

**ANALISA RELE DIFERENSIAL PADA TRANSFORMATOR
DAYA 60 MVA GI KERAMASAN PALEMBANG
MENGUNAKAN ETAP 16.0**



LAPORAN AKHIR

**Dibuat untuk memenuhi syarat menyelesaikan pendidikan Diploma III pada
Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Listrik**

**Oleh
Shania Agustin
061730311353**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
PALEMBANG
2020**

**ANALISA RELE DIFERENSIAL PADA TRANSFORMATOR
DAYA 60 MVA GI KERAMASAN PALEMBANG
MENGUNAKAN ETAP 16.0**



LAPORAN AKHIR

Oleh
SHANIA AGUSTIN
061730311353

Palembang, September 2020

Menyetujui,

Pembimbing I

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "Yessi Marniati".

Yessi Marniati, S.T., M.T.
NIP. 197603022008122001

Pembimbing II

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "Andri Suyadi".

Andri Suyadi, S.ST., M.T.
NIP. 196510091990031002

Mengetahui,

**Ketua Jurusan
Teknik Elektro**

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "Ir. Iskandar Lutfi".

Ir. Iskandar Lutfi, M.T.
NIP. 196501291991031002

**Ketua Program Studi
Teknik Listrik**

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "Anton Firmansyah".

Anton Firmansyah, S.T., M.T.
NIP. 197509242008121001

Motto:

Allah SWT berfirman, "Aku tergantung persangkaan hamba kepada-Ku. Aku bersamanya kalau dia mengingat-Ku. Kalau dia mengingat-ku pada dirinya, maka Aku mengingatnya pada diri-Ku. "
(HR, Muslim dan Bukhari No.4850)

"Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan." (Q.S. Al-Insyirah : 5-6)

Kupersembahkan kepada :

- ✧ *Papa dan Mama*
- ✧ *Seluruh Keluargaku*
- ✧ *Sahabat "Aldebaran"*
- ✧ *Sahabat "Yang Tau-Tau Aja"*
- ✧ *Teman-teman Seperjuangan D3K PLNPOLSRI 2017*
- ✧ *Tim HAR ULTG Keramasan 2020*
- ✧ *Almamaterku, Politeknik Negeri Sriwijaya*

ABSTRAK

ANALISA RELE DIFERENSIAL PADA TRANSFORMATOR DAYA 60 MVA GI KERAMASAN PALEMBANG MENGUNAKAN ETAP 16.0 (2020 : xiv + 64 Halaman + Daftar Pustaka + Lampiran)

Shania Agustin
061730311353
Jurusan Teknik Elektro
Program Studi Teknik Listrik
Politeknik Negeri Sriwijaya

Hasil perhitungan penyetelan rele diferensial diketahui bahwa rasio CT ideal yang digunakan adalah 300 : 5 untuk sisi primer dan 2000 : 5 untuk sisi sekunder. Arus *setting* adalah 0,49 A sedangkan data arus *setting* adalah 0,3 A atau 30 % dengan asumsi : kesalahan CT (10%), arus eksitasi (1%), *error mismatch* (4%), faktor keamanan (5%), serta kesalahan sadapan (10%). Hasil simulasi menggunakan ETAP 16.0 bahwa rele diferensial yang diterapkan bekerja dengan baik dan sesuai dengan prinsipnya dikarenakan terdapat arus diferensial sebesar 1,46 A dari perhitungan 2,78 A - 1,32 A sehingga $I_{diff} > I_{set}$ yang menyebabkan PMT *trip*. Selain itu, waktu kerja rele diferensial sebesar 0,02 sekon yang sesuai dengan hasil pengujian yang dilakukan terhadap rele. Rele diferensial bekerja dalam merespons gangguan di dalam daerah pengamanannya sehingga memberikan perintah untuk memutuskan PMT. Rele diferensial tidak memberikan respons terhadap gangguan di luar daerah pengamanannya sehingga rele tersebut bekerja dengan baik dan sesuai dengan prinsipnya.

