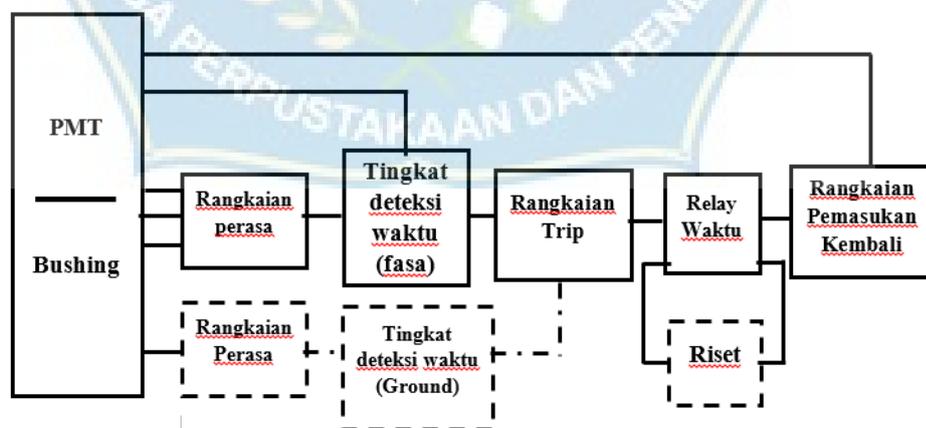
Interval :

- a. 1 st : 5 detik
- b. 2 nd : 10 detik
- c. Lock out : 3x trip
- d. Reset Delay : 90 detik

2. Setting *recloser* terhadap gangguan sesaat sama dengan gangguan permanen yang membedakan adalah tidak ada trip ketiga

E. Prinsip Kerja *Recloser*

Untuk prinsip kerja *recloser* sebagai berikut.



Gambar 2.2 Blok Diagram Recloser

(Kadepa, 2016)

Pada saat *recloser* dipasang pada jaringan. Arus jaringan akan dirasakan oleh ke-3 buah *busing* pada posisi beban dan kirim ke rangkaian perasa yang secara terus-menerus memonitor kondisi arus beban. Bila arus yang mengalir melampaui *setting* yang telah ditentukan maka tingkat deteksi waktu akan bekerja dengan mengirimkan sinyal ke rangkaian trip dan dari rangkaian *trip* ini akan mengirimkan perintah ke PMT untuk trip. Setelah *recloser* trip maka *rele* waktu mulai bekerja sesuai dengan urutan waktu yang telah ditentukan yaitu selama 5 detik dari waktu trip pertama, setelah 5 detik maka *rele* waktu akan mengirim sinyal ke rangkaian pemasukan kembali yang selanjutnya mengirimkan perintah ke PMT untuk masuk kembali (*recloser*). Jika arus gangguan masih dirasakan oleh rangkaian perasa maka *recloser* akan kembali trip dan relay waktu mulai menghitung lagi selama 10 detik yang selanjutnya akan mengirim sinyal ke rangkaian pemasukan kembali dan memerintahkan PMT untuk masuk kembali dan jika masih terjadi gangguan maka *recloser* tersebut akan kembali trip dan langsung membuka tetap (*Lock Out*) karena pada rangkaian trip disetting untuk trip sebanyak 3 kali. Jika gangguan yang terjadi bersifat sesaat maka setelah *recloser* kembali dan rangkaian perasa tidak merasakan adanya arus gangguan selama 60 detik maka reset akan bekerja dan seluruh rangkaian akan kembali seperti semula sebelum terjadi gangguan, (Kadepa, 2016)

F. Perhitungan Koordinasi *Setting* Proteksi

Dalam melakukan penyesuaian pengaturan proteksi, terutama dalam sistem distribusi tenaga listrik, terdapat dua faktor yang harus dipertimbangkan, yaitu

faktor arus dan faktor waktu. Penyesuaian faktor arus menetapkan batas maksimum suatu arus agar tetap dianggap sebagai beban yang normal. Sementara itu, penyesuaian faktor waktu menentukan batas waktu yang ditetapkan agar proteksi dapat merespons dan bertindak dengan tepat

a. Setelan Arus

Dalam menentukan setelan arus ada dua hal yang harus ditentukan yaitu setelan arus OCR dan arus GFR. Setelan arus OCR ini menunjukkan batas minimum arus pada masing-masing fasa agar dianggap sebagai arus gangguan. Sedangkan setelan GFR menunjukkan batas minimum arus pada netral agar dianggap sebagai arus gangguan. Penentuan nilai arus OCR mengikuti british standar dengan relai invers yang diatur 1,05 s/d 1,3 kali arus beban. Pada penentuan setelan GFR dapat diambil dari 50% Ifault satu fasa ketanah pada ujung jaringan apabila terjadi gangguan pohon dengan nilai tahanan pohon 52Ω . (An Nisa et al., 2019)

b. Setelan waktu dan karakteristik waktu

Pada karakteristik waktu terbalik selain nilai arus, jenis kurva juga mempengaruhi tunda waktu kerja trip coil. Beberapa jenis kurva yang umum digunakan adalah kurva Standard Inverse, Very Inverse, Extremely Inverse, dan Long Inverse. Pemilihan jenis kurva yang digunakan tidak terdapat aturan baku yang mengatur, namun sangat disarankan dalam satu sistem menggunakan jenis kurva inverse yang sama. Hal ini bertujuan untuk meminimalisir kurva yang saling berpotongan antar peralatan proteksi. Berbagai jenis kurva tersebut akan

menghasilkan nilai setelan waktu / Time Multiple Setting (TMS) yang berbeda. (An Nisa et al., 2019)

Dalam menentukan nilai setelan waktu / TMS berdasarkan karakteristik kurva inverse dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$TMS = \frac{t \times \left[\frac{I_{hs}}{I_{SET}} \right]^{a-1}}{\beta}$$

$$t = \frac{TMS \times \beta}{\left[\frac{I_{hs}}{I_{SET}} \right]^{a-1}}$$

Keterangan :

t = Waktu Kerja Relay

I_{hs} = Arus Hubung Singkat

TMS = *Time Multiple Setting*

I_{SET} = Arus *Setting* Relay

α, β = Konstanta

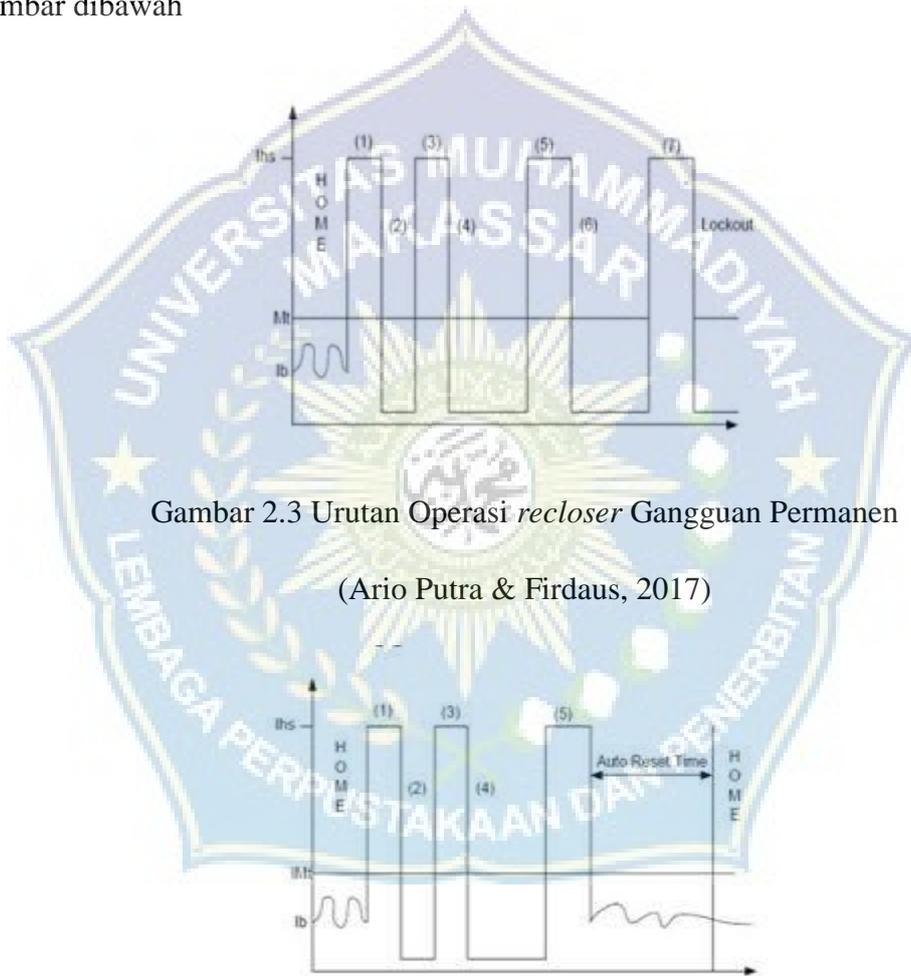
Tabel 2.1 Nilai konstanta α dan β pada kurva tipe inverse

Nama Kurva	α	β
Standard Inverse	0,02	0,14
Very Inverse	1	13,5
Extremely Inverser	2	80

Long Inverse	1	120
--------------	---	-----

G. Urutan Kerja Recloser

Waktu membuka dan menutup *recloser* dapat diatur melalui kurva karakteristiknya. Secara garis besar urutan kerja *recloser* diperlihatkan pada gambar dibawah



Gambar 2.3 Urutan Operasi *recloser* Gangguan Permanen

(Ario Putra & Firdaus, 2017)

Gambar 2.4 Urutan Operasi *recloser* Gangguan Sementara

(Ario Putra & Firdaus, 2017)

Keterangan untuk gambar 2.2 dan 2.3 :

I_b : arus beban normal

IMt : arus trip minimum

His : arus hubungan singkat

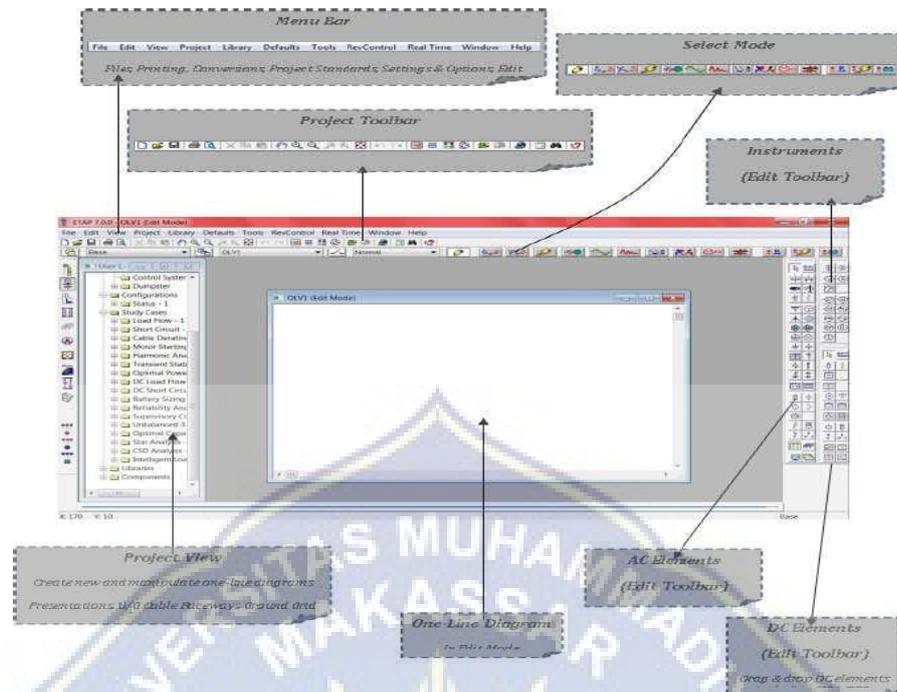
1. : waktu trip pertama (TCC)
2. : interval waktu reclose pertama
3. waktu trip cepat kedua
4. interval waktu reclose waktu kedua
5. waktu trip lambat pertama
6. interval waktu reclose waktu ketiga
7. waktu trip lambat kedua

H. ETAP 12.6.0

Dalam sebuah perancangan dan analisa sebuah system tenaga listrik, sebuah *software* aplikasi sangat dibutuhkan untuk mempresentasikan kondisi real yang ada. Hal ini dikarenakan sulitnya menguji coba suatu system tenaga listrik dalam skala yang besar terhadap kondisi yang ekstrim. ETAP *Power Station* 19.0.1 merupakan salah satu *software* aplikasi yang sering digunakan untuk mensimulasikan system tenaga listrik. Secara umum ETAP dapat digunakan untuk simulasi hasil perancangan dan analisis suatu system tenaga listrik yang meliputi:

1. Menggambarkan denah beban
2. Mensetting data beban dan jaringan
3. Merancang diagram *single line*
4. Menghitung gangguan hubung singkat

Adapun tampilan program ETAP 12.6.0 sebagaimana terlihat pada gambar 2.4



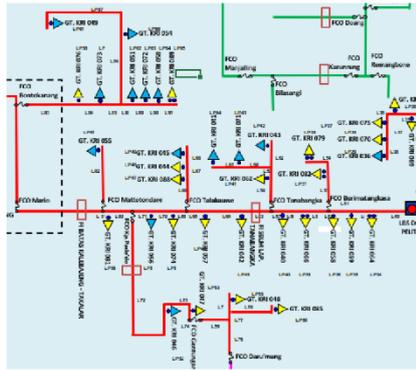
Gambar 2.4 Tampilan Program ETAP 12.6.0 dan Keterangan Singkatnya

I. Single Line Penyulang

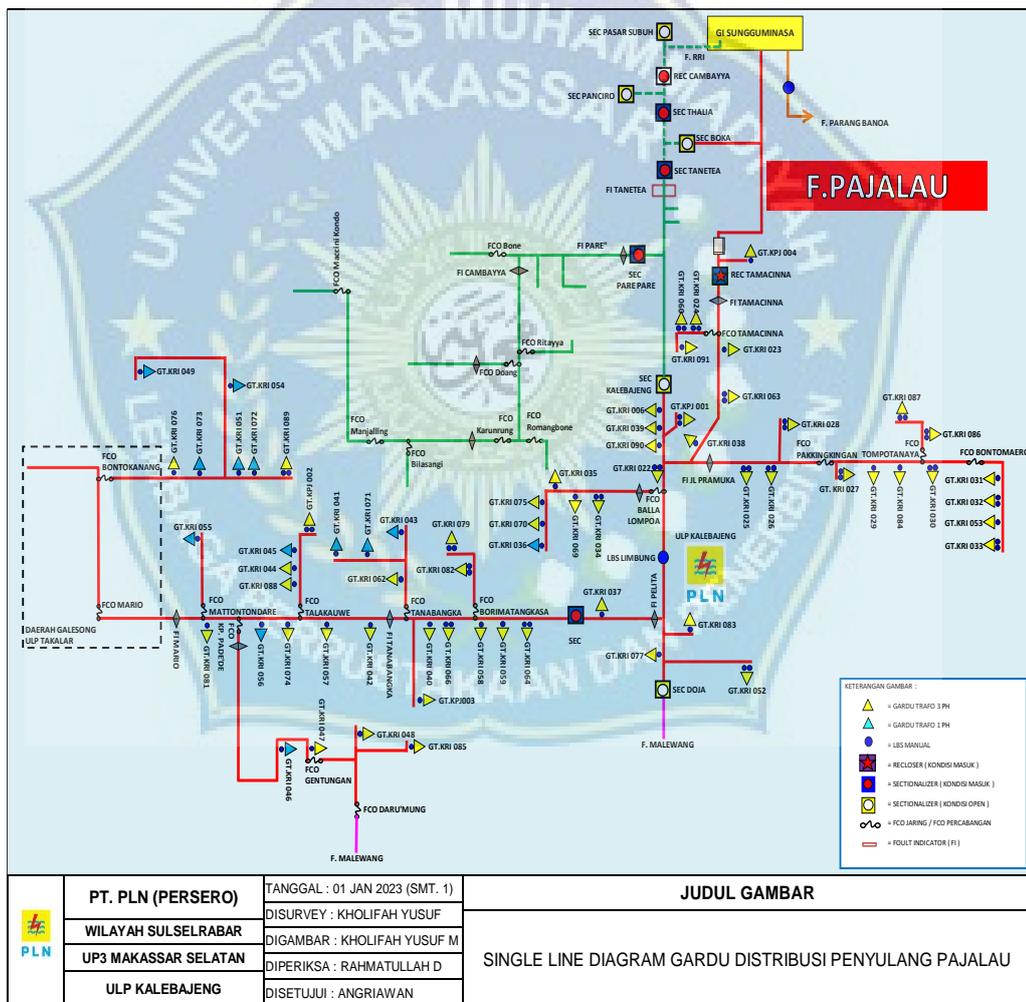
Single line merupakan sebuah diagram (skema gambar) yang menerangkan sistem kelistrikan pada sebuah penyulang untuk memudahkan dalam mengetahui kondisi dari setiap bagian peralatan instansi yang terpasang untuk operasi maupun pemeliharaan. Sebagaimana terlihat pada gambar 2.5



Gambar 2.5 Diagram Single Line sec 1 Penyulang Pajalau



Gambar 2.6 Diagram *Single Line* sec 2 Penyulung Pajalau



Gambar 2.7 Diagram *Single Line* Penyulung Pajalau

Tabel 2.2 Beban masing-masing *section*

Titik	Beban (Ampere)
PMT Pajalu	156
Recloser	99
LBS Pelita	20

Tabel 2.3 Panjang masing-masing *section*

Titik	Panjang Jaringan (KMS)
PMT Pajalu	0
Recloser	14,62
LBS Pelita	19,40
Ujung Jaringan	56,592

J. *Relay Arus Lebih (OCR)*

Pada dasarnya *Over Current Relay (OCR)* adalah salah satu jenis relay proteksi yang bekerja pada saat arus beban melebihi nilai yang telah ditetapkan nilai. Relai arus lebih umumnya memiliki pengali pengaturan arus berkisar antara 50 sampai 200% dengan langkah 25% yaitu disebut sebagai Pengaturan Steker (PS). PS untuk setiap relai ditentukan oleh dua parameter; arus gangguan minimum dan arus beban maksimum. Koordinasi *relay* proteksi ini diatur selama proses perancangan sistem berdasarkan perhitungan arus gangguan. Untuk membersihkan kesalahan dengan benar dalam waktu tertentu, masing-masing *relay* pelindung harus berkoordinasi *relay* pelindung lainnya terletak di semua bus yang berdekatan. Koordinasi mereka merupakan faktor penting dari sistem perlindungan desain. Masalah koordinasi *relay* adalah menentukan urutan operasi rele untuk setiap kemungkinan lokasi gangguan sehingga bagian yang patah diisolasi dengan margin yang cukup dan tanpa penundaan waktu yang berlebihan.

