



**TUGAS AKHIR - TE 141599**

**ANALISIS DAN EVALUASI SISTEM KOORDINASI  
PROTEKSI PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS  
UAP (PLTGU) PT PJB UP MUARA KARANG BLOK I**

Muhammad Fakhri Hadiyanto

NRP 07111440000050

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Margo Pujiantara, M.T.

Ir. Sjamsjul Anam, M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO

Fakultas Teknologi Elektro

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2018





**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**FINAL PROJECT - TE 141599**

# **ANALYSIS AND EVALUATION THE SYSTEM OF COORDINATION PROTECTION AT STEAM GAS POWER PLANT (PLTGU) PT PJB UP MUARAKARANG BLOCK I**

Muhammad Fakhri Hadiyanto

NRP 07111440000050

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 2018



## **PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR**

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “**Analisis Dan Evaluasi Sistem Koordinasi Proteksi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) PT PJB UP Muara Karang Blok I**” 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 pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Mei 2018

**Muhammad Fakhri Hadiyanto**  
NRP 0711144000050



**LEMBAR PENGESAHAN**  
**ANALISIS DAN EVALUASI SISTEM KOORDINASI**  
**PROTEKSI PADA PEMBANGKIT LISTRIK**  
**TENAGA GAS UAP (PLTGU) PT PJB UP MUARA**  
**KARANG BLOK I**

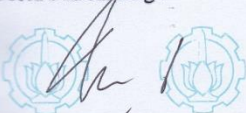
**TUGAS AKHIR**


Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga  
Jurusan Teknik Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

  
Dr. Ir. Margo Pujiantara, M.T.  
NIP 196603181990101001

  
Ir. Sjamsjul Anam, M.T.  
NIP 196307251990031002







# ANALISIS DAN EVALUASI SISTEM KOORDINASI PROTEKSI PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS UAP (PLTGU) PT PJB UP MUARA KARANG BLOK I

**Nama** : Muhammad Fakhri Hadiyanto  
**Pembimbing I** : Dr. Ir. Margo Pujiantara, M.T.  
**Pembimbing II** : Ir. Sjamsjul Anam, M.T.

## ABSTRAK

Proteksi pada sistem kelistrikan untuk mengamankan suatu peralatan listrik memiliki peran yang sangat penting. Sistem proteksi memiliki fungsi untuk mendeteksi gangguan hubung singkat dan dapat mencegah peralatan listrik mengalami kerusakan akibat gangguan. Sistem proteksi ini perlu koordinasi yang baik agar sistem bekerja secara handal. PLTGU PJB Muara Karang Blok I merupakan salah satu kompleks pembangkit yang sangat vital di Jakarta. Apabila terjadi gangguan pada sistem kelistrikan, maka aliran listrik di daerah Jakarta khususnya objek vital di daerah tersebut akan terganggu jika pemilihan proteksi tidak tepat. Oleh karena itu, diperlukan studi analisis dan evaluasi terhadap pengaman sistem. Tugas akhir ini akan membahas tentang analisis dan evaluasi rele pengaman pada PLTGU PJB Muara Karang Blok I. Pembahasan akan berfokus pada setting koordinasi rele arus lebih fasa dan rele arus lebih *ground* yang tepat. Dari hasil analisis koordinasi proteksi kurva rele pengaman eksisting dapat diketahui bahwa terdapat setting *pick up* dan pemilihan *time dial* yang masih harus dikoordinasikan dengan baik, sehingga pada kurva rele pengaman eksisting masih terdapat *grading time* yang tidak sesuai dengan standar pembukaan CB, sehingga memungkinkan rele utama dan rele *backup* bekerja secara bersamaan. Pada kurva rele arus lebih *ground* eksisting masih menggunakan kurva invers sehingga disarankan untuk melakukan resetting dan mengganti dengan kurva waktu instan (*definite time*).

**Kata kunci** : koordinasi proteksi, gangguan, rele pengaman.

---Halaman ini sengaja dikosongkan---

**ANALYSIS AND EVALUATION THE SYSTEM OF  
COORDINATION PROTECTION AT STEAM GAS  
POWER PLANT (PLTGU) PT PJB UP  
MUARAKARANG BLOCK I**

**Name** : Muhammad Fakhri Hadiyanto  
**1<sup>st</sup> Advisor** : Dr. Ir. Margo Pujiantara, M.T.  
**2<sup>nd</sup> Advisor** : Ir. Sjamsjul Anam, M.T.

***ABSTRACT***

*Protection of electrical systems to secure an electrical apparatus has a very important role. The protection system has a function to detect short circuit faults and may prevent electrical equipment from being damaged by interference. This protection system needs good coordination for the system to work reliably. PLTGU PJB Muara Karang Block I is one of the most vital power plant in Jakarta. In the event of a disruption to the electrical system, the flow of electricity in the Jakarta area, especially in the vital objects of the area will be disrupted if the selection of protection is not appropriate. Therefore, it is necessary to study the analysis and evaluation of system protection. This final project will discuss about the analysis and evaluation of protection at PLTGU PJB Muara Karang Block I. The discussion will focus on setting coordination of phase overcurrent and ground fault. From the coordination analysis of existing curve protection, it can be seen that there is a pick up setting and time dial selection which must be coordinated well, so that on the existing safety relay curve there is grading time that is not in accordance with the CB opening standard, thus allowing major releases and rele backups work simultaneously. In the current overcurrent curve curve still uses the inverse curve so it is advisable to reset and replace with an instant time curve (definite time).*

**Keywords** : coordination of protection, faults, safety relay.

---Halaman ini sengaja dikosongkan---

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Analisis dan Evaluasi Sistem Koordinasi Proteksi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) PT PJB UP Muara Karang Blok I”.

Tugas akhir ini merupakan salah satu mata kuliah yang harus ditempuh dalam persyaratan akademik program studi S1 di Departemen Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Dalam proses penyusunan tugas akhir ini terdapat pihak-pihak yang sangat berjasa dalam membantu. Oleh karena itu, tidak lupa ucapan terima kasih pantas disampaikan kepada:

1. Dr. Ir. Margo Pujiantara, M.T. dan Ir. Sjamsjul Anam, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, saran dan masukan selama penyusunan tugas akhir ini.
2. Ayah, Mamah, Teteh serta segenap keluarga yang telah menjadi *support system* bagi penulis.
3. Seluruh rekan dan sahabat, Sera, Lia, Banu, Giffari, Guntur, Tegar, Januardi serta rekan lain yang telah memberikan bantuan dan dukungan selama ini.
4. Teman-teman E54, dosen, karyawan, serta seluruh keluarga besar Teknik Elektro ITS yang telah memberikan dukungan dalam pengerjaan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih terdapat kekurangan. Pada kesempatan ini penulis masih membuka pintu kritik dan saran. Sehingga kritik dan saran tersebut dapat menjadi acuan agar dapat memperbaiki tugas akhir ini. Penulis amat berharap agar tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Surabaya, Mei 2018

Penulis

---Halaman ini sengaja dikosongkan---

## DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
ABSTRAK.....	v
<i>ABSTRACT</i> .....	vii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Permasalahan.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Metodologi .....	2
1.5 Sitematika Pembahasan .....	3
1.6 Relevansi dan Manfaat .....	4
BAB 2 KOORDINASI PROTEKSI SISTEM KELISTRIKAN .....	5
2.1 Gangguan Arus Pada Sistem Kelistrikan.....	5
2.2 Perhitungan Arus Hubung Singkat .....	6
2.3 Rele Arus Lebih ( <i>Overcurrent Relay</i> ) .....	9
2.3.1 Rele Arus Lebih Waktu Kerja Instan ( <i>Instantaneous OCR</i> )..	9
2.3.2 Rele Arus Lebih Waktu Kerja Tertentu ( <i>Definite Time OCR</i> ) .....	10
2.3.3 Rele Arus Lebih Kerja Waktu <i>Invers</i> .....	11
2.4 <i>Setting</i> Rele Arus Lebih.....	12

2.4.1 <i>Setting</i> Rele Arus Lebih Waktu <i>Invers</i> .....	12
2.4.2 <i>Setting</i> Rele Arus Lebih Waktu Instan .....	13
2.5 Rele Gangguan Tanah .....	14
2.6 <i>Setting</i> Rele Gangguan Tanah .....	14
<b>BAB 3 SISTEM KELISTRIKAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS UAP (PLTGU) PJB MUARA KARANG BLOK I .....</b>	<b>15</b>
3.1 Sistem Kelistrikan PJB Muara Karang Blok I.....	15
3.2 Kapasitas Pembangkit .....	16
3.3 Sistem Distribusi di Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) Muara Karang Blok I.....	17
3.4 Pembebanan di Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) Muara Karang Blok I.....	18
<b>BAB 4 HASIL SIMULASI DAN ANALISIS SETTING PROTEKSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS UAP (PLTGU) PJB MUARA KARANG BLOK I .....</b>	<b>21</b>
4.1 Pemodelan Sistem Kelistrikan Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) PJB Muara Karang Blok I.....	21
4.2 Pemilihan Tipikal Koordinasi pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) PJB Muara Karang Blok I .....	21
4.3 Analisis Arus Gangguan Hubung Singkat.....	22
4.3.1 Hubung Singkat Minimum 30 Cycle.....	23
4.3.2 Hubung Singkat Maksimum 4 <i>Cycle</i> .....	23
4.4 Koordinasi Rele Arus Lebih Gangguan Fasa .....	24
4.4.1 Koordinasi Rele Arus Lebih Gangguan Fasa Tipikal 1 .....	24
4.4.2 Koordinasi Rele Arus Lebih Gangguan Fasa Tipikal 2 .....	35
4.4.3 Koordinasi Rele Arus Lebih Gangguan Fasa Tipikal 3 .....	44
4.5 Koordinasi Rele Arus Lebih Gangguan ke Tanah.....	54
4.5.1 <i>Setting</i> Koordinasi Rele Arus Lebih Gangguan Ke Tanah .....	55



BAB 5 PENUTUP .....	59
5.1 Kesimpulan.....	59
5.2 Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA .....	61
BIOGRAFI PENULIS .....	63

---Halaman ini sengaja dikosongkan---

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Karakteristik rele arus lebih waktu kerja <i>instant</i> .....	10
Gambar 2.2 Karakteristik rele arus lebih waktu kerja <i>definite</i> .....	10
Gambar 2.3 Karakteristik rele arus lebih waktu kerja <i>definite</i> .....	11
Gambar 2.4 Karakteristik rele arus lebih waktu kerja <i>definite</i> .....	12
Gambar 3.1 Single line diagram PLTGU Muara Karang Blok I.....	16
Gambar 4.1 Pemilihan tipikal kordinasi proteksi .....	22
Gambar 4.2 <i>Single line diagram</i> tipikal 1 .....	25
Gambar 4.3 <i>Time-current curve</i> eksisting Tipikal 1 .....	30
Gambar 4.4 Plot <i>Time current curve</i> tipikal 1 (SACE Tmax).....	34
Gambar 4.5 Plot <i>Time current curve</i> tipikal 1 (Merlin Gerin) .....	34
Gambar 4.6 <i>Single line diagram</i> tipikal 2 .....	35
Gambar 4.7 <i>Time-current curve</i> eksisting Tipikal 2 .....	37
Gambar 4.8 Plot <i>Time current curve</i> tipikal 2 (SACE Tmax).....	34
Gambar 4.9 Plot <i>Time current curve tipikal 2</i> (Merlin Gerin) .....	44
Gambar 4.10 <i>Single line diagram</i> tipikal 3 .....	45
Gambar 4.11 <i>Time-current curve</i> eksisting Tipikal 3 .....	46
Gambar 4.12 Plot <i>Time current curve</i> tipikal 3 (SACE Tmax).....	53
Gambar 4.13 Plot <i>Time current curve</i> tipikal 3 (Merlin Gerin) .....	53
Gambar 4.14 <i>Single line diagram</i> rele <i>ground fault</i> .....	45
Gambar 4.15 Plot <i>Time current curve</i> eksisting rele <i>ground fault</i> .....	53
Gambar 4.16 Plot <i>resetting Time current curve</i> rele <i>ground fault</i> .....	62

---Halaman ini sengaja dikosongkan---

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Persamaan arus hubung singkat .....	6
Tabel 2.2 Koefisien Invers Time Dial .....	13
Tabel 3.1 Data kapasitas pembangkit di PLTGU Muara Karang Blok I17	
Tabel 3.2 Data level tegangan di PLTGU Muara Karang Blok I .....	19
Tabel 3.3 Data rating trafo di PLTGU Muara Karang Blok I .....	17
Tabel 3.4 Data kabel di PLTGU Muara Karang Blok I .....	20
Tabel 3.5 Data pembebanan di PLTGU Muara Karang Blok I .....	18
Tabel 4.1 Data hubung singkat minimum 30 cycle .....	23
Tabel 4.2 Data hubung singkat maksimum 4 cycle.....	24

---Halaman ini sengaja dikosongkan---

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pembangkit listrik tenaga gas uap (PLTGU) PT PJB UP Muara Karang merupakan salah satu pembangkit listrik yang dibangun oleh pemerintah Indonesia sebagai pemasok tenaga listrik Jawa-Bali. PLTGU PT PJB UP Muara Karang merupakan salah satu kompleks pembangkit yang sangat vital dan penting. Berperan utama dalam memenuhi kebutuhan listrik Ibukota Jakarta, terutama daerah-daerah VVIP seperti Istana Presiden, Gedung MPR/DPR. Setiap tahun membangkitkan energi listrik rata-rata 7.900 GWh yang disalurkan melalui Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi 500 kV dan Saluran Udara Tegangan Tinggi 150 kV ke sistem interkoneksi Jawa Bali. Penentuan *setting* parameter pada sistem proteksi yang tepat sangat dibutuhkan pada PLTGU PT PJB UP Muara Karang untuk melakukan pengamanan pada beban yang bersifat selektif dan akurat saat terjadi gangguan. Maka dari itu, dibutuhkan koordinasi proteksi yang baik untuk menjaga kontinuitas terbangkitnya listrik untuk memenuhi kebutuhan vital negara dan masyarakat.

