



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR - EE 184801**

**KOORDINASI PROTEKSI SISTEM KELISTRIKAN DI PLTGU GRATI BLOK  
III EKSTENSI**

Diana Yufika Anshori  
NRP 07111745000080

Dosen Pembimbing  
Dr. Ir. Margo Pujiantara, M.T.  
Ir. Sjamsjul Anam, M.T.

Departemen Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019





**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**FINAL PROJECT - EE 184801**

**PROTECTION COORDINATION OF ELECTRICAL SYSTEM AT PLTGU  
GRATI BLOCK III EXTENSION**

Diana Yufika Anshori  
NRP 07111745000080

Advisor  
Dr. Ir. Margo Pujiantara, M.T.  
Ir. Sjamsjul Anam, M.T.

Department of Electrical Engineering  
Faculty of Electrical Technology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019



## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul "*Koordinasi Proteksi Sistem Kelistrikan di PLTGU Grati Blok III Ekstensi*" adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap dalam daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Juni 2019



Diana Yufika A.  
NRP. 071111745000080

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

**KOORDINASI PROTEKSI SISTEM KELISTRIKAN  
DI PLTGU GRATI BLOK III EKSTENSI**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada

Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga  
Departemen Teknik Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I

Dr. Ir. Margo Pujiatara, M. T.  
NIP : 196603181990101001

Dosen Pembimbing II

Ir. Sjamsjul Anam, M. T.  
NIP : 196307251990031002



*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*



# KOORDINASI PROTEKSI SISTEM KELISTRIKAN DI PLTGU GRATI BLOK III EKSTENSI

Nama Mahasiswa : Diana Yufika Anshori  
Dosen Pembimbing I : Dr. Ir. Margo Pujiantara, M. T.  
Dosen Pembimbing II : Ir. Sjamsjul Anam, M. T.

## ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) Grati merupakan salah satu bagian dari program pemerintah pada proyek pembangkitan listrik 35.000 MW. Dalam rangka meningkatkan kapasitas produksi listriknya, PLTGU Grati menambah sebuah blok baru, yaitu Blok III Ekstensi dengan kapasitas 450 MW.

Pada sebuah pembangkit baru, perlu dipertimbangkan kondisi-kondisi gangguan yang mungkin terjadi pada sistem kelistrikan. Gangguan tersebut dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan listrik yang terpasang dan membuat kehandalan sistem menurun. Sehingga perlu dilakukan studi koordinasi proteksi untuk menanggulangi hal-hal tersebut.

Pemodelan sistem kelistrikan diperlukan dalam melakukan studi koordinasi proteksi. Dalam Tugas Akhir ini, pemodelan sistem dilakukan menggunakan *software* ETAP 12.6. Setelah itu menganalisa arus hubung singkat yang terjadi pada sistem. Kemudian melakukan *setting over current relay*, *ground fault relay*, *differential relay* yang sesuai untuk diterapkan di PLTGU Grati Blok III Ekstensi. Untuk *setting over current relay* dan *ground fault relay*, *grading time* yang digunakan adalah 0,2 detik, sehingga menghasilkan kordinasi proteksi yang benar sesuai standar IEEE 242. Untuk *setting differential relay*, data *setting* dari perusahaan sudah bagus, dengan nilai  $I_{pickup}$  0,34 pu ;  $I_{diff}$  0,34 pu ;  $I_{restraint}$  1,01 pu ;  $Slope_1$  39 % ;  $Slope_2$  98 % ;  $Breakpoint_1$  2 pu ; dan  $Breakpoint_2$  6 pu.

**Kata Kunci** : Koordinasi Proteksi, *Over Current Relay*, *Ground Fault Relay* dan *Differential Relay*

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

# ***PROTECTION COORDINATION OF ELECTRICAL SYSTEM AT PLTGU GRATI BLOCK III EXTENSION***

***Student Name*** : Diana Yufika Anshori  
***Advisor I*** : Dr. Ir. Margo Pujiantara, M. T.  
***Advisor II*** : Ir. Sjamsjul Anam, M. T.

## ***ABSTRACT***

*PLTGU Grati is one part of a government program on a 35,000 MW electricity generation project. In order to increase its electricity production capacity, Grati PLTGU added a new block, namely Block III Extension with a capacity of 450 MW.*

*In a new power plant, it is necessary to consider the interference conditions that may occur in the electrical system. Such interference can cause damage to installed electrical equipment and make system reliability decrease. So it is necessary to do a protection coordination study to overcome these things.*

*Electrical system modeling is needed in conducting protection coordination studies. In this Final Project, system modeling is done using ETAP 12.6 software. After that analyze the short circuit current that occurs in the system. Then set up an over current relay, ground fault relay, differential relay that is suitable to be implemented in the Grati Block III Extension PLTGU. For the setting of over current relay and ground fault relay, the grading time used is 0.2 seconds, thus resulting in correct protection coordination according to the IEEE 242. Standard For differential relay settings, the company data settings are good, with the value of  $I_{pickup}$  0.34 pu ;  $I_{diff}$  0.34 pu;  $I_{restraint}$  1.01 pu; Slope<sub>1</sub> 39%; Slope<sub>2</sub> 98%; Breakpoint<sub>1</sub> 2 pu; and Breakpoint<sub>2</sub> 6 pu.*

***Keywords*** : Protection Coordination, Over Current Relay, Ground Fault Relay and Differential Relay

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *“Koordinasi Proteksi Sistem Kelistrikan di PLTGU Grati Blok III Ekstensi”*.

Tugas akhir ini dapat diselesaikan berkat kerja keras dan juga dukungan berbagai pihak yang telah membantu penulisan tugas akhir ini sehingga dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih, terutama kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah melancarkan semua urusan penulis dalam pengerjaan tugas akhir ini.
2. Kedua orangtua penulis yang selalu memberi nasehat serta doa kepada penulis agar dimudahkan dalam pengerjaan tugas akhir.
3. Dr. Ir. Margo Pujiantara., selaku Dosen Pembimbing I serta Ir. Sjamsjul Anam, M. T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan arahan, saran serta bimbingan kepada penulis selama pengerjaan tugas akhir dan selama perkuliahan
4. Teman Kos, teman SMA, dan teman-teman bimbingan Dr. Ir. Margo Pujiantara yang selalu memberikan motivasi dan mengajarkan disiplin waktu hingga terselesaikannya Tugas Akhir.
5. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan, yang juga memberikan banyak dukungan selama proses penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa naskah tugas akhir ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Terima Kasih.

Surabaya, Juni 2019

Penulis,

Diana Yufika A.

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

# DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN JUDUL B INGGRIS.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
ABSTRAK.....	ix
<i>ABSTRACT</i> .....	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR TABEL.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Metodologi.....	3
1.6 Sistematika.....	3
1.7 Relevansi.....	4
BAB II GANGGUAN DAN PERALATAN PENGAMAN SISTEM TENAGA LISTRIK.....	5
2.1 Gangguan pada Sistem Tenaga Listrik.....	5
2.2 Penyebab Terjadinya Gangguan Sistem Tenaga Listrik.....	6
2.2.1 Gangguan Beban Lebih.....	6
2.2.2 Gangguan Hubung Singkat.....	6
2.2.3 Gangguan Drop Tegangan.....	8
2.2.4 Gangguan Surja Hubung.....	8

2.2.5	Gangguan Surja Petir .....	9
2.3	Perhitungan Gangguan Hubung Singkat .....	10
2.3.1	Gangguan Hubung Singkat Antar Fasa .....	10
2.3.2	Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa .....	10
2.3.3	Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa Ke Tanah.....	11
2.3.4	Gangguan Hubung Singkat 2 Fasa Ke Tanah.....	12
2.4	Peralatan Pengaman Sistem Tenaga Listrik .....	12
2.5	<i>Over Current Relay</i> .....	14
2.5.1	Karakteristik <i>Over Current Relay</i> .....	15
2.5.2	<i>Setting Over Current Relay</i> .....	17
2.6	<i>Ground Fault Relay</i> .....	17
2.7	<i>Differential Relay</i> .....	18
<b>BAB III SISTEM KELISTRIKAN PLTGU GRATI BLOK III</b>		
<b>EKSTENSI .....</b>		<b>19</b>
3.1	Sistem Kelistrikan PLTGU Grati Blok III Ekstensi .....	19
3.2	Kapasitas Pembangkitan PLTGU Grati Blok III Ekstensi.....	21
3.3	Sistem Distribusi di PLTGU Grati Blok III Ekstensi .....	21
3.4	Data Beban di PLTGU Grati Blok III Ekstensi .....	22
3.5	Arus Hubung Singkat pada Sistem Kelistrikan PLTGU Grati Blok III Ekstensi.....	23
3.5.1	Arus Hubung Singkat Maksimum.....	23
3.5.2	Arus Hubung Singkat Minimum .....	24
<b>BAB IV SIMULASI DAN ANALISIS .....</b>		<b>25</b>
4.1	Pemodelan Sistem Kelistrikan PLTGU Grati Blok III Ekstensi .....	25
4.2	Pemilihan Tipikal Koordinasi Proteksi PLTGU Grati Blok III Ekstensi .....	25
4.3	Sistem Koordinasi Proteksi <i>Over Current Relay</i> Gangguan Fasa.....	27



4.3.1	Koordinasi Proteksi <i>Over Current Relay</i> Gangguan Fasa Tipikal 1 .....	27
4.3.2	Koordinasi Proteksi <i>Over Current Relay</i> Gangguan Fasa Tipikal 2 .....	35
4.3.3	Koordinasi Proteksi <i>Over Current Relay</i> Gangguan Fasa Tipikal 3 .....	44
4.4	Sistem Koordinasi Proteksi <i>Over Current Relay</i> Gangguan Fasa ke Tanah .....	49
4.4.1	Koordinasi Proteksi <i>Over Current Relay</i> Gangguan Fasa ke Tanah Tipikal 1.....	50
4.4.2	Koordinasi Proteksi <i>Over Current Relay</i> Gangguan Fasa ke Tanah Tipikal 2.....	55
4.4.3	Koordinasi Proteksi <i>Over Current Relay</i> Gangguan Fasa ke Tanah Tipikal 3.....	59
4.5	<i>Setting Differential Relay</i> .....	63
4.5.1	Kondisi Gangguan Internal Primer .....	65
4.5.2	Kondisi Gangguan Internal Sekunder .....	71
BAB V PENUTUP.....		77
5.1	Kesimpulan .....	77
5.2	Saran .....	77
DAFTAR PUSTAKA .....		79
LAMPIRAN.....		81
DAFTAR RIWAYAT HIDUP .....		89

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Ilustrasi Gangguan Hubung Singkat Antar Fasa.....	10
Gambar 2.2	Ilustrasi Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa.....	11
Gambar 2.3	Ilustrasi Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah.....	12
Gambar 2.4	Ilustrasi Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa ke Tanah.....	12
Gambar 2.5	Karakteristik <i>Over Current Relay</i> Waktu Seketika ( <i>Instantaneous</i> ).....	15
Gambar 2.6	Karakteristik <i>Over Current Relay</i> Waktu Tertentu ( <i>Definite Time</i> ).....	16
Gambar 2.7	Kurva Karakteristik <i>Over Current Relay</i> Waktu Terbalik ( <i>Inverse Time</i> ).....	16
Gambar 3.1	<i>Single Line Diagram</i> Sistem Kelistrikan PLTGU Grati Blok III Ekstensi.....	20
Gambar 4.1	Pemilihan Tipikal Koordinasi Proteksi PLTGU Grati Blok III Ekstensi.....	26
Gambar 4.2	<i>Single Line Diagram</i> Tipikal 1.....	28
Gambar 4.3	Kurva TCC Data Eksisting Tipikal 1.....	29
Gambar 4.4	Kurva TCC <i>Resetting</i> Tipikal 1.....	35
Gambar 4.5	<i>Single Line Diagram</i> Tipikal 2.....	36
Gambar 4.6	Kurva TCC Data Eksisting Tipikal 2.....	37
Gambar 4.7	Kurva TCC <i>Resetting</i> Tipikal 2.....	43
Gambar 4.8	<i>Single Line Diagram</i> Tipikal 3.....	44
Gambar 4.9	Kurva TCC Data Eksisting Tipikal 3.....	45
Gambar 4.10	Kurva TCC <i>Resetting</i> Tipikal 3.....	49
Gambar 4.11	<i>Single Line Diagram</i> Gangguan Fasa ke Tanah Tipikal 1.....	51
Gambar 4.12	Kurva TCC Data Eksisting Gangguan Fasa ke Tanah Tipikal 1.....	52
Gambar 4.13	Kurva TCC <i>Resetting</i> Gangguan Fasa ke Tanah Tipikal 1.....	54
Gambar 4.14	<i>Single Line Diagram</i> Gangguan Fasa ke Tanah Tipikal 2.....	55
Gambar 4.15	Kurva TCC Data Eksisting Gangguan Fasa ke Tanah Tipikal 2.....	56

Gambar 4.16	Kurva TCC <i>Resetting</i> Gangguan Fasa ke Tanah Tipikal 2 .....	58
Gambar 4.17	<i>Single Line Diagram</i> Gangguan Fasa ke Tanah Tipikal 3 .....	59
Gambar 4.18	Kurva TCC Data Eksisting Gangguan Fasa ke Tanah Tipikal 3 .....	60
Gambar 4.19	Kurva TCC <i>Resetting</i> Gangguan Fasa ke Tanah Tipikal 3 .....	63
Gambar 4.20	Skema Pemasangan <i>Differential Relay</i> .....	64
Gambar 4.21	Simulasi Kondisi Gangguan Internal Primer .....	65
Gambar 4.22	Besar Arus Gangguan Internal Primer 3 Fasa .....	66
Gambar 4.23	Besar Arus Gangguan Internal Primer 2 Fasa .....	67
Gambar 4.24	Kurva Gangguan Internal Primer .....	70
Gambar 4.25	Simulasi Gangguan Internal Sekunder .....	71
Gambar 4.26	Besar Arus Gangguan Internal Sekunder 3 Fasa .....	72
Gambar 4.27	Besar Arus Gangguan Internal Sekunder 2 Fasa .....	73
Gambar 4.28	Kurva Gangguan Internal Sekunder .....	76

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Kapasitas pembangkitan PLTGU Grati Blok III Ekstensi .....	21
Tabel 3.2	Data Level Tegangan Bus di PLTGU Grati Blok III Ekstensi .....	21
Tabel 3.3	Data Transformator Sistem Distribusi PLTGU Grati Blok III Ekstensi.....	22
Tabel 3.4	Data Beban Motor Induksi di PLTGU Grati Blok III Ekstensi .....	22
Tabel 3.5	Data Beban <i>Lumped Load</i> di PLTGU Grati Blok III Ekstensi .....	22
Tabel 3.6	Data Hubung Singkat Maksimum .....	23
Tabel 3.7	Data Hubung Singkat Minimum .....	24
Tabel 4.1	Tabel Perbandingan <i>Existing</i> dan <i>Resetting</i> Tipikal 1 .....	33
Tabel 4.1	Tabel Perbandingan <i>Existing</i> dan <i>Resetting</i> Tipikal 1 (Lanjutan) .....	34
Tabel 4.2	Tabel Perbandingan <i>Existing</i> dan <i>Resetting</i> Tipikal 2.....	42
Tabel 4.3	Tabel Perbandingan <i>Existing</i> dan <i>Resetting</i> Tipikal 3.....	48
Tabel 4.4	Sistem Pentanahan Peralatan pada Sistem Kelistrikan PLTGU Grati Blok III Ekstensi.....	50
Tabel 4.5	Data <i>Setting Relay</i> Diferensial pada Transformator 30BAT GSUT .....	64

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) Grati merupakan salah satu bagian dari program pemerintah pada proyek pembangkitan listrik 35.000 MW. Saat ini PLTGU Grati telah memiliki dua blok eksisting, yaitu Blok I dengan kapasitas 460 MW dan Blok II dengan kapasitas 300 MW. Dalam rangka meningkatkan kapasitas produksi listriknya, PLTGU Grati menambah sebuah blok baru, yaitu Blok III Ekstensi dengan kapasitas 450 MW. Proyek pembangunan blok baru tersebut berada di bawah pengawasan PT PLN (Persero) Unit Induk Pembangunan (UIP).

Blok III Ekstensi ini merupakan *Combined Cycle Power Plant* dengan konfigurasi 2-2-1. Di mana terdapat 2 unit *Gas Turbine Generator* (GTG), 2 unit *Heat Recovery Steam Generator* (HRSG), dan 1 unit *Steam Turbine Generator* (STG). Masing-masing *Gas Turbine Generator* (GTG) dan *Steam Turbine Generator* (STG) memiliki kapasitas 150 MW.

Pada sebuah pembangkit baru, perlu dipertimbangkan kondisi-kondisi gangguan yang mungkin terjadi pada sistem kelistrikan. Gangguan tersebut dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan listrik yang terpasang dan membuat kehandalan sistem menurun. Sehingga perlu dilakukan studi koordinasi proteksi untuk menanggulangi hal tersebut.

Oleh karena itu, dalam Tugas Akhir ini akan dibahas mengenai studi koordinasi proteksi sistem kelistrikan di PLTGU Grati Blok III Ekstensi. Dengan adanya studi koordinasi proteksi ini, diharapkan dapat meminimalisir kemungkinan terjadinya gangguan kelistrikan guna melindungi peralatan-peralatan listrik yang terpasang serta untuk menjaga keandalan sistem kelistrikannya.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Permasalahan yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Melakukan pemodelan sistem kelistrikan PLTGU Grati Blok III Ekstensi menggunakan *software* ETAP 12.6.
2. Melakukan studi koordinasi proteksi pada sistem kelistrikan PLTGU Grati Blok III Ekstensi.
3. Mengkoordinasikan *over current relay*, *ground fault relay* dan *setting differential relay* pada sistem kelistrikan PLTGU Grati Blok III Ekstensi serta mensimulasikan menggunakan *software* ETAP 12.6.

## **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Analisa koordinasi proteksi hanya dilakukan pada sistem kelistrikan PLTGU Grati Blok III tanpa mempertimbangkan sistem kelistrikan Blok I dan Blok II (eksisting).
2. Studi koordinasi hanya dilakukan pada sistem kelistrikan dengan tegangan 6,3 kV dan 0,4 kV.
3. *Relay* yang dikoordinasikan hanya *over current relay*, *ground fault relay* dan *setting differential relay*.

## **1.4 Tujuan**

Tujuan yang ingin dicapai dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Memodelkan sistem kelistrikan PLTGU Grati Blok III Ekstensi menggunakan *software* ETAP 12.6.
2. Menganalisis sistem kelistrikan PLTGU Grati Blok III Ekstensi.
3. Mendapatkan *setting* koordinasi *over current relay*, *ground fault relay* dan *setting differential relay* di PLTGU Grati Blok III Ekstensi.



## 1.5 Metodologi

Metode penelitian yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

### 1. Persiapan dan Pengumpulan Data

Pada tahap ini, dilakukan pengumpulan data dan studi literatur untuk menunjang penguasaan tentang pengumpulan pustaka untuk dipelajari dalam pengerjaan Tugas Akhir ini. Data yang dibutuhkan meliputi *single line diagram*, data-data beban, generator, transformator, *relay*, *circuit breaker* (CB), dan peralatan-peralatan listrik lainnya yang digunakan pada PLTGU Grati Blok III Ekstensi.

### 2. Pemodelan dan Simulasi Sistem

Tahap selanjutnya adalah memodelkan dan mensimulasikan sistem kelistrikan PLTGU Grati Blok III Ekstensi menggunakan *software* ETAP 12.6.

### 3. Analisis Simulasi

Dari simulasi sistem, akan dihitung dan dianalisa mengenai *setting over current relay*, *ground fault relay* dan *differential relay* yang sesuai untuk diterapkan pada sistem kelistrikan PLTGU Grati Blok III Ekstensi.

### 4. Penyusunan Laporan Tugas Akhir

Penyusunan laporan dilakukan dari awal melakukan studi literatur hingga analisis data serta mendapat kesimpulan bagaimana *setting relay* yang sesuai untuk diterapkan pada PLTGU Grati Blok III Ekstensi.

## 1.6 Sistematika

Sistematika pembahasan Tugas Akhir ini terdiri dari lima bab, dengan uraian sebagai berikut :

### **BAB I      PENDAHULUAN**

Membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, metodologi, sistematika, dan relevansi dari Tugas Akhir ini.

## **BAB II      TEORI PENUNJANG**

Membahas tentang teori-teori yang digunakan sebagai penunjang pengerjaan Tugas Akhir ini.

