

**ANALISA PENEMPATAN *OVERCURRENT* RELAY SEBAGAI  
PENGAMAN PADA BUSBAR di GI. HARAPAN BARU,  
SAMARINDA, KALIMANTAN TIMUR**

**SKRIPSI**



**Disusun oleh :**

**KRISNA PRAGENDAGA  
NIM 10.12.015**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2014**

1941

THE NATIONAL LABOR RELATIONS BOARD  
HAS ORDERED THE NATIONAL LABOR RELATIONS BOARD  
TO INVESTIGATE THE ALLEGED VIOLATION OF  
THE NATIONAL LABOR RELATIONS ACT BY THE  
INTERNATIONAL BROTHERHOOD OF TEAMSTERS

AND TO REPORT  
THE RESULTS OF SUCH INVESTIGATION  
TO THE NATIONAL LABOR RELATIONS BOARD

2000000000

THE NATIONAL LABOR RELATIONS BOARD  
HAS ORDERED THE NATIONAL LABOR RELATIONS BOARD  
TO INVESTIGATE THE ALLEGED VIOLATION OF  
THE NATIONAL LABOR RELATIONS ACT BY THE  
INTERNATIONAL BROTHERHOOD OF TEAMSTERS

LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISA PENEMPATAN *OVERCURRENT* RELAY SEBAGAI  
PENGAMAN PADA BUSBAR di GI. HARAPAN BARU, SAMARINDA,  
KALIMANTAN TIMUR**

SKRIPSI

*Disusun dan diajukan untuk melengkapi dan memenuhi persyaratan guna  
mencapai gelar Sarjana Teknik*

Disusun oleh :  
**KRISNA PRAGENDAGA**  
NIM. 10.12 015

Diperiksa dan Disetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

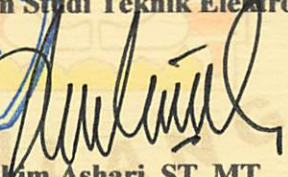
  
**Ir. Ni Putu Agustini, MT**  
NIP. Y 1030100371

**Awan Uji Krismanto, ST, MT**  
NIP.P. 198003012005011002



Mengetahui,

**Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1**

  
**M. Ibrahim Ashari, ST, MT**  
NIP. P. 1030100358



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2014**

## SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Krisna Pragendaga

NIM : 1012015

Program Studi : Teknik Elektro S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi yang saya buat adalah hasil karya sendiri, tidak merupakan plagiasi dari karya orang lain. Dalam Skripsi ini tidak memuat karya orang lain, kecuali dicantumkan sumbernya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat, dan apabila di kemudian hari ada pelanggaran atas surat pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksinya.

Malang, September 2014

Yang membuat Pernyataan,



**Krisna Pragendaga**  
**NIM. 1012015**

## **ABSTRAK**

### **ANALISA PENEMPATAN *OVERCURRENT* RELAY SEBAGAI PENGAMAN PADA BUSBAR di GI. HARAPAN BARU, SAMARINDA, KALIMANTAN TIMUR**

**Krisna Pragendaga**

**10.12.015**

**Pembimbing : Ir. Ni Putu Agustini, MT dan Awan Uji Krismanto, ST, MT**

Email: k\_pragendaga@yahoo.com

Jurusan Teknik Elektro S-1, Konsentrasi Teknik Energi Listrik  
Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang  
Jl. Raya Karanglo Km 2 Malang

*Sistem proteksi adalah suatu sistem pengamanan terhadap peralatan listrik, yang diakibatkan adanya gangguan teknis, gangguan alam, kesalahan operasi, dan penyebab yang lainnya. Agar sistem kelistrikan yang ada di GI. Harapan Baru dapat bekerja dengan optimal, maka setiap elemen atau alat listriknya perlu diproteksi, salah satunya memproteksi busbar dengan menggunakan overcurrent relay. Yang mana apabila busbar tidak diproteksi, arus gangguan akan menyebar ke elemen atau alat listrik lainnya, yang berakibat kerusakan pada sistem. Penelitian ini akan membahas penempatan overcurrent relay sebagai pengaman pada busbar yang ada di GI. Harapan Baru, agar arus gangguan dapat dilokalisasi, sehingga peralatan listrik lainnya menjadi aman. Setelah dilakukan analisa dan simulasi menggunakan software ETAP Power Station, bahwa dengan dipasangnya overcurrent relay pada busbar dapat meningkatkan performa sistem proteksi yang ada pada sistem, yang mana sistem proteksi dapat lebih selektif pada saat terjadi gangguan.*

*Kata kunci : Proteksi Busbar, Overcurrent Relay (OCR), ETAP Power Station.*

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji syukur penulis panjatkan sebanyak – banyaknya kepada Allah SWT karena dengan kehendak-Nya lah penelitian yang berjudul “***ANALISA PENEMPATAN OVERCURRENT RELAY SEBAGAI PENGAMAN PADA BUSBAR di GI. HARAPAN BARU, SAMARINDA, KALIMANTAN TIMUR***” dapat diselesaikan.

Adapun maksud dan tujuan dari penulisan laporan ini merupakan salah satu syarat dalam mendapatkan gelar Sarjana Teknik Elektro S-1.

Sebagai penulis sangat menyadari tanpa adanya kemauan dan usaha serta bantuan dari berbagai pihak, maka laporan ini tidak dapat diselesaikan dengan baik, oleh sebab itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih sebanyak banyaknya kepada yang terhormat :

- Bapak Ir. Soeparno Djiwo, MT selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
- Bapak Ir. H. Anang Subardi, MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri ITN Malang.
- Bapak M. Ibrahim Ashari, ST, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1 ITN Malang.
- Bapak Dr. Eng. Aryuanto Soetedjo, ST, MT selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro S-1 ITN Malang.
- Ibu Ir. Ni Putu Agustini, MT selaku Dosen pembimbing 1.
- Bapak Awan Uji Krismanto, ST, MT selaku Dosen pembimbing 2.
- Serta semua pihak yang telah mendukung sepenuhnya untuk penyelesaian laporan ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyaknya kekurangan yang terdapat pada penelitian ini, oleh karena itu penulis berharap para pembaca dapat memberikan kritik dan saran yang membangun agar penelitian ini menjadi lebih sempurna.

Malang, September 2014

Penulis

## DAFTAR ISI

	Hal. :
<b>LEMBAR PERSETUJUAN.....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GRAFIK.....</b>	<b>xi</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	1
1.3 Tujuan Masalah.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Metode Penelitian.....	2
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Sistem Tenaga Listrik.....	5
2.2 Sistem Perlindungan Tenaga.....	6
2.3 Syarat Sistem Proteksi.....	6
2.4 Fungsi Sistem Proteksi.....	7
2.5 Pengertian Gangguan.....	8
2.6 Gangguan Hubung Singkat.....	8
2.7 Peralatan Proteksi.....	9
2.7.1 Relay Arus Lebih.....	9
2.7.2 Transformator Arus.....	11
2.7.3 <i>Circuit Breaker</i> .....	12
2.8 Jenis Gangguan.....	12
2.9 Busbar.....	15

<b>BAB III SISTEM KELISTRIKAN GI. HARAPAN BARU, SAMARINDA, KALIMANTAN TIMUR.....</b>	<b>18</b>
3.1 Sistem Kelistrikan di GI. Harapan Baru.....	18
3.2 <i>Software ETAP Power Station</i> .....	19
3.3 Perancangan Simulasi Menggunakan <i>ETAP Power Station</i> .....	19
3.4 Data Yang Diperoleh.....	22
3.5 Persamaan Setelan <i>Overcurrent Relay</i> .....	25
3.6 Lokasi dan Waktu Pengambilan Data.....	27
3.7 Algoritma Simulasi <i>Software ETAP Power Station</i> .....	27
3.8 Diagram Alir ( <i>Flowchart</i> ).....	28
<b>BAB 4 ANALISA DAN HASIL.....</b>	<b>29</b>
4.1 Pemodelan <i>Single Line Diagram</i> GI. Harapan Baru Menggunakan <i>Software ETAP Power Station</i> .....	29
4.2 <i>Load Flow System</i> .....	29
4.3 <i>Short Circuit Analysis</i> .....	30
4.4 Kondisi Sistem Saat Sebelum Pemasangan OCR Pada Busbar.....	31
4.5 Penempatan OCR Pada Busbar.....	46
4.6 <i>Setting Overcurrent Relay</i> .....	47
4.7 Perhitungan Setelan OCR.....	50
4.8 Kondisi Sistem Saat Setelah Pemasangan OCR Pada Busbar.....	51
4.9 Hasil Relay Yang Bekerja Saat Terjadi Gangguan.....	67
<b>BAB 5 PENUTUP.....</b>	<b>77</b>
5.1 Kesimpulan.....	77
5.2 Saran.....	77

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

	Hal. :
Gambar 2.1 Diagram Satu Garis Sistem Tenaga Listrik.....	6
Gambar 2.2 Karakteristik Relay Arus Lebih Waktu Seketika.....	10
Gambar 2.3 Karakteristik Relay Arus Lebih Waktu Tertentu.....	10
Gambar 2.4 Karakteristik Relay Arus Lebih Waktu Terbalik.....	11
Gambar 2.5 Rangkaian Transformator Arus.....	11
Gambar 2.6 Gangguan Tiga Fasa.....	13
Gambar 2.7 Gangguan Fasa ke Fasa.....	13
Gambar 2.8 Gangguan Dua Fasa ke Tanah.....	14
Gambar 2.9 Gangguan Satu Fasa ke Tanah.....	14
Gambar 2.10 Komponen Utama Relay Proteksi.....	16
Gambar 2.11 Daerah Proteksi Busbar.....	17
Gambar 2.12 Daerah Proteksi Busbar dan Diameter.....	17
Gambar 3.1 <i>Single Line Diagram</i> GI. Harapan Baru.....	18
Gambar 3.2 Tampilan Lembar Kerja <i>Software ETAP Power Station</i> .....	19
Gambar 3.3 <i>Single Line Diagram</i> Sistem Kelistrikan di GI. Harapan Baru.....	20
Gambar 3.4 Input Rating Generator di <i>ETAP Power Station</i> .....	20
Gambar 3.5 Input Rating Trafo di <i>ETAP Power Station</i> .....	21
Gambar 3.6 Input Rating Beban di <i>ETAP Power Station</i> .....	21
Gambar 3.7 Input Rating CB di <i>ETAP Power Station</i> .....	22
Gambar 3.8 Diagram Alir ( <i>Flowchart</i> ).....	28
Gambar 4.1 Pemodelan <i>Single Line Diagram</i> GI. Harapan Baru.....	29
Gambar 4.2 Hasil <i>Load Flow System</i> GI. Harapan Baru di <i>ETAP Power Station</i> .....	30
Gambar 4.3 Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Tiga Fasa Pada Jalur ke GI. Tengkawang Sebelum Busbar Diproteksi.....	31
Gambar 4.4 Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Tiga Fasa Pada Jalur ke GI. Bukuan Sebelum Busbar Diproteksi.....	32
Gambar 4.5 Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Tiga Fasa Pada Jalur ke GI. Karang Joang Sebelum Busbar Diproteksi.....	33

Gambar 4.6 Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Tiga Fasa Pada Busbar Sebelum Busbar Diproteksi.....	34
Gambar 4.7 Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Satu Fasa ke Tanah Pada Jalur ke GI. Tengkawang Sebelum Busbar Diproteksi.....	35
Gambar 4.8 Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Satu Fasa ke Tanah Pada Jalur ke GI. Bukuan Sebelum Busbar Diproteksi.....	36
Gambar 4.9 Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Satu Fasa ke Tanah Pada Jalur ke GI. Karang Joang Sebelum Busbar Diproteksi.....	37
Gambar 4.10 Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Satu Fasa ke Tanah Pada Busbar Sebelum Busbar Diproteksi.....	38
Gambar 4.11 Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Fasa ke Fasa Pada Jalur ke GI. Tengkawang Sebelum Busbar Diproteksi.....	39
Gambar 4.12 Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Fasa ke Fasa Pada Jalur ke GI. Bukuan Sebelum Busbar Diproteksi.....	40
Gambar 4.13 Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Fasa ke Fasa Pada Jalur ke GI. Karang Joang Sebelum Busbar Diproteksi.....	41
Gambar 4.14 Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Fasa ke Fasa Pada Busbar Sebelum Busbar Diproteksi.....	42
Gambar 4.15 Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Dua Fasa ke Tanah Pada Jalur ke GI. Tengkawang Sebelum Busbar Diproteksi.....	43
Gambar 4.16 Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Dua Fasa ke Tanah Pada Jalur ke GI. Bukuan Sebelum Busbar Diproteksi.....	44
Gambar 4.17 Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Dua Fasa ke Tanah Pada Jalur ke GI. Karang Joang Sebelum Busbar Diproteksi.....	45
Gambar 4.18 Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Dua Fasa ke Tanah Pada Busbar Sebelum Busbar Diproteksi.....	46
Gambar 4.19 Penempatan OCR di sisi <i>double</i> busbar 150kV.....	47

Gambar 4.20	Input Data CT.....	48
Gambar 4.21	Input Data OCR.....	49
Gambar 4.22	Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Tiga Fasa Pada Jalur ke GI. Tengkwang Setelah Busbar Diproteksi.....	51
Gambar 4.23	Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Tiga Fasa Pada Jalur ke GI. Bukuan Setelah Busbar Diproteksi.....	52
Gambar 4.24	Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Tiga Fasa Pada Jalur ke GI. Karang Joang Setelah Busbar Diproteksi.....	53
Gambar 4.25	Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Tiga Fasa Pada Busbar Setelah Busbar Diproteksi.....	54
Gambar 4.26	Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Satu Fasa ke Tanah Pada Jalur ke GI. Tengkwang Setelah Busbar Diproteksi.....	55
Gambar 4.27	Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Satu Fasa ke Tanah Pada Jalur ke GI. Bukuan Setelah Busbar Diproteksi.....	56
Gambar 4.28	Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Satu Fasa ke Tanah Pada Jalur ke GI. Karang Joang Setelah Busbar Diproteksi.....	57
Gambar 4.29	Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Satu Fasa ke Tanah Pada Busbar Setelah Busbar Diproteksi.....	58
Gambar 4.30	Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Fasa ke Fasa Pada Jalur ke GI. Tengkwang Setelah Busbar Diproteksi.....	59
Gambar 4.31	Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Fasa ke Fasa Pada Jalur ke GI. Bukuan Setelah Busbar Diproteksi.....	60
Gambar 4.32	Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Fasa ke Fasa Pada Jalur ke GI. Karang Joang Setelah Busbar Diproteksi.....	61
Gambar 4.33	Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Fasa ke Fasa Pada Busbar Setelah Busbar Diproteksi.....	62
Gambar 4.34	Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Dua Fasa ke Tanah Pada Jalur ke GI. Tengkwang Setelah Busbar Diproteksi.....	63

<b>Gambar 4.35 Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Dua Fasa ke Tanah Pada Jalur ke GI. Bukuan Setelah Busbar Diproteksi.....</b>	<b>64</b>
<b>Gambar 4.36 Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Dua Fasa ke Tanah Pada Jalur ke GI. Karang Joang Setelah Busbar Diproteksi.....</b>	<b>65</b>
<b>Gambar 4.37 Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Dua Fasa ke Tanah Pada Busbar Setelah Busbar Diproteksi.....</b>	<b>66</b>

## DAFTAR TABEL

	Hal. :
Tabel 3.1 Data PLTU Kalimantan Powerindo.....	22
Tabel 3.2 Data PLTD Keledang.....	23
Tabel 3.3 Data Beban di GI. Harapan Baru.....	23
Tabel 3.4 Data CB di GI. Harapan Baru.....	24
Tabel 3.5 Data Trafo Tenaga 1 di GI. Harapan Baru.....	24
Tabel 3.6 Data Trafo Tenaga 2 di GI. Harapan Baru.....	25
Tabel 3.7 Konstanta ANSI/IEEE dan IEC.....	26
Tabel 4.1 Hasil Analisa Hubung Singkat GI. Harapan Baru.....	30
Tabel 4.2 Data CT di GI. Harapan Baru.....	48
Tabel 4.3 Data OCR Yang Akan Diinputkan.....	49
Tabel 4.4 Kondisi Relay Bekerja Saat Terjadi Gangguan ( <i>Main Protection</i> ).....	75
Tabel 4.5 Kondisi Relay Bekerja Saat Terjadi Gangguan ( <i>Back Up Protection</i> ).....	76

## DAFTAR GRAFIK

	Hal. :
Grafik 4.1 OCR Dengan Gangguan Tiga Fasa Pada Jalur ke GI. Tengkawang.....	67
Grafik 4.2 OCR Dengan Gangguan Tiga Fasa Pada Jalur ke GI. Bukuan.....	67
Grafik 4.3 OCR Dengan Gangguan Tiga Fasa Pada Jalur ke GI. Karang Joang.....	68
Grafik 4.4 OCR Dengan Gangguan Tiga Fasa Pada Busbar.....	68
Grafik 4.5 OCR Dengan Gangguan Satu Fasa ke Tanah Pada Jalur ke GI. Tengkawang.....	69
Grafik 4.6 OCR Dengan Gangguan Satu Fasa ke Tanah Pada Jalur ke GI. Bukuan.....	69
Grafik 4.7 OCR Dengan Gangguan Satu Fasa ke Tanah Pada Jalur ke GI. Karang Joang.....	70
Grafik 4.8 OCR Dengan Gangguan Satu Fasa ke Tanah Pada Busbar.....	70
Grafik 4.9 OCR Dengan Gangguan Fasa ke Fasa Pada Jalur ke GI. Tengkawang.....	71
Grafik 4.10 OCR Dengan Gangguan Fasa ke Fasa Pada Jalur ke GI. Bukuan.....	71
Grafik 4.11 OCR Dengan Gangguan Fasa ke Fasa Pada Jalur ke GI. Karang Joang.....	72
Grafik 4.12 OCR Dengan Gangguan Fasa ke Fasa Pada Busbar.....	72
Grafik 4.13 OCR Dengan Gangguan Dua Fasa ke Tanah Pada Jalur ke GI. Tengkawang.....	73
Grafik 4.14 OCR Dengan Gangguan Dua Fasa ke Tanah Pada Jalur ke GI. Bukuan.....	73
Grafik 4.15 OCR Dengan Gangguan Dua Fasa ke Tanah Pada Jalur ke GI. Karang Joang.....	74
Grafik 4.16 OCR Dengan Gangguan Dua Fasa ke Tanah Pada Busbar.....	74



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kota Samarinda adalah ibu kota Provinsi Kalimantan Timur, sebagai ibu kota provinsi, Samarinda diharapkan mampu menjadi contoh untuk kota – kota lain yang ada di Provinsi Kalimantan Timur, salah satunya dibidang energi listrik, yang mana pada zaman sekarang ini kemajuan dibidang energi listrik berkembang sangat pesat melihat dari pertumbuhan penduduk yang semakin bertambah.

PT. PLN (Persero) cabang Kota Samarinda memiliki beberapa Gardu Induk (GI). Untuk mengimbangi perkembangan energi listrik yang pesat, maka dibutuhkan sistem yang handal, salah satunya sistem pada GI. Harapan Baru di Samarinda.

Sistem proteksi adalah suatu sistem pengamanan terhadap peralatan listrik, yang diakibatkan adanya gangguan teknis, gangguan alam, kesalahan operasi, dan penyebab yang lainnya. Agar sistem kelistrikan yang ada di GI. Harapan Baru dapat bekerja dengan optimal, maka setiap elemen atau alat listriknya perlu diproteksi, salah satunya memproteksi busbar dengan menggunakan *overcurrent* relay. Yang mana apabila busbar tidak diproteksi, arus gangguan akan menyebar ke elemen atau alat listrik lainnya, yang berakibat kerusakan pada sistem. Busbar merupakan salah satu elemen penting dalam penyaluran tenaga listrik yang perlu diproteksi, karena busbar merupakan tempat berkumpulnya jalur – jalur pada sistem kelistrikan.

Adapun skripsi ini akan membahas penempatan *overcurrent* relay sebagai pengaman pada busbar yang ada di GI. Harapan Baru, serta mensimulasikannya dengan menggunakan software ETAP Power Station.

### **1.2 Perumusan Masalah**

Sesuai latar belakang yang telah dijelaskan, permasalahan yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana keadaan sistem yang ada di GI. Harapan Baru sebelum dan sesudah busbar diproteksi?

2. Bagaimana menkoordinasikan *overcurrent* relay sebagai proteksi pada busbar yang ada di GI. Harapan Baru?

Dari permasalahan di atas maka makalah ini berjudul:

**“ANALISA PENEMPATAN OVERCURRENT RELAY  
SEBAGAI PENGAMAN PADA BUSBAR di GI. HARAPAN  
BARU, SAMARINDA, KALIMANTAN TIMUR”**

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan skripsi ini adalah :

1. Menganalisa sistem yang ada di GI. Harapan Baru sebelum dan sesudah pemasangan proteksi pada busbar.
2. Menkoordinasikan *overcurrent* relay sebagai proteksi pada busbar yang ada di GI. Harapan Baru dengan menggunakan *software* ETAP *Power Station*.

### **1.4 Batasan Masalah**

Agar tidak terjadi penyimpangan maksud dan tujuan dalam penyusunan skripsi ini maka penulis memberi batasan sebagai berikut :

1. Menggunakan *software* ETAP *Power Station* untuk pensimulasian.
2. Relay yang digunakan adalah *overcurrent* relay merk ABB model REB500.
3. Zona proteksi hanya pada double busbar 150 kV saja.
4. Gangguan yang disimulasikan adalah gangguan satu fasa ke tanah, fasa – fasa ke tanah, fasa – fasa, dan tiga fasa.

### **1.5 Metode Penelitian**

Metode yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini adalah :

1. Kajian literatur  
Yaitu kajian pustaka untuk mempelajari teori-teori yang terkait melalui literatur yang ada, yang berhubungan dengan permasalahan.
2. Pengumpulan Data

Bentuk data yang digunakan yaitu data yang berbentuk diagram. Dalam hal ini *single line diagram* serta data – data di sistem kelistrikan GI. Harapan Baru, Samarinda, Kaltim, yang nantinya akan diinputkan ke dalam *software ETAP Power Station*.

3. Memasang *overcurrent* relay pada busbar di sistem kelistrikan GI. Harapan Baru, Samarinda, Kalimantan Timur.
4. Menguji pemasangan *overcurrent* relay pada busbar di sistem kelistrikan GI. Harapan Baru dan membandingkan kualitas sistem proteksi sebelum dan sesudah pemasangan *overcurrent* relay.
5. Kesimpulan.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Penyusunan skripsi ini dilakukan dengan menggunakan metode studi literatur yang dilakukan dengan pengolahan data dan tahapan simulasi. Sistematika penyusunan skripsi terbagi dalam 5 bab dengan pembahasan yang bersifat individu sehingga diharapkan untuk mudah dipahami. Sistematika penulisan tersebut antara lain:

#### **BAB I : PENDAHULUAN**

Dalam bab ini berisikan Latar Belakang, Rumusan Masalah, Tujuan, Batasan Masalah, Metodologi Penelitian, dan Sistematika Penulisan yang digunakan dalam pembuatan skripsi ini.

#### **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini dibahas tentang teori – teori yang mendukung dalam simulasi dan analisa skripsi ini.

