

SKRIPSI

**ANALISA KOORDINASI PROTEKSI RELE ARUS LEBIH DAN GANGGUAN TANAH
PADA PENYULANG PARANGTRITIS JURUSAN MUARA KUANG GARDU HUBUNG
TANJUNG RAJA**



Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik

Pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik

Universitas Sriwijaya

Oleh:

DIMAS AGUNG HABIBULLAH A. S

03041381823093

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2022

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISA KOORDINASI PROTEKSI RELE ARUS LEBIH DAN GANGGUAN TANAH
PADA PENYULANG PARANGTRITIS JURUSAN MUARA KUANG GARDU HUBUNG
TANJUNG RAJA**



SKRIPSI

**Disusun Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**

OLEH

DIMAS AGUNG HABIBULLAH A. S

03041381823093

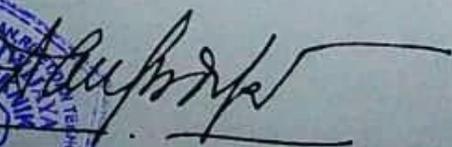
Palembang, 6 Juli 2022

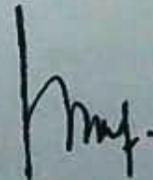
Menyetujui,

Pembimbing Utama

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro


Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 197108141999031005



Dr. Ir. H. Syamsuri Zaini, M.M

NIP. 195803041987031002

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Dimas Agung Habibullah Aryadita Sutarno

NIM : 03041381823093

Fakultas : Teknik

Jurusan/Prodi : Teknik Elektro

Universitas : Sriwijaya

Hasil Pengecekan Software iThenticate/Turnitin : 18%

Menyatakan bahwa karya ilmiah dengan judul “Analisa Koordinasi Proteksi Rele Arus Lebih dan Gangguan Tanah pada Penyulang Parangtritis Jurusan Muara Kuang Gardu Hubung Tanjung Raja” merupakan karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari karya ilmiah ini merupakan hasil plagiat atas karya ilmiah orang lain, maka saya bersedia bertanggung jawab dan menerima sanksi yang sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

Palembang, 8 Juli 2022



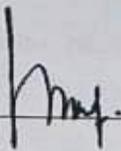
Dimas Agung Habibullah A.S.

NIM. 03041381823093

PERNYATAAN DOSEN

Saya sebagai pembimbing dengan ini menyatakan bahwa saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya skop dan kualitas skripsi ini mencukupi sebagai skripsi mahasiswa sarjana strata satu (S1)

Tanda Tangan

:  _____

Pembimbing Utama : Dr. Ir. H. Syamsuri Zaini, M.M

Tanggal : 06 / Juli / 2022

KATA PENGANTAR

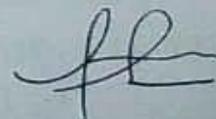
Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT serta salam dan shalawat tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, keluarga dan para sahabat. Berkat rahmat dan karunianya Allah SWT, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul "Analisa Koordinasi Proteksi Rele Arus Lebih dan Gangguan Tanah pada Penyulang Parangtritis Jurusan Muara Kuang Gardu Hubung Tanjung Raja".

Pembuatan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak DR. Ir. H. Syamsuri Zaini, M.M. selaku Pembimbing Utama tugas akhir
2. Bapak M. Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro
3. Ibu Rizda Fitri Kurnia, S.T., M.Eng. selaku Pembimbing Akademik
4. Bapak Ir Rudyanto thayib M.sc. ibu Dr. Herlina S.t M.T, dan bapak Wirawan Adipradana St. Mt selaku dosen penguji
5. Segenap Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan
6. Kak Ilham selaku mentor selama mengerjakan tugas akhir ini
7. Orang tua, kakak-kakak dan keluarga yang telah memberikan dukungan sepenuhnya
8. Jaka, kgs, dan Rafly yang telah memberikan bantuan selama perkuliahan
9. Teman-teman angkatan 2018 yang selalu memberikan dukungan

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Semoga uraian ini dapat bermanfaat untuk kita semua.

Palembang, 23 Mei 2022



Penulis

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

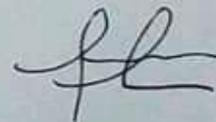
Nama : Dimas Agung Habibullah Aryadita Sutarno
NIM : 03041381823093
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**ANALISA KOORDINASI PROTEKSI RELE ARUS LEBIH DAN GANGGUAN TANAH
PADA PENYULANG PARANGTRITIS JURUSAN MUARA KUANG GARDU HUBUNG
TANJUNG RAJA**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tulisan saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Palembang
Pada Tanggal: 8 Juli 2022



Dimas Agung Habibullah A.S.

ABSTRAK

ANALISA KOORDINASI PROTEKSI RELE ARUS LEBIH DAN GANGGUAN TANAH PADA PENYULANG PARANGTRITIS JURUSAN MUARA KUANG GARDU HUBUNG TANJUNG RAJA

(Dimas Agung Habibullah A.S, 03041381823093, 2022)

Pada sistem distribusi tegangan menengah 20 kV, sering ditemui gangguan hubung singkat, tercatat pada periode bulan Desember 2021 sampai Februari 2022 terjadi gangguan hubung singkat sebanyak 122 kali pada penyulang parangtritis. Dikarenakan hal ini, PT.PLN Persero merencanakan pemasangan rele proteksi tambahan berupa *recloser* guna memperkecil daerah padam akibat gangguan. Dikarenakan seringnya penyulang ini mengalami gangguan dan ditambah pemasangan rele proteksi tambahan sehingga diperlukan evaluasi dan perhitungan ulang terhadap nilai *setting* dan koordinasi rele pada penyulang parangtritis. Untuk itu, penulis akan membahas tentang koordinasi proteksi rele arus lebih dan gangguan tanah pada penyulang parangtritis jurusan Muara Kuang gardu hubung Tanjung Raja. Dimana *setting low set* ditetapkan berdasarkan 1,2 arus beban dan *high set* berdasarkan arus gangguan hubung singkat. Dari hasil perhitungan, untuk rele arus lebih didapatkan nilai *setting* pada penyulang parangtritis sebesar 139,2 A dengan TMS 0,336. Pada Jurusan Tanjung Raja sebesar 139,2 A dengan TMS 0,19. Pada Jurusan Muara Kuang sebesar 91,2 A dengan TMS 0,099. Pada *recloser* sebesar 40,8 A dengan TMS 0,00368. Untuk rele gangguan tanah didapatkan nilai *setting* pada penyulang parangtritis sebesar 27,4 A dengan TMS 0,305. Pada Jurusan Tanjung Raja sebesar 24,627 dengan TMS 0,21. Pada Jurusan Muara Kuang sebesar 16,15 dengan TMS 0,13. Pada *recloser* sebesar 12,564 dengan TMS 0,04.

Kata kunci: Gangguan Hubung Singkat, Proteksi Rele, Rele Arus Lebih, Rele Gangguan Tanah

ABSTRACT

COORDINATION ANALYSIS OF OVERCURRENT RELAY PROTECTION AND GROUND FAULT RELAY IN PARANGTRITIS FEEDERS, DEPARTMENT OF MUARA KUANG SUBSTATION CIRCUIT OF TANJUNG RAJA

(Dimas Agung Habibullah A.S, 03041381823093, 2022)

In the 20 kV medium voltage distribution system, short circuits are often encountered, recorded in the period from December 2021 to February 2022, there were 122 short circuits in the parangtritis feeder. Because of this, PT. PLN Persero plans to install additional protection relays in the form of reclosers to minimize outages due to disturbances. Due to the frequent disturbances in this feeder, additional protection relays are installed, so an evaluation and recalculation of the value of setting and relay coordination on the parangtritis feeder is required. For this reason, the author will discuss the coordination of overcurrent relay protection and ground faults at the Parangtritis feeder in the Muara Kuang direction at the Tanjung Raja connection substation. Where the low set setting is based on 1.2 load current and the high set is based on short circuit fault current. From the calculation results, for the overcurrent relay, the setting for the parangtritis feeder is 139.2 A with a TMS of 0.336. In the Tanjung Raja Department of 139.2 A with a TMS of 0.19. In the Muara Kuang Department of 91.2 A with a TMS of 0.099. On the recloser of 40.8 A with a TMS of 0.00368. For the ground fault relay, the setting parangtritis feeder is 27.4 A with a TMS of 0.305. In the Tanjung Raja Department of 24,627 with a TMS of 0.21. In the Muara Kuang Department of 16.15 with a TMS of 0.13. On the recloser of 12,564 with a TMS of 0.04.

Keywords: Short Circuit Interference, Relay Protection, Overcurrent Relay, Ground Fault Relay

DAFTAR ISI

COVER	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	iii
PERNYATAAN DOSEN	iv
KATA PENGANTAR	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
BAB 1	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penulisan	2
1.3 Rumusan Masalah	2
1.4 Manfaat Penulisan	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Metode Penulisan	3
1.7 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Sistem Tenaga Listrik.....	5

2.2 Sistem Distribusi	5
2.2.1. Distribusi Primer.....	6
2.2.2 Distribusi Sekunder	6
2.2.3 Konfigurasi Jaringan Distribusi.....	6
2.3 Kabel Listrik Tegangan Menengah.....	8
2.3.1 KHA (Kemampuan Hantar Arus).....	8
2.3.2 Kabel Listrik Hantar Udara	9
2.3.3 Kabel Saluran Bawah Tanah	10
2.4 Beban Listrik.....	11
2.4.1 Klasifikasi Beban Listrik	11
2.5 Gangguan pada Sistem Jaringan Listrik.....	12
2.5.1 Jenis-Jenis Gangguan pada Sistem Distribusi	12
2.5.2 Penyebab Gangguan	12
2.5.3 Akibat Gangguan.....	13
2.6 Gangguan Hubung singkat pada Sistem Tenaga Listrik	13
2.6.1 Gangguan Hubung singkat Satu Fasa ke Tanah	14
2.6.2 Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa.....	14
2.6.3 Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa.....	16
2.7 Dasar Proteksi Sistem Tenaga Listrik	16
2.7.1 Syarat-Syarat Kelayakan Sistem Proteksi	16
2.8 Rele Proteksi	17
2.9 Rele Arus Lebih	18
2.9.1 Karakteristik Rele Arus Lebih (OCR).....	18
2.10 <i>Setting</i> Rele Arus Lebih	20
2.10.1 <i>Setting</i> Rele Arus Lebih Waktu <i>Inverse</i>	20

2.11 Rele Gangguan Tanah	21
2.12 Perhitungan Arus Hubung Singkat.....	21
2.12.1 Menghitung Impedansi.....	22
2.12.2 Menghitung arus Hubung Singkat.....	25
BAB III.....	26
METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	26
3.1.1 Lokasi	26
3.1.2. Waktu Penelitian.....	26
3.2 Metode Pengumpulan Data	26
3.2.1 Studi Literatur.....	26
3.2.2 Pengumpulan Data.....	27
3.3 Pengolahan Data.....	27
3.4 Analisa Data	27
3.5 Diagram Alir Perhitungan Koordinasi proteksi rele	28
BAB IV	29
PEMBAHASAN	29
4.1 Umum.....	29
4.2 Data Peralatan Gardu Induk Kayu Agung.....	31
4.2.1 Data Teknis Sistem Jaringan Gardu Induk Kayu Agung	31
Menghitung MVA hubung singkat satu fasa ke tanah dan tiga fasa menggunakan persamaan (2.13) dan (2.14)	31
4.2.2 Data transformator	31
4.2.3 Data Teknis NGR	31
4.2.4 Data Penyulang.....	31

4.3.1 Arus dan Impedansi Base	32
4.3.2 Impedansi Sumber	33
4.3.3 Impedansi Transformator	33
4.3.4 Impedansi Penyulang.....	33
4.3.5 Impedansi Ekvivalen	36
4.4. Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat	38
4.4.1 Rangkaian Ekvivalen Gangguan Hubung Singkat	38
4.4.2 Arus Gangguan Hubung Singkat pada Gardu Induk Kayu Agung	39
4.4.3 Arus Gangguan Hubung Singkat Penyulang Parangtritis.....	40
4.4.4 Arus Gangguan Hubung Singkat Penyulang Parangtritis jurusan Tanjung Raja	41
4.4.5 Arus Gangguan Hubung Singkat Penyulang Parangtritis Jurusan Muara Kuang	41
4.4.6 Arus Gangguan Hubung Singkat Penyulang Parangtritis (<i>Recloser</i>).....	42
4.5 <i>Setting</i> Rele Arus Lebih	43
4.5.1 <i>Setting</i> Rele Arus Lebih penyulang Parangtritis (<i>Recloser</i>).....	43
4.5.2 <i>Setting</i> Rele Arus Lebih penyulang Parangtritis Jurusan Muara Kuang	44
4.5.3 <i>Setting</i> Rele Arus Lebih penyulang Parangtritis Jurusan Tanjung Raja.....	45
4.5.4 <i>Setting</i> Rele Arus Lebih pada Gardu Induk Kayu Agung	46
4.6 <i>Setting</i> Rele Gangguan Tanah.....	47
4.6.1 <i>Setting</i> Rele Gangguan Tanah Penyulang Parangtritis (<i>Recloser</i>)	47
4.6.2 <i>Setting</i> Rele Gangguan Tanah penyulang Parangtritis Jurusan Muara Kuang.....	48
4.6.3 <i>Setting</i> Rele Gangguan Tanah penyulang Parangtritis Jurusan Tanjung Raja	50
4.6.4 <i>Setting</i> Rele Gangguan Tanah penyulang Parangtritis	51
4.7 Simulasi Koordinasi OCR Menggunakan Etap.....	53
4.7.1 Simulasi OCR pada <i>Recloser</i>	53
4.7.2 Simulasi OCR pada Penyulang Parangtritis Jurusan Muara Kuang.....	54

4.7.3 Simulasi OCR pada Penyulang Parangtritis jurusan Tanjung Raja.....	55
4.7.4 Simulasi OCR pada Penyulang Parangtritis	56
4.8 Simulasi Koordinasi GFR Menggunakan Etap	57
4.8.1 Simulasi GFR pada <i>Recloser</i>	57
4.8.2 Simulasi GFR pada Penyulang Parangtritis Jurusan Muara Kuang	58
4.8.3 Simulasi GFR pada Parangtritis Jurusan Tanjung Raja.....	59
4.8.4 Simulasi GFR pada Penyulang Parangtritis.....	60
4.9 Kurva <i>Setting</i> Rele	61
4.10 Analisa.....	62
BAB V	67
KESIMPULAN DAN SARAN.....	67
5.1 Kesimpulan.....	67
5.2 saran	67
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sistem Tenaga Listrik.....	5
Gambar 2. 2 Sistem Jaringan Distribusi <i>Radial</i>	7
Gambar 2. 3 Sistem Jaringan Distribusi <i>Loop</i>	7
Gambar 2. 4 Sistem Jaringan Distribusi <i>Spindel</i>	8
Gambar 2. 5 Kawat AAC.....	9
Gambar 2. 6 Kawat AAAC.....	9
Gambar 2. 7 Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah.....	14
Gambar 2. 8 Gangguan Hubung Singkat 2 Fasa pada Sistem Tenaga.....	15
Gambar 2. 9 Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa.....	16
Gambar 2. 10 Karakteristik Rele Arus Lebih Seketika.....	19
Gambar 2. 11 Karakteristik Rele Arus Lebih Tertentu.....	19
Gambar 2. 12 Karakteristik Rele Arus Lebih Berbanding Terbalik.....	20
Gambar 4.1 rangkaian Ekuivalen Gangguan Hubung Singkat satu fasa ke tanah.....	39
Gambar 4.2 rangkaian Ekuivalen Gangguan Hubung Singkat dua fasa.....	39
Gambar 4.3 rangkaian Ekuivalen Gangguan Hubung Singkat tiga fasa.....	40
Gambar 4. 4 Simulasi OCR Gangguan pada Bus 10 Menggunakan ETAP	53
Gambar 4. 5 Simulasi OCR Gangguan pada Bus 9 Menggunakan ETAP	54
Gambar 4. 6 Simulasi OCR Gangguan pada Bus 6 Menggunakan ETAP	55
Gambar 4. 7 Simulasi OCR Gangguan pada Bus 4 Menggunakan ETAP	56
Gambar 4. 8 Simulasi GFR Gangguan pada Bus 10 Menggunakan ETAP.....	57
Gambar 4. 9 Simulasi GFR Gangguan pada Bus 9 Menggunakan ETAP.....	58

Gambar 4. 10 Simulasi GFR Gangguan pada Bus 6 Menggunakan ETAP.....	59
Gambar 4. 11 Simulasi GFR Gangguan pada Bus 4 Menggunakan ETAP.....	60
Gambar 4. 12 Kurva Koordinasi OCR pada Penyulang Parangtritis.....	61
Gambar 4. 13 Kurva Koordinasi GFR pada Penyulang Parangtritis.....	61

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Jenis-Jenis Kabel SKTM.....	10
Tabel 2. 2 Koefisien <i>Invers Time Dial</i>	21
Tabel 3. 1 Tabel Waktu Penelitian.....	26
Tabel 4.1 Data CT pada Penyulang Parangtritis.....	32
Tabel 4.2 Data Jenis Penghantar Penyulang Parangtritis.....	32
Tabel 4.3 Arus Hubung Singkat pada Penyulang Parangtritis.....	43
Tabel 4.4 Waktu <i>Trip</i> Koordinasi OCR PLN.....	62
Tabel 4.5 Waktu <i>Trip</i> Koordinasi OCR Hasil Perhitungan.....	63
Tabel 4.6 Waktu <i>Trip</i> Koordinasi GFR PLN.....	64
Tabel 4.7 Waktu <i>Trip</i> Koordinasi GFR Hasil Perhitungan.....	65

DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1 Perhitungan Arus Positif Fasa a pada Gangguan Satu Fasa ke Tanah.....	14
Rumus 2.2 Perhitungan Arus Gangguan Satu Fasa ke Tanah.....	14
Rumus 2.3 Perhitungan Arus Positif Fasa a pada Gangguan Dua Fasa.....	15
Rumus 2.4 Perhitungan Arus Gangguan Dua Fasa.....	15
Rumus 2.5 Perhitungan Arus Gangguan Tiga Fasa.....	16
Rumus 2.6 Perhitungan <i>Setting</i> Rele OCR Sisi Primer.....	20
Rumus 2.7 Perhitungan <i>Setting</i> Rele OCR Sisi Sekunder.....	20
Rumus 2.8 Perhitungan <i>Setting Time Dial</i> OCR.....	20
Rumus 2.9 perhitungan TMS OCR.....	20
Rumus 2.10 Perhitungan <i>Setting</i> Rele GFR Sisi Primer.....	21
Rumus 2.11 Perhitungan <i>Setting</i> Rele GFR Sisi Sekunder.....	21
Rumus 2.12 Perhitungan <i>Setting Time Dial</i> GFR.....	21
Rumus 2.13 Perhitungan Arus <i>Base</i> pada Sisi 150 kV.....	22
Rumus 2.14 Perhitungan Arus <i>Base</i> pada Sisi 20 kV.....	22
Rumus 2.15 Perhitungan Impedansi <i>base</i> Pada Sisi 20 kV.....	22
Rumus 2.16 Perhitungan MVA Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah.....	22
Rumus 2.17 Perhitungan MVA Hubung Singkat Tiga Fasa.....	22
Rumus 2.18 Perhitungan Impedansi Sumber Sisi 150 kV.....	22
Rumus 2.19 Perhitungan Impedansi Sumber Sisi 20 kV.....	23

Rumus 2.20 Perhitungan Impedansi Transformator.....	23
Rumus 2.21 Perhitungan Impedansi Transformator Urutan Positif Negatif.....	23
Rumus 2.22 Perhitungan Impedansi Penyulang Urutan Positif Negatif.....	24
Rumus 2.23 Perhitungan Impedansi Penyulang Urutan Nol.....	24
Rumus 2.24 Perhitungan Impedansi Ekvivalen Urutan Positif Negatif.....	24
Rumus 2.25 Perhitungan Impedansi Ekvivalen Urutan Nol.....	24

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem tenaga listrik merupakan suatu kesatuan jaringan yang digunakan untuk menyalurkan listrik dari pembangkit menuju ke pelanggan. Sistem tenaga listrik ini terdiri dari pembangkit listrik, gardu listrik, saluran transmisi dan saluran distribusi. Jaringan distribusi berfungsi untuk menghantarkan listrik bertegangan menengah hingga listrik tegangan rendah. Dikarenakan jaringan distribusi ini merupakan jaringan yang berhubungan langsung dengan pelanggan, maka sedikit gangguan akan sangat mempengaruhi dalam penyediaan listrik oleh PT.PLN Persero.

Gangguan-gangguan ini ada yang berasal dari alam seperti gangguan oleh binatang, atau jaringan yang tertimpa pohon yang tumbang, dan ada gangguan akibat kesalahan manusia (*human error*) seperti kesalahan pengoperasian. Gangguan yang sering terjadi pada jaringan distribusi 20 KV adalah gangguan hubung singkat. Gangguan hubung singkat ini terjadi dikarenakan bersentuhannya antara fasa dengan fasa atau antara fasa dengan tanah. Untuk mengurangi dampak gangguan tersebut maka diperlukan pemasangan sistem proteksi. Pada jaringan distribusi 20 kV proteksi yang dipasang adalah proteksi rele. Jenis rele yang sering digunakan untuk memproteksi saluran distribusi 20 kV yaitu *overcurrent relay (OCR)* dan *ground fault relay (GFR)*. Yang dimana OCR akan bekerja apabila terjadi gangguan antar fasa, dan GFR akan bekerja apabila terjadi gangguan fasa ke tanah[1].

Agar antar rele proteksi tidak bekerja secara bersamaan maka diperlukannya *setting* pada sekumpulan rele tersebut, *setting* ini dinamakan koordinasi rele. Dengan koordinasi antar rele yang baik maka selektivitas kerja rele proteksi menjadi baik, pemadaman listrik tidak meluas, pencarian titik gangguan dan pemulihan akan lebih cepat sehingga pelayanan kepada masyarakat membaik[2]. Dalam penentuan *setting* rele ini perlu diperhatikan bahwa seiring dengan berjalannya waktu maka beban juga akan bertambah. Untuk itu diperlukan *resetting* pada rele secara berkala agar *setting* rele sesuai dengan beban yang ada.

Salah satu penyulang yang perlu dievaluasi *setting* dan koordinasi proteksi relenya adalah penyulang parangtritis, dikarenakan pada penyulang ini tercatat untuk periode bulan Desember 2021 sampai Februari 2022 terjadi gangguan sebanyak 122 kali baik gangguan sementara maupun gangguan permanen. Terkhusus pada jurusan terpanjangnya yaitu Muara Kuang, yang memiliki

Panjang 68,6 km PT.PLN Persero merencanakan pemasangan alat proteksi tambahan berupa *recloser* yang bertujuan untuk membagi jurusan muara kuang menjadi dua daerah proteksi. Dikarenakan seringnya penyulang ini mengalami gangguan dan adanya penambahan alat proteksi rele baru, sehingga secara otomatis penyulang parangtritis memerlukan *setting* rele yang baru.

Selain itu, yang menjadi latar belakang penulis dalam penelitian ini, karena adanya penelitian sebelumnya yang membahas mengenai Analisis Koordinasi Rele Arus Lebih dan Rele Gangguan Tanah pada Penyulang Dewi Sartika Di Gardu Induk Prabumulih oleh Raka Dimas Pangestu Fakultas teknik Universitas Sriwijaya, jurusan Teknik Elektro, 2020 [3] dan Studi *Setting* Rele Proteksi *Overcurrent Relay* dan *Ground Fault Relay* Sisi Incoming dan Outgoing pada Penyulang Pelangi Gardu Induk Teluk Betung oleh Muhammad Abdan Syakur Fakultas Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan Institut Teknologi – PLN, jurusan Teknik Elektro 2020 [4].

Dengan melihat latar belakang yang ada maka, penulis ingin melakukan analisa koordinasi *Overcurrent Relay* (OCR) dan *Ground Fault Relay* (GFR) guna meningkatkan keandalan penyulang Parangtritis jurusan Muara Kuang Gardu Hubung Tanjung Raja

1.2 Tujuan Penulisan

Tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah untuk menganalisa *setting* dan koordinasi dari *Overcurrent Relay* (OCR) dan *Ground Fault Relay* (GFR) penyulang Parangtritis jurusan Muara Kuang Gardu Hubung Tanjung Raja.