## **BAB III     SISTEM KELISTRIKAN PLTGU GRATI BLOK III EKSTENSI**

Membahas tentang sistem kelistrikan pada PLTGU Grati Blok III Ekstensi. Meliputi data sistem pembangkitan dan data peralatan-peralatan listrik yang terpasang pada PLTGU Grati Blok III Ekstensi.

## **BAB IV     SIMULASI DAN ANALISIS**

Membahas tentang perhitungan yang dilakukan dan hasil simulasi sistem kelistrikan PLTGU Grati Blok III Ekstensi menggunakan *software* ETAP 12.6. Di mana hasil simulasi tersebut digunakan sebagai dasar analisa untuk melakukan *setting* koordinasi proteksi pada pembangkit tersebut.

## **BAB V      PENUTUP**

Menjelaskan tentang kesimpulan dan saran dari hasil studi simulasi dan analisa Tugas Akhir ini.

### **1.7 Relevansi**

Hasil dari Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberi manfaat sebagai berikut :

1. Dapat digunakan sebagai referensi dan rekomendasi bagi PLTGU Grati Blok III Ekstensi berkaitan dengan koordinasi proteksi sistem kelistrikannya.
2. Dapat digunakan sebagai referensi bagi orang lain yang akan melakukan penelitian mengenai studi koordinasi proteksi di bidang pembangkitan listrik.

## **BAB II**

### **GANGGUAN DAN PERALATAN PENGAMAN SISTEM TENAGA LISTRIK**

#### **2.1 Gangguan pada Sistem Tenaga Listrik**

Pada sebuah sistem tenaga listrik, gangguan yang mungkin terjadi sangat beragam, baik dari segi besarnya maupun jenisnya. Gangguan pada sistem tenaga listrik merupakan keadaan tidak normal yang dapat menyebabkan kontinuitas pelayanan tenaga listrik menjadi terganggu.

Berdasarkan asal gangguan, gangguan pada sistem tenaga listrik disebabkan oleh dua faktor, yaitu [1] :

##### **1. Gangguan yang Berasal dari Dalam Sistem**

Gangguan yang berasal dari dalam sistem disebabkan oleh kesalahan mekanis. Misalnya terjadi kesalahan instalasi dari peralatan sehingga peralatan tersebut tidak bekerja secara sempurna dan mengakibatkan terjadinya gangguan. Selain itu dapat juga disebabkan oleh usia peralatan yang sudah tua sehingga tidak berfungsi dengan baik.

##### **2. Gangguan yang Berasal dari Luar Sistem**

Gangguan yang berasal dari luar sistem tidak dapat diprediksi oleh manusia kapan terjadinya. Gangguan yang berasal dari luar sistem disebabkan oleh faktor cuaca (hujan, angin), binatang pengganggu (serangga, hewan pengerat), dan petir.

Berdasarkan sifat gangguannya, gangguan pada sistem tenaga listrik dibedakan menjadi dua jenis, yaitu [1] :

##### **1. Gangguan Sementara**

Gangguan sementara merupakan gangguan yang terjadi hanya sementara (dalam waktu yang singkat), kemudian sistem dapat bekerja secara normal kembali. Dapat dikatakan bahwa gangguan sementara dapat hilang dengan sendirinya. Apabila gangguan sementara berlangsung cukup lama dan tidak bisa ditanggulangi dengan sendirinya, maka gangguan tersebut dapat berubah menjadi gangguan permanen. Gangguan sementara dapat diatasi dengan

menggunakan *autorecloser*. Karena kurang efektif ketika terjadi gangguan permanen, *autorecloser* dihindari pemakaiannya di dunia industri.

## 2. Gangguan Permanen

Gangguan permanen merupakan gangguan yang terjadi dalam waktu yang lama. Salah satu penyebab terjadinya gangguan permanen adalah kerusakan pada peralatan yang digunakan pada sistem tenaga listrik. Supaya sistem dapat berfungsi secara normal kembali, maka diperlukan perbaikan atau penggantian peralatan terlebih dahulu.

### 2.2 Penyebab Terjadinya Gangguan Sistem Tenaga Listrik

Gangguan pada sistem tenaga listrik dapat disebabkan oleh beberapa hal sebagai berikut :

#### 2.2.1 Gangguan Beban Lebih

Gangguan beban lebih terjadi akibat pembebanan pada suatu sistem yang melebihi kapasitas sistem tersebut. Hal tersebut mengakibatkan sistem tidak bekerja pada keadaan normalnya. Sehingga arus yang mengalir pada sistem melebihi arus nominal sistem tersebut. Apabila terjadi dalam waktu yang cukup lama, arus lebih tersebut akan mengakibatkan peralatan listrik yang teraliri arus tersebut menjadi rusak[1].

#### 2.2.2 Gangguan Hubung Singkat

Hubung singkat atau *short circuit* merupakan sebuah jalur konduktif baik disengaja ataupun tidak sengaja antara dua buah atau lebih penghantar (konduktor) yang memaksa beda potensial listrik antara bagian-bagian konduktifnya harus sama atau mendekati nol.[2]

Gangguan hubung singkat dapat diklasifikasikan menjadi dua macam, yaitu gangguan hubung singkat simetri dan asimetri. Gangguan simetri adalah gangguan yang terjadi pada semua fasa sehingga arus atau tegangan pada setiap fasa tetap seimbang setelah terjadi gangguan. Gangguan simetri terdiri dari [3] :

##### 1. Gangguan hubung singkat tiga fasa

## 2. Gangguan hubung singkat tiga fasa ke tanah

Sedangkan gangguan asimetri adalah gangguan yang dapat mengakibatkan tegangan dan arus yang mengalir pada setiap fasa menjadi tidak seimbang. Gangguan asimetri terdiri dari [3] :

1. Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah
2. Gangguan hubung singkat dua fasa
3. Gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah

Menurut [4], karakteristik gangguan hubung singkat dapat dibedakan menjadi 3, yaitu :

1. Penyebab terjadinya hubung singkat
  - a. Elektrik  
Tegangan lebih karena busur api ataupun tegangan lebih surja petir menyebabkan terjadinya penurunan kualitas isolasi antar fasa atau antar fasa dengan pentanahan.
  - b. Mekanik  
Benda asing seperti alat tertentu bahkan hewan dapat menyebabkan terjadinya kerusakan konduktor atau kerusakan penghubung elektrik di antara dua konduktor.
  - c. Kesalahan Operasi  
Misalnya kesalahan ketika melakukan *closing switching device*, kesalahan *grounding* fasa, dan sebagainya
2. Durasi hubung singkat
  - a. *Self-Extinguishing*  
Gangguan ini dapat diisolasi atau dapat hilang dengan sendirinya.
  - b. *Fugitive*  
Gangguan ini dapat dihilangkan setelah *reenergization*. Sehingga gangguan tidak akan muncul kembali ketika sistem dioperasikan kembali karena adanya sistem proteksi yang melindunginya

c. Permanen

Gangguan ini memerlukan penanganan dari operator terkait yang berpengalaman dan *deenergization* dari mesin, kabel, dan sebagainya.

3. Lokasi terjadinya hubung singkat

a. Di dalam peralatan listrik

Hubung singkat di dalam transformator, motor, kabel, *switchboard*, dan sebagainya dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan tersebut.

b. Di luar peralatan listrik

Hubung singkat yang terjadi di luar peralatan listrik akan menyebabkan gangguan pada area luar peralatan tersebut. Gangguan akan menyebabkan kerusakan pada peralatan listrik apabila berlangsung cukup lama.

### 2.2.3 Gangguan Drop Tegangan

Drop tegangan adalah selisih tegangan antara sisi penerima (beban) dengan sisi pengirim (sumber) yang terjadi pada sebagian atau keseluruhan rangkaian yang disebabkan oleh impedansi[5]. Pada sebuah rangkaian, apabila terjadi drop tegangan yang berlebihan dapat menyebabkan motor cepat panas hingga terbakar, cahaya lampu menjadi remang atau berkedip, dan sebagainya. Pada kondisi ini beban akan bekerja lebih berat.

### 2.2.4 Gangguan Surja Hubung

Gangguan surja hubung merupakan tegangan lebih yang disebabkan oleh operasi pemutusan (*switching*). Berikut merupakan beberapa proses *switching* yang menyebabkan tegangan lebih serta tegangan lebih yang diakibatkan proses tersebut [1] :

1. Penutupan saluran yang tidak serempak pada pemutus 3 fasa (2,76 pu).
2. Penutupan kembali saluran dengan cepat (2,5-4,25 pu).
3. *Load shedding* atau pelepasan beban akibat adanya gangguan (1,1-1,2 pu).

4. Penutupan saluran yang menyebabkan saluran tersebut menjadi terkoneksi dengan sistem (1,5 pu).
5. *Switching* pada transformator yang mengakibatkan terputusnya arus pembangkitan pada transformator (2,75 pu).
6. *Switching* reaktor dan kapasitor yang berfungsi sebagai pengatur tegangan pada sistem (2,5 pu).

Sehingga, tegangan lebih akibat proses *switching* berkisar antara 1,1 pu sampai 4,25 pu.

### **2.2.5 Gangguan Surja Petir**

Gangguan surja petir adalah gangguan yang disebabkan oleh petir. Petir merupakan bunga api listrik (*electrical discharge*) yang terjadi di udara, di antara awan dengan awan atau awan dengan bumi. Petir merupakan gelombang berjalan yang memiliki tegangan lebih [1].

Berdasarkan [1] macam-macam sambaran petir yaitu :

- a. Sambaran Langsung  
Contoh sambaran petir langsung adalah sambaran petir yang terjadi di gardu induk. Isolasi peralatan listrik tidak mampu mengatasi gangguan tersebut dikarenakan sambaran petir mengenai peralatan listrik secara langsung.
- b. Sambaran Tidak Langsung  
Sambaran tidak langsung disebut juga dengan sambaran induksi. Sambaran ini terjadi akibat adanya muatan yang terikat pada peralatan listrik yang disebabkan oleh induksi muatan listrik dengan polaritas berbeda. Lalu pada waktu yang bersamaan terjadi pula pelepasan muatan pada awan. Besar gelombang berjalan yang terbentuk akibat sambaran induksi tergantung pada keadaan pelepasan muatan, yaitu antara 100 – 200 kV.
- c. Sambaran Dekat  
Sambaran dekat terjadi ketika sebuah saluran transmisi terkena sambaran petir dan kemudian gelombang berjalan tersebut merambat menuju peralatan listrik di sebuah gardu induk.

### 2.3 Perhitungan Gangguan Hubung Singkat

Sebuah peralatan pengaman hubung singkat dapat didefinisikan sebagai peralatan listrik yang dimasukkan dalam rangkaian untuk melindunginya dari kerusakan akibat kelebihan beban atau hubung singkat. Peralatan pengaman hubung singkat yang utama adalah *circuit breaker* (CB) dan *fuse*. Pengaman hubung singkat yang tidak memadai seringkali menjadi sumber kegagalan yang mengakibatkan kerusakan, gangguan daya, cedera personil dan penghentian produksi. Namun, peralatan pengaman yang berlebihan mengakibatkan pemborosan dalam peralatan biaya tambahan yang tidak perlu[6].

#### 2.3.1 Gangguan Hubung Singkat Antar Fasa

Gangguan ini terjadi pada dua fasa tanpa terhubung ke tanah. Karena tidak ada gangguan yang terhubung ke tanah, arus pada gangguan ini tidak mengandung komponen urutan nol. Ilustrasi gangguan antar fasa dapat dilihat pada Gambar 2.1. Perhitungan arus hubung singkat antar fasa adalah sebagai berikut :

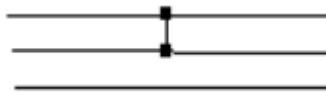
$$I_{SC2\phi} = \frac{V_{LL}}{Z_1 + Z_2} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{SC3\phi} = 0,866 I_{SC3\phi} \quad (2.1)$$

Keterangan :

$V_{LL}$  : Tegangan *line to line*

$Z_1$  : Impedansi urutan positif

$Z_2$  : Impedansi urutan negatif



**Gambar 2.1** Ilustrasi Gangguan Hubung Singkat Antar Fasa[7]

#### 2.3.2 Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa

Gangguan ini merupakan gangguan simetris, di mana arus maupun tegangan tiap fasanya tetap seimbang pada saat terjadi gangguan.



Ilustrasi gangguan hubung singkat tiga fasa dapat dilihat pada Gambar 2.2. Berikut merupakan perhitungan arus hubung singkat tiga fasa :

$$I_{SC3\phi} = \frac{V_{LN}}{Z_1} \quad (2.2)$$

Keterangan :

$V_{LN}$  : Tegangan *line to neutral*

$Z_1$  : Impedansi urutan positif



**Gambar 2.2** Ilustrasi Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa[7]

### 2.3.3 Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa Ke Tanah

Besarnya arus hubung singkat pada gangguan ini tergantung pada sistem pentanahan yang digunakan. Impedansi urutan nol ( $Z_0$ ) juga berpengaruh pada gangguan ini. Gambar 2.3 merupakan ilustrasi gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah. Perhitungan arus hubung singkat satu fasa ke tanah adalah sebagai berikut :

$$I_{SC1\phi to ground} = \frac{V_{LN}}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \quad (2.3)$$

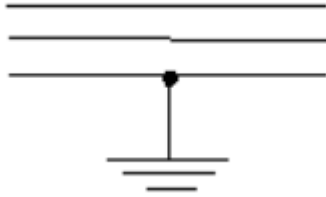
Keterangan :

$V_{LN}$  : Tegangan *line to neutral*

$Z_1$  : Impedansi urutan positif

$Z_2$  : Impedansi urutan negatif

$Z_0$  : Impedansi urutan nol



**Gambar 2.3** Ilustrasi Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah[7]

### 2.3.4 Gangguan Hubung Singkat 2 Fasa Ke Tanah

Ilustrasi gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah dapat dilihat pada Gambar 2.4. Berikut merupakan perhitungan arus hubung singkat dua fasa ke tanah :

$$I_{SC\ 2\phi\ to\ ground} = \frac{V_{LN}}{Z_1 + \frac{Z_2 \times Z_0}{Z_2 + Z_0}} \quad (2.4)$$

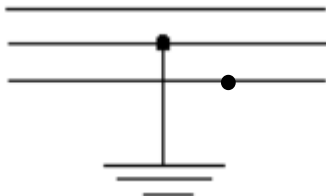
Keterangan :

$V_{LN}$  : Tegangan *line to neutral*

$Z_1$  : Impedansi urutan positif

$Z_2$  : Impedansi urutan negatif

$Z_0$  : Impedansi urutan nol



**Gambar 2.4** Ilustrasi Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa ke Tanah[7]

## 2.4 Peralatan Pengaman Sistem Tenaga Listrik

*Relay* pengaman adalah suatu peralatan yang digunakan untuk mendeteksi adanya gangguan dan ketika mulai merasakan adanya ketidaknormalan peralatan listrik akan segera membuka pemutus tenaga

secara otomatis untuk memisahkan peralatan atau bagian dari sistem yang terganggu dengan memberi isyarat berupa alarm. Fungsi *relay* pengaman pada sistem tenaga listrik adalah sebagai berikut[8] :

- a. Mencegah kerusakan yang lebih parah dari peralatan yang terganggu.
- b. Memberikan informasi bagian sistem yang terganggu dan dengan secepatnya memisahkan dari sistem lain yang tidak terganggu, sehingga dapat beroperasi secara normal.
- c. Mencegah meluasnya gangguan dan memperkecil bahaya bagi manusia.

Suatu *relay* pengaman harus memenuhi syarat sebagai berikut untuk menjamin keandalannya [9] :

- a. Kecepatan Bereaksi

Ketika sistem mengalami gangguan, *relay* harus dapat bekerja dengan cepat. Mulai dari *relay* merasakan terjadinya gangguan sampai dengan terbukanya *circuit breaker* (CB). Kecepatan pemutus arus gangguan dapat menjaga stabilitas operasi mesin-mesin serta mengurangi kerusakan. Untuk menghitung kecepatan waktu bekerja *relay* dapat menggunakan rumus berikut :

$$t_{op} = t_p + t_{cb} \quad (2.5)$$

Keterangan :

$t_{op}$  = Waktu total

$t_p$  = Waktu *relay* bekerja

$t_{cb}$  = Waktu CB terbuka

- b. Kepekaan Operasi

*Relay* pengaman harus memiliki kemampuan memberikan respon bila merasakan gangguan. Berikut merupakan rumus untuk menghitung kepekaan operasi suatu *relay* pengaman :

$$K_s = \frac{I_{hs \min}}{I_{pp}} \quad (2.7)$$

Keterangan :

$K_s$  = Kepekaan operasi

$I_{hs\ min}$  = Arus hubung singkat minimum

$I_{pp}$  = Arus *pick up* pada sisi primer transformator arus (CT)

c. Selektif

Suatu *relay* pengaman harus memiliki kemampuan untuk menentukan titik di mana gangguan muncul dan memutuskan rangkaian dengan membuka *circuit breaker* (CB) terdekat.

d. Keandalan

Dalam mengatasi gangguan, *relay* pengaman harus mampu bekerja secara maksimal. Keandalan *relay* dapat dilihat dari jumlah *relay* yang bekerja terhadap jumlah gangguan yang terjadi. Keandalan *relay* pengaman yang baik berkisar antara 90-99%.

e. Ekonomis

*Relay* yang digunakan harus disesuaikan dengan harga peralatan yang diamankan.

## 2.5 Over Current Relay

Ketika ada hubung singkat yang memberikan dampak pada kenaikan arus, maka *over current relay* atau *relay* arus lebih akan bekerja, oleh karena itu disebut *over current relay*[10]. Gangguan-gangguan yang diamankan oleh *over current relay* antara lain [9] :

- a. Gangguan beban lebih
- b. Gangguan hubung singkat antar fasa
- c. Gangguan hubung singkat tiga fasa
- d. Gangguan hubung singkat tiga fasa ke tanah.

*Over current relay* biasanya digunakan pada [9] :

- a. Jaringan distribusi (jaringan tegangan menengah)
- b. Sistem tenaga listrik yang kecil dengan jaringan distribusi radial.
- c. Generator, motor, dan transformator dengan kapasitas daya kecil.
- d. Sebagai pengaman cadangan pada generator, motor, dan transformator dengan kapasitas daya besar.
- e. Sebagai pengaman cadangan pada saluran transmisi tegangan tinggi (SUTT).

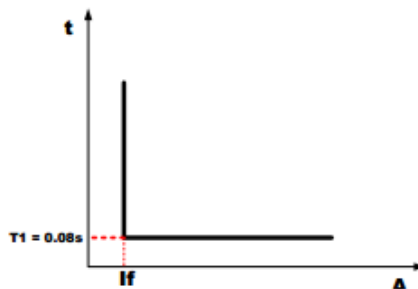
- f. Sebagai pengaman cadangan pada saluran transmisi tegangan ekstra tinggi (SUTET).

### 2.5.1 Karakteristik *Over Current Relay*

Terdapat beberapa karakteristik kurva *relay* pengaman, di antaranya adalah [9] :

- a. *Over current relay* waktu seketika (*instantaneous*)

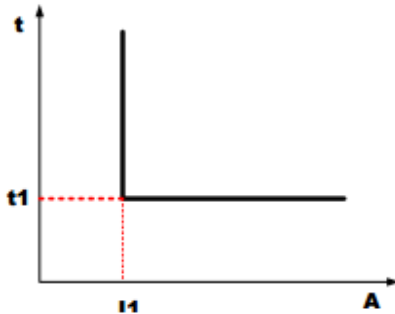
*Relay* jenis ini merupakan *relay* yang paling sederhana. Di mana ketika terjadi gangguan, maka *relay* akan langsung bekerja dan memerintahkan *Circuit Breaker* (CB) untuk memutus saluran daya dalam waktu yang sangat cepat, sekitar 0,08 detik. Karakteristik *over current relay* waktu seketika (*instantaneous*) dapat dilihat pada Gambar 2.5.



**Gambar 2.5** Karakteristik *Over Current Relay* Waktu Seketika (*Instantaneous*)

- b. *Over current relay* waktu tertentu (*definite time*)

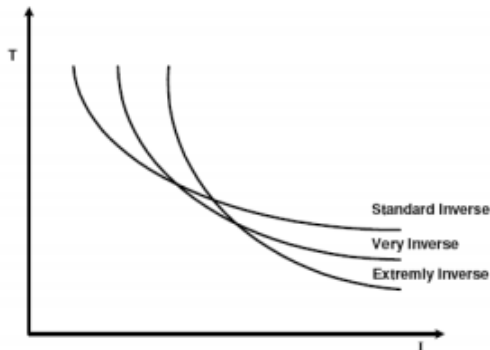
*Relay* jenis ini mempunyai karakteristik hanya bekerja pada waktu yang telah ditentukan tanpa melihat besarnya arus gangguan. Sehingga semua level gangguan yang melebihi *pickup point* nya akan diputus pada waktu yang sama. Karakteristik *over current relay* waktu tertentu (*definite time*) dapat dilihat pada Gambar 2.6.



