

SKRIPSI

ANALISIS KOORDINASI PROTEKSI OCR DAN GFR PADA PENYULANG EXPRESS SELUMA PT.PLN (PERSERO) ULP MANNA DENGAN *SOFTWARE* ETAP



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

Oleh:

MUHAMMAD RIZKY ALBAROKAH

03041282126067

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2025

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS KOORDINASI PROTEKSI OCR DAN GFR PADA
PENYULANG EXPRESS SELUMA PT.PLN (PERSERO) ULP
MANNA DENGAN *SOFTWARE* ETAP**



SKRIPSI

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

Oleh:

**MUHAMMAD RIZKY ALBAROKAH
03041282126067**

Palembang, 13 Oktober 2025

Menyetujui,

Dosen Pembimbing

Ir. Wirawan Adipradana, S.T., M.T.

NIP. 198601122015041001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro

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

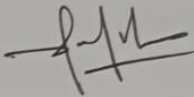
Ir. RAPEK Eng.

NIP. 197108141999031005

HALAMAN PERNYATAAN DOSEN

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

Tanda Tangan

:  _____

Pembimbing Utama : Ir. Wirawan Adipradana, S.T., M.T.

Tanggal

: 13/Oktober/2025

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Muhammad Rizky Albarokah
NIM : 03041282126067
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Sriwijaya
Jenis Karya : Skripsi

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

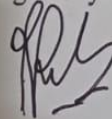
ANALISIS KOORDINASI PROTEKSI OCR DAN GFR PADA PENYULANG EXPRESS SELUMA PT.PLN (PERSERO) ULP MANNA DENGAN SOFTWARE ETAP

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih media/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: 13 Oktober 2025

Yang Menyatakan



Muhammad Rizky Albarokah

NIM.03041282126067

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Rizky Albarokah

NIM : 03041282126067

Fakultas : Teknik

Jurusan/Prodi : Teknik Elektro

Universitas : Universitas Sriwijaya

Hasil Pengecekan *Software iThenticate/Turnitin*: 8%

Menyatakan bahwa laporan hasil penelitian saya yang berjudul “Analisis Koordinasi Proteksi OCR dan GFR Pada penyulang Express Seluma PT. PLN (Persero) ULP Manna dengan *software* ETAP” merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam karya ilmiah ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tanpa paksaan.

Palembang, 13 Oktober 2025



Muhammad Rizky Albarokah

NIM. 03041282126067

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Shalawat dan salam senantiasa tercurah kepada Rasulullah SAW yang mengantarkan manusia dari zaman kegelapan ke zaman yang terang benderang ini. Penyusunan skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi sebagian syarat-syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik di Universitas Sriwijaya.

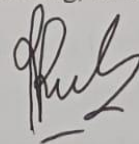
Dalam penyusunan skripsi, penulis menyadari bahwa tidak sedikit kesulitan yang dihadapi. Namun berkat kesungguhan, kerja keras, serta dorongan dan bantuan dari berbagai pihak baik secara langsung ataupun tidak penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada:

1. Allah SWT karena atas rahmat dan ridho-Nya lah penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
2. Kedua orang tua tercinta, Papa M. Ali Hanafiah dan Mama Siti Nurjaya. Beliau lah lautan kasih sayang yang tak pernah surut, sumber doa yang tak pernah putus, dan pelita yang senantiasa menerangi langkah penulis dalam menempuh pendidikan. Setiap tetes keringat dan pengorbanan yang Papa dan Mama berikan menjadi bahan bakar semangat terbesar dalam menyelesaikan Skripsi ini. Semoga karya sederhana ini mampu menjadi seberkas cahaya kebahagiaan dan kebanggaan untuk Papa dan Mama.
3. Kepada kakakku Ruly Chandra Agung dan Wahyu Setiady Saputra, yang selalu menjadi panutan, dan adikku Muhamad Arba'i Alfalah dan Muhamad Rafa Hidayah yang selalu menjadi sumber keceriaan. Terima kasih telah berada di kedua sisi, memberikan perspektif, dukungan, dan hiburan yang tak ternilai harganya. Kalian adalah teman seperjuangan terbaik yang pernah ada.
4. Bapak Ir. Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., MEng., Ph.D., IPU., APEC Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro.

