

TUGAS AKHIR

**STUDI ANALISIS KOORDINASI *OVER CURRENT RELAY*
(OCR) DAN *DIRECTIONAL GROUND RELAY* (DGR) PADA
TRANSFORMATOR 2 DI PLN UP3 SURABAYA UTARA**



Disusun Oleh :

BAGAS HERNANDA JATMIKO
NBI : 1451900092

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA
2023**

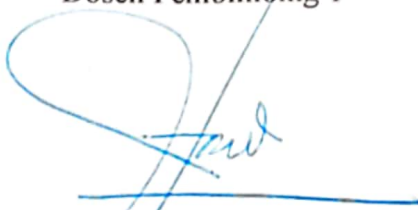
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nama : Bagas Hernanda Jatmiko
NBI : 1451900092
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Judul : STUDI ANALISIS KOORDINASI *OVERCURRENT RELAY* (OCR) DAN *DIRECTIONAL GROUND RELAY* (DGR) PADA *TRANSFORMATOR 2* DI PLN UP3 SURABAYA UTARA

Menyetujui,

Dosen Pembimbing 1



Ir. Hadi Tasmono, M.T., IPU., ASEAN Eng., ACPE.
NPP. 2045F.16.0709

Dosen Pembimbing 2



Reza Sarwo Widagdo, S.Tr.,T.,M.T.
NPP. 20450.220860

Mengetahui,

Dekan
Fakultas Teknik



Dr. Ir. Safiq M. Kas., IPU., ASEAN Eng.
NPP. 20410.90.0197

Ketua
Program Studi Teknik Elektro



Puji Slamet, ST., M.T.
NPP. 20450.11.0601

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Bagas Hernanda Jatmiko

NBI 1451900092

Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan bahwa sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir yang berjudul:

“STUDI ANALISIS KOORDINASI *OVER CURRENT RELAY* (OCR) DAN *DIRECTIONAL GROUND RELAY* (DGR) PADA TRANSFORMATOR 2 DI PLN UP3 SURABAYA UTARA”

Adalah benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan, dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri. Semua referensi yang dikutip maupun yang dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar Pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 04 Juli 2023

Yang Menyatakan,



Bagas Hernanda Jatmiko

NBI. 1451900092



UNIVERSITAS
17 AGUSTUS 1945
SURABAYA

BADAN PERPUSTAKAAN
Jl. SEMOLOWARU 45 SURABAYA
TELP. 031 593 1800 (Ext. 311)
e-mail : perpus@untag-sby.ac.id

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA
ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMISI**

Sebagai Civitas Akademika Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Bagas Hermenda Jatmiko
NBI/NPM : 1451900092
Program Studi : Teknik Elektro
Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Badan Perpustakaan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Nonexclusive Royalty-Free Right*), atas karya saya yang berjudul:

**“STUDI ANALISIS KOORDINASI *OVERCURRENT RELAY* (OCR) DAN
DIRECTIONAL GROUND RELAY (DGR) PADA *TRANSFORMATOR 2* DI PLN UP3
SURABAYA UTARA”**

Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Nonexclusive Royalty-Free Right*), Badan Perpustakaan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya berhak menyimpan, mengalihkan media atau memformatkan, mengolah dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, mempublikasikan karya ilmiah selama tetap tercantum.

Dibuat di : Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Pada tanggal : 04 Juli 2023.