**Gambar 2.6** Karakteristik *Over Current Relay* Waktu Tertentu (*Definite Time*)

c. *Over current relay* waktu terbalik (*inverse time*)

*Relay* jenis ini memiliki karakteristik waktu dan arus yang berbanding terbalik. Semakin besar arus gangguan, maka waktu operasi *relay* semakin cepat. Terdapat beberapa kurva karakteristik dari *over current relay* waktu terbalik (*inverse time*), di antaranya adalah *standart inverse*, *very inverse*, *extremely inverse*, dan *long time inverse*. Masing-masing kurva karakteristik dapat dilihat pada Gambar 2.7.



**Gambar 2.7** Kurva Karakteristik *Over Current Relay* Waktu Terbalik (*Inverse Time*)

### 2.5.2 Setting Over Current Relay

*Setting over current relay instantaneous* digunakan untuk melindungi sistem dari gangguan hubung singkat. Sedangkan *setting over current relay inverse time* digunakan untuk melindungi sistem dari gangguan beban lebih.

a. *Setting over current relay instantaneous (High Setting)*

*Setting relay* ini menggunakan  $I_{sc \min}$ , yaitu arus hubung singkat minimum yang terjadi ketika gangguan dua fasa *line to line*. Perhitungan *setting over current relay instantaneous* adalah sebagai berikut :

$$1,6 \text{ FLA} \leq I_{\text{set}} < 0,8 I_{\text{sc min}} \quad (2.8)$$

b. *Setting over current relay inverse time (Low Setting)*

Terdapat dua parameter yang harus di *setting* pada *relay* ini, yaitu *setting pickup* dan *time dial* (M). *Setting pickup* digunakan untuk membatasi arus beban maksimum yang ada di peralatan. Berikut merupakan perhitungan *setting pickup*.

$$1,05 \text{ FLA} \leq I_{\text{set}} < 1,4 \text{ FLA} \quad (2.9)$$

Di mana  $I_{\text{set}}$  merupakan arus *pickup* dalam amper.

Sedangkan *setting time dial* (M) digunakan untuk menentukan waktu operasi *relay*. Perhitungan *time dial* sebagai berikut :

$$M = \frac{t \times \left[ \left( I_{\text{sc max}} / I_{\text{set}} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14} \quad (2.10)$$

### 2.6 Ground Fault Relay

Merupakan pengaman arus lebih yang dilengkapi dengan *zero sequence current filter*. Gangguan-gangguan yang diamankan oleh *ground fault relay* antara lain [9] :

- a. Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah
- b. Gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah

Perhitungan *setting ground fault relay* adalah sebagai berikut :

$$10\% I_{sc} \text{ L-G} \leq I_{set} < 50\% I_{sc} \text{ L-G} \quad (2.11)$$

Di mana,  $I_{sc} \text{ L-G}$  merupakan arus hubung singkat satu fasa ke tanah.

## **2.7 Differential Relay**

*Differential relay* digunakan sebagai *relay* pengaman pada generator, transformator daya, *busbar*, dan saluran transmisi. Pada transformator daya, *differential relay* digunakan sebagai pengaman utama yang berguna untuk mengamankan belitan transformator bila terjadi gangguan. Sistem kerja *relay* ini sangat cepat dan selektif. Prinsip kerja *differential relay* berdasarkan keseimbangan, yaitu membandingkan arus sekunder *current transformer* (CT) yang terpasang pada terminal-terminal peralatan atau instalasi listrik yang diamankan.[11]



## **BAB III**

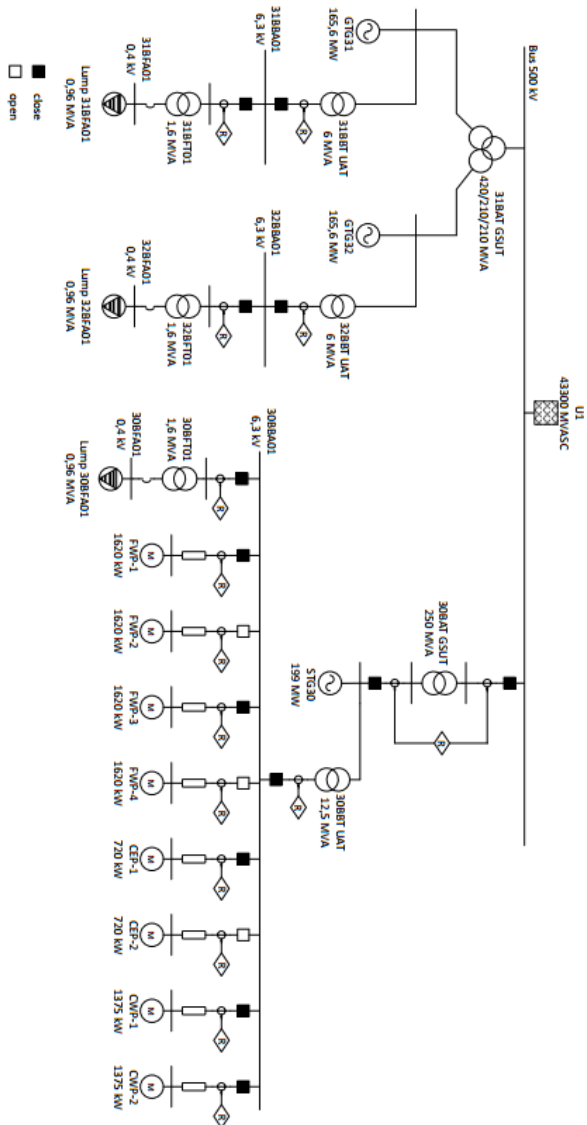
### **SISTEM KELISTRIKAN PLTGU GRATI BLOK III EKSTENSI**

#### **3.1 Sistem Kelistrikan PLTGU Grati Blok III Ekstensi**

PLTGU Grati Blok III Ekstensi merupakan pembangkit listrik baru dengan kapasitas pembangkitan 450 MW. Pada PLTGU Grati Blok III Ekstensi terdapat tiga buah generator, dua buah GTG (*Gas Turbine Generator*) dengan kapasitas masing-masing 150 MW dan sebuah STG (*Steam Turbine Generator*) dengan kapasitas 150 MW. Masing-masing generator memiliki transformator pemakaian sendiri (*UAT/Unit Auxiliary Transformer*).

Ketika pertama kali *start up*, transformator utama (*GSUT/Generator Step Up Transformer*) mengambil *supply* dari jaringan transmisi 500 kV. Transformator yang digunakan merupakan transformator tipe *bidirectional*, sehingga bisa digunakan untuk menaikkan tegangan (*step up*) dan menurunkan tegangan (*step down*). Selanjutnya tegangan 500 kV diturunkan menjadi 15,75 kV untuk mengaktifkan transformator pemakaian sendiri (*UAT/Unit Auxiliary Transformer*). Pada kondisi ini, GCB (*Generator Circuit Breaker*) dalam keadaan *open* sehingga tegangan tidak akan masuk ke generator yang akan mengakibatkan generator menjadi *motoring*. Fungsi utama GCB adalah menyambung atau memutus saluran antara generator dengan *grid*. Setelah transformator UAT bekerja, maka bus 6,3 kV akan bertegangan dan mengaktifkan peralatan-peralatan. Ketika semua peralatan sudah bekerja, maka generator akan bekerja. Saat generator sudah bekerja, maka GCB akan *close* sehingga dapat menyalurkan tegangan ke saluran transmisi.

Saat kondisi operasi normal, ketiga generator bekerja secara bersama. Sistem kelistrikan yang digunakan pada pembangkit ini adalah sistem radial dengan tegangan bus 6,3 kV dan 0,4 kV. Sistem kelistrikan PLTGU Grati Blok III Ekstensi dapat dilihat pada *single line diagram* pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.1** Single Line Diagram Sistem Kelistrikan PLTGU Grati Blok III Ekstensi

### 3.2 Kapasitas Pembangkitan PLTGU Grati Blok III Ekstensi

PLTGU Grati Blok III Ekstensi memiliki 3 generator sebagai pembangkit utama. Data pembangkitan dapat dilihat pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1** Kapasitas pembangkitan PLTGU Grati Blok III Ekstensi

No.	ID	MW	MVA	kV	PF
1	GTG31	165,6	207	15,75	80
2	GTG32	165,6	207	15,75	80
3	STG30	199	248,75	15,75	80

### 3.3 Sistem Distribusi di PLTGU Grati Blok III Ekstensi

PLTGU Grati Blok III Ekstensi memiliki bus dengan tegangan 500 kV yang terhubung dengan grid. Pada sistem distribusinya, PLTGU Grati Blok III Ekstensi menggunakan sistem distribusi radial dengan tegangan bus sebesar 6,3 kV dan 0,4 kV yang terhubung langsung ke beban motor atau *lumped load*. Data level tegangan bus pada PLTGU Grati Blok III Ekstensi dapat dilihat pada Tabel 3.2.

**Tabel 3.2** Data Level Tegangan Bus di PLTGU Grati Blok III Ekstensi

No.	ID	Tegangan (kV)
1	Main Busbar	500
2	31BBA01	6,3
3	32BBA01	6,3
4	30BBA01	6,3
5	31BFA01	0,4
6	32BFA01	0,4
7	30BFA01	0,4

Untuk mengubah level tegangan pada PLTGU Grati Blok III Ekstensi memiliki 8 transformator daya. Spesifikasinya dapat dilihat pada Tabel 3.3.

**Tabel 3.3** Data Transformator Sistem Distribusi PLTGU Grati Blok III Ekstensi

No.	ID	Kapasitas (MVA)	Tegangan (kV)
1	31BAT GSUT	420/210/210	500/15,75/15,75
2	30BAT GSUT	250	500/15,75
3	31BBT UAT	6	15,75/6,3
4	32BBT UAT	6	15,75/6,3
5	30BBT UAT	10/12,5	15,75/6,3
6	31BFT01	1,6	6,3/0,4
7	32BFT01	1,6	6,3/0,4
8	30BFT01	1,6	6,3/0,4

### 3.4 Data Beban di PLTGU Grati Blok III Ekstensi

Beban yang terdapat pada PLTGU Grati Blok III Ekstensi merupakan beban motor induksi dan *lumped load*. Data beban motor induksi dapat dilihat pada Tabel 3.4. Sedangkan data *lumped load* dapat dilihat pada Tabel 3.5.

**Tabel 3.4** Data Beban Motor Induksi di PLTGU Grati Blok III Ekstensi

No.	ID	Kapasitas (kW)	Kapasitas (kVA)	Tegangan (kV)	FLA (A)
1	FWP-1	1620	1931	6,3	177
2	FWP-2	1620	1931	6,3	177
3	FWP-3	1620	1931	6,3	177
4	FWP-4	1620	1931	6,3	177
5	CEP-1	720	780	6,3	83
6	CEP-2	720	780	6,3	83
7	CWP-1	1375	1485	6,3	199
8	CWP-2	1375	1485	6,3	199

**Tabel 3.5** Data Beban *Lumped Load* di PLTGU Grati Blok III Ekstensi

No.	ID	Kapasitas (MW)	Kapasitas (MVA)	Tegangan (kV)	FLA (A)
1	31BFA01	0,816	0,96	0,4	1386
2	32BFA01	0,816	0,96	0,4	1386
3	30BFA01	0,816	0,96	0,4	1386

### 3.5 Arus Hubung Singkat pada Sistem Kelistrikan PLTGU Grati Blok III Ekstensi

Besar nilai arus hubung singkat pada Tugas Akhir ini didapatkan dari simulasi pada *software* ETAP 12.6. Arus hubung singkat diperlukan untuk *setting relay* pengaman pada suatu sistem kelistrikan. Arus hubung singkat yang digunakan untuk *setting relay* pengaman adalah arus hubung singkat maksimum tiga fasa dan arus hubung singkat minimum *line to line*.

#### 3.5.1 Arus Hubung Singkat Maksimum

Arus hubung singkat maksimum terjadi ketika gangguan tiga fasa pada saat sistem dalam keadaan *transient*. Arus hubung singkat maksimum digunakan sebagai batas *setting* gangguan hubung singkat maksimum yang mungkin bisa terjadi. Tabel 3.6 merupakan hasil simulasi dari hubung singkat maksimum pada sistem kelistrikan PLTGU Grati Blok III Ekstensi.

**Tabel 3.6** Data Hubung Singkat Maksimum

No.	ID Bus	Tegangan (kV)	Arus Hubung Singkat Maksimum (kA)
1	Bus 2	500	50
2	31BBA01	6,3	12,15
3	32BBA01	6,3	12,15
4	30BBA01	6,3	24,45
5	Bus 5	6,3	12,15
6	Bus 9	6,3	12,15
7	Bus 11	6,3	30,33
8	Bus 15	6,3	25,29
9	Bus 17	6,3	25,29
10	Bus 19	6,3	26,54
11	Bus 21	6,3	21,15
12	Bus 22	6,3	21,15
13	31BFA01	0,4	30,21
14	32BFA01	0,4	30,21
15	30BFA01	0,4	33,52

### 3.5.2 Arus Hubung Singkat Minimum

Arus hubung singkat minimum terjadi ketika gangguan dua fasa *line to line* dalam keadaan *steady state*. Arus hubung singkat minimum digunakan sebagai batas dari *setting* waktu *instantaneous time over current relay*. Tabel 3.7 merupakan hasil simulasi dari hubung singkat minimum pada sistem kelistrikan PLTGU Grati Blok III Ekstensi.

**Tabel 3.7** Data Hubung Singkat Minimum

No.	ID Bus	Tegangan (kV)	Arus Hubung Singkat Minimum (kA)
1	Bus 2	500	43,33
2	31BBA01	6,3	10,50
3	32BBA01	6,3	10,50
4	30BBA01	6,3	21,02
5	Bus 5	6,3	10,50
6	Bus 9	6,3	10,50
7	Bus 11	6,3	26,06
8	Bus 15	6,3	21,76
9	Bus 17	6,3	21,76
10	Bus 19	6,3	22,86
11	Bus 21	6,3	18,21
12	Bus 22	6,3	18,21
13	31BFA01	0,4	26,15
14	32BFA01	0,4	26,15
15	30BFA01	0,4	29,01

## **BAB IV**

### **SIMULASI DAN ANALISIS**

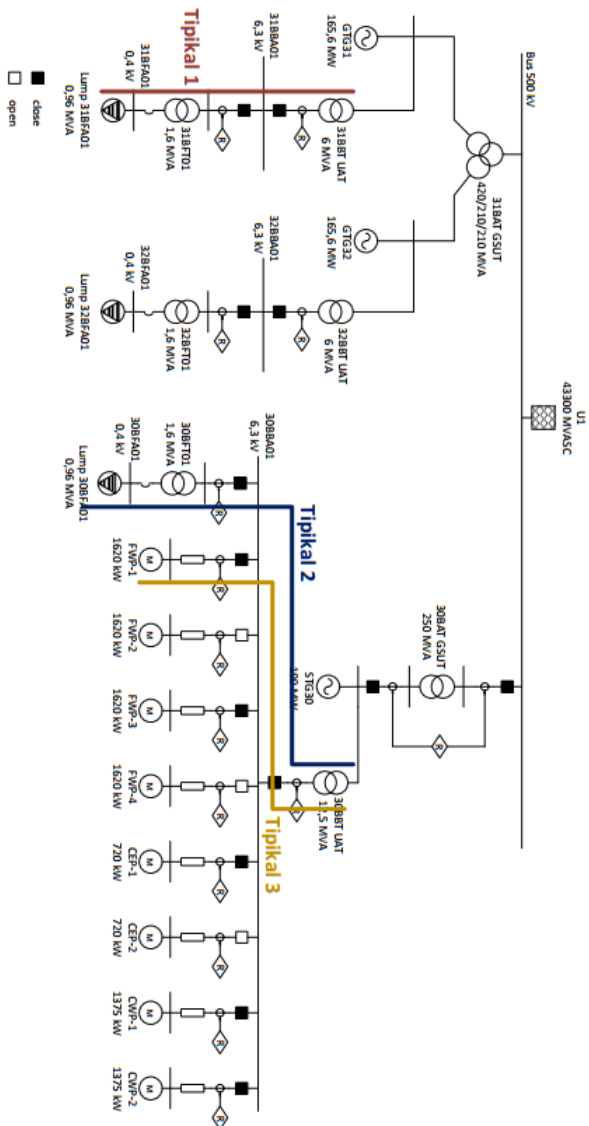
#### **4.1 Pemodelan Sistem Kelistrikan PLTGU Grati Blok III Ekstensi**

Pemodelan sistem kelistrikan PLTGU Grati Blok III Ekstensi dilakukan dengan menggambar *single line diagram* menggunakan *software* ETAP 12.6. Data-data yang diperlukan untuk pemodelan sistem kelistrikan PLTGU Grati Blok III Ekstensi di antaranya meliputi data generator, transformator, beban motor, *lump load*, *relay*, *circuit breaker*, dan lain-lain.

Setelah pemodelan selesai dilakukan, langkah selanjutnya adalah menentukan arus hubung singkat pada sistem kelistrikan PLTGU Grati Blok III Ekstensi. Arus hubung singkat tersebut meliputi arus hubung singkat maksimum (3 fasa) dan arus hubung singkat minimum (*line to line*). Arus hubung singkat ini diperoleh dari simulasi *short circuit* pada *software* ETAP 12.6 (data hubung singkat dapat dilihat pada Bab 3, Subbab 3.5). Arus hubung singkat ini selanjutnya akan dijadikan acuan untuk menentukan *setting relay* yang sesuai untuk diterapkan di PLTGU Grati Blok III Ekstensi. Sehingga diperoleh koordinasi proteksi yang baik.

#### **4.2 Pemilihan Tipikal Koordinasi Proteksi PLTGU Grati Blok III Ekstensi**

Dalam sistem kelistrikan PLTGU Grati Blok III Ekstensi dibuat 3 tipikal yang dapat mewakili seluruh sistem kelistrikan. Tipikal ini bertujuan untuk mempermudah melakukan koordinasi proteksi pada sebuah sistem kelistrikan. Pemilihan tipikal ini berdasarkan saluran terpanjang dari transformator dengan *rating* 6 MVA, saluran terpanjang dari transformator dengan *rating* 12,5 MVA, dan saluran terpendek dengan beban terbesar. Pemilihan tipikal dapat dilihat pada Gambar 4.1.



**Gambar 4.1** Pemilihan Tipikal Koordinasi Proteksi PLTGU Grati Blok III Ekstensi



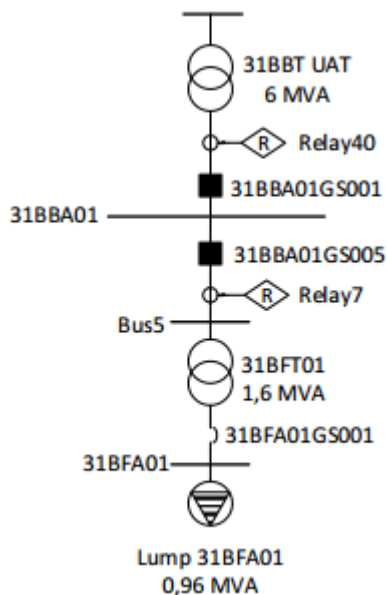
Berikut merupakan penjelasan mengenai pemilihan tipikal koordinasi proteksi sistem kelistrikan PLTGU Grati Blok III Ekstensi.

1. Tipikal 1 : Koordinasi sistem proteksi dari transformator 31BBT UAT menuju beban *Lump* 31BFA01 dengan *rating* 0,96 MVA. Pemilihan tipikal ini berdasarkan saluran terpanjang dari transformator dengan *rating* 6 MVA menuju ke beban *Lump* 31BFA01 pada bus 31BFA01 dengan tegangan *rating* bus 0,4 kV.
2. Tipikal 2 : Koordinasi sistem proteksi dari transformator 30BBT UAT menuju beban *Lump* 30BFA01 dengan *rating* 0,96 MVA. Pemilihan tipikal ini berdasarkan saluran terpanjang dari transformator dengan *rating* 12,5 MVA menuju ke beban *Lump* 30BFA01 pada bus 30BFA01 dengan tegangan *rating* bus 0,4 kV.
3. Tipikal 3 : Koordinasi sistem proteksi dari transformator 30BBT UAT menuju beban motor FWP-1 dengan *rating* 1620 kW. Pemilihan tipikal ini berdasarkan saluran terpendek dari transformator dengan *rating* 12,5 MVA menuju ke beban motor FWP-1. Beban yang dipilih merupakan beban terbesar pada bus 30BBA01 dengan tegangan *rating* bus 6,3 kV.

