

**ANALISIS KINERJA RELE DIFFERENSIAL SEBAGAI SISTEM PROTEKSI  
PADA TRANSFORMATOR DI GARDU INDUK 150 KV CAWANG LAMA  
TUGAS AKHIR**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Derajat Strata-1 Pada  
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta**



**Disusun Oleh :  
Ridwan Rigama  
20180120074**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA  
2022**

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ridwan Rigama  
NIM : 20180120074  
Program Studi : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik  
Universitas : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Menyatakan naskah tugas akhir dengan judul “Analisis Kinerja Rele Differensial Sebagai Sistem Proteksi Pada Transformator di Gardu Induk 150 KV Cawang Lama” merupakan hasil karya tulis saya sendiri dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan diperguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya ataupun pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, September 2022



Ridwan Rigama

## **MOTTO**

“Ragumu Rugimu”

(Boy)

“Jangan khawatir dalam menjalani hidup, yang kita butuhkan hanyalah Tekad dan  
Nekad”

(Ridwan&Fikry)

“Spontan....Uhuyyyyyyy”

(Reza Gemoy)

“Jangan lakukan sekarang jika masih ada hari esok”

(Squidward Tentacles)

“Dan barang siapa yang bertakwa kepada Allah, niscaya Allah menjadikan baginya  
kemudahan dalam urusannya”

(Q.S At-Talaq: 4)

“Dan mintalah pertolongan dengan sabar dan shalat”

(Q.S Al-Baqarah: 45)

## **KATA PENGANTAR**

*Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarrakatuh.*

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang Maha Pengasih dan Penyayang yang memberikan nikmat dan karuniaNYA kepada hamba-Nya sehingga penyusunan skripsi dengan judul “ANALISIS KINERJA RELE DIFFERENSIAL SEBAGAI SISTEM PROTEKSI PADA TRANSFORMATOR DI GARDU INDUK 150 KV CAWANG LAMA”. dapat terselesaikan dengan lancar. Sholawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad Sallallahu ‘Alaihi Wasallam, utusan Allah yang telah membimbing umat manusia menuju jalan kebenaran dari jaman kegelapan hinngga jaman terang menderang ini. Dalam penyusunan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dan dukungan yang membangun dari berbagai pihak, mulai dari persiapan hingga skripsi ini selesai dikerjakan. Maka dari itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Gunawan Budiyanto, MP., IPM selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Bapak Ir. Aris Widyono Nugroho, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
3. Bapak Karisma Trinanda Putra, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Prodi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta sekaligus sebagai dosen pembimbing ke II yang telah memberikan arahan dan nasihat selama penulisan dan penyusunan tugas akhir ini.
4. Dr. Ramadhoni Syahputra, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I yang dengan sabar membimbing dan membagi ilmunya serta mengarahkan penulis selama melaksanakan penelitian Tugas Akhir (Skripsi) hingga dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh dosen dan staff di Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
6. Kedua orang tua saya, yaitu Bapak Sugio dan Ibu Muheni atas segala do’a, kasih sayang, dukungan, semangat, serta motivasi dan untuk semua yang telah kalian

curahkan dan korbankan untuk anakmu ini hingga dapat menyelesaikan kuliah.

7. Teman-teman saya Reza, Heri, Wikang, Anjas dan Wilgan. Sekaligus keluarga Teknik Elektro Angkatan 2018 kelas B atas dukungan, semangat, dan motivasi untuk segera menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Teman-Teman kos Infinity yang sudah menjadi keluarga ke dua saya yang selalu memberi semangat dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari dalam penyusunan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna, untuk itu kritik dan saran yang bersifat membangun guna penyempurnaan tugas akhir ini agar kelak dapat bermanfaat. Semoga hasil tugas akhir ini dapat bermanfaat untuk para akademisi, praktisi ataupun untuk penelitian - penelitian selanjutnya. Akhir kata penulis mohon maaf atas kekurangan dan kesalahan yang ada pada penyusunan tugas akhir ini. Semoga ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Yogyakarta, 30 September 2022