Kata Kunci: Transformator, Sistem, Proteksi, Rele, Diferensial

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE DIFFERENTIAL RELAY ON 60 MVA POWER TRANSFORMER KERAMASAN SUBSTATION PALEMBANG USING ETAP 16.0 (2020 : xiv + 64 Pages + References + Attachment)

Shania Agustin

061730311353

Department of Electro Engineering

Electrical Engineering Study Program

State Polytechnic of Sriwijaya

The results of the calculation of the differential relay setting show that the ideal CT ratio used is 300: 5 for the primary side and 2000: 5 for the secondary side. The setting current is 0.49 A while the setting current data is 0.3 A or 30% with the assumptions: CT error (10%), excitation current (1%), error mismatch (4%), safety factor (5%), and tapping error (10%). The simulation results using ETAP 16.0 that the applied differential relay works well and in accordance with the principle because there is a differential current of 1.46 A from the calculation of 2.78 A - 1.32 A so that $I_{diff} > I_{set}$ causes PMT to trip. In addition, the working time of the differential relay is 0.02 seconds which is in accordance with the results of tests carried out on the relay. Differential relays work in response to disturbances in their protective area thus giving orders to disconnect the PMT. The differential relay does not respond to disturbances outside its protective area so that the relay works properly and in accordance with its principles.

Keywords : Transformer, System, Protection, Relay, Differential

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya serta kesempatan-Nya saya sebagai penulis dapat menyelesaikan laporan akhir yang berjudul **“Analisa Rele Diferensial pada Transformator Daya 60 MVA GI Keramasan Palembang Menggunakan ETAP 16.0”** dengan tepat waktu.

Adapun tujuan dari penulisan laporan akhir yaitu sebagai salah satu yang wajib ditempuh oleh mahasiswa Politeknik Negeri Sriwijaya untuk menyelesaikan pendidikan Diploma III Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Listrik.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih yang sangat besar kepada semua pihak yang telah berkontribusi dan telah memberi dukungan kepada kami dalam penulisan laporan ini, baik material maupun non material, terutama kepada :

1. Bapak Dr. Ing. Ahmad Taqwa, M.T., selaku Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya.
2. Bapak Ir. Iskandar Lutfi, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.
3. Bapak Anton Firmansyah, S.T, M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Listrik Politeknik Negeri Sriwijaya
4. Ibu Yessi Marniati, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I dalam penulisan laporan akhir.
5. Bapak Andri Suyadi, S.ST.,M.T., selaku Dosen Pembimbing II dalam penulisan laporan akhir.
6. Seluruh karyawan dan staff ULTG Keramasan yang telah memberikan masukan, bimbingan serta dukungan selama penulisan laporan akhir.

Penulis menyadari atas kekurangan dalam laporan akhir ini, maka dari itu kritik, saran, dan masukan yang bersifat membangun sangat diharapkan guna kesempurnaan laporan ini dan juga dapat menambah ilmu pengetahuan.

Akhir kata, Penulis berharap laporan akhir ini dapat bermanfaat. Aamiin
YRA.

Palembang, September 2020

Penulis

DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN MOTTO.....	iii
ABSTRAK.....	iv
<i>ABSTRACT</i>.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan dan Manfaat.....	2
1.5 Metodologi Penulisan.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Transformator.....	5
2.1.1 Prinsip Kerja Transformator.....	6
2.1.2 Jenis - jenis Transformator.....	6
2.1.3 Transformator Daya.....	8
2.1.4 Transformator Arus.....	9
2.2 Sistem Proteksi.....	10
2.2.1 Fungsi Sistem Proteksi.....	11
2.2.2 Zona Proteksi.....	11
2.2.3 Sistem Proteksi Transformator.....	12