Dalam masalah koordinasi dari *relay* arus lebih, tujuannya adalah untuk menentukan *Time Setting Multiplier* (TSM) dan *Plug Setting Multiplier* (PSM) masing-masing relay, sehingga waktu operasi keseluruhan relay utama diminimalkan dengan baik. Untuk koordinasi optimal, ini parameter harus memenuhi semua kendala di bawah waktu operasi terpendek. Selain TSM dan PSM, metode optimal, fungsi objektif (fo), jenis jaringan baik jaringan radial maupun interkoneksi, karakteristik relai non linier proporsional untuk TSM dan PSM menjadi aspek penting untuk koordinasi yang optimal. (Hussain et al., 2013)



BAB III

METODE PENELITIAN

A. Tempat Penelitian

Tempat penelitian dilaksanakan di wilayah PT. PLN (Persero) ULP

Kalebajeng di JL. Pahlawan, No. 4, Limbung, Gowa, Sulawesi Selatan

B. Waktu Penelitian

Perencanaan Pengambilan data penelitian ini berlangsung selama 7 bulan

yang dilaksanakan mulai pada bulan Maret – Agustus 2023

Tabel 3.1 Jadwal kegiatan penelitian

NO	JENIS KEGIATAN	BULAN					
		Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus
1.	Studi literature						
2.	Pengambilan data						
3.	Donwoload dan penginstalan <i>Etap</i> <i>12.6.0</i>						
4.	Seminar proposal						
5.	Pembuatan simulasi skema jaringan menggunakan <i>Etap</i> <i>12.6.0</i>						
6.	Analisis Hasil Pembuatan Laporan						

7.	Seminar						
	- Seminar Hasil						
	- Seminar Akhir						

C. Data Spesifikasi Penyulang Pajalau

Dalam melakukan penelitian ini dibutuhkan beberapa data pendukung dalam mempermudah melakukan analisa dan perhitungan, diantaranya :

- Data hubung singkat 150 kV Gardu Induk Sungguminasa

(Tabel 3.2 Data hubung singkat)

NO	BUS	Arus Hubung Singkat	
		1 Fasa (kA)	3 Fasa (kA)
1	Bus 1	15,36	17,53
2	Bus 2	15,36	17,53

(Sumber : PT PLN Gardu Induk Sungguminasa)

- Data Spesifikasi Trafo

(Tabel 3.3 Data spesifikasi trafo 60 MVA GI)

Daya	:	60 MVA
Merk	:	Pauwels Trafo
Type	:	P60LEC495
Ratio Tegangan	:	150 / 20 kV
Arus Nominal	:	1574 A
Vektor Grup	:	YNyn0-d
Impedansi (%)	:	12,35 %
Rasio Trafo (X/R)		10

(Sumber : PT PLN Gardu Induk Sungguminasa)

➤ Data setting proteksi penyulang pajalau

Parameter Setting	Overcurrent Relay (OCR)	Ground Fault Relay (GFR)
I set	720	60
Type Kurva	<i>Standard Inverse</i>	<i>Standard Inverse</i>
TMS	0,21	0,11
<i>T Set Instan High Set 1</i>	28,33	10,00
Type Kurfa	<i>Definite</i>	<i>Definite</i>
T Set	0,10	0
<i>I Set Instant High Set 2</i>	50.00	6000
Type Kurva	<i>Instant</i>	<i>Instant</i>
T Set	0	0

(Tabel 3.4 Data *setting* proteksi penyulang)

(Sumber : PT PLN Gardu Induk Sungguminasa)

➤ Data impedansi konduktor jaringan 20 kV

Data ini terdiri dari nilai Tahanan (R) dan reaktansi (XL) per kilometer sirukuit (KMS) pada konduktor tipe AAAC yang didapatkan dari SPLN 64:1985. Pada jaringan pajalau menggunakan tipe konduktor AAAC dengan luas penampang 240 mm²

Tebal 3.5 Tabel tahanan, reaktansi, dan impedansi pada penghantar tipe AAAC

Luas Penampang (mm ²)	Jari – Jari (mm)	Urut	GMR (mm)	Impedansi urutan positif (Ohm / KM)	Impedansi urutan Nol (Ohm / KM)
16	22,563	7	16,380	2,0161 + j 0,4036	2,1641 + j 1,6911

25	28,203	7	20,475	1,2903 + j 0,3895	1,4384 + j 1,6770
35	33,371	7	24,227	0,9217 + j 0,3790	1,0697 + j 1,6665
50	39,886	7	28,957	0,6452 + j 0,3678	0,7932 + j 1,6553
70	47,193	7	34,262	0,4608 + j 0,3572	0,6088 + j 1,6447
95	54,979	19	41,674	0,3096 + j 0,3449	0,4876 + j 1,6324
120	61,791	19	46,837	0,2688 + j 0,3376	0,4168 + j 1,6324
150	69,084	19	52,365	0,2162 + j 0,3305	0,3631 + j 1,6180
185	76,722	19	58,155	0,1744 + j 0,3239	0,3224 + j 1,6114
240	87,386	19	66,238	0,1344 + j 0,3158	0,2824 + j 1,6034

(Sumber : PT PLN (Persero) ULP Kalebajeng)

D. Alat dan Bahan

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut :

1. 1 Unit personal computer / laptop
2. Perangkat lunak *Etap* 19.0.1 sebagai alat bantu simulasi

3. Pengambilan data
4. *Microsoft Word 2016* sebagai alat penulisan
5. *Microsoft Power Point 2016* sebagai alat presntasi

E. Metode Penelitian Data

1. Survei ke lokasi

Melakukan kunjungan pada PT. PLN (Persero) ULP Kalebajeng, untuk mengetahui kondisi dan mendapatkan data – data yang diperlukan sebagai informasi penyusunan penelitian.

2. Studi literatur

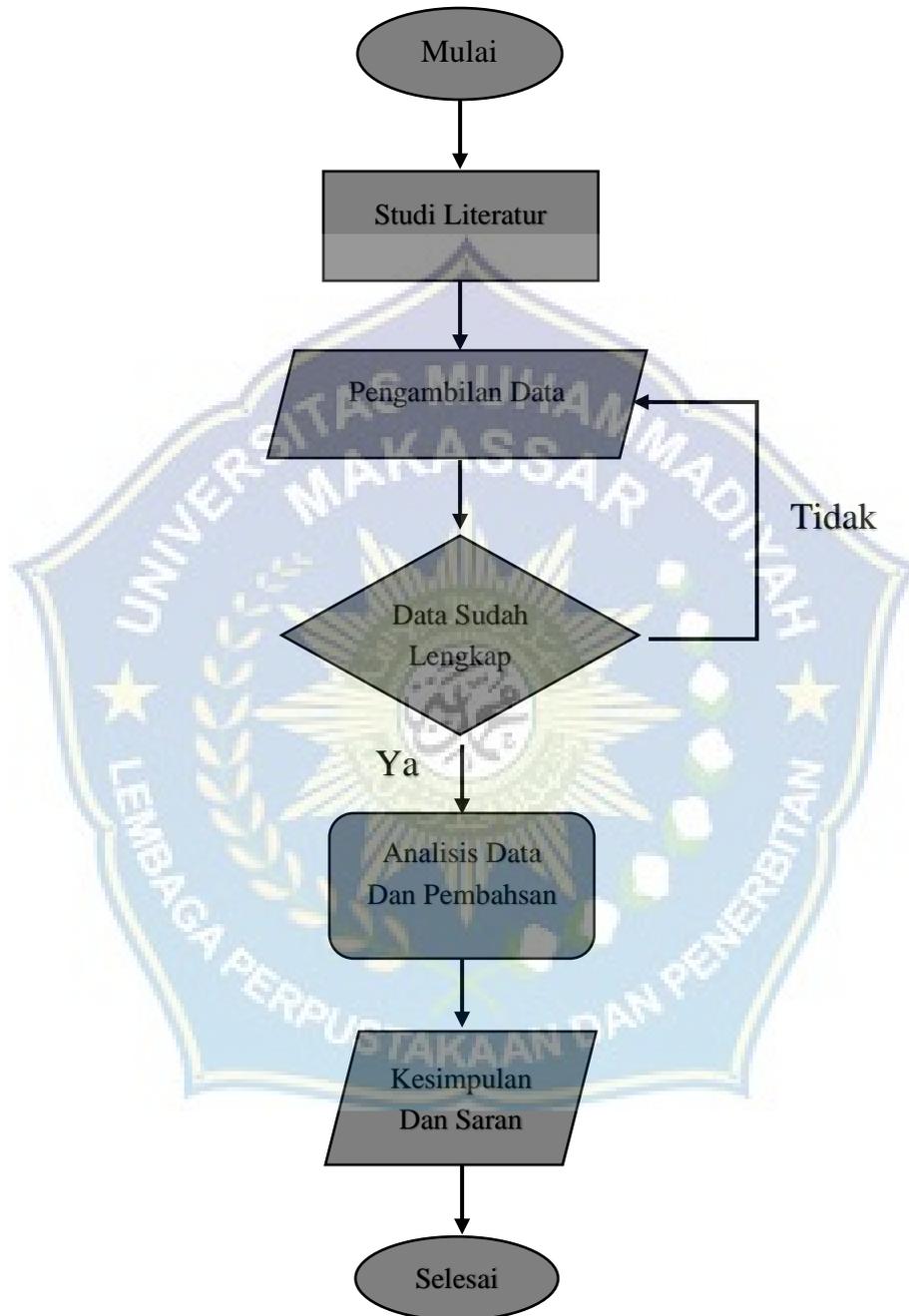
Studi literatur yang dimaksudkan untuk mempelajari berbagai sumber referensi yang berkaitan dengan penelitian *recloser* 20 kV.

3. Pengolahan data

Pengeloahan data ini bertujuan sebagai langkah akhir dalam penyusunan penelitian ini.

F. Teknik Analisa Data

Berikut diagram alur penelitian ini sebagai berikut :



Gambar 3.1 *Flowchart*

BAB IV

ANALISA DAN HASIL

Pada bab ini akan dibahas mengenai tahapan analisa penentuan *setting* proteksi yang akan diterapkan pada *recloser* sehingga mampu berkoordinasi dengan penyulang pajalau. Selanjutnya hasil analisa tersebut akan diuji pada aplikasi ETAP untuk mengetahui apakah koordinasi proteksi yang diinginkan sudah berjalan dengan baik. Sebagai langkah terakhir adalah melakukan perubahan pola operasi jaringan pasca pemasangan *recloser* sebagai upaya untuk mempercepat isolasi zona terganggu dan mempercepat proses *recovery* jaringan yang padam.

A. Perhitungan Impedansi Ekuivalen

Dalam menentukan *setting* proteksi pada *recloser* hal pertama yang dilakukan adalah dengan mengetahui impedansi saat terjadinya gangguan hubung singkat dengan menggunakan rumus yang ada

$$Z_{1\text{ eki}} = Z_{2\text{ eki}} = Z_{S1} + Z_{T1} + Z_{1\text{ penyulang}}$$

B. Perhitungan Impedansi Sumber

Hal Pertama untuk menghitung impedansi sumber, data yang digunakan yaitu data *short cricuit* sumber pada bus 150 kV GI Sungguminasa. Akan tetapi data tersebut tidak dapat langsung diterapkan, sebab data tersebut merupakan nilai impedansi pada sisi 150 kV. Sehingga perlu dikonversikan menjadi 20 kV dengan menggunakan rumus.

Short Circuit Sumber : 17.53 kA

Tegangan Primer : 150 kV

Tegangan Sekunder : 20 kV

$$X_s = \frac{kV^2}{kV \cdot kA \cdot \sqrt{3}}$$

$$X_s = \frac{20^2}{150 \times 17,53 \cdot \sqrt{3}} = j0,08782$$

C. Perhitungan Impedansi Trafo

Daya Trafo : 60 MVA

Impedansi Trafo : 12,35%

Tegangan Sekunder : 20 kV

Tipe Trafo : YNyn

$$X_{T0} = \% \frac{kV^2}{MVA}$$

$$X_{T0} = 0,1235 \frac{20^2}{60} = j0,823$$

X_{T0} sama dengan $X_{T1} = j0,823 \Omega$

D. Perhitungan Impedansi Penyulang

Pada penyulang pajalau tipe konduktor yang digunakan adalah tipe AAAC dengan luas penampang 240 mm^2 sehingga didapatkan :

Impedansi penyulang positif / negatif : $0,1344 + j 0,3158$

Impedansi penyulang nol : $0,1344 + j 0,3158$

Apabila ingin mengetahui impedansi penyulang secara keseluruhan maka :

$$Z = (R + jX)\text{Ohm.Km}$$

a. Impedansi penyulang bus 4

Jarak bus 4 dengan GI adalah 14,62 kms Sehingga nilai impedansi penyulang adalah :

Impedansi penyulang positif / negatif

$$Z = (0.1344 + j0.3158) \cdot 14.62 = 1,964 + j4,616 \text{ Ohm}$$

Impedansi penyulang nol

$$Z = (0.1344 + j0.3158) \cdot 14.62 = 1,964 + j4,616 \text{ Ohm}$$

b. Impedansi penyulang bus 5

Jarak bus 5 dengan GI adalah 19,4 kms Sehingga nilai impedansi penyulang adalah

Impedansi penyulang positif / negatif

$$Z = (0.1344 + j0.3158) \cdot 19,4 = 2,607 + j6,126 \text{ Ohm/Km}$$

Impedansi penyulang nol

$$Z = (0.1344 + j0.3158) \cdot 19,4 = 2,607 + j6,126 \text{ Ohm}$$

c. Impedansi penyulang di ujung jaringan

Jarak ujung jaringan dengan GI adalah 56,592 Kms Sehingga nilai impedansi penyulang adalah

$$Z = (0.1344 + j0.3158) \cdot 56,592 = 7,605 + j17,871 \text{ Ohm}$$

Impedansi penyulang nol

$$Z = (0.1344 + J0.3158) \cdot 56,592 = 7,605 + J17,871 \text{ Ohm}$$

E. Perhitungan Arus Hubung Singkat

Dalam perhitungan setting proteksi adalah menentukan arus hubung singkat yang terjadi. Pada penelitian ini perhitungan arus hubung singkat yang digunakan adalah arus hubung singkat 3 fasa dan 1 fasa.

a. Perhitungan arus hubung singkat 3 fasa

$$I_{3fasa} = \frac{V_a}{Z_1 + Z_f}$$

Pada penelitian ini impedansi gangguan dianggap tidak ada. Hal ini dikarenakan tidak diketahui penyebab gangguan yang terjadi di jaringan GI Sungguminasa.

