



TUGAS AKHIR - TE 141599

ANALISIS EVALUASI SETTING RELAY DOCR (*DIRECTIONAL OVERCURRENT RELAYS*) SEBAGAI PROTEKSI PADA PT. LINDE INDONESIA SITUS GRESIK JAWA TIMUR

Muhammad Reza Adzani
NRP 2214105059

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

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



FINAL PROJECT - TE 141599

**EVALUATION ANALYSIS OF DOCR (DIRECTIONAL
OVERCURRENT RELAYS) RELAY SETTINGS AS A
PROTECTION AT PT. LINDE INDONESIA SITES GRESIK
JAWA TIMUR**

Muhammad Reza Adzani
NRP 2214105059

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

ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty Of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute Of Technology
Surabaya 2016

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul **Analisis Evaluasi Setting Relay DOCR (Directional Overcurrent Relays) Sebagai Proteksi Pada PT. LINDE Indonesia Situs Gresik Jawa Timur** adalah benar benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

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

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

Surabaya, 18 Januari 2016

Muhammad Reza Adzani
Nrp. 2214105059

**ANALISIS EVALUASI SETTING RELAY DOCR
(DIRECTIONAL OVERCURRENT RELAY) SEBAGAI
PROTEKSI PADA PT. LINDE INDONESIA SITUS
GRESIK JAWA TIMUR**

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 Pujiatama, M.T.
NIP. 196603181990101001

Dosen Pembimbing II

Ir. Samsul Anam, M.T.
NIP. 196307251990031002



Analisis Evaluasi Setting Relay DOCR (*Directional Overcurrent Relays*) Sebagai Proteksi Pada PT. Linde Indonesia Situs Gresik Jawa Timur

Nama Mahasiswa : Muhammad Reza Adzani
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Margo Pujiantara, M.T.
Dosen Pembimbing : Ir. Sjamsjul Anam, MT.

ABSTRAK

Seiring dengan kebutuhan listrik dan beban yang meningkat pada dewasa ini yang terjadi pada sektor industri tidak terlepas dari bertambahnya intensitas gangguan pada suatu sistem tenaga. Gangguan yang terjadi pada sistem tenaga dapat mempengaruhi keandalan serta mengganggu kelancaran pelayanan serta dapat merusak peralatan yang diakibatkan oleh hubung singkat. Untuk mencegah agar hal ini terjadi maka dibutuhkan suatu sistem proteksi yang dapat bekerja sesuai dengan daerah yang terjadi gangguan sehingga kerusakan peralatan yang diakibatkan hubung singkat saluran dapat dihindari. Salah satu cara untuk memproteksi suatu industri adalah dengan menggunakan *directional overcurrent relay* (DOCR) yang bekerja pada suatu sistem tenaga dengan suplai sumber lebih dari satu arah. Penggunaan *directional overcurrent relay* (DOCR) diharapkan dapat mengisolasi suatu daerah saluran yang dilewati sumber suplai dengan arah yang lebih dari satu. Dalam tugas akhir ini *directional overcurrent relay* ditempatkan di titik-titik yang memiliki saluran yang paralel atau saluran yang dilewati arus lebih dari satu arah dengan *time delay* sebesar 0,1 detik.

Kata Kunci : Arus Hubung Singkat, DOCR (*Directional Overcurrent Relay*), koordinasi proteksi, rele arus lebih.

Halaman ini sengaja dikosongkan

Evaluation Analysis of DOCR (Directional Overcurrent Relays) Relay Settings as a Protection at PT. Linde Indonesia Sites Gresik Jawa Timur

Name : Muhammad Reza Adzani
Advisor I : Dr. Ir. Margo Pujiantara, M.T.
Advisor II : Ir. Sjamsjul Anam, MT.

ABSTRACT

Along with the demand for electricity and increasing the burden on these days that occurred in the industrial sector cannot be separated from the increasing intensity of disturbance on the power system. Disruption of the power system can affect the reliability and disruption of services and can damage the equipment caused by short circuit. To prevent this from happening, we need a protection system that can work in accordance with the disturbance area so that damage to equipment caused by short circuit channel can be avoided. One way to protect an industry is to use directional overcurrent relays (DOCR) acting on a power system with a supply source of more than one direction. The use of directional overcurrent relays (DOCR) is expected to isolate a channel region through which the source of supply with more than one direction. In this final task directional overcurrent relays placed at the points that have a parallel channel or channels through which flows more than one direction with a time delay of 0.1 seconds

Keyword : short circuit, DOCR (Directional Overcurrent Relay), coordination protection, overcurrent relay.

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT, serta shalawat dan salam senantiasa terlimpahkan kepada junjungan kita Nabi besar Nabi Muhammad SAW, karena atas ridho dan hidayahNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul :

“Analisis Evaluasi Setting Relay DOCR (*Directional Overcurrent Relays*) Sebagai Proteksi Pada PT. Linde Indonesia Situs Gresik Jawa Timur”

Tugas akhir ini diajukan guna memenuhi persyaratan untuk menyelesaikan jenjang pendidikan S1 Teknik Elektro ITS. Dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang banyak berjasa terutama dalam penyusunan Tugas Akhir ini, yaitu :

1. Segenap keluarga besar keluarga saya terutama Ibu saya yang tidak pernah menyerah kepada saya.
2. Bapak Dr. Ir. Margo Pujiantara, M.T. dan Bapak Ir. Sjamsjul Anam, MT. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan saran serta bimbingannya.
3. Teman-teman se grup COS yang selalu senantiasa membantu dan selalu *ready* 24/7 untuk mendengarkan keluhan dan cerita saya.
4. Teman SMP say Silvia Wijayanti yang selalu ada saat saya sedang membutuhkan nya.
5. Teman-teman di warung 09 yang selalu bertindak sebagai pemecah kesuntukan disaat sedang lelah.
6. Seluruh rekan dan teman – teman LJ Ganjil 2014 terutama prodi Teknik Sistem Tenaga atas kerjasamanya selama 2 tahun 6 bulan ini.
7. Dan semua pihak–pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu. Semoga Allah SWT memberikan limpahan rahmat dan hidayahnya atas segala kebaikan dan semoga

Besar harapan penulis agar Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dan masukan bagi banyak pihak. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik, koreksi, dan saran dari pembaca yang bersifat membangun untuk pengembangan ke arah yang lebih baik.

Surabaya, Desember 2016

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

JUDUL

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

LEMBAR PENGESAHAN

KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Permasalahan.....	1
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Tugas Akhir	2
1.5. Metodologi	2
1.6. Sistematika Penulisan	3

BAB II TEORI PENUNJANG

2.1. Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik	5
2.2. Penyebab Gangguan pada Sistem Tenaga Listrik	7
2.2.1 Gangguan Beban Lebih (<i>Overload</i>)	7
2.2.2 Gangguan Hubung Singkat (<i>Short Circuit</i>)	7
2.2.2.1 Gangguan Simetri	7
2.2.2.2 Gangguan Tidak Simetri	8
2.3. Perhitungan Arus Hubung Singkat.....	8
2.4. Sistem Jaringan Distribusi Radial	9
2.5. Perangkat Pada Sistem Proteksi.....	9
2.5.1 Current Transformer (CT) dan Potential Transformer (PT) ..	10
2.5.2 Rele Proteksi	12
2.5.3 Circuit Breaker (CB)	13
2.6. Perangkat Pada Sistem Proteksi.....	14
2.6.1 ReleArus lebih (<i>Over Current Relay</i>).....	15
2.6.1.1 ReleArus Lebih Waktu Terbalik (<i>Invers Time</i>).....	15
2.6.1.2 ReleArus Lebih Seketika (<i>Instantaneous</i>)	17
2.6.1.3 ReleArus Lebih Waktu Tertentu (<i>Definite Time</i>).....	17
2.7. Setting Rele Arus Lebih	18

2.7.1	Setting Rele Arus Lebih Waktu Terbalik (<i>Invers Time</i>).....	18
2.7.2	Setting Rele Arus Lebih Seketika (<i>Instantaneous</i>).....	19
2.8.	Rele Arah Arus Lebih.....	19

BAB III SISTEM KELISTRIKAN PT. LINDE INDONESIA SITE GRESIK

3.1	Sistem Kelistrikan PT. Linde Indonesia <i>site</i> Gresik	21
3.1.1.	<i>Rating</i> Tegangan PT. Linde Indonesia <i>site</i> Gresik	21
3.1.2.	Sistem Pembangkitan PT. Linde Indonesia <i>site</i> Gresik	22
3.2	Sistem Distribusi PT. Linde Indonesia <i>site</i> Gresik	23
3.2.1	Data Beban PT. Linde	24

BAB IV HASIL SIMULASI DAN ANALISA

4.1	Sistem Kelistrikan PT.Linde Indonesia <i>site</i> Gresik	27
4.2	Analisa Arus Gangguan Hubung Singkat.....	27
4.2.1	Arus Hubung Singkat <i>Minimum</i>	27
4.2.2	Arus Hubung Singkat <i>Maximum</i>	29
4.3	Pemilihan Tipikal Koordinasi	30
4.4	Koordinasi Rele Gangguan Hubung Singkat.....	31
4.5	Koordinasi Proteksi Kondisi <i>Existing</i>	31
4.5.1	Koordinasi Proteksi <i>Existing</i> Tipikal 1	31
4.5.2	Koordinasi Proteksi <i>Existing</i> Tipikal 2	34
4.5.3	Koordinasi Proteksi <i>Existing</i> Tipikal 3	37
4.5.4	Koordinasi Proteksi <i>Existing</i> Tipikal 4	40
4.5.5	Koordinasi Proteksi <i>Existing</i> Tipikal 5	43
4.5.6	Koordinasi Proteksi <i>Existing</i> Tipikal 6	46
4.6	Koordinasi Proteksi Kondisi <i>Resetting</i>	49
4.6.1	Koordinasi Proteksi <i>Resetting</i> Tipikal 1	49
4.6.2	Koordinasi Proteksi <i>Resetting</i> Tipikal 2	56
4.6.3	Koordinasi Proteksi <i>Resetting</i> Tipikal 3	63
4.6.4	Koordinasi Proteksi <i>Resetting</i> Tipikal 4	70
4.6.5	Koordinasi Proteksi <i>Resetting</i> Tipikal 5	78

BAB V PENUTUP

5.1.	Kesimpulan.....	89
5.2.	Saran	89

DAFTAR PUSTAKA	91
-----------------------------	----

BIODATA PENULIS	92
------------------------------	----

TABLE OF CONTENT

TITLE

SHEET STATEMENT OF AUTHENTICITY

APPROVEMENT SHEET

PREFACE	<i>i</i>
ABSTRACT IN INDONESIA	<i>iii</i>
ABSTRACT IN ENGLISH	<i>v</i>
TABLE OF CONTENT	<i>vii</i>
ILLUSTRATION	<i>ix</i>
TABLES	<i>xi</i>

BAB I INTRODUCTION

<i>1.1. Background</i>	<i>1</i>
<i>1.2. Problems</i>	<i>1</i>
<i>1.3. Problems Limitation</i>	<i>2</i>
<i>1.4. Purpose</i>	<i>2</i>
<i>1.5. Methodology</i>	<i>2</i>
<i>1.6. Systematic</i>	<i>3</i>

CHAPTER II BASIC THEORY

<i>2.1. Disturbance On Electric Power System</i>	<i>5</i>
<i>2.2. Causes Incidence of Disturbances In Electric Power System</i>	<i>7</i>
<i>2.2.1 Overload</i>	<i>7</i>
<i>2.2.2 Short Circuit</i>	<i>7</i>
<i>2.2.2.1 Symmetrical Fault</i>	<i>7</i>
<i>2.2.2.2 Asymmetrical Fault</i>	<i>8</i>
<i>2.3. Short Circuit Current Calculation</i>	<i>8</i>
<i>2.4. Radial Distribution System</i>	<i>9</i>
<i>2.5. Device Protection System</i>	<i>9</i>
<i>2.5.1 Current Transformer (CT) and Potential Transformer (PT)</i> ..	<i>10</i>
<i>2.5.2 Protection Relay</i>	<i>12</i>
<i>2.5.3 Circuit Breaker (CB)</i>	<i>13</i>
<i>2.6. Device Protection System</i>	<i>14</i>
<i>2.6.1 Over Current Relay</i>	<i>15</i>
<i>2.6.1.1 Invers Time</i>	<i>15</i>
<i>2.6.1.2 Instantaneous</i>	<i>17</i>
<i>2.6.1.3 Definite Time</i>	<i>17</i>
<i>2.7. Over Current Relay Setting</i>	<i>18</i>

2.7.1	<i>Invers Time Over Current Relay Setting</i>	18
2.7.2	<i>Instantaneous Time Over Current Relay Setting</i>	19
2.8.	<i>Directional Overcurrent Relay (DOCR)</i>	19

BAB III ELECTRICAL SYSTEM OF PT. LINDE INDONESIA SITE GRESIK

3.1	<i>Electrical System of PT. Linde Indonesia site Gresik</i>	21
3.1.1.	<i>Voltage Rating of PT. Linde Indonesia site Gresik</i>	21
3.1.2.	<i>Generation System of PT. Linde Indonesia site Gresik</i>	22
3.2	<i>Distribution System of PT. Linde Indonesia site Gresik</i>	23
3.2.1	<i>Load Capacity of PT. Linde Indonesia site Gresik</i>	24

BAB IV SIMULATION AND ANALYSIS

4.1	<i>Electrical System of PT.Linde Indonesia site Gresik</i>	27
4.2	<i>Short Circuit Analysis of PT.Linde Indonesia site Gresik</i>	27
4.2.1	<i>Short Circuit Minimum</i>	27
4.2.2	<i>Short Circuit Maximum</i>	29
4.3	<i>Selection typical of Coordination</i>	30
4.4	<i>Coordination Over Current Relay</i>	31
4.5	<i>Protection Coordination of Existing Conditions</i>	31
4.5.1	<i>Existing Protection Coordination of typical 1</i>	31
4.5.2	<i>Existing Protection Coordination of typical 2</i>	34
4.5.3	<i>Existing Protection Coordination of typical 3</i>	37
4.5.4	<i>Existing Protection Coordination of typical 4</i>	40
4.5.5	<i>Existing Protection Coordination of typical 5</i>	43
4.5.6	<i>Existing Protection Coordination of typical 6</i>	46
4.6	<i>Protection Coordination of Resetting Conditions</i>	49
4.6.1	<i>Resetting Protection Coordination of typical 1</i>	49
4.6.2	<i>Resetting Protection Coordination of typical 2</i>	56
4.6.3	<i>Resetting Protection Coordination of typical 3</i>	63
4.6.4	<i>Resetting Protection Coordination of typical 4</i>	70
4.6.5	<i>Resetting Protection Coordination of typical 5</i>	78

BAB V CLOSING

5.1.	<i>Conclusion</i>	89
5.2.	<i>Recommendation</i> ..	89

REFERENCES	91
-------------------	-------	----

ENCLOSURE	92
------------------	-------	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Fasor Diagram Gangguan Simetri.....	7
Gambar 2.2	Sirkuit Diagram Transformer.....	11
Gambar 2.3	Skema Rele Pengaman	15
Gambar 2.4	Karakteristik Standard Inverse, Very Inverse dan Extremely Inverse	12
Gambar 2.5	Karakteristik rele arus lebih seketika (<i>instantaneous</i>) ..	17
Gambar 2.6	Karakteristik rele arus lebih waktu tertentu (<i>definite time</i>).....	17
Gambar 4.1	Plot kurva <i>existing</i> tipikal 1	33
Gambar 4.2	<i>Single line diagram</i> tipikal 1.....	34
Gambar 4.3	Plot kurva <i>existing</i> tipikal 2	36
Gambar 4.4	<i>Single line diagram</i> tipikal 2.....	37
Gambar 4.5	Plot kurva <i>existing</i> tipikal 3	39
Gambar 4.6	<i>Single line diagram</i> tipikal 3.....	40
Gambar 4.7	Plot kurva <i>existing</i> tipikal 4	41
Gambar 4.8	<i>Single line diagram</i> tipikal 4.....	43
Gambar 4.9	Plot kurva <i>existing</i> tipikal 5	46
Gambar 4.10	<i>Single line diagram</i> tipikal 5.....	47
Gambar 4.11	Plot kurva <i>existing</i> tipikal 6	48
Gambar 4.12	<i>Single line diagram</i> tipikal 6.....	49
Gambar 4.13	<i>Single line diagram resetting tipikal 1</i>	50
Gambar 4.14	Kurva hasil <i>resetting</i> tipikal 1	55
Gambar 4.15	<i>Single line diagram resetting tipikal 2</i>	57
Gambar 4.16	Kurva hasil <i>resetting</i> tipikal 2.....	62
Gambar 4.17	<i>Single line diagram resetting tipikal 3</i>	63
Gambar 4.18	Kurva hasil <i>resetting</i> tipikal 3.....	69
Gambar 4.19	<i>Single line diagram resetting tipikal 4</i>	71
Gambar 4.20	Kurva hasil <i>resetting</i> tipikal 4.....	77
Gambar 4.21	<i>Single line diagram resetting tipikal 5</i>	79
Gambar 4.22	Kurva hasil <i>resetting</i> tipikal 5.....	86

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Koefisien Invers Time Dial	15
Tabel 3.1	Data Pembangkit di PT. Linde Indonesia site Gresik	22
Tabel 3.2	Data Pembangkit di PT. Linde Indonesia site Gresik (lanjutan)	23
Tabel 3.3	Data transformator di PT. Linde Indonesia <i>site</i> Gresik	23
Tabel 3.4	Data transformator di PT. Linde Indonesia <i>site</i> Gresik (lanjutan)	24
Tabel 3.5	Data Beban Motor di PT.Linde Indonesia <i>site</i> Gresik	24
Tabel 3.6	Data <i>Lump Load</i> di PT.Linde Indonesia <i>site</i> Gresik	24
Tabel 3.7	Data Lump Load di PT.Linde Indonesia site Gresik (lanjutan)	25
Tabel 4.1	Data Hubung Singkat Minimum 30 <i>cycle</i>	28
Tabel 4.2	Data Hubung Singkat Maksimum 4 <i>cycle</i>	29
Tabel 4.3	Data <i>setting existing</i> rele tipikal 1	33
Tabel 4.4	Data <i>setting existing</i> rele tipikal 2	35
Tabel 4.5	Data <i>setting existing</i> rele tipikal 2 (lanjutan)	36
Tabel 4.6	Data <i>setting existing</i> rele tipikal 3	38
Tabel 4.7	Data <i>setting existing</i> rele tipikal 3 (lanjutan)	39
Tabel 4.8	Data <i>setting existing</i> rele tipikal 4	41
Tabel 4.9	Data <i>setting existing</i> rele tipikal 4 (lanjutan)	42
Tabel 4.10	Data <i>setting existing</i> rele tipikal 5	44
Tabel 4.11	Data <i>setting existing</i> rele tipikal 5 (lanjutan)	45
Tabel 4.12	Data <i>setting existing</i> rele tipikal 6	47
Tabel 4.13	Data <i>setting existing</i> rele tipikal 6 (lanjutan)	48

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. Linde Indonesia Gresik adalah perusahaan pengolahan gas yang terletak di Gresik Jawa Timur yang bergerak dalam bidang pemasok gas industri di Indonesia sejak tahun 1971. Sistem kelistrikan di PT. Linde Indonesia menggunakan sistem distribusi radial dengan listrik yang disuplai oleh beberapa pembangkit. Seiring dengan naiknya pertumbuhan industri di Gresik maka hal ini mengakibatkan peningkatan produksi gas di PT. Linde Indonesia *site* Gresik.

Hal ini menyebabkan kebutuhan listrik dan beban yang semakin meningkat di PT. Linde Indonesia, maka dibutuhkan upaya penambahan daya listrik pada sistem kelistrikan PT. Linde Indonesia agar kontinuitas pelayanan listrik tetap terjaga. Saat ini terdapat tujuh generator pembangkit di PT. Linde Indonesia *site* Gresik.

Gangguan yang terjadi pada sistem tenaga dapat mempengaruhi keandalan serta mengganggu kelancaran pelayanan serta dapat merusak peralatan yang diakibatkan oleh hubung singkat. Untuk mencegah agar hal ini terjadi maka dibutuhkan suatu sistem proteksi yang dapat bekerja sesuai dengan daerah yang terjadi gangguan sehingga kerusakan peralatan yang diakibatkan hubung singkat saluran dapat dihindari. Salah satu cara untuk memproteksi sistem kelistrikan di PT. Linde Indonesia Gresik yang *line* nya disuplai lebih dari satu arah adalah dengan menggunakan *Directional Overcurrent Relay* (DOCR) yang dapat mendeteksi arus lebih pada *line* dengan suplai sumber lebih dari satu arah. Penggunaan *Directional Overcurrent Relay* (DOCR) diharapkan dapat mengisolasi suatu daerah saluran yang dilewati sumber suplai dengan arah yang lebih dari satu.

1.2 Permasalahan

Permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana prinsip kerja *Directional Overcurrent Relay* (DOCR)
2. Bagaimana pengaturan *Directional Overcurrent Relay* (DOCR) yang tepat untuk mendeteksi arus gangguan hubung singkat yang pada PT. Linde Indonesia.

3. Bagaimana koordinasi proteksi PT. Linde Indonesia setelah pemasangan *Directional Overcurrent Relay* (DOCR)

1.3 Batasan Masalah

Batasan Masalah dalam tugas akhir ini adalah :

1. Simulasi dan analisa menggunakan *software*
2. Analisa gangguan hubung singkat.
3. Pemasangan dan pengaturan *Directional Overcurrent Relay* (DOCR).
4. Analisis penggunaan *Directional Overcurrent Relay* (DOCR) pada saat ada gangguan pada *plant*.
5. Koordinasi proteksi yang dilakukan yaitu koordinasi akibat pemasangan *Directional Overcurrent Relay* (DOCR).

1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui prinsip kerja dari *Directional Overcurrent Relay* (DOCR).
2. Mengetahui letak pemasangan *Directional Overcurrent Relay* (DOCR) yang tepat pada sistem kelistrikan PT. Linde Gresik Indonesia.
3. Mengetahui pengaturan yang tepat pada *Directional Overcurrent Relay* (DOCR) agar bekerja secara maksimal mendeteksi arus hubung singkat.
4. Mengetahui koordinasi proteksi pada rele arus lebih sesudah sistem dipasang *Directional Overcurrent Relay* (DOCR).

