

SKRIPSI
PENGARUH GANGGUAN HUBUNG SINGKAT TERHADAP RELAI
DIFERENSIAL TRAF0 1 GARDU INDUK KALIBAKAL
MENGGUNAKAN ETAP 19.0.1



Disusun Oleh :

Anisa Novatilana

42520021

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PERADABAN

2025

LEMBAR PERSETUJUAN SIDANG SKRIPSI

Judul : Pengaruh Gangguan Hubung singkat Terhadap Relai Diferensial By
Trafo 1 Gardu Induk Kalibakal Menggunakan ETAP 19.0.01

Nama : Anisa Novatilana

Nim : 42520021

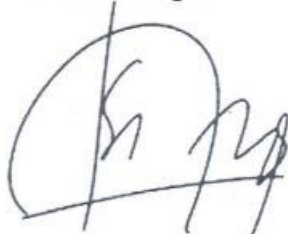
Skripsi ini telah disetujui untuk diseminarkan dalam

Sidang Skripsi

Bumiayu, 23 Juni 2025

Menyetujui,

Pembimbing I



Nasrulloh, S.T., M.Sc.

NIDN. 0614029003

Pembimbing II



Rizki Noor Prasetyono, M.Pd

NIDN. 0611099101

Mengetahui



Randi Adzin Murdiantoro, S.Si. M.Sc.

NIDN. 0627088604

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Judul : Pengaruh Gangguan Hubung singkat Terhadap Relai Diferensial

Trafo 1 Gardu Induk Kalibakal Menggunakan ETAP 19.0.01

Nama : Anisa Novatilana

Nim : 42520021

Skripsi ini telah diuji dan dipertahankan di depan Dewan Penguji pada sidang

Skripsi 12 Juli 2025. Menurut pandangan kami, skripsi ini memadai dari segi

kualitas untuk tujuan penganugerahan gelar Sarjana Teknik (S.T)

Paguyangan, 19 Juli 2025

Nama Penguji

1. Rizky Mubarak, S.T., M.T.

NIDN. 0615059501

2. Randi Adzin Murdiantoro, S.Si. M.Sc.

NIDN. 0627088602

3. Rizki Noor Prasetyono, M.Pd

NIDN. 0611099101

4. Nasrulloh, S.T., M.Sc.

NIDN. 0614029003

Tanda Tangan

1.

2.

3.

4.

Mengetahui

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Ketua Program Studi Teknik Elektro

Universitas Peradaban


Rizki Noor Prasetyono, M.Pd
NIDN. 0611099101


Randi Adzin Murdiantoro, S.Si.M.Sc.
NIDN. 0627088602

LEMBAR PERNYATAAN KEABSAHAN SKRIPSI

Judul : Pengaruh Gangguan Hubung singkat Terhadap Relai Diferensial

Trafo 1 Gardu Induk Kalibakal Menggunakan ETAP 19.0.01

Nama : Anisa Novatilana

Nim : 42520021

“Saya menyatakan dan bertanggung jawab bahwa skripsi saya ini adalah hasil karya saya sendiri, kecuali kutipan dan ringkasan yang masing-masing telah saya jelaskan sumbernya. Jika pada waktu selanjutnya ada pihak yang mengklaim bahwa skripsi saya ini sebagai karyanya yang disertai bukti-bukti yang cukup, maka saya bersedia untuk dibatalkan gelar Sarjana Teknik Elektro saya beserta segala hak dan kewajiban yang melekat pada gelar tersebut.”

Paguyangan, 24 Juli 2025



Anisa Novatilana

NIM. 42520021

LEMBAR PERNYATAAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Untuk sumbangsih ilmu pengetahuan dan teknologi, saya mahasiswa Teknik Elektro Universitas Peradaban:

Nama : Anisa Novatilana

Nim : 42520021

Menyetujui skripsi saya dengan judul “Pengaruh Gangguan Hubung singkat Terhadap Relai Diferensial Trafo 1 Gardu Induk Kalibakal Menggunakan ETAP 19.0.01” untuk dipublikasikan atau ditampilkan dalam pustaka digital di perpustakaan Universitas Peradaban. Dengan tujuan kepentingan akademik sebatas sesuai dengan Undang-Undang Hak Cipta

Demikian pernyataan persetujuan publikasi karya ilmiah ini saya buat dengan sadar dan sebenar-benarnya.

