



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR - EE 184801**

**STUDI KOORDINASI PROTEKSI  
PADA PABRIK 1 PT.PETROKIMIA GRESIK  
DENGAN MEMPERTIMBANGKAN *ARC-FLASH***

Andy priyawandika  
NRP 0711174500025

Dosen Pembimbing  
Dr. Ir. Margo Pujiantara, M.T.  
Dimas Anton Asfani, S.T., M.T., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO  
Fakultas Teknologi Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019





**FINAL PROJECT - EE 184801**

**PROTECTION COORDINATION STUDY  
AT PT.PETROKIMIA GRESIK 1  
WITH ARC-FLASH CONSIDERATION**

Andy priyawandika  
NRP 0711174500025

Advisor  
Dr. Ir. Margo Pujiantara, M.T.  
Dimas Anton Asfani, S.T., M.T., Ph.D.

DEPARTEMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING  
Faculty of Electrical Technology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2019



## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “Studi Koordinasi Proteksi Pada Pabrik 1 PT.Petrokimia Gresik Dengan mempertimbangkan *Arc Flash*” 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, Juli 2019



Andy priyawandika  
NIP. 07111745000025

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**STUDI KOORDINASI PROTEKSI PADA  
PABRIK 1 PT.PETROKIMIA GRESIK  
DENGAN MEMPERTIMBANGKAN *ARC FLASH***

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

**Pada**

**Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga  
Jurusan Teknik Elektro  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Menyetujui,**

**Dosen Pembimbing I**

**Dosen Pembimbing II**

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

**Dimas Anton Asfani, S.T., M.T., Ph.D.**  
NIP. 198109052005011002



*Halaman Ini Sengaja Dikosngkan*



# STUDI KOORIDNASI PROTEKSI PADA PABRIK 1 PT.PETROKIMIA GRESIK DENGAN MEMPERTIMBANGKAN *ARC FLASH*

**Nama** : Andy priyawandika

**Pembimbing I** : Dr .Ir.Margo Pujiantara,MT.

**Pembimbing II** : Dr.Dimas Anton Asfani,ST.MT.

## ABSTRAK

Pada suatu sistem kelistrikan diperlukan seting sistem proteksi untuk menjaga kontinuitas dan meningkatkan keandalan sistem. Dikarenakan ketika terjadi gangguan, relay proteksi diharuskan mampu mengamankan gangguan tersebut tanpa mempengaruhi sistem yang tidak terkena gangguan. Melalui tugas akhir dilakukan studi koordinasi pada pabrik 1 PT.Petrokimia Gresik. Pemodelan sistem kelistrikan dilakukan menggunakan *software* etap 12.6 diikuti dengan studi *load flow* dan analisa hubung singkat. Setelahnya dilakukan seting relay pengaman dan analisa tingkat bahaya *arc flash*.

*Arc flash* merupakan suatu enegi yang dihasilkan ketika terjadi gangguan hubung singkat. IEEE 1584 -2004 merupakan dasar untuk menentukan jarak aman (*flash protection boundary*) dan besar nilai energy (*Incident Energy*) terhadap bahaya *arc flash*. Besarnya nilai *incident energy* dapat diketahui dengan menentukan nilai *bolted three phase fault curret*, *Fault Clearing Time* merupakan waktu yang digunakan relay pengaman mulai dari mengirim sinyal trip ke *circuit breaker* sampai *circuit breaker* membuka.

Kata Kunci – Relay Pengaman,*arc flash,incident energy,Fault Clearing Time*

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

# **PROTECTION COORDINATION STUDY AT FACTORY 1 PT.PETROKIMIA GRESIK WITH *ARC FLASH* CONSIDERATION**

**Name** : Andy priyawandika  
**Advisor I** : Dr .Ir.Margo Pujiantara,MT.  
**Advisor II** : Dr.Dimas Anton Asfani,ST.MT.

## **ABSTRACT**

in an electrical system, protection system settings are needed to maintain continuity to improve system reliability. Because when there is interference, a protection relay is required to be able to secure the interference without affecting the system that is not affected by interference. Through this final assignment, writer can study to coordinate with factory 1, PT. Petrokimia Gresik. Electrical system modeling is done using etap 12.6 software followed by load flow studies and short circuit analysis. After that the protection relay settings are carried out and an analysis of the arc flash danger level.

Flash arc is an energy that is produced when a short circuit occurs. IEEE 1584-2004 is the basis for determining the safe distance (flash protection boundary) and the amount of energy value (Incident Energy) for the danger of arc flash. The amount of incident energy value can be known by determining the three phase fault current value, Fault Clearing Time is the time used by the protection relay from sending a trip signal to the circuit breaker until the circuit breaker opens.

Keywords – protection relay, *arc flash*, *incident energy*, *Fault Clearing Time*

*Halaman Ini Sengaja Dikosongkan*

## **KATA PENGANTAR**

Segala puji dan syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT yang selalu memberikan rahmat dan ridho – Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan buku tugas akhir yang berjudul “Studi Koordinasi Proteksi Pada Pabrik 1 PT.Petrokimia Gresik Dengan Mempertimbangkan Arc-Flash”. Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, karena perlindungan, pertolongan dan ridho – Nya sehingga mampu menyelesaikan tugas akhir ini serta hamba - Nya yang termulikan Nabi Besar Muhammad SAW.
2. Keluarga yang selalu memberi dukungan dan mendoakan dari awal hingga akhir dalam kegiatan pembelajaran penulis dan penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Ir. Margo Pujiantara, M.T. dan Bapak Dimas Anton Asfani, S.T.,M.T.,Ph.D. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir penulis.
4. Bapak Chandra dan Bapak Yudi selaku pembimbing selama penulis melakukan pengumpulan data di PT.Petrokimia Gresik

Semoga Allah SWT selalu memberikan perlindungan, rahmat, dan nikmat-Nya bagi kita semua. Amin.

*Halaman Ini Sengaja Dikosongkan*

## DAFTAR ISI

<b>JUDUL</b> .....	i
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b> .....	iii
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	v
<b>ABSTRAK</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	ix
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvii

### **BAB I PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Permasalahan .....	1
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan dan Manfaat .....	2
1.5 Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori .....	2
1.6 Metodologi .....	3

### **BAB II DASAR TEORI**

2.1 Gangguan beban Lebih .....	5
2.2 Gangguan Hubung Singkat .....	5
2.2.1 Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa .....	5
2.2.2 Gangguan Hubung Singkat Antar Fasa .....	6
2.2.3 Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah .....	6
2.3 Rele Pengaman Arus Lebih .....	6
2.3.1 Relay Arus Lebih Inverse .....	7
2.3.2 Relay Arus Lebih Instan .....	7
2.3.3 Setting Relay Arus Lebih .....	7
2.3.4 Koordinasi Relay Pengaman Arus Lebih .....	8
2.3.5 Trafo Arus .....	8
2.3.6 Syarat Relay Pengaman .....	8
2.4 Busur Api .....	9
2.4.1 Metode Perhitungan <i>Arc Flash</i> .....	9

### **BAB III SISTEM KELISTRIKAN PABRIK 1 PT.PETROKIMIA GRESIK**

3.1 Spesifikasi Gas Turbin Generator .....	13
--	----

3.2	Spesifikasi Transformer .....	13
3.3	Spesifikasi Bus .....	14
3.4	Spesifikasi Beban .....	14
3.5	Arus Hubung SIngkat .....	16

## **BAB IV HASIL SIMULASI DAN ANALISA DATA**

4.1	Koordinasi Proteksi Tipikal 1A .....	20
4.2	Koordinasi Proteksi Tipikal 1B .....	28
4.3	Koordinasi proteksi Tipikal 2A .....	35
4.4	Koordinasi Proteksi Tipikal 2B .....	41
4.5	Koordinasi Proteksi Tipikal 3A .....	47
4.6	Koordinasi Proteksi Tipikal 3B .....	54
4.7	Koordinasi Proteksi Gangguan Fasa ke Tanah .....	59
4.8	Analisa Arc Flash .....	62
4.8.1	Perhitungan Arc Flash PS2280 .....	62
4.8.2	Perhitungan Arc Flash PS2281A.....	62
4.8.3	Perhitungan Arc Flash PS2281B .....	63
4.8.4	Perhitungan Arc Flash PC0 .....	64
4.8.5	Perhitungan Arc Flash PC3 .....	64
4.8.6	Perhitungan Arc Flash HVS 1100 .....	65
4.8.7	Perhitungan Arc Flash HVS 02-500 66.....	66
4.8.8	Perhitungan Arc Flash PM-2282D .....	67
4.8.9	Perhitungan Arc Flash PC0-380V1 .....	67
4.8.10	Perhitungan Arc Flash 01 LVS 03-500 .....	68
4.9	Hasil perhitungan Arc Flash Pada Eksisting dan Reseting .....	69

## **BAB V PENUTUP**

5.1	Kesimpulan .....	71
5.2	Saran .....	71

<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>73</b>
-----------------------------	-----------

## **DAFTAR RIWAYAT HIDUP**



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Single Line Diagram Pabrik 1 .....	13
Gambar 4.1	Pemilihan Tipikal .....	19
Gambar 4.2	Single Line Diagram Tipikal 1A .....	20
Gambar 4.3	Kurva TCC Tipikal 1A Eksisting .....	21
Gambar 4.4	Kurva TCC Tipikal 1A Reseting .....	26
Gambar 4.5	Single Line Diagram Tipikal 1B .....	28
Gambar 4.6	Kurva TCC Tipikal 1B Existing .....	28
Gambar 4.7	Kurva TCC Tipikal 1B Resetting .....	33
Gambar 4.8	Gambar SLD Tipikal 2A .....	35
Gambar 4.9	Kurva TCC Tipikal 2A Existing .....	36
Gambar 4.10	Kurva TCC Tipikal 2A Resetting .....	39
Gambar 4.11	Single Line Diagram Tipikal 2B .....	41
Gambar 4.12	Kurva TCC Tipikal 2B Existing .....	41
Gambar 4.13	Kurva TCC Tipikal 2B Resetting .....	45
Gambar 4.14	Single Line Diagram Tipikal 3 .....	47
Gambar 4.15	Kurva TCC Tipikal 3A Existing .....	48
Gambar 4.16	Kurva TCC Tipikal 3A .....	52
Gambar 4.17	SLD tipikal 3B .....	54
Gambar 4.18	kurva TCC tipikal 3B .....	54
Gambar 4.19	kurva reseting tipikal 3B .....	58
Gambar 4.20	Single Line Diagram Tipikal 1 (Gangguan L-G) .....	59
Gambar 4.21	Kurva TCC Gangguan Fasa ke Tanah .....	61

*Halaman ini Sengaja Dikosongkan*

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pemiliha Standar Kurva .....	8
Tabel 2.2 Data Parameter Yang dibutuhkan .....	10
Tabel 2.3 Personal protective equipment .....	11
Tabel 3.1 Spesifikasi Generator .....	13
Tabel 3.2 Spesifikasi Transformrer .....	13
Tabel 3.3 Spesifikasi Generator .....	14
Tabel 3.4 Spesifikasi Beban .....	14
Tabel 3.5 Data Beban Static .....	15
Tabel 3.6 Data Beban Lump .....	15
Tabel 3.7 Arus Hubung SINGkat Maksimum 4 cycle .....	13
Tabel 3.8 Arus Hubung Singkat Minimum 30 cycle .....	13
Tabel 4.1 Line to Line (symmetrical) fault on Bus HVS 1100 .....	26
Tabel 4.2 Seting Proteksi Existing .....	27
Tabel 4.3 Seting Proteksi Reseting .....	27
Tabel 4.4 Line to Line (symmetrical) fault on bus 01 HVS 01-500....	34
Tabel 4.5 Seting proteksi <i>Existing</i> .....	34
Tabel 4.6 Setting proteksi <i>Reseting</i> .....	34
Tabel 4.7 Line to Line (symmetrical) fault on bus PS2281 B .....	39
Tabel 4.8 Seting Proteksi <i>Existing</i> .....	40
Tabel 4.9 Seting Proteksi <i>Reseting</i> .....	40
Tabel 4.10 Line to Line (symmetrical) fault on PC0 .....	46
Tabel 4.11 Seting proteksi <i>existing</i> .....	46
Tabel 4.12 Seting Proteksi <i>reseting</i> .....	47
Tabel 4.13 Line to Line (symmetrical) fault on bus PS2280 .....	52
Tabel 4.14 Seting Proteksi <i>Existing</i> .....	53
Tabel 4.15 Seting Proteksi <i>Reseting</i> .....	53
Tabel 4.16 Line to Line (symmetrical) fault on bus HVS 20 kVPLN.	57
Tabel 4.17 Seting Proteksi <i>Existing</i> .....	58
Tabel 4.18 Seting Proteksi <i>Reseting</i> .....	58
Tabel 4.19 Line to Ground (symmetrical) fault on bus 24 .....	61
Tabel 4.20 <i>Arc Flash</i> Pada Kondisi Existing .....	69
Tabel 4.21 <i>Arc Flash</i> pada kondisi Reseting .....	69

*Halaman ini Sengaja Dikosongkan*





# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 LATAR BELAKANG

PT.Petrokimia Gresik merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang produksi pupuk pertanian. Pupuk yang menjadi produksi dari PT.Petrokimia Gresik yaitu nitrogen (ZA dan urea) dan pupuk fosfat. Untuk mendukung proses produksi PT.Petrokimia memiliki 3 pabrik yaitu pabrik 1,2 dan 3. Penting untuk menjaga peralatan untuk tetap beroperasi ditengah permintaan produksi pupuk yang semakin tinggi. Studi koodinasi proteksi perlu dilakukan untuk mendukung proses produksi perusahaan karena arus gangguan hubung singkat yang tinggi dapat mengakibatkan perlatan rusak. Pada setting waktu proteksi dikenal arus waktu terbalik dan waktu instan dengan karakteristik tripping yang berbeda. Selain setting waktu, proteksi perlu mempertimbangkan bahaya arc-flash untuk memberikan keamanan pada pekerja dan peralatan.

Tujuan dari tugas akhir ini yaitu untuk menentukan Setting waktu rele pengaman dengan mempertimbangkan bahaya *arc-flash*. Setelah itu kategori *arc-flash* sesuai standar IEEE 1584-2002 dengan menghitung besar energy dan lama terjadi *arc-flash*, lalu. Besar arus gangguan hubung singkat perlu diketahui dalam menghitung energy yang terjadi selama arc-flash. Simulasi software ETAP 12.6 berfungsi mencari nilai gangguan arus hubung singkat maksimum (3 fasa ke tanah) dan aru shubung singkat minimum (*Line to line 30cycle*) pada titik gangguan. Selain itu, koordinasi antar rele pengaman perlu di analisa dalam bentuk plot kurva TCC pada software. Semakin cepat rele pengaman menagamakan titik gangguan maka energy yang dihasilkan *arc-flash* semakin kecil.

### 1.2 PERMASALAHAN

1. Bagaimana pemodelan sistem kelistrikan pabrik 1 PT.Petrokimia dan plot kurva TCC dalam software etap 12.6 ?
2. Bagaimana menghitung besar energy dan lama terjadinya *arc-flash* ?
3. Bagaimana menentukan *Flash Bounday* setelah diketahui besar insident energy *Arc Flash* ?
4. Bagaimana setting waktu rele pengaman dengan pertimbangan *arc-flash* ?
5. Bagaimana plot kurva TCC yang baru dengan pertimbangan *arc-flash* ?

### 1.3 BATASAN MASALAH

1. Studi koordinasi proteksi dilakukan pada tegangan 11,5 ; 6 dan 0,38 KV
2. Rele yang digunakan rele fasa 50/51
3. Pengambilan data dilakukan di Pabrik 1A PT.Petrokimia Gresik

### 1.4 TUJUAN DAN MANFAAT

1. Mendapatkan model kelistikan pabrik 1 PT.Petrokimia dan plot kurva TCC dalam software ETAP 12.6
2. Mendapatkan besar energy dan lama terjadi arc-flash
3. Memendapatkan setting waktu rele pengamanan dengan pertimbangan arc-flash
4. Mengetahui koordinasi proteksi dengan pertimbangan arc-flash digambarkan dengan plot kurva TCC
5. Refrensi bagi pembaca yang ingin mengambil judul tugas akhir mengenai setting rele proteksi
6. Memberikan pengetahuan singkat mengenai setting rele pengamanan pada gangguan arus hubunng singkat

### 1.5 TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Pada sistem kelistrikan terdapat gangguan hubung singkat yang berbahaya bagi peralatan dan manusia. *Fault* pada sistem kelistrikan dapat menyebabkan kerusakan peralatan, tegangan menjadi turun, tingginya arus hubung singkat, dan pasukan daya menjadi terganggu[1]. Setting rele arus lebih *inverse time* semakin cepat mengamankan gangguan ketika arus yang dirasakan rele semakin besar. *Invers time* rele memiliki setting arus pick up yang melebihi arus nominal peralatan sehingga *invers time* rele tidak akan bekerja saat beban mencapai maksimum [2]. Pada penyetelan rele proteksi dapat terjadi kegagalan dikarenakan oleh berbagai macam sebab, oleh karena itu dibutuhkan rele *back up* yang akan bekerja ketika rele utama yang merasakan gangguan tidak bekerja [2].

Fenomena *arc-flash* timbul karena *arcing-fault* pada titik gangguan. *Arching fault* adalah busur api ketika terjadi gangguan pada suatu titik atau adanya kontak langsung antar konduktor per fasa [3]. *Arc-flash* terjadi karena *arching fault* antara konduktor per fasa atau antara fasa dengan ground [3]. Bahaya dari *arc flash* yaitu dapat menyebabkan peralatan dan isolasi penghantar meledak dikarenakan adanya *arc blast*. *Arc blast* terjadi karena adanya pemanasan di sekitar penghantar dan peralatan karena erdapat di sekitar busur api[4]. Perhitungan energy dan lama terjadi arc-flash digunakan untuk menentukan kategori bahaya



menurut standar IEEE 1584-2002. Kategori standar yang didapat, digunakan untuk menentukan pakaian pelindung standard NFPA 70E untuk teknisi.