1.5 Metodologi

Metode yang akan digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Pengumpulan dan studi pustaka
Melakukan pengumpulan pustaka yang dibutuhkan meliputi studi arus hubung singkat, *Directional Overcurrent Relay* (DOCR), analisa sistem tenaga pada industri.
2. Pengambilan data
Data yang diambil berupa *single line diagram* sistem kelistrikan, rating pada busbar dan spesifikasi dari rele proteksi PT Linde Indonesia Gresik.
3. Pemodelan sistem dan simulasi

- Melakukan simulasi dengan menggunakan perangkat lunak.
4. Analisa data arus hubung singkat
Membahas nilai arus hubung singkat yang terjadi pada masing-masing bus yang terpasang pada PT Linde Indonesia Gresik.
 5. Penarikan kesimpulan
Memberikan kesimpulan mengenai pemakaian *Directional Overcurrent Relay* (DOCR) sebagai pendeteksi hubung singkat arus yang tepat pada sistem Kelistrikan PT Linde Indonesia Gresik.

1.6 Sistematika Penulisan

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

- BAB I : PENDAHULUAN
Bab ini membahas tentang penjelasan mengenai latar belakang, permasalahan dan batasan masalah, tujuan, metode penelitian, sistematika pembahasan, dan relevansi.
- BAB II : DASAR TEORI
Bab ini secara garis besar membahas tentang arus hubung singkat, penjelasan mengenai sistem pengaman, dan *Directional Overcurrent Relay* (DOCR).
- BAB III : SISTEM KELISTRIKAN PT. LINDE *SITE* GRESIK
Bab ini membahas sistem kelistrikan dan spesifikasi beban pada PT. Linde Indonesia *site* Gresik.
- BAB IV : HASIL SIMULASI DAN ANALISA
Bab ini membahas data hasil arus gangguan hubung singkat pada bus yang disimulasikan pada bus yang memiliki arus hubung singkat. Setelah itu menentukan koordinasi proteksi setelah pemasangan *directional overcurrent relay* (DOCR).
- BAB V : PENUTUP
Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari hasil pembahasan pada bab IV.

(Halaman Ini Sengaja dikosongkan)

BAB II

TEORI PENUNJANG

Pada setiap sistem kelistrikan di industri tingkat keandalan sangatlah penting karena hal ini dapat mempengaruhi proses produksi di suatu industri. Tingkat frekuensi dari suatu pemadaman akan mempengaruhi tingkat keandalan dari suatu sistem, semaking sering terjadi pemadaman dan lama waktu pemadaman semakin tinggi, maka akan menyebabkan semakin rendah tingkat kehandalan sistem tersebut. Pemadaman pada suatu sistem kelistrikan dapat terjadi karena berbagai macam gangguan, baik gangguan dari dalam atau gangguan dari luar sistem. Contoh gangguan pada sistem kelistrikan yang biasanya terjadi adalah gangguan hubung singkat. Arus gangguan hubung singkat dapat melebihi kemampuan peralatan sehingga dapat merusak peralatan yang dikarenakan panas yang berlebih. Untuk mengatasi berbagai macam gangguan yang ada demi meningkatkan kehandalan sistem kelistrikan dibutuhkan solusi yang dapat mengurangi atau menghilangkan frekuensi pemadaman yang tinggi. Solusi ini biasa disebut sistem proteksi atau pengaman sistem kelistrikan.

Sistem proteksi yang baik bekerja ketika terdapat gangguan pada sistem kelistrikan maka akan menyebabkan sistem proteksi dapat mengisolasi arus gangguan pada area yang terdampak sehingga tidak terjadi kerusakan pada komponen sistem lain dan serta dapat menjaga kontinuitas pelayanan.

2.1 Gangguan pada Sistem Tenaga Listrik

Gangguan pada sistem kelistrikan dapat mengganggu pelayanan tenaga listrik ke konsumen atau dalam hal ini dapat mengganggu proses produksi. Saat terjadi gangguan maka pada suatu sistem kelistrikan maka arus yang ada akan sistem akan mengalir pada titik yang terdapat gangguan. Arus gangguan dapat bernilai sangat besar yang berpotensi untuk merusak peralatan jika daerah yang terganggu tidak segera diisolir. Gangguan pada sistem tenaga listrik dapat disebabkan oleh hal-hal berikut ini :

1. Gangguan *Internal*
 - Beban berlebih.
 - Kerusakan material, kawat putus, atau kabel isolasi yang cacat.
 - Tegangan dan arus yang berlebihan atau tidak normal.

2. Gangguan *External*

- Gangguan alam seperti surja petir, angin kencang, serta hujan deras. Surja petir mengakibatkan gangguan tegangan lebih dan dapat menyebabkan gangguan hubung singkat karena tembus pada isolasi peralatan (breakdown).
- Gangguan dari lingkungan sekitar seperti pohon tumbang akibat dari hujan deras dan angin kencang serta binatang dan benda benda asing yang mengganggu kerja sistem.

Bila ditinjau dari segi lamanya waktu gangguan, maka gangguan dapat dikelompokkan menjadi :

1. Gangguan sementara (*Temporary*)

- Gangguan bersifat sementara jika gangguan akan hilang dengan perlahan secara sendirinya dan pemutus akan bekerja lagi setelah ditutup kembali. Gangguan sementara dapat berubah menjadi gangguan permanen jika tidak dapat hilang dengan segera, baik hilang dengan sendirinya atau dengan bekerjanya alat pengaman.

2. Gangguan permanen (*Stationary*)

- Gangguan permanen tidak hilang walaupun pemutus tenaga telah terbuka pada saluran transmisi dimana untuk menjaga sistem dari gangguan yang ada diperlukan tindakan perbaikan serta menghilangkan penyebab gangguan.

Bila ditinjau dari segi kesimetrisan dapat dibedakan menjadi dua jenis gangguan, yaitu :

1. Gangguan asimetris merupakan gangguan yang mengakibatkan tegangan dan arus yang mengalir pada setiap fasanya menjadi tidak seimbang. Gangguan ini terdiri dari :

- Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah
- Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa
- Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa ke Tanah

2. Gangguan Simetris merupakan gangguan yang terjadi pada semua fasanya sehingga arus maupun tegangan setiap fasanya tetap seimbang setelah gangguan terjadi. Gangguan ini terdiri dari :

- Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa.
- Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa ke Tanah.

2.2 Penyebab Gangguan pada Sistem Tenaga Listrik

Dalam sistem tenaga listrik tiga fasa terdapat jenis-jenis gangguan yang dapat menyebabkan timbulnya arus lebih, salah satu nya adalah gangguan beban lebih (*overload*) dan gangguan hubung singkat (*short circuit*).

2.2.1 Gangguan Beban Lebih (*Overload*)

Gangguan ini diakibatkan karena arus yang mengalir melebihi arus nominal yang diizinkan ($I > I_n$), saat terjadi gangguan ini dalam sistem maka akan menyebabkan arus yang mengalir melebihi dari kapasitas peralatan listrik, sehingga adapat merusak peralatan listrik.

2.2.2 Gangguan Hubung Singkat (*Short Circuit*)

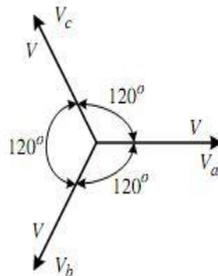
Dari jenis gangguan hubung singkat diatas dapat digolongkan menjadi dua kelompok yaitu :

1. Hubung singkat simetri
2. Hubung singkat tak simetri

Gangguan hubung singkat digolongkan menjadi dua kelompok yaitu gangguan hubung singkat simetri dan tak simetri (asimetri). Gangguan yang termasuk dalam hubung singkat simetri yaitu gangguan hubung singkat tiga fasa, sedangkan gangguan yang lainnya adalah gangguan hubung singkat tak simetri. Gangguan hubung singkat dapat merusak peralatan listrik, berkurangnya stabilitas daya, dan terhentinya kontinuitas daya akibat membukanya *circuit breaker*.

2.2.2.1 Gangguan Simetri

Gangguan hubung singkat simetri atau disebut dengan gangguan hubung singkat seimbang terjadi ketika ada gangguan hubung singkat tiga fasa pada sistem sehingga nilai fasa nya sama dan ketika dijumlahkan akan nol. Berikut adalah gambar diagram fasor nya.



Gambar 2.1 Fasor Diagram Gangguan Simetri

2.2.2.2 Gangguan Tidak Simetri

Gangguan asimetri disebut juga sebagai gangguan tidak seimbang karena ketika gangguan tidak seimbang terjadi maka nilai fasanya akan tidak sama. Gangguan tidak simetri akan arus tak seimbang mengalir dalam sistem. Ketika menganalisa gangguan menggunakan metode komponen simetri yang berguna untuk menentukan arus maupun tegangan di semua bagian sistem setelah terjadi gangguan.

2.3 Perhitungan Arus Hubung Singkat

Pada saat terjadi gangguan hubung singkat di suatu titik gangguan maka dapat mengakibatkan arus yang besar pada titik gangguan tersebut. Arus hubung singkat terdapat tiga kondisi yaitu *subtransient*, *transient*, *steady state*. Terdapat beberapa jenis hubung singkat yaitu gangguan hubung singkat 3 fasa ke tanah, hubung singkat antar fasa, hubung singkat dua dan satu fasa ke tanah, berikut adalah penjelasannya :

1. Gangguan hubung singkat tiga fasa

Gangguan hubung singkat tiga fasa adalah gangguan hubung singkat yang menghasilkan arus hubung singkat terbesar (arus hubung singkat maksimum). Hubung singkat ini melibatkan ke-tiga fasanya. Berikut persamaan arus hubung singkat tiga fasa ($I_{hs3\phi}$) :

$$I_{sc3\phi} = \frac{V_{LN}}{X_1} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

V_{LN} = tegangan *line to neutral* (kV)

X_1 = reaktansi urutan positif (Ω)

2. Gangguan hubung singkat antar fasa

Gangguan hubung singkat antar fasa terjadi karena adanya hubung singkat antara dua fasa tanpa terhubung ke tanah. Arus yang dihasilkan oleh hubung singkat jenis ini adalah arus hubung singkat minimum. Berikut persamaan arus hubung singkat antar fasa ($I_{hs2\phi}$) :

$$I_{sc2\phi} = \frac{V_{LL}}{X_1 + X_2} = \frac{\sqrt{3} \times V_{LN}}{2 \times X_1} = 0,866 I_{sc3\phi} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

V_{LL} = tegangan *line to line* (kV)

X_1 = reaktansi urutan positif (Ω)

X_2 = reaktansi urutan negatif (Ω)

3. Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah

Gangguan hubung singkat ini terjadi akibat adanya hubung singkat salah satu fasa dengan tanah. Berikut persamaan arus hubung singkat satu fasa ketanah ($I_{hs_{1\phi}}$) :

$$I_{hs_{1\phi}} = \frac{3 \times V_{LN}}{X_1 + X_2 + X_0} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

- V_{LL} = tegangan *line to line* (kV)
- X_0 = reaktansi urutan nol (Ω)
- X_1 = reaktansi urutan positif (Ω)
- X_2 = reaktansi urutan negatif (Ω)

2.4 Sistem Jaringan Distribusi Radial

Jaringan distribusi dibagi menjadi dua bagian jika berdasarkan letak jaringan terhadap posisi gardu distribusi, yaitu :

1. Jaringan distribusi primer (jaringan distribusi tegangan menengah).
2. Jaringan distribusi sekunder (jaringan distribusi tegangan rendah).

Jaringan distribusi primer (JTM) terletak pada sisi primer trafo distribusi, yaitu antara titik sekunder trafo *substation* (Gardu Induk) dengan titik primer trafo distribusi. Saluran ini bertegangan menengah 20 kV. Jaringan listrik 70 kV atau 150 kV, jika langsung melayani pelanggan, bisa disebut jaringan distribusi.

Jaringan distribusi sekunder (JTR) terletak pada sisi sekunder trafo distribusi, yaitu antara titik sekunder dengan titik cabang menuju beban. Jaringan ini berfungsi untuk mendistribusikan tenaga listrik bertegangan rendah. Sistem jaringan kelistrikan radial memiliki beberapa keuntungan jika dibandingkan dengan sistem jaringan kelistrikan yang lain, berikut adalah keuntungan dari sistem jaringan kelistrikan radial :

1. Bentuknya sederhana.
2. Biaya investasinya murah.

Dengan kelebihan diatas maka memungkinkan untuk suatu sistem industri dibuat karena kesederhanaan dari bentuk jaringan serta nilainya yang murah.

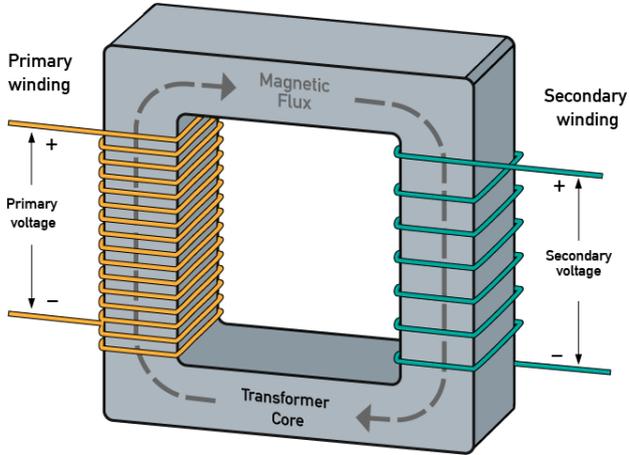
2.5 Perangkat Pada Sistem Proteksi

Pada sistem proteksi diperlukan sekumpulan perangkat yang berfungsi sebagai pendekteksi gangguan sehingga gangguan dapat

terisolir disatu tempat tanpa harus mengganggu yang lain. Sistem proteksi tenaga listrik pada umumnya terdiri dari beberapa komponen yang di rancang untuk mengidentifikasi kondisi sistem tenaga listrik dan bekerja berdasarkan informasi yang diperoleh dari sistem tersebut seperti arus, tegangan atau sudut fasa antara keduanya. Informasi yang diperoleh dari sistem tenaga listrik akan digunakan untuk membandingkan besarnya dengan besaran ambang-batas (*threshold setting*) pada peralatan proteksi. Apabila besaran yang diperoleh dari sistem melebihi *setting* ambang-batas peralatan proteksi, maka sistem proteksi akan bekerja untuk mengamankan kondisi tersebut. Peralatan proteksi pada umumnya terdiri dari beberapa elemen yang dirancang untuk mengamati kondisi sistem dan melakukan suatu tindakan berdasarkan kondisi sistem yang diamatinya.

2.5.1 *Current Transformer (CT) dan Potential Transformer (PT)*

Transformator atau Trafo adalah suatu alat listrik yang berfungsi mengubah nilai suatu tegangan AC ke nilai tegangan yang lain. Hal ini dimaksudkan untuk menurunkan tegangan AC dari 220VAC ke 12 VAC ataupun menaikkan Tegangan dari 110VAC ke 220 VAC. Transformator atau Trafo ini bekerja berdasarkan prinsip Induksi Elektromagnet dan hanya dapat bekerja pada tegangan yang berarus bolak balik (AC). Transformator berperan penting dalam pendistribusian tenaga listrik, transformator berfungsi untuk menaikkan tegangan listrik yang berasal dari pembangkit listrik PLN hingga ratusan kilo Volt untuk di distribusikan dan kemudian transformator lainnya berfungsi untuk menurunkan tegangan listrik tersebut ke tegangan yang diperlukan oleh setiap rumah tangga maupun perkantoran yang pada umumnya menggunakan Tegangan AC 220Volt. Gambar 2.2 adalah skema kerja dari transformator.



Gambar 2.2 Sirkuit Diagram *Transformer*

CT adalah trafo yang menghasilkan arus di sekunder dimana besarnya sesuai dengan ratio dan arus primernya. CT umumnya terdiri dari sebuah inti besi yang dililiti oleh konduktor kawat tembaga. Output dari skunder biasanya adalah 1 atau 5 ampere, ini ditunjukkan dengan ratio yang dimiliki oleh CT tersebut. Misal 400:5, berarti sekunder CT akan mengeluarkan output 5 ampere jika sisi primer dilalui arus 400 Ampere. Dari kedua macam output tersebut yang paling banyak ditemui, dipergunakan dan lebih murah adalah yang 5 ampere. Pada CT tertulis *class* dan *burden*, dimana masing masing mewakili parameter yang dimiliki oleh CT tersebut. *Class* menunjukkan tingkat akurasi CT, misalnya class 1.0 berarti CT tersebut mempunyai tingkat kesalahan 1%. *Burden* menunjukkan kemampuan CT untuk menerima sampai batas impedansi tertentu. CT standar IEC menyebutkan *burden* 1.5 VA (volt ampere), 3 VA, 5 VA dst. *Burden* ini berhubungan dengan penentuan besar kabel dan jarak pengukuran. PT atau *potential transformer* adalah peralatan yang merubah tegangan sistem yang lebih tinggi ke suatu tegangan sistem yang lebih rendah untuk peralatan indikator, alat ukur / meter dan relai. Trafo tegangan memiliki prinsip kerja yang sama dengan trafo tenaga tetapi rancangan trafo tegangan sedikit berbeda yaitu memiliki kapasitas yang kecil (10 – 150 VA), hal ini disebabkan karena digunakan pada alat-alat ukur, relai dan peralatan indikasi yang konsumsi dayanya kecil. Memiliki tingkat ketelitian yang tinggi dan salah satu ujung terminal tegangan tingginya selalu ditanahkan. PT atau *potential* memiliki fungsi sebagai pengubah besaran tegangan sistem dari yang tinggi ke besaran tegangan listrik yang lebih rendah sehingga

dapat digunakan untuk peralatan proteksi dan pengukuran yang lebih aman, akurat dan teliti serta untuk mengisolasi bagian primer yang tegangannya sangat tinggi dengan bagian sekunder yang tegangannya rendah untuk digunakan sebagai sistem proteksi dan pengukuran peralatan dibagian primer.

2.5.2 Rele Proteksi

Rele adalah salah satu komponen pada sistem proteksi yang berfungsi untuk *sensing* atau mendeteksi letak gangguan. Rele bekerja secara otomatis untuk mengisolir titik gangguan sehingga tidak mengganggu perangkat lain di industri. Ada beberapa syarat yang harus dipenuhi oleh rele proteksi, yaitu :

1. Sensitifitas

Suatu relay proteksi bertugas mengamankan suatu bagian tertentu dari suatu sistem tenaga listrik, alat atau bagian sistem yang termasuk dalam jangkauan pengamanannya. Rele proteksi mendeteksi adanya gangguan yang terjadi di daerah pengamanannya dan harus cukup sensitif untuk mendeteksi gangguan tersebut dengan rangsangan minimum dan bila perlu hanya mengaktifkan pemutus tenaga (PMT) yang berfungsi untuk memisahkan bagian sistem yang terganggu, sedangkan bagian sistem yang tidak mengalami gangguan dalam hal ini tidak boleh terbuka.

2. Kecepatan Reaksi

Makin cepat rele proteksi bekerja, tidak hanya dapat memperkecil kemungkinan akibat gangguan, tetapi dapat memperkecil kemungkinan meluasnya akibat yang ditimbulkan oleh gangguan.

3. Selektifitas

Selektivitas dari rele proteksi adalah suatu kualitas kecermatan pemilihan dalam mengadakan pengamanan. Bagian yang terbuka dari suatu sistem oleh karena terjadinya gangguan harus sekecil mungkin, sehingga daerah yang terputus menjadi lebih kecil. Rele 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. Peralatan pengaman tidak boleh bekerja untuk arus starting motor, arus pengisian (*inrush current*) pada transformator.

4. Keandalan

Dalam keadaan normal atau sistem yang tidak pernah terganggu rele proteksi tidak bekerja selama berbulan-bulan mungkin bertahun-tahun, tetapi rele proteksi bila diperlukan harus dan pasti dapat bekerja, sebab apabila rele gagal bekerja dapat mengakibatkan

kerusakan yang lebih parah pada peralatan yang diamankan atau mengakibatkan bekerjanya rele lain sehingga daerah itu mengalami pemadaman yang lebih luas. Untuk tetap menjaga keandalannya, maka relay proteksi harus dilakukan pengujian secara periodik. Keandalan rele dihitung berdasarkan intensitas jumlah rele yang bekerja terhadap jumlah gangguan yang terjadi.

Keandalan rele yang baik adalah 90% keatas (90%-100%). Tergantung dari manipulasi kontrol yang digunakan, rele tidak hanya dapat memerintah kerja *circuit breaker* agar trip, tetapi bisa dimanipulasi untuk menutup suatu kontrol rangkaian alarm. Semakin baik keandalan dari sebuah rele akan menjamin kontinuitas layanan menjadi semakin baik pula.

5. Ekonomis

Dalam pemilihan rele pengamanan harus disesuaikan dengan harga peralatan yang diamankan. Sehingga harga rele pengamanan yang digunakan tidak melebihi harga peralatan yang diamankan. Hal ini sebagai salah satu syarat utama dikarenakan akan mempengaruhi harga investasi serta jika salah perhitungan maka akan membuat rele sia sia. Dari segi investor mengharapkan para perancang agar dapat memakai jenis rele yang semurah mungkin tetapi dengan hasil yang maksimal.

2.5.3 *Circuit Breaker* (CB)

Circuit Breaker adalah perangkat yang sangat penting dalam dunia modern, dan salah satu mekanisme keamanan yang paling penting baik di rumah atau di industri. Setiap kali kabel listrik di gedung memiliki arus berlebihan yang mengalir melaluinya, *circuit breaker* akan memotong daya sampai seseorang dapat memperbaiki masalah. Tanpa *circuit breaker* (atau alternatif, sekering), listrik rumah tangga akan menjadi tidak praktis karena potensi kebakaran dan kekacauan lainnya dihasilkan dari masalah kabel yang sederhana dan kegagalan peralatan. *Circuit breaker* diharapkan mampu untuk membuka dan menutup rangkaian listrik pada semua kondisi, termasuk arus hubung singkat, sesuai dengan ratingnya. Juga pada kondisi tegangan yang normal ataupun tidak normal. *Circuit breaker* memiliki beberapa persyaratan yang harus dipenuhi guna melakukan hal-hal yang ada diatas, yaitu :

1. Mampu menyalurkan arus maksimum sistem secara terus menerus.
2. Dapat memutuskan arus hubung singkat dengan kecepatan tinggi agar arus hubung singkat tidak sampai merusak peralatan sistem,

membuat sistem kehilangan kestabilan, dan merusak pemutus tenaga itu sendiri.

3. Mampu memutuskan dan menutup jaringan dalam keadaan berbeban maupun terhubung singkat tanpa menimbulkan kerusakan pada pemutus tenaga itu sendiri.

Setiap *circuit breaker* dirancang agar sesuai dengan fungsi yang akan dijalankannya, ada beberapa hal yang menjadi pertimbangan dalam merancang suatu PMT atau *circuit breaker*, yaitu:

1. Tegangan efektif tertinggi dan frekuensi daya jaringan dimana pemutus daya itu akan dipasang. Nilainya tergantung pada jenis pentanahan titik netral sistem.

2. Arus maksimum kontinyu yang akan dialirkan melalui pemutus daya. Nilai arus ini tergantung pada arus maksimum sumber daya atau arus nominal beban dimana pemutus daya tersebut terpasang

3. Arus hubung singkat maksimum yang akan diputuskan pemutus daya tersebut.

4. Lamanya maksimum arus hubung singkat yang boleh berlangsung, hal ini berhubungan dengan waktu pembukaan kontak yang dibutuhkan.

