

**ANALISIS PROTEKSI RELAY DIFERENSIAL PADA  
TRANSFORMATOR DAYA 60 MVA DI GARDU  
INDUK PURBALINGGA 150 KV**



**SKRIPSI**

**BINTANG PRAYOGA UTAMA  
2103030027**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PURWOKERTO  
JANUARI 2026**

**ANALISIS PROTEKSI RELAY DIFERENSIAL PADA  
TRANSFORMATOR DAYA 60 MVA DI GARDU  
INDUK PURBALINGGA 150 KV**



**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Sarjana Teknik

Oleh:  
Bintang Prayoga Utama  
2103030027

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PURWOKERTO  
JANUARI 2026**

## HALAMAN PERSETUJUAN

Proposal Skripsi yang diajukan oleh :  
Nama : Bintang Prayoga Utama  
Nim : 2103030027  
Program Studi : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik dan sains  
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Purwokerto  
Judul : Analisis Proteksi *Relay* Diferensial Pada  
Transformator Daya 60 Mva di Gardu  
Induk Purbalingga 150 Kv

Telah disetujui untuk diajukan dalam ujian skripsi

Purwokerto, 13 Januari 2026

Dosen Pembimbing :

  
M. Taufiq Tamam S.T., M.T.

NIK. 2160223

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi yang diajukan oleh :

Nama : Bintang Prayoga Utama  
NIM : 2103030027  
Program Studi : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik dan Sains  
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Purwokerto  
Judul : Analisis Proteksi *Relay* Diferensial Pada  
Transformator Daya 60 Mva di Gardu  
Induk Purbalingga 150 Kv

Telah dipertanggungjawabkan di hadapan Dewan Penguji dan dinyatakan diterima sebagai salah satu syarat akademik untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Muhammadiyah Purwokerto.

### DEWAN PENGUJI

Penguji 1 : Ir. Winarso, S.T., M.Eng., IPM.,  
Penguji 2 : Dr. Dian Nova Kusuma Hardani, S.T., M.Eng.,  
Penguji 3 : M. Taufiq Tamam, S.T., M.T.

Ditetapkan di : Purwokerto

Tanggal : 13 januari 2026

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik dan Sains



Iskahar, S.T., M.T.

NIK. 2160207

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Bintang Prayoga Utama  
NIM : 2103030027  
Program Studi : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik dan Sains  
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Dengan ini saya menyatakan secara sesungguhnya bahwa skripsi ini merupakan hasil karya asli saya sendiri. Seluruh sumber yang dikutip maupun dirujuk telah dicantumkan secara benar dan sesuai dengan kaidah akademik yang berlaku. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat unsur plagiarisme dalam karya ini, saya bersedia menerima segala bentuk sanksi dan konsekuensi sesuai dengan peraturan dan ketentuan yang berlaku.

Purwokerto, 13 Januari 2026



Bintang Prayoga Utama

Nim. 2103030027

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Purwokerto dan demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Bintang Prayoga Utama  
NIM : 2103030027  
Program Studi : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik dan Sains  
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Purwokerto  
Jenis Karya : Skripsi

Menyetujui untuk memberikan Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non – exclusive Royalty – Free Right*) kepada Universitas Muhammadiyah Purwokerto atas Karya ilmiah saya yang berjudul :

### **Analisis Proteksi Relay Diferensial Pada Transformator Daya 60 Mva Di Gardu Induk Purbalingga 150 Kv**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Muhammadiyah Purwokerto berhak menyimpan, mengalihmedia/mengalihformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*data base*), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya dengan tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Purwokerto

Pada tanggal : 13 januari 2026

Yang menyatakan,



Bintang Prayoga Utama

## MOTTO

“Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan”  
(QS. Al-Insyirah [94]: 6)

“Hukum Kirchhoff I menyatakan bahwa pada setiap simpul rangkaian listrik, jumlah arus yang masuk sama dengan jumlah arus yang keluar, sehingga tidak ada arus yang hilang. Prinsip keseimbangan dan keteraturan ini mencerminkan di mana setiap aliran memiliki konsekuensi dan setiap masukan baik ilmu, kesempatan, maupun kepercayaan menuntut keluaran berupa tanggung jawab”  
(Hukum Kirchhoff I)



## PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur ke hadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala, karya sederhana ini penulis persembahkan dengan segala kerendahan hati kepada:

1. Ayahku,  
yang telah menjadi teladan dalam kerja keras, kesabaran, dan tanggung jawab. Setiap doa, nasihat, dan perjuangan Ayah menjadi kekuatan bagi penulis untuk terus berjuang hingga titik ini.
2. Ibuku,  
yang senantiasa memberikan kasih sayang tanpa batas, doa yang tulus di setiap langkah, serta semangat yang tak pernah padam. Segala pengorbanan dan ketulusan ibu menjadi sumber inspirasi terbesar dalam hidup penulis.
3. Kakak-kakak ku,  
yang selalu memberikan dukungan, perhatian, serta motivasi dalam bentuk apa pun. Kehadiran kalian menjadi penyemangat dan pengingat bagi penulis untuk terus maju dan tidak mudah menyerah.
4. Bagi seluruh rekan satu angkatan tahun 2021,  
terima kasih atas kebersamaan, dukungan, dan semangat yang terus terjaga dalam setiap proses dan perjuangan. Setiap langkah, cerita, dan pengalaman yang dilalui bersama menjadi bagian berharga dalam perjalanan studi ini.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala, atas limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Analisis Sistem Proteksi *Relay* Diferensial pada Transformator Daya 60 MVA di Gardu Induk Purbalingga 150 kV” dengan baik, lancar, dan sesuai dengan waktu yang telah direncanakan. Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto.

Penyelesaian skripsi ini tentunya tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak yang telah memberikan arahan, saran, dan motivasi selama proses penelitian hingga tahap akhir penyusunan laporan. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

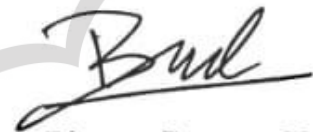
1. Allah Subhanahu wa Ta'ala, atas segala rahmat, taufik, dan hidayah-Nya yang selalu menyertai setiap langkah penulis.
2. Bapak Prof. Dr. Jebul Suroso, S.Kp., Ns., M.Kep., selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Purwokerto, atas dedikasi dan kebijaksanaan beliau dalam memimpin serta mengembangkan lingkungan akademik yang kondusif bagi proses belajar dan berprestasi di universitas ini.
3. Bapak Dr. T. Ir. Iskahar, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Muhammadiyah Purwokerto, yang telah memberikan dukungan, kebijakan, serta fasilitas yang sangat membantu kelancaran kegiatan akademik.
4. Bapak Latiful Hayat, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, yang senantiasa memberikan arahan, motivasi, dan dorongan kepada mahasiswa untuk terus berinovasi, berkarya, serta mengembangkan potensi di bidang ketenagalistrikan.
5. Bapak M. Taufiq Tamam, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Skripsi, yang dengan penuh kesabaran dan ketelitian telah memberikan arahan,

bimbingan, serta masukan berharga selama proses penelitian hingga penyusunan laporan ini.

6. Bapak Ir. Winarso, S.T., M.Eng., IPM., selaku Dosen Pembimbing Akademik, atas bimbingan, dukungan, dan perhatian yang telah diberikan selama penulis menempuh studi.
7. Bapak Supardi, selaku Supervisor Gardu Induk Purbalingga, yang telah memberikan izin, bantuan data, serta penjelasan teknis di lapangan sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.
8. Kedua orang tua tercinta, yang selalu memberikan doa, dukungan moral maupun material, serta kasih sayang yang tiada henti kepada penulis dalam setiap langkah kehidupan dan perjuangan.
9. Seluruh teman-teman Teknik Elektro Angkatan 2021, yang senantiasa memberikan semangat, kebersamaan, dan dukungan selama proses perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi penyempurnaan di masa mendatang. Semoga karya ini dapat memberikan manfaat bagi mahasiswa, akademisi, dan pihak-pihak yang berkecimpung di bidang ketenagalistrikan, serta menjadi referensi tambahan bagi penelitian sejenis di masa depan.