Penulis



Ridwan Rigama

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN I</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN II</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiii</b>
<b>INTISARI</b> .....	<b>xv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xvi</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1. Latar Belakang</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2. Rumusan Masalah</b> .....	<b>2</b>
<b>1.3. Batasan Masalah</b> .....	<b>2</b>
<b>1.4. Tujuan Penelitian</b> .....	<b>3</b>
<b>1.5. Manfaat Penelitian</b> .....	<b>3</b>
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI</b> .....	<b>4</b>
<b>2.1. Tinjauan Pustaka</b> .....	<b>4</b>
<b>2.2. Dasar Teori</b> .....	<b>6</b>
<b>2.2.1 Transformator</b> .....	<b>6</b>
<b>2.2.2 Transformator Daya</b> .....	<b>7</b>

2.2.3	Transformator Arus.....	8
2.2.4	Prinsip Kerja Transformator.....	10
2.2.5	Gangguan Pada Transformator Daya.....	11
2.2.6	Sistem Proteksi Pada Transformator.....	12
2.2.7	Rele Differensial .....	14
2.2.8	Karakteristik Rele Differensial.....	17
2.2.9	Perhitungan Matematis Rele Differensial.....	18
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN.....</b>		<b>22</b>
3.1.	Tempat dan Waktu Penelitian .....	22
3.2.	Alur Penelitian .....	22
3.3.	Instrumen Penelitian.....	24
3.4.	Pengumpulan Data.....	25
3.5.	Analisis Data .....	25
3.6.	Hasil dan Kesimpulan .....	26
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>27</b>
4.1.	Hasil Penelitian.....	27
4.1.1	Data Sheet Transformator .....	29
4.1.2	Data Rele Differensial.....	32
4.2.	Perhitungan Matematis .....	34
4.2.1.	Perhitungan Rasio CT ( <i>Current Transformer</i> ) .....	34
4.2.2.	Menghitung <i>Error Mismatch</i> .....	36
4.2.3.	Perhitungan Arus Sekunder CT ( <i>Current Transformer</i> ).....	37
4.2.4.	Menghitung Arus Differensial .....	39

4.2.5.	Menghitung Arus <i>Restrain</i> .....	40
4.2.6.	Menghitung Persentase <i>Slope</i> .....	40
4.2.7.	Menghitung Arus <i>Setting</i> .....	41
4.2.8.	Menghitung Impedansi.....	42
4.2.9.	Perhitungan Gangguan Hubung Singkat 3 Phasa .....	45
4.2.10.	Menghitung Arus Gangguan Pada Transformator .....	47
4.3.	Perbandingan Rele Differensial .....	53
4.4.	Simulasi <i>Software</i> ETAP 12.6.0 .....	55
<b>BAB 5 PENUTUP.....</b>		<b>73</b>
5.1.	Kesimpulan .....	73
5.2.	Saran.....	74
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>75</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>77</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Penempatan Transformator daya pada sistem tenaga listrik .....	6
Gambar 2.2 Transformator Daya .....	8
Gambar 2.3 Konstruksi transformator arus .....	9
Gambar 2.4 Transformator arus .....	9
Gambar 2.5 Bagian utama trafo .....	10
Gambar 2.6 Prinsip kerja rele proteksi.....	13
Gambar 2.7 Rele differensial dalam keadaan normal .....	15
Gambar 2.8 Rele differensial saat gangguan eksternal .....	15
Gambar 2.9 Rele differensial saat gangguan internal .....	16
Gambar 2.10 Karakteristik rele differensial.....	17
Gambar 3.1 Lokasi penelitian .....	22
Gambar 3.2 Diagram alur penelitian .....	23
Gambar 4.1 Single line diagram gardu induk Cawang Lama .....	28
Gambar 4.2 Simulasi keadaan normal transformator 1.....	56
Gambar 4.3 Simulasi keadaan normal transformator 2.....	57
Gambar 4.4 Simulasi keadaan normal transformator 3.....	58
Gambar 4.5 Simulasi keadaan normal transformator 4.....	59
Gambar 4.6 Simulasi keadaan gangguan diluar daerah proteksi transformator 1.....	60
Gambar 4.7 Simulasi keadaan gangguan diluar daerah proteksi transformator 2.....	61
Gambar 4.8 Simulasi keadaan gangguan diluar daerah proteksi transformator 3.....	62
Gambar 4.9 Simulasi keadaan gangguan diluar daerah proteksi transformator 4.....	63
Gambar 4.10 Report simulasi gangguan diluar daerah proteksi transformator 1 .....	64
Gambar 4.11 Report simulasi gangguan diluar daerah proteksi transformator 2 .....	64
Gambar 4.12 Report simulasi gangguan diluar daerah proteksi transformator 3 .....	65
Gambar 4.13 Report simulasi gangguan diluar daerah proteksi transformator 4 .....	65
Gambar 4.14 Simulasi keadaan gangguan di daerah proteksi transformator 1 .....	66
Gambar 4.15 Simulasi keadaan gangguan di daerah proteksi transformator 2.....	67
Gambar 4.16 Simulasi keadaan gangguan di daerah proteksi transformator 3.....	68