Salah satu peralatan pada sistem proteksi adalah rele arus lebih. Rele arus lebih merupakan peralatan yang dapat merasakan adanya arus lebih yang disebabkan karena adanya gangguan hubung singkat maupun adanya beban berlebih (*overload*) yang dapat merusak peralatan yang berada di wilayah proteksi.

Pada sistem kelistrikan suatu pembangkit dibutuhkan koordinasi pembangkit yang tepat yaitu pemilihan *circuit breaker* dan *time dial* yang tepat sehingga didapatkan *grading time* yang sesuai standar. Pada PLTGU PT PJB Muara Karang Blok I perlu dilakukan analisis koordinasi proteksi karena pemilihan setting LVCB MCC dan PCC masih belum baik dilihat dari *grading time* dan urutan pembukaan *circuit breaker*, sehingga rele utama dan rele *backup* peralatan bekerja dengan baik dan pembukaan *circuit breaker backup* tidak menimbulkan kerugian operasional karena koordinasi yang kurang baik.

Pada Tugas akhir ini dibahas analisis *setting* rele arus lebih pada PLTGU PT PJB Muara Karang Blok I. Hasil analisis tersebut akan

digunakan sebagai referensi untuk menentukan *setting* rele arus lebih yang tepat. Sehingga sistem proteksi dapat bekerja dengan cepat dan selektif dalam memutuskan arus gangguan.

## 1.2 Permasalahan

Permasalahan yang dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. Pemilihan *setting* koordinasi proteksi rele arus lebih pada bus MCC, PCC, dan UAT.
2. *Grading time* pembukaan *circuit breaker* (cb) pada rele motor, MCC, PCC, dan UAT yang masih belum baik.
3. Koordinasi proteksi rele *ground* pada rele UAT.

## 1.3 Tujuan

Tujuan dari Tugas Akhir ini diharapkan sebagai berikut :

1. Memodelkan, mensimulasikan, dan menganalisis sistem kelistrikan di PLTGU PT PJB Muara Karang Blok I.
2. Menentukan *setting* rele arus lebih fasa dan *ground* yang tepat dan handal di PLTGU PT PJB Muara Karang Blok I.

## 1.4 Metodologi

Metode yang digunakan pada tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Studi literatur  
Studi literatur dilakukan untuk menyelesaikan masalah yang berhubungan dengan judul tugas akhir agar penguasaan materi lebih baik. Yaitu dengan mengumpulkan referensi-referensi yang berkaitan dengan studi yang diambil. Studi yang akan dilakukan mengenai rele arus lebih sesuai dengan permasalahan yang dihadapi.
2. Pengumpulan Data  
Mengumpulkan data-data yang dibutuhkan mengenai sistem kelistrikan pada PLTGU PT PJB Muara Karang Blok I baik *single line diagram* maupun spesifikasi peralatan (generator, kabel, motor, trafo, dan *single line diagram*).
3. Pemodelan Sistem  
Menginterpretasikan data yang diperoleh dengan menggunakan *software* ETAP. Permodelan yang dibuat yaitu sistem kelistrikan PLTGU PT PJB Muara Karang Blok I dan memasukkan data rating peralatan yang ada pada *software* ETAP.



4. Simulasi dan Analisis Hubung Singkat  
Selanjutnya adalah mengolah data dalam bentuk simulasi untuk mengetahui *Load Flow* dan arus hubung singkat. Analisa *Load Flow* digunakan untuk menentukan tegangan, arus, daya aktif atau daya reaktif di berbagai macam titik/bus pada jaringan listrik dalam kondisi operasi normal. Sedangkan nilai arus hubung singkat digunakan untuk menentukan setting rele proteksi.
5. Perhitungan *setting* rele  
Menghitung *setting* rele yang akan digunakan dengan mempertimbangkan parameter-parameter yang telah ada.
6. Plot TCC  
Plot TCC digunakan untuk melihat apakah koordinasi proteksi serta *setting* rele yang digunakan telah baik. Apabila masih terdapat kesalahan maka diperlukan *resetting*.
7. Penarikan kesimpulan  
Memberikan kesimpulan dan rekomendasi kepada PLTGU PT PJB Muara Karang Blok I *setting* rele yang baik untuk digunakan.
8. Penulisan buku tugas akhir  
Penulisan laporan adalah rangkuman kesimpulan akhir dari beberapa rangkaian metodologi diatas untuk menggambarkan hasil serta analisis dan simulasi yang telah dilakukan.

## 1.5 Sitematika Pembahasan

Sistematika pembahasan dalam Tugas Akhir ini terdiri atas lima bab dengan uraian sebagai berikut:

1. BAB 1 Pendahuluan  
Bab ini meliputi penjelasan tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan, metodologi, sistematika pembahasan, relevansi dan manfaat dari tugas akhir.
2. BAB 2 Dasar Teori  
Bab ini menjelaskan mengenai teori-teori penunjang yang berkaitan dengan tugas akhir.
3. BAB 3 Sistem Kelistrikan PT PJB Muara Karang Blok I  
Bab ini membahas tentang konfigurasi kelistrikan eksisting pada PLTGU PT PJB Muara Karang Blok I.
4. BAB 4 Simulasi dan Analisis

Bab ini membahas hasil simulasi yang telah dilakukan disertai dengan perhitungan-perhitungan untuk menentukan setting rele sehingga menghasilkan koordinasi proteksi yang lebih baik.

5. BAB 5 Penutup

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari studi literatur, simulasi dan analisis yang telah dilakukan.

### **1.6 Relevansi dan Manfaat**

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

1. Dapat digunakan sebagai rekomendasi bagi PLTGU PT PJB UP Muara Karang dalam melakukan *setting* rele arus lebih.
2. Dapat digunakan sebagai referensi mengenai studi rele arus lebih bagi mahasiswa yang akan mengerjakan Tugas Akhir dengan permasalahan yang serupa.

## **BAB 2**

### **KOORDINASI PROTEKSI SISTEM KELISTRIKAN**

Sistem proteksi merupakan sistem yang sangat penting dalam suatu sistem kelistrikan. Sistem proteksi memiliki fungsi untuk mengurangi gangguan atau melindungi peralatan pada suatu sistem kelistrikan khususnya peralatan utama suatu sistem apabila terjadi gangguan hubung singkat [1]. Selain itu, sistem proteksi harus dapat memisahkan daerah yang mengalami gangguan dengan daerah yang tidak mengalami gangguan agar peralatan dalam kondisi yang aman ketika mengalami gangguan. Dengan adanya sistem proteksi, gangguan tidak akan meluas serta kerugian yang ditimbulkan dapat diminimalisasi.

#### **2.1 Gangguan Arus Pada Sistem Kelistrikan**

Gangguan arus pada sistem kelistrikan umumnya yang sering terjadi adalah gangguan beban lebih (*overload*) dan gangguan hubung singkat (*short circuit*).

##### **2.1.1 Gangguan Beban Lebih**

Gangguan beban lebih merupakan gangguan arus pada sistem kelistrikan yang terjadi karena arus yang mengalir melebihi arus nominal yang diizinkan ( $I > I_n$ ). Ketika gangguan ini terjadi arus yang mengalir akan mengalir melebihi dari kapasitas peralatan listrik, sehingga peralatan listrik akan mudah untuk rusak.

##### **2.1.2 Gangguan Hubung Singkat**

Gangguan hubung singkat merupakan suatu gangguan pada sistem kelistrikan yang terjadi karena adanya hubungan antar fasa atau antara fasa dengan *ground* [2]. Gangguan ini menimbulkan arus yang sangat besar sehingga gangguan ini dapat merusak peralatan listrik yang berada dekat dengan titik gangguan. Gangguan ini dapat dibagi menjadi dua yaitu hubung singkat simetri dan hubung singkat tak simetri (asimetri) [3].

Gangguan hubung singkat simetri merupakan gangguan yang terdiri dari gangguan hubung singkat tiga fasa dengan *ground* (L-L-L-G)

dan gangguan hubung singkat tiga fasa (L-L-L). Gangguan ini menyebabkan tegangan pada titik terjadi gangguan akan bernilai 0 namun arus yang mengalir ke titik gangguan bernilai sangat besar.

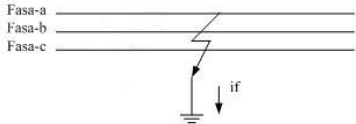
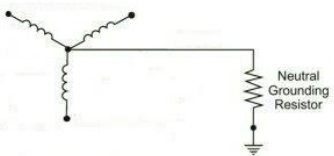
Gangguan hubung singkat asimetri merupakan gangguan yang terdiri dari gangguan dua fasa (L-L), dua fasa denganground (L-L-G),serta satu fasa ke tanah (L-G). Gangguan ini menyebabkan dua fenomena, yaitu arus lebih pada fasa yang terganggu dan kenaikan tegangan pada fasa yang tidak terganggu. Gangguan hubung singkat tak simetri adalah gangguan yang sering terjadi dalam sistem kelistrikan.

Hubung singkat akan mengakibatkan berhentinya kontinuitas daya karena pembukaan *circuit breaker*, namun peralatan dalam sistem kelistrikan akan terhindar dar kerusakan.

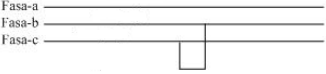
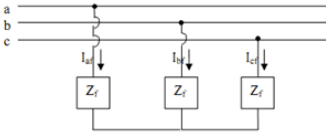
## 2.2 Perhitungan Arus Hubung Singkat

Berdasarkan gangguan hubung singkat yang terjadi maka besar arus hubung singkat dapat dijabarkan rumusnya sebagai berikut [4]:

Tabel 2.1 Persamaan arus hubung singkat

Gangguan Hubung Singkat	Rangkaian SC dan Pengganti	Persamaan
1 fasa ke tanah		$I_b = 0$ $I_c = 0$ $V_a = 0$ $I_{SC1\phi} = \frac{3 \times V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_0}$
1 fasa ke tanah (dengan NGR)		$I_{SC1\phi} = \frac{3 \times V_f}{z_1 + z_2 + z_0 + 3R_0}$

Tabel 2.2 Persamaan arus hubung singkat (lanjutan)

<p>2 fasa</p>		<p> <math>I_a = 0</math>  <math>I_b = -I_c</math>  <math>V_b = V_c</math>  <math>I_{SC2\phi} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2}</math>  <math>I_{SC2\phi} = 0,866 \times I_{SC3\phi}</math> </p>
<p>3 fasa</p>		<p> <math>V_a = V_b = V_c</math>  <math>I_{SC3\phi} = \frac{V_f}{Z_1}</math> </p>

Berdasarkan tabel 2.1 rumus hubung singkat dapat dijelaskan sebagai berikut:

- **Hubung Singkat 1 Fasa Ke Tanah**

Hubung singkat 1 fasa ke tanah merupakan gangguan yang termasuk gangguan asimetris. Besarnya arus hubung singkat 1 fasa ke tanah dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$I_{SC1\phi} = \frac{3 \times V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_0} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

- $I_{SC1\phi}$  = arus hubung singkat 1 fasa ke tanah
- $V_f$  = tegangan bus saat gangguan
- $Z_1$  = impedansi urutan positif
- $Z_2$  = impedansi urutan negatif
- $Z_0$  = impedansi urutan nol

- **Hubung Singkat 2 fasa**

Hubung singkat 2 fasa merupakan gangguan yang terjadi ketika antar fasa yang ada saling berhubungan. Hubung singkat 2 fasa termasuk hubung singkat asimetri dan biasanya gangguan ini

jarang terjadi. Besarnya arus hubung singkat 2 fasa dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$I_{SC2\phi} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

