

TUGAS AKHIR

STUDI KASUS PENGATURAN PROTEKSI RELE DIFERENSIAL PADA TRANSFORMATOR I DI GARDU INDUK 150 KV TANGGUL



Disusun Oleh :

FAJAR SUKARNO AJI PANDAWA

NBI : 1451900088

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

2023

TUGAS AKHIR

**STUDI KASUS PENGATURAN PROTEKSI RELE
DIFERENSIAL PADA TRANSFORMATOR I
DI GARDU INDUK 150 KV TANGGUL**



Disusun Oleh:

FAJAR SUKARNO AJI PANDAWA
1451900088

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

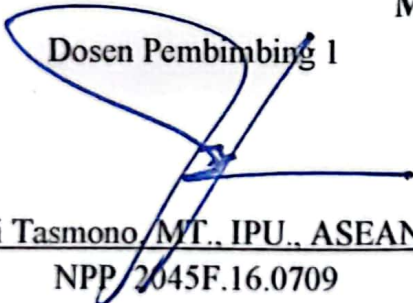
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

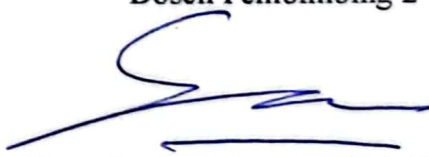
Nama : FAJAR SUKARNO AJI PANDAWA
NBI : 1451900088
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS : TEKNIK
JUDUL : STUDI KASUS PENGATURAN PROTEKSI RELE
DIFERENSIAL PADA TRANSFORMATOR 1 DI
GARDU INDUK 150 KV TANGGUL

Menyetujui,

Dosen Pembimbing 1



Ir. Hadi Tasmono, MT., IPU., ASEAN Eng.
NPP. 2045F.16.0709

Dosen Pembimbing 2


Reza Sarwo Widagdo, S.Tr.T., MT.
NPP. 20450.22.0860

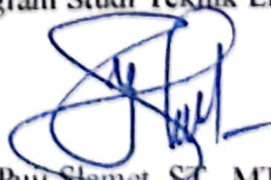
Mengetahui,

Dekan
Fakultas Teknik



Dr. Ir. H. Sanyo, M. Kes., IPU., ASEAN Eng.
NPP. 20410.90.0197

Ketua
Program Studi Teknik Elektro


Puji Slamet, ST., MT
NPP. 20450.11.0601

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fajar Sukarno Aji Pandawa
NBI : 1451900088
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan bahwa sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir yang berjudul:

“STUDI KASUS PENGATURAN PROTEKSI RELE DIFERENSIAL PADA TRANSFORMATOR 1 DI GARDU INDUK 150 KV TANGGUL”

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, 14 Juni 2023
Yang Menyatakan,



Fajar Sukarno Aji Pandawa
NBI. 1451900088



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 : Fajar Sukarno Aji Pandawa
NBI/NPM : 1451900088
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 KASUS PENGATURAN PROTEKSI RELE DIFERENSIAL PADA
TRANSFORMATOR 1 DI GARDU INDUK 150 KV TANGGUL”**

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

Dibuat di : Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Pada tanggal : 14 Juni 2023

Yang Menyatakan,



Fajar Sukarno Aji Pandawa
NBI. 1451900088

ABSTRAK

Rele diferensial pada transformator merupakan proteksi penting yang bekerja secara independen dan membutuhkan waktu respon cepat. Pengaturan yang tepat pada rele merupakan faktor kunci dalam menjaga keefektifan proteksi sistem transmisi dan meningkatkan efisiensi. Penelitian ini memanfaatkan data sekunder yang didapat dari GI Tanggul digunakan sebagai dasar perhitungan matematis. Rasio transformator arus yang digunakan pada transformator memiliki konfigurasi 300:1 A pada sisi primer 150 kV, dan 2000:5 A pada sisi sekunder 20 kV. Penentuan rasio ini dilakukan berdasarkan perhitungan yang dilakukan, diperoleh nilai arus rating sebesar 254,034 A pada sisi primer 150 kV dan 1905,256 A pada sisi sekunder 20 kV. Iset yang didapatkan dari hasil perhitungan yaitu 0,0965 pU. Namun, agar memenuhi persyaratan keselamatan yang meliputi faktor keamanan (5%), mismatch (4%), arus eksitasi (1%), kesalahan sadapan (10%), dan kesalahan CT (10%), Iset disesuaikan menjadi 0,3 pU dengan harapan bahwa pengaturan tersebut dapat berfungsi secara optimal. Berdasarkan perhitungan, diperoleh slope_{1,2} sebesar 11,8% dan 23,6%. Kurva karakteristik mengalami pergeseran, sehingga responsivitas rele akan meningkat dan memiliki toleransi yang rendah terhadap arus diferensial transien. Dalam simulasi menggunakan software ETAP 19.0.1, kinerja rele diferensial pada trafo I GI Tanggul sudah benar dan menunjukkan hasil yang sesuai dengan prinsip selektivitas dalam daerah proteksi.