Purwokerto, 15 Oktober 2025



Bintang Prayoga Utama

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN OTORITAS</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI</b> .....	<b>v</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>vi</b>
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xiv</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>xv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Batasan Masalah .....	4
D. Tujuan Penelitian .....	4
E. Manfaat Penelitian.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>7</b>
A. Penelitian Terdahulu .....	7
B. Landasan Teori.....	10
a. Transformator Daya.....	10
b. Transformator Arus ( <i>Current Transformer/CT</i> ) .....	11
c. Proteksi Sistem Tenaga Listrik .....	15
d. Syarat Sistem Proteksi.....	16
e. Sistem Proteksi Transformator .....	17
f. Gangguan Pada Transformator Daya.....	18
g. <i>Relay</i> Diferensial .....	20
h. Konfigurasi <i>Setting Relay</i> Diferensial .....	26
i. Harmonik ke 2 ( <i>2<sup>nd</sup> Harmonic</i> ) .....	31

j. <i>Software</i> ETAP .....	32
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>33</b>
A. Lokasi Penelitian .....	33
B. Metode Penelitian .....	33
C. Jenis Penelitian .....	36
D. Alat dan Bahan .....	37
E. Diagram Alir Penelitian .....	39
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>40</b>
A. Data Penelitian .....	42
B. Perhitungan Parameter Proteksi .....	44
a. Perhitungan Rasio <i>Current Transformer</i> (CT) .....	44
b. Perhitungan <i>Error Mismatch</i> .....	46
c. Perhitungan Arus Sekunder CT .....	48
d. Perhitungan Arus Diferensial .....	49
e. Perhitungan Arus <i>Restraint</i> .....	49
f. Perhitungan <i>Slope 1</i> dan <i>Slope 2</i> .....	50
g. Perhitungan Arus <i>Setting</i> (Iset) .....	51
h. Penentuan Harmonik Ke 2 .....	52
C. Perbandingan <i>Setting</i> Hasil Perhitungan dan Aktual di Lapangan .....	53
D. Simulasi <i>Relay</i> Diferensial Menggunakan ETAP .....	56
a. Input Data Spesifikasi Sistem .....	57
b. Simulasi Gangguan Transformator .....	66
c. Dampak Kesalahan <i>Setting Relay</i> Diferensial .....	69
E. Analisis Efektivitas Sistem Proteksi <i>Relay</i> Diferensial .....	71
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>74</b>
A. Kesimpulan .....	74
B. Saran .....	75
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>77</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>L-1</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data <i>Nameplate</i> Transformator .....	42
Tabel 4.2 Data <i>Current Transformer</i> .....	43
Tabel 4.3 Data <i>Relay</i> Diferensial.....	43
Tabel 4.4 Perbandingan <i>Setting Relay</i> Diferensial .....	54

