

**ANALISIS KOORDINASI RELE OCR DAN RELE GFR
PADA TRANSFORMATOR DAYA 150 / 20 KV
DI GARDU INDUK BETUNG**



S K R I P S I

**Diajukan untuk Memenuhi Syarat Kurikulum Pada Tingkat Sarjana
Strata-1 Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Tridinanti**

Oleh :

ROY FEDRIK

2202230507

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TRIDINANTI**

2026

**ANALISIS KOORDINASI RELE OCR DAN RELE GFR
PADA TRANSFORMATOR DAYA 150 / 20 KV
DI GARDU INDUK BETUNG**



S K R I P S I

**Diajukan untuk Memenuhi Syarat Kurikulum Pada Tingkat Sarjana
Strata-1 Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Tridinanti**

Oleh :



**ROY FEDRIK
2202230507**

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TRIDINANTI
2026**

LEMBAR PENGESAHAN

Nama Mahasiswa : Roy Featrik
Nomor Pokok : 2202230507
Program Studi : Teknik Elektro
Jenjang Pendidikan : Strata 1 (S1)
Judul Skripsi : Analisis Koordinasi Relé OCR dan Relé GFR pada
Transformator Daya 150 / 20 kV di Gardu Induk
Betung.

Disetujui oleh :

Pembimbing I

Moh. Wahyu A., ST., MT.

Pembimbing II

Muhammad Helmi., ST. MT.

Mengetahui :



Dr. Ari Firda, ST., MT.

Program Studi Teknik Elektro

Ketua,

Moh. Wahyu A., ST., MT.

LEMBAR PERNYATAAN

Saya bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : **Roy Fedrik**
Nomor Pokok : **2202230507**
Program Studi : **Teknik Elektro**
Jenjang Pendidikan : **Strata 1 (S1)**
Judul Skripsi : **Analisis Koordinasi Rele OCR dan Rele GFR
pada Transformator Daya 150 / 20 kV di
Gardu Induk Betung.**

Dengan ini menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa:

1. Skripsi dengan judul yang tersebut diatas adalah murni karya saya sendiri. Bukan hasil plagiat, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah skripsi dan disebutkan sebagai bahan referensi serta dimasukkan dalam daftar pustaka.
2. Apabila dikemudian hari penulisan skripsi ini terbukti merupakan hasil plagiat atau jiplakan dari skripsi karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggung jawabkan serta bersedia menerima sanksi hukum berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 tentang "Sistem Pendidikan Nasional" pasal 70 berbunyi : Lulusan yang karya ilmiah yang digunakannya untuk mendapatkan gelar akademik, profesi atau vokasi sebagaimana di maksud dalam pasal 25 ayat (2) terbukti merupakan jiplakan dipidana dengan pidana penjara paling lama dua tahun atau pidana denda paling banyak Rp 200.000.000,- (dua ratus juta rupiah).

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.

Palembang, Juni 2026

Penulis,

A handwritten signature in black ink is written over a rectangular postage stamp. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text 'METERAI TEMPEL' and '10000'. The signature is bold and stylized.

Roy Fedrik

2202230507

LEMBAR PERSEMBAHAN

"Only you can change your life. Nobody else can do it for you"

Orang lain ga akan bisa paham *struggle* dan masa sulitnya kita, yang mereka
ingin tahu hanya bagian *success storiesnya*.

Berjuanglah untuk diri sendiri walaupun tidak ada yang tepuk tangan, kelak
diri kita di masa depan akan sangat bangga dengan apa
yang telah kita perjuangkan hari ini.

"Satu-satunya batasan untuk realisasi besok kita
adalah keraguan kita hari ini."

Franklin D. Roosevelt

Kupersembahkan untuk :

