

## **LAPORAN TUGAS AKHIR**

# **PERANCANGAN SISTEM PROTEKSI TRANSFORMATOR DAYA 60 MVA PADA GARDU INDUK SITUBONDO MENGUNAKAN RELAY DIFFERENSIAL**

Diajukan Sebagai Salah satu Syarat Untuk Kelulusan  
Strata Satu (S-1) Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Jember



Nama : Rachmad Taufik Hidayat

Nim : 1910621005

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER  
2023**

## **LAPORAN TUGAS AKHIR**

# **PERANCANGAN SISTEM PROTEKSI TRANSFORMATOR DAYA 60 MVA PADA GARDU INDUK SITUBONDO MENGUNAKAN RELAY DIFFERENSIAL**

Diajukan Sebagai Salah satu Syarat Untuk Kelulusan  
Strata Satu (S-1) Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Jember



Nama : Rachmad Taufik Hidayat  
Nim : 1910621005

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH JEMBER  
2023**

## HALAMAN PERSETUJUAN SIDANG TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Dosen Pembimbing I : Muhammad A'an Auliq,S.T., M.T.  
NIP/NPK/NIDN : 0715108701  
Nama Dosen Pembimbing I : Fitriana S.Si., M.T.  
NIP/NPK/NIDN : 0715049105

Sebagai Dosen Pembimbing Tugas Akhir (TA),pada Mahasiswa :

Nama : Rachmad Taufik Hidayat  
Nim : 1910621005  
Program Studi : Teknik Elektro

Bersama ini menyatakan :

Menyetujui mahasiswa tersebut diatas untuk maju dalam Sidang Tugas Akhir dengan judul:

**Perancangan Sistem Proteksi Transformator Daya 60 MVA Pada Gardu Induk Situbondo Menggunakan Relay Differensial.**

Jember,20 Desember 2023

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

  
Muhammad A'an Auliq,S.T., M.T.  
NIDN.0715108701

  
Fitriana,S.Si., M.T.  
NIDN.0715049105

Mengetahui  
Ketua Program Studi Teknik Elektro

  
  
Aji Brahma Nugroho,S.Si., M.T.  
NIDN. 0730018605

**LEMBAR PENGESAHAN  
DOSEN PENGUJI**

**PERANCANGAN SISTEM PROTEKSI TRANSFORMATOR DAYA 60 MVA  
PADA GARDU INDUK SITUBONDO MENGGUNAKAN RELAY  
DIFFERENSIAL**

**Di ajukan sebagai salah satu syarat kelulusan  
Strata satu (S-1) Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Jember**

**Oleh:**

**Rachmad Taufik Hidayat**

**1910621005**

**Jember, 20 Desember 2023**

**Telah Diperiksa dan Disetujui Oleh:**

**Dosen Penguji I**

Aji Brahma Nugroho, S.Si., M.T.  
NIDN. 0730018605

**Dosen Penguji II**

Sofia Ariyani, S.Si., M.T.  
NIDN. 0709126702

**LEMBAR PENGESAHAN  
TUGAS AKHIR**

**PERANCANGAN SISTEM PROTEKSI TRANSFORMATOR DAYA 60 MVA  
PADA GARDU INDUK SITUBONDO MENGGUNAKAN RELAY  
DIFFERENSIAL**

**Di ajukan sebagai salah satu syarat kelulusan  
Strata satu (S-1) Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Jember**

**Oleh:**

**Rachmad Taufik Hidayat**

**1910621005**

**Jember, 20 Desember 2023**

**Telah Diperiksa dan Disetujui Oleh:**

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Muhammad Aan Auliq, S.T., M.T.

NIDN.0715108701

Fitriana S.Si., M.T.

NIDN.0715049105

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik

  
Prof. Dr. Ir. Nanang Saiful Rizal, S.T., M.T., IPM.  
NPK. 1978040510308366

Ketua Prodi Teknik Elektro

  
Aji Brahma Nugroho, S.Si., M.T.  
NIDN. 0715108701

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rachmad Taufik Hidayat

NIM : 19106210

Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul **“PERANCANGAN SISTEM PROTEKSI TRANSFORMATOR DAYA 60 MVA PADA GARDU INDUK INDUK SITUBONDO MENGGUNAKAN RELAY DIFFERENSIAL”** adalah benar-benar hasil karya sendiri (kecuali kutipan yang telah saya sebutkan sebelumnya) dan belum pernah diajukan pada institusi manapun.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya tanpa ada paksaan dan tekanan dari pihak manapun. Saya siap bertanggung jawab dan bersedia menerima sanksi apabila dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 05 Desember 2023

Yang membuat Pernyataan



Rachmad Taufik Hidayat

NIM.1910621005

## PRAKATA

Assalammualaikum Wr.Wb.

