

**ANALISIS KOORDINASI SISTEM PROTEKSI *OVER CURRENT RELAY*  
DAN *GROUND FAULT RELAY* PADA PMT *OUTGOING* DAN *RECLOSER* DI  
PENYULANG PLR 10 DAN PENYULANG PLR 14 GARDU INDUK PALUR  
PT. PLN (Persero) UP3 SURAKARTA**

**SKRIPSI**

**Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Penyelesaian Pendidikan  
Program Strata Pertama (S1) Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta**



**Disusun oleh :**

**Nama : Arna Zulvan Dwi Andhika**

**NIM : 20210120097**

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

## LEMBAR PERNYATAAN

### LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dan menyatakan di bawah ini:

Nama : Arna Zulvan Dwi Andhika

NIM : 20210120097

Prodi : S1 Teknik Elektro

Judul TA : Analisis Koordinasi Sistem Proteksi Over Current Relay Dan Ground Fault Relay Pada PMT Outgoing Dan Recloser Di Penyulang PLR 10 Dan Penyulang PLR 14 Gardu Induk Palur PT. PLN (Persero) UP3 Surakarta

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa di dalam proyek akhir ini adalah hasil karya yang belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar Strata 1 atau gelar lainnya di Perguruan Tinggi, dan dengan sepengetahuan saya hasil karya ini juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis orang lain, kecuali dengan tertulis diacu di dalam laporan naskah ini dan dengan memberikan nama karya atau pendapat orang lain di dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 25 Oktober 2022

Yang menyatakan,



Arna Zulvan Dwi Andhika

20210120097

## **LEMBAR PERSEMBAHAN**

Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk kedua orang tua dan keluarga besar penulis. Serta orang terdekat penulis sehingga Tugas Akhir ini dapat selesai dengan baik.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahnya sehingga dapat melaksanakan dan menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul **“ANALISIS KOORDINASI SISTEM PROTEKSI OVER CURRENT RELAY DAN GROUND FAULT RELAY PADA PMT OUTGOING DAN RECLOSER DI PENYULANG PLR 10 DAN PENYULANG PLR 14 GARDU INDUK PALUR PT. PLN (Persero) UP3 SURAKARTA”** ini dengan baik.

Atas selesainya proyek akhir beserta laporannya ini, tidaklah lepas dari bantuan dan dukungan dari pihak lain. Maka dari itu, saya ingin mengucapkan banyak terimakasih kepada:

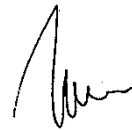
1. Bapak Dr. Ir. Ramadoni Syahputra, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing pertama Tugas Akhir.
2. Bapak Kunnu Purwanto, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing kedua Tugas Akhir
3. Bapak Karisma Trinanda Putra, S.ST., M.T., Ph.D. selaku ketua prodi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta,
4. Seluruh Dosen, Teknisi dan Staf Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan banyak ilmu pengetahuan dan pengalaman selama ini sehingga dapat terselesaikannya pembuatan proyek akhir ini.
5. Teman-teman ekstensi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang selalu memberikan semangat agar tugas akhir ini dapat selesai.
6. Seluruh keluarga besar saya yang selalu memberikan dukungan dan doa sampai saat ini.

7. Seluruh pihak terkait yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu dan telah memberikan banyak bantuan baik materi maupun moril. Semoga kebaikan kalian dibalas oleh Allah SWT.

Dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini, penulis menyadari masih banyak kekurangan dan kelemahan. Oleh sebab itu, kritik dan saran sangat penulis harapkan untuk perbaikan dimasa mendatang.