Yang Menyatakan,



Bagas Hermenda Jatmiko
1451900092

ABSTRAK

Sistem proteksi bertujuan melindungi peralatan listrik dari gangguan teknis, alam, kesalahan operasi, dan faktor lainnya. Dalam penelitian ini, dilakukan analisis dan simulasi terhadap koordinasi proteksi di GI 150 kV Kenjeran PT PLN (Persero) menggunakan data dari PLN UP3 Surabaya Utara. Permasalahan umum yang muncul adalah gangguan hubung singkat akibat penyetelan yang kurang tepat pada *Overcurrent Relay* (OCR) atau *Directional Ground Relay* (DGR). Nilai-nilai parameter seperti TMS OCR dan arus *instantaneous* DGR mengalami perubahan pada kondisi *existing* dan *resetting*. Terdapat beberapa nilai yang berbeda pada kondisi *existing* dan *resetting*. Nilai yang berubah antara lain adalah nilai TMS OCR yang pada semula bernilai 0,15, menjadi 0,18 - 0,24 yang nilainya berbeda-beda setiap penyulang. Nilai arus *instantaneous* yang sebelumnya bernilai 2800 A, menjadi 2886,75 A. Nilai TMS DGR pada kondisi *existing* sebesar 0,2 dengan hasil perhitungan diperoleh 0,0498553. Pada kondisi *existing* arus *instant* DGR senilai 4 A, sedangkan setelah melakukan perhitungan diperoleh arus instan senilai 11,475 A. Selanjutnya, pembuatan model sistem kelistrikan menggunakan *software* ETAP 19 dilakukan untuk melakukan simulasi. Hasil dari simulasi dapat dilihat bahwa saat terjadi gangguan hubung singkat pada penyulang, *relay* yang berfungsi adalah *relay* yang terletak di penyulang tersebut, sementara *relay* di penyulang lainnya tidak mendeteksi arus pickup seperti yang terjadi pada *relay* yang mengalami gangguan. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa simulasi berjalan dengan normal.

Kata kunci: Directional Ground Relay, Over Current Relay, Relay Proteksi

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis hanturkan kepada Tuhan Yang Maha Esa Atas berkat dan rahmatNya yang telah dicurahkan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “STUDI ANALISIS KOORDINASI *OVERCURRENT RELAY* (OCR) DAN *DIRECTIONAL GROUND RELAY* (DGR) PADA *TRANSFORMATOR 2* DI PLN UP3 SURABAYA UTARA” dengan lancar dan baik adanya. Penulisan Tugas Akhir merupakan persyaratan yang wajib ditempuh guna penyelesaian program Pendidikan Sarjana Strata Satu (S-1) Teknik Elektro di Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya. Penulis menyadari banyak pihak yang memberikan dukungan selama meyelesaikan Tugas Akhir ini, oleh karena itu dengan segala kerendahan hati peneliti menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Mulyanto Nugroho, MM.,CMA.,CPAI, selaku Rektor Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
2. Bapak Dr. Ir. Sajiyo, M.Kes, IPM selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
3. Bapak Puji Slamet, ST., MT selaku Kepala Program Studi Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
4. Bapak Ir. Hadi Tasmono, M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan masukan dan saran sehingga penelitian dapat diselesaikan tepat waktu.
5. Bapak Reza Sarwo Widagdo, S.Tr.T.,MT. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah banyak memberikan masukan dan saran dalam penyusunan tugas akhir sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan sebaik-baiknya.
6. Seluruh Dosen dan Civitas akademik Program Studi Teknik Elektro Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
7. Seluruh Staf dan Karyawan Tata Usaha di Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
8. PLN UP3 Surabaya Utara yang bersedia memberikan sumbangsiah data penelitian guna penyelesaian tugas akhir.
9. Kedua orang tua dan keluarga yang selalu mensupport selama dalam pengerjaan tugas akhir ini.
10. Seluruh teman “EDNX” yang selalu berbagi suka duka dalam penyusunan dan pengerjaan tugas akhir ini bersama sama.
11. Serta seluruh teman teman teknik elektro angkatan 2019 yang tak bisa saya sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari sepenuhnya, bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan, walaupun penulis telah berusaha dengan sebaik-baiknya. Oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan guna penyempurnaan penyusunan dan penulisan Tugas Akhir ini. Penulis berharap agar Tugas Akhir ini bermanfaat dan dapat memperluas serta menambah pengetahuan bagi kita semua.

