



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR - TE141599**

**ANALISIS KOORDINASI PROTEKSI ARUS LEBIH FASA  
PT. VICO INDONESIA UNIT OPERASI MUTIARA AKIBAT  
PENAMBAHAN GENERATOR**

Andreas Dianto Fajar K. P. P.  
NRP 2212 100 115

Dosen Pembimbing  
Dr.Ir. Margo Pujiantara, MT.  
Ir. Sjamsjul Anam, MT.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - TE141599

ANALYSIS OF PHASE OVERCURRENT PROTECTION  
COORDINATION OF PT. VICO INDONESIA OPERATING UNIT  
MUTIARA CAUSED BY ADDITION OF GENERATOR

Andreas Dianto Fajar K. P. P.  
NRP 2212 100 115

Advisor Lecturer  
Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT.  
Ir. Sjamsjul Anam, MT.

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING  
Faculty Of Industry Technology  
Sepuluh Nopember Institute Of Technology  
Surabaya 2016

**ANALISIS KOORDINASI PROTEKSI ARUS LEBIH FASA PT.  
VICO INDONESIA UNIT OPERASI MUTIARA AKIBAT  
PENAMBAHAN GENERATOR**

**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**



**Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT.**  
**NIP. 196603181990101001**

**Dosen Pembimbing II**



**Ir. Sjamsiul Anam, MT.**  
**NIP. 196307251990031002**



# **ANALISIS KOORDINASI PROTEKSI ARUS LEBIH FASA PT. VICO INDONESIA UNIT OPERASI MUTIARA AKIBAT PENAMBAHAN GENERATOR**

Nama Mahasiswa : Andreas Dianto Fajar K. P. P.  
NRP : 2212100115  
Dosen Pembimbing : 1. Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT.  
2. Ir. Sjamsjul Anam, MT.  
NIP : 1. 1966 03 18 1990 10 1001  
2. 1963 07 25 1990 03 1002

## **ABSTRAK**

Sistem proteksi merupakan suatu hal yang sangat penting bagi sistem kelistrikan setiap pabrik. Sistem proteksi tersebut harus dapat bekerja dengan cepat, tepat, selektif, dan ekonomis sehingga peralatan-peralatan proteksi dapat mengamankan peralatan lain dari gangguan yang muncul dan pabrik bisa berjalan dengan baik. Gangguan yang muncul biasanya berupa arus *short circuit*. Oleh karena itu, perlu dilakukan studi *short circuit* pada analisis koordinasi proteksi arus lebih fasa ini. Selain itu, diperlukan pula studi aliran daya (*load flow*) agar dapat menunjang analisis tersebut. Tujuan tugas akhir ini adalah untuk mengetahui bagaimana keadaan peralatan-peralatan proteksi pada PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara setelah dilakukan penambahan generator sebesar 480 kW. Apabila kapasitas peralatan-peralatan proteksinya masih bisa mengamankan arus gangguan yang muncul maka perlu dilihat *setting* peralatan proteksi tersebut apakah peralatan tersebut telah bekerja dengan tepat dan terkoordinasi. Dalam menganalisis kondisi eksisting, sistem dapat dimodelkan menggunakan ETAP 12.6.0 lalu dilakukan analisis *short circuit* pada setiap bus dan melihat koordinasi proteksi saat gangguan terjadi. Pada analisis koordinasi proteksi, dilakukan pembuatan tipikal-tipikal untuk mempermudah pengkoordinasian peralatan proteksi. Setting arus dan waktu harus sesuai dengan standar yang berlaku sehingga koordinasinya dapat berjalan dengan baik.

**Kata Kunci** – aliran daya, *Short circuit*, koordinasi proteksi

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

**ANALYSIS OF PHASE OVERCURRENT PROTECTION  
COORDINATION OF PT. VICO INDONESIA OPERATING UNIT  
MUTIARA CAUSED BY ADDITION OF GENERATOR**

*Name of Student* : Andreas Dianto Fajar K. P. P.  
*NRP* : 2212100115  
*Advisor Lecturer* : 1. Dr.Ir. Margo Pujiantara, MT.  
2. Ir. Sjamsjul Anam, MT.  
*NIP* : 1. 1966 03 18 1990 10 1001  
2. 1963 07 25 1990 03 1002

**ABSTRACT**

*Protection system is an important thing for electrical systems in every factory. That protection system must be able to work fast, appropriately, selective, and economic so that protection equipments can secure other equipments from fault that occurred and the factory can operate well. The fault that occurred usually is short circuit current. Therefore, short circuit study is needed on this protection coordination analysis. Besides, Load flow analysis is also needed for support protection coordination analysis. The purpose of this final project is to know the condition of protection equipments on PT. VICO Indonesia operating unit Mutiara after the addition of 480 kW generator. If the protection equipments capacity still can secure fault that occurred, so we need to check the protection equipments setting what that equipments have been worked properly and right coordinated. When analyzing the existing condition, the system can modeled with ETAP 12.6.0. Then, we do the short circuit analysis at every bus and check protection coordination when the fault occurred. In protection coordination analysis, we make some tipicals to ease the coordination of each protection equipment. Current and time setting must be according to the prevailing standard so that coordination can run well.*

*Keyword – Load flow, short circuit, protection coordination*

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas anugerah dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Analisis Koordinasi Proteksi Arus Lebih Fasa PT. VICO Indonesia Akibat Penambahan Generator” dengan tepat waktu. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan kelulusan tahap sarjana teknik pada bidang studi Teknik Sistem Tenaga, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama penyelesaian tugas akhir ini, tidak lepas dari bantuan, bimbingan, dan arahan dari berbagai pihak.

Secara khusus, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak – pihak yang telah berjasa dalam proses penyelesaian tugas akhir ini, yaitu.

1. Tuhan Yang Maha Esa atas karunia, berkah dan rahmatnya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Orang tua penulis, Y.M.F. Diah Listyowati, SH. yang selalu memberi dukungan, semangat, motivasi, dan doa untuk keberhasilan penulis.
3. Bapak Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT. dan Bapak Ir. Sjamsjul Anam, MT. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan saran serta bimbingannya.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa selalu melimpahkan karunia dari segala kebbaikannya dan memberikan balasan yang lebih banyak atas semua kebaikan yang telah diberikan. Besar harapan penulis agar buku ini dapat memberikan manfaat bagi banyak pihak. Dengan penuh kesadaran bahwa dalam penyusunan tugas akhir masih jauh dari harapan dan masih banyak terdapat kekurangan didalamnya. Oleh karena itu, penulis mohon maaf dan mengharap segala bentuk kritik serta saran yang bersifat membangun dari berbagai pihak agar analisis ini menjadi lebih baik lagi dimasa yang akan datang. Tiada kebahagiaan yang begitu besar karena semua usaha ini bisa bermanfaat dan tidak meninggalkan kesia-siaan.

Surabaya, 2 Mei 2016

Penulis

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

## DAFTAR ISI

### JUDUL

### LEMBAR PERNYATAAN

### LEMBAR PENGESAHAN

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| <b>ABSTRAK</b> .....        | i   |
| <b>ABSTRACT</b> .....       | iii |
| <b>KATA PENGANTAR</b> ..... | v   |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....     | vii |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....  | ix  |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....   | xi  |

### BAB I PENDAHULUAN

|                              |   |
|------------------------------|---|
| 1.1 Latar Belakang .....     | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah .....    | 1 |
| 1.3 Batasan Masalah .....    | 2 |
| 1.4 Tujuan Tugas Akhir ..... | 2 |
| 1.5 Metode Penelitian .....  | 2 |
| 1.6 Relevansi.....           | 4 |

### BAB II DASAR TEORI DAN STUDI LITERATUR

|  |    |
|--|----|
| 2.1 Gangguan pada Sistem Tenaga Listrik.....       | 7  |
| 2.1.1 Gangguan Beban Lebih .....                   | 7  |
| 2.1.2 Gangguan Tegangan Lebih .....                | 8  |
| 2.1.3 Gangguan Hubung Singkat .....                | 8  |
| 2.1.4 Gangguan Hubung Terbuka (Seri) .....         | 11 |
| 2.2 Dasar Sistem Proteksi Tenaga Listrik .....     | 12 |
| 2.3 Peralatan Pengaman Sistem Tenaga Listrik ..... | 13 |
| 2.3.1 Fuse .....                                   | 14 |
| 2.3.2 Circuit Breaker (CB) .....                   | 15 |
| 2.3.3 Relay Pengaman.....                          | 17 |

### BAB III SISTEM KELISTRIKAN PT. VICO INDONESIA UNIT OPERASI MUTIARA

|   |    |
|---|----|
| 3.1 Sistem Kelistrikan PT. VICO Indonesia Unit Operasi Mutiara..... | 21 |
| 3.2 Sistem Pembangkitan PT. VICO Indonesia Unit operasi Mutiara.... | 22 |

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 3.3 | Sistem Distribusi PT. VICO Indonesia Unit Operasi Mutiara..... | 24 |
| 3.4 | Beban pada PT. VICO Indonesia Unit Operasi Mutiara.....        | 25 |

**BAB IV HASIL SIMULASI DAN ANALISIS**

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 4.1   | Pemodelan Sistem Kelistrikan PT. VICO Indonesia Unit Operasi Mutiara .....                                  | 27 |
| 4.2   | Analisis Arus Gangguan Hubung Singkat pada Sistem Kelistrikan PT. VICO Indonesia Unit operasi Mutiara ..... | 27 |
| 4.2.1 | Analisis Arus Hubung Singkat Maksimum .....   | 27 |
| 4.2.2 | Analisis Arus Hubung Singkat Minimum.....   | 28 |
| 4.3   | Pemilihan Tipikal Koordinasi Proteksi pada PT. VICO Indonesia Unit Operasi Mutiara .....                    | 29 |
| 4.4   | Analisis Koordinasi Proteksi PT. VICO Indonesia Unit Operasi Mutiara Data Eksisting .....                   | 31 |
| 4.4.1 | Analisis Koordinasi Proteksi Data Eksisting Tipikal 1 .....   | 31 |
| 4.4.2 | Analisis Koordinasi Proteksi Data Eksisting Tipikal 2 .....   | 34 |
| 4.4.3 | Analisis Koordinasi Proteksi Data Eksisting Tipikal 3 .....   | 37 |
| 4.4.4 | Analisis Koordinasi Proteksi Data Eksisting Tipikal 4 .....   | 39 |
| 4.4.5 | Analisis Koordinasi Proteksi Data Eksisting Tipikal 5 .....   | 41 |
| 4.5   | Analisis Koordinasi Proteksi PT. VICO Indonesia Unit Operasi Mutiara Kondisi <i>Resetting</i> .....         | 44 |
| 4.5.1 | Analisis Koordinasi Proteksi <i>Resetting</i> Tipikal 1 .....   | 45 |
| 4.5.2 | Analisis Koordinasi Proteksi <i>Resetting</i> Tipikal 2 .....   | 52 |
| 4.5.3 | Analisis Koordinasi Proteksi <i>Resetting</i> Tipikal 3 .....   | 59 |
| 4.5.4 | Analisis Koordinasi Proteksi <i>Resetting</i> Tipikal 4 .....   | 66 |
| 4.5.5 | Analisis Koordinasi Proteksi <i>Resetting</i> Tipikal 5 .....   | 73 |

**BAB V PENUTUP**

|     |                 |    |
|-----|-----------------|----|
| 5.1 | Kesimpulan..... | 79 |
| 5.2 | Saran.....      | 80 |

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> ..... | 81 |
| <b>BIOGRAFI PENULIS</b>     |    |

## DAFTAR GAMBAR

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Gambar 1.1  | <i>Flow chart</i> Metodologi .....                           | 4  |
| Gambar 2.1  | Kurva arus gangguan hubung singkat .....                     | 9  |
| Gambar 2.2  | Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah .....                      | 10 |
| Gambar 2.3  | Hubung Singkat Tiga Fasa .....                               | 11 |
| Gambar 2.4  | Hubung Singkat Dua Fasa.....                                 | 11 |
| Gambar 2.5  | <i>Fuse</i> 200 A.....                                       | 14 |
| Gambar 2.6  | Kurva TCC untuk <i>expulsion fuse</i> .....                  | 15 |
| Gambar 3.1  | Kantor PT. VICO Indonesia di Kalimantan Timur .....          | 21 |
| Gambar 3.2  | PT. VICO Indonesia Unit Operasi Mutiara.....                 | 22 |
| Gambar 3.3  | Generator MTZ -1900A .....                                   | 23 |
| Gambar 3.4  | Generator MTZ – 1900D .....                                  | 24 |
| Gambar 4.1  | tipikal – tipikal yang Dipilih untuk Dikoordinasikan.....    | 30 |
| Gambar 4.2  | Plot kurva TCC Tipikal 1 kondisi eksisting.....              | 33 |
| Gambar 4.3  | Plot kurva TCC Tipikal 2 kondisi eksisting.....              | 36 |
| Gambar 4.4  | Plot kurva TCC Tipikal 3 kondisi eksisting.....              | 38 |
| Gambar 4.5  | Plot kurva TCC Tipikal 4 kondisi eksisting.....              | 40 |
| Gambar 4.6  | Plot kurva TCC Tipikal 5 Kondisi Eksisting .....             | 43 |
| Gambar 4.7  | <i>Single Line Diagram</i> Tipikal 1.....                    | 45 |
| Gambar 4.8  | Plot kurva TCC kondisi <i>resetting</i> pada tipikal 1 ..... | 50 |
| Gambar 4.9  | <i>Single Line Diagram</i> Tipikal 2.....                    | 52 |
| Gambar 4.10 | LVCB G3 Cutler Hummer DS – 416 di <i>Plant</i> .....         | 55 |
| Gambar 4.11 | Plot kurva TCC kondisi <i>resetting</i> pada tipikal 2 ..... | 57 |
| Gambar 4.12 | <i>Single Line Diagram</i> Tipikal 3.....                    | 59 |
| Gambar 4.13 | LVCB 47 Cutler Hummer DS – 416 di <i>Plant</i> .....         | 62 |
| Gambar 4.14 | Plot kurva TCC kondisi <i>resetting</i> pada tipikal 3 ..... | 64 |
| Gambar 4.15 | <i>Single Line Diagram</i> Tipikal 4.....                    | 65 |
| Gambar 4.16 | LVCB Q7 Cutler – Hummer ND di Mutiara <i>Plant</i> .....     | 69 |
| Gambar 4.17 | LVCB G5 Merlin Gerin M12 H1 di Mutiara <i>Plant</i> .....    | 70 |
| Gambar 4.18 | Plot kurva TCC kondisi <i>resetting</i> pada tipikal 4 ..... | 71 |
| Gambar 4.19 | <i>Single Line Diagram</i> Tipikal 5.....                    | 73 |
| Gambar 4.20 | LVCB Q9 Square – D MAL di Mutiara <i>Plant</i> .....         | 75 |
| Gambar 4.21 | LVCB G5 Merlin Gerin M12 H1 di Mutiara <i>Plant</i> .....    | 76 |
| Gambar 4.22 | Plot kurva TCC kondisi <i>resetting</i> pada tipikal 5 ..... | 78 |

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

## DAFTAR TABEL

|                   |  |    |
|-------------------|--|----|
| <b>Tabel 2.1</b>  | Koefisien Invers <i>Time Dial</i> relay yang Menggunakan Standar IEC ..... | 19 |
| <b>Tabel 2.2</b>  | Koefisien Invers <i>Time Dial</i> relay yang Menggunakan Standar ANSI..... | 19 |
| <b>Tabel 2.3</b>  | Spesifikasi Relay Berbasis Analog dan <i>microprocessor</i> ...            | 20 |
| <b>Tabel 3.1</b>  | Data Generator PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara                     | 22 |
| <b>Tabel 3.2</b>  | Data Generator PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara                     | 23 |
| <b>Tabel 3.3</b>  | Data Busbar PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara ....                   | 24 |
| <b>Tabel 3.4</b>  | Data Beban PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara .....                   | 25 |
| <b>Tabel 4.1</b>  | Data Arus Hubung singkat Maksimum .....                                    | 28 |
| <b>Tabel 4.2</b>  | Data Arus Hubung Singkat Minimum .....                                     | 29 |
| <b>Tabel 4.3</b>  | Data Eksisting peralatan pengaman dari Tipikal 1 .....                     | 32 |
| <b>Tabel 4.4</b>  | Data Eksisting peralatan pengaman dari Tipikal 2 .....                     | 35 |
| <b>Tabel 4.5</b>  | Data Eksisting peralatan pengaman dari Tipikal 3 .....                     | 37 |
| <b>Tabel 4.6</b>  | Data Eksisting peralatan pengaman dari Tipikal 4 .....                     | 39 |
| <b>Tabel 4.7</b>  | Data Eksisting peralatan pengaman dari Tipikal 5 .....                     | 42 |
| <b>Tabel 4.8</b>  | Data <i>Resetting</i> peralatan pengaman dari Tipikal 1 .....              | 50 |
| <b>Tabel 4.9</b>  | Data <i>Resetting</i> peralatan pengaman dari Tipikal 2 .....              | 58 |
| <b>Tabel 4.10</b> | Data <i>Resetting</i> peralatan pengaman dari Tipikal 3 .....              | 65 |
| <b>Tabel 4.11</b> | Data <i>Resetting</i> peralatan pengaman dari Tipikal 4 .....              | 72 |
| <b>Tabel 4.12</b> | Data <i>Resetting</i> peralatan pengaman dari Tipikal 5 .....              | 77 |

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Listrik merupakan hal yang sangat penting di bidang perindustrian karena industri tersebut tidak dapat beroperasi jika tidak ada listrik. Proses penyediaan listrik pun tidak hanya mengenai penyambungan listrik ke beban namun juga diperlukan peralatan pengaman yang baik dengan setting yang tepat agar gangguan-gangguan yang muncul dapat teratasi. Fungsi dari peralatan pengaman yaitu untuk mengatasi gangguan-gangguan yang muncul, melokalisir gangguan yang muncul, melindungi peralatan – peralatan lain dari kerusakan akibat adanya gangguan, melindungi manusia dari bahaya akibat gangguan yang muncul. Oleh karena itu, peralatan pengaman ini mempunyai peran yang sangat penting dalam sistem kelistrikan.

Belakangan ini, PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara melakukan penambahan generator sebesar 480 kW untuk memenuhi kebutuhan bebannya. Selain itu, dilakukan pula perubahan konfigurasi saluran pada unit operasi ini. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan kontinuitas penyaluran dayanya mengingat sangat pentingnya produksi gas pada unit operasi ini. Penambahan generator dan pengubahan konfigurasi saluran ini pasti menyebabkan adanya perubahan nilai dari arus gangguan yang muncul. Oleh karena itu, Perlu dilakukan analisis koordinasi proteksi arus lebih fasa agar koordinasi proteksi tetap baik dan dapat mengatasi gangguan yang muncul.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah :

- Bagaimana kondisi eksisting peralatan proteksi pada PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara setelah penambahan generator,
- Bagaimana koordinasi proteksi peralatan-peralatan proteksi pada PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara setelah penambahan generator,
- Bagaimana pemilihan peralatan-peralatan proteksi dan setting peralatan proteksi yang tepat agar koordinasi proteksi berjalan dengan baik pada PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara.

### 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan pada tugas akhir ini meliputi :

- Penyettingan relay hanya pada OCR (*Over Current Relay*).
- Analisis yang dilakukan akan dibandingkan dengan perhitungan manual.
- Penyettingan hanya dilakukan pada pengaman fasanya saja. Untuk pengaman ground nya tidak dilakukan penyettingan.
- Analisis dilakukan saat empat pembangkit listrik utama beroperasi yaitu yaitu pembangkit MTZ-1900A, MTZ-1900B, MTZ-1900C, dan New GG. Tidak memperhitungkan apabila salah satu atau dua pembangkit *backup* ikut beroperasi atau menggantikan salah satu pembangkit utama.

### 1.4 Tujuan Tugas Akhir

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- Mengetahui kondisi eksisting peralatan proteksi pada PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara setelah penambahan generator,
- Mengetahui koordinasi proteksi peralatan-peralatan proteksi pada PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara setelah penambahan generator,
- Mengetahui pemilihan peralatan-peralatan proteksi dan setting peralatan proteksi yang tepat agar koordinasi proteksi berjalan dengan baik pada PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara.