Kata kunci: proteksi, gangguan, rele diferensial, simulasi.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur hanya bagi Allah SWT, Tuhan semesta alam, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya. Shalawat dan salam juga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, sebagai teladan bagi umat manusia sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Studi Kasus Pengaturan Proteksi Rele Diferensial Pada Transformator 1 Di Gardu Induk 150 kV Tanggul”.

Penyusunan tugas akhir ini telah melalui serangkaian tahapan yang memakan waktu dan tenaga yang tidak sedikit. Dalam proses penulisan tugas akhir ini, penulis juga menyadari akan keterbatasan, kemampuan, dan pengetahuan penulis dalam menyusun tugas akhir. Oleh karena itu, saya ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, dan motivasi yang luar biasa selama proses penyelesaian tugas akhir ini. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, yang telah melimpahkan karunia serta rahmatnya, sehingga penulis diberikan kemudahan serta kelancaran dalam menulis tugas akhir.
2. Kedua Orang Tua, yang selalu memberikan dukungan berupa doa, waktu, materi, maupun tenaga, serta memberikan saya semangat untuk dapat segera menyelesaikan penulisan tugas akhir hingga terselesainya tugas akhir ini.
3. Bapak Puji Slamet, S.T., M.T selaku Kepala Program Studi Teknik Elektro.
4. Ir. Hadi Tasmono, MT, IPU, ASEAN Eng. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberi banyak ilmu dan arahan kepada penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Reza Sarwo Widagdo, S.Tr.T., MT. selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing dalam proses pembuatan simulasi dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh dosen Teknik Elektro yang sudah membantu kelancaran dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. PT PLN (Persero) ULTG Jember yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian di Gardu Induk Tanggul bagian har proteksi dan pemeliharaan.
8. Bapak Faisal selaku Supervisor pada Gardu Induk Tanggul.
9. Mas Ryan selaku pembimbing lapangan di Gardu Induk Tanggul.
10. Seluruh teman dekat saya, EDNX yang sudah membantu menyelesaikan Tugas Akhir ini.

11. Seluruh teman-teman yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu karena banyaknya bantuan dari kalian.

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, 14 Juni 2023

Penulis,

Fajar Sukarno Aji Pandawa

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.....	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. Transformator Daya	7
2.2.1 Bagian-Bagian Transformator.....	9
2.2.2 Prinsip Kerja Transformator.....	11
2.3. Transformator Arus	11
2.3.1 Rasio Transformator Arus.....	13
2.3.2 <i>Error Mismatch</i>	14
2.3.3 Arus Sekunder <i>Current Transformer</i> (CT).....	15
2.4. Sistem Proteksi.....	16
2.4.1 Klasifikasi Rele	18
2.4.2 Proteksi Transformator.....	19
2.5. Rele Diferensial.....	19
2.5.1 Fungsi Rele Diferensial.....	21
2.5.2 Persyaratan Pada Rele Diferensial	21
2.5.3 Prinsip Kerja Rele Diferensial.....	21
2.5.4 Karakteristik Rele Diferensial.....	23