- $I_{SC2\phi}$  = arus hubung singkat 2 fasa
- $V_f$  = Tegangan bus saat gangguan
- $Z_1$  = impedansi urutan positif
- $Z_2$  = impedansi urutan negatif

Sedangkan, persamaan  $I_{SC2\phi} = 0,866 \times I_{SC3\phi}$  didapatkan dari perhitungan sebagai berikut:

$$I_{SC2\phi} = \frac{V_{LL}}{x_1 + x_2}$$

$$I_{SC2\phi} = \frac{\sqrt{3} \times V_{LN}}{2 \times x_1}$$

$$I_{SC2\phi} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{SC3\phi}$$

$$I_{SC2\phi} = 0,866 \times I_{SC3\phi} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

- $I_{SC2\phi}$  = arus hubung singkat 2 fasa
- $I_{SC3\phi}$  = arus hubung singkat 3 fasa
- $V_{LN}$  = tegangan *line to netral*
- $V_{LL}$  = tegangan *line to line*
- $X_1$  = reaktansi urutan positif
- $X_2$  = reaktansi urutan negatif

- **Hubung Singkat 3 Fasa Ke Tanah**

Hubung singkat 3 fasamerupakan gangguan yang termasuk gangguan simetris. Gangguan ini menyebabkan arus gangguan yang paling besar. Maka dibutuhkan perhitungan yang tepat untuk pemilihan peralatan listrik dan pengamannya. Besarnya

arus hubung singkat 3 fasa dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$I_{SC3\phi} = \frac{V_f}{Z_1} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

- $I_{SC3\phi}$  = arus hubung singkat 3 fasa ke tanah
- $V_f$  = tegangan bus saat gangguan
- $Z_1$  = impedansi urutan positif
- $Z_2$  = impedansi urutan negatif
- $Z_0$  = impedansi urutan nol

### 2.3 Rele Arus Lebih (*Overcurrent Relay*)

Rele arus lebih dapat mengamankan gangguan beban lebih (*overload*) dan gangguan hubung singkat (*short circuit*) [5]. Rele arus lebih adalah rele yang bekerja jika nilai arus yang mengalir pada sistem kelistrikan melebihi nilai settingnya. Rele ini bekerja ketika memenuhi keadaan berikut [6] :

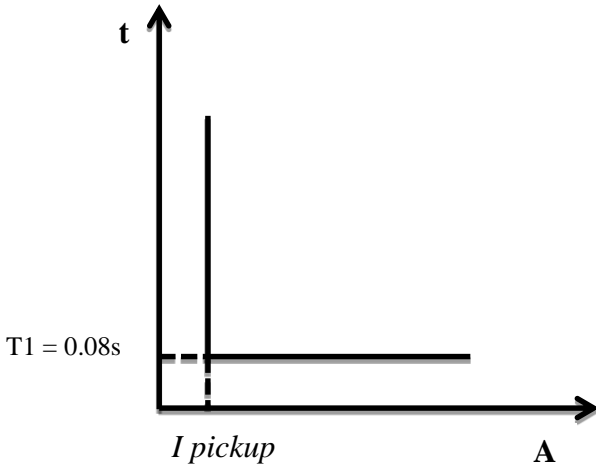
$I_f > I_p$  rele bekerja (trip)

$I_f < I_p$  rele tidak bekerja (blok)

$I_p$  atau arus primer merupakan nilai *setting* yang dinyatakan pada sisi sekunder CT. Sedangkan  $I_f$  atau arus *fault* merupakan nilai arus gangguan yang juga dinyatakan pada sisi sekunder CT. Terdapat beberapa jenis rele arus lebih antara lain rele arus lebih waktu tertentu, rele arus lebih waktu invers dan rele arus lebih waktu instan.

#### 2.3.1 Rele Arus Lebih Waktu Kerja Instan (*Instantaneous OCR*)

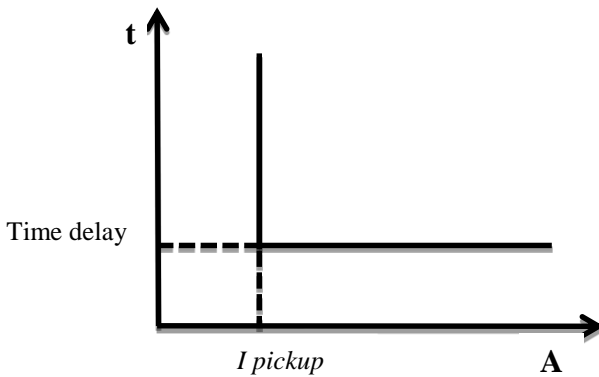
*Instantaneous OCR* merupakan rele yang bekerja tanpa adanya *time delay* atau *delay* waktu pada saat arus yang mengalir melebihi nilai settingnya. Karakteristiknya sebagai berikut:



Gambar 2.1 Karakteristik rele arus lebih waktu kerja instan

### 2.3.2 Rele Arus Lebih Waktu Kerja Tertentu (*Definite Time OCR*)

*Definite Time OCR* merupakan Rele yang bekerja sesuai dengan waktu tunda yang telah ditentukan. Dengan rele jenis *Definite Time* memungkinkan setting dapat diubah-ubah atau bervariasi sesuai dengan arus gangguan yang diterima.



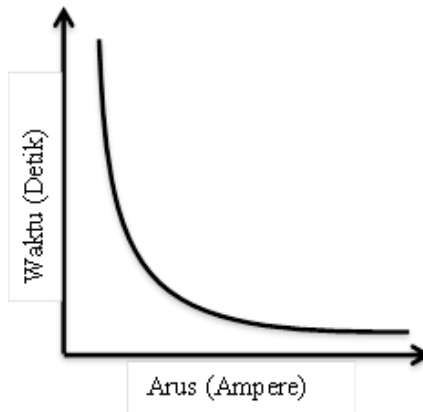
Gambar 2.2 Karakteristik rele arus lebih waktu kerja *definite*



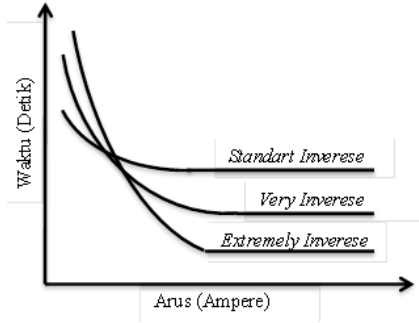
### 2.3.3 Rele Arus Lebih Kerja Waktu *Invers*

Rele arus lebih waktu *invers* memiliki karakteristik kerja dimana waktu operasi berbanding terbalik dengan besar arus gangguan yang terjadi [7]. Semakin kecil nilai arus gangguan maka waktu rele bekerja akan semakin lama, namun jika nilai arus gangguan semakin besar maka waktu kerja rele akan semakin cepat.

Pada rele arus lebih waktu *invers* waktu operasi rele ditentukan oleh *time dial*. Semakin kecil nilai *time dial* maka waktu operasi rele akan semakin cepat. Pada proteksi arus lebih waktu *invers* terdapat karakteristik kurva invers antara lain *standard invers*, *very invers* dan *extremely invers* yang ditunjukkan pada gambar 2.3 Dan 2.4.



Gambar 2.3 Karakteristik rele arus lebih waktu kerja *invers*



Gambar 2.4 Macam-maca kurva rele arus lebih waktu kerja *invers*

## 2.4 Setting Rele Arus Lebih

### 2.4.1 Setting Rele Arus Lebih Waktu *Invers*

Pada *setting* rele arus lebih waktu invers dapat ditentukan setting *pickup* dan *time dial*. Pada setting *pickup*, batas penentuan setting dipilih dengan kondisi rele arus lebih tidak bekerja saat arus beban penuh. Oleh sebab itu, setting arusnya harus bernilai lebih besar dari arus beban penuh. *Setting pickup* pada rele arus lebih ditentukan oleh pemilihan *tap* yang sesuai. Untuk menentukan nilai *tap setting* rele arus lebih waktu *invers* digunakan persamaan menurut British Standard BS 142 adalah:

$$1,05 \text{ FLA} < I_{\text{SET}} < 1,4 \text{ FLA} \dots\dots\dots(6)$$

$$\text{Tap} = I_{\text{SET}} / \text{CT}_{\text{primary}} \dots\dots\dots(7)$$

Selain setelan *tap setting*, pada rele arus lebih waktu *invers* juga harus menentukan setting *time dial*. Untuk menentukan nilai setting *time dial* pada rele arus lebih waktu *invers* maka digunakan persamaan berikut [8]:

$$t_d = \frac{K \times TMS}{\left[ \left( \frac{I}{I_s} \right)^\alpha - 1 \right] \times \beta} \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan :

- td = waktu operasi (detik)
- T = *time multiplying Setting (time dial)*
- I = arus gangguan (ampere)
- Is = arus pickup (ampere)
- K = koefisien invers 1 (lihat tabel 2.2)
- $\alpha$  = koefisien invers 2 (lihat tabel 2.2)
- $\beta$  = koefisien invers 3 (lihat tabel 2.2)

Tabel 2.3 Koefisien *Invers Time Dial*

Tipe Kurva	Koefisien		
	K	$\alpha$	B
Standard Inverse	0,14	0,02	2,970
Very Invers	13,50	1	1,500
Extremely Invers	80	2	0,808

### 2.4.2 Setting Rele Arus Lebih Waktu Instan

*Setting* rele arus lebih waktu instan bekerja secara seketika saat arus lebih yang mengalir melebihi batas yang diijinkan. Pada perhitungan *setting* rele arus lebih waktu instan digunakan  $I_{sc\ min}$  yaitu arus hubung singkat 3 fasa pada 30 *cycle* untuk menentukan batas arus settingnya. Sehingga untuk menentukan nilai *setting time dial* pada rele arus lebih waktu instan digunakan persamaan berikut:

$$1,6 I_{sc\ max} \leq I_{set} \leq 0,8 I_{sc\ min} \dots \dots \dots (9)$$

Pada perhitungan *setting* rele arus lebih waktu instan perlu diperhatikan kondisi pengaman *feeder* yang dipisahkan oleh trafo, pengaturan  $I_{set}$  menggunakan persamaan berikut:

$$1,6 I_{sc\ max\ bus\ B} \leq I_{set} \leq 0,8 I_{sc\ min\ bus\ A} \dots \dots \dots (10)$$

Ketika  $I_{sc \max \text{ bus B}} < 0,8 I_{sc \min \text{ A}}$ , pengaturan time dial pada sisi A pada kondisi tersebut akan kembali seperti pengaturan rele utama yaitu 0,1s.

## 2.5 Rele Gangguan Tanah

Rele gangguan tanah merupakan rele yang digunakan untuk mengamankan peralatan dari hubung singkat satu fasa ke tanah. Rele ini digunakan pada sistem yang menggunakan sistem pentanahan untuk membatasi arus gangguan ke tanahnya.

## 2.6 Setting Rele Gangguan Tanah

Pada pengaturan rele gangguan tanah digunakan  $I_{sc \text{ L-G}}$  atau arus *short circui tsatu fasa ke tanah*, sebagai batas penentuan arus settingnya. Dengan persamaan sebagai berikut [9] :

$$5-10\% \times I_{sc \text{ L-G}} \leq I_{set} \leq 50\% \times I_{sc \text{ L-G}} \dots\dots\dots(11)$$

Pada sistem dengan *Neutral Grounding Resistor (NGR)*, nilai arus gangguan satu fasa ke tanah diasumsikan adalah nilai arus maksimum melalui NGR tersebut. Sehingga persamaannya sebagai berikut :

$$5-10\% \times \text{Arus maks. NGR} \leq I_{set} \leq 50\% \times \text{Arus maks. NGR} \dots\dots (12)$$

# **BAB 3**

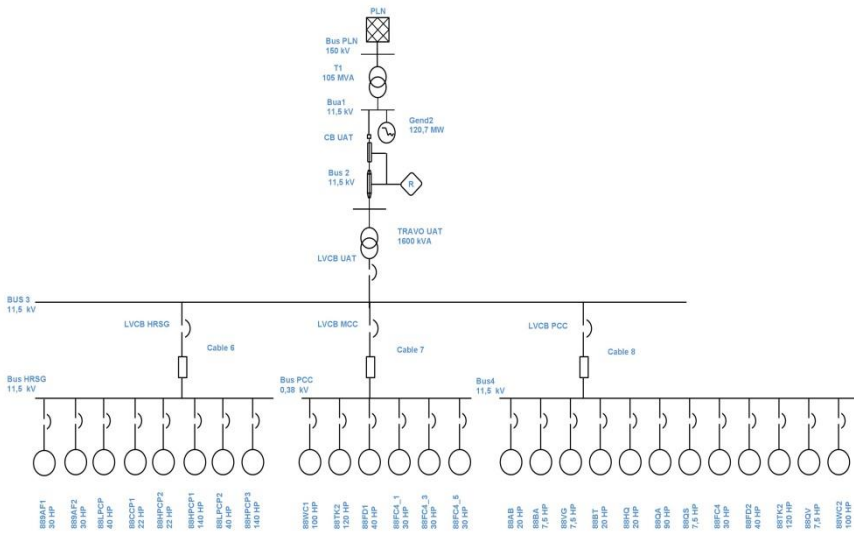
## **SISTEM KELISTRIKAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS UAP (PLTGU) PJB MUARA KARANG BLOK I**

### **3.1 Sistem Kelistrikan PLTGU Muara Karang Blok I**

Unit Pembangkit Muara Karang adalah unit pembangkit yang dikelola oleh PT Pembangkitan Jawa-Bali. Unit Pembangkitan Muara Karang sendiri berada di kelurahan pluit, kecamatan penjaringan, Jakarta Utara. Unit Pembangkit Muara Karang ini terdiri dari 3 wilayah area kerja, yaitu PLTGU Blok I, PLTGU Blok II, dan PLTU Blok IV dan V. Blok 1 terdiri dari PLTGU (*Combined cycle*) dengan kapasitas 508 MW, *gas turbine* produk dari GE (General Electric). Blok 2 terdiri dari PLTGU (*Combined cycle*) dengan kapasitas 850 MW, *gas turbine* produk dari Mitsubishi. Serta Blok 4 dan 5 merupakan PLTU dengan kapasitas 2x200 MW, *gas turbine produk* dari mitsubishi. Saluran transmisi yang digunakan pada unit Pembangkit Muara Karang adalah Saluran Udara Tegangan Tinggi 150 kV ke sistem interkoneksi.