#### **BAB III : SISTEM KELISTRIKAN GI. HARAPAN BARU, SAMARINDA, KALIMANTAN TIMUR**

Dalam bab ini akan dibahas mengenai perencanaan dan pembuatan skripsi yang meliputi pengolahan data dan mensimulasikan sesuai dengan *software* yang digunakan.

**BAB IV : ANALISA DAN HASIL**

Dalam bab ini merupakan bab yang memaparkan hasil simulasi dan menganalisa hasil simulasi.

**BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN**

Dalam bab ini berisi kesimpulan – kesimpulan yang diperoleh dari perencanaan dan pembuatan skripsi ini serta saran – saran guna menyempurnakan dan mengembangkan sistem lebih lanjut.

## BAB II

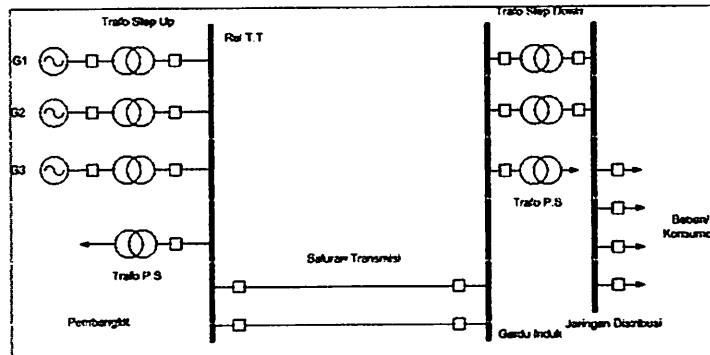
### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik terdiri dari tiga komponen utama, yaitu pembangkitan tenaga listrik, transmisi dan distribusi. Pada pusat listrik dilakukan pembangkitan tenaga listrik dengan cara memanfaatkan generator sinkron. Tenaga listrik yang telah dihasilkan pada pusat listrik akan ditransmisikan ke beban melalui saluran transmisi. Sebelum ditransmisikan, tegangan dinaikkan dengan menggunakan transformator penaik tegangan (*step up*) pada pusat listrik. Tegangan tersebut dinaikkan ke level tegangan tinggi (antara 70 kV sampai 150 kV) atau tegangan ekstra tinggi (di atas 150 kV). Saluran transmisi yang digunakan bisa berupa saluran udara maupun kabel tanah<sup>[1]</sup>.

Setelah tenaga listrik disalurkan melalui saluran transmisi maka sampailah tenaga listrik ke Gardu Induk (GI) untuk diturunkan tegangannya dengan menggunakan transformator penurunan tegangan (*step down*) menjadi tegangan menengah atau disebut tegangan distribusi primer. Tegangan menengah yang digunakan oleh PLN sebesar 20 kV. Pada level tegangan menengah ini, tenaga listrik dapat langsung digunakan oleh konsumen yang mempunyai daya tersambung besar seperti industri besar<sup>[1]</sup>.

Setelah tenaga listrik disalurkan melalui jaringan distribusi primer, kemudian tegangan diturunkan pada gardu – gardu distribusi menjadi tegangan rendah 380/220 V yang kemudian disalurkan ke rumah – rumah pelanggan dengan menggunakan jaringan tegangan rendah. Gambar 2.1 menunjukkan diagram satu garis sistem tenaga listrik<sup>[1]</sup>.



Gambar 2.1  
Diagram Satu Garis Sistem Tenaga Listrik<sup>[1]</sup>

## 2.2 Sistem Perlindungan Tenaga

Dalam sistem – sistem daya modern, proses meniadakan hubung singkat ini dilaksanakan secara otomatis yaitu tanpa adanya campur tangan manusia<sup>[2]</sup>. Peralatan yang melakukan pekerjaan ini secara kolektif dikenal dengan sebagai perlindungan atau sistem pengaman (*protection system*)<sup>[2]</sup>. Tujuan utama perlindungan sistem daya adalah untuk memastikan keselamatan operasi sistem tenaga, untuk mempedulikan keselamatan orang, personil dan peralatan<sup>[3]</sup>. Selain itu juga, sistem proteksi tenaga berperan untuk meminimalkan dampak gangguan yang tidak dapat dihindari di dalam sistem<sup>[4]</sup>. Situasi yang berbahaya dapat disebabkan oleh arus lebih dan tegangan lebih<sup>[3]</sup>.

## 2.3 Syarat Sistem Proteksi

Untuk mengoperasikan sistem tenaga secara tepat, sistem harus memiliki sistem perlindungan yang dirancang dengan baik dan terkoordinasi praktis. Persyaratan dari sistem tenaga harus memperhitungkan prinsip – prinsip dasar berikut<sup>[5]</sup>:

### a. Keandalan

Keandalan adalah kemampuan perlindungan untuk beroperasi dengan benar<sup>[5]</sup>. Sifat dimana pada saat relay proteksi diharapkan dengan kecepatan, kepekaan dan selektivitas yang cukup meka relay itu harus dapat berfungsi sebagaimana yang diharapkan (misalnya membuka CB)<sup>[6]</sup>.

### b. Kecepatan

Kecepatan adalah waktu operasi minimum untuk menghapus

gangguan untuk menghindari kerusakan pada peralatan<sup>[5]</sup>. Tujuan terpenting dari relay proteksi adalah memisahkan bagian yang terkena gangguan secepat mungkin, sehingga dapat mencegah timbulnya kerusakan yang lebih merugikan. Untuk dapat meningkatkan keandalan (*reabilitas*) operasi sistem digunakan proteksi dengan kecepatan kerja yang lebih tinggi dan dipadukan dengan penggunaan pemutus jaringan berkecepatan tinggi. Relay proteksi dengan kelambatan waktu (*time delay*) digunakan pada koordinasi proteksi dari beberapa daerah proteksi yang berturut – turut, bila kondisi sistem memungkinkan adanya kelambatan waktu tersebut<sup>[6]</sup>.

c. Selektivitas

Selektivitas adalah kontinuitas menjaga pasokan dengan memutus bagian yang terganggu saja<sup>[5]</sup>. Selektivitas adalah kemampuan sistem proteksi untuk mengetahui di tempat mana terjadinya gangguan dan memilih pemutus jaringan yang terdekat dari tempat gangguan untuk membuka<sup>[6]</sup>.

d. Biaya

Perlindungan yang maksimal dengan biaya serendah mungkin<sup>[5]</sup>. Dalam perencanaan sistem proteksi maka faktor ekonomi harus dipertimbangkan. Semakin banyak relay proteksi yang digunakan pada sistem tenaga akan menyebabkan semakin banyak biaya yang digunakan. Tanpa mengabaikan faktor keadaan dari segi teknik (kehandalan, selektivitas, dan kepekaan)<sup>[6]</sup>.

e. Sensitifitas

Sebuah relay proteksi harus peka, sehingga dapat merasakan dan bereaksi untuk gangguan sekecil apapun. Sensitifitas adalah kepekaan relay proteksi terhadap segala macam gangguan dengan tepat yakni gangguan yang terjadi di daerah perlingkungannya<sup>[6]</sup>.

## 2.4 Fungsi Sistem Proteksi

Sistem proteksi memiliki fungsi yaitu :

- a. Melindungi elemen sistem tenaga terhadap gangguan yang terjadi dalam

sistem, agar tidak sampai mengalami kerusakan<sup>[6]</sup>.

- b. Melokalisir gangguan, sehingga bagian yang tidak sehat itu segera lepas dan bagian yang sehat tetap beroperasi<sup>[6]</sup>.

## 2.5 Pengertian Gangguan

Gangguan adalah peristiwa yang menyebabkan tripnya PMT diluar kehendak operator yang dalam bahas inggris disebut *fault*. Gangguan umumnya disebabkan karena terjadi hubung singkat. Hubung singkat ini dapat terjadi antara fasa dengan fasa atau antara fasa dengan tanah. Gangguan yang paling banyak terjadi adalah gangguan satu fasa ketanah<sup>[7]</sup>. Pada dasarnya suatu gangguan ialah setiap keadaan sistem yang tak normal, sehingga gangguan pada umumnya terdiri dari hubung singkat dan juga rangkaian terbuka (*open circuit*)<sup>[2]</sup>.

## 2.6 Gangguan Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat adalah gangguan yang terjadi karena adanya kesalahan antara bagian – bagian yang bertegangan. Gangguan hubung singkat dapat juga terjadi akibat adanya isolasi yang tembus atau rusak karena tidak tahan terhadap tegangan lebih, baik yang berasal dari dalam maupun yang berasal dari dalam maupun yang berasal dari luar (akibat sambaran petir)<sup>[8]</sup>.

Bila gangguan hubung singkat dibiarkan berlangsung agak lama pada suatu sistem daya, banyak atau semua pengaruh yang tidak diinginkan berikut ini dapat terjadi<sup>[2]</sup>:

- a. Berkurangnya batas – batas kestabilan untuk sistem daya.
- b. Rusaknya peralatan yang berada dekat dengan gangguan yang disebabkan oleh arus yang besar, arus tak seimbang, atau tegangan – tegangan rendah yang ditimbulkan oleh hubung singkat.
- c. Ledakan – ledakan yang mungkin terjadi pada peralatan yang mengandung minyak isolasi sewaktu terjadinya hubung singkat, dan yang mungkin menimbulkan kebakaran sehingga dapat membahayakan orang yang menanganinya dan merusak peralatan – peralatan yang lain.
- d. Terpecah – pecahnya keseluruhan daerah pelayanan sistem daya itu oleh suatu rentetan tindakan pengamanan yang diambil oleh sistem – sistem

pengaman yang berbeda – beda, kejadian ini dikenal sebagai *cascading*.

## 2.7 Peralatan Proteksi

Pada prinsipnya sistem proteksi terdiri dari 3 bagian utama, yaitu trafo arus (*Current Transformer/CT*) dan transformer tegangan (*Potential Transformer/PT*), relay proteksi, dan pemutus daya (*Circuit Breaker/CB*)<sup>[11]</sup>.

Dalam proses perlindungan sistem terhadap gangguan, komponen tersebut harus bekerja dengan benar dan saling mendukung sesuai fungsinya masing – masing<sup>[11]</sup>.

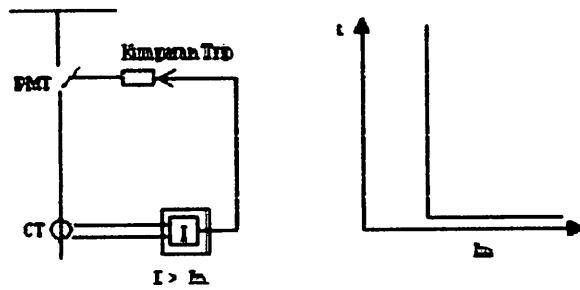
### 2.7.1 Relay Arus Lebih

Relay arus lebih adalah relay yang beroperasi atau mendeteksi adanya gangguan ketika arus yang mengalir melebihi batas yang diizinkan<sup>[13]</sup>. Relay arus lebih dapat digunakan untuk melindungi hampir semua bagian pada sistem tenaga listrik misalnya jaringan transmisi, trafo, generator, atau motor<sup>[14]</sup>. Fungsi utama dari relay arus lebih ini adalah untuk merasakan adanya arus lebih kemudian memberi perintah kepada pemutus beban (PMT) untuk membuka<sup>[15]</sup>.

Berdasarkan karakteristik operasi relay, relay arus lebih dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok, yaitu waktu seketika, waktu tertentu, dan waktu terbalik<sup>[16]</sup>.

#### a. Waktu seketika

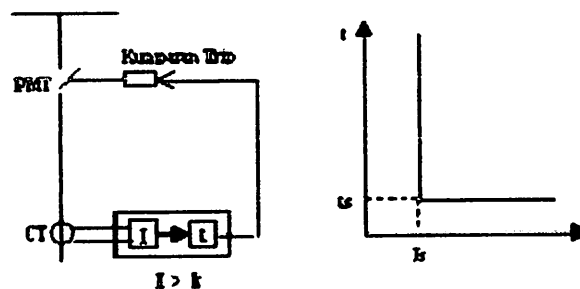
Jenis relay ini akan beroperasi seketika saat arus mencapai nilai yang telah ditentukan<sup>[16]</sup>. Relay yang bekerja seketika (tanpa waktu tunda) ketika arus yang mengalir ,melebihi nilai setelannya, relay akan bekerja dalam waktu beberapa milidetik (10 – 20ms)<sup>[17]</sup>.



Gambar 2.2  
Karakteristik Relay Arus Lebih Waktu Seketika

### b. Waktu tertentu

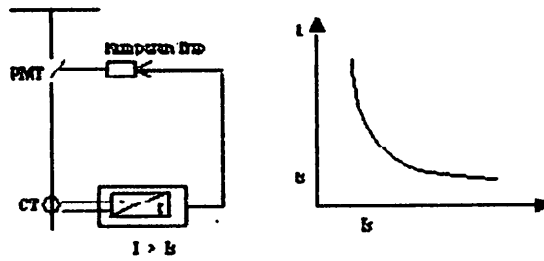
Relay ini akan memberikan perintah pada PMT pada saat terjadi gangguan hubung singkat dan besarnya arus gangguan melampaui setelahnya ( $I_s$ ), dan jangka waktu kerja relay mulai *pick up* sampai kerja relay diperpanjang dengan waktu tertentu tidak tergantung besarnya arus yang mengerjakan relay<sup>[17]</sup>.



Gambar 2.3  
Karakteristik Relay Arus Lebih Waktu Tertentu

### c. Waktu terbalik

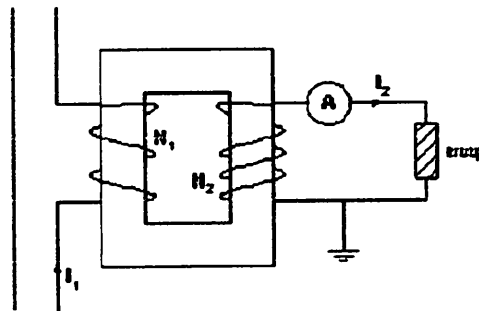
Relay arus lebih waktu terbalik memberikan perintah kepada pemutus beban (PMT) pada saat terjadi gangguan bila besar arus gangguannya melampaui arus penyetelannya dan jangka waktu kerja relay dari *pick up*, waktunya berbanding terbalik dengan besar arusnya<sup>[12]</sup>. Jadi dapat dikatakan bahwa relay arus lebih waktu terbalik mempunyai waktu operasi yang semakin singkat untuk arus gangguan yang semakin besar dan waktu operasi yang semakin lama untuk arus gangguan yang semakin kecil<sup>[15]</sup>.



Gambar 2.4  
Karakteristik Relay Arus Lebih Waktu Terbalik

2.7.2 Transformator Arus

Transformator arus digunakan untuk mengukur arus beban suatu rangkaian. Dengan menggunakan transformator arus maka arus beban yang besar dapatdiukur hanya dengan menggunakan alat ukur (ammeter) yang tidak terlalu besar<sup>[18]</sup>.



Gambar 2.5  
Rangkaian Transformator Arus<sup>[7]</sup>

Dengan mengetahui perbandingan transformasi  $N_1/N_2$  dan pembacaan ammeter ( $I_2$ ), arus beban  $I_1$  dapat dihitung. Bila transformator dianggap ideal maka arus beban :

$$I_1 = \frac{N_2}{N_1} \times I_2 \dots \dots \dots (2-1)$$

Untuk menjaga agar fluks ( $\phi$ ) tetap tidak berubah, maka perlu diperhatikan agar rangkaian sekunder selalu tertutup. Dalam keadaan rangkaian sekunder terbuka, ggm  $N_2I_2$  (karena  $I_2=0$ ) sedangkan ggm  $N_1I_1$  tetap ada, sehingga fluks normal ( $\phi$ ) akan terganggu.

Untuk memperoleh besaran arus yang proporsional dengan arus sistem yang dapat digunakan dalam peralatan kontrol, relay proteksi dan peralatan

instrumen yang lain, umumnya digunakan trafo arus atau *current transformer*<sup>[10]</sup>. *Current transformer* merupakan suatu peralatan yang digunakan untuk mengambil *sample* atau masukan arus sistem dan mentransformasikannya ke level yang lebih rendah untuk peralatan – peralatan proteksi, pengukuran maupun peralatan kontrol<sup>[10]</sup>.

Trafo arus mempunyai beberapa fungsi yaitu<sup>[10]</sup>:

- a. Memperkecil besaran arus listrik (ampere) pada sistem tenaga listrik menjadi besaran arus untuk sistem pengukuran dan proteksi.
- b. Mengisolasi rangkaian sekunder terhadap rangkaian primer, yaitu memisahkan instalasi pengukuran dan proteksi dari sistem tegangan tinggi.

Rating dari trafo arus ditentukan berdasarkan rasio arus primer dengan arus sekunder<sup>[10]</sup>. Umumnya rasio trafo arus yang digunakan adalah (dalam ampere) 600:5, 800:5, 1000:5, 1600:1<sup>[10]</sup>. Rating arus 5 ampere atau 1 ampere banyak digunakan sebagai standar pada trafo arus<sup>[10]</sup>. Beberapa relay proteksi menggunakan arus sekunder CT sebagai masukan seperti relay jarak, relay arus lebih, relay differensial dan lain – lain<sup>[10]</sup>.

### 2.7.3 Circuit Breaker

*Circuit breaker* adalah perangkat yang dirancang untuk membuka dan menutup rangkaian dengan cara tidak otomatis dan membuka rangkaian secara otomatis pada relay arus lebih yang telah ditentukan tanpa merusak peralatan itu sendiri ketika diterapkan dengan benar dalam rating<sup>[19]</sup>.

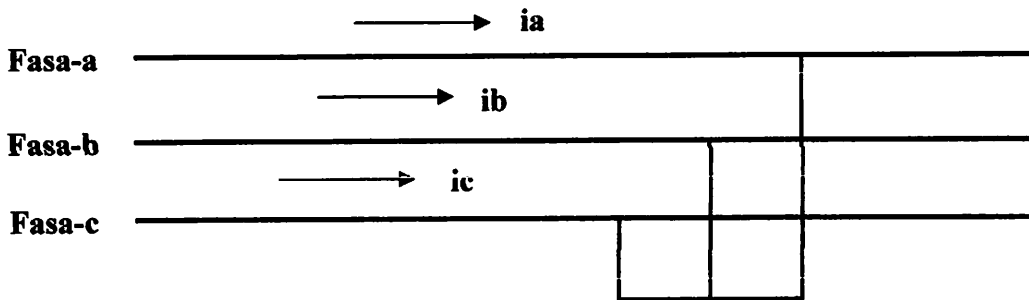
### 2.8 Jenis Gangguan

Pada dasarnya gangguan yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik dapat digolongkan menjadi dua macam, yaitu gangguan dari dalam sistem dan gangguan dari luar sistem. Gangguan yang berasal dari luar sistem disebabkan oleh sentuhan daun/pohon pada penghantar, sambaran petir, manusia, binatang, cuaca, dan lain – lain. Sedangkan gangguan yang datang dari dalam sistem dapat berupa kegagalan dari fungsi peralatan jaringan, kerusakan dari peralatan jaringan, kerusakan dari alat pemutus beban dan kesalahan pada alat pendeteksi<sup>[8]</sup>.

Klasifikasi gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik adalah<sup>[9]</sup>:

a. Dari jenis gangguannya :

1. Gangguan tiga fasa

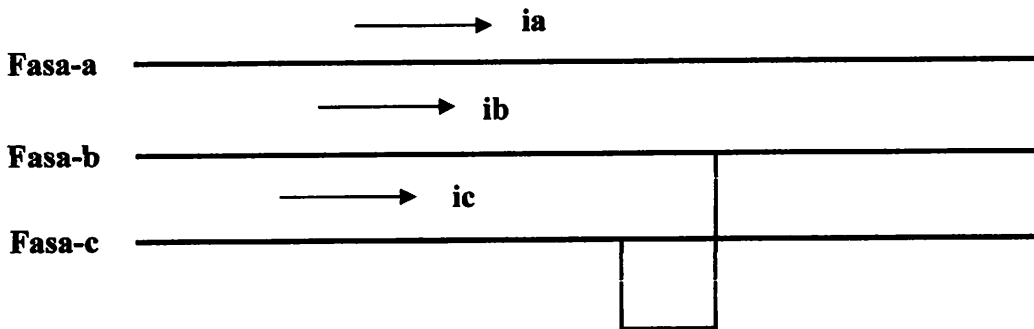


Gambar 2.6  
Gangguan Tiga Fasa<sup>[10]</sup>

Persamaan untuk gangguan tiga fasa, yaitu :

$$I_{f \text{ 3 fasa}} = I_{fa} = I_{fb} = I_{fc} = \frac{V_{L-N}}{Z_1} \dots\dots\dots (2-2)$$

2. Gangguan fasa ke fasa

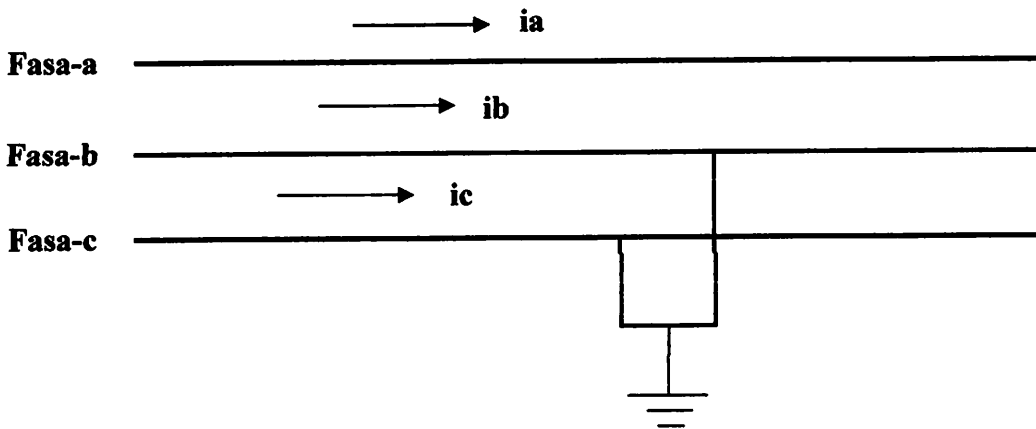


Gambar 2.7  
Gangguan Fasa ke Fasa<sup>[10]</sup>

Persamaan untuk gangguan fasa ke fasa, yaitu :

$$I_{a1} = \frac{3E_a}{Z_1 + Z_2} \dots\dots\dots (2-3)$$

3. Gangguan dua fasa ke tanah

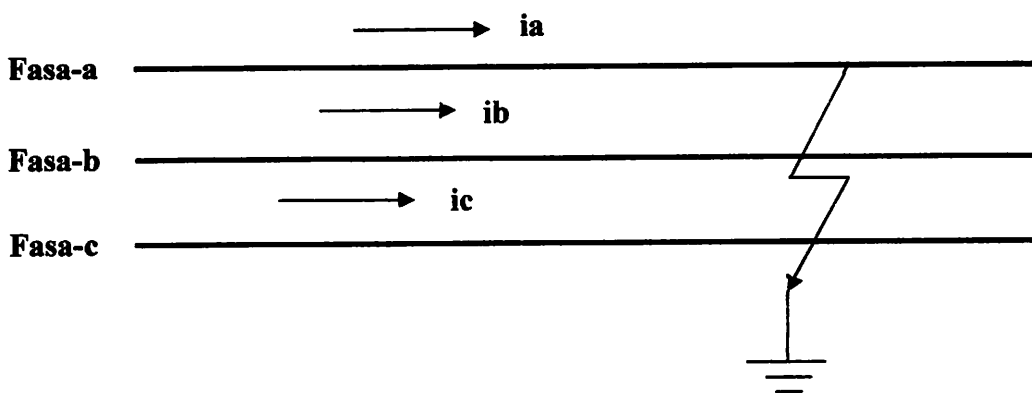


Gangguan 2.8  
Gangguan Dua Fasa ke Tanah<sup>[10]</sup>

Persamaan untuk gangguan dua fasa ke tanah, yaitu :

$$I_{a1} = \frac{3E_a}{Z_1 + \frac{Z_2 Z_0}{Z_2 + Z_0}} \dots \dots \dots (2-4)$$

4. Gangguan satu fasa ke tanah



Gambar 2.9  
Gangguan Satu Fasa ke Tanah<sup>[10]</sup>

Persamaan untuk gangguan satu fasa ke tanah, yaitu :

$$I_{a1} = \frac{3E_a}{Z_0 + Z_1 + Z_2} \dots \dots \dots (2-5)$$

b. Dari lamanya gangguan<sup>[7]</sup>

1. Gangguan permanen

Gangguan permanen yaitu peristiwa yang menyebabkan *trip*nya PMT, kemudian bila PMT dimasukkan kembali, PMT tersebut *trip* lagi. PMT ini

baru bisa dimasukkan kembali secara normal setelah dilakukan perbaikan atas bagian yang menimbulkan gangguan.