### 1.5 Metodologi Penelitian

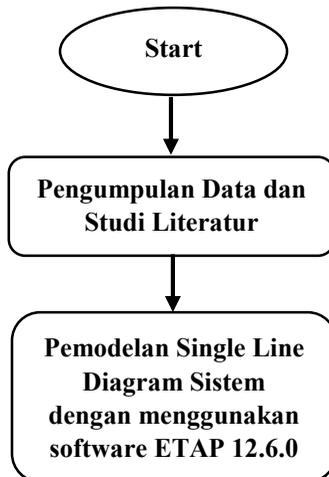
Metodologi yang digunakan dalam penyelesaian tugas akhir ini meliputi :

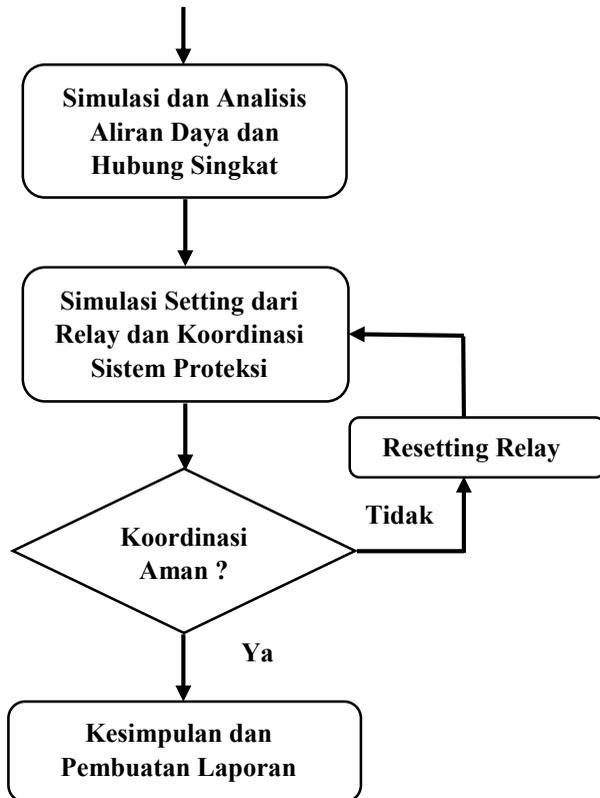
- Pengumpulan Data dan Studi Literatur  
Mengumpulkan data-data yang berguna dan menunjang pengerjaan tugas akhir. Data-data yang dibutuhkan berupa data-data peralatan listrik yang ada di PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara, datasheet relay dan CB yang digunakan. Selain itu juga mempelajari literatur yang sesuai dengan tugas akhir sehingga memperlancar dalam pengerjaan
- Pemodelan *Single Line Diagram* Sistem

Setelah didapatkan data-data, dilakukan pembuatan pemodelan single line diagram dengan menggunakan *software* ETAP 12.6.0 untuk memudahkan dalam melakukan analisis.

- Simulasi dan Analisis Aliran daya dan Hubung Singkat  
Simulasi dan analisis aliran daya ini dilakukan agar kita mengetahui apakah aliran daya pada PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara ini sudah baik atau belum. Sedangkan, simulasi dan analisis hubung singkat diperlukan untuk menentukan spesifikasi peralatan proteksi dan pertimbangan dalam melakukan setting peralatan proteksi.
- Simulasi *Setting* dari Relay dan Koordinasi Sistem  
Simulasi setting relay dan koordinasi sistem ini untuk memperhitungkan setting *high set*, *low set*, nilai *time dial* dan *time delay*. Lalu dilakukan analisis melalui *Time Current Curve* (TCC) dalam suatu tipikal.
- Kesimpulan dan Pembuatan Laporan  
Dari simulasi setting relay dan koordinasi sistem didapatkan suatu kesimpulan kondisi koordinasi proteksi yang ada serta pemberian rekomendasi untuk resetting peralatan proteksi yang koordinasinya kurang baik. Pembuatan laporan ini dapat dimulai minimal setelah data-data yang dibutuhkan sudah didapatkan.

Alur metodologi penyelesaian tugas akhir ini dapat digambarkan dalam *flow chart* di bawah ini :





**Gambar 1.1** *Flow chart* Metodologi

## 1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan buku laporan tugas akhir ini berisi lima bab, antara lain pendahuluan, dasar teori dan studi literatur, sistem kelistrikan PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara, hasil simulasi dan analisa data, dan penutup.

- Bab I (Pendahuluan)  
Bab ini berisi latar belakang, permasalahan, batasan masalah, tujuan, metodologi, sistematika penulisan, dan relevansi.
- Bab II (Dasar Teori dan Studi Literatur)  
Pada bab ini berisi teori – teori yang mendasari dan mendukung

tugas akhir yang dikerjakan.

- Bab III (Sistem Kelistrikan PT. VICO Indonesia Unit Operasi mutiara )  
Bab ini mengenai sistem kelistrikan yang ada pada PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara mulai dari data pembangkit, data sistem distribusi, dan data beban.
- Bab IV (Hasil Simulasi dan Analisa)  
Bab ini berisi hasil simulasi koordinasi proteksi, perhitungan – perhitungan, dan analisa dari hasil yang sudah didapatkan.
- Bab V (Penutup)  
Bab ini berisi kesimpulan dari keseluruhan tugas akhir yang dikerjakan dan saran – saran untuk perbaikan koordinasi proteksi PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara.

## 1.7 Relevansi

Tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi dan menjadi referensi bagi PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara mengenai penyettingan koordinasi proteksi arus lebih fasa setelah penambahan generator agar didapatkan *setting* koordinasi proteksi arus lebih fasa yang tepat. Tugas akhir ini juga diharapkan dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya.

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

## **BAB II**

### **DASAR TEORI DAN STUDI LITERATUR**

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

Gangguan pada sistem tenaga listrik adalah suatu kondisi atau keadaan abnormal yang dialami oleh sistem tenaga listrik yang mengakibatkan terganggunya kontinuitas penyaluran tenaga listrik. Gangguan yang terjadi akan menyebabkan peralatan pengaman pada sistem tenaga listrik bekerja. Gangguan pada sistem tenaga listrik berdasarkan asalnya dapat diklasifikasikan menjadi dua macam yaitu gangguan yang berasal dari dalam sistem dan gangguan yang berasal dari luar sistem[4]. Penyebab gangguan yang berasal dari dalam sistem antara lain kesalahan pemasangan instalasi yang dapat mengakibatkan gangguan hubung singkat, kerusakan material seperti kawat putus, kecacatan isolasi kabel, atau pecahnya isolator. Sedangkan, penyebab gangguan yang berasal dari luar sistem seperti adanya gangguan alam (pohon tumbang menimpa kabel, monyet bergelantungan pada kabel), pengaruh cuaca (hujan, angin, serta surja petir), dan kecerobohan manusia. Bila ditinjau dari segi lamanya waktu, gangguan dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu gangguan temporer dan gangguan permanen. Gangguan yang bersifat temporer dapat hilang dengan sendirinya bila peralatan pengaman bekerja sehingga bagian yang terganggu bisa dilokalisir. Sedangkan, gangguan yang bersifat permanen dapat dihilangkan apabila dilakukan tindakan perbaikan atau menghilangkan sumber gangguan.

Gangguan Sistem tenaga listrik ini bisa dibedakan menjadi beberapa hal bila ditinjau dari sebabnya. Tetapi, terdapat empat gangguan sistem tenaga listrik yang biasa terjadi yaitu gangguan beban lebih, gangguan tegangan lebih, gangguan hubung singkat, dan gangguan hubung terbuka(seri).

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

Gangguan beban lebih adalah gangguan yang terjadi karena adanya arus yang mengalir melebihi dari nilai arus nominal yang diijinkan ( $I > I_n$ ). Gangguan ini terjadi apabila suatu rangkaian dibebani melebihi kemampuannya seperti penambahan beban yang membuat rangkaian kelebihan beban (*overload*) atau bila satu rangkaian dihubungkan ke rangkaian lain yang mempunyai

beban cukup besar. Apabila gangguan ini dibiarkan secara terus menerus dalam jangka waktu yang cukup lama dapat memperpendek umur dari peralatan bahkan dapat merusak peralatan listrik yang dialiri oleh arus gangguan itu.

### **2.1.2 Gangguan Tegangan Lebih**

Gangguan tegangan lebih adalah gangguan yang terjadi karena terdapat peningkatan tegangan pada sistem melebihi tegangan nominal secara tiba – tiba. Gangguan ini sering terjadi pada saluran distribusi. Gangguan tegangan lebih ini bisa disebabkan oleh beberapa hal antara lain terkena surja petir, adanya pengurangan beban yang cukup besar pada jaringan, adanya gangguan pada *automatic voltage regulator* (AVR) pada generator atau pada *on load tap changer* dari trafo.

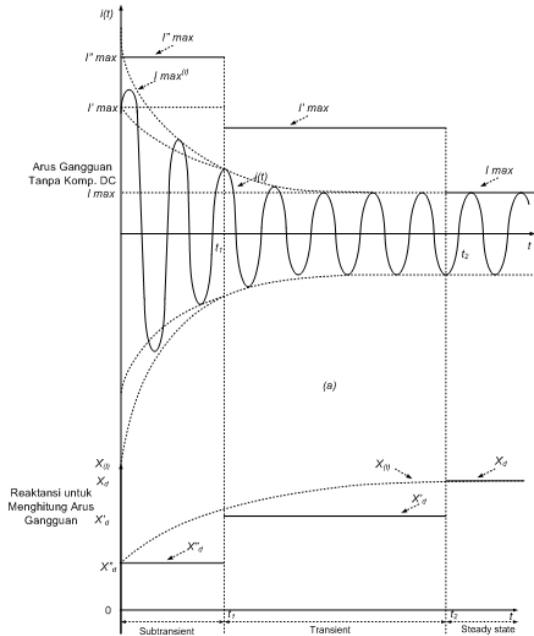
### **2.1.3 Gangguan Hubung Singkat**

Terjadinya gangguan hubung singkat (*short circuit*) dapat disebabkan oleh beberapa hal yaitu kerusakan mekanis pada peralatan distribusi, kerusakan peralatan listrik yang diakibatkan oleh *overload*, kerusakan isolasi pada peralatan, dan munculnya panas yang berlebih. Gangguan ini mengakibatkan munculnya arus lebih pada fasa yang terganggu karena adanya aliran arus kontribusi besar yang berasal dari generator dan beban motor menuju ke titik gangguan. Daerah yang terganggu juga mengalami drop tegangan yang cukup besar dan daerah yang tidak terganggu akan mengalami kenaikan tegangan.

Gangguan hubung singkat dapat digolongkan menjadi dua macam yaitu hubung singkat simetri dan tidak simetri (*asimetri*) [7]. Gangguan yang termasuk dalam hubung singkat simetri yaitu hubung singkat tiga fasa dan hubung singkat tiga fasa ke tanah. Sedangkan, gangguan yang termasuk dalam hubung singkat asimetri yaitu hubung singkat dua fasa, dua fasa ke tanah, satu fasa ke tanah, dan lain lain. Gangguan yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik adalah gangguan hubung singkat tidak simetri karena gangguan ini lebih mudah terjadi dibandingkan gangguan hubung singkat simetri.

Gangguan hubung singkat dibagi menjadi tiga periode yaitu *subtransient*, *transient*, dan *steady state*. Pada periode subtransient, nilai arus gangguan hubung singkat bernilai sangat besar yaitu

empat hingga delapan kali nilai arus nominal. Pada periode transient, nilai arus gangguan hubung singkatnya lebih kecil dari nilai arus pada periode *subtransient*. Sedangkan pada periode *steady state*, nilai arus gangguan hubung singkat nya hampir sama dengan nilai arus nominal.



**Gambar 2.1** Kurva arus gangguan hubung singkat[7].

Untuk menghitung besarnya nilai arus hubung singkat pada sistem tenaga listrik dapat digunakan persamaan sebagai berikut.

**A. Hubung singkat satu fasa ke tanah**

Merupakan hubung singkat yang melibatkan impedansi urutan nol. Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah ini disebabkan oleh *flashover* antara penghantar fasa dan tanah. Besar arus hubung singkat tergantung sistem pentanahan yang digunakan. Berikut merupakan persamaan tersebut.

$$I_{sc0\Phi} = \frac{3V_f}{Z_1+Z_2+Z_0} \quad (2.1)$$

Keterangan :

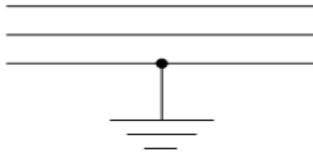
$I_{sc0\Phi}$  : arus hubung singkat satu fasa ke tanah

$V_f$  : tegangan di titik gangguan sesaat sebelum terjadinya gangguan (L\_N)

$Z_1$  : impedansi urutan positif

$Z_2$  : impedansi urutan negatif

$Z_0$  : impedansi urutan nol



**Gambar 2.2** Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah

#### B. Hubung singkat fasa ke netral

Merupakan hubung singkat yang terjadi antara salah satu fasa dengan netral. Berikut merupakan persamaan tersebut.

$$I_{sc1\Phi} = \frac{V_{LL}/\sqrt{3}}{Z_{sc}+Z_{LN}} \quad (2.2)$$

Keterangan :

$I_{sc1\Phi}$  : arus hubung singkat satu fasa ke netral

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

$Z_{LN}$  : impedansi netral

#### C. Hubung singkat tiga fasa

Merupakan hubung singkat yang melibatkan ketiga fasa. Berikut merupakan persamaan tersebut. Gangguan ini biasanya disebabkan oleh tumbangannya pohon yang mengenai ketiga penghantar fasa pada suatu jaringan.

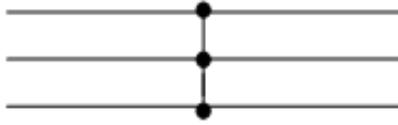
$$I_{sc3\Phi} = \frac{V_f}{Z_1} \quad (2.3)$$

Keterangan :

$I_{sc3\Phi}$  : arus hubung singkat tiga fasa

$V_f$  : tegangan di titik gangguan sesaat sebelum terjadinya gangguan (L\_N)

$Z_1$  : impedansi urutan positif



**Gambar 2.3** Hubung Singkat Tiga Fasa

D. Hubung singkat antar fasa

Merupakan hubung singkat yang terjadi karena bersentuhannya antara penghantar fasa satu dengan penghantar fasa yang lainnya tanpa terhubung ke tanah. Arus hubung singkat dua fasa ini mempunyai nilai yang lebih kecil daripada arus hubung singkat tiga fasa. Berikut merupakan persamaan tersebut.

$$I_{sc_{2\phi}} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{sc_{3\phi}} \approx 0,866 I_{sc_{3\phi}}. \quad (2.4)$$

Keterangan :

$I_{sc_{2\phi}}$  : arus hubung singkat antar fasa

$V_f$  : tegangan di titik gangguan sesaat sebelum terjadinya gangguan (L-L)

$Z_1$  : impedansi urutan positif

$Z_2$  : impedansi urutan negatif



**Gambar 2.4** Hubung Singkat Dua Fasa

**2.1.4 Gangguan Hubung Terbuka (Seri)**

Gangguan hubung terbuka adalah gangguan yang terjadi saat salah satu atau beberapa penghantar fasa dari sistem tenaga listrik terbuka sehingga mengakibatkan ketidakseimbangan. Ketidakseimbangan pada suatu jaringan menjadi penyebab adanya arus tidak simetris. Pada umumnya, gangguan rangkaian hubung terbuka lebih jarang terjadi dibanding gangguan hubung singkat.

Pada kenyataan dilapangan, sering terjadi gangguan hubung terbuka yang kemudian berubah menjadi hubung singkat oleh kejadian-kejadian yang mengikutinya [6]. Gangguan hubung terbuka ini dapat berupa gangguan satu saluran terbuka (1L-0) dan gangguan dua saluran terbuka (2L-0)

Pada sistem tiga fasa gangguan ini dapat disebabkan oleh pemutus daya yang tidak membuka ketiga fasanya secara keseluruhan, misal hanya satu atau dua fasa saja yang terbuka sedangkan fasa yang lainnya tetap tertutup [2].

## **2.2 Dasar Sistem Proteksi Tenaga Listrik**

Sistem proteksi merupakan hal yang penting dalam proses penyaluran daya dari sumber menuju ke beban karena suatu sistem tenaga listrik tidak selalu beroperasi dalam kondisi yang ideal. Dalam kenyataannya, kondisi abnormal (mengalami gangguan seperti short circuit, tegangan lebih, beban lebih, dll) dapat terjadi setiap saat pada sistem tenaga listrik. Kondisi abnormal tersebut dapat membahayakan sistem secara keseluruhan bahkan manusia di sekitarnya, sehingga diperlukan adanya sistem proteksi yang dapat menghilangkan gangguan serta meminimalisasi dampak dari kondisi abnormal tersebut. Fungsi dari sistem proteksi adalah untuk mengidentifikasi serta mengamankan gangguan yang muncul, melokalisir daerah yang mengalami gangguan sehingga daerah yang normal tetap bisa beroperasi dengan baik, menghindari atau mengurangi kerusakan pada peralatan yang terdampak, dan mengamankan manusia dari bahaya yang ditimbulkan gangguan pada sistem tenaga listrik. Gangguan pada sistem tenaga listrik dapat terjadi di pembangkit, jaringan transmisi maupun jaringan distribusi. Dimanapun gangguan itu terjadi, sistem proteksi harus dapat mengidentifikasi dan memisahkan bagian yang terganggu secepat mungkin.

Sistem proteksi tenaga listrik dalam melaksanakan tugasnya yaitu untuk mengidentifikasi gangguan, harus memenuhi beberapa persyaratan yaitu :

### **A. Sensitivitas**

Sensitivitas merupakan kemampuan sistem proteksi untuk mengidentifikasi adanya ketidaknormalan atau gangguan yang berada di dalam daerah yang diproteksinya. Sistem proteksi harus cukup sensitif untuk mendeteksi gangguan tersebut dengan

rangsangan minimum dan bila perlu hanya mentriapkan *circuit breaker* (CB) untuk memisahkan bagian sistem yang terganggu sehingga daerah yang tidak terganggu tetap bisa beroperasi dengan normal.

B. Selektivitas

Selektivitas merupakan suatu kualitas kecermatan pemilihan dalam mengamankan gangguan yang terjadi. Bagian yang terbuka dari suatu sistem oleh karena terjadinya gangguan harus sekecil mungkin, sehingga daerah yang terputus menjadi lebih kecil. Sistem proteksi hanya akan bekerja selama kondisi tidak normal atau gangguan yang terjadi didaerah pengamanannya dan tidak akan bekerja pada kondisi normal atau pada keadaan gangguan yang terjadi diluar daerah pengamanannya.

C. Andal

Dalam keadaan normal atau sistem yang tidak pernah terganggu peralatan proteksi tidak bekerja selama berbulan-bulan mungkin bertahun-tahun, tetapi peralatan proteksi bila diperlukan harus dan pasti dapat bekerja, sebab apabila peralatan tersebut gagal bekerja dapat mengakibatkan kerusakan yang lebih parah pada peralatan yang diamankan atau mengakibatkan terjadinya pemadaman yang lebih luas. Untuk tetap menjaga keandalannya, maka peralatan proteksi harus dilakukan pengujian secara periodik.

D. Kecepatan

Ketika terjadi gangguan, peralatan proteksi harus dapat memberikan respon waktu yang tepat, sesuai dengan koordinasi yang diinginkan. Semakin cepat respon peralatan proteksi terhadap gangguan yang terjadi, semakin kecil daerah yang terdampak dan kerusakan yang terjadi akibat gangguan.

## 2.3 Peralatan Pengaman Sistem Tenaga Listrik

Peralatan pengaman sistem tenaga listrik adalah peralatan yang berfungsi untuk mengamankan suatu sistem tenaga listrik apabila terdapat gangguan yang muncul pada sistem tersebut. Terdapat berbagai macam peralatan yang digunakan untuk mengamankan gangguan. Peralatan pengaman mempunyai fungsi yang berbeda – beda dalam mengamankan gangguan tergantung jenis gangguan yang muncul pada sistem. Oleh karena itu, pemilihan peralatan pengaman yang tepat merupakan hal yang penting agar suatu sistem tenaga

listrik dapat diamankan dengan baik. Selain itu, cara setting peralatan pengaman dengan benar juga merupakan hal penting karena setting peralatan pengaman yang benar membuat peralatan pengaman bisa bekerja dengan tepat dalam mengamankan gangguan sehingga sistem bisa tetap aman. Berikut ini merupakan macam – macam peralatan pengaman sistem tenaga listrik :

### 2.3.1 Fuse

*Fuse* adalah suatu alat pemutus, dimana dengan meleburnya bagian dari komponen yang telah dirancang khusus dan disesuaikan ukurannya untuk membuka rangkaian dimana pelebur tersebut dipasang pada rangkaian yang ingin diamankan. Fuse ini biasanya menggunakan kawat penghantar perak yang dipasang di dalam tabung porselin yang diisi dengan pasir putih sebagai pemadam busur api dan menghubungkan kawat tersebut pada kawat fasa sehingga arus dapat mengalir. Peralatan ini mempunyai prinsip kerja dengan cara memutuskan kawat penghantar yang ada di dalam fuse apabila terdapat arus melebihi suatu nilai arus yang dapat dihantarkan oleh fuse. Oleh karena pelebur ditujukan untuk menghilangkan gangguan permanen, maka pelebur dirancang meleleh pada waktu tertentu pada nilai arus gangguan tertentu.

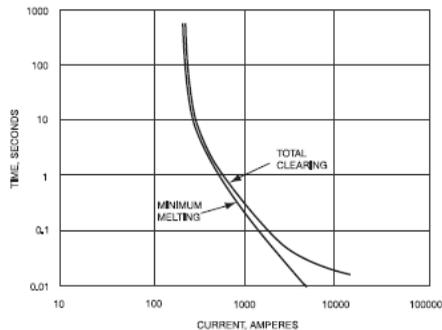


**Gambar 2.5** *Fuse 200 A*

Konstruksi dari fuse ini jauh lebih sederhana bila dibandingkan dengan *circuit breaker*. Akan tetapi, fuse ini mempunyai kemampuan yang sama dengan *circuit breaker* tadi. Peralatan ini hanya dapat memutuskan satu saluran kawat jaringan di dalam satu alat. Apabila diperlukan pemutus saluran tiga fasa

maka dibutuhkan fuse sebanyak tiga buah. Fuse bisa digunakan untuk mengamankan gangguan hubung singkat atau *overload* tetapi tidak bisa mengamankan kedua gangguan tersebut sekaligus karena nilai arus gangguan hubung singkat dengan *overload* berbeda.

*Time-current characteristics* (TCCs) yang dimiliki fuse yaitu *minimum – melting* dan *total – clearing* TCCs. Fuse beroperasi dalam area diantara dua kurva. Kurva *minimum – melting* digunakan untuk memilih *fuse* yang dapat mengamankan secara maksimal. Sedangkan, kurva *total – clearing* digunakan saat koordinasi peralatan diperlukan. Karakteristik fuse berbeda-beda untuk setiap tipe, disain, dan pembuat dari fuse. Jadi, dalam skema koordinasi proteksi, *fuse* tidak bisa diganti tanpa mencocokkan karakteristik dari kedua fuse tersebut [1].