1.3 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah menghitung besar gangguan arus hubung singkat di titik tertentu pada penyulang yang akan digunakan untuk menganalisa *setting* dan koordinasi *Overcurrent Relay* (OCR) dan *Ground Fault Relay* (GFR), dimana metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi kasus, studi literatur, pengumpulan data, serta simulasi koordinasi rele dengan menggunakan aplikasi ETAP. Hasil yang diharapkan pada penelitian ini adalah diperolehnya nilai *setting* dan koordinasi dari *Overcurrent Relay* (OCR) dan *Ground Fault Relay* (GFR) yang akan meningkatkan selektivitas rele terhadap jenis gangguan yang terjadi guna meningkatkan keandalan penyaluran tenaga listrik

1.4 Manfaat Penulisan

Manfaat yang dapat diambil dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Manfaat untuk penulis adalah dapat mempelajari, memahami, dan menghitung *setting* koordinasi rele guna memproteksi gardu hubung dari gangguan hubung singkat
2. Manfaat untuk gardu hubung, dengan adanya penulisan ini diharapkan menjadi masukan yang bermanfaat untuk menentukan *setting* rele yang tepat

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang dibahas pada tugas akhir ini adalah:

1. Analisa yang dilakukan hanya pada nilai *setting* dan koordinasi Overcurrent Relay (OCR) dan *Ground Fault Relay* (GFR)
2. Gangguan hubung singkat yang dihitung hanya gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah, dua fasa dan tiga fasa
3. Analisa koordinasi rele hanya dilakukan pada jaringan distribusi 20 KV penyulang Parangtritis jurusan Muara Kuang Gardu Hubung Tanjung Raja PT. PLN Persero Unit Layanan Pelanggan (ULP) Indralaya
4. Simulasi koordinasi proteksi rele yang dilakukan hanya menggunakan aplikasi ETAP

1.6 Metode Penulisan

Adapun langkah-langkah yang diambil dalam penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Studi Pustaka
Metode ini berupa membaca, memahami dan mempelajari data-data yang berhubungan dengan permasalahan, baik itu berasal dari buku-buku, jurnal-jurnal, catatan kuliah dan lain-lain sebagai referensi.
2. Observasi
Metode ini dilakukan dengan pengamatan dan pengambilan data terhadap suatu objek yang diamati pada perusahaan yang bersangkutan.
3. Konsultasi
Metode ini dilakukan dengan cara konsultasi kepada pembimbing tugas akhir dalam penulisan tugas akhir ini dan bertanya kepada orang yang lebih kompeten dengan bidang penulisan tugas akhir ini

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam tugas akhir ini dibagi menjadi beberapa bab sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai latar belakang, tujuan penulisan, rumusan masalah, manfaat penulisan, batasan masalah, metodologi penulisan dan sistematika penulis.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini membahas teori yang berkaitan dengan penelitian yang nantinya dapat menjadi landasan dalam perhitungan dan pembahasan masalah..

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini menguraikan langkah-langkah penelitian yang hendak ditempuh, meliputi penetapan tempat dan waktu penelitian, metode pengumpulan data, dan Pengolahan Data.

BAB IV PEMBAHASAN

Pada bab ini membahas mengenai perhitungan data yang dimiliki, dan analisa terhadap hasil yang didapatkan

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

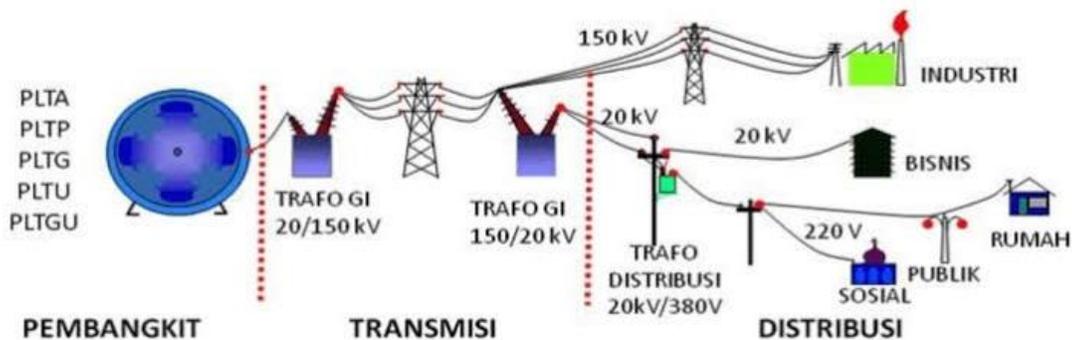
Pada bab ini merupakan bab penutup yang berisi mengenai kesimpulan dan saran dari analisa dan uraian yang telah dibahas sebelumnya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik adalah peralatan yang digunakan untuk mengubah dan memindahkan energi yang guna mensuplai kebutuhan energi. Secara umum sistem tenaga listrik terdiri dari 3 bagian utama yaitu pusat pembangkit listrik, saluran transmisi dan sistem distribusi yang didalamnya termasuk gardu induk dan gardu hubung.

Pusat pembangkit listrik akan memproduksi tenaga listrik, pusat pembangkit listrik membangkitkan tenaga listrik (6-24 kV) kemudian masuk ke transformator daya untuk dinaikan tegangannya menjadi 70, 150, 500 kV yang akan disalurkan melalui saluran transmisi, setelah itu tenaga listrik akan masuk ke Gardu Induk (GI) untuk diturunkan tegangannya oleh transformator penurun tegangan menjadi tegangan menengah yang disebut tegangan distribusi primer, tegangan distribusi primer di Indonesia adalah 20 kV[5].



Gambar 2.1 Sistem Tenaga Listrik [6]

2.2 Sistem Distribusi

sistem distribusi berperan untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik dari Gardu Induk distribusi menuju pelanggan listrik dengan mutu pelayanan yang memadai. Salah satu unsur dari mutu pelayanan adalah kontinuitas pelayanan yang tergantung pada topologi dan konstruksi jaringan serta peralatan tegangan menengah. Masalah utama dalam mengoperasikan jaringan distribusi tersebut adalah mengatasi gangguan dengan cepat mengingat gangguan yang terbanyak dalam sistem tenaga listrik terdapat dalam jaringan distribusi, khususnya jaringan tegangan menengah.

Jaringan distribusi tegangan rendah merupakan tahap akhir dalam penyaluran tenaga listrik sampai ke pelanggan, dapat diketahui sistem distribusi terdapat dua bagian, yaitu [6]:

2.2.1. Distribusi Primer

Sistem jaringan distribusi primer atau sering disebut jaringan distribusi tegangan menengah (JDTM) terletak diantara gardu induk dengan gardu pembagi, yang memiliki tegangan sistem lebih tinggi dari tegangan terpakai untuk konsumen. Standar tegangan untuk jaringan distribusi primer ini adalah 6 kV, 10 kV, dan 20 kV (sesuai standar PLN) [6]

2.2.2 Distribusi Sekunder

Sistem jaringan distribusi sekunder atau sering disebut jaringan distribusi tegangan rendah (JDTR) berfungsi sebagai penyalur energi listrik dari gardu pembagi (gardu distribusi) ke pusat beban (konsumen tenaga listrik). Tegangan untuk jaringan distribusi sekunder ini adalah 127/220 V pada sistem lama, dan 220/380 V pada sistem baru untuk perumahan, serta 440/550 V untuk daerah industri[6].

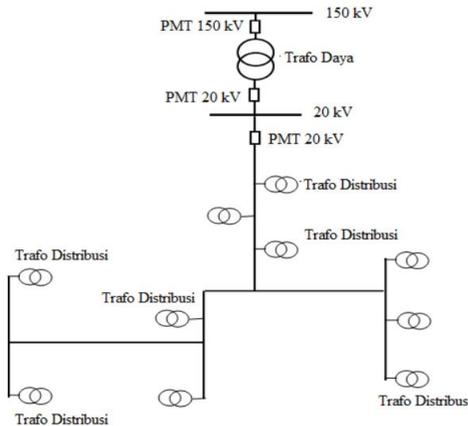
2.2.3 Konfigurasi Jaringan Distribusi

saluran atau biasa disebut penyulang adalah sarana dalam penyaluran energi listrik ke beban. Berdasarkan konfigurasi jaringan, ada beberapa macam sistem jaringan, yaitu:

1. Sistem Jaringan *Radial*.
2. Sistem Jaringan *loop*.
3. Sistem Jaringan *Spindel*[6].

2.2.3.1 Sistem Jaringan *Radial*

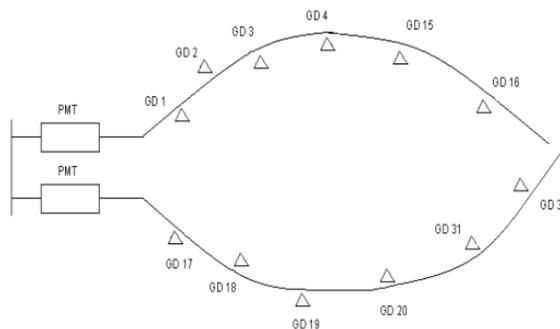
Sistem jaringan ini memiliki bentuk yang paling sederhana. Saluran ini ditarik secara *radial* kemudian di cabangkan ke titik beban yang di layani, oleh karena itu dinamakan jaringan *radial*. Dapat dilihat pada gambar berikut sistem jaringan *radial*[6].



Gambar 2.2 Sistem Jaringan Distribusi *Radial* [6]

2.2.3.2 Sistem Jaringan *Loop*

Jaringan *loop* merupakan jaringan dengan bentuk tertutup, atau juga biasa disebut jaringan ring. Dapat dilihat pada gambar dibawah, dimana jaringan *loop* memungkinkan dapat melayani titik beban dari dua arah saluran. Sehingga memiliki kontinuitas dalam penyediaan daya yang lebih terjamin, hal ini memberikan kualitas daya yang lebih baik, karena memiliki *drop* tegangan dan rugi daya pada saluran lebih kecil [6].

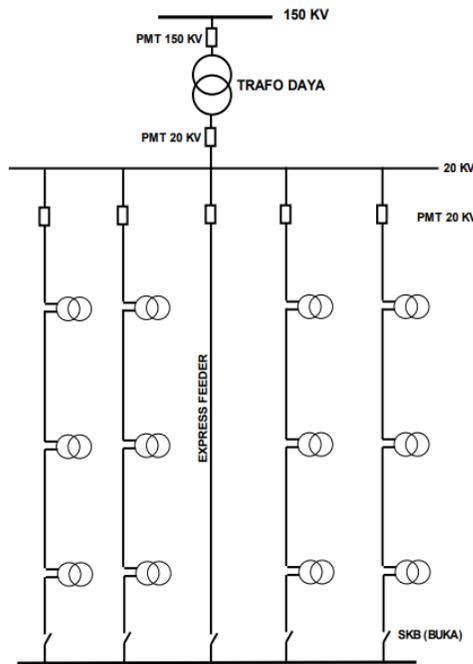


Gambar 2.3 Sistem Jaringan Distribusi *Loop*[6]

2.2.3.3 Sistem Jaringan *Spindel*

Sistem jaringan *Spindel* sangat cocok digunakan pada kota kota besar. Dikarenakan sistem jaringan *spindel* merupakan saluran kabel bawah tanah tegangan menengah (SKTM). Jaringan distribusi *spindel* dapat memenuhi peningkatan kontinuitas dalam pelayanan sistem, menurunkan gangguan yang dapat menyebabkan rugi-rugi, mensuplai

daya dengan baik pada daerah yang mempunyai kepadatan beban yang cukup tinggi. Dan mudah dalam melakukan perluasan jaringan.[6]



Gambar 2.4 Sistem Jaringan Distribusi *Spindel*[6]

2.3 Kabel Listrik Tegangan Menengah

Kabel listrik tegangan menengah umumnya dirancang untuk kabel berinti tunggal (*single core armoured dan non-armoured*), kabel berinti 3 (*armoured dan non-armoured*) dan kabel tiga inti tunggal (*three-single core cable*, untuk bawah tanah dan hantaran udara)[7].

2.3.1 KHA (Kemampuan Hantar Arus)

Menurut PUIL 2011, (SPLN 64: 1985) KHA adalah kemampuan dari kawat penghantar untuk dilewati oleh arus listrik dalam jumlah maksimum. Dalam definisi yang lain, KHA juga bisa diartikan sebagai total beban maksimum yang mampu ditahan penghantar tersebut secara terus menerus dan dalam batas yang aman[7]

2.3.2 Kabel Listrik Hantar Udara

- AAC (*All Aluminum Conductors*)



Gambar 2.5 Kawat AAC[8]

Kabel AAC (*All Aluminium Conductors*) adalah kawat hantar udara dari aluminium keras yang dipilin bulat, tidak berisolasi dan tidak berinti baja. Digunakan pada proses transmisi dan distribusi. Mempunyai ukuran luas penampang berkisar antara 16-240 mm²[7].

- *All Aluminum Alloy Conductor* (AAAC)



Gambar 2.6 Kawat AAAC[7]

Kabel AAAC adalah penghantar yang terbuat dari kawat-kawat aluminium campuran yang dipilin, tidak berisolasi dan tidak berinti. Mempunyai ukuran luas penampang berkisar antara 16-240 mm²[7].

- *All Aluminum Alloy Conductor Shielded* (AAACS)

AAACS (*All Aluminium Alloy Conductor Shielded*) merupakan kawat penghantar AAAC yg berselubung polietilen ikat silang (XPLE). Memiliki penghantar berupa aluminium paduan dipilin bulat tidak dipadatkan. Isolasi kabel AAACS memiliki ketahanan isolasi, sampai dengan

6 kV sehingga membuat penghantar jenis ini harus diperlakukan sama seperti penghantar udara telanjang[7].

2.3.3 Kabel Saluran Bawah Tanah

Kabel Tanah adalah salah satu / beberapa kawat yang diisolasikan, sehingga tahan terhadap tegangan hingga batasan tertentu antara penghantar yang satu dengan penghantar yang lain atau pun penghantar dengan tanah dibungkus dengan pelindung, sehingga tahan terhadap pengaruh kimia yang ada dalam tanah[9].

Tabel 2. 1 Jenis-Jenis Kabel SKTM[9]

No.	kode	Jenis Kabel SKTM
1	SPLN 43-5-1:1995	Kabel Pilin bawah tanah dengan isolasi XLPE dan selubung PE/PVC, 12/20 (24) kV
2	SPLN 43-5-2:1995	Kabel Pilin Udara dengan isolasi XLPE dan selubung PVC, penggantung Penghantar Baja, 12/20 (24) kV
3	SPLN 43-5-3:1995	Kabel berinti tunggal bawah tanah Berisolasi XLPE dan selubung PE/PVC, tidak atau menggunakan Perisai, memiliki 3,6/6 (7,2) kV - 12/20 (24) kV
4	SPLN 43-5-4:1995	Kabel Inti Tiga bawah tanah dengan isolasi XLPE dan selubung PE/PVC, tidak atau menggunakan Perisai, 3,6/6 (7,2) kV - 12/20 (24) kV
5	SPLN 43-5-5:1995	Kabel Inti Tunggal bawah tanah dengan isolasi XLPE dan selubung PE/PVC, penghantar tembaga, tidak atau menggunakan Perisai, 3,6/6 (7,2) kV - 12/20
6	SPLN 43-5-6:1995	Kabel Inti Tiga bawah tanah isolasi XLPE dan selubung PE/PVC penghantar tembaga, tidak atau menggunakan Perisai, 3,6/6 (7,2) kV - 12/20

2.4 Beban Listrik

2.4.1 Klasifikasi Beban Listrik

Secara umum beban yang dilayani oleh sistem distribusi tenaga listrik dibagi menjadi beberapa sektor, yaitu : sektor perumahan, sektor industri, sektor komersial dan sektor usaha. Masing - masing sektor beban tersebut mempunyai karakteristik - karakteristik beban yang berbeda, sebab hal ini berkaitan dengan pola konsumsi energi pada masing - masing konsumen di sektor tersebut. Karakteristik beban sektor perumahan ditunjukkan oleh adanya fluktuasi konsumsi energi elektrik yang sangat besar. Hal ini disebabkan konsumsi energi listrik lebih dominan di malam hari.

Sedangkan pada sektor industri, fluktuasi konsumsi energi sepanjang hari akan hampir sama, mengakibatkan perbandingan beban puncak dengan beban rata-rata hampir mendekati satu. Beban pada sektor komersial dan usaha mempunyai karakteristik yang hampir sama, hanya saja pada sektor komersial mempunyai beban puncak yang lebih tinggi ketika malam hari[10].

Berdasarkan pemakaian energi listrik, secara garis besar, beban listrik dapat diklasifikasikan ke dalam :

a. Beban Rumah Tangga

Beban listrik rumah tangga biasanya berupa lampu sebagai penerangan, alat-alat rumah tangga, seperti : pemanas air, lemari es, kipas angin dan lain-lain[10].

b. Beban Komersial

Beban komersial (bisnis) pada umumnya terdiri dari penyejuk udara, penerangan untuk reklame dan alat-alat listrik lainnya yang digunakan pada restoran, hotel dan juga perkantoran. Beban ini secara drastis naik di siang hari untuk beban perkantoran dan pertokoan, dan akan menurun di sore hari[10].

c. Beban Industri

Beban Industri terbagi menjadi skala kecil dan skala besar, pada skala kecil kebanyakan beroperasi pada siang hari sedangkan industri skala besar sekarang ini banyak yang beroperasi sampai dengan 24 jam[10].

d. Beban Fasilitas Umum

Salah satu contoh dari beban fasilitas umum merupakan lampu jalan[10].

2.5 Gangguan pada Sistem Jaringan Listrik

Jaringan distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang berhubungan langsung dengan pelanggan/ konsumen. Apabila dibandingkan dengan jaringan transmisi, jaringan distribusi memiliki total panjang jaringan yang lebih panjang. Dan jumlah gangguannya (sekian kali per 100 km per tahun) juga lebih banyak dibandingkan jumlah gangguan pada saluran-saluran transmisi.

Kebanyakan gangguan pada saluran udara tegangan menengah tidak disebabkan oleh petir melainkan oleh sentuhan pohon, terlebih saluran udara tegangan menengah yang berada di dalam kota yang memiliki bangunan-bangunan tinggi dan pohon-pohon yang melebihi tiang saluran udara tegangan menengah.

Dikarenakan hal itu, saluran udara tegangan menengah lebih terlindungi dari sambaran petir namun rawan diganggu oleh sentuhan pohon. Gangguan tersambar petir ataupun karena bersentuhan dengan pohon ini sifatnya temporer (sementara), oleh sebab itu penggunaan penutup balik otomatis (*recloser*) akan mengurangi waktu pemutusan penyediaan daya (*supply interrupting time*)[11].

2.5.1 Jenis-Jenis Gangguan pada Sistem Distribusi

1) Gangguan Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat bisa terjadi antar fasa (3 fasa atau 2 fasa) atau fasa ke tanah dan sifatnya bisa temporer atau permanen[11].

2) Gangguan Beban Lebih

Gangguan beban lebih disebabkan oleh pembebanan sistem distribusi yang melebihi kapasitas sistem terpasang. Gangguan ini sebenarnya bukan gangguan murni, tetapi bila dibiarkan berlangsung dapat merusak peralatan[11].

2.5.2 Penyebab Gangguan

1) Gangguan *Internal* (dari dalam):

Merupakan gangguan yang disebabkan oleh sistem itu sendiri. Misalnya gangguan hubung

singkat, *switching* kegagalan isolasi, kerusakan pada alat, kerusakan pada pembangkit dan lain - lain.

2) Gangguan *External* (dari luar)

Merupakan gangguan yang disebabkan oleh alam atau diluar sistem. Misalnya terputusnya saluran/kabel karena angin, badai, pepohonan, layang - layang, petir dan sebagainya.

3) Gangguan Karena Faktor Manusia

Merupakan gangguan yang disebabkan oleh kecerobohan atau kelalaian operator, tidak mengindahkan peraturan pengamanan diri, ketidak telitian, dan lain-lain[11]

2.5.3 Akibat Gangguan

1) Beban Lebih

Pada saat terjadi gangguan, sistem akan mengalami kelebihan beban disebabkan arus gangguan yang mengalir ke sistem, gangguan ini akan mengakibatkan sistem menjadi tidak normal, apabila dibiarkan dalam waktu yang lama dapat membahayakan peralatan sistem.

2) Hubung Singkat

Hubung singkat ini mengakibatkan gangguan yang bersifat temporer maupun yang bersifat permanen. Gangguan permanen dapat terjadi pada hubung singkat 3 fasa, 2 fasa ke tanah, hubung singkat antar fasa maupun hubung singkat 1 fasa ke tanah. Sedangkan pada gangguan temporer terjadi karena *flash over* antara penghantar dan tiang, antar penghantar dan tanah, antara penghantar dan kawat tanah dan lain - lain[11].

2.6 Gangguan Hubung singkat pada Sistem Tenaga Listrik

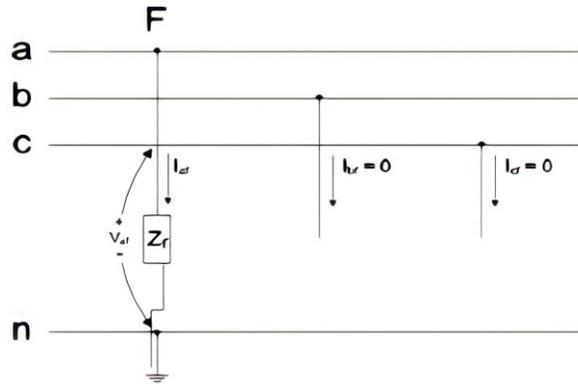
Gangguan hubung singkat merupakan suatu kondisi pada sistem kelistrikan dimana penghantar yang mengalirkan arus menyentuh penghantar lain atau dengan tanah. Gangguan hubung singkat ini berpotensi menimbulkan lonjakan arus yang jauh lebih besar dari pada ketika sistem dalam keadaan normal. Apabila gangguan hubung singkat dibiarkan dalam waktu yang lama, maka akan menimbulkan :

1. Menurunnya batas-batas kestabilan sistem daya pada sistem tenaga listrik
2. Rusaknya peralatan listrik yang berlokasi dekat dengan gangguan
3. Berpotensi terjadinya ledakan pada peralatan yang mengandung minyak isolasi ketika terjadi hubung singkat, dan berpotensi menimbulkan kebakaran.

4. Dapat memicu *cascading* (terpecahnya keseluruhan daerah pelayanan sistem daya tenaga listrik)[12].

2.6.1 Gangguan Hubung singkat Satu Fasa ke Tanah

Gangguan satu fasa ke tanah akan berdampak pada naiknya arus pada fasa yang terganggu dan membuat tegangan menjadi nol, sedangkan arus pada fasa lain menjadi nol yang diikuti dengan kenaikan tegangan pada fasa yang lain.