Istri ku Tersayang

Anak-anakku Terkasih

Saudara-saudaraku yang Terkasih

Teman-Temanku yang kuhormati

Almamater Tridinanti

ABSTRAK

Gardu Induk Betung (GI) berlokasi di Jalan Betung Sekayu Desa Suka Mulya, kecamatan Betung Kabupaten Banyuasin Propinsi Sumatera Selatan. Gardu Induk Betung merupakan komponen vital dalam sistem transmisi Sumatera Selatan, Gardu Induk ini berfungsi menurunkan tegangan tinggi 150 kV menjadi tegangan distribusi 20 kV. Rele OCR sebagai pengaman terhadap gangguan hubung singkat antar fasa dan beban lebih. Rele ini mendeteksi kenaikan arus yang melebihi nilai setting dan memerintahkan PMT untuk terbuka. Sedangkan Rele GFR berfungsi khusus untuk mendeteksi arus gangguan hubung singkat fasa ke tanah. Operasi rele menggunakan karakteristik *standard invers* berdasarkan standar IEC 60255. Besar arus gangguan hubung singkat dipengaruhi oleh jarak lokasi gangguan. Semakin jauh jarak lokasi gangguan maka semakin kecil arus gangguan hubung singkat yang terjadi. Arus gangguan yang terbesar terjadi pada $I_{F3\phi}$ nilainya 3530, 889 A dengan panjang jaringan 2,397 kms. Dan pada jarak 239,743 kms nilai $I_{F3\phi}$ 98,406 A. Berdasarkan hasil perhitungan, nilai penyetelan arus rele OCR pada sisi *incoming bus* 20 kV ditetapkan sebesar 560,7 A. Nilai ini dipilih untuk menghindari *trip* saat terjadi beban puncak sesaat, namun tetap *responsif* dalam memicu Pemutus Tenaga (PMT) untuk memutuskan aliran listrik saat terjadi gangguan. Koordinasi waktu kerja (*Grading Time / Δ_t*) antara rele *Incoming* dan *Outgoing* pada Gardu Induk Betung berjalan dengan sangat baik dan memenuhi standar keandalan dengan selisih waktu kerja tercatat sebesar 0,31 detik (pada jarak 1%) dan 0,36 detik (pada jarak 10%). Nilai ini telah memenuhi standar IEC 60255 yang mensyaratkan *grading margin* berkisar antara 0,2 hingga 0,4 detik untuk memastikan *selektivitas proteksi* dimana pemadaman hanya terjadi pada area gangguan.

Kata Kunci : *Koordinasi, Rele OCR, Rele GFR, Transformator Daya, Sistem Proteksi, Arus Gangguan, Gardu Induk Betung.*

ABSTRACT

Betung Substation is located on Jalan Betung Sekayu, Suka Mulya Village, Betung District, Banyuasin Regency, South Sumatra Province. Betung Substation is a vital component in the South Sumatra transmission system, this Substation functions to reduce the high voltage of 150 kV to a distribution voltage of 20 kV. The OCR relay as a safety against short circuit faults between phases and overloads. This relay detects an increase in current that exceeds the setting value and orders the PMT to open. While the GFR relay functions specifically to detect short circuit fault currents from phase to ground. The relay operates using standard inverse characteristics in accordance with the IEC 60255 standard. The magnitude of the short circuit fault current is influenced by the distance of the fault location. The farther the distance of the fault location, the smaller the short circuit fault current that occurs. The largest fault current occurs at $I_{F3\ 3\phi}$ with a value of 3530, 889 A with a network length of 2,397 kms. And at a distance of 239,743 kms the $I_{F3\ 3\phi}$ 98,406 A. This value is selected to prevent tripping during momentary peak loads while remaining responsive in triggering the Circuit Breaker (PMT) to isolate the electricity supply when a fault occurs. The operating time coordination (Grading Time / Δ_t) between the Incoming and Outgoing relays at the Betung Substation performs optimally and complies with reliability standards, with recorded grading time differences of 0.31 seconds (at a 1% distance) and 0.36 seconds (at a 10% distance). These values meet the IEC 60255 standard, which mandates a grading margin ranging from 0.2 to 0.4 seconds to ensure protection selectivity, thereby confining blackouts solely to the fault area.

Keywords : Coordination, OCR Relay, GFR Relay, Power Transformer, Protection System, Fault Current, Betung Substation.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, dimana skripsi ini yang berjudul “ **Analisis Koordinasi Rele OCR dan Rele GFR pada Transformator Daya 150/20 kV di Gardu Induk Betung**” untuk memenuhi sebagian persyaratan dalam memperoleh gelar sarjana Strata-1 pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tridinanti.

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada yang terhormat :

- Bapak Moh. Wahyu A., ST., MT. Selaku Pembimbing Utama
- Bapak Muhammad Helmi, ST. MT. Selaku Pembimbing kedua

yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyusun skripsi.

Ucapan terimakasih yang sama penulis sampaikan kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Edizal AE, MS. Selaku Rektor Universitas Tridinanti.
2. Ibu Dr. Ani Firda, ST. MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Tridinanti.
3. Bapak Moh. Wahyu A, MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tridinanti.
4. Ibu Dina Fitria, ST., MT. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tridinanti.
5. Staf Dosen dan Karyawan Fakultas Teknik Universitas Tridinanti.
6. Teman-teman dan dan pihak-pihak lain yang tidak dapat kami sebutkan satu-persatu yang secara tidak langsung turut membantu penyusunan skripsi ini.