## 1.6 METODOLOGI

1. Pengumpulan data  
Data yang diperlukan untuk pengerjaan tugas akhir :
  - a. *single line diagram* pabrik 1 PT.Petrokimia Gresik
  - b. Data spesifikasi peralatan
  - c. Data saluran transmisi
  - d. Data circuit breaker yang digunakan
  - e. Data pembebanan
2. *Load flow* analisis  
Studi *load flow* analisis dilakukan dengan menggunakan simulasi ETAP 12.6 dikarenakan pada proses perhitungan *load flow* memiliki iterasi yang berulang. Dalam studi *load flow* analisis data yang dapat diambil adalah tegangan dan sudut tiap bus lalu aliran daya pada tiap saluran.
3. *Short circuit* analisis  
studi *Short circuit* analisis mempelajari tentang besarnya arus gangguan hubung singkat yang terjadi pada titik gangguan. Sebelum melakukan analisa short circuit hal yang perlu diperhatikan yaitu :
4. Memilih setting rele pengaman  
Setelah dilakukan analisa gangguan arus hubung singkat langkah selanjutnya adalah memberikan setting rele arus lebih waktu terbalik dan setting rele arus lebih waktu seketika.  
Setting rele arus lebih waktu terbalik :
5. Menghitung bahaya dan lama terjadi *arc-flash*
6. Pemodelan sistem pada software ETAP 12.6  
Setelah dilakukan perhitungan setting rele pengaman dan pertimbangan *arc-flash* langkah selanjutnya yaitu pemodelan sistem pada ETAP 12.6. Pada simulasi software dapat dianalisa kurva TCC antar rele proteksi.
7. Menentukan kategori bahaya menggunakan standar IEEE 1584-2002 [4]. Penentuan kategori bahaya menjadi dasar untuk pemilihan pakaian pelindung sesuai standar NFPA 70 E
8. Penyusunan laporan  
Penyusunan laporan berisi tentang pengerjaan tugas akhir dari tahap pengumpulan data sampai dengan pemodelan sistem dan penyusunan laporan dilakukan dilakukan secara berkala tiap minggu guna mengetahui progress dari pengerjaan tugas akhir

*Halaman Ini Sengaja Dikosongkan*

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

Pada sistem kelistrikan di industri penting untuk menjaga peralatan dari kondisi gangguan. Umur dari peralatan akan berkurang apabila terkena dampak dari gangguan tersebut. Oleh karena itu perlu koordinasi proteksi untuk mengamankan peralatan dari kondisi gangguan. Pada tugas akhir ini digunakan sistem kelistrikan di pabrik 1 PT. Petrokimia Gresik.

#### **2.1 GANGGUAN BEBAN LEBIH**

Gangguan beban lebih yaitu kondisi dimana arus yang mengalir ke peralatan melebihi kapasitas yang diijinkan disebabkan karena adanya pembebanan yang berlebih dari kapasitas peralatan tersebut. Kondisi ini jika dibiarkan maka akan merusak peralatan dan mengganggu sistem tenaga listrik.

#### **2.2 GANGGUAN HUBUNG SINGKAT**

Gangguan hubung singkat yaitu sebuah jalur konduktif antara dua atau lebih konduktor yang mengakibatkan tegangan mendekati nol dan arus yang mengalir menjadi sangat besar. Macam dari gangguan hubung singkat yaitu hubung singkat tiga fasa, hubung singkat tiga fasa ke tanah, hubung singkat antar fasa, hubung singkat antar fasa ke tanah dan hubung singkat satu fasa ke tanah.

Berdasarkan asal gangguan, gangguan dapat dibagi menjadi 2 yaitu gangguan yang berasal dari dalam sistem misalnya starting motor peralatan dan gangguan yang berasal dari dalam sistem.

Berdasarkan lama terjadinya gangguan, gangguan dapat dibagi menjadi gangguan temporer dan permanen. Gangguan temporer yaitu gangguan yang lama waktu terjadinya hanya sementara sedangkan untuk gangguan permanen lama waktu terjadinya dalam waktu yang lama

##### **2.2.1 Gangguan Hubung Singkat tigaFasa**

Gangguan hubung singkat tiga fasa yaitu kejadian hubung singkat dimana seluruh fasa terhubung menjadi satu titik. Apabila suatu sistem daya mengalami gangguan tiga fasa maka besarnya arus gangguan tidak hanya bergantung pada reaktansi generatir tapi juga perlu mempertimbangkan impedansi dari sistem. Umumnya gangguan tiga fasa merupakan arus gangguan yang paling besar

$$I_{sc3ph} = \frac{V_n}{Z_{sc}}$$

$V_n$  = Tegangan line to netral

$Z_{sc}$  = impedansi thevenin pada hubung singkat

### 2.2.3 Gangguan Hubung Singkat Antar Fasa

Gangguan hubung singkat antar fasa yaitu kejadian hubung singkat dimana antar fasa dari sistem saling terhubung menjadi satu titik. Besarnya gangguan antar fasa bergantung dari impedansi urutan positif dan negatif sedangkan impedansi urutan nol tidak ada karena pada saat gangguan tidak terhubung ke tanah. Gangguan antar fasa merupakan gangguan asimetri yang jarang terjadi tapi masih mungkin terjadi.

$$I_{sc2ph} = \frac{3 \times v_{LL}}{x_1 + x_2}$$

### 2.2.1 Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah

Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah yaitu kejadian hubung singkat dimana salah satu fasa terhubung ke tanah baik melalui body peralatan atau salah satu fasa menyentuh ranting pohon. Pada gangguan satu fasa ke tanah impedansi urutan nol juga dipertimbangkan karena itu diperlukan sistem pentanahan yang baik

$$I_{sc1ph} = \frac{3 \times v_n}{z_1 + z_2 + z_0}$$

## 2.3 RELE PENGAMAN ARUS LBIH

Rele pengaman digunakan untuk mengamankan sistem dari kondisi gangguan. Setting rele pengaman yang tidak dikoordinasikan dengan baik dapat mengakibatkan menurunnya keandalan dari sistem

Setting dari rele pengaman arus lebih yaitu berdasarkan arus yang melewati saluran. Ketika arus yang melewati saluran lebih besar daripada setting rele pengaman maka rele akan mengirim sinyal ke circuit breaker untuk memutus arus gangguan. Pada setting rele pengaman arus lebih dibedakan menjadi dua yaitu setting arus lebih inverse dan setting arus lebih definite.

Hal yang perlu diperhatikan dalam koordinasi dan setting rele pengaman yaitu

1. Adanya starting motor dan fungsi energize transformer circuit breaker tidak boleh membuka. Hal ini mengacu pada fungsi selektifitas dari relay tersebut
2. Mempertimbangkan sensitivitas relay pengaman fungsi ini bertujuan agar relay pengaman mampu merasakan dan

mengamankan gangguan sekecil mungkin pada titik gangguan tersebut

3. Setelah mempertimbangkan selektifitas dan sensitivitas maka relay pengamanan dapat diseting arus pick up dan time delay.

### 2.3.1 Rele Arus Lebih Inverse

Rele arus lebih Inverse akan bekerja lebih cepat ketika arus yang melewati saluran semakin tinggi dan sebaliknya akan bekerja lebih lama apabila arus yang melewati saluran semakin rendah. Pada rele arus lebih inverse terbagi menjadi standard inverse, very inverse, extremely inverse.

### 2.3.4 Rele Arus Lebih Instan

Rele arus lebih Instan akan bekerja seketika mengamankan arus gangguan apabila arus yang melewati saluran lebih besar dari setting arus pada rele pengamanan. Rentang waktu dari rele arus lebih instan yaitu tidak lebih dari 1s..

### 2.3.3 Setting Rele Arus Lebih

Rele arus lebih inverse Tidak boleh bekerja saat peralatan melakukan starting. Maka dari itu nilai seting dari rele arus lebih inverse harus lebih besar dari starting peralatan. Untuk setting pengamanan rele arus lebih inverse dibagi menjadi pemilihan arus pick up dan perhitungan time dial.

Berdasarkan *British Standard* BS-142 rentang pemilihan arus pickup diantara 1,05FLA – 1,4FLA. Setting arus pick up rele arus lebih inverse menggunakan rumus dari persamaan berikut :

$$1,05xFLA < I_{pick\ up} < 1,4xFLA$$

Setelahnya dengan mempertimbangkan current transformer dipilih tap primer dari arus pick up

$$I_{set} = \frac{I_{pick\ up}}{CT\ primary}$$

Setelah memilih arus pick up selanjutnya adalah menghitung nilai time dial dari rele arus lebih inverse menggunakan rumus persamaan

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

Dimana :

- Td = Waktu operasi (detik)
- T = Time dial

- I = Nilai arus kontribusi maksimum (ampere)
- Iset = Arus pick up (ampere)
- K = Koevisien inverse 1
- A = Koevisien inverse 2
- B = Koevisien inverse 3

Tabel 2.1 Pemilihan standar kurva

Tipe Kurva	Koefisien		
	K	A	B
Standard inverse	0,14	0,02	2,97
Very inverse	13,5	1	1,5
Extremely inverse	80	2	0,808

### 2.3.4 Koordinasi Rele Pengaman arus Lebih

Kordinasi rele pengaman arus lebih bertujuan untuk pelindung peralatan jika terjadi gangguan pada sistem tenaga listrik. Dalam hal ini kerja dari rele pengaman utama dan rele back up tidak boleh bekerja secara bersamaan. Menurut standar IEEE 242 rentang waktu untuk rele microprocessor yaitu

- Waktu buka dari CB : 0,04 -0 ,1 detik (2-5 cycle)
- Overtravel dari rele : 0,1 detik
- Faktor keamanan : 0,12 – 0,22 detik

Pada rele microprocessor overtravel rele dapat diabaikan sehingga total waktu sekitar 0,2 – 0,4 detik.

### 2.3.5 Trafo Arus (*current transformer*)

Currenrt Transformer digunakan untuk merubah besar arus yang melewati *current transformer* yang bertujuan untuk pengukuran dan mendeteksi besarnya gangguan.

### 2.3.6 Syarat Relay Pengaman

Relay dikatakan handal apabila memenuhi persamaan berikut :

#### 1. Kecepatan bereaksi

Yaitu seberapa lama waktu yang diperlukan relay utuk bekerja mulai dari relay merasakan gangguan sampai dengan relay mengirim sinyal kecircuit breaker untuk membuka. Dibawah ini merupakan rumus yang digunakan untuk menentukan waktu yang diperlukan dari rele merasakan gangguan sampai circuit breakaer terbuka.

$$top = tp + tcb$$

- Top = Waktu total
- Tp = Waktu relay bekerja

$T_{cb} = \text{Waktu CB terbuka}$

## 2. Kepekaan operasi

Relay sebagai pengaman operasi harus mempunyai kepekaan terhadap arus gangguan sekecil mungkin karena ketika relay tersebut tidakpeka maka relay tidak akan mengamankan arus gangguan tersebut yang artinya dapat membahayakan peralatan

## 3. Selektif

Maksud dari selektif adalah relay dapat menentukan titikgangguan yang terjadi dan mengirim siny ke circuit breakaer terdekat untuk membuka sehingga dapa dilokalisir dengan tepat. Sensitifitas relay yang tinggi membuat relay mampu mengamankan pada zonanya.

## 4. Ekonomis

Selain mempertimbangkan ke tiga unsur diatas salah satu yang perlu dipertimbangkan yaitu segi ekonomis peralatan tersebut. Pertimbangan ekonomis dirasa perlu disamping mempertimbangkan selectivity , sensitivitas, dan selektif agar besar investasi yang dikeluarkan oleh perusahaan dapat kembali lagi dengan cepat.

## 2.4 BUSUR API (ARCFLASH)

Arc flash adalah hasil pelepasan nergi yag cepat karenan adanya arcing fault diantara satu bus bar dengan bus lainnya , netral atau ground. Arcing fault sendiri diartikan sebagai busur api selama arus gangguan dan ketika terjadi arc fault udara sebagai konduktor.

### 2.4.1 Metode Perhitungan Arc Flash Dengan Menggunakan Standar IEEE 1584-2002

Untuk perhitungan arc flash digunakan arus hubung singkat 3 fasa untuk menentukan bolted faulted current.

Untuk level tegangan sama atau lebih kecil dari 1000 Volt :

$$\lg I_a = K + 0,662 \lg I_{bf} + 0,0966V + 0,000526G + 0,5588V(\lg I_{bf}) - 0,00304G(\lg I_{bf})$$

Untuk level tegangan 1kV-15kVmenggunakan rumus :

$$\lg I_a = 0,00402 + 0,983 \lg I_{bf}$$

Untuk rumus dari arcing current :

$$I_a = 10^{\lg I_a}$$

Dimana :

$$\lg = \text{Log}_{10}$$

$$\lg I_a = \text{Arus arcing (kA)}$$

$$K = -0,153 \text{ untuk konfigurasi terbuka}$$

- = -0,097 untuk konfigurasi box
- lgIbf = Bolted faulted current pada gangguan tiga fasa (kA)
- V = Tegangan sistem (kV)
- G = Jarak antar konduktor (mm)

Setelah nilai dari arcng current diketahui maka nilai incident energy dapat dihitung menggunakan rumus :

$$\lg En = K1 + K2 + 1,081 \lg Ia + 0,0011G$$

Dimana :

- En = Incident energy (j/cm<sup>2</sup>)normalized untuk waktu dan jarak
- K1 = -0,792 untuk konfigurasi terbuka  
-0,555 untuk konfigurasi box
- K2 = 0 untuk sistem ungrounded dan high resistance grounded  
-0,113 untuk sistem grounded
- G = Jarak antar konduktor (mm)

Untuk rumus dari En :

$$En = 10^{\lg En}$$

Setelah didapat nilai En maka dapatdihitung nilai incident energy dalam kondisi normalized menggunakan rumus :

$$E = 4,184CfEn \left( \frac{t}{0,2} \right) \left( \frac{610^x}{D^x} \right)$$

Dimana :

- E = Incident energy (j/cm<sup>2</sup>)
- Cf = Factor pengali  
1,0 untuk tegangan 1 kV  
1,5 untuk tegangan dibawah 1 kV
- En = Incident energy normalized
- T = Waktu arcng (detik)
- D = Jarak kerja
- X = Jarak exponent

Tabel 2.2 Data parameter yang dibutuhkan

Level Tegangan (kV)	Jenis Peralatan	Jarak antar Konduktor (mm)	Jarak x faktor	Jarak Kerja (mm)
0,208 -1	Open air	10-40	2	-
	Switchgear	32	1,473	455
	MCC and panel	25	1,641	455



	Cable	13	2	455
>1 – 5	Open air	102	2	-
	Switchgear	13-102	0,973	610
	Cable	13	2	455
>5 – 15	Open air	13-153	2	-
	Switchgear	153	0,973	910
	Cable	13	2	455

Untuk perhitungan flash protection boundary dapat dilakukan dengan rumus :

$$D_B = \left[ 4,184 C_f E_n \left( \frac{t}{0,2} \right) \left( \frac{610^x}{E_B} \right) \right]^{\frac{1}{x}}$$

Dimana :

- $D_B$  = Jarak batas dari titik arc (mm)  
 $C_f$  = Factor pengali  
           1.0 untuk tegangan diatas 1 Kv  
           1.5 untuk tegangan di bawah 1 kV  
 $E_n$  = Incident energy normalized  
 $E_B$  = Incident energy in  $\text{j/cm}^2$  at boundary distance  
 $T$  = Waktu arc (detik)  
 $X$  = Jarak exponent  
 $I_{bf}$  = Bolted fault current

Tabel 2.3 *Personal Protective equipment*

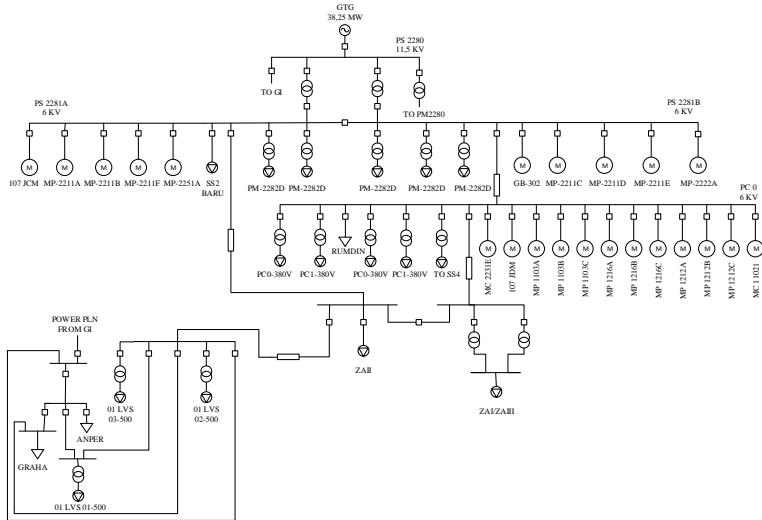
Kategori Resiko Bahaya	Nilai Insiden Energi (E) (Cal/cm2)	Alat Pelindung diri
0	1,2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baju lengan pendek/panjang</li> <li>• Celana panjang</li> <li>• Kacamata</li> </ul>
1	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baju lengan panjang tahan arc</li> <li>• Celana panjang tahan arc</li> <li>• Pelindung mata</li> </ul>
2	8	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pelindung kepala</li> <li>• Baju lengan panjang tahan arc</li> <li>• Pelindung mata dan wajah</li> <li>• Celana panjang tahan arc</li> <li>• Sarung tangan</li> <li>• Sepatu kulit</li> </ul>

3	25	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baju lengan panjang tahan busur api</li> <li>• Celana panjang tahan busur api</li> <li>• Pelindung mata dan wajah</li> <li>• Pelindung telinga</li> <li>• Jaket tahan api</li> <li>• Pelindung kepala</li> <li>• Sarung tangan kulit</li> <li>• Sepatu kulit</li> </ul>
4	40	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baju lengan panjang tahan busur api</li> <li>• Celana panjang tahan busur api</li> <li>• Pelindung mata dan wajah</li> <li>• Pelindung telinga</li> <li>• Jaket tahan api</li> <li>• Parka</li> <li>• Pelindung kepala</li> <li>• Sarung tangan kulit</li> <li>• Sepatu kulit</li> </ul>

# BAB III

## SISTEM KELISTRIKAN

### PABRIK 1 PT.PETROKIMIA GRESIK



Gambar 3.1 Single Line Diagram Pabrik 1

Berikut merupakan data yang digunakan untuk pemodelan ETAP 12.6 :