Gambar 2.8 Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah[13]

Gangguan satu fasa ke tanah pada Gambar 2.8 menyatakan bahwa [12]:

$$I_b = I_c = 0$$

$$V_a = 0$$

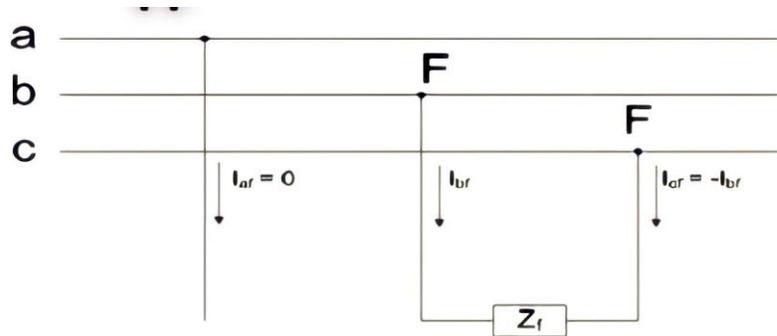
Sehingga diperoleh persamaan (2.1) dan (2.2) [12]:

$$I_{a0} = I_{a1} = I_{a2} = \frac{V_f}{Z_0 + Z_1 + Z_2} \dots \dots \dots (2.1)$$

$$I_f = I_a = \frac{3V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \dots \dots \dots (2.2)$$

2.6.2 Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa

Gangguan dua fasa adalah gangguan yang terjadi dari penyebab putusnya kawat fasa tengah pada transmisi atau distribusi dengan konfigurasi tersusun vertikal. Kemungkinan lain adalah dari penyebab kerusakan isolator di transmisi atau distribusi dua fasa sekaligus, atau bisa juga akibat *back flashover* antara tiang dan dua kawat fasa sekaligus sewaktu tiang transmisi atau distribusi yang mempunyai tahanan kaki tiang yang tinggi tersambar petir, dan lain-lain.[12]



Gambar 2. 9 Gangguan Hubung Singkat 2 fasa pada Sistem Tenaga[13]

Kondisi terminal sebagai berikut [12]

$$V_b = V_c ; \quad I_b = -I_c ; \quad I_a = 0; \quad V_b - V_c = I_b Z_f$$

Untuk persamaan arus yang digunakan diperoleh dari komponen simetris [12]:

$$I_{a1} = \frac{1}{3} (I_a + aI_b + a^2I_c) = \frac{1}{3}(a-a^2) I_b$$

$$I_{a2} = \frac{1}{3} (I_a + a^2I_b + aI_c) = \frac{1}{3}(a^2-a) -I_b$$

$$I_{a1} = -I_{a2}$$

$$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2} = \frac{V_f}{2Z_1} \dots \dots \dots (2.3)$$

Maka [12]

$$I_f = I_b = a^2I_{a1} + aI_{a2} + I_{a0}$$

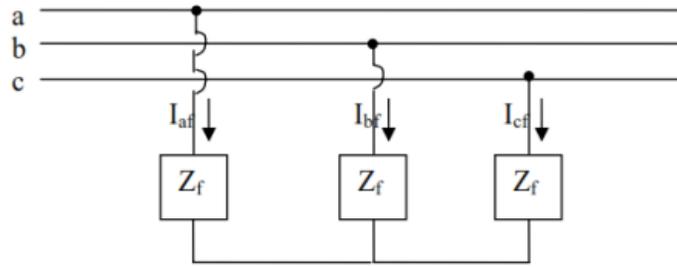
$$= (a^2-a)I_{a1}$$

$$= (a^2 - a) \frac{V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_f}$$

$$I_f = I_b = -j\sqrt{3} \frac{V_f}{Z_1 + Z_2}$$

$$I_f = -j\sqrt{3}I_{a1} \dots \dots \dots (2.4)$$

2.6.3 Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa



Gambar 2.10 Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa[13]

Gangguan hubung singkat tiga fasa termasuk dalam klasifikasi gangguan simetris, dimana arus maupun tegangan setiap fasanya tetap seimbang setelah gangguan terjadi. Sehingga pada sistem seperti ini dapat dianalisa dengan menggunakan komponen urutan positif saja, menggunakan rumus (2.5) [12]

$$I_a = I_{a1} = I_f = \frac{V_f}{Z_1} \dots \dots \dots (2.5)$$

2.7 Dasar Proteksi Sistem Tenaga Listrik

Sistem proteksi/pengaman suatu tenaga listrik yang membentuk suatu pola pengaman terdiri dari rele, *Current Transformer* (CT) dan *Voltage Transformer* (VT) yang merupakan perangkat instrumen pada rele pengaman, sumber daya yang menjadi sumber untuk mengoperasikan rele pengaman dan pemutus tenaga yang akan menerima perintah akhir dari rele pengaman.

Sehingga dapat disimpulkan sistem proteksi/pengaman tenaga listrik adalah satu kesatuan antara CT, VT, Rele, sumber DC, dan PMT. Apabila salah satu dari komponen tersebut terganggu akan mengakibatkan sistem proteksi tidak bekerja secara optimal[14].

2.7.1 Syarat-Syarat Kelayakan Sistem Proteksi

1. Keandalan

Keandalan merupakan tingkat kepastian bahwa sebuah rele akan beroperasi dengan baik. Sedangkan keamanan adalah kemampuannya untuk menghindari kesalahan dan masalah-masalah di luar zona ruangan khusus operasi.

2. Selektivitas

Selektivitas adalah proses pengaturan rele proteksi yang melampaui rele lainnya sehingga mereka beroperasi secepat mungkin dalam zona utama mereka.

3. Kecepatan Operasi

Sangat diharapkan bahwa sistem proteksi mengisolasi zona gangguan harus secepat mungkin, dengan demikian kecepatan sangatlah penting agar area yang dilindungi beroperasi secara stabil dan terhindar dari kerusakan.

4. Kesederhanaan

Sebuah sistem rele proteksi harus sederhana dan semudah mungkin hal ini guna mencapai hasil tujuan yang jelas. Dan perlindungan harus dipertimbangkan sangat hati-hati.

5. Ekonomi

Dasar untuk mendapatkan perlindungan maksimal untuk biaya yang minimal, karena biaya selalu menjadi faktor utama. Selain itu, ini mungkin melibatkan kesulitan-kesulitan yang lebih besar dalam instalasi dan operasi, serta biaya pemeliharaan yang lebih tinggi[14].

2.8 Rele Proteksi

Rele merupakan suatu peralatan yang dirancang untuk merasakan atau mendeteksi, mengukur adanya gangguan dan mulai merasakan adanya ketidak normalan peralatan listrik dan segera secara otomatis memerintahkan pemutus tenaga untuk memisahkan peralatan atau bagian dari sistem yang mengalami gangguan dan memberi isyarat berupa bel atau lampu. Rele pada sistem tenaga listrik mempunyai fungsi sebagai berikut :

- mendeteksi, mengukur, dan menentukan bagian sistem yang terganggu serta memisahkan secepatnya dari keseluruhan sistem sehingga sistem lainnya yang tidak terganggu dapat beroperasi secara normal.
- Memperkecil dampak kerusakan dari peralatan yang terganggu.
- Mengurangi dampak gangguan sistem yang tidak terganggu di dalam sistem tersebut. Dan mencegah meluasnya gangguan serta memperkecil bahaya bagi manusia.

Rele proteksi dapat diklasifikasi berdasarkan fungsi atau kegunaannya. Berikut ini adalah klasifikasi rele berdasarkan fungsi atau kegunaannya[14]

1. *Overcurrent Relay*.

Overcurrent relay atau rele arus lebih bekerja ketika terjadi gangguan hubung singkat yang mengakibatkan kenaikan arus. Rele arus lebih yang ada sekarang terbagi menjadi 2 yaitu sebagai rele arus lebih (*Overcurrent Relay*, OCR) dan rele gangguan tanah (*Ground Fault Relay*, GFR)[15].

2. *Differential Relay*.

Rele yang digunakan khusus untuk mendeteksi perbedaan antara arus yang masuk dalam daerah yang diproteksinya dengan arus yang keluar. Rele ini akan bekerja apabila arus yang masuk tidak sinkron dengan arus yang keluar[14].

3. *Distance Relay*.

Rele jarak (*distance relay*) merupakan proteksi yang paling utama pada saluran transmisi karena kemampuannya dalam menghilangkan gangguan dengan cepat dan pengoperasiannya yang relatif mudah. Rele jarak memiliki prinsip mengukur nilai arus dan tegangan pada titik tertentu untuk mendapatkan nilai dari impedansi saluran tersebut dan kemudian akan digunakan untuk perbandingan dengan nilai *setting* tertentu[16].

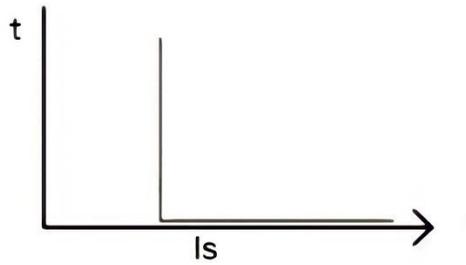
2.9 Rele Arus Lebih

Rele arus lebih adalah salah satu jenis rele proteksi yang memiliki prinsip kerja berdasarkan besarnya arus input yang masuk ke dalam peralatan sensing rele. Apabila arus masuk yang dirasakan melebihi harga arus yang telah *disetting* sebagai standar kerja rele tersebut, maka rele akan bekerja dengan memberikan perintah pada CB untuk membuka sistem[1].

2.9.1 Karakteristik Rele Arus Lebih (OCR)

2.9.1.1 Rele Arus Lebih Seketika (*moment-instantaneous*).

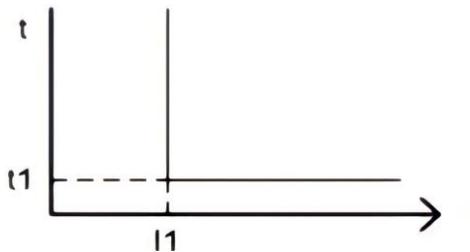
Rele ini merupakan jenis rele arus lebih yang paling sederhana dimana jangka waktu kerja rele yaitu dimulai ketika rele mengalami *pick-up* sampai selesainya kerja rele sangat singkat yakni berkisar antara 20-100 milidetik tanpa memiliki waktu tunda[1].



Gambar 2.11 Karakteristik Rele Arus Lebih Seketika[1]

2.9.1.2 Rele Arus Lebih Waktu Tertentu (*definite time*)

Rele ini merupakan jenis rele arus lebih dimana jangka waktu rele mulai *pick-up* sampai selesainya kerja rele dapat diperpanjang dengan nilai tertentu dan tidak dipengaruhi oleh besarnya arus gangguan yang terjadi[1].

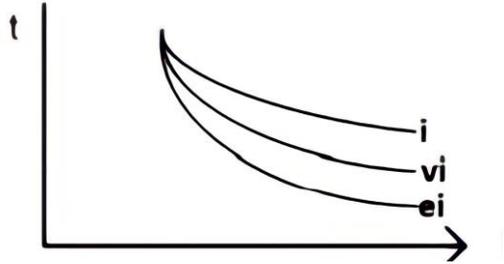


Gambar 2.12 Karakteristik Rele Arus Lebih Tertentu[1]

2.9.1.3 Rele Arus Lebih Berbanding Terbalik

Rele ini merupakan rele arus lebih dimana jangka waktu rele mulai *pick-up* sampai selesainya kerja rele dipengaruhi oleh besarnya arus gangguan yang terjadi, rele ini memiliki sifat terbalik untuk nilai arus dan waktu bekerjanya, karena itu lah rele ini dinamai rele *invers*. Bentuk sifat keterbalikan antara arus dan waktu kerja ini memiliki beberapa golongan antara lain:

- Berbanding terbalik biasa (*inverse*).
- Sangat berbanding terbalik (*very inverse*).
- Sangat berbanding terbalik sekali (*extremely inverse*[1]).



Gambar 2.13 Karakteristik Rele Arus Lebih Berbanding Terbalik[1]

2.10 Setting Rele Arus Lebih

Dalam pengaturan rele arus lebih tipe *invers* terdapat 2 hal utama yang perlu diperhatikan yaitu *setting* untuk nilai *pick-up* dan nilai *time multiplier setting* nya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada bahasan dibawah ini [17]:

2.10.1 Setting Rele Arus Lebih Waktu *Inverse*

Untuk *setting Overcurrent Relay* (OCR) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut : *setting Overcurrent Relay* (OCR) yang ditempatkan untuk memproteksi penyulang dihitung berdasarkan arus beban maksimum yang mengalir pada penyulang tersebut. Rele *inverse* biasa di set $1,05 - 1,2 \times I$ beban[17],

Arus *setting* primer menggunakan rumus (2.8) dan (2.9)[17].

$$I_p = 1,2 \times I_{\text{beban}} \dots \dots \dots (2.6)$$

$$I_s = I_p \times \frac{1}{\text{rasio CT}} \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana :

I_s = Arus *setting* sekunder.

I_p = Arus *setting* primer.

Sedangkan untuk menentukan nilai *setting time dial* dapat menggunakan rumus (2.8) sebagai berikut [17]:

$$t = \frac{\beta \times \text{TMS}}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{\alpha-1}} \dots \dots \dots (2.8)$$

perlu diingat untuk nilai TMS dapat menggunakan rumus (2.9) [17]:

$$\text{TMS} = \frac{t \times \left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{\alpha-1}}{\beta} \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana :

Tabel 2. 2 Koefisien *Invers Time Dial* [18]

Tipe Kurva <i>Inverse</i>	Koefisien	
	α	β
<i>Standard Inverse</i>	0,02	0,14
<i>Very Inverse</i>	1,00	13,50
<i>Extremely Inverse</i>	2,00	80,00

2.11 Rele Gangguan Tanah

Pada dasarnya rele gangguan tanah adalah rele arus lebih yang berfungsi apabila terjadi gangguan fasa ke tanah. Rele gangguan tanah (*Ground Fault Relay*) berfungsi untuk memproteksi jaringan tenaga listrik terhadap gangguan satu fasa ke tanah, dua fasa ke tanah dan tiga fasa ke tanah[19].

Untuk menentukan *setting* arus sisi primer dapat menggunakan rumus (2.10) [19]

$$I_{set(primer)} = 10\% \times I_{hs\ 1\phi} \text{ (gangguan 100\% panjang penyulang) } \dots\dots\dots(2.10)$$

Nilai setelan sisi sekunder didapatkan dengan menggunakan rasio trafo arus (CT) (2.11) [19]

$$I_{set\ (sekunder)} = I_{set(primer)} \times \frac{1}{ratio\ CT} \dots\dots\dots (2.11)$$

Arus gangguan yang dipilih untuk menentukan besarnya *setting* TMS rele Gangguan Ke Tanah atau *Ground Fault Relay* (GFR) sisi penyulang 20 kV transformator tenaga yaitu arus gangguan hubung singkat 1 fase di 0 % panjang penyulang menggunakan rumus (2.12) [19]:

$$t = \frac{\beta \times TMS}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right)^{\alpha-1}} \dots\dots\dots(2.12)$$

2.12 Perhitungan Arus Hubung Singkat

Perhitungan arus hubung singkat digunakan untuk mengetahui seberapa besar arus gangguan yang terjadi, hasil dari perhitungan ini akan dijadikan patokan dalam menetapkan *setting* proteksi rele. Hal hal yang dilakukan dalam perhitungan ialah[20] :

2.12.1 Menghitung Impedansi

a. Menyamakan satuan per unit

Untuk mempermudah dalam menghitung arus, dan impedansi gangguan maka satuannya disamakan menjadi satuan per unit dengan persamaan (2.13), (2.14) dan (2.15)

I_{base} pada sisi 150 kV :

$$I_{base} = \frac{MVA_{base}}{\sqrt{3} \times kV_{base}} = \frac{60 \times 1000}{\sqrt{3} \times 150} = 230,9401 A \dots \dots \dots (2.13)$$

I_{base} pada sisi 20 kV :

$$I_{base} = \frac{MVA_{base}}{\sqrt{3} \times kV_{base}} = \frac{60 \times 1000}{\sqrt{3} \times 20} = 1732,0508 A \dots \dots \dots (2.14)$$

$$Z_{base} = \frac{kV_{base}^2}{MVA_{base}} = \frac{20^2}{60} = 6,6667 \Omega \dots \dots \dots (2.15)$$

b. MVA hubung singkat

Sebelum menghitung impedansi sumber terlebih dahulu harus menghitung MVA hubung singkat satu fasa ke tanah dan tiga fasa, dapat dihitung menggunakan rumus (2.13) dan (2.14):

MVA hubung singkat satu fasa ke tanah (2.16) [21]:

$$MVAsc1\phi tanah = 150 \times I_{sc1\phi tanah} \times \sqrt{3} \dots \dots \dots (2.16)$$

MVA hubung singkat tiga fasa (2.17)[21]:

$$MVAsc3\phi = 150 \times I_{sc3\phi} \times \sqrt{3} \dots \dots \dots (2.17)$$

c. Impedansi Sumber

Untuk menghitung nilai impedansi sumber pada sisi 20 kV, maka terlebih dahulu memerlukan nilai impedansi sumber di sisi 150 kV, impedansi sumber di sisi 150 kV dapat dihitung menggunakan rumus (2.18) [20] :

$$Z_{(sisi\ 150\ kV)} = \frac{kV^2}{MVA_{hs}} \dots \dots \dots (2.18)$$

Keterangan :

$Z_{(sisi\ 150\ kV)} = \text{Impedansi sumber } (\Omega)$

$kV = \text{Tegangan sisi primer trafo tenaga (kV)}$

$MVA_{hs} = \text{Kapasitas daya hubung singkat GI (MVA)}$

impedansi sumber di sisi 20 kV dapat dicari dengan mengubah impedansi sumber di sisi 150 kV ke sisi 20 kV, dengan rumus (2.19) [20]:

$$Z_{(sisi\ 20\ kV)} = \frac{kV^2(sisi\ sekunder\ trafo)}{kV^2(sisi\ primer\ trafo)} \times Z_{(sisi\ 150\ kV)} \dots\dots\dots (2.19)$$

d. Impedansi Transformator

Untuk mendapatkan nilai impedansi transformator, nilai yang diambil hanya nilai reaktansinya saja hal ini dikarenakan resistansi pada transformator sangat kecil. Oleh karena itu nilai resistansinya dapat diabaikan. Langkah pertama mencari Z_t pada 100% dengan rumus (2.20) [20]:

$$Z_{1t} = Z_{2t} = Z_t \times \frac{MVA_{baru}}{MVA_{lama}} \times \frac{kV^2_{lama}}{kV^2_{baru}} \dots\dots\dots (2.20)$$

Keterangan :

$Z_t = \text{Impedansi Trafo } (\Omega)$

kV^2 sisi sekunder = Tegangan sisi sekunder trafo (kV)

$MVA_{trafo} = \text{Kapasitas daya trafo (MVA)}$

Tahap kedua mencari impedansi trafo tenaga:

1. Impedansi urutan positif negatif ($Z_{t1} = Z_{t2}$) dihitung dengan rumus (2.21) [20]:

$$Z_t = \% Z_t \text{ yang diketahui} \times Z_t \text{ (pada 100\%)} \dots\dots\dots (2.21)$$

2. Impedansi urutan nol (Z_{t0})

Besarnya impedansi trafo urutan nol bergantung pada hubung belitan trafo yang digunakan, pengaruh hubung belitan trafo adalah sebagai berikut :

- Untuk transformator dengan belitan ΔY , memiliki besar $X_{T0} = X_{T1}$.
- Untuk transformator dengan belitan $Yy\Delta$, kapasitas belitananya sepertiga kapasitas belitan Y, maka besar reaktansi $X_{T0} = 3 \times X_{T1}$.
- Untuk transformator dengan belitan YY tanpa belitan Δ , maka besar reaktansi $X_{T0} = 9$ sampai $14 \times X_{T1}$ [20].

e. Impedansi Penyulang

- Nilai impedansi penyulang dipengaruhi oleh besarnya impedansi kawat penghantar dan panjang penyulangnya. Besarnya impedansi penyulang dapat dihitung menggunakan rumus berikut :
- Urutan positif (Z_1) dan urutan negatif (Z_2) menggunakan rumus (2.22) dan (2.22)[20]

$$Z_{1p} = Z_{2p} = Z_{lp} \times \text{panjang penyulang} \dots \dots \dots (2.22)$$

- Urutan nol (Z_0) menggunakan rumus (2.18) [20]

$$Z_{0p} = Z_{0p} \times \text{panjang penyulang} \dots \dots \dots (2.23)$$

Dimana :

$$Z_{1p} = \text{Impedansi penyulang urutan positif (ohm)}$$

$$Z_{2p} = \text{Impedansi penyulang urutan negatif (ohm)}$$

$$Z_{0p} = \text{Impedansi penyulang urutan nol (ohm)}$$

f. Impedansi Ekuivalen Jaringan

Impedansi ekuivalen yang dicari adalah nilai impedansi positif, negatif, dan nol dari sumber sampai ke titik gangguan. Dalam menghitung impedansi ekuivalen urutan positif dan negatif (Z_{1ek} dan Z_{2ek}), dapat langsung dijumlahkan dikarenakan impedansi tersebut terhubung seri dari sumber sampai ke titik gangguan. Kemudian untuk menghitung impedansi ekuivalen urutan nol (Z_{0ek}) dari sumber ke titik gangguan harus mengetahui tahanan tanah dan hubung belitan yang digunakan pada trafo.

Urutan positif dan urutan negatif dapat dihitung dengan rumus (2.24) [20]:

$$Z_{1ek} = Z_{2ek} = Z_{1s} + Z_{1T} + Z_{1p} \dots \dots \dots (2.24)$$

Dimana :

$$Z_{1ek} = \text{impedansi ekuivalen jaringan urutan positif } (\Omega)$$

$$Z_{2ek} = \text{impedansi ekuivalen jaringan urutan negatif } (\Omega)$$

$$Z_{1s} = \text{impedansi sumber sisi 20 KV } (\Omega)$$

Z_{1T} = impedansi transformator urutan positif dan negatif (Ω)

Z_{1p} = impedansi urutan positif dan negatif (Ω)

Urutan nol dapat dihitung dengan rumus (2.25)[20]:

$$Z_{0ek} = Z_{T0} + 3R_n + Z_{0p} \dots \dots \dots (2.25)$$

Dimana:

Z_{0ek} = impedansi ekivalen jaringan urutan nol (Ω)

Z_{T0} = impedansi transformator urutan nol (Ω)

R_n = impedansi tanah transformator (Ω)

Z_0 = impedansi urutan nol (Ω) [20]

2.12.2 Menghitung arus Hubung Singkat

Setelah mendapatkan nilai impedansi ekivalen dari sumber ke lokasi gangguan. Maka, langkah berikutnya adalah menghitung besarnya arus hubung singkat. Besarnya arus hubung singkat dapat dihitung dengan rumus:

- a. Perhitungan arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah

Untuk menghitung besarnya arus gangguan hubung singkat satu Fasa ke tanah menggunakan rumus (2.2)[12]:

$$I_f = I_a = \frac{3V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \dots \dots \dots (2.2)$$

- b. Perhitungan arus gangguan hubung singkat dua fasa

Untuk menghitung besarnya arus gangguan hubung singkat satu Fasa ke tanah menggunakan rumus (2.4) [12]:

$$I_f = -j\sqrt{3}I_a \dots \dots \dots (2.4)$$

- c. Perhitungan arus gangguan hubung singkat tiga fasa

Untuk menghitung besarnya arus gangguan hubung singkat satu Fasa ke tanah menggunakan rumus (2.5), [12]:

$$I_a = I_{a1} = I_f = \frac{V_f}{Z_1} \dots \dots \dots (2.5)$$

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

3.1.1 Lokasi

Lokasi pengambilan data di PT. PLN (Persero) Wilayah Sumatera Selatan, Jambi dan Bengkulu (WS2JB) Area Palembang

3.1.2. Waktu Penelitian

Waktu pengambilan data pada Desember 2021 hingga bulan Februari 2022

Tabel 3. 2 Tabel Waktu Penelitian

No.	Uraian Kegiatan Penelitian	Jadwal Penelitian							
		Oktober 2021	November 2021	Desember 2021	Januari 2022	Februari 2022	Maret 2022	April 2022	Mei 2022
1.	Studi Literatur								
2.	Proposal Skripsi								
3.	Pengambilan Data								
4.	Pengolahan Data								
5.	Penulisan Skripsi								

3.2 Metode Pengumpulan Data

Ada dua tahapan metode yang digunakan untuk mengumpulkan semua data, yaitu :

3.2.1 Studi Literatur

Literatur-literatur yang dikumpulkan sebagai referensi penulisan diperoleh dengan membaca, memahami dan mempelajari buku referensi, jurnal-jurnal, catatan-catatan kuliah ataupun artikel yang digunakan untuk mempelajari aspek teoritis serta rumusan-rumusan yang

3.2.2 Pengumpulan Data

Dalam pengumpulan data diuraikan menjadi dua jenis data yang digunakan, yaitu :

1. Data-Data Primer

- a. Teknik Observasi, tujuannya untuk mengamati dan menganalisa terhadap suatu objek yang bersangkutan.
- b. Teknik Konsultasi, tujuannya untuk melakukan konsultasi dan diskusi dengan dosen pembimbing mengenai masalah dalam tugas akhir ini.