## 2. Gangguan temporer

Gangguan temporer yaitu peristiwa yang menyebabkan *tripnya* PMT tetapi berapa saat kemudian (setelah 5 detik) (apabila PMT dimasukkan, keadaannya akan normal kembali) (gangguan sudah hilang).

## 2.9 Busbar

Busbar merupakan bagian utama dalam suatu gardu induk yang berfungsi sebagai tempat terhubungnya jalur - jalur yang ada pada gardu induk tersebut, baik line maupun trafo. Umumnya gardu induk dirancang dengan konfigurasi *double busbar*, tetapi juga masih terdapat gardu induk yang mempunyai *single busbar*<sup>[20]</sup>.

Sistem gardu induk yang dikelola oleh PT PLN (Persero) beroperasi pada beberapa tingkat tegangan. Tingkat tegangan ini dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu tegangan ekstra tinggi dan tegangan tinggi. Gardu induk yang bekerja pada level tegangan 500 kV dan 275 kV disebut GITET (Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi), sedangkan gardu induk yang bekerja pada level tegangan 150 kV dan 70 kV disebut GI (Gardu Induk). GITET dibentuk dengan konfigurasi sistem satu setengah PMT, sedangkan GI umumnya memakai konfigurasi *single breaker*. Tetapi, pada beberapa GI yang tersambung langsung dengan pembangkit juga memakai konfigurasi sistem satu setengah PMT<sup>[20]</sup>.

GI satu setengah PMT mempunyai bagian utama yang disebut sebagai diameter yang fungsinya adalah untuk menghubungkan dua busbar pada sistem GI satu setengah PMT tersebut. Diameter dilengkapi dengan tiga buah Pemutus Tenaga (PMT), di antaranya adalah : PMT busbar A (PMT A), PMT busbar B (PMT B) dan PMT pengapit (PMT AB)<sup>[20]</sup>.

Dalam pengoperasiannya, busbar dan diameter tidak terlepas dari kondisi abnormal yang disebut sebagai gangguan. Gangguan yang terjadi pada busbar dan diameter adalah gangguan yang bersifat destruktif. Jika terjadi gangguan pada busbar atau diameter, maka kemungkinan terjadi kerusakan pada peralatan instalasi yang sangat besar. Di samping itu, kehandalan sistem dalam

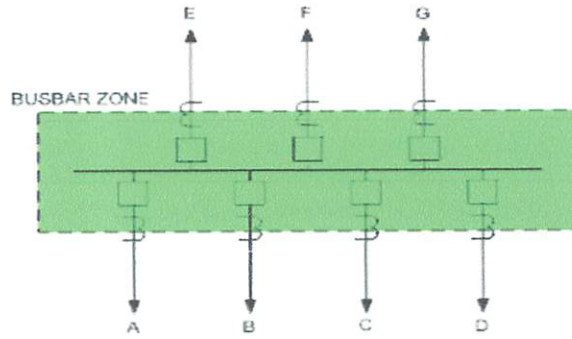
menyalurkan daya juga dapat terganggu. Proteksi busbar atau diameter adalah suatu sistem proteksi yang berperan penting dalam memproteksi gangguan yang terjadi pada busbar atau diameter. Sistem proteksi tersebut harus dapat bekerja secara sensitif, selektif, cepat dan harus stabil untuk gangguan yang terjadi di luar daerah proteksi busbar atau diameter<sup>[20]</sup>.

Sistem proteksi busbar dan diameter merupakan suatu sistem kolektif yang meliputi : trafo arus (CT) / trafo tegangan (PT), relay proteksi, pemutus tenaga (PMT), catu daya dan rangkaian pengawatannya. Beberapa bagian dari sistem proteksi ini dapat dilihat pada gambar 2.10<sup>[20]</sup>.



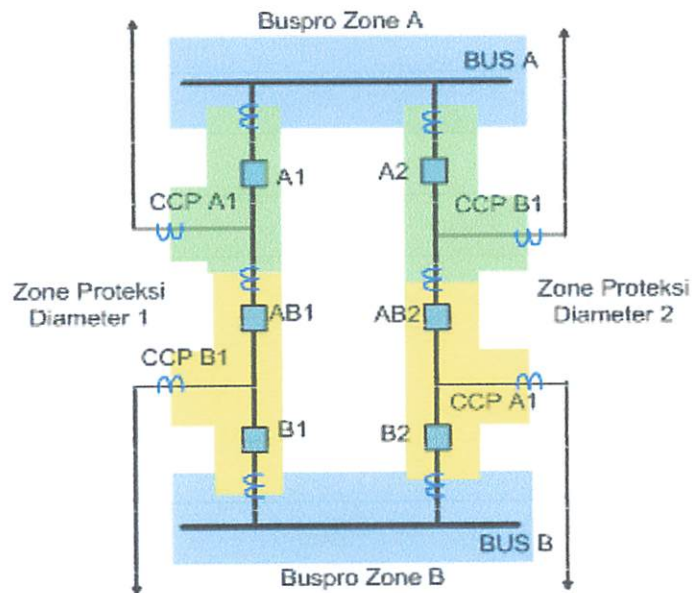
Gambar 2.10  
Komponen Utama Relay Proteksi<sup>[20]</sup>

Wilayah kerja proteksi busbar adalah daerah di antara semua trafo arus (CT) jalur yang terhubung pada busbar tersebut. Sistem proteksi busbar harus bekerja tanpa tunda waktu (*instantaneous*), apabila terjadi gangguan di dalam wilayah proteksinya (area warna hijau) seperti pada gambar 2.11. Namun, untuk gangguan yang terjadi di luar wilayah proteksinya (di luar area warna hijau), proteksi busbar tersebut tidak boleh bekerja<sup>[20]</sup>.



Gambar 2.11  
Daerah Proteksi Busbar<sup>[20]</sup>

Proteksi diameter mempunyai daerah kerja yang meliputi daerah di antara CT dalam satu diameter yang sama seperti pada gambar 2.12<sup>[20]</sup>.



Gambar 2.12  
Daerah Proteksi Busbar dan Diameter<sup>[20]</sup>

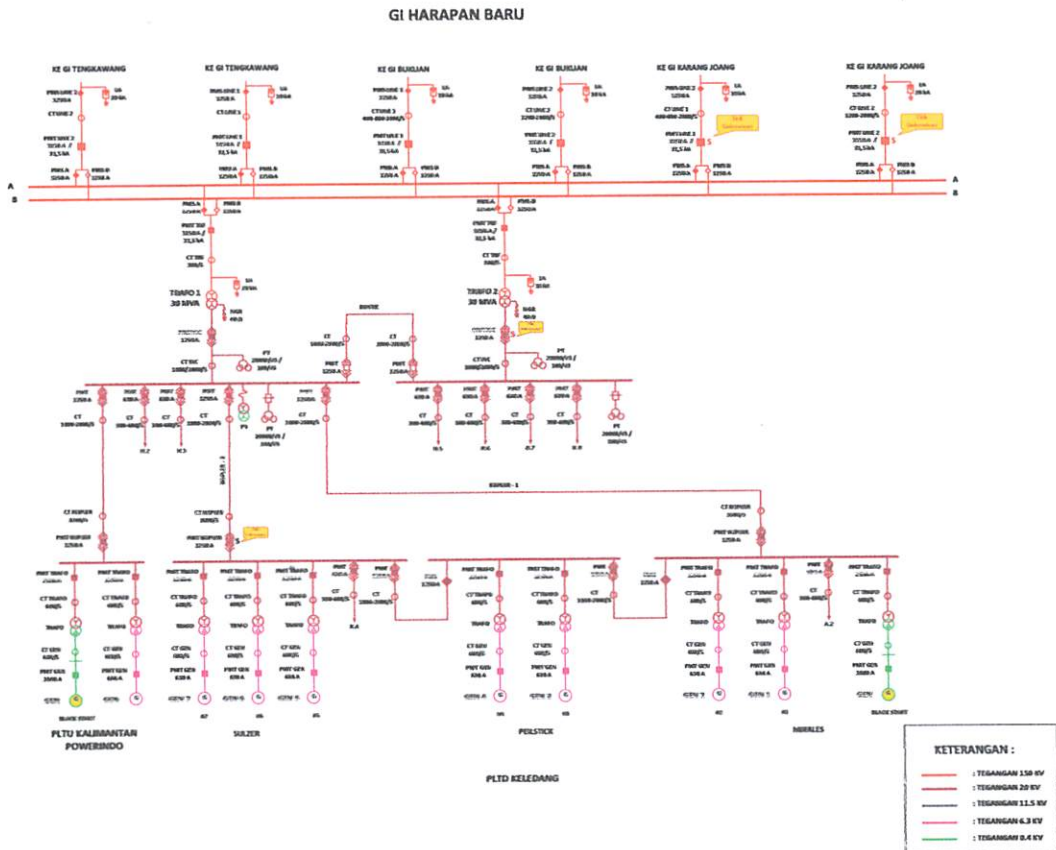


# BAB III

## SISTEM KELISTRIKAN GI. HARAPAN BARU, SAMARINDA, KALIMANTAN TIMUR

### 3.1 Sistem Kelistrikan di GI. Harapan Baru

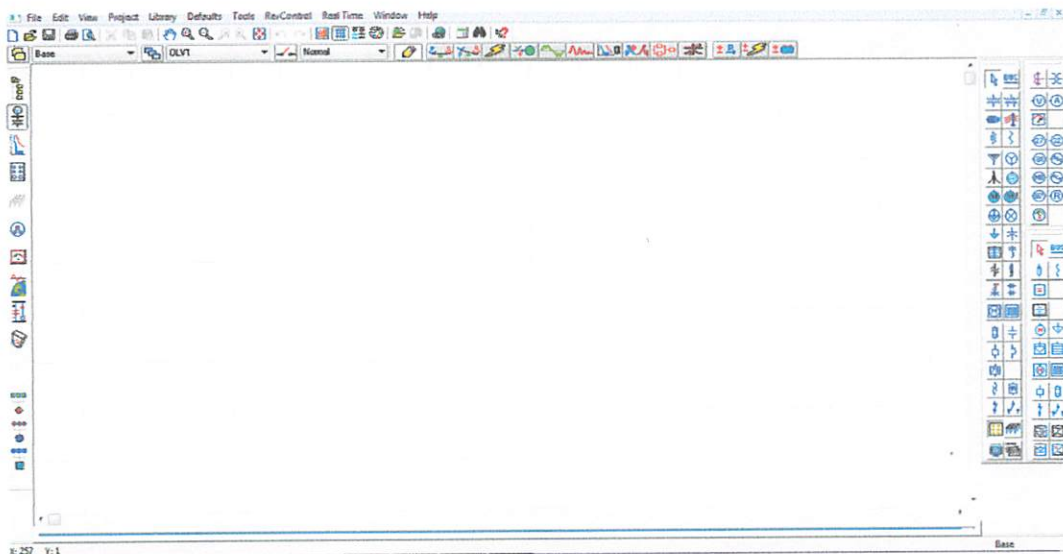
Sumber tenaga listrik di GI. Harapan Baru didapat dari 2 pembangkit, yaitu PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap) Kalimantan Powerindo dan PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel) Keledang. PLTU Kalimantan Powerindo memiliki 2 generator, sedangkan PLTD Keledang memiliki 8 generator. 10 generator tersebut menggunakan 10 transformator pula untuk menaikkan tegangan dari 6.3 kV menjadi 20 kV.



Gambar 3.1  
*Single Line Diagram GI. Harapan Baru*

### 3.2 Software ETAP Power Station

Pada prinsipnya, aplikasi perangkat lunak (*software*) pada komputer digital bertujuan untuk mempermudah dilakukannya analisis terhadap sistem tenaga listrik, terutama terhadap sistem yang besar dan kompleks. Salah satu *software* khusus yang mempermudah perhitungan analisis sistem tenaga ini adalah *ETAP Power Station*. Untuk menganalisa setelan waktu kerja relay dan koordinasinya pada sistem tenaga listrik menggunakan fitur *star – protective device coordination* pada *toolbars software ETAP Power Station*. Pada fitur ini, simulasi sistem berjalan secara *real time* untuk mengetahui kinerja koordinasi setelan waktu relay pada pemodelan sistem tenaga listrik.

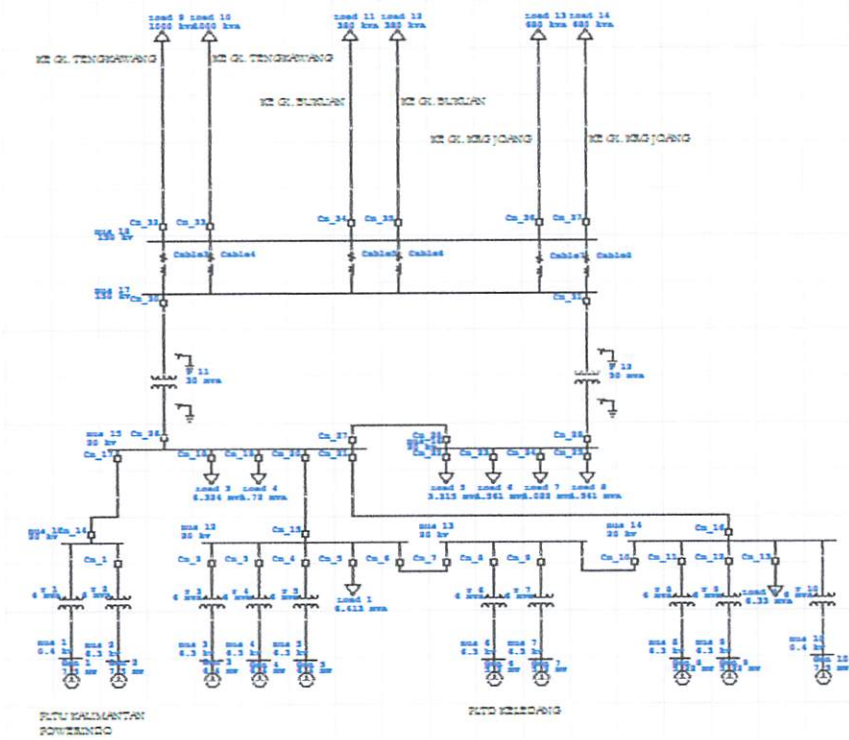


Gambar 3.2  
Tampilan Lembar Kerja *Software ETAP Power Station*

### 3.3 Perancangan Simulasi Menggunakan *ETAP Power Station*

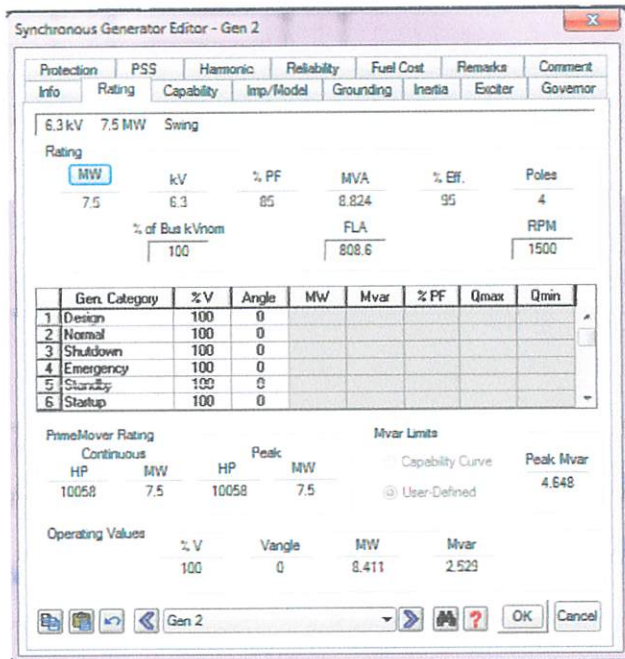
#### 1. Menggambar *single line diagram*

Menggambar *single line diagram* di *ETAP Power Station* didasarkan pada *single line diagram* dari data yang diperoleh di GI. Harapan Baru.



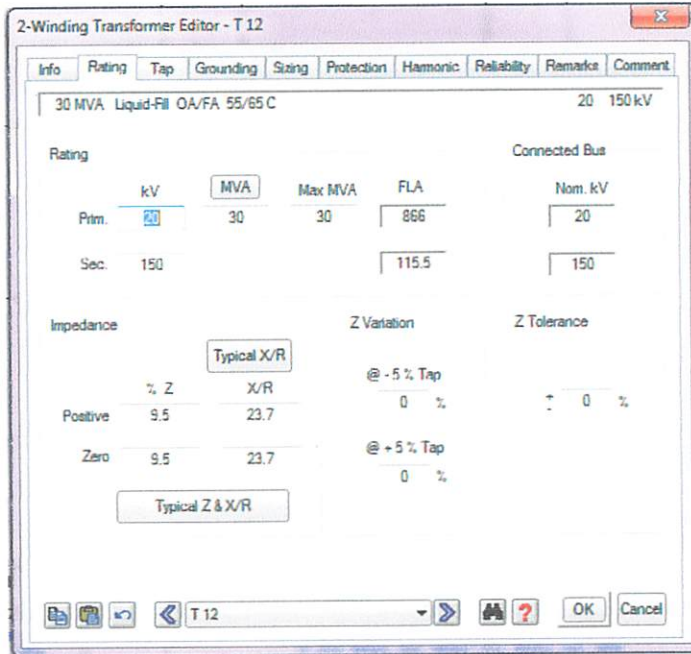
Gambar 3.3  
Single Line Diagram Sistem Kelistrikan di GI. Harapan Baru

2. Input Data Generator



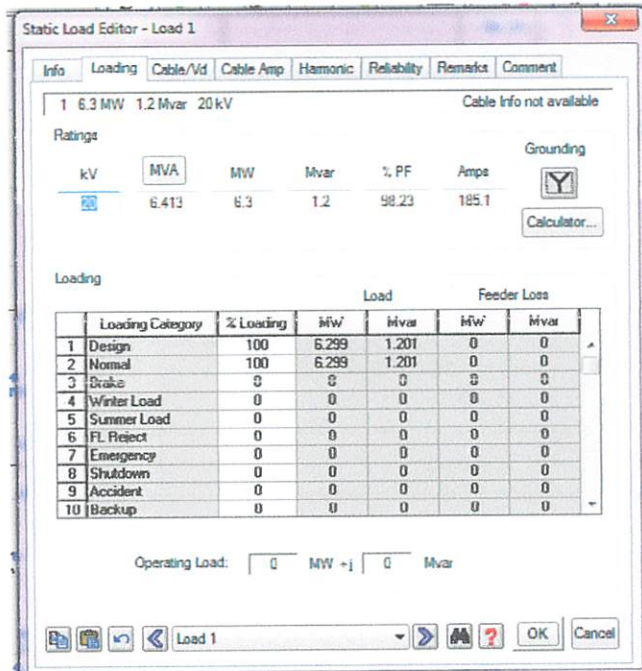
Gambar 3.4  
Input Rating Generator di ETAP Power Station

### 3. Input Data Trafo



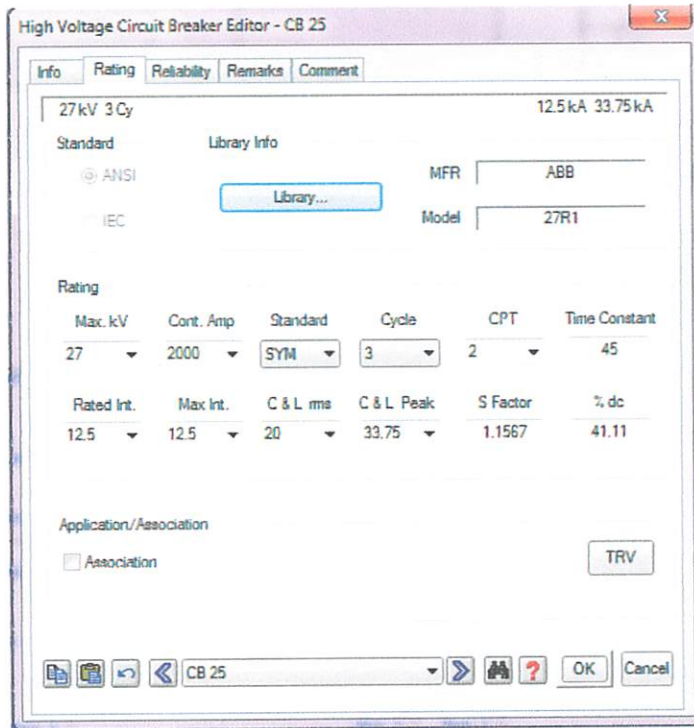
Gambar 3.5  
Input Rating Trafo di ETAP Power Station

### 4. Input Data Beban



Gambar 3.6  
Input Rating Beban di ETAP Power Station

## 5. Input Data CB



Gambar 3.7  
Input Rating CB di ETAP *Power Station*

### 3.4 Data Yang Diperoleh

Adapun data – data yang diperoleh dari hasil survey di GI. Harapan Baru, yang mana nantinya data – data tersebut akan dimasukkan ke dalam *software* ETAP *Power Station* untuk proses pensimulasian.