1. Arus hubung singkat 3 fasa di bus 4

$$I_{3fasa} = \frac{11547}{\sqrt{(0 + 0 + 1,964)^2 + (J0,08782 + J0,823 + J4,616)^2}} = 1908 \text{ A}$$

2. Arus hubung singkat 3 fasa di bus 5

$$I_{3fasa} = \frac{11547}{\sqrt{(0 + 0 + 2,607)^2 + (J0,08782 + J0,823 + J6,126)^2}} = 1418 \text{ A}$$

3. Arus hubung singkat 3 fasa di ujung jaringan 20 kV

$$= \frac{11547}{\sqrt{(0 + 0 + 7,605)^2 + (J0,08782 + J0,823 + J17,871)^2}} = 569 \text{ A}$$

b. Perhitungan arus hubung singkat 1 fasa

$$I_{1fasa-netral} = \frac{E_{fasa} \times 3}{Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3Z_n + 3Z_f}$$

Pada penelitian ini pentanahan pada trafo GI Sungguminasa adalah 0,9 Ohm. . Sedangkan nilai Z_f adalah nilai impedansi gangguan yang belum di

ketahui. Namun pada saat menghitung arus hubung singkat 1 fasa di ujung jaringan, nilai Z_f adalah 52 Ohm

1. Arus hubung singkat 1 fasa pada bus 4

$$I_{1fasa-netral} = \frac{11547 \times 3}{\sqrt{(0 + 0 + (2 \times 1,964) + 1,964 + (3 \times 0,9))^2 + ((2 \times j0,08782) + (3 \times j0,823) + (2 \times j4,616) + j4,616)^2}} = 1097 \text{ A}$$

2. Arus hubung singkat 1 fasa di bus 5

$$I_{1fasa-netral} = \frac{11547 \times 3}{\sqrt{(0 + 0 + (2 \times 2,607) + 2,607 + (3 \times 0,9))^2 + ((2 \times j0,08782) + (3 \times j0,823) + (2 \times j6,126) + j6,126)^2}} = 719 \text{ A}$$

3. Arus hubung singkat 1 fasa diujung jaringan dengan R fault 52 Ohm

$$I_{1fasa-netral} = \frac{11547 \times 3}{\sqrt{(0 + 0 + (2 \times 7,605) + 7,605 + (3 \times 0,9) + (3 \times 52))^2 + ((2 \times j0,08782) + (3 \times j0,823) + (2 \times j17,871) + 17,871)^2}} = 184,07 \text{ A}$$

Tabel. 4.1 Hasil perhitungan arus hubung singkat 3 fasa dan 1 fasa

Nama Section	Arus Gangguan	Arus Gangguan
	Hubung Singkat 3 Fasa	Hubung Singkat 1 Fasa
	(A)	(A)
Section Bus 4	1908	1097
Section Bus 5	1418	719
Section Ujung Jaringan	569	184

F. Perhitungan Setting *Proteksi Recloser*

Setelah mengetahui hasil perhitungan arus hubung singkat yang terjadi di jaringan langkah selanjutnya yaitu menentukan setting proteksi yang akan

diterapkan di *recloser*. Untuk setting proteksi yang dihitung dapat berkoordinasi dengan penyulang, oleh sebab itu *setting* menerapkan pola *cascade* proteksi. Pola ini bekerja dengan prinsip “semakin jauh peralatan proteksi dari gardu induk maka semakin cepat pula waktu kerja relay tersebut”.

Berdasarkan perhitungan arus hubung singkat dan setting proteksi penyulang, bus *recloser* masuk dalam zona high set 1 dan invers penyulang Pajalau. Oleh sebab itu waktu kerja *recloser* harus lebih cepat dari waktu kerja high set 1 dan invers penyulang. Langkah pertama dalam menghitung setting yaitu menghitung waktu kerja penyulang di bus *recloser* sehingga nantinya dapat menghitung T set dan TMS *recloser*. Langkah selanjutnya yaitu menghitung setting OCR dan GFR, invers instant pada *recloser*.

a. Perhitungan waktu kerja penyulang di bus *recloser*

1. Waktu kerja penyulang pajalau di zona High Set 1

Berdasarkan tabel 3.4 *setting* dan waktu kerja penyulang Pajalau yaitu :

- OCR Instant High Set 1 diatur menjadi 28,33 dengan penundaan waktu selama 0,3 detik.
- GFR Instant High Set 1 diatur menjadi 10,00 dengan penundaan waktu selama 0,3 detik.

2. Waktu kerja penyulang pajalau di zona Invers

- Dalam menentukan waktu kerja OCR (*Overcurrent Relay*) untuk penyulang pajalau di zona invers, digunakan dengan *setting* sesuai dengan tabel 3.4 dan menggunakan arus hubung singkat 3 fasa di bus *recloser*.

Berikut ini adalah perhitungannya :

$$t = \frac{TMS \times \beta}{\left[\frac{I_{hs}}{I_{SET}} \right]^{a-1}}$$

$$t = \frac{0,21 \times 0,14}{\left[\frac{1908}{720} \right]^{0,02-1}}$$

$$t = 1,5 \text{ detik}$$

- Dalam menentukan waktu kerja GFR (*Ground Fault Relay*) untuk penyulang pajalau di zona invers, digunakan dengan *setting* sesuai dengan tabel 3.4 dan menggunakan arus hubung singkat 1 fasa di bus *recloser*.

Berikut ini adalah perhitungannya :

$$t = \frac{TMS \times \beta}{\left[\frac{I_{hs}}{I_{SET}} \right]^{a-1}}$$

$$t = \frac{0,11 \times 0,14}{\left[\frac{1097}{60} \right]^{0,02-1}}$$

$$t = 0,26 \text{ detik}$$

b. Perhitungan *setting* OCR, GFR, dan Invers *recloser*

Setelah mengetahui waktu kerja penyulang di bus *recloser*, langkah selanjutnya adalah menentukan *setting* OCR (*Overcurrent Relay*), GFR (*Ground Fault Relay*), dan invers *recloser*. Pada perhitungan ini, *setting* invers pada *recloser* akan dikoordinasikan dengan kurva invers penyulang. Berikut adalah langkah-langkah perhitungannya :

1. Menentukan *setting* OCR (*Overcurrent Relay*) dan Invers

Menentukan *setting* OCR yang terdapat pada *recloser* yaitu 1,2 x beban tertinggi pada *section* :

$$\begin{aligned} \text{Setting OCR (Overcurrent Relay)} &= 1,2 \times \text{beban} \\ &= 1,2 \times 99 = 118,8 \text{ A} \end{aligned}$$

Setelah mengetahui *setting* OCR (*Overcurrent Relay*), langkah selanjutnya adalah menentukan *setting* invers. Untuk memastikan kurva invers *recloser* dapat berkoordinasi dengan kurva invers penyulang, t-set pada *recloser* diatur lebih cepat daripada waktu kerja penyulang. Hal ini dilakukan dengan mengurangi waktu kerja penyulang di bus *recloser* sebesar 0,3 detik. Sehingga, perubahan tersebut akan menghasilkan :

$$T \text{ set } \textit{recloser} = 1,5 - 0,3 = 1,2 \text{ detik}$$

Selanjutnya, hasil tersebut dimasukkan ke dalam perhitungan untuk mengurangi potensi kegagalan koordinasi, tipe kurva yang digunakan di *recloser* disamakan dengan penyulang pajalau, yaitu tipe kurva Standard Inverse.

$$\text{TMS} = \frac{t \times \left[\left[\frac{I_{hs}}{I_{SET}} \right]^{a-1} \right]}{\beta}$$

$$\text{TMS} = \frac{1,2 \times \left[\left[\frac{1908}{118} \right]^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$$\text{TMS} = 0,490 \text{ detik}$$

2. Menentukan *setting* GFR (*Ground Fault Relay*) dan Invers

Dalam penentuan GFR (*Ground Fault Relay*) digunakan arus hubung singkat 1 fasa pada ujung jaringan dengan mengasumsikan gangguan pohon dengan resistansi fault 52 Ohm.

Jumlah arus hubung singkat yang ada dikalikan 50 % agar dapat *setting* GFR pada *recloser*.

$$\begin{aligned} \text{Setting GFR} &= I_{\text{Fault}} \times 50 \% \\ &= 184 \times 50 \% \\ &= 92 \text{ A} \end{aligned}$$

Setelah mengetahui *setting* OCR (*Overcurrent Relay*), langkah selanjutnya adalah menentukan *setting* invers. Untuk memastikan kurva invers *recloser* dapat berkoordinasi dengan kurva invers penyulang, t-set pada *recloser* diatur lebih cepat daripada waktu kerja penyulang. Hal ini dilakukan dengan mengurangi waktu kerja penyulang di bus *recloser* sebesar 0,3 detik. Sehingga, perubahan tersebut akan menghasilkan :

$$T_{\text{set recloser}} = 0,215 - 0,3 = 0,85 \text{ detik}$$

Selanjutnya, hasil tersebut dimasukkan ke dalam perhitungan untuk mengurangi potensi kegagalan koordinasi, tipe kurva yang digunakan di *recloser* disamakan dengan penyulang pajalau, yaitu tipe kurva Standard Inverse.

$$TMS = \frac{tx \left[\left[\frac{I_{hs}}{I_{SET}} \right]^{a-1} \right]}{\beta}$$

$$TMS = \frac{0,86 \times \left[\left[\frac{1097}{92} \right]^{0,02-1} \right]}{0,14}$$

TMS = 0,014detik

3. Menentukan *setting* OCR dan GFR Instant Highset

Selain menentukan *setting* OCR, GFR, dan invers, pada recloser juga perlu menentukan *setting* instant. Hal ini penting agar recloser dapat berkoordinasi dengan High Set 1 pada penyulang pajalau. Dalam menentukan *setting* instant recloser agar dapat berkoordinasi dengan High Set 1 penyulang, *setting* instant recloser harus berada di bawah pengaturan High Set 1 penyulang. Selain itu, karena kurva yang digunakan pada pengaturan High Set 1 adalah definite dengan tunda waktu 0,3 detik, maka *setting* instant recloser harus lebih cepat dari tunda waktu tersebut. Berdasarkan hal ini, berikut adalah perhitungan *setting* instant pada recloser.

- OCR *Instant High set* pada *recloser* disetting 1418 A dengan waktu tunda 0,1 detik
- GFR *Instant High set* pada *recloser* disetting 719 A dengan waktu tunda 0,1 detik

Arus yang diatur pada OCR dan GFR *instant high set recloser*, ketika dilihat kembali, sebenarnya merupakan arus hubung singkat 3 fasa dan 1 fasa yang terjadi pada section bus 2. Penggunaan arus ini bertujuan untuk mempercepat penentuan lokasi gangguan. Penentuan ini dilakukan dengan membedakan jumlah *reclose* saat terjadi gangguan. *Setting* OCR dan GFR invers diizinkan untuk *reclose* 1 kali, sedangkan OCR dan GFR *instant high set* tidak diizinkan untuk *reclose*. Penggunaan pengaturan ini diharapkan, saat terjadi gangguan dan recloser langsung *lockout*, dapat diasumsikan bahwa gangguan berada antara recloser dan

LBS Limbung , sehingga beban setelah LBS Limbung dapat dialihkan ke penyulang lain dan pelacakan gangguan dapat difokuskan antara sesudah *recloser* sampai *Sectionalizer* Pelita

Hal ini juga berlaku sebaliknya, jika *recloser* melakukan *reclose* 1 kali kemudian *lockout*, maka dapat diasumsikan bahwa gangguan berada setelah *Sectionalizer* Pelita. Dengan demikian, *Sectionalizer* Pelita dapat dilepas agar *recloser* dapat masuk kembali. Sehingga pelanggan setelah *recloser* dan sebelum *Sectionalizer* Pelita dapat kembali pasokan listrik. Selanjutnya, pelacakan gangguan dapat difokuskan setelah *Sectionalizer* Pelita.

Tabel 4.2 Hasil perhitungan setting proteksi recloser

Parameter Setting	OCR	GFR	Keterangan
I Set	119	92	1 x Reclose
Tipe Kurva	<i>Standar Inverse</i>	<i>Standar Inverse</i>	
TMS	0,490	0,014	
<i>Instant High Set</i>	1418	719	Tanpa Reclose
Tipe Kurva	<i>Instant</i>	<i>Instant</i>	
T Set	0,1	0,1	

(Sumber : Hasil Perhitungan Manual)

c. Visualisasi hasil perhitungan

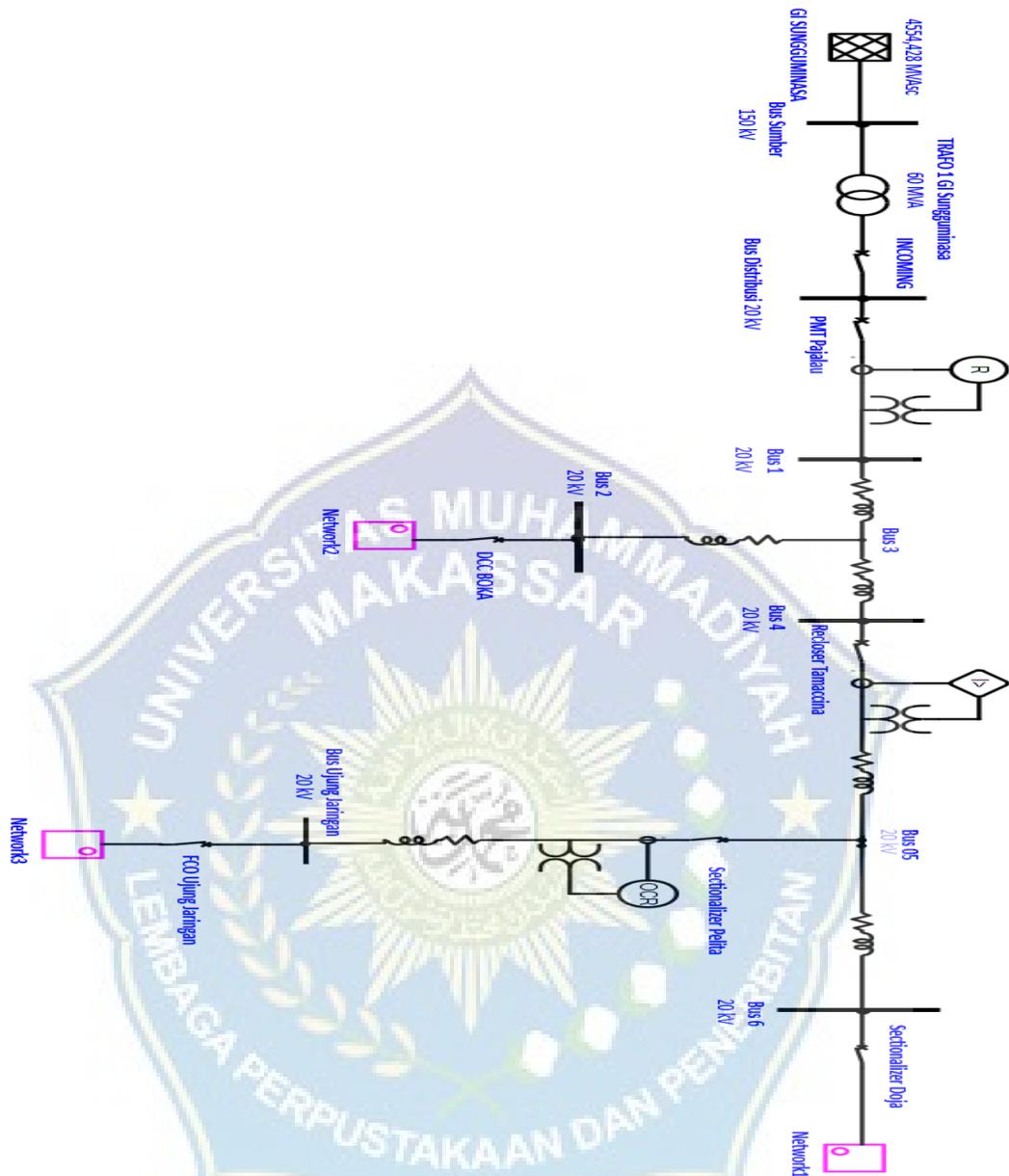
Sesudah melakukan perhitungan *setting* proteksi *recloser*, hasil perhitungan ini dapat divisualisasikan dalam bentuk grafik menggunakan bantuan MS Excel.

Grafik ini menggambarkan perbandingan arus terhadap waktu pada *recloser* dan penyulang pajalau. Agar dapat mengetahui apakah *setting* proteksi *recloser* sudah mampu berkoordinasi dengan penyulang pajalau, kita perlu melihat apakah grafik *setting recloser* berpotongan dengan grafik *setting* penyulang pajalau. Jika terjadi perpotongan, kemungkinan besar koordinasi proteksi gagal dan perlu dilakukan perhitungan ulang begitupun sebaliknya.

G. Pemodelan ETAP

Sesudah menyelesaikan perhitungan *setting* proteksi pada *recloser*, kemudian melakukan pemodelan menggunakan aplikasi ETAP. Pemodelan ini bertujuan untuk menguji kecocokan hasil perhitungan dengan analisa dan perhitungan yang diinginkan. Langkah pertama dalam melakukan pemodelan ini adalah menggambar *single line* diagram penyulang pajalau lengkap dengan *recloser* serta seluruh parameter *setting* proteksi dan data teknis yang ada.

