

# **TUGAS AKHIR**

**STUDI KASUS PENYETELAN *DIFFERENTIAL*  
RELAY PADA TRANSFORMATOR 2 DI GARDU  
INDUK BUDURAN**



**Disusun Oleh :**

**MANAN PRATAMA**

**NBI : 1451900048**

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

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

**STUDI KASUS PENYETELAN *DIFFERENTIAL***  
***RELAY* PADA TRANSFORMATOR 2 DI GARDU**  
**INDUK BUDURAN**



**Disusun Oleh:**

**MANAN PRATAMA**  
**1451900048**

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

**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

---

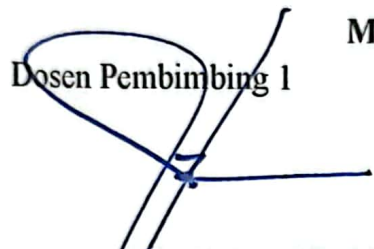
**LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR**


NAMA : MANAN PRATAMA  
NBI : 1451900048  
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS : TEKNIK  
JUDUL : STUDI KASUS PENYETELAN  
*RELAY DIFFERENSIAL* PADA  
TRANSFORMATOR 2 DI GARDU  
INDUK BUDURAN

Dosen Pembimbing 1

Menyetujui,

Dosen Pembimbing 2

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

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

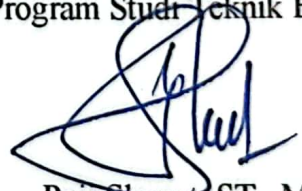
Mengetahui,

Dekan  
Fakultas Teknik

Ketua

Program Studi Teknik Elektro

  
  
Dr. H. Haryono, M.Ket., IPU., ASEAN Eng.  
NPP. 20410.90.0197

  
Puji Slamet, ST., MT.  
NPP. 20450.11.0601

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Manan Pratama  
NBI : 1451900048  
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan bahwa sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir yang berjudul:

### “STUDI KASUS PENYETELAN *DIFFERENTIAL RELAY* PADA TRANSFORMATOR 2 DI GARDU INDUK BUDURAN”

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,



Manan Pratama  
NBI. 1451900048





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 : Manan Pratama  
NBI/NPM : 1451900048  
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 PENYETELAN *DIFFERENTIAL RELAY* PADA  
TRANSFORMATOR 2 DI GARDU INDUK BUDURAN”**

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 : 14 Juni 2023

Yang Menyatakan,



Manan Pratama  
NBI. 1451900048

## ABSTRAK

Komponen dalam proses penyaluran tenaga listrik di gardu induk adalah peralatan yang memiliki peranan penting dan sangat vital, salah satu komponen tersebut di antaranya adalah transformator. Transformator tenaga termasuk bagian yang sangat sensitif dalam sistem tenaga listrik dan rentan terhadap gangguan. Gangguan pada transformator tenaga dapat terjadi baik di dalam maupun di luar transformator tersebut. Untuk itu, diperlukan sistem proteksi yang handal dan dapat bekerja secara koordinatif agar sistem proteksi trafo di Gardu Induk 150KV Buduran, Sidoarjo dapat berfungsi dengan baik dan mencegah terjadinya arus gangguan yang dapat merusak peralatan serta mempertahankan kontinuitas penyaluran tenaga listrik yang baik, *differential relay* adalah salah satu komponen penting dalam sistem proteksi listrik yang digunakan untuk mendeteksi dan mengisolasi gangguan arus hubung singkat maka perlu dilakukan penyettingan yang tepat pada *differential relay*. Metode penelitian ini menggunakan data yang didapatkan dari GI Buduran, Sidoarjo yang kemudian dilakukan perhitungan untuk menentukan *error mismatch*, arus *differential*, arus *restrain*, arus *slope*, pengaturan arus untuk *differential relay* dan parameter-parameter pada *differential relay* saat kondisi normal, serta menghitung parameter-parameter *differential relay* pada saat kondisi gangguan. Dari hasil perhitungan teori didapatkan setting *differential relay* sebesar 0,2884 pU pada sisi primer dan 0,5768 pU pada sisi sekunder. Untuk slope1 40% untuk slope2 80%. Selanjutnya, dilakukan percobaan simulasi gangguan menggunakan software etap 12.6.0 guna mengetahui prinsip kinerja dari *differential relay* dalam menangani gangguan. Hasil dari perhitungan yang dilakukan ini berhasil dalam menghasilkan *setting relay* yang sesuai dengan kebutuhan sistem proteksi. *Setting differential relay* yang dihasilkan mampu mendeteksi dan mengisolasi gangguan arus lebih dengan waktu respon yang cepat dan akurasi yang tinggi.