### 3.1 Spesifikasi Gas Turbin Generator (GTG)

Tabel 3.1 Spesifikasi Genertor :

No	ID	Daya MVA	Tegangan Kv	FLA A	Cos $\Phi$	Xd'' %
1	GTG	45	11,5	2259	0,85	19

### 3.2 Spesifikasi Transformmer

Tabel 3.2 Spesifikasi Transfomer

No	ID	Daya MVA	Tegangan (kV) Primer/Sekunder	FLA (A) Primer/sekunder	Z(%)
1	TR2281A	25	11,5/6	1255/2406	8
2	TR2281B	25	11,5/6	1255/2406	8
3	TRGI	25	20/11,5	1255/721,7	8
4	TRPLN	25	150/20	76.98/577,4	10
5	TR2282A	1,6	6/0,38	154/2431	5,42

6	TR2282B	1,6	6/0,38	154/2431	5,42
7	TR2282C	1,6	6/0,38	154/2431	5,42
8	TR2282D	1,6	6/0,38	154/2431	5,42
9	TR2282E	2,5	6/0,38	240,6/3798	6,88
10	TR0-1	2	6/0,38	192,5/3039	5,6
11	TR0-2	2	6/0,38	192,5/3039	5,6
12	TR0-3	2	6/0,38	192,5/3039	5,6
13	TR0-4	2	6/0,38	192,5/3039	5,6
14	TR3-1	2,3	6/0,38	221,3/3494	5,6
15	TR3-2	2,3	6/0,38	221,3/3494	5,6
16	TR5-1	2,3	6/0,38	221,3/3494	5,6
17	TR5-2	2,3	6/0,38	221,3/3494	5,6
18	TR5-3	2,3	6/0,38	221,3/3494	5,6

### 3.3 Spesifikasi Bus

Tabel 3.3 Spesifikasi Bus

No	ID	Rating Tegangan
		KV
1	PS 2280	6
2	HVS 20 KVPLN	20
3	PS 2281A	6
4	PS 2281B	6
5	PC0	6
6	PC3	6
7	HVS 1100	6
8	01 HVS 01-500	6
9	01 DS 500	6
10	01 HVS 02 -500	6
11	PM-2282 A	0,38
12	PM-2282 B	0,38
13	PM-2282 C	0,38
14	PM-2282 D	0,38
15	PC0-380V1	0,38
16	PC0-380V2	0,38
17	PC3-380	0,38
18	01 LVS 01-500	0,38
19	01 LVS 02-500	0,38
20	01 LVS 03-500	0,38

### 3.4 Spesifikasi Beban

Tabel 3.4 Data Beban Motor

No	ID	Kapasitas	Rating Tegangan
		KW	KV

1	MP2222A	440	6
2	MP2211A	1350	6
3	MP2211B	1350	6
4	MP2211C	1350	6
5	MP2211D	1350	6
6	MP2211E	1350	6
7	MP2211F	1350	6
8	MP2251A	280	6
9	GB302	260	6
10	107JCM	1087	6
11	107JDM	522	6
12	MP1103A	355	6
13	MP1103B	355	6
14	MP1103C	355	6
15	MP1216A	290	6
16	MP1216B	290	6
17	MP1216C	290	6
18	MP1212A	440	6
19	MP1212B	440	6
20	MP1212C	440	6
21	MC 11021	350	6
22	MC2231E	355	6

Tabel 3.5 Data Beban Static

No	ID	Kapasitas	Rating Tegangan
		MVA	KV
1	RUMDIN	1	6
2	GRAHA	1	6
3	ANPER	1	6

Tabel 3.6 Data Beba Lump

No	ID	Kapasitas	Rating Tegangan
		KVA	KV
1	PM 2282A	821	6
2	PM 2282B	821	6
3	PM 2282C	666	6
4	PM 2282D	550	6
5	PM 2282E	1500	6
6	PM 2280	658	6
7	SS2 BARU	526	6
8	AMONIA1	1531	6
9	AMONIA2	1531	6
10	UREA1	1531	6

11	UREA2	1531	6
12	ZAI/ZAIII	1097	6
13	ZAI	1000	6
14	01 LVS 01-500	798	0,38
15	01 LVS 02-500	752	0,38
16	01 LVS 03-500	1116	0,38

### 3.5 Arus Hubung Singkat

Tabel 3.7 Hasil Simulasi Arus Hubung Singkat Maksimum 4 Cycle

No	ID	Rating Tegangan	Arus Hubung Singkat Maksimum 4 Cycle
		KV	KA
1	PS 2280	6	23,03
2	HVS 20 KVPLN	20	12,35
3	PS 2281A	6	21
4	PS 2281B	6	21,45
5	PC0	6	21,09
6	PC3	6	20,65
7	HVS 1100	6	20,52
8	01 HVS 01-500	6	20,09
9	01 DS 500	6	20,09
10	01 HVS 02 -500	6	20,09
11	PM-2282 A	0,38	41,62
12	PM-2282 B	0,38	41,23
13	PM-2282 C	0,38	41,23
14	PM-2282 D	0,38	41,03
15	PC0-380V1	0,38	50,57
16	PC0-380V2	0,38	50,57
17	PC3-380	0,38	54,72
18	01 LVS 01-500	0,38	27,01
19	01 LVS 02-500	0,38	26,89
20	01 LVS 03-500	0,38	54,97

Tabel 3.8 Hasil Simulasi Arus Hubung Singkat Minimum 30 Cycle

No	ID	Rating Tegangan	Arus Hubung Singkat Minimum 30 Cycle
		KV	KA
1	PS 2280	6	14,84
2	HVS 20 KVPLN	20	10,15
3	PS 2281A	6	14,62
4	PS 2281B	6	14,24
5	PC0	6	14,04
6	PC3	6	13,85

7	HVS 1100	6	14,37
8	01 HVS 01-500	6	14,15
9	01 DS 500	6	14,15
10	01 HVS 02 -500	6	14,15
11	PM-2282 A	0,38	37,59
12	PM-2282 B	0,38	37,43
13	PM-2282 C	0,38	37,59
14	PM-2282 D	0,38	37,43
15	PC0-380V1	0,38	43,63
16	PC0-380V2	0,38	43,63
17	PC3-380	0,38	13,85
18	01 LVS 01-500	0,38	24,1
19	01 LVS 02-500	0,38	24,1
20	01 LVS 03-500	0,38	48,81

*Halaman Ini Sengaja Dikosongkan*



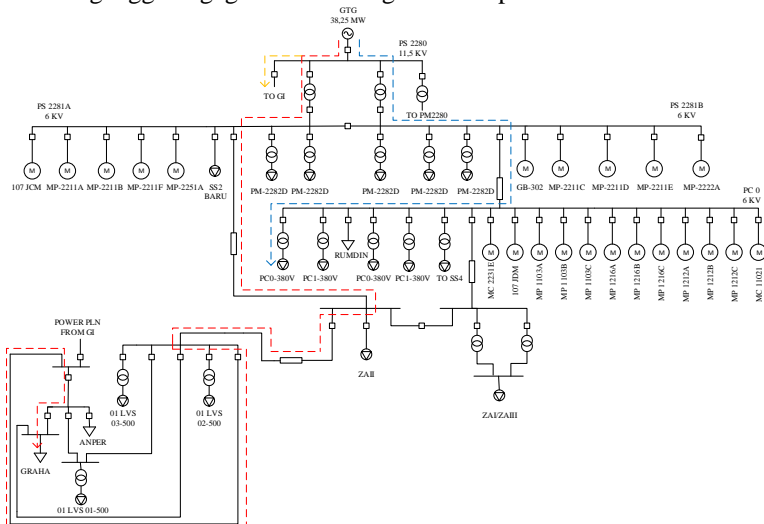
## BAB IV

### HASIL SIMULASI DAN ANALALISA DATA PABRIK 1A PT.PETROKIMIA GRESIK

Pada bab ini akan dibahas mengenai setting koordinasi proteksi dan perhitungan tingkat bahaya *arc flash* untuk tegangan 11,5 kV;6 kV;dan 380V. Perhitungan *incident energy* dan *arc-flash boundary* menggunakan standar 1584-2002 dengan standar NFPA 70E-2004 untuk penentuan tingkat kategori bahaya *arc-flash*.

Pemodelan sistem kelistrikan Pabrik 1A PT.Petrokimia Gresik menggunakan ETAP 12.6. Setelah pemodelan sistem dilanjutkan dengan analisa *load flow* untuk mengetahui kondisi tegangan , arus nominal peralatan , factor daya serta kapasitas peralatan. Untuk Seting koordinasi proteksi menggunakan arus hubung singkat maksimum (3 fasa 4 *cycle*) dan arus hubung singkat minimum (*line to line 30 cycle*).

Relay overcurrent digunakan untuk melindungi peralatan dari gangguan fasa baik gangguan overload dan gangguan hubung singkat. Tujuan dari seting relay pengaman yaitu agar relay dapat mengamankan titik gangguan dengan cepat dan selektif. Relay back up digunakan untuk mengamankan peralatan ketika relay pengaman yang paling dekat dengan sumber gangguan gagal dalam mengamankan peralatan.

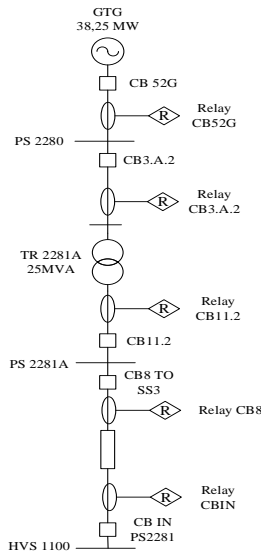


Gambar 4.1 Pemilihan tipikal

Seting waktu *time delay* menggunakan *grading time* sebesar 0,2-0,4s sesuai standar IEEE 242. Penggunaan *time delay* antar relay dimaksudkan untuk mencegah relay bekerja bersama ketika terjadi gangguan hubung singkat di satu titik. Studi koordinasi proteksi dilakukan di semua peralatan lalu dipilih 3 tipikal yang berbeda untuk pembuatan buku. Tipikal 1A dan 1B dipilih berdasarkan jalur terpanjang di Pabrik 1. Tipikal 2A dan 2B dipilih karena beban lump AMONIA merupakan beban terbesar di Pabrik1. Lalu Tipikal 3A dan 3B dipilih karena ketika terjadi gangguan *eksternal* dari GI PLN diharuskan relay yang melindungi GTG tidak ikut terpengaruh.

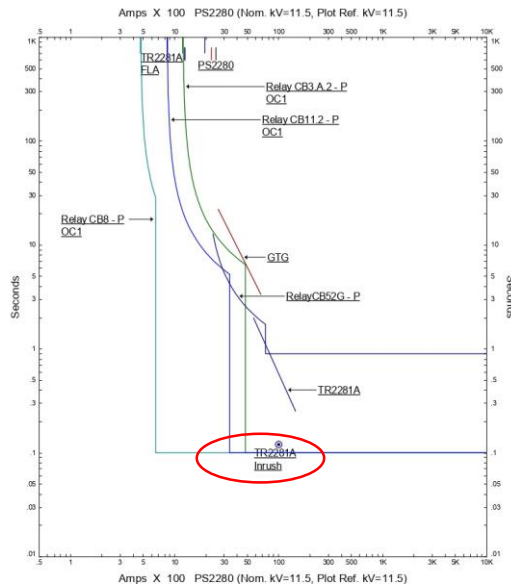
#### 4.1 Koordinasi Proteksi Tipikal 1A

Pada koodinasi proteksi tipikal 1A terdiri dari 5 relay yang perlu dikkoordinasikan yaitu relay CBIN dan CB8 digunakan untuk mengamankan saluran antara HVS 1100 dan PS2281A apabila gangguan terjadi pada bus HVS1100. Relay CB11.2 dan relay CB3.A.2 digunakan untuk mengamankan gangguan pada transformer TR2281A ketika gangguan terjadi di bus PS2281A atau gangguan terjadi di titik antara bus PS2280 dan transformer PS2280 sedangkan relay CB52G digunakan untuk k mengamankan GTG ketika gangguan terjadi pada bus PS2280.



Gambar 4.2 Single Line Diagram Tipikal 1A

Pada Gambar 4.3 dibawah ini merupakan kurva TCC *Existing* tipikal 1A, dari gambar tersebut dapat dilihat kurva TCC dari rele CB8 berada dibawah kurva inrush dari *transformer*. Hal ini harus dihindari karena ketika starting peralatan akan mengakibatkan rele CB8 mengirim sinyal trip ke *circuit breaker*. Seting time instananeous untuk ketiga relay sebesar 0,1 s sehingga dapat menyebabkan trip bersamaan ketika gangguan pada bus HVS 1100.



Gambar 4.3 Kurva TCC Tipikal 1A Existing

### A. Relay CBIN

Manufacture = Merlin Gerin  
 Model = Sepam40  
 FLA = 703,28  
 Curve type = IEC-Very Inverse  
 CT ratio = 400/5

#### 1. Time Overcurrent Pickup

$1,05 \times \text{FLA} < \text{Iset} < 1,4 \times \text{FLA}$   
 $1,05 \times 703,28 < \text{Iset} < 1,4 \times 703,28$   
 $738,439 < \text{Iset} < 984,585$

Dipilih In x 1,1 = 773,6 A

$$Tap = \frac{773,6}{400} = 1,934$$

## 2. Time dial

Dipilih waktu operasi 0,5s

$$Td = \frac{13,5}{\left(\frac{I}{Iset}\right)^1 - 1} \times \frac{T}{1,5}$$

$$T = \frac{0,5 \times \left(\left(\frac{19830}{773,6}\right)^1 - 1\right)}{9}$$

$$= 1,368$$

## 3. Instaneous Pick up

$$\begin{array}{lcl} 1,6 \times FLA & < Iset & < 0,8 \times I_{scin} \\ 1,6 \times 703,28 & < Iset & < 0,8 \times 13510 \\ 1125,24 & < Iset & < 10808 \end{array}$$

Dipilih Iset = 1600

$$Tap = \frac{1600}{400} = 4$$

Dipilih waktu operasi 0,3 s

## B. Relay CB8

Manufacture	=	Merlin Gerin
Model	=	Sepam40
FLA	=	703,28
Curve type	=	IEC-Very Inverse
CT ratio	=	1000/5

### 1. Time Overcurrent Pickup

$$\begin{array}{lcl} 1,05 \times FLA & < Iset & < 1,4 \times FLA \\ 1,05 \times 703,28 & < Iset & < 1,4 \times 703,28 \\ 738,439 & < Iset & < 984,585 \end{array}$$

Dipilih In x 1,1 = 773,6 A

$$Tap = \frac{773,6}{1000} = 0,7736$$

## 2. Time dial

Dipilih waktu operasi 0,5s

$$Td = \frac{13,5}{\left(\frac{I}{Iset}\right)^1 - 1} \times \frac{T}{1,5}$$

$$T = \frac{0,5 \times \left( \left( \frac{20310}{773,6} \right)^1 - 1 \right)}{9}$$

$$= 1,402$$

### 3. Instaneous Pick up

$$\begin{aligned} 1,6 \times \text{FLA} &< \text{Iset} < 0,8 \times \text{Iscin} \\ 1,6 \times 703,28 &< \text{Iset} < 0,8 \times 13510 \\ 1125,24 &< \text{Iset} < 10808 \end{aligned}$$

Dipilih Iset = 1600

$$\text{Tap} = \frac{1600}{1000} = 1,6$$

Dipilih waktu operasi 0,3 s

## C. Relay CB11.2

Manufacture	=	Merlin Gerin
Model	=	Sepam40
FLA	=	2408,48
Curve type	=	IEC-Standar Inverse
CT ratio	=	2500/5

### 1. Time Overcurrent Pickup

$$\begin{aligned} 1,05 \times \text{FLA} &< \text{Iset} < 1,4 \times \text{FLA} \\ 1,05 \times 2408,48 &< \text{Iset} < 1,4 \times 2408,48 \\ 2528,9 &< \text{Iset} < 3371,87 \end{aligned}$$

Dipilih In x 1,1 = 2649 A

$$\text{Tap} = \frac{2649}{2500} = 1,059$$

### 2. Time dial

Dipilih waktu operasi 0,9s

$$T_d = \frac{0,14}{\left( \frac{I}{\text{Iset}} \right)^{0,02} - 1} \times \frac{T}{2,97}$$

$$T = \frac{0,9 \times \left( \left( \frac{17380}{2649} \right)^{0,02} - 1 \right)}{0,047}$$

$$= 0,734$$

### 3. Instaneous Pick up

$$\begin{aligned} 1,6 \times \text{FLA} &< \text{Iset} < 0,8 \times \text{Iscmin} \\ 1,6 \times 2408,48 &< \text{Iset} < 0,8 \times 13510 \\ 3853,56 &< \text{Iset} < 10808 \end{aligned}$$

Dipilih Iset = 4500

$$Tap = \frac{4500}{2500} = 1,8$$

Dipilih waktu operasi 0,5 s

#### D. Relay 3.A.2

Manufacture	=	Merlin Gerin
Model	=	Sepam40
FLA	=	1256,6
Curve type	=	IEC-Standar Inverse
CT ratio	=	1500/5

##### 1. Time Overcurrent Pickup

$$\begin{aligned} 1,05 \times FLA &< I_{set} < 1,4 \times FLA \\ 1,05 \times 1256,6 &< I_{set} < 1,4 \times 1256,6 \\ 1319,43 &< I_{set} < 1759,24 \end{aligned}$$

Dipilih  $I_n \times 1,2 = 1508 \text{ A}$

$$Tap = \frac{1508}{1500} = 1,045$$

##### 2. Time dial

Dipilih waktu operasi 0,9s

$$\begin{aligned} T_d &= \frac{0,14}{\left(\frac{I}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1} \times \frac{T}{2,97} \\ T &= \frac{0,9 \times \left(\left(\frac{17380}{2550}\right)^{0,02} - 1\right)}{0,047} \\ &= 1,045 \end{aligned}$$

##### 3. Instaneous Pick up

$$\begin{aligned} 1,6 \times FLA &< I_{set} < 0,8 \times I_{scmin} \\ 1,6 \times 1256,6 &< I_{set} < 0,8 \times 14650 \\ 2010,55 &< I_{set} < 11720 \end{aligned}$$

