

TUGAS AKHIR

**STUDI KASUS PERBANDINGAN KOORDINASI RELE ARUS
LEBIH POLA KASKADE DAN NON-KASKADE
DI GARDU INDUK 150 KV TANGGUL**



Disusun Oleh :

ROMADHONI TRIO IMAWAN

NBI : 1451900073

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

2023

TUGAS AKHIR

STUDI KASUS PERBANDINGAN KOORDINASI RELE ARUS LEBIH POLA KASKADE DAN NON-KASKADE DI GARDU INDUK 150 KV TANGGUL



Disusun Oleh:

ROMADHONI TRIO IMAWAN

1451900073

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA
2023**

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nama : ROMADHONI TRIO IMAWAN
NBI : 1451900073
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS : TEKNIK
JUDUL : STUDI KASUS PERBANDINGAN KOORDINASI RELE ARUS LEBIH POLA KASKADE DAN NON-KASKADE DI GARDU INDUK 150 KV TANGGUL.

Menyetujui,

Dosen Pembimbing 1



Ir. Hadi Tasmono, MT., IPU., ASEAN Eng.
NPP. 2045F.16.0709

Dosen Pembimbing 2



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


Mengetahui,

Dekan
Fakultas Teknik



Dr. Ir. H. Sajjyo, M. Kes., IPU., ASEAN Eng.
NPP. 20410.90.0197

Ketua
Program Studi Teknik Elektro



Puji Slamet, ST., MT.
NPP. 20450.11.0601

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Romadhoni Trio Imawan
NBI : 1451900073
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan bahwa sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir yang berjudul:

“STUDI KASUS PERBANDINGAN KOORDINASI RELE ARUS LEBIH POLA KASKADE DAN NON-KASKADE DI GARDU INDUK 150 KV TANGGUL”

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, 14 Juni 2023

Yang Menyatakan,



Romadhoni Trio Imawan

NBI. 1451900073



UNIVERSITAS
17 AGUSTUS 1945
SURABAYA

BADAN PERPUSTAKAAN
Jl. SEMOLOWARU 45 SURABAYA
TELP. 031 593 1800 (Ext. 311)
e-mail : perpus@untag-sby.ac.id

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 : Romadhoni Trio Imawan
NBI/NPM : 1451900073
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:

**“STUDI KASUS PERBANDINGAN KOORDINASI RELE ARUS LEBIH
POLA KASKADE DAN NON-KASKADE DI GARDU INDUK 150 KV
TANGGUL”**

Dengan **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Nonexclusive Royalty-Free Right*)**, Badan Perpustakaan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya berhak menyimpan, mengalihkan media atau memformatkan, mengolah dalam bentukpangkalan data (*database*), merawat, mempublikasikan karya ilmiah selama tetap tercantum.

Dibuat di : Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Pada tanggal : 14 Juni 2023

Yang Menyatakan,


Romadhoni Trio Imawan
NBI. 1451900073

ABSTRAK

Salah satu fungsi utama sistem proteksi adalah mengisolasi area yang mengalami gangguan dengan segera untuk memastikan area lain yang tidak terdampak tetap beroperasi dan menjaga aliran energi listrik. Di Jember, kebutuhan listrik dipenuhi melalui beberapa Gardu Induk (GI), termasuk Gardu Induk Tanggul yang dilengkapi dengan 3 Transformator Daya ber-tegangan 150/22 kV. Transformator Daya III dilengkapi dengan sistem proteksi rele arus lebih yang bertujuan untuk mendeteksi arus gangguan yang melebihi setting arus yang ditentukan. Rele Arus Lebih ini memiliki dua pola koordinasi, yaitu koordinasi pola kaskade dan pola non-kaskade, dengan pola non-kaskade dianggap lebih optimal karena mampu memutus gangguan dengan lebih cepat. Dalam pola koordinasi kaskade, waktu pemutusan trip pada PMT *incoming* saat terjadi gangguan di penyulang mlokorejo adalah 1,111 detik, sedangkan pada gangguan di penyulang mojomulyo, waktu pemutusan trip PMT *incoming* adalah 1,7 detik. Namun, dalam koordinasi pola non-kaskade, jika terjadi kegagalan trip, CBF akan mengirim sinyal pemutusan ke rele arus lebih sisi masukan 22 kV agar bekerja dengan setelan waktu pada sisi penyulang. Akibatnya, saat terjadi gangguan di penyulang mlokorejo, PMT *incoming* akan trip dalam waktu total 0,594 detik, dan saat gangguan terjadi di penyulang mojomulyo, PMT *incoming* akan trip dalam waktu total 0,766 detik. Dengan menggunakan pola non-kaskade PMT *incoming* akan bekerja dengan setelan waktu pada sisi penyulang, menghasilkan waktu trip yang lebih cepat dibandingkan dengan pola kaskade sehingga keamanan transformator daya lebih terjaga.