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas limpahan rahmat, hidayah, dan berkah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi dengan judul "**Perancangan Sistem Proteksi Transformator Daya 60 MVA Pada Gardu Induk Situbondo Menggunakan Relay Differensial**" ini. Skripsi ini merupakan hasil kerja keras dan dedikasi penulis selama menempuh Pendidikan di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak akan sulit bagi penulis untuk dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Dalam penyusunan laporan ini penulis tidak lepas dari bantuan segala pihak. Penulis mengucapkan terima kasih secara khusus kepada pihak yang telah membantu untuk kelancaran penyusunan laporan ini. Adapun pihak tersebut antara lain :

1. Kedua orang tua tercinta, bapak Muhammad Nur dan Ibu Trimargisari yang telah memberikan penulis semangat, motivasi dan dorongan untuk dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
2. Bapak Muhammad A'an Auliq, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang telah mengerahkan waktu dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan laporan ini.
3. Ibu Fitriana, S.Si., M.T. Dosen Pembimbing II yang telah mengerahkan waktu dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan laporan ini.
4. Bapak Aji Brahma Nugroho S.Si., M.T. Selaku Dosen Penguji I dan Kaprodi Teknik Elektro yang telah memberikan saran dan masukan kepada penulis untuk dapat menyempurnakan tugas akhir ini.
5. Ibu sofia Ariyani Dosen Penguji II yang telah memberikan saran dan masukan kepada penulis untuk dapat menyempurnakan tugas akhir ini.
6. Bapak/ibu dosen program studi teknik elektro yang telah memberikan ilmu dan pengalaman berharga selama masa perkuliahan penulis.

7. Bapak Prof. Dr. Ir. Nanang Saiful Rizal,S.T.,M.T.,IPM. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jember.
8. Bapak Mada Fiyantoro Selaku Manager PT. PLN (PERSERO ) UPT PROBOLINGGO ULTG JEMBER yang telah membantu penulis memberi saran dan arahan terkait dengan penelitian penulis.
9. Bapak Mawiyanto Selaku Supervisor GI Situbondo dan Seluruh Staff GI Situbondo yang telah memberikan arahan,pengetahuan dan pengalamannya kepada penulis.
10. Bapak Estyan Syahroni selaku Supervisor Proteksi ULTG Jember yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan pengalamannya kepada penulis.
11. Mas Fajar Indra Siswanto Selaku Staff Proteksi ULTG Jember yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan pengalamannya kepada penulis.
12. Rekan-rekan seperjuangan Teknik Elektro 2019 yang saya banggakan, yang telah kebersamai penulis selama masa perkuliahan hingga saat ini.

Penulis memohon kepada Allah Subhanahu wa Ta'ala agar usaha ini dijadikan amal shalih sehingga berbuah pahala. Penulis menyadari dalam penulisan laporan tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan serta kesalahan, untuk itu penulis mengharapkan adanya masukan berupa kritik maupun saran dari berbagai pihak untuk kesempurnaan laporan ini serta penulis berharap semoga laporan tugas akhir ini dapat berguna dan bermanfaat bagi siapa saja yang membacanya.

Terima kasih.

Wassalamualaikum Wr.Wb.

Jember,05 Desember 2023

Penulis



Rachmad Taufik Hidayat

NIM.1910621005



## DAFTAR ISI

<b>LAPORAN TUGAS AKHIR</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN SIDANG TUGAS AKHIR</b> .....	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>PERNYATAAN</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>viii</b>
<b>ABSTRACK</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xvi</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Manfaat.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Kajian Pustaka .....	5
2.2 Sistem Tenaga Listrik.....	6
2.3 Transformator Daya.....	7
2.4 Prinsip Kerja Transformator .....	9
2.5 Bagian-bagian Transformator .....	10
2.5.1 Electromagnetic Circuit (Inti Besi) .....	10
2.5.2 Current Carrying Circuit (Winding) .....	11
2.5.3 Bushing Transformator .....	11
2.5.4 Pendingin Transformator .....	12
2.5.5 Oil Preservation & Expantion (Konservator) .....	13
2.5.6 Tap Changer .....	14
2.5.7 Netral Grounding Resistor (NGR) .....	15