5. Jarak bebas antara bagian yang bertegangan tinggi dengan objek lain disekitarnya.

6. Jarak rambat arus bocor pada isolatornya.

7. Kekuatan dielektrik media isolator sela kontak.

8. Iklim dan ketinggian lokasi penempatan pemutus daya.

Tegangan pengenalan PMT dirancang untuk lokasi yang ketinggiannya maksimum 1000 meter diatas permukaan laut, sehingga jika ketinggian pemasangan diatas itu maka dibutuhkan koreksi ulang terhadap *setting*.

2.6 Perangkat Pada Sistem Proteksi

Pada suatu sistem proteksi diperlukan suatu komponen yang berfungsi untuk mendeteksi letak dimana titik gangguan terjadi sehingga ketika terjadi kegagalan maka daerah terdampak gangguan akan segera di isolasi sehingga tidak mempengaruhi daerah lain. Salah satu komponen dalam perangkat proteksi adalah rele, rele adalah bagian dari peralatan sistem tenaga listrik yang digunakan untuk *sensing* dan kemudian mengirimkan sinyal kepada *circuit breaker* untuk membuka atau memutuskan dan menghubungkan pelayanan penyaluran pada elemen sistem tenaga listrik. Rele akan memberikan perintah berupa sinyal kepada *circuit breaker* untuk memutuskan sistem tenaga listrik jika terjadi gangguan. Hal ini bertujuan untuk menghindari atau

mengurangi kerusakan peralatan listrik akibat adanya gangguan serta mengisolasi daerah yang terganggu sehingga daerah yang terganggu tidak menyebar dan menjaga keandalan dalam kontinuitas pelayanan tenaga listrik ke wilayah *plant*.

Dalam merancang suatu sistem proteksi harus menggunakan perhitungan yang baik sehingga sistem yang terpasang sesuai dengan kebutuhan. Oleh karena itu sistem tersebut haruslah dirancang sebaik mungkin agar kontinuitas daya listrik tetap terjaga, handal, dan ekonomis. Tingkat ke ekonomisan sangat perlu diperhitungkan karena dalam merancang suatu sistem tenaga listrik diperlukan biaya yang besar karena sistem yang rumit akan membutuhkan bermacam-macam jenis peralatan. Berikut adalah skema kerja dari sebuah rele.



Gambar 2.3 Skema Rele Pengaman

2.6.1 Rele Arus lebih (*Over Current Relay*)

Rele arus lebih adalah rele yang bekerja terhadap arus lebih. Rele ini akan bekerja bila arus yang mengalir melebihi nilai settingnya (*I set*). Prinsip kerja dari rele arus lebih ini sendiri adalah rele arus lebih atau *over current relay* bekerja dengan cara menganalisa input berupa besaran arus yang kemudian hasil arus yang lewat akan dibandingkan dengan nilai *setting*, apabila nilai arus yang terbaca oleh rele melebihi nilai *setting* maka relai akan mengirim perintah trip kepada CB atau (*circuit breaker*) untuk memutus daya setelah tunda waktu yang diterapkan pada *setting*. Relai arus lebih ini memproteksi instalasi listrik terhadap gangguan antar fasa. Rele arus lebih akan bekerja apabila memenuhi keadaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 I_f > I_p & \text{ rele bekerja} & (\text{trip}) \\
 I_f < I_p & \text{ tidak bekerja} & (\text{block})
 \end{aligned}$$

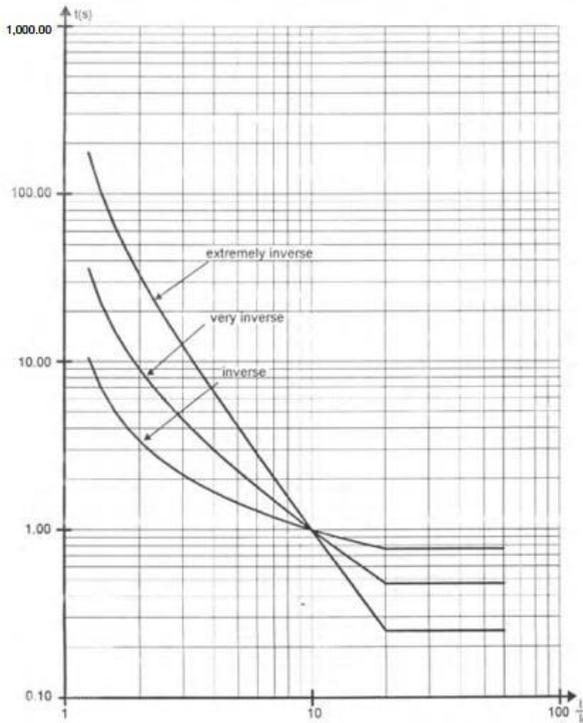
Dimana I_p merupakan arus kerja yang digunakan sebagai parameter harga arus maksimal dan I_f merupakan arus gangguan yang dinyatakan terhadap gulungan sekunder trafo. Rele arus lebih berfungsi untuk mengamankan bagian peralatan dari sistem tenaga listrik, seperti : generator, *utility*, transformator, motor, dsb.

2.6.1.1 Rele Arus lebih Lebih Waktu Terbalik (*Invers Time*)

Relai dengan karakteristik waktu terbalik adalah jika jangka waktu dari relai dan arus *pick up* dari operasi dengan besarnya nilai yang berbanding terbalik dengan arus yang ada. Relai ini bekerja dengan

waktu operasi berbanding terbalik terhadap besarnya arus yang terukur oleh relai. Relai ini mempunyai karakteristik kerja yang dipengaruhi baik oleh waktu maupun arus. Sehingga ketika arus gangguan hubung singkat semakin besar maka waktu yang dibutuhkan untuk membuka atau memutus *circuit breaker* menjadi semakin cepat dan ketika arus gangguan bernilai kecil maka waktu yang dibutuhkan rele untuk beroperasi untuk membuka atau memutus CB semakin lama.

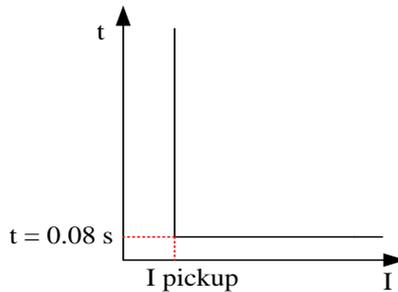
Karakteristik kerja rele arus lebih *invers time* dapat digambarkan dalam kurva arus dan waktu atau karakteristik TCC (*time current characteristic*). Standar IEEE std 242-2001 dijelaskan bahwa jenis perlindungan waktu invers dikelompokkan ke dalam beberapa jenis kurva yaitu : *standard invers*, *very invers*, *extremely invers*. Karakteristik dari ketiga jenis kurva tersebut dapat dilihat dari gambar berikut.



Gambar 2.4 Karakteristik *Standard Inverse*, *Very Inverse* dan *Extremely Inverse*

2.6.1.2 Rele Arus Lebih Seketika (*Instantaneous*)

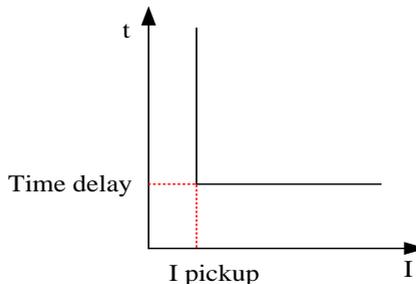
Relai arus lebih dengan karakteristik waktu kerja seketika bekerja dengan jangka waktu rele yang dimulai saat relai arus lebih *sensing* sampai selesainya kerja rele sangat singkat yaitu memiliki waktu (20-100 ms), yaitu tanpa penundaan waktu. Relai ini pada umumnya dikombinasikan dengan relai arus lebih dengan karakteristik waktu tertentu (*definite time*) atau waktu terbalik (*inverse time*). Pada gambar 2.5 adalah karakteristik kerja dari rele arus lebih ketika berkeadaan seketika (*instantaneous*).



Gambar 2.5 Karakteristik rele arus lebih seketika (*instantaneous*)

2.6.1.3 Rele Arus Lebih Waktu Tertentu (*Definite Time*)

Relai arus lebih yang menggunakan karakteristik waktu tertentu adalah ketika jangka waktu respon oleh rele terhadap nilai arus *pick up* sampai selesai kerja rele tidak bergantung berdasarkan besar arus yang melewati rele tersebut. Rele dalam keadaan ini bekerja berdasarkan waktu tunda yang telah ditentukan sebelumnya dan tidak tergantung pada perbedaan besarnya arus. Gambar 2.6 menunjukkan kurva karakteristik rele arus lebih waktu tertentu.



Gambar 2.6 Karakteristik rele arus lebih waktu tertentu (*definite time*)

2.7 Setting Rele Arus Lebih

Tujuan dari *setting* rele arus lebih adalah untuk mendapatkan hasil hitungan yang sesuai dengan keadaan di *plant*. Dengan adanya hasil hitungan yang benar maka kita dapat membuat rancangan koordinasi proteksi yang dapat merespon gangguan hubung singkat pada sistem kelistrikan secara cepat dan akurat sehingga tidak mengganggu wilayah kerja *plant* yang lain.

2.7.1 Setting Rele Arus Lebih Waktu Terbalik (*Invers Time*)

Rele arus lebih waktu terbalik memiliki batas untuk *setting* yaitu nilai arus dari rele arus lebih harus lebih besar dari nilai arus gangguan, hal ini dikarenakan rele tidak boleh bekerja saat beban maksimum sehingga nilai dari *setting* arus dari rele ini harus lebih besar dari arus beban penuh. Pada british standard BS 142 telah dijelaskan mengenai aturan faktor pengali arus beban penuh ketika *setting* rele arus lebih yaitu $1.05 - 1.3 I_{FLA}$. Rele arus lebih waktu *invers* terdiri dari dua bagian *setting* yaitu *setting pickup* dan *setting time dial*. Pada bagian *setting pickup*, kita dapat menentukan besarnya batas minimal arus yang dibutuhkan agar rele bekerja dan pada *time dial* kita dapat menentukan kapan rele tersebut bekerja.

Tabel 2.1 Koefisien *Invers Time Dial*

Tipe Kurva	Koefisien		
	k	α	β
<i>Standard Inverse</i>	0.14	0.02	2.970
<i>Very Invers</i>	13.50	1.00	1.500
<i>Extremely Inverse</i>	80.0	2.00	0.808

Untuk menentukan nilai tap dari *setting* dapat digunakan persamaan berikut :

$$\text{Tap} = \frac{I_{set}}{CT \text{ Primary}} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana I_{set} adalah arus *pickup* yang telah kita tentukan dalam bentuk ampere. Sedangkan persamaan yang berfungsi untuk mengetahui *setting* rele arus lebih adalah sebagai berikut :

$$1.05 I_{FLA} < I_{set} < 1.4 I_{FLA} \dots\dots\dots (2.5)$$

Setting time dial berfungsi untuk menentukan waktu operasi dari rele arus lebih. Untuk menentukan nilai *time dial* dari masing-masing kurva karakteristik *invers* rele arus lebih dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$td = \frac{k \times T}{\beta \times \left[\left(\frac{I}{I_{set}} \right)^\alpha - 1 \right]} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

- td = waktu operasi (detik)
- T = *time dial*
- I = nilai arus (Ampere)
- I_{set} = arus *pickup* (Ampere)
- k = koefisien invers 1 (lihat pada tabel 2.1)
- α = koefisien invers 2 (lihat pada tabel 2.1)
- β = koefisien invers 3 (lihat pada tabel 2.1)

2.7.2 *Setting Rele Arus Lebih Seketika (Instantaneous)*

Rele ini akan bekerja secara seketika jika ada arus lebih yang mengalir melebihi dari nilai *setting* yang telah diberikan. Arus hubung singkat minimum dua fasa diperlukan dalam menentukan penyetingan *pickup instant*. *Setting* arus *pickup instant* memiliki persamaan sebagai berikut :

$$I_{set} \leq I_{SC \text{ min}} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana Iset adalah nilai *setting* arus rele (ampere) dan I_{scmin} adalah nilai arus hubung singkat minimum (ampere).

2.8 **Rele Arah Arus Lebih**

Prinsip kerja antara rele arah arus lebih dan rele arus lebih tidak jauh beda, yang membedakan antara kedua jenis rele ini adalah adanya parameter atau fungsi yang terdapat didalam pengoperasian rele arah arus lebih. Rele arah arus lebih memiliki *selective tripping* yang dapat diatur berdasarkan arah arus gangguan yang terjadi pada suatu line yang disuplai oleh dua buah pembangkit. Karakteristik dari rele arah adalah sebagai berikut :

- Memiliki *setting* arus lebih yang dapat di *setting* untuk arus *forward* dan arus *reverse* pada bus yang akan diamankan
- *Instantaneous* dan *time delay setting*.
- Dapat memilih arah aliran arus gangguan

Rele arah arus lebih atau *directional over current* diperlukan untuk mendeteksi arus gangguan hubung singkat pada jaringan kelistrikan berupa distribusi *ring*, *parallel* dan jalur interkoneksi yang menggunakan beberapa sumber.

(Halaman Ini Sengaja dikosongkan)

BAB III

SISTEM KELISTRIKAN PT LINDE INDONESIA GRESIK

PT. Linde Indonesia Gresik adalah sebuah perusahaan gas terkemuka yang telah ada sejak tahun 1971, PT. Linde Indonesia bergerak dibidang manufakturing dan pendistribusian gas di industri, gas medik, serta menyediakan berbagai jasa yang berhubungan tentang pemasangan instalasi gas, *pipeline*, serta peralatan yang dibutuhkan di *plant*. PT. Linde Indonesia memiliki *plant* di tujuh lokasi sepanjang pulau Jawa demi menyokong pelayanan serta menjaga standard tinggi yang telah ditetapkan oleh PT. Linde Indonesia terhadap konsumen.

PT. Linde Indonesia memerlukan keandalan yang tinggi untuk menjaga agar *plant* dapat memenuhi kebutuhan konsumen. Dalam bab ini berisikan data yang mengenai sistem kelistrikan PT. Linde Indonesia *site* Gresik. Data-data tersebut antara lain, data *generator*, transformator, jumlah beban, serat data mengenai *busbar*.

3.1 Sistem Kelistrikan PT. Linde Indonesia *site* Gresik

Sistem kelistrikan PT. Linde Indonesia *site* Gresik menggunakan dua jenis sumber daya utama yaitu yang berasal dari *generator* serta *grid* PLN yang memenuhi kebutuhan daya PT. Linde Indonesia *site* Gresik untuk mengolah gas serta memenuhi proses produksi.

Total daya yang ada pada PT. Linde Indonesia *site* Gresik digunakan untuk menyuplai beban utama berupa motor dan beban statik dengan daya total sebesar 42,481 KW untuk beban motor dan total daya sebesar 25,625 KW untuk beban statik.

3.1.1 Rating Tegangan PT. Linde Indonesia *site* Gresik

Sistem kelistrikan PT. Linde Indonesia Gresik menggunakan 6 jenis *rating* tegangan yang berbeda, yaitu : 20 kV, 11 kV, 6,3 kV, 6 kV, 3,3 kV, dan 0,4 kV. Nilai *rating* tersebut merupakan *rating* tegangan *busbar* yang berada di masing masing saluran yang ada di PT. Linde Indonesia Gresik. Setiap saluran memiliki *rating* yang berbeda beda, dan berikut adalah penjelasannya :

a. *Rating* 20 kV

Berada pada saluran *grid* PLN yang terhubung dengan *bus* BOC-PLN, BOC-PLN 2.

b. *Rating* 11 kV

Berada pada saluran yang terhubung ke beberapa bus yaitu 11 kV BUS-1, 11 kV BUS- 2, 11 kV BUS-3.

c. *Rating* 6,3 kV

Berada pada saluran yang terhubung ke bus 4 yang terdapat sebuah beban yaitu motor *new compressor*.

d. *Rating* 6 kV

Berada pada saluran yang terhubung ke beberapa bus, yaitu : 100-sg-101, 100-sg-201, 400-sg-001, 300-SG-001, dan 200-SG-001.

e. *Rating* 3,3 kV

Berada pada saluran yang terhubung ke beberapa bus yaitu : 1APD-MCC-1, 1APD-MCC-2, dan bus 40.

f. *Rating* 0,4 kV

Berada pada saluran yang terhubung ke beberapa bus yang terhubung ke beban yaitu : MCC-1, MCC-2, MCC-3, bus 18 dan bus 19.

3.1.2 Sistem Pembangkitan PT. Linde Indonesia site Gresik

PT. Linde Indonesia site Gresik disuplai oleh tujuh unit generator dan satu unit *grid* dari PLN untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik nya. Pada tabel 3.1 adalah rincian dari *generator* dan *grid* PLN dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3.1 Data Pembangkit di PT. Linde Indonesia site Gresik

No	Generator / Grid	Kapasitas Daya (MW)	Keterangan
1	1TGK-CTG-1	10	11 kV; 80% pf; 12.5 MVA; <i>voltage control</i>
2	1TGK-CTG-2	10	11 kV; 80% pf; 12.5 MVA; <i>voltage control</i>
3	1TGK-CTG-3	10	11 kV; 80% pf; 12.5 MVA; <i>voltage control</i>
4	1TGA-STG-1	9	11 kV; 85% pf; 10.588 MVA; <i>voltage control</i>

Tabel 3.2 Data Pembangkit di PT. Linde Indonesia *site* Gresik (lanjutan)

5	ITGG-GEG-1	3,2	11 kV; 80% pf; 4 MVA; <i>voltage control</i>
6	ITGG-GEG-2	3,2	11 kV; 80% pf; 4 MVA; <i>voltage control</i>
7	TGG-NEW	3	11 kV; 80% pf; 4 MVA; <i>voltage control</i>
8	GRID_PLN	25,052	150 kV; 3000 MVA _{sc} ; <i>swing</i>

3.2 Sistem Distribusi PT. Linde Indonesia *site* Gresik

PT. Linde Indonesia Gresik disuplai oleh tujuh *generator* dan satu *utility* PLN yang bekerja dalam suatu sistem jaringan distribusi kelistrikan dengan tipe *radial*. Dengan menggunakan beberapa transformator daya untuk menyokong kebutuhan sistem. Berikut adalah data transformator yang digunakan di PT. Linde Indonesia *site* Gresik.

Tabel 3.3 Data transformator di PT. Linde Indonesia *site* Gresik

No	ID Transformator	Tegangan Primer (kV)	Tegangan Sekunder (kV)	MVA
1	1 APC-XF-1	11	0,4	2
2	1 APC-XF-2	11	0,4	2
3	1 APD-XF-1	11	3,3	2
4	1 APD-XF-2	11	3,3	2
5	1 APF-XF-1	11	20	20
6	100-TF-101	11	6	15
7	100-TF-201	11	6	15
8	200-TF-001	11	6	5
9	300-TF-001	11	6	15
10	400-TF-001	11	6	15

Tabel 3.4 Data transformator di PT. Linde Indonesia *site* Gresik (lanjutan)

11	420-TF-001	11	0,4	6,455
12	420-TF-002	11	0,4	6,455
13	420-TF-0053	11	0,4	3,7
14	TR-CP11B	20	6,3	2
15	TR-PLN	150	20	60

3.2.1 Data Beban PT. Linde Indonesia *site* Gresik

Pada sistem kelistrikan PT. Linde *site* Gresik terdapat beberapa beban motor, *lump load*, serta *static load*. Berikut adalah data beban yang ada pada PT. Linde Indonesia *site* Gresik.

Tabel 3.5 Data Beban Motor di PT.Linde Indonesia *site* Gresik

No	ID Motor	Daya (KW)	Tegangan (kV)	PF (%)	Eff (%)
1	Mtr4	350	3	92,06	94,92
2	Mtr5	350	3	92,06	94,92
3	Mtr6	240	3	91,9	94,72
4	1FWA-P-3B	223,71	3	84	94,2
5	1FWA-P-3C	223,71	3	84	94,2
6	1HRC-FAN-1B	150	3,3	91	95,2
7	1HRC-FAN-1C	150	3,3	91	95,2
8	1HRC-P-1A	447,42	3	75	96,2
9	1HRC-P-1B	447,42	3	75	96,2
10	1HRC-P-1C	447,42	3	75	96,2
11	New Compressor	1000	6,6	92,49	93,58
12	ACID-MTR	4500	6	92,99	94,36

Tabel 3.6 Data *Lump Load* di PT.Linde Indonesia *site* Gresik

No	ID <i>Lump Load</i>	Rasio		Daya (MW)	Tegangan (kV)	PF (%)
		Motor	Static			
1	LD_MCC-1	100 %	0 %	0,28	0,4	80
2	LD_MCC-2	100 %	0 %	0,399	0,4	85
3	LD_MCC-3	100 %	0 %	0,38	0,4	85

Tabel 3.7 Data *Lump Load* di PT.Linde Indonesia *site* Gresik (lanjutan)

4	LL-SMELTER1	100 %	0 %	2,801	6	85
5	LL-SMELTER2	100 %	0 %	3,232	6	90
6	LL-REFINERY	80 %	20 %	2,733	6	90
7	Lump3	100 %	0 %	1,7	6	85
8	Lump5	100 %	0 %	1,8	6	90
9	Lump6	100 %	0 %	1,8	6	90
10	Lump7	100 %	0 %	1,8	6	90
11	LL-ACID	80 %	20 %	0,899	6	90
12	LL-RAW	100 %	20 %	1,862	6	90

Pada gambar 3.1 adalah *Single Line Diagram* dari PT. LINDE Indonesia *site* Gresik yang terdiri dari beban serta pembangkit yang ada pada *plant* secara keseluruhan.

BAB IV HASIL SIMULASI DAN ANALISA

4.1 Sistem Kelistrikan Indonesia site Gresik

Tugas Akhir ini membahas tentang koordinasi proteksi pada sistem kelistrikan di PT. LINDE Indonesia *site* Gresik. Tujuan dari koordinasi proteksi ini adalah memberikan rekomendasi bagi perusahaan tentang *setting* rele pengaman agar bekerja secara tepat demi menjaga kehandalan sistem distribusi terhadap gangguan hubung singkat yang terjadi. Pada bab ini akan dijelaskan mengenai analisa koordinasi proteksi berupa rele pengaman yang menggunakan rele arus lebih (*overcurrent relay*) dan rele arah arus lebih (*directional overcurrent relay*).