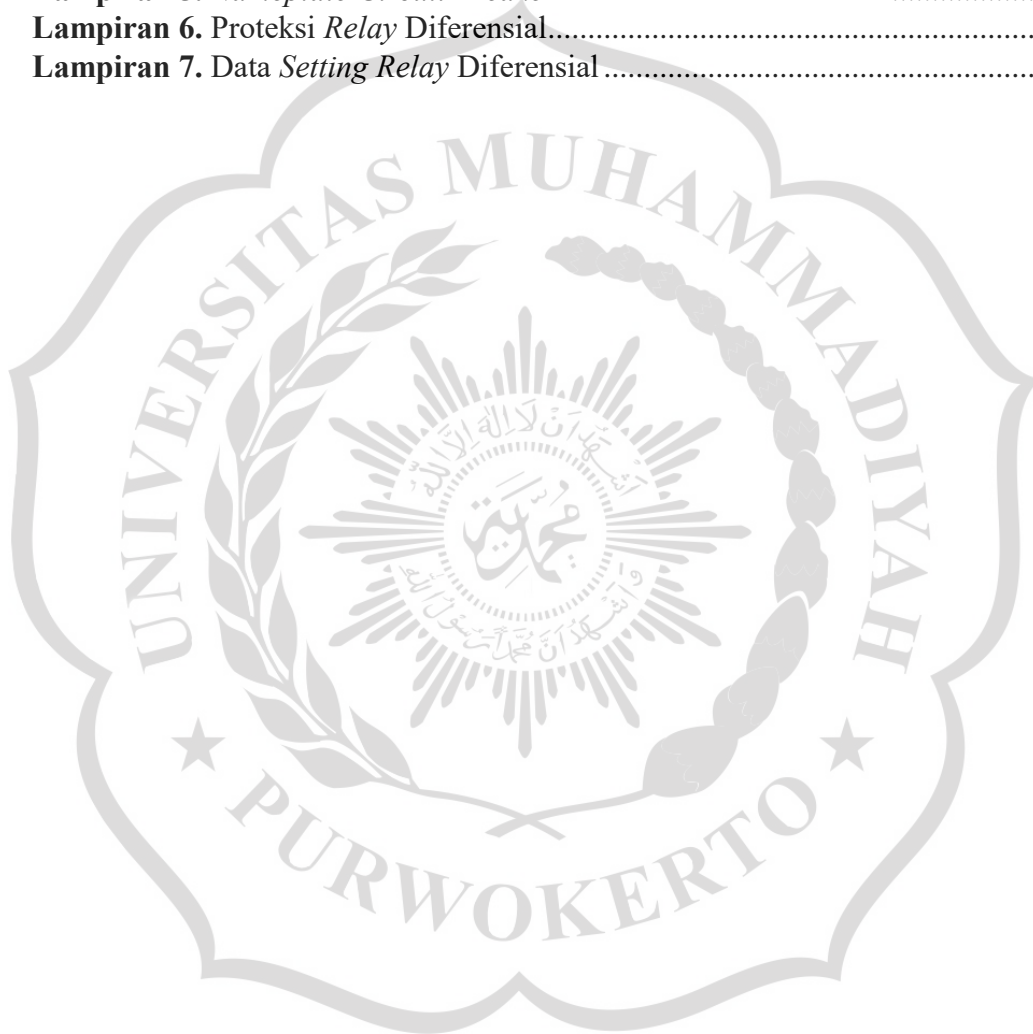


## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Elektromagnetik Pada Transformator.....	10
Gambar 2.2 <i>Current Transformer</i> (CT).....	12
Gambar 2.3 Diagram Skematis Penempatan <i>Relay</i> Diferensial.....	22
Gambar 2.4 Rangkaian <i>Relay</i> Diferensial Keadaan Normal.....	23
Gambar 2.5 Rangkaian <i>Relay</i> Diferensial Gangguan Eksternal.....	24
Gambar 2.6 Rangkaian <i>Relay</i> Diferensial Gangguan.....	25
Gambar 3.1 Lokasi Gardu Induk Purbalingga 150kV.....	33
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian.....	39
Gambar 4.1 <i>Setting</i> Harmonik ke 2.....	52
Gambar 4.2 <i>Power Grid</i> .....	57
Gambar 4.3 <i>Current Transformer</i> Primer.....	58
Gambar 4.4 <i>Current Transformer</i> Sekunder.....	59
Gambar 4.5 <i>Rating</i> Transformator.....	60
Gambar 4.6 Impedansi Transformator.....	61
Gambar 4.7 Data <i>Circuit breaker</i> di Sisi 150 Kv.....	62
Gambar 4.8 Data <i>Circuit breaker</i> di Sisi 20 Kv.....	63
Gambar 4.9 Data <i>Relay</i> Diferensial.....	64
Gambar 4.10 Data Beban Transformator.....	65
Gambar 4.11 <i>Load Flow</i> Sistem.....	66
Gambar 4.12 Gangguan di Zona Proteksi.....	67
Gambar 4.13 Gangguan di Luar Zona Proteksi.....	69
Gambar 4.14 Simulasi Kesalahan <i>Setting Relay</i> Diferensial.....	70
Gambar 4.15 Data <i>Trip Circuit breaker</i> .....	72