Kata kunci: Transformator, *Relay* Proteksi, *Relay Differential*, Simulasi Etap 12.6.0

## 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 Penyetelan *Differential relay* Pada Transformator 2 Di Gardu Induk Buduran”

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 terimakasih 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 do'a, waktu, materi, maupun tenaga, serta memberikan saya semangat untuk dapat segera menyelesaikan penulisan tugas akhir hingga terselesainya tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Ir. Sajiyono, M. Kes selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
4. Bapak Puji Slamet, S.T., M.T selaku Kepala Program Studi Teknik Elektro,
5. Bapak Ir. Hadi Tasmono, MT, IPU, ASEAN Eng. selaku Dosen Pembimbing I dalam penulisan tugas akhir ini.
6. Bapak Reza Sarwo Widagdo, S.Tr.T., MT. selaku Dosen Pembimbing II dalam penulisan tugas akhir ini.
7. Seluruh Dosen Teknik Elektro karena sudah memberikan ilmu yang bermanfaat mulai dari semester 1 hingga semester akhir ini agar penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir.
8. PT PLN (Persero) UPT Surabaya telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian di Gardu Induk Buduran.
9. Bapak Teguh selaku Supervisor pada Gardu Induk Buduran.
10. Mas Didik dan Mas Abi selaku pembimbing lapangan di Gardu Induk Buduran.
11. Seluruh teman dekat saya, EDNMAX yang sudah membantu menyelesaikan Tugas Akhir ini. Serta seluruh teman-teman yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu karena banyaknya bantuan dari kalian.

## 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.....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
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.....	2
1.6. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II. DASAR TEORI.....	5
2.1. <i>State of The Art</i> .....	5
2.2. Transformator Daya .....	6
2.3. Transformator Arus .....	8
2.3.1. Ratio Transformator Arus .....	10
2.3.2. Error Mismatch .....	11
2.3.3. Arus Sekunder CT .....	12
2.4. Sistem Proteksi Transformator.....	14
2.4.1. Gangguan Internal .....	15
2.4.2. Gangguan Eksternal .....	16
2.4.3. Gangguan Hubung Singkat Pada Transformator.....	17



2.5.	Differential Relay .....	18
2.5.1.	Arus Differential .....	20
2.5.2.	Arus Restrain.....	21
2.5.3.	<i>Percent Slope</i> (Setting Kecuraman) .....	22
2.5.4.	Arus Setting.....	23
2.6.	Prinsip Kerja Differential Relay.....	24
2.6.1.	<i>Differential Relay</i> dalam Keadaan normal .....	26
2.6.2.	Differential relay pada gangguan di luar daerah proteksi .....	27
2.6.3.	<i>Differential relay</i> pada gangguan di dalam daerah proteksi.....	29
2.7.	Pemasangan Differential Relay .....	30
2.8.	Karakteristik Differential Relay .....	32
2.9.	Klasifikasi <i>Relay</i> Proteksi .....	34
2.10.	Simulasi <i>Software</i> Etap 12.6.0 .....	35
BAB III. METODE PENELITIAN.....		37
3.1.	Diagram Alir Penelitian .....	37
3.2.	Pengambilan Data .....	38
3.2.1.	Data Transformator Daya.....	39
3.2.2.	Data CT Primer 150 KV.....	39
3.2.3.	Data CT Sekunder 20 KV .....	40
3.2.4.	Data <i>Differential relay</i> .....	40
3.2.5.	Data SLD.....	41
3.2.6.	Simulasi <i>Differential Relay</i> .....	42
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....		43
4.1.	Perhitungan Matematis.....	43
4.1.1.	Perhitungan Nilai Rasio CT .....	43
4.1.2.	Perhitungan Error Mismatch .....	44
4.1.3.	Perhitungan Arus sekunder CT .....	45
4.1.4.	Perhitungan Nilai Arus <i>Differential</i> .....	47