Yogyakarta, 25 Oktober 2022

Mengetahui,



Arna Zulvan Dwi Andhika

NIM. 20210120097

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vi
LEMBAR PERNYATAAN .....	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN .....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
BAB I .....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Manfaat.....	3
1.5. Batasan Masalah.....	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI .....	5
2.1. Tinjauan Pustaka .....	5

2.2.	Konsep Dasar Sistem Tenaga Listrik .....	7
2.3.	Konfigurasi Jaringan Sistem Distribusi.....	8
2.3.1.	Konfigurasi Tulang Ikan .....	9
2.3.2.	Konfigurasi Kluster .....	9
2.3.3.	Konfigurasi Spindel .....	10
2.3.4.	Konfigurasi Garpu.....	10
2.3.5.	Konfigurasi Spotload .....	11
2.4.	Pengertian Proteksi.....	11
2.4.1.	Persyaratan Sistem Proteksi .....	11
2.5.	Gangguan Hubung Singkat .....	12
2.6.	Perhitungan Arus Hubung Singkat.....	13
2.6.1.	Impedansi Sumber.....	14
2.6.2.	Impedansi Transformator .....	15
2.6.3.	Impedansi Penyulang .....	16
2.6.4.	Impedansi Ekuivalen Jaringan .....	16
2.6.5.	Arus Hubung Singkat Tiga Fasa .....	17
2.6.6.	Arus Hubung Singkat Dua Fasa.....	18
2.6.7.	Arus Hubung Singkat Satu Fasa Ke Tanah.....	20
2.7.	Koordinasi Relai Arus Lebih.....	21
2.7.1.	Relay Proteksi .....	21
2.7.2.	Relay Berdasarkan Karakteristik Waktu Kerja .....	24
2.7.3.	Kesepatakan Setting OCR.....	26
2.7.4.	Prinsip Kerja OCR .....	27

2.7.5.	Kesepakatan Setting GFR .....	27
2.7.6.	Prinsip Kerja GFR.....	28
2.7.7.	TMS (Time Multiple Setting) .....	28
2.8.	Pola Koordinasi Proteksi Trafo Distribusi .....	29
2.9.	Recloser .....	30
2.10.	Zona Kerja PMT Outgoing dan Recloser .....	31
3.	Software ETAP .....	33
BAB III .....		35
METODE PENELITIAN.....		35
3.1.	Diagram Alir Penelitian.....	35
3.2.	Lokasi dan Obyek Penelitian.....	36
3.3.	Waktu Penelitian .....	37
3.4.	Langkah Pengamatan .....	37
3.4.1.	Tahap Persiapan .....	37
3.4.2.	Pengumpulan Data .....	37
3.4.3.	Pengolahan Data.....	43
3.4.4.	Penulisan Laporan.....	43
3.4.5.	Analisis Data .....	43
3.4.5.1.	Perhitungan Impedansi Sumber.....	43
3.4.5.2.	Perhitungan Reaktansi Transformator Tenaga .....	43
3.4.5.3.	Menghitung Impedansi Penyulang .....	43
3.4.5.4.	Menghitung Impedansi Ekuivalen Jaringan .....	44
3.4.5.5.	Perhitungan Arus Hubung Singkat.....	45



3.5.	Perhitungan Setting Proteksi OCR dan GFR .....	45
3.6.	Jenis Relay dan Jenis Gangguan.....	46
3.7.	Standar Waktu Pemeriksaan Koordinasi .....	47
3.8.	Kurva Koordinasi Sistem Proteksi .....	47
3.9.	Software ETAP.....	47
BAB IV .....		48
HASIL DAN PEMBAHASAN.....		48
4.1.	Gardu Induk Palur .....	48
4.2.	Single Line Diagram Penyulang PLR 10 dan PLR 14 .....	51
4.3.	Perhitungan Elemen Arus Hubung Singkat.....	51
4.3.1.	Perhitungan Impedansi Sumber Pada Transformator .....	51
4.3.2.	Perhitungan Reaktansi Transformator.....	52
4.3.3.	Perhitungan Impedansi Penyulang.....	52
4.3.4.	Perhitungan Impedansi Ekuivalen.....	55
4.4.	Perhitungan Arus Hubung Singkat.....	58
4.4.1.	Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa .....	58
4.4.2.	Gangguan Arus Hubung Singkat Dua Fasa .....	60
4.4.3.	Gangguan Arus Hubung Singkat Satu Fasa .....	62
4.5.	Analisis Setting Koordinasi Proteksi.....	64
4.5.1.	<i>Over Current Relay</i> .....	64
4.5.2.	<i>Ground Fault Relay</i> .....	75
4.6.	Analisis Pemeriksaan Waktu Kerja Koordinasi Relai.....	85
4.6.1.	Pemeriksaan Waktu Kerja Relai Gangguan Tiga Fasa .....	85