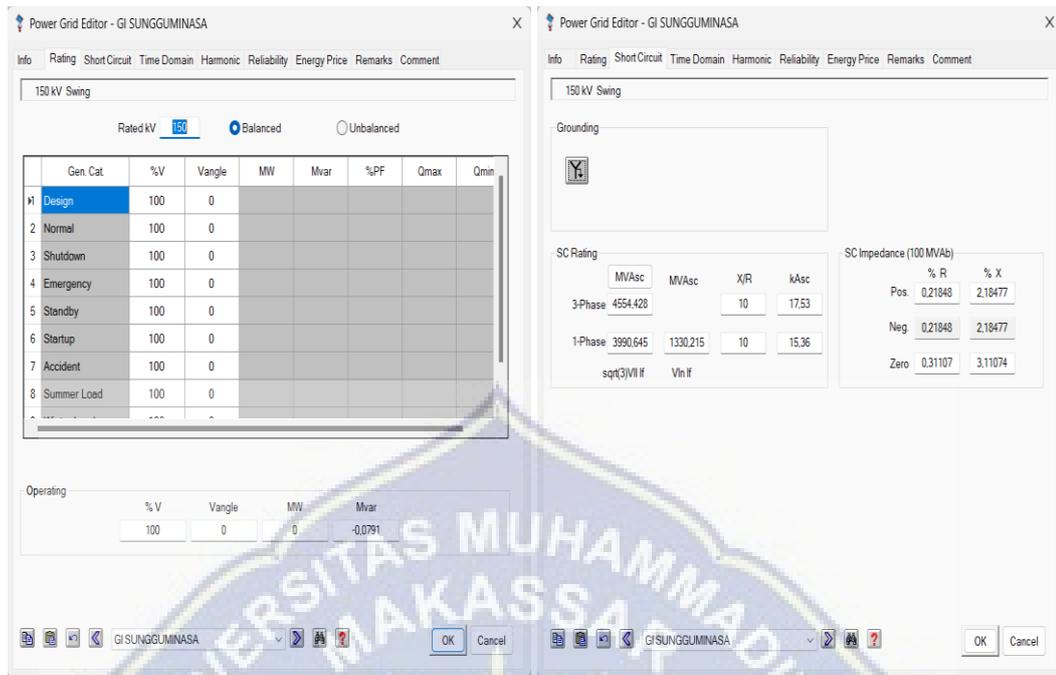
Single line diagram tersebut diharapkan akan memvisualisasikan kondisi sesungguhnya dari jaringan penyulang Pajalau. Dalam hal ini parameter – parameter yang diisikan yaitu penggambaran jaringan berupa *Power grid* yang mewakili kondisi sistem 150 kV, trafo daya, PMT, relai proteksi, CT, konduktor pada jaringan, panjang konduktor, *recloser*.



Gambar 4.1 Visualisasi single line diagram penyulang

a. *Power grid*

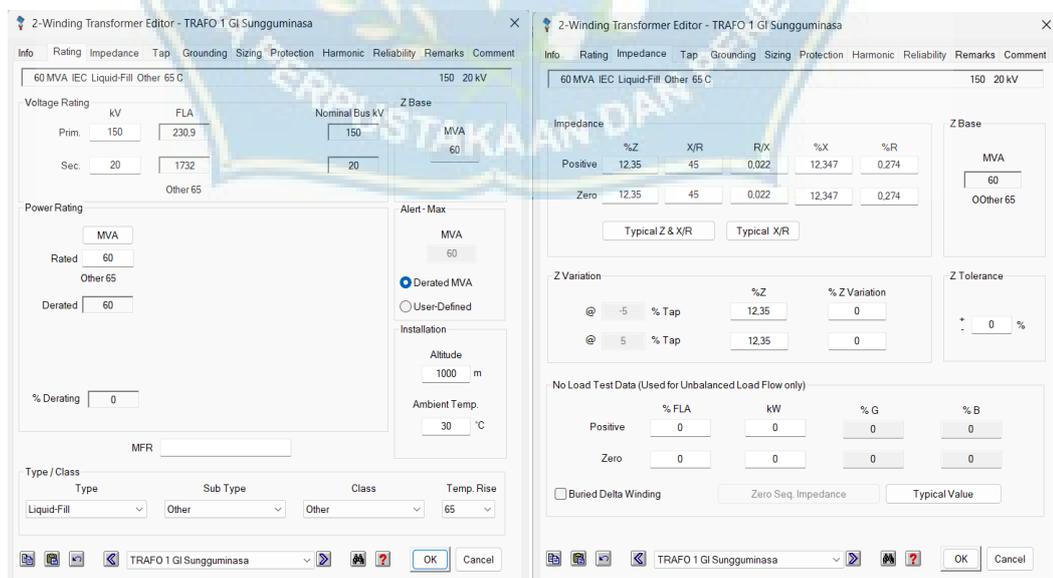
Komponen pertama dalam *single line diagram* penyulang pajalau adalah *power grid*. *Power grid* tersebut menggambarkan sumber pada penyulang pajalau. Pada *power grid* parameter yang dimasukkan adalah tegangn sistem pada tab rating dan nilai *short circuit* 3 fasa dan 1 fasa 150 kV pada *tab short circuit*.



Gambar 4.2 Power grid

b. Trafo

Pada komponen selanjutnya dalam *single line diagram* yaitu trafo daya. Pada komponen tersebut parameter yang diisi ialah daya trafo, tegangan *primer*, tegangan *sekunder*, impedansi trafo dan jenis pentanahan trafo.



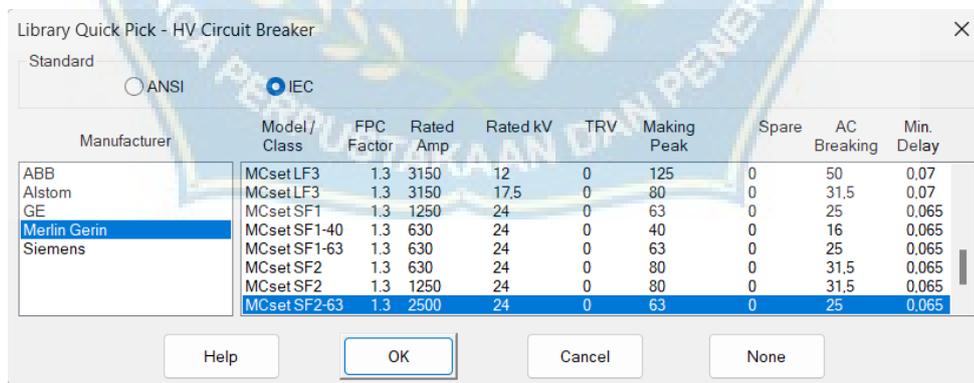
Gambar 4.3 Setting trafo

c. PMT *incoming*

Pada komponen selanjutnya yaitu PMT *incoming*. Pada komponen ini agar memudahkan pemberian spesifikasi PMT maka digunakan *library* yang telah disediakan pada aplikasi ETAP.



Gambar 4.4 Pengisian Rating *Incoming* sesuai *library* yang dipilih



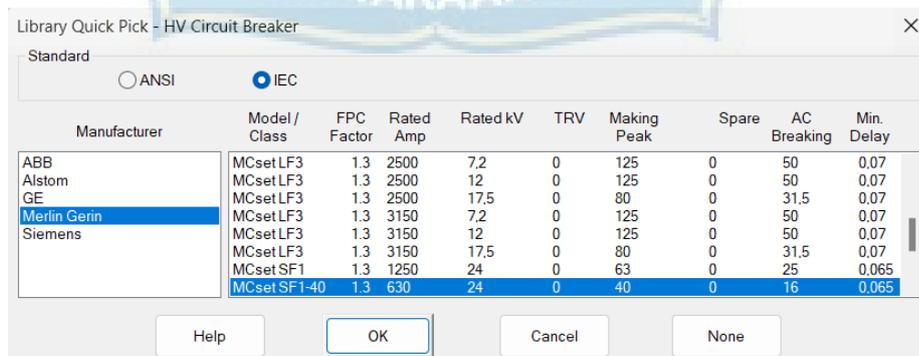
Gambar 4.5 Pemilihan Rating *Circuit Breaker* untuk *Incoming*

d. PMT *outgoing*

Pada komponen selanjutnya yaitu PMT *outgoing* atau penyulang. Sama halnya PMT *incoming*, pengisian spesifikasi PMT penyulang menggunakan *library* yang telah disediakan pada aplikasi ETAP.



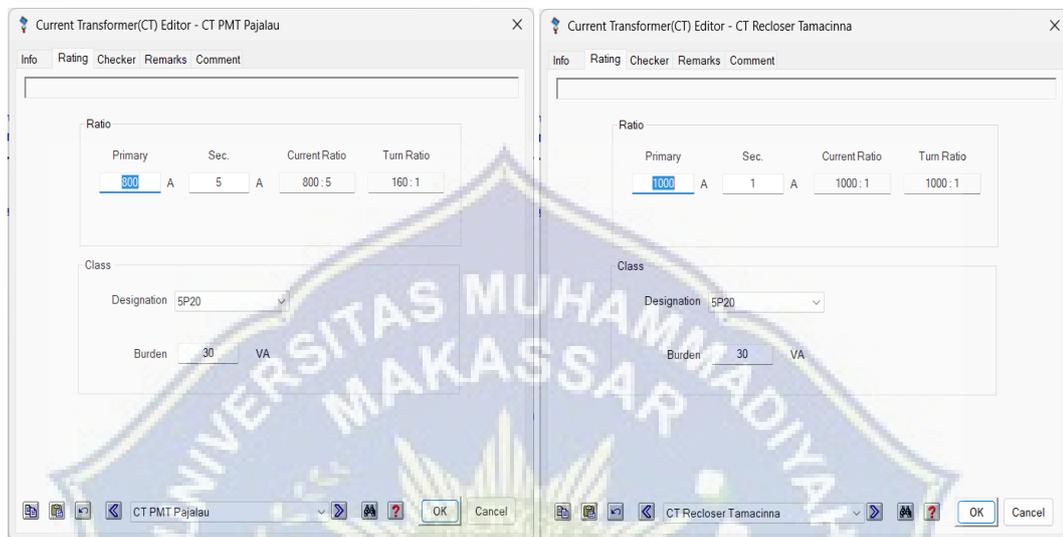
Gambar 4.6 Pengisian Rating PMT Pajalau sesuai *library* yang dipilih



Gambar 4.7 Pemilihan Rating *Circuit Breaker* untuk PMT Pajalau

e. *Current transformer*

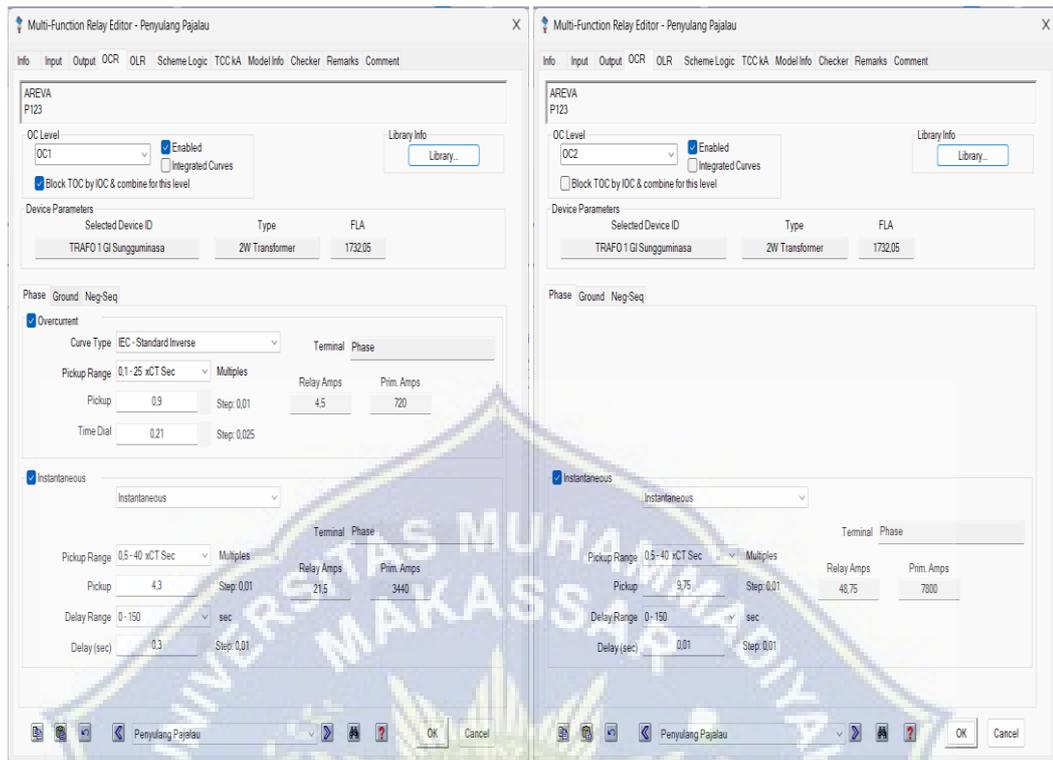
Pada komponen selanjutnya yaitu CT (*Current Transformer*). Komponen ini diisi dengan rasio CT, klasifikasi CT, dan nilai *burden* CT



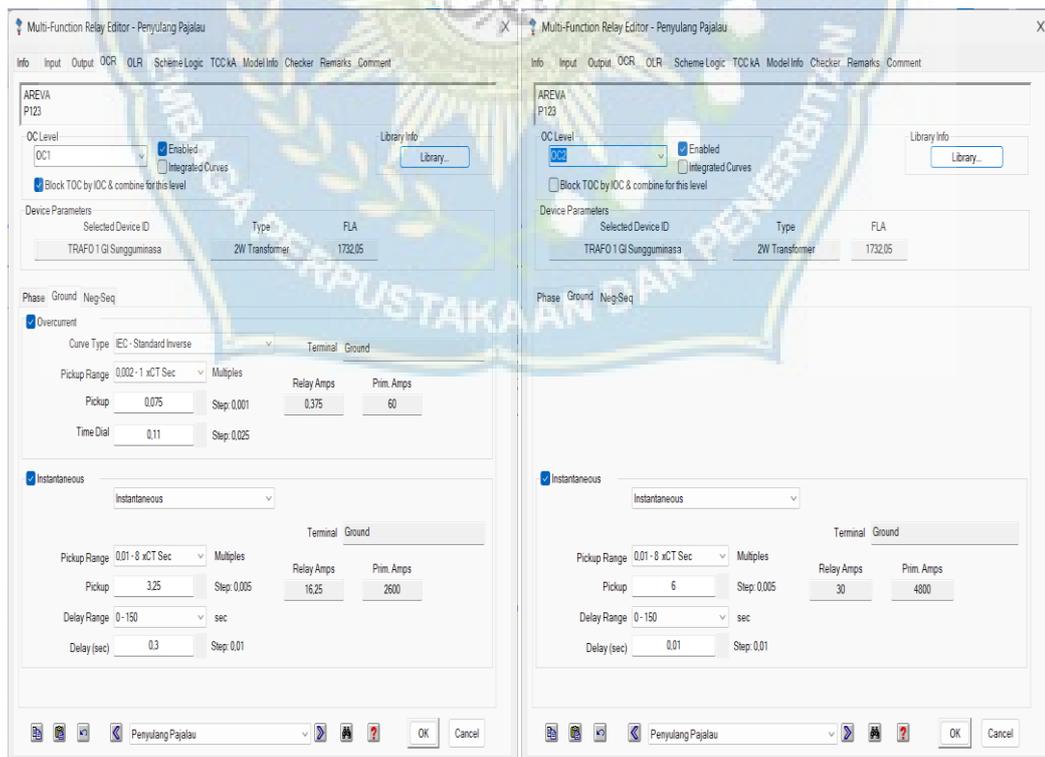
Gambar 4.8 *setting* CT PMT Pajalau dan *recloser*

f. *Relay outgoing* dan *recloser*

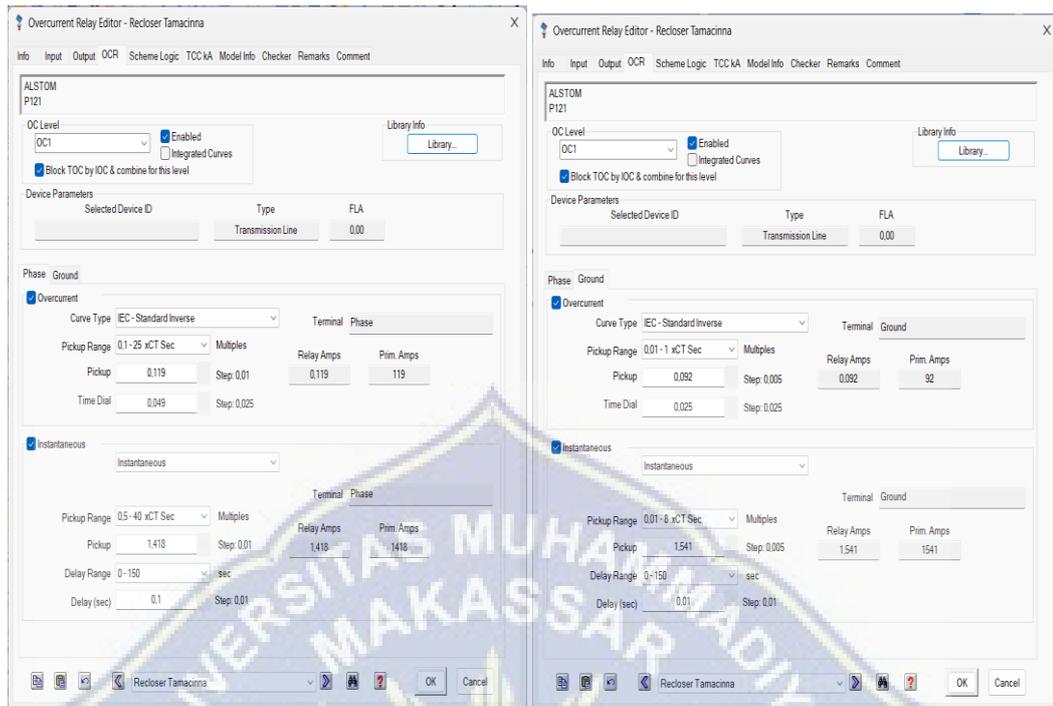
Pada komponen selanjutnya diberi parameter *setting* proteksi yang telah ditentukan. *Setting* relai *outgoing* menggunakan *setting* proteksi sesuai data yang didapatkan, sedangkan pada *recloser* menggunakan *setting* proteksi sesuai hasil perhitungan. Pada *setting* relai proteksi *outgoing* kolom *link TOC + IOC for this level* harus tercentang. Hal tersebut dimaksudkan untuk membuat 3 level proteksi yaitu *Invers*, *High set 1* dan *High set 2*. Kemudian pada *setting output* antara relai penyulang dan *recloser* tidak boleh tertukar.