**Gambar 2.6** Kurva TCC untuk *expulsion fuse*

### 2.3.2 Circuit Breaker (CB)

*Circuit breaker* (CB) adalah alat pemutus otomatis yang mampu memutus/menutup rangkaian baik dalam kondisi berbeban maupun kondisi tak berbeban. Peralatan ini juga dikenal dengan nama pemutus tenaga (PMT). CB ini berguna untuk mengamankan sistem apabila ada arus gangguan yang mengalir.

Jenis – jenis circuit breaker yang biasa digunakan dalam mengamankan sistem tenaga listrik yaitu

#### A. *Molded Case Circuit Breaker* (MCCB)

MCCB merupakan salah satu alat pengaman yang dalam proses

operasinya mempunyai dua fungsi yaitu sebagai pengaman dan sebagai alat untuk penghubung. Jika dilihat dari segi pengamanan, MCCB dapat berfungsi sebagai pengaman gangguan arus hubung singkat dan arus beban lebih. Pada jenis tertentu pengaman ini, mempunyai kemampuan pemutusan yang dapat diatur sesuai dengan yang diinginkan.

B. *Oil Circuit Breaker* (OCB)

*Oil Circuit Breaker* (OCB) merupakan *circuit breaker* yang menggunakan sarana minyak untuk memadamkan busur api. Pemutus jenis ini dapat digunakan untuk memutus arus sampai 10 kA dan pada rangkaian bertegangan sampai 500 kV. Prinsip kerja dari CB ini adalah saat kontak dipisahkan, busur api akan terjadi didalam minyak, sehingga minyak menguap dan menimbulkan gelembung gas yang menyelubungi busur api, karena panas yang ditimbulkan busur api, minyak mengalami dekomposisi dan menghasilkan gas hidrogen yang bersifat menghambat produksi pasangan ion. Oleh karena itu, pepadaman busur api tergantung pada pemanjangan dan pendinginan busur api dan juga tergantung pada jenis gas hasil dekomposisi minyak.

C. *Airblast Circuit Breaker* (ACB)

ACB merupakan jenis *circuit breaker* yang memadamkan busur api dengan sarana udara. *Circuit breaker* jenis ini dapat digunakan untuk memutus arus hingga 40 kA dan pada rangkaian bertegangan hingga 765 kV. *Airblast circuit breaker* dirancang untuk mengatasi kelemahan pada *oil circuit breaker*, yaitu dengan membuat media isolator kontak dari bahan yang tidak mudah terbakar dan tidak menghalangi pemisahan kontak, sehingga pemisahan kontak dapat dilaksanakan dalam waktu yang sangat cepat [3].

D. *Vacuum Circuit Breaker* (VCB)

*Vacuum Circuit Breaker* (VCB) merupakan *circuit breaker* yang menggunakan media ruang hampa untuk memadamkan busur api yang muncul. Pemutus jenis ini dapat digunakan untuk memutus rangkaian bertegangan sampai 38 kV. Pada VCB, kontak ditempatkan pada suatu bilik vakum. Untuk mencegah udara masuk kedalam bilik, maka bilik ini harus ditutup rapat dan kontak Bergeraknya diikat ketat dengan perapat logam [3].

#### E. *Sulfur Circuit Breaker* (SF<sub>6</sub>CB)

*Sulfur Circuit Breaker* (SF<sub>6</sub>CB) merupakan circuit breaker yang menggunakan gas SF<sub>6</sub> sebagai sarana dalam memadamkan busur api. Pemutus jenis ini dapat memutuskan arus hingga 40 kA dan pada rangkaian bertegangan hingga 765 kV. Media gas yang digunakan yaitu gas *sulphur hexaflouride* yang mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan udara. gas SF<sub>6</sub> mempunyai kekuatan dielektrik yang tinggi (2,35 kali udara) dan kekuatan dielektrik ini bertambah dengan pertambahan tekanan. Sifat lain dari gas SF<sub>6</sub> ialah mampu mengembalikan kekuatan dielektrik dengan cepat, tidak terjadi karbon selama terjadi busur api dan tidak menimbulkan bunyi pada saat pemutus tenaga menutup atau membuka [3].

### 2.3.3 Relay Pengaman

Relay pengaman adalah sebuah peralatan pengaman sistem tenaga listrik yang dirancang untuk mendeteksi bila terjadi suatu gangguan pada sistem tenaga listrik. Relay pengaman merupakan kunci kelangsungan kerja dari suatu sistem tenaga listrik, dimana gangguan segera dapat dilokalisir dan dihilangkan sebelum menimbulkan akibat yang lebih luas. Relay yang sering digunakan untuk mengamankan sistem tenaga listrik salah satunya adalah relay arus lebih. Relay arus lebih merupakan relay yang digunakan sebagai pengaman gangguan hubung singkat, tetapi dalam beberapa kasus dapat berfungsi sebagai pengaman beban lebih. Relay ini merupakan relay dengan nomor 50/51.

Relay arus lebih akan bekerja jika arus gangguan yang melewati relay melebihi dari nilai arus kerja relay. Sedangkan relay tidak akan bekerja jika arus gangguan yang melewati relay tersebut lebih kecil dari nilai arus kerja relay. Besarnya arus gangguan dinyatakan terhadap lilitan sekunder CT (*current transformer*) dan arus kerja dinyatakan terhadap lilitan sekunder CT.

$I_f > I_p \longrightarrow$  rele akan bekerja

$I_f < I_p \longrightarrow$  rele tidak bekerja

Dimana :

$I_f$  = Arus gangguan

$I_p$  = Arus kerja rele

Relay arus lebih ini memiliki beberapa kurva karakteristik yaitu waktu invers, waktu tertentu, dan waktu instan. Prinsip kerja relay

arus lebih waktu invers adalah arus gangguan berbanding terbalik dengan waktu operasi. Relay tersebut bekerja semakin cepat apabila arus gangguan yang muncul semakin besar, dan sebaliknya. Relay arus lebih ini dapat dijelaskan dengan kurva TCC yang mana kurva tersebut dalam skala *time dial*. Menurut standar IEC 60255-3 dan British Standard 142-1983, kurva invers ini terdapat beberapa jenis yaitu *standard inverse*, *very inverse*, *extremely inverse*, dan *ultra inverse*. Sedangkan, relay waktu tertentu dapat diatur waktu operasi yang beragam sesuai *level* arus yang berbeda. Dengan menggunakan rele arus lebih jenis ini gangguan dapat diputus dengan cepat sesuai dengan *time delay* yang diinginkan. Lalu, prinsip kerja relay waktu instan sama dengan relay waktu tertentu tetapi waktu yang digunakan sangat cepat yaitu 0,08 - 0,1 detik.

Dasar penyetelan relay arus lebih (*over current relay*) OCR adalah sebagai berikut :

Relay arus lebih (OCR) tidak harus bekerja saat beban maksimum karena penghantar serta peralatan lainnya masih bisa dilewati arus di atas nilai arus kerjanya dalam waktu tertentu. Menurut British Standart 142 (BS 142), batas penyetelan relay adalah  $1,05-1,3 I_{set}$ .

$I_{set}$  adalah  $\geq 1,05 I_n$

$$I_{set} \geq 1,05 \times I_{nominal} \quad (2.5)$$

$$I_s = \frac{I_{set}}{CT \text{ ratio}} \quad (2.6)$$

$$Tap = I_s / I_n \quad (2.7)$$

$$\text{Seting arus aktual } I_{set} = tap \times I_n \times CT \quad (2.8)$$

Pada penyetelan relay arus lebih juga harus memperhatikan batas maksimum *setting* untuk alasan keamanan dan back up hingga ke sisi *downstream*. Persamaan untuk pengaturan batasan maksimum penyetelan adalah sebagai berikut.

$$I_{set} \leq 0,8 I_{sc \min} \quad (2.9)$$

$$Tap = \frac{I_{set}}{CT \text{ primary}} \quad (2.10)$$

Keterangan :

$I_s$  = arus *setting* (ampere)

$I_{set}$  = arus *pick up* (ampere)

Waktu operasi relay ditentukan dalam pengaturan *time dial*. *Time dial* menunjukkan kecuraman dari kurva relay. Persamaan yang digunakan untuk menentukan *time dial* dari masing kurva karakteristik adalah sebagai berikut [8].

Bagi relay yang menggunakan standar *IEC*

$$td = \frac{k \times t}{\beta \times \left[ \left( \frac{I}{I_{set}} \right)^\alpha - 1 \right]} \quad (2.11)$$

Keterangan :

Td = *time dial*

k = koefisien invers 1

t = Waktu operasi

I = nilai arus

Iset = arus *pick up*

$\alpha$  = koefisien invers 2

$\beta$  = koefisien invers 3

**Tabel 2.1** Koefisien Invers *Time Dial* relay yang Menggunakan Standar IEC [8]

| Tipe Kurva                       | Koefisien |          |       |
|----------------------------------|-----------|----------|-------|
|                                  | k         | $\alpha$ | B     |
| <i>Standard / normal Inverse</i> | 0,14      | 0,02     | 2,970 |
| <i>Very Inverse</i>              | 13,50     | 1,00     | 1,500 |
| <i>Extremely Inverse</i>         | 80,00     | 2,00     | 0,808 |

Sedangkan, untuk relay yang menggunakan standar *ANSI*.

$$T = TD \times \left( A + \left( \frac{B}{\left( \frac{I}{I_{pickup}} - C \right)} \right) + \left( \frac{D}{\left( \frac{I}{I_{pickup}} - C \right)^2} \right) + \left( \frac{E}{\left( \frac{I}{I_{pickup}} - C \right)^3} \right) \right)$$

Keterangan :

TD = *time dial*

T = Waktu operasi

I = nilai arus *short circuit max*

*Ipickup* = arus *pick up*

A = koefisien 1

B = koefisien 2

C = koefisien 3

D = koefisien 4

**Tabel 2.2** Koefisien Invers *Time Dial* relay yang Menggunakan Standar ANSI

| <i>ANSI Curve Shape</i>        | A      | B      | C    | D       | E      |
|--------------------------------|--------|--------|------|---------|--------|
| <i>ANSI extremely inverse</i>  | 0.0399 | 0.2294 | 0.5  | 3.0094  | 0.7222 |
| <i>ANSI very inverse</i>       | 0.0615 | 0.7989 | 0.34 | -0.284  | 4.0505 |
| <i>ANSI normally inverse</i>   | 0.274  | 2.2614 | 0.3  | -4.1899 | 9.1272 |
| <i>ANSI moderately inverse</i> | 0.1735 | 0.6791 | 0.8  | -0.080  | 0.1271 |

Selain sebagai pengaman utama, relay arus lebih juga berfungsi sebagai pengaman *backup* dengan tujuan apabila pengaman utama gagal bekerja, masih ada pengaman *backup* yang bekerja untuk mengamankan gangguan. Oleh karena itu, pengaman utama dan pengaman *backup* tidak boleh bekerja secara bersamaan. Dalam pengaturan relay arus lebih harus memperhatikan *time delay* antara relay utama dengan relay *backup*. Berdasarkan IEEE std 242-2001, spesifikasi untuk relay berbasis analog dan *microprocessor* adalah sebagai berikut.

**Tabel 2.3** Spesifikasi Relay Berbasis Analog dan *microprocessor* [1].

| <i>Components</i>                              | <i>CTI with Field testing</i> |               |
|--|-------------------------------|---------------|
|  | <i>Electromechanical</i>      | <i>Static</i> |
| <i>Circuit breaker opening time (5 cycles)</i> | 0.08 s                        | 0.08 s        |
| <i>Relay overtravel</i>                        | 0.10 s                        | 0.00 s        |
| <i>Relay tolerance and setting error</i>       | 0.12 s                        | 0.12 s        |
| <i>Total CTI</i>                               | 0.30 s                        | 0.20s         |

Relay yang berbasis *microprocessor* mempunyai waktu trip yang lebih cepat daripada relay yang berbasis analog karena *overtravel time* dari relay ini adalah 0 s.

## BAB III

### SISTEM KELISTRIKAN PT. VICO INDONESIA UNIT OPERASI MUTIARA



**Gambar 3.1** Kantor PT. VICO Indonesia di Kalimantan Timur

#### **3.1. Sistem Kelistrikan PT. VICO Indonesia Unit Operasi Mutiara**

PT. VICO Indonesia adalah salah satu perusahaan yang ditunjuk oleh pemerintah untuk melakukan proses eksplorasi minyak dan gas di Pulau Kalimantan, Indonesia. Lokasi dari pabrik PT. VICO Indonesia adalah di Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur, Indonesia. Perusahaan ini telah berdiri sejak tahun 1968 dan telah memproduksi minyak dan gas (MIGAS) untuk memenuhi kebutuhan MIGAS di Indonesia dan untuk diekspor ke luar negeri. Sebagian besar gas yang diproduksi oleh PT. VICO Indonesia dikirimkan ke PT. Badak NGL untuk diolah menjadi *Liquified Natural Gas* (LNG) dan *Liquified Petroleum Gas* (LPG). Sedangkan, sisanya dikirim ke pabrik – pabrik petrokimia di Kalimantan seperti KPF, KPA, KMI, DAN KPI. PT. VICO Indonesia mempunyai beberapa unit operasi yaitu Muara Badak, Nilam, Semberah, dan Mutiara.

PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara mempunyai pembangkit listrik sendiri untuk memenuhi kebutuhan listriknya. Terdapat enam pembangkit listrik yang berupa *Gas Generator Set* pada unit operasi ini. Sistem distribusi yang digunakan adalah sistem distribusi radial dengan tegangan kerja yang digunakan adalah 0,38 kV. Sistem distribusi ini digunakan untuk menyalurkan daya bagi

beban – beban yang ada seperti motor, kompresor, pompa, beban statis, dan *lump load*.



**Gambar 3.2** PT. VICO Indonesia Unit Operasi Mutiara

### **3.2. Sistem Pembangkitan PT. VICO Indonesia Unit operasi Mutiara**

Pada saat setelah penambahan generator baru, PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara mempunyai enam pembangkit listrik dengan empat pembangkit beroperasi dan dua pembangkit stand by yang digunakan sebagai *back-up* apabila ada salah satu pembangkit yang mengalami *shut down* akibat terkena gangguan atau sedang mengalami proses pemeliharaan (*maintenance*). Sehingga proses produksi pada unit operasi ini bisa berjalan dengan baik. Pembangkit listrik yang digunakan adalah *gas generator set*. Perusahaan menggunakan generator jenis tersebut karena waktu starting generator tersebut tergolong cepat karena hanya memerlukan sekitar 5-10 menit untuk proses starting sehingga lebih fleksibel. Selain itu, gas generator set termasuk generator yang handal, bias meng – handle beban puncak, dan tidak terpengaruh oleh kondisi alam. Umur dari generator ini juga cukup panjang yaitu sekitar 10 tahun. Data dari generator – generator yang ada pada PT. VICO Indonesia dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2.

**Tabel 3.1** Data Generator PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara

| No. | ID          | kW  | kVA | kV   |
|-----|-------------|-----|-----|------|
| 1   | MTZ – 1900A | 445 | 556 | 0,38 |
| 2   | MTZ – 1900B | 445 | 556 | 0,38 |
| 3   | MTZ – 1900C | 210 | 260 | 0,38 |
| 4   | MTZ – 1900D | 325 | 406 | 0,38 |
| 5   | MTZ - 1910  | 400 | 500 | 0,38 |
| 6   | Z - 9960    | 480 | 600 | 0,38 |



**Gambar 3.3** Generator MTZ -1900A

**Tabel 3.2** Data Generator PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara

| No. | ID          | PF  | Eff  | RPM  | FLA(A) |
|-----|-------------|-----|------|------|--------|
| 1   | MTZ – 1900A | 0,8 | 0,95 | 1000 | 844,8  |
| 2   | MTZ – 1900B | 0,8 | 0,95 | 1000 | 844,8  |
| 3   | MTZ – 1900C | 0,8 | 0,95 | 1500 | 395    |
| 4   | MTZ – 1900D | 0,8 | 0,95 | 1500 | 616,9  |
| 5   | MTZ - 1910  | 0,8 | 0,95 | 1000 | 759,7  |
| 6   | Z - 9960    | 0,8 | 0,95 | 1000 | 911,6  |



**Gambar 3.4** Generator MTZ – 1900D

### **3.3. Sistem Distribusi PT. VICO Indonesia Unit Operasi Mutiara**

Sistem distribusi adalah peralatan – peralatan listrik yang bekerja secara bersama – sama untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber listrik menuju ke beban. Sistem distribusi yang digunakan PT. VICO Indonesia adalah sistem distribusi radial. Sistem distribusi ini merupakan sistem distribusi yang biasa digunakan oleh banyak perusahaan karena mempunyai banyak kelebihan. Kelebihan dari sistem distribusi radial adalah biaya investasi relatif murah, bentuknya sederhana, arus gangguan yang muncul relatif kecil, pengamanan gangguan cenderung lebih mudah, dll.

Setelah dilakukan penambahan generator, PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara melakukan beberapa modifikasi konfigurasi saluran sehingga sistem distribusi radial tersebut tetap bias menjamin kontinuitas penyaluran daya dari generator menuju ke beban. Sistem distribusi ini bekerja pada tegangan rendah yaitu 0,38 kV. Data dari bus – bus pada sistem kelistrikan PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara dapat dilihat pada Tabel 3.3.

**Tabel 3.3** Data Busbar PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara

| No. | Busbar    | Tegangan (kV) |
|-----|-----------|---------------|
| 1   | SWGR – 1A | 0,38          |

| No. | Busbar    | Tegangan (kV) |
|-----|-----------|---------------|
| 2   | SWGR – 1B | 0,38          |
| 3   | MCC – B   | 0,38          |
| 4   | MCC – C   | 0,38          |
| 5   | SWGR – 1C | 0,38          |
| 6   | Bus 17    | 0,38          |
| 7   | MCC – D   | 0,38          |
| 8   | MCC – A1  | 0,38          |
| 9   | MCC – A2  | 0,38          |

Penggunaan tegangan rendah pada saluran distribusi membuat tingkat keamanan menjadi lebih besar dan operator menjadi lebih aman dalam melakukan pengecekan peralatan, pemeliharaan rutin, penanggulangan gangguan, dll. Selain itu, peralatan pengaman tegangan rendah juga tidak semahal peralatan pengaman bagi tegangan tinggi.

### 3.4. Beban pada PT. VICO Indonesia Unit Operasi Mutiara

PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara mempunyai beberapa beban dengan daya yang cukup besar. Beban – beban yang ada pada unit operasi tersebut meliputi motor, pompa, kompresor, beban statis, dan *lump load*. Data dari beban yang ada pada PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara dapat dilihat pada Tabel 3.4.

**Tabel 3.4** Data Beban PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara

| No. | ID Beban        | Daya (kVA) | Tegangan (kV) |
|-----|-----------------|------------|---------------|
| 1   | MCC-B1          | 250        | 0,38          |
| 2   | MCC-C1          | 200        | 0,38          |
| 3   | Ret Sludge Pump | 31,9       | 0,38          |
| 4   | LUMP 5          | 13,9       | 0,38          |
| 5   | New P - 2810    | 43         | 0,38          |
| 6   | Mtr - 5         | 15,6       | 0,38          |
| 7   | MT-P-1400       | 16,7       | 0,38          |
| 8   | MT-E-2025       | 51,8       | 0,38          |

| No. | ID Beban    | Daya (kVA) | Tegangan (kV) |
|-----|-------------|------------|---------------|
| 9   | FUT_ZDP     | 21,9       | 0,38          |
| 10  | MCCA-A      | 600        | 0,38          |
| 11  | MCCA-B      | 625        | 0,38          |
| 12  | Fut_newCOMP | 20,3       | 0,38          |
| 13  | FUT_Op      | 47,4       | 0,38          |

## **BAB IV**

### **HASIL SIMULASI DAN ANALISIS**

#### **4.1 Pemodelan Sistem Kelistrikan PT. VICO Indonesia Unit Operasi Mutiara**

Sistem kelistrikan PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara dimodelkan dalam suatu software simulasi. Pemodelan ini berisi data terbaru setelah dilakukan penambahan generator. Langkah awal dari pemodelan ini adalah dengan membuat *single line diagram* menggunakan ETAP 12.6 dari data – data yang ada pada PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara setelah penambahan generator. Data yang dimasukkan meliputi data generator, *busbar*, kabel, relay eksisting, CB, motor, *lump load*, dan sistem pentanahan.

Setelah dilakukan pemodelan sistem kelistrikan, perlu dilakukan analisis aliran daya (*load flow analysis*) untuk mengetahui kondisi sistem kelistrikan PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara setelah dilakukan penambahan generator. Setelah itu, dilakukan analisis hubung singkat dan analisis koordinasi proteksi pada sistem kelistrikan PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara sehingga kami bisa mengetahui apakah *setting* koordinasi peralatan pengamannya sudah tepat atau belum.

#### **4.2 Analisis Arus Gangguan Hubung Singkat pada Sistem Kelistrikan PT. VICO Indonesia Unit operasi Mutiara**

Analisis arus gangguan hubung singkat pada sistem kelistrikan PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai arus hubung singkat pada setiap bus. Nilai arus hubung singkat tersebut digunakan untuk menentukan setting dari peralatan proteksi yang ada. Dalam analisis arus hubung singkat ini, terdapat dua parameter yang digunakan yaitu arus hubung singkat maksimum dan arus hubung singkat minimum. Arus hubung singkat maksimum terjadi saat adanya hubung singkat pada ketiga fasa pada saluran. Sedangkan, arus hubung singkat minimum terjadi saat adanya hubung singkat antar fasa pada saluran.