Paguyangan, 24 Juli 2025



Anisa Novatilana

NIM. 42520021

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

“Kalau orang lain bisa, nisa juga bisa” ~ Febriliza Monica

PERSEMBAHAN

Dengan rasa syukur yang mendalam pada Allah SWT., karya ini saya persembahkan kepada:

1. **Ibu**, yang doanya tak pernah berhenti di langitkan. Dengan segala beban dan rasa sakit yang ia pikul di pundaknya, ibu menjadikan anak-anaknya perempuan yang mampu berdiri sendiri tanpa bergantung pada siapa pun. Terima kasih atas segala bentuk kasih sayangnya.
2. Seorang perempuan yang merelakan cita-citanya untuk kuliah demi adiknya, **kakak perempuan saya**. Terima kasih dan maaf karena saya belum mampu untuk disiplin dan lulus tepat waktu, namun akan saya usahakan segalanya.
3. Untuk **Bapak**, terima kasih atas ilmu, nasihat dan segala perhatian yang telah diberikan. Meski jauh, tidak membuat saya merasa sendiri.
4. Untuk almarhum **Nenek**, yang kepergiannya menjadi pukulan besar di awal perjalanan kuliah saya. Terima kasih untuk segala kasih sayang dan semangat yang diberikan
5. Terakhir untuk seorang gadis kecil yang terjebak dalam tubuh orang dewasa, **Anisa Novatilana** namanya. Terima kasih sudah berjuang sampai akhir, di saat saya sudah dititik ingin menyerah pada dunia. Tidak ada kata lain selain terima kasih, terima kasi, terima kasih.

ABSTRAK

Relai diferensial merupakan salah satu komponen proteksi yang digunakan untuk mendeteksi gangguan internal pada *transformator*, dengan membandingkan arus masuk dan keluar dari zona proteksi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh gangguan hubung singkat terhadap kerja relai diferensial menggunakan perangkat lunak *Electrical transient analyzer* (ETAP). Metode yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif dengan pendekatan simulasi gangguan menggunakan ETAP dan uji pengaruh regresi logistik biner. Hasil uji regresi logistik biner menunjukan bahwa lokasi gangguan dan jenis gangguan tidak berpengaruh signifikan terhadap keputusan kerja relai, dengan nilai signifikansi 0,989 dan *Nigelkerke R Square* sebesar 0,016. Temuan ini sesuai dengan prinsip dasar relai diferensial yang berfokus pada perbedaan arus masuk dan arus keluar, bukan pada posisi gangguan maupun jenis gangguan.

Kata Kunci : relai diferensial, gangguan hubung singkat, ETAP, zona proteksi.

ABSTRACT

The differential relay is one of the protection components used to detect internal faults in transformers by comparing the incoming and outgoing currents within the protection zone. This study aims to analyze the effect of short-circuit faults on the operation of the differential relay using Electrical Transient Analyzer Program (ETAP) software. The method used is descriptive quantitative with a simulation-based approach using ETAP and binary logistic regression analysis. The results of the binary logistic regression test indicate that fault location and fault type do not significantly affect the relay operation decision, with a significance value of 0.989 and a Nagelkerke R Square of 0.016. These findings are consistent with the fundamental principle of differential relays, which focus on the difference between incoming and outgoing currents, rather than the fault position or fault type.

Keywords: *differential relay, short-circuit fault, ETAP, protection zone.*

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur ke hadirat Allah SWT. Atas berkat dan rahmat-Nya yang telah memberikan banyak kenikmatan bagi semuanya, terlebih bagi penyusun skripsi dengan diberi kelancaran dalam menjalankan dan dapat menyelesaikannya.

