

**HALAMAN JUDUL**

**STUDI ANALISIS KOORDINASI PROTEKSI RELE DIFFERENTIAL  
DAN RELE OVERCURRENT PADA TRANSFORMATOR UNTUK  
MENGHINDARI KEGAGALAN PROTEKSI DENGAN  
MENGUNAKAN *SOFTWARE* ETAP 12.6**



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA  
2019**

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Abduh Dahlan  
NIM : 20150120140  
Jurusan : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik  
Universitas : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa naskah skripsi “STUDI ANALISIS KOORDINASI PROTEKSI RELE DIFFERENTIAL DAN RELE OVERCURRENT PADA TRANSFORMATOR UNTUK MENGHINDARI KEGAGALAN PROTEKSI DENGAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE* ETAP 12.6” merupakan hasil karya tulis saya sendiri dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan daftar pustaka dengan mengikuti tata cara dan etika penulisan karya tulis.

Yogyakarta, 22 Maret 2019

Penulis,



Muhammad Abduh Dahlan

## HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

Kedua orang tua (Bapak Muhammad Dahlan dan Eva Yanti Yara) yang selalu mendoakan saya dan membimbing saya dalam segala hal kebaikan dan semoga selalu di beri perlindungan ALLAH SWT

Abangku tercinta (Moehammad Izzad Dahlevi) dan Adek-adekku tercinta Gumaisha Devani, Muhammad Milhan Aruna Ramadhan, dan Humairah Devani) Serta semua keluarga yang tak bisa di sebut satu persatu yang telah memberikan dukungan dan kebaikan.

## MOTTO

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*“Bukanlah orang-orang yang paling baik dari pada kamu siapa yang meninggalkan dunianya karena akhirat, dan tidak pula meninggalkan akhiratnya karena dunianya, sehingga ia dapat kedua-duanya semua. Karena di dunia itu menyampaikan akhirat. Dan janganlah kamu jadi memberatkan atas sesama manusia”*

*~HR. Muslim~*

*“Janganlah kamu berduka cita, sesungguhnya Allah selalu bersama kita”. Ketika menghadapi suatu ujian, tak perlu bersedih hati, kebahagiaan dan kesedihan kadang datang silih berganti tergantung bagaimana kita menghadapinya dan mengambil pelajaran darinya. Kembalikan segalanya pada sang pencipta bahwa segala yang terjadi adalah ketETAPan yang terbaik dari Nya”*

*~QS. At taubah :40~*

*“Kesuksesan dunia dan akhirat itu didapatkan dengan doa, usaha, ikhtiyar, tawakal diri kita kepada rabb yang menciptakan kita”*

*~Muhammad Abduh Dahlan~*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	vi
<b>MOTTO</b> .....	vii
<b>INTISARI</b> .....	viii
<b>ABSTRACT</b> .....	ix
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	x
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI</b> .....	5
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2 Dasar Teori .....	7
2.2.1 Sistem Tenaga Listrik .....	7
2.2.2 Gardu Induk .....	10
2.2.3 Proteksi .....	20
2.2.3.1 Persyaratan Sistem Proteksi Tenaga Listrik.....	22
2.2.3.2 Faktor Penyebab Terjadinya Gangguan Pada Proteksi .....	23
2.2.3.3 Tujuan Sistem Proteksi Tenaga Listrik.....	24