### **4.3 Sistem Koordinasi Proteksi *Over Current Relay* Gangguan Fasa**

#### **4.3.1 Koordinasi Proteksi *Over Current Relay* Gangguan Fasa Tipikal 1**

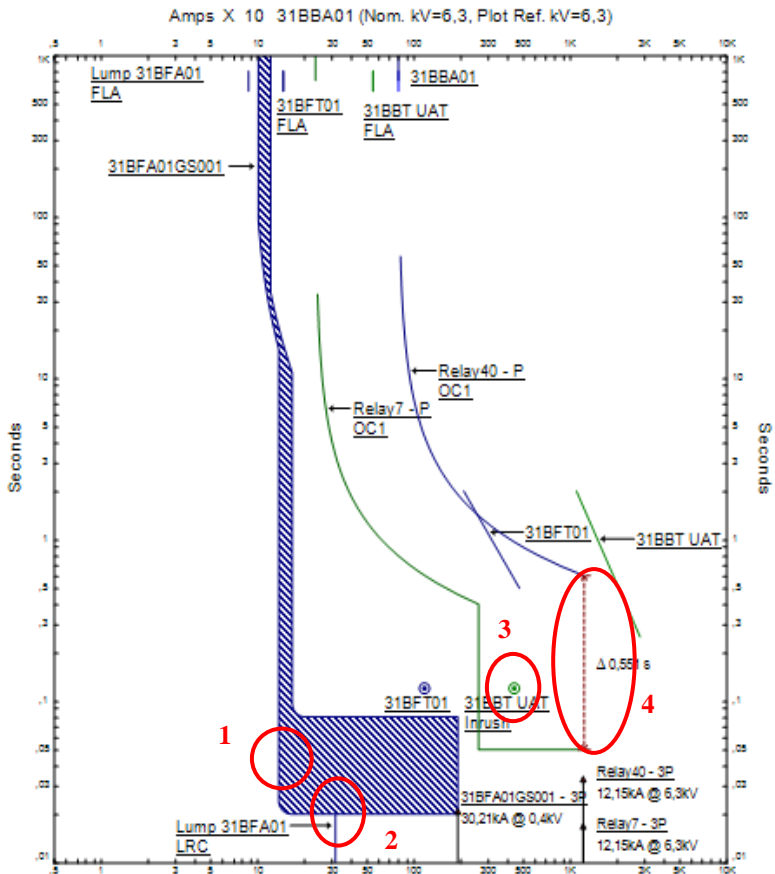
Pemilihan tipikal ini berdasarkan jalur terpanjang dari transformator 31BBT UAT dengan *rating* 6 MVA menuju ke beban *Lump* 31BFA01. Pada tipikal 1 terdiri dari 2 *relay*, yaitu Relay40 yang berfungsi sebagai pengaman transformator 31BBT UAT dan Relay7 yang berfungsi sebagai pengaman transformator 31BFT01. Serta terdapat sebuah *Low Voltage Circuit Breaker* (LVCB) untuk mengamankan gangguan pada beban *Lump* 31BFA01. Gambar 4.2 merupakan *single line diagram* tipikal 1.



**Gambar 4.2** Single Line Diagram Tipikal 1

Gambar 4.3 merupakan *time current curve* data eksisting gangguan fasa tipikal 1. Pada gambar tersebut terlihat bahwa :

1. LVCB 31BFA01GS001 bekerja secara instan (0,05 detik).
2. LRC Lump 31BFA01 mengenai kurva *Short Time* LVCB. LRC (*Lock Rotor Current*) merupakan semacam arus *starting* namun berada di *lump*. Sehingga ketika LRC mengenai kurva *Short Time*, maka LVCB akan *trip* karena LVCB mendeteksi arus tersebut sebagai arus *starting*.
3. *Inrush* transformator 31BBT UAT berada pada daerah kerja Relay7, sehingga apabila transformator di-*energize* relay akan mendeteksi arus tersebut sebagai arus gangguan.
4. *Grading time* antara Relay7 dan Relay40 terlalu lama (0,55 detik), sehingga apabila terjadi gangguan maksimum sebesar 12,15 kA dan Relay7 tidak mampu menanggulangi gangguan tersebut, jeda waktu untuk Relay40 bekerja terlalu lama.



**Gambar 4.3** Kurva TCC Data Eksisting Tipikal 1

Berikut merupakan perhitungan *high set*, *low set*, *time dial*, dan *time delay* untuk *setting* pada *relay-relay* di tipikal 1.

**a. LVCB 31BFA01GS001**

- Manufacture* : LSIS
- Type* : AS-40E3-00A
- FLA 31BFT01 : 2309 A (sisi sekunder)
- Rating Plug* : 32007 A

$I_{sc \text{ min}}$  Bus 31BFA01 : 26150 A (0,4 kV)

Long Time

$$\begin{array}{lclcl} 1,05 \text{ FLA} & \leq & I_{\text{set}} & < & 1,4 \text{ FLA} \\ 1,05 (2309) & \leq & I_{\text{set}} & < & 1,4 (2309) \\ 2424,45 & \leq & I_{\text{set}} & < & 3232,6 \end{array}$$

Dipilih  $I_{\text{set}} = 2560 \text{ A}$

$$\text{Tap} = \frac{2560}{3200} = 0,8$$

Short Time

$$\begin{array}{lclcl} 1,6 \text{ FLA} & \leq & I_{\text{set}} & < & 0,8 I_{sc \text{ min}} \\ 1,6 (2309) & \leq & I_{\text{set}} & < & 0,8 (29010) \\ 3694,4 & \leq & I_{\text{set}} & < & 23208 \end{array}$$

Dipilih  $I_{\text{set}} = 9600 \text{ A}$

$$\text{Tap} = \frac{9600}{3200} = 3$$

**b. Relay7**

*Manufacture* : GE Multilin  
*Model* : F650  
*FLA 31BFT* : 146,6 A (sisi primer)  
 $I_{sc \text{ max}}$  Bus 5 : 12150 A  
 $I_{sc \text{ min}}$  Bus 5 : 10500 A  
*Curve Type* : IEC Curve A  
*CT ratio* : 200/1

1. Time Overcurrent Pickup

$$\begin{array}{lclcl} 1,05 \text{ FLA} & \leq & I_{\text{set}} & < & 1,4 \text{ FLA} \\ 1,05(146,6) & \leq & I_{\text{set}} & < & 1,4 (146,6) \end{array}$$

$$153,93 \leq I_{\text{set}} < 205,24$$

Dipilih  $I_{\text{set}} = 205,2 \text{ A}$

$$\frac{153,93}{200} \leq \text{Tap} < \frac{205,24}{200}$$

$$0,76965 \leq \text{Tap} < 1,0262$$

Dipilih Tap = 1,026

2. Time Dial

Ditentukan waktu operasi (t) = 0,3 detik

$$M = \frac{t \times \left[ \left( \frac{I_{\text{sc max}}}{I_{\text{set}}} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$$M = \frac{0,3 \times \left[ \left( \frac{12150}{205,2} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$$M = 0,18$$

Dipilih nilai M = 0,5

3. Instantaneous Pickup

$$1,6 \text{ FLA} \leq I_{\text{set}} < 0,8 I_{\text{sc min}}$$

$$1,6 (146,6) \leq I_{\text{set}} < 0,8 (10500)$$

$$234,56 \leq I_{\text{set}} < 8400$$

Dipilih  $I_{\text{set}} = 2380 \text{ A}$

$$\frac{234,56}{200} \leq \text{Tap} < \frac{8400}{200}$$

$$1,1728 \leq \text{Tap} < 42$$

Dipilih Tap = 11,9

4. Time Delay

Dipilih *time delay* 0,15 detik

c. **Relay40**

*Manufacture* : GE Multilin  
*Model* : F650  
*FLA 31BBT UAT* : 549,9 A (sisi sekunder)  
*I<sub>sc max</sub> Bus 31BBA01* : 12150 A  
*I<sub>sc min</sub> Bus 31BBA01* : 10500 A  
*Curve Type* : IEC Curve A  
*CT ratio* : 800/1

1. Time Overcurrent Pickup

$$\begin{aligned} 1,05 \text{ FLA} &\leq I_{\text{set}} < 1,4 \text{ FLA} \\ 1,05(549,9) &\leq I_{\text{set}} < 1,4 (549,9) \\ 577,395 &\leq I_{\text{set}} < 769,86 \end{aligned}$$

Dipilih  $I_{\text{set}} = 760 \text{ A}$

$$\begin{aligned} \frac{577,395}{800} &\leq \text{Tap} < \frac{769,86}{800} \\ 0,72174 &\leq \text{Tap} < 0,96231 \end{aligned}$$

Dipilih Tap = 0,95

2. Time Dial

Ditentukan waktu operasi (t) = 0,5 detik

$$M = \frac{t \times \left[ \left( \frac{I_{\text{sc max}}}{I_{\text{set}}} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$
$$M = \frac{0,5 \times \left[ \left( \frac{12150}{760} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$
$$M = 0,203$$

Dipilih nilai  $M = 0,35$

3. Instantaneous Pickup

$$\begin{aligned} 1,6 \text{ FLA} &\leq I_{\text{set}} < 0,8 I_{\text{sc min}} \\ 1,6 (549,9) &\leq I_{\text{set}} < 0,8 (10500) \\ 879,84 &\leq I_{\text{set}} < 8400 \end{aligned}$$

Dipilih  $I_{\text{set}} = 5600 \text{ A}$

$$\begin{aligned} \frac{879,84}{800} &\leq \text{Tap} < \frac{8400}{800} \\ 1,0998 &\leq \text{Tap} < 10,5 \end{aligned}$$

Dipilih Tap = 7

4. Time Delay

Dipilih *time delay* 0,35 detik

Dari perhitungan di atas, dapat dibuat tabel sebagai berikut :

**Tabel 4.1** Tabel Perbandingan *Existing* dan *Resetting* Tipikal 1

<i>Relay</i>	<i>Existing</i>		<i>Resetting</i>	
LVCB 31BFA01GS001	<i>Long Time</i> Ir tr	0,8 0,5	<i>Long Time</i> Ir tr	0,8 0,5
	<i>Short Time</i> Isd tsd	1,5 0,05	<i>Short Time</i> Isd tsd	3 0,3
Relay7	<i>Low Set</i> $I_{\text{set Inverse}}$ <i>Time Dial</i>	236 A 0,14	<i>Low Set</i> $I_{\text{set Inverse}}$ <i>Time Dial</i>	205,2 A 0,5
	<i>High Set</i> $I_{\text{set Instant}}$ <i>Time Delay</i>	2600 A 0,05 detik	<i>High Set</i> $I_{\text{set Instant}}$ <i>Time Delay</i>	2380 A 0,15 detik

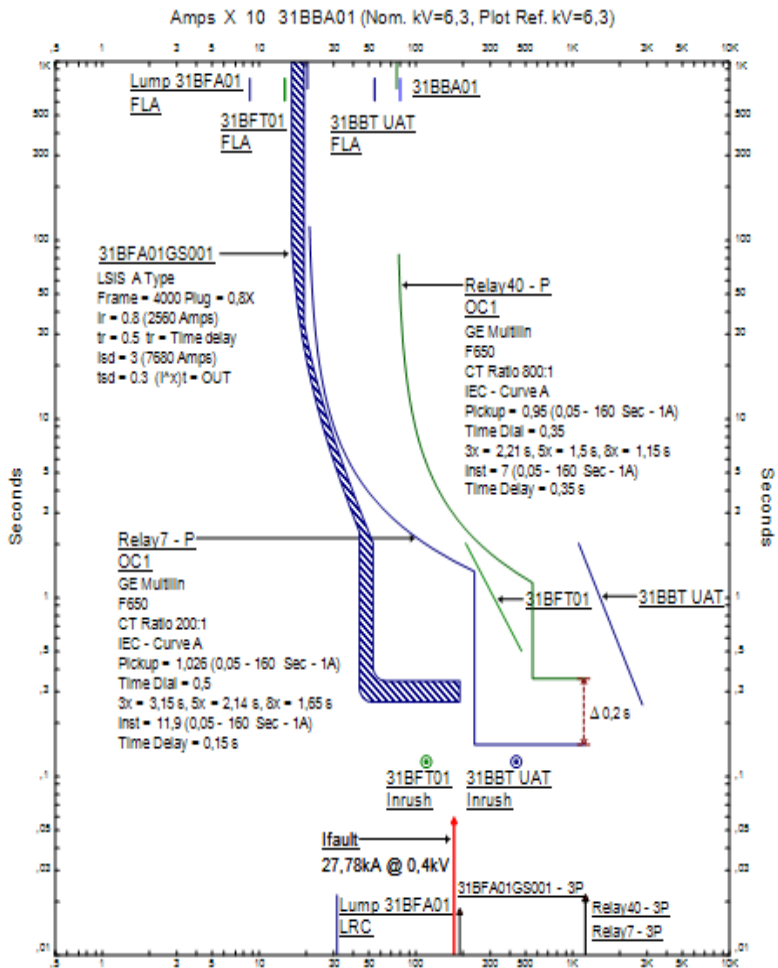
**Tabel 4.2** Tabel Perbandingan *Existing* dan *Resetting* Tipikal 1 (Lanjutan)

Relay40	<i>Low Set</i> $I_{set}$ <i>Inverse</i> <i>Time Dial</i>	800 A 0,24	<i>Low Set</i> $I_{set}$ <i>Inverse</i> <i>Time Dial</i>	760 A 0,35
	<i>High Set</i> $I_{set}$ <i>Instant</i> <i>Time Delay</i>	- -	<i>High Set</i> $I_{set}$ <i>Instant</i> <i>Time Delay</i>	5600 A 0,35 A

Setelah *relay* disetting sesuai dengan perhitungan di atas, selanjutnya *relay-relay* tersebut diplot *time current curve*-nya menggunakan *software* ETAP 12.6. Sehingga menghasilkan *time current curve* seperti terlihat pada Gambar 4.4.

Dari Gambar 4.4 terlihat bahwa semua *relay* telah terkoordinasi dengan baik. *Inrush* transformator 30BBT UAT tidak berada pada daerah kerja Relay7. Apabila terjadi gangguan sebesar 27,78 kA pada level tegangan 0,4 kV di dekat beban *Lump*, maka yang akan bekerja terlebih dahulu adalah LVCB 31BFA01GS001, kemudian Relay7 bekerja sebagai *backup* dan Relay40 bekerja sebagai *backup* kedua. Dengan *grading time antar relay* 0,2 detik, telah sesuai dengan standar IEEE 242. Pada Relay40 direkomendasikan untuk ditambah *relay instantaneous*, dikarenakan Relay7 dan Relay40 berada dalam satu level tegangan, sehingga apabila hanya menggunakan *relay inverse* saja, *tripping time*-nya terlalu lama.



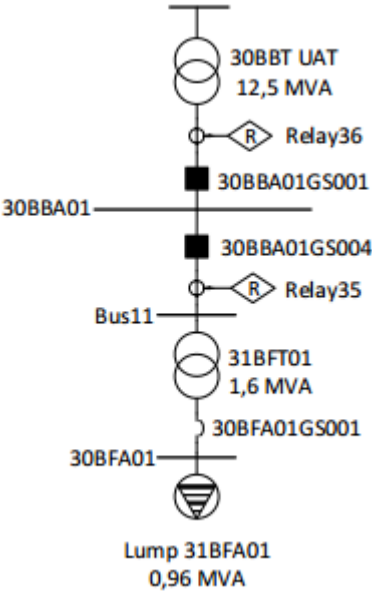


**Gambar 4.4** Kurva TCC Resetting Tipikal 1

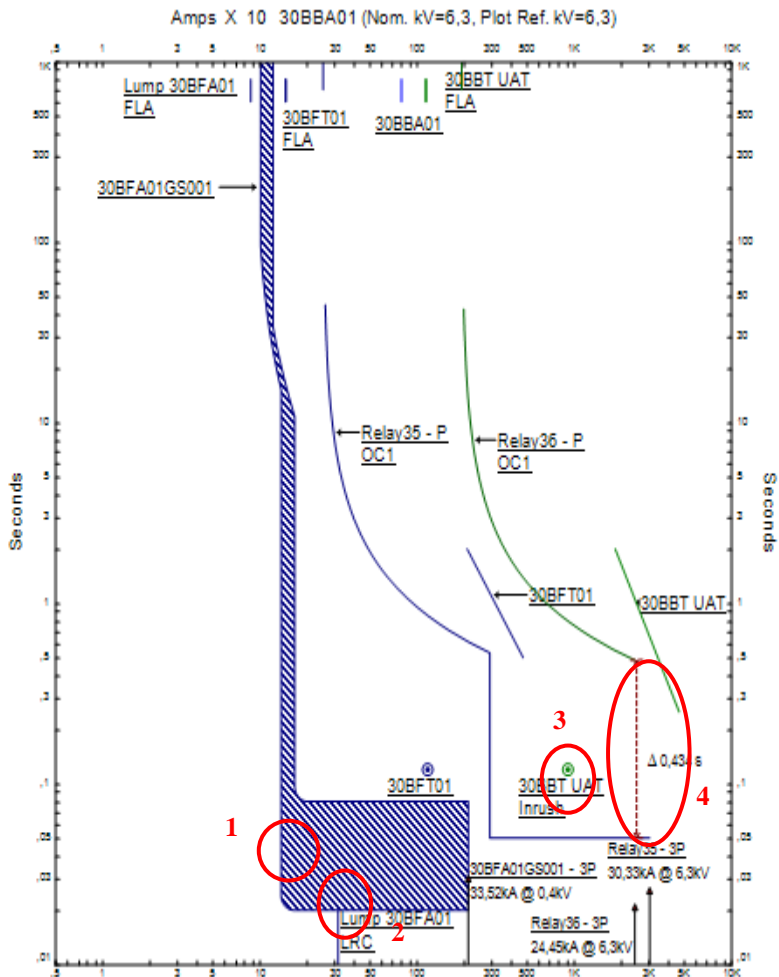
### 4.3.2 Koordinasi Proteksi *Over Current Relay* Gangguan Fasa Tipikal 2

Pemilihan tipikal ini berdasarkan jalur terpanjang dari transformator 30BBT UAT dengan rating 12,5 MVA menuju ke beban Lump 30BFA01. Pada tipikal 2 terdiri dari 2 relay, yaitu Relay36 yang

berfungsi sebagai pengaman transformator 30BBT UAT dan Relay35 yang berfungsi sebagai pengaman transformator 30BFT01. Serta terdapat sebuah *Low Voltage Circuit Breaker* (LVCB) untuk mengamankan gangguan pada beban *Lump* 30BFA01. Gambar 4.5 merupakan *single line diagram* tipikal 2.



**Gambar 4.5** *Single Line Diagram* Tipikal 2



**Gambar 4.6** Kurva TCC Data Eksisting Tipikal 2

Gambar 4.6 merupakan *time current curve* data eksisting gangguan fasa tipikal 2. Pada gambar tersebut terlihat bahwa :

1. LVCB 30BFA01GS001 bekerja secara instan (0,05 detik)

2. LRC Lump 30BFA01 mengenai kurva *Short Time* LVCB. LRC (*Lock Rotor Current*) merupakan semacam arus *starting* namun berada di *lump*. Sehingga ketika LRC mengenai kurva *Short Time*, maka LVCB akan *trip* karena LVCB mendeteksi arus tersebut sebagai arus *starting*.
3. *Inrush* transformator 30BBT UAT berada pada daerah kerja Relay35, sehingga apabila transformator di-*energize relay* akan mendeteksi arus tersebut sebagai arus gangguan.
4. *Grading time* antara Relay35 dan Relay36 terlalu lama (0,43 detik), sehingga apabila terjadi gangguan maksimum sebesar 24,45 kA dan Relay35 tidak mampu menanggulangi gangguan tersebut, jeda waktu untuk Relay36 bekerja terlalu lama.

Berikut merupakan perhitungan *high set*, *low set*, *time dial*, dan *time delay* untuk *setting* pada *relay-relay* di tipikal 2.