2.6	Sistem Proteksi Pada Transformator Daya .....	16
2.7	Perangkat Pada Sistem Proteksi.....	17
2.7.1	Relay Proteksi.....	17
2.7.2	Pemutus Tenaga (PMT).....	18
2.7.3	Trafo Arus (CT).....	19
2.7.4	Sumber Arus Searah (Sistem Baterai DC).....	19
2.8	Relay Differensial.....	21
2.8.1	Prinsip Kerja Relay Differensial Saat Kondisi internal .....	22
2.8.2	Prinsip Kerja Relay Differensial Saat Kondisi Eksternal .....	23
2.9	Karakteristik Relay Differensial .....	24
2.10	Perhitungan Setting Relay Differensial .....	24
2.10.1	Penentuan Nilai Rasio CT .....	25
2.10.2	Penentuan Nilai Error Mismatch.....	25
2.10.3	Perhitungan Arus CT Primer dan Sekunder .....	26
2.10.4	Perhitungan Arus Differensial.....	26
2.10.5	Perhitungan Slope (%).....	26
2.10.6	Perhitungan Arus Setting .....	27
2.10.7	Perhitungan Gangguan Hubung Singkat Pada Transformator .....	27
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>29</b>
3.1	Diagram Blok.....	29
3.2	Skema Perancangan Sistem Proteksi Relay Differensial .....	30
3.3	Flowchart Alur Penelitian .....	31
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>33</b>
4.1	Data Sekunder GI Situbondo .....	33
4.1.1	Data Spesifikasi Transformator GI Situbondo .....	33
4.1.2	Data Setting Relay Differensial GI Situbondo .....	34
4.1.3	Data Impedansi Sumber GI Situbondo .....	34
4.1.4	Gambar Single Line Diagram GI Situbondo .....	35
4.2	Data Pembebanan Pada Transformator 20 MVA .....	38
4.3	Analisis Evaluasi Setting Relay Differensial Pada Transformator 20 MVA .....	40

4.3.1	Penentuan Nilai Rasio CT Transformator 20 MVA .....	40
4.3.2	Perhitungan Arus Sekunder CT.....	41
4.3.3	Perhitungan Faktor Kompensasi CT .....	42
4.3.4	Perhitungan Arus Differensial.....	43
4.3.5	Perhitungan Arus Restrain.....	43
4.3.6	Rekomendasi Setting Relay Differensial Pada Transformator 20 MVA .....	43
4.3.7	Perhitungan Slope Breakpoint.....	44
4.3.8	Perhitungan Arus Setting.....	45
4.3.9	Perhitungan Error Mismatch .....	45
4.3.10	Gangguan Hubung Singkat Pada Transformator .....	46
4.4	Penentuan Parameter Setting Relay Differensial Pada Transformator 60 MVA.....	48
4.4.1	Perhitungan Nilai Rasio CT Transformator 60 MVA.....	48
4.4.2	Perhitungan Arus Sekunder CT Transformator 60 MVA.....	49
4.4.3	Perhitungan Faktor Koreksi CT Transformator 60 MVA .....	50
4.4.4	Perhitungan Arus Differensial Transformator 60 MVA.....	50
4.4.5	Perhitungan Arus Restrain Transformator 60 MVA.....	50
4.4.6	Rekomendasi Setting Relay Differensial Pada Transformator 60 MVA.....	51
4.4.7	Perhitungan Slope dan Breakpoint Pada Transformator 60 MVA.....	51
4.4.8	Perhitungan Arus Setting Transformator 60 MVA.....	52
4.4.9	Perhitungan Error Mismatch Transformator 60 MVA .....	53
4.4.10	Gangguan Pada Transformator Daya 60 MVA.....	54
4.5	Hasil Perbandingan Setting Relay Differensial Pada Transformator 20 MVA dan 60 MVA .....	55
4.5.1	Perbandingan Hasil Nilai Rasio CT .....	56
4.5.2	Perbandingan Nilai Arus Differensial dan Arus Restrain.....	58
4.5.3	Perbandingan Nilai % Slope dan Breakpoint .....	59
4.5.4	Perbandingan Nilai Error Mismatch .....	60
4.5.5	Perbandingan Nilai Arus Setting.....	62