2.2.4	Gangguan pada Transformator Daya.....	17
2.3	Rele Proteksi.....	18
2.3.1	Fungsi Rele Proteksi.....	19
2.3.2	Syarat - syarat Rele Proteksi.....	19
2.4	Rele Diferensial.....	21
2.4.1	Gangguan di Dalam Daerah Proteksi.....	22
2.4.2	Gangguan di Luar Daerah Proteksi.....	23
2.4.3	Syarat Penyetelan Rele Diferensial.....	23
2.4.4	Tinjauan Masalah pada Rele Diferensial.....	24
2.4.5	Karakteristik Rele Diferensial.....	26
2.5	Teori Perhitungan Penyetelan Rele Diferensial.....	27
2.5.1	Perhitungan Rasio CT Ideal.....	27
2.5.2	Perhitungan <i>Error Mismatch</i>	28
2.5.3	Perhitungan Arus Sekunder CT.....	28
2.5.4	Perhitungan Arus Diferensial.....	29
2.5.5	Perhitungan Arus <i>Restrain</i>	29
2.5.6	Perhitungan <i>Slope</i>	29
2.5.7	Perhitungan Arus <i>Setting</i>	30
2.5.8	Perhitungan Gangguan pada Transformator Daya.....	30
2.6	ETAP (<i>Electric Transient Analysis Program</i>).....	31
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN.....	37
3.1	Sistem Kelistrikan.....	37
3.2	Data Peralatan.....	38
3.2.1	Transformator Daya.....	38
3.2.2	Transformator Arus.....	39
3.2.3	Data Beban Penyulang.....	40
3.2.4	Rele Diferensial.....	40
3.3	Diagram Alir.....	42
3.4	Simulasi dengan ETAP 16.0.....	42

BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	51
4.1	Perhitungan Penyetelan Rele Diferensial.....	51
4.1.1	Perhitungan Arus Nominal dan Arus <i>Rating</i>	51
4.1.2	Perhitungan <i>Error Mismatch</i>	52
4.1.3	Perhitungan Arus Sekunder CT.....	54
4.1.4	Perhitungan Arus <i>Restraining</i>	54
4.1.5	Perhitungan Arus Diferensial.....	54
4.1.6	Perhitungan <i>Slope</i>	55
4.1.7	Perhitungan Arus <i>Setting</i>	55
4.2	Perbandingan Hasil Perhitungan dan Hasil Pengujian.....	57
4.3	Perhitungan Gangguan pada Transformator Daya.....	57
4.4	ETAP 16.0.....	59
4.4.1	Simulasi Rele Diferensial dalam Keadaan Normal.....	59
4.4.2	Simulasi Rele Diferensial saat Gangguan di Dalam Daerah Proteksi.....	60
4.4.3	Simulasi Rele Diferensial saat Gangguan di Luar Daerah Proteksi.....	62
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	63
5.1	Kesimpulan.....	63
5.2	Saran.....	64

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 2.1 Elektromagnetik Trafo.....	5
Gambar 2.2 Transformator Daya.....	8
Gambar 2.3 Prinsip Kerja Trafo Arus.....	10
Gambar 2.4 Skema Zona Proteksi.....	12
Gambar 2.5 Skema Sistem Proteksi Transformator.....	15
Gambar 2.6 Rele Diferensial dalam Keadaan Normal.....	22
Gambar 2.7 Rele Diferensial jika Terjadi Gangguan di Dalam Daerah Proteksi.....	22
Gambar 2.8 Rele Diferensial jika Terjadi Gangguan di Luar Daerah Proteksi.....	23
Gambar 2.9 Karakteristik Transformator Arus.....	25
Gambar 2.10 <i>Restraining Coil</i> dan <i>Operating Coil</i>	26
Gambar 2.11 Kurva Karakteristik Rele Diferensial.....	27
Gambar 2.12 Tampilan <i>Interface</i> ETAP 16.0.....	32
Gambar 2.13 <i>Menu Bar</i>	33
Gambar 2.14 <i>Project Toolbar</i>	33
Gambar 2.15 <i>Select Mode</i>	33
Gambar 2.16 <i>Project View</i>	33
Gambar 2.17 <i>One-Line Diagram</i>	34
Gambar 2.18 <i>Edit Toolbar</i>	34
Gambar 2.19 <i>Instrument</i>	35
Gambar 2.20 <i>AC Element</i>	35
Gambar 2.21 <i>DC Element</i>	36
Gambar 3.1 Diagram Satu Garis Transformator Daya 60 MVA Gardu Induk Keramasan.....	37
Gambar 3.2 Transformator Daya 60 MVA Gardu Induk Keramasan.....	38
Gambar 3.3 <i>Nameplate</i> Transformator Daya 60 MVA.....	38
Gambar 3.4 Rele Diferensial GI Keramasan.....	40
Gambar 3.5 Diagram Alir.....	42