Semoga amal baiknya diterima dan dilipat gandakan oleh Allah Subhanahu Wa Ta’ala. Dan semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis. Aamiin.

Palembang, Juli 2026

Penulis

Roy Fedrik

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
 BAB I PENDAHULUAN.....	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	 5
1.1 Sistem Distribusi	5
1.2 Gardu Induk	10
1.3 Gangguan pada Gardu Induk	15
1.3.1 Gangguan Hubung Singkat	16
1.3.2 Sistem Proteksi Distribusi Tenaga Listrik	20
1.3.3 Karakteristik Rele Proteksi	23
1.4 Jenis Rele Proteksi pada Sistem Distribusi	27
1.4.1 Rele Arus Lebih (OCR).....	27
1.4.2 Setelah Rele Arus Lebih	28
1.4.3 Setting Rele di Incoming Fedeer dgn standar Invers ..	28
1.4.4 Setting Ground Fault Relay (GFR)	29

BAB III METODE PENELITIAN	34
3.1 Pendekatan Kuantitatif Deskriptif.....	34
3.2 Diagram Alir Penelitian	35
3.3 Single Line Diagram (SLD) GI Betung	36
3.4 Penyulang Laksan	38
3.5 Saluran Distribusi Penyulang Laksan	40
BAB IV PERHITUNGAN DAN ANALISA	42
4.1 Proses Penyetelan Rele Hubung Singkat.....	42
4.2 Perhitungan Impedansi Sumber.....	42
4.3 Perhitungan Impedansi Transformator	44
4.4 hitungan Impedansi Penyulang Laksan	45
4.5 Perhitungan Impedansi Ekuivalen.....	46
4.6 Perhitungan Arus Hubung Singkat.....	47
4.7 Perhitungan Rele Arus Lebih (OCR).....	52
4.7.1 Setelan rele sisi penyulang 20 kV	52
4.7.2 Setelan rele sisi Incoming 20 kV	55
4.7.3 Setting rele GFR sisi Incoming (bus 20 kV)	56
4.7.4 Koordinasi waktu kerja rele OCR dan GFR	62
4.8 Analisis	63
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	67
5.1 KESIMPULAN	67
5.2 SARAN	68
DAFTAR PUSTAKA.....	69
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Sistem distribusi tenaga listrik	5
2.2 Pembangkit listrik tenaga uap.....	6
2.3 Saluran Transmisi	7
2.4 Gardu Induk Betung	8
2.5 Gardu Distribusi	9
2.6 Sistem Cincin atau ring	11
2.7 Sistem busbar tunggal	11
2.8 Sistem Busbar Ganda	12
2.9 Sistem Busbar satu setengah atau one half busbar	12
2.10 Arrester	13
2.11 Transformator Instrumen.....	13
2.12 Transformator Tegangan	14
2.13 Pemisah engsel.....	14
2.14 Sakelar Pemutus Tenaga (PMT)	15
2.15 Gangguan hubung singkat 3 fasa	19
2.16 Gangguan hubung singkat 2 fasa tanah	19
2.17 Gangguan hubung singkat 1 fasa tanah.....	20
2.18 Peralatan sistem proteksi pada transformator tenaga 150/20 kV	21
2.19 Kurva Karakteristik Instan.....	23
2.20 Kurva Karakteristik Definite Time	23
2.21 Karakteristik Waktu Invers.....	24
3.1 Langkah-langkah dalam penelitian	33
3.2 Sistem Proteksi Transformator Daya	34
4.1 Gangguan hubung singkat di busbar GI Betung.....	38
4.2 Konversi Xsc dari 150 ke 20 kV.....	38
4.3 Rangkaian Impedansi Ekuivalen saat terjadi hubung singkat	45
4.4 Kurva Arus Gangguan Hubung Singkat	50
4.5 Kurva Koordinasi Waktu Kerja Rele OCR	59
4.6 Kurva Koordinasi Waktu Kerja Rele GFR	59