Dipilih  $I_{set} = 9100$

$$Tap = \frac{9100}{1500} = 6,066$$

Dipilih waktu operasi 0,15 s

#### E. Relay CB52G

Manufacture	=	Merlin Gerin
Model	=	Sepam1000
FLA	=	2259,2

Curve type = IEC-Standar Inverse  
 CT ratio = 3000/5

1. Time Overcurrent Pickup

$$\begin{aligned} 1,05 \times \text{FLA} &< I_{set} < 1,4 \times \text{FLA} \\ 1,05 \times 2259,2 &< I_{set} < 1,4 \times 2259,2 \\ 2372,16 &< I_{set} < 3162,8 \end{aligned}$$

Dipilih  $I_n \times 1,1 = 2485 \text{ A}$

$$Tap = \frac{2485}{3000} = 0,828$$

2. Time dial

Dipilih waktu operasi 1,1s

$$\begin{aligned} T_d &= \frac{0,14}{\left(\frac{I}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1} \times \frac{T}{2,97} \\ T &= \frac{1,1 \times \left(\left(\frac{11870}{2485}\right)^{0,02} - 1\right)}{0,047} \\ &= 0,743 \end{aligned}$$

3. Instaneous Pick up

$$\begin{aligned} 1,6 \times \text{FLA} &< I_{set} < 0,8 \times I_{scmin} \\ 1,6 \times 2259,2 &< I_{set} < 0,8 \times 8730 \\ 3614,7 &< I_{set} < 6984 \end{aligned}$$

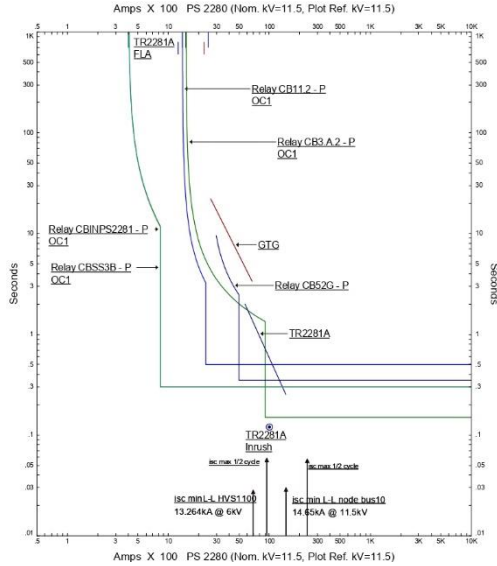
Dipilih  $I_{set} = 8000$

$$Tap = \frac{8000}{3000} = 2,667$$

Dipilih waktu operasi 0,35 s

Pada Gambar 4.4 di bawah ini merupakan kurva TCC setelah Reseting dimana kurva inrush transformer berada diluar dari kurva TCC rele sehingga mengakibatkan arus starting transformer tidak akan membuat relay mengirim sinyal trip ke *circuit breaker*.

Lalu di Gambar tersebut dapat dilihat bahwa kurva TCC relay CB3.A.2 dan relay 11.2 memotong *damage curve* dari *transformer* TR2281A. Dalam hal ini perlu diperhatikan bahwa ketika terjadi arus hubung singkat maksimum  $\frac{1}{2}$  *cycle* kurva TCC relay terlebih dulu memutus arus gangguan sebelum menyentuh *damage curve* sehingga masih diijinkan.



Gambar 4.4 Kurva TCC Tipikal 1A Resetting

Tabel 4.1 Line to Line (symmetrical) fault on bus HVS 1100

Time	ID	If	T1	Condition
Ms		kA	ms	
300	Relay CBINPS2281	13,208	300	Phase – OC1 -50
300	CBSS3B	13,208	300	Phase – OC1 -50
340	CB8 TO SS3B		40	Tripped by Relay CBSS3B Phase- OC1-50
340	CB IN PS2281		40	Tripped by Relay CBINPS2281 Phase-OC1-50
500	Relay CB11.2	13,208	500	Phase – OC1 -50
540	CB11.2		40	Tripped by Relay CB11.2 Phase-OC1- 50

Pada Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa ketika terjadi gangguan hubung singkat di HVS 1100 Relay yang pertama kali bekerja adalah relay CBINPS2281 dan relay CBSS3B pada 0,3 s setelah itu relay CB11.2 bekerja pada 0,5 s apabila relay CBINPS2281 dan relay CBSS3B gagal



mengamankan gangguan. Grading time antar relay yang digunakan sekitar 0,2 s untuk mencegah agar relay tidak bekerja bersamaan.

Tabel 4.2 Seting Proteksi Existing

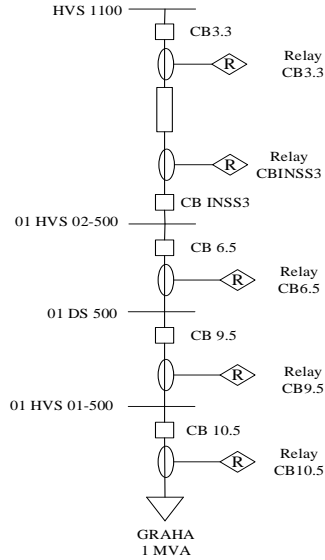
ID	Curve	Overcurrent		Instanneous	
		Pickup current	Time dial	Pickup current	Time delay
		A	S	A	S
Relay CB52G	Standar Inverse	1950	1	7500	0,9
Relay CB3.A.2	Standar Inverse	1200	3,86	4800	0,1
Relay CB11.2	Standar Inverse	2,97	3,114	6500	0,1
Relay CB8	Standar Inverse	900	4,11	1260	0,1
Relay CBINPS2281	Standar Inverse	900	4,11	1260	0,1

Tabel 4.3 Seting Proteksi Reseting

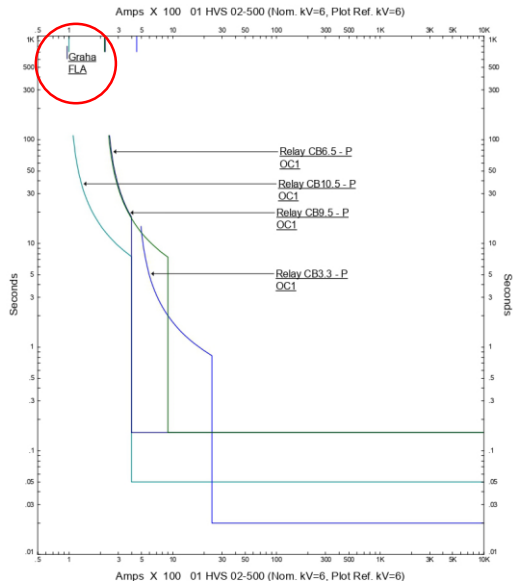
ID	Curve	Overcurrent		Instanneous	
		Pickup current	Time dial	Pickup current	Time delay
		A	S	A	S
Relay CB52G	Standar Inverse	2485	0,743	6984	0,35
Relay CB3.A.2	Standar Inverse	1508	1,045	9100	0,15
Relay CB11.2	Standar Inverse	2649	0,734	4500	0,5
Relay CB8	Very Inverse	773,6	1,402	1600	0,3
Relay CBINPS2281	Very Inverse	773,6	1,368	1600	0,3

Tabel 4.2 dan 4.3 merupakan perbandingan antara seting proteksi *existing* dan *reseting* dimana perbedaan dapat dilihat di pemakaian curva seting arus pickup dan pemilihan time dial dan time delay. Seting relay pengaman relay CB3.A.2 kembali ke 0,15s karena terdapat beda tegangan antara sisi primer dan sisi sekunder transformer. Penggunaan kurva *very inverse* digunakan karena kurva TCC relay saling berdekatan antara rele CB8 dan CB 11.2 sehingga dapat mengakibatkan relay pengaman bekerja bersama ketika terjadi gangguan ketika memakai *Standar Inverse*.

## 4.2 Koordinasi Proteksi Tipikal 1B



Gambar 4.5 Single Line Diagram Tipikal 1B



Gambar 4.6 Kurva TCC Tipikal 1B Existing

Pada tipikal 1B terdapat 5 relay yang akan dianalisa yaitu. Relay Cb10.5 digunakan mengamankan gangguan ketika terjadi hubung singkat di Graha, relay CB6.5, relay CB9.5 dan relay CB3.3 untuk mengamankan gangguan di saluran antara bus 01 HVS 02 500 dan HVS1100.

Gambar 4.6 menunjukkan kurva TCC dari Relay CB10.5 terlalu dekat dengan FLA graha hal ini tidak diijinkan. Karena itu dilakukan pemilihan arus pickup dengan rentang  $1,05FLA < I_{set} < 1,4FLA$ . Dalam hal ini penulis akan mengambil arus *pickup* sebesar 1,1FLA.

### A. Relay CB10.5

Manufacture	=	Merlin Gerin
Model	=	SepamP122
FLA	=	96,339 A
Curve type	=	IEC-Standard Inverse
CT ratio	=	200/5

#### 1. Time Overcurrent Pickup

$$\begin{aligned}
 1,05 \times FLA &< I_{set} < 1,4 \times FLA \\
 1,05 \times 96,339 &< I_{set} < 1,4 \times 96,339 \\
 101,16 &< I_{set} < 134,87
 \end{aligned}$$

Dipilih  $I_n \times 1,1 = 106 \text{ A}$

$$T_{ap} = \frac{106}{200} = 0,529$$

#### 2. Time dial

Dipilih waktu operasi 0,1s

$$\begin{aligned}
 T_d &= \frac{0,14}{\left(\frac{I_{pp}}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1} \times T \\
 T &= \frac{0,1 \times \left(\left(\frac{20150}{110}\right)^{0,02} - 1\right)}{0,14} \\
 &= 0,079
 \end{aligned}$$

#### 3. Instaneous Pick up

$$\begin{aligned}
 1,6 \times FLA &< I_{set} < 0,8 \times I_{scmin} \\
 1,6 \times 96,339 &< I_{set} < 0,8 \times 13050 \\
 154,41 &< I_{set} < 10440
 \end{aligned}$$

Dipilih  $I_{set} = 400$

$$Tap = \frac{400}{200} = 2$$

Dipilih waktu operasi 0,1 s

### B. Relay CB9.5

Manufacture	=	Merlin Gerin
Model	=	SepamP122
FLA	=	289,017 A
Curve type	=	IEC-Standard Inverse
CT ratio	=	500/5

#### 1. Time Overcurrent Pickup

$$\begin{aligned} 1,05 \times FLA &< I_{set} < 1,4 \times FLA \\ 1,05 \times 289,017 &< I_{set} < 1,4 \times 289,017 \\ 303,47 &< I_{set} < 404,62 \end{aligned}$$

Dipilih  $I_{nx1,1} = 317,9$  A

$$Tap = \frac{317,9}{500} = 0,635$$

#### 2. Time dial

Dipilih waktu operasi 0,1s

$$\begin{aligned} T_d &= \frac{0,14}{\left(\frac{I}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1} \times T \\ T &= \frac{0,1 \times \left(\left(\frac{20020}{396}\right)^{0,02} - 1\right)}{0,14} \\ &= 0,061 \end{aligned}$$

#### 3. Instaneous Pick up

$$\begin{aligned} 1,6 \times FLA &< I_{set} < 0,8 \times I_{scin} \\ 1,6 \times 289,017 &< I_{set} < 0,8 \times 13050 \\ 462,42 &< I_{set} < 10440 \end{aligned}$$

Dipilih  $I_{set} = 1600$

$$Tap = \frac{1600}{500} = 3,2$$

Dipilih waktu operasi 0,1 s

### C. Relay CB6.5

Manufacture	=	Merlin Gerin
Model	=	SepamP122
FLA	=	289,017 A

Curve type = IEC-Standard Inverse  
 CT ratio = 400/5

1. Time Overcurrent Pickup

1,05xFLA < Iset < 1,4xFLA  
 1,05x289,017 < Iset < 1,4x289,017  
 303,47 < Iset < 404,62

Dipilih In x 1,1 = 317,9 A

$$Tap = \frac{317,9}{400} = 0,794$$

2. Time dial

Dipilih waktu operasi 0,1s

$$T_d = \frac{0,14}{\left(\frac{I}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1} \times T$$

$$T = \frac{0,1 \times \left(\left(\frac{20020}{396}\right)^{0,02} - 1\right)}{0,14}$$

$$= 0,061$$

3. Instaneous Pick up

1,6xFLA < Iset < 0,8xIscin  
 1,6x289,017 < Iset < 0,8x13050  
 462,42 < Iset < 10440

Dipilih Iset = 1600

$$Tap = \frac{1600}{400} = 4$$

Dipilih waktu operasi 0,1 s

**D. Relay CBINSS3**

Manufacture = Merlin Gerin  
 Model = SepamP122  
 FLA = 606,93 A  
 Curve type = IEC-Standard Inverse  
 CT ratio = 400/5

1. Time Overcurrent Pickup

1,05xFLA < Iset < 1,4xFLA  
 1,05x606,93 < Iset < 1,4x606,93  
 637,283 < Iset < 849,711

Dipilih  $I_n \times 1,1 = 667,6 \text{ A}$

$$Tap = \frac{667,6}{400} = 1,669$$

2. Time dial

Dipilih waktu operasi 0,3s

$$T_d = \frac{0,14}{\left(\frac{I}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1} \times T$$

$$T = \frac{0,3 \times \left(\left(\frac{19730}{667,6}\right)^{0,02} - 1\right)}{0,14}$$
$$= 0,150$$

3. Instaneous Pick up

$$\begin{array}{lcl} 1,6 \times \text{FLA} & < \text{Iset} & < 0,8 \times \text{Iscin} \\ 1,6 \times 606,936 & < \text{Iset} & < 0,8 \times 13050 \\ 971,09 & < \text{Iset} & < 10440 \end{array}$$

Dipilih  $I_{set} = 1600$

$$Tap = \frac{1600}{400} = 4$$

Dipilih waktu operasi 0,1 s

### E. Relay CB3.3

Manufacture	=	Merlin Gerin
Model	=	P122
FLA	=	606,93 A
Curve type	=	IEC-Standard Inverse
CT ratio	=	600/5

1. Time Overcurrent Pickup

$$\begin{array}{lcl} 1,05 \times \text{FLA} & < \text{Iset} & < 1,4 \times \text{FLA} \\ 1,05 \times 606,93 & < \text{Iset} & < 1,4 \times 606,93 \\ 637,283 & < \text{Iset} & < 849,711 \end{array}$$

Dipilih  $I_n \times 1,1 = 667,6 \text{ A}$

$$Tap = \frac{667,6}{600} = 1,112$$

2. Time dial

Dipilih waktu operasi 0,3s

$$T_d = \frac{0,14}{\left(\frac{I}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1} \times T$$

$$T = \frac{0,55 \times \left( \left( \frac{20160}{667,6} \right)^{0,02} - 1 \right)}{0,14}$$

$$= 0,151$$

### 3. Instaneous Pick up

$$1,6 \times \text{FLA} < \text{Iset} < 0,8 \times \text{Iscin}$$

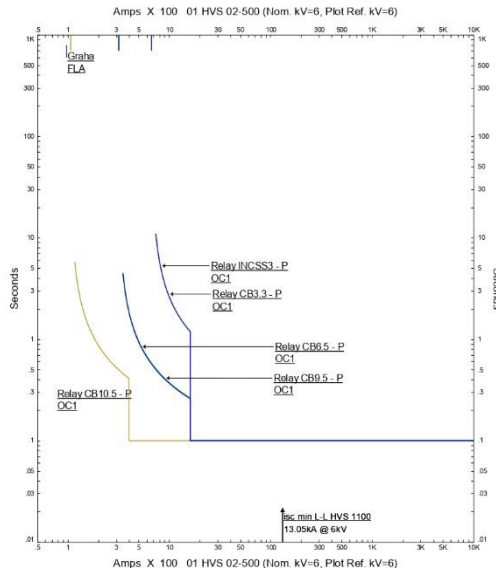
$$1,6 \times 606,936 < \text{Iset} < 0,8 \times 13270$$

$$971,09 < \text{Iset} < 10616$$

Dipilih Iset = 1600

$$T_{ap} = \frac{1600}{600} = 2,667$$

Dipilih waktu operasi 0,1 s



Gambar 4.7 Kurva TCC Tipikal 1B Resetting

Pada seting proteksi untuk tipikal 1B seting instanneous dari ke 5 relay di seting pada 0,1 s. dikarenakan arus yang melewati ke 5 relay tersebut tidak jauh berbeda yaitu sebesar 12,966 kA. Selain itu grading time antar relay untuk sistem keatas perlu diperhatikan karena semakin lama seting waktu untuk mengamankan peralatan berpengaruh pada nilai incident energy dari *arc-flash* pada bus 6kV.

Prioritas beban juga berpengaruh dalam pemilihan *grading time*, beban *static* seperti graha disarankan tidak perlu diberi *grading time* sehingga prioritas utama adalah beban motor 6kV dan beban lump produksi pupuk. Sehingga relay diatas tipikal 1B akan semakin cepat mengamankan gangguan

Pada gambar 4.7 dapat dilihat bahwa kurva Rele CB10.5 tidak lagi berdekatan dengan FLA dari graha.