Kata kunci: Rele Arus Lebih, Koordinasi, Non Kaskade

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur hanya bagi Allah SWT, Tuhan semesta alam, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya. Shalawat dan salam juga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, sebagai teladan bagi umat manusia sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Studi Kasus Perbandingan Koordinasi Rele Arus Lebih Pola Kaskade Dan Non Kaskade Di Gardu Induk 150 kV Tanggul”.

Penyusunan tugas akhir ini telah melalui serangkaian tahapan yang memakan waktu dan tenaga yang tidak sedikit. Dalam proses penulisan tugas akhir ini, penulis juga menyadari akan keterbatasan, kemampuan, dan pengetahuan penulis dalam menyusun tugas akhir. Oleh karena itu, saya ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, dan motivasi yang luar biasa selama proses penyelesaian tugas akhir ini. Penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Allah SWT, yang telah melimpahkan karunia serta rahmatnya, sehingga penulis diberikan kemudahan serta kelancaran dalam menulis tugas akhir.
2. Kedua Orang Tua, yang selalu memberikan dukungan berupa doa, waktu, materi, maupun tenaga, serta memberikan saya semangat untuk dapat segera menyelesaikan penulisan tugas akhir hingga terselesainya tugas akhir ini.
3. Bapak Puji Slamet, S.T., M.T selaku Kepala Program Studi Teknik Elektro.
4. Ir. Hadi Tasmono, MT, IPU, ASEAN Eng. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberi banyak ilmu dan arahan kepada penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Reza Sarwo Widagdo, S.Tr.T., MT. selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing dalam proses pembuatan simulasi dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh dosen Teknik Elektro yang sudah membantu kelancaran dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. PT PLN (Persero) ULTG Jember yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian di Gardu Induk Tanggul bagian har proteksi dan pemeliharaan.
8. Bapak Faisol selaku Supervisor pada Gardu Induk Tanggul.
9. Mas Ryan dan Mas Nabil selaku pembimbing lapangan di Gardu Induk Tanggul.
10. Seluruh teman dekat saya, EDNX yang sudah membantu menyelesaikan Tugas Akhir ini.
11. Seluruh teman-teman yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu karena banyaknya bantuan dari kalian.

Penulis dengan sepenuh hati menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan, meskipun telah dilakukan usaha yang maksimal. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang konstruktif untuk meningkatkan kualitas dan penulisan tugas akhir ini. Penulis berharap agar tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dan memperluas pengetahuan bagi semua pembaca.

Surabaya, 14 Juni 2023

Penulis

Romadhoni Trio Imawan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMISI	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Kontribusi Penelitian.....	2
1.5. Batasan Masalah.....	2
1.6. Sistematika Penulisan.....	2
BAB II. DASAR TEORI.....	5
2.1. <i>State of The Art</i>	5
2.2. Transformator.....	8
2.2.1. <i>Incoming</i> dan <i>Outgoing</i>	9
2.2.2. Penyulang.....	9
2.3. Sistem Proteksi Tenaga	9
2.4. Rele Pengaman.....	10
2.5. Syarat-Syarat Rele Pengaman	10
2.5.1. Kecepatan Bereaksi.....	11
2.5.2. Kepekaan.....	11
2.5.3. Selektivitas	11
2.5.4. Keandalan.....	11
2.5.5. Ekonomis.....	11
2.6. Rele Arus Lebih	12
2.7. Karakteristik Rele Arus Lebih.....	12
2.7.1. Rele Arus lebih Waktu Instan	12
2.7.2. Rele Arus Lebih Waktu Tertentu (<i>Definite</i>).....	14

2.7.3.	Rele Arus Lebih Waktu Terbalik (<i>Invers</i>).....	15
2.8.	Perhitungan Impedansi.....	17
2.8.1.	Impedansi Sumber.....	17
2.8.2.	Impedansi Urutan Komponen	18
2.8.3.	Impedansi Urutan Tranformator daya	18
2.8.5.	Impedansi Urutan Penyulang	19
2.8.6.	Impedansi Total	19
2.9.	Arus Gangguan.....	19
2.9.1.	Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa	19
2.9.2.	Gangguan Hubung Singkat Antar Fasa	20
2.10.	Sistem Proteksi Pola Kaskade	21
2.11.	Sistem Proteksi Pola Non Kaskade	22
BAB III. METODE PENELITIAN.....		25
3.1.	Metode Penelitian.....	25
3.2.	Diagram Alir Penelitian	25
3.2.1.	Pengumpulan Data	26
3.2.2.	Menghitung Impedansi.....	29
3.2.3.	Menghitung Gangguan Hubung Singkat.....	29
3.2.4.	Menghitung Penyetelan Rele Arus Lebih	29
3.2.5.	Simulasi Penyetelan Rele Arus Lebih.....	30
3.2.6.	Analisa Hasil Simulasi	30
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN		31
4.1.	Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat	31
4.1.1.	Perhitungan Impedansi Dasar.....	31
4.1.2.	Perhitungan Impedansi Sumber.....	31
4.1.3.	Perhitungan Impedansi Transformator Daya	32
4.1.4.	Perhitungan Impedansi Penyulang	32
4.1.5.	Perhitungan Impedansi Total.....	35
4.1.6.	Perhitungan Gangguan Hubung Singkat pada penyulang	37
4.2.	Perhitungan rele arus lebih.....	40
4.6.1.	Penyetelan <i>Incoming</i> 22 KV.....	40
4.6.2.	Penyetelan Sisi penyulang.....	43