5. Ibu Dr. Eng, Suci Dwijayanti, S.T., M.S., IPM. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
6. Bapak Wirawan Adipradana, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik sekaligus Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
7. Ibu Dr. Ir. Herlina, S.T., M.T., Ibu Dr. Ir. Syarifa Fitria, S.T., dan Bapak Dr. Ir. Armin Sofijan, M.T. selaku dosen penguji
8. Seluruh dosen Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu, bimbingan, nasihat, serta pengalaman berharga selama masa perkuliahan. Pengetahuan yang Bapak/Ibu bagikan tidak hanya memperluas wawasan akademis, tetapi juga membentuk pola pikir penulis menjadi lebih kritis dan sistematis.
9. Seluruh teman teman Teknik Elektro Angkatan 2021 serta pihak pihak lain yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam laporan kerja praktik ini masih terdapat kekurangan dan kesalahan sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Terakhir penulis memohon maaf atas kekurangan dan kesalahan yang terjadi baik sengaja maupun tidak sengaja. Semoga kita semua senantiasa berada dalam Rahmat serta perlindungan Allah SWT.

Palembang, 13 Oktober 2025



Muhammad Rizky Albarokah

ABSTRAK
ANALISIS KOORDINASI PROTEKSI OCR DAN GFR PADA
PENYULANG EXPRESS SELUMA PT.PLN (PERSERO) ULP MANNA
DENGAN *SOFTWARE* ETAP

(Muhammad Rizky Albarokah, 03041282126067, 2025, 130 halaman)

Penelitian ini menganalisis koordinasi proteksi relai arus lebih (*Over Current Relay*) dan relai gangguan tanah (*Ground Fault Relay*) pada Penyulang Express Seluma di PT. PLN (Persero) ULP Manna. Latar belakang penelitian ini adalah tingginya frekuensi gangguan hubung singkat yang tercatat sebanyak 187 kali selama periode Januari hingga Agustus 2024, yang menuntut adanya evaluasi terhadap optimalisasi sistem proteksi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik arus gangguan hubung singkat dan mengoptimalkan koordinasi waktu serta arus kerja relai untuk memastikan proteksi yang selektif. Metodologi yang digunakan meliputi perhitungan manual arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah, dua fasa, dan tiga fasa serta simulasi menggunakan perangkat lunak ETAP 19.0.1 untuk validasi. Pengaturan relai yang didapat dari perhitungan manual sangat mendekati hasil simulasi ETAP. Dari hasil analisis, nilai TMS untuk OCR Express Seluma adalah 0,146 (manual) dan 0,155 (simulasi), sementara untuk GFR adalah 0,20 (manual) dan 0,201 (simulasi). Pengaturan relai yang diusulkan berdasarkan hasil analisis terbukti mampu bekerja secara selektif, di mana relai yang paling dekat dengan gangguan akan bekerja terlebih dahulu untuk mengisolasi area terdampak, yang divalidasi melalui simulasi ETAP. Meskipun demikian, terdapat perbedaan signifikan antara *setting* hasil perhitungan dengan data *setting* aktual dari PLN, yang mengindikasikan bahwa PLN kemungkinan menerapkan faktor keamanan atau pertimbangan operasional lain dalam penentuan *setting* di lapangan.

Kata Kunci: Koordinasi Proteksi, OCR, GFR, Hubung Singkat, Penyulang Express Seluma, ETAP

ABSTRACT

ANALYSIS OF OCR AND GFR PROTECTION COORDINATION ON THE EXPRESS SELUMA FEEDER AT PT. PLN (PERSERO) ULP MANNA USING ETAP SOFTWARE

(Muhammad Rizky Albarokah, 03041282126067, 2025, 130 page)

This research analyze the protection coordination of the Over Current Relay (OCR) and Ground Fault Relay (GFR) on the Express Seluma Feeder at PT. PLN (Persero) ULP Manna. The background for this study is the frequent occurrence of short-circuit faults, recorded 187 times during the period of January to August 2024, which requires an evaluation for optimizing the protection system. The objectives of this research are to determine the characteristics of short-circuit fault currents and to optimize the time and current coordination of the relays to ensure selective protection. The methodology used includes manual calculation of short-circuit currents for single-phase-to-ground, two-phase, and three-phase faults, as well as simulations using ETAP 19.0.1 software for validation. The relay settings obtained from manual calculations are very close to the ETAP simulation results. Based on the analysis, the TMS value for the Express Seluma OCR is 0.146 (manual) and 0.155 (simulation), while for the GFR it is 0.20 (manual) and 0.201 (simulation). The proposed relay settings based on the analysis are proven to work selectively, where the relay closest to the fault will operate first to isolate the affected area, which is validated through ETAP simulations. Nevertheless, there is a significant difference between the settings from the calculation results and the actual setting data from PLN, indicating that PLN may apply safety factors or other operational considerations in determining the settings in the field.