4.6.2.	Pemeriksaan Waktu Kerja Relai Gangguan Dua Fasa.....	87
4.6.3.	Pemeriksaan Waktu Kerja Relai Pada Gangguan Satu Fasa.....	88
4.7.	Simulasi Gangguan Menggunakan Software ETAP .....	93
4.8.	Karakteristik Kurva Koordinasi Proteksi .....	117
4.8.1.	Penyulang PLR 10 .....	117
4.8.2.	Penyulang PLR 14 .....	122
BAB V.....		127
KESIMPULAN DAN SARAN.....		127
A.	Kesimpulan .....	127
B.	Saran/Penutup .....	128
DAFTAR PUSTAKA .....		129
LAMPIRAN.....		131

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Pola Koordinasi Proteksi Trafo Distribusi Wilayah Jawa Tengah .....	30
Tabel 3. 1. Data Trafo Tenaga Penyulang.....	39
Tabel 3. 2. Data dan Jenis Penghantar Penyulang PLR 10 PT. PLN UP3 Surakarta .	39
Tabel 3. 3. Data dan Jenis Penghantar Penyulang PLR 14 PT. PLN UP3 Surakarta .	39
Tabel 3. 4. Data Setting Proteksi Distribusi Penyulang PLR 10 PT. PLN (Persero) UP3 Surakarta .....	40
Tabel 3. 5. Data IEC 60255.....	42
Tabel 4. 1. Penyulang Gardu Induk Palur.....	48
Tabel 4. 2. Impedansi Urutan Positif dan Negatif Penyulang PLR 10 .....	54
Tabel 4. 3. Impedansi Urutan Positif dan Negatif Penyulang PLR 14 .....	54
Tabel 4. 4. Impedansi Urutan Nol Penyulang PLR 10.....	55
Tabel 4. 5. Impedansi Urutan Nol Penyulang PLR 14.....	55
Tabel 4. 6. Impedansi Ekuivalen $Z_{1eq}$ & $Z_{2eq}$ Penyulang PLR 10 .....	57
Tabel 4. 7. Impedansi Ekuivalen $Z_{1eq}$ & $Z_{2eq}$ Penyulang PLR 14 .....	57
Tabel 4. 8. Impedansi Ekuivalen $Z_{0eq}$ Penyulang PLR 10 .....	57
Tabel 4. 9. Impedansi Ekuivalen $Z_{0eq}$ Penyulang PLR 14 .....	58
Tabel 4. 10. Arus Hubung Singkat 3 Fasa Penyulang PLR 10 .....	59
Tabel 4. 11. Arus Hubung Singkat 3 Fasa Penyulang PLR 14 .....	60
Tabel 4. 12. Arus Hubung Singkat 2 Fasa Penyulang PLR 10 .....	62
Tabel 4. 13. Arus Hubung Singkat 2 Fasa Penyulang PLR 14 .....	62
Tabel 4. 14. Arus Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah Penyulang PLR 10 .....	64
Tabel 4. 15. Arus Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah PLR 14 .....	64
Tabel 4. 16. Hasil Perbandingan Setting OCR Time Delay.....	72
Tabel 4. 17. Hasil Perbandingan Waktu OCR Penyulang PLR 10 .....	72
Tabel 4. 18. Hasil Perbandingan Waktu OCR Penyulang PLR 14 .....	73
Tabel 4. 19. Hasil Perbandingan Setting GFR Time Delay .....	82
Tabel 4. 20. Hasil Perbandingan Waktu GFR Penyulang PLR 10.....	83
Tabel 4. 21. Hasil Perbandingan Waktu GFR Penyulang PLR 14.....	83