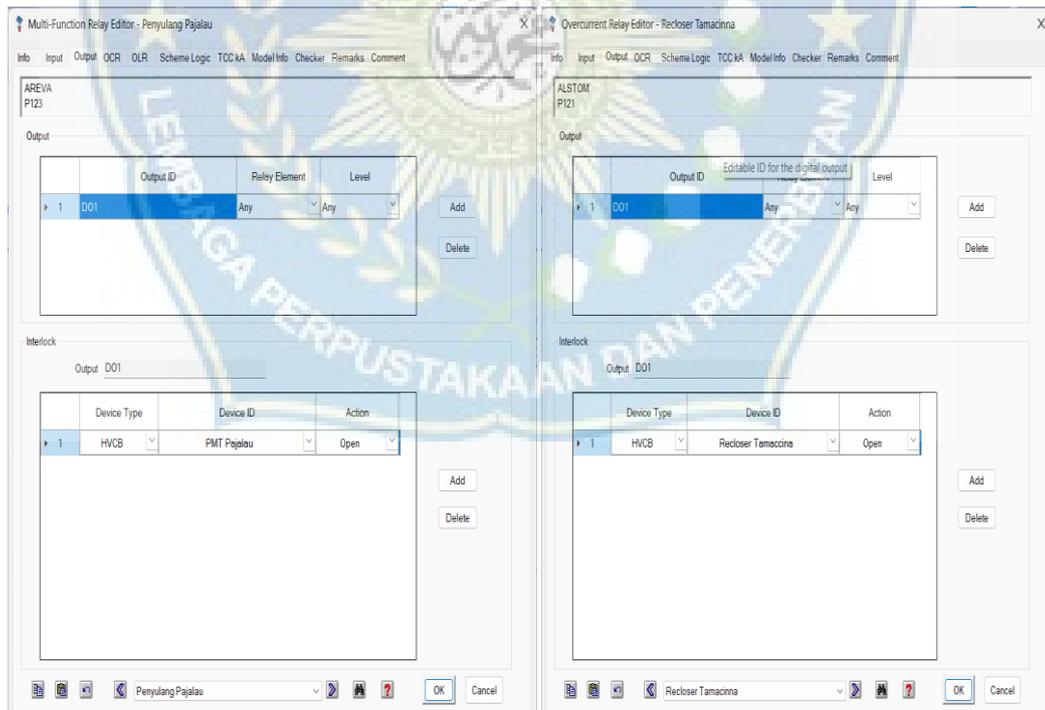
Gambar 4.9 setting OCR, invers, *highset* 1, dan *highset* 2 penyulang Pajalau



Gambar 4.10 setting GFR, invers, *highset* 1 dan *highset* 2 penyulang pajalau



Gambar 4.11 setting OCR, GFR, dan instant highest recloser Tamacinna



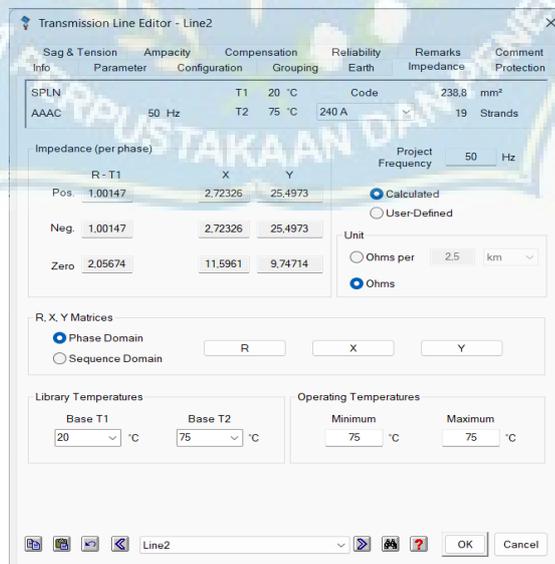
Gambar 4.12 setting output relay proteksi penyulang Pajalau dan recloser Tamacinna

g. Kabel / Line

Pada komponen selanjutnya yaitu kabel / line. Pengisian parameter kabel, ada beberapa parameter yang diperhatikan seperti jenis kabel, luas penampang konduktor untuk *phase conductor* dan *ground wire*, panjang kabel, konfigurasi kabel dan nilai impedansi kabel.



Gambar 4.13 setting spesifikasi kabel dan configuration



Gambar 4.14 setting impedance kabel

H. Analisa *Setting* dengan simulasi ETAP

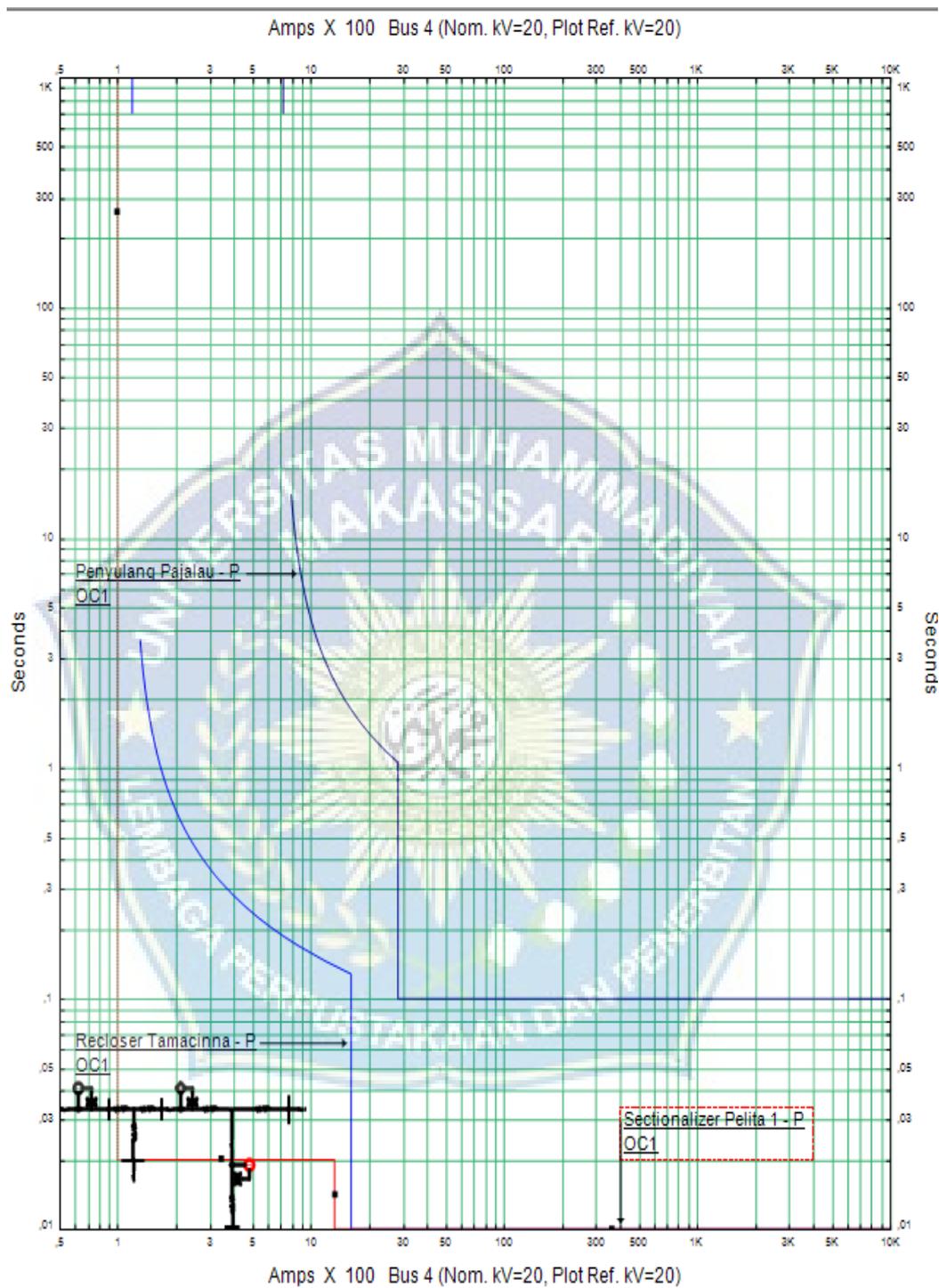
Simulasi terdiri dari simulasi arus hubung singkat 3 fasa dan 1 fasa, simulasi kerja *setting* proteksi recloser dan penyulang pajalau serta simulasi urutan kerja *recloser* dan penyulang pajalau.

Simulasi pertama yaitu simulasi arus hubung singkat yang terjadi di jaringan. Dalam simulasi ini akan menghitung arus hubung singkat yang terjadi di bus 4 dan bus 6 serta hubung singkat di ujung jaringan. Untuk simulasi hubung singkat 1 fasa di ujung jaringan, ditambahkan R_{fault} pohon sebesar 52 Ohm. Hasil ini dibandingkan dengan hasil perhitungan manual

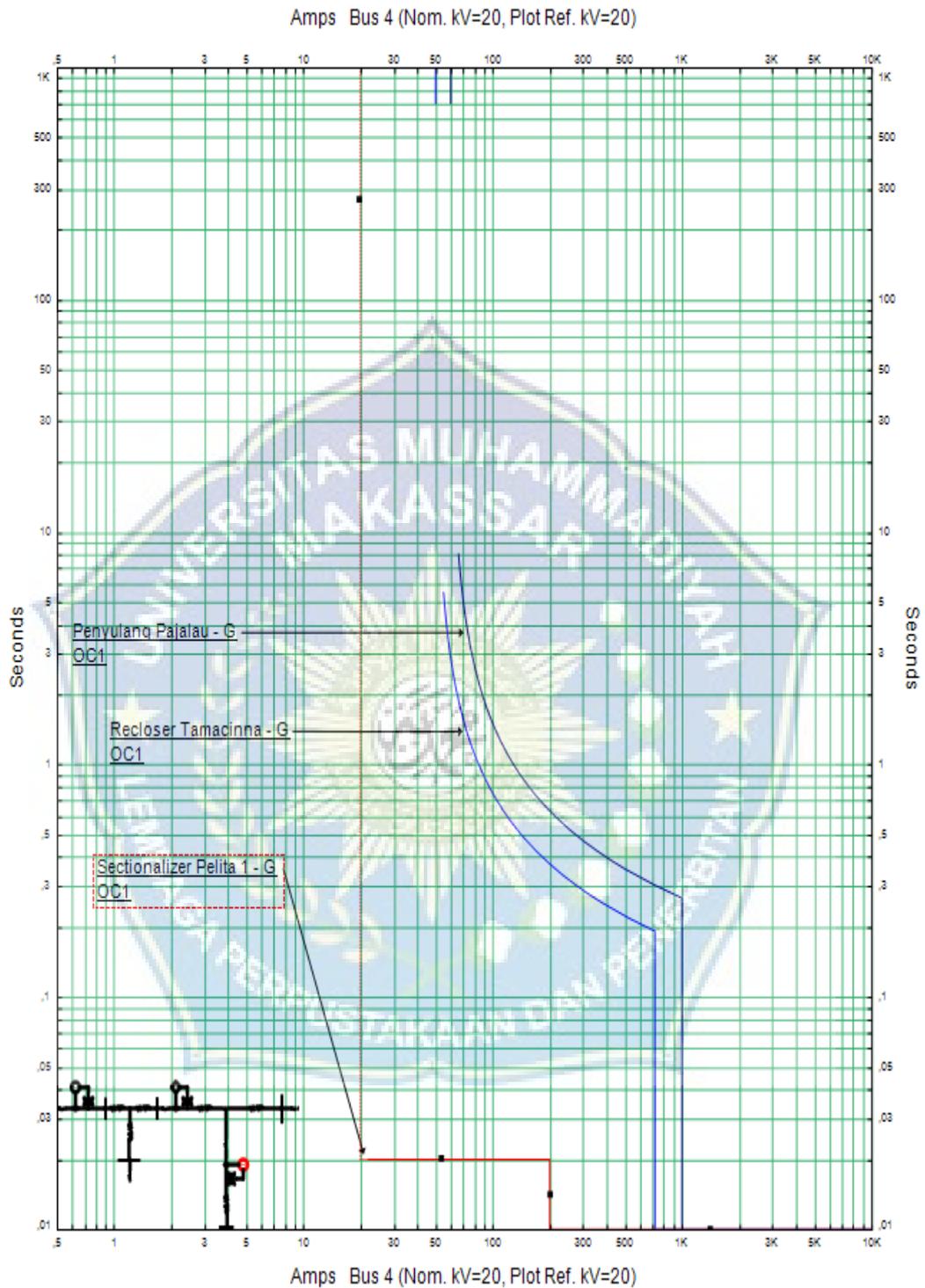
Tabel 4.3 Hasil perhitungan setting proteksi recloser

Nama Section	Simulasi Etap		Hasil Perhitungan Manual		Persentase Error Perhitungan	
	I_{hs} 3 fasa (kA)	I_{hs} 1 fasa (kA)	I_{hs} 3 fasa (kA)	I_{hs} 1 fasa (kA)	I_{hs} 3 fasa (%)	I_{hs} 1 fasa (%)
Section Bus 4	1980	1006	1908	1097	3,64 %	9,05 %
Section Bus 5	1480	777	1418	719	4,19 %	7,46 %
Section Ujung Jaringan	545	276	569	184	4,40 %	33,33 %

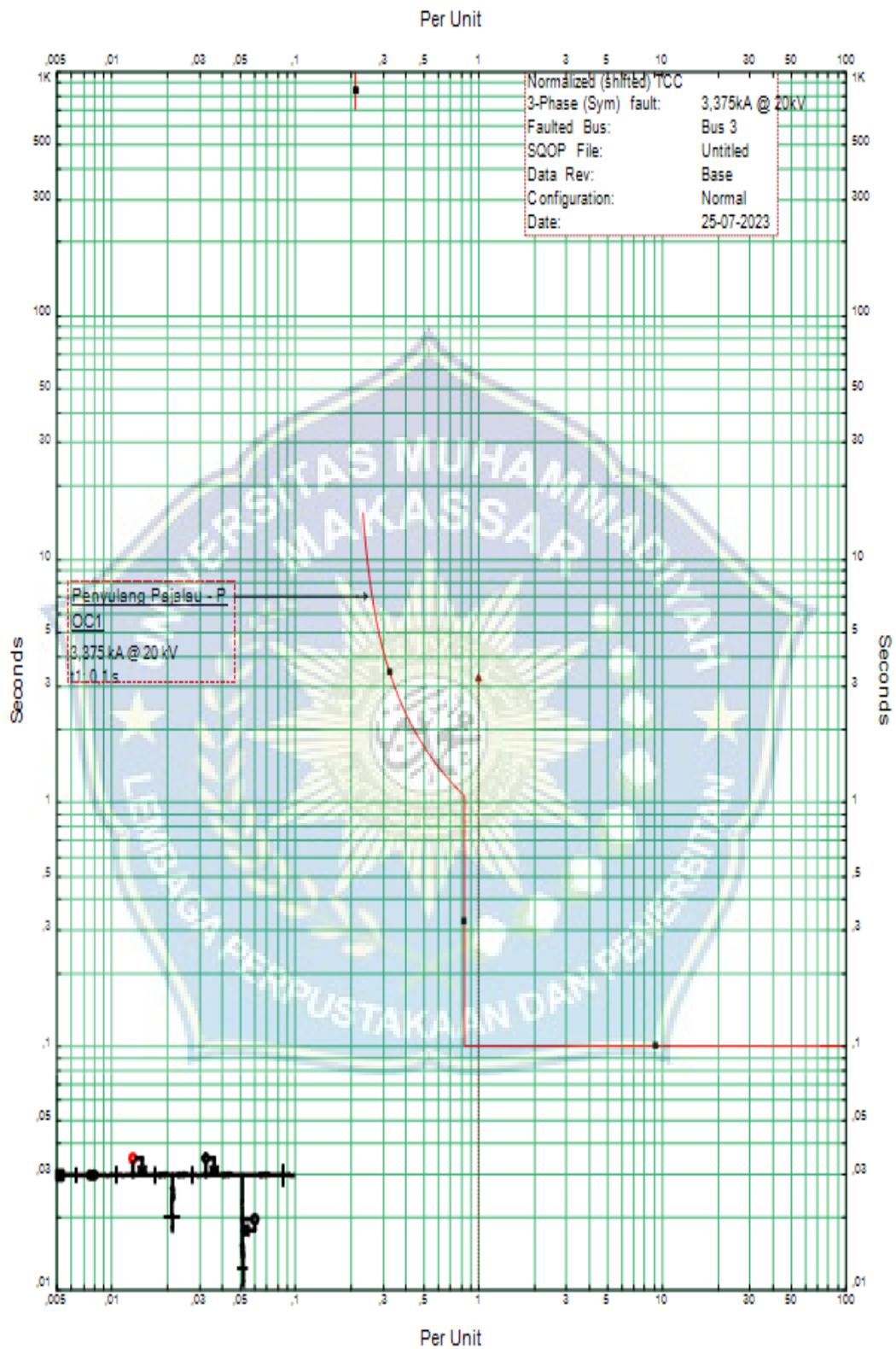
Pada langkah selanjutnya yaitu memvisualisasikan koordinasi proteksi antara recloser dengan penyulang. Langkah ini akan dilihat grafik koordinasi proteksi yang dihasilkan dari perhitungan *setting* proteksi pada recloser dan *setting* proteksi penyulang pajalau.