Tabel 4.4 Line to Line (symmetrical) fault on bus 01 HVS 01-500

Time	ID	If	T1	Condition
Ms		kA	Ms	
100	Relay CB3.3	12,996	100	Phase – OC1 -50
100	Relay CB6.5	12,996	100	Phase – OC1 -50
100	Relay CB 9.5	12,996	100	Phase – OC1 -50
140	CB3.3		40	Tripped by Relay CB3.3 Phase-OC1-50
140	CB6.5		40	Tripped by Relay CB6.5 Phase-OC1-50
140	CB9.5		40	Tripped by Relay CB9.5 Phase-OC1-50

Tabel 4.5 Seting proteksi *Existing*

ID	Curve	Overcurrent		Instaneous	
		Pickup current	Time dial	Pickup current	Time delay
		A	S	A	S
Relay CB3.3	Standar Inverse	450	0,2	2400	0,02
Relay CBINSS3	Standar Inverse	450	0,2	2400	0,02
Relay CB6.5	Standar Inverse	220	0,681	900	0,15
Relay CB9.5	Standar Inverse	220	0,681	900	0,15
Relay CB10.5	Standar Inverse	80	1,687	400	0,05

Tabel 4.6 Setting proteksi *Reseting*

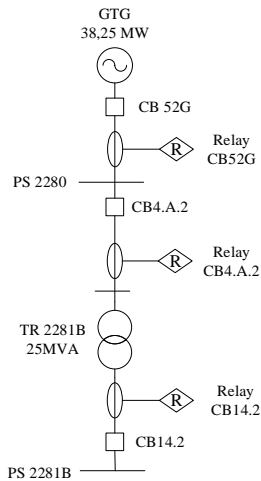
ID	Curve	Overcurrent		Instaneous	
		Pickup current	Time dial	Pickup current	Time delay
		A	S	A	S



Relay CB3.3	Standar Inverse	667,6	0,151	1600	0,1
Relay CBINSS3	Standar Inverse	667,6	0,151	1600	0,1
Relay CB6.5	Standar Inverse	317,9	0,061	1600	0,1
Relay CB9.5	Standar Inverse	317,9	0,061	1600	0,1
Relay CB10.5	Standar Inverse	106	0,079	400	0,1

### 4.3 Koordinasi Proteksi Tipikal 2A

Pada seting tipikal 2A terdapat 3 rele pengaman yang harus dikoordinasikan yaitu Rele CB14.2; Relay 4.A.2; dan Relay CB 52G. Rele CB 14.2 berfungsi melindungi Transformfer di sisi sekunder dan Rele CB4.A.2 mengamankan gangguan di sisi primer Transformfer. Sedangkan Relay CB52G digunakan untuk mengamankan generator ketika terjadi gangguan di bus PS2280.



Gambar 4.8 Gambar SLD Tipikal 2A

Permasalahan pada tipikal 2A di gambar 4.9 sama seperti tipikal 1A kurva TCC rele berada dibawah dari kurva inrush *transformer* TR2281B sehingga dapat mengakibatkan rele bekerja ketika *Transformfer* mengalami arus starting peralatan karena itu dilakukan reseting pada tipikal 2A agar kurva TCC dari relay tidak menyentuh atau berada dibawah kurva *inrush*. *Damage curve* dari transformfer juga perlu diperhatikan dalam seting relay



$$T_d = \frac{0,14}{\left(\frac{I}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1} \times \frac{T}{2,97}$$

$$T = \frac{0,9 \times \left(\left(\frac{16830}{2649}\right)^{0,02} - 1\right)}{0,047}$$

$$= 0,721$$

### 3. Instantaneous Pick up

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

$$1,6 \times 2408,48 < I_{set} < 0,8 \times 13180$$

$$3853,56 < I_{set} < 10544$$

Dipilih  $I_{set} = 4500$

$$Tap = \frac{4500}{2500} = 1,8$$

Dipilih waktu operasi 0,5 s

## B. Relay CB4.A.2

Manufacture	=	Merlin Gerin
Model	=	Sepam40
FLA	=	1256,6 A
Curve type	=	IEC-Standar Inverse
CT ratio	=	1500/5

### 1. Time Overcurrent Pickup

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

$$1,05 \times 1256,6 < I_{set} < 1,4 \times 1256,6$$

$$1219,43 < I_{set} < 1759,24$$

Dipilih  $I_n \times 1,1 = 1508 \text{ A}$

$$Tap = \frac{1508}{1500} = 1,005$$

### 2. Time dial

Dipilih waktu operasi 0,9s

$$T_d = \frac{0,14}{\left(\frac{I}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1} \times \frac{T}{2,97}$$

$$T = \frac{0,9 \times \left(\left(\frac{20870}{1508}\right)^{0,02} - 1\right)}{0,047}$$

$$= 1,033$$

### 3. Instaneous Pick up

$$\begin{array}{lcl} 1,6 \times \text{FLA} & < \text{Iset} < & 0,8 \times \text{Iscmin} \\ 1,6 \times 1256,6 & < \text{Iset} < & 0,8 \times 14650 \\ 2010,55 & < \text{Iset} < & 11720 \end{array}$$

Dipilih Iset = 9100

$$\text{Tap} = \frac{9100}{1500} = 6,0667$$

Dipilih waktu operasi 0,15 s

### C. Relay CB52G

Manufacture	=	Merlin Gerin
Model	=	Sepam1000
FLA	=	2259,2
Curve type	=	IEC-Standar Inverse
CT ratio	=	3000/5

#### 1. Time Overcurrent Pickup

$$\begin{array}{lcl} 1,05 \times \text{FLA} & < \text{Iset} < & 1,4 \times \text{FLA} \\ 1,05 \times 2259,2 & < \text{Iset} < & 1,4 \times 2259,2 \\ 2372,16 & < \text{Iset} < & 3162,8 \end{array}$$

Dipilih In x 1,1 = 2485 A

$$\text{Tap} = \frac{2485}{3000} = 0,828$$

#### 2. Time dial

Dipilih waktu operasi 1,1s

$$\begin{aligned} T_d &= \frac{0,14}{\left(\frac{I}{\text{Iset}}\right)^{0,02} - 1} \times \frac{T}{2,97} \\ T &= \frac{1,35 \times \left(\left(\frac{11870}{2485}\right)^{0,02} - 1\right)}{0,047} \\ &= 0,743 \end{aligned}$$

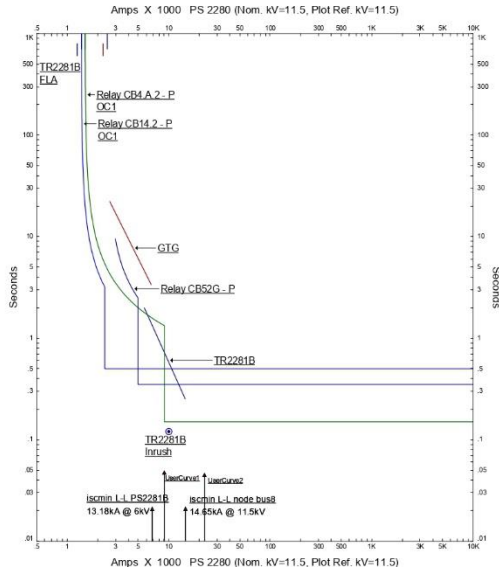
#### 3. Instaneous Pick up

$$\begin{array}{lcl} 1,6 \times \text{FLA} & < \text{Iset} < & 0,8 \times \text{Iscmin} \\ 1,6 \times 2259,2 & < \text{Iset} < & 0,8 \times 8730 \\ 3614,7 & < \text{Iset} < & 6984 \end{array}$$

Dipilih Iset = 5000

$$\text{Tap} = \frac{5000}{3000} = 2,667$$

Dipilih waktu operasi 0,35 s



Gambar 4.10 Kurva TCC Tipikal 2A Resetting

Setelah dilakukan resetting ulang dapat dilihat kurva TCC pada gambar 4.10 rele berada diatas kurva *inrush transformer* sehingga ketika terjadi arus starting rele tidak akan bekerja. Pada gambar dapat dilihat kurva arus hubung singkat maksimum  $\frac{1}{2}$  cycle sebelum menyentuh *damage curve transformer TR2281B* telah dipotong oleh relay CB14.2 dan relay CB4.A.2 sehingga *transformer aman* ketika terjadi hubung singkat maksimum  $\frac{1}{2}$  cycle.

Tabel 4.7 Line to Line (symmetrical) fault on bus PS2281 B

Time	ID	If	T1	Condition
Ms		kA	Ms	
500	Relay CB14.2	13,126	500	Phase – OC1 -50
540	CB14.2		40	Tripped by Relay CB14.2 Phase-OC1-50
1414	Relay CB4.A.2	8,11	1414	Phase-OC1-51
1454	CB4.A.2		40	Tripped by Relay CB4.A.2 Phase –OC1-51
2610	Relay CB52.G	4,83	2610	Phase-OC1-51

2650	CB52.G		40	Tripped by Relay CB52.G Phase –OC1-51
------	--------	--	----	--

Tabel 4.7 merupakan *sequence viewer* apabila gangguan hubung singkat terjadi di PS2281B. Ketika terjadi gangguan hubung singkat di PS2281B Relay CB14.2 merasakan gangguan sebesar 13,126 kA lalu Relay memberikan sinyal *tripping* ke *circuit breaker* untuk mengamankan peralatan dengan waktu tripping 0,54s.

Tabel 4.8 Seting Proteksi *Existing*

ID	Curve	Overcurrent		Instaneous	
		Pickup current	Time Dial	Pickup current	Time delay
		A	S	A	S
Relay CB52G	Standar Inverse	1950	1	7500	0,9
Relay CB4.A.2	Standar Inverse	1200	3,769	4800	0,1
Relay CB14.2	Standar Inverse	1620	3,049	6500	0,1

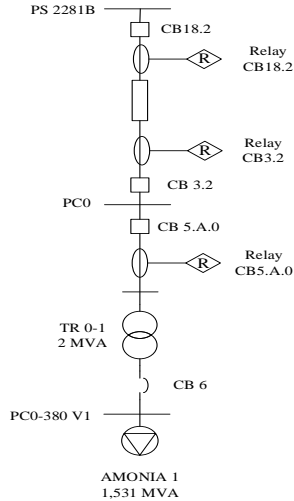
Tabel 4.9 Seting Proteksi *Reseting*

ID	Curve	Overcurrent		Instaneous	
		Pickup current	Time dial	Pickup current	Time delay
		A	S	A	S
Relay CB52G	Standar Inverse	2485	0,743	8000	0,35
Relay CB4.A.2	Standar Inverse	1508	1,033	9100	0,15
Relay CB14.2	Standar Inverse	2649	0,721	4500	0,5

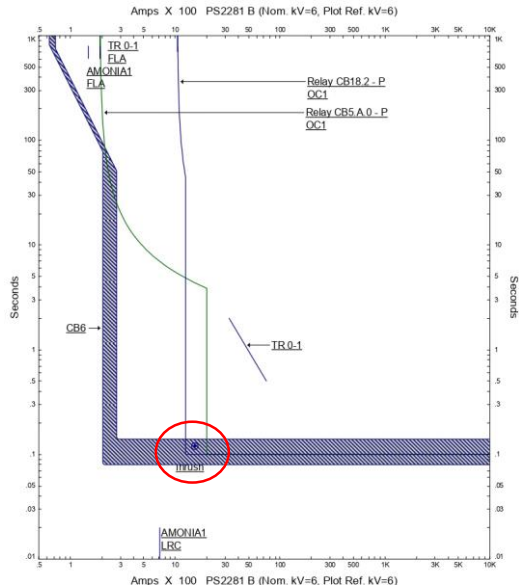
Pada Tabel 4.8 dan 4.9 merupakan seting Relay pengaman pada sisi *Existing* dan *Reseting* dapat dilihat perbedaan dari sisi grading time antar Relay CB52G dan relay 4.A.2 pada seting *existing* terdapat grading waktu yang cukup lama sebesar 0,8 s dari grading waktu yang diijinkan antar relay yaitu sebesar 0,2-0,4 s. Sehingga pada *Reseting* perlu diseting ulang pada Relay CB52G yaitu sebesar 0,35s. Pemilihan grading yang cukup lama berpengaruh terhadap kecepatan relay untuk mengamankan gangguan, jika terlalu lama dikawatirkan umur peralatan tersebut akan berkurang karena arus gangguan yang sangat besar.

#### 4.4 Koordinasi Proteksi Tipikal 2B

Pada seting Tipikal 2B terdapat 3 rele pengaman dan 1 LVCB yang perlu dikoordinasikan.



Gambar 4.11 Single Line Diagram Tipikal 2B



Gambar 4.12 Kurva TCC Tipikal 2B Existing

CB6 digunakan untuk mengamankan peralatan di bus PC0-380V1, Relay CB5.A.0 digunakan untuk mengamankan sisi primer transformer apabila gangguan terjadi diantara *transformer* dan PC. Relay CB3.2 dan CB18.2 digunakan untuk mengamankan saluran dari gangguan hubung singkat di PC0 atau gangguan hubung singkat antara PC0 dan PS2281B sehingga untuk setting proteksi akan disetting sama.

Pada tipikal 2B beban pada PC0-380 yaitu lump AMONIA dimana ini digunakan digunakan untuk produksi pupuk AMONIA.karena itu perlu dilakukan studi ulang pada relay pengaman. Pada tipikal 2B dapat dilihat bahwa kurva *inrush* dari transformer berada diatas dari kurva rele pengaman sehingga dapat mengakibatkan rele bekerja jika terdapat arus *inrush*.

### A. CB6

Manufacture	=	Merlin Gerin
Model	=	Sepam1000
FLA	=	3042,28
Trip Device	=	STR58U
Rating Plug	=	4000

#### 1. Long Time Pickup

1,05xFLA	<	Iset	<	1,4xFLA
1,05x3042,28	<	Iset	<	1,4x3042,28
3194,40	<	Iset	<	4259,203

(LT Pick up range 0,8In; 0,85In ;0,88In ;0,9In ;0,92In ;0,95In ;0,98In;1In)

Dipilih range 0,8In

$$LTpickup = 0,8 \times 4000 = 3200A$$

#### 2. Dipilih LT band 15

#### 3. Short Time Pickup

1,6xFLA	<	Iset	<	0,8xIscmin
1,6x3042,28	<	Iset	<	0,8x38260
4867,66	<	Iset	<	30608

(ST Pick up range 1,5In; 2In ;3In ;4In ;5In ;6In ;8In;10In)

Dipilih range 6In (5LTPickup)

$$LTPickup = 6 \times 3200 = 6400A$$

#### 4. Dipilih ST band 0,3



## B. Relay CB5.A.0

Manufacture	=	Merlin Gerin
Model	=	Sepam40
FLA	=	192,68 A
Curve type	=	IEC-VeryInverse
CT ratio	=	600/5

### 1. Time Overcurrent Pickup

$$\begin{aligned} 1,05 \times \text{FLA} &< \text{Iset} < 1,4 \times \text{FLA} \\ 1,05 \times 192,68 &< \text{Iset} < 1,4 \times 192,68 \\ 202,312 &< \text{Iset} < 269,749 \end{aligned}$$

Dipilih In x 1,3 = 250,5 A

$$\text{Tap} = \frac{250,5}{600} = 0,417$$

### 2. Time dial

Dipilih waktu operasi 0,9s

$$\begin{aligned} T_d &= \frac{13,5}{\left(\frac{I}{\text{Iset}}\right)^1 - 1} \times \frac{T}{1,5} \\ T &= \frac{0,3 \times \left(\left(\frac{20920}{250,5}\right)^1 - 1\right)}{9} \\ &= 2,75 \end{aligned}$$

### 3. Instaneous Pick up

$$\begin{aligned} 1,6 \times \text{FLA} &< \text{Iset} < 0,8 \times \text{Iscmin} \\ 1,6 \times 192,68 &< \text{Iset} < 0,8 \times 12980 \\ 308,285 &< \text{Iset} < 10384 \end{aligned}$$

Dipilih Iset = 2800

$$\text{Tap} = \frac{2800}{600} = 4,667$$

Dipilih waktu operasi 0,15 s

## C. Relay CB3.2

Manufacture	=	Merlin Gerin
Model	=	Sepam40
FLA	=	1233,14
Curve type	=	IEC-Very Inverse
CT ratio	=	1250/5

### 1. Time Overcurrent Pickup

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

$$1,05 \times 1233,14 < I_{set} < 1,4 \times 1233,14$$

$$1294,797 < I_{set} < 1726,39$$

Dipilih  $I_n \times 1,1 = 1356 \text{ A}$

$$Tap = \frac{1356}{1250} = 1,085$$

2. Time dial

Dipilih waktu operasi 0,5s

$$T_d = \frac{13,5}{\left(\frac{I}{I_{set}}\right)^1 - 1} \times \frac{T}{1,5}$$

$$T = \frac{0,5 \times \left(\left(\frac{18990}{1356}\right)^1 - 1\right)}{9}$$

$$= 0,722$$

3. Instaneous Pick up

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

$$1,6 \times 1233,14 < I_{set} < 0,8 \times 12980$$

$$1973,02 < I_{set} < 10384$$

Dipilih  $I_{set} = 3200$

$$Tap = \frac{3200}{1250} = 2,56$$

Dipilih waktu operasi 0,3 s

### C. Relay CB18.2

Manufacture	=	Merlin Gerin
Model	=	Sepam40
FLA	=	1233,14
Curve type	=	IEC-Very Inverse
CT ratio	=	1000/5

1. Time Overcurrent Pickup

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

$$1,05 \times 1233,14 < I_{set} < 1,4 \times 1233,14$$

$$1294,797 < I_{set} < 1726,39$$

Dipilih  $I_n \times 1,1 = 1356 \text{ A}$

$$Tap = \frac{1356}{1000} = 1,356$$

2. Time dial

Dipilih waktu operasi 0,5s

$$T_d = \frac{13,5}{\left(\frac{I}{I_{set}}\right)^1 - 1} \times \frac{T}{1,5}$$

$$T = \frac{0,5 \times \left(\left(\frac{19360}{1356}\right)^1 - 1\right)}{9}$$

$$= 0,737$$

### 3. Instaneous Pick up

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

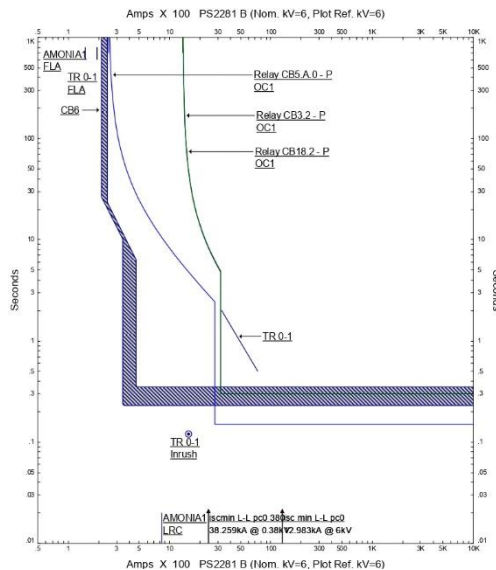
$$1,6 \times 1233,14 < I_{set} < 0,8 \times 13180$$

$$1973,02 < I_{set} < 10384$$

Dipilih Iset = 3200

$$Tap = \frac{3200}{1000} = 3,2$$

Dipilih waktu operasi 0,3 s



Gambar 4.13 Kurva TCC Tipikal 2B Resetting

Pada gambar 4.13 kurva TCC Tipikal 2B dapat dilihat bahwa kurva TCC dari CB6 dan Relay CB18.2 dan Relay CB6 berada diatas kurva inrush dari transformer sehingga relay tidak akan bekerja ketika

*transformer* mengalami arus *inrush*. Dapat dilihat pula ketika terjadi gangguan hubung singkat di PC0 380V LVCB CB6 yang pertama bekerja lalu relay diatas *transformer* ikut merasakan di kurva *inverse*.