Tabel 4. 22. Selisih Waktu Kerja Relai Gangguan 3 Fasa PLR 10.....	90
Tabel 4. 23. Selisih Waktu Kerja Relai Gangguan 3 Fasa PLR 14.....	90
Tabel 4. 24. Selisih Waktu Kerja Relai Gangguan 2 Fasa PLR 10.....	91
Tabel 4. 25. Selisih Waktu Kerja Relai Gangguan 2 Fasa PLR 14.....	91
Tabel 4. 26. Selisih Waktu Kerja Relai Gangguan 1 Fasa PLR 10.....	92
Tabel 4. 27. Selisih Waktu Kerja Relai Gangguan 1 Fasa PLR 14.....	92

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Sistem Tenaga Listrik.....	7
Gambar 2. 2. Jaringan Dasar .....	8
Gambar 2. 3. Konfigurasi Jaringan Tulang Ikan.....	9
Gambar 2. 4. Konfigurasi Jaringan Kluster .....	9
Gambar 2. 5. Konfigurasi Jaringan Spindel .....	10
Gambar 2. 6. Konfigurasi Jaringan Garpu .....	10
Gambar 2. 7. Jaringan Spotload .....	11
Gambar 2. 8 Diagram Satu Garis Penyulang Tegangan Menengah.....	14
Gambar 2. 9. Konfigurasi Xs 150 kV ke 20 kV .....	15
Gambar 2. 10. Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa .....	17
Gambar 2. 11. Konfigurasi Jala Hubung Singkat 3 Fasa .....	18
Gambar 2. 12. Gangguan Hubung Singkat 2 Fasa .....	19
Gambar 2. 13. Konfigurasi Jala Hubung Singkat Dua Fasa .....	19
Gambar 2. 14. Hubung Singkat Fasa ke Tanah.....	20
Gambar 2. 15. Konfigurasi Jala Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah .....	20
Gambar 2. 16. Skema Zona Proteksi.....	21
Gambar 2. 17. Skema Kerja Relay.....	22
Gambar 2. 18. Skema Komponen Relay Proteksi.....	23
Gambar 2. 19. Skema Relay OCR dan GFR.....	24
Gambar 2. 20. Karakteristik Waktu Seketika (Instantaneous).....	25
Gambar 2. 21. Karakteristik Waktu Tertentu.....	25
Gambar 2. 22. Karakteristik Waktu Terbalik.....	26
Gambar 2. 23. Daerah Kerja Sistem Koordinasi Proteksi.....	26
Gambar 2. 24. Pengawatan OCR .....	27
Gambar 2. 25. Pengawatan GFR.....	28
Gambar 2. 26. Zona Kerja PMT Outgoing dan Recloser.....	31
Gambar 2. 27. Grafik Karakteristik Relay Arus Lebih Inverse .....	32