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Tabel Karakteristik Kurva Arus vs Waktu	25
2.2 Penelitian Terdahulu (5 Tahun Terakhir)	29
3.1 Data Transformator Daya	34
3.2 Nilai setting rele penyulang laksanakan	35
3.3 Impedansi Saluran	39
3.4 Nilai Tahanan (R) dan Reaktansi (X_L) Penghantar AAC Tegangan 20 kV	39
3.5 Nilai Tahanan (R) dan Reaktansi (X_L) Penghantar AAAC Tegangan 20 kV	40
4.5 Hasil perhitungan arus hubung singkat di penyulang Laksan	44
4.6 Hasil perhitungan standar invers rele OCR dan GFR	56
4.7 Hasil perhitungan waktu kerja rele OCR	57
4.8 Hasil perhitungan waktu kerja rele GFR	58
4.9 Koordinasi waktu kerja rele OCR	60
4.10 Koordinasi waktu kerja rele GFR	60

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gardu induk adalah instalasi sistem tenaga listrik yang krusial, berfungsi mengubah tegangan (naik/turun), mengalihkan jaringan, dan memantau aliran daya antara pembangkit, transmisi, dan distribusi. Fasilitas ini menggunakan transformator daya untuk menyesuaikan tegangan serta mengamankan jaringan dari gangguan agar penyaluran listrik aman dan andal. Gardu Induk Betung (GI) berlokasi di Jalan Betung Sekayu Desa Suka Mulya, kecamatan Betung Kabupaten Banyuasin Propinsi Sumatera Selatan. Gardu Induk Betung merupakan komponen vital dalam sistem transmisi Sumatera Selatan, Gardu Induk ini berfungsi menurunkan tegangan tinggi 150 kV menjadi tegangan distribusi 20 kV.

Rele OCR (Over Current Relay) sebagai pengaman terhadap gangguan hubung singkat antar fasa dan beban lebih. Rele ini mendeteksi kenaikan arus yang melebihi nilai setting dan memerintahkan Pemutus Tenaga (PMT) untuk terbuka. Sedangkan Rele GFR (Ground Fault Relay) berfungsi khusus untuk mendeteksi arus gangguan hubung singkat fasa ke tanah.

Terkait rencana komisioning pada gardu induk betung yaitu pengecekan dan pengujian peralatan pada gardu induk khususnya pada transformator daya 150/20 kV juga terkait dengan komisioning terhadap setting rele OCR (*Over Current Relay*) dan rele GFR (*Ground Fault Relay*). Hal tersebut sangat penting untuk memastikan rele bekerja selektif dan cepat dalam mengisolasi gangguan fasa ke fasa (OCR) atau tanah (GFR). Setting harus diperbarui jika waktu kerja rele

sebelumnya menyebabkan *trip* yang tidak selektif (yaitu koordinasi antar OCR dan GFR gagal).

Jika rele OCR dan rele GFR gagal beroperasi saat terjadi gangguan, akibat utamanya adalah kerusakan permanen pada peralatan utama seperti transformator daya akibat panas berlebih (arus hubung singkat yang terus mengalir). Hal ini mengakibatkan pemadaman listrik yang meluas karena pengaman cadangan (backup) membutuhkan waktu lebih lama untuk bekerja atau justru menyebabkan *tripping* pada sisi yang lebih hulu (*back-up protection* gagal koordinasi). Maka dalam penulisan penelitian skripsi ini penulis mengambil judul **“Analisis Koordinasi Rele OCR dan Rele GFR pada Transformator Daya 150 / 20 kV di Gardu Induk Betung.**

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana dampak kegagalan deteksi gangguan oleh rele OCR (hubung singkat antar-fasa atau beban lebih) dan rele GFR (hubung singkat fasa ke tanah) pada sistem ?
2. Bagaimana menentukan nilai penyetelan (*setting relay*) pada *Over Current Relay* (OCR) dan *Ground Fault Relay* (GFR) pada transformator daya ?
3. Bagaimana *koordinasi sistem proteksi* yang tepat untuk mengamankan transformator daya dari kerusakan akibat arus hubung singkat ?

1.3 Batasan Masalah

1. Sistem yang ditinjau adalah sisi 20 kV pada Gardu Induk Betung.
2. Pembahasan dititikberatkan pada penyulang Laksan.
3. Perhitungan hanya dibatasi pada gangguan arus hubung singkat pada Penyulang Laksan di Gardu Induk Betung pada Trafo 30 MVA-2 150/20 kV.
4. Analisis dan pengambilan data dibatasi pada periode tahun 2025 – 2026.

1.4 Tujuan

1. Menganalisis dampak kegagalan deteksi gangguan oleh rele OCR (hubung singkat antar-fasa/beban lebih) dan rele GFR (hubung singkat fasa ke tanah) pada sistem proteksi.
2. Menentukan nilai penyetelan (*setting relay*) pada *Over Current Relay* (OCR) dan *Ground Fault Relay* (GFR) pada transformator daya 30 MVA-2 secara optimal sesuai standar yang berlaku.
3. Mendapatkan koordinasi sistem proteksi yang tepat dan selektif guna mengamankan transformator daya dari kerusakan akibat arus hubung singkat.