2. Data-Data Sekunder

Data yang diperoleh dari pihak lain melalui cara riset ke perusahaan, perpustakaan serta membaca buku, jurnal-jurnal, catatan kuliah dan artikel yang berhubungan dengan masalah yang akan dianalisa

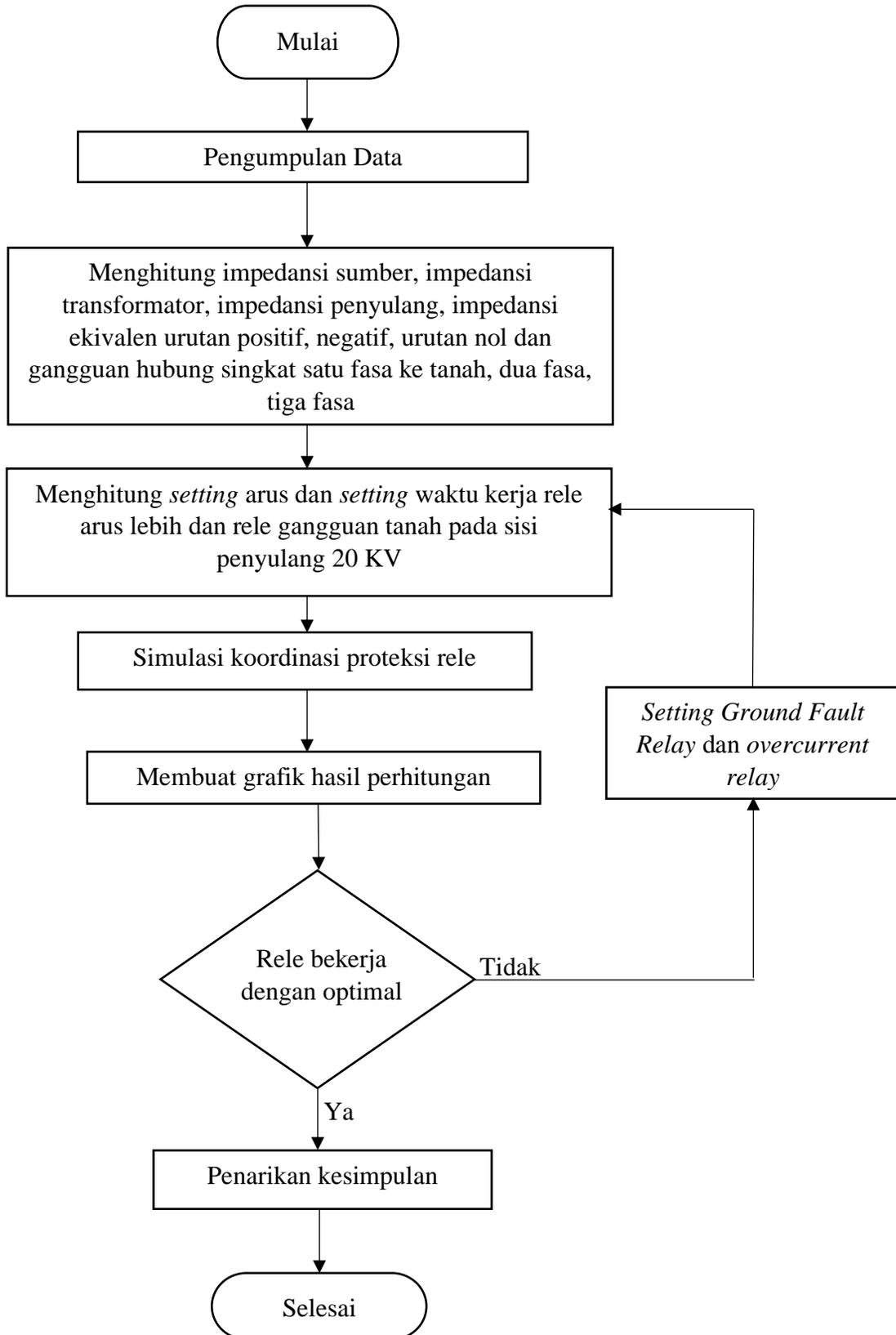
3.3 Pengolahan Data

Data-data yang diperoleh akan dikumpulkan yang kemudian disusun dan dilakukan perhitungan *setting* proteksi *overcurrent relay* dan *ground fault relay* pada sistem distribusi 20 kV di penyulang Parangtritis jurusan Muara Kuang Gardu Hubung Tanjung Raja.

3.4 Analisa Data

Analisa dilakukan dengan mensimulasikan *setting* dan koordinasi rele yang didapatkan dari perhitungan manual menggunakan aplikasi ETAP untuk melihat apakah *setting* yang didapatkan dapat bekerja secara optimal atau tidak. Setelah itu akan dilakukan analisa perbandingan data dari hasil perhitungan dengan data yang ada di lapangan

3.5 Diagram Alir Perhitungan Koordinasi proteksi rele

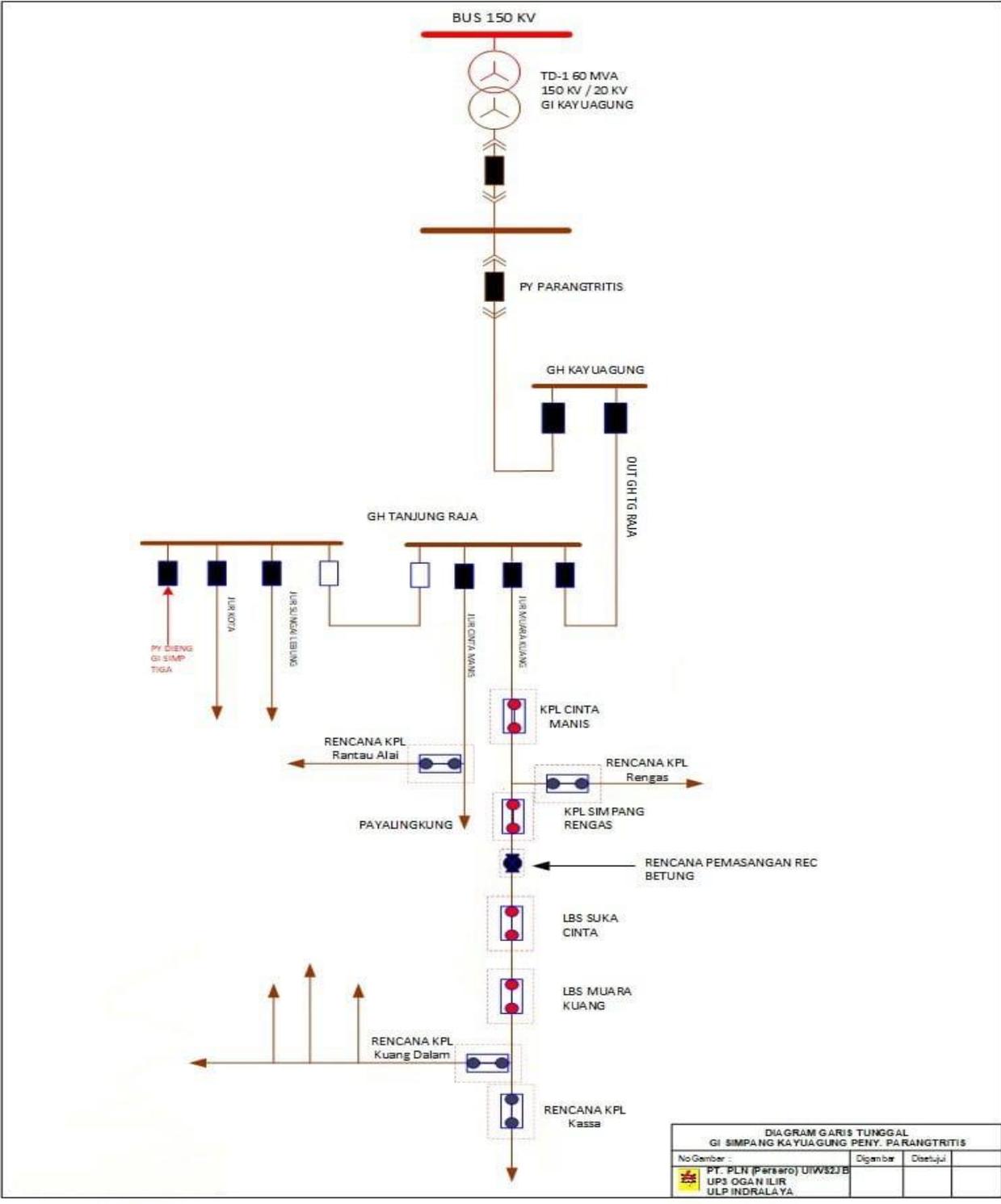


BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Umum

Penyulang Parangtritis adalah penyulang yang memiliki panjang 84,95 km. Penyulang ini disuplai oleh gardu induk yang mengoperasikan transformator daya 1 sebesar 60 MVA dengan tegangan 150/ 20 kV. Awalnya penyulang ini memiliki 3 buah rele proteksi arus lebih yang dipasang pada gardu induk Kayu Agung, gardu hubung Kayu Agung dan Gardu hubung Tanjung Raja. Dikarenakan penambahan beban secara berkala maka PT.PLN persero berencana memasang rele proteksi tambahan pada penyulang Parangtritis yang akan dipasang pada *recloser* setelah gardu hubung Tanjung Raja. Untuk itu diperlukannya analisa terhadap *setting* rele yang telah ada, dikarenakan dengan adanya pemasangan *recloser* pada penyulang Parangtritis, maka *setting* pada rele proteksi otomatis akan berubah. Karena hal ini, penulis ingin melakukan analisa dan evaluasi pada *setting* rele proteksi arus lebih (OCR) dan juga gangguan tanah (GFR) di penyulang Parangtritis. Berikut merupakan *single line diagram* dari penyulang Parangtritis



4.2 Data Peralatan Gardu Induk Kayu Agung

4.2.1 Data Teknis Sistem Jaringan Gardu Induk Kayu Agung

Menghitung MVA hubung singkat satu fasa ke tanah dan tiga fasa menggunakan persamaan (2.13) dan (2.14)

- $I_{sc3\phi} = 7,899 \text{ kA}$
- $I_{sc1\phi \text{ tanah}} = 5,673 \text{ kA}$
- $MVAsc3\phi = 150 \times 7,899 \times \sqrt{3} = 2052,2204 \text{ MVA}$
- $MVAsc1\phi \text{ tanah} = 150 \times 5,673 \times \sqrt{3} = 1473,8886 \text{ MVA}$

4.2.2 Data transformator

Merk	: Powel
Kapasitas daya	: 60 MVA
Tegangan	: 150/20 kV
Ratio CT 150 kV	: 300/1
Ratio CT 20 kV	: 2000/1
Impedansi Transformator	: 12,16 %
Hubung Belitan Trafo	: YNyn0

4.2.3 Data Teknis NGR

Merk	: (Oz Direnc)
Tahanan	: (40 ohm)
Kemampuan Arus	: (300 A)

4.2.4 Data Penyulang

Penyulang yang digunakan pada penelitian ini adalah penyulang parangtritis jurusan muara kuang dikarenakan pada penyulang ini akan ada penambahan *recloser* di penyulang ini

Tabel 4.1 Data CT pada Penyulang Parangtritis

No	Nama Penyulang	Rasio CT	Merk
1	Parangtritis	600/5	siemens
2	Parangtritis Jurusan Tanjung Raja	200/5	siemens
3	Parangtritis Jurusan Muara Kuang	200/5	siemens
4	Parangtritis (<i>Recloser</i>)	200/5	siemens

Tabel 4.2 Data Jenis Penghantar Penyulang Parangtritis (berdasarkan SPLN 64: 1985) [21]

Penyulang	Jenis Penghantar	Panjang saluran (km)	Luas Penampang (mm^2)	Impedansi Urutan Positif/Negatif (Ω / km)	Impedansi Urutan nol (Ω / km)
Parangtritis	AAACS	5,3	150	0,2162 + j 0,3305	0,3631 + j 1,6180
	SKTM (Al)	0,4	240	0,125 + j0,097	0,275 +j0,029
Jur Tanjung raja	AAACS	10,4	150	0,2162 + j 0,3305	0,3631 + j 1,6180
	SKTM (Al)	0,25	150	0,206 + j 0,104	0,356 + j 0,312
Jur Muara Kuang	AAACS	39,95	150	0,2162 + j 0,3305	0,3631 + j 1,6180
	SKTM (Al)	0,15	150	0,206 + j 0,104	0,356 + j 0,312
<i>Recloser</i>	AAACS	28,5	150	0,2162 + j 0,3305	0,3631 + j 1,6180

4.3 Perhitungan Impedansi

4.3.1 Arus dan Impedansi Base

I_{base} pada sisi 150 kV :

$$I_{base} = \frac{MVA_{base}}{\sqrt{3} \times kV_{base}} = \frac{60 \times 1000}{\sqrt{3} \times 150} = 230,9401 \text{ A}$$

I_{base} pada sisi 20 kV :

$$I_{base} = \frac{MVA_{base}}{\sqrt{3} \times kV_{base}} = \frac{60 \times 1000}{\sqrt{3} \times 20} = 1732,0508 \text{ A}$$

$$Z_{base} = \frac{kV_{base}^2}{MVA_{base}} = \frac{20^2}{60} = 6,6667 \Omega$$

4.3.2 Impedansi Sumber

- Impedansi sumber pada sisi 150 kV dihitung menggunakan persamaan (2.15)

$$X_1=X_2=\frac{kV^2(\text{sisi primer trafo})}{MVA_{sc3\phi}}=\frac{150^2}{2052,2204}=j10,9637 \Omega$$

- Impedansi sumber pada sisi 20 kV dihitung menggunakan persamaan (2.16)

$$X_1=X_2=\frac{kV^2(\text{sisi sekunder trafo})}{kV^2(\text{sisi primer trafo})} \times X_1(\text{sisi primer})$$

$$X_1=\frac{20^2}{150^2} \times j10,9637 = j0,1949 \Omega$$

$$Z_{1s}=Z_{2s}=\frac{X_1}{Z_{base}}=\frac{j0,1949}{6,6667}=j0,0292 pu$$

4.3.3 Impedansi Transformator

Agar dapat mengetahui nilai reaktansi urutan positif, negatif, dan nol perlu dilakukan perhitungan pada 100% ohm. Reaktansi trafo pada gardu induk Kayu Agung sebesar 12,16 %. Impedansi Transformator dihitung menggunakan persamaan (2.17)

$$X_t = j0,1216$$

$$Z_{1t} = Z_{2t} = Z_t \times \frac{MVA_{baru}}{MVA_{lama}} \times \frac{kV^2_{lama}}{kV^2_{baru}}$$

$$Z_{1t} = Z_{2t} = j0,1216 \times \frac{60}{60} \times \frac{20^2}{20^2} = j0,1216 pu$$

Dikarenakan trafo pada gardu induk Kayu Agung yang menyuplai penyulang Parangtritis menggunakan belitan YNyn0 maka besarnya impedansi urutan nolnya adalah 9-14 kali urutan positifnya.

$$Z_{0T} = 10 \times j0,1216 = j1,216 pu$$

4.3.4 Impedansi Penyulang

1. Gardu Induk

Gangguan terbesar pada gardu induk Kayu Agung diasumsikan terjadi didepan kabel SKTM nya sehingga panjangnya impedansi penyulang setara dengan panjangnya SKTM pada gardu induk kayu agung

Panjang penyulang : 0,4 km (SKTM Al 240 mm²)

Impedansi Gardu Induk dihitung menggunakan persamaan (2.19) dan (2.20):

$$Z_1=Z_2 = ((0,125 + j0,097) \times 0,4) = 0,05 + j0,0388\Omega$$

$$Z_1=Z_2 = \frac{0,05 + j0,0388}{6,6667} = 0,0075 + j0,0058 pu$$

$$Z_0 = ((0,275 + j0,029) \times 0,4) = 0,11 + j0,0116 \Omega$$

$$Z_0 = \frac{0,11 + j0,0116}{6,6667} = 0,0165 + j 0,0017 pu$$

2. Penyulang Parangtritis

Panjang penyulang : 5,3 km (AAACS 150 mm²) + 0,4 km (SKTM Al 240 mm²)

Impedansi penyulang Parangtritis dihitung menggunakan persamaan (2.19) dan (2.20):

$$Z_1=Z_2 = ((0,2162 + j0,3305) \times 5,3) + ((0,125 + j0,097) \times 0,4) = 1,1958 + j1,7903 \Omega$$

$$Z_1=Z_2 = \frac{1,1958 + j1,7903}{6,6667} = 0,1793 + j0,2685 pu$$

$$Z_0 = (0,3631 + j1,618) \times 5,3 + ((0,275 + j0,029) \times 0,4) = 2,0344 + j8,5868 \Omega$$

$$Z_0 = \frac{2,0344 + j8,5868}{6,6667} = 0,3052 + j 1,288 pu$$

3. Penyulang Parangtritis jurusan Tanjung Raja

Panjang penyulang : untuk menghitung besarnya impedansi penyulang Parangtritis jurusan Tanjung Raja, panjangnya jaringan diambil dari trafo tenaga yang digunakan hingga ke penyulang Parangtritis jurusan Tanjung Raja sehingga panjang penyulang adalah 15,7 km (AAACS 150 mm²) + 0,4 km (SKTM Al 240 mm²) + 0,25 km (SKTM Al 150 mm²)

Impedansi penyulang Tanjung Raja dihitung menggunakan persamaan (2.19) dan (2.20):

$$\begin{aligned} Z_1=Z_2 &= (0,2162 + j 0,3305) \times 15,7 + ((0,125 + j0,097) \times 0,4) + ((0,206 + j 0,104) \times 0,25) \\ &= 3,495 + j5,2533 \Omega \end{aligned}$$

$$Z_1=Z_2 = \frac{3,495 + j5,2533}{6,6667} = 0,5243 + j0,788 pu$$

$$\begin{aligned} Z_0 &= (0,3631 + j 1,6180 \times 15,7 + ((0,275 + j0,029) \times 0,4) + ((0,356 + j 0,312) \times 0,25) \\ &= 5,8995 + j25,4915 \Omega \end{aligned}$$

$$Z_0 = \frac{5,8995 + j25,4915}{6,6667} = 0,8849 + j3,8237 pu$$

4. Penyulang Parangtritis jurusan Muara Kuang

Panjang penyulang : untuk menghitung besarnya impedansi penyulang Parangtritis jurusan Muara Kuang, panjangnya jaringan diambil dari trafo tenaga yang digunakan hingga ke penyulang Parangtritis jurusan Muara Kuang sehingga panjang penyulang adalah 55,65 km (AAACS 150 mm²) + 0,4 km (SKTM Al 240 mm²) + 0,4 km (SKTM Al 150 mm²)

Impedansi penyulang Muara Kuang dihitung menggunakan persamaan (2.19) dan (2.20):

$$\begin{aligned} Z_1=Z_2 &= (0,2162 + j 0,3305) \times 55,65 + ((0,125 + j0,097) \times 0,4) + ((0,206 + j 0,104) \times 0,4) \\ &= 12,1629 + j18,4712 \Omega \end{aligned}$$

$$Z_1=Z_2 = \frac{12,1629 + j18,4712}{6,667} = 1,8244 + j2,7707 pu$$

$$\begin{aligned} Z_0 &= (0,3631 + j 1,6180) \times 55,65 + ((0,275 + j0,029) \times 0,4) + ((0,356 + j 0,312) \times 0,4) \\ &= 20,4585 + j90,1758 \Omega \end{aligned}$$

$$Z_0 = \frac{20,4585 + j90,1758}{6,6667} = 3,0687 + j13,5263 pu$$

5. Penyulang Parangtritis (Reclose)

Panjang penyulang : untuk menghitung besarnya impedansi penyulang Parangtritis jurusan Muara Kuang, panjangnya jaringan diambil dari trafo tenaga yang digunakan hingga ke *recloser* sehingga panjang penyulang adalah 84,15 km (AAACS 150 mm²) + 0,4 km (SKTM Al 240 mm²) + 0,4 km (SKTM Al 150 mm²)

Impedansi penyulang parangtritis (*recloser*) dihitung menggunakan persamaan (2.19) dan (2.20):

$$\begin{aligned} Z_1=Z_2 &= ((0,2162 + j 0,3305) \times 84,15) + ((0,125 + j0,097) \times 0,4) + \\ &((0,206 + j 0,104) \times 0,4) = 18,324 + j27,8896 \Omega \end{aligned}$$

$$Z_1=Z_2 = \frac{18,324 + j27,8896}{6,667} = 2,7486 + j4,1834 \text{ pu}$$

$$\begin{aligned} Z_0 &= (0,3631 + j 1,6180) \times 84,15 + ((0,275 + j0,029) \times 0,4) + ((0,356 + j0,312) \times 0,4) \\ &= 30,8066 + j136,2876 \Omega \end{aligned}$$

$$Z_0 = \frac{30,8066 + j136,2876}{6,667} = 4,621 + j20,443 \text{ pu}$$

4.3.5 Impedansi Ekivalen

1. Gardu Induk Kayu Agung

- Impedansi ekivalen urutan positif dan negatif ($Z_{1ek} = Z_{2ek}$) dihitung menggunakan persamaan (2.21):

$$Z_{1ek} = Z_{2ek} = Z_{1s} + Z_{1T} + Z_{1p}$$

$$Z_{1ek} = j0,0292 + j0,1216 + 0,0075 + j0,0058$$

$$Z_{1ek} = 0,0075 + j0,1566 \text{ pu}$$

- Impedansi ekivalen urutan nol dihitung menggunakan persamaan (2.22):

$$R_n = \frac{R_n}{Z_{base}} = \frac{40}{6,6667} = 6 \text{ pu}$$

$$Z_{0ek} = Z_{0T} + 3R_n + Z_{0p}$$

$$Z_{0ek} = j1,216 + 3 \times 6 + 0,0165 + j 0,0017$$

$$Z_{0ek} = 18,0165 + j1,2177 \text{ pu}$$

2. Penyulang Parangtritis

- Impedansi ekivalen urutan positif dan negatif ($Z_{1ek} = Z_{2ek}$) dihitung menggunakan persamaan (2.21):

$$Z_{1ek} = Z_{2ek} = Z_{1s} + Z_{1T} + Z_{1p}$$

$$Z_{1ek} = j0,0292 + j0,1216 + 0,1793 + j0,2685$$

$$Z_{1ek} = 0,1793 + j0,4193 \text{ pu}$$

- Impedansi ekivalen urutan nol dihitung menggunakan persamaan (2.22):

$$R_n = \frac{R_n}{Z_{base}} = \frac{40}{6,667} = 6 \text{ pu}$$

$$Z_{0ek} = Z_{0T} + 3R_n + Z_{0p}$$

$$Z_{0ek} = j1,216 + 3 \times 6 + 0,3052 + j 1,288$$

$$Z_{0ek} = 18,3052 + j2,504 \text{ pu}$$

3. Penyulang Parangtritis jurusan Tanjung Raja

- Impedansi ekivalen urutan positif dan negatif ($Z_{1ek} = Z_{2ek}$) dihitung menggunakan persamaan (2.21):

$$Z_{1ek} = Z_{2ek} = Z_{1s} + Z_{1T} + Z_{1p}$$

$$Z_{1ek} = j0,0292 + j0,1216 + 0,5243 + j0,788$$

$$Z_{1ek} = 0,5243 + j0,9388 \text{ pu}$$

- Impedansi ekivalen urutan nol dihitung menggunakan persamaan (2.22):

$$R_n = \frac{R_n}{Z_{base}} = \frac{40}{6,667} = 6 \text{ pu}$$

$$Z_{0ek} = Z_{0T} + 3R_n + Z_{0p}$$

$$Z_{0ek} = j1,216 + 3 \times 6 + 0,8849 + j3,8237$$

$$Z_{0ek} = 18,8849 + j5,0397 \text{ pu}$$

4. Penyulang parangtritis jurusan Muara Kuang

- Impedansi ekivalen urutan positif dan negatif ($Z_{1ek} = Z_{2ek}$) dihitung menggunakan persamaan (2.21):

$$Z_{1ek} = Z_{2ek} = Z_{1s} + Z_{1T} + Z_{1p}$$

$$Z_{1ek} = j0,0292 + j0,1216 + 1,8244 + j2,7707$$

$$Z_{1ek} = 1,8244 + j 2,9215 \text{ pu}$$

- Impedansi ekivalen urutan nol dihitung menggunakan persamaan (2.22):

$$R_n = \frac{R_n}{Z_{base}} = \frac{40}{6,667} = 6 \text{ pu}$$

$$Z_{0ek} = Z_{0T} + 3R_n + Z_{0p}$$

$$Z_{0ek} = j1,216 + 3 \times 6 + 3,0687 + j13,5263$$

$$Z_{0ek} = 21,0687 + j14,7423 \text{ pu}$$

5. Penyulang Parangtritis (*Recloser*)

- Impedansi ekivalen urutan positif dan negatif ($Z_{1ek} = Z_{2ek}$) dihitung menggunakan persamaan (2.21):