#### 1. Data Pembangkit

Untuk data pembangkit di GI. Harapan Baru terbagi menjadi dua, yaitu PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap) Kalimantan Powerindo dan PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel). Berikut adalah data pembangkit yang diperoleh dari hasil survey :

Tabel 3.1  
Data PLTU Kalimantan Powerindo

Nama	Daya (MW)	Tegangan (kV)
Gen 1	7.5	0.4
Gen 2	7.5	6.3

Tabel 3.2  
Data PLTD Keledang

<b>Nama</b>	<b>Daya (MW)</b>	<b>Tegangan (kV)</b>
Gen 3	6.4	6.3
Gen 4	6.4	6.3
Gen 5	6.4	6.3
Gen 6	5.2	6.3
Gen 7	5.2	6.3
Gen 8	5.22	6.3
Gen 9	5.22	6.3
Gen 10	7.5	0.4

## 2. Data Beban

Berikut adalah data pembangkit yang diperoleh dari hasil survey :

Tabel 3.3  
Data Beban di GI. Harapan Baru

<b>Nama</b>	<b>MW</b>	<b>Mvar</b>
Load 1	6.3	1.2
Load 2	6.15	1.5
Load 3	6.26	0.9
Load 4	1.4	1
Load 5	3.19	0.9
Load 6	4.56	0.1
Load 7	0.02	0.01
Load 8	4.56	0.1
Load 9	Data GI. Tengkawang	Data GI. Tengkawang
Load 10	Data GI. Tengkawang	Data GI. Tengkawang
Load 11	Data GI. Bukuan	Data GI. Bukuan
Load 12	Data GI. Bukuan	Data GI. Bukuan
Load 13	Data GI. Krg. Joang	Data GI. Krg. Joang
Load 14	Data GI. Krg. Joang	Data GI. Krg. Joang

## 3. Data CB

Untuk CB, data yang dimasukkan disesuaikan dengan letak penempatan CB tersebut, dalam sistem kelistrikan di GI. Harapan Baru, CB terletak di busbar 20 kV dan 150 kV.

Berikut adalah data CB yang diperoleh dari hasil survey :

Tabel 3.4  
Data CB di GI. Harapan Baru

Nama	Merk	Model	Max kA	Max kV
CB di Busbar 20 kV	ABB	27R1	12.5	27
CB di Busbar 150 kV	ABB	169PM20	31.5	169

#### 4. Data Transformator

Berikut adalah data transformator yang didapat dari hasil survey :

Tabel 3.5  
Data Trafo Tenaga 1 di GI. Harapan Baru

**DATA TEKNIK TRANSFORMATOR TENAGA No. 1**  
**Gardu Induk HARAPAN BARU Samarinda**

Terpasang pada	Bay Trafo
Buatan	Sweden
Merek	ABB
Type	UZERN 200 / 150
Serial No.	040 195 0013
Tahun Pembuatan	1995
Tahun Pemasangan	1996
Tahun Pengoperasian	1997
Daya Nominal	18 / 30 MVA
Frekuensi	50 HZ
Phasa	3
Tegangan Impedansi	12.16%
Suhu udara luar	31 ° C
Ambient Temperatur Maximum	40 ° C
Temperatur Rise Oil	53 ° C
Temperatur Rise Winding	58 ° C
Macam Kerja	Terus menerus
Macam Pendingin	ONAN / ONAF
Pada 150,5 KV Arus ONAN / ONAF	69.3 / 115.5 A / LV 866,04
Pada 20 KV Arus	866.04 Ampere
Vektor Group	YNynOd5
Jumlah Terminal - Sisi TT	4 ( A B C N )
Jumlah Terminal - Sisi TM	4 ( a b c n )
Operasi pada Tegangan	150 KV
Pasangan	Luar
Type Oil	DIALA. B
Berat Tanki	
Berat Minyak	14.35 Ton / 16.730 ltr
Berat Total	59.36 Tons
Standart Pembuatan	IEC.76 : 1978

Tabel 3.6  
Trafo Tenaga 2 di GI. Harapan Baru

**DATA TEKNIK TRANSFORMATOR TENAGA No. 2**  
**Gardu Induk HARAPAN BARU Samarinda**

<b>Terpasang pada</b>	<b>Bay Trafo</b>
<b>Buatan</b>	Indonesia
<b>Merek</b>	UNINDO
<b>Type</b>	TTUB 150 / 30.000
<b>Serial No.</b>	P 30 LE 299
<b>Tahun Pembuatan</b>	2002
<b>Tahun Pemasangan</b>	2003
<b>Tahun Pengoperasian</b>	2004
<b>Daya Nominal</b>	18 / 30 MVA
<b>Frekuensi</b>	50 HZ
<b>Phasa</b>	3
<b>Tegangan Impedansi</b>	11.86%
<b>Suhu udara luar</b>	31 ° C
<b>Ambient Temperatur Maximum</b>	40 ° C
<b>Temperatur Rise Oil</b>	53 ° C
<b>Temperatur Rise Winding</b>	58 ° C
<b>Macam Kerja</b>	Terus menerus
<b>Macam Pendingin</b>	ONAN / ONAF
<b>Pada 150,5 KV Arus ONAN / ONAF</b>	69.3 / 115.5 Ampere
<b>Pada 20 KV Arus</b>	866.03 Ampere
<b>Vektor Group</b>	YNynOd5
<b>Jumlah Terminal - Sisi TT</b>	4 ( A B C N )
<b>Jumlah Terminal - Sisi TM</b>	4 ( a b c n )
<b>Operasi pada Tegangan</b>	150 KV
<b>Pasangan</b>	Luar
<b>Type Oil</b>	DIALA. B
<b>Berat Tanki</b>	
<b>Berat Minyak</b>	13.400 kg
<b>Berat Total</b>	63.200 kg
<b>Standart Pembuatan</b>	IEC.76

### 3.5 Persamaan Setelan *Overcurrent* Relay

Nilai setelan *overcurrent* relay.

$$I_{set \text{ Primer}} = 0.5 \dots 2.5 \times I_n \dots \dots \dots (3-1)$$

$$I_{set \text{ Sekunder}} = I_{set \text{ Primer}} \times \frac{1}{\text{Rasio CT}} \dots \dots \dots (3-2)$$

Standar IEC and ANSI/IEEE menentukan operasi waktu secara matematis sebagai berikut<sup>[16]</sup>:

$$t = \frac{k\beta}{\left(\frac{I}{I_s}\right)^\alpha - 1} + L \dots \dots \dots (3-3)$$

Dimana :

t = Waktu operasi relay (detik).

k = *Time multiplier setting*.

I = Rating arus gangguan disisi sekunder (ampere).

I<sub>s</sub> = Arus *pick up*.

L = Konstanta.

Konstanta  $\alpha$ ,  $\beta$  dan L menentukan kemiringan karakteristik relay. Nilai – nilai  $\alpha$ ,  $\beta$  dan L untuk berbagai jenis *overcurrent* relay ditetapkan dibawah standar ANSI/IEEE dan Standar IEC<sup>[16]</sup> diberikan dalam tabel 3.7

Tabel 3.7  
Konstanta ANSI/IEEE dan IEC untuk standar *overcurrent* relay<sup>[16]</sup>

Curve Description	Standard	A	$\beta$	L
Moderately Inverse	IEEE	2.0	0.0515	0.114
Very Inverse	IEEE	2.0	19.61	0.491
Extremely Inverse	IEEE	2.0	28.2	0.1217
Inverse	CO8	2.0	5.95	0.18
Short Time Inverse	CO2	0.02	0.0239	0.0169
Standard Inverse	IEC	0.02	0.14	0
Very Inverse	IEC	1.0	13.5	0
Exxtremely Inverse	IEC	2.0	80.0	0
Long Time Inverse	UK	1.0	120	0

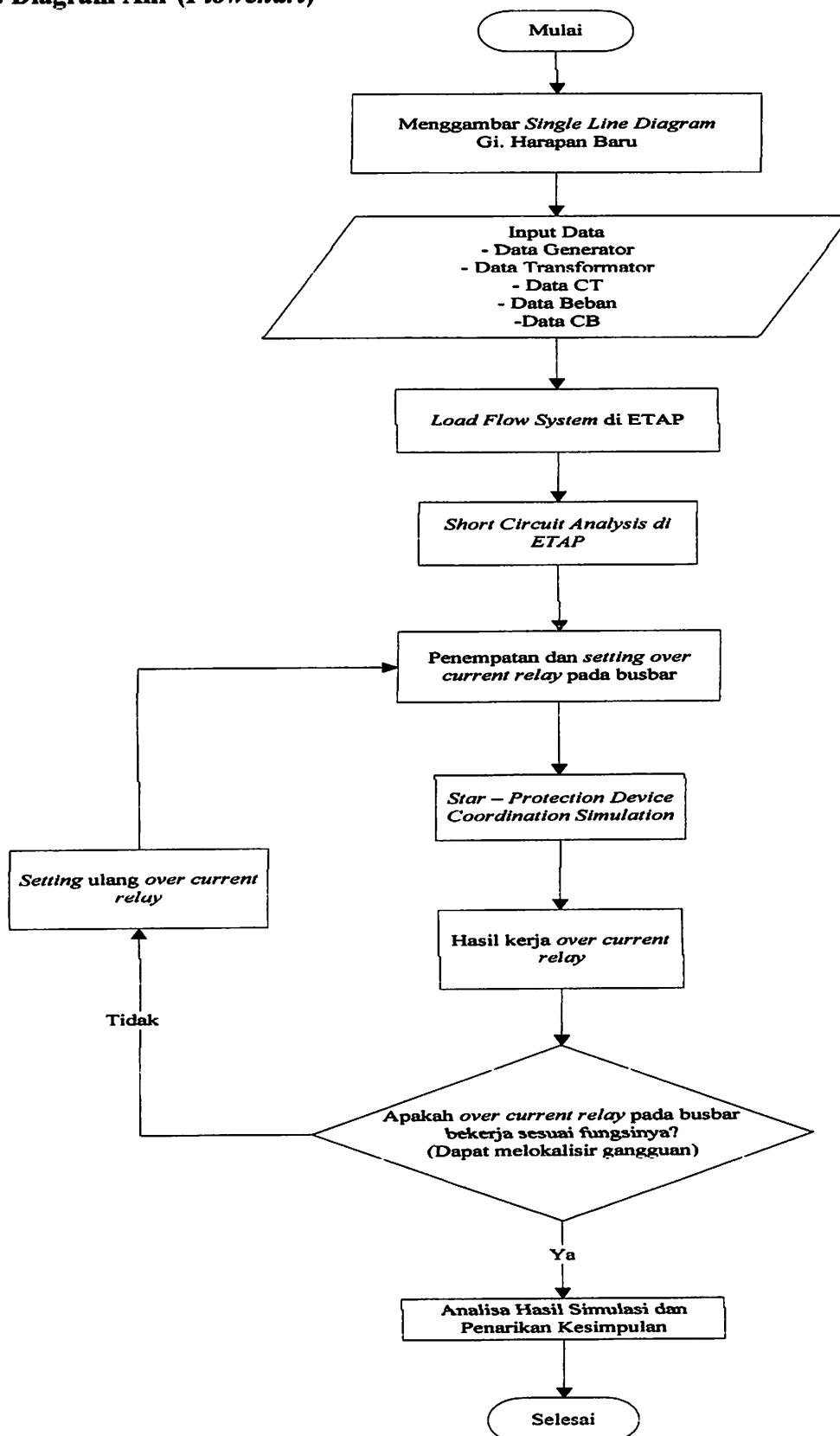
### 3.6 Lokasi dan Waktu Pengambilan Data

Lokasi pengambilan data untuk penelitian ini adalah PT. PLN (Persero) Wilayah Kalimantan Timur dan Kalimantan Utara. Waktu pengambilan data dilakukan pada tanggal 21 s/d 25 April 2014.

### 3.7 Algoritma Simulasi Software ETAP Power Station

- a. Mulai
- b. Menggambar *single line diagram* GI. Harapan Baru menggunakan *software* ETAP Power Station.
- c. Memasukkan data teknis ke dalam *single line diagram* GI. Harapan Baru, yang meliputi data pembangkit, data transformator, data CT, data beban, dan data CB.
- d. Menjalankan fitur program *Load Flow System* yang terdapat pada *software* ETAP Power Station, untuk mengetahui keadaan sistem di GI. Harapan Baru.
- e. Menjalankan fitur *Short Circuit Analysis*, untuk menentukan *setting* relay
- f. Penempatan dan *setting* OCR pada busbar.
- g. Melakukan simulasi gangguan satu fasa ke tanah, fasa – fasa ke tanah, fasa – fasa, dan tiga fasa dengan menggunakan fitur *Star – Protection Device Coordination Simulation* yang ada pada *software* ETAP Power Station.
- h. Hasil kerja OCR
- i. Apabila relay tidak dapat bekerja sesuai fungsinya, maka relay *disetting* ulang lalu kembali ke poin 6. Dan apabila relay bekerja sesuai fungsinya, maka akan langsung menganalisa hasil dari proses simulasi tersebut lalu ditarik kesimpulan. Maksud dari relay bekerja sesuai fungsinya adalah relay mampu memproteksi busbar sehingga dapat melokalisir gangguan.
- j. Analisa hasil dan penarikan kesimpulan.
- k. Selesai.

### 3.8 Diagram Alir (*Flowchart*)

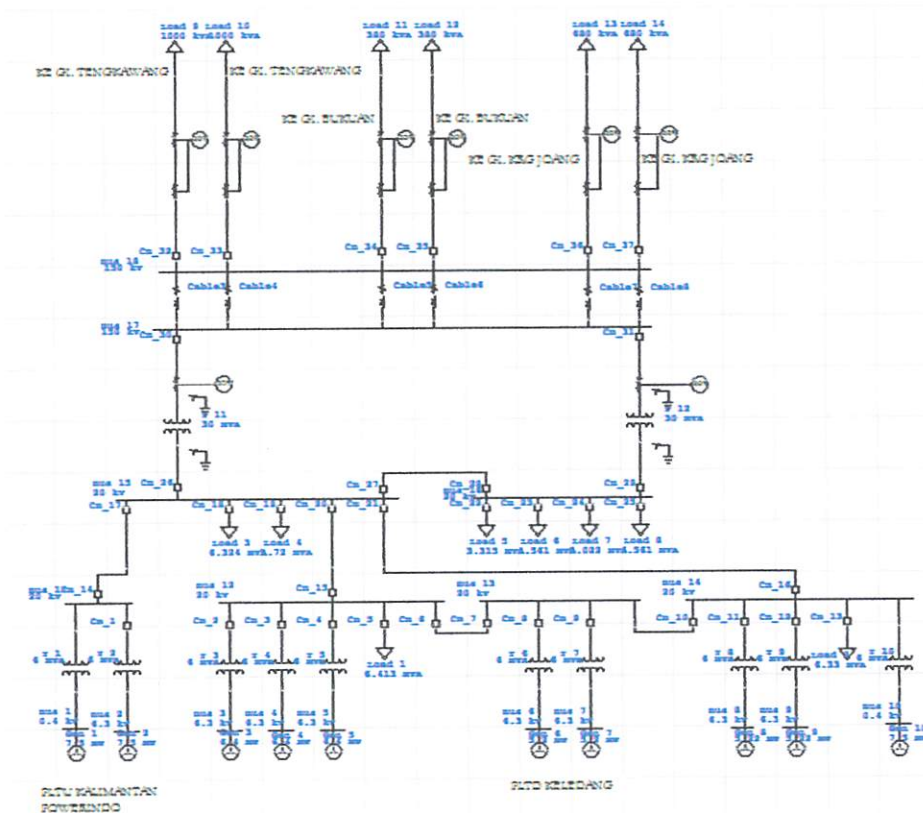


Gambar 3.8  
Diagram Alir (*Flowchart*)

## BAB IV ANALISA DAN HASIL

### 4.1 Pemodelan *Single Line Diagram* GI. Harapan Baru Menggunakan *Software ETAP Power Station*

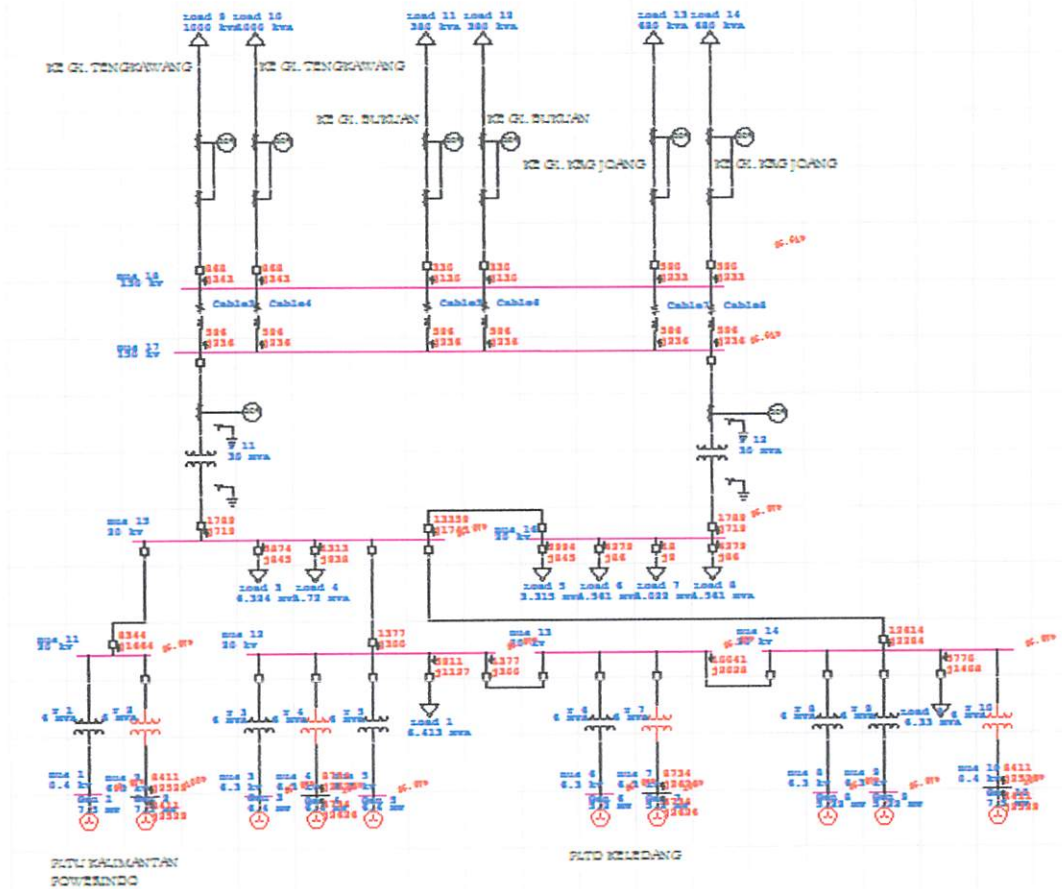
Membuat pemodelan *single line diagram* GI. Harapan Baru menggunakan *software ETAP Power Station* merupakan langkah awal dalam melakukan analisa. Yang mana di dalam pemodelan tersebut akan dimasukkan data – data teknis yang meliputi data pembangkit, data transformator, data beban, data CT, dan data CB (*Circuit Breaker*).



Gambar 4.1  
Pemodelan *Single Line Diagram* GI. Harapan Baru

### 4.2 Load Flow System

*Load flow system* digunakan agar dapat mengetahui keadaan awal sistem yang ada di GI. Harapan Baru sebelum disimulasikan.



Gambar 4.2

Hasil *Load Flow System* GI. Harapan Baru di ETAP Power Station

### 4.3 Short Circuit Analysis

*Short Circuit Analysis* adalah proses yang harus dilakukan sebelum kita memulai proses perhitungan untuk *setting* relay.

Berikut adalah hasil analisa hubung singkat sistem GI. Harapan Baru :

Tabel 4.1

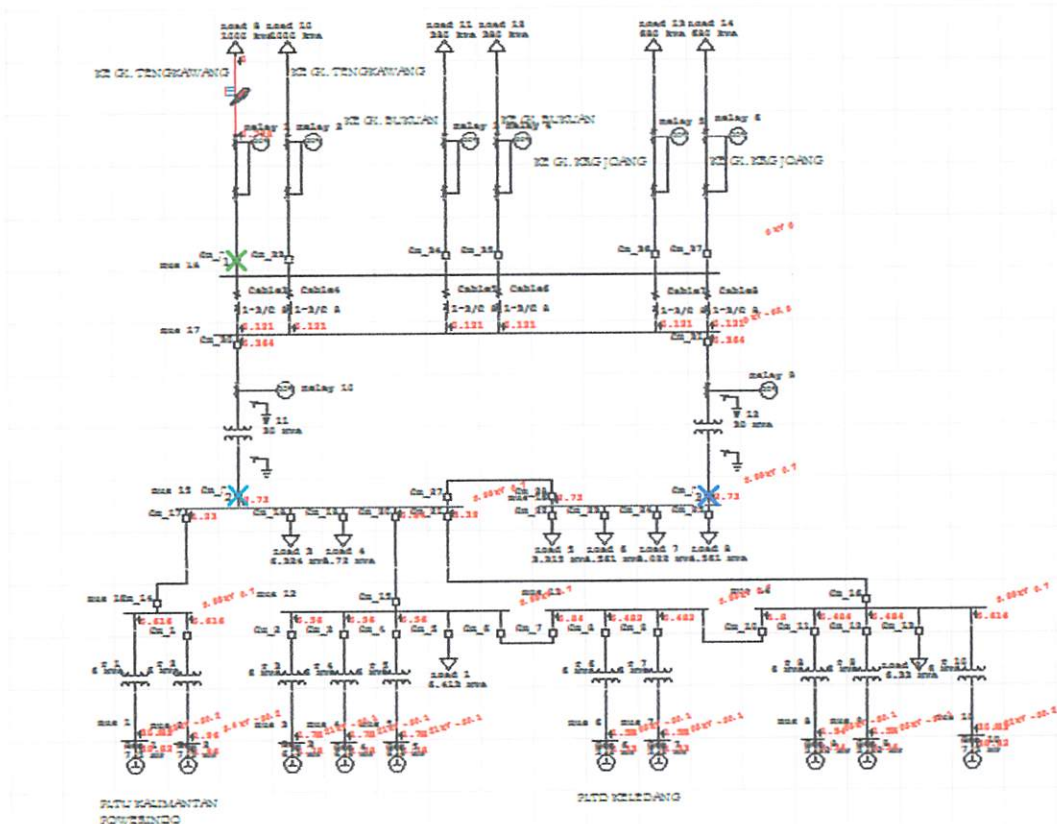
Hasil Analisa Hubung Singkat GI. Harapan Baru

Jenis Gangguan	Short Circuit Report
3 Fasa	0.728 kA
LG	0.88 kA
LL	0.683 kA
LLG	0.838 kA

#### 4.4 Kondisi Sistem Saat Sebelum Pemasangan OCR Pada Busbar

Sebelum pemasangan OCR pada busbar, sistem ini telah terpasang OCR yang ada pada jalur interkoneksi menuju gardu induk lain, yaitu ke GI. Tengkawang, ke GI Bukuan, dan ke GI. Karang Joang.

Walaupun sistem di GI. Harapan Baru telah dipasang peralatan proteksi pada jalur interkoneksi menuju gardu induk lain, namun peralatan proteksi tersebut tidak dapat melokalisir gangguan, karena busbar yang ada pada GI. Harapan Baru belum terpasang peralatan proteksi, sehingga arus gangguan yang terjadi dapat menyebar terhadap peralatan listrik lainnya, yang mengakibatkan sistem proteksi pada masing – masing peralatan langsung ikut bekerja, padahal gangguan terjadi pada busbar atau jalur menuju gardu induk lain.

