

TUGAS AKHIR

ANALISIS RESPON DIFFERENTIAL RELAY MICOM P643 TERHADAP GANGGUAN EKSTERNAL TRANSFORMATOR GARDU INDUK SUKOLILO



Disusun Oleh :

AGUS FADELI
1452300065

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI ELEKTRO & INFORMATIKA CERDAS
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

2025

TUGAS AKHIR

ANALISIS RESPON DIFFERENTIAL RELAY MICOM P643 TERHADAP GANGGUAN EKSTERNAL TRANSFORMATOR GARDU INDUK SUKOLILO



Disusun Oleh :

AGUS FADELI
1452300065

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI ELEKTRO DAN INFORMATIKA CERDAS
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

2025

**FAKULTAS TEKNOLOGI ELEKTRO DAN
INFORMATIKA CERDAS
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

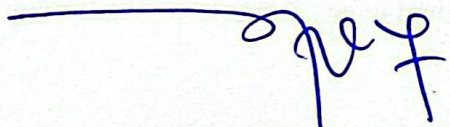
LEMBAR PENGESAHAN PROPOSAL TUGAS AKHIR

Nama : AGUS FADELI
NBI : 1452300065
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS : TEKNOLOGI ELEKTRO DAN
INFORMATIKA CERDAS
JUDUL : ANALISIS RESPON DIFFERENTIAL
RELAY MICOM P643 TERHADAP
GANGGUAN EKSTERNAL
TRANSFORMATOR GARDU INDUK
SUKOLILO

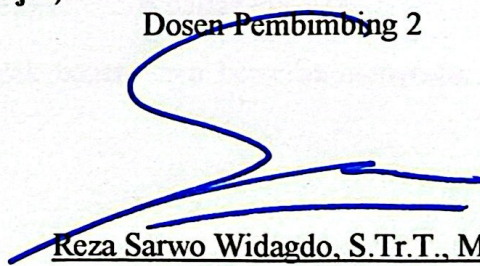
Menyetujui,

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2



Ir. Aris Heri Andriawan, S.T., M.T.
NPP. 20450.03.0558

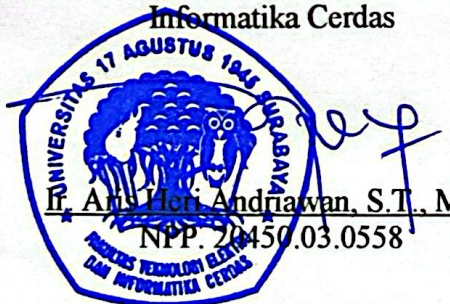


Reza Sarwo Widagdo, S.Tr.T., M.T
NPP. 20450.22.0860

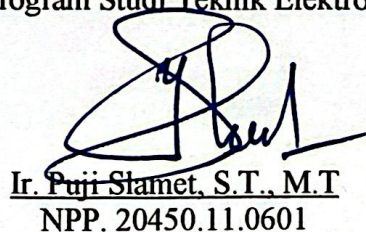
Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknologi Elektro dan
Informatika Cerdas

Ketua
Program Studi Teknik Elektro



Ir. Aris Heri Andriawan, S.T., M.T.
NPP. 20450.03.0558



Ir. Puji Slamet, S.T., M.T
NPP. 20450.11.0601

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : AGUS FADELI
NBI : 1452300065
Program Studi : TEKNIK ELEKTRO

Menyatakan bahwa sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir yang berjudul:

“ANALISIS RESPON DIFFERENTIAL RELAY MICOM P643 TERHADAP GANGGUAN EKSTERNAL TRANSFORMATOR GARDU INDUK SUKOLILO”

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, 29 Desember 2025
Yang Menyatakan



Agus Fadeli
NBI. 1452300065



UNIVERSITAS
17 AGUSTUS 1945
SURABAYA

BADAN
PERPUSTAKAAN
Jl. Semolowaru 45 Surabaya
Tlp. 031 593 1800 (ex.311)

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 : AGUS FADELI
NBI/NPM : 1452300065
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:

“ANALISIS RESPON DIFFERENTIAL RELAY MICOM P643 TERHADAP GANGGUAN EKSTERNAL TRANSFORMATOR GARDU INDUK SUKOLILO”

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 : 29 Desember 2025.