**a. LVCB 30BFA01GS001**

*Manufacture* : LSIS  
*Type* : AS-40E3-00A  
 FLA 32BFT01 : 2309 A (sisi sekunder)  
*Rating Plug* : 3200 A  
 $I_{sc \text{ min}}$  Bus 32BFA01 : 29010 A (0,4 kV)

*Long Time*

1,05 FLA  $\leq I_{set} < 1,4$  FLA  
 1,05 (2309)  $\leq I_{set} < 1,4$  (2309)  
 2424,45  $\leq I_{set} < 3232,6$

Dipilih  $I_{set} = 2560$  A

$$\text{Tap} = \frac{2560}{3200} = 0,8$$

Short Time

$$\begin{array}{lcl} 1,6 \text{ FLA} & \leq & I_{\text{set}} < 0,8 I_{\text{sc min}} \\ 1,6 (2309) & \leq & I_{\text{set}} < 0,8 (29010) \\ 3694,4 & \leq & I_{\text{set}} < 23208 \end{array}$$

Dipilih  $I_{\text{set}} = 9600 \text{ A}$

$$\text{Tap} = \frac{9600}{3200} = 3$$

**b. Relay35**

*Manufacture* : GE Multilin  
*Model* : F650  
*FLA 30BFT* : 146,6 A  
 $I_{\text{sc max}}$  Bus 11 : 30330 A  
 $I_{\text{sc min}}$  Bus 11 : 26060 A  
*Curve Type* : IEC Curve A  
*CT ratio* : 200/1

1. Time Overcurrent Pickup

$$\begin{array}{lcl} 1,05 \text{ FLA} & \leq & I_{\text{set}} < 1,4 \text{ FLA} \\ 1,05(146,6) & \leq & I_{\text{set}} < 1,4 (146,6) \\ 153,93 & \leq & I_{\text{set}} < 205,24 \end{array}$$

Dipilih  $I_{\text{set}} = 205,2 \text{ A}$

$$\begin{array}{lcl} \frac{153,93}{200} & \leq & \text{Tap} < \frac{205,24}{200} \\ 0,76965 & \leq & \text{Tap} < 1,0262 \end{array}$$

Dipilih Tap = 1,026

2. Time Dial

Ditentukan waktu operasi (t) = 0,2 detik

$$M = \frac{t \times \left[ \left( I_{sc \max} / I_{set} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$$M = \frac{0,2 \times \left[ \left( 30330 / 205,2 \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$$M = 0,15$$

Dipilih nilai  $M = 0,5$

3. Instantaneous Pickup

$$\begin{array}{lclclcl} 1,6 \text{ FLA} & \leq & I_{set} & < & 0,8 I_{sc \min} \\ 1,6 (146,6) & \leq & I_{set} & < & 0,8 (26060) \\ 234,56 & \leq & I_{set} & < & 20848 \end{array}$$

Dipilih  $I_{set} = 2480 \text{ A}$

$$\begin{array}{lclclcl} \frac{234,56}{200} & \leq & \text{Tap} & < & \frac{20848}{200} \\ 1,1728 & \leq & \text{Tap} & < & 104,24 \end{array}$$

Dipilih Tap = 12,4

4. Time Delay

Dipilih *time delay* 0,15 s

c. **Relay36**

*Manufacture* : GE Multilin  
*Model* : F650  
*FLA 30BBT UAT* : 1146 A  
*I<sub>sc max</sub> Bus 30BBA01* : 24450 A  
*I<sub>sc min</sub> Bus 30BBA01* : 21020 A  
*Curve Type* : IEC Curve A  
*CT ratio* : 1500/1

1. Time Overcurrent Pickup

$$\begin{array}{lcl} 1,05 \text{ FLA} & \leq I_{\text{set}} < & 1,4 \text{ FLA} \\ 1,05 (1146) & \leq I_{\text{set}} < & 1,4 (1146) \\ 1203,3 & \leq I_{\text{set}} < & 1604,4 \end{array}$$

Dipilih  $I_{\text{set}} = 1500 \text{ A}$

$$\begin{array}{lcl} \frac{1203,3}{1500} & \leq \text{Tap} < & \frac{1604,4}{1500} \\ 0,8002 & \leq \text{Tap} < & 1,0696 \end{array}$$

Dipilih Tap = 1

2. Time Dial

Ditentukan waktu operasi (t) = 0,4

$$M = \frac{t \times \left[ \left( \frac{I_{\text{scmax}}}{I_{\text{set}}} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$$M = \frac{0,4 \times \left[ \left( \frac{24450}{1203,3} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$$M = 0,16$$

3. Instantaneous Pickup

$$\begin{array}{lcl} 1,6 \text{ FLA} & \leq I_{\text{set}} < & 0,8 I_{\text{sc min}} \\ 1,6 (1146) & \leq I_{\text{set}} < & 0,8 (21020) \\ 1833,6 & \leq I_{\text{set}} < & 16816 \end{array}$$

Dipilih  $I_{\text{set}} = 5250 \text{ A}$

$$\begin{array}{lcl} \frac{1833,6}{1500} & \leq \text{Tap} < & \frac{16816}{1500} \\ 1,2224 & \leq \text{Tap} < & 11,21 \end{array}$$

Dipilih Tap = 3,5

4. Time Delay

Dipilih *time delay* 0,35 s

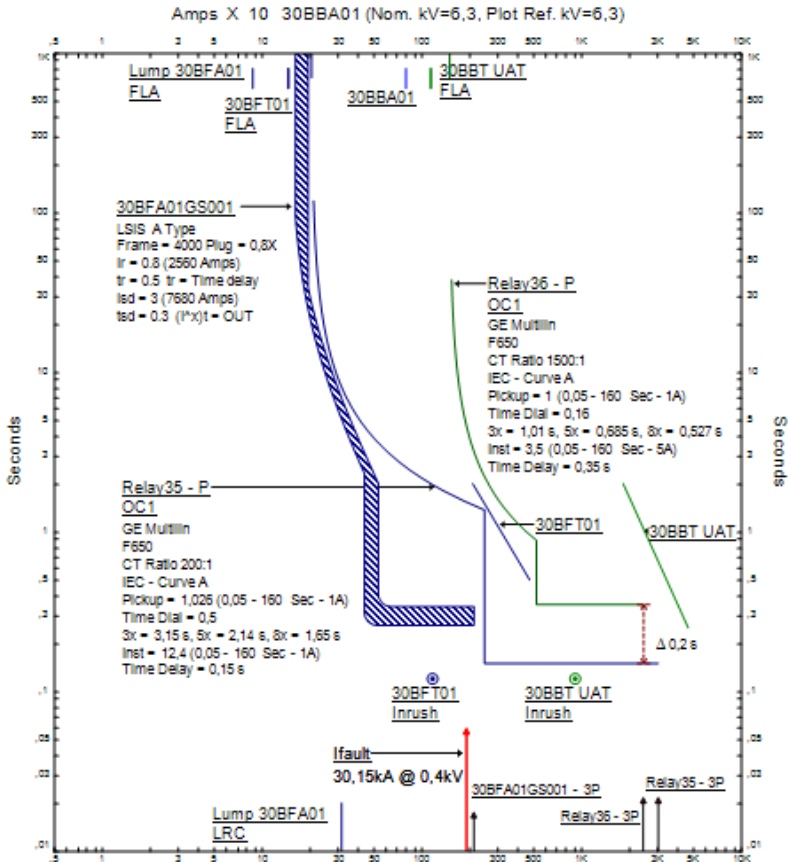
Dari perhitungan di atas, dapat dibuat tabel sebagai berikut :

**Tabel 4.3** Tabel Perbandingan *Existing* dan *Resetting* Tipikal 2

<i>Relay</i>	<i>Existing</i>		<i>Resetting</i>	
LVCB 30BFA01GS001	<i>Long Time</i> Ir tr	0,8 0,5	<i>Long Time</i> Ir tr	0,8 0,5
	<i>Short Time</i> Isd tsd	1,5 0,05	<i>Short Time</i> Isd tsd	3 0,3
Relay35	<i>Low Set</i> <i>I<sub>set</sub> Inverse</i> <i>Time Dial</i>	254 A 0,19	<i>Low Set</i> <i>I<sub>set</sub> Inverse</i> <i>Time Dial</i>	205,2 A 0,5
	<i>High Set</i> <i>I<sub>set</sub> Instant</i> <i>Time Delay</i>	2922 A 0,05 detik	<i>High Set</i> <i>I<sub>set</sub> Instant</i> <i>Time Delay</i>	2480 A 0,15 detik
Relay36	<i>Low Set</i> <i>I<sub>set</sub> Inverse</i> <i>Time Dial</i>	1935 A 0,18	<i>Low Set</i> <i>I<sub>set</sub> Inverse</i> <i>Time Dial</i>	1500 A 0,16
	<i>High Set</i> <i>I<sub>set</sub> Instant</i> <i>Time Delay</i>	- -	<i>High Set</i> <i>I<sub>set</sub> Instant</i> <i>Time Delay</i>	5250 A 0,35 A

Setelah *relay* disetting sesuai dengan perhitungan di atas, selanjutnya *relay-relay* tersebut diplot *time current curve*-nya menggunakan *software* ETAP 12.6. Sehingga menghasilkan *time current curve* seperti terlihat pada Gambar 4.7.





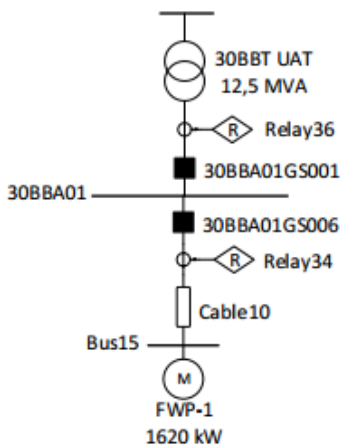
**Gambar 4.7** Kurva TCC Resetting Tipikal 2

Dari Gambar 4.7 terlihat bahwa semua *relay* telah terkoordinasi dengan baik. *Inrush* transformator 30BBT UAT tidak berada pada daerah kerja Relay35. Apabila terjadi gangguan sebesar 30,15 kA pada level tegangan 0,4 kV di dekat beban *Lump*, maka yang akan bekerja terlebih dahulu adalah LVCB 30BFA01GS001, kemudian Relay35 bekerja sebagai *backup* dan Relay36 bekerja sebagai *backup* kedua. Dengan *grading time antar relay* 0,2 detik, telah sesuai dengan standar IEEE 242. Pada Relay36 direkomendasikan untuk ditambah *relay*

*instantaneous*, dikarenakan Relay35 dan Relay36 berada dalam satu level tegangan, sehingga apabila hanya menggunakan *relay inverse* saja, *tripping time*-nya terlalu lama.

### 4.3.3 Koordinasi Proteksi *Over Current Relay* Gangguan Fasa Tipikal 3

Pemilihan tipikal ini berdasarkan jalur terpendek dari transformator 30BBT UAT dengan *rating* 12,5MVA menuju ke beban motor. Di mana pemilihan beban merupakan beban terbesar, yaitu beban motor FWP-1 dengan *rating* 1620 kW. Pada tipikal 3 terdiri dari 2 *relay*, yaitu Relay36 yang berfungsi sebagai pengaman transformator 30BBT UAT dan Relay34 yang berfungsi sebagai pengaman motor FWP-1. Gambar 4.8 merupakan *single line diagram* tipikal 3.

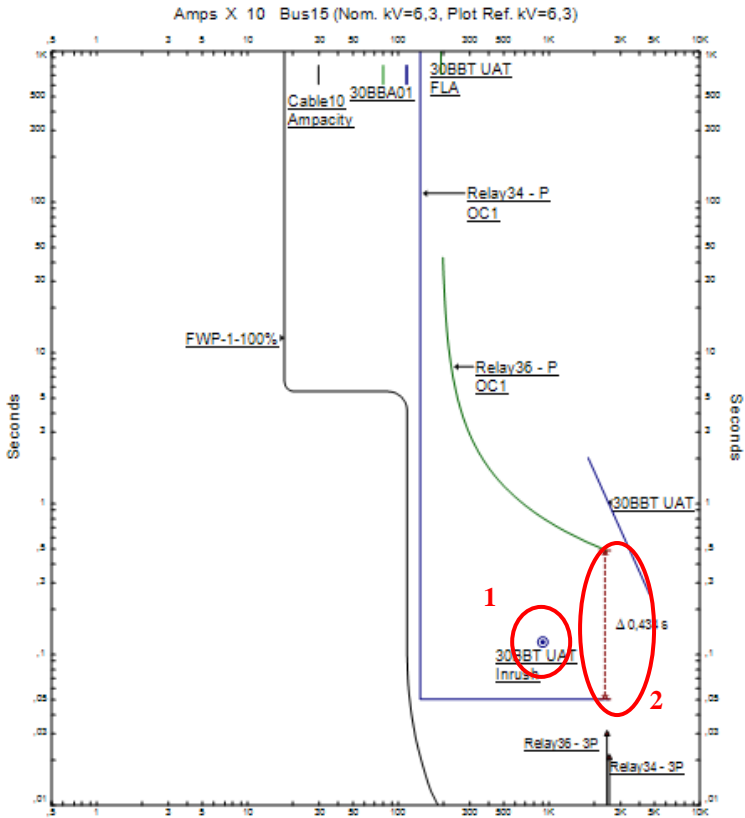


**Gambar 4.8** *Single Line Diagram* Tipikal 3

Gambar 4.9 merupakan *time current curve* data eksisting gangguan fasa tipikal 3. Pada gambar tersebut terlihat bahwa :

1. *Inrush* transformator 30BBT UAT berada pada daerah kerja Relay35, sehingga apabila transformator di-*energize* *relay* akan mendeteksi arus tersebut sebagai arus gangguan.

2. *grading time* antara Relay34 dengan Relay36 terlalu lama (0,424 detik). Sehingga apabila terjadi gangguan maksimum dan Relay34 tidak mampu menanggulangi gangguan tersebut, jeda waktu untuk Relay36 bekerja terlalu lama.



**Gambar 4.9** Kurva TCC Data Eksisting Tipikal 3

Berikut merupakan perhitungan *high set*, *low set*, *time dial*, dan *time delay* untuk *setting* pada *relay-relay* di tipikal 3.

**a. Relay34**

*Manufacture* : GE Multilin

Model : M60  
 FLA motor FWP-1 : 177 A  
 $I_{sc \text{ min}}$  Bus 15 : 21760 A  
 Curve Type : IEC Curve A  
 CT ratio : 300/1

1. Instantaneous Pickup

$$\begin{array}{rclcl}
 1,6 \text{ FLA} & \leq & I_{\text{set}} & < & 0,8 I_{\text{sc min}} \\
 1,6 (177) & \leq & I_{\text{set}} & < & 0,8 (21760) \\
 283,2 & \leq & I_{\text{set}} & < & 17408
 \end{array}$$

Dipilih  $I_{\text{set}} = 1410 \text{ A}$

$$\begin{array}{rclcl}
 \frac{283,2}{300} & \leq & \text{Tap} & < & \frac{17408}{300} \\
 0,944 & \leq & \text{Tap} & < & 58,03
 \end{array}$$

Dipilih Tap = 4,7

2. Time Delay

Dipilih *time delay* 0,15 s

**b. Relay36**

Manufacture : GE Multilin  
 Model : F650  
 FLA 30BBT UAT : 1146 A  
 $I_{sc \text{ max}}$  Bus 30BBA01 : 24450 A  
 $I_{sc \text{ min}}$  Bus 30BBA01 : 21020 A  
 Curve Type : IEC Curve A  
 CT ratio : 1500/1

1. Time Overcurrent Pickup

$$\begin{array}{rclcl}
 1,05 \text{ FLA} & \leq & I_{\text{set}} & < & 1,4 \text{ FLA} \\
 1,05 (1146) & \leq & I_{\text{set}} & < & 1,4 (1146) \\
 1203,3 & \leq & I_{\text{set}} & < & 1604,4
 \end{array}$$

Dipilih  $I_{\text{set}} = 1500 \text{ A}$

$$\frac{1203,3}{1500} \leq \text{Tap} < \frac{1604,4}{1500}$$
$$0,8002 \leq \text{Tap} < 1,0696$$

Dipilih Tap = 1

2. Time Dial

Ditentukan waktu operasi (t) = 0,4 detik

$$M = \frac{t \times \left[ \left( \frac{I_{\text{sc max}}}{I_{\text{set}}} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$$M = \frac{0,4 \times \left[ \left( \frac{24450}{1203,3} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$$M = 0,16$$

3. Instantaneous Pickup

$$1,6 \text{ FLA} \leq I_{\text{set}} < 0,8 I_{\text{sc min}}$$
$$1,6 (1146) \leq I_{\text{set}} < 0,8 (21020)$$
$$1833,6 \leq I_{\text{set}} < 16816$$

Dipilih  $I_{\text{set}} = 5250 \text{ A}$

$$\frac{1833,6}{1500} \leq \text{Tap} < \frac{16816}{1500}$$
$$1,2224 \leq \text{Tap} < 11,21$$

Dipilih Tap = 3,5

4. Time Delay

Dipilih *time delay* 0,35 s

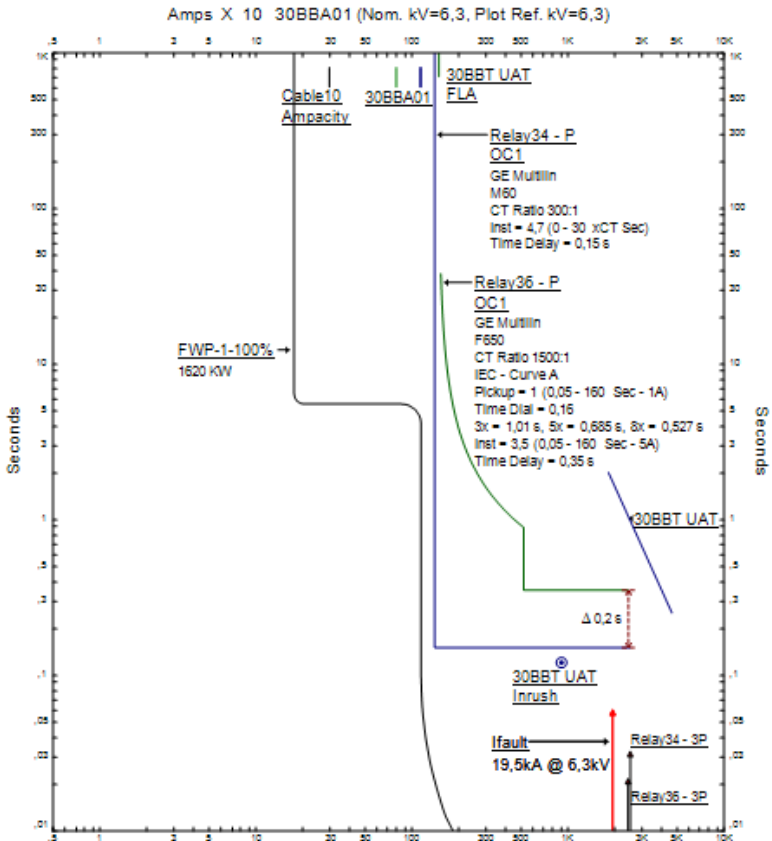
Dari perhitungan di atas, dapat dibuat tabel sebagai berikut :

**Tabel 4.4** Tabel Perbandingan *Existing* dan *Resetting* Tipikal 3

<i>Relay</i>	<i>Existing</i>		<i>Resetting</i>	
Relay34	<i>Low Set</i> $I_{set}$ <i>Inverse</i> <i>Time Dial</i>	- - -	<i>Low Set</i> $I_{set}$ <i>Inverse</i> <i>Time Dial</i>	- - -
	<i>High Set</i> $I_{set}$ <i>Instant</i> <i>Time Delay</i>	1410 A 0,05 detik	<i>High Set</i> $I_{set}$ <i>Instant</i> <i>Time Delay</i>	1410 A 0,15 detik
Relay36	<i>Low Set</i> $I_{set}$ <i>Inverse</i> <i>Time Dial</i>	1935 A 0,18	<i>Low Set</i> $I_{set}$ <i>Inverse</i> <i>Time Dial</i>	1500 A 0,16
	<i>High Set</i> $I_{set}$ <i>Instant</i> <i>Time Delay</i>	- -	<i>High Set</i> $I_{set}$ <i>Instant</i> <i>Time Delay</i>	5250 A 0,35 A

Setelah *relay* disetting sesuai dengan perhitungan di atas, selanjutnya *relay-relay* tersebut diplot *time current curve*-nya menggunakan *software* ETAP 12.6. Sehingga menghasilkan *time current curve* seperti terlihat pada Gambar 4.10.