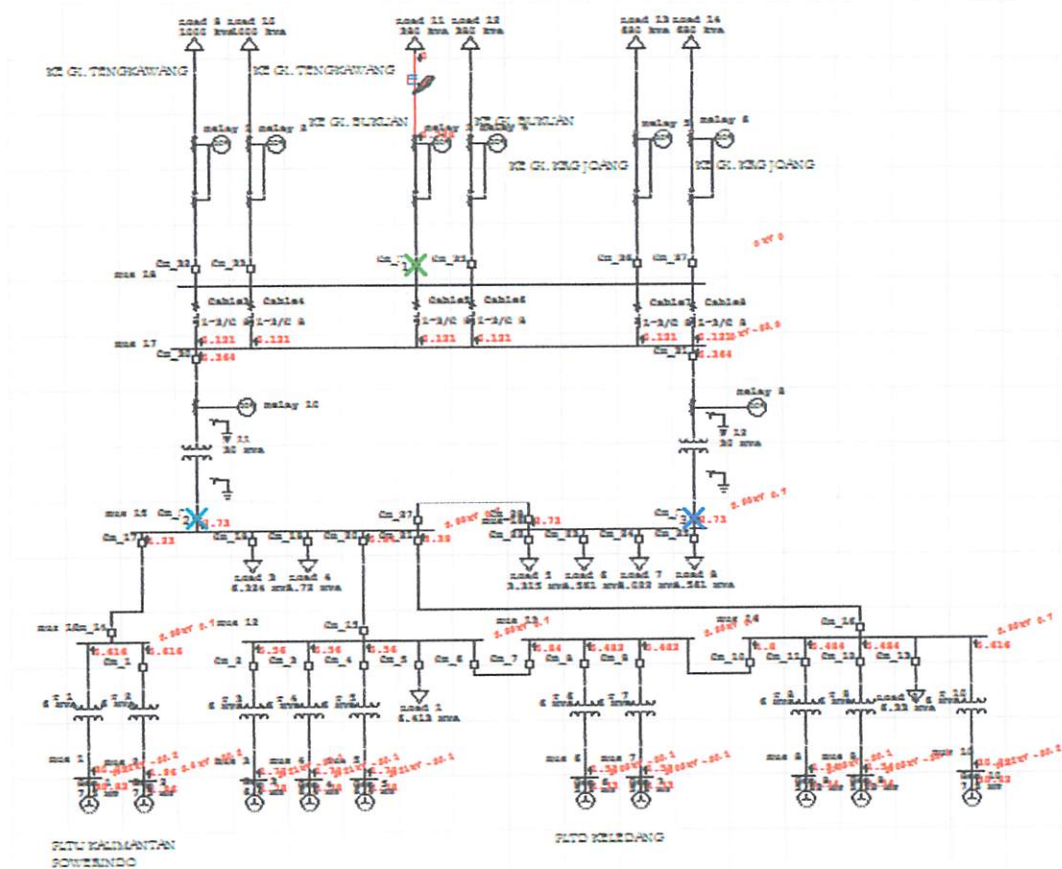


Gambar 4.3

Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Tiga Fasa Pada Jalur ke GI. Tengkawang Sebelum Busbar Diproteksi

Gambar 4.3 menjelaskan bahwa gangguan tiga fasa yang terjadi pada jalur ke GI. Tengkawang membuat sistem proteksi tersebut bekerja dan mematikan CB,

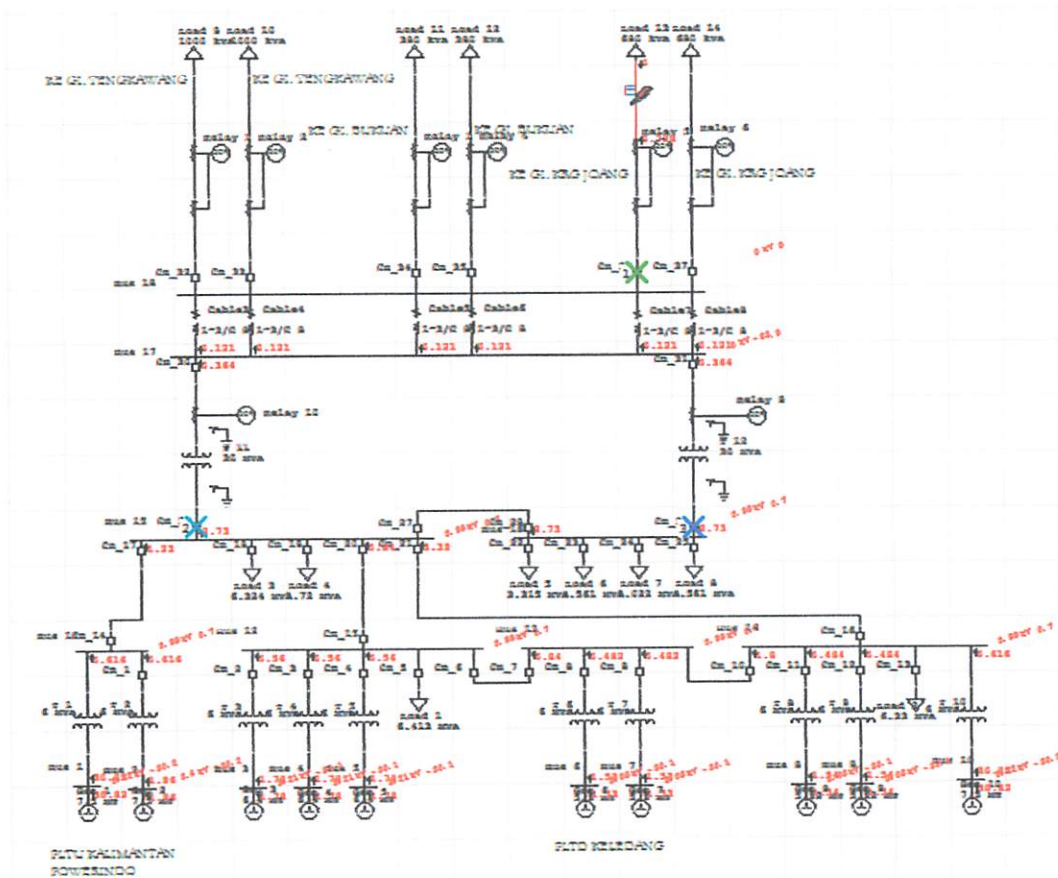
namun dikarenakan tidak adanya proteksi pada busbar, arus gangguan menyebar sampai ke trafo daya, yang mengakibatkan sistem proteksi pada trafo daya tersebut langsung ikut beroperasi.



Gambar 4.4

Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Tiga Fasa Pada Jalur ke GI. Bukuan Sebelum Busbar Diproteksi

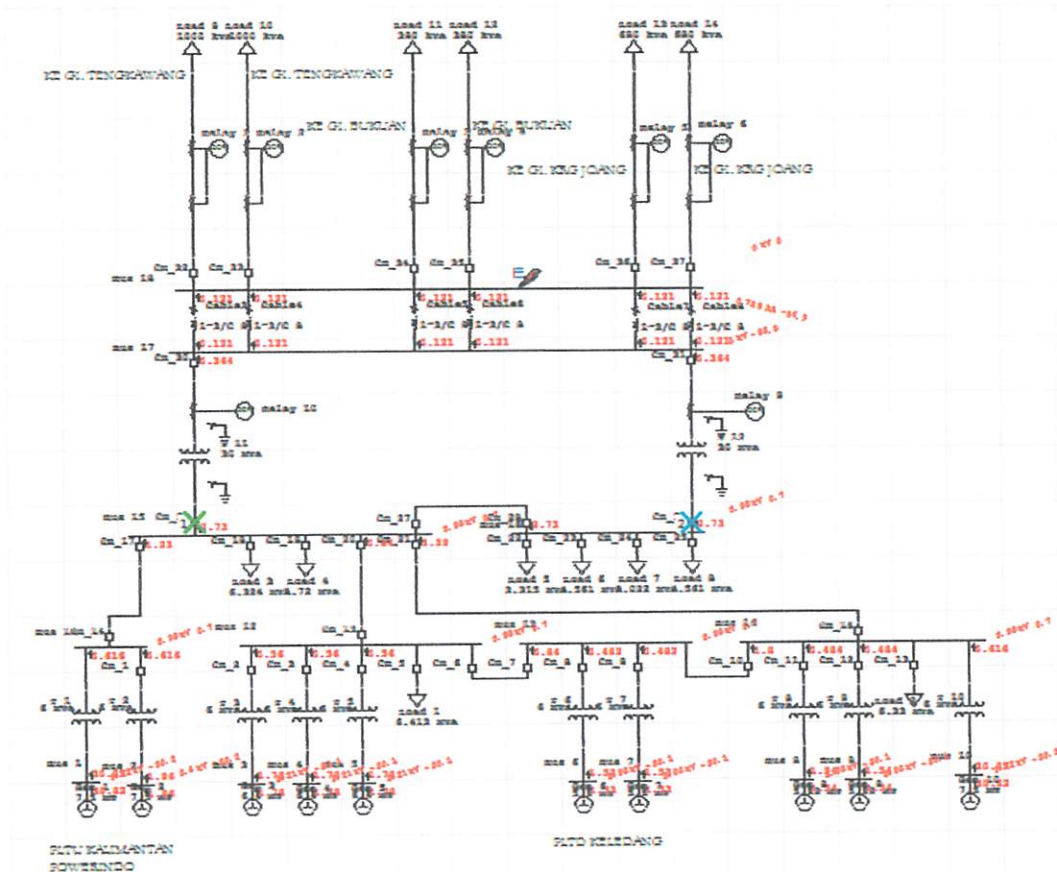
Gambar 4.4 menjelaskan bahwa gangguan tiga fasa yang terjadi pada jalur ke GI. Bukuan membuat sistem proteksi tersebut bekerja dan mematikan CB, namun dikarenakan tidak adanya proteksi pada busbar, arus gangguan menyebar sampai ke trafo daya, yang mengakibatkan sistem proteksi pada trafo daya tersebut langsung ikut beroperasi.



Gambar 4.5

Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Tiga Fasa Pada Jalur ke GI. Karang Joang Sebelum Busbar Diproteksi

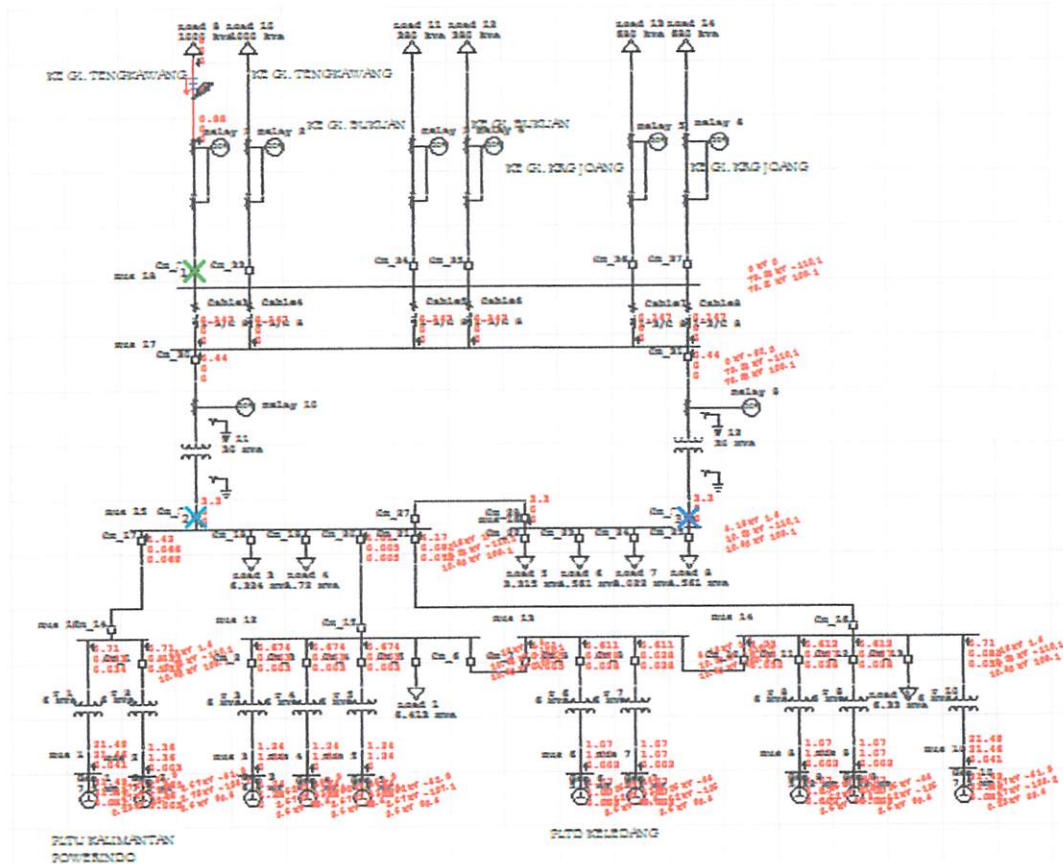
Gambar 4.5 menjelaskan bahwa gangguan tiga fasa yang terjadi pada jalur ke GI. Karang Joang membuat sistem proteksi tersebut bekerja dan mematikan CB, namun dikarenakan tidak adanya proteksi pada busbar, arus gangguan menyebar sampai ke trafo daya, yang mengakibatkan sistem proteksi pada trafo daya tersebut langsung ikut beroperasi.



Gambar 4.6

Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Tiga Fasa Pada Busbar Sebelum Busbar Diproteksi

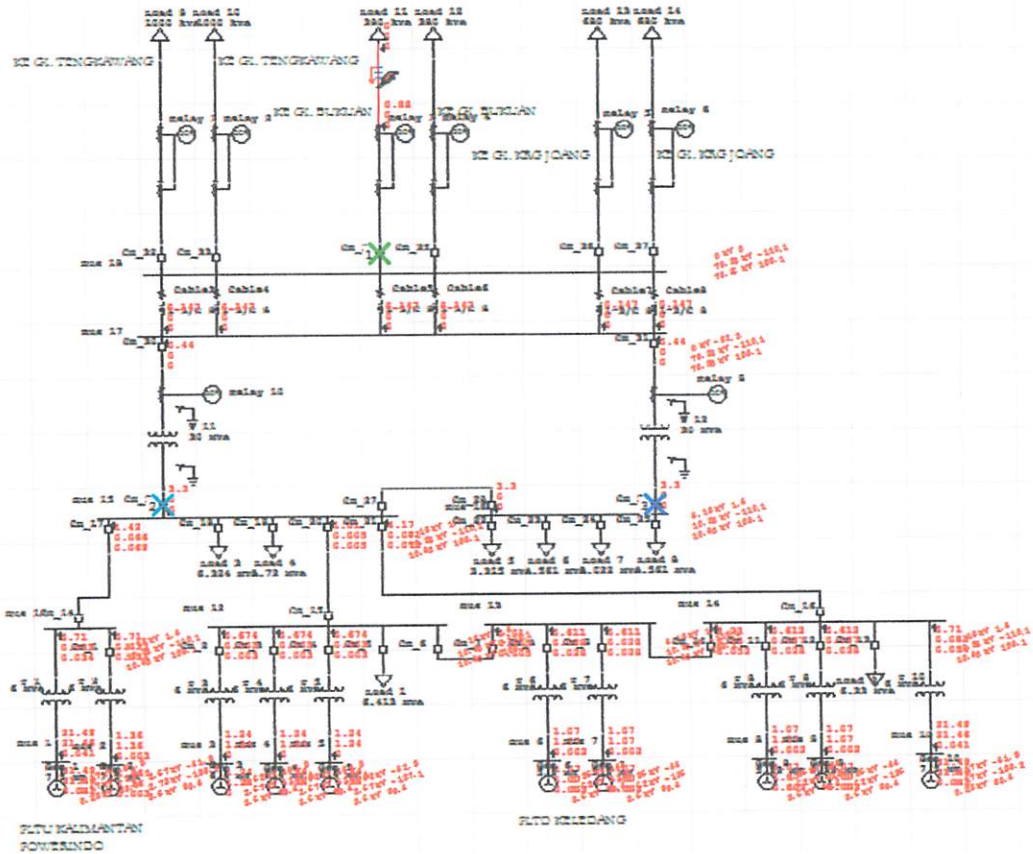
Gambar 4.6 menjelaskan bahwa gangguan tiga fasa yang terjadi pada busbar, membuat sistem proteksi pada trafo daya langsung ikut bekerja, yang diakibatkan menyebarnya arus gangguan yang terjadi pada busbar tersebut. Hal ini terjadi karena belum dipasangnya proteksi pada busbar.



Gambar 4.7

Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Satu Fasa ke Tanah Pada Jalur ke GI. Tengkawang Sebelum Busbar Diproteksi

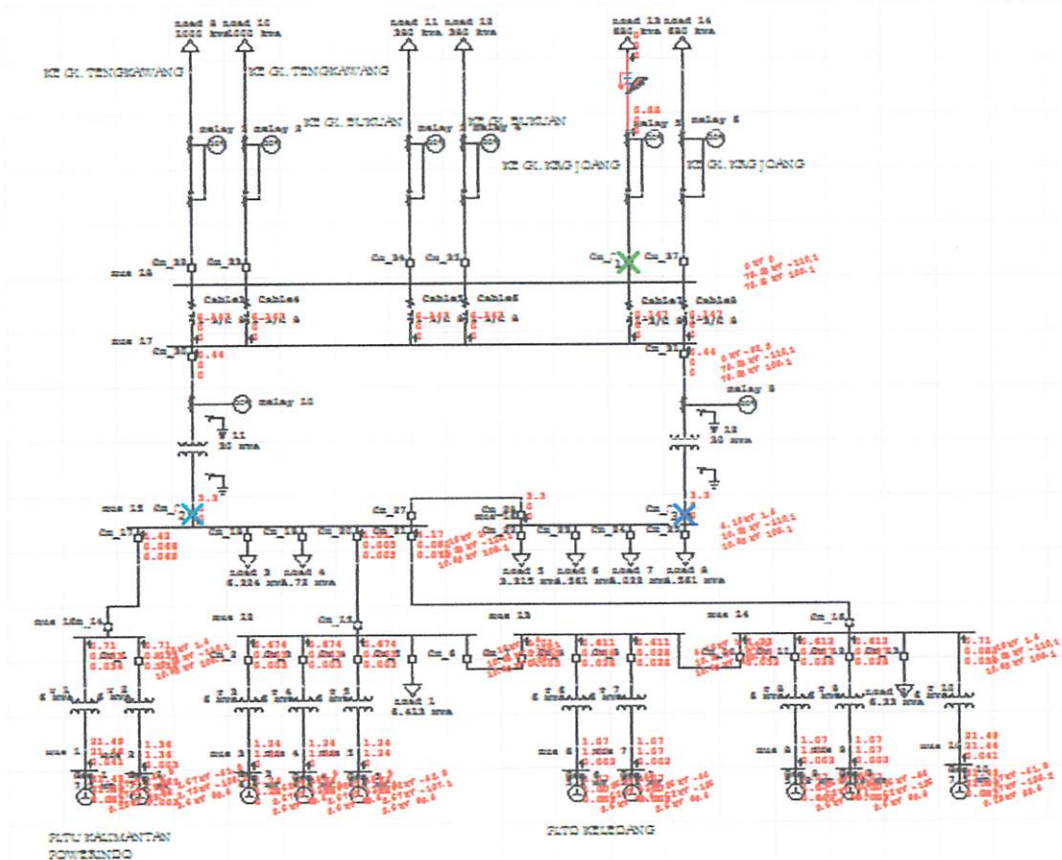
Gambar 4.7 menjelaskan bahwa gangguan satu fasa ke tanah yang terjadi pada jalur ke GI. Tengkawang membuat sistem proteksi tersebut bekerja dan mematikan CB, namun dikarenakan tidak adanya proteksi pada busbar, arus gangguan menyebar sampai ke trafo daya, yang mengakibatkan sistem proteksi pada trafo daya tersebut langsung ikut beroperasi.



Gambar 4.8

Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Satu Fasa ke Tanah Pada Jalur ke GI. Bukuan Sebelum Busbar Diproteksi

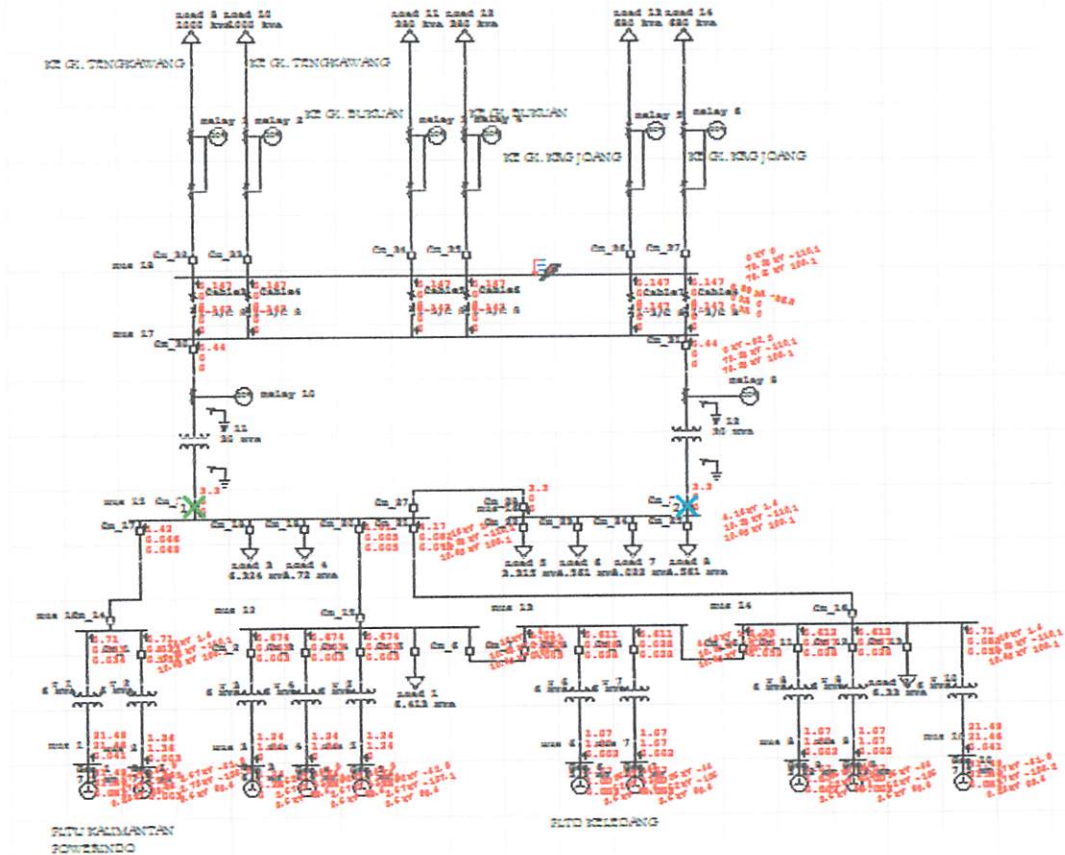
Gambar 4.8 menjelaskan bahwa gangguan satu fasa ke tanah yang terjadi pada jalur ke GI. Bukuan membuat sistem proteksi tersebut bekerja dan mematikan CB, namun dikarenakan tidak adanya proteksi pada busbar, arus gangguan menyebar sampai ke trafo daya, yang mengakibatkan sistem proteksi pada trafo daya tersebut langsung ikut beroperasi.