Aktivitas utama yang dilakukan oleh unit pembangkit (UP) Muara Karang adalah memproduksi energy listrik. Dengan kapasitas yang dihasilkan oleh UP Muara Karang adalah 1575 MW dengan rata-rata energy yang dihasilkan sebesar 586 GW dalam satu tahunnya. Energi listrik yang dihasilkan, didistribusikan melalui jalur SUTET 150 kV pada system Jawa-Bali. Tujuan utama dari UP Muara Karang adalah mensuplai energy listrik untuk wilayah Jakarta, khususnya pada area vital negara.

Sistem kelistrikan setiap pembangkit memiliki perbedaan pada sistem dengan jenisnya masing-masing. Sistem ini telah tersusun pada awal pembangunan suatu pembangkit. Terdapat beberapa level tegangan pada sistem kelistrikan pada suatu pembangkit untuk menyuplai beban atau peralatan listrik. Sistem Kelistrikan eksisting Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) Muara Karang Blok I ditunjukkan pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Single line diagram PLTGU Muara Karang Blok I

### 3.2 Kapasitas Pembangkit

Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) Blok I memiliki 3 GTG dan 1 STG. 3 GTG memiliki kapasitas yang sama. Di dalam operasinya 3 GTG tersebut dioperasikan keseluruhan untuk mendukung proses pembangkitan listrik yang optimal.

Tabel keseluruhan unit pembangkit di Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) Muara Karang Blok I ditunjukkan pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Data kapasitas pembangkit di PLTGU Muara Karang Blok I

<b>Power Plant</b>	<b>ID unit</b>	<b>Tegangan (kV)</b>	<b>Daya Aktif (MW)</b>	<b>Daya Semu (MVA)</b>	<b>Faktor Daya (PF)</b>
Blok I	GT1.1	11,5	120,7	142	85

### 3.3 Sistem Distribusi di PLTGU Muara Karang Blok I

Dengan sistem distribusi utama berada pada level tegangan 11,5 kV, dalam operasinya dibutuhkan peralatan listrik untuk menurunkan tegangan 150 kV yang berasal dari tegangan *grid* PLN (*utility*), serta menurunkan tegangan 11,5 kV ke tegangan 0,38 kV untuk menyuplai beban motor. Berikut ini merupakan data level tegangan pada PLTGU Muara Karang Blok I ditunjukkan pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Data level tegangan di PLTGU Muara Karang Blok I

<b>No.</b>	<b>ID Bus</b>	<b>Tegangan (kV)</b>
1	Bus PLN	150
2	Bus 1	11,5
3	Bus 2	11,5
4	Bus 3	0,38
5	Bus HRSG	0,38
6	Bus MCC	0,38
7	Bus PCC	0,38

Untuk menurunkan tegangan 150 kV dari *utility* ke tegangan 0,38 kV, pada PLTGU Muara Karang Blok I membutuhkan dua trafo untuk menurunkan ke level tegangan yang berbeda yaitu pada level tegangan 150/11,5 kV dan 11,5/0,38 kV. Data rating trafo ditunjukkan pada tabel 3.3.

Tabel 3.3 Data rating trafo di PLTGU Muara Karang Blok I

No	ID Trafo	Lokasi	Tegangan (kV)	Daya Semu (MVA)	%Z	Hubungan
1	Trafo GT	Incoming PLN	150/11,5	105	11,48	$\Delta/Y$
2	Trafo UAT	PLTG	11,5/0,38	1,6	5,8	$\Delta/Y$

Untuk mengalirkan tegangan dan arus ke beban di sistem kelistrikan PLTGU Muara Karang Blok I dibutuhkan kabel dengan spesifikasi pada tabel 3.4.

Tabel 3.4 Data kabel di PLTGU Muara Karang Blok I

ID Kabel	Tegangan (kV)	Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	Panjang (m)	R ( $\Omega$ )	X ( $\Omega$ )
<i>Cable HRSG</i>	0,38	400	120	0,064	0,071
<i>Cable MCC</i>	0,38	400	100	0,064	0,071
<i>Cable PCC</i>	0,38	400	100	0,064	0,071

### 3.4 Pembebanan di PLTGU Muara Karang Blok I

Di PLTGU Muara Karang Blok I terdapat beberapa beban motor yang terbagi dalam 3 bus. Bus HRSG, Bus MCC, dan Bus PCC. Pembebanan secara detail dijelaskan pada tabel 3.5.

Tabel 3.5 Data pembebanan di PLTGU Muara Karang Blok I

No.	Lokasi	ID Motor	Tegangan (kV)	Daya	Faktor Daya (%)	Status
1		88SAF1	0,38	30 HP	89,17	<i>Continuous</i>



Tabel 3.6 Data pembebanan di PLTGU Muara Karang Blok I (lanjutan)

2	Bus HRSG	88SAF2	0,38	30 HP	89,17	<i>Spare</i>
3		88LPCP	0,38	40 HP	89,86	<i>Continuous</i>
4		88CCP1	0,38	22 HP	88,43	<i>Continuous</i>
5		88CCP2	0,38	22 HP	88,43	<i>Spare</i>
6		88HPCP1	0,38	140 HP	91,56	<i>Continuous</i>
7		88LPCP2	0,38	40 HP	89,86	<i>Spare</i>
8		88HPCP3	0,38	140 HP	91,56	<i>Spare</i>
9		Bus MCC	88WC1	0,38	100 HP	92,04
10	88TK1		0,38	120 HP	91,49	<i>Continuous</i>
11	88FD1		0,38	40 HP	89,85	<i>Continuous</i>
12	88FC4_1		0,38	30 HP	89,17	<i>Continuous</i>
13	88FC4_3		0,38	30 HP	89,17	<i>Continuous</i>
14	88FC4_5		0,38	30 HP	89,17	<i>Continuous</i>
15	Bus PCC	88AB	0,38	20 HP	88,2	<i>Continuous</i>
16		88BA	0,38	7,5 HP	85,86	<i>Continuous</i>
17		88VG	0,38	7,5 HP	85,86	<i>Continuous</i>
18		88BT	0,38	20 HP	88,2	<i>Continuous</i>
19		88HQ	0,38	20 HP	88,2	<i>Continuous</i>
20		88QA	0,38	90 HP	91,79	<i>Continuous</i>
21		88QS	0,38	75 HP	85,86	<i>Continuous</i>
22		88FC4_7	0,38	30 HP	89,17	<i>Continuous</i>
23		88FD2	0,38	40 HP	89,85	<i>Spare</i>
24		88TK2	0,38	120 HP	92,04	<i>Spare</i>

Tabel 3.7 Data pembebanan di PLTGU Muara Karang Blok I (lanjutan)

25	88QV	0,38	7,5 HP	85,86	<i>Continuous</i>
26	88WC2	0,38	100 HP	92,04	<i>Spare</i>

## **BAB 4**

### **HASIL SIMULASI DAN ANALISIS SETTING PROTEKSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS UAP (PLTGU) PJB MUARA KARANG BLOK I**

#### **4.1 Pemodelan Sistem Kelistrikan Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) PJB Muara Karang Blok I**

Sistem kelistrikan PLTGU PT PJB Muara Karang Blok I dimodelkan pada software ETAP 12.6.0 berupa *single line diagram* sistem kelistrikan. Pemodelan ini berdasarkan data-data yang telah didapatkan berupa data transformator, generator, kabel, *busbar*, rele eksisting, beban motor, serta sistem pentanahan.

Pemodelan *single line diagram* sistem kelistrikan ini bertujuan untuk mengetahui kondisi sistem kelistrikan Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) PJB Muara Karang Blok I khususnya pada sistem proteksinya. Hal yang perlu dilakukan yaitu analisis aliran daya (*load flow*) untuk mengetahui kondisi kondisi sistem kelistrikan Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) PJB Muara Karang Blok I. Lalu, dilakukan analisis hubung singkat untuk mengetahui arus yang terjadi saat hubung singkat dan analisis koordinasi proteksi untuk mengetahui kondisi koordinasi proteksi sistem kelistrikan Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) PJB Muara Karang Blok I telah tepat atau belum. Apabila belum tepat maka diperlukan *re-setting* koordinasi peralatan pengamannya.

#### **4.2 Pemilihan Tipikal Koordinasi pada PLTGU PJB Muara Karang Blok I**

Pemodelan tipikal bertujuan untuk memudahkan studi koordinasi proteksi untuk menentukan setting rele yang tepat. Pada sistem kelistrikan Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) PJB Muara Karang Blok I dipilih beberapa tipikal antara lain:

- Tipikal 1 : Koordinasi proteksi dari beban motor 88WC1. Untuk beban 88WC1 peralatan proteksi yang dikoordinasikan adalah LVCB 88WC1, LVCB MCC, dan UAT.



gangguan hubung singkat terdapat dua kondisi arus hubung singkat yang digunakan yaitu arus hubung singkat maksimum dan hubung singkat minimum. Arus hubung singkat maksimum merupakan hubung singkat 3 fasa. Sedangkan, arus hubung singkat minimum merupakan hubung singkat 2 fasa pada saat 30 *cycle*.

#### 4.3.1 Hubung Singkat Minimum 30 Cycle

Arus gangguan hubung singkat minimum adalah arus gangguan hubung singkat 2 fasa pada saat 30 *cycle* atau dalam keadaan *steady state* pada saat pembangkitan minimum. Hubung singkat minimum merupakan parameter yang digunakan sebagai batas *settingpick up* rele arus lebih waktu instan. Sehingga saat terjadi hubung singkat minimum, rele arus lebih dapat langsung bekerja secara instan sesuai *time dial* yang ditentukan. Nilai arus hubung singkat minimum pada sistem kelistrikan Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) PJB Muara Karang Blok I ditunjukkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data hubung singkat minimum 30 *cycle*

No	Bus	Tegangan (kV)	Isc Min 30 Cycle (kA)
1	Incoming PLN	150	6,22
2	Unit Bus-1	11,5	54,39
3	Unit Bus-2	11,5	54,39
4	Unit Bus-3	0,38	18,14
5	Unit Bus-HRSG	0,38	9,3
6	Unit Bus MCC	0,38	10,17
7	Unit Bus PCC	0,38	10,17

#### 4.3.2 Hubung Singkat Maksimum 4 Cycle

Arus hubung singkat maksimum merupakan arus gangguan ketika terjadi hubung singkat 3 fasa. Kondisi hubung singkat maksimum 4 *cycle* diperlukan untuk *setting* rele arus lebih yang waktu kerjanya mendekati 0,08s. Pada kondisi hubung singkat 4-30 *cycle* merupakan fase transien, dimana beban yaitu motor masih memberi arus kontribusi

ke titik gangguan. Arus ini digunakan sebagai salah satu parameter dalam penentuan *time dial* kurva invers dan *setting* rele pengaman. Data hubung singkat maksimum ditunjukkan pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data hubung singkat maksimum 4 *cycle*

No	Bus	Tegangan (kV)	Isc Maks 4 Cycle (kA)
1	Incoming PLN	150	6,24
2	Unit Bus-1	11,5	55,04
3	Unit Bus-2	11,5	55,04
4	Unit Bus-3	0,38	19,97
5	Unit Bus-HRSG	0,38	10,16
6	Unit Bus MCC	0,38	11,37
7	Unit Bus PCC	0,38	10,95

#### 4.4 Koordinasi Rele Arus Lebih Gangguan Fasa

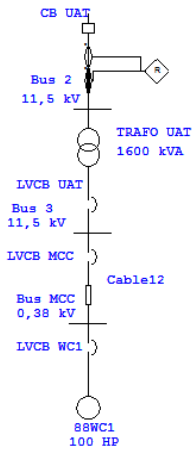
Koordinasi rele arus lebih gangguan fasa merupakan koordinasi rele pengaman saat terjadi gangguan lebih fasa yaitu berupa gangguan beban lebih (*overload*) dan gangguan hubung singkat (*short circuit*).