Seting ST band dari LVCB CB6 dibuat 0,3 s dikarenakan untuk mengkoordinasi dengan pengaman dibawah dari LVCB6. jika dibuat 0,1 s maka ketika gangguan pada beban *lump AMMONIA* mengakibatkan LVCB CB6 juga akan trip dan membuat pasokan listrik keseluruh bus PC0 380 menjadi mati hal ini perlu dihindari agar produksi pupuk tipe AMMONIA tetap terjaga.

Tabel 4.10 Line to Line (symmetrical) fault on PC0-380V1

Time	ID	If	T1	Condition
Ms		kA	ms	
300	Relay CB3.2	12,928	300	Phase – OC1 -50
300	Relay CB18.2	12,828	300	Phase – OC1 -50
340	CB3.2		40	Tripped by Relay CB5.A.0 Phase-OC1-50
340	CB18.2		40	Tripped by Relay CB5.A.0 Phase-OC1- 50CB18.2 Phase-OC1-50

Tabel 4.11 Seting proteksi *existing*

ID	Curve	Overcurrent		Instaneous	
		Pickup current	Time Dial	Pickup current	Time delay
		A	S	A	S
Relay CB18.2	Standar Inverse	1050	3,47	1260	0,1
Relay CB3.2	Standar Inverse	1050	3,47	1260	0,1
Relay CB5.A.0	Standar Inverse	192	3,93	2000	0,1
		Long Time		Short Time	
		LT Pickup	LT Band	ST Pickup	ST Band
CB6		0,95In	480	4In	0,1

Tabel 4.12 Seting Proteksi *reseting*

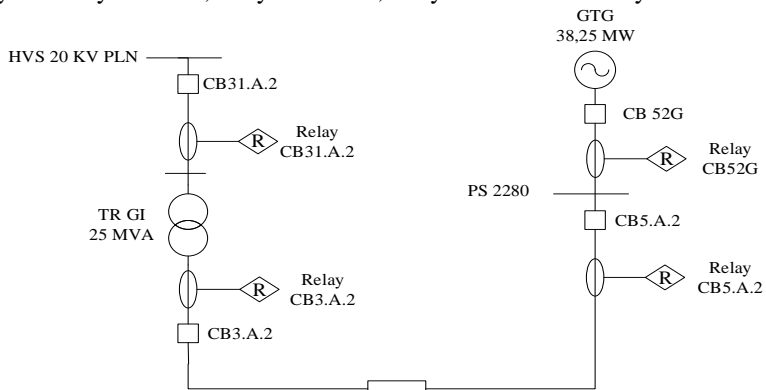
ID	Curve	Overcurrent		Instaneous	
		Pickup current	Time dial	Pickup current	Time delay
		A	S	A	S
Relay CB18.2	Very Inverse	1356	0,737	3200	0,3

Relay CB3.2	Very Inverse	1356	0,722	3200	0,3
Relay CB5.A.0	Very Inverse	269,7	2,551	2800	0,15
		Long Time		Short Time	
CB6		LT Pickup	LT Band	ST Pickup	ST Band
		0,8In	15	6In	0,3

Pada tabel 4.12 seting proteksi *reseting* seting ST band CB6 disetting pada waktu 0,3s sedangkan pada tabel 4.11 seting proteksi *existing* ST band CB6 disetting pada 0,1. Reseting dilakukan karena seting ST band dari CB6 terlalu cepat sehingga apabila terjadi gangguan pada beban 380V (motor atau *static*) di bus PC0-380V1, LVCB akan mengamankan gangguan pada 0,1 s hal ini tidak diijinkan karena dapat mengakibatkan seluruh beban di bus PC0-380V1 mengalami *blackout*.

#### 4.5 Koordinasi Proteksi Tipikal 3A

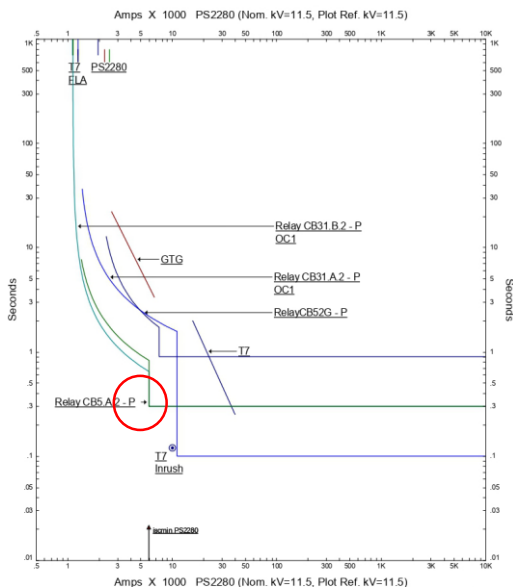
Pada tipikal 3 terdapat 4 rele pengaman yang perlu dikoordinasikan yaitu relay CB52G ; relay CB5.A.2 ; relay CB3.A.2 dan relay CB 31.A.2.



Gambar 4.14 Single Line Diagram Tipikal 3

Prioritas ke 2 (GTG dan PLN) suply perlu diperhatikan apabila terjadi gangguna hubung singkat di PS2280 sehingga apabila salah satu sumber mengalami gangguan pabrik tidak mengalami mati total ,CB52G digunakan untuk mengamankan generator, relay CB5.A.2 dan relay CB3.A.2 digunakan untuk mengamankan saluran transmisi apabila gangguan hubung singkat maksimum diantara saluran transmisi, lalu

CB31.A.2 digunakan untuk mengamankan gangguan pada sisi primer *transformer*.



Gambar 4.15 Kurva TCC Tipikal 3A Existing

Pada Gambar 4.15 di bawah ini relay CB5.A.2 merasakan gangguan pada sisi *inverse* ketika terjadi gangguan di PS2280 hal ini tidak diperbolehkan karena dapat mengakibatkan relay CB52G bekerja terlebih dulu dan memutus beban generator. Hal ini perlu dihindari karena proses produksi pupuk dari PT.Petrokimia Gresik memerlukan *steam* dari generator GTG. Selain itu memutus beban secara seketika tanpa prosedur yang benar dapat mengakibatkan umur dari generator berkurang.

### A. Relay CB5.A.2

Manufacture = Merlin Gerin  
 Model = Sepam1000  
 FLA = 1255,14  
 Curve type = IEC-Very Inverse  
 CT ratio = 2500/5

#### 1. Time Overcurrent Pickup

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

$$1,05 \times 1255,14 < \text{Iset} < 1,4 \times 1255,14$$

$$1317,86 < I_{set} < 1757,15$$

Dipilih  $I_n \times 1,1 = 1381 \text{ A}$

$$Tap = \frac{1381}{2500} = 0,522$$

2. Time dial

Dipilih waktu operasi 0,3s

$$T_d = \frac{13,5}{\left(\frac{I}{I_{set}}\right)^1 - 1} \times \frac{T}{1,5}$$

$$T = \frac{0,3 \times \left(\left(\frac{15090}{1381}\right)^1 - 1\right)}{9}$$

$$= 0,331$$

3. Instantaneous Pick up

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

$$1,6 \times 1255,14 < I_{set} < 0,8 \times 8320$$

$$2008,17 < I_{set} < 6656$$

Dipilih  $I_{set} = 3300$

$$Tap = \frac{3300}{2500} = 1,32$$

Dipilih waktu operasi 0,15 s

### A. Relay CB31.B.2

Manufacture	=	Merlin Gerin
Model	=	Sepam1000
FLA	=	1255,14
Curve type	=	IEC-Very Inverse
CT ratio	=	800/5

1. Time Overcurrent Pickup

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

$$1,05 \times 1255,14 < I_{set} < 1,4 \times 1255,14$$

$$1317,86 < I_{set} < 1757,15$$

Dipilih  $I_n \times 1,1 = 1381 \text{ A}$

$$Tap = \frac{1381}{800} = 0,331$$

2. Time dial

Dipilih waktu operasi 0,3s

$$T_d = \frac{13,5}{\left(\frac{I}{I_{set}}\right)^1 - 1} \times \frac{T}{1,5}$$

$$T = \frac{0,3 \times \left(\left(\frac{15090}{1381}\right)^1 - 1\right)}{9}$$

$$= 0,331$$

### 3. Instaneous Pick up

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

$$1,6 \times 1255,14 < I_{set} < 0,8 \times 8320$$

$$2008,17 < I_{set} < 6656$$

Dipilih Iset = 3300

$$Tap = \frac{3300}{800} = 4,125$$

Dipilih waktu operasi 0,15 s

### C. Relay CB52G

Manufacture	=	Merlin Gerin
Model	=	Sepam1000
FLA	=	2259,2
Curve type	=	IEC-Standar Inverse
CT ratio	=	3000/5

#### 1. Time Overcurrent Pickup

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

$$1,05 \times 2259,2 < I_{set} < 1,4 \times 2259,2$$

$$2372,16 < I_{set} < 3162,8$$

Dipilih In x 1,1 = 2485 A

$$Tap = \frac{2485}{3000} = 0,828$$

#### 2. Time dial

Dipilih waktu operasi 1,1s

$$T_d = \frac{0,14}{\left(\frac{I}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1} \times \frac{T}{2,97}$$

$$T = \frac{1,35 \times \left(\left(\frac{11870}{2485}\right)^{0,02} - 1\right)}{0,047}$$



$$= 0,743$$

### 3. Instaneous Pick up

$$\begin{array}{lcl} 1,6 \times \text{FLA} & < \text{Iset} < & 0,8 \times \text{Iscmin} \\ 1,6 \times 2259,2 & < \text{Iset} < & 0,8 \times 8730 \\ 3614,7 & < \text{Iset} < & 6984 \end{array}$$

Dipilih Iset = 8000

$$\text{Tap} = \frac{8000}{3000} = 2,667$$

Dipilih waktu operasi 0,35 s

## D. Relay CB31.A.2

Manufacture	=	Merlin Gerin
Model	=	Sepam1000
FLA	=	722,54
Curve type	=	IEC-Very Inverse
CT ratio	=	800/5

### 1. Time Overcurrent Pickup

$$\begin{array}{lcl} 1,05 \times \text{FLA} & < \text{Iset} < & 1,4 \times \text{FLA} \\ 1,05 \times 722,54 & < \text{Iset} < & 1,4 \times 722,54 \\ 758,67 & < \text{Iset} < & 1011,56 \end{array}$$

Dipilih In x 1,1 = 794,8

$$\text{Tap} = \frac{794,8}{800} = 0,595$$

### 2. Time dial

Dipilih waktu operasi 0,5s

$$\begin{aligned} T_d &= \frac{13,5}{\left(\frac{I}{I_{set}}\right)^1 - 1} \times \frac{T}{1,5} \\ T &= \frac{0,5 \times \left(\left(\frac{7930}{794,8}\right)^1 - 1\right)}{9} \\ &= 0,498 \end{aligned}$$

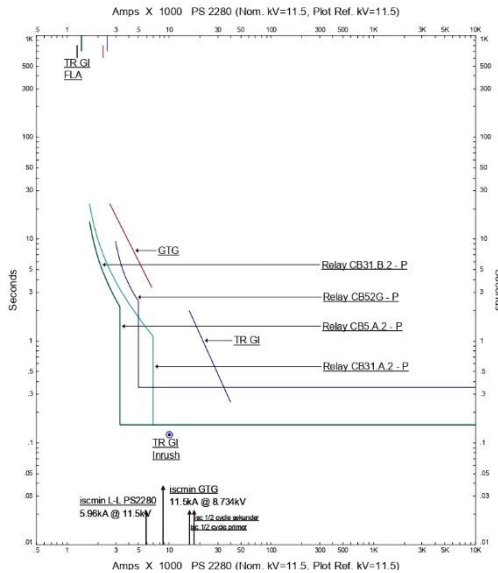
### 3. Instaneous Pick up

$$\begin{array}{lcl} 1,6 \times \text{FLA} & < \text{Iset} < & 0,8 \times \text{Iscmin} \\ 1,6 \times 722,54 & < \text{Iset} < & 0,8 \times 6210 \\ 1156,06 & < \text{Iset} < & 4968 \end{array}$$

Dipilih Iset = 4000

$$T_{ap} = \frac{4000}{800} = 5$$

Dipilih waktu operasi 0,15 s



Gambar 4.16 Kurva 4.12 TCC Tipikal 3A

Tabel 4.13 Line to Line (symmetrical) fault on bus PS2280

Time Ms	ID	If kA	T1 Ms	Condition
150	Relay CB5.A.2	5,964	150	Phase – OC1 -50
150	Relay CB31.B.2	5,964	150	Phase – OC1 -50
1414	CB5.A.2		40	Tripped by Relay CB5.A.2 Phase-OC1-50
1454	CB31.B.2		40	Tripped by Relay CB31.B.2 Phase-OC1-50
350	Relay CB52G	8,734	350	Phase – OC1 -50
390	CB 52G		40	Tripped by Relay CB52G Phase-OC1-50

Pada tabel 4.13 *sequence viewer* dapat dilihat ketika terjadi gangguan hubung singkat di PS2280 Relay yang pertama bekerja adalah Relay 5.A.2 dan Relay 31.B.2 karena dengan memutus grid PLN terlebih dulu hanya mengakibatkan sinkronisasi antara GTG dan PLN terputus. Apabila generator yang diputus lebih dulu mengakibatkan supply utama Pabrik

1A PT.Petrokimia Gresik menjadi terputus dan menyebabkan pabrik menjadi *blackout*. Selain itu apabila GTG dilepas dari sistem mengakibatkan steam generator terganggu dan perlu waktu lama untuk aktif kembali.

Tabel 4.14 Seting Proteksi *Existing*

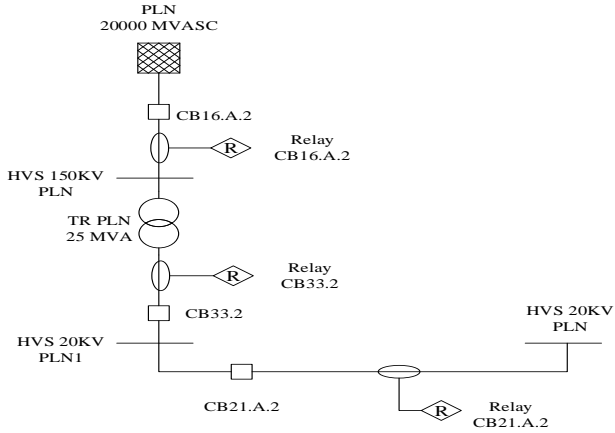
ID	Curve	Overcurrent		Instaneous	
		Pickup current	Time dial	Pickup current	Time delay
		A	S	A	S
Relay CB52G	Standar Inverse	1950	1	7500	0,9
Relay CB5.A.2	Standar Inverse	1125	0,6	6000	0,3
Relay CB31.B.2	Standar Inverse	1120	0,47	6000	0,3
Relay CB31.A.2	Standar Inverse	720	0,5	6400	0,1

Tabel 4.15 Seting Proteksi *Reseting*

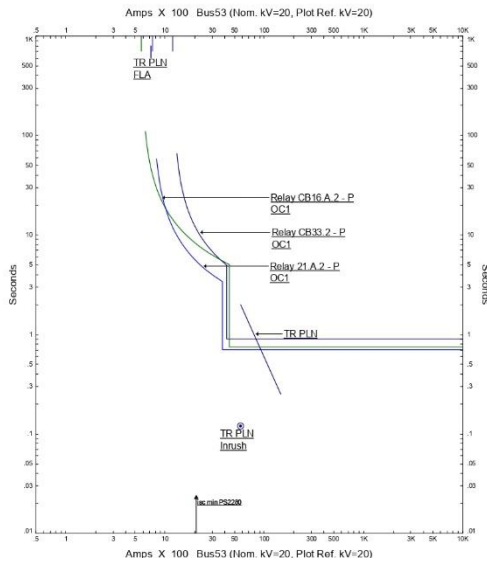
ID	Curve	Overcurrent		Instaneous	
		Pickup current	Time dial	Pickup current	Time delay
		A	S	A	S
Relay CB52G	Standard Inverse	2485	0,743	8000	0,35
Relay CB5.A.2	Very Inverse	1381	0,331	3300	0,15
Relay CB31.B.2	Very Inverse	1381	0,331	3300	0,15
Relay CB31.A.2	Very Inverse	794,8	0,498	4000	0,15

#### 4.6 Koordinasi Proteksi Tipikal 3B

Pada tipikal 3B terdapat 3 relay yang perlu dikoordinasikan yaitu relay CB21.A.2 , relay CB33.2 dn relay CB16.2. Relay CB21.A.2 merupakan relay yang digunakan untuk melindungi saluran antara HVS 20kV PLN 1dan 2 , CB33.2 digunakan untuk melindungi sisi sekunder transformer dam CB16.A.2 digunakan untuk melindungi sisi primer transformer jika terjadi gangguan antara HVS 150 kV PLN dan grid. Pada tipikal 3 perlu diperhatikan jika terjadi gangguan pada GI maka diharuskan relay GTG di pabrik 1 tidak ikut untuk bekerja.



Gambar 4.17 SLD tipikal 3B



Gambar 4.18 kurva TCC tipikal 3B

Untuk SLD tipikal 3B perlu dilakukan studi koordinasi proteksi pada ke tiga relay pengaman , dikarenakan apabila terdapat gangguan external dari pabrika 1 PT.Petrtokimia Gresik maka Pabrik 1 tidak terpengaruh dan hanya memutus gangguan di HVS 20kV PLN.