Gambar 4.9

Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Satu Fasa ke Tanah Pada Jalur ke GI. Karang Joang Sebelum Busbar Diproteksi

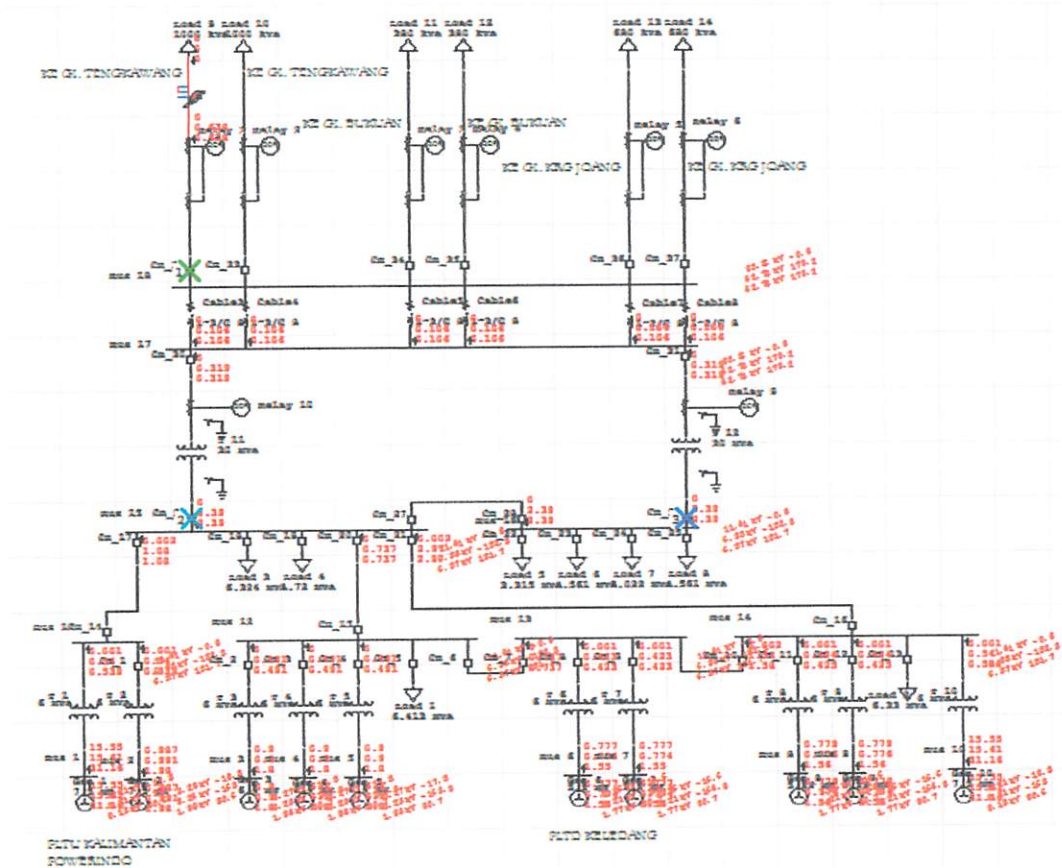
Gambar 4.9 menjelaskan bahwa gangguan satu fasa ke tanah yang terjadi pada jalur ke GI. Karang Joang membuat sistem proteksi tersebut bekerja dan mematikan CB, namun dikarenakan tidak adanya proteksi pada busbar, arus gangguan menyebar sampai ke trafo daya, yang mengakibatkan sistem proteksi pada trafo daya tersebut langsung ikut beroperasi.



Gambar 4.10

Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Satu Fasa ke Tanah Pada Busbar Sebelum Busbar Diproteksi

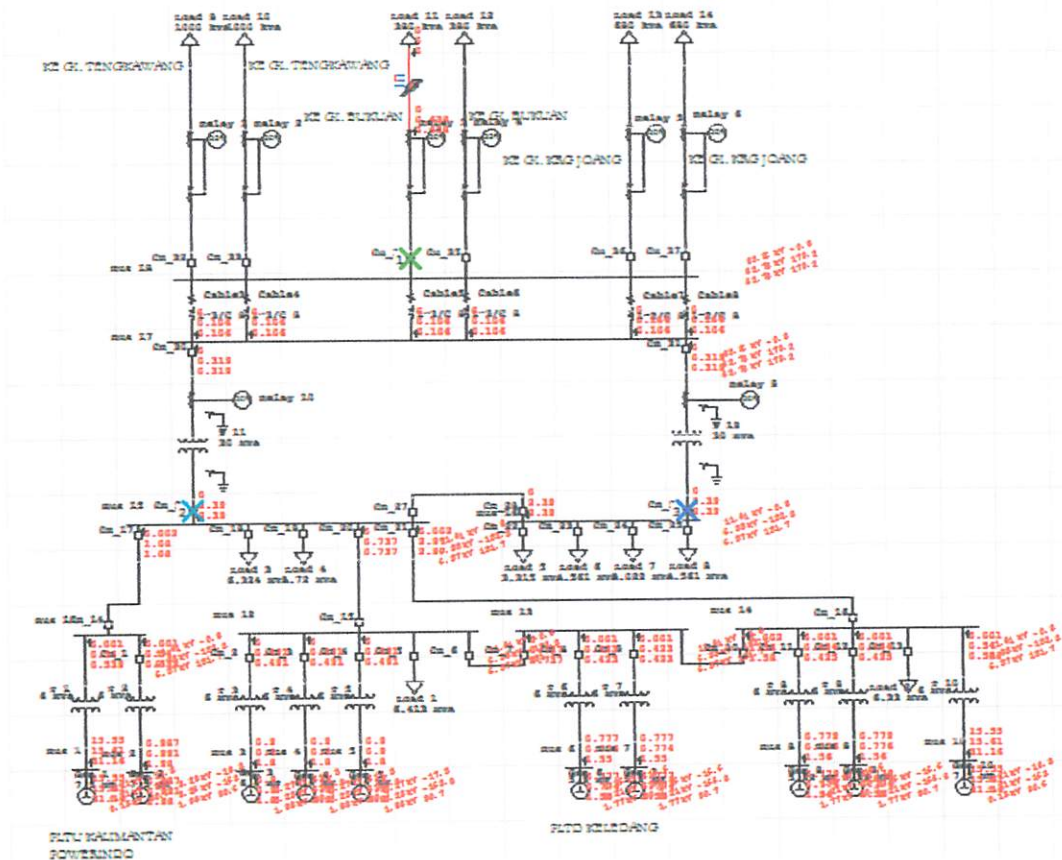
Gambar 4.10 menjelaskan bahwa gangguan satu fasa ke tanah yang terjadi pada busbar, membuat sistem proteksi pada trafo daya langsung ikut bekerja, yang diakibatkan menyebarnya arus gangguan yang terjadi pada busbar tersebut. Hal ini terjadi karena belum dipasangnya proteksi pada busbar.



Gambar 4.11

Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Fasa ke Fasa Pada Jalur ke GI. Tengkawang Sebelum Busbar Diproteksi

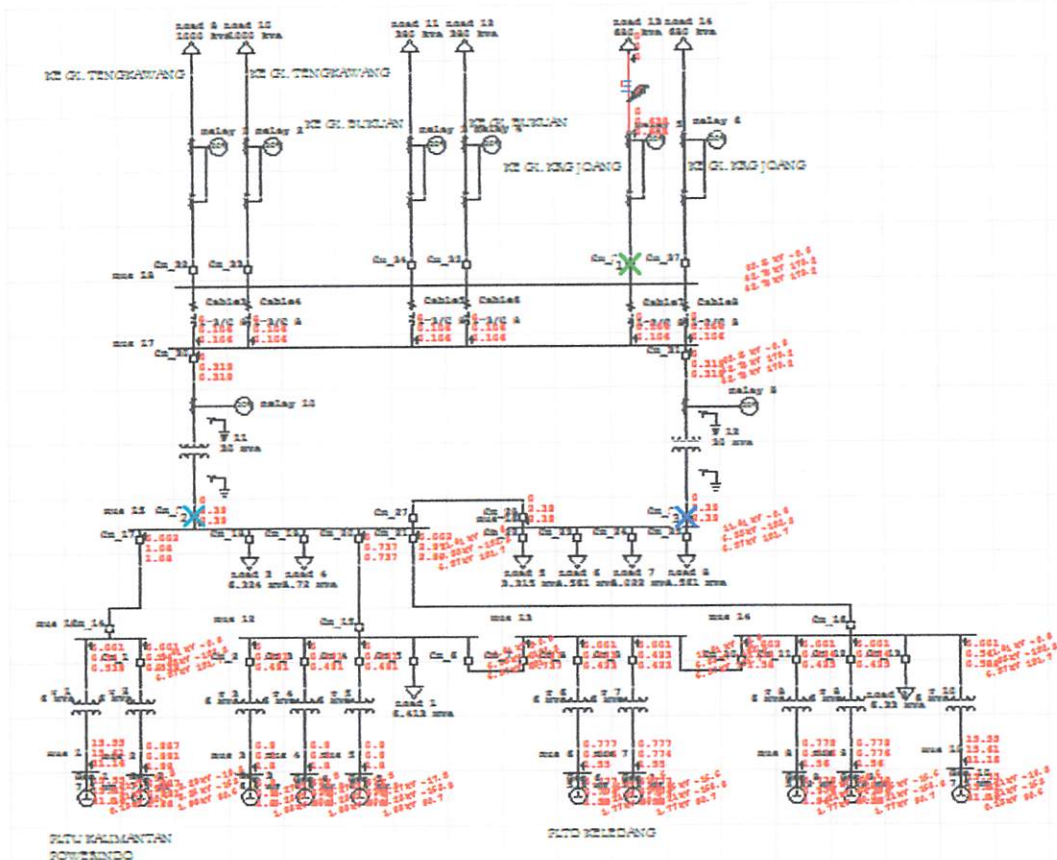
Gambar 4.11 menjelaskan bahwa gangguan fasa ke fasa yang terjadi pada jalur ke GI. Tengkawang membuat sistem proteksi tersebut bekerja dan mematikan CB, namun dikarenakan tidak adanya proteksi pada busbar, arus gangguan menyebar sampai ke trafo daya, yang mengakibatkan sistem proteksi pada trafo daya tersebut langsung ikut beroperasi.



Gambar 4.12

Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Fasa ke Fasa Pada Jalur ke GI.  
Bukuan Sebelum Busbar Diproteksi

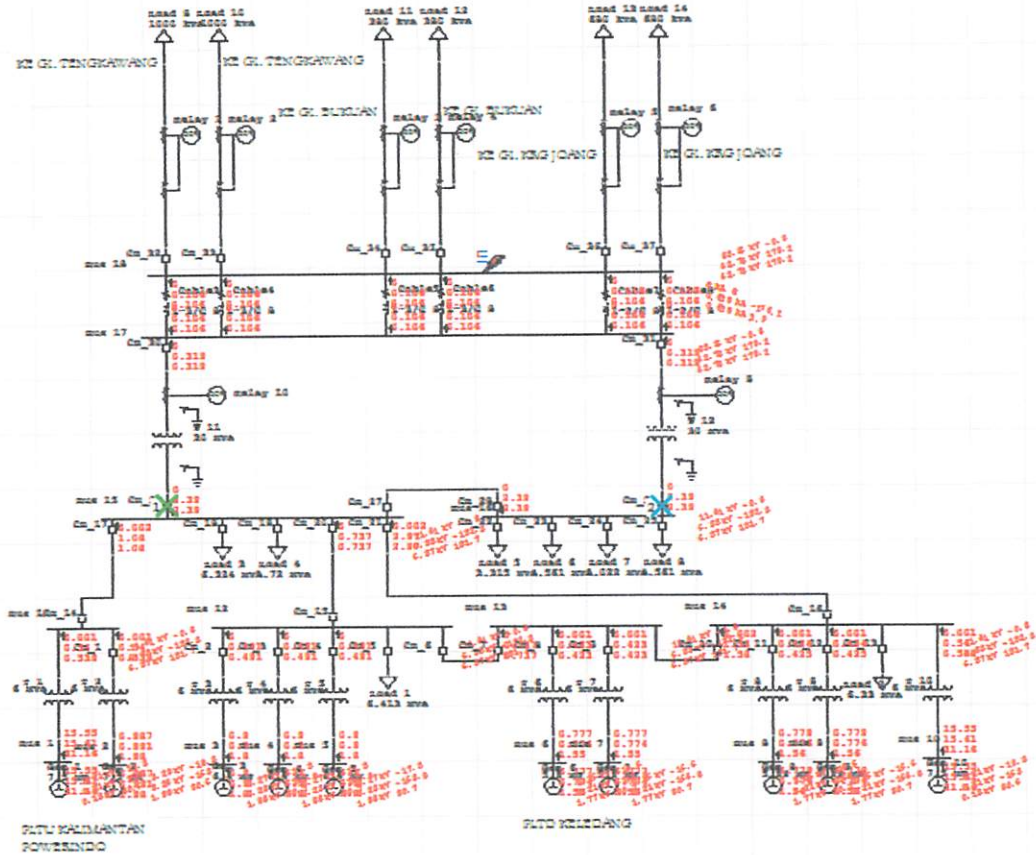
Gambar 4.12 menjelaskan bahwa gangguan fasa ke fasa yang terjadi pada jalur ke GI. Bukuan membuat sistem proteksi tersebut bekerja dan mematikan CB, namun dikarenakan tidak adanya proteksi pada busbar, arus gangguan menyebar sampai ke trafo daya, yang mengakibatkan sistem proteksi pada trafo daya tersebut langsung ikut beroperasi.



Gambar 4.13

Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Fasa ke Fasa Pada Jalur ke GI. Karang Joang Sebelum Busbar Diproteksi

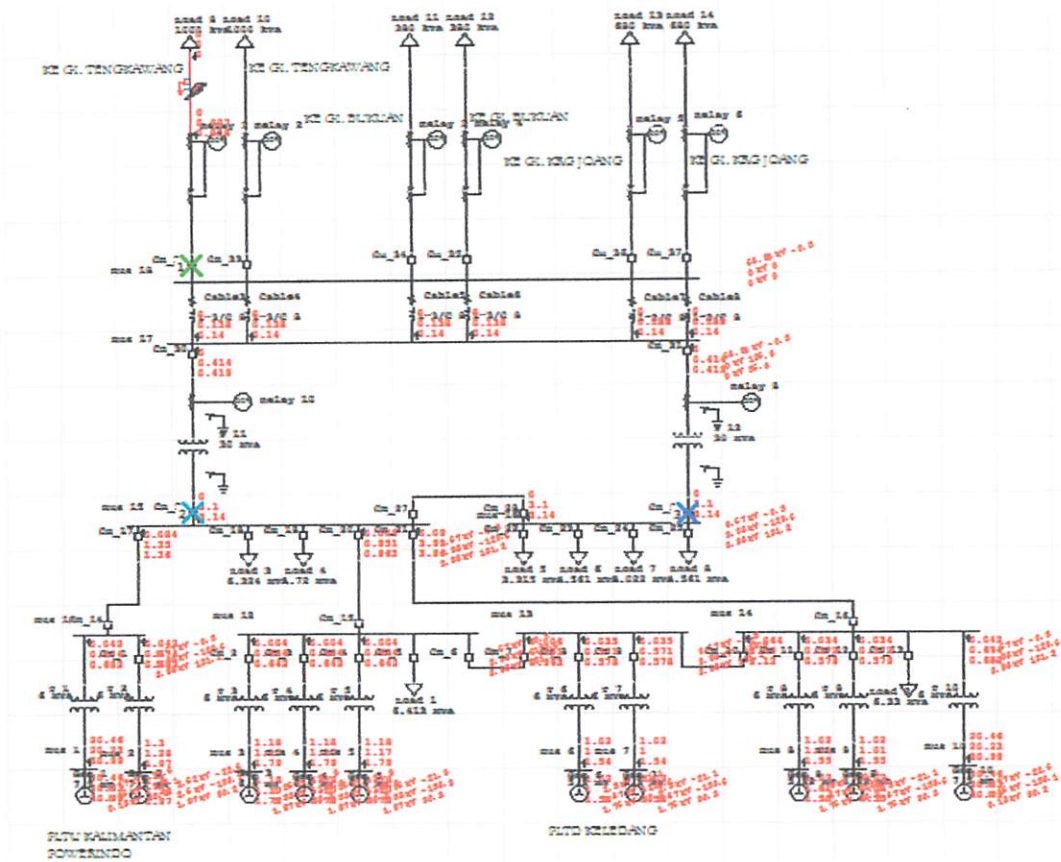
Gambar 4.13 menjelaskan bahwa gangguan fasa ke fasa yang terjadi pada jalur ke GI. Karang Joang membuat sistem proteksi tersebut bekerja dan mematikan CB, namun dikarenakan tidak adanya proteksi pada busbar, arus gangguan menyebar sampai ke trafo daya, yang mengakibatkan sistem proteksi pada trafo daya tersebut langsung ikut beroperasi.



Gambar 4.14

Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Fasa ke Fasa pada Busbar Sebelum Busbar Diproteksi

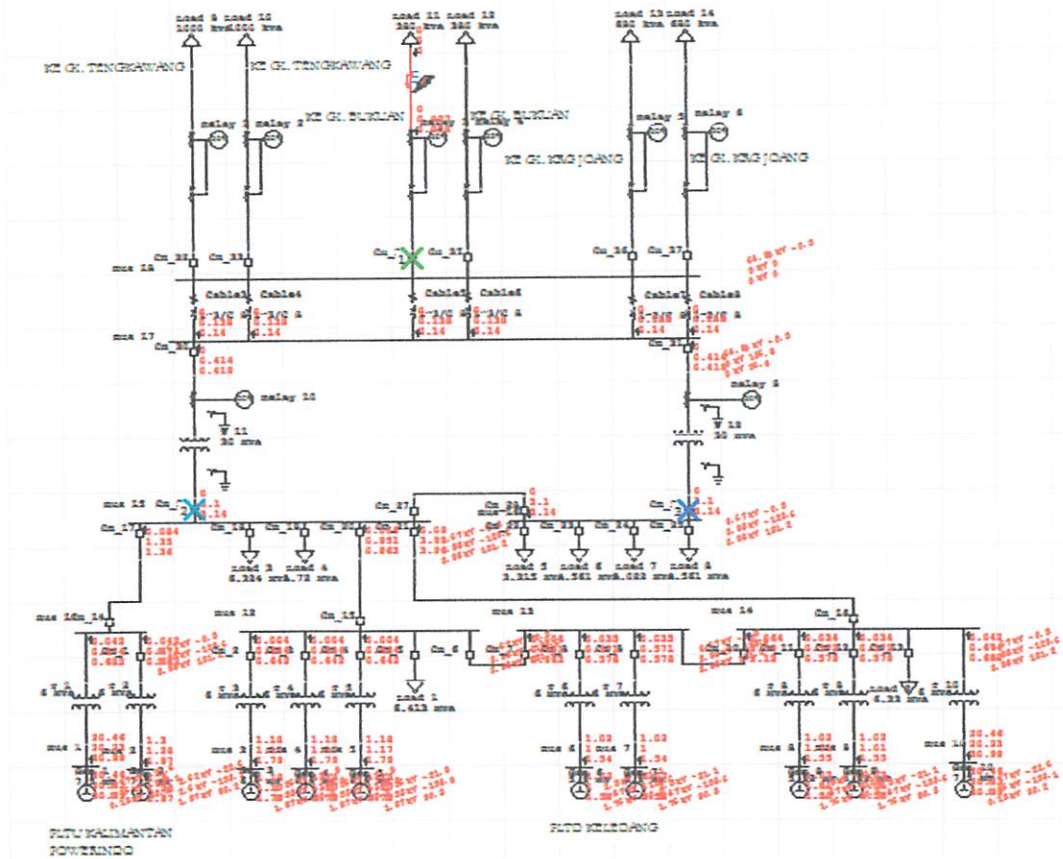
Gambar 4.14 menjelaskan bahwa gangguan fasa ke fasa yang terjadi pada busbar, membuat sistem proteksi pada trafo daya langsung ikut bekerja, yang diakibatkan menyebarnya arus gangguan yang terjadi pada busbar tersebut. Hal ini terjadi karena belum dipasangnya proteksi pada busbar.



Gambar 4.15

Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Dua Fasa ke Tanah Pada Jalur ke GI. Tengkwang Sebelum Busbar Diproteksi

Gambar 4.15 menjelaskan bahwa gangguan dua fasa ke tanah yang terjadi pada jalur ke GI. Tengkwang membuat sistem proteksi tersebut bekerja dan mematikan CB, namun dikarenakan tidak adanya proteksi pada busbar, arus gangguan menyebar sampai ke trafo daya, yang mengakibatkan sistem proteksi pada trafo daya tersebut langsung ikut beroperasi.

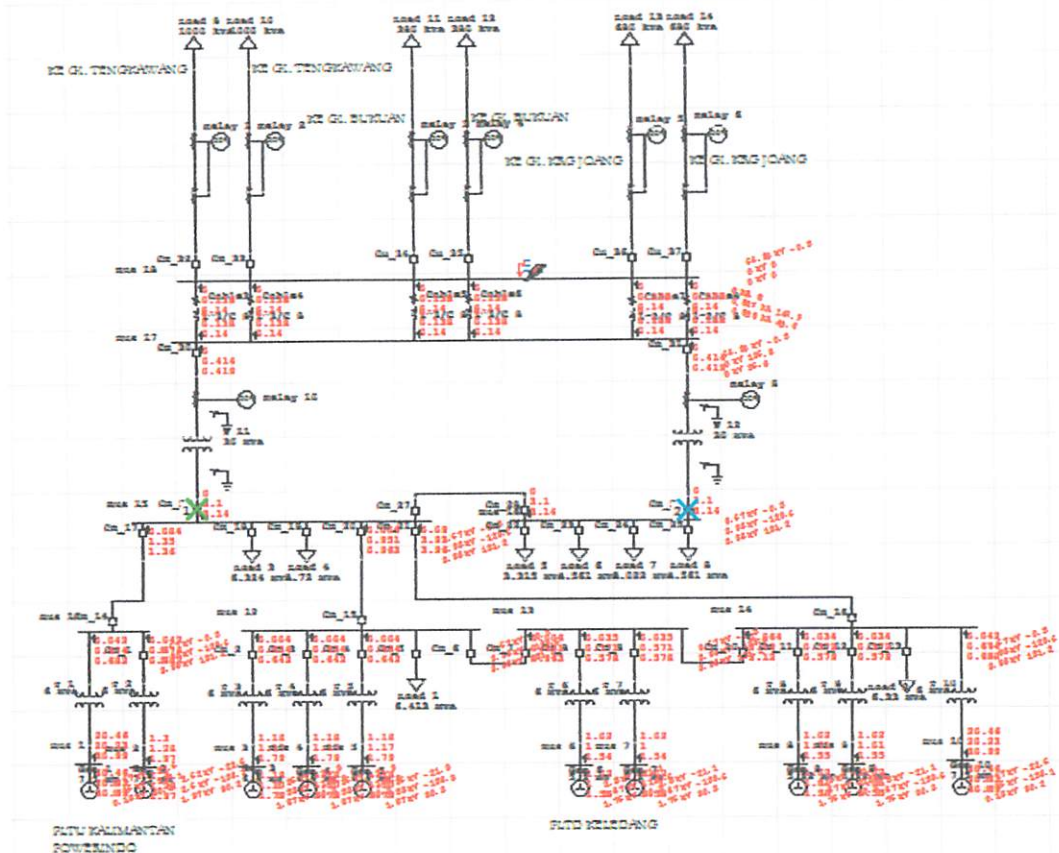


Gambar 4.16

Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Dua Fasa ke Tanah Pada Jalur ke GI. Bukuan Sebelum Busbar Diproteksi

Gambar 4.16 menjelaskan bahwa gangguan dua fasa ke tanah yang terjadi pada jalur ke GI. Bukuan membuat sistem proteksi tersebut bekerja dan mematikan CB, namun dikarenakan tidak adanya proteksi pada busbar, arus gangguan menyebar sampai ke trafo daya, yang mengakibatkan sistem proteksi pada trafo daya tersebut langsung ikut beroperasi.