Yang Menyatakan,



Agus Fadeli
NBI. 1452300065

ABSTRAK

Transformator tenaga merupakan komponen vital dalam sistem tenaga listrik yang memerlukan proteksi handal untuk mencegah kerusakan akibat gangguan, baik internal maupun eksternal. *Differential relay* Micom P643 digunakan sebagai proteksi utama pada transformator di Gardu Induk Sukolilo. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis respon *relay* terhadap gangguan eksternal, membandingkan perhitungan arus setting secara manual dengan setting eksisting, serta mengevaluasi respon *relay* melalui simulasi ETAP pada empat transformator yang ada. Metode penelitian meliputi pengumpulan data spesifikasi transformator dan setting relay, perhitungan manual arus *differential* dan arus penahan berdasarkan teori proteksi, serta simulasi gangguan eksternal menggunakan perangkat lunak ETAP. Analisis karakteristik kerja *relay* dilakukan dengan membandingkan kurva operasi, restraining current, serta titik kerja saat terjadi gangguan eksternal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Micom P643 mampu bekerja secara stabil dan selektif dalam menghadapi gangguan diluar zona proteksi maupun gangguan eksternal (di dalam zona proteksi), di mana *relay* tetap berada pada daerah penahan dan tidak memberikan perintah trip. Perbandingan perhitungan manual dengan *setting* eksisting menunjukkan konsistensi dan akurasi parameter proteksi. Simulasi ETAP pada empat transformator juga memperlihatkan bahwa besaran arus gangguan luar zona proteksi tidak melampaui batas operasi *relay*. Secara keseluruhan, *differential relay* Micom P643 telah terbukti memiliki performa yang andal dalam memproteksi transformator dari gangguan eksternal dan luar zona proteksi di Gardu Induk Sukolilo.

Kata Kunci: Differential Relay, ETAP, Gangguan Eksternal, Micom P643, Proteksi, Transformator.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas berkat atas berkat dan rahmat Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir yang berjudul: “ANALISIS RESPON DIFFERENTIAL RELAY MICOM P643 TERHADAP GANGGUAN EKSTERNAL TRANSFORMATOR GARDU INDUK SUKOLILO”. Tugas Akhir ini disusun serangkaian tahapan sebagai persyaratan utama untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Teknik Elektro di Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.

Penyusunan Tugas Akhir ini tidak akan berhasil tanpa adanya bantuan dan kerja sama dari pihak lain. Oleh karena itu, dalam kesempatan kali ini saya ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dan mendorong terwujudnya Tugas Akhir ini kepada:

1. Allah SWT atas segala limpahan rahmat, kekuatan dan petunjuk-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
2. Orang Tua tercinta, Ibu Suyati, serta saudara-saudara penulis yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan moral, doa restu dan semangat tiada henti.
3. Istri yang tercinta Nadia Ayu Fitria Yuwono, terima kasih atas kesabaran, cinta dan memberikan semangat yang tidak pernah putus, keberhasilan ini tidak akan tercapai tanpa keberadaanmu di sampingku.
4. Bapak Ir. Aris Heri Andriawan, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
5. Bapak Ir. Puji Slamet, S.T., M.T., selaku Kepala Program Studi Teknik Elektro yang selalu memberikan semangat yang tiada henti.
6. Bapak Ir. Gatut Budiono, M.Sc., selaku dosen pembimbing pertama yang telah membantu mengarahkan dan memberi saran pada penulis sehingga laporan tugas akhir ini dapat terselesaikan.
7. Bapak Reza Sarwo Widagdo, S.Tr.T., M.T., selaku dosen pembimbing kedua yang telah membantu mengarahkan dan memberi saran pada penulis sehingga laporan tugas akhir ini dapat terselesaikan.
8. Seluruh dosen dan staf administrasi Program Studi Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu pengetahuan sehingga laporan tugas akhir ini dapat terselesaikan.
9. Terima kasih kepada semua teman-teman seperjuangan di Program Studi Teknik Elektro yang telah memberikan support, semangat, sebagai teman belajar dan berdiskusi selama proses penulisan tugas akhir ini.