Pada koordinasi rele arus lebih gangguan fasa akan dilakukan penentuan *seting* arus *pickup* serta *time dial* pada rele arus lebih. Pada perhitungannya akan dihitung nilai *low set*, *high set*, dan *time dial*.

Setelah melakukan perhitungan untuk mendapatkan parameter-parameter yang ditentukan, langkah selanjutnya yaitu melakukan plot *Time current curve* pada *software* ETAP 12.6.0 untuk mengevaluasi setting koordinasi yang dilakukan.

##### 4.4.1 Koordinasi Rele Arus Lebih Gangguan Fasa Tipikal 1

Pada koordinasi rele arus lebih gangguan fasa tipikal 1 ini dilakukan koordinasi peralatan pengaman dari beban motor 88WC1 menuju UAT. Gambar single line diagram tipikal 1 ditunjukkan pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 *single line diagram* tipikal 1

Pada motor WC1 terdapat LVCB eksisting dengan perhitungan khusus:

**LVCB WC1**

Manufacturer : ABB

Model : SACE Tmax

L (Kurva *Invers*)

$$I_n = 250 \text{ A}$$

$$I_1 = 250 \times (0,04 + 0,08 + 0,16 + 0,32) = 150 \text{ A}$$

$$\text{Tap} = 0,75$$

R (Kurva *Definite*)

$$I_n = 200 \text{ A}$$

$$I_2 = 200 \times (0) = \text{off}$$

I (Kurva *Instantaneous*)

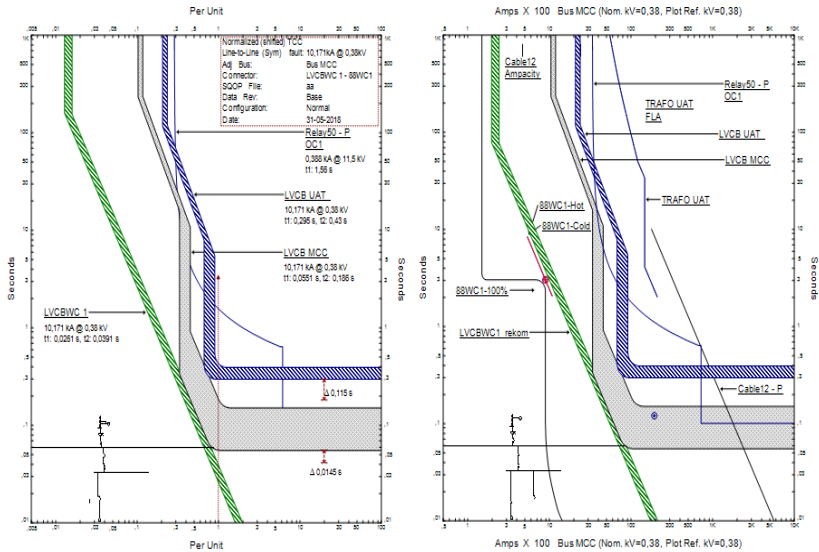
$$I_n = 200 \text{ A}$$

$$I_2 = 200 \times (0) = \text{off}$$

Sedangkan, pada LVCB MCC dan LVCB UAT parameter yang ditentukan tertera pada LVCB sehingga dapat langsung dimasukkan ke dalam software ETAP 12.6.0

Selanjutnya yaitu melakukan evaluasi terhadap *setting eksisting* dengan memberikan gangguan dan melihat apakah setting eksisting telah baik atau belum dengan membuat plot kurva TCC (*Time Current Characteristic*). Hasil simulasi rele eksisting ditunjukkan pada gambar 4.3.





Gambar 4.3 Time-current curve eksisting Tipikal 1

Dari hasil plot kurva time-current curve eksisting Tipikal 1 pada gambar 4.3 dapat kita ketahui bahwa terdapat beberapa koordinasi yang masih belum baik, sehingga diperlukan *re-setting* untuk memperbaiki koordinasi proteksinya. Berikut keterangan plot kurva time-current curve eksisting tipikal 1:

1. LVCB motor 88WC1 dan LVCB MCC bekerja pada *grading time* 0,0145 s. Hal ini memungkinkan kedua LVCB bekerja secara bersamaan.
2. LVCB MCC dan LVCB UAT bekerja pada *grading time* 0,115 s. Hal ini tidak sesuai dengan standar pembukaan CB atau *clearing time interval relay* sebesar 0,2 s.

*Resetting* tipikal 1 dapat dilakukan dengan perhitungan manual. Perhitungannya dijabarkan sebagai berikut :

## LVCB WC1

Manufacturer : ABB

Model : SACE Tmax

FLA Motor Cooling Water Fan : 150,1

- Perhitungan Sesuai koordinasi Proteksi

### Long Time Pickup

$$1,05 \times FLA < Iset < 1,4 \times FLA$$

$$1,05 \times 150,1 < Iset < 1,4 \times 150,1$$

$$157,605 < Iset < 210,14$$

Dipilih Iset = 187,5 A

Dengan sensor sebesar 250

$$Tap = Iset/Sensor = 0,75$$

### LT Band

Dipilih LT Band = Curve C

### Short Time Pickup

$$1,6 \times FLA < Iset < 0,8 \times I_{sc} \text{ Min Bus}$$

$$1,6 \times 150,1 < Iset < 0,8 \times 10170$$

$$240,16 < Iset < 8136$$

Dipilih Iset = 2000 A

$$Tap = Iset/Sensor = 0,8$$

- Perhitungan sesuai *Datasheet* SACE Tmax

L (Kurva *Invers*)

$$I_n = 250 \text{ A}$$

$$I1 = 250 \times (0,04 + 0,08 + 0,16 + 0,32) = 150 \text{ A}$$

150 A berada pada *range* tap 0,75

R (Kurva *definite*)

$$I_n = 250 \text{ A}$$

$$I1 = 250 \times (0) = 0 \text{ A}$$

ST pickup SACE Tmax berada pada 0,25 s dan 0,5 s. Oleh karena itu ST pickup harus dalam keadaan *off* agar didapatkan *grading time* antar cb sesuai dengan standar IEEE 242 sebesar 0,2s-0,4s [10].

Untuk memberikan pengamanan motor yang lebih optimal dibutuhkan waktu *definite*. Maka dipilih LVCB sebagai berikut :

Manufacturer : Merlin Gerin

Model : Micrologic 5.0

FLA Motor Cooling Water Fan : 150,1

Long Time Pickup

$$1,05 \times \text{FLA} < \text{Iset} < 1,4 \times \text{FLA}$$

$$1,05 \times 150,1 < \text{Iset} < 1,4 \times 150,1$$

$$157,605 < \text{Iset} < 210,14$$

Dipilih Iset = 210 A

Dengan sensor sebesar 250

$$\text{Tap} = \text{Iset} / \text{Sensor} = 0,84$$

LT Band

Dipilih LT Band = 8

Short Time Pickup

$$1,6 \times \text{FLA} < \text{Iset} < 0,8 \times \text{Isc Min Bus}$$

$$1,6 \times 150,1 < I_{set} < 0,8 \times 10170$$

$$240,16 < I_{set} < 8136$$

Dipilih Iset = 2100 A

Dengan sensor sebesar 250

$$\text{Tap} = I_{set}/\text{Sensor} = 10$$

### ST Band

Dipilih ST Band = 0,1

### LVCB MCC

Manufacturer : Terasaki

Model : AOR-1BL

FLA Bus MCC : 689,51

### Long Time Pickup

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

$$1,05 \times 689,51 < I_{set} < 1,4 \times 689,51$$

$$723,98 < I_{set} < 965,314$$

Dipilih Iset = 950 A

Dengan sensor sebesar 1250

$$\text{Tap} = I_{set}/\text{Sensor} = 0,95$$

### LT Band

Dipilih LT Band = 1,25

Short Time Pickup

$$1,6 \times FLA < I_{set} < 0,8 \times I_{sc} \text{ Min Bus}$$

$$1,6 \times 689,51 < I_{set} < 0,8 \times 18140$$

$$1103,2 < I_{set} < 14512$$

Dipilih Iset = 4000 A

Dengan sensor sebesar 1250

$$\text{Tap} = I_{set} / \text{Sensor} = 4$$

ST Band

Dipilih ST Band = 0,4

**LVCB UAT**

Manufacturer : Terasaki

Model : TL-800E

FLA Sekunder Trafo UAT : 2431

Long Time Pickup

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

$$1,05 \times 2431 < I_{set} < 1,4 \times 2431$$

$$2552,55 < I_{set} < 3403,4$$

Dipilih Iset = 3200 A

Dengan sensor sebesar 4000

$$\text{Tap} = I_{set} / \text{Sensor} = 1$$

LT Band

Dipilih LT Band = 1,25

Short Time Pickup

$$1,6 \times \text{FLA} < \text{Iset} < 0,8 \times \text{Isc Min Bus}$$

$$1,6 \times 2431 < \text{Iset} < 0,8 \times 18140$$

$$3889,6 < \text{Iset} < 14512$$

Dipilih Iset = 9600 A

Dengan sensor sebesar 4000

$$\text{Tap} = \text{Iset/Sensor} = 3$$

**Rele UAT**

Manufacturer : Schneider Electric

Model : Sepam Series 10

FLA Primer Trafo UAT : 80,33

Curve type : IEC *Very Inverse Time*

CT Ratio : 100/5

Time Overcurrent Pickup

$$1,05 \times \text{FLA} < \text{Iset} < 1,4 \times \text{FLA}$$

$$1,05 \times 80,33 < \text{Iset} < 1,4 \times 80,33$$

$$84,34 < \text{Iset} < 112,46$$

Dipilih Iset = 112 A

Dengan CT sebesar 100/5

$$\text{Tap} = \text{Iset/CT ratio} = 1,12$$

### Time Dial

Waktu operasi (t) : 0,1 s

Isc max 4 cycle : 54890 (saturasi)

I setting : 112

Menurut *Datasheet* rele Schneider Electric Sepam 10, penentuan *time dial* dari tipe kurva IEC *Standard Inverse* menggunakan rumus :

$$td = \frac{K \times T}{\left[ \left( \frac{20 \times Iset}{Iset} \right)^\alpha - 1 \right] \times \beta}$$

$$T = \frac{td \times \beta \times \left[ \left( \frac{20 \times Iset}{Iset} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$T = \frac{0,1 \times 2,97 \times [(20)^1 - 1]}{0,14}$$

$$T = 0,21$$

Dipilih *time dial* = 0,43

### Instantaneous Pickup

1,6 x FLA Primer Trafo UAT < Iset < 0,8 x Isc Min Bus

$$1,6 \times 80,33 < Iset < 0,8 \times 54260$$

$$289,76 < Iset < 43408$$

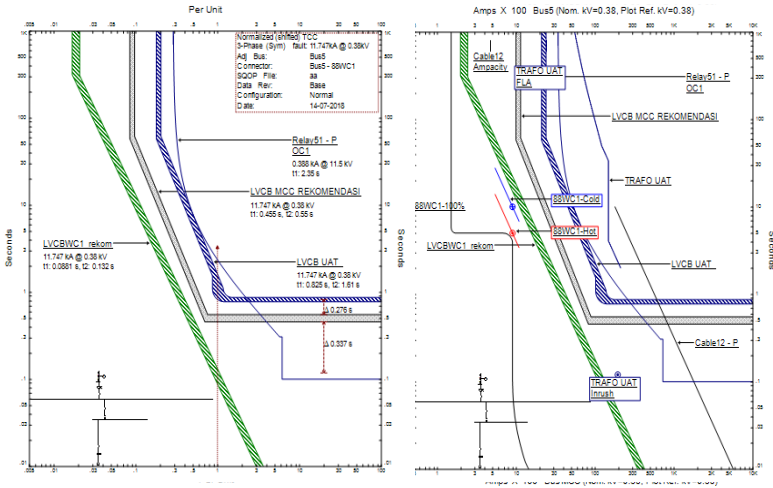
Dipilih Iset = 2400 A

Dengan CT sebesar 100/5

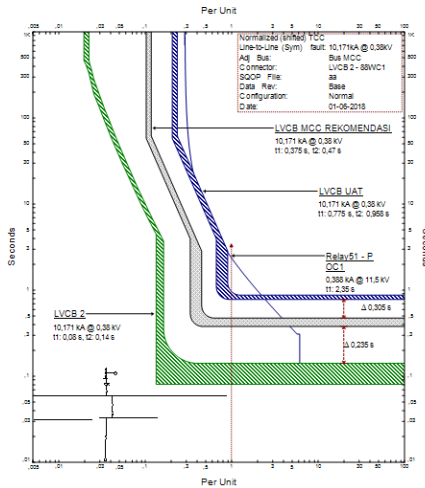
Tap = Iset/CT ratio = 24

*Time Delay* = 0,1s

Gambar 4.4 dan 4.5 menunjukkan plot *Time Current Curve* hasil perhitungan san setting koordinasi proteksi tipikal 1.