Pembuatan *single line diagram* sistem kelistrikan PT. LINDE Indonesia *site* Gresik pertama-tama adalah mengumpulkan data-data peralatan *existing* yang berhubungan dengan judul tugas akhir ini. Data-data yang dibutuhkan meliputi data generator, transformator, kabel, peralatan pengaman, beban, dan data arus hubung singkat dari masing-masing *bus*. Setelah didapatkan data maka akan dilakukan analisa aliran daya dan analisa hubung singkat yang bertujuan untuk mengetahui *rating* arus hubung singkat dan arus kontribusi oleh peralatan dan beban pada titik gangguan. Tujuan dari analisa ini adalah agar didapatkan nilai yang nantinya akan digunakan untuk *resetting* peralatan pengaman berupa rele arus lebih (*overcurrent relay*) dan rele arah arus lebih (*directional overcurrent relay*).

4.2 Analisa Arus Gangguan Hubung Singkat

Tujuan dari analisa arus gangguan hubung singkat ini adalah untuk mendapatkan hasil yang sekiranya dapat digunakan sebagai referensi untuk pegawai profesional di bidang kelistrikan PT. LINDE Indonesia *site* Gresik dalam menangani masalah yang ada pada *plant*. Simulasi dilakukan untuk mendapatkan data *bus* serta untuk mengetahui besarnya arus hubung singkat disetiap titik *bus* yang mengalami gangguan, simulasi ini juga untuk mendapatkan hasil akhir berupa koordinasi proteksi yang baik guna menjaga keandalan sistem kelistrikan dalam menyuplai tenaga listrik ke seluruh bagian *plant* PT. LINDE Indonesia *site* Gresik.

4.2.1 Arus Hubung Singkat Minimum

Arus hubung singkat minimum terjadi pada saat semua *generator* serta suplai dari *utility* PLN yang telah terintegrasi bekerja

secara normal di PT. LINDE Indonesia *site* Gresik. Arus hubung singkat minimum adalah arus hubung singkat 2 fasa atau *line to line* yang terjadi pada saat 30 *cycle* atau dalam keadaan *steady state*. Tujuan dari pengumpulan data ini guna mendapatkan hasil *setting* yang baik. Hal ini bertujuan agar ketika terjadi gangguan hubung singkat minimum pada salah satu bus, rele dapat bekerja secara *instan* dan sesuai dengan *setting time delay* yang sudah ditentukan sebelumnya. Hasil dari simulasi hubung singkat minimum 30 *cycle* dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.1 Data Hubung Singkat Minimum 30 *cycle*

No	ID Rele	BUS	ISC min (A)
1	1APD-1	1APD-MCC-1	4620
2	F-01	BUS-0212	19140
3	F-02	BUS 1	2940
4	F-03	BUS 1	2860
5	1APC-1	1APC-SUS-1	28300
6	F-10	BUS-0214	18280
7	F-09	11 kV BUS-2	2940
8	F-08	11 kV BUS-2	2940
9	1APD-2	1APD-MCC-1	4620
10	F-15	BUS-0213	18250
11	F-16	11 kV BUS-3	873
12	F-18	11 kV BUS-3	873
13	F-4	11 kV BUS-3	781
14	1APC-2	1APC-SUS-1	28330
15	F-17	BUS-0215	18600
16	F-16	11 kV BUS-3	877
17	F-18	11 kV BUS-3	877
18	F-CP11B	Bus7	1950
19	F-20	BOC-PLN-2	3250
20	F-14	BUS-0216	10830
21	DOCR REVERSE 1	11 kV BUS-0212	208
22	DOCR REVERSE 2	11 kV BUS-0214	171
23	DOCR REVERSE 3	11 kV BUS-0213	234
24	DOCR REVERSE 4	11 kV BUS-0215	163
25	DOCR REVERSE 5	11 kV BUS-0216	8140

4.2.2 Arus Hubung Singkat Maximum

Arus hubung singkat maximum terjadi pada saat semua *generator* serta suplai dari *utility* PLN yang telah terintegrasi bekerja secara normal di PT. LINDE Indonesia *site* Gresik. Hubung singkat maksimum ini terjadi saat tiga fasa dan dalam keadaan pembangkitan sistem berada dalam tingkat maksimum. Hubung singkat maksimum digunakan sebagai batasan arus hubung singkat terbesar yang kemungkinan dapat terjadi sistem kelistrikan PT. LINDE Indonesia *site* Gresik. Hasil dari simulasi hubung singkat maksimum 4 *cycle* dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.2 Data Hubung Singkat Maksimum 4 *cycle*

No	ID Rele	BUS	ISC min (A)
1	1APD-1	1APD-MCC-1	5480
2	F-01	BUS-0212	28050
3	F-02	BUS 1	4150
4	F-03	BUS 1	3410
5	1APC-1	1APC-SUS-1	33370
6	F-10	BUS-0214	26680
7	F-09	11 kV BUS-2	4150
8	F-08	11 kV BUS-2	4150
9	1APD-2	1APD-MCC-1	5430
10	F-15	BUS-0213	24470
11	F-16	11 kV BUS-3	1400
12	F-18	11 kV BUS-3	1400
13	F-4	11 kV BUS-3	1030
14	1APC-2	1APC-SUS-1	33290
15	F-17	BUS-0215	25240
16	F-16	11 kV BUS-3	1400
17	F-18	11 kV BUS-3	1400
18	F-CP11B	Bus7	18000
19	F-20	BOC-PLN-2	4290
20	F-14	BUS-0216	16260
21	DOCR REVERSE 1	11 kV BUS-0212	519
22	DOCR REVERSE 2	11 kV BUS-0214	217
23	DOCR REVERSE 3	11 kV BUS-0213	586
24	DOCR REVERSE 4	11 kV BUS-0215	239
25	DOCR REVERSE 5	11 kV BUS-0216	9410

4.3 Pemilihan Tipikal Koordinasi

Untuk memudahkan menganalisa *setting* koordinasi rele arus lebih pada sistem proteksi PT. LINDE Indonesia *site* Gresik maka dibutuhkan pemilihan tipikal. Pemilihan tipikal berdasarkan pada beban terbesar dan beban terjauh. Tujuan pemilihan tipikal adalah dapat digunakan sebagai acuan untuk *setting* rele proteksi lainnya pada sistem kelistrikan di PT. LINDE Indonesia *site* Gresik. Pada PT. LINDE Indonesia *site* Gresik terdapat enam tipikal yang sebelumnya telah ditentukan oleh PT. LINDE Indonesia *site* Gresik, tipikal tersebut sebagai berikut :

1. Tipikal 1
Koordinasi proteksi arus lebih ini dimulai dari *generator* 1TGK-CTG-1 dan 1TGA-STG-1 pada 11 kV Bus-1 dengan rating tegangan sebesar 11 kV sampai bus 1 APD-MCC-1.
2. Tipikal 2
Koordinasi proteksi rele arus lebih ini dimulai dari *generator* 1TGK-CTG-2 dan 1TGK-CTG-3 pada 11 kV bus 2 dengan rating tegangan 11 kV sampai bus 1 APC-SUS-1.
3. Tipikal 3
Koordinasi proteksi arus lebih ini dimulai dari generator 1TGG-GEG-1 dan 1TGG-GEG-2 pada bus 11 kV BUS-3 dengan rating tegangan 11 kV sampai bus 1 APD-MCC-1.
4. Tipikal 4
Koordinasi proteksi arus lebih ini dimulai dari generator 1TGK-CTG-2 dan 1TGK-CTG-3 pada bus 11 kV BUS-2 dengan rating tegangan 11 kV sampai bus 1 APC-SUS-1.
5. Tipikal 5
Koordinasi proteksi arus lebih ini dimulai dari generator 1TGG-GEG-1 dan 1TGG-GEG-2 di bus 11 kV BUS-3 dengan rating tegangan 11 kV sampai *New Compresor*.
6. Tipikal 6
Koordinasi proteksi arus lebih ini dimulai dari *feeder* yang menghubungkan bus 11 kV BUS-1 dengan bus 030-SG- 001.

4.4 Koordinasi Rele Gangguan Hubung Singkat

Tujuan dari koordinasi rele pada saat hubung singkat terjadi agar rele dapat mengisolasi bagian dari sistem kelistrikan yang mengalami gangguan sehingga gangguan tidak mengganggu bagian lain dari sistem. Hal ini guna menjaga kontinuitas pendistribusian tenaga listrik ke semua lini *plant* PT. Linde Indonesia *site* Gresik sehingga proses produksi tidak terganggu. Koordinasi ini hanya bertujuan untuk melindungi sistem dari gangguan arus lebih fasa yang berupa gangguan *over load* dan *short circuit*. Data berupa arus hubung singkat minimum dan maksimum dibutuhkan untuk menentukan *setting* yang tepat untuk rele berupa nilai *pick up low set*, *pick up high set*, *time dial*, dan *time delay*. Langkah berikutnya adalah melihat kurva yang ada dengan cara *plot* melalui *Star-Protective Device Coordination*. Ketika proses *plotting* ini kita dapat mengetahui kurva hubungan antara gangguan hubung singkat, kerja rele, juga batasan berupa *inrush current* trafo yang harus diperhatikan dalam menyetting sebuah sistem proteksi.

Pada tugas akhir ini untuk mengkoordinasi sistem proteksi gangguan arus lebih fasa dengan menggunakan rele arus lebih dan rele arah arus lebih guna mendapatkan hasil koordinasi proteksi yang baik.

4.5 Koordinasi Proteksi Kondisi Existing

Untuk mendapatkan hasil *setting* yang baik sebelumnya kita harus menganalisa kondisi sistem *existing* dari *plant* tersebut supaya kita dapat menentukan kondisi yang sesuai bagi *plant* dengan cara *resetting* atau menambahkan komponen baru seperti rele arah arus lebih (*directional overcurrent relay*) untuk mendapatkan hasil yang lebih maksimal.

4.5.1 Koordinasi Proteksi Existing Tipikal 1

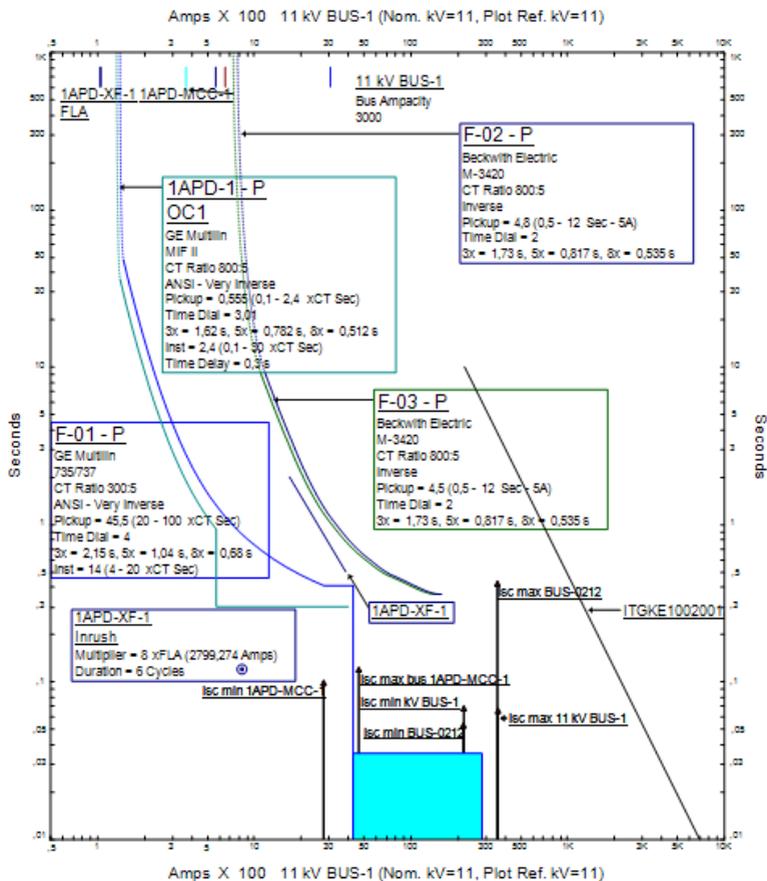
Komponen Sistem proteksi pada tipikal 1 terdiri dari rele 1APD-1, rele F-01, rele F-02, rele F-03. Koordinasi tipikal 1 ini dimulai dari *bus* 1APD-MCC-1 yang terhubung ke beban hingga generator ITGK-CTG-1 dan ITGA-STG-1 yang melewati trafo APD-XF-1. Fungsi dari rele 1APD-1 adalah untuk melindungi *bus* 1APD-MCC-1 dan sisi sekunder trafo 1APD-XF-1 sedangkan rele F-01 berfungsi untuk melindungi sisi primer dari trafo 1APD-XF-1 dan bertindak sebagai *back up* rele 1APD-1. Fungsi masing-masing rele F-02 dan F-03 adalah untuk melindungi generator ITGK-CTG-1 dan ITGA-STG-1. Dibawah ini adalah data awal dari *setting existing* koordinasi rele arus lebih tipikal 1.

Tabel 4.3 Data *setting existing* rele tipikal 1

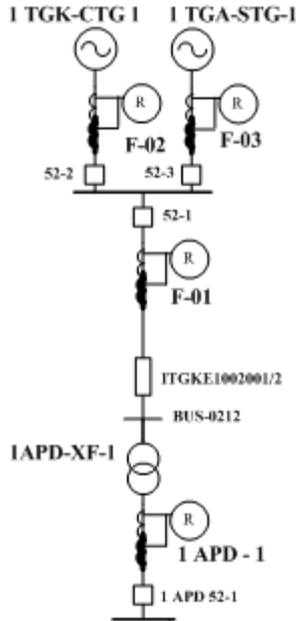
ID rele	CT Ratio	Nilai <i>Setting</i>	
1APD-1	800/5	<i>Pickup Lowset</i>	0,555
		<i>Time Dial</i>	3,01
		<i>Pickup Highset</i>	2,4
		<i>Time Delay</i>	0,3
F-01	300/5	<i>Pickup Lowset</i>	50
		<i>Time Dial</i>	4
		<i>Pickup Highset</i>	14
		<i>Time Delay</i>	-
F-02	800/5	<i>Pickup Lowset</i>	4,8
		<i>Time Dial</i>	2
		<i>Pickup Highset</i>	-
		<i>Time Delay</i>	-
F-03	800/5	<i>Pickup Lowset</i>	4,5
		<i>Time Dial</i>	2
		<i>Pickup Highset</i>	-
		<i>Time Delay</i>	-

Pada plot kurva TCC yang terdapat dapat pada gambar 4.1 dan pada gambar 4.2 adalah *single line diagram* tipikal 1. Dari data kurva dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- Hasil *setting existing* sebenarnya sudah baik tetapi masih kurang cepat dalam merespon gangguan.
- Nilai *time dial* pada rele F-02 dan F-03 dinilai terlalu tinggi sehingga untuk *setting* grading waktu pada tipikal 1 tidak sesuai dengan yang diinginkan.



Gambar 4.1 Plot kurva *existing* tipikal 1



Gambar 4.2 Single Line Diagram Tipikal 1

4.5.2 Koordinasi Proteksi Existing Tipikal 2

Komponen Sistem proteksi pada tipikal 2 terdiri dari rele LVCB 1APC-1, rele F-10, rele F-08, dan rele F-09. Koordinasi tipikal 2 ini dimulai dari bus 1APC-SUS-1 yang terhubung beban hingga generator 1TGK-CTG-2 dan 1TGK-CTG-3 yang melewati trafo 1APC-XF-1. Fungsi dari rele LVCB 1APC-1 adalah melindungi bus 1APC-SUS-1 dan sisi sekunder trafo 1APC-XF-1 sedangkan rele F-10 berfungsi untuk melindungi sisi primer trafo 1APC-XF-1 dan sebagai *backup* rele LVCB 1APC-1. Fungsi dari masing-masing rele rele F-08 dan F-09 adalah untuk melindungi generator 1TGK-CTG-2 dan 1TGK-CTG-3. Di bawah ini adalah data awal dari *setting existing* koordinasi rele arus lebih tipikal 2.

Tabel 4.4 Data *setting existing* rele tipikal 2

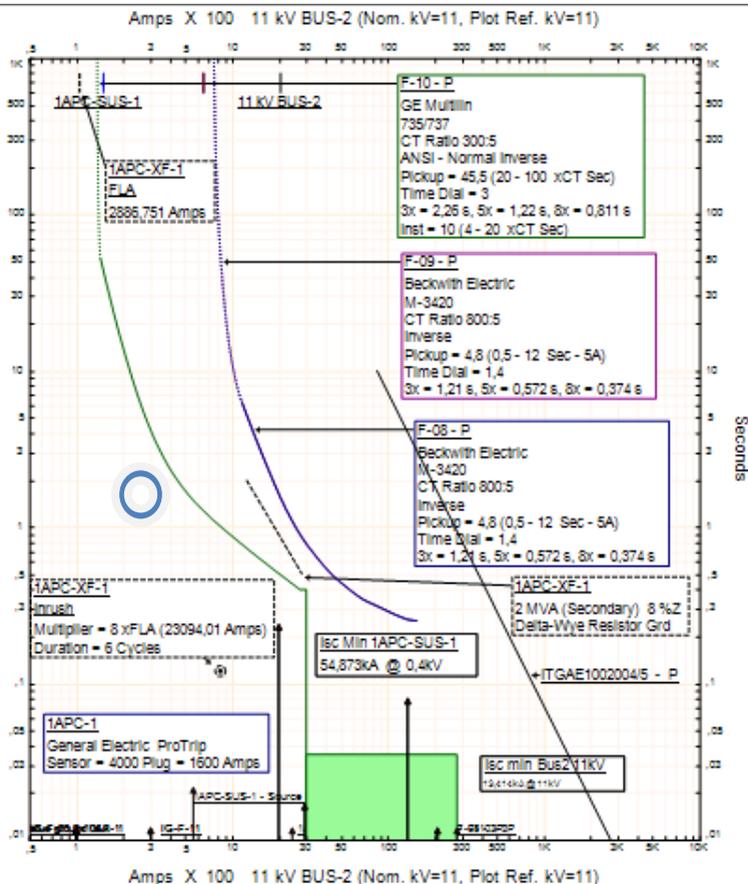
ID rele	CT Ratio	Nilai Setting	
1APC-1 (LVCB)	4000	<i>LT Pickup</i>	0,8
		<i>LT Band</i>	1

Tabel 4.5 Data *setting existing* rele tipikal 2 (lanjutan)

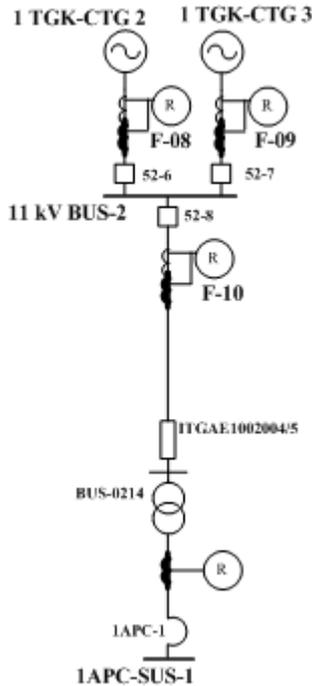
		<i>ST Pickup</i>	7
		<i>ST Band</i>	Int
F-10	300/5	<i>Pickup Lowset</i>	45,5
		<i>Time Dial</i>	3
		<i>Pickup Highset</i>	10
		<i>Time Delay</i>	-
F-09	800/5	<i>Pickup Lowset</i>	4,8
		<i>Time Dial</i>	1,4
		<i>Pickup Highset</i>	-
		<i>Time Delay</i>	-
F-08	800/5	<i>Pickup Lowset</i>	4,8
		<i>Time Dial</i>	1,4
		<i>Pickup Highset</i>	-
		<i>Time Delay</i>	-

Pada plot kurva TCC yang terdapat dapat pada gambar 4.3 dan gambar 4.4 adalah *single line diagram* tipikal 2. Dari data kurva dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- Hasil *setting existing* sebenarnya sudah baik tetapi masih kurang cepat dalam merespon gangguan.
- LVCB 1 APC-1 yang ditandai dengan lingkaran biru tidak ada dalam kurva sehingga untuk daerah *bus* 1APC SUS-1 kurang terlindungi.



Gambar 4.3 Plot kurva *existing* tipikal 2



Gambar 4.4 Single Line Diagram tipikal 2

4.5.3 Koordinasi Proteksi Existing Tipikal 3

Komponen Sistem proteksi pada tipikal 3 terdiri dari rele 1APD-2, rele F-15, rele F-16, rele F-18. Koordinasi tipikal 3 ini dimulai dari bus 1APD-MCC-1 yang terhubung beban hingga generator 1TGG-GEG-1 dan 1TGG-GEG-2 yang melewati trafo 1APD-XF-2.

Fungsi dari rele F-15 adalah untuk melindungi sisi primer dari trafo 1APD-XF-2 dan bertindak sebagai *back up* rele 1APC-1. Fungsi masing-masing rele F-16 dan F-18 adalah untuk melindungi generator 1TGG-GEG-1 dan 1TGG-GEG-2. Dibawah ini adalah data awal dari *setting existing* koordinasi rele arus lebih tipikal 3.