Gambar 2. 28. Kurva Koordinasi .....	33
Gambar 3. 1. Flowchart Alir Penelitian	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3. 2. SLD Penyulang PLR 10 PT. PLN UP3 Surakarta .....	38
Gambar 3. 3. SLD Penyulang PLR 14 PT. PLN UP3 Surakarta .....	38
Gambar 3. 4. Data Kesepakatan Koordinasi Proteksi .....	41
Gambar 4. 1. Single Line Diagram Gardu Induk Palur	50
Gambar 4. 2. SLD Penyulang PLR 10 .....	51
Gambar 4. 3. SLD Penyulang PLR 14 .....	51
Gambar 4. 4. OCR Penyulang PLR 10 .....	73
Gambar 4. 5. OCR Penyulang PLR 14 .....	74
Gambar 4. 6. GFR Penyulang PLR 10.....	84
Gambar 4. 7. GFR Penyulang PLR 14.....	84
Gambar 4. 8. Langkah Pertama Simulasi Etap .....	93
Gambar 4. 9. Langkah Kedua Simulasi Etap .....	94
Gambar 4. 10. Langkah Ketiga Simulasi Etap.....	94
Gambar 4. 11. SLD Penyulang PLR 10 dan PLR 14 pada ETAP .....	95
Gambar 4. 12. Setting Data Trafo Tegangan dan Kapasitas .....	96
Gambar 4. 13. Setting Data Impedansi Trafo .....	96
Gambar 4. 14. Setting Data Power Grid .....	97
Gambar 4. 15. Setting Data Kabel Penyulang.....	98
Gambar 4. 16. Setting CT Incoming .....	99
Gambar 4. 17. Setting CT Outgoing .....	99
Gambar 4. 18. Setting CT Recloser .....	100
Gambar 4. 19. Setting PMT Outgoing PLR 10.....	101
Gambar 4. 20. Setting Recloser PLR 10 .....	101
Gambar 4. 21. Setting PMT Outgoing PLR 14.....	102
Gambar 4. 22. Setting Recloser Pertama PLR 14.....	102
Gambar 4. 23. Setting Recloser Kedua PLR 14.....	103
Gambar 4. 24. Setting Recloser Ketiga PLR 14 .....	103

Gambar 4. 25. Setting Beban PLR 10 .....	104
Gambar 4. 26. Setting Beban PLR 14 .....	104
Gambar 4. 27. SLD Sebelum Terjadi Gangguan .....	105
Gambar 4. 28. Simulasi Koordinasi Relay Proteksi Gangguan Penyulang PLR 10 dengan jarak 100% .....	106
Gambar 4. 29. Simulasi Koordinasi Relay Proteksi Gangguan Penyulang PLR 10 dengan jarak 75% .....	107
Gambar 4. 30. Simulasi Koordinasi Relay Proteksi Gangguan Penyulang PLR 10 dengan jarak 50% .....	108
Gambar 4. 31. Simulasi Koordinasi Relay Proteksi Gangguan Penyulang PLR 10 dengan jarak 25% .....	109
Gambar 4. 32. Simulasi Koordinasi Relay Proteksi Gangguan Penyulang PLR 10 dengan jarak 0% .....	110
Gambar 4. 33. Simulasi Koordinasi Relay Proteksi Gangguan Penyulang PLR 14 dengan jarak 100% .....	111
Gambar 4. 34. Simulasi Koordinasi Relay Proteksi Gangguan Penyulang PLR 14 dengan jarak 100% .....	112
Gambar 4. 35. Simulasi Koordinasi Relay Proteksi Gangguan Penyulang PLR 14 dengan jarak 75% .....	113
Gambar 4. 36. Simulasi Koordinasi Relay Proteksi Gangguan Penyulang PLR 14 dengan jarak 50% .....	114
Gambar 4. 37. Simulasi Koordinasi Relay Proteksi Gangguan Penyulang PLR 14 dengan jarak 25% .....	115
Gambar 4. 38. Simulasi Koordinasi Relay Proteksi Gangguan Penyulang PLR 14 dengan jarak 0% .....	116
Gambar 4. 39. Kurva Koordinasi OCR PLR 10 Software ETAP .....	117
Gambar 4. 40. Kurva Koordinasi GFR PLR 10 Software ETAP.....	118
Gambar 4. 41. Kurva Koordinasi OCR PLR 10 Software Ms Excel.....	119
Gambar 4. 42. Kurva Koordinasi GFR PLR 10 Software Ms Excel .....	120

Gambar 4. 43. Kurva Koordinasi OCR PLR 14 Software ETAP ..... 122  
Gambar 4. 44. Kurva Koordinasi GFR PLR 14 Software ETAP ..... 123  
Gambar 4. 45. Kurva Koordinasi OCR PLR 14 Software Ms Excel ..... 124  
Gambar 4. 46. Kurva Koordinasi GFR PLR 14 Software Ms Excel ..... 125