Gambar 4.4 Plot Time current curve tipikal 1(ABB SACE Tmax)

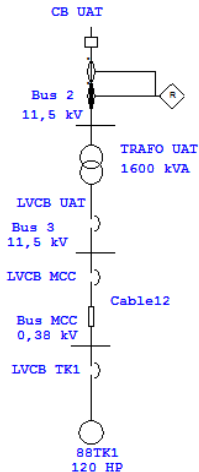


Gambar 4.5 Plot Time current curve tipikal 1(Merlin Gerin)



#### 4.4.2 Koordinasi Rele Arus Lebih Gangguan Fasa Tipikal 2

Pada koordinasi rele arus lebih gangguan fasa tipikal 2 ini dilakukan koordinasi peralatan pengaman dari beban motor 88TK1 menuju UAT. Gambar *single line diagram* tipikal 2 ditunjukkan pada gambar 4.5.



Gambar 4.6 *Single line diagram* tipikal 2

Pada motor TK1 terdapat LVCB eksisting dengan perhitungan khusus:

#### LVCB TK1

Manufacturer : ABB

Model : SACE Tmax

L (Kurva *Invers*)

$$I_n = 250 \text{ A}$$

$$I_1 = 250 \times (0,04 + 0,08 + 0,16 + 0,32) = 150 \text{ A}$$

$$\text{Tap} = 0,75$$

R (Kurva *Definite*)

$$I_n = 200 \text{ A}$$

$$I_2 = 200 \times (0) = \text{off}$$

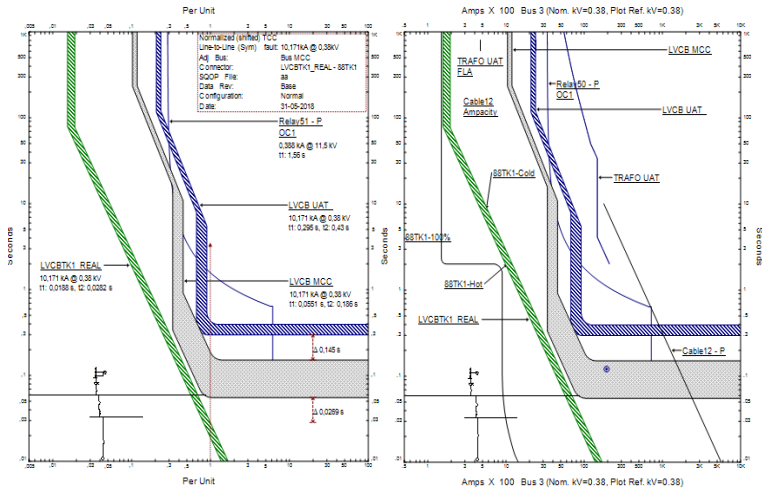
I (Kurva *Instantaneous*)

$$I_n = 200 \text{ A}$$

$$I_2 = 200 \times (0) = \text{off}$$

Sedangkan, pada LVCB MCC dan LVCB UAT parameter yang ditentukan tertera pada LVCB sehingga dapat langsung dimasukkan ke dalam software ETAP 12.6.0

Selanjutnya seperti langkah sebelumnya yaitu melakukan evaluasi terhadap *setting* eksisting dengan memberikan gangguan dan melihat apakah *setting* eksisting telah baik atau belum dengan membuat plot kurva TCC (*Time Current Characteristic*). Hasil simulasi rele eksisting ditunjukkan pada gambar 4.6.



Gambar 4.7 Time-current curve eksisting Tipikal 2

Dari hasil plot kurva *time-current curve* eksisting Tipikal 2 pada gambar 4.6 dapat kita ketahui bahwa terdapat beberapa koordinasi yang masih belum baik, sehingga diperlukan *re-setting* untuk memperbaiki koordinasi proteksinya. Berikut keterangan plot kurva *time-current curve* eksisting tipikal 1:

1. LVCB motor 88TK1 dan LVCB MCC bekerja pada *grading time* 0,0209 s. Hal ini memungkinkan kedua LVCB bekerja secara bersamaan.
2. LVCB MCC dan LVCB UAT bekerja pada *grading time* 0,145 s. Hal ini tidak sesuai dengan standar pembukaan CB atau *clearing time interval relay* sebesar 0,2 s.

*Re-setting* tipikal 2 dapat dilakukan dengan perhitungan manual. Perhitungannya dijabarkan sebagai berikut :

- Perhitungan Sesuai Koordinasi Proteksi

## LVCB TK1

Manufacturer : ABB  
Model : SACE Tmax  
FLA Motor Exhaust Frame Blower : 181,1

### Long Time Pickup

$$1,05 \times \text{FLA} < \text{Iset} < 1,4 \times \text{FLA}$$

$$1,05 \times 181,1 < \text{Iset} < 1,4 \times 181,1$$

$$190,155 < \text{Iset} < 253,54$$

Dipilih Iset = 187,5 A

Dengan sensor sebesar 250

$$\text{Tap} = \text{Iset} / \text{Sensor} = 0,75$$

### LT Band

Dipilih LT Band = Curve A

### Short Time Pickup

$$1,6 \times \text{FLA} < \text{Iset} < 0,8 \times \text{Isc Min Bus}$$

$$1,6 \times 181,1 < \text{Iset} < 0,8 \times 10170$$

$$289,76 < \text{Iset} < 8136$$

Dipilih Iset = 2000 A

$$\text{Tap} = \text{Iset} / \text{Sensor} = 0,8$$

- Perhitungan sesuai *Datasheet* SACETmax

L (Kurva *Invers*)

$$I_n = 250 \text{ A}$$

$$I_1 = 250 \times (0,04 + 0,08 + 0,16 + 0,32) = 150 \text{ A}$$

150 A berada pada *range* tap 0,75

R (Kurva *definite*)

$$I_n = 250 \text{ A}$$

$$I_1 = 250 \times (0) = 0 \text{ A}$$

ST pickup SACE Tmax berada pada 0,25 s dan 0,5 s. Oleh karena itu ST pickup harus dalam keadaan *off* agar didapatkan *grading time* antar cb sesuai dengan standar IEEE 242 sebesar 0,2s-0,4s [10].

Untuk memberikan pengamanan motor yang lebih optimal dibutuhkan waktu *definite*. Maka dipilih LVCB sebagai berikut :

Manufacturer : Merlin Gerin

Model : Micrologic 5.0

FLA Motor Cooling Water Fan : 181,1

Long Time Pickup

$$1,05 \times \text{FLA} < \text{Iset} < 1,4 \times \text{FLA}$$

$$1,05 \times 181,1 < \text{Iset} < 1,4 \times 181,1$$

$$190,155 < \text{Iset} < 253,54$$

Dipilih Iset = 225 A

Dengan sensor sebesar 250

$$\text{Tap} = \text{Iset} / \text{Sensor} = 0,9$$

LT Band

Dipilih LT Band = 8

Short Time Pickup

$$1,6 \times \text{FLA} < \text{Iset} < 0,8 \times \text{Isc Min Bus}$$

$$1,6 \times 150,1 < \text{Iset} < 0,8 \times 10170$$

$$240,16 < \text{Iset} < 8136$$

Dipilih Iset = 1800 A

Dengan sensor sebesar 250

Tap = Iset/Sensor = 8

### ST Band

Dipilih ST Band = 0,1

### LVCB MCC

Manufacturer : Terasaki

Model : AOR-1BL

FLA Bus MCC : 689,51

### Long Time Pickup

$$1,05 \times \text{FLA} < \text{Iset} < 1,4 \times \text{FLA}$$

$$1,05 \times 689,51 < \text{Iset} < 1,4 \times 689,51$$

$$723,98 < \text{Iset} < 965,314$$

Dipilih Iset = 950 A

Dengan sensor sebesar 1250

Tap = Iset/Sensor = 0,95

### LT Band

Dipilih LT Band = 1,25

### Short Time Pickup

$$1,6 \times \text{FLA} < \text{Iset} < 0,8 \times \text{Isc Min Bus}$$

$$1,6 \times 689,51 < \text{Iset} < 0,8 \times 18140$$

$$1103,2 < I_{set} < 14512$$

Dipilih Iset = 4000 A

Dengan sensor sebesar 1250

$$\text{Tap} = I_{set} / \text{Sensor} = 4$$

### ST Band

Dipilih ST Band = 0,4

### LVCB UAT

Manufacturer : Terasaki

Model : TL-800E

FLA Sekunder Trafo UAT : 2431

### Long Time Pickup

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

$$1,05 \times 2431 < I_{set} < 1,4 \times 2431$$

$$2552,55 < I_{set} < 3403,4$$

Dipilih Iset = 3200 A

Dengan sensor sebesar 4000

$$\text{Tap} = I_{set} / \text{Sensor} = 1$$

### LT Band

Dipilih LT Band = 1,25

### Short Time Pickup

$$1,6 \times \text{FLA} < I_{set} < 0,8 \times I_{sc} \text{ Min Bus}$$

$$1,6 \times 2431 < I_{set} < 0,8 \times 18140$$

$$3889,6 < I_{set} < 14512$$

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

Dengan sensor sebesar 4000

$$\text{Tap} = I_{set} / \text{Sensor} = 3$$

### Rele UAT

Manufacturer : Schneider Electric

Model : Sepam Series 10

FLA Primer Trafo UAT : 80,33

Curve type : IEC *Very Inverse Time*

CT Ratio : 100/5

### Time Overcurrent Pickup

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

$$1,05 \times 80,33 < I_{set} < 1,4 \times 80,33$$

$$84,34 < I_{set} < 112,46$$

Dipilih  $I_{set} = 112 \text{ A}$

Dengan CT sebesar 100/5

$$\text{Tap} = I_{set} / \text{CT ratio} = 1,12$$

### Time Dial

Waktu operasi (t) : 0,1 s

Isc max 4 cycle : 54890 (saturasi)

I setting : 112



Menurut *Datasheet* rele Schneider Electric Sepam 10, penentuan *time dial* dari tipe kurva IEC *Standard Inverse* menggunakan rumus :

$$td = \frac{KxT}{\left[\left(\frac{20 \times Iset}{Iset}\right)^\alpha - 1\right] \times \beta}$$

$$T = \frac{tdx\beta x \left[\left(\frac{20 \times Iset}{Iset}\right)^\alpha - 1\right]}{K}$$

$$T = \frac{0,1 \times 2,97 \times [(20)^1 - 1]}{0,14}$$

$$T = 0,21$$

Dipilih *time dial* = 0,43

#### Instantaneous Pickup

1,6 x FLA Primer Trafo UAT < Iset < 0,8 x Isc Min Bus

$$1,6 \times 80,33 < Iset < 0,8 \times 54260$$

$$289,76 < Iset < 43408$$

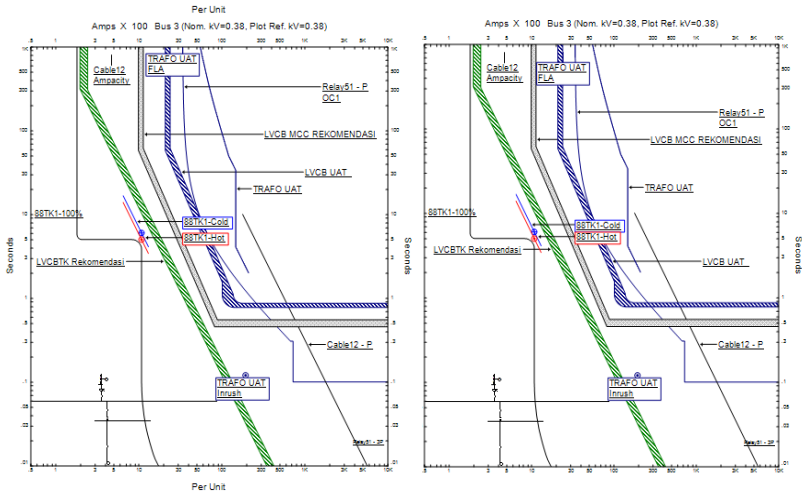
Dipilih Iset = 2400 A

Dengan CT sebesar 100/5

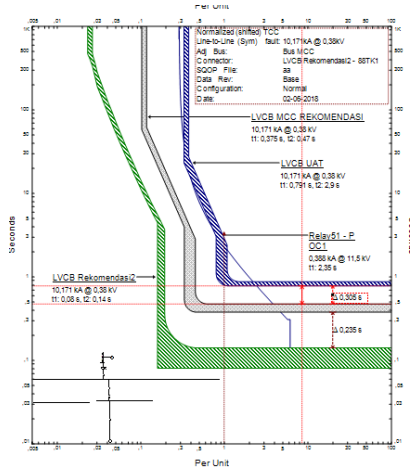
Tap = Iset/CT ratio = 24

*Time Delay* = 0,1s

Gambar 4.8 dan 4.9 menunjukkan plot Time Current Curve hasil perhitungan setting koordinasi proteksi tipikal 2.