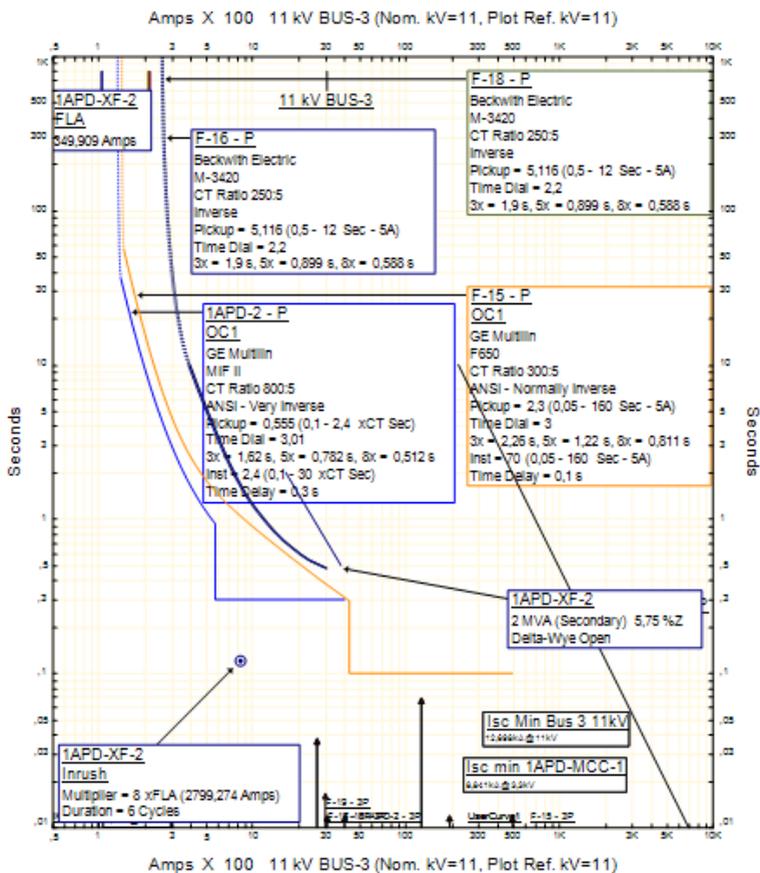
Tabel 4.6 Data *setting existing* rele tipikal 3

ID rele	CT Ratio	Nilai Setting	
1APD-2	800/5	<i>Pickup Lowset</i>	0,555
		<i>Time Dial</i>	3,01

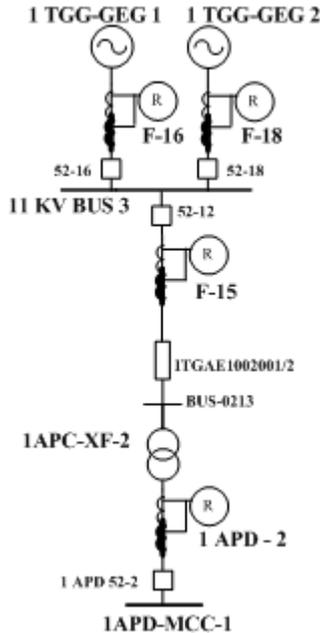
Tabel 4.7 Data *setting existing* rele tipikal 3 (lanjutan)

1APD-2	800/5	<i>Pickup Highset</i>	2,4
		<i>Time Delay</i>	0,3
F-15	300/5	<i>Pickup Lowset</i>	2,3
		<i>Time Dial</i>	3
		<i>Pickup Highset</i>	70
		<i>Time Delay</i>	0,3
F-16	250/5	<i>Pickup Lowset</i>	5,116
		<i>Time Dial</i>	2,2
		<i>Pickup Highset</i>	-
		<i>Time Delay</i>	-
F-18	250/5	<i>Pickup Lowset</i>	5,116
		<i>Time Dial</i>	2,2
		<i>Pickup Highset</i>	-
		<i>Time Delay</i>	-

Pada plot kurva TCC yang terdapat dapat pada gambar 4.5 dan gambar 4.6 adalah *single line diagram* tipikal 3. Dari data kurva dapat Untuk *existing* koordinasi proteksi rele arus lebih tipikal 3 sudah cukup bagus, akan tetapi untuk meningkatkan proteksi sistem dilakukan koordinasi ulang (*resetting*) hal ini dapat dilihat dari nilai *time dial* dari rele F-16 dan F-18 yang masih tinggi, sehingga menyebabkan *grading* waktu koordinasi pada tipikal 3 tidak sesuai dengan yang diinginkan.



Gambar 4.5 Plot kurva *existing* tipikal 3



Gambar 4.6 Single Line Diagram tipikal 3

4.5.4 Koordinasi Proteksi Existing Tipikal 4

Komponen Sistem proteksi pada tipikal 4 terdiri dari rele LVCB 1APC-2, rele F-17, rele F-16, rele F-18.. Koordinasi tipikal 4 ini dimulai dari bus 1APC-SUS-1 yang terhubung beban hingga generator 1TGG-GEG-1 dan 1TGG-GEG-2 yang melewati trafo 1APC-XF-2.

Fungsi dari rele F-17 adalah untuk melindungi sisi primer dari trafo 1APC-XF-2 dan bertindak sebagai *back up* rele LVCB 1APC-2. Fungsi masing-masing rele F-16 dan F-18 adalah untuk melindungi generator 1TGG-GEG-1 dan 1TGG-GEG-2. Di bawah ini adalah data awal dari *setting existing* koordinasi rele arus lebih tipikal 4.

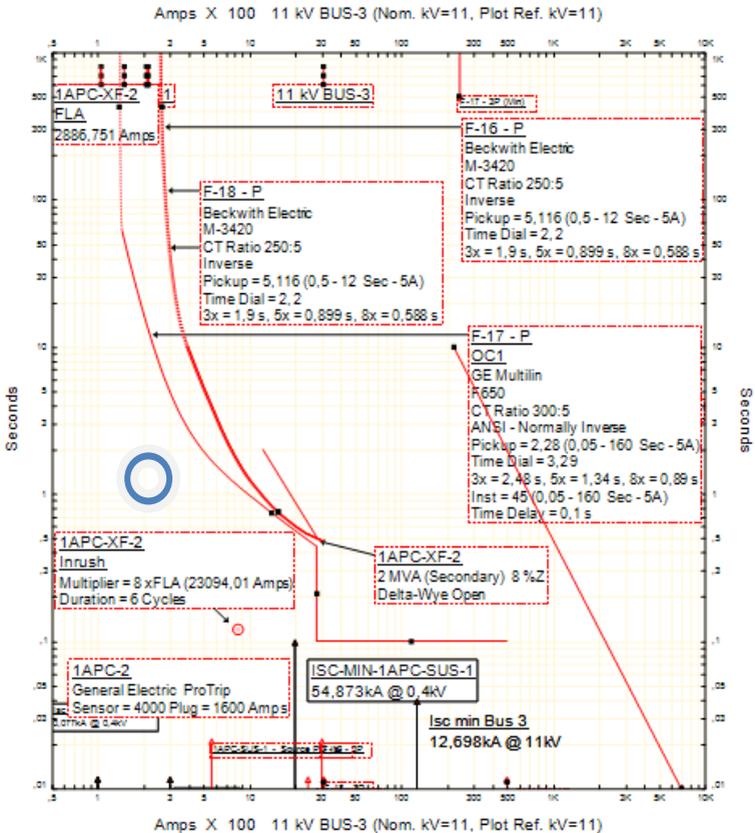
Tabel 4.8 Data *setting existing* rele tipikal 4

ID rele	CT Ratio	Nilai Setting	
1APC-2 (LVCB)	4000	<i>LT Pickup</i>	0,8
		<i>LT Band</i>	1
		<i>ST Pickup</i>	7

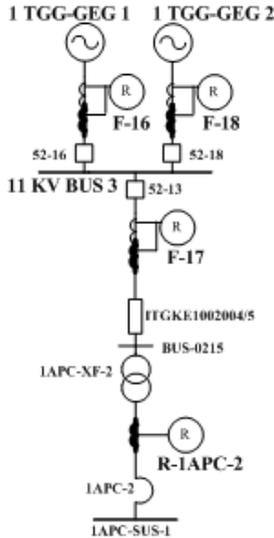
Tabel 4.9 Data *setting existing* rele tipikal 4 (lanjutan)

		<i>ST Band</i>	Int
F-17	300/5	<i>Pickup Lowset</i>	2,28
		<i>Pickup Highset</i>	45
		<i>Time Delay</i>	0,3
F-16	250/5	<i>Pickup Lowset</i>	5,116
		<i>Time Dial</i>	2,2
		<i>Pickup Highset</i>	-
		<i>Time Delay</i>	-
F-18	250/5	<i>Pickup Lowset</i>	5,116
		<i>Time Dial</i>	2,2
		<i>Pickup Highset</i>	-
		<i>Time Delay</i>	-

Pada plot kurva TCC yang terdapat dapat pada gambar 4.7 dan gambar 4.8 adalah *single line diagram* tipikal 4. Dari data kurva dapat Untuk *existing* koordinasi proteksi rele arus lebih tipikal 4 sudah cukup bagus, akan tetapi untuk meningkatkan proteksi sistem butuh dilakukan koordinasi ulang (*resetting*), hal ini dapat dilihat dari nilai *time dial* dari rele F-16 dan F-18 yang masih tinggi sehingga menyebabkan *grading* waktu koordinasi pada tipikal 4 tidak sesuai dengan yang diinginkan. LVCB 1 APC-2 yang ditandai dengan lingkaran biru tidak ada dalam kurva sehingga untuk daerah *bus* 1APC SUS-1 kurang terlindungi.



Gambar 4.7 Plot kurva existing tipikal 4



Gambar 4.8 *Single Line Diagram* tipikal 4

4.5.5 Koordinasi Proteksi *Existing* Tipikal 5

Komponen Sistem proteksi pada tipikal 5 terdiri dari F-CP11B, rele F-20, rele F-14, rele F-16 dan rele F-18. Koordinasi tipikal 5 ini dimulai dari bus 4 yang terhubung beban hingga generator 1TGG-GEG-1 dan 1TGG-GEG-2 yang melewati trafo TR-CP11B dan 1APF-XF-1.

Fungsi dari rele F-CP11B adalah untuk melindungi sisi primer dari trafo TR-CP11B. Rele F-20 berfungsi untuk melindungi bus BOC-PLN-2 dan sisi sekunder trafo 1APF-XF-1. Rele F-14 berfungsi untuk melindungi sisi primer trafo dan bertindak sebagai *back up* rele F-20 jika mengalami kegagalan. Fungsi masing-masing rele F-16 dan F-18 adalah untuk melindungi generator 1TGG-GEG-1 dan 1TGG-GEG-2. Dibawah ini adalah data awal dari *setting existing* koordinasi rele arus lebih tipikal 5.

Tabel 4.10 *Data setting existing* rele tipikal 5

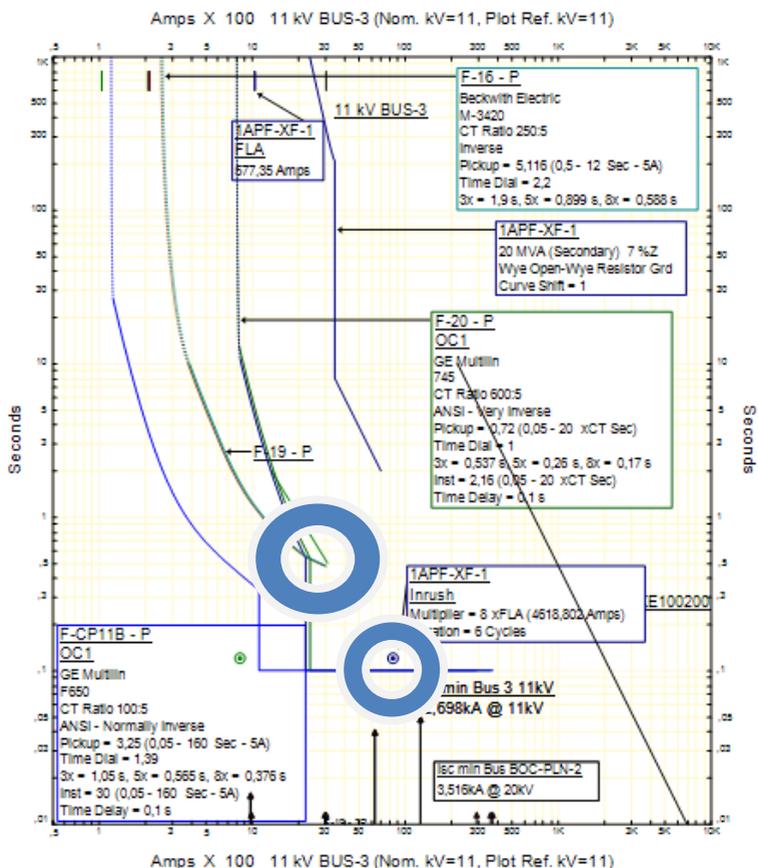
ID rele	CT Ratio	Nilai <i>Setting</i>	
F-CP11B	100/5	<i>Pickup Lowset</i>	3,25
		<i>Time Dial</i>	1,39
		<i>Pickup Highset</i>	30

Tabel 4.11 Data *setting existing* rele tipikal 5 (lanjutan)

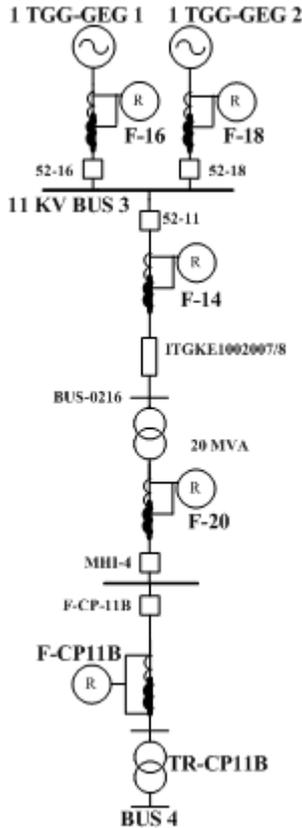
		<i>Time Delay</i>	0,3
F-20	600/5	<i>Pickup Lowset</i>	0,72
		<i>Time Dial</i>	1
		<i>Pickup Highset</i>	2,16
		<i>Time Delay</i>	0,3
F-14	2000/5	<i>Pickup Lowset</i>	0,39
		<i>Time Dial</i>	0,9
		<i>Pickup Highset</i>	1,1
		<i>Time Delay</i>	0,3
F-16	250/5	<i>Pickup Lowset</i>	5,116
		<i>Time Dial</i>	2,2
		<i>Pickup Highset</i>	-
		<i>Time Delay</i>	-
F-18	250/5	<i>Pickup Lowset</i>	5,116
		<i>Time Dial</i>	2,2
		<i>Pickup Highset</i>	-
		<i>Time Delay</i>	-

Pada plot kurva TCC yang terdapat dapat pada gambar 4.9 dan gambar 4.10 adalah *single line diagram* tipikal 5. Dari data kurva didapatkan untuk *existing* koordinasi proteksi rele arus lebih tipikal 5 terdapat beberapa poin yang harus dibenarkan agar mendapatkan hasil koordinasi yang bagus, yaitu :

- Kurva TCC untuk rele F-18 dan rele F-16 memotong kurva F-14 dan F-20.
- Kurva F-14 berada dibawah *inrush* trafo 1APF-XF-1 sehingga rele tersebut akan bekerja saat trafo mulai beroperasi.



Gambar 4.9 Plot kurva *existing* tipikal 5



Gambar 4.10 Single line diagram tipikal 5

4.5.6 Koordinasi Proteksi Existing Tipikal 6

Komponen Sistem proteksi pada tipikal 6 terdiri dari rele R52R2 dan rele F-05. Koordinasi tipikal 6 ini dimulai dari bus 030-SG-001 sampai bus 11 kV BUS-1. Fungsi dari rele R52R2 adalah untuk melindungi bus 030-SG-001 sedangkan rele F-05 berfungsi untuk melindungi bus 26 . Dibawah ini adalah data awal dari setting existing koordinasi rele arus lebih tipikal 6.

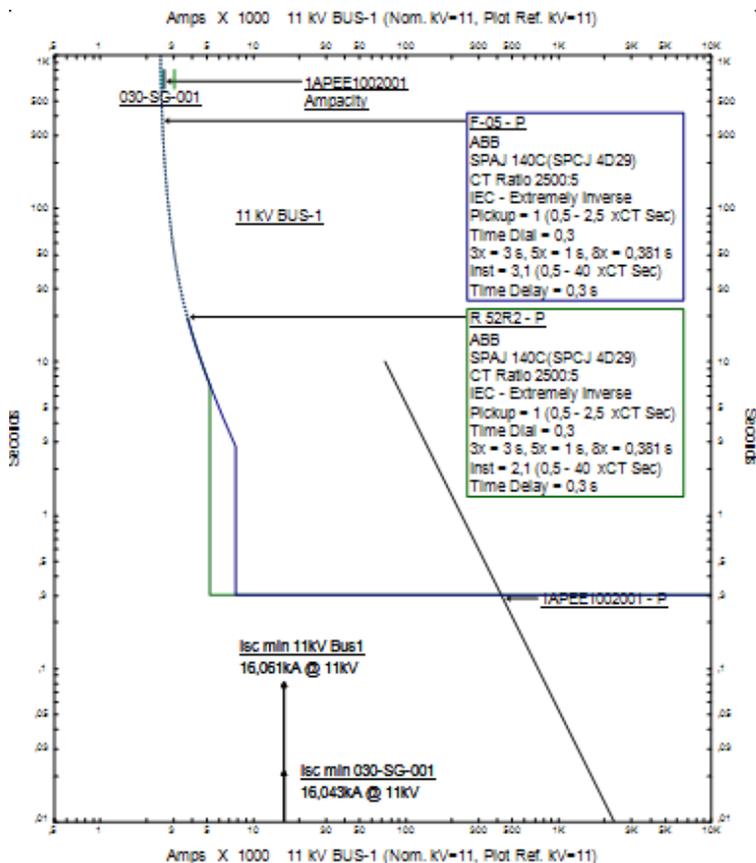
Tabel 4.12 Data setting existing rele tipikal 6

ID rele	CT Ratio	Nilai Setting	
R 52R2	2500/5	Pickup Lowset	1

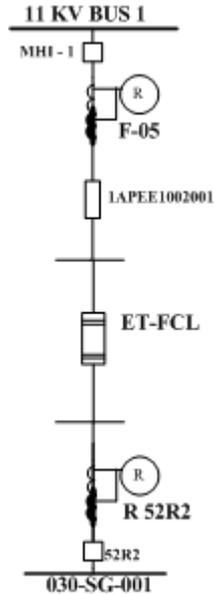
Tabel 4.13 Data *setting existing* rele tipikal 6 (lanjutan)

		<i>Time Dial</i>	0,3
		<i>Pickup Highset</i>	2,1
		<i>Time Delay</i>	0,3
F-05	2500/5	<i>Pickup Lowset</i>	1
		<i>Time Dial</i>	0,3
		<i>Pickup Highset</i>	3,1
		<i>Time Delay</i>	0,3

Pada plot kurva TCC yang terdapat dapat pada gambar 4.11 dan gambar 4.12 adalah *single line diagram* tipikal 6. Dari data kurva dapat Untuk *existing* koordinasi proteksi rele arus lebih tipikal 6 sudah cukup bagus sehingga tidak perlu *resetting*.



Gambar 4.11 Plot kurva *existing* tipikal 6



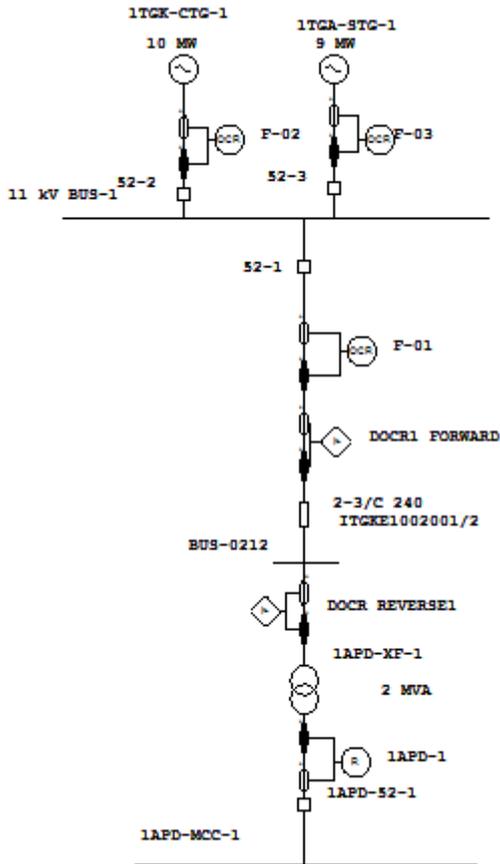
Gambar 4.12 *Single line diagram* tipikal 6

4.6 Koordinasi Proteksi Kondisi *Resetting*

Dari sub-bab sebelumnya dapat kita ketahui bahwa terdapat rele yang memerlukan *resetting* untuk mendapatkan hasil koordinasi proteksi yang baik. Pada sub-bab ini akan dibahas mengenai *resetting* rele pengaman yang sesuai dengan data yang telah diolah dengan menggunakan sistem perhitungan manual

4.6.1 Koordinasi Proteksi *Resetting* Tipikal 1

Komponen *resetting* sistem proteksi pada tipikal 1 terdiri dari rele 1APD-1, rele F- 01, rele F-02, rele F-03 dan menggunakan penambahan rele DOCR 1 FORWARD dan DOCR REVERSE 1. Berikut adalah hasil *resetting* tipikal 1.