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1.</b> Surat Balasan UPT Purwokerto .....	L-1
<b>Lampiran 2.</b> Dokumentasi Penelitian .....	L-2
<b>Lampiran 3.</b> <i>Nameplate</i> Transformator 1 60 Mva.....	L-3
<b>Lampiran 4.</b> <i>Nameplate Current Transformer</i> sisi Primer dan Sekunder.....	L-4
<b>Lampiran 5.</b> <i>Nameplate Circuit Breaker</i> sisi Primer dan Sekunder .....	L-5
<b>Lampiran 6.</b> Proteksi <i>Relay</i> Diferensial.....	L-6
<b>Lampiran 7.</b> Data <i>Setting Relay</i> Diferensial .....	L-7



# ANALISIS PROTEKSI *RELAY* DIFERENSIAL PADA TRANSFORMATOR DAYA 60 MVA DI GARDU INDUK PURBALINGGA 150 KV

Bintang Prayoga Utama<sup>1</sup>, M. Taufiq Tamam<sup>2</sup>

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan menghitung *setting* optimal *relay* diferensial pada transformator daya 60 MVA di Gardu Induk Purbalingga 150 kV guna memastikan sistem proteksi bekerja dengan selektif, andal, dan sesuai standar PLN. Data penelitian meliputi parameter teknis transformator, *Current Transformer* (CT) pada sisi 150 kV dan sisi 20 kV, serta *relay* Siemens SIPROTEC 7UT6121 yang memiliki arus *setting* 0,3 A, *Slope* 1 sebesar 25%, dan *Slope* 2 sebesar 50%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari perhitungan matematis, diperoleh arus *setting* (*Iset*) sebesar 0,2598 A, *Slope* 1 sebesar 31,323%, dan *Slope* 2 sebesar 62,646%. Perbedaan dengan nilai aktual di lapangan masih berada dalam batas toleransi yang ditetapkan oleh standar PLN. Sementara itu, hasil simulasi menggunakan *Software* ETAP 19.0.1 menunjukkan bahwa *relay* diferensial mampu merespons gangguan internal dengan cepat, dengan waktu kerja *relay* sekitar 20 milidetik dan perintah *trip* pada *Circuit Breaker* (CB) terjadi pada 40 milidetik. Secara keseluruhan, hasil perhitungan dan simulasi membuktikan bahwa sistem proteksi *relay* diferensial pada transformator 60 MVA bekerja efektif, selektif, dan sesuai dengan karakteristik operasional transformator di Gardu Induk Purbalingga 150 kV.

Kata kunci: *Relay* Diferensial, Transformator Daya, Sistem Proteksi, ETAP

# ***AN ANALYSIS OF DIFFERENTIAL RELAY PROTECTION ON A 60 MVA POWER TRANSFORMER AT THE 150 KV PURBALINGGA SUBSTATION***

Bintang Prayoga Utama<sup>1</sup>, M. Taufiq Tamam<sup>2</sup>

## ***ABSTRACT***

*This study aims to analyze and calculate the optimal setting of the differential relay on a 60 MVA power transformer at the Purbalingga 150 kV Substation to ensure that the protection system works selectively, reliably, and in accordance with PLN standards. The research data includes technical parameters of the transformer, Current Transformer (CT) on the 150 kV side and the 20 kV side, as well as the Siemens SIPROTEC 7UT6121 relay which has a setting current of 0.3 A, Slope 1 of 25%, and Slope 2 of 50%. The research results show that from mathematical calculations, a setting current ( $I_{set}$ ) of 0.2598 A, Slope 1 of 31.323%, and Slope 2 of 62.646% were obtained. The difference with the actual value in the field is still within the tolerance limit set by the PLN standard. Meanwhile, simulation results using ETAP 19.0.1 software show that the differential relay is able to respond quickly to internal disturbances, with a relay operating time of around 20 milliseconds and a trip command on the Circuit Breaker (CB) occurring at 40 milliseconds. Overall, the calculation and simulation results prove that the differential relay protection system on the 60 MVA transformer operates effectively, selectively, and in accordance with the operational characteristics of the transformer at the Purbalingga 150 kV Substation.*

*Keywords: Differential Relay, Power Transformer, Protection System, ETAP*