$$Z_{1ek} = Z_{2ek} = Z_{1s} + Z_{1T} + Z_{1p}$$

$$Z_{1ek} = j0,0292 + j0,1216 + 2,7486 + j4,1834$$

$$Z_{1ek} = 2,7486 + j4,3342 \text{ pu}$$

- Impedansi ekivalen urutan nol dihitung menggunakan persamaan (2.22):

$$R_n = \frac{R_n}{Z_{base}} = \frac{40}{6,667} = 6 \text{ pu}$$

$$Z_{0ek} = Z_{0T} + 3R_n + Z_{0p}$$

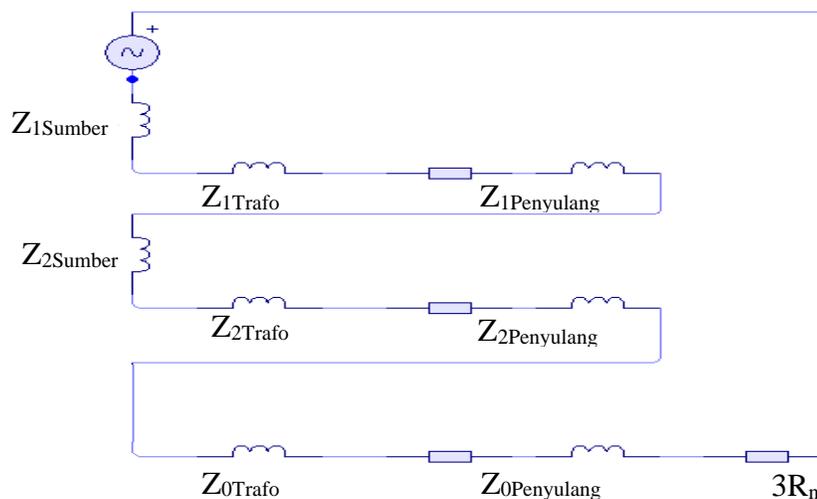
$$Z_{0ek} = j1,216 + 3 \times 6 + 4,621 + j20,443$$

$$Z_{0ek} = 22,621 + j21,659 \text{ pu}$$

4.4. Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat

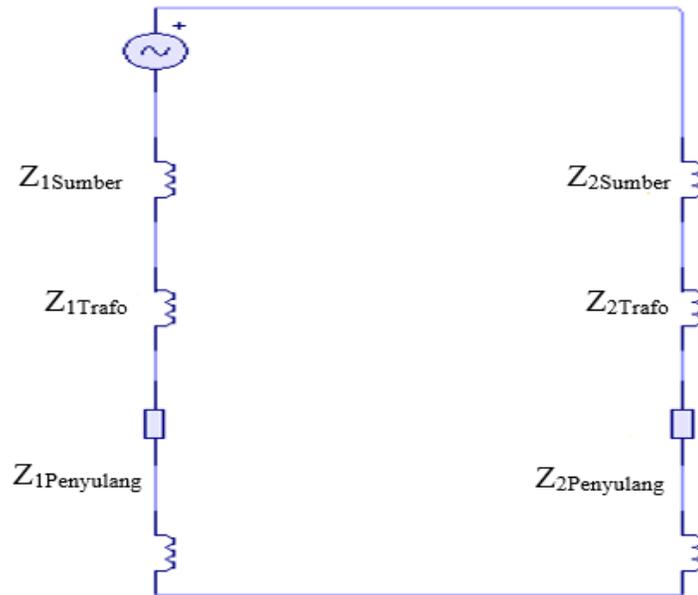
4.4.1 Rangkaian Ekivalen Gangguan Hubung Singkat

1. Satu Fasa ke Tanah



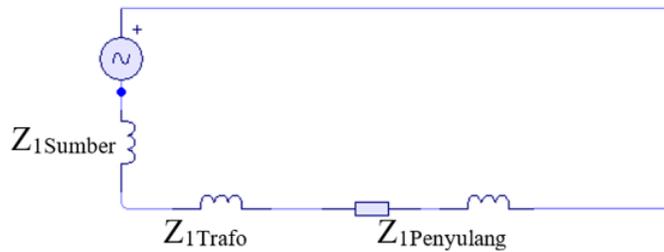
Gambar 4.1 rangkaian Ekivalen Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ke Tanah

2. Dua Fasa



Gambar 4.2 rangkaian Ekivalen Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa

3. Tiga Fasa



Gambar 4.3 rangkaian Ekivalen Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa

4.4.2 Arus Gangguan Hubung Singkat pada Gardu Induk Kayu Agung

1. Satu Fasa ke Tanah dihitung menggunakan persamaan (2.2):

$$I_f = I_a = \frac{3V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_0} = \frac{3 \times 1}{(2x(Z_1)) + (Z_0)} = \frac{3 \times 1}{(2x(0,0075 + j0,1566)) + (18,0165 + j1,2177)}$$

$$I_f = 0,1658 \angle 4,8529 \text{ pu}$$

$$I_f = 0,1658 \times 1732,0508 = 287,1378 \text{ A}$$

2. Dua Fasa dihitung menggunakan persamaan (2.4):

$$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2} = \frac{1}{2Z_1}$$

$$I_f = -j\sqrt{3}I_{a1} = -j\sqrt{3} \frac{1}{2Z_1} = \sqrt{3} \angle -90 \times \frac{1}{2Z_1}$$

$$I_f = \sqrt{3} \angle -90 \times \frac{1}{2(0,0075 + j0,1566)} = 5,5238 \angle -177,258 \text{ pu}$$

$$I_f = 5,5238 \times 1732,0508 = 9567,5777 \text{ A}$$

3. Tiga Fasa dihitung menggunakan persamaan (2.5):

$$I_a = I_{a1} = I_f = \frac{V_f}{Z_1} = \frac{1}{0,0075 + j0,1566} = 6,3784 \angle -87,258 \text{ pu}$$

$$I_a = I_{a1} = I_f = 6,3784 \times 1732,0508 = 11047,69 \text{ A}$$

4.4.3 Arus Gangguan Hubung Singkat Penyulang Parangtritis

1. Satu Fasa ke Tanah dihitung menggunakan persamaan (2.2):

$$I_f = I_a = \frac{3V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_0} = \frac{3 \times 1}{(2x(Z_1)) + (Z_0)} = \frac{3 \times 1}{(2x(0,1793 + j0,4193)) + (18,3052 + j2,504)}$$

$$I_f = 0,1582 \angle 10,1538 \text{ pu}$$

$$I_f = 0,1582 \times 1732,0508 = 274,0477 \text{ A}$$

2. Dua Fasa dihitung menggunakan persamaan (2.4):

$$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2} = \frac{1}{2Z_1}$$

$$I_f = -j\sqrt{3}I_{a1} = -j\sqrt{3} \frac{1}{2Z_1} = \sqrt{3} \angle -90 \times \frac{1}{2Z_1}$$

$$I_f = \sqrt{3} \angle -90 \times \frac{1}{2(0,17936 + j0,41937)} = 1,8987 \angle -156,8441 \text{ pu}$$

$$I_f = 1,8987 \times 1732,0508 = 3288,6418 \text{ A}$$

3. Tiga Fasa dihitung menggunakan persamaan (2.5):

$$I_a = I_{a1} = I_f = \frac{V_f}{Z_1} = \frac{1}{0,17936 + j0,41937} = 2,1924 \angle -66,8441 \text{ pu}$$

$$I_a = I_{a1} = I_f = 2,1924 \times 1732,0508 = 3797,396 \text{ A}$$

4.4.4 Arus Gangguan Hubung Singkat Penyulang Parangtritis jurusan Tanjung Raja

1. Satu Fasa ke Tanah dihitung menggunakan persamaan (2.2):

$$I_f = I_a = \frac{3V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_0} = \frac{3 \times 1}{(2x(Z_1)) + (Z_0)} = \frac{3 \times 1}{(2x(0,5243 + j0,9388)) + (18,8849 + j5,0397)}$$

$$I_f = 0,1422 \angle 19,1377 \text{ pu}$$

$$I_f = 0,1422 \times 1732,0508 = 246,2677 \text{ A}$$

2. Dua Fasa dihitung menggunakan persamaan (2.4):

$$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2} = \frac{1}{2Z_1}$$

$$I_f = -j\sqrt{3}I_{a1} = -j\sqrt{3} \frac{1}{2Z_1} = \sqrt{3} \angle -90 \times \frac{1}{2Z_1}$$

$$I_f = \sqrt{3} \angle -90 \times \frac{1}{2(0,5243 + j0,9388)} = 0,8054 \angle -150,8175627 \text{ pu}$$

$$I_f = 0,79761 \times 1732,0508 = 1394,93851 \text{ A}$$

3. Tiga Fasa dihitung menggunakan persamaan (2.5):

$$I_a = I_{a1} = I_f = \frac{V_f}{Z_1} = \frac{1}{0,5243 + j0,9388} = 0,93 \angle -60,8176 \text{ pu}$$

$$I_a = I_{a1} = I_f = 0,93 \times 1732,0508 = 1610,784 \text{ A}$$

4.4.5 Arus Gangguan Hubung Singkat Penyulang Parangtritis Jurusan Muara Kuang

1. Satu Fasa ke Tanah dihitung menggunakan persamaan (2.2):

$$I_f = I_a = \frac{3V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_0} = \frac{3 \times 1}{(2x(Z_1)) + (Z_0)} = \frac{3 \times 1}{(2x(1,8244 + j2,9215)) + (21,0687 + j14,7423)}$$

$$I_f = 0,0933 \angle 39,7883 \text{ pu}$$

$$I_f = 0,0933 \times 1732,0508 = 161,5373 \text{ A}$$

2. Dua Fasa dihitung menggunakan persamaan (2.4):

$$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2} = \frac{1}{2Z_1}$$

$$I_f = -j\sqrt{3}I_{a1} = -j\sqrt{3} \frac{1}{2Z_1} = \sqrt{3} \angle -90 \times \frac{1}{2Z_1}$$

$$I_f = \sqrt{3} \angle -90 \times \frac{1}{2(1,8244 + j 2,9215)} = 0,2514 \angle -148,0163 \text{ pu}$$

$$I_f = 0,2514 \times 1732,0508 = 435,4949 \text{ A}$$

3. Tiga Fasa dihitung menggunakan persamaan (2.5):

$$I_a = I_{a1} = I_f = \frac{V_f}{Z_1} = \frac{1}{1,8244 + j 2,9215} = 0,2903 \angle -58,0163 \text{ pu}$$

$$I_a = I_{a1} = I_f = 0,2903 \times 1732,0508 = 502,8662 \text{ A}$$

4.4.6 Arus Gangguan Hubung Singkat Penyulang Parangtritis (*Recloser*)

1. Satu Fasa ke Tanah dihitung menggunakan persamaan (2.2):

$$I_f = I_a = \frac{3V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_0} = \frac{3 \times 1}{(2x(Z_1)) + (Z_0)} = \frac{3 \times 1}{(2x(2,7486 + j4,3342)) + (22,621 + j21,659)}$$

$$I_f = 0,0725 \angle 47,1647 \text{ pu}$$

$$I_f = 0,0725 \times 1732,0508 = 125,6421 \text{ A}$$

2. Dua Fasa dihitung menggunakan persamaan (2.4):

$$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2} = \frac{1}{2Z_1}$$

$$I_f = -j\sqrt{3}I_{a1} = -j\sqrt{3} \frac{1}{2Z_1} = \sqrt{3} \angle -90 \times \frac{1}{2Z_1}$$

$$I_f = \sqrt{3} \angle -90 \times \frac{1}{2(2,7486 + j4,3342)} = 0,1687 \angle -147,6185 \text{ pu}$$

$$I_f = 0,1687 \times 1732,0508 = 292,2689 \text{ A}$$

3. Tiga Fasa dihitung menggunakan persamaan (2.5):

$$I_a = I_{a1} = I_f = \frac{V_f}{Z_1} = \frac{1}{2,7486 + j4,3342} = 0,19483 \angle -57,61889 \text{ pu}$$

$$I_a = I_{a1} = I_f = 0,1948 \times 1732,0508 = 337,4831 \text{ A}$$

Besarnya arus hubung singkat pada penyulang parangtritis dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 4.3 Arus Hubung Singkat pada Penyulang Parangtritis

	Satu Fasa ke Tanah (A)	Dua Fasa (A)	Tiga Fasa (A)
Gardu Induk Kayu Agung	287,1378	9567,5777	11047,69
Penyulang Parangtritis	274,0477	3288,6418	3797,396
Penyulang Parangtritis jurusan Tanjung Raja	246,2677	1394,9385	1610,784
Penyulang Parangtritis Jurusan Muara Kuang	161,5373	435,4949	502,8662
Penyulang Parangtritis (<i>Recloser</i>)	125,6421	292,2689	337,4831

4.5 Setting Rele Arus Lebih

4.5.1 Setting Rele Arus Lebih penyulang Parangtritis (*Recloser*)

- *Setting* Arus OCR *Invers Time (low set)* dihitung menggunakan persamaan (2.6) dan (2.7):

$$I_{\text{set(primer)}} = 1,2 \times I_{\text{beban}}$$

$$I_{\text{set(primer)}} = 1,2 \times 34 = 40,8 \text{ A}$$

$$I_{\text{set(primer)}} = \frac{I_{\text{set(primer)}}}{I_{\text{base}}} = \frac{40,8}{1732,0508} = 0,02355 \text{ pu}$$

$$I_{\text{set(sekunder)}} = I_{\text{set(primer)}} \times \frac{1}{\text{rasio CT}}$$

$$I_{\text{set(sekunder)}} = 40,8 \times \frac{5}{200}$$

$$I_{\text{set(sekunder)}} = 1,02 \text{ A}$$

- *Setting Arus OCR Instantaneous (high set)*

Untuk mengatur *high set* pada rele arus lebih maka *setting* disesuaikan dengan besarnya arus hubung singkat, sehingga besarnya *setting high set* sebagai berikut

$$I_{\text{set(primer)}} = I_{2\phi} = 292,2689 \text{ A}$$

- *Setting TMS*

Penyetelan waktu minimum pada penyulang tidak boleh lebih kecil dari 0,3 detik, hal ini bertujuan agar rele tidak *trip* ketika terjadi arus *inrush* dari transformator distribusi yang tersambung di jaringan[21]. Untuk TMS dihitung menggunakan persamaan (2.9)

$$t = \frac{\beta \times \text{TMS}}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{\alpha-1}}$$

$$\text{TMS} = \frac{t \times \left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{\alpha-1}}{\beta}$$

$$\text{TMS} = \frac{0,3 \times \left(\frac{435,4949}{40,8}\right)^{0,02-1}}{0,14}$$

$$\text{TMS} = 0,1039$$

4.5.2 *Setting Rele Arus Lebih penyulang Parangtritis Jurusan Muara Kuang*

- *Setting Arus OCR Invers Time (low set)* dihitung menggunakan persamaan (2.6) dan (2.7):

$$I_{\text{set(primer)}} = 1,2 \times I_{\text{beban}}$$

$$I_{\text{set(primer)}} = 1,2 \times 76 = 91,2 \text{ A}$$

$$I_{\text{set(primer)}} = \frac{I_{\text{set(primer)}}}{I_{\text{base}}} = \frac{91,2}{1732,0508} = 0,05265 \text{ pu}$$

$$I_{\text{set(sekunder)}} = I_{\text{set(primer)}} \times \frac{1}{\text{rasio CT}}$$

$$I_{\text{set(sekunder)}} = 91,2 \times \frac{5}{200}$$

$$I_{\text{set(sekunder)}} = 2,28 \text{ A}$$

- *Setting Arus OCR Instantaneous (high set)*

Untuk mengatur *high set* pada rele arus lebih maka *setting* disesuaikan dengan besarnya arus hubung singkat, sehingga besarnya *setting high set* adalah sebagai berikut

$$I_{\text{set(primer)}} = I_{2\phi} = 435,4949 \text{ A}$$

- **Setting TMS**

Penyetelan Δt pada penyulang tidak boleh lebih kecil dari 0,3 detik, hal ini bertujuan agar rele tidak trip bersamaan baik dengan rele sebelum atau sesudah rele tersebut[2], sehingga besarnya waktu kerja rele adalah sebesar $0,3 + 0,3 = 0,6$ s. Untuk TMS dihitung menggunakan persamaan (2.9) dan untuk waktu kerja dihitung menggunakan persamaan (2.8).

$$t = \frac{\beta \times \text{TMS}}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{\alpha-1}}$$

$$\text{TMS} = \frac{t \times \left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{\alpha-1}}{\beta}$$

$$\text{TMS} = \frac{0,6 \times \left(\frac{435,4949}{91,2}\right)^{0,02-1}}{0,14}$$

$$\text{TMS} = 0,1361$$

$$t = \frac{\beta \times \text{TMS}}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{\alpha-1}}$$

$$t = \frac{0,14 \times 0,1361}{\left(\frac{1394,9385}{91,2}\right)^{0,02-1}} = 0,3398$$

4.5.3 Setting Rele Arus Lebih penyulang Parangtritis Jurusan Tanjung Raja

- *Setting Arus OCR Invers Time (low set)* dihitung menggunakan persamaan (2.6) dan (2.7):

$$I_{\text{set(primer)}} = 1,2 \times I_{\text{beban}}$$

$$I_{\text{set(primer)}} = 1,2 \times 116 = 139,2 \text{ A}$$

$$I_{\text{set(primer)}} = \frac{I_{\text{set(primer)}}}{I_{\text{base}}} = \frac{139,2}{1732,0508} = 0,08036 \text{ pu}$$

$$I_{\text{set(sekunder)}} = I_{\text{set(primer)}} \times \frac{1}{\text{rasio CT}}$$

$$I_{\text{set(sekunder)}} = 139,2 \times \frac{5}{600}$$

$$I_{\text{set(sekunder)}} = 1,16 \text{ A}$$

- *Setting Arus OCR Instantaneous (high set)*

Untuk mengatur *high set* pada rele arus lebih maka *setting* disesuaikan dengan besarnya arus hubung singkat, sehingga besarnya *setting high set* sebagai adalah berikut

$$I_{\text{set(primer)}} = I_{2\phi} = 1394,9385 \text{ A}$$

- *Setting TMS*

Penyetelan Δt pada penyulang tidak boleh lebih kecil dari 0,3 detik, hal ini bertujuan agar rele tidak trip bersamaan baik dengan rele sebelum atau sesudah rele tersebut[2], sehingga besarnya waktu kerja rele adalah sebesar $0,3398 + 0,3 = 0,6398$ s. Untuk TMS dihitung menggunakan persamaan (2.9) dan untuk waktu kerja dihitung menggunakan persamaan (2.8).

$$t = \frac{\beta \times \text{TMS}}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{\alpha-1}}$$

$$\text{TMS} = \frac{t \times \left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{\alpha-1}}{\beta}$$

$$\text{TMS} = \frac{0,6398 \times \left(\frac{1394,9385}{139,2}\right)^{0,02-1}}{0,14}$$

$$\text{TMS} = 0,2156$$

$$t = \frac{\beta \times \text{TMS}}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{\alpha-1}}$$

$$t = \frac{0,14 \times 0,2156}{\left(\frac{3288,6418}{139,2}\right)^{0,02-1}} = 0,4623$$

4.5.4 *Setting Rele Arus Lebih pada Gardu Induk Kayu Agung*

- *Setting Arus OCR Invers Time (low set)* dihitung menggunakan persamaan (2.6) dan (2.7):

$$I_{\text{set(primer)}} = 1,2 \times I_{\text{beban}}$$

$$I_{\text{set(primer)}} = 1,2 \times 116 = 139,2 \text{ A}$$

$$I_{\text{set(primer)}} = \frac{I_{\text{set(primer)}}}{I_{\text{base}}} = \frac{139,2}{1732,0508} = 0,08036 \text{ pu}$$

$$I_{\text{set(sekunder)}} = I_{\text{set(primer)}} \times \frac{1}{\text{rasio CT}}$$

$$I_{\text{set(sekunder)}} = 139,2 \times \frac{5}{600}$$

$$I_{\text{set(sekunder)}} = 1,16 \text{ A}$$

- *Setting Arus OCR Instantaneous (high set)*

Untuk mengatur *high set* pada rele arus lebih maka *setting* disesuaikan dengan besarnya arus hubung singkat, sehingga besarnya *setting high set* adalah sebagai berikut

$$I_{\text{set(primer)}} = I_{2\phi} = 3288,6418 \text{ A}$$

- *Setting TMS*

Penyetelan Δt pada penyulang tidak boleh lebih kecil dari 0,3 detik, hal ini bertujuan agar rele tidak trip bersamaan baik dengan rele sebelum atau sesudah rele tersebut[2], sehingga besarnya waktu kerja rele adalah sebesar $0,4623 + 0,3 = 0,7623$ s. Untuk TMS dihitung menggunakan persamaan (2.9) dan untuk waktu kerja dihitung menggunakan persamaan (2.8).

$$t = \frac{\beta \times \text{TMS}}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{\alpha-1}}$$

$$\text{TMS} = \frac{t \times \left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{\alpha-1}}{\beta}$$

$$\text{TMS} = \frac{0,7623 \times \left(\frac{3288,6418}{139,2}\right)^{0,02-1}}{0,14}$$

$$\text{TMS} = 0,3555$$

$$t = \frac{\beta \times \text{TMS}}{\left(\frac{I_{\text{fault}}}{I_{\text{set}}}\right)^{\alpha-1}}$$

$$t = \frac{0,14 \times 0,3555}{\left(\frac{9567,5777}{139,2}\right)^{0,02-1}} = 0,5637$$

4.6 Setting Rele Gangguan Tanah

4.6.1 Setting Rele Gangguan Tanah Penyulang Parangtritis (*Recloser*)

- *Setting Arus GFR Invers Time (low set)* dihitung menggunakan persamaan (2.10) dan (2.11):

$$I_{\text{set(primer)}} = 10\% \times I_{hs \ 1\phi}$$

$$I_{set(primer)} = 10\% \times 125,6421$$

$$I_{set(primer)} = 12,56421$$

$$I_{set(primer)} = \frac{12,56421}{1732,0508} = 0,00725 \text{ pu}$$

$$I_{set(sekunder)} = I_{set(primer)} \times \frac{1}{rasio \text{ CT}}$$

$$I_{set(sekunder)} = 12,56421 \times \frac{5}{200}$$

$$I_{set(sekunder)} = 0,314 \text{ A}$$

- *Setting Arus GFR Instantaneous (high set)*

Untuk mengatur *high set* pada rele arus lebih maka *setting* disesuaikan dengan besarnya arus hubung singkat, sehingga besarnya *setting high set* sebagai berikut

$$I_{set(primer)} = I_{1\phi} = 125,6421 \text{ A}$$

- *Setting TMS*

Penyetelan waktu minimum pada penyulang tidak boleh lebih kecil dari 0,3 detik, hal ini bertujuan agar rele tidak *trip* ketika terjadi arus *inrush* dari transformator distribusi yang tersambung di jaringan[21]. Untuk TMS dihitung menggunakan persamaan (2.9) dan untuk waktu kerja dihitung menggunakan persamaan (2.8).

$$t = \frac{\beta \times \text{TMS}}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right)^{\alpha-1}}$$

$$\text{TMS} = \frac{t \times \left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right)^{\alpha-1}}{\beta}$$

$$\text{TMS} = \frac{0,1 \times \left(\frac{161,5373}{12,56421}\right)^{0,02-1}}{0,14}$$

$$\text{TMS} = 0,0374$$

4.6.2 *Setting Rele Gangguan Tanah penyulang Parangtritis Jurusan Muara Kuang*

- *Setting Arus GFR Invers Time (low set)* dihitung menggunakan persamaan (2.10) dan (2.11):

$$I_{set(primer)} = 10\% \times I_{hs \ 1\phi}$$

$$I_{set(primer)} = 10\% \times 161,5373$$

$$I_{set(primer)} = 16,1537$$

$$I_{set(primer)} = \frac{16,1537}{1732,0508} = 0,0093 \text{ pu}$$

$$I_{set(sekunder)} = I_{set(primer)} \times \frac{1}{rasio \ CT}$$

$$I_{set(sekunder)} = 16,1537 \times \frac{5}{200}$$

$$I_{set(sekunder)} = 0,4038 \text{ A}$$

- *Setting Arus GFR Instantaneous (high set)*

Untuk mengatur *high set* pada rele arus lebih maka *setting* disesuaikan dengan besarnya arus hubung singkat, sehingga besarnya *setting high set* sebagai berikut

$$I_{set(primer)} = I_{1\phi} = 161,5373 \text{ A}$$

- *Setting TMS*

Penyetelan Δt pada penyulang tidak boleh lebih kecil dari 0,3 detik, hal ini bertujuan agar rele tidak trip bersamaan baik dengan rele sebelum atau sesudah rele tersebut[2], sehingga besarnya waktu kerja rele adalah sebesar $0,1+0,3 = 0,4s$. Untuk TMS dihitung menggunakan persamaan (2.9) dan untuk waktu kerja dihitung menggunakan persamaan (2.8).

