

**SIMULASI DAN ANALISIS SISTEM PROTEKSI *DIFFERENTIAL*  
*RELAY MAIN TRANSFORMER (87 GT) PADA PLTP UNIT 5 (LIMA)*  
PT PERTAMINA GEOTHERMAL ENERGY AREA KAMOJANG  
DENGAN *SOFTWARE* ETAP 12.6**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Mencapai Derajat Strata-1  
Pada Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta**



**Disusun oleh:**

**KHOIRUL AZIZ**

**20140120011**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA  
YOGYAKARTA**

**2018**

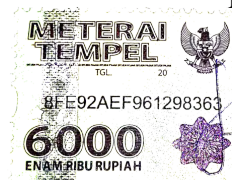
## HALAMAN PERNYATAAN

**Nama** : Khoirul Aziz  
**NIM** : 20140120011  
**Program Studi** : Teknik Elektro  
**Fakultas** : Teknik  
**Universitas** : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Saya menyatakan bahwa tugas akhir yang berjudul "*SIMULASI DAN ANALISIS SISTEM PROTEKSI DIFFERENTIAL RELAY MAIN TRANSFORMER (87 GT) PADA PLTP UNIT 5 (LIMA) PT PERTAMINA GEOTHERMAL ENERGI AREA KAMOJANG DENGAN SOFTWARE ETAP 12.6*" merupakan hasil karya tulis saya sendiri dan tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Perguruan Tinggi dan sepengetahuan penulis bahwa tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah dipublikasikan ataupun ditulis oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan daftar pustaka.

Yogyakarta, 4 Mei 2018

Penulis



Khoirul Aziz

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Bismillahirrohmaanirrohim*

*Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada:*

*Puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala, Yang maha pengasih lagi maha penyayang. Yang telah milimpahkan rahmat serta hidayah-Nya kepada saya. Sholawat serta salam kita curahkan kepada pahlawan revolusi islam, pembawa kebenaran, pengikis kebodohan yaitu habibana wanabiyana Muhammad SAW.*

*Tak lupa saya ucapkan terimakasih kepada orang tua saya bapak Pujiyanto dan ibu Siti J, beserta adik saya tercinta Rifany N. Azmi yang selalu memberikan do'a, dorongan, motivasi, dan selaku inspirator saya dalam melaksanakan kuliah hingga menyelesaikan tugas akhir ini.*

*Keluarga besar Dodo dan Sumirin yang selama ini telah men-support serta memberikan do'a Nya kepada saya.*

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji syukur saya panjatkan kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir di PT Pertamina Geothermal Energi area Kamojang dengan judul "***SIMULASI DAN ANALISIS SISTEM PROTEKSI DIFFERENTIAL RELAY MAIN TRANSFORMER (87 GT) PADA PLTP UNIT 5 (LIMA) PT PERTAMINA GEOTHERMAL ENERGI AREA KAMOJANG DENGAN SOFTWARE ETAP 12.6***".

Keberhasilan dalam penulisan dan pengamatan tugas akhir juga berkat bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu saya mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang selalu memberikan rahmat serta hidayahnya.
2. Bapak Jazaul Ikhsan, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
3. Bapak Dr. Ramadoni Syahputra, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dan sebagai dosen pembimbing I (satu) saya.
4. Ibu Anna Nur Nazilah Chamim S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II (dua) saya.
5. Bapak Firman J. Simanullang, selaku *Senior Electrical Maintenance* dan pembimbing lapangan saya di PT Pertamina Geothermal Energy area kamojang yang telah memberikan arahan, masukan, dan saran kepada saya dalam penelitian dengan penuh kesan dan manfaat.
6. Bapak Andri, Habib, dan Hasan yang telah menggunakan waktu luangnya untuk melakukan pengenalan terhadap komponen dari *power plant system* dan *control room*.
7. Bapak Budi selaku *head office control room* yang telah memberikan arahan mengenai cara kerja PLTP Kamojang Unit 4 & 5.