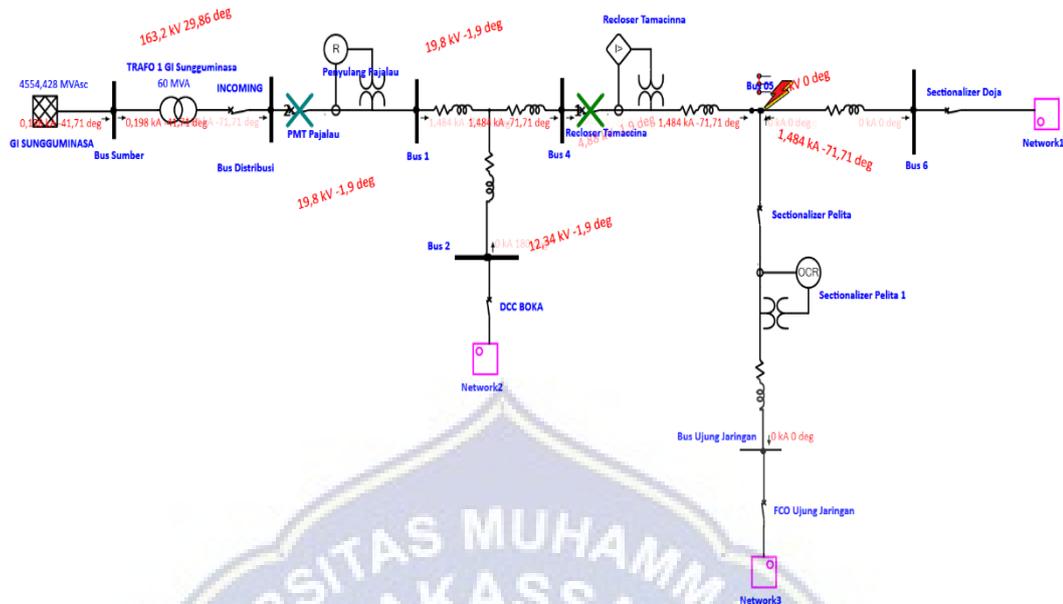
Gambar 4.15 Grafik koordinasi *proteksi* OCR PMT penyulang Pajalau *recloser* Tamacinna dan *sectionalizer* Pelita pada aplikasi ETAP 19.0.1



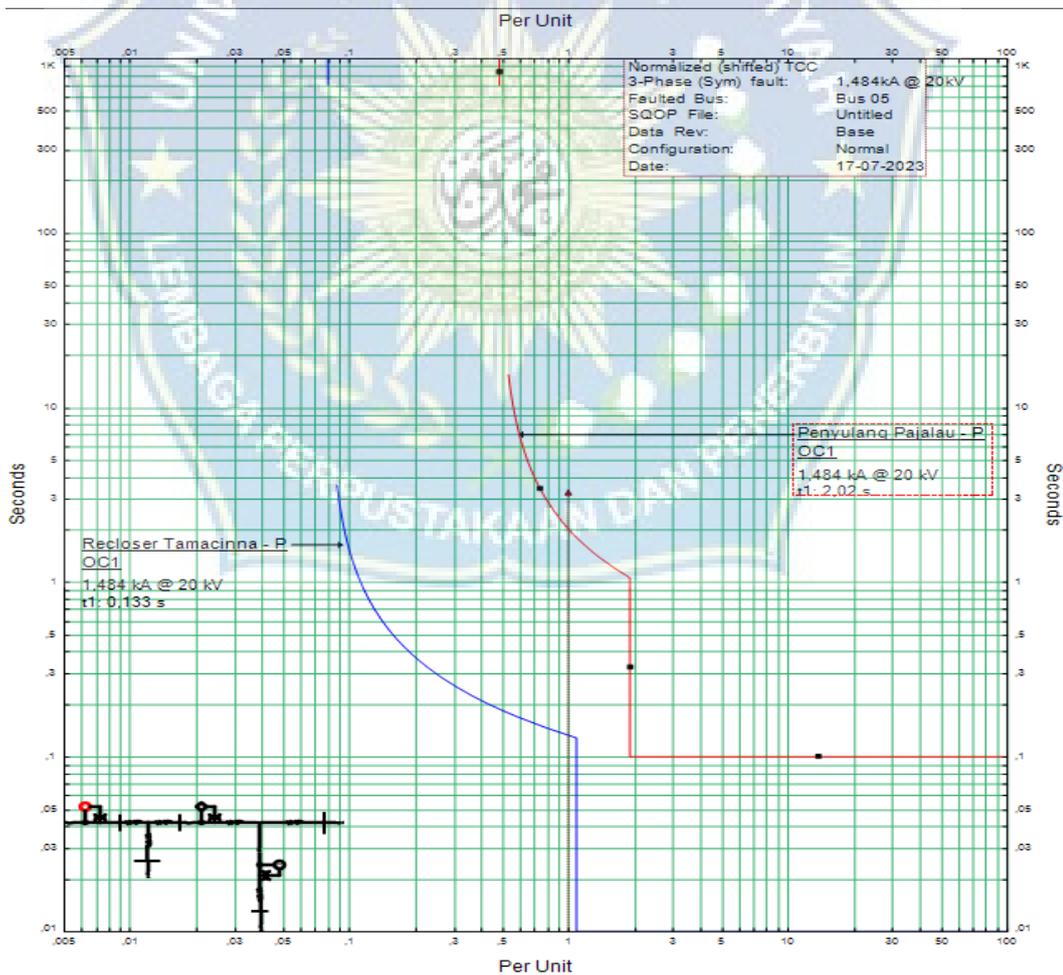
Gambar 4.16 Grafik koordinasi *proteksi* GFR PMT penyulang Pajalau *recloser* Tamacinna dan *sectionalizer* Pelita pada aplikasi ETAP 19.0.1



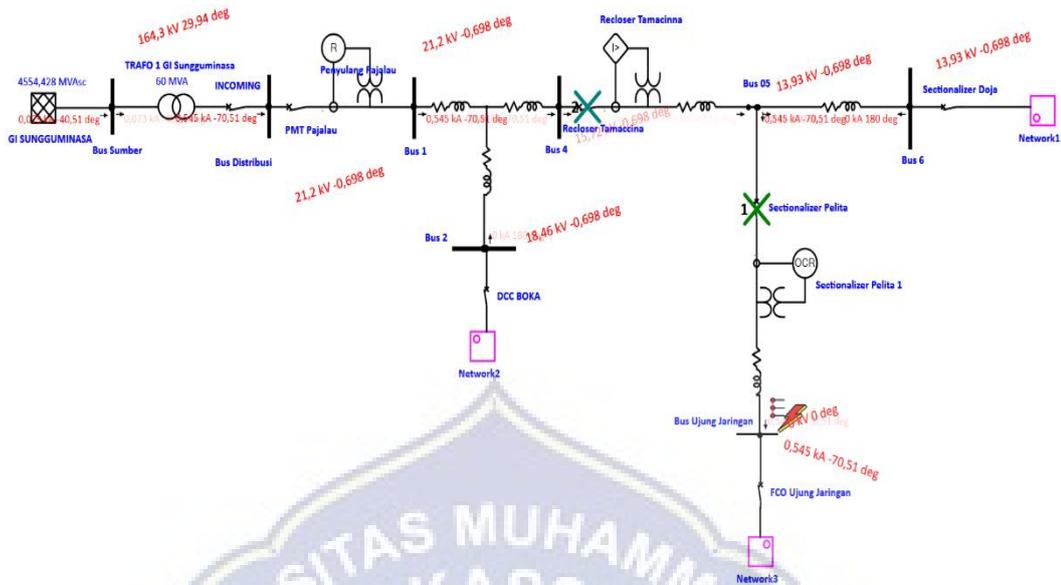
Gambar 4.18 Waktu kerja *relay* dengan gangguan 3 fasa di sebelum *recloser*



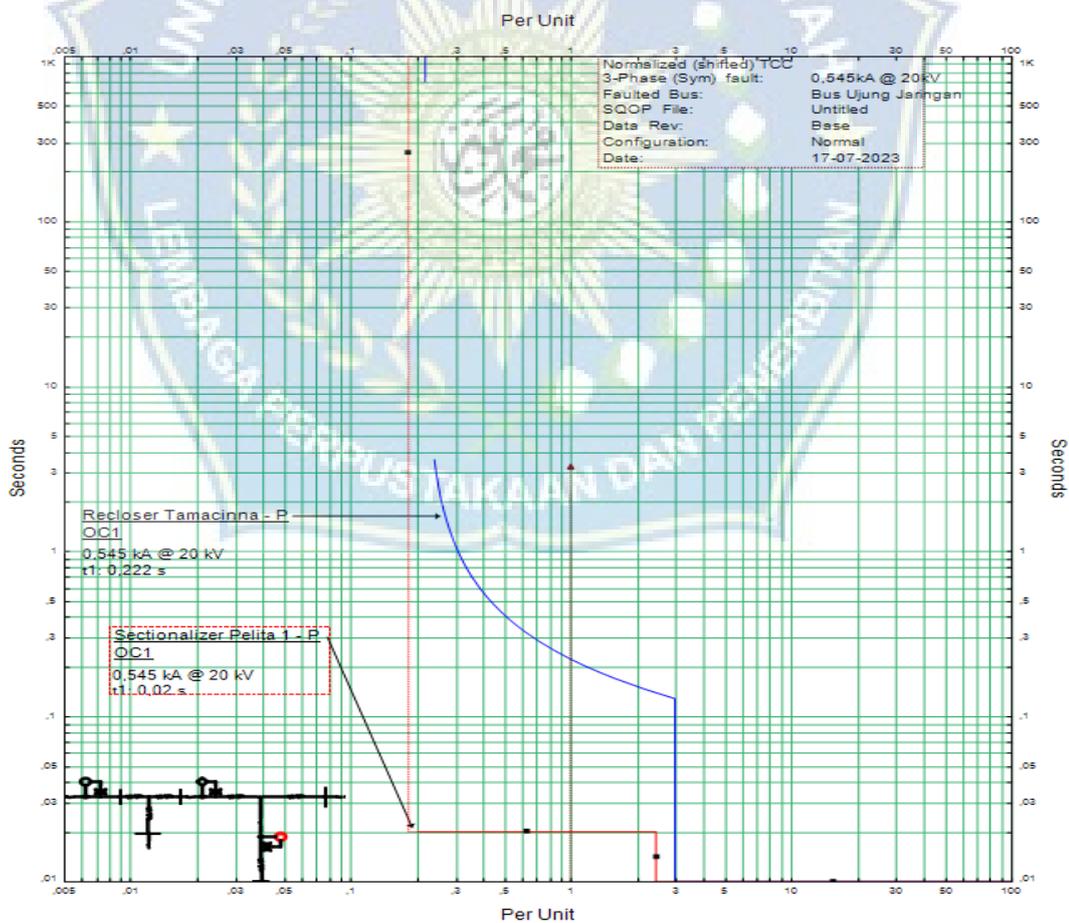
Gambar 4.17 Urutan kerja *relay* proteksi dengan gangguan 3 fasa di bus 05



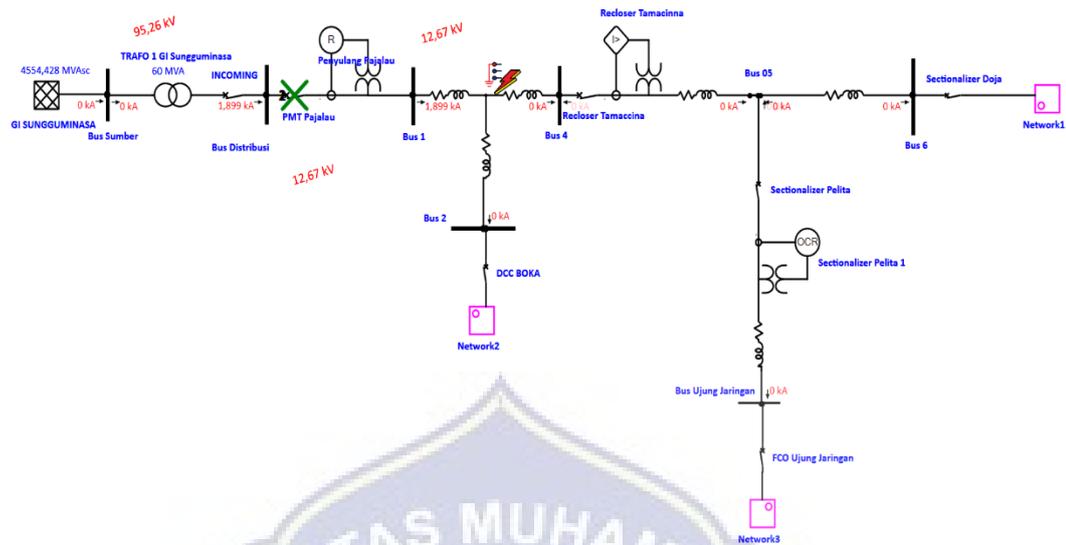
Gambar 4.18 Waktu kerja *relay* dengan gangguan 3 fasa di bus 05



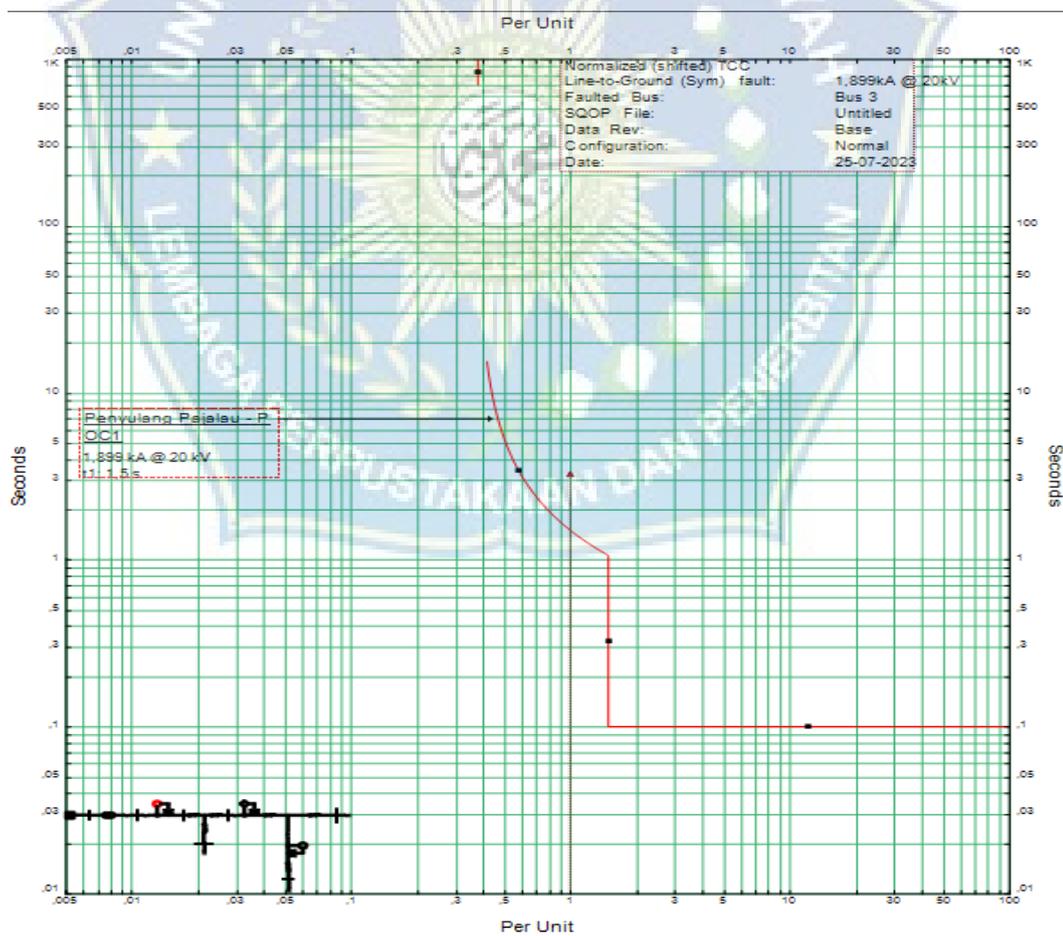
Gambar 4.19 Urutan kerja *relay* proteksi dengan gangguan 3 fasa di bus ujung jaringan