Keywords: *Protection Coordination, OCR, GFR, Short Circuit, Express Seluma Feeder, ETAP*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN DOSEN	iii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	iv
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Sistem Tenaga Listrik	6
2.3 Sistem Distribusi Tenaga Listrik	6
2.3.1 Jenis-Jenis Konfigurasi Jaringan Distribusi	7
2.4 Gangguan Pada Sistem Jaringan Listrik	9
2.4.1 Klasifikasi Gangguan Berdasarkan Lamanya Gangguan	9
2.4.2 Klasifikasi Gangguan Berdasarkan Kesimetrisannya	10
2.4.3 Klasifikasi Gangguan Berdasarkan Penyebab Gangguan	11
2.5 Akibat Gangguan	11
2.6 Besaran Per-unit	11
2.7 Perhitungan Impedansi	12
2.7.1 Impedansi Sumber	12
2.7.2 Impedansi Transformator	13

2.7.3 Impedansi Penyulang.....	13
2.7.4 Impedansi Ekuivalen Jaringan.....	14
2.8 Analisis Perhitungan Gangguan Hubung singkat	15
2.8.1 Komponen Simetris	16
2.8.2 Operator a	17
2.8.3 Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah.....	19
2.8.4 Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa.....	21
2.8.5 Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa	22
2.9 Sistem Proteksi Distribusi Tenaga Listrik	24
2.9.1 Fungsi Sistem Proteksi.....	24
2.9.2 Syarat – Syarat Sistem Proteksi	25
2.9.3 Peralatan Proteksi Jaringan Tegangan Menengah	26
2.10 Relai Proteksi.....	28
2.10.1 Relai Arus Lebih (<i>Over Current Relay</i>).....	28
2.10.2 Relai Gangguan Tanah.....	32
2.11 <i>Software ETAP (Electric Transient and Analysis Program)</i>	33
2.12 Perbandingan Teori Koordinasi Ideal dan Studi Kasus.....	34
BAB III METODE PENELITIAN.....	36
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	36
3.1.1 Lokasi	36
3.1.2 Waktu Penelitian.....	36
3.2 Metode Pengumpulan Data	36
3.3 Analisa Data.....	37
3.4 <i>Flow Chart</i> Perhitungan Manual.....	39
3.5 Alur Penelitian.....	40
3.6 Diagram Alur Penelitian	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	42
4.1 Umum.....	42
4.2 Data Peralatan Gardu Induk Manna.....	44
4.2.1 Data Teknis Sistem Jaringan Gardu Induk Manna	44
4.2.2 Data Transformator Daya	44
4.2.3 Data NGR	44
4.2.4 Data Penyulang.....	45

4.3	Perhitungan Impedansi.....	46
4.3.1	Arus dan Impedansi Base	46
4.3.2	Impedansi Sumber	46
4.3.3	Impedansi Transformator.....	47
4.3.4	Impedansi Penyulang.....	48
4.3.5	Impedansi Ekuivalen	52
4.4	Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat	56
4.4.1	Penyulang Express Seluma.....	56
4.4.2	Penyulang Express Seluma Jurusan Tambak Tedunan	59
4.4.3	Penyulang Express Seluma Jurusan Sendawar.....	62
4.5	Simulasi Arus Gangguan Hubung Singkat.....	64
4.5.1	Gangguan Tiga fasa	64
4.5.2	Gangguan Dua Fasa.....	65
4.5.3	Gangguan Satu Fasa ke Tanah.....	65
4.6	Analisis Perbandingan Nilai Arus Hubung Singkat Hasil Simulasi dan Perhitungan Manual.....	67
4.6.1	Grafik Perbandingan Nilai Arus Hubung Singkat Perhitungan Manual Dan Simulasi	70
4.7	Perhitungan <i>Setting</i> Relai Arus Lebih dengan Arus Hubung Singkat Perhitungan Manual.....	78
4.7.1	Penyulang Express Seluma.....	78
4.7.2	Penyulang Express Seluma Jurusan Tambak Tedunan	81
4.7.3	Penyulang Express Seluma Jurusan Sendawar.....	84
4.8	Perhitungan <i>Setting</i> Relai Arus Lebih Dengan Arus Hubung Singkat Simulasi	86
4.8.1	Penyulang Express Seluma.....	86
4.8.2	Penyulang Express Seluma Jurusan Tambak Tedunan	89
4.8.3	Penyulang Express Seluma Jurusan Sendawar.....	91
4.9	Simulasi Koordinasi OCR dan GFR Menggunakan ETAP	94
4.9.1	Simulasi OCR Pada Penyulang Express Seluma.....	94
4.9.2	Simulasi OCR Pada Penyulang Express Seluma Jurusan Tambak Tedunan	94
4.9.3	Simulasi OCR Pada Penyulang Express Seluma Jurusan Sendawar.....	95
4.9.4	Simulasi GFR Pada Penyulang Express Seluma	95