8. Segenap dosen dan seluruh staf akademik yang selalu membantu saya dalam memberikan fasilitas ilmu, serta pendidikan pada saya hingga dapat menunjang dalam penyelesaian tugas akhir ini.
9. Babeh, Ummi, dan Adikku tercinta Fany yang selalu memberikan motivasi dan semangat serta do'a restu untuk saya dalam menyelesaikan penelitian dan penyusunan tugas akhir ini.
10. Bintang yang turut serta menemani dalam penyelesaian tugas akhir ini serta memberikan motivasi, dorongan, dan semangat agar terus maju.
11. Agung, Gady, Adit, Yudho, Rendi, dan teman-teman yang tidak bisa saya sebutkan satu-persatu, yang turut serta menyemangati agar terus maju sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
12. Serta teman-teman di Jurusan Teknik Elektro angkatan 2014 UMY dan semua pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu-persatu.

Saya menyadari bahwa dalam penulisan penelitian tugas akhir ini masih banyak kekurangan, maka saran dan kritik sangat diperlukan untuk memperbaiki kedepannya. Saya berharap semoga penelitian tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Yogyakarta, 4 Mei 2018

Penulis,

Khoirul Aziz

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN I</b> .....	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN II</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>v</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>INTISARI</b> .....	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN</b> .....	<b>xvi</b>
<b>BAB I</b> .....	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Asumsi dan Batasan Masalah Penelitian.....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II</b> .....	<b>6</b>
<b>TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1 Kajian Pustaka.....	6
2.2 Landasan Teori.....	9
2.2.1 Definisi Sistem Proteksi .....	9
1. Persyaratan Sistem Proteksi.....	11
2. Faktor Penyebab Terjadi Gangguan .....	13

2.2.2	Sistem Proteksi pada Transformator Daya .....	14
1.	Gangguan pada Transformator Daya .....	15
2.	Fungsi Proteksi pada Transformator Daya .....	17
2.2.3	Rele Diferensial .....	20
1.	Gangguan di Dalam Daerah yang Dilindungi .....	21
2.	Gangguan di Luar Daerah yang Dilindungi.....	22
3.	Karakteristik Rele Diferensial .....	23
2.2.4	Teori Perhitungan Matematis Pick Up Setting Differential Relay .....	25
1.	Perhitungan Rasio CT .....	25
2.	Perhitungan Error Mismatch.....	26
3.	Perhitungan Arus Sekunder CT .....	26
4.	Perhitungan Arus Diferensial .....	26
5.	Perhitungan Arus Restrain .....	27
6.	Perhitungan Slope .....	27
7.	Perhitungan Arus Setting .....	28
<b>BAB III</b>	.....	<b>29</b>
<b>METODOLOGI PENELITIAN</b>	.....	<b>29</b>
3.1	Metode Penelitian .....	29
3.2	Langkah-langkah Penyusunan Karya Tulis .....	30
<b>BAB IV</b>	.....	<b>34</b>
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	.....	<b>34</b>
4.1	Aplikasi Rele Diferensial pada Tranformator Daya di PLTP Kamojang Unit 5.....	34
4.2	Zona Proteksi Rele Diferensial PLTP Kamojang Unit 5 .....	37
4.2.1	Kurva Spesifikasi Rele .....	39
4.3	Perhitungan Matematis.....	40
4.3.1	Perhitungan Rasio CT .....	40
4.3.2	Error Mismatch .....	41
4.3.3	Arus Sekunder CT .....	43
4.3.4	Arus Diferensial.....	43