Dari Gambar 4.10 terlihat bahwa semua *relay* telah terkoordinasi dengan baik. *Inrush* transformator 30BBT UAT tidak berada pada daerah kerja Relay34. Apabila terjadi gangguan sebesar 19,5 kA pada tegangan 6,3 kV di dekat beban motor, maka *relay* yang bekerja terlebih dahulu adalah Relay34, kemudian Relay36 bekerja sebagai *backup relay*. Dengan *grading time antar relay* 0,2 detik, telah sesuai dengan standar IEEE 242. Pada Relay36 direkomendasikan untuk ditambah *relay instantaneous*, dikarenakan Relay34 dan Relay36 berada dalam satu level tegangan, sehingga apabila hanya menggunakan *relay inverse* saja, *tripping time*-nya terlalu lama.



**Gambar 4.10** Kurva TCC *Resetting* Tipikal 3

#### 4.4 Sistem Koordinasi Proteksi *Over Current Relay* Gangguan Fasa ke Tanah

Gangguan hubung singkat fasa ke tanah dapat diamankan dengan menggunakan *Ground Fault Relay* (GFR). Nilai arus hubung singkat fasa ke tanah terbesar yang mungkin terjadi di suatu sistem kelistrikan adalah sama dengan nilai *Neutral Grounding Resistor* (NGR) yang terpasang pada transformator di sistem tersebut. Sehingga ketika melakukan *setting Ground Fault Relay* harus diketahui berapa nilai

*Neutral Grounding Resistor* (NGR) yang terpasang pada transformator di sebuah sistem kelistrikan.

Yang perlu diperhatikan ketika *setting ground fault relay* adalah kurva yang digunakan merupakan tipe kurva *definite time* atau *instantaneous time*, selain itu perlu diperhatikan juga mengenai penentuan *time delay* antar *relay*. Menurut IEEE 242, *grading time* antar *relay* yang diperbolehkan berkisar antara 0,2 – 0,4 detik. Untuk *setting ground fault relay* digunakan *grading time* 0,2 detik.

Sistem pentanahan peralatan pada sistem kelistrikan PLTGU Grati Blok III Ekstensi terlihat pada Tabel 4.1.

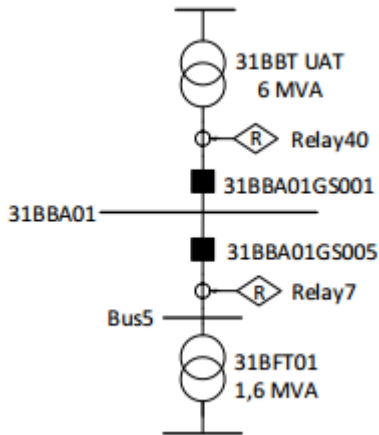
**Tabel 4.5** Sistem Pentanahan Peralatan pada Sistem Kelistrikan PLTGU Grati Blok III Ekstensi

No.	ID Peralatan	Rating Tegangan (kV)	Hubungan Belitan	Pentanahan
1	31BBT UAT	15,75/6,3	Delta/Bintang	NGR 1200 A
2	32BBT UAT	15,75/6,3	Delta/Bintang	NGR 1200 A
3	30BBT UAT	15,75/6,3	Delta/Bintang	NGR 1200 A
4	31BFT01	6,3/0,4	Delta/Bintang	Solid
5	32BFT01	6,3/0,4	Delta/Bintang	Solid
6	30BFT01	6,3/0,4	Delta/Bintang	Solid

#### 4.4.1 Koordinasi Proteksi *Over Current Relay* Gangguan Fasa ke Tanah Tipikal 1

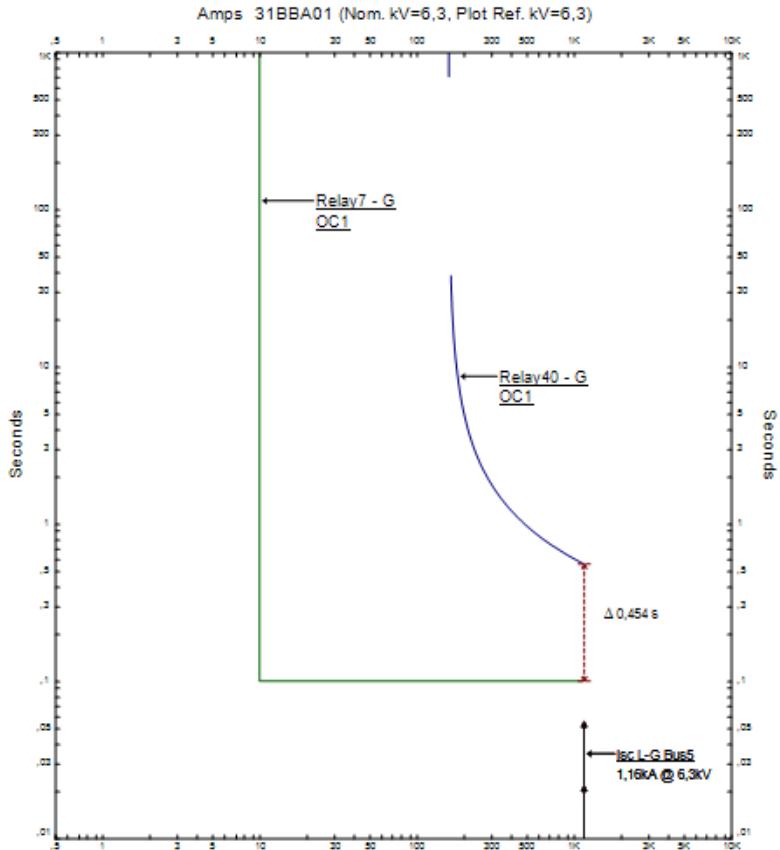
Pada Tipikal 1 gangguan fasa ke tanah terdapat 2 buah *relay*. Yaitu Relay7 yang berfungsi sebagai pengaman transformator 31BFA01 dan Relay40 yang berfungsi sebagai pengaman transformator 31BBT UAT. *Single line diagram* tipikal 1 terlihat pada Gambar 4.11.





**Gambar 4.11** *Single Line Diagram* Gangguan Fasa ke Tanah Tipikal 1

Gambar 4.12 merupakan *time current curve* data eksisting gangguan fasa ke tanah tipikal 1. Pada gambar tersebut terlihat bahwa *grading time* antar *relay* 0,454 detik. Waktu tersebut melebihi standar yang telah ditetapkan oleh IEEE 242, yaitu 0,2-0,4 detik. Dan juga, kurva yang digunakan Relay40 adalah IEC Curve A, sedangkan arus hubung singkat *line to ground* cenderung kecil, sehingga *tripping time* dengan kurva jenis ini akan lebih lama. Oleh karena itu perlu dilakukan *resetting* untuk proteksi gangguan fasa ke tanah pada tipikal 1.



**Gambar 4.12** Kurva TCC Data Eksisting Gangguan Fasa ke Tanah Tipikal 1

Berikut merupakan perhitungan *high set* dan *time delay* untuk *setting relay* gangguan fasa ke tanah tipikal 1.

**a. Relay7**

- Manufacture* : GE Multilin
- Model : F650
- I<sub>sc</sub> L-G : 1160 A
- CT ratio : 50/1

1. Instantaneous Pickup

$$\begin{array}{lcl} 10\% I_{sc} \text{ L-G} & \leq I_{set} < & 50\% I_{sc} \text{ L-G} \\ 10\% (1160) & \leq I_{set} < & 50\% (1160) \\ 116 & \leq I_{set} < & 580 \end{array}$$

Dipilih  $I_{set} = 125 \text{ A}$

$$\begin{array}{lcl} \frac{116}{50} & \leq \text{Tap} < & \frac{580}{50} \\ 2,32 & \leq \text{Tap} < & 11,6 \end{array}$$

Dipilih Tap = 2,5

2. Time Delay

Dipilih *time delay* = 0,1 detik

**b. Relay40**

*Manufacture* : GE Multilin

Model : F650

$I_{sc} \text{ L-G}$  : 1160 A

CT ratio : 800/1

1. Instantaneous Pickup

$$\begin{array}{lcl} 10\% I_{sc} \text{ L-G} & \leq I_{set} < & 50\% I_{sc} \text{ L-G} \\ 10\% (1160) & \leq I_{set} < & 50\% (1160) \\ 116 & \leq I_{set} < & 580 \end{array}$$

Dipilih  $I_{set} = 480 \text{ A}$

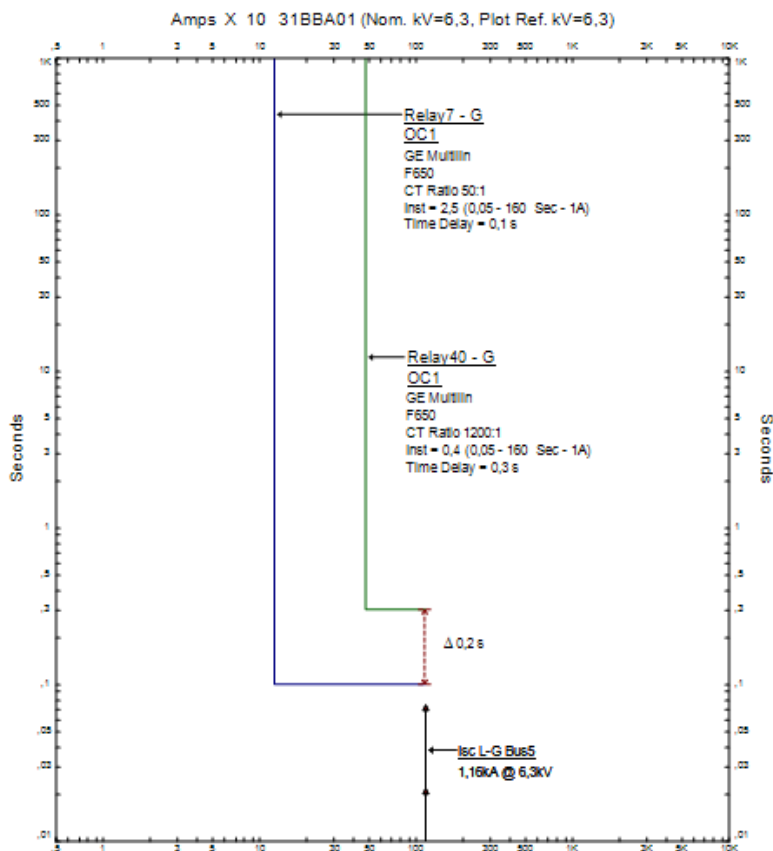
$$\begin{array}{lcl} \frac{116}{800} & \leq \text{Tap} < & \frac{580}{800} \\ 0,145 & \leq \text{Tap} < & 0,725 \end{array}$$

Dipilih Tap = 0,4

## 2. Time Delay

Dipilih *time delay* = 0,3 detik

Setelah *relay* disetting sesuai dengan perhitungan di atas, selanjutnya *relay-relay* tersebut diplot *time current curve*-nya menggunakan *software* ETAP 12.6. Sehingga menghasilkan *time current curve* seperti terlihat pada Gambar 4.13.

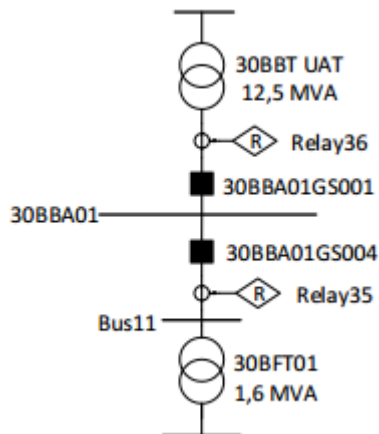


**Gambar 4.13** Kuvra TCC *Resetting* Gangguan Fasa ke Tanah Tipikal 1

Dari Gambar 4.13 terlihat bahwa ketika terjadi gangguan fasa ke tanah sudah dapat diamankan dengan baik. Apabila terjadi gangguan fasa ke tanah di Bus 5, maka Relay7 akan bekerja pada waktu 0,1 detik dan Relay40 sebagai *backup* bekerja pada waktu 0,3 detik. *Grading time* kedua *relay* tersebut sudah memenuhi syarat menurut IEEE 242, yaitu 0,2 detik.

#### 4.4.2 Koordinasi Proteksi *Over Current Relay* Gangguan Fasa ke Tanah Tipikal 2

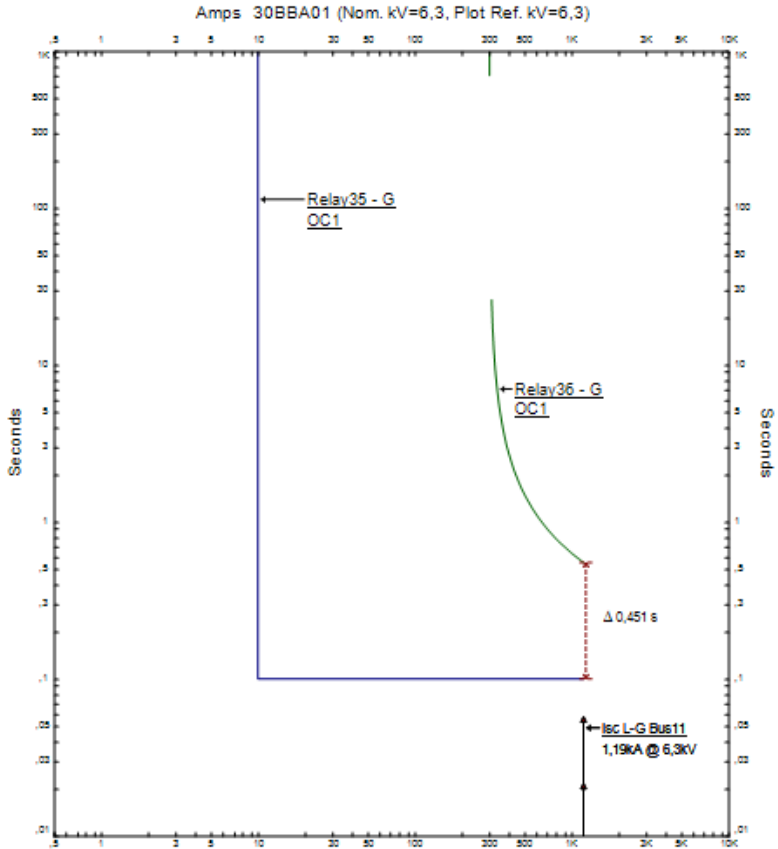
Pada Tipikal 2 gangguan fasa ke tanah terdapat 2 buah *relay*. Yaitu Relay35 yang berfungsi sebagai pengaman transformator 30BFA01 dan Relay36 yang berfungsi sebagai pengaman transformator 30BBT UAT. *Single line diagram* tipikal 2 terlihat pada Gambar 4.14.



**Gambar 4.14** *Single Line Diagram* Gangguan Fasa ke Tanah Tipikal 2

Gambar 4.14 merupakan *time current curve* data eksisting gangguan fasa ke tanah tipikal 2. Pada gambar tersebut terlihat bahwa *grading time* antar *relay* 0,451 detik. Waktu tersebut melebihi standar yang telah ditetapkan oleh IEEE 242, yaitu 0,2-0,4 detik. Dan juga, kurva yang digunakan Relay36 adalah IEC *Curve A*, sedangkan arus hubung singkat *line to ground* cenderung kecil, sehingga *tripping time*

dengan kurva jenis ini akan lebih lama. Oleh karena itu perlu dilakukan *resetting* untuk proteksi gangguan fasa ke tanah pada tipikal 2.



**Gambar 4.15** Kurva TCC Data Eksisting Gangguan Fasa ke Tanah Tipikal 2

Berikut merupakan perhitungan *high set* dan *time delay* untuk *setting relay* gangguan fasa ke tanah tipikal 2.

**a. Relay35**

*Manufacture* : GE Multilin

Model : F650  
 $I_{sc}$  L-G : 1190 A  
 CT ratio : 50/1

1. Instantaneous Pickup

$$\begin{array}{rclcl} 10\% I_{sc} \text{ L-G} & \leq & I_{set} & < & 50\% I_{sc} \text{ L-G} \\ 10\% (1190) & \leq & I_{set} & < & 50\% (1190) \\ 119 & \leq & I_{set} & < & 595 \end{array}$$

Dipilih  $I_{set} = 150$  A

$$\begin{array}{rclcl} \frac{119}{50} & \leq & \text{Tap} & < & \frac{595}{50} \\ 2,38 & \leq & \text{Tap} & < & 11,9 \end{array}$$

Dipilih Tap = 3

2. Time Delay

Dipilih *time delay* = 0,1 detik

**b. Relay36**

*Manufacture* : GE Multilin  
 Model : F650  
 $I_{sc}$  L-G : 1030 A  
 CT ratio : 1500/1

1. Instantaneous Pickup

$$\begin{array}{rclcl} 10\% I_{sc} \text{ L-G} & \leq & I_{set} & < & 50\% I_{sc} \text{ L-G} \\ 10\% (1030) & \leq & I_{set} & < & 50\% (1030) \\ 103 & \leq & I_{set} & < & 515 \end{array}$$

Dipilih Iset = 450 A

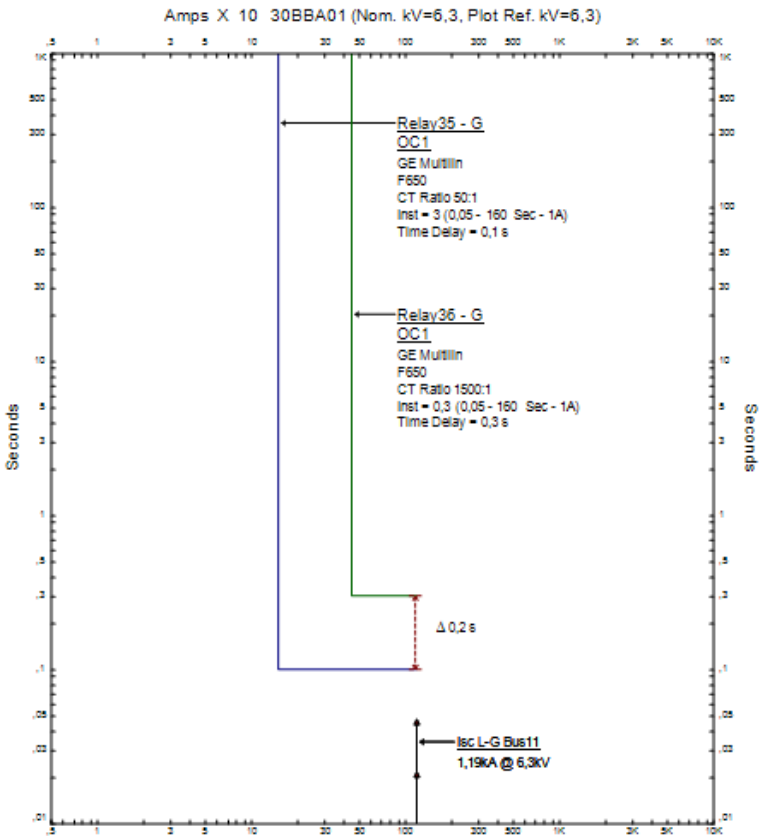
$$\begin{array}{rclcl} \frac{103}{1500} & \leq & \text{Tap} & < & \frac{515}{1500} \\ 0,145 & \leq & \text{Tap} & < & 0,725 \end{array}$$

Dipilih Tap = 0,3

2. Time Delay

Dipilih *time delay* = 0,3 detik

Setelah *relay* disetting sesuai dengan perhitungan di atas, selanjutnya *relay-relay* tersebut diplot *time current curve*-nya menggunakan *software* ETAP 12.6. Sehingga menghasilkan *time current curve* seperti terlihat pada Gambar 4.16.



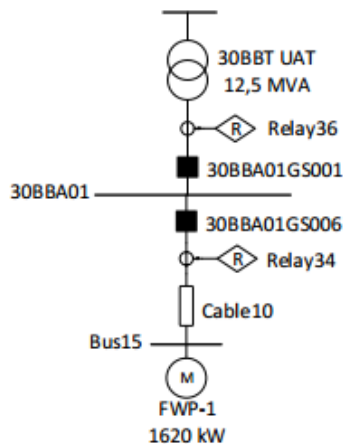
Gambar 4.16 Kurva TCC Resetting Gangguan Fasa ke Tanah Tipikal 2



Dari Gambar 4.16 terlihat bahwa ketika terjadi gangguan fasa ke tanah sudah dapat diamankan dengan baik. Apabila terjadi gangguan fasa ke tanah di Bus 11, maka Relay35 akan bekerja pada waktu 0,1 detik dan Relay40 sebagai *backup* bekerja pada waktu 0,3 detik. *Grading time* kedua *relay* tersebut sudah memenuhi syarat menurut IEEE 242, yaitu 0,2 detik.