Penyusunan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro S1 pada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Peradaban. Atas tersusunnya skripsi ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan nikmat, rahmat dan karunia-Nya
2. Ibu, bapak dan kakak tersayang yang telah memberikan dukungan secara penuh, baik moral maupun materi.
3. Dekan Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Peradaban
4. Kepala Program Studi Teknik Elektro Universitas peradaban
5. Dosen pembimbing yang telah berkenan menyempatkan waktunya untuk memberikan arahan-arahan dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Dosen Program Studi Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu kepada penulis dari awal perkuliahan sampai sekarang.
7. Staf Fakultas Sains dan Teknologi yang telah membantu dan memudahkan penulis dalam mengurus administrasi.
8. Karyawan ULTG Purwokerto dan Gardu Induk Kalibakal yang sudah membantu memberikan informasi terkait teori dan data penelitian.

9. Teman-teman baik teman di kampus maupun teman di luar kampus yang sudah bersedia direpotkan dalam proses penyusunan skripsi,
10. Dan untuk orang- orang sekitar yang selalu mendoakan, saya ucapkan terima kasih.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini, baik dari materi maupun teknik penyajiannya. Mengingat kurangnya pengetahuan dan pengalaman yang dimiliki penulis. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Semoga Allah SWT. memberikan imbalan yang setimpal atas segala bantuan yang telah diberikan.

Paguyangan, 24 Juli 2025

Anisa Novatilana

NIM 42520021

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN SIDANG SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
LEMBAR PERNYATAAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR ISTILAH	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	19
1.1 Latar Belakang	19
1.2 Rumusan Masalah.....	23
1.3 Tujuan Penelitian	24
1.4 Batasan Masalah	24
1.5 Manfaat Penelitian	24
1.5.1 Manfaat Teoretis	24
1.5.2 Manfaat Praktis	25
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	26
2.1 Penelitian Terdahulu	26

2.2 Sistem Tenaga listrik.....	27
2.2.1 Transformator	28
2.2.2 <i>Circuit Breaker (CB)</i>	29
2.2.3 Relai Proteksi	29
2.2.4 Penghantar dan Busbar	30
2.2.5 Sistem Kontrol dan <i>Monitoring</i>	30
2.3 Sistem Proteksi.....	31
2.3.1 Komponen Utama Sistem Proteksi	31
2.3.2 Sistem Proteksi pada Transformator	34
2.4 Relai Diferensial	34
2.4.1 Prinsip Kerja Relai Diferensial	34
2.4.2 Karakteristik Relai Diferensial	35
2.4.3 Perhitungan Relai Diferensial	36
2.5 Gangguan Hubung Singkat	38
2.5.1 Jenis Gangguan Hubung Singkat	39
2.6 ETAP (<i>Electrical Transient Analyzer Program</i>)	40
2.7 Kerangka Berpikir.....	40
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	43
3.1 Metode Penelitian	43
3.2 Tahapan Penelitian.....	43
3.2.1 Analisis Masalah.....	45
3.2.2 Pengumpulan Data	45
3.2.3 Simulasi Gangguan	46

3.3 Variabel Penelitian.....	46
3.3.1 Variabel Bebas	46
3.3.2 Variabel Terikat	46
3.4 Analisis Data	47
3.4.1 Analisis Kinerja Relai	47
3.4.2 Analisis Pengaruh	47
3.5 Jadwal Penelitian	48
BAB IV HASIL DAN PEMBAHAS	50
4.1 Analisis Hasil Simulasi ETAP dan Hasil <i>DFR</i>	50
4.1.1 Hasil Simulasi	50
4.1.2 <i>Data Fault Recorder (DFR)</i>	51
4.2 Analisis Pengaruh	52
4.2.1 <i>Omnibus Test of Model Coefficien</i>	54
4.2.2 <i>Nilai R-Square</i>	55
4.2.3 Uji Kesesuaian Model.....	56
4.2.4 Tabel Klasifikasi	56
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	58
5.1 Kesimpulan	58
5.2 Saran	58
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN.....	64