Surabaya, 26 Juni 2023
Penulis,

Bagas Hernanda Jatmiko

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMISI	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Kontribusi Penelitian.....	2
1.5. Batasan Masalah.....	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II. DASAR TEORI.....	5
2.1. <i>State Of The Art</i>	5
2.2. Sistem Distribusi Tenaga Listrik.....	7
2.3. Sistem Proteksi Distribusi Tenaga Listrik.....	7
2.4. <i>Transformator</i>	Error! Bookmark not defined.
2.4.1. Prinsip Kerja <i>Transformator</i>	9
2.4.2. Komponen Utama Pada <i>Transformator</i>	10
2.4.2.1. Kumparan <i>Transformator</i>	10
2.4.2.2. Inti Besi	11
2.4.2.3. Minyak Trafo	12
2.4.2.4. <i>Bushing</i>	Error! Bookmark not defined.
2.4.2.5. Pendingin.....	14
2.4.2.6. <i>Tap Changer</i>	15
2.4.2.7. Konservator	16
2.4.3. Jenis – Jenis <i>Transformator</i>	16
2.5. Pengertian Gangguan	19
2.6. <i>Relay</i> Proteksi.....	20
2.6.1. Fungsi <i>Relay</i> Proteksi.....	20
2.7. <i>Circuit Breaker</i> (CB) / Pemutus Tenaga (PMT)	21
2.8. <i>Over Current Relay</i> (OCR)	21
2.8.1. Karakteristik <i>Relay</i> Arus Lebih.....	23
2.8.1.1. <i>Relay</i> Waktu Seketika (<i>Instantaneous Relay</i>)	23
2.8.1.2. <i>Relay</i> Arus Lebih Waktu Tertentu (<i>Definite Time Relay</i>).....	24
2.8.1.3. Relai Arus Lebih Waktu Terbalik (<i>Inverse Time Relay</i>).....	24
2.9. <i>Directional Ground Relay</i> (DGR).....	25

2.10.	Arus Gangguan Hubung Singkat.....	26
BAB III.	METODE PENELITIAN	29
3.1.	Metode Penelitian.....	29
3.2.	Diagram Alir Penelitian.....	29
3.3.	Pengumpulan Data.....	30
3.4.	Pengolahan Data.....	32
3.4.1.	Menghitung Impedansi.....	33
3.4.1.1.	Impedansi Sumber.....	33
3.4.1.2.	Menghitung Reaktansi Trafo.....	34
3.4.1.3.	Menghitung Impedansi Penyulang.....	34
3.4.1.4.	Menghitung Impedansi Ekvivalen Jaringan.....	35
3.4.2.	Menghitung Arus Gangguan Hubung Singkat.....	36
3.4.2.1.	Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa.....	36
3.4.2.2.	Gangguan Hubung Singkat Antar Fasa.....	36
3.4.2.3.	Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa Ke Tanah.....	36
3.4.3.	Menghitung TMS (<i>Time Multipler Setting</i>).....	36
3.4.4.	Menghitung Waktu Kerja <i>Relay</i>	37
3.4.5.	Hasil Perhitungan Setelan OCR Dan DGR.....	37
3.4.6.	Perbandingan Hasil Perhitungan Teori Dengan Data.....	37
3.4.7.	Simulasi Gangguan Hubung Singkat Pada Sisi Incoming dan Penyulang.....	37
BAB IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	39
4.1.	Analisa Arus Gangguan Hubung Singkat.....	39
4.2.	Menghitung Impedansi Sumber.....	39
4.3.	Menghitung Reaktansi Trafo.....	40
4.4.	Menghitung Impedansi Penyulang.....	40
4.5.	Menghitung Impedansi Ekvivalen Jaringan.....	42
4.6.	Menghitung Arus Gangguan Hubung Singkat.....	43
4.6.1.	Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa.....	43
4.6.2.	Gangguan Hubung Singkat 2 Fasa.....	43
4.6.3.	Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah.....	44
4.7.	Menghitung Penyetelan OCR (<i>Over Current Relay</i>) dan DGR (<i>Directional Ground Relay</i>).....	45
4.7.1.	Penyetelan Arus Pada Sisi <i>Incoming</i>	45
4.7.2.	Penyetelan Arus Lebih Pada Sisi Penyulang.....	46
4.7.3.	Penyetelan <i>Relay</i> Arus Gangguan Tanah Pada Sisi Penyulang.....	49
4.8.	Perbandingan Hasil Perhitungan Dengan Data Lapangan.....	50
4.9.	Simulasi Koordinasi OCR Pada Setiap Penyulang Dengan ETAP.....	51
4.9.1.	Simulasi Gangguan Penyulang Rangkah.....	51
4.9.2.	Simulasi Gangguan Penyulang Sidoyoso.....	53
4.9.3.	Simulasi Gangguan Penyulang Wiratno.....	55
4.9.4.	Simulasi Gangguan Penyulang Tuwowo.....	56
4.10.	Simulasi Koordinasi DGR.....	58
BAB V.	PENUTUP.....	59