1.5 Sistematika Penulisan

1. Bagian Awal
 - a. Halaman Judul (Cover):
 - b. Kata Pengantar/Abstrak: Ringkasan penelitian.
 - c. Daftar Isi/Tabel/Gambar:

2. Bagian Inti

- a. BAB I Pendahuluan: Latar belakang, rumusan masalah, dan tujuan.
- b. BAB II Tinjauan Pustaka/Teori: Dasar teori yang mendukung.
- c. BAB III Metode Penelitian: Langkah-langkah penelitian.
- d. BAB IV Hasil dan Pembahasan: Analisis data dan jawaban masalah.
- e. BAB V Penutup: Kesimpulan dan saran. Merupakan ringkasan inti hasil penelitian yang menjawab rumusan masalah dan tujuan penelitian secara singkat, padat, dan jelas.

3. Bagian Penutup/Penunjang

- a. Daftar Pustaka: Referensi yang digunakan.
- b. Lampiran : Data tambahan. Merupakan informasi pelengkap atau sekunder yang digunakan untuk mendukung, memperdalam, atau memperbarui data utama agar hasil analisis lebih lengkap. Data ini berupa dokumen, foto, detail khusus yang tidak tercakup dalam sumber data primer.

DAFTAR PUSTAKA

1. Djiteng Marsudi. 2011. Buku Pembangkitan Energi Listrik, Edisi kedua. Penerbit Erlangga, Jakarta.
2. Sarimun, Wahyudi. 2012. Buku Saku Pelayanan Teknik, Edisi kedua. Penerbit Garamond, Bekasi.
3. Markoni. 2018. Operasi Sistem & Pemeliharaan Jaringan Distribusi Tenaga Listrik. Teknosain, Yogyakarta.
4. Hendra Martha Yuda, Pola Risma, 2023, Perencanaan sistem Tenaga Listrik. Literasi Nusantara Abadi.
5. Kadir Abdul. 1998. Transmisi Tenaga Listrik. Universitas Indonesia.
6. William D., Stevenson, jr. Analisis sistem tenaga listrik. Penerbit Erlangga, Jakarta.
7. Hendra Marta Yudha, dkk, 2023, Buku Proteksi Sistem Tenaga, Literasi Nusantara Abadi.
8. Wahyudi Sarimun N, 2012, Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik, Edisi Pertama, Penerbit Garamond, Depok.
9. Ing.Agus Sofwan, 2021, Buku Sistem Proteksi Tenaga Listrik, ISTN, Jakarta.
10. Harmoko S, Sri Lestari, 2022, Proteksi Sistem tenaga Listrik, Technology Engineering, Penerbit Andi.
11. Arka, I. G. P., Mudiana, N., & Abasana, G. K. (2016). Analisis Arus Gangguan Hubung Singkat Pada Penyulang 20 Kv Dengan Over Current Relay (OCR) Dan Ground Fault Relay (GFR). Jurnal Logic, 16(1), 46-52.
12. Galla, W., Sampeallo, A., & Daris, J. (2020). Analisis Gangguan Hubung Singkat Pada Saluran Udara 20 KV Di Penyulang Naioni PT. PLN (Persero)

ULP Kupang Untuk Menentukan Kapasitas Pemutusan Fuse Cut Out Menggunakan Etap 12.6.

13. T. Fidargo. Analisa Gangguan Ketidakseimbangan Beban Listrik Di Gedung Fakultas Teknologi Industri (Fti) Unissula, Repos. Unissula, 2019.
14. Sutarti, 2010. Analisis Perhitungan Setting Arus Dan Waktu Pada Relai Arus Lebih (OCR) Sebagai Proteksi Trafo Daya Di Gardu Induk Cawang Lama Jakarta. Jurnal Sains dan Teknologi, Riau.
15. Andrea Bonetti, 2017, Standar IEC60255, Relay Protection Applications, Real Time power system Simulation Tests.
16. SPLN 64, 1985. Sistem Distribusi Tegangan Menengah (JTM), PLN.
17. SPLN T5.002-2:2010. Sistem Proteksi Trafo GI.
18. Schneider Electric, 2011. Micom P14x, *Feeder Management Relay, Technical Manual*.
19. International Electrotechnical Commission. (2022). *Measuring relays and protection equipment - Part 1: Common requirements* (IEC Standard No. 60255-1:2022). iec.ch