##### **4.2.1 Analisis Arus Hubung Singkat Maksimum**

Arus hubung singkat maksimum terdapat beberapa *cycle* yang dapat dilihat yaitu saat 0,5 *cycle*, 4 *cycle*, dan 30 *cycle*. Arus hubung

singkat maksimum yang digunakan pada kasus ini adalah pada saat 4 *cycle* dan 30 *cycle*. Saat arus hubung singkat maksimum 4 *cycle*, nilai nya digunakan untuk menentukan *setting* dari relay arus lebih dengan *time delay* 0,08 - 0,5 detik. Sedangkan saat arus hubung singkat maksimum 30 *cycle*, nilai nya digunakan untuk menentukan *setting* dari relay arus lebih dengan *time delay*  $\geq 0,6$  detik. Hasil simulasi arus hubung singkat maksimum 4 *cycle* dan 30 *cycle* dapat dilihat pada tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Data Arus Hubung singkat Maksimum

| No | Bus         | Tegangan (kV) | Isc Max 4 Cycle (kA) | Isc Max 30 Cycle (kA) |
|----|-------------|---------------|----------------------|-----------------------|
| 1  | SWGR – 1A   | 0,38          | 17,78                | 10,66                 |
| 2  | SWGR – 1B   | 0,38          | 17,78                | 10,66                 |
| 3  | MCC – B     | 0,38          | 8,05                 | 6,03                  |
| 4  | MCC – C     | 0,38          | 10,31                | 7,4                   |
| 5  | SWGR – 1C   | 0,38          | 20,82                | 11,69                 |
| 6  | Bus 17      | 0,38          | 20,82                | 11,69                 |
| 7  | MCC – D     | 0,38          | 9,89                 | 7,33                  |
| 8  | MCC – A1    | 0,38          | 17,05                | 10,23                 |
| 9  | MCC – A2    | 0,38          | 17,03                | 10,23                 |
| 10 | MTZ – 1900A | 0,38          | 4,9                  | 3,27                  |
| 11 | MTZ – 1900B | 0,38          | 4,9                  | 3,27                  |
| 12 | MTZ – 1900C | 0,38          | 2,65                 | 1,88                  |
| 13 | New GG      | 0,38          | 5,29                 | 3,53                  |

#### 4.2.2 Analisis Arus Hubung Singkat Minimum

Arus hubung singkat minimum yang digunakan adalah arus hubung singkat dua fasa saat 30 *cycle*. Hubung singkat minimum ini digunakan sebagai batasan *setting* relay arus lebih waktu instan sehingga ketika terjadi arus hubung singkat minimum, relay arus lebih dapat langsung bekerja secara instan sesuai dengan *time delay* yang ditentukan untuk mengamankan gangguan. Hasil simulasi arus hubung singkat minimum saat 30 *cycle* dapat dilihat pada tabel 4.2.

**Tabel 4.2** Data Arus Hubung Singkat Minimum

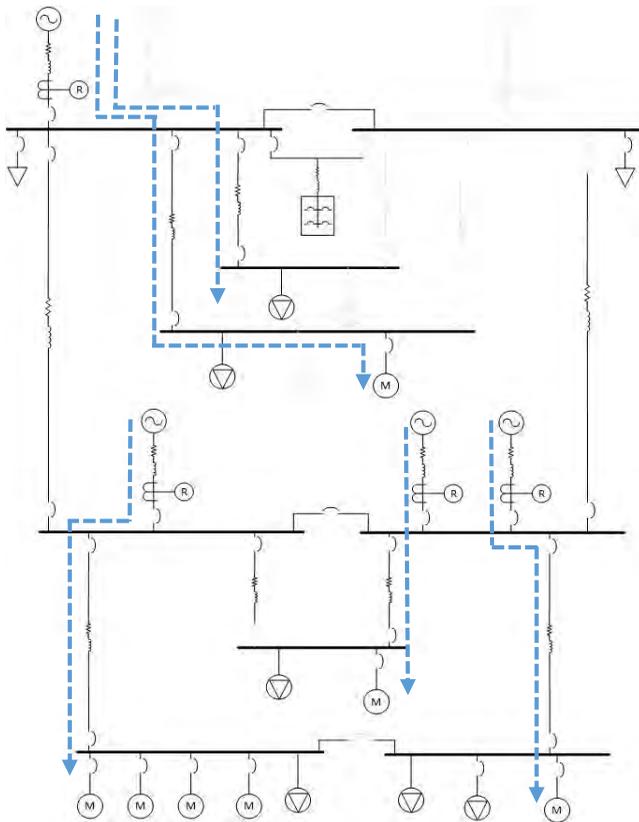
| No | Bus         | Tegangan ( kV) | <i>Isc Min 30 Cycle</i> (kA) |
|----|-------------|----------------|------------------------------|
| 1  | SWGR – 1A   | 0,38           | 10,8                         |
| 2  | SWGR – 1B   | 0,38           | 10,8                         |
| 3  | MCC – B     | 0,38           | 5,66                         |
| 4  | MCC – C     | 0,38           | 7,09                         |
| 5  | SWGR – 1C   | 0,38           | 12,05                        |
| 6  | Bus 17      | 0,38           | 12,05                        |
| 7  | MCC – D     | 0,38           | 7,03                         |
| 8  | MCC – A1    | 0,38           | 10,29                        |
| 9  | MCC – A2    | 0,38           | 10,29                        |
| 10 | MTZ – 1900A | 0,38           | 3,38                         |
| 11 | MTZ – 1900B | 0,38           | 3,38                         |
| 12 | MTZ – 1900C | 0,38           | 1,94                         |
| 13 | New GG      | 0,38           | 3,65                         |

#### **4.3 Pemilihan Tipikal Koordinasi Proteksi pada PT. VICO Indonesia Unit Operasi Mutiara**

Dalam mempermudah melakukan koordinasi proteksi pada keseluruhan sistem, dilakukan pemilihan tipikal – tipikal yang mewakili keseluruhan dari sistem kelistrikan pada PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara. Pada kasus ini, dilakukan pemilihan lima tipikal yaitu tipikal 1, tipikal 2, tipikal 3, tipikal 4, dan tipikal 5. Pemilihan tipikal ini berdasarkan lokasi beban terjauh dari tiap generator yang beroperasi baik generator lama maupun generator baru. Lima tipikal yang dipilih pada sistem kelistrikan tersebut yaitu:

- Tipikal 1: Koordinasi proteksi dari generator MTZ – 1900C hingga ke beban motor Mtr 5. Peralatan proteksi yang dikoordinasikan adalah LVCB 14, LVCB MA-1, LVCB 22, LVCB 21, LVCB Q8, LVCB G5, dan relay 6.
- Tipikal 2 : Koordinasi proteksi dari generator MTZ – 1900A hingga ke beban motor New P – 2810. Peralatan proteksi yang dikoordinasikan adalah LVCB 35, LVCB 37, LVCB 45, LVCB 43, LVG2, dan relay 25.

- Tipikal 3 : Koordinasi proteksi dari generator New GG hingga ke beban motor FUT\_Op. Peralatan proteksi yang dikoordinasikan adalah LVCB 9, LVCB MA-2, LVCB 41, LVCB 47, dan relay 14.
- Tipikal 4 : Koordinasi proteksi dari MTZ – 1900C hingga ke beban motor Ret Sludge Pump. Peralatan proteksi yang dikoordinasikan adalah LVCB 24, LVCB 2, LVCB Q7, LVCB G5, dan relay 6.
- Tipikal 5 : Koordinasi proteksi dari generator MTZ – 1900C hingga ke beban *lump* MCC B1. Peralatan proteksi yang dikoordinasikan adalah LVCB MB-1, LVCB Q9, LVCB G5, dan relay 6.



**Gambar 4.1** tipikal – tipikal yang Dipilih untuk Dikoordinasikan

#### **4.4 Analisis Koordinasi Proteksi PT. VICO Indonesia Unit Operasi Mutiara Data Eksisting**

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui kondisi koordinasi proteksi data eksisting dari PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara. Analisis dilakukan dengan cara mengamati *time current curve* (TCC) dan melihat nilai dari setting peralatan - peralatan proteksi dari tipikal – tipikal yang telah dipilih. Dengan melakukan hal tersebut dapat diketahui apakah *setting* dari peralatan proteksi tersebut sudah tepat ataukah belum. Apabila *setting* dari peralatan proteksi belum tepat, maka dapat dilakukan setting ulang agar peralatan proteksi dapat bekerja dengan tepat dan koordinasi proteksinya menjadi lebih baik.

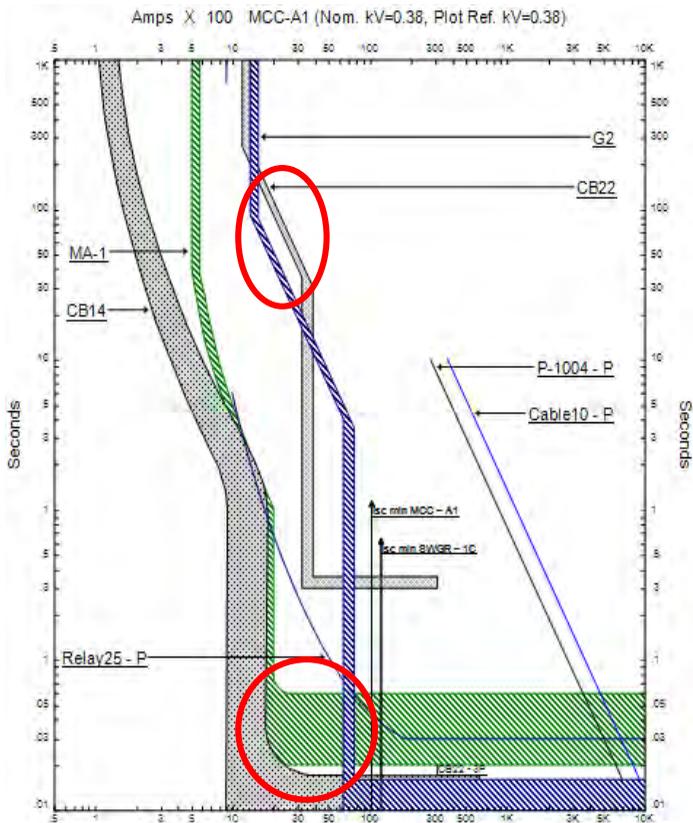
Parameter yang diperhatikan pada analisis koordinasi proteksi arus lebih fasa data eksisting adalah untuk LVCB yaitu *short time pickup*, *short time band*, *long time pickup*, *long time band*, dan *instantaneous pickup*. Sedangkan untuk relay, parameter yang perlu diperhatikan adalah *overcurrent pickup*, *time dial*, *instantaneous pickup*, dan *time delay*. Selain itu, *gridding time* antar peralatan proteksi juga perlu diperhatikan. Menurut IEEE, nilai *gridding time* antar peralatan proteksi yang tepat agar koordinasi dapat berjalan dengan baik adalah 0,2-0,3 detik. Pada tugas akhir ini, dipilih *gridding time* 0,2 detik untuk melakukan koordinasi proteksi.

##### **4.4.1 Analisis Koordinasi Proteksi Data Eksisting Tipikal 1**

Koordinasi yang dilakukan pada tipikal ini adalah koordinasi peralatan proteksi dari beban motor Mtr 5 sampai dengan generator MTZ – 1900A. Peralatan yang dikoordinasikan pada tipikal ini meliputi LVCB 14, LVCB MA-1, LVCB 22, LVCB G2, dan relay 25. Koordinasi proteksi arus lebih fasa tipikal 1 pada kondisi eksisting dapat dilihat melalui plot *time current curve* (TCC) yang ada di bawah ini.

**Tabel 4.3** Data Eksisting peralatan pengaman dari Tipikal 1

| <i>ID CB</i>   | <i>Manufacture</i>  | <i>Setting</i>       |                                     |
|----------------|---|----------------------|-------------------------------------|
| LVCB<br>14     | <i>Square-D FA<br/>480V Size 30</i>                                 | <i>Thermal Trip</i>  | <i>Fixed</i>                        |
|                |   | <i>Magnetic Trip</i> | <i>Fixed</i>                        |
| LVCB<br>MA - 1 | <i>Square-D<br/>RKA Micrologic<br/>Size 1200<br/>Sensor ID 1200</i> | <i>LT Pickup</i>     | 0.4                                 |
|                |   | <i>LT Band</i>       | 0.5                                 |
|                |   | <i>Inst. Pick</i>    | 1.5                                 |
| LVCB<br>22     | <i>Siemens<br/>3WL11N 16<br/>Size 1600<br/>Rating Plug<br/>1600</i> | <i>LT Pickup</i>     | 0.7                                 |
|                |   | <i>LT Band</i>       | 10s <i>Fixed</i>                    |
|                |   | <i>ST Pickup</i>     | 2                                   |
|                |   | <i>ST Band</i>       | 0.3                                 |
|                |   | <i>Inst. Pick</i>    | <i>Fixed</i>                        |
| LVCB<br>G2     | <i>Siemens<br/>3WL51S 16<br/>Size 1600<br/>Rating Plug<br/>1600</i> | <i>LT Pickup</i>     | 0.8                                 |
|                |   | <i>LT Band</i>       | 3.5                                 |
|                |   | <i>ST Pickup</i>     | 2.6                                 |
|                |   | <i>ST Band</i>       | 0.3                                 |
|                |   | <i>Inst. Pick</i>    | 4                                   |
| Relay<br>25    | <i>GE Multilin 489<br/>CT ratio 1000 :5</i>                         | <i>Curve Type</i>    | <i>ANSI-<br/>Normal<br/>Inverse</i> |
|                |   | <i>Pickup Range</i>  | 0,15 – 20<br><i>x CT Sec</i>        |
|                |   | <i>Pickup</i>        | 0.9                                 |
|                |   | <i>Time Dial</i>     | 0.5                                 |



**Gambar 4.2** Plot TCC Tipikal 1 kondisi Eksisting

Dari gambar plot TCC tipikal terlihat bahwa koordinasi proteksi arus lebih fasanya kurang tepat. Oleh karena itu, perlu dilakukan *resetting* pada koordinasi proteksi tipikal 1 agar koordinasi proteksinya dapat berjalan dengan baik dan tepat. Tanda oval merah pada gambar 4.2 menunjukkan kurang tepatnya koordinasi proteksi pada tipikal 1. Berikut ini penjelasan untuk kurang tepatnya koordinasi proteksi tipikal 1 kondisi eksisting :

- Pada saat terjadi gangguan *short circuit*, terdapat beberapa peralatan pengaman yang bekerja pada saat yang hampir

bersamaan yaitu LVCB 14, LVCB MA-1, relay 25, dan LVCB G2. Hal tersebut terjadi karena short time band dibuat 0s sehingga tidak ada *delay* waktu. Hal ini menunjukkan bahwa koordinasi proteksi arus lebih fasa pada tipikal 1 tidak baik. Seharusnya, koordinasi proteksi pada tipikal ini mempunyai *gradding time* minimal 0,2 detik.

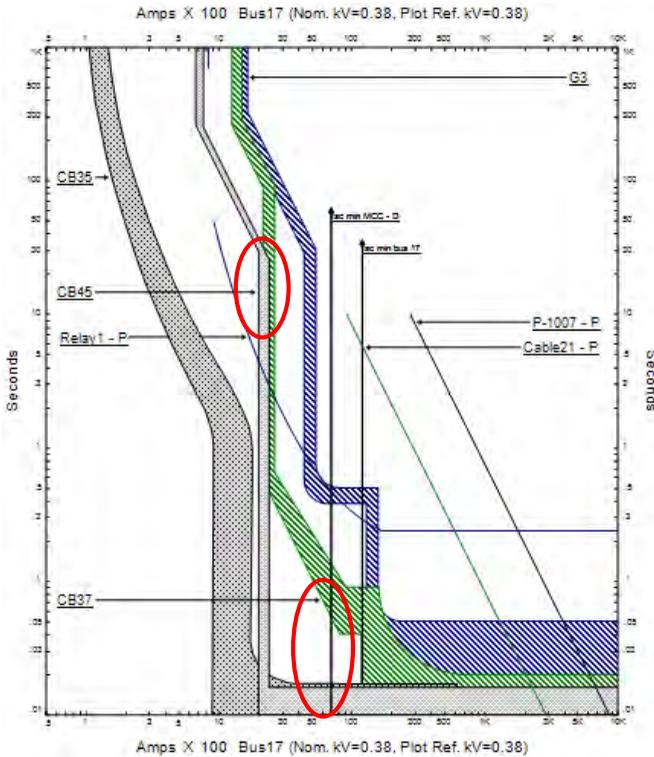
- *Setting* dari *long time band* peralatan proteksi LVCB G2 lebih kecil daripada LVCB 22 sehingga terdapat bagian kurva dari LVCB G2 yang memotong kurva dari LVCB 22. Hal ini mengakibatkan pada saat terjadi gangguan dengan arus 1330 A hingga 3150 A, LVCB G2 *trip* lebih lebih cepat daripada LVCB 22.
- *Setting* nilai *long time pickup* dari LVCB MA – 1 tidak sesuai dengan standar yang berlaku yaitu BS 142 – 1983. Seharusnya *setting* dari *long time pickup* diantara  $1,05 \times \text{FLA}$  hingga  $1,3 \times \text{FLA}$ . Sedangkan, *setting* LVCB MA – 1 ini kurang dari nilai FLA nya.
- Relay 25 tidak mengaktifkan *instantaneous pickup* dan *time delay* sehingga apabila terjadi gangguan hubung singkat mengenai kurva invers relay 25 (relay 51 yang bekerja) yang mengakibatkan *trip* dengan cepat tanpa ada *delay* waktu dan mengakibatkan suplai daya terganggu akibat generator MTZ – 1900A shutdown dengan cepat.

#### 4.4.2 Analisis Koordinasi Proteksi Data Eksisting Tipikal 2

Koordinasi yang dilakukan pada tipikal 2 ini adalah koordinasi peralatan proteksi dari beban motor New P - 2810 sampai dengan generator MTZ – 1900A. Peralatan yang dikoordinasikan pada tipikal ini meliputi LVCB 35, LVCB 37, LVCB 45, LVG3, dan relay 25. Koordinasi proteksi arus lebih fasa tipikal 2 pada kondisi eksisting dapat dilihat melalui plot *time current curve* (TCC) yang ada di bawah ini.

**Tabel 4.4** Data Eksisting peralatan pengaman dari Tipikal 2

| <i>ID CB</i> | <i>Manufacture</i>  | <i>Setting</i>       |                                     |
|--------------|---|----------------------|-------------------------------------|
| LVCB<br>35   | <i>Square-D FA<br/>480V Size 70</i>                                 | <i>Thermal Trip</i>  | <i>Fixed</i>                        |
|              |   | <i>Magnetic Trip</i> | <i>Fixed</i>                        |
| LVCB<br>37   | <i>Cutler-Hummer<br/>HND<br/>Size 1200<br/>Rating Plug<br/>1200</i> | <i>LT Pickup</i>     | <i>Fixed</i>                        |
|              |   | <i>LT Band</i>       | <i>Fixed</i>                        |
|              |   | <i>ST Pickup</i>     | <i>2</i>                            |
|              |   | <i>ST Band</i>       | <i>Fixed</i>                        |
| LVCB<br>45   | <i>Siemens<br/>3WL11N 16<br/>Size 1600<br/>Rating Plug<br/>1600</i> | <i>LT Pickup</i>     | <i>0.4</i>                          |
|              |   | <i>LT Band</i>       | <i>10s Fixed</i>                    |
|              |   | <i>ST Pickup</i>     | <i>1.25</i>                         |
|              |   | <i>ST Band</i>       | <i>0</i>                            |
|              |   | <i>Inst. Pick</i>    | <i>Fixed</i>                        |
| LVCB<br>G3   | <i>Siemens<br/>3WL51S 16<br/>Size 1600<br/>Sensor ID 1200</i>       | <i>LT Pickup</i>     | <i>0.8</i>                          |
|              |   | <i>LT Band</i>       | <i>3.5</i>                          |
|              |   | <i>ST Pickup</i>     | <i>2.6</i>                          |
|              |   | <i>ST Band</i>       | <i>0.3</i>                          |
|              |   | <i>Inst. Pick</i>    | <i>4</i>                            |
| Relay<br>1   | <i>GE Multilin 489<br/>CT ratio 1000 :5</i>                         | <i>Curve Type</i>    | <i>ANSI-<br/>Normal<br/>Inverse</i> |
|              |   | <i>Pickup Range</i>  | <i>0,15 – 20<br/>x CT Sec</i>       |
|              |   | <i>Pickup</i>        | <i>0.9</i>                          |
|              |   | <i>Time Dial</i>     | <i>0,5</i>                          |



**Gambar 4.3** Plot TCC Tipikal 2 kondisi Eksisting

Dari gambar plot TCC tipikal terlihat bahwa koordinasi proteksi arus lebih fasanya kurang tepat. Oleh karena itu, perlu dilakukan *resetting* pada koordinasi proteksi tipikal agar koordinasi proteksinya dapat berjalan dengan baik dan tepat. Tanda oval merah pada gambar 4.3 menunjukkan kurang tepatnya koordinasi proteksi pada tipikal 2. Berikut ini penjelasan untuk kurang tepatnya koordinasi proteksi tipikal 2 kondisi eksisting :

- Pada saat terjadi gangguan *short circuit*, terdapat beberapa LVCB yang bekerja pada saat yang hampir bersamaan yaitu LVCB 35, LVCB 37, dan LVCB 45. Peralatan tersebut bekerja bersamaan karena *short time band* tidak *setting* sehingga tidak ada *delay* waktu. Hal ini menunjukkan bahwa koordinasi proteksi arus lebih

fasa pada tipikal 2 tidak baik karena seharusnya peralatan proteksi tersebut tidak bekerja secara bersama sama dalam mengamankan gangguan. Koordinasi antar peralatan pengaman harusnya mempunyai *grading time* minimal 0,2 detik.