5.1. Kesimpulan	59
5.2. Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN.....	63
Lampiran A. Surat Balasan Tempat Penelitian.	63
Lampiran B. <i>Single Line Diagram</i> GI Kenjeran	64
Lampiran C.1. Tabel Hasil Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa	65
Lampiran C.2. Tabel Hasil Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat 2 Fasa	66
Lampiran C.3. Tabel Hasil Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa Ke Tanah	67
Lampiran C.4. Tabel Hasil Perhitungan TMS dan Waktu OCR.....	69
Lampiran C.5. Tabel Hasil Perhitungan TMS dan Waktu OCR.....	70
Lampiran C.6. Tabel Hasil Perhitungan TMS dan Waktu DGR.....	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. <i>Transformator</i> Distribusi.....	8
Gambar 2.2. Gaya Gerak Listrik Pada <i>Transformator</i> [13].....	9
Gambar 2.3. Kumputan <i>Transformator</i>	10
Gambar 2.4. Inti Besi.....	11
Gambar 2.5. Minyak Trafo.....	12
Gambar 2.6. <i>Bushing</i>	14
Gambar 2.7. <i>Tap Changer</i> [13].	15
Gambar 2.8. Tangki Konservator	16
Gambar 2.9. <i>Over Current Relay</i>	22
Gambar 2.10. Karakteristik <i>Relay</i> Waktu Seketika[16]	23
Gambar 2.11. Karakteristik <i>Relay</i> Waktu Tertentu[16].....	24
Gambar 2.12. Karakteristik <i>Relay</i> Waktu Terbalik[16].....	25
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian.....	29
Gambar 4.1. Hasil Simulasi OCR penyulang Rangkah.....	52
Gambar 4.2. Laporan Waktu Kerja OCR pada penyulang Rangkah ketika terjadi gangguan.....	52
Gambar 4.3. Kurva Hasil Simulasi Pada Penyulang Rangkah	53
Gambar 4.4 Hasil Simulasi OCR Penyulang Sidoyoso	53
Gambar 4.5. Laporan Waktu Kerja OCR Pada Penyulang Sidoyoso Ketika Terjadi Gangguan.....	54
Gambar 4.6. Kurva Hasil Simulasi Penyulang Sidoyoso	54
Gambar 4.7. Hasil Simulasi OCR Penyulang Wiratno.....	55
Gambar 4.8. Laporan Waktu Kerja OCR Pada Penyulang Wiratno Ketika Terjadi Gangguan.....	55
Gambar 4.9. Kurva Hasil Simulasi Penyulang Wiratno	56
Gambar 4.10. Hasil Simulasi OCR Penyulang Tuwowo.....	56
Gambar 4.11. Laporan Waktu Kerja OCR Pada Penyulang Tuwowo Ketika Terjadi Gangguan.....	57
Gambar 4.12. Kurva Hasil Simulasi Penyulang Tuwowo.....	57
Gambar 4.13. Kurva Hasil Simulasi DGR	58

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Data <i>Transformator 2</i> GI Kenjeran	31
Tabel 3.2. Data Spesifikasi <i>Relay</i>	31
Tabel 3.3. Data Jenis penghantar penyulang pada <i>Transformator 2</i> GI Kenjeran	32
Tabel 3.4. Impedansi Penyulang	32
Tabel 4.1. Hasil Perhitungan Impedansi Penyulang.....	41
Tabel 4.2. Hasil Perhitungan Impedansi Ekvivalen Jaringan.....	42
Tabel 4.3. Hasil Perhitungan I3Fasa Penyulang Tuwowo	43
Tabel 4.4. Hasil Perhitungan I2Fasa Penyulang Tuwowo	44
Tabel 4.5. Hasil Perhitungan I1Fasa Penyulang Tuwowo	44
Tabel 4.6. Data Arus Puncak Pada Setiap Penyulang	45
Tabel 4.7. Hasil Perhitungan Arus Instant dan Arus Setting Sisi Penyulang.....	47
Tabel 4.8. Hasil Perhitungan TMS dan Waktu Kerja <i>Relay</i>	48
Tabel 4.9. Hasil Perhitungan Arus Instant dan Arus Setting Sisi <i>Incoming</i>	49
Tabel 4.10. Hasil Perhitungan TMS dan Waktu Kerja <i>Relay</i>	50
Tabel 4.11. Perbandingan Hasil Perhitungan Dengan Data Lapangan	50