#### 4.4.3 Koordinasi Proteksi *Over Current Relay* Gangguan Fasa ke Tanah Tipikal 3

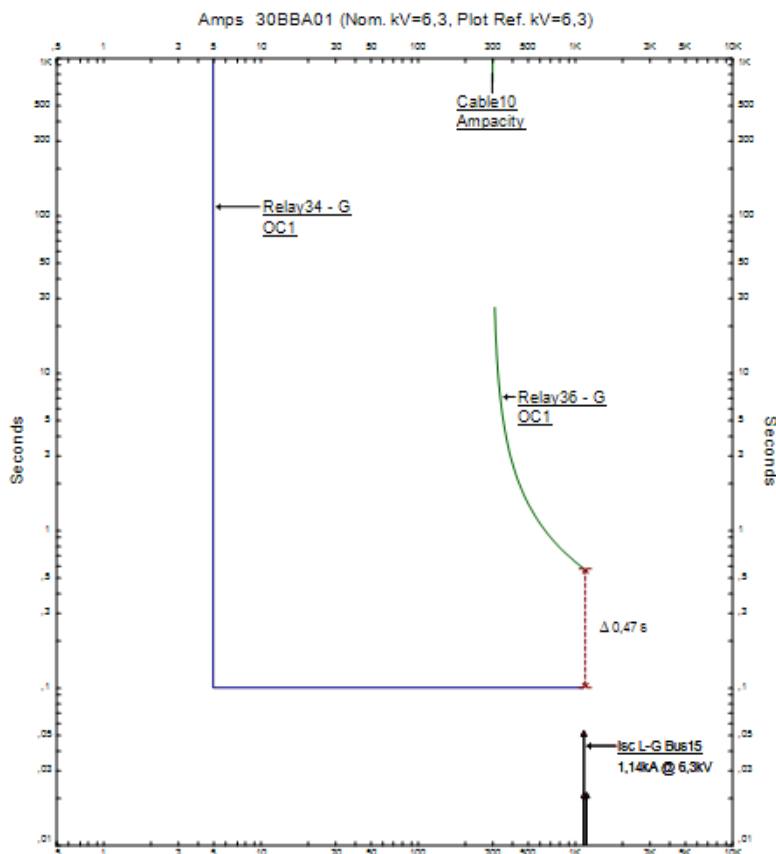
Pada Tipikal 3 gangguan fasa ke tanah terdapat 2 buah *relay*. Yaitu Relay34 yang berfungsi sebagai pengaman motor FWP-1 dan Relay36 yang berfungsi sebagai pengaman transformator 30BBT UAT. *Single line diagram* tipikal 3 terlihat pada Gambar 4.17.



**Gambar 4.17** *Single Line Diagram* Gangguan Fasa ke Tanah Tipikal 3

Gambar 4.18 merupakan *time current curve* data eksisting gangguan fasa ke tanah tipikal 3. Pada gambar tersebut terlihat bahwa *grading time* antar *relay* 0,47 detik. Waktu tersebut melebihi standar yang telah ditetapkan oleh IEEE 242, yaitu 0,2-0,4 detik. *Tripping time* Relay34 terlalu cepat. Dan juga, kurva yang digunakan Relay36 adalah IEC *Curve A*, sedangkan arus hubung singkat *line to ground* cenderung

kecil, sehingga *tripping time* dengan kurva jenis ini akan lebih lama. Oleh karena itu perlu dilakukan *resetting* untuk proteksi gangguan fasa ke tanah pada tipikal 3.



**Gambar 4.18** Kurva TCC Data Eksisting Gangguan Fasa ke Tanah Tipikal 3

Berikut merupakan perhitungan *high set* dan *time delay* untuk *setting relay* gangguan fasa ke tanah tipikal 3.

**a. Relay34**

*Manufacture* : GE Multilin

Model : M60

$I_{sc}$  L-G : 1140 A

CT ratio : 50/1

1. Instantaneous Pickup

$$10\% I_{sc} \text{ L-G} \leq I_{set} < 50\% I_{sc} \text{ L-G}$$

$$10\% (1140) \leq I_{set} < 50\% (1140)$$

$$114 \leq I_{set} < 570$$

Dipilih  $I_{set} = 150$  A

$$\frac{114}{50} \leq \text{Tap} < \frac{570}{50}$$

$$2,28 \leq \text{Tap} < 11,4$$

Dipilih Tap = 3

2. Time Delay

Dipilih *time delay* = 0,1 detik

**b. Relay36**

*Manufacture* : GE Multilin

Model : F650

$I_{sc}$  L-G : 1030 A

CT ratio : 1500/1

1. Instantaneous Pickup

$$10\% I_{sc} \text{ L-G} \leq I_{set} < 50\% I_{sc} \text{ L-G}$$

$$10\% (1030) \leq I_{set} < 50\% (1030)$$

$$103 \leq I_{set} < 515$$

Dipilih  $I_{set} = 450$  A

$$\frac{103}{1500} \leq \text{Tap} < \frac{515}{1500}$$

$$0,145 \leq \text{Tap} < 0,725$$

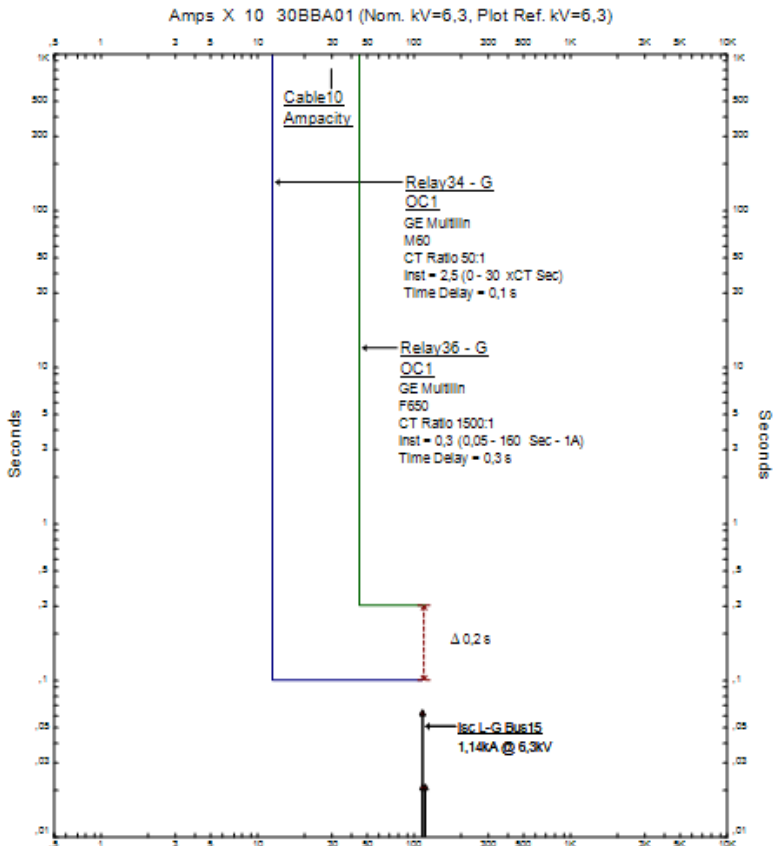
Dipilih Tap = 3

2. Time Delay

Dipilih *time delay* = 0,3 detik

Setelah *relay disetting* sesuai dengan perhitungan di atas, selanjutnya *relay-relay* tersebut diplot *time current curve*-nya menggunakan *software* ETAP 12.6. Sehingga menghasilkan *time current curve* seperti terlihat pada Gambar 4.19.

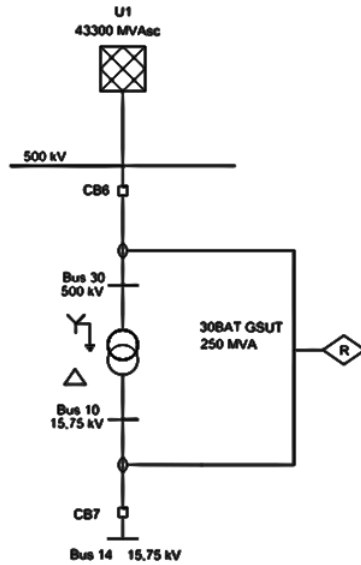
Dari Gambar 4.19 terlihat bahwa ketika terjadi gangguan fasa ke tanah sudah dapat diamankan dengan baik. Apabila terjadi gangguan fasa ke tanah di Bus 15, maka Relay34 akan bekerja pada waktu 0,1 detik dan Relay36 sebagai *backup* bekerja pada waktu 0,3 detik. *Grading time* kedua *relay* tersebut sudah memenuhi syarat menurut IEEE 242, yaitu 0,2 detik.



**Gambar 4.19** Kurva TCC *Resetting* Gangguan Fasa ke Tanah Tipikal 3

#### 4.5 *Setting Differential Relay*

*Setting relay* diferensial memiliki tujuan untuk mengamankan gangguan internal pada suatu peralatan, seperti transformator, generator dan sebagainya. Berikut akan dibahas mengenai *setting differential relay* pada PLTGU Grati Blok III Ekstensi. Skema pemasangan *relay* diferensial dapat dilihat pada Gambar 4.20. Data *setting differential relay* pada transformator 30BAT GSUT dapat dilihat pada Tabel 4.5.



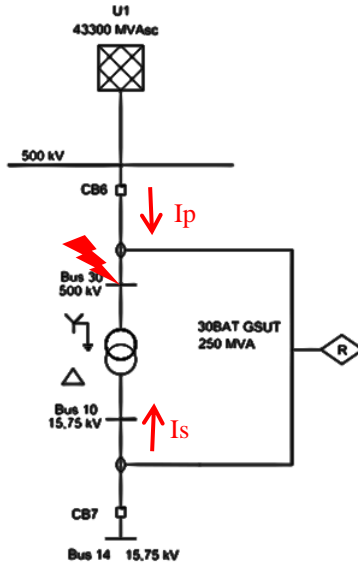
**Gambar 4.20** Skema Pemasangan *Differential Relay*

**Tabel 4.6** Data *Setting Relay* Diferensial pada Transformator 30BAT GSUT

<i>Relay Manufacture</i>	GE Multilin T60
CT primer	1000/1 A
CT sekunder	10000/1 A
CT Margin	
HV	3,46
LV	1,09
$I_{pickup}$	0,34 pu
$I_{differential}$	0,34 pu
$I_{restraint}$	1,01 pu
(%) Slope	
Slope <sub>1</sub>	39 %
Slope <sub>2</sub>	98 %
<i>Breakpoint</i>	
<i>Breakpoint</i> <sub>1</sub>	2 pu
<i>Breakpoint</i> <sub>2</sub>	6 pu

Untuk menguji operasi *differential relay* pada transformator 30BAT GSUT, dilakukan simulasi gangguan internal pada sisi primer dan sekunder transformator.

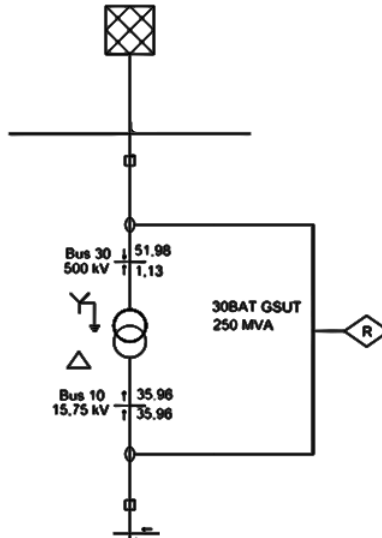
#### 4.5.1 Kondisi Gangguan Internal Primer



**Gambar 4.21** Simulasi Kondisi Gangguan Internal Primer

Gangguan internal ini terjadi ketika terjadi gangguan pada belitan primer transformator. Simulasi pada saat terjadi gangguan internal primer dapat dilihat pada Gambar 4.21. Pada gambar tersebut terlihat bahwa arus akan mengalir menuju titik gangguan. Besar arus yang mengalir akan dideteksi oleh CT pada sisi primer dan sekunder transformator.

**Perhitungan Gangguan Internal Primer 3 Fasa :**



**Gambar 4.22** Besar Arus Gangguan Internal Primer 3 Fasa

$$I_p = -51,98 \text{ kA}$$

$$I_s = 35,96 \text{ kA}$$

Arus yang terbaca oleh CT sebesar :

$$I_1 = \frac{I_p \times \text{CT Margin}_{\text{HV}}}{n\text{CT}} = \frac{(-51,98) \times 3,46}{1000/1} = (-179,851) \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{I_s \times \text{CT Margin}_{\text{LV}}}{n\text{CT}} = \frac{35,96 \times 1,09}{10000/1} = 3,92 \text{ A}$$

Sehingga besarnya arus diferensial yang terdeteksi sebesar :

$$I_{\text{dif}} = |I_1 - I_2| = |(-179,851) - 3,92| = 183,77 \text{ A}$$



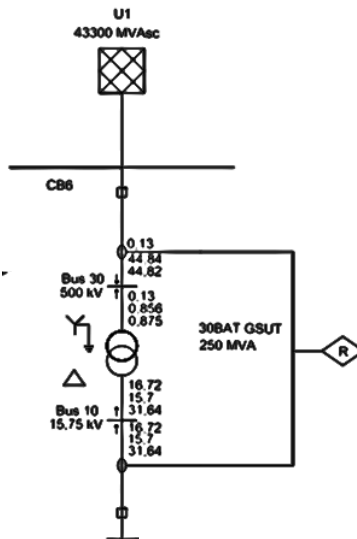
Besar arus *restraint* saat gangguan internal primer adalah :

$$I_{\text{restraint}} = \max|I_1, I_2| = 179,851 \text{ A}$$

Prosentase *slope* ketika gangguan internal primer adalah :

$$\text{Slope (\%)} = \frac{I_{\text{diff}}}{I_{\text{restraint}}} \times 100\% = \frac{183,77}{179,851} \times 100\% = 102,18\%$$

### Perhitungan Gangguan Internal Primer 2 Fasa :



**Gambar 4.23** Besar Arus Gangguan Internal Primer 2 Fasa

#### **Fasa A**

$$I_p = -0,13 \text{ kA}$$

$$I_s = 16,72 \text{ kA}$$

Arus yang terbaca oleh CT sebesar :

$$I_1 = \frac{I_p \times \text{CT Margin}_{\text{HV}}}{n\text{CT}} = \frac{(-0,13) \times 3,46}{1000/1} = (-0,45) \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{I_s \times \text{CT Margin}_{\text{LV}}}{n\text{CT}} = \frac{16,72 \times 1,09}{10000/1} = 1,882 \text{ A}$$

Sehingga besarnya arus diferensial yang terdeteksi sebesar :

$$I_{\text{diff}} = |I_1 - I_2| = |(-0,45) - 1,882| = 2,272 \text{ A}$$

Besar arus *restraint* saat gangguan internal primer fasa A adalah :

$$I_{\text{restraint}} = \max|I_1, I_2| = 1,882 \text{ A}$$

Prosentase *slope* ketika gangguan internal primer fasa A adalah :

$$\text{Slope (\%)} = \frac{I_{\text{diff}}}{I_{\text{restraint}}} \times 100\% = \frac{2,272}{1,882} \times 100\% = 124,68\%$$

## Fasa B

$$I_p = -44,84 \text{ kA}$$

$$I_s = 15,7 \text{ kA}$$

Arus yang terbaca oleh CT sebesar :

$$I_1 = \frac{I_p \times \text{CT Margin}_{\text{HV}}}{n\text{CT}} = \frac{(-44,84) \times 3,46}{1000/1} = (-155,146) \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{I_s \times \text{CT Margin}_{LV}}{n\text{CT}} = \frac{15,7 \times 1,09}{\frac{10000}{1}} = 1,711 \text{ A}$$

Sehingga besarnya arus diferensial yang terdeteksi sebesar :

$$I_{\text{diff}} = |I_1 - I_2| = |(-155,146) - 1,711| = 156,858 \text{ A}$$

Besar arus *restraint* saat gangguan internal primer fasa B adalah :

$$I_{\text{restraint}} = \max|I_1, I_2| = 1,882 \text{ A}$$

Prosentase *slope* ketika gangguan internal primer fasa B adalah :

$$\text{Slope (\%)} = \frac{I_{\text{diff}}}{I_{\text{restraint}}} \times 100\% = \frac{156,858}{1,882} \times 100\% = 101,10\%$$

### Fasa C

$$I_p = -44,82 \text{ kA}$$

$$I_s = 31,64 \text{ kA}$$

Arus yang terbaca oleh CT sebesar :

$$I_1 = \frac{I_p \times \text{CT Margin}_{HV}}{n\text{CT}} = \frac{(-44,82) \times 3,46}{\frac{1000}{1}} = (-155,077) \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{I_s \times \text{CT Margin}_{LV}}{n\text{CT}} = \frac{31,64 \times 1,09}{\frac{10000}{1}} = 3,449 \text{ A}$$

Sehingga besarnya arus diferensial yang terdeteksi sebesar :

$$I_{\text{diff}} = |I_1 - I_2| = |(-155,077) - 3,449| = 158,526 \text{ A}$$

Besar arus *restraint* saat gangguan internal primer fasa C adalah :

$$I_{\text{restraint}} = \max|I_1, I_2| = 155,077 \text{ A}$$

Prosentase *slope* ketika gangguan internal primer fasa C adalah :

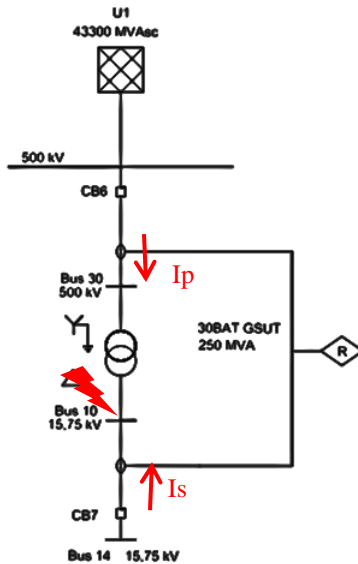
$$\text{Slope (\%)} = \frac{I_{\text{diff}}}{I_{\text{restraint}}} \times 100\% = \frac{158,526}{155,077} \times 100\% = 102,22\%$$

Gambar 4.24 merupakan kurva *slope* dengan gangguan internal pada sisi primer transformator 30BAT GSUT sesuai dengan perhitungan. Besar arus gangguan berada di atas *slope*, di mana zona tersebut merupakan *tripping zone* dari *relay* diferensial. Sehingga *relay* akan mendeteksi arus tersebut sebagai arus gangguan, dan memerintahkan CB untuk membuka.



**Gambar 4.24** Kurva Gangguan Internal Primer

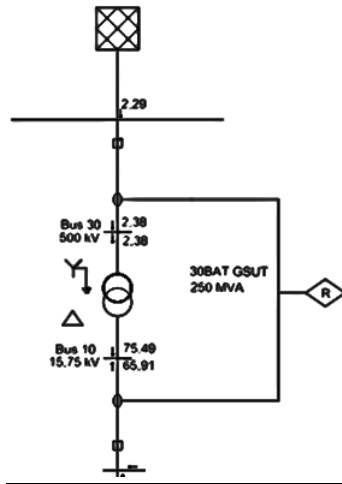
#### 4.5.2 Kondisi Gangguan Internal Sekunder



**Gambar 4.25** Simulasi Gangguan Internal Sekunder

Gangguan internal ini terjadi ketika terjadi gangguan pada belitan sekunder transformator. Simulasi pada saat terjadi gangguan internal sekunder dapat dilihat pada Gambar 4.23. Pada gambar tersebut terlihat bahwa arus akan mengalir menuju titik gangguan. Besar arus yang mengalir akan dideteksi oleh CT pada sisi primer dan sekunder transformator.