4.1.5.	Perhitungan Nilai Arus <i>Restrain</i> (arus penahan).....	47
4.1.6.	Perhitungan <i>Percent Slope</i> (setting kecuraman).....	48
4.1.7.	Perhitungan Arus Setting .....	49
4.1.8.	Perhitungan Gangguan Hubung Singkat .....	51
4.2.	Simulasi Differential Relay .....	52
4.2.1.	Single Line Diagram dengan Etap 12.6.0.....	53
4.2.2.	Analisis <i>Load Flow</i> .....	58
4.2.3.	Analisa Kinerja Relay Gangguan Internal.....	59
4.2.4.	Analisa Kinerja Relay Gangguan Eksternal .....	61
BAB V. PENUTUP.....		63
5.1.	Kesimpulan .....	63
5.2.	Saran.....	64
DAFTAR PUSTAKA .....		65
LAMPIRAN .....		67
Lampiran I. Surat Pengantar Tempat Penelitian. ....		67
Lampiran II. Surat Jawaban Tempat Penelitian. ....		68
Lampiran III. Data Pengujian <i>Relay Differential</i> Trafo 2 .....		69
Lampiran IV. Single Line Diagram Gardu Induk Buduran.....		70
Lampiran IV. Single Line Diagram Gardu Induk Buduran.....		70
Lampiran V. Data Arus Hubung Singkat GI/GITET Sistem Jawa Bali Semester 2 Tahun 2022.....		72
Lampiran VI. Foto Kegiatan Penelitian. ....		73
Lampiran VI. Foto Kegiatan Penelitian. ....		74

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Transformator Daya. ....	5
Gambar 2. 2 Transformator Arus. ....	8
Gambar 2. 3 <i>Relay Differential</i> . ....	18
Gambar 2. 4 Hukum Kirchoff 1 (arus) [15]. ....	25
Gambar 2. 5 Skema Pengamanan <i>Relay Differential</i> [15]. ....	26
Gambar 2. 6 Skema <i>Relay Differential</i> Keadaan Normal [16]. ....	27
Gambar 2. 7 Skema <i>Relay Differential</i> Keadaan Gangguan Eksternal [16]. ....	28
Gambar 2. 8 Skema <i>Relay Differential</i> Keadaan Gangguan Internal [16]. ....	29
Gambar 2. 9 Wiring Diagram <i>Relay Differential</i> [15]. ....	30
Gambar 2. 10 Grafik Karakteristik <i>Relay Differential</i> [18]. ....	32
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian. ....	37
Gambar 3. 2 <i>Single Line Diagram</i> GI Buduran. ....	36
Gambar 3. 3 Etap 12.6.0. ....	42
Gambar 4. 1 Grafik perbandingan hasil perhitungan dengan data lapangan. ....	50
Gambar 4. 2 <i>Single Line Diagram</i> Etap GI Buduran. ....	53
Gambar 4. 3. <i>Power Grid</i> . ....	54
Gambar 4. 4. <i>Rating</i> Bus 1 dan 2. ....	54
Gambar 4. 5. <i>Rating Circuit Breaker</i> Sisi Primer dan Sekunder. ....	55
Gambar 4. 6. <i>Rating Current Transformers</i> Sisi Primer dan Sekunder. ....	55
Gambar 4. 7. <i>Transformator</i> 1. ....	56
Gambar 4. 8. Input <i>Relay Differential</i> . ....	57
Gambar 4. 9. Data <i>Lump Load</i> Samsung2. ....	57
Gambar 4. 10 Analisis <i>Load Flow</i> Etap. ....	58
Gambar 4. 11 Simulasi Gangguan Internal. ....	59
Gambar 4. 12 <i>Report</i> Gangguan Internal. ....	60
Gambar 4. 13 Simulasi Gangguan Eksternal. ....	61
Gambar 4. 14 <i>Report</i> Gangguan Eksternal. ....	62

## DAFTAR TABEL

Tabel 3 1. Data Transformator. ....	39
Tabel 3 2. Data CT sisi primer. ....	39
Tabel 3 3. Data CT sisi sekunder. ....	40
Tabel 3 4. Data <i>Relay Differential</i> .....	40
Tabel 4 1. Perbandingan Data. ....	50