4.7.	Simulasi Koordinasi Rele Arus lebih Di <i>Incoming</i> dan Penyulang 22kv menggunakan Perangkat Etap	49
4.7.1.	Koordinasi Rele Arus Lebih Dengan Menggunakan Pola Kaskade	51
4.7.2.	Koordinasi Rele Arus Lebih Dengan Menggunakan pola Non Kaskade	55
4.7.3.	Perbandingan Koordinasi Rele Arus Lebih Pola Kaskade dan Non Kaskade	59
BAB V.	PENUTUP.....	61
5.1.	Kesimpulan	61
5.2.	Saran.....	61
DAFTAR	PUSTAKA	63
LAMPIRAN	65
Lampiran A.	Surat Balasan Tempat Penelitian.	65
Lampiran B.	Dokumentasi Penelitian	66
Lampiran C.	Lampiran Hasil Perhitungan	68
Lampiran C.1	Hasil Perhitungan Impedansi Urutan Positif, Negatif dan Nol Di Penyulang Mlokorejo.	68
Lampiran C.2	Hasil Perhitungan Impedansi Urutan Positif, Negatif dan Nol di Penyulang Mojomulyo	73
Lampiran C.3	Hasil Perhitungan Impedansi Total Urutan Positif, Negatif dan Nol di Penyulang Mlokorejo	78
Lampiran C.4	Hasil Perhitungan Impedansi Total Urutan Positif, Negatif dan Nol di Penyulang Mojomulyo	81
Lampiran C.5	Hasil Perhitungan Gangguan Hubung Singkat di Penyulang Mlokorejo.....	84
Lampiran C.6	Hasil Perhitungan Gangguan Hubung Singkat di Penyulang Mojomulyo.....	88
Lampiran D.	Lampiran Hasil Perhitungan	92
Lampiran D.1	Diagram Satu Garis Gardu Induk Tanggul	92
Lampiran D.2	Data Arus hubung Singkat Sisi Tegangan Tinggi.....	93
Lampiran D.3	Data Impedansi Kabel AAAC	94

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Karakteristik Rele Arus Lebih Waktu Instan. Diadaptasi dari [15].	12
Gambar 2. 2 Karakteristik Rele Arus Lebih Waktu Tertentu. Diadaptasi dari [15] .	14
Gambar 2. 3 Karakteristik Rele Arus Lebih Waktu Terbalik. Diadaptasi dari [1] ...	15
Gambar 2.4 Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa. Diadaptasi dari [1].....	20
Gambar 2.5 Gangguan Hubung Singkat Antar Fasa. Diadaptasi dari [1].....	21
Gambar 2.6 Skema pola Pengaman Kaskade.....	22
Gambar 2.7 Skema Pola Non Kaskade.	23
Gambar 3.1 Diagram Alir Metode Penelitian.	25
Gambar 3. 2 Gardu Induk Tanggul.	26
Gambar 3. 3 Diagram Satu Garis Gardu Induk Tanggul.....	27
Gambar 4. 1 Simulasi Rele Arus Lebih.....	50
Gambar 4. 2 Koordinasi Pola Kaskade <i>Incoming</i> dan Penyulang Mlokorejo.....	51
Gambar 4. 3 Kurva Kaskade Penyulang Mlokorejo.....	52
Gambar 4. 4 Report pola Kaskade di Penyulang Mlokorejo.....	52
Gambar 4. 5 Kurva Kaskade Penyulang Mojomulyo.....	53
Gambar 4. 6 Kurva Kaskade Penyulang Mojomulyo.....	54
Gambar 4. 7 Report pola Kaskade di Penyulang Mojomulyo.....	54
Gambar 4. 8 Simulasi Pola Non Kaskade di Penyulang Mlokorejo.....	55
Gambar 4. 9 Kurva Simulasi Non kaskade di Penyulang Mlokorejo.....	56
Gambar 4. 10 Report pola Non Kaskade di Penyulang Mlokorejo.....	57
Gambar 4. 11 Simulasi Pola Non Kaskade di Penyulang Mojomulyo.....	57
Gambar 4. 12 Simulasi Pola Non Kaskade di Penyulang Mojomulyo.....	58
Gambar 4. 13 Report pola Kaskade di Penyulang Mojomulyo.....	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Koefisien <i>Time Dial</i>	16
Tabel 3. 1 Data Transformator Daya III.....	28
Tabel 3. 2 Data Rele Arus Lebih Sisi <i>Incoming</i>	28
Tabel 3. 3 Data Rele Arus Lebih Sisi Penyulang.....	28
Tabel 3. 4 Kabel Pengantar Penyulang.....	28
Tabel 4. 1 Penyetelan Rele Arus lebih	50
Tabel 4. 2 Tabel Perbandingan waktu trip rele arus lebih pola kaskade dan non kaskade.....	59