- *Setting* dari LVCB 37 lebih besar dari LVCB 45 baik *short time* maupun *long time*. Hal ini mengakibatkan LVCB 45 *trip* lebih cepat dari LVCB 37 apabila terjadi gangguan. Seharusnya, LVCB 45 tidak boleh *trip* mendahului LVCB 37 karena LVCB 45 merupakan *backup* dari LVCB 37.
- *Setting* nilai *long time pickup* dari LVCB 37 dan LVCB 45 jauh di atas dari FLA beban total di bawahnya. Hal ini tidak sesuai dengan standar yang berlaku yaitu BS 142 – 1983. Seharusnya *setting* dari *long time pickup* diantara  $1,05 \times \text{FLA}$  hingga  $1,3 \times \text{FLA}$ . Peralatan menjadi tidak bisa bekerja apabila terjadi gangguan *overload*.

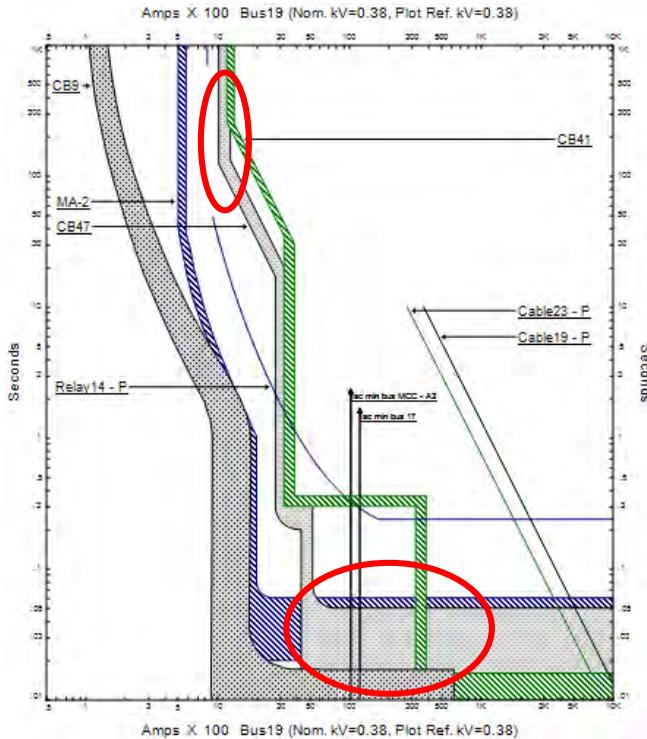
#### 4.4.3 Analisis Koordinasi Proteksi Data Eksisting Tipikal 3

Koordinasi yang dilakukan pada tipikal 3 ini adalah koordinasi peralatan proteksi dari beban motor FUT Op sampai dengan generator New GG. Peralatan yang dikoordinasikan pada tipikal ini meliputi LVCB 9, LVCB MA-2, LVCB 41, LVCB 47, dan relay 14. Koordinasi proteksi arus lebih fasa tipikal 3 pada kondisi eksisting dapat dilihat melalui plot *time current curve* (TCC) yang ada di bawah ini.

**Tabel 4.5** Data Eksisting peralatan pengaman dari Tipikal 3

| <i>ID CB</i>   | <i>Manufacture</i>                               | <i>Setting</i>       |                  |
|----------------|--|----------------------|------------------|
| LVCB<br>9      | <i>Square-D FA<br/>480V Size 100</i>             | <i>Thermal Trip</i>  | <i>Fixed</i>     |
|                |  | <i>Magnetic Trip</i> | <i>Fixed</i>     |
| LVCB<br>MA - 2 | <i>Square-D<br/>RKA Micrologic<br/>Size 1200</i> | <i>LT Pickup</i>     | 0.4              |
|                |  | <i>LT Band</i>       | 0.5              |
|                |  | <i>Inst. Pick</i>    | 1.5              |
| LVCB<br>41     | <i>Siemens<br/>3WL11N 16<br/>Size 1600</i>       | <i>LT Pickup</i>     | 0.7              |
|                |  | <i>LT Band</i>       | 10s <i>Fixed</i> |
|                |  | <i>ST Pickup</i>     | 2                |
|                |  | <i>ST Band</i>       | 0.3              |
|                |  | <i>Inst. Pick</i>    | <i>Fixed</i>     |
|                |  | <i>LT Pickup</i>     | 0.95             |

| ID CB       | Manufacture  | Setting      |                               |
|-------------|--|--------------|-------------------------------|
| LVCB<br>47  | Cutler-Hummer<br>DS-416<br>Size 1600<br>Sensor ID 1200 | LT Band      | 4                             |
|             |  | ST Pickup    | 2.55                          |
|             |  | ST Band      | 0.33                          |
|             |  | Inst. Pick   | 4                             |
| Relay<br>14 | GE Multilin 489<br>CT ratio 1000 :5                    | Curve Type   | ANSI-<br>Extremely<br>Inverse |
|             |  | Pickup Range | 0,15 – 20<br>x CT Sec         |
|             |  | Pickup       | 0.838                         |
|             |  | Time Dial    | 4                             |



**Gambar 4.4** Plot TCC Tipikal 3 kondisi Eksisting

Dari gambar plot TCC tipikal 3 terlihat bahwa koordinasi proteksi arus lebih fasanya kurang tepat. Oleh karena itu, perlu dilakukan *resetting* pada koordinasi proteksi tipikal 3 agar koordinasi proteksinya dapat berjalan dengan baik dan tepat. Tanda oval merah pada gambar 4.4 menunjukkan kurang tepatnya koordinasi proteksi pada tipikal 3. Berikut ini penjelasan untuk kurang tepatnya koordinasi proteksi tipikal 3 kondisi eksisting :

- Pada saat terjadi gangguan *short circuit* di dekat beban, terdapat beberapa CB yang bekerja hampir secara bersama sama yaitu LVCB 9 dan LVCB MA-2. Seharusnya, LVCB MA-2 bekerja lebih lama daripada LVCB 9 karena ada beban lain diantara LVCB MA-2 dan LVCB 9 yang cukup besar. Hal ini menunjukkan bahwa koordinasi proteksi arus lebih fasa pada tipikal 3 tidak baik. Seharusnya, koordinasi proteksi pada tipikal ini mempunyai *gradding time* 0,2 detik agar koordinasi proteksinya dapat berjalan dengan baik.
- *Setting* nilai *long time pickup* dari LVCB MA – 2 tidak sesuai dengan standar yang berlaku yaitu BS 142 – 1983. Seharusnya *setting* dari *long time pickup* diantara 1,05 x FLA hingga 1,3 x FLA. Sedangkan, *setting* LVCB MA – 2 ini jauh di bawah nilai FLA nya.

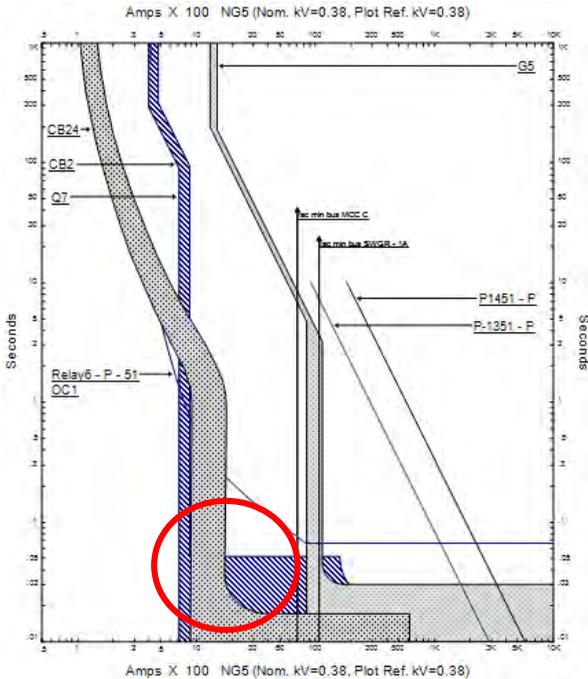
#### 4.4.4 Analisis Koordinasi Proteksi Data Eksisting Tipikal 4

Koordinasi yang dilakukan pada tipikal 4 ini adalah koordinasi peralatan proteksi dari beban Ret Sludge Pump sampai dengan generator MTZ - 1900C. Peralatan yang dikoordinasikan pada tipikal ini meliputi LVCB 24, LVCB 2, LVCB Q7, LVCB G5, dan relay 6. Koordinasi proteksi arus lebih fasa tipikal 4 pada kondisi eksisting dapat dilihat melalui plot *time current curve* (TCC) yang ada di bawah ini.

**Tabel 4.6** Data Eksisting peralatan pengaman dari Tipikal 4

| ID CB      | Manufacture  | Setting       |       |
|------------|--|---------------|-------|
| LVCB<br>24 | Square-D FA<br>480V Size 100                       | Thermal Trip  | Fixed |
|            |  | Magnetic Trip | Fixed |
| LVCB<br>2  | Cutler-Hummer<br>ND<br>Size 800<br>Rating Plug 400 | LT Pickup     | Fixed |
|            |  | LT Band       | Fixed |
|            |  | ST Pickup     | 2X    |
|            |  | ST Band       | Inst. |

| ID CB      | Manufacture  | Setting      |                            |
|------------|--|--------------|----------------------------|
| LVCB<br>Q7 | Cutler-Hummer<br>ND<br>Size 800<br>Rating Plug 800 | LT Pickup    | Fixed                      |
|            |  | LT Band      | Fixed                      |
|            |  | ST Pickup    | 2X                         |
|            |  | ST Band      | Inst                       |
| LVCB<br>G5 | Merlin Gerin<br>M 12 H1<br>Size 1250               | LT Pickup    | 1                          |
|            |  | LT Band      | Fixed                      |
|            |  | Inst. Pick   | 8                          |
| Relay<br>6 | GE Multilin 489<br>CT ratio 600 :5                 | Curve Type   | ANSI-<br>Normal<br>Inverse |
|            |  | Pickup Range | 0,15 – 20 x<br>CT Sec      |
|            |  | Pickup       | 0.69                       |
|            |  | Time Dial    | 0,5                        |



**Gambar 4.5** Plot TCC Tipikal 4 kondisi Eksisting

Dari gambar plot TCC tipikal 4 terlihat bahwa koordinasi proteksi arus lebih fasanya kurang tepat. Oleh karena itu, perlu dilakukan *resetting* pada koordinasi proteksi tipikal 4 agar koordinasi proteksinya dapat berjalan dengan baik dan tepat. Tanda oval merah pada gambar 4.5 menunjukkan kurang tepatnya koordinasi proteksi pada tipikal 4. Berikut ini penjelasan untuk kurang tepatnya koordinasi proteksi tipikal 4 kondisi eksisting :

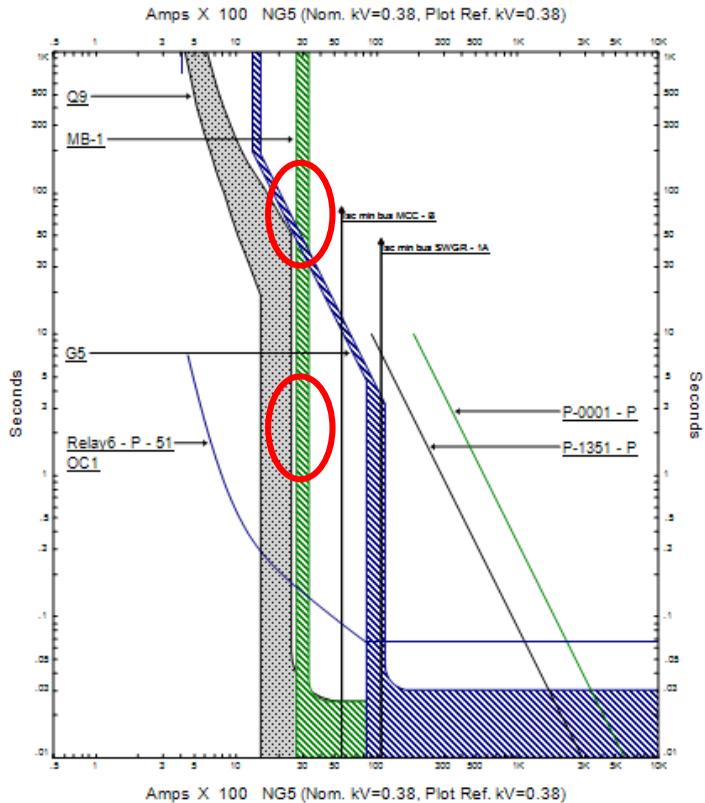
- Pada saat terjadi gangguan *short circuit* di dekat beban motor *Ret sludge pump*, terdapat beberapa CB yang bekerja hampir secara bersama sama yaitu LVCB 24, LVCB 2, dan LVCB Q7. Peralatan tersebut *trip* secara bersamaan karena *short time band* nya tidak disetting sehingga peralatan tersebut bekerja secara instan. Hal ini menunjukkan bahwa koordinasi proteksi arus lebih fasa pada tipikal 5 tidak baik. Seharusnya, koordinasi proteksi pada tipikal ini mempunyai *gradding time* 0,2 detik agar koordinasi proteksinya dapat berjalan dengan baik.
- Setting thermal trip dari LVCB 24 terlalu di atas dari nilai FLA dari motor *Ret sludge pump* (FLA = 48,42A). Hal ini tidak sesuai dengan BS 142 – 1983. Seharusnya, setting tersebut diantara 1,05 x FLA hingga 1,3 x FLA. Setting thermal trip yang terlalu tinggi tersebut membuat LVCB 24 tidak dapat mengamankan motor *Ret sludge pump* dari gangguan *overload*. Hal ini bisa berakibat buruk bagi motor karena motor dapat merasakan panas berlebih hingga motor dapat terbakar.

#### 4.4.5 Analisis Koordinasi Proteksi Data Eksisting Tipikal 5

Koordinasi yang dilakukan pada tipikal 5 ini adalah koordinasi peralatan proteksi dari beban MCC B1 sampai dengan generator MTZ - 1900C. Peralatan yang dikoordinasikan pada tipikal ini meliputi LVCB MB-1, LVCB Q9, LVCB G5, dan relay 6. Koordinasi proteksi arus lebih fasa tipikal 5 pada kondisi eksisting dapat dilihat melalui plot *time current curve* (TCC) yang ada di bawah ini.

**Tabel 4.7** Data Eksisting peralatan pengaman dari Tipikal 5

| <i>ID CB</i>   | <i>Manufacture</i>                                  | <i>Setting</i>       |                                     |
|----------------|---|----------------------|-------------------------------------|
| LVCB<br>MB - 1 | <i>GE SGPB<br/>Size 600<br/>Rating Plug<br/>600</i> | <i>LT Pickup</i>     | <i>Disabled</i>                     |
|                |   | <i>LT Band</i>       | <i>Disabled</i>                     |
|                |   | <i>Inst. Pickup</i>  | 10                                  |
| LVCB<br>Q9     | <i>Square-D MAL<br/>Size 400</i>                    | <i>Thermal Trip</i>  | <i>Fixed</i>                        |
|                |   | <i>Magnetic Trip</i> | 5                                   |
| LVCB<br>G5     | <i>Merlin Gerin<br/>M 12 H1<br/>Size 1250</i>       | <i>LT Pickup</i>     | 1                                   |
|                |   | <i>LT Band</i>       | <i>Fixed</i>                        |
|                |   | <i>Inst. Pick</i>    | 8                                   |
| Relay 6        | <i>GE Multilin<br/>489<br/>CT ratio 600 :5</i>      | <i>Curve Type</i>    | <i>ANSI-<br/>Normal<br/>Inverse</i> |
|                |   | <i>Pickup Range</i>  | 0,15 – 20<br><i>x CT Sec</i>        |
|                |   | <i>Pickup</i>        | 0.69                                |
|                |   | <i>Time Dial</i>     | 0,5                                 |



**Gambar 4.6** Plot kurva TCC Tipikal 5 Kondisi Eksisting

Dari gambar plot TCC tipikal 5 terlihat bahwa koordinasi proteksi arus lebih fasanya kurang tepat. Oleh karena itu, perlu dilakukan *resetting* pada koordinasi proteksi tipikal 5 agar koordinasi proteksinya dapat berjalan dengan baik dan tepat. Tanda oval merah pada gambar 4.6 menunjukkan kurang tepatnya koordinasi proteksi pada tipikal 5. Berikut ini penjelasan untuk kurang tepatnya koordinasi proteksi tipikal 5 kondisi eksisting :

- LVCB MB – 1 tidak mengaktifkan kurva *long time* sehingga terdapat bagian kurva dari LVCB G5 yang memotong kurva dari LVCB MB - 1. Hal ini mengakibatkan pada saat terjadi gangguan

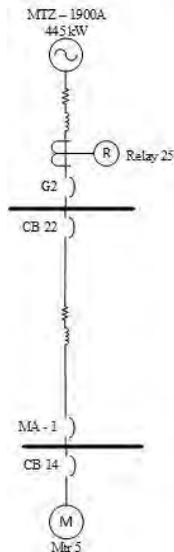
dengan arus 1310 A hingga 5330 A, LVCB G5 *trip* lebih cepat daripada LVCB MB - 1.

- Kurva dari LVCB Q9 berada di sebelah kiri dari kurva LVCB MB - 1. Hal tersebut menunjukkan kesalahan setting dari LVCB Q9 dan LVCB MB - 1. Seharusnya, kurva LVCB Q9 berada di sebelah kanan dari LVCB MB - 1 karena LVCB Q9 merupakan *backup* dari LVCB MB - 1.

#### **4.5 Analisis Koordinasi Proteksi PT. VICO Indonesia Unit Operasi Mutiara Kondisi *Resetting***

Dari hasil yang didapatkan pada analisis koordinasi proteksi PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara data eksisting, terlihat bahwa ada beberapa kesalahan *setting* koordinasi pada tipikal 1, 2, 3, 4, dan 5. Hal ini mengakibatkan koordinasi proteksi kurang baik dalam mengamankan gangguan karena beberapa peralatan pengaman bekerja secara bersama sama. Selain itu, Kesalahan setting koordinasi proteksi bias mengakibatkan pemadaman (*interruption*) dengan area yang cukup luas. Oleh karena itu, diperlukan *resetting* pada tipikal – tipikal tersebut yang mengacu pada standar yang berlaku sehingga peralatan pengaman menjadi lebih selektif dan koordinasi proteksi bisa berjalan dengan baik dalam mengamankan gangguan.

#### 4.5.1 Analisis Koordinasi Proteksi *Resetting* Tipikal 1



**Gambar 4.7** Single Line Diagram Tipikal 1

#### **LVCB 14**

Manufacturer : Square-D  
 Type : FA 480V  
 TM ID : 30  
 FLA motor Mtr 5 : 23,73 A  
 Locked rotor current (LRC) :  $600\% \times 23,73 = 142,38 \text{ A}$   
 Isc min MCC – A1 : 10,29 kA  
 Isc max 4 cycle MCC – A1 : 15,57 kA

#### Long Time Pickup

$1,05 \times \text{FLA} < I_{set} < 1,3 \times \text{FLA}$   
 $1,05 \times 23,73 < I_{set} < 1,3 \times 23,73$   
 $24,92 < I_{set} < 30,85$   
 Dipilih  $I_{set} = 30 \text{ A}$

$$LT \text{ pickup} = \frac{I_{set}}{\text{Rating Plug}} = \frac{30}{30} = 1$$

Long Time Band

$LT\ band = 2$

Short Time Pickup

$LRC < Iset < 0,8 \times I_{sc\ min\ MCC} - A1$

$142,38 < Iset < 0,8 \times 10290$

$142,38 < Iset < 8232$

Dipilih  $Iset = 600\ A$

$$ST\ pickup = \frac{Iset}{Rating\ Plug} = \frac{600}{100} = 6$$

Short Time Band

$ST\ band = 0.1s$

LVCB 14 ini tidak dapat disetting karena LVCB jenis *molded case* dengan *setting thermal trip* dan *Magnetic trip* yang *fixed*. Tetapi, nilai *thermal trip* yang ada menunjukkan nilai 30 A sehingga telah sesuai dengan *setting long time pickup* yang diinginkan.

**LVCB MA – 1**

*Manufacturer* : Square-D

*Type* : RKA MICROLOGIC 5.0

*Sensor ID* : 1200 A

*Rating Plug* : 1200 A

*FLA di bawah MCC – A1* :  $23.73 + 25.42 + 78.68 + 33.27 + 911.6 = 1072,7\ A$

*Isc min MCC – A1* : 10,29 kA

*Isc max 4 cycle MCC – A1* : 15,57 kA

Long Time Pickup

$1,05 \times FLA < Iset < 1,3 \times FLA$

$1,05 \times 1072,7 < Iset < 1,3 \times 1072,7$

$1126.34 < Iset < 1394.51$

Dipilih  $Iset = 1128\ A$

$$LT\ pickup = \frac{Iset}{Rating\ Plug} = \frac{1128}{1200} = 0.94$$

Long Time Band

Dipilih  $LT\ band = 1$

### Short Time Pickup

$$1,6 \times \text{FLA} < I_{set} < 0,8 \times I_{sc \text{ min MCC}} - A1$$

$$1,6 \times 1072,7 < I_{set} < 0,8 \times 10290$$

$$1716,32 < I_{set} < 8232$$

Dipilih  $I_{set} = 2820 \text{ A}$

$$ST \text{ pickup} = \frac{I_{set}}{\text{Rating Plug}} = \frac{2820}{1128} = 2.5$$

### Short Time Band

Dipilih  $ST \text{ band} = 0.3s$

### Instantaneous Pickup

*Instantaneous pickup* tidak diaktifkan.