Gambar 3.6	Halaman Awal ETAP 16.0.....	43
Gambar 3.7	Tampilan <i>Dialog Box</i>	43
Gambar 3.8	Menentukan Standard.....	44
Gambar 3.9	<i>Single Line Diagram</i>	45
Gambar 3.10	Input Data <i>Power Grid</i>	46
Gambar 3.11	Input Data Transformator Daya.....	46
Gambar 3.12	Input Data Transformator Arus.....	47
Gambar 3.13	Input Data Beban Penyulang.....	48
Gambar 3.14	Input Data Rele Diferensial.....	49
Gambar 3.15	Menjalankan <i>Load Flow</i>	50
Gambar 3.16	Menjalankan <i>Star - Protective Device Coordination</i>	50
Gambar 4.1	Grafik Pengaruh Fungsi Slope Terhadap Arus Setting.....	56
Gambar 4.2	Simulasi Rele Diferensial dalam Keadaan Normal.....	59
Gambar 4.3	Simulasi Rele Diferensial Gangguan di Dalam Daerah Proteksi.....	60
Gambar 4.4	Hasil Waktu Kerja pada ETAP 16.0.....	60
Gambar 4.5	Simulasi Rele Diferensial Gangguan di Dalam Daerah Proteksi.....	62

DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 2.1 Rele Proteksi Transformator berdasarkan Level Tegangan dan Kapasitas SPLN T5.003-1 Tahun 2010.....	12
Tabel 3.1 Data Transformator Daya.....	39
Tabel 3.2 Data Transformator Arus Sisi 150 kV.....	39
Tabel 3.3 Data Transformator Arus Sisi 20 kV.....	39
Tabel 3.4 Beban Rata - rata Penyulang Trafo 60 MVA.....	40
Tabel 3.5 Data Rele Diferensial Transformator Daya 60 MVA.....	40
Tabel 3.6 Data <i>Setting</i> Proteksi Transformator Daya 60 MVA GI Keramasan.....	41
Tabel 3.7 Hasil Pengujian Karakteristik Rele Diferensial.....	41
Tabel 3.8 Hasil Pengujian Waktu Kerja Rele Diferensial.....	41
Tabel 4.1 Pengaruh Fungsi Slope Terhadap Arus <i>Setting</i>	56
Tabel 4.2 Perbandingan Hasil Perhitungan dan Hasil Pengujian.....	57
Tabel 4.3 Perbandingan Waktu Kerja Hasil Pengujian dan Simulasi ETAP 16.0.	60

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Lembar Kesepakatan Bimbingan Laporan Akhir Pembimbing I
- Lampiran 2. Lembar Kesepakatan Bimbingan Laporan Akhir Pembimbing II
- Lampiran 3. Lembar Konsultasi Bimbingan Laporan Akhir Pembimbing I
- Lampiran 4. Lembar Konsultasi Bimbingan Laporan Akhir Pembimbing II
- Lampiran 5. Lembar Rekomendasi Ujian Laporan Akhir
- Lampiran 6. Surat Permohonan Izin Pengambilan Data
- Lampiran 7. *Single Line Diagram* GI Keramasan
- Lampiran 8. Formulir Hasil Pengujian Rele Diferensial
- Lampiran 9. Data *Setting* Proteksi GI Keramasan
- Lampiran 10. Data Arus Hubung Singkat UPT Palembang
- Lampiran 11. Lembar *Sequence of Operation Report* ETAP 16.0