4.9.5 Simulasi GFR Pada Penyulang Express Seluma Jurusan Tambak Tedunan	96
4.9.6 Simulasi GFR Pada Penyulang Express Seluma Jurusan Sendawar	96
4.9.7 Kurva Koordinasi Sistem Proteksi	97
4.9.8 Analisis Kurva Koordinasi Relai OCR dan GFR	100
4.10 Analisis Perbandingan Nilai <i>Setting</i> Relai OCR Antara Hasil Perhitungan Manual, Simulasi ETAP dan Data PLN.....	102
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	105
5.1 Kesimpulan.....	105
5.2 Saran.....	105
DAFTAR PUSTAKA	106
LAMPIRAN.....	110

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sistem Tenaga Listrik.....	6
Gambar 2. 2 konfigurasi jaringan radial	7
Gambar 2. 3 Konfigurasi jaringan lingkaran	8
Gambar 2. 4 Konfigurasi jaringan spindel	9
Gambar 2. 5 Tiga himpunan fasor seimbang yang merupakan komponen simetris dari tiga fasor tidak seimbang	17
Gambar 2. 6 Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah	19
Gambar 2. 7 Jaringan urutan gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah	20
Gambar 2. 8 Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa Pada Sistem Tenaga	21
Gambar 2. 9 Jaringan urutan gangguan hubung singkat dua fasa	22
Gambar 2. 10 Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa.....	23
Gambar 2. 11 Jaringan Urutan Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa	23
Gambar 2. 12 Rangkaian Pengawatan Relai OCR dan GFR	28
Gambar 2. 13 Karakteristik Relai Arus Lebih Seketika.....	30
Gambar 2. 14 Karakteristik Relai Arus Lebih Tertentu	30
Gambar 2. 15 Karakteristik Relai Arus Lebih Berbanding Terbalik.....	31
Gambar 2. 16 Software ETAP 19.0.1	34
Gambar 4. 1 Diagram Satu Garis Penyulang Express Seluma.....	43
Gambar 4. 2 Simulasi Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa.....	65
Gambar 4. 3 Simulasi Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa	65
Gambar 4. 4 Simulasi Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah	66
Gambar 4. 5 Grafik Perbandingan Arus Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah Penyulang Express Seluma	70
Gambar 4. 6 Grafik Perbandingan Arus Hubung Singkat Dua Fasa Penyulang Express Seluma	71
Gambar 4. 7 Grafik Perbandingan Arus Hubung Singkat Tiga Fasa Penyulang Express Seluma	72
Gambar 4. 8 Grafik Perbandingan Arus Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah Penyulang Express Seluma Jurusan Tambak Tedunan.....	73

Gambar 4. 9 Grafik Perbandingan Arus Hubung Singkat Dua Fasa Penyulang Express Seluma Jurusan Tambak Tedunan	74
Gambar 4. 10 Grafik Perbandingan Arus Hubung Singkat Dua Fasa Penyulang Express Seluma Jurusan Tambak Tedunan	75
Gambar 4. 11 Grafik Perbandingan Arus Hubung Singkat Dua Fasa Penyulang Express Seluma Jurusan Sendawar	76
Gambar 4. 12 Grafik Perbandingan Arus Hubung Singkat Dua Fasa Penyulang Express Seluma Jurusan Sendawar	77
Gambar 4. 13 Grafik Perbandingan Arus Hubung Singkat Dua Fasa Penyulang Express Seluma Jurusan Sendawar	78
Gambar 4. 14 Simulasi OCR Pada Penyulang Express Seluma	94
Gambar 4. 15 Simulasi OCR Pada Penyulang Express Seluma Jurusan Tambak Tedunan	94
Gambar 4. 16 Simulasi OCR Pada Penyulang Express Seluma Jurusan Sendawar	95
Gambar 4. 17 Simulasi GFR Pada Penyulang Express Seluma.....	95
Gambar 4. 18 Simulasi GFR Pada Penyulang Express Seluma Jurusan Tambak Tedunan	96
Gambar 4. 19 Simulasi GFR Pada Penyulang Express Seluma Jurusan Sendawar	96
Gambar 4. 20 Kurva Koordinasi Relai OCR pada Penyulang Express Seluma dan Jurusan Tambak Tedunan	97
Gambar 4. 21 Kurva Koordinasi Relai GFR Pada Penyulang Express Seluma dan Jurusan Tambak Tedunan	98
Gambar 4. 22 Kurva Koordinasi Relai OCR pada Penyulang Express Seluma dan Jurusan Sendawar.....	99
Gambar 4. 23 Kurva Koordinasi Relai GFR pada Penyulang Express Seluma dan Jurusan Sendawar.....	100