Dilakukan penggantian *tripping device* pada LVCB ini dari micrologic 3.0 menjadi micrologic 5.0 agar dapat disetting nilai *short time* nya serta mendapatkan *delay* yang diinginkan guna mendapatkan koordinasi proteksi yang lebih baik.

## **LVCB 22**

*Manufacturer* : Siemens

*Type* : 3WL11N 16

*Frame ID* : 1600 A

*Rating Plug* : 1600 A

*FLA di bawah MCC – A1* :  $23.73 + 25.42 + 78.68 + 33.27 + 911.6 = 1072,7 \text{ A}$

*Isc min MCC – A1* : 10,29 kA

*Isc max 4 cycle MCC – A1* : 15,57 kA

### Long Time Pickup

$$1,05 \times \text{FLA} < I_{set} < 1,3 \times \text{FLA}$$

$$1,05 \times 1072,7 < I_{set} < 1,3 \times 1072,7$$

$$1126,34 < I_{set} < 1394,51$$

Dipilih  $I_{set} = 1280 \text{ A}$

$$LT \text{ pickup} = \frac{I_{set}}{\text{Rating Plug}} = \frac{1280}{1600} = 0.8$$

### Long Time Band

$LT \text{ band} = 10s \text{ Fixed}$

### Short Time Pickup

$$1,6 \times \text{FLA} < I_{set} < 0,8 \times I_{sc} \text{ min MCC} - A1$$

$$1,6 \times 1072,7 < I_{set} < 0,8 \times 10290$$

$$1716,32 < I_{set} < 8232$$

$$\text{Dipilih } I_{set} = 3200 \text{ A}$$

$$ST \text{ pickup} = \frac{I_{set}}{\text{Rating Plug}} = \frac{3200}{1600} = 2$$

### Short Time Band

$$ST \text{ band} = 0.3\text{s}$$

Nilai *ST Band* pada LVCB 22 dipilih 0.3 detik karena diantara LVCB 22 dan LVCB MA – 1 tidak ada beban sehingga tidak diperlukan *gradding time* antara LVCB 22 dan LVCB MA – 1.

### **LVCB G2**

*Manufacturer* : Siemens

*Type* : 3WL51S 16

*Frame ID* : 1600 A

*Rating Plug* : 1600 A

*Isc min kontribusi MTZ – 1900A ke SWGR – 1C* : 3,33 kA

*Isc max 4 cycle kontribusi MTZ – 1900A ke SWGR – 1C* : 4,8 kA

*Tripping device* pada LVCB G2 dinonaktifkan sehingga LVCB G2 ini hanya di *trip* kan oleh relay 25.

### **Relay 25**

*Manufacturer* : General Electric

*Type* : Multilin 489

*Curve Type* : ANSI – *Normal*

*Inverse*

*CT Ratio* : 1000 / 5 A

*FLA MTZ – 1900A* : 844,8 A

*Isc min kontribusi MTZ – 1900A ke SWGR – 1C* : 3,33 kA

*Isc max 4 cycle kontribusi MTZ – 1900A ke SWGR – 1C* : 4,8 kA

### Time Overcurrent Pickup

$$1,05 \times \text{FLA} < I_{set} < 1,3 \times \text{FLA}$$

$$1,05 \times 844,8 < I_{set} < 1,3 \times 844,8$$

$$887,14 < I_{set} < 1098,24$$

Dipilih  $I_{set} = 950 \text{ A}$

$$\text{pickup} = \frac{I_{set}}{CT \text{ Ratio}} = \frac{950}{1000} = 0,95$$

### Time Dial

Dipilih waktu operasi (t) = 0,9 s

$$T = TD \times (0,0274 + \left( \frac{2,2614}{\left( \frac{I}{I_{pickup}} - 0,3 \right)} \right) + \left( \frac{-4,1899}{\left( \frac{I}{I_{pickup}} - 0,3 \right)^2} \right) + \left( \frac{9,127}{\left( \frac{I}{I_{pickup}} - 0,3 \right)^3} \right) )$$

$$\frac{I_{sc \text{ max } 4 \text{ cycle}}}{I_{set}} = \frac{4800}{950} = 5,05$$

$$TD = 0,9 / (0,0274 + \left( \frac{2,2614}{(5,05 - 0,3)} \right) + \left( \frac{-4,1899}{(5,05 - 0,3)^2} \right) + \left( \frac{9,127}{(5,05 - 0,3)^3} \right) )$$

$$TD = 0,9 / 0,419$$

$$TD = 2,17$$

Dipilih  $\text{Time Dial} = 2,17$

### Instantaneous Pickup

$1,6 \times \text{FLA} < I_{set} < 0,8 \times I_{sc \text{ min kontribusi MTZ}} - 1900 \text{ A ke SWGR} - 1\text{C}$

$$1,6 \times 911,6 < I_{set} < 0,8 \times 3330$$

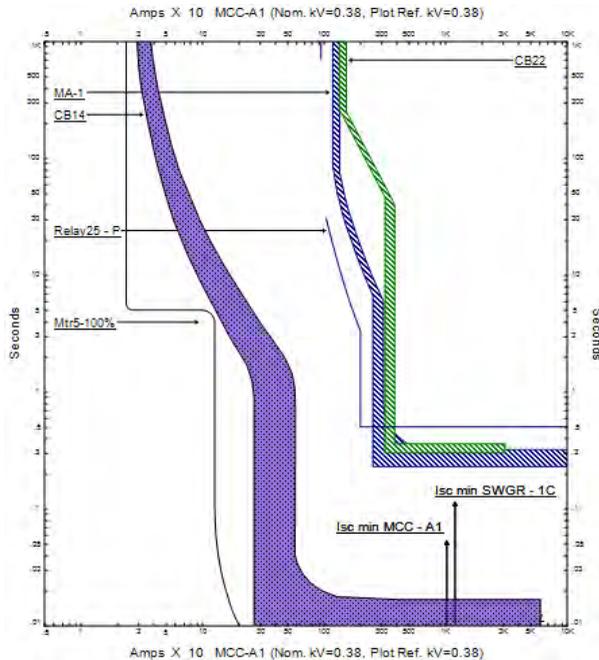
$$1458,56 < I_{set} < 2664$$

Dipilih  $I_{set} = 2000 \text{ A}$

$$\text{Instantaneous pickup} = \frac{I_{set}}{CT \text{ Ratio}} = \frac{2000}{1000} = 2$$

### Time delay

Dipilih  $\text{Time Delay}$  sebesar 0.5 s



**Gambar 4.8** Plot kurva TCC kondisi *resetting* pada tipikal 1

Sesuai dengan plot kurva TCC kondisi *resetting* tipikal 1 pada gambar 4.8 dapat disimpulkan bahwa :

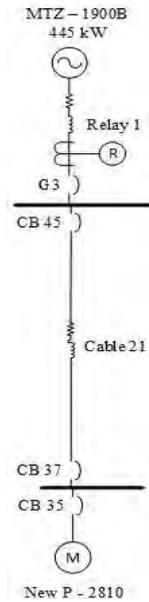
- LVCB 14 ini merupakan pengaman motor Mtr5 yang harus dapat mengamankan motor pada saat terjadi gangguan arus lebih *overload* dan *short circuit*. Selain itu, LVCB 14 juga tidak boleh bekerja saat motor tersebut starting karena dapat mengakibatkan motor gagal beroperasi.
- LVCB G2 dan relay 25 merupakan pelindung dari generator MTZ – 1900A dari gangguan arus lebih *overload* dan *short circuit*.

**Tabel 4.8** Data *Resetting* peralatan pengaman dari Tipikal 1

| <i>ID CB</i> | <i>Manufacture</i>                  | <i>Setting</i>       |              |
|--------------|-------------------------------------|----------------------|--------------|
| LVCB<br>14   | <i>Square-D FA<br/>480V Size 30</i> | <i>Thermal Trip</i>  | <i>Fixed</i> |
|              |                                     | <i>Magnetic Trip</i> | <i>Fixed</i> |

| <i>ID CB</i>   | <i>Manufacture</i>  | <i>Setting</i>      |                                     |
|----------------|---|---------------------|-------------------------------------|
| LVCB<br>MA - 1 | <i>Square-D<br/>RKA Micrologic<br/>Size 1200<br/>Sensor ID 1200</i> | <i>LT Pickup</i>    | 0.94                                |
|                |   | <i>LT Band</i>      | 1                                   |
|                |   | <i>ST Pickup</i>    | 2.5                                 |
|                |   | <i>ST Band</i>      | 0.3s                                |
|                |   | <i>Inst. Pick</i>   | <i>Disabled</i>                     |
| LVCB<br>22     | <i>Siemens<br/>3WL11N 16<br/>Size 1600<br/>Rating Plug<br/>1600</i> | <i>LT Pickup</i>    | 0.8                                 |
|                |   | <i>LT Band</i>      | 10s <i>Fixed</i>                    |
|                |   | <i>ST Pickup</i>    | 2                                   |
|                |   | <i>ST Band</i>      | 0.3s                                |
|                |   | <i>Inst. Pick</i>   | <i>Disabled</i>                     |
| LVCB<br>G2     | <i>Siemens<br/>3WL51S 16<br/>Size 1600<br/>Rating Plug<br/>1600</i> | <i>LT Pickup</i>    | <i>Disabled</i>                     |
|                |   | <i>LT Band</i>      | <i>Disabled</i>                     |
|                |   | <i>ST Pickup</i>    | <i>Disabled</i>                     |
|                |   | <i>ST Band</i>      | <i>Disabled</i>                     |
|                |   | <i>Inst. Pick</i>   | <i>Disabled</i>                     |
| Relay<br>25    | <i>GE Multilin 489<br/>CT ratio 1000 :5</i>                         | <i>Curve Type</i>   | <i>ANSI-<br/>Normal<br/>Inverse</i> |
|                |   | <i>Pickup Range</i> | 0,15 – 20<br><i>x CT Sec</i>        |
|                |   | <i>Pickup</i>       | 0.95                                |
|                |   | <i>Time Dial</i>    | 2.17                                |
|                |   | <i>Inst. Pickup</i> | 2                                   |
|                |   | <i>Time Delay</i>   | 0.5                                 |

#### 4.5.2 Analisis Koordinasi Proteksi *Resetting* Tipikal 2



**Gambar 4.9** Single Line Diagram Tipikal 2

#### **LVCB 35**

|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| <i>Manufacturer</i>               | : Square-D                                |
| <i>Type</i>                       | : FA 480V                                 |
| TM ID                             | : 70                                      |
| FLA motor New P-2810              | : 65,36 A                                 |
| <i>Locked rotor current (LRC)</i> | : $600\% \times 65,36 = 392,16 \text{ A}$ |
| Isc min MCC - D                   | : 7,03 kA                                 |
| Isc max 4 cycle MCC - D           | : 9,89 kA                                 |

#### Long Time Pickup

$1,05 \times \text{FLA} < I_{set} < 1,3 \times \text{FLA}$   
 $1,05 \times 65,36 < I_{set} < 1,3 \times 65,36$   
 $68,63 < I_{set} < 84,97$   
 Dipilih  $I_{set} = 70 \text{ A}$

$$LT \text{ pickup} = \frac{I_{set}}{\text{Rating Plug}} = \frac{70}{70} = 1$$

Long Time Band

$$LT \text{ band} = 2$$

Short Time Pickup

$$LRC < I_{set} < 0,8 \times I_{sc} \text{ min MCC} - D$$

$$392,16 < I_{set} < 0,8 \times 7030$$

$$392,16 < I_{set} < 5624$$

Dipilih  $I_{set} = 700 \text{ A}$

$$ST \text{ pickup} = \frac{I_{set}}{\text{Rating Plug}} = \frac{700}{100} = 7$$

Short Time Band

$$ST \text{ band} = 0.1s$$

*Setting thermal trip dan Magnetic trip yang fixed.* Tetapi untuk nilai *thermal trip* menunjukkan nilai 70 A sehingga telah sesuai dengan *setting long time pickup* yang diinginkan.

**LVCB 37**

*Manufacturer* : Cutler-Hummer

*Type* : HND

*Frame ID* : 1200 A

*Rating Plug* : 600 A

*FLA di bawah MCC - D* :  $65,36 + 21,11 = 86,47 \text{ A}$

*Isc min MCC - D* : 7,03 kA

*Isc max 4 cycle MCC - D* : 9,89 kA

Long Time Pickup

$$1,05 \times FLA < I_{set} < 1,3 \times FLA$$

$$1,05 \times 86,47 < I_{set} < 1,3 \times 86,47$$

$$90,79 < I_{set} < 112,41$$

Dipilih  $I_{set} = 100 \text{ A}$

$$LT \text{ pickup} = \frac{I_{set}}{\text{Rating Plug}} = \frac{100}{600} = 0,167$$

Long Time Band

$$LT \text{ band} = \text{Fixed}$$

### Short Time Pickup

$$1,6 \times \text{FLA} < I_{set} < 0,8 \times \text{MCC} - \text{D}$$

$$1,6 \times 86,47 < I_{set} < 0,8 \times 7030$$

$$138,35 < I_{set} < 5624$$

Dipilih  $I_{set} = 1800 \text{ A}$

$$ST \text{ pickup} = \frac{I_{set}}{\text{Rating Plug}} = \frac{1800}{600} = 2$$

### Short Time Band

$ST \text{ band} = \text{Fixed}$

Perlu dilakukan pengubahan *rating plug* pada LVCB 37 dari awalnya 1200 menjadi 600 agar kurva *long time* nya tidak memotong kurva dari LVCB 45. Selain itu, LVCB 37 hanya bisa disetting nilai *Short Time Pickup* nya. Sedangkan, *long time pickup*, *long time band*, dan *short time band* tidak dapat disetting karena nilainya berisi *fixed*.

### **LVCB 45**

*Manufacturer* : Siemens

*Type* : 3WL11N 16

*Frame ID* : 1600 A

*Rating Plug* : 1600 A

*FLA* :  $65,36 + 21,11 = 86,47 \text{ A}$

*Isc min MCC – D* : 7,03 kA

*Isc max 4 cycle MCC – D* : 9,89 kA

### Long Time Pickup

$$1,05 \times \text{FLA} < I_{set} < 1,3 \times \text{FLA}$$

$$1,05 \times 86,47 < I_{set} < 1,3 \times 86,47$$

$$90,79 < I_{set} < 112,41$$

Dipilih  $I_{set} = 104 \text{ A}$

$$LT \text{ pickup} = \frac{I_{set}}{\text{Rating Plug}} = \frac{104}{1600} = 0.065$$

### Long Time Band

$LT \text{ band} = 10\text{s Fixed}$

### Short Time Pickup

$$1,6 \times \text{FLA} < I_{set} < 0,8 \times \text{MCC} - \text{D}$$

$$1,6 \times 86,47 < I_{set} < 0,8 \times 7030$$

$$138,35 < I_{set} < 5624$$

Dipilih  $I_{set} = 2400 \text{ A}$

$$ST \text{ pickup} = \frac{I_{set}}{\text{Rating Plug}} = \frac{2400}{1600} = 1.5$$

### Short Time Band

$$ST \text{ band} = 0.3\text{s}$$

Nilai *long time pickup* dari perhitungan terlalu kecil dan tidak bisa diaplikasikan pada *tripping device* pada LVCB 45 karena *setting* paling kecil nilai dari *long time pickup* adalah 0,4 (640 A). Oleh karena itu, dilakukan penonaktifan *setting* dari *long time* nya tetapi hal ini membuat LVCB 45 tidak dapat mengamankan gangguan *overload*.

### **LVCB G3**

|                     |                   |
|---------------------|-------------------|
| <i>Manufacturer</i> | : Cutler - Hummer |
| <i>Type</i>         | : DS - 416        |
| Frame ID            | : 1600 A          |
| Sensor ID           | : 1200 A          |

*Tripping device* pada LVCB G3 dinonaktifkan sehingga LVCB G3 ini hanya di *trip* kan oleh relay 1.



**Gambar 4.10** LVCB G3 Cutler Hummer DS – 416 di *Plant*

### Relay 1

*Manufacturer* : General Electric  
*Type* : Multilin 489  
*Curve Type* : ANSI – *Extremely Inverse*  
*CT Ratio* : 1000 / 5 A  
*FLA MTZ – 1900B* : 844,8 A  
*Isc min kontribusi MTZ – 1900B ke bus 17* : 3,34 kA  
*Isc max 4 cycle kontribusi MTZ – 1900B ke bus 17* : 4,82 kA

#### Time Overcurrent Pickup

$$1,05 \times \text{FLA} < I_{set} < 1,3 \times \text{FLA}$$

$$1,05 \times 844,8 < I_{set} < 1,3 \times 844,8$$

$$887,04 < I_{set} < 1098,24$$

Dipilih  $I_{set} = 950 \text{ A}$

$$\text{pickup} = \frac{I_{set}}{CT \text{ Ratio}} = \frac{950}{1000} = 0.95$$

#### Time Dial

Dipilih waktu operasi (t) = 2,72 s

$$T = TD \times \left( 0,0399 + \left( \frac{2,2294}{\left( \frac{I}{I_{pickup}} - 0,5 \right)} \right) + \left( \frac{3,0094}{\left( \frac{I}{I_{pickup}} - 0,5 \right)^2} \right) + \left( \frac{0,7222}{\left( \frac{I}{I_{pickup}} - 0,5 \right)^3} \right) \right)$$

$$\frac{Isc \text{ max 4 cycle}}{I_{set}} = \frac{4820}{950} = 5,07$$

$$TD = 8,54 / \left( 0,0399 + \left( \frac{2,2294}{(5,07 - 0,5)} \right) + \left( \frac{3,0094}{(5,07 - 0,5)^2} \right) + \left( \frac{0,7222}{(5,07 - 0,5)^3} \right) \right)$$

$$TD = 2,72 / 0,679$$

$$TD = 4$$

Dipilih *Time Dial* = 4

#### Instantaneous Pickup

$$1,6 \times \text{FLA} < I_{set} < 0,8 \times Isc \text{ min MTZ – 1900B ke bus 17}$$

$$1,6 \times 844,8 < I_{set} < 0,8 \times 3340$$

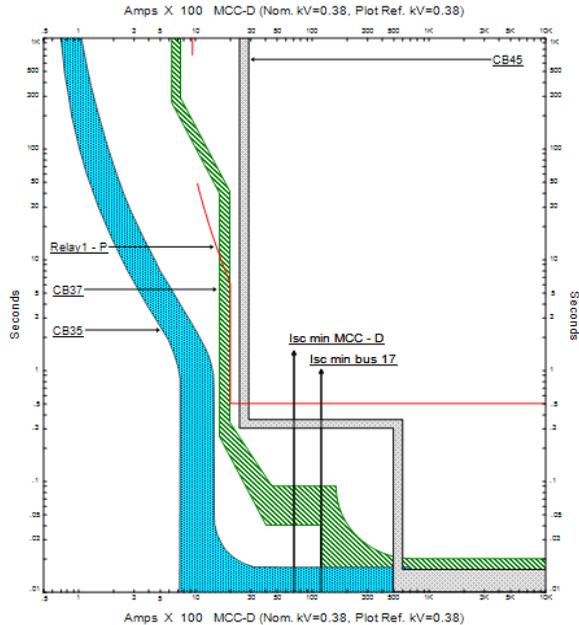
$$1351,68 < I_{set} < 2672$$

Dipilih  $I_{set} = 2000 \text{ A}$

$$\text{Instantaneous pickup} = \frac{I_{set}}{CT \text{ Ratio}} = \frac{2000}{1000} = 2$$

### Time delay

Dipilih *Time Delay* sebesar 0.5 s



**Gambar 4.11** Plot kurva TCC kondisi *resetting* pada tipikal 2

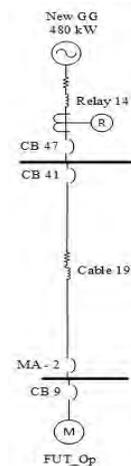
Sesuai dengan plot kurva TCC kondisi *resetting* tipikal 2 pada gambar 4.11 dapat disimpulkan bahwa :

- LVCB 35 ini merupakan pengaman motor New P-2810 yang harus dapat mengamankan motor pada saat terjadi gangguan *overload* dan *short circuit*. Selain itu, LVCB 35 juga tidak boleh bekerja saat motor tersebut *starting* karena dapat mengakibatkan motor gagal beroperasi.
- LVCB G3 dan relay 1 merupakan pelindung dari generator MTZ – 1900A dari gangguan *overload* dan *short circuit*.
- LVCB 37 dan LVCB 45 berfungsi untuk melindungi bus 17 apabila terjadi gangguan *short circuit* pada bus MCC – D.