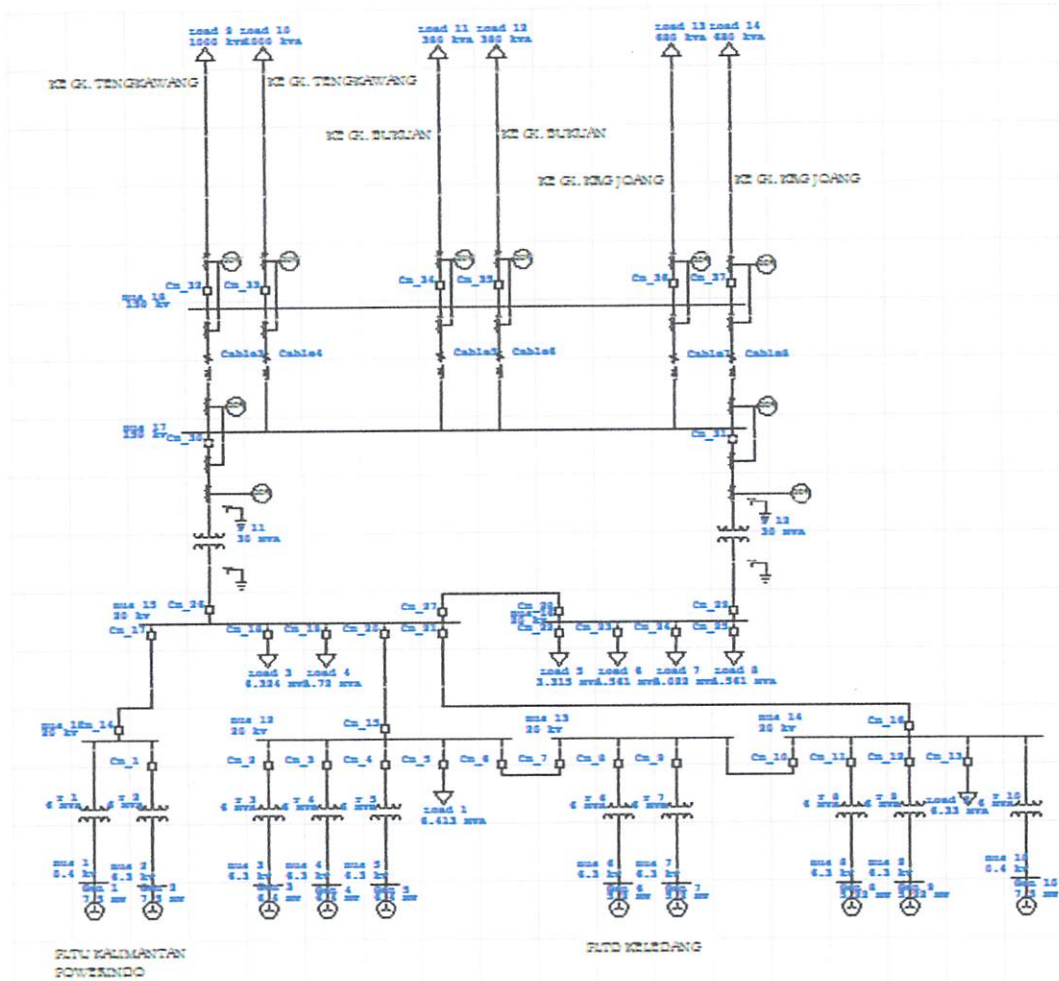
Gambar 4.18

Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Dua Fasa ke Tanah Pada Busbar Sebelum Busbar Diproteksi

Gambar 4.18 menjelaskan bahwa gangguan dua fasa ke tanah yang terjadi pada busbar, membuat sistem proteksi pada trafo daya langsung ikut bekerja, yang diakibatkan menyebarnya arus gangguan yang terjadi pada busbar tersebut. Hal ini terjadi karena belum dipasangnya proteksi pada busbar.

#### 4.5 Penempatan OCR Pada Busbar

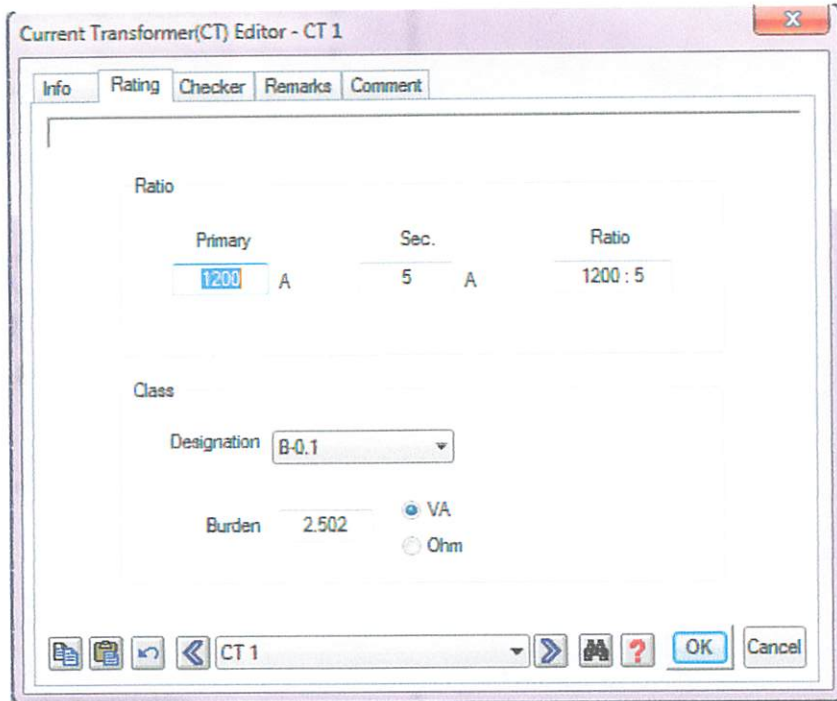
Setelah dilakukan tahap *load flow system* dan mengetahui kondisi awal sistem di GI. Harapan Baru, serta melakukan proses simulasi tanpa menggunakan sistem proteksi pada busbar, barulah dapat dilakukan pemasangan OCR pada busbar.



Gambar 4.19  
Penempatan OCR di sisi *double busbar* 150kV

#### 4.6 Setting Overcurrent Relay

Setelah dilakukan proses pemasangan OCR pada busbar, tahap selanjutnya adalah memasukkan data CT dan penyetelan OCR tersebut.

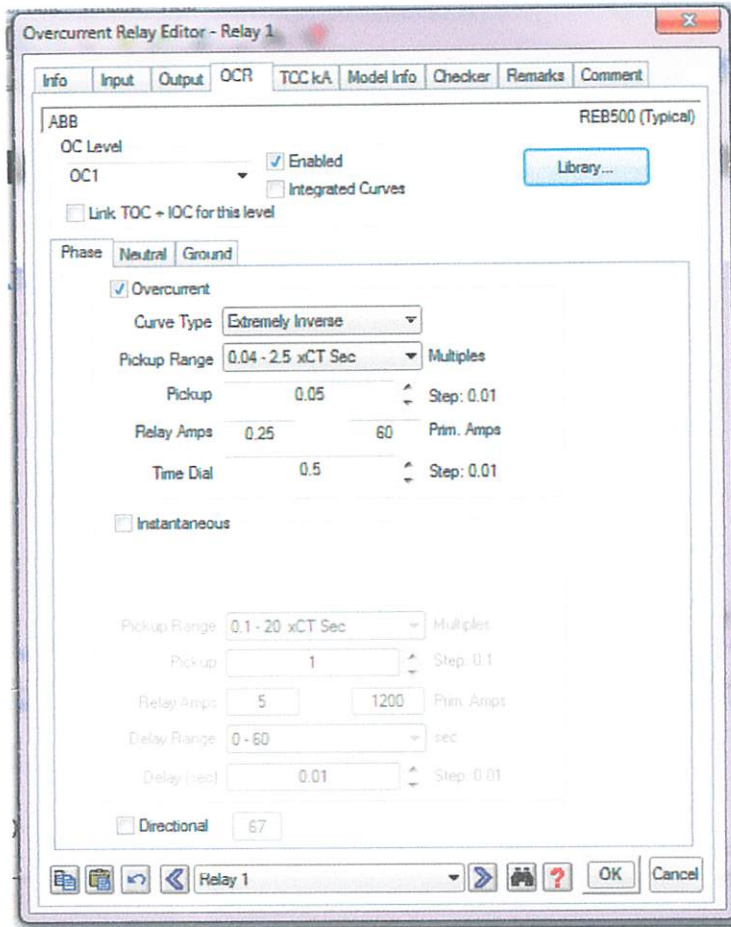


Gambar 4.20  
Input Data CT

Berikut adalah data CT yang diperoleh dari hasil survey :

Tabel 4.2  
Data CT di GI. Harapan Baru

No	Lokasi GI	Arah	Ratio CT ( A )		
1	HARAPAN BARU	Karang Joang 1	800	/	5
		Karang Joang 2	1200	/	5
		Bukuan 1	800	/	1
		Bukuan 2	800	/	1
		Tengkawang 1	1200	/	5
		Tengkawang 2	1200	/	5



Gambar 4.21  
Input Data OCR

Berikut adalah data penyetelan OCR yang akan dipakai untuk proteksi pada busbar :

Tabel 4.3  
Data OCR Yang Akan Diinputkan

Nama	Merk	Type	Karakteristik	Relay Amps	Prim. Amps	Time Dial
Relay 1	ABB	REB500	Extremely Inverse	0.25	60	0.5
Relay 2	ABB	REB500	Extremely Inverse	0.25	60	0.5
Relay 3	ABB	REB500	Extremely Inverse	0.07	56	0.04
Relay 4	ABB	REB500	Extremely Inverse	0.07	56	0.04
Relay 5	ABB	REB500	Extremely Inverse	0.35	56	1.3
Relay 6	ABB	REB500	Extremely Inverse	0.25	60	0.5
Relay 7	ABB	REB500	Extremely Inverse	0.25	60	0.5
Relay 8	ABB	REB500	Extremely Inverse	0.25	60	0.5

#### 4.7 Perhitungan Setelan OCR

1. Perhitungan setelan OCR dengan rasio CT 1200 : 5

$$\begin{aligned} \text{Iset Primer} &= 0.5 \times I_n \\ &= 0.5 \times 115.5 = 57.75 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Iset Sekunder} &= I_{\text{set Primer}} \times \frac{1}{\text{Rasio CT}} \\ &= 57.75 \times \frac{1}{\frac{1200}{5}} = 0.24 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t &= \frac{k\beta}{\left(\frac{I}{I_s}\right)^{\alpha-1}} + L \\ &= \frac{0.05 \times 80}{\left(\frac{0.728}{0.24}\right)^2-1} + 0 \\ &= 0.5 \end{aligned}$$

2. Perhitungan setelan OCR dengan rasio CT 800 : 1

$$\begin{aligned} \text{Iset Primer} &= 0.5 \times I_n \\ &= 0.5 \times 115.5 = 57.75 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Iset Sekunder} &= I_{\text{set Primer}} \times \frac{1}{\text{Rasio CT}} \\ &= 57.75 \times \frac{1}{\frac{800}{1}} = 0.072 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t &= \frac{k\beta}{\left(\frac{I}{I_s}\right)^{\alpha-1}} + L \\ &= \frac{0.05 \times 80}{\left(\frac{0.728}{0.072}\right)^2-1} + 0 \\ &= 0.04 \end{aligned}$$

3. Perhitungan setelan OCR dengan rasio CT 800 : 5

$$\begin{aligned} \text{Iset Primer} &= 0.5 \times I_n \\ &= 0.5 \times 115.5 = 57.75 \end{aligned}$$

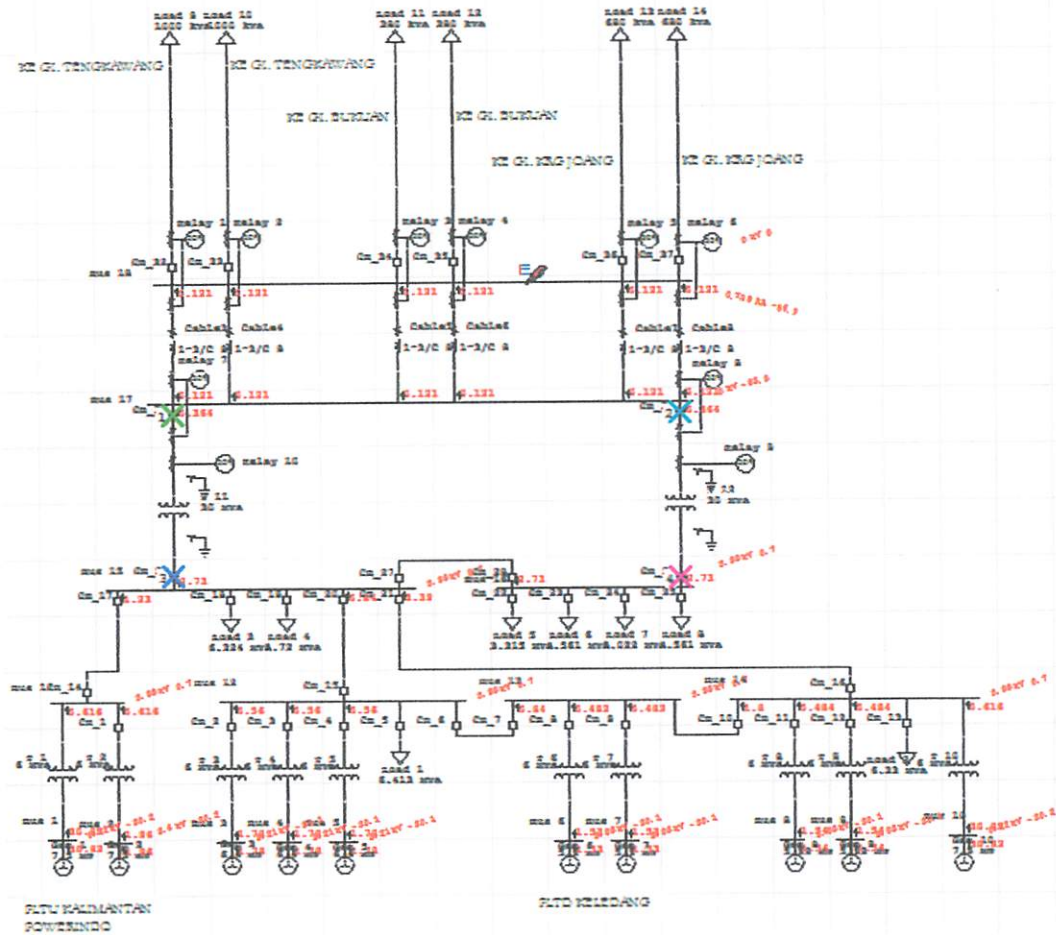
$$\begin{aligned} \text{Iset Sekunder} &= I_{\text{set Primer}} \times \frac{1}{\text{Rasio CT}} \\ &= 57.75 \times \frac{1}{\frac{800}{5}} = 0.36 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t &= \frac{k\beta}{\left(\frac{I}{I_s}\right)^{\alpha-1}} + L \\ &= \frac{0.05 \times 80}{\left(\frac{0.728}{0.36}\right)^2-1} + 0 \\ &= 1.3 \end{aligned}$$





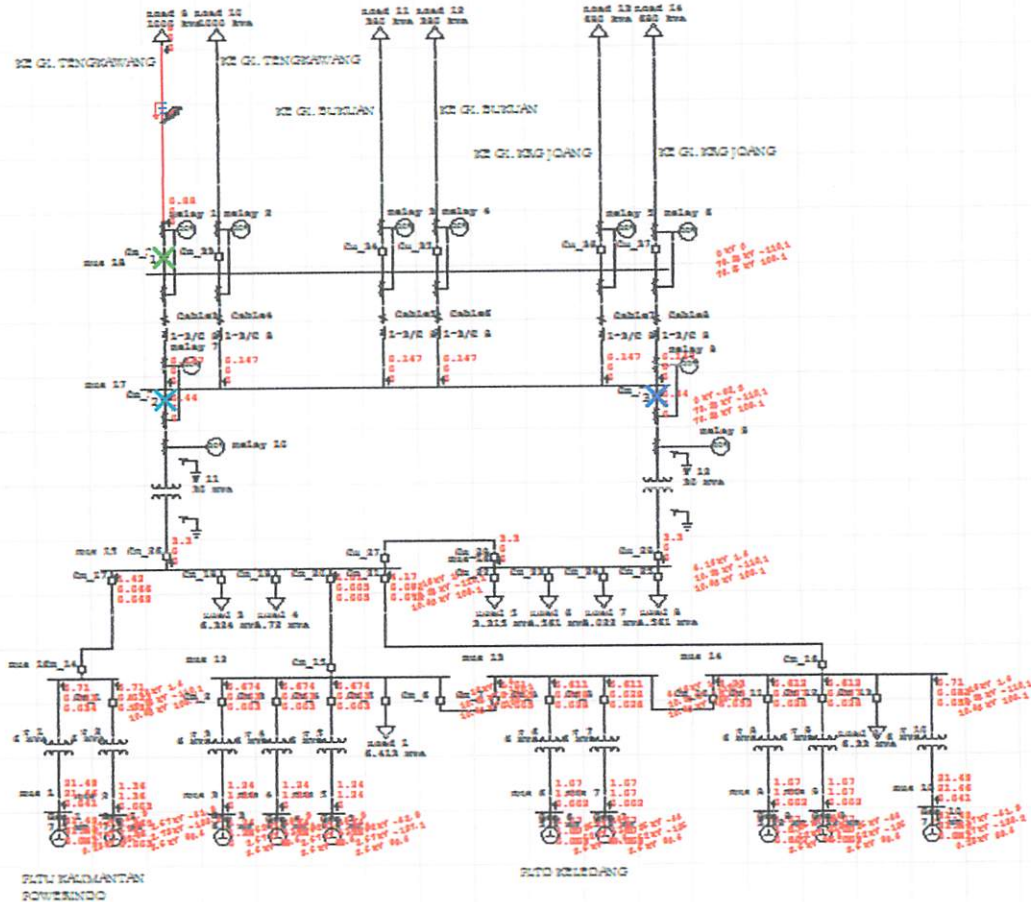




Gambar 4.25

### Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Tiga Fasa Pada Busbar Setelah Busbar Diproteksi

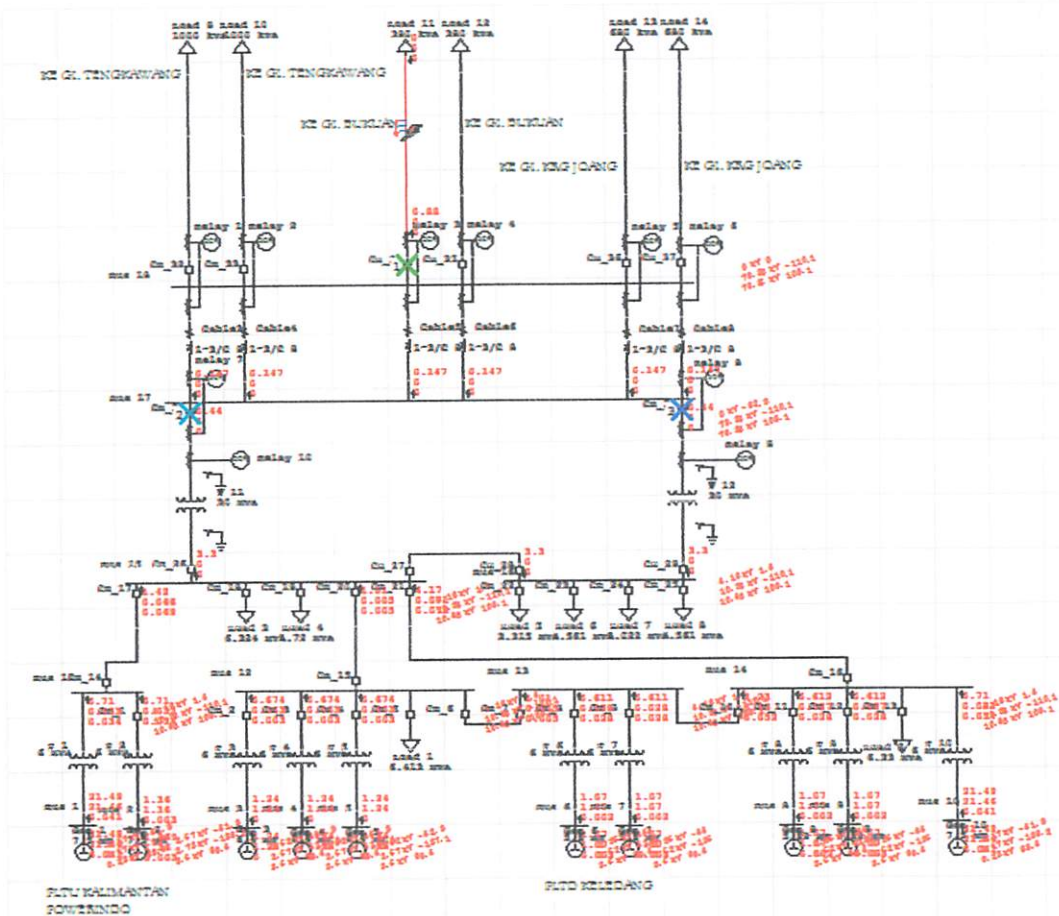
Dari gambar 4.25 dapat dijelaskan apabila gangguan tiga fasa yang terjadi pada busbar 18 membuat relay 7 dan relay 8 sebagai *main protection* bekerja dan mematikan CB 30 dan CB 31, apabila *main protection* gagal bekerja, maka relay 9 dan relay 10 sebagai *back up protection* akan bekerja dan mematikan CB 26 dan CB 29 sehingga arus gangguan yang terjadi dapat dilokalisir dan tidak menyebar ke peralatan listrik lainnya. Untuk besarnya arus gangguan dan waktu kerja relay saat terjadi gangguan, dapat dilihat pada tabel 4.4 dan tabel 4.5. Untuk grafik kerja relay dapat dilihat pada grafik 4.4.