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Nilai Impedansi Urutan Positif, Negatif, dan Nol Kawat Penghantar XLPE.....	14
Tabel 2. 2 Nilai Impedansi Urutan Positif, Negatif, dan Nol Kawat Penghantar AAAC	14
Tabel 2. 3 Perbandingan Koordinasi Ideal dan Studi Kasus	35
Tabel 3. 1 Waktu Pelaksanaan.....	36
Tabel 4. 1 Data Transformator Daya	44
Tabel 4. 2 Data NGR.....	44
Tabel 4. 3 Data Penyulang	45
Tabel 4. 4 Data Jenis Penghantar Pada Penyulang.....	45
Tabel 4. 5 Impedansi Penyulang Urutan Positif dan Negatif Penyulang Express Seluma.....	49
Tabel 4. 6 Impedansi Penyulang Urutan Nol Penyulang Express Seluma.....	49
Tabel 4. 7 Impedansi Penyulang Urutan Positif dan Negatif Penyulang Express Seluma jurusan Tambak Tedunan.....	50
Tabel 4. 8 Impedansi Penyulang Urutan Nol Penyulang Express Seluma jurusan Tambak Tedunan	50
Tabel 4. 9 Impedansi Penyulang Urutan Positif dan Negatif Penyulang Express Seluma jurusan Sendawar	51
Tabel 4. 10 Impedansi Penyulang Urutan Nol Penyulang Express Seluma jurusan Sendawar.....	51
Tabel 4. 11 Impedansi Ekuivalen Urutan Positif dan Negatif Penyulang Express Seluma.....	52
Tabel 4. 12 Impedansi Ekuivalen Urutan Nol Penyulang Express Seluma	53
Tabel 4. 13 Impedansi Ekuivalen Urutan Positif dan Negatif Penyulang Express Seluma jurusan Tambak Tedunan.....	53
Tabel 4. 14 Impedansi Ekuivalen Urutan Nol Penyulang Express Seluma jurusan Tambak Tedunan	54
Tabel 4. 15 Impedansi Ekuivalen Urutan Positif dan Negatif Penyulang Express Seluma jurusan Sendawar	54

Tabel 4. 16 Impedansi Ekuivalen Urutan Nol Penyulang Express Selama jurusan Sendawar	55
Tabel 4. 17 Arus Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa Penyulang Express Selama	56
Tabel 4. 18 Arus Gangguan Hubung Singkat dua Fasa Penyulang Express Selama	57
Tabel 4. 19 Arus Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah Penyulang Express Selama.....	58
Tabel 4. 20 Arus Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa Penyulang Express Selama Jurusan Tambak Tedunan	59
Tabel 4. 21 Arus Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa Penyulang Express Selama Jurusan Tambak Tedunan	60
Tabel 4. 22 Arus Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah Penyulang Express Selama Jurusan Tambak Tedunan	61
Tabel 4. 23 Arus Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa Penyulang Express Selama Jurusan Sendawar.....	62
Tabel 4. 24 Arus Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa Penyulang Express Selama Jurusan Sendawar.....	63
Tabel 4. 25 Arus Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah Penyulang Express Selama Jurusan Sendawar.....	64
Tabel 4. 26 Hasil Simulasi Besarnya Arus Gangguan Hubung Singkat	66
Tabel 4. 27 Perbandingan Antara Hasil Simulasi dan Perhitungan Manual Arus Hubung Singkat.....	67
Tabel 4. 28 Penyebab Perbedaan Hasil Antara Hasil Simulasi dan Perhitungan Manual Arus Hubung Singkat.....	69
Tabel 4. 29 Perbandingan Setting Relai Manual, Simulasi dan Data PLN	102

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

PT PLN (Persero) dalam menyalurkan energi listrik hingga sampai ke konsumen membagi sistem tenaga listriknya menjadi tiga sub sistem utama, yaitu sistem pembangkitan, sistem transmisi, dan sistem distribusi. Agar proses penyaluran energi dari pembangkit ke konsumen berlangsung terus-menerus, sistem tenaga listrik perlu didukung oleh keandalan dan kualitas yang baik. Meski demikian, dalam pengoperasiannya, sistem tenaga listrik tidak terlepas dari kemungkinan terjadinya gangguan yang dapat menghambat penyaluran energi listrik kepada pelanggan [1].