4.3.5 Arus Restrain .....	44
4.3.6 Slope .....	44
4.3.7 Arus Setting .....	45
4.4 Perbandingan Data Perhitungan dan Data Spesifikasi .....	47
4.4.1 Perbandingan Nilai Arus Setting .....	47
4.5 Hasil Simulasi Rele Diferensial (87 GT) pada Transformator Daya PLTP	
Kamajang Unit 5 .....	50
4.5.1 Simulasi Keadaan Normal .....	50
4.5.2 Simulasi Keadaan Gangguan pada Transformator daya.....	51
4.5.3 Simulasi Keadaan Gangguan pada Auxilary Transformer .....	53
<b>BAB V .....</b>	<b>55</b>
<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>55</b>
5.1 Kesimpulan .....	55
5.2 Saran.....	56
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>57</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Contoh Gangguan Sistem Tenaga Listrik.....	12
Gambar 2.2 Transformator Daya 50 MVA Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) Kamojang Unit 5 .....	15
Gambar 2.3 Rele Diferensial PLTP KMJ Unit 5 dalam Keadaan Aktif .....	20
Gambar 2.4 Rele Diferensial dalam Keadaan Arus Normal .....	21
Gambar 2.5 Rele Diferensial saat Gangguan Internal.....	22
Gambar 2.6 Rele Diferensial saat Gangguan Eksternal .....	23
Gambar 2.7 Prinsip Pengoperasian Rele Diferensial .....	23
Gambar 2.8 Karakteristik Rele Diferensial .....	25
Gambar 3.1 Flowchart Metodologi Penulisan.....	30
Gambar 3.2 Peta lokasi PT Pertamina Geothermal Energy Area Kamojang.....	31
Gambar 4.1 Over-all Zona Proteksi PLTP Kamojang Unit 4 & Unit 5.....	37
Gambar 4.2 Zona Proteksi pada Generator, Main Transformator dan Auxilary Transformator (87 GT).....	38
Gambar 4.3 Kurva Batas Minimum dan Maksimum Gangguan.....	39
Gambar 4.4 Simulasi Sistem Proteksi Rele Diferensial (87 GT) dalam Keadaan Normal.....	50
Gambar 4.5 Simulasi Percobaan Gangguan pada Transformator Daya dengan Menggunakan <i>Software</i> ETAP 12.6.....	51
Gambar 4.6 Simulasi Percobaan Gangguan pada Auxilary Transformer dengan Menggunakan <i>Software</i> ETAP 12.6.....	53

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Kebutuhan Rele Proteksi Terhadap Berbagai Jenis Gangguan.....	18
Tabel 2.2 Jenis Sistem Proteksi Sesuai SPLN 52-1 .....	19
Tabel 4.1 Spesifikasi Transformator Daya PLTP KMJ Unit-5.....	35
Tabel 4.2 Spesifikasi Rele Diferensial Transformator Daya (87 GT) PLTP KMJ Unit-5 .....	36
Tabel 4.3 Data Hasil Perhitungan .....	46

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

<i>I<sub>d</sub></i>	=	Arus Diferensial (A)
<i>I<sub>p</sub></i>	=	Arus Primer (A)
<i>I<sub>s</sub></i>	=	Arus Sekunder (A)
<i>I<sub>r</sub></i>	=	Arus Penahan (A)
<i>I<sub>n</sub></i>	=	Arus Nominal (A)
<i>I<sub>1</sub></i>	=	Arus Sekunder CT <sub>1</sub> (A)
<i>I<sub>2</sub></i>	=	Arus Sekunder CT <sub>2</sub> (A)
<i>I<sub>set</sub></i>	=	Arus <i>Setting</i> (A)
<i>%Slope</i>	=	<i>Setting</i> Kecuraman (%)
<i>Slope<sub>1</sub></i>	=	<i>Setting</i> Kecuraman Sisi Primer (%)
<i>Slope<sub>2</sub></i>	=	<i>Setting</i> Kecuraman Sisi Sekunder (%)
<i>CT<sub>ideal</sub></i>	=	Transformator Arus Ideal (A)
<i>CT</i>	=	Transformator Arus ( <i>Current Transformer</i> )
<i>CB</i>	=	Sakelar Pemutus Tegangan ( <i>Circuit Breaker</i> )
<i>S</i>	=	Daya Tersalur (MVA)
<i>V</i>	=	Tegangan pada Sisi Primer dan Sekunder (kV)
<i>pu</i>	=	<i>Time Delay (pick up)</i>
<i>CT</i>	=	Transformator Arus
<i>CB</i>	=	<i>Circuit Breaker</i>
<i>OLTC</i>	=	<i>On Load Tap Changer</i>
<i>PLTP</i>	=	Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi
<i>IEEE</i>	=	<i>Institute of Electrical and Electronic Engineers</i>