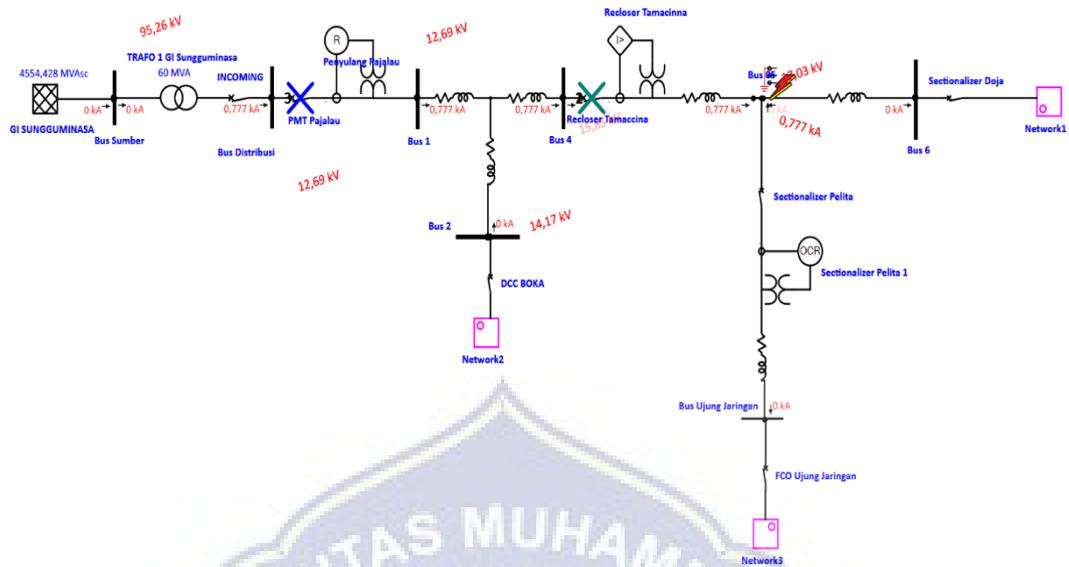
Gambar 4.20 Waktu kerja *relay* dengan gangguan 3 fasa di ujung jaringan



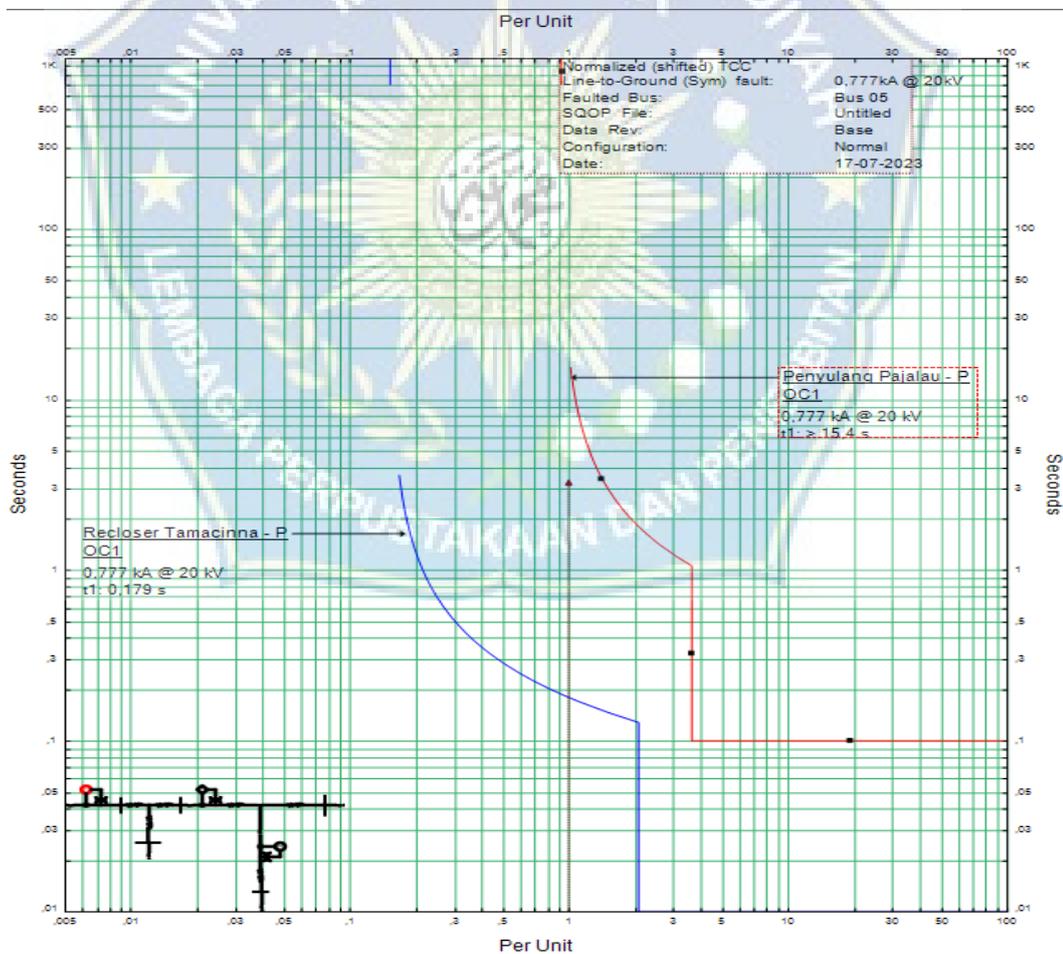
Gambar 4.21 Urutan kerja *relay* proteksi dengan gangguan 1 fasa di sebelum *recloser*



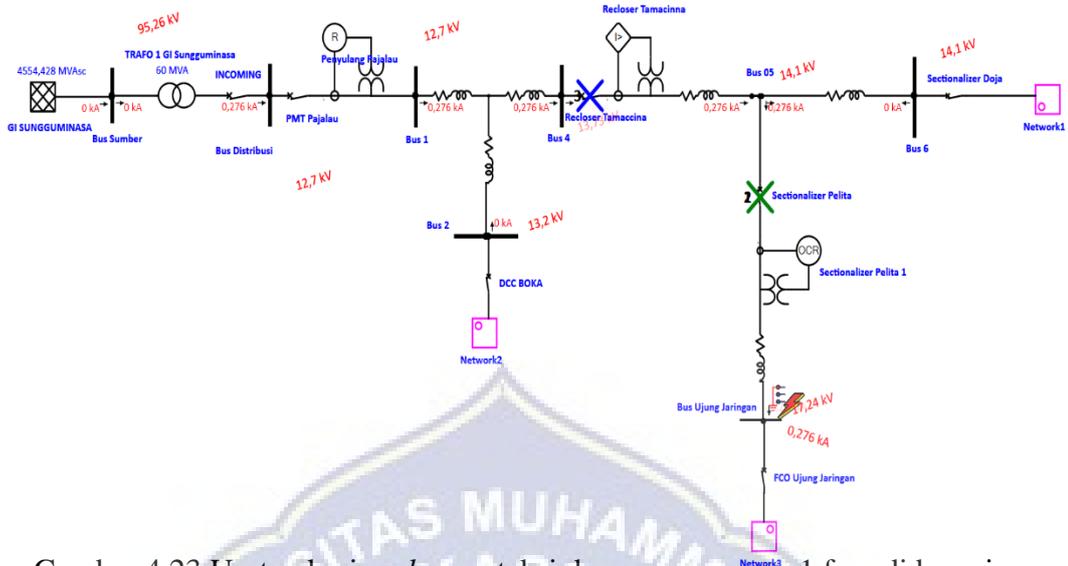
Gambar 4.22 Waktu kerja *relay* dengan gangguan 1 fasa di sebelum *recloser*



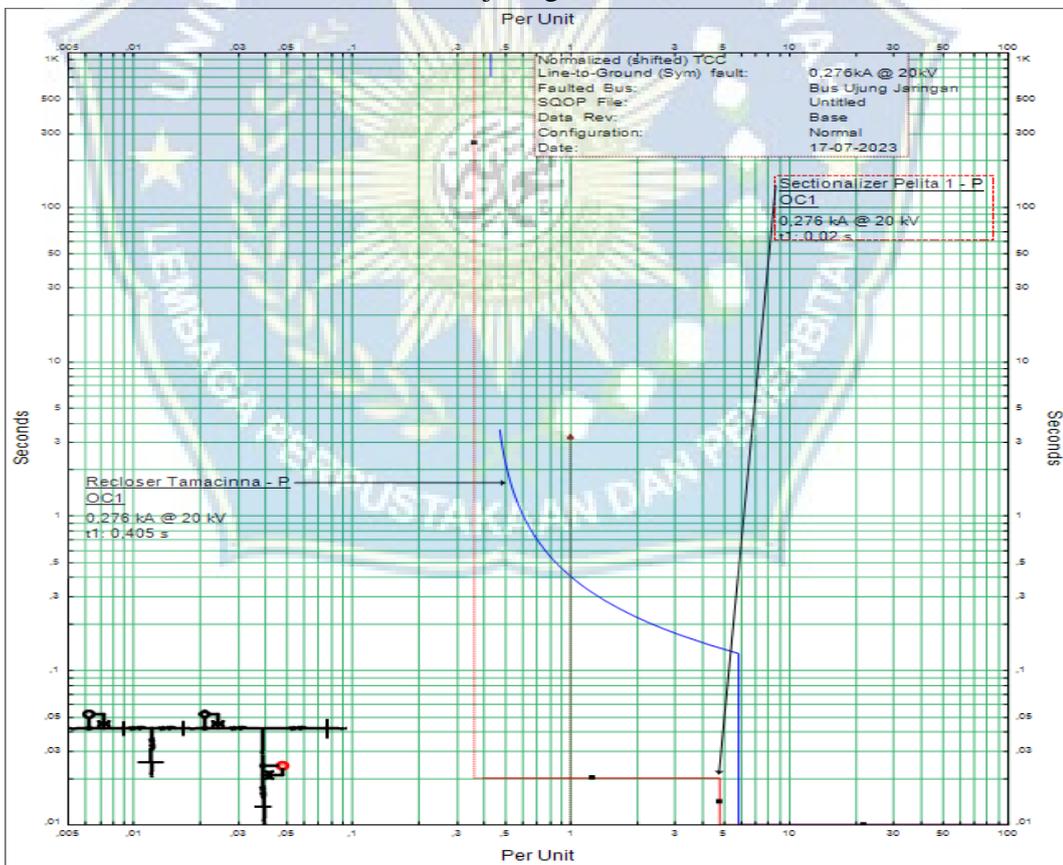
Gambar 4.21 Urutan kerja *relay* proteksi dengan gangguan 1 fasa di bus 05



Gambar 4.22 Waktu kerja *relay* dengan gangguan 1 fasa di bus 05



Gambar 4.23 Urutan kerja *relay* proteksi dengan gangguan 1 fasa di bus ujung jaringan



Gambar 4.24 Waktu kerja *relay* dengan gangguan 1 fasa di bus ujung jaringan

Berdasarkan gambar 4.17 dan 4.18 pada saat terjadi gangguan 3 fasa di bus 5 dan ujung jaringan terlihat bahwa *recloser* trip terlebih dahulu kemudian disusul PMT. Urutan kerja ini menunjukkan bahwa koordinasi proteksi di penyulang Pajalau sudah berjalan dengan baik. Selain itu untuk mendukung kesimpulan tersebut dapat dilihat waktu kerja relay pada gambar 4.19. Pada saat terjadi gangguan di bus 5 dengan arus hubung singkat 1480 A waktu kerja *recloser* adalah 0,1 detik dan waktu kerja penyulang lebih lambat 0,1 detik. Hal ini menunjukkan bahwa *recloser* trip lebih cepat dari penyulang sehingga *setting* proteksi pada *recloser* terbukti mampu berkoordinasi dengan penyulang Pajalau. Koordinasi yang baik terjadi pada saat gangguan di ujung jaringan dengan arus hubung singkat 777 A. Sesuai gambar 4.14, hal tersebut menunjukkan bahwa *sectionalizer* trip lebih cepat dari *recloser* saat terjadi hubung singkat di ujung jaringan.

I. Perubahan pola operasi jaringan

Setelah menghitung *setting* proteksi pada *recloser* dan menguji hasil perhitungan tersebut dengan aplikasi ETAP kemudian selanjutnya yaitu menentukan pola operasi Penyulang Pajalau. Hal ini bertujuan untuk menemukan titik lokasi gangguan sehingga petugas PLN dapat lebih cepat menangani lokasi zona yang terkena gangguan.

A. Keadaan 1 : PMT Pajalau trip dengan indikasi *Instant High Set 2*

1. Petugas melepas *recloser*
2. Petugas memasukan LBS Pelita
3. Beban dari *section* bus 5 di berikan kepada penyulang lain

4. Operator menginformasikan ke petugas dilapangan untuk melakukan pelacakan dari GI hingga *section* bus 4

B. Keadaan 2 : *Recloser (reclose)* kemudian trip

1. Petugas melepas LBS Pelita
2. Petugas memasukan *recloser*
3. Operator menginformasikan ke petugas dilapangan untuk melakukan pelacakan gangguan trip dari ujung jaringan hingga LBS pelita



BAB V

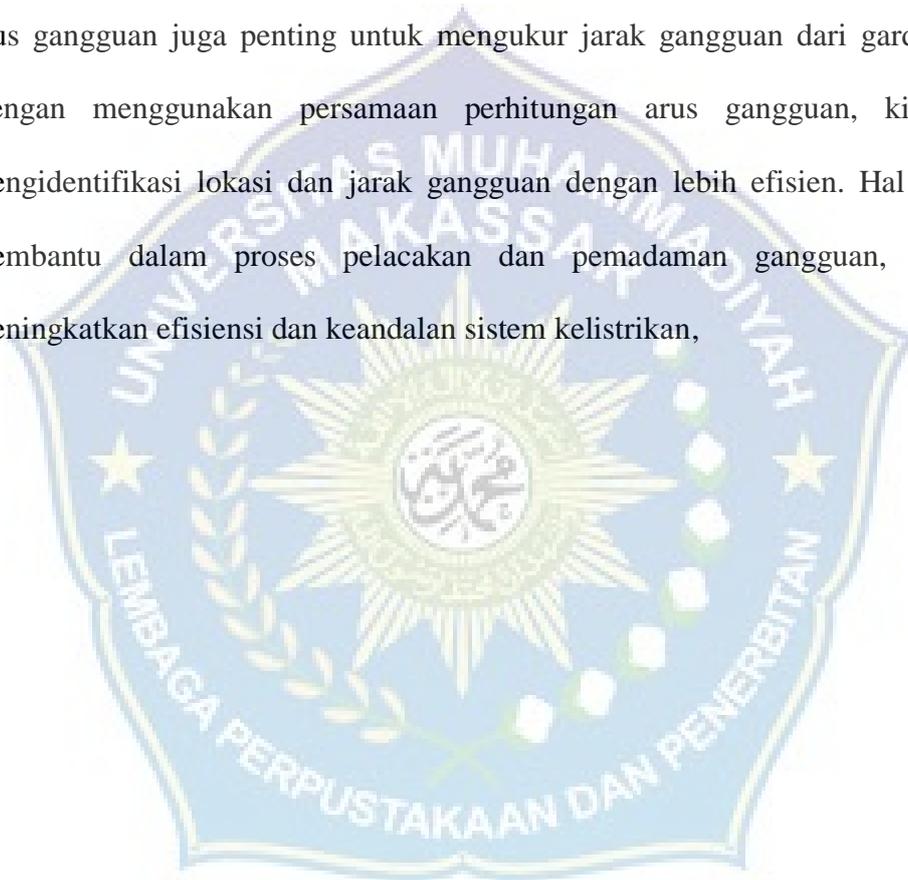
KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Dalam menentukan setting proteksi pada recloser *section* bus 4, langkah-langkah yang perlu dilakukan yaitu pertama menghitung impedansi ekuivalen yang terdiri dari impedansi sumber, impedansi trafo, dan impedansi saluran. Penting untuk menentukan tingkat arus yang akan dipantau dan dilindungi oleh recloser. Berdasarkan perhitungan arus hubung singkat dan karakteristik sistem, dapat ditentukan setting OCR yang sesuai. Setting ini menentukan ambang batas arus maksimum yang dapat ditoleransi sebelum recloser memicu proteksi dan memutus aliran listrik.
2. Setting Invers (Inverse Time Delay) digunakan untuk mengatur waktu respons recloser terhadap arus hubung singkat. Ini penting untuk memastikan bahwa proteksi bekerja dengan tepat sesuai dengan karakteristik sistem dan melindungi peralatan dari kerusakan yang berkepanjangan. Setting Instant High Set digunakan untuk mendeteksi arus hubung singkat besar yang memerlukan respons segera dari recloser. Setting ini berguna untuk melindungi peralatan yang rentan terhadap arus tinggi yang berlangsung sebentar.