10. Terima kasih kepada Bapak Triyan Kurnia Hartadi sebagai Team Leader Jargi Gardu Induk 150kV Sukolilo, sebagai pembimbing lapangan selama penelitian.
11. Pimpinan beserta staf PT. PLN (Persero) Unit Pelaksana Transmisi Surabaya (UPT Surabaya), PT. PLN (Persero) Unit Layanan Transmisi Gardu Induk Surabaya Utara (ULTG Surabaya Utara) yang telah memberikan izin dan dukungan data-data untuk melakukan penelitian.
12. Terima kasih kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah membantu penulis dalam penyusunan tugas akhir ini hingga selesai.

Dalam penyusunan laporan, penulis menyadari bahwa laporan penulisan Tugas Akhir yang dibuat masih ada banyak kekurangan dan jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan laporan ini. Penulis berharap agar laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis maupun pembaca.

Surabaya, 29 Desember 2025


Agus Fadeli

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| LEMBAR PENGESAHAN PROPOSAL TUGAS AKHIR | ii |
| LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR | iii |
| LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMISI | iv |
| ABSTRAK | v |
| KATA PENGANTAR | vi |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| DAFTAR TABEL | xiii |
| BAB I. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3. Tujuan Penelitian | 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 Tenaga | 6 |
| 2.2.1. Pengertian Arus Nominal Transformator | 7 |
| 2.2. Transformator Arus | 8 |
| 2.2.1. Rasio Transformator Arus | 8 |
| 2.2.2. <i>Error Mismatch</i> | 9 |
| 2.2.3. Arus Sekunder CT | 10 |
| 2.3. Relay Proteksi | 11 |
| 2.3.1. Pengertian Relay Proteksi | 11 |
| 2.3.2. Fungsi Relay Proteksi | 11 |
| 2.3.3. Karakteristik Relay Proteksi | 12 |
| 2.4. Differential Relay | 12 |
| 2.4.1. Arus <i>Differential</i> | 14 |

| | |
|--|-----------|
| 2.4.2. Arus <i>Restrain</i> | 14 |
| 2.4.3. Setting Karakteristik (<i>Percent Slope</i>)..... | 15 |
| 2.4.4. Arus Setting Differential Relay | 16 |
| 2.5. Prinsip Kerja Differential Relay | 16 |
| 2.6. Karakteristik Differential Relay | 18 |
| 2.7. Pengertian Gangguan | 19 |
| 2.7.1. Gangguan Sistem Tenaga Listrik | 20 |
| 2.8. Arus Hubung Singkat | 21 |
| 2.8.1 Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa..... | 22 |
| 2.8.2. Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa | 23 |
| 2.9. Pemutus Tenaga (PMT) | 24 |
| BAB III. METODE PENELITIAN..... | 25 |
| 3.1. Diagram Alir Penelitian | 25 |
| 3.2. Pengambilan Data | 26 |
| 3.2.1. Data Transformator Daya..... | 27 |
| 3.2.2. Data Spesifikasi Relai | 29 |
| 3.2.3. Data Parameter Setting Differential Relay | 29 |
| 3.2.4. Data CT Primer 150 kV | 29 |
| 3.2.5. Data CT Sekunder 20 kV | 30 |
| 3.2.6. Arus Nominal Sekunder Transformator | 30 |
| 3.2.7. Data <i>Single Line Diagram</i> (SLD)..... | 31 |
| 3.2.8. Data Pemutus Tenaga (PMT)..... | 34 |
| 3.3. Simulasi Differential Relay | 36 |
| BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN | 39 |
| 4.1. Menghitung Arus Nominal Trafo (<i>Base Current</i>)..... | 39 |
| 4.2. Perhitungan Arus Sekunder CT Nominal..... | 40 |
| 4.3. Validasi Setting Arus Differential Melalui Perhitungan Manual | 41 |
| 4.3.1. Perhitungan Matching Arus | 42 |
| 4.3.2. Perhitungan Arus Differential dan Arus Restraining | 43 |