<b>BAB 5 PENUTUP .....</b>	<b>63</b>
5.1 Kesimpulan .....	63
5.2 Saran .....	64
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>65</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>67</b>
<b>BIODATA PENULIS.....</b>	<b>69</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Proses Penyaluran Sistem Tenaga Listrik .....	6
Gambar 2. 2 Schematic & Simbol Transformator .....	7
Gambar 2. 3 Elektromagnetik Trafo .....	10
Gambar 2. 4 Inti Besi Transformator .....	10
Gambar 2. 5 Winding/Kumparan Transformator .....	11
Gambar 2. 6 Bushing Transformator .....	12
Gambar 2. 7 Pendingin Transformator .....	13
Gambar 2. 8 Pendingin Transformator .....	13
Gambar 2. 9 Tap Changer .....	14
Gambar 2. 10 Bagian pada Neutral Grounding Resistor .....	15
Gambar 2. 11 Schematic Sistem pada NGR .....	15
Gambar 2. 12 Schematic Sistem pada NGR .....	16
Gambar 2. 13 Schematic Sistem perlindungan relay proteksi .....	17
Gambar 2. 14 Macam-macam jenis PMT .....	18
Gambar 2. 15 Transformator Arus.....	19
Gambar 2. 16 Baterai DC Gardu Induk .....	20
Gambar 2. 17 Gambar Schematic Suplai Baterai DC .....	20
Gambar 2. 18 Gambar Schematic Proteksi Differensial .....	22
Gambar 2. 19 Proteksi Differensial Saat Gangguan Internal .....	22
Gambar 2. 20 Proteksi Differensial Saat Gangguan Internal .....	23
Gambar 2. 21 Karakteristik Relay Differensial .....	24
Gambar 3. 1 Diagram Blok Perancangan Sistem .....	29
Gambar 3. 2 Skema perancangan proteksi differensial pada transformator .....	30
Gambar 3. 3 Flowchart Alur Penelitian .....	31
Gambar 4. 1 Gambar SLD GI Situbondo .....	37
Gambar 4. 2 Grafik Pembebanan Trafo 20 MVA .....	40
Gambar 4. 3 Grafik Perbandingan Nilai Arus Nominal (In) & Arus Rating (Ir) .....	57
Gambar 4. 4 Grafik Perbandingan Nilai Arus Sekunder CT & Faktor Koreksi CT ...	57
Gambar 4. 5 Grafik Perbandingan Nilai Arus Differensial (Id) & Arus Restrain (Irest).....	58
Gambar 4. 6 Grafik Perbandingan Nilai % Slope .....	59
Gambar 4. 7 Grafik Perbandingan Nilai Breakpoint .....	60
Gambar 4. 8 Grafik Perbandingan Nilai Error Mismatch .....	61
Gambar 4. 9 Grafik Perbandingan Nilai Arus Setting.....	62

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Data Spesifikasi Transformator 60 MVA.....	9
Tabel 2. 2 Data Spesifikasi Bushing Transformator 150 kV .....	12
Tabel 2. 3 Data Tipe Pendingin Pada Transformator 150 kV.....	13
Tabel 2. 4 Data Tipe spesifikasi NGR Pada Transformator 150 kV .....	16
Tabel 2. 5 Data Tipe spesifikasi CT 150 kV dan 20 kV .....	19
Tabel 2. 6 Spesifikasi Data Relay Differensial .....	22
Tabel 2. 6 Spesifikasi Data Relay Differensial .....	22
Tabel 4. 1 Data Spesifikasi Transformator 20 MVA.....	33
Tabel 4. 2 Data Setting Relay Differensial GI situbondo .....	34
Tabel 4. 3 Data Impedansi Sumber dan Hubung Singkat ULTG JEMBER .....	35
Tabel 4. 4 Data pembebanan Trafo 20 MVA jam 10 Pagi.....	38
Tabel 4. 5 Data pembebanan Trafo 20 MVA jam 7 Malam .....	39
Tabel 4. 6 Perbandingan nilai rasio ct pada transformator.....	56
Tabel 4. 7 Perbandingan nilai arus differensial dan arus restrain pada transformator	58
Tabel 4. 8 Perbandingan Nilai % Slope & Breakpoint .....	59
Tabel 4. 9 Perbandingan Nilai Error Mismatch.....	61
Tabel 4. 10 Perbandingan Arus Setting .....	62

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Pengantar Penelitian.....	67
Lampiran 2 Surat persetujuan izin penelitian.....	68