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian.....	30
Tabel 4.1 Data Rekaman gangguan.....	34
Tabel 4.2 Data Penelitian.....	35
Tabel 4.3 <i>Omnibus Test of Model Coefficien</i>	36
Table 4.4 <i>Model Summary</i>	37
Table 4.5 <i>Hosmer and Lemeshow Test</i>	38
Tabel 4.6 Tabel Klasifikasi.....	38

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Penyaluran Energi Listrik.....	10
Gambar 2.2 Transformator	11
Gambar 2.3 Busbar	12
Gambar 2.4 <i>Monitoring</i> dengan SCADA.....	12
Gambar 2.5 Relai Proteksi.....	13
Gambar 2.6 Pemutus Tenaga Listrik (PMT)	15
Gambar 2.7 Relai diferensial	16
Gambar 2.9 Rangkaian Diferensial.....	17
Gambar 2.8 Kerangka Berpikir	24
Gambar 3.1 Tahapan Penelitian	26
Gambar 3.2 Paradigma	28
Gambar 4.1 Model Simulasi ETAP Trafo 1 Gardu Induk Kalibakal.....	32
Gambar 4.2 Kondisi Pada Saat Terjadi Gangguan	33

DAFTAR ISTILAH

- | | |
|---|---|
| 1. ETAP (Electrical Transient Analyzer Program) | Perangkat lunak simulasi sistem tenaga listrik yang digunakan untuk menganalisis dan menguji kinerja sistem proteksi, termasuk relai diferensial. |
| 2. Relai Diferensial | Perangkat proteksi yang mendeteksi gangguan internal pada transformator dengan membandingkan arus masuk dan arus keluar dari zona proteksi. |
| 3. Transformator (Trafo) | Alat listrik statis yang mengubah tingkat tegangan listrik antara dua sistem dengan tetap mempertahankan daya yang sama. |
| 4. Gangguan Hubung Singkat | Kejadian abnormal pada sistem kelistrikan di mana terjadi arus sangat besar akibat hubungan langsung antara dua titik dengan potensial berbeda. |
| 5. CT (Current Transformer) | Transformator arus, digunakan untuk mengukur arus tinggi pada sistem dan menurunkannya ke nilai yang lebih aman untuk dianalisis oleh relai. |

- | | |
|---------------------------|--|
| 6. Zona Proteksi | Area sistem tenaga listrik yang dicakup oleh relai tertentu untuk dipantau dan dilindungi dari gangguan. |
| 7. Regresi Logistik Biner | Metode statistik untuk menganalisis hubungan antara satu atau lebih variabel bebas (lokasi dan jenis gangguan) dengan variabel terikat (respon relai: trip/tidak). |
| 8. Trip | Keadaan ketika relai memutuskan untuk mengirim sinyal pemutusan ke pemutus sirkuit (CB) karena terdeteksi gangguan. |
| 9. CB (Circuit Breaker) | Perangkat yang memutus aliran listrik secara otomatis saat terjadi gangguan, untuk mencegah kerusakan lanjutan. |
| 10. Solid Fault | Gangguan hubung singkat yang diasumsikan sempurna tanpa adanya impedansi gangguan, biasanya digunakan dalam simulasi. |
| 11. Slope (Kemiringan) | Perbandingan antara arus diferensial dan arus penahan (restrain current) yang digunakan dalam penentuan setting kerja relai diferensial. |

- | | |
|---------------------------------|---|
| 12. Arus Diferensial (Idif) | Selisih antara arus masuk dan keluar dari zona proteksi, yang menjadi parameter utama kerja relai diferensial. |
| 13. Arus Penahan (Irestraint) | Nilai rata-rata dari arus masuk dan keluar, digunakan untuk mencegah relai bekerja saat ada ketidakseimbangan kecil (false trip). |
| 14. DFR (Device Fault Recorder) | Perangkat pencatat data gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik secara real-time, termasuk jenis dan durasi gangguan. |
| 15. Gangguan Internal | Gangguan yang terjadi di dalam zona proteksi dan harus direspon oleh relai diferensial. |
| 16. Gangguan Eksternal | Gangguan di luar zona proteksi yang tidak seharusnya memicu kerja relai diferensial. |