2.2.4 Peralatan Relai Proteksi Transformator .....	24
2.2.4.4 Rele Overcurrent (OCR) .....	31
2.2.5 <i>Software</i> ETAP 12.6 .....	41
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>42</b>
3.1 Alat dan Bahan Penelitian .....	42
3.2 Waktu Penelitian.....	42
3.3 Langkah-langkah penelitian tugas akhir .....	43
3.4 Metode Penelitian .....	47
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>49</b>
4.1 Gardu Induk .....	49
4.2 Data Yang Diperoleh .....	50
4.2.1 Data Single Line Diagram Gardu Induk 150 kV Bantul.....	50
4.2.2 Data Transformator .....	52
4.2.3 Data Spesifikasi Transformator Arus.....	53
4.2.4 Data Setting Differential Relay Di Gardu Induk 150 kV Bantul .....	53
4.2.5 Data Overcurrent Relay Pada Jaringan Di Gardu Induk 150 kV Bantul .....	54
4.2.6 Data Setting Overcurrent Relay di Gardu Induk 150 kV Bantul .....	55
4.2.7 Data Konduktor yang digunakan pada Jaringan Penyulang Gardu Induk 150 kV Bantul.....	56
4.3 Perhitungan Matematis <i>Differential Relay</i> .....	57
4.3.1 Perhitungan Matematis Rasio CT .....	58
4.3.2 Perhitungan Error Mismatch .....	59
4.3.3 Perhitungan Arus Sekunder CT .....	60
4.3.4 Perhitungan Arus Differensial .....	61
4.3.5 Perhitungan Arus Restrain .....	61
4.3.6 Perhitungan Slope .....	62
4.3.7 Perhitungan Arus Setting .....	63
4.4 Perbandingan Setting Differential Relay .....	64
4.5 Gangguan hubung singkat rele diferensial.....	66
4.6 Perhitungan Matematis dan Analisis Overcurrent Relay.....	67
4.6.1 Jenis Gangguan Arus Hubung Singkat .....	68

4.6.2 Perhitungan Impedansi Sumber .....	69
4.6.3 Perhitungan Reaktansi Transformator.....	69
4.6.4 Perhitungan Impedansi Sisi Penyulang.....	70
4.6.5 Perhitungan Impedansi Ekuivalen Jaringan .....	71
4.6.6 Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat .....	73
4.7 Penentuan Setting OCR pada sisi penyulang 20 kV .....	76
4.7.1 Nilai Setting OCR pada sisi pernyulang 20 kV .....	77
4.7.2 Nilai Setting OCR pada sisi incoming 20 kV dan sisi 150 kV .....	79
4.8 Pemeriksaan Waktu Kerja Relay .....	82
4.8.1 Pemeriksaan Waktu Kerja Relay OCR pada Gangguan 3 Fasa .....	83
4.8.2 Pemeriksaan Waktu Kerja Relay OCR pada Gangguan 2 Fasa .....	86
4.9 Perbanding Setting Rele Terpasang dan Terhitung .....	88
4.10 Simulasi Gangguan Menggunakan <i>Software</i> ETAP 12.6.....	89
4.11 Simulasi Kerja Rele Over Curret Relay Dan Differential Relay Menggunakan <i>Software</i> ETAP 12.6.....	89
4.11.1 Simulasi Keadaan Normal .....	90
4.11.2 Simulasi Proteksi Hubung Singkat didalam Zona Proteksi <i>Differential Relay</i> .....	91
4.11.3 Simulasi Proteksi Overcurrent Relay Sisi Incoming.....	92
4.11.4 Simulasi Proteksi Backup Overcurrent Relay Sisi Penyulang BNL18 .....	93
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>95</b>
5.1 Kesimpulan .....	95
5.2 Saran .....	96
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>97</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>99</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sistem Tenaga Listrik.....	8
Gambar 2. 2 Gardu Induk.....	10
Gambar 2. 3 Bentuk Fisik Transformator Daya.....	11
Gambar 2. 4 Prinsip Kerja Trafo Arus .....	12
Gambar 2. 5 Prinsip Kerja Trafo Tegangan .....	13
Gambar 2. 6 Bentuk fisik Pemutus Tenaga.....	14
Gambar 2. 7 Bentuk Fisik Pemisah.....	15
Gambar 2. 8 Contoh Bentuk fisik control panel device .....	16
Gambar 2. 9 Bentuk Fisik Lightning Arrester.....	17
Gambar 2. 10 Contoh bentuk fisik relay proteksi (OCR) .....	18
Gambar 2. 11 Transformator PS .....	18
Gambar 2. 12 Bentuk Fisik Rel Busbar.....	19
Gambar 2. 13 Prinsip kerja rele differential .....	25
Gambar 2. 14 Cara pengoperasian rele differential.....	26
Gambar 2. 15 Karakteristik Rele Differential .....	26
Gambar 2. 16 Rele differential saat gangguan eksternal.....	27
Gambar 2. 17 Rele differential saat gangguan internal .....	28
Gambar 2. 18 Prinsip kerja rele overcurrent .....	31
Gambar 2. 19 Rele waktu seketika.....	32
Gambar 2. 20 Rele waktu tertentu.....	32
Gambar 2. 21 Rele arus lebih waktu terbalik .....	33
Gambar 2. 22 Diagram Hubungan Impedansi.....	36
Gambar 2. 23 Rangkaian Ekuivalen 1 fasa .....	40
Gambar 3. 1 Diagram Alir metode penelitian .....	43
Gambar 3. 2 Peta Lokasi Gardu Induk 150 kv Yogyakarta .....	44
Gambar 4. 1 Single Line Diagram Gardu Induk 150 kV Bantul.....	51
Gambar 4. 2 Penempatan PMT pada jaringan GI Bantul.....	68
Gambar 4. 3 Panjang dan Jenis Saluran Jaringan Gardu Induk 150 kV Bantul....	68
Gambar 4. 4 Kurva Hubungan Lokasi Gangguan Terhadap Waktu Kerja Relay Arus Gangguan 3 Fasa .....	85
Gambar 4. 5 Kurva Hubungan Lokasi Gangguan Terhadap Waktu Kerja Relay Arus Gangguan 2 Fasa .....	88
Gambar 4. 6 Simulasi Proteksi Rele Diferensial dan Rele Overcurrent Keadaan Normal.....	90
Gambar 4. 7 Simulasi Hubung Singkat didalam Zona Proteksi Differential Relay .....	91
Gambar 4. 8 Simulasi Proteksi OCR Sisi Incoming .....	92
Gambar 4. 9 Simulasi Proteksi OCR Sisi Penyulang BNL18.....	93