$$t = \frac{\beta \times TMS}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right)^{\alpha-1}}$$

$$TMS = \frac{t \times \left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right)^{\alpha-1}}{\beta}$$

$$TMS = \frac{0,4 \times \left(\frac{161,5373}{16,1537}\right)^{0,02-1}}{0,14}$$

$$TMS = 0,1347$$

$$t = \frac{\beta \times TMS}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right)^{\alpha-1}}$$

$$t = \frac{0,14 \times 0,1347}{\left(\frac{246,2677}{16,1537}\right)^{0,02-1}} = 0,3368$$

4.6.3 Setting Rele Gangguan Tanah penyulang Parangtritis Jurusan Tanjung Raja

- *Setting Arus GFR Invers Time (low set)* dihitung menggunakan persamaan (2.10) dan (2.11):

$$I_{set(primer)} = 10\% \times I_{hs\ 1\phi}$$

$$I_{set(primer)} = 10\% \times 246,2677$$

$$I_{set(primer)} = 24,6267$$

$$I_{set(primer)} = \frac{24,6267}{1732,0508} = 0,0142\ pu$$

$$I_{set(sekunder)} = I_{set(primer)} \times \frac{1}{rasio\ CT}$$

$$I_{set(sekunder)} = 24,6267 \times \frac{5}{200}$$

$$I_{set(sekunder)} = 0,6157\ A$$

- *Setting Arus GFR Instantaneous (high set)*

Untuk mengatur *high set* pada rele arus lebih maka *setting* disesuaikan dengan besarnya arus hubung singkat, sehingga *setting high set* sebagai berikut

$$I_{set(primer)} = I_{1\phi} = 246,2677\ A$$

- *Setting TMS*

Penyetelan Δt pada penyulang tidak boleh lebih kecil dari 0,3 detik, hal ini bertujuan agar rele tidak trip bersamaan baik dengan rele sebelum atau sesudah rele tersebut[2], sehingga besarnya waktu kerja rele adalah sebesar $0,3368 + 0,3 = 0,6368\ s$. Untuk TMS dihitung menggunakan persamaan (2.9) dan untuk waktu kerja dihitung menggunakan persamaan (2.8).

$$t = \frac{\beta \times TMS}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right)^{\alpha-1}}$$

$$TMS = \frac{t \times \left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right)^{\alpha-1}}{\beta}$$

$$TMS = \frac{0,6368 \times \left(\frac{246,2677}{24,6267}\right)^{0,02-1}}{0,14}$$

$$TMS = 0,2144$$

$$t = \frac{\beta \times TMS}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right)^{\alpha-1}}$$

$$t = \frac{0,14 \times 0,2144}{\left(\frac{274,0477}{24,6267}\right)^{0,02-1}} = 0,608$$

4.6.4 Setting Rele Gangguan Tanah penyulang Parangtritis

- *Setting Arus GFR Invers Time (low set)* dihitung menggunakan persamaan (2.10) dan (2.11):

$$I_{set(primer)} = 10\% \times I_{hs\ 1\phi}$$

$$I_{set(primer)} = 10\% \times 274,0477$$

$$I_{set(primer)} = 27,4047$$

$$I_{set(primer)} = \frac{27,4047}{1732,0508} = 0,0158\ pu$$

$$I_{set(sekunder)} = I_{set(primer)} \times \frac{1}{rasio\ CT}$$

$$I_{set(sekunder)} = 27,4047 \times \frac{5}{600}$$

$$I_{set(sekunder)} = 0,2284\ A$$

- *Setting Arus GFR Instantaneous (high set)*

Untuk mengatur *high set* pada rele arus lebih maka *setting* disesuaikan dengan besarnya arus hubung singkat, sehingga *setting high set* sebagai berikut

$$I_{set(primer)} = I_{1\phi} = 274,0477$$

- *Setting TMS*

Penyetelan Δt pada penyulang tidak boleh lebih kecil dari 0,3 detik, hal ini bertujuan agar rele tidak trip bersamaan baik dengan rele sebelum atau sesudah rele tersebut[2], sehingga besarnya waktu kerja rele adalah sebesar $0,608 + 0,3 = 0,908$ s. Untuk TMS dihitung menggunakan persamaan (2.9) dan untuk waktu kerja dihitung menggunakan persamaan (2.8).

$$t = \frac{\beta \times TMS}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right)^{\alpha-1}}$$

$$\text{TMS} = \frac{t \times \left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right)^{\alpha-1}}{\beta}$$

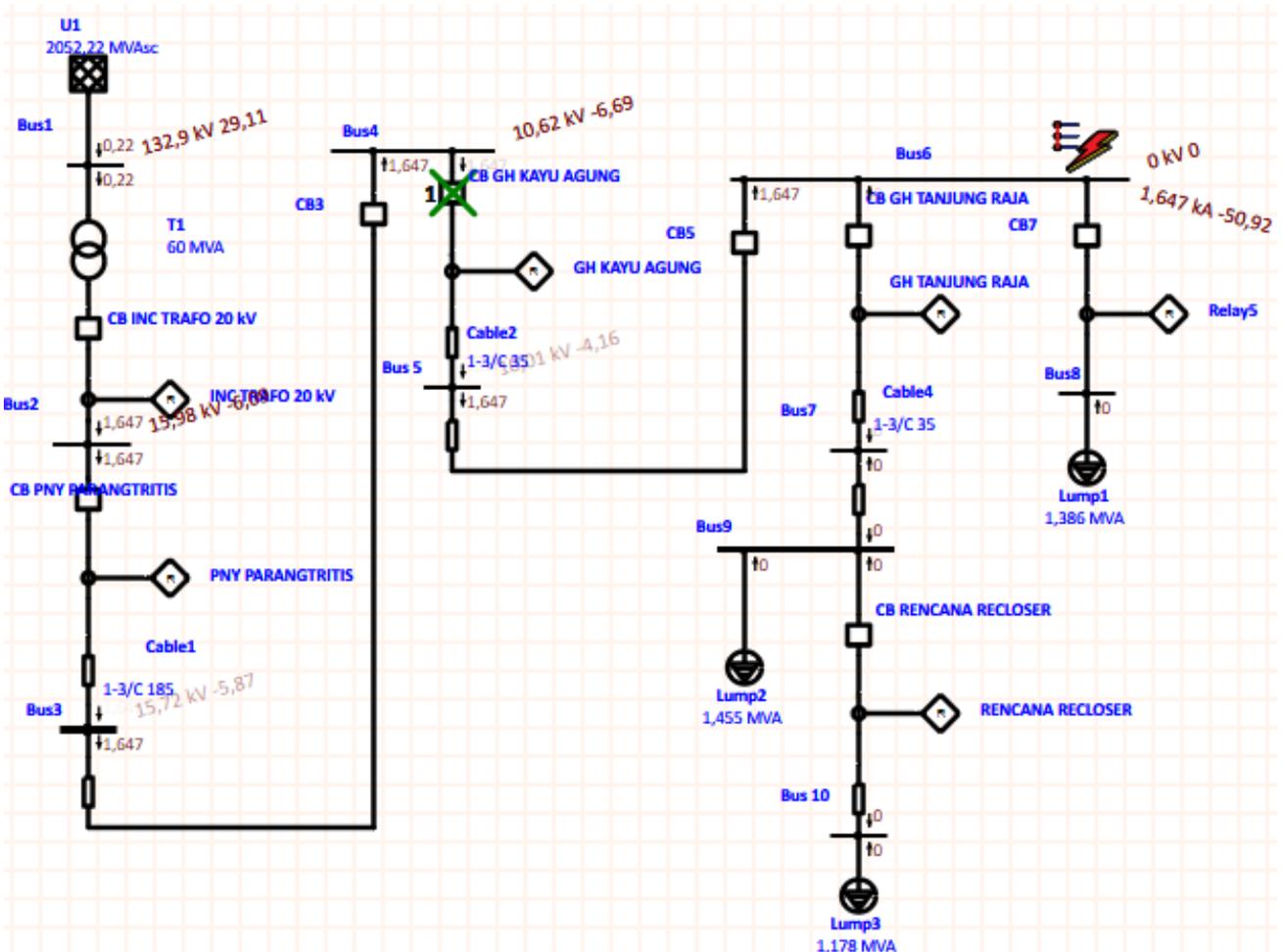
$$\text{TMS} = \frac{0,908 \times \left(\frac{274,0477}{27,4047}\right)^{0,02-1}}{0,14}$$

$$\text{TMS} = 0,3057$$

$$t = \frac{\beta \times \text{TMS}}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}}\right)^{\alpha-1}}$$

$$t = \frac{0,14 \times 0,3057}{\left(\frac{287,1378}{27,4047}\right)^{0,02-1}} = 0,8897$$

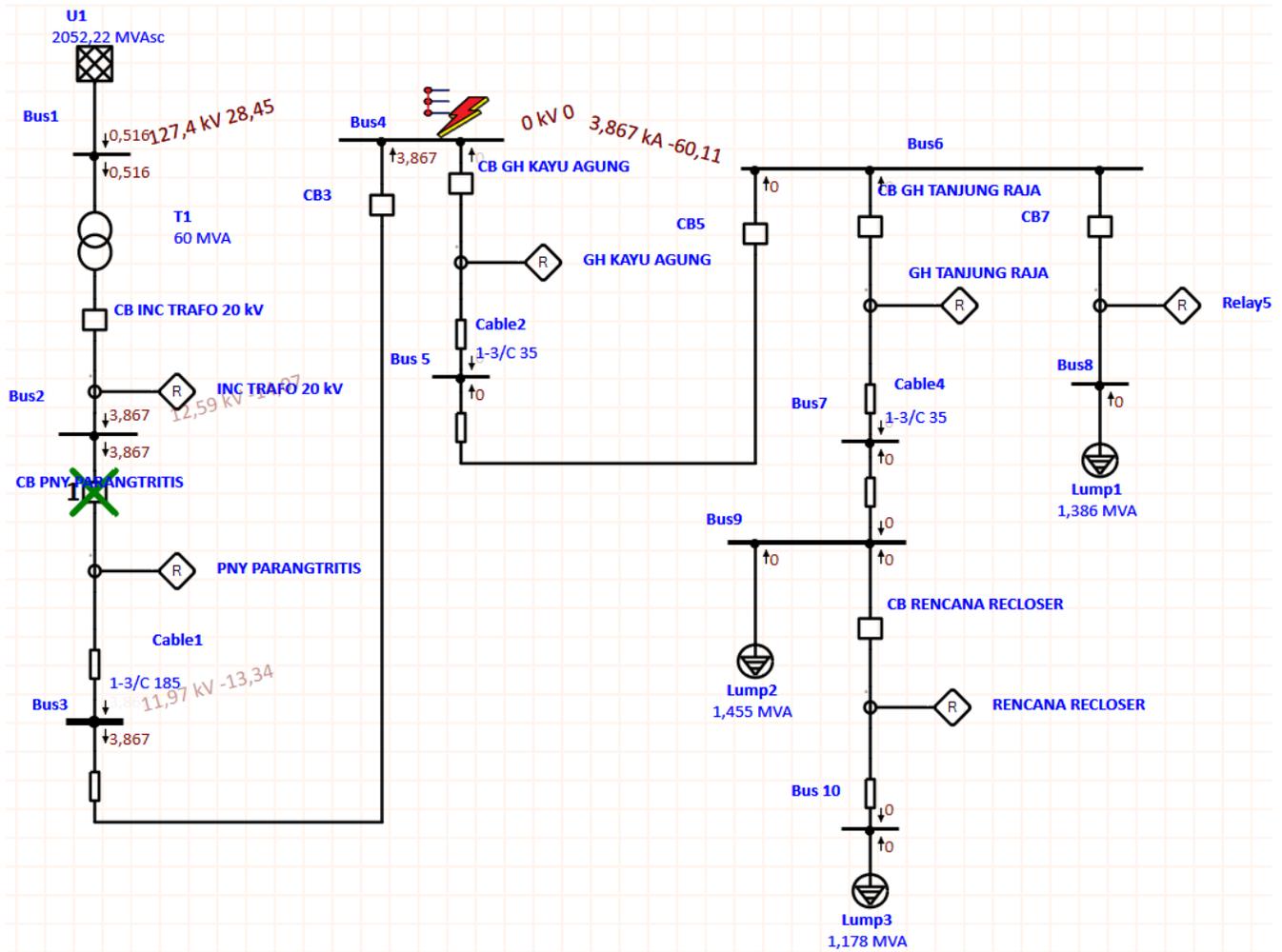
4.7.3 Simulasi OCR pada Penyulang Parangtritis jurusan Tanjung Raja



Gambar 4. 6 Simulasi OCR Gangguan pada Bus 6 Menggunakan ETAP

Pada simulasi berikut, terjadi gangguan pada bus 6 yaitu bus yang berada di daerah proteksi Kayu Agung. Dapat dilihat pada gambar 4.3 rele yang bekerja adalah rele pada GH Kayu Agung, sehingga dapat disimpulkan rele proteksi bekerja secara optimal.

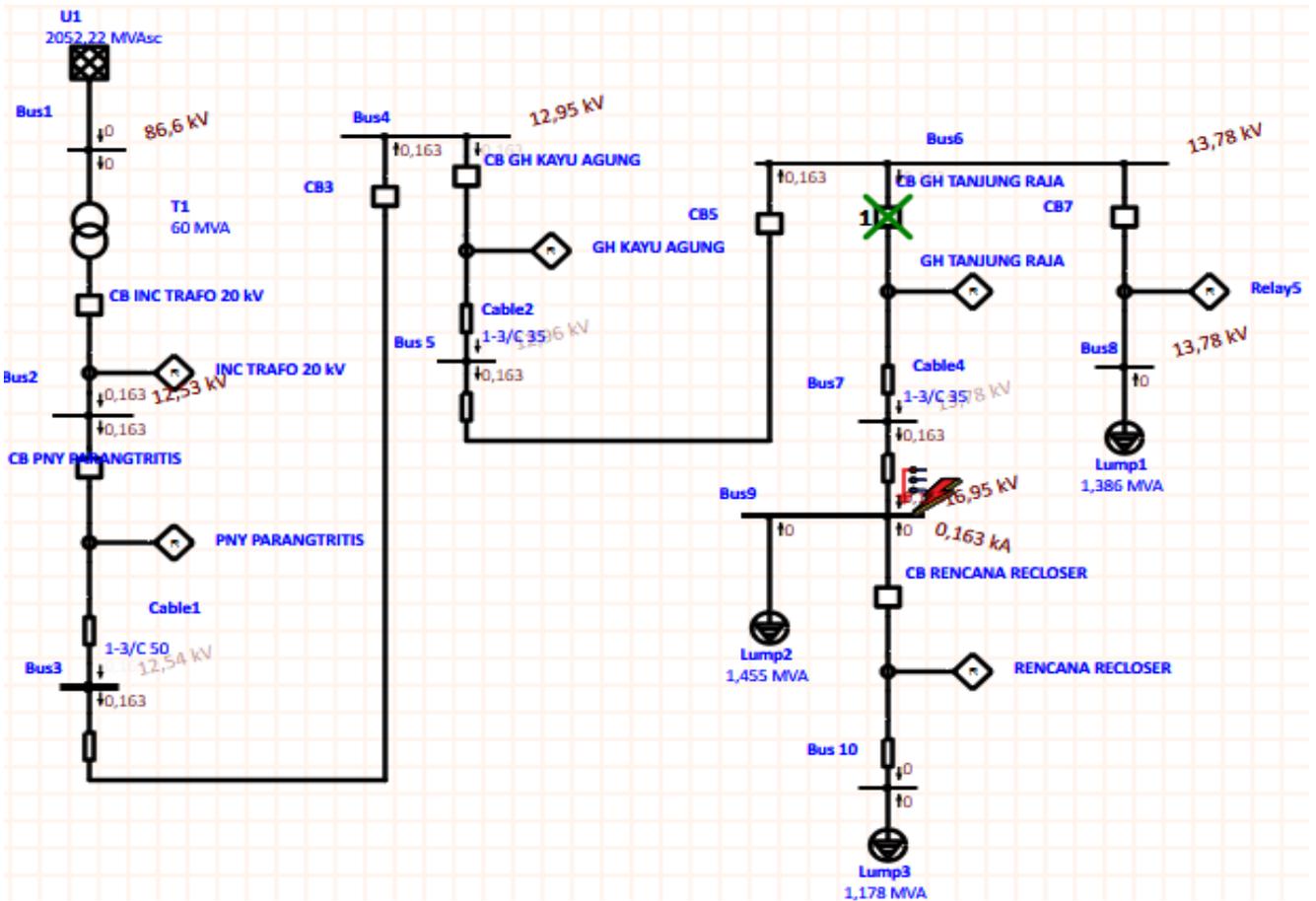
4.7.4 Simulasi OCR pada Penyulang Parangtritis



Gambar 4.7 Simulasi OCR Gangguan pada Bus 4 Menggunakan ETAP

Pada simulasi berikut, terjadi gangguan pada bus 4 yaitu bus yang berada di daerah proteksi GI Kayu Agung. Dapat dilihat pada gambar 4.4 rele yang bekerja adalah rele pada GI Kayu Agung, sehingga dapat disimpulkan rele proteksi bekerja secara optimal.

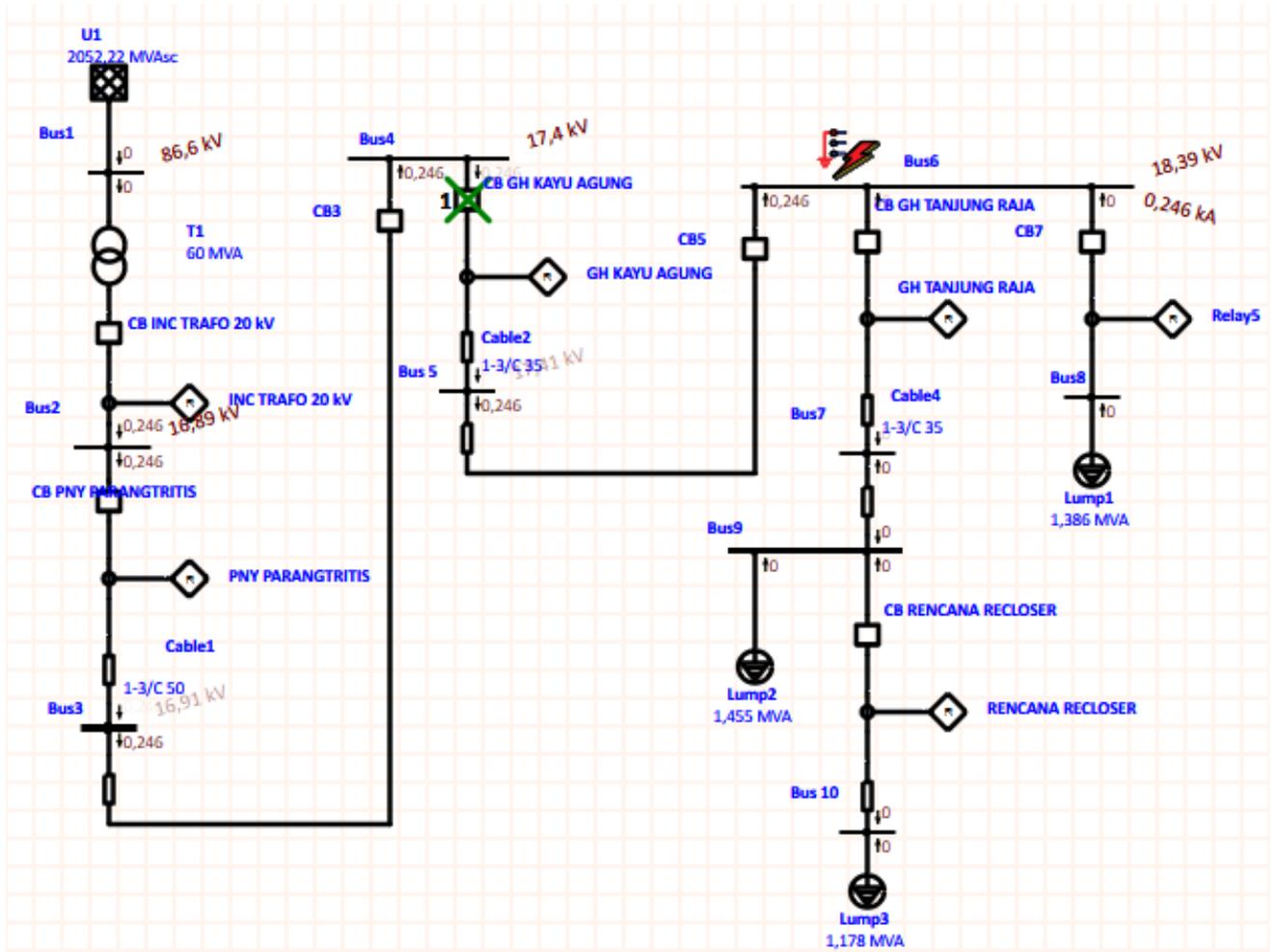
4.8.2 Simulasi GFR pada Penyulang Parangtritis Jurusan Muara Kuang



Gambar 4. 9 Simulasi GFR Gangguan pada Bus 9 Menggunakan ETAP

Pada simulasi berikut, terjadi gangguan pada bus 9 yaitu bus yang berada di daerah proteksi GH Tanjung Raja. Dapat dilihat pada gambar 4.6 rele yang bekerja adalah rele pada GH Tanjung Raja, sehingga dapat disimpulkan rele proteksi bekerja secara optimal.