Gambar 4.17 Simulasi keadaan gangguan di daerah proteksi transformator 4.....	69
Gambar 4.18 Report keadaan gangguan di daerah proteksi transformator 1 .....	70
Gambar 4.19 Report keadaan gangguan di daerah proteksi transformator 2 .....	71
Gambar 4.20 Report keadaan gangguan di daerah proteksi transformator 3 .....	71
Gambar 4.21 Report keadaan gangguan di daerah proteksi transformator 4.....	72

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data sheet transformator 1 .....	29
Tabel 4.2 Data sheet transformator 2 .....	29
Tabel 4.3 Data sheet transformator 3 .....	30
Tabel 4.4 Data sheet transformator 4 .....	31
Tabel 4.5 Data sheet rele differensial trafo 1 .....	32
Tabel 4.6 Data sheet rele differensial trafo 2 .....	32
Tabel 4.7 Data sheet rele differensial trafo 3 .....	33
Tabel 4.8 Data sheet rele differensial trafo 4 .....	33
Tabel 4.9 Hasil perhitungan rasio CT .....	35
Tabel 4.10 Hasil perhitungan error mismatch.....	36
Tabel 4.11 Hasil perhitungan arus sekunder CT.....	37
Tabel 4.12 Hasil perhitungan arus differensial .....	39
Tabel 4.13 Hasil perhitungan arus restrain .....	40
Tabel 4.14 Hasil perhitungan persentase slope .....	41
Tabel 4.15 Hasil perhitungan arus setting.....	42
Tabel 4.16 Hasil perhitungan arus gangguan 1658 A sisi 150 KV transformator 1 ...	48
Tabel 4.17 Hasil perhitungan arus gangguan 12.421 A sisi 20 KV transformator 1 ..	48
Tabel 4.18 Hasil perhitungan arus gangguan 1598 A sisi 150 KV transformator 2 ...	49
Tabel 4.19 Hasil perhitungan arus gangguan 11.979 A sisi 20 KV transformator 2 ..	50
Tabel 4.20 Hasil perhitungan arus gangguan 1609 A sisi 150 KV transformator 3 ...	51
Tabel 4.21 Hasil perhitungan arus gangguan 12.067 A sisi 20 KV transformator 3 ..	51
Tabel 4.22 Hasil perhitungan arus gangguan 1550 A sisi 150 KV transformator 4 ...	52
Tabel 4.23 Hasil perhitungan arus gangguan 11.618 A sisi 20 KV transformator 4 ..	53
Tabel 4.24 Data aktual rele differensial transformator 1 dan 2 .....	53
Tabel 4.25 Data aktual rele differensial transformator 3 dan 4 .....	54
Tabel 4.26 Data perhitungan rele differensial.....	54
Tabel 4.27 Data perbandingan rele differensial transformator 1 dan 2.....	54
Tabel 4.28 Data perbandingan rele differensial transformator 3 dan 4.....	55

Tabel 29 Hasil simulasi keadaan normal ..... 60