Gangguan yang paling sering dijumpai pada sistem tenaga listrik adalah gangguan hubung singkat, baik yang bersifat simetris maupun asimetris. Karena gangguan jenis ini sulit diprediksi secara tepat, diperlukan adanya sistem proteksi yang mampu menjaga keandalan jaringan. Peralatan proteksi yang umumnya digunakan untuk menangani gangguan hubung singkat meliputi *Over Current Relay* (OCR) dan *Ground Fault Relay* (GFR). Pemilihan OCR dan GFR dalam sistem distribusi 20 kV merupakan kombinasi yang tepat untuk menjamin proteksi menyeluruh terhadap gangguan antar fasa dan gangguan tanah. OCR berfungsi sebagai proteksi utama dan cadangan terhadap gangguan arus lebih antar fasa, sementara GFR melindungi sistem dari gangguan tanah yang sering kali memiliki arus kecil namun berpotensi berbahaya. Dengan konfigurasi dan koordinasi proteksi yang tepat, kedua jenis relai ini dapat bekerja secara selektif dan andal, sehingga memperkecil risiko kerusakan peralatan dan meminimalkan area yang terdampak gangguan [2].

Agar sistem proteksi dapat beroperasi secara optimal dalam melindungi jaringan dari gangguan, diperlukan adanya koordinasi antara perangkat proteksi yang terpasang, baik pada *incoming* dan *outgoing feeder*, serta pada perangkat pengaman di jaringan 20 kV. Koordinasi ini dapat dicapai dengan menentukan nilai pengaturan yang lebih akurat, sehingga sistem proteksi dapat berfungsi secara efektif. Untuk memastikan koordinasi yang tepat, *Software ETAP (Electric*

Transient Analysis Program) dipilih sebagai alat simulasi karena kemampuannya dalam menganalisis dan mengoptimalkan sistem proteksi secara menyeluruh. *Software* ini memungkinkan pemodelan karakteristik OCR dan GFR, termasuk kurva *Time-Current Characteristic* (TCC), serta menyimulasikan koordinasi relai untuk memastikan selektivitas proteksi. ETAP juga menyediakan analisis arus gangguan (*short circuit*) yang akurat, membantu menentukan *setting* relai yang optimal [3].

Penyulang Express Seluma merupakan salah satu jaringan yang perlu dilakukan evaluasi terhadap *setting* dan koordinasi proteksi relainya. Hal ini disebabkan selama periode Januari hingga Agustus 2024, tercatat sebanyak 187 kali gangguan yang memicu terjadinya hubung singkat pada penyulang tersebut. Dengan banyaknya gangguan yang terjadi pada penyulang menyebabkan sering bekerjanya relai proteksi yang terpasang pada penyulang, jika *setting* dan koordinasi antar relai tidak optimal, gangguan yang terjadi pada satu titik dapat menyebabkan bekerjanya relai di hulu, sehingga area pemadaman menjadi lebih luas dari yang seharusnya. Maka dari itu untuk memastikan apakah *setting* dan koordinasi relai masih optimal diperlukan evaluasi *setting* dan koordinasinya.

Berdasarkan latar belakang yang ada, penulis berkeinginan untuk menganalisis koordinasi antara relai arus lebih (*Overcurrent Relay*) dan relai gangguan tanah (*Ground Fault Relay*) untuk meningkatkan keandalan penyulang Express Seluma.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam proses penyaluran, sering kali terjadi gangguan yang tidak dapat diprediksi. Oleh karena itu, diperlukan sistem proteksi untuk melindungi area yang terdampak. Agar sistem proteksi dapat berfungsi dengan baik, koordinasi antara perangkat proteksi sangatlah penting. Sehubungan dengan hal tersebut, tugas akhir ini berfokus pada rumusan masalah yang mencakup perhitungan nilai arus gangguan hubung singkat, yang akan digunakan untuk pengaturan relai proteksi arus lebih dan gangguan tanah yang terpasang pada penyulang Express Seluma.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui karakteristik arus gangguan hubung singkat pada penyulang Express seluma.
2. Mengoptimalkan koordinasi waktu kerja (*time setting*) dan arus kerja (*current setting*) untuk memastikan selektivitas proteksi.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penulisan skripsi ini, untuk menjaga agar pembahasan tetap fokus pada topik yang diangkat, penulis akan membatasi masalah yang akan dibahas sebagai berikut:

1. Penelitian akan fokus pada penyulang Express seluma PT.PLN Persero Unit layanan Pelanggan Manna
2. Fokus analisis hanya pada gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah, dua fasa dan tiga fasa
3. Simulasi dan analisis dilakukan menggunakan aplikasi ETAP 19.0.1
4. Penelitian ini hanya mempertimbangkan relai arus lebih, dan relai gangguan tanah sebagai alat proteksi utama

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang diterapkan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini memaparkan latar belakang, tujuan penulisan, rumusan masalah, batasan masalah, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan teori-teori yang relevan dengan penelitian, yang akan menjadi dasar dalam proses perhitungan dan pembahasan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tahapan penelitian yang dilakukan, mencakup penentuan lokasi dan waktu penelitian, metode pengumpulan data, serta teknik pengolahan data.