**Tabel 4.9** Data *Resetting* peralatan pengaman dari Tipikal 2

| <i>ID CB</i> | <i>Manufacture</i>  | <i>Setting</i>       |                                     |
|--------------|---|----------------------|-------------------------------------|
| LVCB<br>35   | <i>Square-D FA<br/>480V Size 70</i>                                 | <i>Thermal Trip</i>  | <i>Fixed</i>                        |
|              |   | <i>Magnetic Trip</i> | <i>Fixed</i>                        |
| LVCB<br>37   | <i>Cutler-Hummer<br/>HND<br/>Size 1200<br/>Rating Plug 600</i>      | <i>LT Pickup</i>     | <i>Fixed</i>                        |
|              |   | <i>LT Band</i>       | <i>Fixed</i>                        |
|              |   | <i>ST Pickup</i>     | <i>3X</i>                           |
|              |   | <i>ST Band</i>       | <i>Fixed</i>                        |
| LVCB<br>45   | <i>Siemens<br/>3WL11N 16<br/>Size 1600<br/>Rating Plug<br/>1600</i> | <i>LT Pickup</i>     | <i>Disabled</i>                     |
|              |   | <i>LT Band</i>       | <i>Disabled</i>                     |
|              |   | <i>ST Pickup</i>     | <i>1.5</i>                          |
|              |   | <i>ST Band</i>       | <i>0.3</i>                          |
|              |   | <i>Inst. Pick</i>    | <i>Disabled</i>                     |
| LVCB<br>G3   | <i>Siemens<br/>3WL51S 16<br/>Size 1600<br/>Sensor ID 1200</i>       | <i>LT Pickup</i>     | <i>Disabled</i>                     |
|              |   | <i>LT Band</i>       | <i>Disabled</i>                     |
|              |   | <i>ST Pickup</i>     | <i>Disabled</i>                     |
|              |   | <i>ST Band</i>       | <i>Disabled</i>                     |
|              |   | <i>Inst. Pick</i>    | <i>Disabled</i>                     |
| Relay<br>1   | <i>GE Multilin 489<br/>CT ratio 1000 :5</i>                         | <i>Curve Type</i>    | <i>ANSI-<br/>Normal<br/>Inverse</i> |
|              |   | <i>Pickup Range</i>  | <i>0,15 – 20<br/>x CT Sec</i>       |
|              |   | <i>Pickup</i>        | <i>0.95</i>                         |
|              |   | <i>Time Dial</i>     | <i>4</i>                            |
|              |   | <i>Inst. Pickup</i>  | <i>2</i>                            |
|              |   | <i>Time Delay</i>    | <i>0.5</i>                          |

### 4.5.3 Analisis Koordinasi Proteksi *Resetting* Tipikal 3



Gambar 4.12 Single Line Diagram Tipikal 3

#### **LVCB 9**

|                            |   |
|----------------------------|---|
| Manufacturer               | : Square-D                                |
| Type                       | : FA 480V                                 |
| TM ID                      | : 80                                      |
| FLA motor Fut Op           | : 72,08 A                                 |
| Locked rotor current (LRC) | : $600\% \times 72,08 = 432,48 \text{ A}$ |
| Isc min MCC – A2           | : 10,29 kA                                |
| Isc max 4 cycle MCC – A2   | : 17,03 kA                                |

#### Long Time Pickup

$$1,05 \times \text{FLA} < I_{set} < 1,3 \times \text{FLA}$$

$$1,05 \times 72,08 < I_{set} < 1,3 \times 72,08$$

$$75,68 < I_{set} < 93,7$$

Dipilih  $I_{set} = 85 \text{ A}$

$$LT \text{ pickup} = \frac{I_{set}}{\text{Rating Plug}} = \frac{85}{100} = 0.85$$

#### Long Time Band

$$LT \text{ band} = 2$$

### Short Time Pickup

$$LRC < Iset < 0,8 \times I_{sc} \text{ min MCC} - A2$$

$$432,48 < Iset < 0,8 \times 10290$$

$$432,48 < Iset < 8232$$

$$\text{Dipilih } Iset = 800 \text{ A}$$

$$ST \text{ pickup} = \frac{Iset}{Rating \text{ Plug}} = \frac{800}{100} = 8$$

### Short Time Band

$$ST \text{ band} = 0.1s$$

LVCB 9 ini tidak dapat disetting karena LVCB jenis *molded case* dengan *setting thermal trip* dan *Magnetic trip* yang *fixed*. Selain itu, setting dai thermal trip nya terlalu jauh dari nilai FLA motor sehingga perlu dilakukan penggantian CB dengan *size* yang lebih kecil yaitu 80A ataupun diubah setting dari *thermal trip* nya apabila kondisi real nya alat tersebut dapat diubah *setting*-nya.

### **LVCB MA – 2**

*Manufacturer* : Square-D

*Type* : RKA MICROLOGIC 5.0

*Sensor ID* : 1200 A

*Rating Plug* : 1200 A

*FLA di bawah MCC – A2* :  $949,6 + 30,91 + 72,08 = 1052,59 \text{ A}$

*Isc min MCC – A2* : 10,29 kA

*Isc max 4 cycle MCC – A2* : 17,03 kA

### Long Time Pickup

$$1,05 \times FLA < Iset < 1,3 \times FLA$$

$$1,05 \times 1052,59 < Iset < 1,3 \times 1052,59$$

$$1105,22 < Iset < 1368,37$$

$$\text{Dipilih } Iset = 1116 \text{ A}$$

$$LT \text{ pickup} = \frac{Iset}{Rating \text{ Plug}} = \frac{1116}{1200} = 0.93$$

### Long Time Band

$$\text{Dipilih } LT \text{ band} = 0.5$$

### Short Time Pickup

$$1,6 \times FLA < Iset < 0,8 \times I_{sc} \text{ min MCC} - A2$$

$$1,6 \times 1072,7 < I_{set} < 0,8 \times 10290$$

$$1716,32 < I_{set} < 8232$$

Dipilih  $I_{set} = 2790 \text{ A}$

$$ST \text{ pickup} = \frac{I_{set}}{\text{Rating Plug}} = \frac{2790}{1116} = 2.5$$

### Short Time Band

Dipilih  $ST \text{ band} = 0.3s$

### Instantaneous Pickup

$$1,6 \times FLA < I_{set} < 0,8 \times I_{sc} \text{ min bus 17}$$

$$1,6 \times 1072,7 < I_{set} < 0,8 \times 12050$$

$$1716,32 < I_{set} < 9640$$

Dipilih  $I_{set} = 7200 \text{ A}$

$$\text{Instantaneous pickup} = \frac{I_{set}}{\text{Rating Plug}} = \frac{7200}{1200} = 3$$

Dilakukan penggantian *tripping device* pada LVCB MA - 2 dari micrologic 3.0 menjadi micrologic 5.0 agar dapat disetting nilai *short time* nya serta mendapatkan *delay* yang diinginkan guna mendapatkan koordinasi proteksi yang lebih baik.

### **LVCB 41**

*Manufacturer* : Siemens

*Type* : 3WL11N 16

Frame ID : 1600 A

Rating Plug : 1600 A

FLA di bawah MCC – A2 :  $949,6 + 30,91 + 72,08 = 1052,59 \text{ A}$

Isc min MCC – A2 : 10,29 kA

Isc max 4 cycle MCC – A2 : 17,03 kA

### Long Time Pickup

$$1,05 \times FLA < I_{set} < 1,3 \times FLA$$

$$1,05 \times 1052,59 < I_{set} < 1,3 \times 1052,59$$

$$1105,22 < I_{set} < 1368,37$$

Dipilih  $I_{set} = 1280 \text{ A}$

$$LT \text{ pickup} = \frac{I_{set}}{\text{Rating Plug}} = \frac{1280}{1600} = 0.8$$

### Long Time Band

Dipilih *LT band* = 10s Fixed

Short Time Pickup

$$1,6 \times \text{FLA} < \text{Iset} < 0,8 \times \text{Isc MCC} - \text{A2}$$

$$1,6 \times 1072,7 < \text{Iset} < 0,8 \times 10290$$

$$1716,32 < \text{Iset} < 8232$$

Dipilih Iset = 3200 A

$$\text{ST pickup} = \frac{\text{Iset}}{\text{Rating Plug}} = \frac{3200}{1600} = 2$$

Short Time Band

Dipilih *ST band* = 0.3s

Nilai ST Band pada LVCB 41 dipilih 0.3 detik karena diantara LVCB 22 dan LVCB MA – 2 tidak ada beban sehingga tidak diperlukan grading time antara LVCB 22 dan LVCB MA – 2.

**LVCB 47**

*Manufacturer* : Cutler - Hummer

*Type* : DS - 416

*Frame ID* : 1600 A

*Sensor ID* : 1200 A

*Tripping device* pada LVCB 47 dinonaktifkan sehingga LVCB 47 ini hanya di *trip* kan oleh relay 14.



**Gambar 4.13** LVCB 47 Cutler Hummer DS – 416 di *Plant*

### Relay 14

*Manufacturer* : General Electric  
*Type* : Multilin 489  
*Curve Type* : ANSI – *Extremely Inverse*  
*CT Ratio* : 1000 / 5 A  
*FLA new GG* : 911,6 A  
*Isc min kontribusi New GG ke bus 17* : 3,6 kA  
*Isc max 4 cycle kontribusi New GG ke bus 17* : 5,19 kA

#### Time Overcurrent Pickup

$1,05 \times \text{FLA} < I_{set} < 1,3 \times \text{FLA}$   
 $1,05 \times 911,6 < I_{set} < 1,3 \times 911,6$   
 $8957,18 < I_{set} < 1185,08$

Dipilih  $I_{set} = 1000 \text{ A}$

$$\text{pickup} = \frac{I_{set}}{CT \text{ Ratio}} = \frac{1000}{1000} = 1.00$$

#### Time Dial

Dipilih waktu operasi (t) = 2,99 s

$$T = TD \times \left( 0,0399 + \left( \frac{2,2294}{\left( \frac{I}{I_{pickup}} - 0,5 \right)} \right) + \left( \frac{3,0094}{\left( \frac{I}{I_{pickup}} - 0,5 \right)^2} \right) + \left( \frac{0,7222}{\left( \frac{I}{I_{pickup}} - 0,5 \right)^3} \right) \right)$$

$$\frac{Isc \text{ max 4 cycle}}{I_{set}} = \frac{5190}{1000} = 5,19$$

$$TD = 4 / \left( 0,0399 + \left( \frac{2,2294}{(5,19 - 0,5)} \right) + \left( \frac{3,0094}{(5,19 - 0,5)^2} \right) + \left( \frac{0,7222}{(5,19 - 0,5)^3} \right) \right)$$

$$TD = 2,99 / 0,659$$

$$TD = 4.5$$

Dipilih *Time Dial* = 4.5

#### Instantaneous Pickup

$1,6 \times \text{FLA} < I_{set} < 0,8 \times \text{Isc min New GG ke bus 17}$

$1,6 \times 911,6 < I_{set} < 0,8 \times 3600$

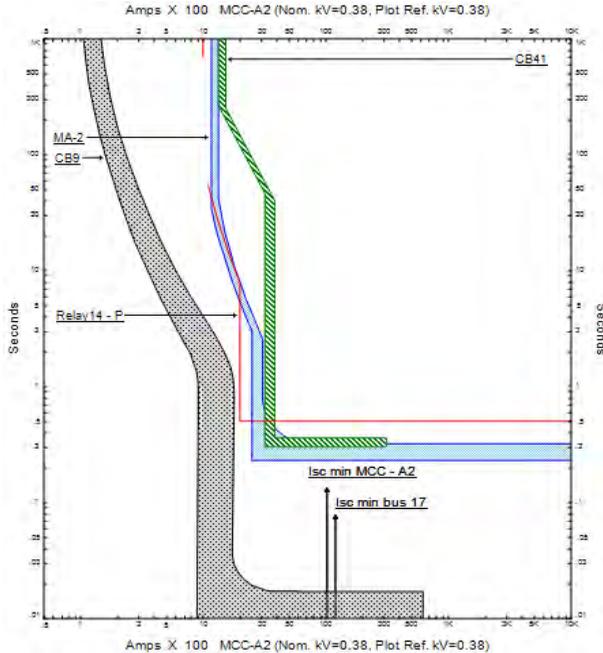
$1458,56 < I_{set} < 2880$

Dipilih  $I_{set} = 2000 \text{ A}$

$$\text{Instantaneous pickup} = \frac{I_{set}}{CT \text{ Ratio}} = \frac{2000}{1000} = 2$$

### Time delay

Dipilih *Time Delay* sebesar 0.5 s



**Gambar 4.14** Plot kurva TCC kondisi *resetting* pada tipikal 3

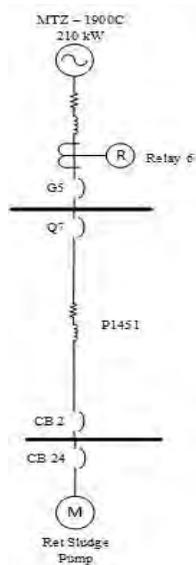
Sesuai dengan plot kurva TCC kondisi *resetting* tipikal 3 pada gambar 4.13 dapat disimpulkan bahwa :

- Perubahan *size* pada CB menjadi 80A membuat LVCB 9 menjadi lebih baik dalam mengamankan motor Fut Op dari gangguan *overload* maupun *short circuit*.
- Perubahan *tripping device* dari LVCB MA – 2 membuat koordinasi menjadi semakin baik dan lebih selektif dalam mengamankan gangguan karena pada saat terjadi gangguan pada sisi beban, LVCB tersebut tidak bekerja secara instan (kurang dari 0,1 detik) karena *tripping device* micrologic 5.0 dapat disetting nilai *short time* nya.
- LVCB G3 dan relay 1 merupakan pelindung dari generator MTZ – 1900A dari gangguan *overload* dan *short circuit*.

**Tabel 4.10** Data *Resetting* peralatan pengaman dari Tipikal 3

| <i>ID CB</i>   | <i>Manufacture</i>   | <i>Setting</i>       |  |
|----------------|--|----------------------|--|
| LVCB<br>9      | <i>Square-D FA<br/>480V Size 80</i>  | <i>Thermal Trip</i>  | <i>Fixed</i>                           |
|                |  | <i>Magnetic Trip</i> | <i>Fixed</i>                           |
| LVCB<br>MA - 2 | <i>Square-D<br/>RKA<br/>Micrologic5.0<br/>Size 1200<br/>Sensor ID 1200</i> | <i>LT Pickup</i>     | 0.93                                   |
|                |  | <i>LT Band</i>       | 0.5                                    |
|                |  | <i>ST Pickup</i>     | 2.5                                    |
|                |  | <i>ST Band</i>       | 0.3                                    |
|                |  | <i>Inst. Pick</i>    | <i>Disabled</i>                        |
| LVCB<br>41     | <i>Siemens<br/>3WL11N 16<br/>Size 1600<br/>Rating Plug</i>                 | <i>LT Pickup</i>     | 0.8                                    |
|                |  | <i>LT Band</i>       | 10s <i>Fixed</i>                       |
|                |  | <i>ST Pickup</i>     | 2                                      |
|                |  | <i>ST Band</i>       | 0.3                                    |
|                |  | <i>Inst. Pick</i>    | <i>Disabled</i>                        |
| LVCB<br>47     | <i>Cutler-Hummer<br/>DS-416<br/>Size 1600<br/>Sensor ID 1200</i>           | <i>LT Pickup</i>     | <i>Disabled</i>                        |
|                |  | <i>LT Band</i>       | <i>Disabled</i>                        |
|                |  | <i>ST Pickup</i>     | <i>Disabled</i>                        |
|                |  | <i>ST Band</i>       | <i>Disabled</i>                        |
|                |  | <i>Inst. Pick</i>    | <i>Disabled</i>                        |
| Relay<br>14    | <i>GE Multilin 489<br/>CT ratio 1000 :5</i>                                | <i>Curve Type</i>    | <i>ANSI-<br/>Extremely<br/>Inverse</i> |
|                |  | <i>Pickup Range</i>  | 0,15 – 20<br><i>x CT Sec</i>           |
|                |  | <i>Pickup</i>        | 1                                      |
|                |  | <i>Time Dial</i>     | 4.5                                    |
|                |  | <i>Inst. Pickup</i>  | 2                                      |
|                |  | <i>Time Delay</i>    | 0.5                                    |

#### 4.5.4 Analisis Koordinasi Proteksi *Resetting* Tipikal 4



**Gambar 4.15** Single Line Diagram Tipikal 4

#### **LVCB 24**

Manufacturer : Square-D  
 Type : FA 480V  
 TM ID : 100  
 FLA motor Ret Sludge Pump : 48,42 A  
 Locked rotor current (LRC) :  $600\% \times 48,42 = 290,52 \text{ A}$   
 Isc min MCC - C : 7,09 kA  
 Isc max 4 cycle MCC - C : 10,31 kA

#### Long Time Pickup

$1,05 \times \text{FLA} < I_{set} < 1,3 \times \text{FLA}$   
 $1,05 \times 48,42 < I_{set} < 1,3 \times 48,42$   
 $50,84 < I_{set} < 62,94$   
 Dipilih  $I_{set} = 60 \text{ A}$

$$LT \text{ pickup} = \frac{I_{set}}{\text{Rating Plug}} = \frac{60}{100} = 0.60$$

Long Time Band

*LT band* = 2

Short Time Pickup

$LRC < Iset < 0,8 \times I_{sc} \text{ min MCC} - A2$

$290,52 < Iset < 0,8 \times 7090$

$290,52 < Iset < 5672$

Dipilih *Iset* = 650 A

$$ST \text{ pickup} = \frac{Iset}{Rating \text{ Plug}} = \frac{650}{100} = 6.5$$

Short Time Band

*ST band* = 0.1s

LVCB 24 ini tidak dapat disetting karena LVCB jenis *molded case* dengan *setting thermal trip* dan *Magnetic trip* yang *fixed*. Selain itu, setting dai thermal trip nya terlalu jauh dari nilai FLA motor sehingga perlu dilakukan penggantian CB dengan *size* yang lebih kecil yaitu 60A ataupun diubah setting dari *thermal trip* nya apabila kondisi real nya alat tersebut dapat diubah *setting*-nya.

**LVCB 2**

*Manufacturer* : Cutler-Hummer

*Type* : ND

*Frame ID* : 800 A

*Rating Plug* : 400 A

*FLA di bawah MCC - C* :  $48,42 + 303,9 = 352,32 \text{ A}$

*Isc min MCC - C* : 7,09 kA

*Isc max 4 cycle MCC - C* : 10,31 kA

Long Time Pickup

$1,05 \times FLA < Iset < 1,3 \times FLA$

$1,05 \times 352,32 < Iset < 1,3 \times 352,32$

$369,94 < Iset < 458,02$

Dipilih *Iset* = 400 A

$$LT \text{ pickup} = \frac{Iset}{Rating \text{ Plug}} = \frac{400}{400} = 1$$

Long Time Band

*LT band* = Fixed

Short Time Pickup

$$1,6 \times \text{FLA} < I_{set} < 0,8 \times I_{sc} \text{ min MCC - C}$$

$$1,6 \times 352,32 < I_{set} < 0,8 \times 7090$$

$$563,71 < I_{set} < 5672$$

$$\text{Dipilih } I_{set} = 1600 \text{ A}$$

$$ST \text{ pickup} = \frac{I_{set}}{\text{Rating Plug}} = \frac{1600}{400} = 4$$

Short Time Band

$$\text{Dipilih } ST \text{ band} = 300$$

Nilai dari *Long Time Pickup* dan *Long Time Band* tidak dapat disetting karena nilainya telah *fixed*.

**LVCB Q7**

*Manufacturer* : Cutler-Hummer

*Type* : ND

*Frame ID* : 800 A

*Rating Plug* : 450 A

*FLA di bawah MCC - C* :  $48,42 + 303,9 = 352,32 \text{ A}$

*Isc min MCC – C* : 7,09 kA

*Isc max 4 cycle MCC – C* : 10,31 kA

Long Time Pickup

$$1,05 \times \text{FLA} < I_{set} < 1,3 \times \text{FLA}$$

$$1,05 \times 352,32 < I_{set} < 1,3 \times 352,32$$

$$369,94 < I_{set} < 458,02$$

$$\text{Dipilih } I_{set} = 450 \text{ A}$$

$$LT \text{ pickup} = \frac{I_{set}}{\text{Rating Plug}} = \frac{450}{450} = 1$$

Long Time Band

$$LT \text{ band} = \text{Fixed}$$

Short Time Pickup

$$1,6 \times \text{FLA} < I_{set} < 0,8 \times I_{sc} \text{ min MCC - C}$$

$$1,6 \times 352,32 < I_{set} < 0,8 \times 7090$$

$$563,71 < I_{set} < 5672$$

$$\text{Dipilih } I_{set} = 4800 \text{ A}$$

$$ST\ pickup = \frac{I_{set}}{Rating\ Plug} = \frac{1800}{450} = 4$$

Short Time Band

Dipilih ST band = 300

Nilai dari *Long Time Pickup* dan *Long Time Band* tidak dapat disetting karena nilainya telah *fixed*. Oleh karena itu, dilakukan perubahan rating plug dari 400 menjadi 450 agar nilai *long time pickup* nya dapat sesuai dengan perhitungan yang di atas.



**Gambar 4.16** LVCB Q7 Cutler – Hummer ND di Mutiara Plant

**LVCB G5**

|                     |                |
|---------------------|----------------|
| <i>Manufacturer</i> | : Merlin Gerin |
| <i>Type</i>         | : M12 H1       |
| <i>Size</i>         | : 1250 A       |
| Sensor ID           | : 1250 A       |
| Rating Plug         | : 1 Multiple   |

*Tripping device* pada LVCB G5 dinonaktifkan sehingga LVCB G5 ini hanya di *trip* kan oleh relay 6.