**Perhitungan Gangguan Internal Sekunder 3 Fasa :**



**Gambar 4.26** Besar Arus Gangguan Internal Sekunder 3 Fasa

$$I_p = -2,38 \text{ kA}$$

$$I_s = 75,49 \text{ kA}$$

Arus yang terbaca oleh CT sebesar :

$$I_1 = \frac{I_p \times \text{CT Margin}_{HV}}{nCT} = \frac{(-2,38) \times 3,46}{1000/1} = (-8,235) \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{I_s \times \text{CT Margin}_{LV}}{nCT} = \frac{75,49 \times 1,09}{10000/1} = 8,228 \text{ A}$$

Sehingga besarnya arus diferensial yang terdeteksi sebesar :

$$I_{diff} = |I_1 - I_2| = |(-8,235) - 8,228| = 16,463 \text{ A}$$

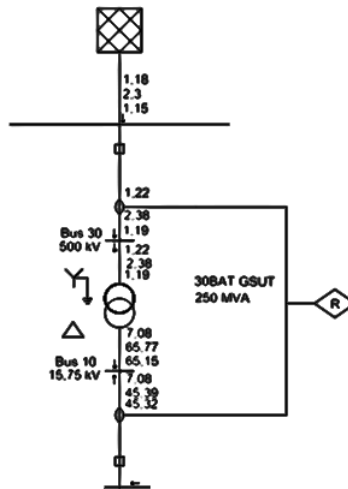
Besar arus *restraint* saat gangguan internal sekunder adalah :

$$I_{\text{restraint}} = \max|I_1, I_2| = 8,235 \text{ A}$$

Prosentase *slope* ketika gangguan internal sekunder adalah :

$$\text{Slope (\%)} = \frac{I_{\text{diff}}}{I_{\text{restraint}}} \times 100\% = \frac{16,463}{8,235} \times 100\% = 199,92\%$$

### Perhitungan Gangguan Internal Sekunder 2 Fasa :



**Gambar 4.27** Besar Arus Gangguan Internal Sekunder 2 Fasa

#### Fasa A

$$I_p = -1,22 \text{ kA}$$

$$I_s = 7,08 \text{ kA}$$

Arus yang terbaca oleh CT sebesar :

$$I_1 = \frac{I_p \times \text{CT Margin}_{\text{HV}}}{n_{\text{CT}}} = \frac{(-1,22) \times 3,46}{1000/1} = (-4,221) \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{I_s \times \text{CT Margin}_{LV}}{n\text{CT}} = \frac{7,08 \times 1,09}{\frac{10000}{1}} = 0,772 \text{ A}$$

Sehingga besarnya arus diferensial yang terdeteksi sebesar :

$$I_{\text{diff}} = |I_1 - I_2| = |(-4,221) - 0,772| = 4,993 \text{ A}$$

Besar arus *restraint* saat gangguan internal sekunder fasa A adalah :

$$I_{\text{restraint}} = \max|I_1, I_2| = 4,221 \text{ A}$$

Prosentase *slope* ketika gangguan internal sekunder fasa A adalah :

$$\text{Slope (\%)} = \frac{I_{\text{diff}}}{I_{\text{restraint}}} \times 100\% = \frac{4,993}{4,221} \times 100\% = 118,28\%$$

## Fasa B

$$I_p = -2,38 \text{ kA}$$

$$I_s = 45,29 \text{ kA}$$

Arus yang terbaca oleh CT sebesar :

$$I_1 = \frac{I_p \times \text{CT Margin}_{HV}}{n\text{CT}} = \frac{(-2,38) \times 3,46}{\frac{1000}{1}} = (-8,235) \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{I_s \times \text{CT Margin}_{LV}}{n\text{CT}} = \frac{45,29 \times 1,09}{\frac{10000}{1}} = 4,937 \text{ A}$$

Sehingga besarnya arus diferensial yang terdeteksi sebesar :

$$I_{\text{diff}} = |I_1 - I_2| = |(-8,235) - 4,937| = 13,171 \text{ A}$$



Besar arus *restraint* saat gangguan internal sekunder fasa B adalah :

$$I_{\text{restraint}} = \max|I_1, I_2| = 8,235 \text{ A}$$

Prosentase *slope* ketika gangguan internal sekunder fasa B adalah :

$$\text{Slope (\%)} = \frac{I_{\text{diff}}}{I_{\text{restraint}}} \times 100\% = \frac{13,171}{8,235} \times 100\% = 159,95\%$$

### Fasa C

$$I_p = -1,19 \text{ kA}$$

$$I_s = 46,32 \text{ kA}$$

Arus yang terbaca oleh CT sebesar :

$$I_1 = \frac{I_p \times \text{CT Margin}_{\text{HV}}}{n\text{CT}} = \frac{(-1,19) \times 3,46}{\frac{1000}{1}} = (-4,117) \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{I_s \times \text{CT Margin}_{\text{LV}}}{n\text{CT}} = \frac{46,32 \times 1,09}{\frac{10000}{1}} = 5,049 \text{ A}$$

Sehingga besarnya arus diferensial yang terdeteksi sebesar :

$$I_{\text{diff}} = |I_1 - I_2| = |(-4,117) - 5,049| = 9,166 \text{ A}$$

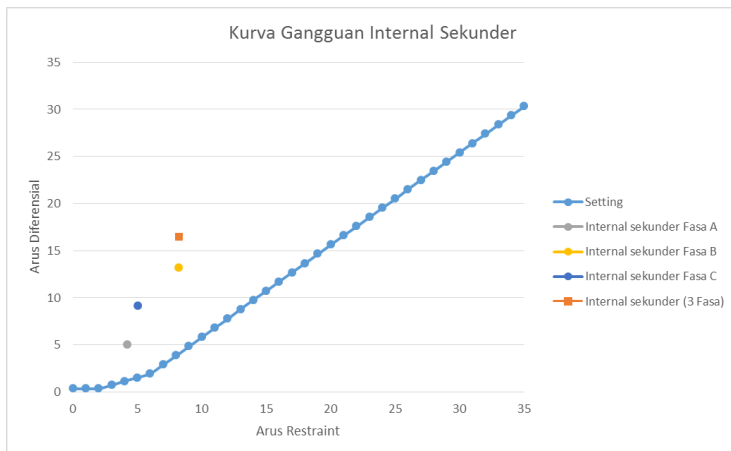
Besar arus *restraint* saat gangguan internal sekunder fasa C adalah :

$$I_{\text{restraint}} = \max|I_1, I_2| = 5,049 \text{ A}$$

Prosentase *slope* ketika gangguan internal sekunder fasa C adalah :

$$\text{Slope (\%)} = \frac{I_{\text{diff}}}{I_{\text{restraint}}} \times 100\% = \frac{9,166}{5,049} \times 100\% = 181,55\%$$

Gambar 4.28 merupakan kurva *slope* dengan gangguan internal pada sisi sekunder transformator 30BAT GSUT sesuai dengan perhitungan. Besar arus gangguan berada di atas *slope*, di mana zona tersebut merupakan *tripping zone* dari *relay* diferensial. Sehingga *relay* akan mendeteksi arus tersebut sebagai arus gangguan, dan memerintahkan CB untuk membuka.



**Gambar 4.28** Kurva Gangguan Internal Sekunder

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Setelah dilakukan *setting* koordinasi proteksi untuk PLTGU Grati Blok III Ekstensi, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada pemodelan sistem kelistrikan PLTGU Grati Blok III Ekstensi dibuat 3 tipikal yang dapat mewakili seluruh sistem kelistrikan. Tipikal ini bertujuan untuk mempermudah melakukan koordinasi proteksi pada sebuah sistem kelistrikan. Pemilihan tipikal ini berdasarkan saluran terpanjang dari transformator dengan *rating* 6 MVA, saluran terpanjang dari transformator dengan *rating* 10/12,5 MVA, dan saluran terpendek dengan beban terbesar.
2. *Grading time* antar *relay* sudah memenuhi standar IEEE 242, yaitu dalam *range* 0,2 – 0,4 detik. Sehingga *relay* pengaman utama tidak bekerja secara bersamaan dengan *relay backup* dan menghasilkan koordinasi yang benar. Misalnya pada tipikal 2, Relay35 dan Relay36 memiliki *grading time* 0,2 detik (dapat dilihat pada Gambar 4.6).
3. Untuk *setting differential relay*, data *setting* dari perusahaan sudah bagus, dengan nilai  $I_{pickup}$  0,34 pu ;  $I_{diff}$  0,34 pu ;  $I_{restraint}$  1,01 pu ;  $Slope_1$  39 % ;  $Slope_2$  98 % ;  $Breakpoint_1$  2 pu ; dan  $Breakpoint_2$  6 pu.

#### **5.2 Saran**

Setelah dilakukan *setting* koordinasi proteksi, terdapat beberapa saran yang dapat dipertimbangkan, yaitu :

1. Hasil *setting* koordinasi proteksi Tugas Akhir ini dapat digunakan sebagai pertimbangan *setting relay* pada sistem kelistrikan di PLTGU Grati Blok III Ekstensi.

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wahyudi, “*Diktat Kuliah Pengaman Sistem Tenaga Listrik*”, Teknik Elektro ITS, Surabaya, 2004.
- [2] *Standart IEC 60909-0, "Short-Circuit Currents in ThreePhase AC Systems", First Edition, 2001.*
- [3] Penangsang, Ontoseno, ”*Kestabilan Sistem Tenaga Listrik, Diktat Kuliah Analisis Sistem Tenaga Listrik*”, Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- [4] Préve, Christophe, “*Protection for Electrical Network*”, ISTE Ltd., London, Ch. 7, 9, 2006.
- [5] *Handout Presentation* PT. Petrokimia Gresik.
- [6] Lazar, Irwin, “*Electrical System Analysis and Design for Industrial Plant*”, McGraw-Hill Inc., USA, Ch. 1, 1980.
- [7] Penangsang, Ontoseno, ”*Konsep Dasar Hubung Singkat*”, Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- [8] Asy’ari, Hasyim, dkk.,”*Analisa Koordinasi Proteksi Instalasi Motor pada PT. Kusumaputra Santosa Karanganyar*”, *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi*, 2010.
- [9] Wahyudi, “*Pengaman Arus Lebih*”, Teknik Elektro ITS, Surabaya.
- [10] Dermawan, Erwin dan Nugroho, Dimas, ”*Analisa Koordinasi Over Current Relay dan Ground Fault Relay di Sistem Proteksi Feeder Gardu Induk 20KV Jababeka*”, *Jurnal Elektum Vol. 14 No. 2*, 2017.
- [11] \_\_\_\_, “*Relay Diferensial Trafo (ANSI CODE : 87T)*”.

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## LAMPIRAN

### ***Plotting Koordinasi Proteksi Over Current Relay Menggunakan Microsoft Excel***

a. Tipikal 1

#### **Relay7**

*Manufacture* : GE Multilin  
*Model* : F650  
*FLA 31BFT* : 146,6 A (sisi primer)  
*I<sub>sc max</sub> Bus 5* : 12150 A  
*Curve Type* : IEC Curve A  
*CT ratio* : 200/1

#### *Time Overcurrent Pickup*

1,05 FLA	≤	I <sub>set</sub>	<	1,4 FLA
1,05(146,6)	≤	I <sub>set</sub>	<	1,4 (146,6)
153,93	≤	I <sub>set</sub>	<	205,24

Dipilih I<sub>set</sub> = 205,2 A

#### *Time Dial*

Ditentukan waktu operasi (t) = 0,1 detik

$$M = \frac{t \times \left[ \left( \frac{I_{sc \max}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$$M = \frac{0,1 \times \left[ \left( \frac{12150}{205,2} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$$M = 0,06$$

### **Relay40**

<i>Manufacture</i>	:	GE Multilin
<i>Model</i>	:	F650
<i>FLA 31BBT UAT</i>	:	549,9 A (sisi sekunder)
$I_{sc \max}$ Bus 31BBA01	:	12150 A
<i>Curve Type</i>	:	IEC Curve A
<i>CT ratio</i>	:	800/1

#### *Time Overcurrent Pickup*

1,05 FLA	$\leq$	$I_{set}$	$<$	1,4 FLA
1,05(549,9)	$\leq$	$I_{set}$	$<$	1,4 (549,9)
577,395	$\leq$	$I_{set}$	$<$	769,86

Dipilih  $I_{set} = 760$  A

#### *Time Dial*

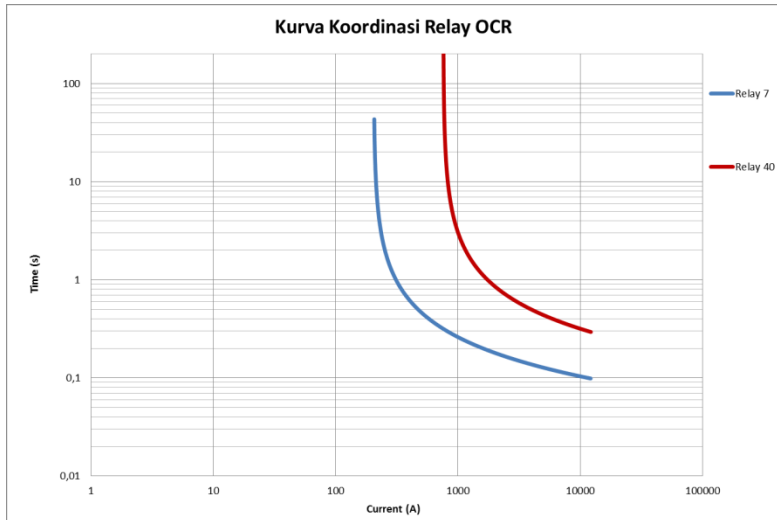
Ditentukan waktu operasi (t) = 0,3 detik

$$M = \frac{t \times \left[ \left( \frac{I_{sc \max}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$$M = \frac{0,3 \times \left[ \left( \frac{12150}{760} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$$M = 0,12$$





**Gambar 1** Kurva Koordinasi *Inverse Over Current Relay* Tipikal 1

b. Tipikal 2

### Relay35

*Manufacture* : GE Multilin

*Model* : F650

*FLA 30BFT* : 146,6 A

$I_{sc \max}$  Bus 30BBA01 : 24450 A

*Curve Type* : IEC Curve A

*CT ratio* : 200/1

#### *Time Overcurrent Pickup*

$$1,05 \text{ FLA} \leq I_{set} < 1,4 \text{ FLA}$$

$$1,05(146,6) \leq I_{set} < 1,4 (146,6)$$

$$153,93 \leq I_{set} < 205,24$$

Dipilih  $I_{set} = 205,2 \text{ A}$

Time Dial

Ditentukan waktu operasi (t) = 0,1 detik

$$M = \frac{t \times \left[ \left( I_{sc \max} / I_{set} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$$M = \frac{0,1 \times \left[ \left( 24450 / 205,2 \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$$M = 0,07$$

**Relay36**

*Manufacture* : GE Multilin

*Model* : F650

*FLA 30BBT UAT* : 1146 A

*I<sub>sc max</sub> Bus 30BBA01* : 24450 A

*Curve Type* : IEC Curve A

*CT ratio* : 1500/1

Time Overcurrent Pickup

1,05 FLA ≤ I<sub>set</sub> < 1,4 FLA

1,05 (1146) ≤ I<sub>set</sub> < 1,4 (1146)

1203,3 ≤ I<sub>set</sub> < 1604,4

Dipilih I<sub>set</sub> = 1500 A

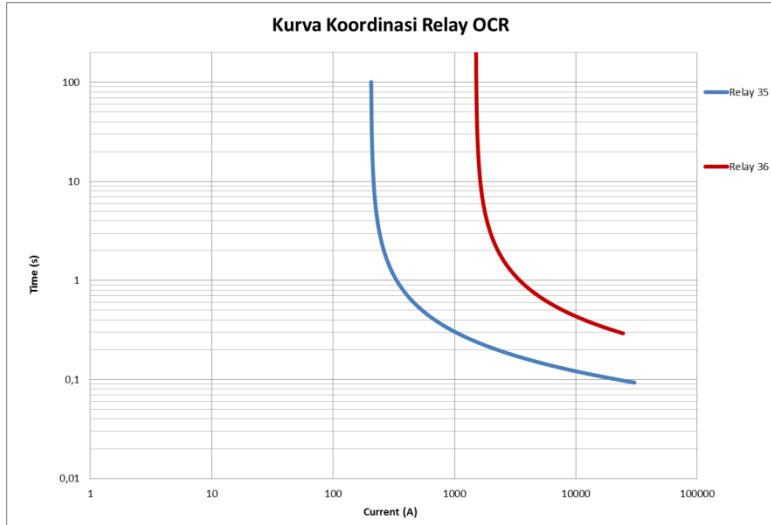
Time Dial

Ditentukan waktu operasi (t) = 0,3

$$M = \frac{t \times \left[ \left( I_{sc \max} / I_{set} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$$M = \frac{0,3 \times \left[ \left( 24450 / 1500 \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$$M = 0,12$$



**Gambar 2** Kurva Koordinasi *Inverse Over Current Relay* Tipikal 2

c. Tipikal 3

### Relay34

*Manufacture* : GE Multilin  
*Model* : M60  
*FLA motor FWP-1* : 177 A  
*I<sub>sc min</sub> Bus 15* : 21760 A  
*Curve Type* : IEC Curve A  
*CT ratio* : 300/1

#### Instantaneous Pickup

1,6 FLA	≤	I <sub>set</sub>	<	0,8 I <sub>sc min</sub>
1,6 (177)	≤	I <sub>set</sub>	<	0,8 (21760)
283,2	≤	I <sub>set</sub>	<	17408

Dipilih I<sub>set</sub> = 1410 A

#### Time Delay

Dipilih *time delay* 0,15 s

### **Relay36**

*Manufacture* : GE Multilin  
*Model* : F650  
*FLA 30BBT UAT* : 1146 A  
*I<sub>sc max</sub> Bus 30BBA01* : 24450 A  
*Curve Type* : IEC Curve A  
*CT ratio* : 1500/1

#### *Time Overcurrent Pickup*

1,05 FLA	≤	I <sub>set</sub>	<	1,4 FLA
1,05 (1146)	≤	I <sub>set</sub>	<	1,4 (1146)
1203,3	≤	I <sub>set</sub>	<	1604,4

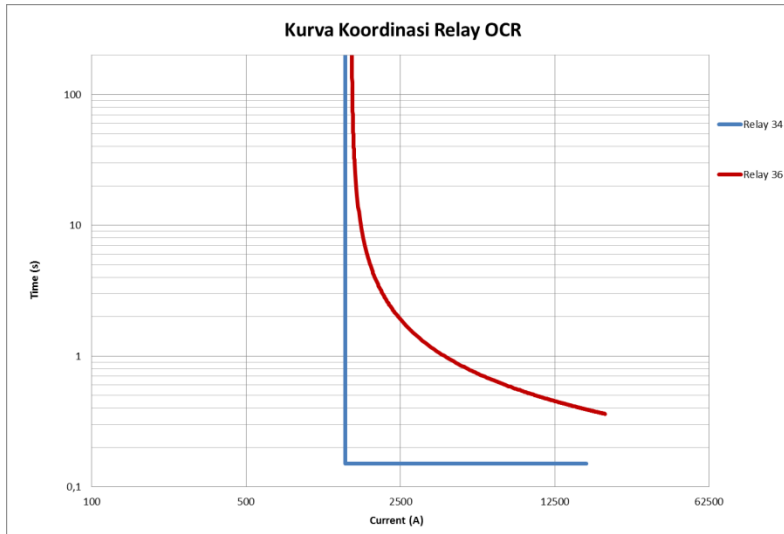
Dipilih I<sub>set</sub> = 1500 A

#### *Time Dial*

Ditentukan waktu operasi (t) = 0,35

$$M = \frac{t \times \left[ \left( \frac{I_{sc \max}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$
$$M = \frac{0,35 \times \left[ \left( \frac{24450}{1500} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$$M = 0,14$$



**Gambar 3** Kurva Koordinasi *Inverse Over Current Relay* Tipikal 3

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : Diana Yufika Anshori  
TTL : Tulungagung, 31 Maret 1995  
Jenis Kelamin : Perempuan  
Agama : Islam  
Alamat Rumah : Dsn. Krajan Ds. Karangsono  
¾ Ngunut Tulungagung  
No. HP : 085730161669  
Email : dianayufika@gmail.com

### RIWAYAT PENDIDIKAN

- 2002-2008 : SDI Al Azhaar Tulungagung
- 2008-2011 : SMPN 1 Tulungagung
- 2011-2014 : SMAN 1 Kedungwaru
- 2014-2017 : D3 Teknik Elektro, Program Studi Komputer Kontrol Departemen Teknik Elektro Otomasi, ITS
- 2017-2019 : Lintas Jalur S1 Teknik Elektro, Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, ITS

### PENGALAMAN KERJA PRAKTEK

- Kerja Praktek di PT. PJB UPHT Gresik (2016)
- Kerja Praktek di PT Indonesia Power UPJP Kamojang Unit PLTP Darajat (2018)

### PENGALAMAN ORGANISASI

- Staff Departemen Riset dan Teknologi Himpunan Mahasiswa D3 Teknik Elektro, ITS (2015-2016)

### PENGALAMAN KEPANITIAAN

- Staff Sie Kestari FTI OLYMPIC GAMES (FOG)
- Staff Sie Konsumsi IARC (*Industrial Automatic Robot Competition*) tahun 2015 dan 2016