| | |
|--|----|
| 4.3.3. Perhitungan <i>Slope Differential Relay</i> | 45 |
| 4.3.4. Perhitungan Arus Setting | 46 |
| 4.4. Simulasi Differential Relay Menggunakan ETAP 21.0.1 | 48 |
| 4.4.1. Single Line Diagram Trafo GI Sukolilo dengan ETAP 21.0.1 | 48 |
| 4.4.2. Analisa Respons Differential Relay Gangguan External Trafo..... | 49 |
| 4.5. Analisa Aliran Daya..... | 57 |
| 4.5.1. Analisa Kontingensi Trafo I..... | 58 |
| 4.5.2. Analisa Kontingensi Trafo II..... | 59 |
| 4.5.3. Analisa Kontingensi Trafo III | 60 |
| 4.5.4. Analisa Kontingensi Trafo IV | 61 |
| 4.6. Pembatasan Operasi Kopel AntarTrafo..... | 62 |
| BAB V. PENUTUP | 63 |
| 5.1. Kesimpulan | 63 |
| 5.2. Saran..... | 64 |
| DAFTAR PUSTAKA | 67 |
| LAMPIRAN | 71 |
| Lampiran 1. Surat Permohonan Penelitian Tugas Akhir ke PT. PLN (Persero) Unit Pelaksana Transmisi (UPT) Surabaya..... | 71 |
| Lampiran 2. Surat Balasan Persetujuan Penelitian Tugas Akhir dari PT. PLN (Persero) Unit Pelaksana Transmisi (UPT) Surabaya | 72 |
| Lampiran 3. Single Line Diagram Gardu Induk 150 KV Sukolilo | 74 |
| Lampiran 4. Layout Gardu Induk 150 KV Sukolilo | 74 |
| Lampiran 5. Data Hasil Uji Pengujian Differential Relay Trafo I | 75 |
| Lampiran 6. Data Hasil Uji Pengujian Differential Relay Trafo II..... | 77 |
| Lampiran 7. Data Hasil Uji Pengujian Differential Relay Trafo III..... | 79 |
| Lampiran 8. Data Hasil Uji Pengujian Differential Relay Trafo IV | 81 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2. 1 Visual Trafo 1 GI Sukolilo..... | 6 |
| Gambar 2. 2 Gambar Visual Current Transformer 150kV Trafo GI Sukolilo | 8 |
| Gambar 2. 3 Relai Differential P643 Numerik..... | 13 |
| Gambar 2. 4 Gambar differential relay gangguan external | 17 |
| Gambar 2. 5 Gambar Differential Relay Gangguan Internal | 17 |
| Gambar 2. 6 Gambar Karakteristik Differential Relay | 18 |
| Gambar 2. 7 Gambar Slope Differential Relay | 18 |
| Gambar 2. 8 Gambar Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa | 22 |
| Gambar 2. 9 Gambar Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa..... | 23 |
| Gambar 3. 1 Gambar Diagram Alir Penelitian..... | 25 |
| Gambar 3. 2 Single Line Diagram Trafo I GI Sukolilo..... | 32 |
| Gambar 3. 3 Single Line Diagram Trafo II Gi Sukolilo | 32 |
| Gambar 3. 4 Single Line Diagram Trafo III Gi Sukolilo | 33 |
| Gambar 3. 5 Single Line Diagram Trafo IV Gi Sukolilo | 33 |
| Gambar 3. 6 Gambar Software ETAP 21.0.1 | 36 |
| Gambar 4. 1 Gambar Grafik Perbandingan Faktor Koreksi CT..... | 43 |
| Gambar 4. 2 Gambar Grafik Perbandingan Nilai Slope 1 dan Slope 2..... | 46 |
| Gambar 4. 3 Gambar Grafik Perbandingan Perhitungan Arus Setting | 47 |
| Gambar 4. 4 Single Line Diagram Etap Gi Sukolilo..... | 48 |
| Gambar 4. 5 Gambar Kondisi Sebelum Gangguan External Trafo I | 49 |
| Gambar 4. 6 Simulasi Gangguan External Trafo I..... | 50 |
| Gambar 4. 7 Report Respon Time Differential Relay trafo 1 | 50 |
| Gambar 4. 8 Simulasi Gangguan Diluar Lingkup Kerja Differential Relay Trafo I. | 51 |
| Gambar 4. 9 Kondisi Sebelum Gangguan External Trafo II | 51 |
| Gambar 4. 10 Simulasi Gangguan External Trafo II..... | 52 |
| Gambar 4. 11 Report Respon Time Differential Relay Trafo II | 52 |
| Gambar 4. 12 Simulasi Gangguan Diluar Lingkup Kerja Differential Relay Trafo II | 53 |
| Gambar 4. 13 Kondisi Sebelum Gangguan External Trafo III..... | 53 |
| Gambar 4. 14 Simulasi Gangguan External Trafo III | 54 |
| Gambar 4. 15 Report Respon Time Differential Relay Trafo III | 54 |
| Gambar 4. 16 Simulasi Gangguan Diluar Lingkup Kerja Differential Relay Trafo III..... | 55 |
| Gambar 4. 17 Kondisi Sebelum Gangguan External Trafo IV | 55 |
| Gambar 4. 18 Simulasi Gangguan External Trafo IV | 56 |