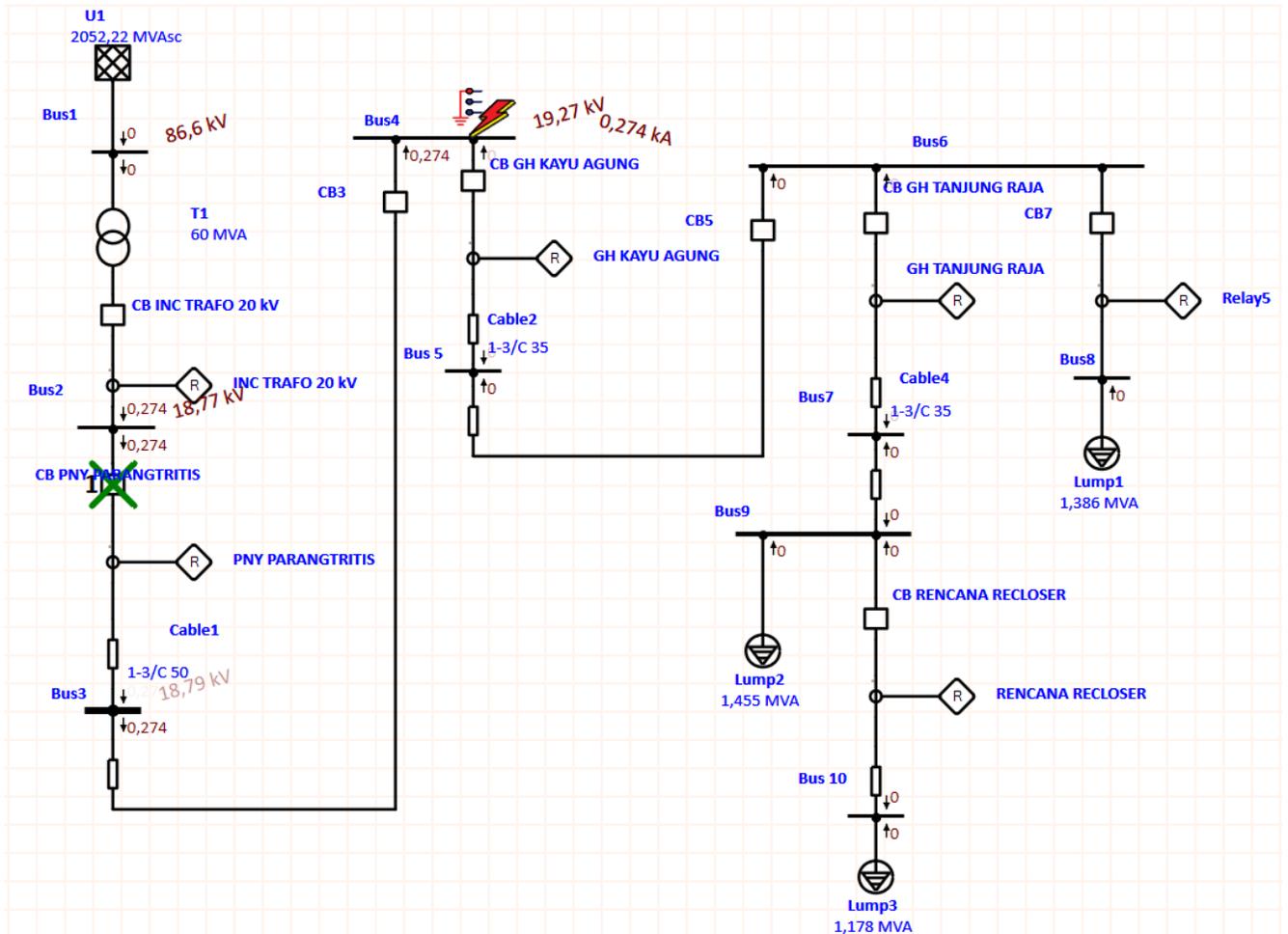
4.8.3 Simulasi GFR pada Parangtritis Jurusan Tanjung Raja



Gambar 4. 10 Simulasi GFR Gangguan pada Bus 6 Menggunakan ETAP

Pada simulasi berikut, terjadi gangguan pada bus 6 yaitu bus yang berada di daerah proteksi GH Kayu Agung. Dapat dilihat pada gambar 4.7 rele yang bekerja adalah rele pada GH Kayu Agung. sehingga dapat disimpulkan rele proteksi bekerja secara optimal.

4.8.4 Simulasi GFR pada Penyulang Parangtritis

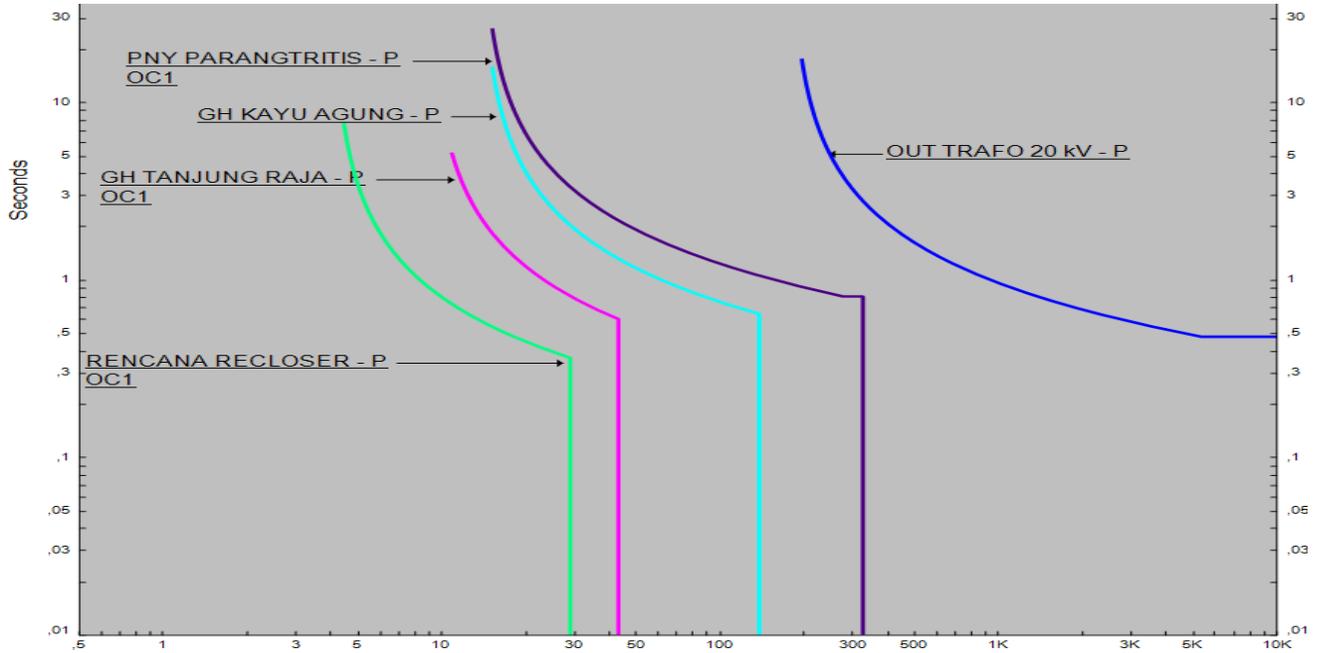


Gambar 4. 11 Simulasi GFR Gangguan pada Bus 4 Menggunakan ETAP

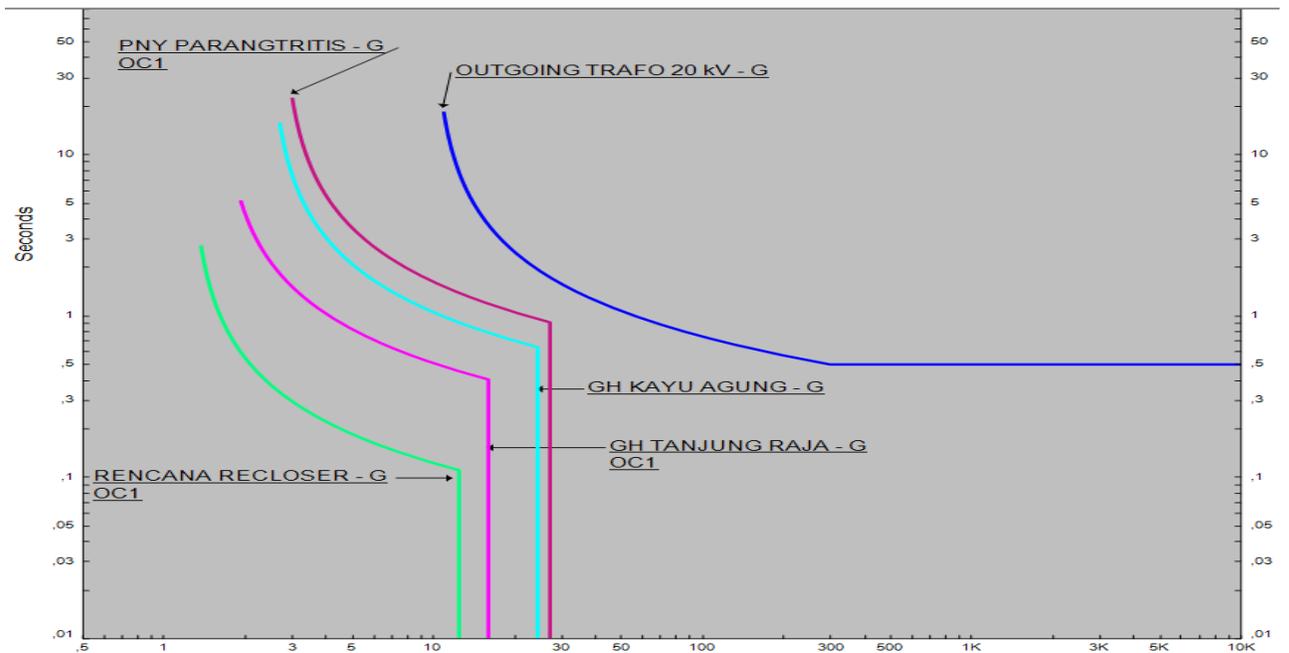
Pada simulasi berikut, terjadi gangguan pada bus 4 yaitu bus yang berada di daerah proteksi GI Kayu Agung. Dapat dilihat pada gambar 4.8 rele yang bekerja adalah rele pada GI Kayu Agung, sehingga dapat disimpulkan rele proteksi bekerja secara optimal.

4.9 Kurva Setting Rele

Setelah mensimulasikan *setting* rele hasil perhitungan, maka didapatkan kurva *setting* koordinasi rele sebagai berikut :



Gambar 4. 12 Kurva Koordinasi OCR pada Penyulang Parangtritis



Gambar 4. 13 Kurva Koordinasi GFR pada Penyulang Parangtritis

4.10 Analisa

Untuk melihat perbedaan antara *setting* yang dimiliki PLN dengan yang didapatkan dari hasil perhitungan maka dilakukan analisa terhadap waktu Δt antara rele proteksi di penyulang Parangtritis, berikut merupakan tabel dari Δt pada proteksi rele :

Tabel 4.4 Waktu Trip Koordinasi OCR PLN

Setting Proteksi	Parangtritis	Jurusan Tanjung Raja	Jurusan Muara Kuang	Recloser
Is	348	300	180	150
TMS	0,160	0,09	0,06	0,03
Is Instan	1800	1000	800	500
Waktu Istan	0,15	0,09	0,05	0,00
Arus Gangguan (A)	Waktu Trip (Detik)	Waktu Trip (Detik)	Waktu Trip (Detik)	Waktu Trip (Detik)
337	Tidak Trip	5,4107	0,6655	0,2573
502	3,0456	1,2174	0,4053	-
1500	0,7554	0,09	0,05	-
1610	0,72	0,09	-	-
2000	0,15	0,09	-	-
3797	0,15	-	-	-
11044	-	-	-	-

Dapat dilihat pada tabel diatas bahwa apabila terjadi gangguan pada tiap titik terjauh dari masing masing daerah proteksi rele maka rele rele tersebut akan bekerja secara optimal ditandai dengan Δt yang lebih dari 0,2-0,3 s[2].

Namun apabila terjadi gangguan pada kisaran 1000-1610 yang dimana gangguan tersebut terjadi pada daerah Jurusan Muara Kuang maka akan terjadi ketidak sesuaian Δt dimana rele pada Jurusan Muara Kuang akan memerintahkan cb untuk *trip* dengan waktu 0,05 s dan rele pada Jurusan Tanjung Raja akan *trip* dengan waktu 0,09 s dimana Δt antara Jurusan Muara Kuang dan

Jurusan Tanjung Raja tidak memenuhi syarat minimum yaitu 0,2-0,3 s. Hal yang sama terjadi ketika gangguan terjadi pada kisaran 1800-3797 dimana Δt antara rele pada Jurusan Tanjung Raja dengan rele penyulang parangtritis adalah sebesar 0,06 s dan ini tidak memenuhi kriteria Δt minimal, yaitu 0,2-0,3 s[2].

Tabel 4.5 Waktu *Trip* Koordinasi OCR Hasil Perhitungan

Setting Proteksi	Parangtritis	Jurusan Tanjung Raja	Jurusan Muara Kuang	Recloser
Is	139,2	139,2	91,2	40,8
TMS	0,3555	0,2156	0,1361	0,1039
Is Instan	3288,6418	1394,9385	435,4949	292,2689
Waktu Instan	0	0	0	0
Arus Gangguan (A)	Waktu Trip (Detik)	Waktu Trip (Detik)	Waktu Trip (Detik)	Waktu Trip (Detik)
337	2,6367	1,4910	0,5233	0
502	1,8102	1,0236	0	-
1500	0,9660	0,5463	0	-
1610	0,9374	0	-	-
2000	0,8592	0	-	-
3797	0	-	-	-
11044	-	-	-	-

Dapat dilihat pada tabel diatas bahwa apabila terjadi gangguan pada tiap titik terjauh dari masing masing daerah proteksi rele maka rele rele tersebut akan bekerja secara optimal ditandai dengan Δt yang lebih dari 0,2-0,3 s[2].

Tabel 4.6 Waktu *Trip* Koordinasi GFR PLN

<i>Setting</i> Proteksi	Parangtritis	Jurusan Tanjung Raja	Jurusan Muara Kuang	<i>Recloser</i>
Is	28,05	30	20	15
TMS	0,160	0,09	0,06	0,03
Is Instan	240	180	90	40
Waktu Instan	0,15	0,09	0,05	0,00
Arus Gangguan (A)	Waktu <i>Trip</i> (Detik)	Waktu <i>Trip</i> (Detik)	Waktu <i>Trip</i> (Detik)	Waktu <i>Trip</i> (Detik)
125,6	0,7360	0,4337	0,05	0
161,5	0,6287	0,3680	0,05	-
246,2	0,15	0,09	-	-
274	0,15	-	-	-
287,1	-	-	-	-

Dapat dilihat pada tabel diatas bahwa ketika terjadi gangguan hubung singkat sebesar 125,6 A yang merupakan daerah proteksi pada *recloser*, rele pada *recloser* akan memerintahkan cb untuk *trip* pada 0 s dan rele pada Jurusan Muara Kuang akan memerintahkan cb untuk *trip* pada 0,05 s dimana Δt antara Jurusan Muara Kuang dan *recloser* tidak memenuhi syarat minimum yaitu 0,2-0,3 s[2].

Hal yang sama terjadi ketika terjadi gangguan sebesar 246,2 A, yang merupakan daerah proteksi pada Jurusan Tanjung Raja, rele pada Jurusan Tanjung Raja akan memerintahkan cb untuk *trip* pada 0,09 s dan rele pada penyulang Parangtritis akan memerintahkan cb untuk *trip* pada 0,15 s dimana Δt antara penyulang Parangtritis dan Jurusan Tanjung Raja tidak memenuhi syarat minimum yaitu 0,2-0,3 s[2].

Tabel 4.7 Waktu Trip Koordinasi GFR Hasil Perhitungan

Setting Proteksi	Parangtritis	Jurusan Tanjung Raja	Jurusan Muara Kuang	Recloser
Is	27	24	16	12
TMS	0,3057	0,2144	0,1347	0,0374
Is Instan	274 ,0477	246,2677	161,5373	125,6421
Waktu Istan	0	0	0	0
Arus Gangguan (A)	Waktu Trip (Detik)	Waktu Trip (Detik)	Waktu Trip (Detik)	Waktu Trip (Detik)
125,6	1,3810	0,8876	0,4346	0
161,5	1,1823	0,7670	0	-
246,2	0,9512	0	-	-
274	0	-	-	-
287,1	-	-	-	-

Dapat dilihat pada tabel diatas bahwa apabila terjadi gangguan pada tiap titik terjauh dari masing masing daerah proteksi rele maka rele rele tersebut akan bekerja secara optimal ditandai dengan Δt yang lebih dari 0,2-0,3 s[2].

Terdapat dua *setting* di proteksi rele pada penyulang yaitu *low set* dan *high set*. Untuk OCR, *Low set disetting* berdasarkan $1,2 I_{beban}$ dan untuk *high set* di *setting* berdasarkan arus hubung singkat 3 fasa terkecil pada penyulang tersebut. Sehingga didapatkan hasil *setting overcurrent relay* berdasarkan hasil perhitungan pada penyulang parangtritis adalah sebesar 139,2 A dengan TMS 0,3383, pada Jurusan Tanjung Raja di *setting* sebesar 139,2 A dengan TMS 0,1918, jurusan Muara Kuang di *setting* sebesar 91,2 A dengan TMS 0,0992 dan pada *Recloser* di *setting* sebesar 40,8 A dengan TMS 0,0368. Untuk *high set* pada Penyulang Parangtritis adalah sebesar 3797,396 A dengan waktu tunda 0 s, pada Jurusan Tanjung Raja adalah sebesar 1610,784 A dengan waktu tunda 0 s, jurusan Muara Kuang adalah sebesar 502,8662 A dengan waktu tunda 0 s, dan pada *Recloser* adalah sebesar 337,4831 A dengan waktu tunda 0 s.

Untuk *low set GFR disetting* berdasarkan 10% dari arus hubung singkat 1 fasa ke tanah terkecil dan *high set disetting* berdasarkan arus hubung singkat 1 fasa ke tanah terkecil pada penyulang tersebut. Sehingga didapatkan hasil *setting* ground fault relay berdasarkan hasil perhitungan pada penyulang parangtritis adalah sebesar 27 A dengan TMS 0,3057, pada Jurusan Tanjung Raja di *setting* sebesar 24 A dengan TMS 0,2144, jurusan Muara Kuang di *setting* sebesar 16 A dengan TMS 0,1347 dan pada *Recloser* di *setting* sebesar 12 A dengan TMS 0,0374. Untuk *high set* pada Penyulang Parangtritis adalah sebesar 274,0477 A dengan TMS 0, pada Jurusan Tanjung Raja adalah sebesar 246,2677 A dengan TMS 0, jurusan Muara Kuang adalah sebesar 161,5373 dengan TMS 0, dan pada *Recloser* adalah sebesar 125,6421 A dengan TMS 0. Adapun fungsi dari *high set* ini adalah apabila gangguan hubung singkat yang terjadi besarnya melebihi *low set* maka *high set* lah yang akan bekerja mengamankan jaringan hal ini guna mengamankan jaringan dan peralatan listrik yang ada secepat mungkin.

Dapat dilihat pada tabel 4.4 dengan 4.5 Untuk OCR serta 4.6 dengan 4.7 untuk GFR, terdapat perbedaan antara *setting* PLN dengan *setting* hasil perhitungan. Hal itu dikarenakan pada *setting* PLN ditetapkan berdasarkan metode yang berbeda, seperti *low set* nya *disetting* berdasarkan ct pada sisi *primer* nya dan pada *high set* nya *disetting* berdasarkan hasil simulasi ETAP. Untuk *setting* GFR PLN, nilai *low set* didapatkan dari 10% ratio ct yang digunakan, untuk *high set* nya metode yang sama digunakan dengan *high set* OCR.

Berdasarkan analisa yang dilakukan pada 4 tabel diatas, dapat dilihat bahwa diperlukan perbaikan pada *setting* PLN baik *setting* OCR maupun GFR, pada OCR diperlukan perbaikan pada *setting low set* pada rele jurusan tanjung raja dikarenakan *setting* yang di terapkan di lapangan melebihi ct yang terpasang, hal ini dapat mengakibatkan rusaknya peralatan listrik yang ada, dan pada *setting high set* di gh Tanjung Raja, gh Kayu Agung, dan gi Kayu Agung yang memiliki koordinasi yang tidak memenuhi standar Δt minimum. Untuk GFR diperlukan perbaikan pada gh Kayu Agung, dan gi Kayu Agung. Hal ini dikarenakan *setting* pada PLN tidak memenuhi standar minimum Δt yaitu 0,2-0,3 s[2].

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Besar arus gangguan hubung singkat yang digunakan untuk penyetelan rele arus lebih pada penyulang Parangtritis adalah sebesar 3288,6418 A, pada Jurusan Tanjung Raja adalah sebesar 1394,9385 A, pada Jurusan Muara Kuang adalah sebesar 435,4949 A, pada *Recloser* adalah sebesar 292,2689 A. Sedangkan Besar arus gangguan hubung singkat yang digunakan untuk penyetelan rele gangguan tanah pada penyulang Parangtritis adalah sebesar 274,0477 A, pada Jurusan Tanjung Raja adalah sebesar 246,2677 A, pada Jurusan Muara Kuang adalah sebesar 161,5373 A, pada *Recloser* adalah sebesar 125,6421
2. *Setting* OCR pada *low set* di jurusan Tanjung Raja dan *high set* pada gh Tanjung Raja, gh Kayu Agung, dan gi Kayu Agung perlu diperbaiki, dikarenakan *setting* yang diterapkan tidak memenuhi standar
3. *Setting high set* GFR di jurusan Tanjung Raja perlu diperbaiki, dikarenakan *setting* yang diterapkan tidak memenuhi standar

5.2 saran

1. Diperlukan beberapa perbaikan pada *setting* yang ada baik pada *low set* maupun *high set* pada OCR dan GFR, hal ini dikarenakan *setting* yang ada tidak memenuhi standar minimum yang ada
2. Diperlukan pengecekan secara berkala pada *setting* rele, terutama pada *setting high set* dikarenakan kebanyakan pada *setting high set* inilah banyak ditemui ketidak sesuaian *setting* dengan syarat minimum yang ada. *Setting* secara berkala ini berguna untuk menjaga kualitas dan juga kerelevanan *setting* dengan kondisi yang ada saat ini.

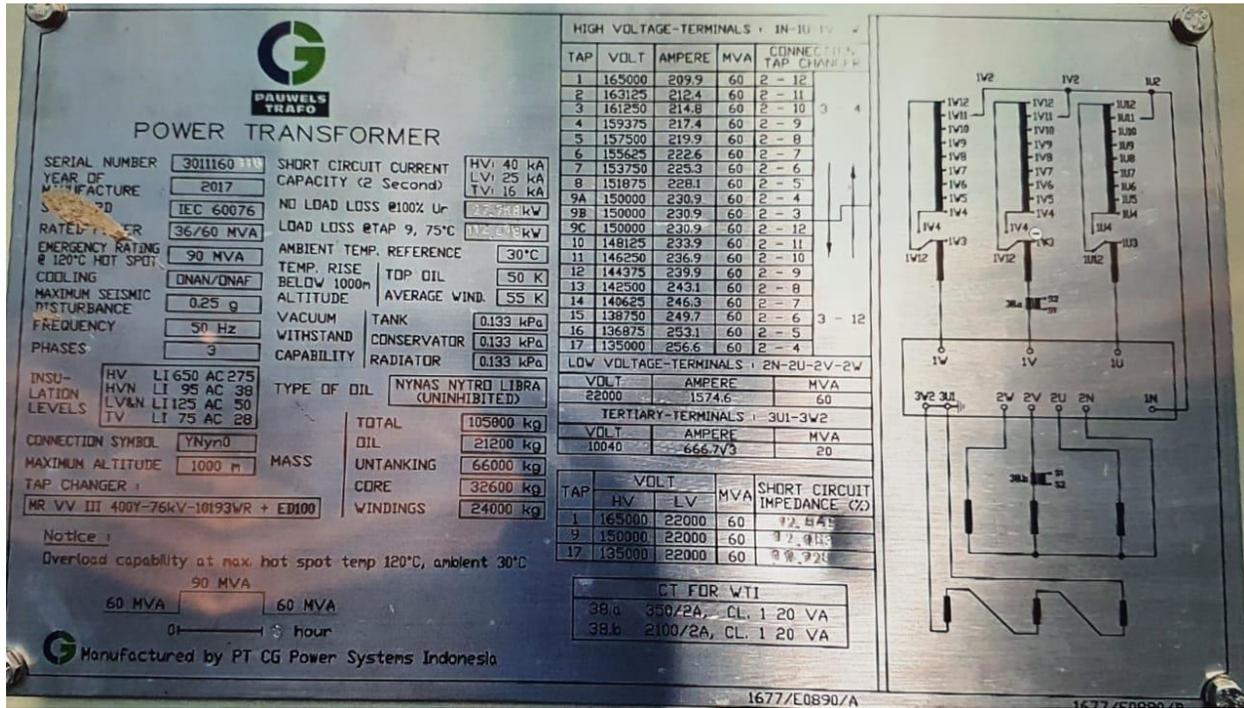
DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. A. F. Ridha., “Evaluasi Koordinasi Relay Arus Lebih (OCR) dan Gangguan Tanah (GFR) pada Gardu Induk Garuda Sakti Pekanbaru,” *Bull. Seismol. Soc. Am.*, vol. 106, no. 1, pp. 6465–6489, 2016, [Online].
- [2] J. V. H. Sanderson, *IEEE Recommended Practice for Protection and Co-ordination of Industrial and Commercial Power Systems*, vol. 3, no. 2. 1989.
- [3] R. D. PANGESTU, “ANALISIS KOORDINASI RELE ARUS LEBIH DAN RELE GANGGUAN TANAH PADA PENYULANG DEWI SARTIKA DI GARDU INDUK PRABUMULIH,” *Int. J. Hypertens.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–171, 2020, [Online].
- [4] M. Abdan Syakur, “Studi Setting Relay Proteksi Over Current Relay Dan Ground Fault Relay Sisi Incoming Dan Outgoing Pada Disusun Oleh : Muhammad Abdan Syakur Program Studi Sarjana Teknik Elektro Fakultas Ketenagalistrikan Dan Energi Terbarukan Institut Teknologi –,” 2020.
- [5] A. Hermawan, “Analisis Terhadap Performance Sistem Tenaga Listrik Memakai Metode Aliran Daya,” pp. 17–28.
- [6] Dasman and Handayani, “Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi 20 Kv Menggunakan Metode Saidi,” *J. Tek. Elektro ITP*, vol. 6, no. 2, p. 173, 2017, [Online].
- [7] laras djoko, “PENGHANTAR LISTRIK,” pp. 1–84, 2010.
- [8] A. Muhammad *et al.*, “Analisa Rugi-Rugi Energi Listrik Pada Jaringan Distribusi (JTM) Di PT. PLN (Persero) Area Gorontalo,” *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 7, no. 3, pp. 295–302, 2019.
- [9] A. A. R. S. A. A. Salim, “Analisis perbandingan sistem saluran kabel udara tegangan menengah (skutm) dan saluran kabel tanah tegangan menengah (sktm),” pp. 195–212.
- [10] Jumadi, “Analisis pengaruh jenis beban listrik terhadap kinerja pemutus daya listrik di gedung cyber jakarta,” *J. Energi Kelistrikan*, vol. 7, no. 2, pp. 108–117, 2015.
- [11] R. A. Duyo, “Analisis Penyebab Gangguan Jaringan Pada Distribusi Listrik Menggunakan Metode Fault Tree Analysis DI PT . PLN (PERSERO) Rayon Daya Makassar,” *J. Vertex Elektro*, vol. 12, no. 02, p. 4, 2020.