Gambar 4.13 Single line diagram resetting tipikal 1

Perhitungan *Resetting* Tipikal 1 :

➤ **Rele 1APD-1**

<i>Manufacturer</i>	: GE Multilin
<i>Model</i>	: MIF II
<i>Curve Type</i>	: <i>Very Inverse (ANSI)</i>
<i>CT Ratio</i>	: 800 / 5
Isc min	: 4490 A
Isc max	: 5290 A
FLA sekunder trafo 1APD-XF-1	: 349.9 A

Time Overcurrent Pickup

$$1,05 \times \text{FLA sek 1APD-XF-1} \leq I_{set} \leq 1,4 \times \text{FLA sek 1APD-XF-1}$$

$$1,05 \times 349,9 \leq I_{set} \leq 1,4 \times 349,9$$

$$367,395 \leq I_{set} \leq 489,86$$

$$\frac{367,395}{800} In \leq \text{Tap} \leq \frac{489,86}{800} In$$

$$0,459In \leq \text{Tap} \leq 0,612 In$$

Dipilih Iset = 420 A

Time Dial

Dipilih waktu operasi (t_d) = 0,3 detik.

$$t = \frac{K \times Td}{\beta \times [(I)^{\alpha}-1]}$$

$$T = \frac{t \times \beta \times [(I)^{\alpha}-1]}{K}$$

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

$$Td = \frac{0,3 \times 2,97 \times \left[\left(\frac{5290}{420} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

Dipilih *time dial* = 3

Instantaneous Pickup

$$1,4 \times \text{FLA sek 1APD-XF-1} \leq I_{set} \leq 0,8 \times I_{sc \min}$$

$$1,4 \times 349,9 \leq I_{set} \leq 0,8 \times 4620$$

$$489,86 \leq I_{set} \leq 3696$$

Dipilih Iset = 2800 A

Time delay

Dipilih *time delay* 0,3 detik

➤ **Rele DOCR REVERSE 1**

<i>Manufacturer</i>	: ABB
<i>Model</i>	: REX 521
<i>CT Ratio</i>	: 100 / 5
<i>Isc min</i>	: 208 A
<i>Isc max</i>	: 519 A
<i>FLA Load Flow</i>	: 61,6 A

Instantaneous Pickup

$$1,4 \times \text{Load Flow} \leq I_{\text{set}} \leq 0,8 \times I_{\text{sc min}}$$

$$1,4 \times 61,6 \leq I_{\text{set}} \leq 0,8 \times 208$$

$$86,24 \leq I_{\text{set}} \leq 166,5$$

Dipilih Iset = 120A

Time delay

Dipilih time delay 0,1 detik

➤ **Rele DOCR1 FORWARD**

<i>Manufacturer</i>	: ABB
<i>Model</i>	: REX 521
<i>CT Ratio</i>	: 300 / 5
<i>Isc min</i>	: 19140 A
<i>Isc max</i>	: 28050 A
<i>FLA primer trafo 1APD-XF-1</i>	: 105 A

Instantaneous Pickup

$$1,4 \times \text{FLA prim 1APD-XF-1} \leq I_{\text{set}} \leq 0,8 \times I_{\text{sc min}}$$

$$1,4 \times 105 \leq I_{\text{set}} \leq 0,8 \times 19140$$

$$147 \leq I_{\text{set}} \leq 15312$$

Dipilih Iset = 4500 A

Time Delay

Dipilih time delay = 0,1 detik

➤ **Rele F-01**

<i>Manufacturer</i>	: GE Multilin
<i>Model</i>	: 735/737
<i>Curve Type</i>	: <i>Very Inverse (ANSI)</i>
<i>CT Ratio</i>	: 300 / 5
<i>Isc min</i>	: 19140 A
<i>Isc max</i>	: 28050 A
<i>FLA primer trafo 1APD-XF-1</i>	: 105 A

Time Overcurrent Pickup

$$1,05 \times \text{FLA prim 1APD-XF-1} \leq I_{\text{set}} \leq 1,4 \times \text{FLA prim 1APD-XF-1}$$

$$1,05 \times 105 \leq I_{\text{set}} \leq 1,4 \times 105$$

$$110,25 \leq I_{\text{set}} \leq 147$$

$$\frac{110,25}{300} In \leq \text{Tap} \leq \frac{147}{300} In$$

$$0,367 In \leq \text{Tap} \leq 0,49 In$$

Dipilih Iset = 135 A

Time Dial

Dipilih waktu operasi (t_d) = 0,3 detik.

$$t = \frac{K \times T_d}{\beta \times [(I)^{\alpha-1}]}$$

$$T = \frac{t \times \beta \times [(I)^{\alpha-1}]}{K}$$

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

$$T_d = \frac{0,3 \times 2,97 \times \left[\left(\frac{5290}{420} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

Dipilih *time dial* = 3

Instantaneous Pickup

$$1,4 \times \text{FLA prim 1APD-XF-1} \leq I_{set} \leq 0,8 \times I_{sc \min}$$

$$1,4 \times 105 \leq I_{set} \leq 0,8 \times 19140$$

$$147 \leq I_{set} \leq 15312$$

Dipilih Iset = 6000 A

➤ Rele F-02

<i>Manufacturer</i>	: Beckwith Electric
<i>Model</i>	: M-3420
<i>Curve Type</i>	: <i>Inverse</i>
<i>CT Ratio</i>	: 800 / 5
<i>Isc min</i>	: 2940 A
<i>Isc max</i>	: 4150 A
<i>FLA 1TGK-CTG-1</i>	: 656,1 A

Time Overcurrent Pickup

$$1,05 \times \text{FLA 1TGK-CTG-1} \leq I_{set} \leq 1,4 \times \text{FLA 1TGK-CTG-1}$$

$$1,05 \times 656,1 \leq I_{set} \leq 1,4 \times 656,1$$

$$688,905 \leq I_{set} \leq 918,54$$

$$\frac{688,905}{800/5} \leq \text{Tap} \leq \frac{918,54}{800/5}$$

$$4,3 \leq \text{Tap} \leq 5,07$$

Dipilih Iset = 720 A

Time Dial

Dipilih waktu operasi (t_d) = 0,5 detik.

$$t = \frac{K \times T_d}{\beta \times [(I)^{\alpha-1}]}$$

$$T = \frac{t \times \beta \times [(I)^{\alpha-1}]}{K}$$

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

$$T = \frac{0,5 \times 2,97 \times \left[\left(\frac{4150}{720} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

Dipilih *time dial* = 2

➤ **Rele F-03**

- Manufacturer* : Beckwith Electric
- Model* : M-3420
- Curve Type* : *Inverse*
- CT Ratio* : 800 / 5
- Isc min* : 2860 A
- Isc max* : 3410 A
- FLA 1TGK-CTG-1* : 555,7 A

Time Overcurrent Pickup

$$1,05 \times \text{FLA 1TGK-CTG-1} \leq I_{set} \leq 1,4 \times \text{FLA 1TGK-CTG-1}$$

$$1,05 \times 555,7 \leq I_{set} \leq 1,4 \times 555,7$$

$$583,485 \leq I_{set} \leq 777,98$$

$$\frac{583,485}{800/5} \leq \text{Tap} \leq \frac{777,98}{800/5}$$

$$3,65 \leq \text{Tap} \leq 4,8$$

Dipilih Iset = 704 A

Time Dial

Dipilih waktu operasi (t_d) = 0,5 detik.

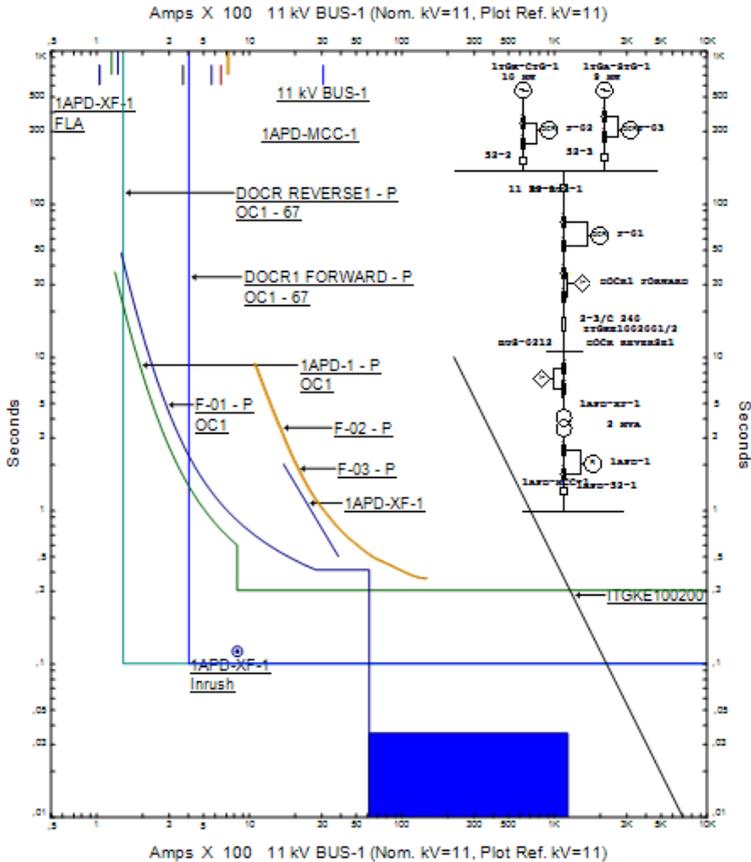
$$t = \frac{K \times T_d}{\beta \times [(I)^{\alpha-1}]}$$

$$T = \frac{t \times \beta \times [(I)^{\alpha-1}]}{K}$$

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

$$T = \frac{0,5 \times 2,97 \times \left[\left(\frac{3410}{704} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

Dipilih *time dial* = 2



Gambar 4.14 Kurva hasil resetting tipikal 1

Dari plot kurva di atas dapat disimpulkan :

1. Rele 1APD-1 pada kurva diatas berfungsi untuk melindungi sisi sekunder trafo 1APD-XF-1 ketika terjadi hubung singkat pada bus 1APD-MCC-1. Fungsi lain dari rele 1APD-1 ini adalah sebagai pelindung pada saat terjadi beban lebih pada sisi sekunder trafo 1APD-

XF-1. *Time delay* yang digunakan untuk *setting* saat terjadi hubung singkat adalah 0.3 s

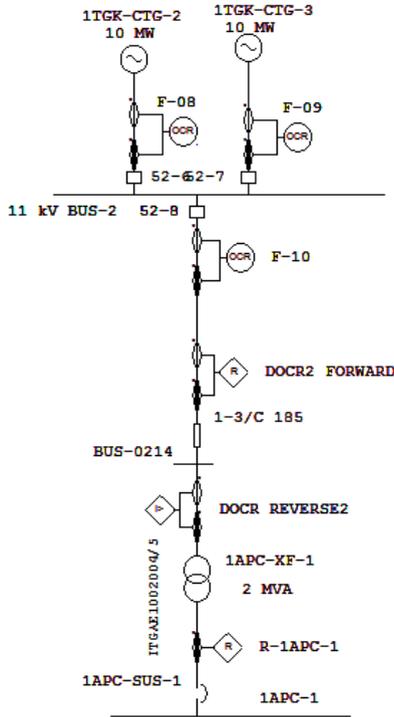
2. Rele DOCR REVERSE 1 pada bagian ini berfungsi sebagai pengaman primer ketika terjadi gangguan di bus-0212, ketika sebelum pemasangan rele ini arus hubung singkat akan menuju ke arah bus pembangkit dan mengganggu kerja pembangkit dan baru kemudian dapat dideteksi oleh rele F-02 dan F-03. Rele ini berfungsi untuk melindungi dari trafo dari gangguan. Rele DOCR REVERSE 1 ini bekerja dengan waktu 0,1s. Rele ini akan bekerja seketika ketika ada arah arus yang menuju ke tempat tujuan. Tetapi ketika titik gangguan berada pada bus 1APD-MCC-1 maka rele DOCR REVERSE 1 tidak akan aktif karena arah aliran arus berbeda dengan *setting* awal rele ini, tetapi rele DOCR1 FORWARD akan berfungsi sebagai pengaman ketika arah arus menuju ke bus-0212 dari bus 11kV BUS-2. Arus yang mengalir dari bus ini bernilai besar karena bus ini terhubung langsung dengan pembangkit.

3. Rele F-01 berfungsi untuk melindungi bus-1 pada saat terjadi *short circuit* di bus 0212 dan juga berfungsi sebagai *backup* ketika rele 1APD-1 gagal mengisolasi gangguan.

3. Rele F-02 dan rele F-03 berfungsi sebagai pelindung generator CTG 1 dan STG 1 ketika terjadi hubung singkat pada bus 1 dan bertindak sebagai *backup* dari rele DOCR REVERSE 1 ketika gagal mengisolasi gangguan.

4.6.2 Koordinasi Proteksi *Resetting* Tipikal 2

Komponen *resetting* sistem proteksi pada tipikal 2 terdiri dari LVCB 1APC-1, rele F-10, rele F-08, rele F-09 dan menggunakan penambahan rele DOCR 2 FORWARD dan DOCR REVERSE 2. Berikut adalah hasil *resetting* tipikal 2.



Gambar 4.15 Single line diagram resetting tipikal 2

Perhitungan *Resetting* Tipikal 2 :

➤ **LVCB 1APC-1**

Manufacturer : GE Multilin
Model : PRO 17
Curve Type : -
Sensor ID : 4000
Isc min : 28300 A
Isc max : 33370 A
FLA sekunder trafo 1APC-XF-1 : 2887 A

Long time pick up

$$1,05 \times \text{FLA sek 1APC-XF-1} \leq \text{Iset} \leq 1,4 \times \text{FLA sek 1APC-XF-1}$$

$$1,05 \times 2887 \leq \text{Iset} \leq 1,4 \times 2887$$

$$3031,35 \leq \text{Iset} \leq 4041,8$$

$$\frac{3031,35}{4000} \leq \text{Tap} \leq \frac{4041,8}{4000}$$

$0,758 \leq \text{Tap} \leq 1,01$
Dipilih Iset = 4000 A

Long time band

Dipilih LT band = 1

Short time pick up

$$I_{\text{set}} \leq 0,8 \times I_{\text{sc min}}$$

$$I_{\text{set}} \leq 0,8 \times 28300$$

$$I_{\text{set}} \leq 22640$$

$$\text{Tap} \leq \frac{22640}{4000}$$

$$\text{Tap} \leq 5,66$$

Dipilih Tap = 4

Short time band

Dipilih ST band = int

➤ **Rele DOCR REVERSE 2**

<i>Manufacturer</i>	: ABB
<i>Model</i>	: REX 521
<i>CT Ratio</i>	: 100 / 5
<i>Isc min</i>	: 171 A
<i>Isc max</i>	: 217 A
<i>FLA Load Flow</i>	: 20,4 A

Instantaneous Pickup

$$1,4 \times \text{Load Flow} \leq I_{\text{set}} \leq 0,8 \times I_{\text{sc min}}$$

$$1,4 \times 20,4 \leq I_{\text{set}} \leq 0,8 \times 171$$

$$28,58 \leq I_{\text{set}} \leq 136,8$$

Dipilih Iset = 120A

Time Delay

Dipilih time delay = 0,1 detik

➤ **Rele DOCR 2 FORWARD**

<i>Manufacturer</i>	: GE Multilin
<i>Model</i>	: F650
<i>CT Ratio</i>	: 300 / 5
<i>Isc min</i>	: 18280 A

Isc max : 26680 A
 FLA primer trafo 1APC-XF-1 : 105 A

Instantaneous Pickup

$$1,4 \times \text{FLA prim 1APC-XF-1} \leq I_{\text{set}} \leq 0,8 \times \text{Isc min}$$

$$1,4 \times 105 \leq I_{\text{set}} \leq 0,8 \times 18280$$

$$147 \leq I_{\text{set}} \leq 14624$$

Dipilih Iset = 9000 A

Time Delay

Dipilih time delay = 0,1 detik

➤ **Rele F-10**

Manufacturer : GE Multilin
Model : 735/737
Curve Type : Normal Inverse (ANSI)
CT Ratio : 300 / 5
 Isc min : 18280 A
 Isc max : 29470 A
 FLA primer trafo 1APC-XF-1 : 105 A

Time Overcurrent Pickup

$$1,05 \times \text{FLA primer 1APC-XF-1} \leq \text{Iset} \leq 1,4 \times \text{FLA primer 1APC-XF-1}$$

$$1,05 \times 105 \leq \text{Iset} \leq 1,4 \times 105$$

$$110,25 \leq \text{Iset} \leq 147$$

$$\frac{110,25}{300} \text{In} \leq \text{Tap} \leq \frac{147}{300} \text{In}$$

$$0,367 \text{In} \leq \text{Tap} \leq 0,49 \text{In}$$

Dipilih Iset = 135 A

Time Dial

Dipilih waktu operasi (t_d) = 0,4 detik.

$$t = \frac{K \times Td}{\beta \times [(I)^{\alpha} - 1]}$$

$$T = \frac{t \times \beta \times [(I)^{\alpha} - 1]}{K}$$

$$T = \frac{t \times \beta \times \left[\left(\frac{\text{Isc max}}{\text{Iset}} \right)^{0,02} - 1 \right]}{K}$$

$$T = \frac{0,4 \times 2,97 \times \left[\left(\frac{29470}{135} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

Dipilih *time dial* = 3

Instantaneous Pickup

$$1,4 \times FLA \text{ prim } 1APC-XF-1 \leq I_{set} \leq 0,8 \times I_{sc \text{ min}}$$

$$1,4 \times 105 \leq I_{set} \leq 0,8 \times 18280$$

$$147 \leq I_{set} \leq 14624$$

Dipilih Iset = 4200 A

F-09

Manufacturer : Beckwith Electric

Model : M-3420

Curve Type : Inverse

CT Ratio : 800 / 5

Isc min : 2940 A

Isc max : 4150 A

FLA 1TGA-STG-1 : 656,1 A

Time Overcurrent Pickup

$$1,05 \times FLA \text{ 1TGA-STG-1} \leq I_{set} \leq 1,4 \times FLA \text{ 1TGA-STG-1}$$

$$1,05 \times 656,1 \leq I_{set} \leq 1,4 \times 656,1$$

$$688,905 \leq I_{set} \leq 918,54$$

$$\frac{688,905}{800/5} \leq \text{Tap} \leq \frac{918,54}{800/5}$$

$$4,3 \leq \text{Tap} \leq 5,7$$

Dipilih Iset = 720A

Time Dial

Dipilih waktu operasi (t_d) = 0,4 detik.

$$t = \frac{K \times T_d}{\beta \times [(I)^{\alpha}-1]}$$

$$T = \frac{t \times \beta \times [(I)^{\alpha}-1]}{K}$$

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

$$T = \frac{0,4 \times 2,97 \times \left[\left(\frac{4150}{720} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

Dipilih *time dial* = 1,5

F-08

<i>Manufacturer</i>	: Beckwith Electric
<i>Model</i>	: M-3420
<i>Curve Type</i>	: <i>Inverse</i>
<i>CT Ratio</i>	: 800 / 5
Isc min	: 2940 A
Isc max	: 4150 A
FLA 1TGA-STG-1	: 656,1 A

Time Overcurrent Pickup

$$1,05 \times \text{FLA 1TGK-CTG-1} \leq \text{Iset} \leq 1,4 \times \text{FLA 1TGK-CTG-1}$$

$$1,05 \times 656,1 \leq \text{Iset} \leq 1,4 \times 656,1$$

$$688,905 \leq \text{Iset} \leq 918,54$$

$$\frac{688,905}{800/5} \leq \text{Tap} \leq \frac{918,54}{800/5}$$

$$4,3 \leq \text{Tap} \leq 5,7$$

Dipilih Iset = 720A

Time Dial

Dipilih waktu operasi (t_d) = 0,4 detik.

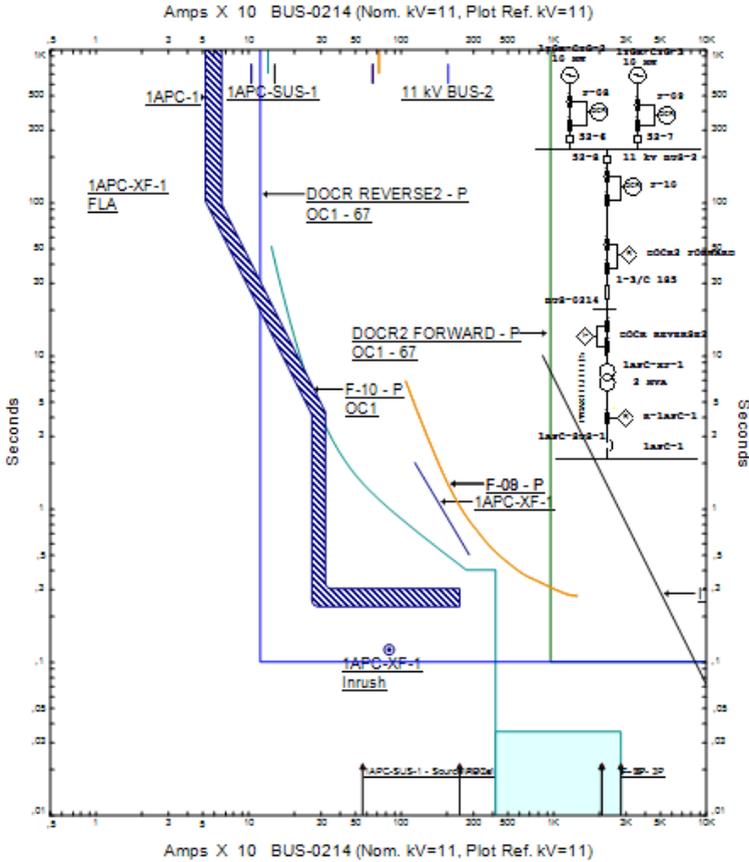
$$t = \frac{K \times T_d}{\beta \times [(I)^{\alpha} - 1]}$$

$$T = \frac{t \times \beta \times [(I)^{\alpha} - 1]}{K}$$

$$T = \frac{t \times \beta \times \left[\left(\frac{\text{Isc max}}{\text{Iset}} \right)^{0,02} - 1 \right]}{K}$$

$$T = \frac{0,4 \times 2,97 \times \left[\left(\frac{4150}{720} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

Dipilih *time dial* = 1,5



Gambar 4.16 Kurva hasil resetting tipikal 2

Dari plot kurva di atas dapat disimpulkan :

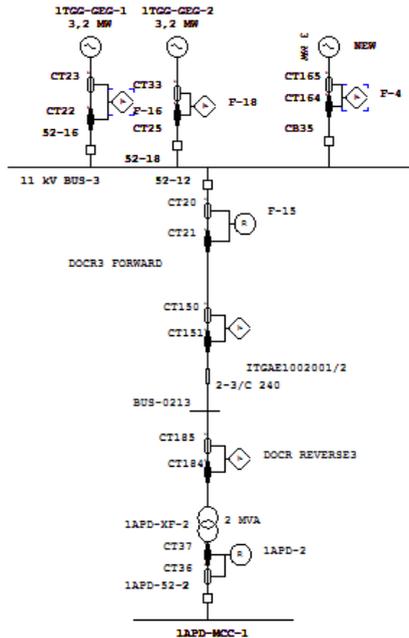
1. Rele LVCB 1APC-1 untuk melindungi sisi sekunder trafo 1APC-XF-1 saat terjadi gangguan arus hubung singkat pada bus 1APC-SUS-1.
2. Jika ada gangguan pada bus-0214 maka rele DOCR REVERSE 2 akan sebagai pengaman utama dari arah arus yang berasal dari bus 1APC-SUS-1 dengan *time delay* 0,1s. Rele DOCR REVERSE 2 berfungsi untuk mengamankan trafo 1APC-XF-1 serta untuk mengaman kan generator dari arah arus yang sebelumnya tidak dapat dideteksi oleh rele *existing* karena arah arus gangguan berupa

reverse. Sedangkan rele DOCR 2 FORWARD dan F-10 akan melindungi bus 11 kV BUS-2 dengan *time delay* masing-masing 0,1s dan 0,3 s. Rele DOCR 2 FORWARD akan bekerja secara seketika ketika terjadi gangguan pada bus-0214 dan akan ketika ada gangguan di bus 1APC-SUS-1 rele ini akan mendeteksi arah arus serta nilai arus yang diberikan oleh 11 kV BUS-2 sebelum mengaktifkan CB 52-8 dengan seketika.

3. Fungsi dari rele F-08 dan rele F-09 adalah untuk melindungi generator CTG 2 dan CTG 3 ketika terjadi gangguan hubung singkat pada bus-2, serta berfungsi sebagai *backup* dari rele F-10 ketika gagal mengisolasi gangguan.

4.6.3 Koordinasi Proteksi Resetting Tipikal 3

Komponen *resetting* sistem proteksi pada tipikal 3 terdiri dari rele 1APD-2, rele F-15, rele F-16, rele F-18. dan menggunakan penambahan rele DOCR 3 FORWARD dan DOCR REVERSE 3. Berikut adalah hasil *resetting* tipikal 3.