B. Saran

Dalam penelitian selanjutnya, diharapkan perhitungan arus gangguan digunakan sebagai salah satu alat untuk mengukur jarak gangguan dari gardu induk. Dengan memanfaatkan persamaan perhitungan ini, proses pelacakan gangguan dapat dilakukan dengan lebih efisien dan akurat. Selain itu, perhitungan arus gangguan juga penting untuk mengukur jarak gangguan dari gardu induk. Dengan menggunakan persamaan perhitungan arus gangguan, kita dapat mengidentifikasi lokasi dan jarak gangguan dengan lebih efisien. Hal ini akan membantu dalam proses pelacakan dan pemadaman gangguan, sehingga meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem kelistrikan,



DAFTAR PUSTAKA

- An Nisa, A. N., Marwan, M., & Idris, A. R. (2019). Analisis sistem proteksi di PT. PLN (Persero) sektor pembangkitan kendari unit PLTD Wua Wua. *Tekno*, 29(2), 177. <https://doi.org/10.17977/um034v29i2p177-189>
- Ario Putra, & Firdaus. (2017). Analisa Penggunaan Recloser Untuk Pengaman Arus Lebih Pada Jaringan Distribusi 20 kv Gardu Induk Garuda Sakti. *Jom FTEKNIK*, 4(1), 1–10.
- Fuadi, A., Eko, Pambudi, P., & Gatot, S. (2016). Analisis Penempatan Recloser Sebagai Parameter Penentu Keandalan Sistem Proteksi Pada Sistem Distribusi 20Kv. *IST AKPRIND Yogyakarta*, 3(2), 41–48.
- Hussain, M. H., Rahim, S. R. A., & Musirin, I. (2013). Optimal overcurrent relay coordination: A review. *Procedia Engineering*, 53, 332–336. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.02.043>
- Hutabarat, C. F. (2022). *Analisa Penggunaan Recloser Pada Sutm 20 Kv Sistem 3 Fasa 4 Kawat Di Pt Pln (Persero) Ulp Siborongborong*. 1–38.
- Kadepa, M. (2016). ANALISA SISTEM KERJA RECLOSER TIPE VWVE MEREK SEL 551 PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 kV. *Jurnal Elektrikal*, 3(2), 13–22. <https://ejournal.akprind.ac.id/index.php/elektrikal/article/view/2535%0Ahttps://ejournal.akprind.ac.id/index.php/elektrikal/article/download/2535/1947>

Badan Standar Nasional Indonesia. (2011). *Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL 2011)*. Badan Standar Nasional Indonesia.

Choirur Rochman, Ontoseno Penangsang, Ni Ketut Aryani, 2015. Manajemen Gangguan Jaringan Distribusi 20 kV Kota Surabaya berbasis Geographic Information System (GIS) menggunakan Metode Algoritma Genetika. *JURNAL TEKNIK Surabaya*, 4(1), 337-539



Lampiran 2. Surat Balasan Penelitian


**UID SULSELBARBAR
UP3 MAKASSAR SELATAN**

Nomor : 1656/STH.01.04/F16100000/2023 12 Juli 2023
Lampiran : 1 Lembar
Sifat : Segera
Hal : Jawaban Permohonan Penelitian Kepada

Yth. FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH
MAKASSAR

u.p. Kepala Prodi

Menunjuk Surat Saudara No.455/05/C.4-VI/VII/41/2023 tanggal 05 Juli 2023 perihal Permintaan Data Dalam Penyelesaian Tugas Akhir, maka disampaikan bahwa :

NO	NAMA MAHASISWA(I)	NIM	JURUSAN
1	Mukti Ari Bayu	105821105918	Teknik Electro
2	Nurhidayat Arif	1058211006218	Teknik Electro

Dapat kami setuju untuk melaksanakan Penelitian/Pengambilan Data di PT PLN (Persero) ULP Kalebajeng dengan judul :

"Analisa Penggunaan Recloser 3 Phase 20 KV Penyulang Pajalau Untuk Pengaman Arus Lebih di PT PLN (Persero) ULP Kalebajeng"

1. Data penelitian hanya berhubungan dengan Laporan sesuai dengan judul diatas
2. Mengikuti dan menaati aturan yang berlaku di PT PLN (Persero) UP3 Makassar Selatan.
3. Hasil Laporan disampaikan ke Team Leader Administrasi Umum 1 (Satu) Eksamplar.

Demikian kami sampaikan untuk dapat diperhatikan terima kasih.

MANAGER UNIT PELAKSANA
PELAYANAN PELANGGAN MAKASSAR
SELATAN,

ARI HIRTAPRAWITA

Jl. Let. Jend. Hertasning Blok B Makassar 90222
T (0411) 444488 F (0411) 444800 W www.pln.co.id

Paraf _____

Lampiran 3. Data Hubung Singkat Gardu Induk Tersebat UIKL SULAWESI

GARDU INDUK	TEGANGAN (KV)	HUBUNG SINGKAT					
		3 FASA		2 FASA		1 FASA - GROUND	
		MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
GI SUNGGUMINASA	150	17,53	15,02	14,35	12,26	15,36	13,30



Lampiran 4. Nameplate Trafo Gardu Induk Sungguminasa dan Merk Trafo



Merk	PAUWELS
Type	-
No. Seri	301150019

Lampiran 5. Data Setting Relay Penyulang 20 kV Sungguminasa

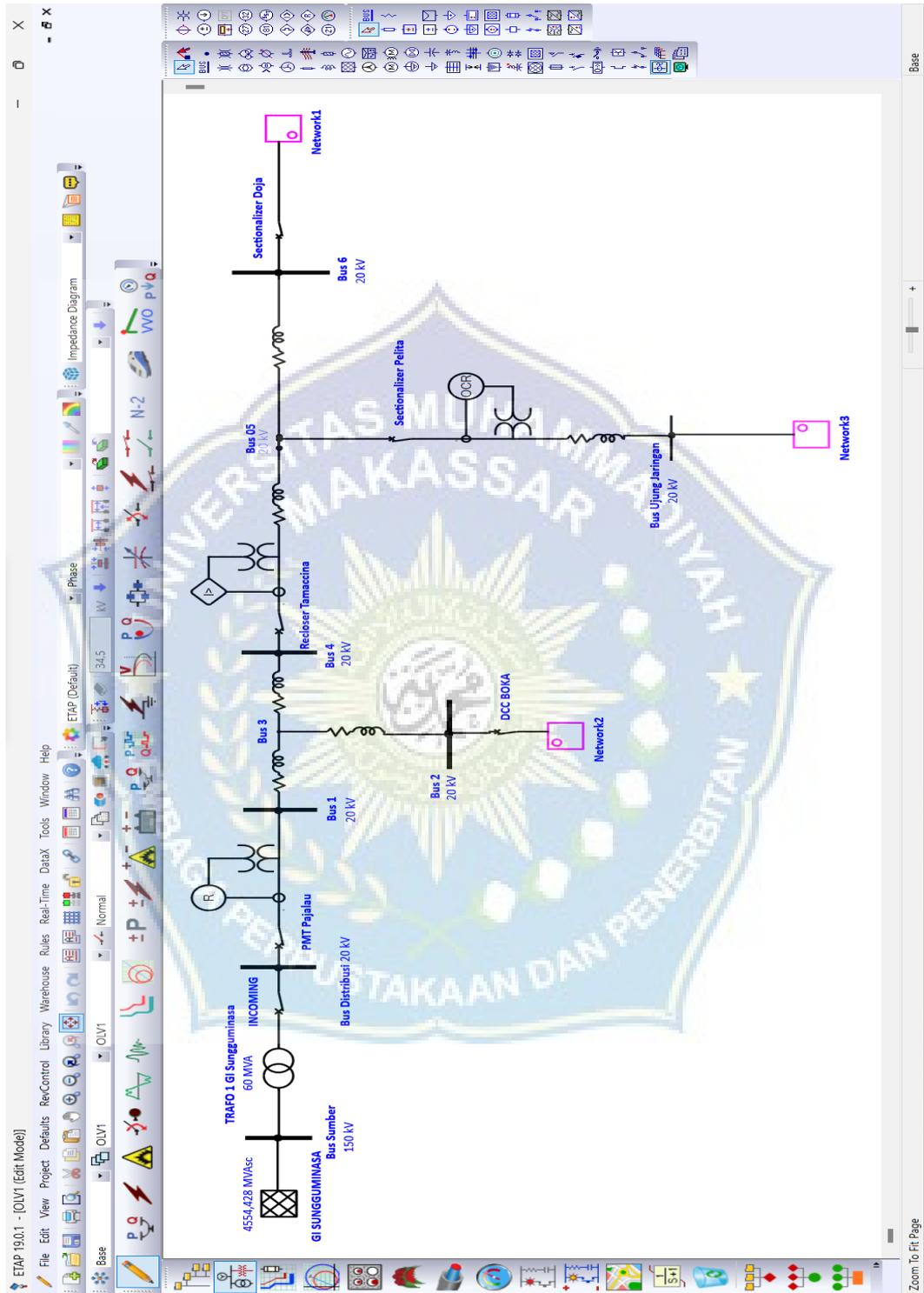
PT PLN (Persero) UNIT INDIK PENYULANG DAN PEMBANGKITAN SULAWESI UNIT PELAKSANA TRANSMISI MAKASSAR UNIT LAYANAN TRANSMISI DAN GAROU INDIK PANAKUKUANG PLN		DATA SETTING RELAY PENYULANG 20 KV & KOPEL 20 KV LEMBAR ULTG PANAKUKUANG																					
NO	GAROU INDIK	ASUHAN TRAFD MEREK/KUBIKEL PENYULANG	JENIS	PABRIK	TIPE	SERIAL NUMBER	TAHUN OPERASI	CT PASID			I _b /I _e (sekunder [Tersedia])	I _b /I _e (Primer)	Kurva	tms I _b	I _b /I _e (sekunder)	I _b /I _e Primer	I _b /I _e (sekunder)	I _b /I _e Primer	I _b /I _e (sekunder)	I _b /I _e Primer	I _b /I _e Second	I _b /I _e Second	
								CT PRIMER	CT SEKUNDIR	N ratio (Primer/Sek under)													RATIO CT BASIS CT [Tersedia]
			CCR	SIEMENS	ARDU7SR	GF80208055	2018	600	5	120	6,00	720	S	0,21	28,33	3400	50,00	6000	50,00	6000	0,10	0,00	0,00
		BAY TRAFD #1 SIEMENS (BPD F. PALAJAU	GFR	SIEMENS	ARDU7SR	GF80208055	2018	600	5	120	0,50	60	S	0,11	10,00	3200	BLOCK	BLOCK	BLOCK	BLOCK	0,00	0,00	BLOCK

Lampiran 6. Data *Setting Relay Sectonalizer Pelita*

NAMA KEYPOINT	Sect Pelita
TANGGAL	➔ 7/9/2021
UP3	Makassar Selatan
GARDU INDUK	Sungguminasa
PENYULANG	Pajalau
MERЕК	Sintra
I SET OCR	100
TMS-TD OCR	0,02
KURVA OCR	DT
MOMENT OCR	
I SET GFR	20
TMS-TD GFR	0,02
KURVA GFR	DT



Lampiran 7. Gambar Aplikasi ETAP 19.0.1



Lampiran 8. SK Pembimbing

 UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR FAKULTAS TEKNIK GEDUNG MENARA IQRA LT. 3 Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221 Website : https://teknik.unismuh.ac.id , Email : teknik@unismuh.co.id 	
<p style="text-align: center;">بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ</p> <p style="text-align: center;">SURAT KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR No : 172/05/A.5-VI/VI/44/2023 TENTANG PEMBIMBINGAN TUGAS AKHIR FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR</p>	
DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR	
Menimbang	1. Bahwa untuk tertib dan terarahnya Penulisan Tugas Akhir Mahasiswa, di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar, maka dipandang perlu adanya Pembimbing Tugas Akhir Mahasiswa di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar 2. Sehubungan dengan Spoint pertama di atas, maka perlu diatur dengan Surat Keputusan.
Mengingat	1. Peraturan Pemerintah RI No. 60 Tahun 1999 Tentang Pendidikan Tinggi Bab XIV 2. Qaidah Perguruan Tinggi Muhammadiyah tahun 1999 3. Statuta Universitas Muhammadiyah Makassar Tahun 2001
Memperhatikan	: Judul Tugas Akhir yang diajukan
Dengan Memohon Inayah Allah SWT MEMUTUSKAN	
Menetapkan :	
Pertama	: Mengangkat Bapak/ibu 1. Ir. Suryani, S.T., M.T., JPM sebagai Pembimbing Pertama Dr. Ir. Hj. Hafshah Nirwana, M.T. sebagai Pembimbing Kedua
	Untuk peserta 1. Mukti Ari Bayu stambuk 105.82.11059.18 2. Nurhidayat Arif stambuk 105.82.11062.18
	Dengan Judul tugas Akhir ANALISA PENGGUNAAN RECLOSER 3 PHASA 20 KV PENYULANG PAJALAU UNTUK PENGAMAN ARUS LEBIH PT. PLN (PERSERO) ULP KALIBAJENG
Kedua	: Surat keputusan ini disampaikan kepada yang bersangkutan untuk dilaksanakan sebagai amanah
Ketiga	: Surat Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkannya
Keempat	: Keputusan ini akan diperbaiki dan ditinjau kembali apabila terdapat kekeliruan didalamnya
Ditetapkan di Makassar Tanggal . 19 Dzulqa'dah 1444 H 07 Juni 2023 M	
 Dr. Ir. H. Narnawaty, S.T., M.T., IPM NBRK 705 108	
Tembusan :	
	1. Rektor Unismuh Makassar 2. Prodi Teknik Elektro 3. Pembimbing 4. Mahasiswa 5. Arsip

Lampiran 9. Surat Keterangan Bebas Plagiat

**MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
UPT PERPUSTAKAAN DAN PENERBITAN**
Alamat surat: Jl. Sultan Alauddin No. 259 Makassar 90221 Tlp. (0411) 866972, 881593, Fax (0411) 865588

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

SURAT KETERANGAN BEBAS PLAGIAT

UPT Perpustakaan dan Penerbitan Universitas Muhammadiyah Makassar,
Menerangkan bahwa mahasiswa yang tersebut namanya di bawah ini:

Nama : Mukti Ari Bayu Nurlidayat Arif
Nim : 105821105918/ 105821106218
Program Studi : Teknik Elektro
Dengan nilai:

No	Bab	Nilai	Ambang Batas
1	Bab 1	9 %	10 %
2	Bab 2	25 %	25 %
3	Bab 3	5 %	10 %
4	Bab 4	0 %	10 %
5	Bab 5	5 %	5 %

Dinyatakan telah lulus cek plagiat yang diadakan oleh UPT- Perpustakaan dan Penerbitan Universitas Muhammadiyah Makassar Menggunakan Aplikasi Turnitin.

Demikian surat keterangan ini diberikan kepada yang bersangkutan untuk dipergunakan
seperlunya.

Makassar, 26 Juli 2023
Mengetahui,
Kepala UPT- Perpustakaan dan Penerbitan,


NBM 2964 591

Jl. Sultan Alauddin no 259 makassar 90222
Telepon (0411)866972,881 593,fax (0411)865 588
Website: www.library.unismuh.ac.id
E-mail : perpustakaan@unismuh.ac.id

Lampiran 10. Hasil Plagiat Bab 1



BAB I Mukti Ari Bayu 105821105918/ Nurhidayat Arif
105821106218

ORIGINALITY REPORT

9%

SIMILARITY INDEX

9%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

repository.ub.ac.id

Internet Source

2%

2

id.123dok.com

Internet Source

2%

3

mafiadoc.com

Internet Source

2%

4

etd.umy.ac.id

Internet Source

2%

5

sendhysaputro90.wordpress.com

Internet Source

2%

Exclude quotes On

Exclude matches < 2%

Exclude bibliography On

Lampiran 11. Hasil Plagiat Bab 2



Submission date: 25-Jul-2023 09:04PM (UTC+0700)

Submission ID: 2136626435

File name: BAB_II_1.docx (1.02M)

Word count: 1843

Character count: 11127

BAB II Mukti Ari Bayu 105821105918/ Nurhidayat Arif
105821106218

ORIGINALITY REPORT

25%
SIMILARITY INDEX

25%
INTERNET SOURCES

2%
PUBLICATIONS

16%
STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	publikasiilmiah.ums.ac.id Internet Source	5%
2	www.neliti.com Internet Source	4%
3	Submitted to STT PLN Student Paper	4%
4	edoc.pub Internet Source	4%
5	repository.uhn.ac.id Internet Source	4%
6	www.coursehero.com Internet Source	3%

Exclude quotes On

Exclude matches < 2%

Exclude bibliography On

Lampiran 12. Hasil Plagiat Bab 3



BAB III Mukti Ari Bayu 105821105918/ Nurhidayat Arif
105821106218

ORIGINALITY REPORT

5%

SIMILARITY INDEX

4%

INTERNET SOURCES

2%

PUBLICATIONS

2%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

repo.itera.ac.id

Internet Source

2%

2

Muhammad Hasan Basri, Muhammad Syaifuddin Zuhri, Hilman Saraviyan Iskawanto, Bachtera Indarto. "Design Of Turbine L On Basin Cylinder Walls With 5cm And 10cm Turbine Distance Various On The Effect Of Electrical Power In The Gravitation Water Vortex Power Plant (GWVPP)", JEEE-U (Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA), 2020

Publication

2%

Exclude quotes

Exclude matches < 2%

Exclude bibliography

Lampiran 13. Hasil Plagiat Bab 4



BAB IV Mukti Ari Bayu 105821105918/ Nurhidayat Arif
105821106218

ORIGINALITY REPORT

0%

SIMILARITY INDEX

0%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

Exclude quotes On

Exclude bibliography On

turnitin
exclude matches < 2%



Lampiran 14. Hasil Plagiat Bab 5



BAB V Mukti Ari Bayu 105821105918/ Nurhidayat Arif
105821106218

ORIGINALITY REPORT

5% SIMILARITY INDEX	5% INTERNET SOURCES	0% PUBLICATIONS	0% STUDENT PAPERS
-------------------------------	-------------------------------	---------------------------	-----------------------------

PRIMARY SOURCES

1	repository.poltekkes-kdi.ac.id Internet Source	3%
2	core.ac.uk Internet Source	2%

Exclude quotes On Exclude matches < 2%
Exclude bibliography On