- [12] Hendriyadi, "Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat Pada Jaringan Distribusi di Kota Pontianak," *J. Tek. Elektro Univ. Tanjungpura*, vol. 1, p. 7, 2017.
- [13] I. K. P. Paramadita *et al.*, "PENGAMAN YANG TERPASANG PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 kV PENYULANG MAMBAL," vol. 6, no. 3, pp. 74–80, 2019.
- [14] Subianto, "Studi Sistem Proteksi Rele Diferensial Pada Transformator Pt. PIn (Persero) Keramasan Palembang," pp. 32–41, 2015.
- [15] E. Dermawan and D. Nugroho, "Analisa Koordinasi Over Current Relay Dan Ground Fault Relay Di Sistem Proteksi Feeder Gardu Induk 20 kV Jababeka," *Elektum J. Tek. Elektro*, vol. 14, no. 2, pp. 43–48, 2017.
- [16] R. Arie Wahyuningsih and A. Budi Muljono, "Analisis Koordinasi Proteksi Rele Jarak (Distance Relay) Pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (Sutt) 150 Kv Sistem Kelistrikan Lombok Distance Relay Protection Coordination Analysis of High Voltage Transmission Line 150 Kv in Lombok Electrical System," pp. 1–11.
- [17] K. J. Aryamantara, I. A. . Giriantari, and I. . Sukerayasa, "Analisis Hubung Singkat Pada Jaringan Tegangan Menengah 20 kV Penyulang Kedonganan," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 17, no. 2, p. 213, 2018, doi: 10.24843/mite.2018.v17i02.p08.
- [18] A. I. Putra, K. Karnoto, and B. Winardi, "Evaluasi Setting Relay Arus Lebih Dan Setting Relay Gangguan Tanah Pada Gardu Induk 150Kv Bawen," *Transient*, vol. 6, no. 3, p. 454, 2017, doi: 10.14710/transient.6.3.454-460.
- [19] A. I. K. F. Azis, "ANALISIS SISTEM PROTEKSI ARUS LEBIH PADA PENYULANG CENDANA GARDU INDUK BUNGERAN PALEMBANG," vol. 4, no. 2, pp. 332–344, 2019.
- [20] I. D. G. A. B. I. G. D. A. T. G. I. P. Udiana, "Studi Analisis Koordinasi Over Current Relay (OCR) dan Ground Fault Relay (GFR) pada Recloser di Saluran Penyulang Penebel," vol. 14, no. 1, 2015.
- [21] W. Sarimun, *PROTEKSI SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK*. 2016.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Spesifikasi Transformator Gardu Induk Kayu Agung



Lampiran 2. Data Spesifikasi CT Penyulang Parangtritis

No	Nama Penyulang	Rasio CT	Merk
1	Parangtritis	600/5	siemens
2	Parangtritis Jurusan Tanjung Raja	200/5	siemens
3	Parangtritis Jurusan Muara Kuang	200/5	siemens
4	Parangtritis (Recloser)	200/5	siemens

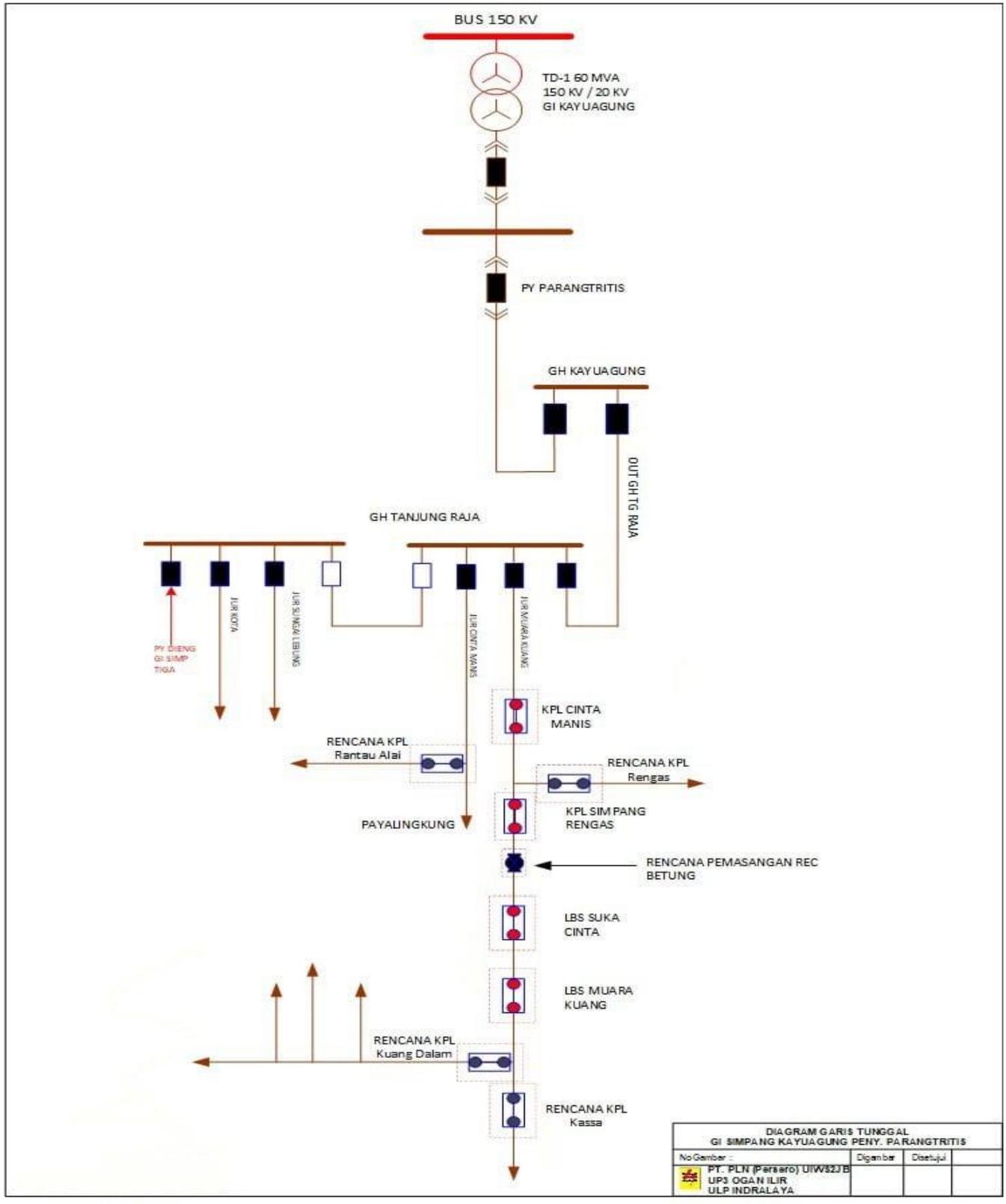
Lampiran 3. Data Spesifikasi Penyulang Parangtritis dan impedansi urutan positif negatif dan nol kawat penghantar (SPLN 64 : 1985)

Penyulang	Jenis Penghantar	Panjang saluran (km)	Luas Penampang (mm^2)	Impedansi Urutan Positif/Negatif (Ω / km)	Impedansi Urutan nol (Ω / km)
Parangtritis	AAACS	5,3	150	$0,2162 + j 0,3305$	$0,3631 + j 1,6180$
	SKTM (Al)	0,4	240	$0,125 + j0,097$	$0,275 + j0,029$
Jur Tanjung raja	AAACS	10,4	150	$0,2162 + j 0,3305$	$0,3631 + j 1,6180$
	SKTM (Al)	0,25	150	$0,206 + j 0,104$	$0,356 + j 0,312$
Jur Muara Kuang	AAACS	39,95	150	$0,2162 + j 0,3305$	$0,3631 + j 1,6180$
	SKTM (Al)	0,15	150	$0,206 + j 0,104$	$0,356 + j 0,312$
<i>Recloser</i>	AAACS	28,5	150	$0,2162 + j 0,3305$	$0,3631 + j 1,6180$

Lampiran 4. Data *Setting* Rele Arus Lebih (OCR) dan Rele Gangguan Tanah (GFR) Penyulang Parangtritis

RELE	<i>INVERS</i>	TMS	DEFINIT	TMS	GFR	TMS	DEFINIT	TMS
Outgoing 20 kV	1800	0,2			100	0,25		
Parangtritis	348	0,16	1800	0,15	28,05	0,16	240	0,15
Tanjung Raja	300	0,09	1000	0,09	30	0,09	180	0,09
Muara Kuang	180	0,06	800	0,05	20	0,06	90	0,05
<i>Recloser</i>	150	0,03	500	0	15	0,03	40	0

Lampiran 5 Single Line Diagram Penyulang Parangtritis



Lampiran 6 Gambar Kubikel Penyulang Parangtritis Jurusan Muara Kuang



LAMPIRAN KHUSUS

**SURAT PERSETUJUAN
MENGIKUTI SEMINAR PROPOSAL**

Yang bertanda tangan dibawah ini, Dosen Pembimbing Tugas Akhir Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya memberikan persetujuan kepada :

Nama : Dimas Agung Habibullah A.S.

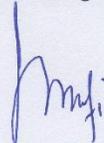
NIM : 03041381823093

Judul Tugas Akhir : Analisa Koordinasi Proteksi Rele Arus Lebih (OCR) dan Gangguan Tanah (GFR)
pada Penyulang Parang Tritis Jurusan Muara Kuang Gh Tanjung Raja

Mengikuti : Seminar Proposal

Demikianlah surat persetujuan ini diberikan untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Palembang, Desember 2021
Pembimbing Utama,



Dr. Ir. H. Syamsuri Zaini, M.M.
NIP. 195803041987031002



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Jalan Palembang-Prabumulih Km. 32, Indralaya, Oganllir, KodePos 30062

Jalan Srijaya Negara, Bukit Besar, Palembang KodePos 30139

Website: <http://elektro.ft.unsri.ac.id> Email: elektro@ft.unsri.ac.id

**BERITA ACARA
SEMINAR PROPOSAL
(LAPORAN HASIL REVISI SKRIPSI)
PERIODE SEMESTER GENAP 2021/2022, TANGGAL 13 JANUARI 2022**

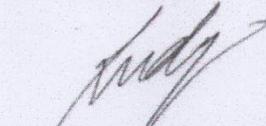
Nama	:	Dimas Agung Habibullah Aryadita Sutarno
NIM	:	03041381823093
Judul Skripsi	:	Analisa Koordinasi Proteksi Rele Arus Lebih dan Gangguan Tanah pada Penyulang Parangtritis Jurusan Muara Kuang Gardu Hubung Tanjung Raja
Pembimbing Utama	:	Dr. Ir. H. Syamsuri Zaini, M.M
Dosen Penguji	:	1. Ir. Rudyanto Thayib, M.Sc 2. Wirawan Adipradana, S.T., M.T. 3. Dr. Herlina, S.T., M.T.

Deskripsi Perbaikan			
Dosen Penguji	Hal./Baris	Bagian yang direvisi	Hasil revisi
Ir. Rudyanto Thayib, M.Sc	1. Hal. 15	1. Perbaiki persamaan 2.3	1. Persamaan 2.3 telah diperbaiki.
Wirawan Adipradana, S.T., M.T.	1. Hal. 29	1. Diagram flowchart sebaiknya dijadikan satu halaman 2. Gambar-gambar yang digunakan diganti dengan yang lebih baik	1. Diagram flowchart telah dijadikan satu halaman. 2. Gambar-gambar yang digunakan telah diperbaiki
Dr. Herlina, S.T., M.T.	1. Hal. Cover 2. Hal. Cover	1. Pada cover usahakan tidak ada singkatan. 2. Tahun pada lembar cover diganti dengan 2022. 3. Perbaiki penulisan typo dan kata-kata dalam bahasa inggris di tulis miring	1. Singkatan pada lembar cover sudah dihilangkan. 2. Tahun pada cover telah diganti dengan 2022. 3. Kata-kata typo dan bahasa inggris telah diperbaiki

		<ol style="list-style-type: none">4. Tinjauan pustaka seharusnya berfokus ke bahasan pada tugas akhir5. Tuliskan sumber pada setiap tabel6. Tuliskan sumber pada setiap rumus	<ol style="list-style-type: none">4. Tinjauan pustaka telah diperbaiki5. Setiap tabel telah dicantumkan sumbernya6. Setiap rumus telah dicantumkan sumbernya
--	--	---	--

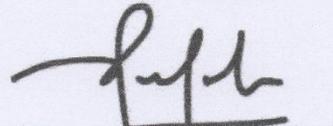
Palembang, 25 Januari 2022

Dosen Penguji 1



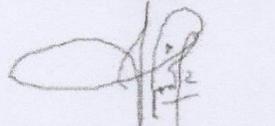
Ir. Rudyanto Zhayib, M.Sc
NIP. 195607051985031003

Dosen Penguji 2



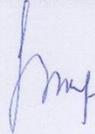
Wirawan Alipradana, S.T., M.T.
NIP. 198601122015041001

Dosen Penguji 3



Dr. Herlina, S.T., M.T.
NIP. 198007072006042004

Mengetahui,
Dosen Pembimbing



Dr. Ir. H. Syamsuri Zaini, M.M
NIP. 195803041987031002

BORANG NO. /TA/JTE

**SURAT PERSETUJUAN
MENGIKUTI SIDANG TUGAS AKHIR**

Yang bertanda tangan dibawah ini, Dosen Pembimbing Tugas Akhir Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya memberikan persetujuan kepada :

Nama : Dimas Agung Habibullah Aryadita Sutarno
NIM : 03041381823093
Judul Tugas Akhir : Analisa Koordinasi Proteksi Rele Arus Lebih dan Gangguan Tanah pada Penyulang Parangtritis Jurusan Muara Kuang Gardu Hubung Tanjung Raja
Mengikuti : Sidang Tugas Akhir

Demikianlah surat persetujuan ini diberikan untuk dapat dipergunakan sebagaimana semestinya

Palembang, Mei 2022

Pembimbing Utama



Dr. Ir. H. Syamsuri Zaini, M.M

NIP. 195803041987031002



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Jalan Palembang-Prabumulih Km. 32, Indralaya, Oganllir, KodePos 30062

JalanSrijaya Negara, Bukit Besar, Palembang KodePos 30139

Website: <http://elektro.ft.unsri.ac.id> Email: elektro@ft.unsri.ac.id

**BERITA ACARA
SEMINAR TUGAS AKHIR
(LAPORAN HASIL REVISI SKRIPSI)
PERIODE SEMESTER GENAP 2021/2022, TANGGAL 23 JUNI 2022**

Nama	:	Dimas Agung Habibullah Aryadita Sutarno
NIM	:	03041381823093
Judul Skripsi	:	Analisa Koordinasi Proteksi Rele Arus Lebih dan Gangguan Tanah pada Penyulang Parangtritis Jurusan Muara Kuang Gardu Hubung Tanjung Raja
Pembimbing Utama	:	Dr. Ir. H. Syamsuri Zaini, M.M
Dosen Penguji	:	1. Ir. Rudyanto Thayib, M.Sc 2. Wirawan Adipradana, S.T., M.T. 3. Dr. Herlina, S.T., M.T.

Deskripsi Perbaikan			
Dosen Penguji	Hal./Baris	Bagian yang direvisi	Hasil revisi
Ir. Rudyanto Thayib, M.Sc	1. Hal. 44 2. Hal. 53-54 3. Hal. 58 4. Hal.	1. Pada 4.1 umum tambahkan <i>single line diagram</i> 2. Tambahkan rangkaian ekuivalen pada setiap gangguan hubung singkat 3. Ubah <i>setting OCR high set</i> menggunakan gangguan hubung singkat dua fasa 4. Ubah urutan perhitungan setting rele arus lebih dan gangguan tanah, dimulai yang paling ujung	1. <i>Single line diagram</i> sudah ditambahkan. 2. Rangkaian ekuivalen untuk setiap hubung singkat sudah ditambahkan 3. <i>Setting OCR high set</i> sudah diubah menggunakan gangguan hubung singkat dua fasa 4. Urutan perhitungan <i>setting</i> rele arus lebih dan gangguan tanah sudah diperbaiki

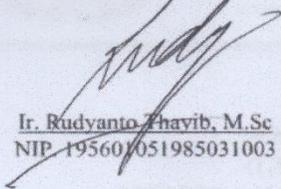
Wirawan Adipradana, S.T., M.T.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hal. II 2. Hal. IV 3. Hal.1 4. Hal.1 5. Hal.1 6. Hal.9 7. Hal.21 8. Hal.14-24,31-52 	<ol style="list-style-type: none"> 1. perbaiki abstrak dan perhatikan penulisan huruf besar dan kecil 2. ubah <i>font</i> pada daftar isi menjadi <i>times new roman</i> 3. pada pendahuluan terlalu banyak paragraph pendek, dan perbaiki kata bercetak miring 4. ubah kata kerelevanan 5. tambahkan pada latar belakang alasan memilih penyulang parangtritis 6. perbaiki ukuran kabel AAC, AAAC 7. ubah huruf x pada rumus menjadi tanda × 8. rapikan rumus 	<ol style="list-style-type: none"> 1. abstrak sudah diperbaiki dan penulisan huruf besar dan kecil sudah di perbaiki 2. <i>font</i> pada daftar isi sudah di ubah menjadi <i>times new roman</i> 3. paragraph yang pendek sudah di gabungkan dan kata bercetak miring sudah di perbaiki 4. kata kerelevanan diganti sesuai 5. alasan memilih penyulang parangtritis sudah ditambahkan 6. ukuran kawat AAC dan AAAC sudah diperbaiki 7. huruf x sudah diganti tanda × 8. rumus sudah dirapikan
Dr. Herlina, S.T., M.T.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hal. I 2. Hal. 1 3. Hal.1 4. Hal. 5. Hal.5-61 6. Hal.10 7. Hal.44-52, 62-66 8. Hal.XII,14-24 9. Hal.13 10. Hal.1 11. Hal.II 12. Hal.67 13. Hal.66 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pada kata pengantar sertakan dosen penguji 2. Tambahkan referensi yang mendukung pada latar belakang dan jadikan maksimal 1,5 halaman 3. Terlalu banyak paragraph pendek 4. Banyak ditemui salah eja dan tidak tulis miring 5. ganti sumber gambar dan artikel menjadi angka 6. Perbaiki tabel 2.1 7. Tuliskan referensi setiap teori 8. Tuliskan referensi setiap persamaan 9. Perbaiki penulisan dalam tanda kurung di halaman 13 10. Masukkan seringnya terjadi gangguan di penyulang parangtritis ke latar belakang 11. Perbaiki abstrak 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pada kata penghantar sudah ditambahkan dosen penguji 2. Referensi yang mendukung sudah ditambahkan pada latar belakang dan panjangnya sudah di kurangi 3. Paragraf pendek sudah di satukan menjadi paragraf panjang 4. Ejaan dan tulis miring sudah diperbaiki 5. Sumber gambar dan artikel sudah diganti menjadi angka 6. Table 2.1 sudah di perbaiki 7. Referensi sudah di tuliskan 8. referensi sudah di tuliskan 9. penulisan sudah diperbaiki 10. seringnya terjadi gangguan sudah

		<p>12. Tuliskan hasil yang didapat di kesimpulan</p> <p>13. Kesimpulan di ganti dan kesimpulan yang lama dimasukkan ke analisa</p> <p>14. Tuliskan sumber pada standar-standar yang digunakan</p>	<p>dimasukkan ke latar belakang</p> <p>11. abstrak sudah diperbaiki</p> <p>12. hasil yang didapatkan sudah di masukkan ke kesimpulan</p> <p>13. kesimpulan sudah diganti dan kesimpulan yang lama sudah di masukkan ke Analisa</p> <p>14. sumber pada standar yang digunakan sudah dimasukkan</p>
--	--	---	---



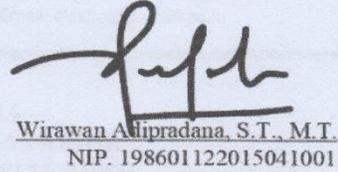
Palembang, 2 Juli 2022

Dosen Penguji 1



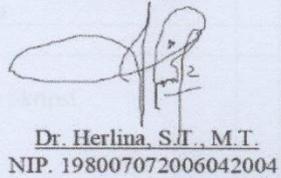
Ir. Rudyanto Phavib, M.Sc
NIP. 195601051985031003

Dosen Penguji 2



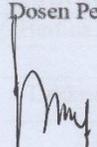
Wirawan Alipradana, S.T., M.T.
NIP. 198601122015041001

Dosen Penguji 3



Dr. Herlina, S.T., M.T.
NIP. 198007072006042004

Mengetahui,
Dosen Pembimbing



Dr. Ir. H. Syamsuri Zaini, M.M
NIP. 195803041987031002

ANALISA KOORDINASI PROTEKSI RELE ARUS LEBIH DAN GANGGUAN TANAH PADA PENYULANG PARANGTRITIS JURUSAN MUARA KUANG GARDU HUBUNG TANJUNG RAJA

ORIGINALITY REPORT

18%

SIMILARITY INDEX

17%

INTERNET SOURCES

4%

PUBLICATIONS

12%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	Submitted to Sriwijaya University Student Paper	5%
2	core.ac.uk Internet Source	3%
3	eprints.itn.ac.id Internet Source	2%
4	digilib.unila.ac.id Internet Source	2%
5	ejournal.undana.ac.id Internet Source	1%
6	docplayer.info Internet Source	1%
7	journal.unismuh.ac.id Internet Source	1%
8	repository.unsri.ac.id Internet Source	1%

Submitted to Universiti Malaysia Pahang

HASIL SULIET

Nama : Dimas Agung Habibullah Aryadita Sutarno
NIM : 03041381823093
Fakultas : Teknik
Jurusan : Teknik Elektro



DIMAS AGUNG HABIBULLAH ARYADITA SUTARNO
Operational Data
24 Maret 2022

Home | SULIET / USEPT
DAFTAR HASIL SULIET / USEPT
SULIET / USEPT :

NO.	TANGGAL TEST	NIM	NAMA	HASIL TEST				SYARAT LULUS PRODI	STATUS
				LISTENING	STRUCTURE	READING	SCORE		
1.	22 AGUSTUS 2019	03041381823093	DIMAS AGUNG HABIBULLAH ARYADITA SUTARNO	51	45	45	470 ✓	450	LULUS

KETERANGAN:
SELAMAT, ANDA SUDAH MEMENUHI SYARAT BAHASA INGGRIS UNTUK LULUS.

Menu Utama

- » Halaman Depan
- » Data Pribadi
- » Data Akademik
- » SULIET / USEPT
- » Pendaftaran KKN
- » Setting Password

Mengetahui,

Wakil Dekan Bidang Akademik,



9/4
12/5
Dr. Bhakti Yudho Suprpto, S.K., M.T.
NIP. 197502112003121002