Gambar 4.17 Single line diagram resetting tipikal 3

Perhitungan *Resetting* Tipikal :

➤ **Rele 1APD-2**

Manufacturer : GE Multilin
Model : MIF II
Curve Type : *Very Inverse (ANSI)*
CT Ratio : 800 / 5
Isc min : 4600 A
Isc max : 5430 A
FLA sekunder trafo 1APD-XF-1 : 349,9 A

Time Overcurrent Pickup

$1,05 \times \text{FLA sek 1APD-XF-1} \leq I_{set} \leq 1,4 \times \text{FLA sek 1APD-XF-1}$
 $1,05 \times 349,9 \leq I_{set} \leq 1,4 \times 349,9$
 $367,395 \leq I_{set} \leq 489,86$
 $\frac{367,395}{800} \text{ In} \leq \text{Tap} \leq \frac{489,86}{800} \text{ In}$
 $0,459 \text{ In} \leq \text{Tap} \leq 0,612 \text{ In}$

Dipilih $I_{set} = 420 \text{ A}$

Time Dial

Dipilih waktu operasi (t_d) = 0,3 detik.

$$t = \frac{K \times T_d}{\beta \times [(I)^{\alpha-1}]}$$

$$T = \frac{t_d \times \beta \times [(I)^{\alpha-1}]}{K}$$

$$T = \frac{t_d \times \beta \times \left[\left(\frac{I_{sc \text{ max}}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1 \right]}{K}$$

$$T = \frac{0,3 \times 2,97 \times \left[\left(\frac{5430}{420} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

Dipilih *time dial* = 3

Instantaneous Pickup

$1,4 \times \text{FLA sek 1APD-XF-1} \leq I_{set} \leq 0,8 \times \text{Isc min}$
 $1,4 \times 349,9 \leq I_{set} \leq 0,8 \times 4600$
 $489,86 \leq I_{set} \leq 3680$

Dipilih $I_{set} = 2800 \text{ A}$

➤ **Rele DOCR REVERSE 3**

Manufacturer : ABB
Model : REX 521
CT Ratio : 300 / 5
Isc min : 234 A
Isc max : 586 A
FLA primer trafo 1APD-XF-1 : 105 A

Instantaneous Pickup

$1,4 \times \text{sek 1APD-XF-1} \leq I_{\text{set}} \leq 0,8 \times \text{Isc min}$
 $1,4 \times 105 \leq I_{\text{set}} \leq 0,8 \times 234$
 $147 \leq I_{\text{set}} \leq 187,2$

Dipilih Iset = 150 A

Time Delay

Dipilih time delay = 0,1 detik

➤ **Rele DOCR3 FORWARD**

Manufacturer : ABB
Model : REX 521
CT Ratio : 300 / 5
Isc min : 18250 A
Isc max : 24470 A
FLA primer trafo 1APD-XF-1 : 105 A

Instantaneous Pickup

$1,4 \times \text{sek 1APD-XF-1} \leq I_{\text{set}} \leq 0,8 \times \text{Isc min}$
 $1,4 \times 105 \leq I_{\text{set}} \leq 0,8 \times 18250$
 $147 \leq I_{\text{set}} \leq 14600$

Dipilih Iset = 3000 A

Time Delay

Dipilih time delay = 0,1 detik

➤ **Rele F-15**

Manufacturer : GE Multilin
Model : F650
Curve Type : Normal Inverse (ANSI)
CT Ratio : 300 / 5
Isc min : 18250 A

Isc max : 24470 A

FLA primer trafo 1APC-XF-2 : 105 A

Time Overcurrent Pickup

$1,05 \times \text{FLA primer 1APC-XF-2} \leq I_{set} \leq 1,4 \times \text{FLA primer 1APC-XF-2}$

$1,05 \times 105 \leq I_{set} \leq 1,4 \times 105$

$110,25 \leq I_{set} \leq 147$

$\frac{110,25}{300/5} \leq \text{Tap} \leq \frac{147}{300/5}$

$1,838 \leq \text{Tap} \leq 2,45$

Dipilih Iset = 130 A

Time Dial

Dipilih waktu operasi (t_d) = 0,4 detik.

$$t = \frac{K \times T_d}{\beta \times [(I)^{\alpha} - 1]}$$

$$T = \frac{t_d \times \beta \times [(I)^{\alpha} - 1]}{K}$$

$$T = \frac{t_d \times \beta \times \left[\left(\frac{I_{sc \text{ max}}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1 \right]}{K}$$

$$T = \frac{0,4 \times 2,97 \times \left[\left(\frac{24470}{130} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

Dipilih *time dial* = 4

Instantaneous Pickup

$1,4 \times \text{FLA prim 1APD-XF-1} \leq I_{set} \leq 0,8 \times \text{Isc min}$

$1,4 \times 105 \leq I_{set} \leq 0,8 \times 18250$

$147 \leq I_{set} \leq 14600$

Dipilih Iset = 3000 A

Time delay

Dipilih *time delay* 0,3 detik.

➤ **Rele F-16**

Manufacturer : Beckwith Electric

Model : M-3420

Curve Type : Inverse

CT Ratio : 250 / 5

Isc min : 877 A

Isc max : 1400 A
 FLA 1TGG-GEG-1 : 209,9 A

Time Overcurrent Pickup

$$1,05 \times \text{FLA 1TGG-GEG-1} \leq \text{Iset} \leq 1,4 \times \text{FLA 1TGG-GEG-1}$$

$$1,05 \times 209,9 \leq \text{Iset} \leq 1,4 \times 209,9$$

$$220,395 \leq \text{Iset} \leq 293,86$$

$$\frac{220,395}{250/5} \leq \text{Tap} \leq \frac{293,86}{250/5}$$

$$4,4 \leq \text{Tap} \leq 5,8$$

Dipilih Iset = 235 A

Time Dial

Dipilih waktu operasi (t_d) = 0,7 detik.

$$t = \frac{K \times T_d}{\beta \times [(I)^{\alpha} - 1]}$$

$$T = \frac{t \times \beta \times [(I)^{\alpha} - 1]}{K}$$

$$T = \frac{t \times \beta \times \left[\left(\frac{\text{Isc max}}{\text{Iset}} \right)^{0,02} - 1 \right]}{K}$$

$$T_d = \frac{0,7 \times 2,97 \times \left[\left(\frac{1400}{235} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

Dipilih *time dial* = 2

➤ **Relé F-18**

Manufacturer : Beckwith Electric

Model : M-3420

Curve Type : Inverse

CT Ratio : 250 / 5

Isc min : 877 A

Isc max : 1400 A

FLA 1TGG-GEG-1 : 209,9 A

Time Overcurrent Pickup

$$1,05 \times \text{FLA 1TGG-GEG-1} \leq \text{Iset} \leq 1,4 \times \text{FLA 1TGG-GEG-1}$$

$$1,05 \times 209,9 \leq \text{Iset} \leq 1,4 \times 209,9$$

$$220,395 \leq \text{Iset} \leq 293,86$$

$$\frac{220,395}{250/5} \leq \text{Tap} \leq \frac{293,86}{250/5}$$

$$4,4 \leq \text{Tap} \leq 5,8$$

Dipilih Iset = 235 A

Time Dial

Dipilih waktu operasi (t_d) = 0,7 detik.

$$t = \frac{K \times T_d}{\beta \times [(I)^{\alpha-1}]}$$
$$T = \frac{t \times \beta \times [(I)^{\alpha-1}]}{K}$$
$$T = \frac{t \times \beta \times \left[\left(\frac{I_{sc \text{ max}}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1 \right]}{K}$$
$$T_d = \frac{0,7 \times 2,97 \times \left[\left(\frac{1400}{235} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

Dipilih *time dial* = 2

➤ **Rele F-4**

Manufacturer : Beckwith Electric
Model : M-3420
Curve Type : *Inverse*
CT Ratio : 250 / 5
Isc min : 781 A
Isc max : 1030 A
FLA 1TGG-GEG-1 : 196,8 A

Time Overcurrent Pickup

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

$$1,05 \times 196,8 \leq I_{set} \leq 1,4 \times 196,8$$

$$206,64 \leq I_{set} \leq 275,52$$

$$\frac{220,395}{250/5} \leq \text{Tap} \leq \frac{293,86}{250/5}$$

$$4,4 \leq \text{Tap} \leq 5,8$$

Dipilih Iset = 235 A

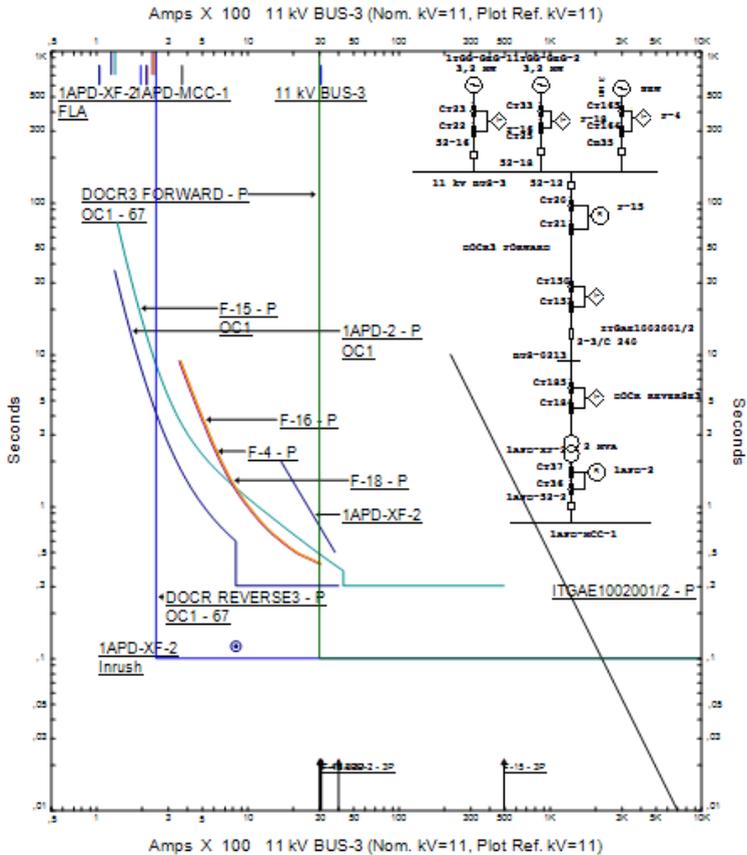
Time Dial

Dipilih waktu operasi (t_d) = 0,7 detik.

$$t = \frac{K \times T_d}{\beta \times [(I)^{\alpha-1}]}$$
$$T = \frac{t \times \beta \times [(I)^{\alpha-1}]}{K}$$
$$T = \frac{t \times \beta \times \left[\left(\frac{I_{sc \text{ max}}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1 \right]}{K}$$

$$T_d = \frac{0,7 \times 2,97 \times \left[\left(\frac{1030}{235} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

Dipilih *time dial* = 2



Gambar 4.18 Kurva hasil resetting tipikal 3

Dari plot kurva di atas dapat disimpulkan :

1. Rele 1APD-2 untuk melindungi sisi sekunder trafo 1APD-XF-2 ketika terjadi hubung singkat pada bus 1APD-MCC-1. Rele ini juga bertindak sebagai pelindung beban lebih di sisi sekunder dari trafo 1APD-XF-2. *Time delay* yang digunakan untuk hubung singkat adalah

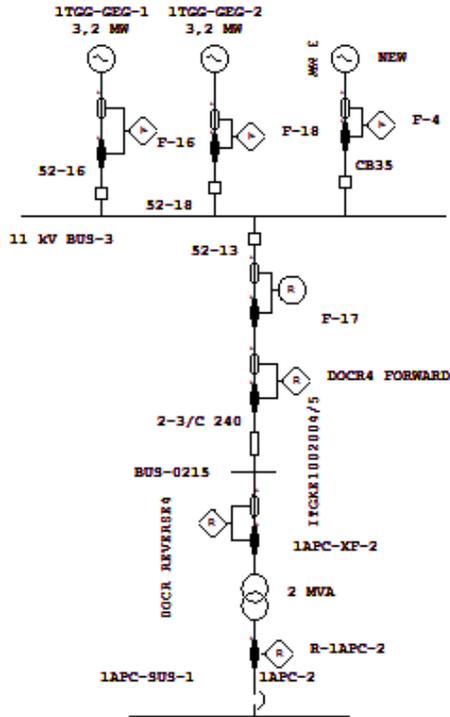
0.3 s. Rele DOCR REVERSE 3 pada bagian ini berfungsi sebagai pengaman primer ketika terjadi gangguan di bus-0213, ketika sebelum pemasangan rele ini arus hubung singkat akan menuju kearah bus pembangkit dan mengganggu kerja pembangkit dan baru kemudian dapat dideteksi oleh rele F-04, F-16, dan F-18. Rele ini berfungsi untuk melindungi dari trafo dari gangguan. Rele DOCR REVERSE 3 ini bekerja dengan waktu 0,1s. Rele ini akan bekerja seketika ketika ada arah arus yang menuju ke tempat tujuan. Tetapi ketika titik gangguan berada pada bus 1APD-MCC-1 maka rele DOCR REVERSE 3 tidak akan aktif karena arah aliran arus berbeda dengan *setting* awal rele ini, tetapi rele DOCR3 FORWARD akan berfungsi sebagai pengaman ketika arah arus menuju ke bus-0213 dari bus 11kV BUS-3. Arus yang mengalir dari bus ini bernilai besar karena bus ini terhubung langsung dengan pembangkit.

2. Rele F-15 berfungsi untuk melindungi bus-3 jika terjadi *short circuit* terjadi pada bus 0213 (incoming trafo 1APD-XF-2) dan sekaligus sebagai *backup* ketika rele 1APD-2 gagal mengisolasi gangguan. Rele 15 ini berfungsi sebagai *backup* ketika rele DOCR3 FORWARD gagal.

3. Rele F-16, rele F-18, dan rele F-4, berfungsi untuk melindungi generator GEG-1, generator GEG-2, dan generator NEW ketika terjadi hubung singkat pada bus-3 dan sebagai *backup* dari rele F-15 dan ketika gagal mengisolasi gangguan.

4.6.4 Koordinasi Proteksi *Resetting* Tipikal 4

Komponen *resetting* sistem proteksi pada tipikal 4 terdiri dari rele LVCB 1APC-2, rele F-17, rele F-16, rele F-18. dan menggunakan penambahan rele DOCR 4 FORWARD dan DOCR REVERSE 4. Berikut adalah hasil *resetting* tipikal 4.



Gambar 4.19 Single line diagram resetting tipikal 4

Perhitungan *Resetting* Tipikal 4:

➤ **LVCB 1APC-2**

Manufacturer : GE Multilin
Model : PRO 17
Curve Type : -
Sensor ID : 4000
Isc min : 28330 A
Isc max : 33290 A
FLA sekunder trafo 1APC-XF-1 : 2887 A

Long time pick up

$1,05 \times \text{FLA sek 1APC-XF-1} \leq \text{Iset} \leq 1,4 \times \text{FLA sek 1APC-XF-1}$
 $1,05 \times 2887 \leq \text{Iset} \leq 1,4 \times 2887$
 $3031,35 \leq \text{Iset} \leq 4041,8$

$$\frac{3031,35}{4000} \leq \text{Tap} \leq \frac{4041,8}{4000}$$

$$0,758 \leq \text{Tap} \leq 1,01$$

Dipilih Iset = 4000 A

Long time band

Dipilih LT band = 1

Short time pick up

$$I_{\text{set}} \leq 0,8 \times I_{\text{sc min}}$$

$$I_{\text{set}} \leq 0,8 \times 28330$$

$$I_{\text{set}} \leq 22664$$

$$\text{Tap} \leq \frac{23128}{4000}$$

$$\leq 5,782$$

Dipilih Tap = 3

Short time band

Dipilih ST band = int

➤ **Rele DOCR REVERSE 4**

Manufacturer : GE Multilin

Model : F650

CT Ratio : 100 / 5

Isc min : 163A

Isc max : 239 A

FLA Load Flow : 33 A

Instantaneous Pickup

$$1,4 \times \text{Load Flow} \leq I_{\text{set}} \leq 0,8 \times I_{\text{sc min}}$$

$$1,4 \times 33 \leq I_{\text{set}} \leq 0,8 \times 163$$

$$46,2 \leq I_{\text{set}} \leq 130,4$$

Dipilih Iset = 120 A

Time Delay

Dipilih time delay = 0,14 detik

➤ **Rele DOCR4 FORWARD**

Manufacturer : GE Multilin

<i>Model</i>	: F650
<i>CT Ratio</i>	: 300 / 5
<i>Isc min</i>	: 18600A
<i>Isc max</i>	: 26630 A
<i>FLA Load Flow</i>	: 105 A

Instantaneous Pickup

$$1,4 \times \text{FLA prim 1APC-XF-1} \leq I_{\text{set}} \leq 0,8 \times \text{Isc min}$$

$$1,4 \times 105 \leq I_{\text{set}} \leq 0,8 \times 18600$$

$$147 \leq I_{\text{set}} \leq 14880$$

Dipilih Iset = 9000 A

Time Delay

Dipilih time delay = 0,1 detik

➤ **Rele F-17**

<i>Manufacturer</i>	: GE Multilin
<i>Model</i>	: F650
<i>Curve Type</i>	: <i>Normal Inverse (ANSI)</i>
<i>CT Ratio</i>	: 300 / 5
<i>Isc min kontribusi</i>	: 18600 A
<i>Isc max kontribusi</i>	: 26630 A
<i>FLA primer trafo 1APC-XF-2</i>	: 105 A

Time Overcurrent Pickup

$$1,05 \times \text{FLA primer 1APC-XF-2} \leq I_{\text{set}} \leq 1,4 \times \text{FLA primer 1APC-XF-2}$$

$$1,05 \times 105 \leq I_{\text{set}} \leq 1,4 \times 105$$

$$110,25 \leq I_{\text{set}} \leq 147$$

$$\frac{110,25}{300/5} \leq \text{Tap} \leq \frac{147}{300/5}$$

$$1,838 \leq \text{Tap} \leq 2,45$$

Dipilih Iset = 135 A

Time Dial

Dipilih waktu operasi (t_d) = 0,3 detik.

$$t = \frac{K \times Td}{\beta \times [(I)^{\alpha}-1]}$$

$$T = \frac{t \times \beta \times [(I)^{\alpha}-1]}{K}$$

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

$$T_d = \frac{0,3 \times 2,97 \times \left[\left(\frac{26630}{135} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

Dipilih *time dial* = 3,3

Instantaneous Pickup

$$1,4 \times \text{FLA prim 1APC-XF-1} \leq I_{set} \leq 0,8 \times I_{sc \text{ min}}$$

$$1,4 \times 105 \leq I_{set} \leq 0,8 \times 18600$$

$$147 \leq I_{set} \leq 14880$$

Dipilih Iset = 4200 A

Time Delay

Dipilih time delay = 0,3 detik

➤ **Rele F-16**

Manufacturer : Beckwith Electric

Model : M-3420

Curve Type : Inverse

CT Ratio : 250 / 5

Isc min : 877 A

Isc max : 1400 A

FLA 1TGG-GEG-1 : 209,9 A

Time Overcurrent Pickup

$$1,05 \times \text{FLA 1TGG-GEG-1} \leq I_{set} \leq 1,4 \times \text{FLA 1TGG-GEG-1}$$

$$1,05 \times 209,9 \leq I_{set} \leq 1,4 \times 209,9$$

$$220,395 \leq I_{set} \leq 293,86$$

$$\frac{220,395}{250/5} \leq \text{Tap} \leq \frac{293,86}{250/5}$$

$$4,4 \leq \text{Tap} \leq 5,8$$

Dipilih Iset = 235 A

Time Dial

Dipilih waktu operasi (t_d) = 0,7 detik.

$$t = \frac{K \times T_d}{\beta \times [(T)^{\alpha} - 1]}$$

$$T = \frac{t \times \beta \times [(T)^{\alpha} - 1]}{K}$$

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

$$T_d = \frac{0,7 \times 2,97 \times \left[\left(\frac{1400}{235} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

Dipilih *time dial* = 2

➤ **Rele F-18**

Manufacturer : Beckwith Electric
Model : M-3420
Curve Type : *Inverse*
CT Ratio : 250 / 5
Isc min : 877 A
Isc max : 1400 A
FLA 1TGG-GEG-1 : 209,9 A

Time Overcurrent Pickup

$1,05 \times \text{FLA 1TGG-GEG-1} \leq I_{set} \leq 1,4 \times \text{FLA 1TGG-GEG-1}$

$1,05 \times 209,9 \leq I_{set} \leq 1,4 \times 209,9$

$220,395 \leq I_{set} \leq 293,86$

$\frac{220,395}{250/5} \leq \text{Tap} \leq \frac{293,86}{250/5}$

$4,4 \leq \text{Tap} \leq 5,8$

Dipilih *Iset* = 235 A

Time Dial

Dipilih waktu operasi (t_d) = 0,7 detik.

$$t = \frac{K \times T_d}{\beta \times [(I)^{\alpha} - 1]}$$

$$T = \frac{t \times \beta \times [(I)^{\alpha} - 1]}{K}$$

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

$$T_d = \frac{0,7 \times 2,97 \times \left[\left(\frac{1400}{235} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

Dipilih *time dial* = 2

➤ **Rele F-4**

Manufacturer : Beckwith Electric

<i>Model</i>	: M-3420
<i>Curve Type</i>	: <i>Inverse</i>
<i>CT Ratio</i>	: 250 / 5
Isc min	: 781 A
Isc max	: 1030 A
FLA 1TGG-GEG-1	: 196,8 A

Time Overcurrent Pickup

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

$$1,05 \times 196,8 \leq \text{Iset} \leq 1,4 \times 196,8$$

$$206,64 \leq \text{Iset} \leq 275,52$$

$$\frac{220,395}{250/5} \leq \text{Tap} \leq \frac{293,86}{250/5}$$

$$4,4 \leq \text{Tap} \leq 5,8$$

Dipilih Iset = 235 A

Time Dial

Dipilih waktu operasi (t_d) = 0,7 detik.