BAB IV PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil perhitungan data dan analisis terhadap temuan yang diperoleh.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab penutup yang berisi kesimpulan dan saran berdasarkan analisis serta pembahasan pada bab-bab sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA**LAMPIRAN**

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Chaerah Gunadin, Yustinus Upa Sombolayuk, and Caesar William Alexander, “Analisis Kinerja Relai Diferensial Pada Sistem Proteksi Transformator Daya PLTA Bakaru,” *J. Eksitasi*, vol. 2, no. 2, pp. 1–13, 2023.
- [2] T. D. Salam and G. Wiyono, “Analisis Koordinasi Proteksi Ocr Dan Gfr Untuk Mengatasi Gangguan Hubungsingkat Pada Transformator Daya Di Gardu Induk ...,” *Semin. Nas. Tek. Elektro*, vol. 1, pp. 30–38, 2023, [Online]. Available: <https://snte.fortei.org/list/index.php/snte/article/view/10>
- [3] I. Safitri, G. Gunawan, and A. A. Nugroho, “Analisa Koordinasi Setting Proteksi Over Current Relay (OCR) Outgoing 20 kV dan Recloser pada Trafo II 60 MVA Feeder RBG 01 di Gardu Induk 150 kV Rembang,” *Elektrika*, vol. 12, no. 1, p. 22, 2020, doi: 10.26623/elektrika.v12i1.2136.
- [4] D. A. Habibullah A.S, “Analisis Koordinasi Proteksi Rele Arus Lebih Pada Gangguan Tanah Pada Penyulang Parangtritis Jurusan Muara Kuang Gardu Hubung Tanjung Raja,” *Jur. Tek. Elektro Fak. Tek. Univ. Sriwijay*, vol. 33, no. 8.5.2017, pp. 2003–2005, 2022.
- [5] C. D. Prakosa, “Analisis Setting Proteksi Ocr Dan Gfr Feeder Kpk-14,” 2021.
- [6] A. Kadir, *Distribusi dan Utilitas Tenaga Listrik*. Jakarta: universitas indonesia, 2006.
- [7] G. Risky Iriando and A. Imam Agung, “Studi Koordinasi Sistem Proteksi Pada Transformator 20Kv Di Jaringan Distribusi 20Kv Penyulang Bandilan,” *J. Tek. Elektro*, vol. 8, no. 3, pp. 611–618, 2019.
- [8] Z. Lubis and A. Siagian, “Analisis Sistem Konfigurasi Jaringan Distribusi Penyulang 20 KV di PT.PLN (Persero) ULP Pakam Kota Untuk Kehandalan Jaringan Tenaga Listrik,” *JET (Journal Electr. Technol.*, vol. 9, no. 2, pp. 53–58, 2023, doi: 10.30743/jet.v9i2.9764.
- [9] N. Aryanto and M. Balkis, “Tinjauan Gangguan Jaringan Distribusi 20 Kv,”

JTERAF (Jurnal Tek. Elektro Raflesia), vol. I, no. 1, 2021.

- [10] I. Nurmalasari, Nurwijayanti, and Hindardi, “Analisa Pemilihan Relai Proteksi Pada Panel Listrik Untuk Studi Kasus Tegangan Menengah 20kV,” *J. Teknol. ...*, pp. 1–11, 2021, [Online]. Available: <https://journal.universitassuryadarma.ac.id/index.php/jti/article/view/303%0Ahttps://journal.universitassuryadarma.ac.id/index.php/jti/article/download/303/278>
- [11] P. S. . Murthy, *Power System Analysis*. BS Publication, 2007.
- [12] A. Akmal and K. Abimanyu, “Studi Pengaturan Relay Arus Lebih Dan Relay Hubung Tanah Penyulang Timor 4 Pada Gardu Induk Studi Kasus : Gardu Induk Dawuan,” *Infotronik J. Teknol. Inf. dan Elektron.*, vol. 2, no. 1, pp. 34–43, 2017, doi: 10.32897/infotronik.2017.2.1.28.
- [13] A. B. Muchamad, J. Juningtyastuti, and S. Handoko, “Analisis Koordinasi Over Current Relay dan Recloser Akibat Adanya Manuver Jaringan dari Penyulang 05 ke Penyulang 07 Gardu Induk Weleri Kendal,” *Transient*, vol. 6, no. 3, p. 239, 2017, doi: 10.14710/transient.6.3.239-246.
- [14] P. P. (Persero), “Spln 64 : 1985,” *Dep. Pertamb. dan Energi Perusah. Umum List. Negara*, vol. No.172/DIR, p. 64, 1985, [Online]. Available: <http://www.pln-litbang.co.id/perpustakaan>
- [15] M. Faidhal Anwar Limbong, R. Gianto, P. Studi Teknik Elektro, and J. Teknik Elektro, “Evaluasi Setting Relai Arus Lebih Dan Relai Gangguan Tanah Di Gardu Induk Ngabang,” pp. 1–9, 2019.
- [16] W. d Grainger, John J;Stevenson Jr, *Power System Analysis*. McGraw-Hill,Inc, 1994.
- [17] Yulisman, “Analisis Arus Gangguan Hubung Singkat Sistem Tenaga Listrik Dengan Aplikasi Matlab,” *Vol. I No.1 Januari 2018*, vol. I, no. 1, pp. 43–51, 2018.
- [18] S. Suratno, D. Narsen, and A. Abdurrahim, “Analisis Kerja Relay OCR pada Jaringan Distribusi Tegangan Menengah 20 kV Penyulang T-13 GI