**Gambar 4.17** LVCB G5 Merlin Gerin M12 H1 di Mutiara *Plant*

### **Relay 6**

*Manufacturer* : General Electric  
*Type* : Multilin 489  
*Curve Type* : ANSI – Normal Inverse  
*CT Ratio* : 600 / 5 A  
 FLA MTZ – 1900C : 395 A  
 Isc min kontribusi MTZ – 1900C ke SWGR – 1A : 1,83 kA  
 Isc max 4 cycle kontribusi MTZ – 1900C ke SWGR – 1A : 2,48 kA

### Time Overcurrent Pickup

$1,05 \times \text{FLA} < I_{set} < 1,3 \times \text{FLA}$

$1,05 \times 395 < I_{set} < 1,3 \times 395$

$414,75 < I_{set} < 513,5$

Dipilih  $I_{set} = 450 \text{ A}$

$$pickup = \frac{I_{set}}{CT \text{ Ratio}} = \frac{450}{600} = 0.75$$

### Time Dial

Dipilih waktu operasi  $(t) = 2 \text{ s}$

$$T = TD \times (0,0274 + (\frac{2,2614}{(\frac{T}{I_{pickup}} - 0,3)}) + (\frac{-4,1899}{(\frac{T}{I_{pickup}} - 0,3)^2}) +$$

$$\left( \frac{9,127}{\left( \frac{I}{I_{pickup}} - 0,3 \right)^3} \right); \frac{I_{sc \max 4 \text{ cycle}}}{I_{set}} = \frac{2480}{450} = 5,51$$

$$TD = 1,1 / (0,0274 + \left( \frac{2,2614}{(5,51 - 0,3)} \right) + \left( \frac{-4,1899}{(5,51 - 0,3)^2} \right) + \left( \frac{9,127}{(5,51 - 0,3)^3} \right))$$

$$TD = 2 / 0,372$$

$$TD = 5.38$$

Dipilih *time dial* = 5.38

### Instantaneous Pickup

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

$$1,6 \times 395 < I_{set} < 0,8 \times 1830$$

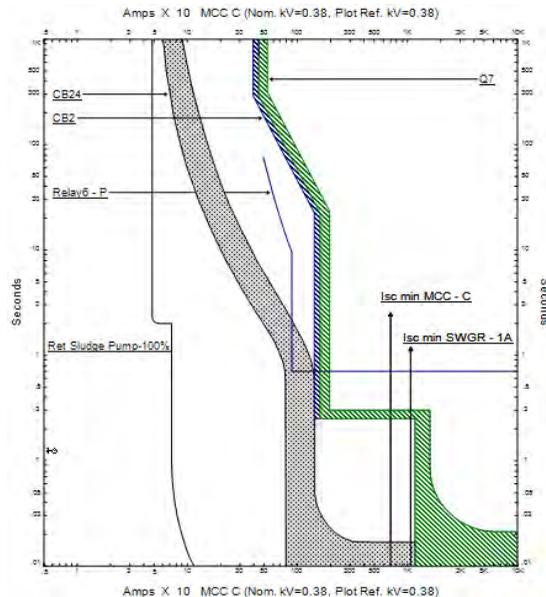
$$632 < I_{set} < 1464$$

Dipilih  $I_{set} = 900 \text{ A}$

$$\text{Instantaneous pickup} = \frac{I_{set}}{CT \text{ Ratio}} = \frac{900}{600} = 1.5$$

### Time delay

Dipilih *Time Delay* sebesar 0.7 s



**Gambar 4.18** Plot kurva TCC kondisi *resetting* pada tipikal 4

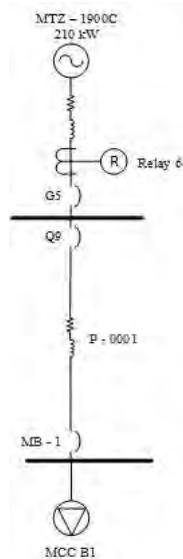
Sesuai dengan plot kurva TCC kondisi resetting tipikal 4 pada gambar 4.16 dapat disimpulkan bahwa :

- Pengubahan *size* pada LVCB 24 menjadi 60A membuat LVCB 24 dapat mengamankan motor Ret Sludge Pump dari gangguan *overload* dan dapat mengamankan gangguan *short circuit* dengan lebih baik.
- LVCB Q7 dan LVCB 2 berfungsi untuk melindungi bus SWGR – 1A apabila terjadi gangguan *short circuit* pada bus MCC – C.

**Tabel 4.11** Data *Resetting* peralatan pengaman dari Tipikal 4

| <i>ID CB</i> | <i>Manufacture</i>   | <i>Setting</i>       |                                     |
|--------------|--|----------------------|-------------------------------------|
| LVCB<br>24   | <i>Square-D FA<br/>480V Size 40</i>                          | <i>Thermal Trip</i>  | <i>Fixed</i>                        |
|              |  | <i>Magnetic Trip</i> | <i>Fixed</i>                        |
| LVCB<br>2    | <i>Cutler-Hummer<br/>ND<br/>RMS 310N<br/>Size 800</i>        | <i>LT Pickup</i>     | <i>Fixed</i>                        |
|              |  | <i>LT Band</i>       | <i>Fixed</i>                        |
|              |  | <i>ST Pickup</i>     | <i>4X</i>                           |
|              |  | <i>ST Band</i>       | <i>300 (0.3 s)</i>                  |
| LVCB<br>Q7   | <i>Cutler-Hummer<br/>ND<br/>Size 800<br/>Rating Plug 400</i> | <i>LT Pickup</i>     | <i>Fixed</i>                        |
|              |  | <i>LT Band</i>       | <i>Fixed</i>                        |
|              |  | <i>ST Pickup</i>     | <i>4X</i>                           |
|              |  | <i>ST Band</i>       | <i>300 (0.3 s)</i>                  |
| LVCB<br>G5   | <i>Merlin Gerin<br/>M 12 H1<br/>Size 1250</i>                | <i>LT Pickup</i>     | <i>Disabled</i>                     |
|              |  | <i>LT Band</i>       | <i>Disabled</i>                     |
|              |  | <i>Inst. Pick</i>    | <i>Disabled</i>                     |
| Relay<br>6   | <i>GE Multilin 489<br/>CT ratio 600 :5</i>                   | <i>Curve Type</i>    | <i>ANSI-<br/>Normal<br/>Inverse</i> |
|              |  | <i>Pickup Range</i>  | <i>0,15 – 20 x<br/>CT Sec</i>       |
|              |  | <i>Pickup</i>        | <i>0.75</i>                         |
|              |  | <i>Time Dial</i>     | <i>5.38</i>                         |
|              |  | <i>Inst. Pickup</i>  | <i>1.5</i>                          |
|              |  | <i>Time Delay</i>    | <i>0.7</i>                          |

#### 4.5.5 Analisis Koordinasi Proteksi *Resetting* Tipikal 5



**Gambar 4.19** *Single Line Diagram* Tipikal 5

#### **LVCB MB – 1**

|                                |                    |
|--------------------------------|--------------------|
| <i>Manufacturer</i>            | : General Electric |
| <i>Type</i>                    | : SGPB             |
| <i>Sensor ID</i>               | : 600 A            |
| <i>Rating Plug</i>             | : 500 A            |
| <i>FLA</i>                     | : 379,8 A          |
| <i>Isc min MCC - B</i>         | : 5,66 kA          |
| <i>Isc max 4 cycle MCC - B</i> | : 8,05 kA          |

#### *Long Time Pickup*

$$1,05 \times \text{FLA} < I_{set} < 1,3 \times \text{FLA}$$

$$1,05 \times 379,8 < I_{set} < 1,3 \times 379,8$$

$$398,79 < I_{set} < 493,74$$

Dipilih  $I_{set} = 400 \text{ A}$

$$LT \text{ pickup} = \frac{I_{set}}{\text{Rating Plug}} = \frac{400}{500} = 0.8$$

Long Time Band

Dipilih  $LT\ band = 1$

Instantaneous Pickup

$1,6 \times FLA < Iset < 0,8 \times I_{sc\ min\ MCC} - B$

$1,6 \times 379,8 < Iset < 0,8 \times 5660$

$607,68 < Iset < 4528$

Dipilih  $Iset = 1250\ A$

$$Instantaneous\ pickup = \frac{Iset}{Rating\ Plug} = \frac{1250}{500} = 2.5$$

Dilakukan penurunan *rating plug* pada LVCB MB -1 dari 600 menjadi 500 agar setting *long time pickup* dari LVCB MB-1 tidak melebihi dari *setting* LVCB di atasnya.

**LVCB Q9**

*Manufacturer* : Square-D

*Type* : MAL

TM ID : 400

FLA : 379,8 A

$I_{sc\ min\ SWGR} - 1A$  : 10,8 kA

$I_{sc\ max\ 4\ cycle\ SWGR} - 1A$  : 17,78 kA

Long Time Pickup

$1,05 \times FLA < Iset < 1,3 \times FLA$

$1,05 \times 379,8 < Iset < 1,3 \times 379,8$

$398,79 < Iset < 493,74$

Dipilih  $Iset = 400\ A$

$$LT\ pickup = \frac{Iset}{Rating\ Plug} = \frac{400}{400} = 1$$

Long Time Band

$LT\ band = Fixed$

Short Time Pickup

$1,6 \times FLA < Iset < 0,8 \times I_{sc\ min\ SWGR} - 1A$

$1,6 \times 379,8 < Iset < 0,8 \times 10800$

$607,68 < Iset < 8640$

Dipilih  $Iset = 2400\ A$

$$ST \text{ pickup} = \frac{I_{set}}{Rating \text{ Plug}} = \frac{2400}{400} = 6$$

Short Time Band

$$ST \text{ band} = 0.4s$$

LVCB Q9 ini tidak dapat disetting karena LVCB jenis *molded case* dengan *setting thermal trip* dan *Magnetic trip* yang *fixed*.



**Gambar 4.20** LVCB Q9 Square – D MAL di Mutiara Plant

**LVCB G5**

|                     |                |
|---------------------|----------------|
| <i>Manufacturer</i> | : Merlin Gerin |
| <i>Type</i>         | : M12 H1       |
| <i>Size</i>         | : 1250 A       |
| Sensor ID           | : 1250 A       |
| Rating Plug         | : 1 Multiple   |

*Tripping device* pada LVCB G5 dinonaktifkan sehingga LVCB G5 ini hanya di *trip* kan oleh relay 6.



**Gambar 4.21** LVCB G5 Merlin Gerin M12 H1 di Mutiara *Plant*

**Relay 6**

|   |                    |
|---|--------------------|
| <i>Manufacturer</i>                         | : General Electric |
| <i>Type</i>                                 | : Multilin 489     |
| <i>Curve Type</i>                           | : ANSI – Normal    |
| <i>Inverse</i>                              |                    |
| CT Ratio                                    | : 600 / 5 A        |
| FLA MTZ – 1900C                             | : 395 A            |
| Isc min kontribusi MTZ – 1900C ke SWGR – 1A | : 1,83 kA          |
| Isc max kontribusi MTZ – 1900C ke SWGR – 1A | : 2,48 kA          |

*Time Overcurrent Pickup*

$$1,05 \times FLA < Iset < 1,3 \times FLA$$

$$1,05 \times 395 < Iset < 1,3 \times 395$$

$$414,75 < Iset < 513,5$$

Dipilih  $Iset = 450 \text{ A}$

$$pickup = \frac{Iset}{CT\ Ratio} = \frac{450}{600} = 0.75$$

*Time Dial*

Dipilih waktu operasi (t) = 2 s

$$T = TD \times \left( 0,0274 + \left( \frac{2,2614}{\left( \frac{I}{I_{pickup}} - 0,3 \right)} \right) + \left( \frac{-4,1899}{\left( \frac{I}{I_{pickup}} - 0,3 \right)^2} \right) + \left( \frac{9,127}{\left( \frac{I}{I_{pickup}} - 0,3 \right)^3} \right) \right)$$

$$\frac{I_{sc \text{ max 4 cycle}}}{I_{set}} = \frac{2480}{450} = 5,51$$

$$TD = 1,1 / (0,0274 + (\frac{2,2614}{(5,51 - 0,3)}) + (\frac{-4,1899}{(5,51 - 0,3)^2}) + (\frac{9,127}{(5,51 - 0,3)^3}))$$

$$TD = 2 / 0,372$$

$$TD = 5.38$$

Dipilih *time dial* = 5.38

Instantaneous Pickup

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

$$1,6 \times 395 < I_{set} < 0,8 \times 1830$$

$$632 < I_{set} < 1464$$

Dipilih *Iset* = 900 A

$$Instantaneous \ pickup = \frac{I_{set}}{CT \ Ratio} = \frac{900}{600} = 1.5$$

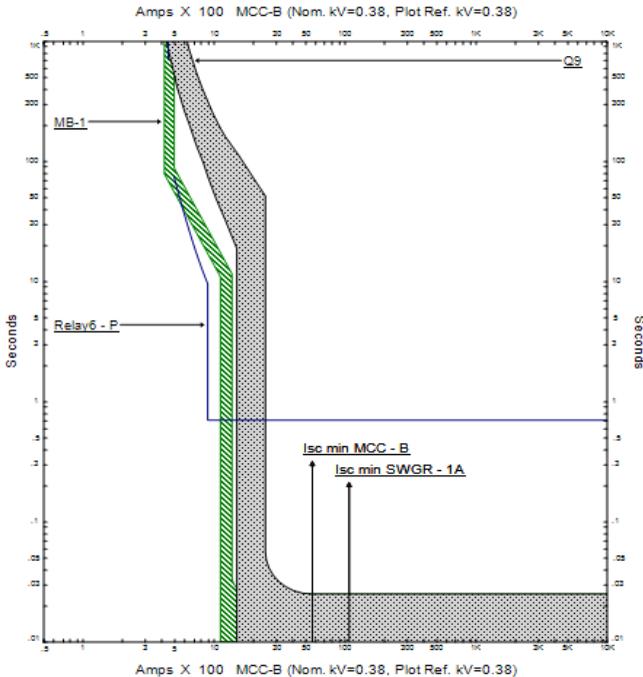
Time delay

Dipilih *Time Delay* sebesar 0.7 s

**Tabel 4.12** Data *Resetting* peralatan pengaman dari Tipikal 5

| <i>ID CB</i>   | <i>Manufacture</i>                        | <i>Setting</i>       |                                     |
|----------------|---|----------------------|-------------------------------------|
| LVCB<br>MB - 1 | GE SGPB<br>Size 600<br>Rating Plug<br>500 | <i>LT Pickup</i>     | 0.8                                 |
|                |   | <i>LT Band</i>       | 1                                   |
|                |   | <i>Inst. Pickup</i>  | 2.5                                 |
| LVCB<br>Q9     | Square-D MAL<br>Size 400                  | <i>Thermal Trip</i>  | <i>Fixed</i>                        |
|                |   | <i>Magnetic Trip</i> | 5                                   |
| LVCB<br>G5     | Merlin Gerin<br>M 12 H1<br>Size 1250      | <i>LT Pickup</i>     | <i>Disabled</i>                     |
|                |   | <i>LT Band</i>       | <i>Disabled</i>                     |
|                |   | <i>Inst. Pick</i>    | <i>Disabled</i>                     |
| Relay 6        | GE Multilin<br>489<br>CT ratio 600 :5     | <i>Curve Type</i>    | <i>ANSI-<br/>Normal<br/>Inverse</i> |
|                |   | <i>Pickup Range</i>  | 0,15 – 20<br><i>x CT Sec</i>        |
|                |   | <i>Pickup</i>        | 0.75                                |
|                |   | <i>Time Dial</i>     | 5.38                                |

| <i>ID CB</i> | <i>Manufacture</i> | <i>Setting</i>      |     |
|--------------|--------------------|---------------------|-----|
|              |                    | <i>Inst. Pickup</i> | 1.5 |
|              |                    | <i>Time Delay</i>   | 0.7 |



**Gambar 4.22** Plot kurva TCC kondisi *resetting* pada tipikal 5

Sesuai dengan plot TCC kondisi *resetting* tipikal 5 pada gambar 4.16 dapat disimpulkan bahwa :

- LVCB Q9 dan LVCB MB - 1 berfungsi untuk melindungi bus SWGR – 1A apabila terjadi gangguan *short circuit* pada bus MCC – B.
- LVCB G5 dan relay 6 merupakan pelindung dari generator MTZ – 1900C dari gangguan *overload* dan *short circuit*.

## BAB V PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi dan analisis koordinasi proteksi arus lebih fasa PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara akibat penambahan generator yang telah dilakukan, maka diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil analisis koordinasi proteksi PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara data eksisting menunjukkan terdapat beberapa peralatan proteksi yang setting arus dan waktu nya sama seperti yang dapat terlihat pada plot TCC. Hal ini menunjukkan peralatan tersebut bekerja secara bersama sama apabila terjadi suatu gangguan.
2. Hasil analisis koordinasi proteksi data eksisting menunjukkan adanya *miss-coordination* antar peralatan pengaman karena *setting* peralatan pengaman *backup* lebih besar dari *setting* peralatan pengaman utamanya. Hal ini mengakibatkan peralatan pengaman *backup* bekerja lebih cepat daripada peralatan pengaman utama.
3. Banyak peralatan yang bekerja dengan waktu yang hampir bersamaan saat terjadi gangguan. Hal ini menunjukkan kurang baiknya koordinasi antar peralatan pengaman. Hal ini dapat mengakibatkan pemadaman total pada pada pabrik PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara.
4. Setting *lowset* dari beberapa peralatan seperti LVCB MA-1, LVCB 37, LVCB 45, LVCB MA-2, dan LVCB 24 tidak sesuai dengan standar yang berlaku yaitu BS 143 – 1983 yang mengakibatkan peralatan proteksi gagal mengamankan gangguan *overload* sehingga bisa berdampak pada kerusakan beberapa beban motor yang ada. Ketidaksesuaian dapat dilihat pada tabel-tabel data eksisting peralatan pengaman tipikal pada sub bab 4.4.
5. Beberapa MCCB pengaman motor bekerja jauh di atas FLA dari motor tersebut sehingga CB tidak bisa mengamankan bila ada gangguan *overload*. Hal ini dapat berdampak pada timbulnya panas berlebih pada motor bahkan motor dapat terbakar.

## 5.2 Saran

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan dan juga kesimpulan yang didapatkan dari tugas akhir ini, terdapat beberapa saran yang dapat menjadi masukan agar sistem dapat berjalan lebih baik di masa mendatang. Beberapa saran yang diberikan sebagai berikut :

1. Perlu adanya *setting* ulang peralatan – peralatan pengaman agar koordinasi pada PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara ini dapat berjalan dengan baik.
2. Perhitungan manual yang telah dilakukan serta plot TCC kondisi *resetting* yang disajikan pada tugas akhir ini telah dibuat sesuai dengan standar yang berlaku dan dapat dijadikan pertimbangan serta referensi dalam melakukan *setting* ulang peralatan pengaman pada PT. VICO Indonesia unit operasi Mutiara.
3. Diperlukan penggantian beberapa tripping device pada beberapa peralatan pengaman sesuai dengan yang telah dituliskan pada bab 4 agar koordinasi proteksi dapat berjalan dengan lebih baik sesuai dengan standar yang berlaku.
4. Perlu dilakukan penggantian beberapa MCCB yang melindungi motor apabila MCCB tersebut benar – benar tidak dapat di-*setting* dalam kondisi riil nya. Hal ini dilakukan dengan tujuan agar CB tersebut dapat mengamankan motor apabila mengalami *overload* dan mencegah kerusakan yang fatal pada motor yang dilindunginya.

## Daftar pustaka

- [1]. IEEE Standards 242 - 2001, "*IEEE Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power System*", The Institute of Electrical and electronics Engineers, Inc., New York, Ch. 15, 2001.
- [2]. Gurevich, Vladimir, "*Electric Relays, Principle and application*", CRCPress, USA, Ch. 10, 2006.
- [3]. Bonggas L. Tobing, "Peralatan Tegangan Tinggi", Jakarta : Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama, 2003.
- [4]. Siemens Manuals, "Power Distribution-Guide", Hen, 2006.
- [5]. Penangsang, Ontoeseno, "Diktat Kuliah Analisa Sistem Tenaga 2", Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2006.
- [6]. Stevenson, Jr., William D., "Analisis Sistem Tenaga Listrik", alih bahasa oleh: Ir. Kamal Idris, Erlangga, 1990.
- [7]. Supriyanto, Adi, "Analisis Sistem Tenaga 2", Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [8]. Wahyudi, "Diktat Kuliah Sistem Pengaman", Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2004.
- [9]. Lazar, I., "*Electrical Systems Analysis and Design for Industrial Plants*", McGraw-Hill Companies, Inc, USA, Ch. 6, 1980.

*[Halaman ini sengaja dikosongkan]*

## BIOGRAFI PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Andreas Dianto Fajar Kurnia Putra Pratama. Lahir di Surabaya pada tanggal 30 September 1994. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Riwayat pendidikan penulis yaitu bersekolah di SDK Wijana sejati, Mojokerto. Setelah lulus dari SD pada tahun 2006, penulis melanjutkan ke SMPN 1 Kota Mojokerto dari tahun 2006 hingga 2009. Setelah lulus dari SMP pada tahun 2009, kemudian melanjutkan studi di SMAN 1

Sooko, Mojokerto dari tahun 2009 hingga 2012. Setelah lulus dari SMA, penulis diterima di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) pada Jurusan Teknik Elektro yang dinaungi oleh Fakultas Teknologi Industri. Di jurusan teknik elektro, penulis mengambil bidang studi teknik sistem tenaga sesuai yang telah diinginkannya sejak duduk di bangku SMA. Selama kuliah di teknik elektro ITS, penulis juga mengikuti berbagai kepanitiaan dan organisasi. Kepanitiaan yang pernah diikuti penulis yaitu menjadi panitia dalam lomba ELECTRA (Electrical competition, Tour, and Rally) yang diadakan oleh teknik elektro ITS pada tahun 2014. Selain itu, panitia juga menjadi panitia pada sie perlengkapan pada acara EE Events (LCEN, Baronas, National Simposium, dan ISITIA) yang diadakan oleh teknik elektro ITS pada tahun 2015. Penulis juga dapat dihubungi melalui email [andreasdfkpp@gmail.com](mailto:andreasdfkpp@gmail.com).