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Konstanta Karakteristik OCR Standar ANSI/IEEE dan IEC .....	35
Tabel 4. 1 Spesifikasi Transformator 2 (CG POUWELS) .....	52
Tabel 4. 2 Data Spesifikasi Transformator Arus .....	53
Tabel 4. 3 Data Setting Relay Differential .....	54
Tabel 4. 4 data spesifikasi OCR dan GFR .....	55
Tabel 4. 5 Data setting relay OCR dan GFR Gardu Induk 150 kV Bantul .....	56
Tabel 4. 6 Data kabel panjang penghantar di Gardu Induk 150 kV Bantul .....	56
Tabel 4. 7 Tabel Impedansi jenis penghantar di Gardu Induk 150 kV Bantul .....	57
Tabel 4. 8 Data Hasil Perhitungan .....	64
Tabel 4. 9 Data perbandingan hasil perhitungan data manual dan data setting actual rele diferensial trafo 2 Gardu Induk 150 kV Bantul .....	65
Tabel 4. 10 Nilai Impedansi Penyulang Urutan positif dan Negatif .....	71
Tabel 4. 11 Nilai Impedansi Penyulang Urutan Nol .....	71
Tabel 4. 12 Nilai Impedansi Ekuivalen Jaringan $Z_{1eq}$ & $Z_{2eq}$ .....	72
Tabel 4. 13 Nilai Impedansi Ekuivalen Jaringan $Z_{0eq}$ .....	72
Tabel 4. 14 Nilai Arus Gangguan Hubung Singkat 3 Fase .....	73
Tabel 4. 15 Nilai Arus Gangguan Hubung Singkat 2 Fase .....	74
Tabel 4. 16 Nilai Arus Gangguan Hubung Singkat 1 Fase ke Ground .....	75
Tabel 4. 17 Perbandingan Arus Gangguan Hubung Singkat .....	75
Tabel 4. 18 Nilai setting hasil perhitungan sisi penyulang .....	78
Tabel 4. 19 Nilai setting hasil perhitungan sisi incoming .....	80
Tabel 4. 19 Nilai setting hasil perhitungan sisi incoming .....	82
Tabel 4. 20 Nilai pemeriksaan Waktu Kerja rele gangguan 3 Fase .....	83
Tabel 4. 21 Nilai pemeriksaan Waktu Kerja rele gangguan 3 Fase .....	84
Tabel 4. 22 Nilai pemeriksaan Waktu Kerja rele gangguan 3 Fase .....	86
Tabel 4. 23 Nilai pemeriksaan Waktu Kerja rele gangguan 2 Fase .....	87
Tabel 4. 24 Perbandingan Setting Rele OCR Terpasang Dan Terhitung .....	88
Tabel 4. 25 Data simulasi OCR dan Differential Relay Keadaan Normal .....	90