- Tengkawang,” *Just TI (Jurnal Sains Terap. Teknol. Informasi)*, vol. 13, no. 2, p. 67, 2021, doi: 10.46964/justti.v13i2.737.
- [19] A. F. Sleva, *Protective Relay Principles*. CRC Press, 2009.
- [20] P. N. Utami, Y. A. Volta, and M. H. Fatin, “Simulation of Electric Power System Protection Coordination Using Etap,” vol. 5, no. 1, pp. 25–34, 2024.
- [21] A. W. Hidayat, H. Gusmedi, L. Hakim, and D. Despa, “Analisa Setting Rele Arus Lebih dan Rele Gangguan Tanah pada Penyulang Topan Gardu Induk Teluk Betung,” *Electr. J. Rekayasa dan Teknol. Elektro*, vol. 7, no. 3, pp. 108–115, 2013, [Online]. Available: <https://electrician.unila.ac.id/index.php/ojs/article/view/116>
- [22] Subianto, “Studi Sistem Proteksi Rele Diferensial Pada Transformator Pt. Pln (Persero) Keramasan Palembang,” *J. Surya Energy*, vol. 1, no. 1, pp. 30–38, 2016, [Online]. Available: <https://jurnal.um-palembang.ac.id/senergi/article/view/564>
- [23] W. Wijana, I. K. Wijaya, and I. M. Mataram, “Analisis Koordinasi Relay Arus Lebih (Ocr) Dan Recloser Pada Sistem Eksisting Penyulang Bukit Jati,” *J. SPEKTRUM*, vol. 5, no. 2, p. 61, 2018, doi: 10.24843/spektrum.2018.v05.i02.p08.
- [24] IEEE, *IEEE 242 Recommendation Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power System*. 2001.
- [25] H. D. Laksono, M. H. Hakim, R. Ikhlas, and R. A. Ramlee, “Design of Protection Relay Coordination Settings and Connecting to PLC Siemens S7-1500 For Load Shadding and HMI Display at PT. Semen Padang,” *Andalas J. Electr. Electron. Eng. Technol.*, vol. 2, no. 2, pp. 35–42, 2022, doi: 10.25077/ajeeet.v2i2.24.
- [26] S. Darma and Mutiar, “Analisa Kinerja Sistem Proteksi Penyulang Melati Sebagai Penyulang Exspress Feeder pada Gardu Induk Bukit Asam,” *J. Ampere*, vol. 9, no. 1, pp. 91–103, 2024, doi: 10.31851/ampere.v9i1.14853.
- [27] T. Samin, “Analisa Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah pada

Jaringan Distribusi 20 KV PT. PLN (PERSERO) Sebatik menggunakan Software ETAP Power Station 12.6.0,” *Elektr. Borneo*, vol. 5, no. 1, pp. 19–24, 2019, doi: 10.35334/jeb.v5i1.590.

- [28] Y. A. Koedoes, A. Lolok, and S. N. Jaya, “Analisis Susut Daya Dan Energi Pada Jaringan Distribusi Di Gardu Induk Kendari New Penyulang Brimob Menggunakan Software ETAP 19 . 0 . 1 . Pada Waktu Beban Puncak,” *J. Fokus Elektroda*, vol. 09, no. 02, pp. 112–130, 2024.
- [29] Y. I. Nakhoda, A. U. Krismanto, and M. Usmanto, “Analisa Koordinasi Rele Pengaman Transformator Pada Sistem Jaringan Kelistrikan di PLTD Buntok,” *Elektrika*, vol. 01, no. September, pp. 39–46, 2017, [Online]. Available: <http://eprints.itn.ac.id/3200/>