## A. Relay CB21.A.2

Manufacture	=	Merlin Gerin
Model	=	Sepam1000
FLA	=	722,54
Curve type	=	IEC-Very Inverse
CT ratio	=	1000/5

### 1. Time Overcurrent Pickup

$$\begin{aligned} 1,05 \times \text{FLA} &< I_{set} < 1,4 \times \text{FLA} \\ 1,05 \times 722,54 &< I_{set} < 1,4 \times 722,54 \\ 758,67 &< I_{set} < 1011,56 \end{aligned}$$

Dipilih  $I_n \times 1,2 = 867,1 \text{ A}$

$$Tap = \frac{867,1}{1000} = 0,522$$

### 2. Time dial

Dipilih waktu operasi 0,7s

$$\begin{aligned} T_d &= \frac{13,5}{\left(\frac{I}{I_{set}}\right)^1 - 1} \times \frac{T}{1,5} \\ T &= \frac{0,3 \times \left(\left(\frac{7930}{867,1}\right)^1 - 1\right)}{9} \\ &= 0,633 \end{aligned}$$

### 3. Instaneous Pick up

$$\begin{aligned} 1,6 \times \text{FLA} &< I_{set} < 0,8 \times I_{scmin} \\ 1,6 \times 722,54 &< I_{set} < 0,8 \times 6150 \\ 2008,17 &< I_{set} < 6656 \end{aligned}$$

Dipilih  $I_{set} = 4000$

$$Tap = \frac{4000}{1000} = 4$$

Dipilih waktu operasi 0,35 s

## B. Relay CB33.2

Manufacture	=	Merlin Gerin
Model	=	Sepam1000
FLA	=	722,54
Curve type	=	IEC-Very Inverse
CT ratio	=	1000/5

### 1. Time Overcurrent Pickup

$$\begin{array}{rcl}
 1,05 \times \text{FLA} & < \text{Iset} < & 1,4 \times \text{FLA} \\
 1,05 \times 722,54 & < \text{Iset} < & 1,4 \times 722,54 \\
 758,67 & < \text{Iset} < & 1011,56
 \end{array}$$

Dipilih  $I_n \times 1,3 = 939,3 \text{ A}$

$$\text{Tap} = \frac{939,3}{1000} = 0,939$$

## 2. Time dial

Dipilih waktu operasi 0,7s

$$\begin{aligned}
 T_d &= \frac{13,5}{\left(\frac{I}{I_{set}}\right)^1 - 1} \times \frac{T}{1,5} \\
 T &= \frac{0,9 \times ((7140)^1 - 1)}{9} \\
 &= 0,66
 \end{aligned}$$

## 3. Instaneous Pick up

$$\begin{array}{rcl}
 1,6 \times \text{FLA} & < \text{Iset} < & 0,8 \times I_{scmin} \\
 1,6 \times 722,54 & < \text{Iset} < & 0,8 \times 6150 \\
 2008,17 & < \text{Iset} < & 6656
 \end{array}$$

Dipilih  $I_{set} = 4000$

$$\text{Tap} = \frac{4000}{1000} = 4$$

Dipilih waktu operasi 0,55 s

### A. Relay CB16.A.2

Manufacture	=	Merlin Gerin
Model	=	Sepam1000
FLA	=	96,34
Curve type	=	IEC-Very Inverse
CT ratio	=	200/5

## 1. Time Overcurrent Pickup

$$\begin{array}{rcl}
 1,05 \times \text{FLA} & < \text{Iset} < & 1,4 \times \text{FLA} \\
 1,05 \times 96,34 & < \text{Iset} < & 1,4 \times 96,34 \\
 101,16 & < \text{Iset} < & 134,87
 \end{array}$$

Dipilih  $I_n \times 1,3 = 125,2 \text{ A}$

$$\text{Tap} = \frac{125,2}{200} = 0,626$$

## 2. Time dial

Dipilih waktu operasi 1,1s

$$T_d = \frac{0,14}{\left(\frac{I}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1} \times \frac{T}{2,97}$$

$$T = \frac{1,1 \times ((76980)^{0,02} - 1)}{0,047}$$

$$= 0,633$$

### 3. Instaneous Pick up

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

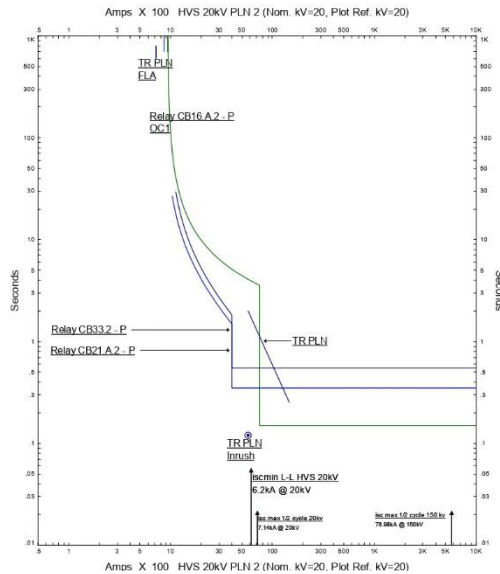
$$1,6 \times 96,34 < I_{set} < 0,8 \times 66670$$

$$101,16 < I_{set} < 53336$$

Dipilih Iset = 1000

$$T_{ap} = \frac{1000}{200} = 5$$

Dipilih waktu operasi 0,15 s



Gambar 4.19 kurva resetting tipikal 3B

Dapat dilihat bahwa kurva Relay CB33.2 memotong *damage curve* TRPLN tapi sebelum gangguan 20kV menyentuh *damage curve* TRPLN arus gangguan telah diamankan terlebih dulu.

Tabel 4.16 Line to Line (symmetrical) fault on bus HVS 20 kVPLN 2

Time	ID	If	T1	Condition
Ms		kA	Ms	
550	Relay CB33.2	6,212	550	Phase – OC1 -50
590	CB33.2		40	Tripped by Relay CB33.2 Phase-OC1-50
1606	Relay CB31A.2	3,011	1606	Phase – OC1 -51
1646	CB31.A.2		40	Tripped by Relay CB31.A.2 Phase-OC1-51
2165	Relay CB21A.2	3,011	2165	Phase – OC1 -51
2205	CB 21A.2		40	Tripped by Relay CB521A.2 Phase-OC1-51

Tabel 4.16 menunjukkan bahwa ketikan terjadi gangguan hubung singkat pada HVS 20 KV PLN relay yang pertama kali bekerja yaitu relay CB33.2 pada daerah kerja instan sedangkan relay cb31.A.2 dan Relay CB21.A.2 ikut merasakan gangguan tapi tidak di daerah kerja *instan* melainkan pada daerah kerja *inverse*. Berdasarkan tabel 4.16 dapat disimpulkan bahwa ketika terjadi gangguan eksternal pada sisi GI PLN pabrik 1 tidak ikut terpengaruh dan Generator tetap mensuplai beban sehingga tidak terjadi *blackout*.

Tabel 4.17 Seting Proteksi *Existing*

ID	Curve	Overcurrent		Instaneous	
		Pickup current	Time Dial	Pickup current	Time delay
		A	S	A	S
Relay CB21.A2	Standar Inverse	750	0,8	3800	0,7
Relay CB33.2	Standar Inverse	1200	0,9	4200	0,9
Relay CB16.A.2	Standar Inverse	77	1,5	593	0,75

Tabel 4.18 Seting Proteksi *Reseting*

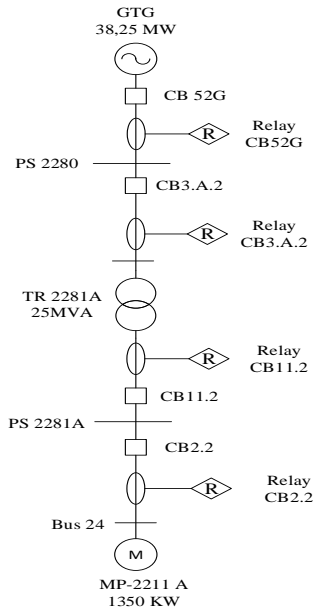
ID	Curve	Overcurrent		Instaneous	
		Pickup current	Time dial	Pickup current	Time delay
		A	S	A	S
Relay CB21.A2	Very Inverse	867	0,6333	4000	0,35
Relay CB33.2	Very Inverse	939	0,66	4000	0,55



Relay CB16.A.2	Standard Inverse	125,2	3,2	1000	0,15
-------------------	---------------------	-------	-----	------	------

#### 4.7 Koordinasi Proteksi Gangguan Fasa ke Tanah

Pada gambar 4.13 terdapat 4 relay pengaman yang digunakan untuk mengamankan gangguan L-G. Relay 96 digunakan untuk mengamankan motor MP2211A. Relay CB11.2 dan relay CB3.A.2 digunakan untuk mengamankan *transformer* sedangkan relay CB52G digunakan untuk mengamankan generator.



Gambar 4.20 Single Line Diagram Tipikal 1 (Gangguan L-G)

#### A. Relay CB2.2

Manufacture	=	Merlin Gerin
Model	=	Sepam40
NGR Trafo	=	200
CT ratio	=	100/1

#### 1. Instaneous Pickup

$10\% \times \text{NGR Trafo}$	<	Iset	<	$50\% \times \text{NGR Trafo}$
$10\% \times 200$	<	Iset	<	$50\% \times 200$
20	<	Iset	<	100

Dipilih Iset = 50

$$Tap = \frac{50}{100} = 0,5$$

Dipilih waktu operasi 0,1 s

### **B. Relay CB11.2**

Manufacture = Merlin Gerin  
Model = Sepam40  
NGR Trafo = 200  
CT ratio = 100/1

#### 1. Instaneous Pickup

$$\begin{array}{l} 10\% \times \text{NGR Trafo} < \text{Iset} < 50\% \times \text{NGR Trafo} \\ 10\% \times 200 < \text{Iset} < 50\% \times 200 \\ 20 < \text{Iset} < 100 \end{array}$$

Dipilih Iset = 50

$$Tap = \frac{50}{100} = 0,5$$

Dipilih waktu operasi 0,5 s

### **C. Relay CB3.A.2**

Manufacture = Merlin Gerin  
Model = Sepam40  
NGR GTG = 400  
CT ratio = 100/1

#### 1. Instaneous Pickup

$$\begin{array}{l} 10\% \times \text{NGR GTG} < \text{Iset} < 50\% \times \text{NGR GTG} \\ 10\% \times 400 < \text{Iset} < 50\% \times 400 \\ 40 < \text{Iset} < 200 \end{array}$$

Dipilih Iset = 50

$$Tap = \frac{50}{100} = 0,5$$

Dipilih waktu operasi 0,15 s

### **C. Relay CB52.G**

Manufacture = Merlin Gerin  
Model = Sepam40  
NGR GTG = 400  
CT ratio = 100/1

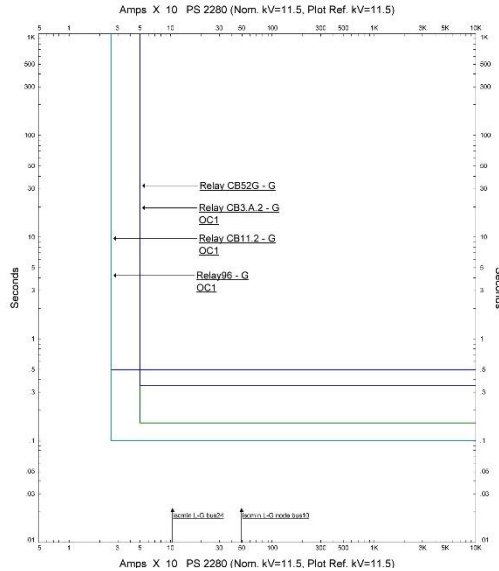
1. Instantaneous Pickup

$$\begin{aligned}
 10\% \times \text{NGR GTG} &< \text{Iset} < 50\% \times \text{NGR GTG} \\
 10\% \times 400 &< \text{Iset} < 50\% \times 400 \\
 40 &< \text{Iset} < 200
 \end{aligned}$$

Dipilih Iset = 50

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

Dipilih waktu operasi 0,35 s



Gambar 4.21 Kurva TCC Gangguan Fasa ke Tanah

Tabel 4.19 Line to Ground (symmetrical) fault on bus 24

Time	ID	If	T1	Condition
Ms		kA	Ms	
150	Relay 96	0,2	100	Ground – OC1 -50
150	CB2.2		40	Tripped by Relay CB96 Ground-OC1-50
1414	Relay CB11.2	0,2	500	Ground – OC1 -50
1454	CB11.2		40	Tripped by Relay CB11.B.2 Ground-OC1-50

Pada tabel 4.19 adalah *sequence viewer* apabila terjadi gangguan L-G pada bus 24 diatas motor . Relay 96 pertama kali bekerja dengan waktu

100 ms kemudian sebagai *backup* relay CB11.2 bekerja pada waktu 500ms dengan nilai arus L-G yang dirasakan oleh kedua relay yaitu sebesar 0,2kA.

## 4.8 Ananlisa Arc Flash

### 4.8.1 Perhitungan Arc Flash Bus PS2280

Perhitungan arus arcing(Ia):

$$\begin{aligned} \text{Log}(I_a) &= 0,00402+0,983\log(I_{bf}) \\ \text{Log}(I_a) &= 0,00402+0,983\log(26,49) \\ \text{Log}(I_a) &= 1,4029 \\ I_a &= 25,288 \text{ kA} \end{aligned}$$

Perhitungan Insiden Energi (E) :

$$\begin{aligned} E_n &= 10^{K1+K2+1,081\log(I_a)+0,0011G} \\ E_n &= 10^{-0,555-0,113+(1,081 \times 1,402)+(0,0011 \times 153)} \\ E_n &= 10,3955 \text{ j/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Incident Energy} &= C_f E_n \left(\frac{t}{0,2}\right) \left(\frac{610^x}{D^x}\right) \\ \text{Incident Energy} &= 1 \times 10,3955 \times \left(\frac{0,39}{0,2}\right) \left(\frac{610^{0,973}}{910^{0,973}}\right) \\ \text{Incident Energy} &= 13,736 \text{ cal/cm}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan jarak batas perlindungan :

$$\begin{aligned} D_B &= \left[ 4,184 C_f E_n \left(\frac{t}{0,2}\right) \left(\frac{610^x}{E_B}\right) \right]^{\frac{1}{x}} \\ D_B &= \left[ 4,184 \times 1 \times 10,3955 \left(\frac{0,39}{0,2}\right) \left(\frac{610^{0,973}}{5}\right) \right]^{\frac{1}{0,973}} \\ D_B &= 11193 \text{ mm} \\ D_B &= 11,193 \text{ m} \end{aligned}$$

### 4.8.2 Perhitungan Arc Flash Bus PS2281A

Perhitungan arus arcing(Ia):

$$\begin{aligned} \text{Log}(I_a) &= 0,00402+0,983\log(I_{bf}) \\ \text{Log}(I_a) &= 0,00402+0,983\log(24,24) \\ \text{Log}(I_a) &= 1,365 \\ I_a &= 23,175 \text{ kA} \end{aligned}$$

Perhitungan Insiden Energi (En) :

$$\begin{aligned} \text{En} &= 10^{K_1+K_2+1,081 \log(I_a)+0,0011G} \\ \text{En} &= 10^{-0,555-0,113+(1,081 \times 1,365)+(0,0011 \times 153)} \\ \text{En} &= 9,459 \text{ j/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Incident Energy} &= C_f \text{En} \left( \frac{t}{0,2} \right) \left( \frac{610^x}{D^x} \right) \\ \text{Incident Energy} &= 1 \times 9,459 \times \left( \frac{0,54}{0,2} \right) \left( \frac{610^{0,973}}{910^{0,973}} \right) \\ \text{Incident Energy} &= 17,307 \text{ cal/cm}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan jarak batas perlindungan :

$$\begin{aligned} D_B &= \left[ 4,184 C_f \text{En} \left( \frac{t}{0,2} \right) \left( \frac{610^x}{E_B} \right) \right]^{\frac{1}{x}} \\ D_B &= \left[ 4,184 \times 1 \times 9,459 \left( \frac{0,54}{0,2} \right) \left( \frac{610^{0,973}}{5} \right) \right]^{\frac{1}{0,973}} \\ D_B &= 14194 \text{ mm} \\ D_B &= 14,194 \text{ m} \end{aligned}$$

#### 4.8.3 Perhitungan Arc Flash Bus PS2281B

Perhitungan arus arcing(Ia):

$$\begin{aligned} \text{Log}(I_a) &= 0,00402+0,983 \log(I_{bf}) \\ \text{Log}(I_a) &= 0,00402+0,983 \log(26,82) \\ \text{Log}(I_a) &= 1,408 \\ I_a &= 25,597 \text{ kA} \end{aligned}$$

Perhitungan Insiden Energi (En) :

$$\begin{aligned} \text{En} &= 10^{K_1+K_2+1,081 \log(I_a)+0,0011G} \\ \text{En} &= 10^{-0,555-0,113+(1,081 \times 1,408)+(0,0011 \times 153)} \\ \text{En} &= 10,533 \text{ j/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Incident Energy} &= C_f \text{En} \left( \frac{t}{0,2} \right) \left( \frac{610^x}{D^x} \right) \\ \text{Incident Energy} &= 1 \times 10,533 \times \left( \frac{0,54}{0,2} \right) \left( \frac{610^{0,973}}{910^{0,973}} \right) \\ \text{Incident Energy} &= 19,271 \text{ cal/cm}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan jarak batas perlindungan :

$$D_B = \left[ 4,184 Cf En \left( \frac{t}{0,2} \right) \left( \frac{610^x}{E_B} \right) \right]^{\frac{1}{x}}$$

$$D_B = \left[ 4,184 x1 x 10,533 x \left( \frac{0,54}{0,2} \right) \left( \frac{610^{0,973}}{5} \right) \right]^{\frac{1}{0,973}}$$

$$D_B = 15852 \text{ mm}$$

$$D_B = 15,852 \text{ m}$$

#### 4.8.4 Perhitungan Arc Flash Bus PC0

Perhitungan arus arcing(Ia):

$$\text{Log}(Ia) = 0,00402 + 0,983 \log(Ibf)$$

$$\text{Log}(Ia) = 0,00402 + 0,983 \log(26,4)$$

$$\text{Log}(Ia) = 1,401$$

$$Ia = 25,203 \text{ kA}$$

Perhitungan Insiden Energi (En) :

$$En = 10^{K1+K2+1,081 \log(Ia)+0,0011G}$$

$$En = 10^{-0,555-0,113+(1,081 \times 1,401)+(0,0011 \times 153)}$$

$$En = 10,358 \text{ j/cm}^2$$

$$\text{Incident Energy} = Cf En \left( \frac{t}{0,2} \right) \left( \frac{610^x}{D^x} \right)$$

$$\text{Incident Energy} = 1 x 10,358 x \left( \frac{0,34}{0,2} \right) \left( \frac{610^{0,973}}{910^{0,973}} \right)$$

$$\text{Incident Energy} = 11,932 \text{ cal/cm}^2$$

Perhitungan jarak batas perlindungan :

$$D_B = \left[ 4,184 Cf En \left( \frac{t}{0,2} \right) \left( \frac{610^x}{E_B} \right) \right]^{\frac{1}{x}}$$

$$D_B = \left[ 4,184 x1 x 10,358 x \left( \frac{0,34}{0,2} \right) \left( \frac{610^{0,973}}{5} \right) \right]^{\frac{1}{0,973}}$$

$$D_B = 9684,9 \text{ mm}$$

$$D_B = 9,684 \text{ m}$$

#### 4.8.5 Perhitungan Arc Flash Bus PC3

Perhitungan arus arcing(Ia):

$$\text{Log}(Ia) = 0,00402 + 0,983 \log(Ibf)$$

$$\text{Log}(Ia) = 0,00402 + 0,983 \log(25,71)$$

$$\begin{aligned}\text{Log}(I_a) &= 1,39 \\ I_a &= 24,556 \text{ kA}\end{aligned}$$