2.5.5 Parameter Rele Diferensial.....	24
2.6. Gangguan Pada Transformator Daya	29
2.6.1 Gangguan Di Luar Daerah Pengaman.....	30
2.6.2 Gangguan Di Daerah Pengaman	30
2.7. Software ETAP 19.0.1.....	31
BAB III. METODE PENELITIAN.....	33
3.1. Metode Penelitian.....	33
3.2. Diagram Alir Penelitian.....	33
3.2.1 Studi Literatur	34
3.2.2 Pengumpulan Data	34
3.2.3 Perhitungan Secara Teori	36
3.2.4 Perbandingan Perhitungan.....	37
3.2.5 Permodelan Ulang SLD Gardu Induk Tanggul Menggunakan ETAP	37
3.2.6 Simulasi Kinerja Rele Diferensial Terhadap Gangguan	38
3.2.7 Penarikan Kesimpulan.....	38
3.3. Data Name Plate Gardu Induk Tanggul	34
3.4. Data Pengujian	36
3.5. Single Line Diagram Gardu Induk Tanggul.....	37
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1. Perhitungan Matematis.....	39
4.1.1 Perhitungan Rasio CT	39
4.1.2 Perhitungan <i>Error Mismatch</i>	40
4.1.3 Perhitungan Arus Sekunder CT.....	42
4.1.4 Perhitungan Arus Diferensial	42
4.1.5 Perhitungan Arus Restrain	43
4.1.6 Perhitungan Percent Slope	43
4.1.7 Perhitungan Arus <i>Setting</i>	44
4.2. Analisa Perbandingan Perhitungan Dengan Data Pengujian.....	45
4.3.1 Perhitungan Gangguan Pada Transformator Daya.....	48
4.3. Simulasi Rele Diferensial.....	49
4.3.1 Permodelan Ulang SLD GI Tanggul ETAP 19.0.1	50
4.3.2 Analisa Load Flow	58
4.3.3 Analisa Kinerja Rele <i>Terhadap Gangguan</i>	59
BAB V. PENUTUP.....	65
5.1. Kesimpulan.....	65
5.2. Saran.....	66
DAFTAR PUSTAKA	67
LAMPIRAN.....	69

Lampiran A. Surat Pengantar.....	69
Lampiran B. Surat Balasan Tempat Penelitian.....	70
Lampiran C. Data Penelitian.....	71
1. Data pengujian.....	71
2. Data Hubung Singkat.....	73
3. Single Line Diagram Gardu Induk Tanggul.....	74
Lampiran D. Data Perhitungan Microsoft Excel.....	75
1. Karakteristik Perhitungan.....	75
2. Karakteristik Data Pengujian.....	76
Lampiran E. Foto Dokumentasi.....	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Transformator Daya	7
Gambar 2. 2 Gaya Gerak Listrik Pada Trasformator	11
Gambar 2. 3 <i>Current Transformer</i> Sekunder GI Tanggul.....	12
Gambar 2. 4 Rangkaian CT Pada Rele Diferensial.....	12
Gambar 2. 5 Alur Proteksi Sistem Tenaga Listrik	16
Gambar 2. 6 Rele Diferensial Transformator I GI Tanggul	20
Gambar 2. 7 Rele Diferensial Saat Gangguan Internal	22
Gambar 2. 8 Rele Diferensial Saat Gangguan Eksternal.....	22
Gambar 2. 9 Karakteristik Rele Diferensial	24
Gambar 2. 10 ETAP 19.0.1	31
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	33
Gambar 3. 2 Single Line Diagram Gardu Induk 150 kV Tanggul	37
Gambar 4. 2 Grafik Karakteristik Pengujian Rele Diferensial.....	46
Gambar 4. 3 Grafik Karakteristik Perhitungan Rele Diferensial	47
Gambar 4. 4 SLD Gardu Induk Tanggul.....	50
Gambar 4. 5 <i>Power Grid</i>	51
Gambar 4. 6 <i>Rating</i> Busbar (a) 150 kV dan (b) 20 kV	52
Gambar 4. 7 <i>Rating Circuit Breaker</i> (a) Primer dan (b) Sekunder	52
Gambar 4. 8 <i>Rating Current Transformers</i> (a) Primer dan (b) Sekunder	53
Gambar 4. 9 Input Diferensial.....	54
Gambar 4. 10 Transformator I.....	55
Gambar 4. 11 <i>Setting Over Current Relay</i>	55
Gambar 4. 12 <i>Rating</i> Kabel Penyulang.....	56
Gambar 4. 13 <i>Rating</i> Beban	57
Gambar 4. 14 <i>Load Flow</i> GI Tanggul	58
Gambar 4. 15 <i>Load Flow Analysis Report</i>	59
Gambar 4. 16 Simulasi Gangguan Internal	60
Gambar 4. 17 <i>Output</i> Gangguan Internal (a) Urutan Trip, (b) Tampilan <i>Report</i>	61
Gambar 4. 18 Gangguan External	62
Gambar 4. 21 <i>Output</i> Gangguan <i>External</i> (a) Urutan Trip, (b) Tampilan <i>Report</i>	63

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 <i>Name Plate</i> Transformator I.....	34
Tabel 3. 2 Data <i>Name Plate Current Transformer</i>	35
Tabel 3. 3 Data Spesifikasi Rele Diferensial.....	35
Tabel 3. 4 Hasil Pengujian Karakteristik	36
Tabel 3. 5 Nilai <i>Setting</i> Rele Diferensial.....	36
Tabel 4. 1 Hasil Perbandingan Perhitungan Dengan Data Pengujian	45