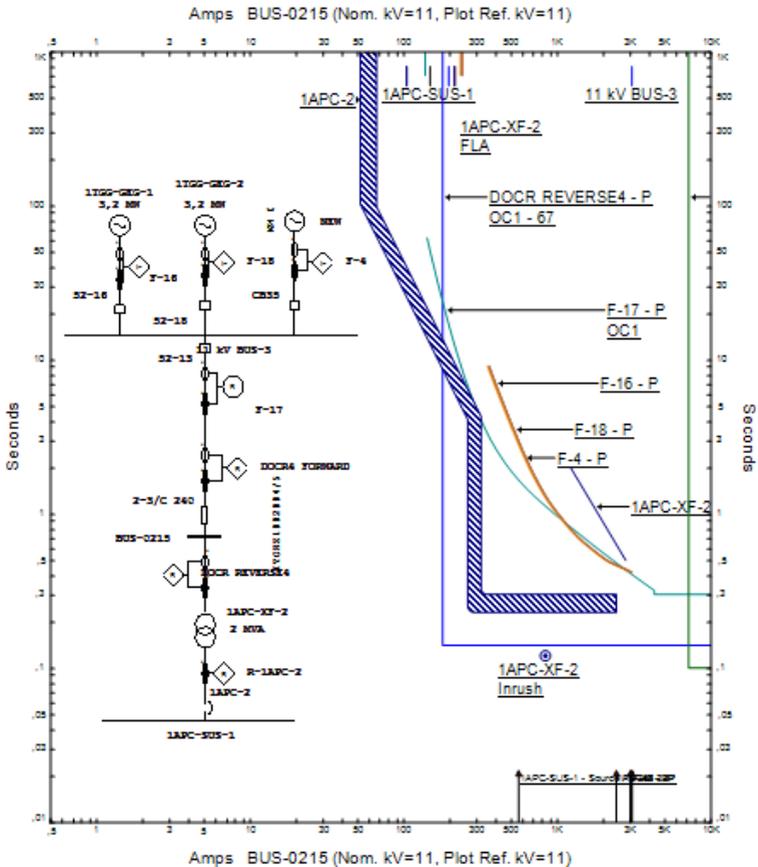
$$t = \frac{K \times T_d}{\beta \times [(I)^{\alpha} - 1]}$$

$$T = \frac{t \times \beta \times [(I)^{\alpha} - 1]}{K}$$

$$T = \frac{t \times \beta \times \left[\left(\frac{\text{Isc max}}{\text{Iset}} \right)^{0,02} - 1 \right]}{K}$$

$$T_d = \frac{0,7 \times 2,97 \times \left[\left(\frac{1030}{235} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

Dipilih *time dial* = 2



Gambar 4.20 Kurva hasil reseting tipikal 4

Dari plot kurva di atas dapat disimpulkan :

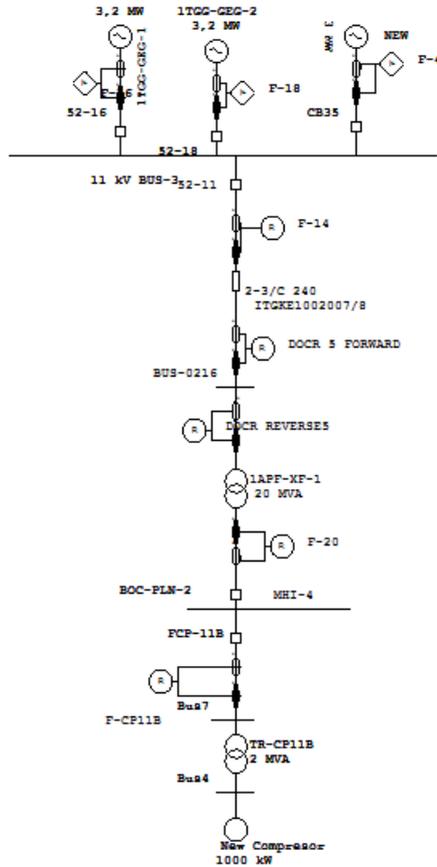
1. LVCB 1APC-2 untuk melindungi sisi sekunder trafo 1APC-XF-2 ketika terjadi gangguan arus hubung singkat pada bus 1APC-SUS-1.
2. Jika ada gangguan pada bus-0215 maka rele DOCR REVERSE 4 akan bertindak sebagai pengaman utama dari arah arus yang berasal dari bus 1APC-SUS-1 dengan *time delay* 0,1s. Rele DOCR REVERSE 4 berfungsi untuk mengamankan trafo 1APC-XF-2 serta untuk mengamankan generator dari arah arus yang sebelumnya tidak dapat dideteksi oleh rele *existing* karena arah arus gangguan berupa *reverse*. Sedangkan rele DOCR 4 FORWARD dan F-17 akan melindungi bus 11 kV BUS-3

dengan *time delay* masing-masing 0,1s dan 0,3 s. Rele DOCR 4 FORWARD akan bekerja secara seketika ketika terjadi gangguan pada *bus-0215* dan akan ketika ada gangguan di *bus 1APC-SUS-1* rele ini akan mendeteksi arah arus serta nilai arus yang diberikan oleh 11 kV BUS-3 sebelum mengaktifkan CB 52-13 dengan seketika.

3. Rele F-16, rele F-18, dan rele F-4, berfungsi untuk melindungi generator GEG-1, generator GEG-2, dan generator NEW ketika terjadi hubung singkat pada *bus-3* dan sebagai *backup* dari rele F-17 dan ketika gagal mengisolasi gangguan.

4.6.5 Koordinasi Proteksi *Resetting* Tipikal 5

Komponen *resetting* sistem proteksi pada tipikal 5 terdiri dari rele F-CP11B, rele F-20, rele F-14, rele F-16 dan rele F-18. dan menggunakan penambahan rele DOCR 5 FORWARD dan DOCR REVERSE 5. Berikut adalah hasil *resetting* tipikal 5.



Gambar 4.21 Single line diagram resetting tipikal 5

Perhitungan *Resetting* Tipikal 4:

➤ **Rele F-CP11B**

<i>Manufacturer</i>	: GE Multilin
<i>Model</i>	: F650
<i>Curve Type</i>	: <i>Normal Inverse (ANSI)</i>
<i>CT Ratio</i>	: 100 / 5
<i>Isc min</i>	: 15110 A
<i>Isc max</i>	: 18000 A
<i>FLA primer trafo TRCIIB</i>	: 57,74 A

Time Overcurrent Pickup

$$1,05 \times \text{FLA prim TRCIIB} \leq I_{set} \leq 1,4 \times \text{FLA prim TRCIIB}$$

$$1,05 \times 57,74 \leq I_{set} \leq 1,4 \times 57,74$$

$$60,627 \leq I_{set} \leq 80,83$$

$$\frac{60,627}{100/5} \leq \text{Tap} \leq \frac{80,83}{100/5}$$

$$3,031 \leq \text{Tap} \leq 4,042$$

Dipilih Iset = 70 A

Time Dial

Dipilih waktu operasi (t_d) = 0,1 detik.

$$t = \frac{K \times T_d}{\beta \times [(I)^{\alpha}-1]}$$

$$T = \frac{t \times \beta \times [(I)^{\alpha}-1]}{K}$$

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

$$T_d = \frac{0,1 \times 2,97 \times \left[\left(\frac{18000}{23570} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

Dipilih *time dial* = 2

Instantaneous Pickup

$$1,4 \times \text{FLA sek TR-CP11B} \leq I_{set} \leq 0,8 \times I_{sc \min}$$

$$1,4 \times 57,74 \leq I_{set} \leq 0,8 \times 15110$$

$$80,83 \leq I_{set} \leq 12088$$

Dipilih Iset = 3000 A

Time Delay

Dipilih time delay = 0,1 detik

➤ **Rele F-20**

- Manufacturer* : GE Multilin
- Model* : 745
- Curve Type* : *Very Inverse (ANSI)*
- CT Ratio* : 600 / 5
- Isc min* : 3250 A
- Isc max* : 4290 A
- FLA sekunder trafo 1APF-XF-1* : 577,4 A

Time Overcurrent Pickup

$$1,05 \times \text{FLA sek 1APF-XF-1} \leq I_{\text{set}} \leq 1,4 \times \text{FLA sek 1APF-XF-1}$$

$$1,05 \times 577,4 \leq I_{\text{set}} \leq 1,4 \times 577,4$$

$$367,395 \leq I_{\text{set}} \leq 808,36$$

$$\frac{367,395}{600} \leq \text{Tap} \leq \frac{808,36}{600}$$

$$1,01 \leq \text{Tap} \leq 1,34$$

Dipilih Iset = 700 A

Time Dial

Dipilih waktu operasi (t_d) = 0,3 detik.

$$t = \frac{K \times T_d}{\beta \times [(I)^{\alpha} - 1]}$$

$$T = \frac{t \times \beta \times [(I)^{\alpha} - 1]}{K}$$

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

$$T_d = \frac{0,3 \times 2,97 \times \left[\left(\frac{4290}{700} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

Dipilih *time dial* = 2,1

Instantaneous Pickup

$$1,4 \times \text{FLA prim 1 APF XF-1} \leq I_{\text{set}} \leq 0,8 \times I_{\text{sc min}}$$

$$1,4 \times 577,74 \leq I_{\text{set}} \leq 0,8 \times 3250$$

$$808,36 \leq I_{\text{set}} \leq 2600$$

Dipilih Iset = 2400 A

Time Delay

Dipilih time delay = 0,3 detik

➤ **Rele DOCR REVERSE 5**

Manufacturer : GE Multilin

Model : F650

CT Ratio : 2000 / 5

Isc min : 8140A

Isc max : 9410 A

FLA primer trafo 1APF-XF-1 : 1050 A

Instantaneous Pickup

$$1,4 \times \text{prim trafo 1APF - XF - 1} \leq I_{\text{set}} \leq 0,8 \times I_{\text{sc min}}$$

$$1,4 \times 1050 \leq I_{\text{set}} \leq 0,8 \times 8140$$

$$1470 \leq I_{\text{set}} \leq 6512$$

Dipilih Iset = 5000 A

Time Delay

Dipilih time delay = 0,1 detik

➤ **Rele DOCR5 FORWARD**

<i>Manufacturer</i>	: GE Multilin
<i>Model</i>	: F650
<i>CT Ratio</i>	: 2000 / 5
Isc min	: 10830A
Isc max	: 16260 A
FLA primer trafo 1APF-XF-1	: 1050 A

Instantaneous Pickup

$$1,4 \times \text{prim trafo 1APF - XF} - 1 \leq I_{\text{set}} \leq 0,8 \times \text{Isc min}$$

$$1,4 \times 1050 \leq I_{\text{set}} \leq 0,8 \times 10830$$

$$1470 \leq I_{\text{set}} \leq 8664$$

Dipilih Iset = 4000 A

Time Delay

Dipilih time delay = 0,1 detik

➤ **Rele F-14**

<i>Manufacturer</i>	: GE Multilin
<i>Model</i>	: MIF II
<i>Curve Type</i>	: <i>Very Inverse (ANSI)</i>
<i>CT Ratio</i>	: 2000 / 5
Isc min	: 10830A
Isc max	: 16260 A
FLA primer trafo 1APF-XF-1	: 1050 A

Time Overcurrent Pickup

$$1,05 \times \text{FLA primer 1APF-XF-1} \leq \text{Iset} \leq 1,2 \times \text{FLA primer 1APF-XF-1}$$

$$1,05 \times 1050 \leq \text{Iset} \leq 1,4 \times 1050$$

$$1102,5 \leq \text{Iset} \leq 1470$$

$$\frac{1102,5}{2000} \text{ In} \leq \text{Tap} \leq \frac{1470}{2000} \text{ In}$$

$$0,55 \text{ In} \leq \text{Tap} \leq 0,735 \text{ In}$$

Dipilih Iset = 1300 A

Time Dial

Dipilih waktu operasi (t_d) = 0,3 detik.

$$t = \frac{K \times T_d}{\beta \times [(I)^{\alpha}-1]}$$
$$T = \frac{t \times \beta \times [(I)^{\alpha}-1]}{K}$$
$$T = \frac{t \times \beta \times \left[\left(\frac{I_{sc \text{ max}}}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1\right]}{K}$$
$$T_d = \frac{0,3 \times 2,97 \times \left[\left(\frac{16260}{1300}\right)^{0,02} - 1\right]}{0,14}$$

Dipilih *time dial* = 2

Instantaneous Pickup

$1,4 \times \text{prim trafo 1APF - XF} - 1 \leq I_{set} \leq 0,8 \times I_{sc \text{ min}}$

$1,4 \times 1050 \leq I_{set} \leq 0,8 \times 10830$

$1470 \leq I_{set} \leq 8664$

Dipilih Iset = 6000 A

Time Delay

Dipilih *time delay* = 0,3 detik

➤ **Rele F-16**

Manufacturer : Beckwith Electric

Model : M-3420

Curve Type : Inverse

CT Ratio : 250 / 5

Isc min : 877 A

Isc max : 1400 A

FLA 1TGG-GEG-1 : 209,9 A

Time Overcurrent Pickup

$1,05 \times \text{FLA 1TGG-GEG-1} \leq I_{set} \leq 1,4 \times \text{FLA 1TGG-GEG-1}$

$1,05 \times 209,9 \leq I_{set} \leq 1,4 \times 209,9$

$220,395 \leq I_{set} \leq 293,86$

$\frac{220,395}{\frac{250}{5}} \leq \text{Tap} \leq \frac{293,86}{\frac{250}{5}}$

$4,4 \leq \text{Tap} \leq 5,8$

Dipilih Iset = 235 A

Time Dial

Dipilih waktu operasi (t_d) = 0,7 detik.

$$t = \frac{K \times T_d}{\beta \times [(I)^{\alpha-1}]}$$
$$T = \frac{t \times \beta \times [(I)^{\alpha-1}]}{K}$$
$$T = \frac{t \times \beta \times \left[\left(\frac{I_{sc \max}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1 \right]}{K}$$
$$T_d = \frac{0,7 \times 2,97 \times \left[\left(\frac{1400}{235} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

$T \geq 0,55$

Dipilih *time dial* = 2

➤ **Rele F-18**

Manufacturer : Beckwith Electric
Model : M-3420
Curve Type : Inverse
CT Ratio : 250 / 5
Isc min : 877 A
Isc max : 1400 A
FLA 1TGG-GEG-1 : 209,9 A

Time Overcurrent Pickup

$1,05 \times \text{FLA 1TGG-GEG-1} \leq I_{set} \leq 1,4 \times \text{FLA 1TGG-GEG-1}$

$1,05 \times 209,9 \leq I_{set} \leq 1,4 \times 209,9$

$220,395 \leq I_{set} \leq 293,86$

$\frac{220,395}{250/5} \leq \text{Tap} \leq \frac{293,86}{250/5}$

$4,4 \leq \text{Tap} \leq 5,8$

Dipilih Iset = 235 A

Time Dial

Dipilih waktu operasi (t_d) = 0,7 detik.

$$t = \frac{K \times T_d}{\beta \times [(I)^{\alpha-1}]}$$
$$T = \frac{t \times \beta \times [(I)^{\alpha-1}]}{K}$$
$$T = \frac{t \times \beta \times \left[\left(\frac{I_{sc \max}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1 \right]}{K}$$

$$T_d = \frac{0,7 \times 2,97 \times \left[\left(\frac{1400}{235} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

Dipilih *time dial* = 2

➤ **Rele F-4**

<i>Manufacturer</i>	: Beckwith Electric
<i>Model</i>	: M-3420
<i>Curve Type</i>	: <i>Inverse</i>
<i>CT Ratio</i>	: 250 / 5
Isc min	: 781 A
Isc max	: 1030 A
FLA 1TGG-GEG-1	: 196,8 A

Time Overcurrent Pickup

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

$$1,05 \times 196,8 \leq \text{Iset} \leq 1,4 \times 196,8$$

$$206,64 \leq \text{Iset} \leq 275,52$$

$$\frac{220,395}{250/5} \leq \text{Tap} \leq \frac{293,86}{250/5}$$

$$4,4 \leq \text{Tap} \leq 5,8$$

Dipilih Iset = 235 A

Time Dial

Dipilih waktu operasi (t_d) = 0,7 detik.

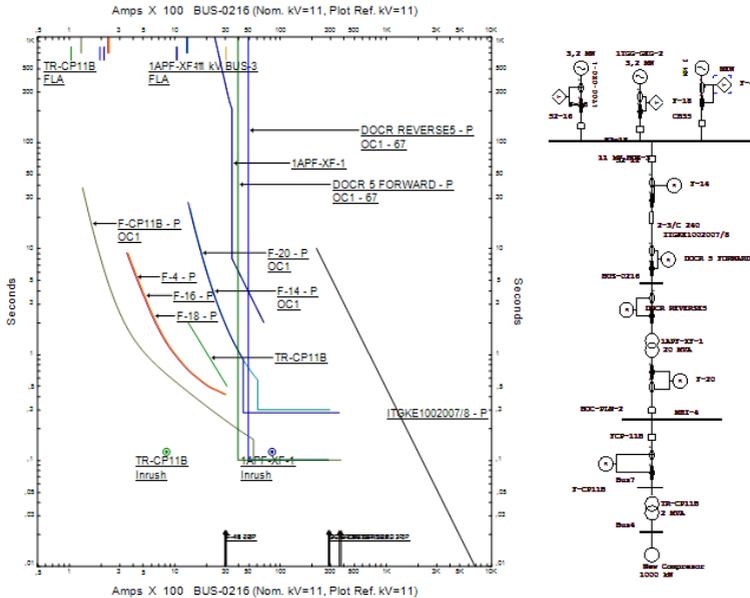
$$t = \frac{K \times T_d}{\beta \times [(I)^{\alpha} - 1]}$$

$$T = \frac{t \times \beta \times [(I)^{\alpha} - 1]}{K}$$

$$T = \frac{t \times \beta \times \left[\left(\frac{\text{Isc max}}{\text{Iset}} \right)^{0,02} - 1 \right]}{K}$$

$$T_d = \frac{0,7 \times 2,97 \times \left[\left(\frac{1030}{235} \right)^{0,02} - 1 \right]}{0,14}$$

Dipilih *time dial* = 2



Gambar 4.22 Kurva hasil resetting tipikal 5

Dari plot kurva di atas dapat disimpulkan :

1. Rele F-CP11B berfungsi untuk melindungi bus BOC-PLN-2 ketika terjadi hubung singkat pada bus 7. Rele F-CP11B bekerja dengan *time delay* sebesar 0,1 s, rele ini juga berfungsi sebagai pelindung beban lebih trafo. Rele DOCR REVERSE 5 pada bagian ini berfungsi sebagai pemangan primer ketika terjadi gangguan di bus-0216, ketika sebelum pemasangan rele ini arus hubung singkat akan menuju kearah bus pembangkit dan mengganggu kerja pembangkit dan baru kemudian dapat dideteksi oleh rele F-04, F-16, dan F-18. Rele ini berfungsi untuk melindungi dari trafo dari gangguan. Rele DOCR REVERSE 5 ini bekerja dengan waktu 0,1s. Rele ini akan bekerja seketika ketika ada arah arus yang menuju ke tempat tujuan. Tetapi ketika titik gangguan berada pada bus BOC-PLN-2 maka rele DOCR REVERSE 5 tidak akan aktif karena arah aliran arus berbeda dengan *setting* awal rele ini, tetapi rele DOCR5 FORWARD akan berfungsi sebagai pemangan ketika arah arus menuju ke bus-0216 dari bus 11kV BUS-3. Arus yang mengalir dari bus ini bernilai besar karena bus ini terhubung langsung dengan pembangkit.

2. Rele F-20 berfungsi untuk melindungi sisi sekunder dari trafo APF-XF-1 saat terjadi hubung singkat terjadi di BOC-PLN-2 dan sebagai *backup* ketika rele F-CP11B gagal mengisolasi gangguan. *Time delay* yang digunakan oleh rele ini adalah 0,3 s.

3. Rele F-16, rele F-18, dan rele F-4, berfungsi untuk melindungi generator GEG-1, generator GEG-2, dan generator NEW ketika terjadi hubung singkat pada *bus-3* dan sebagai *backup* dari rele F-14 dan ketika gagal mengisolasi gangguan.

(Halaman Ini Sengaja dikosongkan)

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi dan analisa dari sistem pengaman PT Linde Indonesia *site* Gresik, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Proses *resetting* pada koordinasi proteksi di PT Linde Indonesia *site* Gresik ini dengan menambahkan rele arah arus lebih (DOCR) yang *disetting* dengan waktu yang cepat. *Resetting* ini berfungsi untuk membuat sistem menjadi lebih stabil dan lebih selektif dalam melindungi pada daerah yang bergangguan. Waktu yang *time delay* yang digunakan untuk menyeting DOCR disini adalah seketika atau 0,1 s. Pada kondisi *existing* dapat diambil contoh yaitu pada rele F-15 ketika gangguan berada pada *bus-0213* yang bekerja dengan menggunakan *time delay* sebesar 0,3 detik yang dimana kurang cepat dalam mengisolasi gangguan.
2. Letak pemasangan DOCR pada *plant* ini terdapat pada saluran-saluran yang terhubung oleh dua buah *bus* yang masing-masing *bus* disuplai oleh beberapa generator yang berbeda, hal ini menyebabkan adanya arah arus yang berbeda ketika terjadi gangguan.
3. Sebagian rele di PT.Linde Indonesia *site* Gresik pada saat keadaan *existing* memiliki kekurangan yaitu kurang cepat nya rele dalam proses *sensing* ketika ada gangguan terjadi, tetapi setelah penambahan rele DOCR dan dilakukan *resetting* terhadap beberapa rele yang ada di PT.Linde Indonesia *site* Gresik hasil koordinasi menjadi lebih cepat dan sesuai dengan yang dikehendaki.

5.2. Saran

Dengan menggunakan hasil analisa yang telah dilakukan pada PT.Linde Indonesia *site* Gresik, maka hasil analisa ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk mendapatkan hasil *setting* koordinasi proteksi yang lebih baik pada PT.Linde Indonesia *site* Gresik yang dapat menjadi masukan untuk kedepannya, saran untuk sistem proteksi pada PT.Linde Indonesia *site* Gresik yaitu sebagai berikut :

- Karena adanya hasil *setting* beberapa rele yang kurang tepat pada *plant* maka akan menyebabkan hasil koordinasi proteksi yang kurang maksimal, maka sebaiknya sistem yang ada perlu di *resetting* serta penambahan untuk DOCR yang berfungsi untuk mengamankan hubung singkat pada *bus-bus* yang

sebelumnya tidak *tercover* sehingga arus yang mengalir dari *bus-bus* tersebut akan mengganggu kestabilan sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] DataWeb, “Kabar”, Website Resmi PLN : pln.co.id, 2014
- [2] Pujiantara, Margo, “Kuliah Desain Sistem Tenaga Listrik”, Teknik Elektro ITS, Surabaya, 2016
- [3] Wahyudi, “Diktat Kuliah Pengaman Sistem Tenaga Listrik”, Teknik Elektro ITS, Surabaya, Bab 2, 2004
- [4] Soeprijanto, Adi, ”Kestabilan Sistem Tenaga Listrik, Diktat Kuliah Analisis Sistem Tenaga Listrik 2”, Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- [5] Panangsang, Ontoseno, “Short Circuit Simulation And Analysis, Diktat Mata Kuliah Analisa Sistem Tenaga 2”, Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri, Institut Sepuluh Nopember Surabaya
- [6] Lazar, Irwin, “Electrical System Analysis and Design for Industrial Plant”, McGraw-Hill Inc., USA, Ch. 1, 1980
- [7] Wahyudi, “Diktat Kuliah Pengaman Sistem Tenaga Listrik”, Teknik Elektro ITS, Surabaya, Bab 2, 2004
- [8] L. Tobing, Bonggas, “Peralatan Tegangan Tinggi, Diktat Kuliah Peralatan Tegangan Tinggi, Edisi Kedua”, Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS



Penulis bernama lengkap Muhammad Reza Adzani dilahirkan di Surabaya, 24 April 1993. Penulis adalah anak pertama dari dua bersaudara. Penulis memulai pendidikan tahun 1999 di SDN Sawunggaling VIII (lulus tahun 2005) dan melanjutkan pendidikan di SMPN 6 Surabaya (lulus tahun 2008) dan SMAN 2 Surabaya (lulus tahun 2011). Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di D3 Teknik Elektro Komputer Kontrol di kampus Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Selama kuliah D3 penulis aktif berorganisasi dan pernah menjadi fungsionaris HIMA D3 Teknik Elektro. Pada tahun 2014 penulis melanjutkan studi sarjana melalui program lintas jalur di Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Jurusan Teknik Elektro (FTI-ITS) mengambil bidang studi Teknik Sistem Tenaga.

Halaman ini sengaja dikosongkan