Gambar 4.8 Plot *Time current curve* tipikal 2 (SACE Tmax)



Gambar 4.9 Plot *Time current curve* tipikal 2 (Merlin Gerin)

#### 4.4.3 Koordinasi Rele Arus Lebih Gangguan Fasa Tipikal 3

Pada koordinasi rele arus lebih gangguan fasa tipikal 3 ini dilakukan koordinasi peralatan pengaman dari beban motor 88QA



$I_n = 250 \text{ A}$

$I_2 = 250 \times (3) = 750$

Tap = 3

$t_d = 0,25\text{s}$

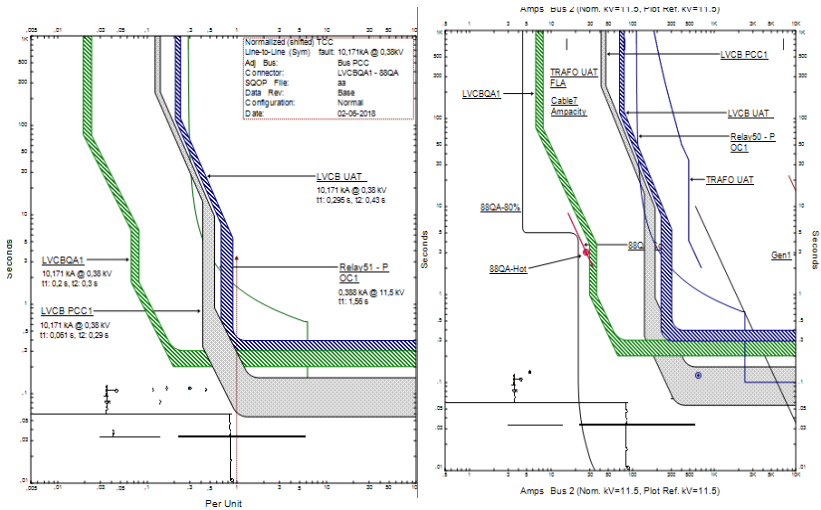
I (Kurva *Instantaneous*)

$I_n = 200 \text{ A}$

$I_2 = 200 \times (0) = \text{off}$

Sedangkan, pada LVCB PCC dan LVCB UAT parameter yang ditentukan tertera pada LVCB sehingga dapat langsung dimasukkan ke dalam software ETAP 12.6.0

Selanjutnya yaitu melakukan evaluasi terhadap *setting eksisting* dengan memberikan gangguan dan melihat apakah setting eksisting telah baik atau belum dengan membuat plot kurva TCC (*Time Current Characteristic*). Hasil simulasi rele eksisting ditunjukkan pada gambar 4.11.



Gambar 4.11 *Time-current curve* eksisting Tipikal 3

Dari hasil plot kurva *time-current curve* eksisting Tipikal 3 pada gambar 4.6 dapat kita ketahui bahwa terdapat beberapa koordinasi yang masih belum baik, sehingga diperlukan *re-setting* untuk memperbaiki koordinasi proteksinya. Berikut ketrangan plot kurva *time-current curve* eksisting tipikal 3:

1. LVCB MCC bekerja terlebih dahulu saat terjadi gangguan hubung singkat.
2. LVCB motor 88TK1 dan LVCB UAT bekerja tanpa *time delay*

- Perhitungan Sesuai koordinasi Proteksi

### LVCB QA

Manufacturer : ABB

Model : SACE Tmax

FLA Motor Aux Lub Pump : 136,5

#### Long Time Pickup

$$1,05 \times \text{FLA} < \text{Iset} < 1,4 \times \text{FLA}$$

$$1,05 \times 136,5 < \text{Iset} < 1,4 \times 136,5$$

$$143,325 < \text{Iset} < 191,1$$

Dipilih Iset = 150 A

Dengan sensor sebesar 250

$$\text{Tap} = \text{Iset} / \text{Sensor} = 0,75$$

#### LT Band

Dipilih LT Band = Curve A

Short Time Pickup

$$1,6 \times \text{FLA} < \text{Iset} < 0,8 \times \text{Isc Min Bus}$$

$$1,6 \times 136,5 < \text{Iset} < 0,8 \times 9760$$

$$218,4 < \text{Iset} < 7808$$

Dipilih Iset = 750 A

Dengan sensor sebesar 250

$$\text{Tap} = \text{Iset/Sensor} = 3$$

ST Band

Dipilih ST Band = 0,1

- Perhitungan sesuai *Datasheet* SACE Tmax

L (Kurva *Invers*)

$$I_n = 250 \text{ A}$$

$$I_1 = 250 \times (0,04 + 0,08 + 0,16 + 0,32) = 150 \text{ A}$$

150 A berada pada tap 0,75

R (Kurva *definite*)

$$I_n = 250 \text{ A}$$

$$I_1 = 250 \times (3 + 6) = 2250 \text{ A}$$

2250 A berada pada tap 8

ST pickup SACE Tmax berada pada 0,25 s dan 0,5 s. Oleh karena itu ST pickup harus dalam keadaan *off* agar didapatkan *grading time* antar cb sesuai dengan standar IEEE 242 sebesar 0,2s-0,4s [10].

Untuk memberikan pengamanan motor yang lebih optimal dibutuhkan waktu *definite*. Maka dipilih LVCB sebagai berikut :

Manufacturer : Merlin Gerin  
Model : Micrologic 5.0  
FLA Motor Cooling Water Fan : 136,5

Long Time Pickup

$$1,05 \times \text{FLA} < \text{Iset} < 1,4 \times \text{FLA}$$

$$1,05 \times 136,5 < \text{Iset} < 1,4 \times 136,5$$

$$143,325 < \text{Iset} < 191,1$$

Dipilih Iset = 187,5 A

Dengan sensor sebesar 250

$$\text{Tap} = \text{Iset}/\text{Sensor} = 0,75$$

LT Band

Dipilih LT Band = 0,5

Short Time Pickup

$$1,6 \times \text{FLA} < \text{Iset} < 0,8 \times \text{Isc Min Bus}$$

$$1,6 \times 136,5 < \text{Iset} < 0,8 \times 9760$$

$$218,4 < \text{Iset} < 7808$$

Dipilih Iset = 1500 A

Dengan sensor sebesar 250

$$\text{Tap} = \text{Iset}/\text{Sensor} = 8$$

ST Band

Dipilih ST Band = 0,1

## LVCB PCC

Manufacturer : Terasaki  
Model : AOR-1BL  
FLA Bus PCC : 732,07

### Long Time Pickup

$$1,05 \times \text{FLA} < \text{Iset} < 1,4 \times \text{FLA}$$

$$1,05 \times 732,07 < \text{Iset} < 1,4 \times 732,07$$

$$768,8 < \text{Iset} < 1024,8$$

Dipilih Iset = 1000 A

Dengan sensor sebesar 1250

$$\text{Tap} = \text{Iset}/\text{Sensor} = 0,8$$

### LT Band

Dipilih LT Band = 5

### Short Time Pickup

$$1,6 \times \text{FLA} < \text{Iset} < 0,8 \times \text{Isc Min Bus}$$

$$1,6 \times 732,07 < \text{Iset} < 0,8 \times 10170$$

$$1171,3 < \text{Iset} < 8136$$

Dipilih Iset = 5000 A

Dengan sensor sebesar 1250

$$\text{Tap} = \text{Iset}/\text{Sensor} = 4$$

### ST Band

Dipilih ST Band = 0,4



### LVCB UAT

Manufacturer : Terasaki

Model : TL-800E

FLA Sekunder Trafo UAT : 2431

#### Long Time Pickup

$$1,05 \times \text{FLA} < \text{Iset} < 1,4 \times \text{FLA}$$

$$1,05 \times 2431 < \text{Iset} < 1,4 \times 2431$$

$$2552,55 < \text{Iset} < 3403,4$$

Dipilih Iset = 3200 A

Dengan sensor sebesar 4000

$$\text{Tap} = \text{Iset} / \text{Sensor} = 1$$

#### LT Band

Dipilih LT Band = 1,25

#### Short Time Pickup

$$1,6 \times \text{FLA} < \text{Iset} < 0,8 \times \text{Isc Min Bus}$$

$$1,6 \times 2431 < \text{Iset} < 0,8 \times 18140$$

$$3889,6 < \text{Iset} < 14512$$

Dipilih Iset = 9600 A

Dengan sensor sebesar 4000

$$\text{Tap} = \text{Iset} / \text{Sensor} = 3$$

## Rele UAT

Manufacturer	: Schneider Electric
Model	: Sepam Series 10
FLA Primer Trafo UAT	: 80,33
Curve type	: IEC <i>Very Inverse Time</i>
CT Ratio	: 100/5

### Time Overcurrent Pickup

$$1,05 \times \text{FLA} < \text{Iset} < 1,4 \times \text{FLA}$$

$$1,05 \times 80,33 < \text{Iset} < 1,4 \times 80,33$$

$$84,34 < \text{Iset} < 112,46$$

Dipilih Iset = 112 A

Dengan CT sebesar 100/5

Tap = Iset/CT ratio = 1,12

### Time Dial

Waktu operasi (t) : 0,1 s

Isc max 4 cycle : 54890 (saturasi)

I setting : 112

Menurut *Datasheet* rele Schneider Electric Sepam 10, penentuan *time dial* dari tipe kurva IEC *Standard Inverse* menggunakan rumus :

$$td = \frac{K \times T}{\left[ \left( \frac{20 \times \text{Iset}}{\text{Iset}} \right)^\alpha - 1 \right] \times \beta}$$

$$T = \frac{td \times \beta \times \left[ \left( \frac{20 \times \text{Iset}}{\text{Iset}} \right)^\alpha - 1 \right]}{K}$$

$$T = \frac{0,1 \times 2,97 \times [(20)^1 - 1]}{0,14}$$

T = 0,21

Dipilih *time dial* = 0,43

Instantaneous Pickup

1,6 x FLA Primer Trafo UAT < Iset < 0,8 x Isc Min Bus

$$1,6 \times 80,33 < Iset < 0,8 \times 54260$$

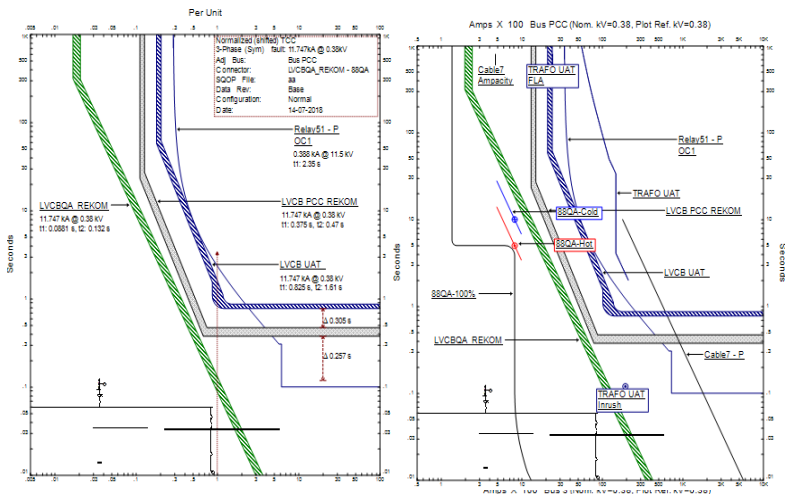
$$289,76 < Iset < 43408$$

Dipilih Iset = 2400 A

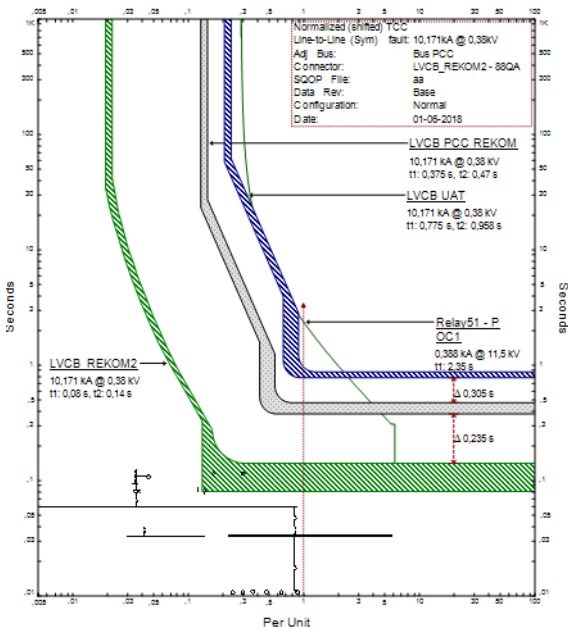
Dengan CT sebesar 100/5

Tap = Iset/CT ratio = 24

*Time Delay* = 0,1s



Gambar 4.12 Plot *Time current curve* tipikal 3(SACE Tmax)