Perhitungan Insiden Energi (En) :

$$\begin{aligned}E_n &= 10^{K_1+K_2+1,081 \log(I_a)+0,0011G} \\ E_n &= 10^{-0,555-0,113+(1,081 \times 1,39)+(0,0011 \times 153)} \\ E_n &= 10,07 \text{ j/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Incident Energy} &= C_f E_n \left(\frac{t}{0,2}\right) \left(\frac{610^x}{D^x}\right) \\ \text{Incident Energy} &= 1 \times 10,07 \times \left(\frac{0,14}{0,2}\right) \left(\frac{610^{0,973}}{910^{0,973}}\right) \\ \text{Incident Energy} &= 4,776 \text{ cal/cm}^2\end{aligned}$$

Perhitungan jarak batas perlindungan :

$$\begin{aligned}D_B &= \left[4,184 C_f E_n \left(\frac{t}{0,2}\right) \left(\frac{610^x}{E_B}\right)\right]^{\frac{1}{x}} \\ D_B &= \left[4,184 \times 1 \times 10,07 \times \left(\frac{0,14}{0,2}\right) \left(\frac{610^{0,973}}{5}\right)\right]^{\frac{1}{0,973}} \\ D_B &= 3780 \text{ mm} \\ D_B &= 3,78 \text{ m}\end{aligned}$$

#### 4.8.6 Perhitungan Arc Flash Bus HVS 1100

Perhitungan arus arcng(Ia):

$$\begin{aligned}\text{Log}(I_a) &= 0,00402+0,983 \log(I_{bf}) \\ \text{Log}(I_a) &= 0,00402+0,983 \log(23,64) \\ \text{Log}(I_a) &= 1,354 \\ I_a &= 22,611 \text{ kA}\end{aligned}$$

Perhitungan Insiden Energi (En) :

$$\begin{aligned}E_n &= 10^{K_1+K_2+1,081 \log(I_a)+0,0011G} \\ E_n &= 10^{-0,555-0,113+(1,081 \times 1,354)+(0,0011 \times 153)} \\ E_n &= 9,211 \text{ j/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Incident Energy} &= C_f E_n \left(\frac{t}{0,2}\right) \left(\frac{610^x}{D^x}\right) \\ \text{Incident Energy} &= 1 \times 9,211 \times \left(\frac{0,34}{0,2}\right) \left(\frac{610^{0,973}}{910^{0,973}}\right)\end{aligned}$$

$$\text{Incident Energy} = 10,611 \text{ cal/cm}^2$$

Perhitungan jarak batas perlindungan :

$$D_B = \left[ 4,184 \text{ Cf En } \left( \frac{t}{0,2} \right) \left( \frac{610^x}{E_B} \right) \right]^{\frac{1}{x}}$$

$$D_B = \left[ 4,184 \times 1 \times 9,211 \times \left( \frac{0,34}{0,2} \right) \left( \frac{610^{0,973}}{5} \right) \right]^{\frac{1}{0,973}}$$

$$D_B = 8584 \text{ mm}$$

$$D_B = 8,584 \text{ m}$$

#### 4.8.7 Perhitungan Arc Flash Bus HVS 02-500

Perhitungan arus arcing(Ia):

$$\text{Log(Ia)} = 0,00402 + 0,983 \log(\text{Ibf})$$

$$\text{Log(Ia)} = 0,00402 + 0,983 \log(23,1)$$

$$\text{Log(Ia)} = 1,344$$

$$\text{Ia} = 22,103 \text{ kA}$$

Perhitungan Insiden Energi (En) :

$$\text{En} = 10^{K1+K2+1,081 \log(\text{Ia})+0,0011G}$$

$$\text{En} = 10^{-0,555-0,113+(1,081 \times 1,344)+(0,0011 \times 153)}$$

$$\text{En} = 8,987 \text{ j/cm}^2$$

$$\text{Incident Energy} = \text{Cf En } \left( \frac{t}{0,2} \right) \left( \frac{610^x}{D^x} \right)$$

$$\text{Incident Energy} = 1 \times 8,987 \times \left( \frac{0,14}{0,2} \right) \left( \frac{610^{0,973}}{910^{0,973}} \right)$$

$$\text{Incident Energy} = 4,263 \text{ cal/cm}^2$$

Perhitungan jarak batas perlindungan :

$$D_B = \left[ 4,184 \text{ Cf En } \left( \frac{t}{0,2} \right) \left( \frac{610^x}{E_B} \right) \right]^{\frac{1}{x}}$$

$$D_B = \left[ 4,184 \times 1 \times 8,987 \times \left( \frac{0,14}{0,2} \right) \left( \frac{610^{0,973}}{5} \right) \right]^{\frac{1}{0,973}}$$

$$D_B = 3362,9 \text{ mm}$$

$$D_B = 8,362 \text{ m}$$

#### 4.8.8 Perhitungan Arc Flash Bus PM-2282D



Perhitungan arus arcing(Ia):

$$\begin{aligned} \text{Log(Ia)} &= K + 0,662 \log (\text{Ibf}) + 0,0966 \text{ V} + 0,000526\text{G} \\ &\quad + 0,5588\text{V}[\log(\text{Ibf})] - 0,00304\text{G}[\log(\text{Ibf})] \\ \text{Log(Ia)} &= -0,097 + 0,662 \log (44,1) + (0,0966 \times 0,38) + \\ &\quad (0,000526 \times 32) + (0,5588 \times 0,38[\log(44,1)]) - \\ &\quad (0,00304 \times 32 \times [\log(44,1)]) \\ \text{Log(Ia)} &= 1,234 \\ \text{Ia} &= 17,154 \text{ kA} \end{aligned}$$

Perhitungan Insiden Energi (En) :

$$\begin{aligned} \text{En} &= 10^{K1+K2+1,081 \log(\text{Ia})+0,0011\text{G}} \\ \text{En} &= 10^{-0,555-0,113+(1,081 \times 1,234)+(0,0011 \times 32)} \\ \text{En} &= 5,029 \text{ j/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Incident Energy} &= C_f \text{ En} \left( \frac{t}{0,2} \right) \left( \frac{610^x}{D^x} \right) \\ \text{Incident Energy} &= 1,5 \times 5,029 \times \left( \frac{0,35}{0,2} \right) \left( \frac{610^{1,473}}{455^{1,473}} \right) \\ \text{Incident Energy} &= 20,334 \text{ cal/cm}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan jarak batas perlindungan :

$$\begin{aligned} D_B &= \left[ 4,184 C_f \text{ En} \left( \frac{t}{0,2} \right) \left( \frac{610^x}{E_B} \right) \right]^{\frac{1}{x}} \\ D_B &= \left[ 4,184 \times 1,5 \times 5,029 \times \left( \frac{0,35}{0,2} \right) \left( \frac{610^{1,473}}{5} \right) \right]^{\frac{1}{1,473}} \\ D_B &= 3116,2 \text{ mm} \\ D_B &= 3,116 \text{ m} \end{aligned}$$

#### 4.8.9 Perhitungan Arc Flash Bus PC0-380V1

Perhitungan arus arcing(Ia):

$$\begin{aligned} \text{Log(Ia)} &= K + 0,662 \log (\text{Ibf}) + 0,0966 \text{ V} + 0,000526\text{G} \\ &\quad + 0,5588\text{V}[\log(\text{Ibf})] - 0,00304\text{G}[\log(\text{Ibf})] \\ \text{Log(Ia)} &= -0,097 + 0,662 \log (57,85) + (0,0966 \times 0,38) + \\ &\quad (0,000526 \times 32) + (0,5588 \times 0,38[\log(57,85)]) - \\ &\quad (0,00304 \times 32 \times [\log(57,85)]) \\ \text{Log(Ia)} &= 1,326 \\ \text{Ia} &= 21,182 \text{ kA} \end{aligned}$$

Perhitungan Insiden Energi (En) :

$$\begin{aligned} E_n &= 10^{K1+K2+1,081 \log(Ia)+0,0011G} \\ E_n &= 10^{-0,555-0,113+(1,081 \times 1,326)+(0,0011 \times 32)} \\ E_n &= 6,317 \text{ j/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Incident Energy} &= C_f E_n \left( \frac{t}{0,2} \right) \left( \frac{610^x}{D^x} \right) \\ \text{Incident Energy} &= 1,5 \times 6,317 \times \left( \frac{0,35}{0,2} \right) \left( \frac{610^{1,473}}{455^{1,473}} \right) \\ \text{Incident Energy} &= 25,541 \text{ cal/cm}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan jarak batas perlindungan :

$$\begin{aligned} D_B &= \left[ 4,184 C_f E_n \left( \frac{t}{0,2} \right) \left( \frac{610^x}{E_B} \right) \right]^{\frac{1}{x}} \\ D_B &= \left[ 4,184 \times 1,5 \times 6,317 \times \left( \frac{0,35}{0,2} \right) \left( \frac{610^{1,473}}{5} \right) \right]^{\frac{1}{1,473}} \\ D_B &= 3637,8 \text{ mm} \\ D_B &= 3,637 \text{ m} \end{aligned}$$

#### 4.8.10 Perhitungan Arc Flash Bus 01 LVS 03-500

Perhitungan arus arcing(Ia):

$$\begin{aligned} \text{Log}(Ia) &= K + 0,662 \log(Ibf) + 0,0966 V + 0,000526G \\ &\quad + 0,5588V[\log(Ibf)] - 0,00304G[\log(Ibf)] \\ \text{Log}(Ia) &= -0,097 + 0,662 \log(60,39) + (0,0966 \times 0,38) + \\ &\quad (0,000526 \times 32) + (0,5588 \times 0,38[\log(60,39)]) - \\ &\quad (0,00304 \times 32 \times [\log(60,39)]) \\ \text{Log}(Ia) &= 1,34 \\ Ia &= 21,901 \text{ kA} \end{aligned}$$

Perhitungan Insiden Energi (En) :

$$\begin{aligned} E_n &= 10^{K1+K2+1,081 \log(Ia)+0,0011G} \\ E_n &= 10^{-0,555-0,113+(1,081 \times 1,34)+(0,0011 \times 32)} \\ E_n &= 6,55 \text{ j/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Incident Energy} &= C_f E_n \left( \frac{t}{0,2} \right) \left( \frac{610^x}{D^x} \right) \\ \text{Incident Energy} &= 1,5 \times 6,55 \times \left( \frac{0,08}{0,2} \right) \left( \frac{610^{1,473}}{455^{1,473}} \right) \\ \text{Incident Energy} &= 6,052 \text{ cal/cm}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan jarak batas perlindungan :

$$D_B = \left[ 4,184 Cf En \left( \frac{t}{0,2} \right) \left( \frac{610^x}{E_B} \right) \right]^{\frac{1}{x}}$$

$$D_B = \left[ 4,184 \times 1,5 \times 6,55 \times \left( \frac{0,08}{0,2} \right) \left( \frac{610^{1,473}}{5} \right) \right]^{\frac{1}{1,473}}$$

$$D_B = 1368,7 \text{ mm}$$

$$D_B = 1,368 \text{ m}$$

#### 4.9 Hasil Perhitungan Arc Flash Pada Existing Dan Resetting

Tabel 4.20 Arc Flash Pada Kondisi Existing

Busbar	Bolted Faulted Current	Arcing Current	Incident Energy	Energy Level	Flash Protection Boundary
	kA	kA	Cal/cm2		Ft
PS2280	26,49	25,28	42,94	Exceed	112,3
PS2281A	24,24	23,17	5,82	2	14,55
PS2281B	26,82	25,59	6,48	2	16,24
PC0	26,4	25,203	6,37	2	15,96
PC3	25,71	24,55	3,98	1	9,87
HVS1100	23,64	22,61	5,66	2	14,16
HVS02-500	23,1	22,1	2,37	1	5,8
01 DS 500	23,1	22,1	2,37	1	5,8
HVS 01-500	23,1	22,1	0,75	0	1,79
PM-2282D	44,1	17,15	20,19	2	10,42
PC0-380V1	57,85	21,18	9,98	3	6,307
01 LVS 03-500	60,39	21,9	5,92	2	4,42

Tabel 4.21 Arc Flash pada kondisi Resetting

Busbar	Bolted Faulted Current	Arcing Current	Incident Energy	Energy Level	Flash Protection Boundary
	kA	kA	Cal/cm2		Ft
PS2280	26,49	25,28	13,73	3	36,72
PS2281A	24,24	23,17	17,307	3	45,56
PS2281B	26,82	25,59	19,27	3	52

PC0	26,4	25,203	11,93	3	31,77
PC3	25,71	24,55	4,77	2	12,402
HVS1100	23,64	22,61	10,61	3	28,16
HVS02-500	23,1	22,1	4,26	2	11,033
01 DS 500	23,1	22,1	4,26	2	11,033
HVS 01-500	23,1	22,1	4,26	2	11,033
PM-2282D	44,1	17,15	20,33	3	10,22
PC0-380V1	57,85	21,18	25,54	4	11,93
01 LVS 03-500	60,39	21,9	6,05	2	4,49

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi pemodelan sistem Pabrik 1 PT.Petrokimia Gresik pada ETAP 12.6 yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan :

1. Pada tipikal 1A dan 1B terdapat setting proteksi yang kurang tepat dikarenakan kurva instantaneous berada di bawah kurva inrush *transformer* sehingga penulis menyarankan untuk dilakukan reseting ulang
2. Adanya besar *incident energy* yang lebih dari kategori 4 pada PS2280 tapi setelah dilakukan reseting ulang besar kategori bahaya menjadi turun pada level 3
3. *Grading time* untuk *setting* koordinasi proteksi relay pengaman sebesar 0,2-0,4
4. Total waktu *Fault Clearing Time* dari relay pengaman berpengaruh terhadap besar nilai *incident energy* busur api yang dilepaskan
5. Semakin besar nilai *incident energy* yang dilepaskan maka semakin jauh *Arc Flash Boundary* untuk pekerja
6. Setting waktu *time delay* relay *transformer* boleh kembali ke 0,1s jika  $isc_{minL-L}$  sisi primer lebih besar dari  $isc_{max}$  sisi sekunder dengan level tegangan yang sama
7. *Impedansi sumber* dan peralatan berpengaruh terhadap perhitungan arus hubung singkat

### 5.2 Saran

Setelah dilakukan simulasi dan perhitungan *Arc Flash* maka penulis menyarankan untuk dilakukan *reseting* pada ke-3 tipikal yang kurang tepat. Sehingga resiko dari terganggunya *kontinuitas* aliran listrik yang menuju beban dan dapat pengurangan umur dari peralatan dapat dikurangi.

*Halaman Ini Sengaja Dikosongkan*

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. IEEE Std 242-2001™., “IEEE Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems”, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., New York, Ch. 15, 2001
- [2]. The Institute of Electrical and Electronic Engineer Inc. , “IEEE Guide for Performing Arc - Flash Hazard Calculation,” in *IEEE Std 1584-2002*, New York, 2002.
- [3]. National Fire Protection Association, “The NFPA 70E Standard for Electrical Safety in the Workplace”,2004
- [4]. W. M. Company, “The NFPA 70E Arc Flash PPE Category Daily Wear Solution”,Spartanburg, 2015
- [5]. Calmara,Ekka Sheilla,Margo Pujiantara dan Sjamsjul Anam.2016.*Koordinasi Proteksi Sebagai Upaya Pencegahan Terjadinya Sympathetic Trip Di Kawasan Tursina, PT. Pupuk Kaltim* .Jurnal ITS Vol 5.
- [6]. Nurdin,Thomas Lugiato,Margo Pujiantara,I Made Yulistya Negara.2014.*Studi Koordinasi Rele dan Busur Api Pada Sistem Kelistrikan Industri Tua*.Jurnal Teknik POMITS Vol 1.
- [7]. Electric,Schneider.,“Sepam™ Series 20 Protective Relays User’s Manual”, Schneider Electric, 2007.

*Halama Ini Sengaja Dikossosngkan*



## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



**Andy priyawandika**, dilahirkan di Surabaya pada 19 Maret 1994. Merupakan anak pertama dari pasangan Bapak Tri Priyono dan Ibu Masita menempuh jenjang pendidikan SDN Lidah Kulon 464 (2000-2006), SMPN 16 Surabaya (2006-2009 ), SMA 2 Hang Tuah 2 Sidoarjo (2009-2012). Setelah lulus dari SMA di tahun 2012, penulis melanjutkan pendidikan di Diploma 3 Teknik Elektro Industri ITS Surabaya. Setelah lulus di tahun 2016 penulis melanjutkan pendidikan program strata-1 di Institut Teknologi

Sepuluh Nopember Surabaya (ITS Surabaya) di tahun 2017 dengan mengambil konsentrasi bidang studi Teknik Sistem Tenaga. Penulis dapat dihubungi melalui email dan telepon.

Email : [andydika4@gmail.com](mailto:andydika4@gmail.com)

Phone : 089678300459