| | |
|--|----|
| Gambar 4. 19 Report Respon Time Differential Relay Trafo IV | 56 |
| Gambar 4. 20 Simulasi Gangguan Diluar Lingkup Kerja Differential Relay Trafo IV | 57 |
| Gambar 4. 21 Aliran Daya Gardu Induk Sukolilo pada Software ETAP | 58 |
| Gambar 4. 22 Kondisi Kontingensi Trafo I Kopel ke Trafo II..... | 59 |
| Gambar 4. 23 Kondisi Kontingensi Trafo II Kopel ke Trafo I..... | 59 |
| Gambar 4. 24 Kondisi Kontingensi Trafo II Kopel ke Trafo III | 60 |
| Gambar 4. 25 Kondisi Kontingensi Trafo III Kopel ke Trafo IV | 61 |
| Gambar 4. 26 Kondisi Kontingensi Trafo IV Kopel Ke Trafo II..... | 61 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 3. 1 Data Transformator #I Gardu Induk Sukolilo | 27 |
| Tabel 3. 2 Data Transformator #II Gardu Induk Sukolilo..... | 27 |
| Tabel 3. 3 Data Transformator #III Gardu Induk Sukolilo | 28 |
| Tabel 3. 4 Data Transformator #IV Gardu Induk Sukolilo | 28 |
| Tabel 3. 5 Data Spesifikasi Relai Gardu Induk Sukolilo..... | 29 |
| Tabel 3. 6 Parameter Setting Differential Relay Gardu Induk Sukolilo..... | 29 |
| Tabel 3. 7 Data CT Sisi Primer | 30 |
| Tabel 3. 8 Data CT Sekunder | 30 |
| Tabel 3. 9 Arus Nominal Sekunder Transformator pada Tegangan 20 kV dan 22 kV | 31 |
| Tabel 3. 10 Data Pemutus Tenaga (PMT) 150kV Trafo I..... | 34 |
| Tabel 3. 11 Data Pemutus Tenaga (PMT) 20kV Trafo I..... | 34 |
| Tabel 3. 12 Data Pemutus Tenaga (PMT) 150kV Trafo II | 34 |
| Tabel 3. 13 Data Pemutus Tenaga (PMT) 20kV Trafo II | 35 |
| Tabel 3. 14 Data Pemutus Tenaga (PMT) 150kV Trafo III | 35 |
| Tabel 3. 15 Data Pemutus Tenaga (PMT) 20kV Trafo III | 35 |
| Tabel 3. 16 Data Pemutus Tenaga (PMT) 150kV Trafo IV | 36 |
| Tabel 3. 17 Data Pemutus Tenaga (PMT) 20kV Trafo IV | 36 |
| Tabel 4. 1 Tabel Perhitungan Matching Arus | 42 |
| Tabel 4. 2 Tabel Parameter Setting Faktor Koreksi Differential Relay Micom..... | 42 |
| Tabel 4. 3 Tabel Perhitungan Setting Slope dalam Persen..... | 45 |
| Tabel 4. 4 Simulasi Beban Trafo pada Software ETAP..... | 57 |