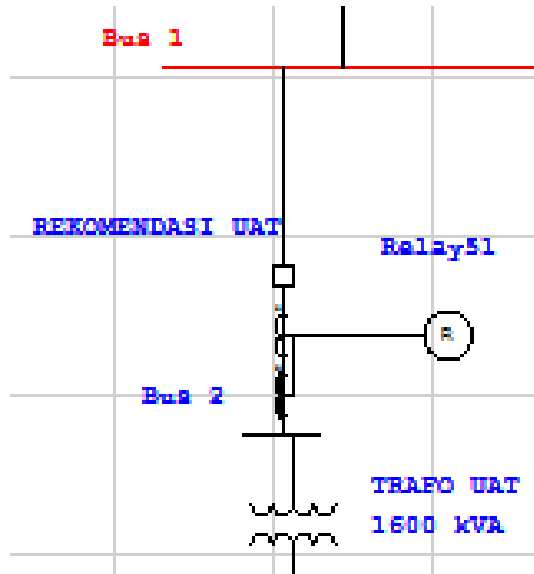
Gambar 4.13 Plot Time current curve tipikal 3(Merlin Gerin)

#### 4.5 Koordinasi Rele Arus Lebih Gangguan ke Tanah

Sistem Kelistrikan eksisting Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) Muara Karang Blok terdapat rele arus gangguan ke tanah yang harus dikoordinasikan pula untuk mengatasi arus hubung singkat satu fasa ke tanah. Pada PLTGU PT PJB Muara Karang Blok I terdapat *neutral grounding resistor* (NGR) di rele UAT. Nilai arus gangguan maksimal sama dengan nilai NGR.

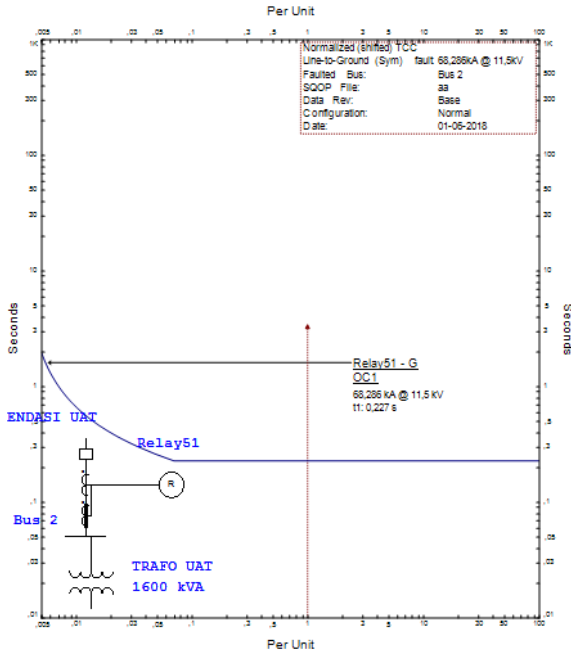
#### 4.5.1 Setting Koordinasi Rele Arus Lebih Gangguan Ke Tanah

Pada tipikal ini dilakukan koordinasi rele arus lebih gangguan ke tanah (*ground fault*) dari bus 2 ke bus 1 yang terdapat rele UAT. Gambar tipikalnya dapat dilihat pada gambar 4.14.



Gambar 4.14 *Single line diagram* rele *ground fault*

Selanjutnya, dari data eksisting tersebut dibuat plot koordinasi pengaman pada ETAP 12.6.0. Gambar plot pengaman dapat ditunjukkan pada gambar 4.14.



Gambar 4.15 Plot *Time current curve* eksisting rele *ground fault*

Dari hasil plot kurva *time-current curve* eksisting rele arus lebih gangguan ke tanah pada gambar 4.15 Berikut keterangan plot kurva *time-current curve* eksistingnya:

1. Rele arus lebih gangguan fasa ke tanah pada rele UAT sudah baik. Pemilihan NGR 430 A tepat untuk meredam arus *short circuit* dari Bus 2.
2. Pemakaian rele waktu *invers* pada rele eksisting tidak terdapat masalah melihat dari plot kurva gambar 4.14. Namun, pemakaian rele waktu *definite* lebih disarankan agar rele bekerja lebih optimal.

*Resetting* rele arus lebih gangguan ke tanah dapat dilakukan dengan perhitungan manual. Perhitungannya dijabarkan sebagai berikut :

### **Rele CB UAT**

Manufacturer : Schneider Electric – Sepam 10

CT Ratio : 100/5

INGR : 430 A

#### Instantaneous pickup

$$10\% \times \text{INGR} < I_{\text{set}} < 50\% \times \text{INGR}$$

$$10\% \times 430 \text{ A} < I_{\text{set}} < 50\% \times 430 \text{ A}$$

$$43 \text{ A} < I_{\text{set}} < 215 \text{ A}$$

Dipilih  $I_{\text{set}} = 50 \text{ A}$

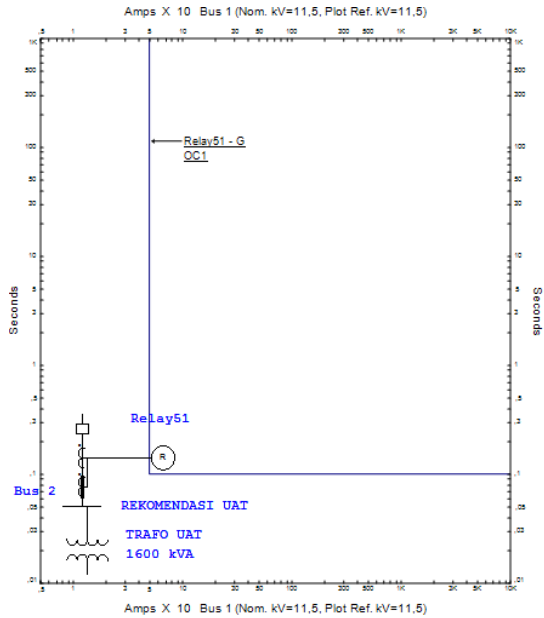
Dengan CT sebesar 100/5,

$$\text{Tap} = 50/100 = 0,5$$

#### Time dial

Dipilih  $\text{time delay} = 0,1\text{s}$

Hasil *resetting* rele arus lebih gangguan ke tanah dapat dilihat pada gambar 4.16.



Gambar 4.16 Plot *resetting Time current curve* eksisting rele ground fault



## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Hasil analisis dan evaluasi sistem koordinasi proteksi pada PLTGU PT PJB Muara Karang Blok I dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil plot koordinasi kurva arus waktu eksisting PLTGU PT PJB UP Muara Karang Blok I menunjukkan bahwa terdapat *setting* LVCB yang belum tepat dan koordinasi yang kurang baik.
2. Pada motor WC, TK, dan QA hanya menggunakan *setting* pada waktu *invers* dan tidak diaktifkannya *setting* pada bagian waktu *definite* dikarenakan karakteristik rele nya. Namun sebaiknya waktu *definite* diaktifkan dengan memilih rele yang memiliki karakteristik waktu *definite* yang sesuai dengan sistem kelistrikannya.
3. Pada *setting* pengaman di PLTGU PT PJB UP Muara Karang Blok I belum memperhatikan *grading time*. Pada LVCB MCC dan PCC menggunakan *time dial* yang sangat kecil sehingga waktu kerjanya hampir bersamaan dengan kerja LVCB pada motor. Sedangkan pada LVCB UAT *time dial* yang dipilih besar sehingga *grading time* dengan LVCB MCC dan PCC tidak sesuai standar *grading time* pada rele pengaman sebesar 0,2 – 0,4 detik.
4. Hasil plot koordinasi kurva arus waktu eksisting rele arus lebih gangguan fasa ke tanah masih menggunakan kurva *invers*. Sehingga apabila terdapat arus gangguan fasa ke tanah terdapat waktu *delay* untuk memutuskan arus gangguan.

## 5.2 Saran

Dengan meninjau hasil analisis dan evaluasi yang telah dilakukan pada tugas akhir ini, ada beberapa saran yang dapat dikemukakan untuk menjaga keandalan sistem serta kontinuitas daya. Saran tersebut antara lain :

1. Perlu adanya *setting* ulang peralatan pengaman agar koordinasi PLTGU PT PJB UP Muara Karang Blok I berjalan dengan baik.
2. Penggunaan waktu *invers* dan *definite* pada LVCB WC,TK, dan QA. Agar koordinasi proteksi semakin aman.
3. Pada LVCB MCC dan PCC *time delay* diperbesar agar didapatkan *grading time* sesuai standar.
4. Pada rele arus lebih gangguan fasa ke tanah digunakan waktu *definite* agar jika terjadi arus gangguan fasa ke tanah, gangguan tersebut langsung diamankan oleh pengaman peralatan sesuai dengan waktu yg ditentukan tanpa *time delay*.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Acharya, S., Jha, S. K., Shrestha, R., Pokhrel, A., & Bohara, B. (2017). An Analysis of Time Current Characteristics of Adaptive Inverse Definite Minimum Time (IDMT) Overcurrent Relay for Symmetrical and Un-Symmetrical Faults. *International Conference on Smart Grids, Power and Advanced Control Engineering (ICSPACE)*, (hal. 332-337). Belangor.
2. R. Syahputra, Buku Ajar Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik, I. Soesanti, Penyunt., Yogyakarta: LP3M UMY, 2017.
3. Stevenson, Jr., William D, “*Analisis Sistem Tenaga Listrik*”, Diterjemahkan oleh Ir. Kamal Idris, Penerbit Erlangga, Jakarta, Edisi Keempat, 1983.
4. Fitrizawati, Nurhadiyono, S., & Efendi, N. (2018). Analisis Setting Relay Proteksi Pengaman Arus Lebih Pada Generator (Studi Kasus di PLTU 2X300 MW Cilacap). *ITEKS*, 10 (1), 49-57.
5. Wahyudi. (2014). *Diktat Kuliah Pengaman Sistem Tenaga Listrik*. Surabaya: Teknik Elektro ITS.
6. Y. Triyono, O. Penangsang dan S. Anam, “Analisis Studi Rele Pengaman (Over Current Relay dan Ground Fault Relay) pada Pemakaian Distribusi Daya Sendiri dari PLTU Rembang,” *Jurnal Teknik POMITS*, vol. 2, no. 2, pp. B159-B164, 2013.
7. Gers, Juan M., dan Holmes, Edward J., "protection of Electrical Distribution Network 2<sup>nd</sup> Edition", The Institution of Electrical Engineers, London, Ch. 5, 2004.
8. P. Mehta dan V. Makwana, “Modelling of Overcurrent Relay with Inverse Characteristics for Radial Feeder Protection using Graphical User Interface,” dalam *International Conference on Intelligent Computing, Instrumentation and Technologies (ICICT)*, Kannur, 2017.

9. Gurevich, Vladimir, "*Electric Relays, Principle and Application*", CRC Press, USA, Ch. 10, 2006.
10. IEEE Std 242-2001™, "*IEEE Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems*", The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., New York, Ch. 15, 2001

## BIOGRAFI PENULIS



Muhammad Fakhri Hadiyanto lahir di Bogor pada tanggal 7 Mei 1996. Penulis akrab dipanggil Fakhri dan bertempat tinggal di Jalan Raya Kapten Yusuf, Cimanglid, Bogor. Penulis merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara dan mulai menempuh pendidikan di perguruan tinggi Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2014. Kegemaran penulis yaitu membaca dan menulis essay. Selain itu, penulis juga gemar hiking, futsal serta badminton. Selama kuliah, penulis aktif mengikuti organisasi BPU JMMI ITS dan pada tahun 2017 pernah menjadi juara 3 Lomba Tulis Karya Ilmiah Tingkat Mahasiswa Se-Indonesia yang diadakan oleh PLN. Penulis dapat dihubungi melalui email [fakhrihadiyanto@gmail.com](mailto:fakhrihadiyanto@gmail.com).

---Halaman ini sengaja dikosongkan---

# LAMPIRAN