Gambar 4.26

Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Satu Fasa ke Tanah Pada Jalur ke GI. Tengkwang Setelah Busbar Diproteksi

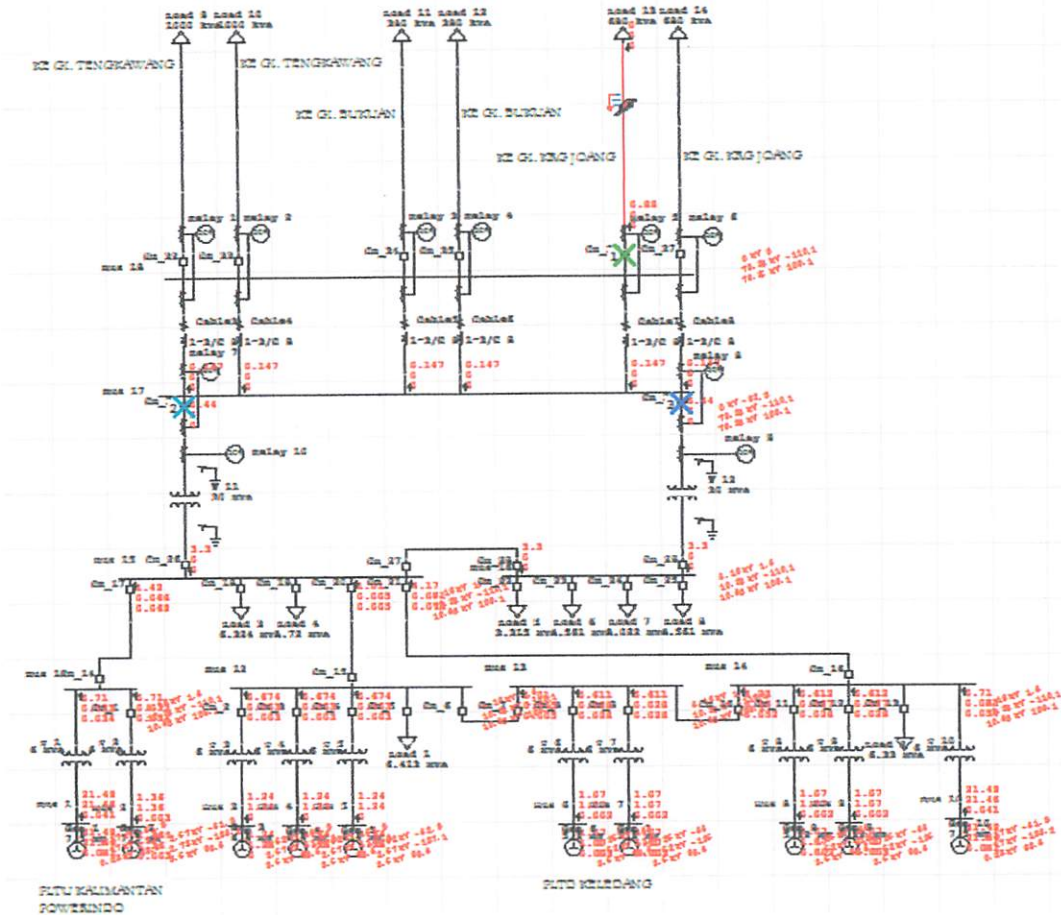
Dari gambar 4.26 dapat dijelaskan apabila gangguan satu fasa ke tanah yang terjadi pada jalur ke GI. Tengkwang membuat relay 1 sebagai *main protection* bekerja dan mematikan CB 32, apabila *main protection* gagal bekerja, maka relay 7 dan relay 8 sebagai *back up protection* akan bekerja dan mematikan CB 30 dan CB 31 sehingga arus gangguan yang terjadi dapat dilokalisir dan tidak menyebar ke peralatan listrik lainnya. Untuk besarnya arus gangguan dan waktu kerja relay saat terjadi gangguan, dapat dilihat pada tabel 4.4 dan tabel 4.5. Untuk grafik kerja relay dapat dilihat pada grafik 4.5.



Gambar 4.27

Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Satu Fasa ke Tanah Pada Jalur ke GI. Bukuan Setelah Busbar Diproteksi

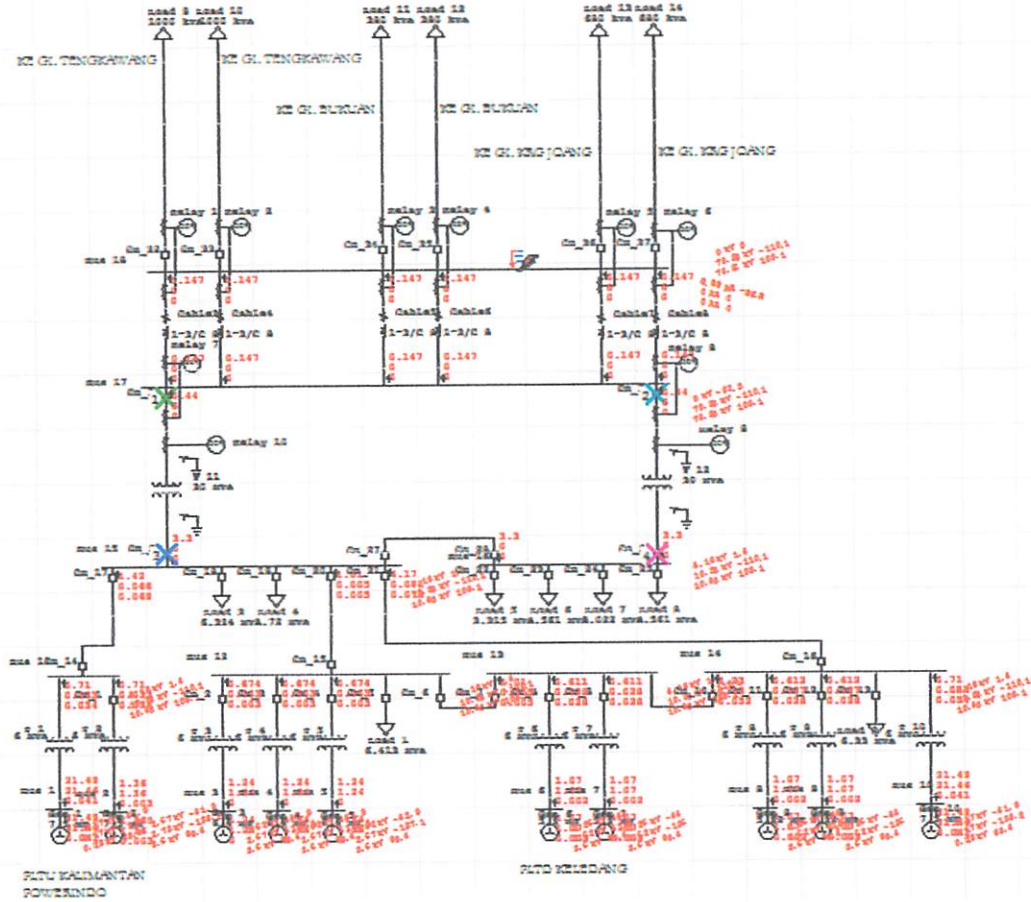
Dari gambar 4.27 dapat dijelaskan apabila gangguan satu fasa ke tanah yang terjadi pada jalur ke GI. Bukuan membuat relai 3 sebagai *main protection* bekerja dan mematikan CB 34, apabila *main protection* gagal bekerja, maka relai 7 dan relai 8 sebagai *back up protection* akan bekerja dan mematikan CB 30 dan CB 31 sehingga arus gangguan yang terjadi dapat dilokalisasi dan tidak menyebar ke peralatan listrik lainnya. Untuk besarnya arus gangguan dan waktu kerja relay saat terjadi gangguan, dapat dilihat pada tabel 4.4 dan tabel 4.5. Untuk grafik kerja relay dapat dilihat pada grafik 4.6.



Gambar 4.28

### Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Satu Fasa ke Tanah Pada Jalur ke GI. Karang Joang Setelah Busbar Diproteksi

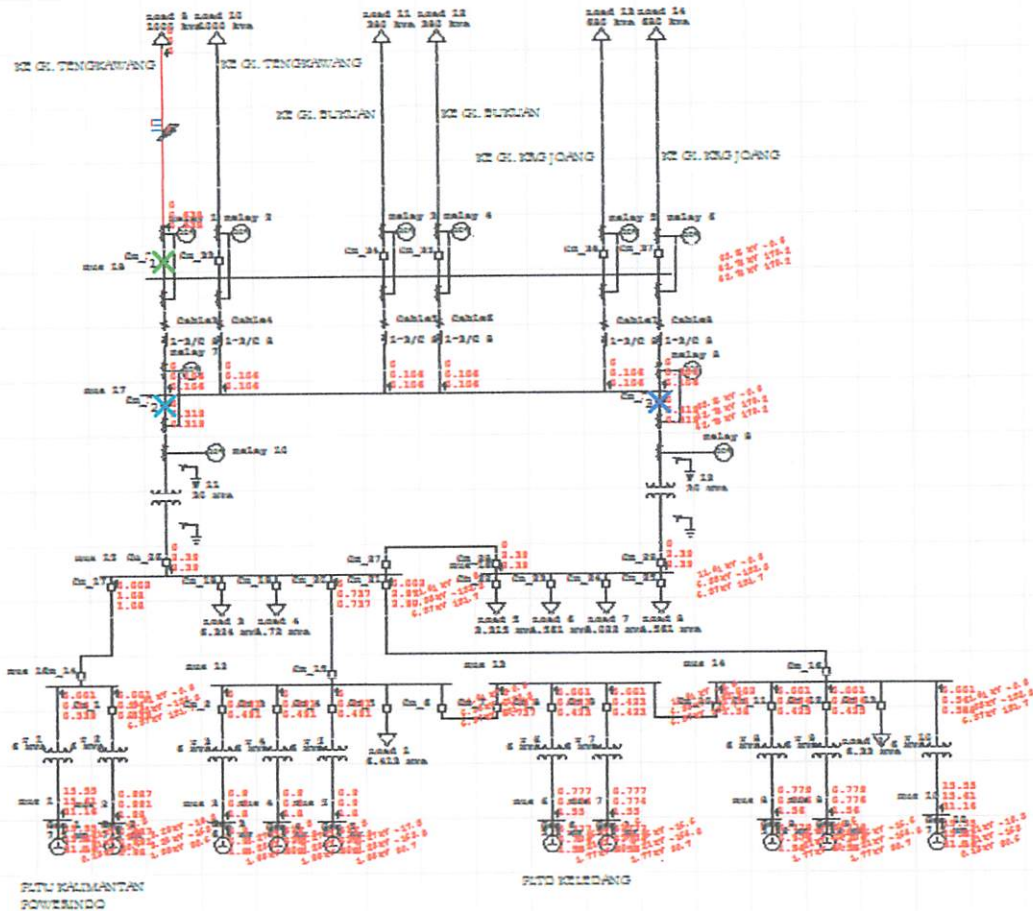
Dari gambar 4.28 dapat dijelaskan apabila gangguan satu fasa ke tanah yang terjadi pada jalur ke GI. Karang Joang membuat relay 5 sebagai *main protection* bekerja dan mematikan CB 36, apabila *main protection* gagal bekerja, maka relay 7 dan relay 8 sebagai *back up protection* akan bekerja dan mematikan CB 30 dan CB 31 sehingga arus gangguan yang terjadi dapat dilokalisir dan tidak menyebar ke peralatan listrik lainnya. Untuk besarnya arus gangguan dan waktu kerja relay saat terjadi gangguan, dapat dilihat pada tabel 4.4 dan tabel 4.5. Untuk grafik kerja relay dapat dilihat pada grafik 4.7.



Gambar 4.29

### Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Satu Fasa ke Tanah Pada Busbar Setelah Busbar Diproteksi

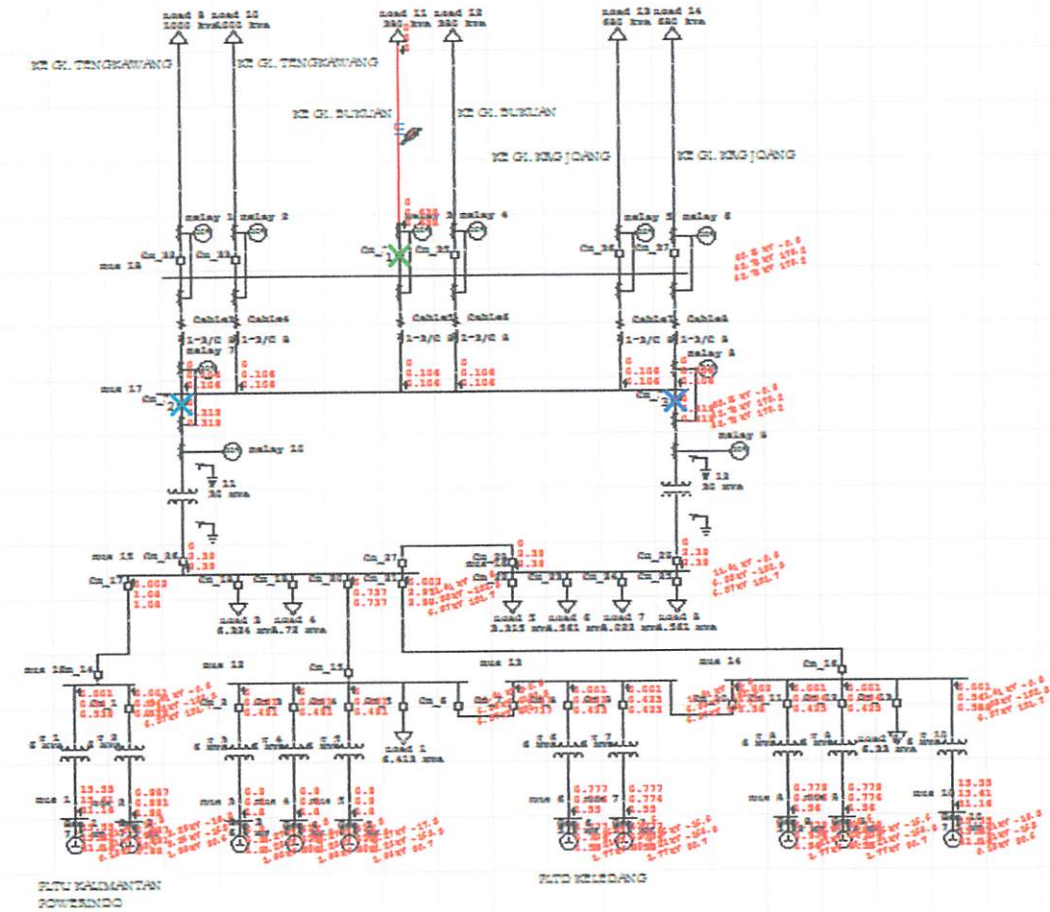
Dari gambar 4.29 dapat dijelaskan apabila gangguan satu fasa ke tanah yang terjadi pada busbar 18 membuat relay 7 dan relay 8 sebagai *main protection* bekerja dan mematikan CB 30 dan CB 31, apabila *main protection* gagal bekerja, maka relay 9 dan relay 10 sebagai *back up protection* akan bekerja dan mematikan CB 26 dan CB 29 sehingga arus gangguan yang terjadi dapat dilokalisasi dan tidak menyebar ke peralatan listrik lainnya. Untuk besarnya arus gangguan dan waktu kerja relay saat terjadi gangguan, dapat dilihat pada tabel 4.4 dan tabel 4.5. Untuk grafik kerja relay dapat dilihat pada grafik 4.8.



Gambar 4.30

Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Fasa ke Fasa Pada Jalur ke GI. Tengkawang Setelah Busbar Diproteksi

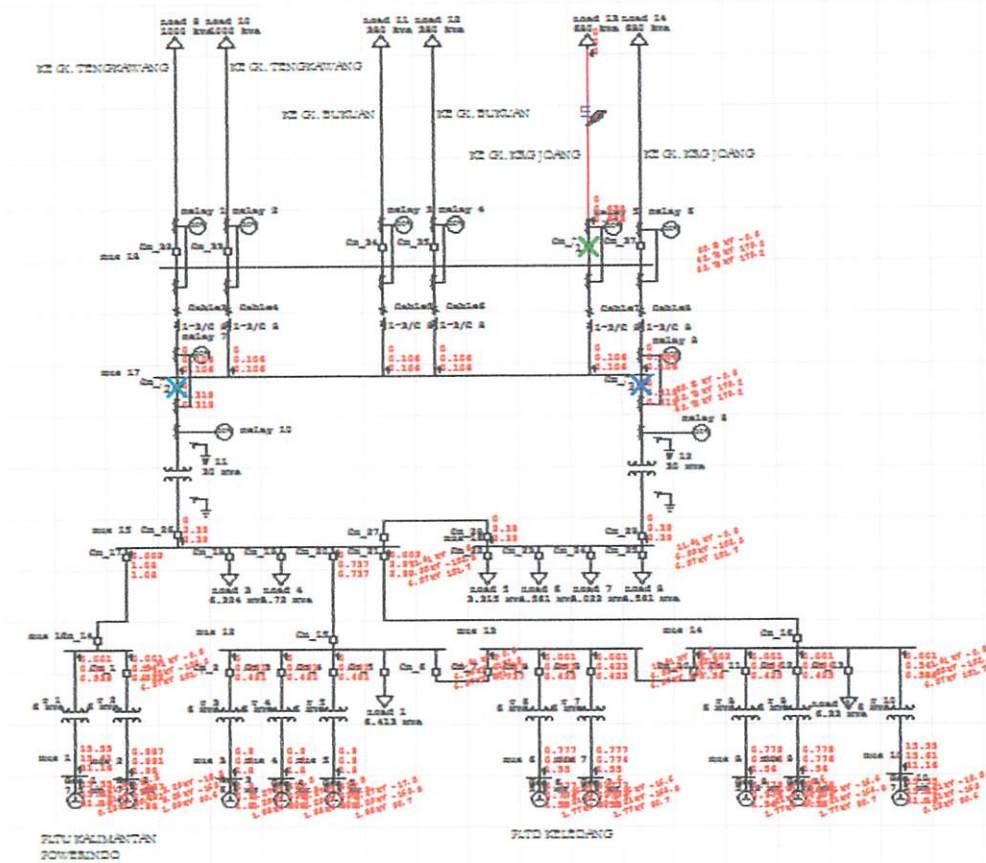
Dari gambar 4.30 dapat dijelaskan apabila gangguan fasa ke fasa yang terjadi pada jalur ke GI. Tengkawang membuat relay 1 sebagai *main protection* bekerja dan mematikan CB 32, apabila *main protection* gagal bekerja, maka relay 7 dan relay 8 sebagai *back up protection* akan bekerja dan mematikan CB 30 dan CB 31 sehingga arus gangguan yang terjadi dapat dilokalisasi dan tidak menyebar ke peralatan listrik lainnya. Untuk besarnya arus gangguan dan waktu kerja relay saat terjadi gangguan, dapat dilihat pada tabel 4.4 dan tabel 4.5. Untuk grafik kerja relay dapat dilihat pada grafik 4.9.



Gambar 4.31

Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Fasa ke Fasa Jalur ke GI. Bukuan Setelah Busbar Diproteksi

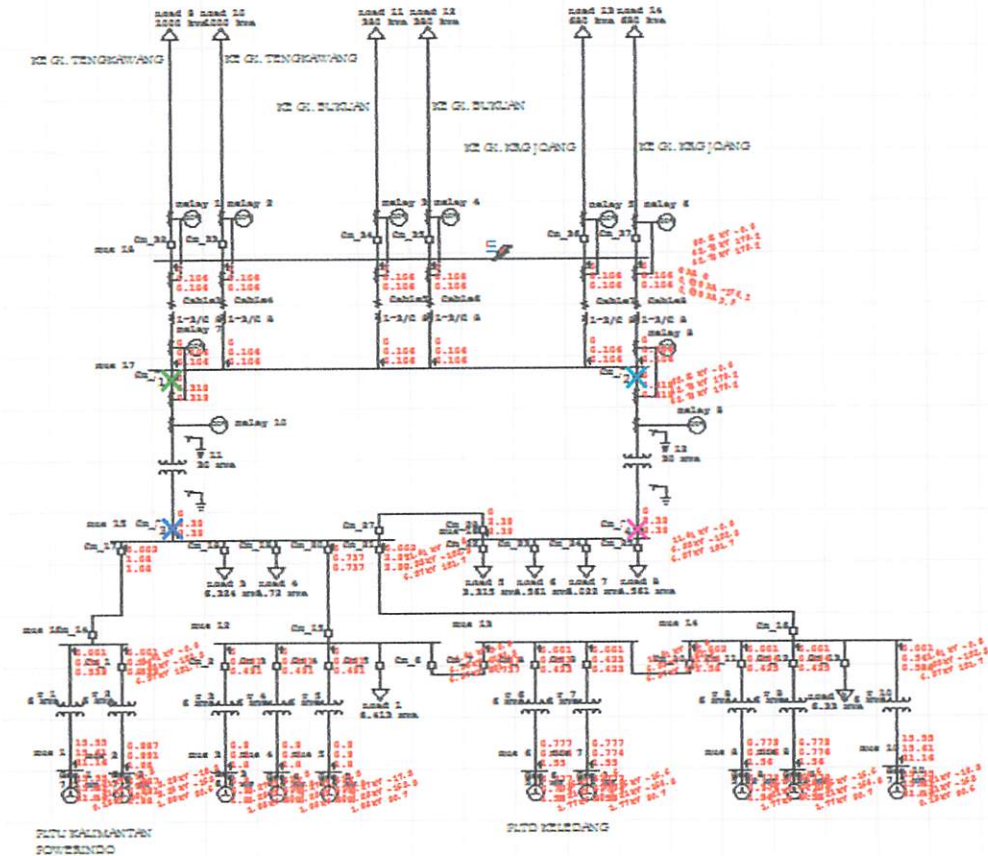
Dari gambar 4.31 dapat dijelaskan apabila gangguan fasa ke fasa yang terjadi pada jalur ke GI. Bukuan membuat relay 3 sebagai *main protection* bekerja dan mematikan CB 34, apabila *main protection* gagal bekerja, maka relay 7 dan relay 8 sebagai *back up protection* akan bekerja dan mematikan CB 30 dan CB 31 sehingga arus gangguan yang terjadi dapat dilokalisir dan tidak menyebar ke peralatan listrik lainnya. Untuk besarnya arus gangguan dan waktu kerja relay saat terjadi gangguan, dapat dilihat pada tabel 4.4 dan tabel 4.5. Untuk grafik kerja relay dapat dilihat pada grafik 4.10.



Gambar 4.32

Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Fasa ke Fasa Pada Jalur ke GI.  
Karang Joang Setelah Busbar Diproteksi

Dari gambar 4.32 dapat dijelaskan apabila gangguan fasa ke fasa yang terjadi pada jalur ke GI. Karang Joang membuat relay 5 sebagai *main protection* bekerja dan mematikan CB 36, apabila *main protection* gagal bekerja, maka relay 7 dan relay 8 sebagai *back up protection* akan bekerja dan mematikan CB 30 dan CB 31 sehingga arus gangguan yang terjadi dapat dilokalisasi dan tidak menyebar ke peralatan listrik lainnya. Untuk besarnya arus gangguan dan waktu kerja relay saat terjadi gangguan, dapat dilihat pada tabel 4.4 dan tabel 4.5. Untuk grafik kerja relay dapat dilihat pada grafik 4.11.



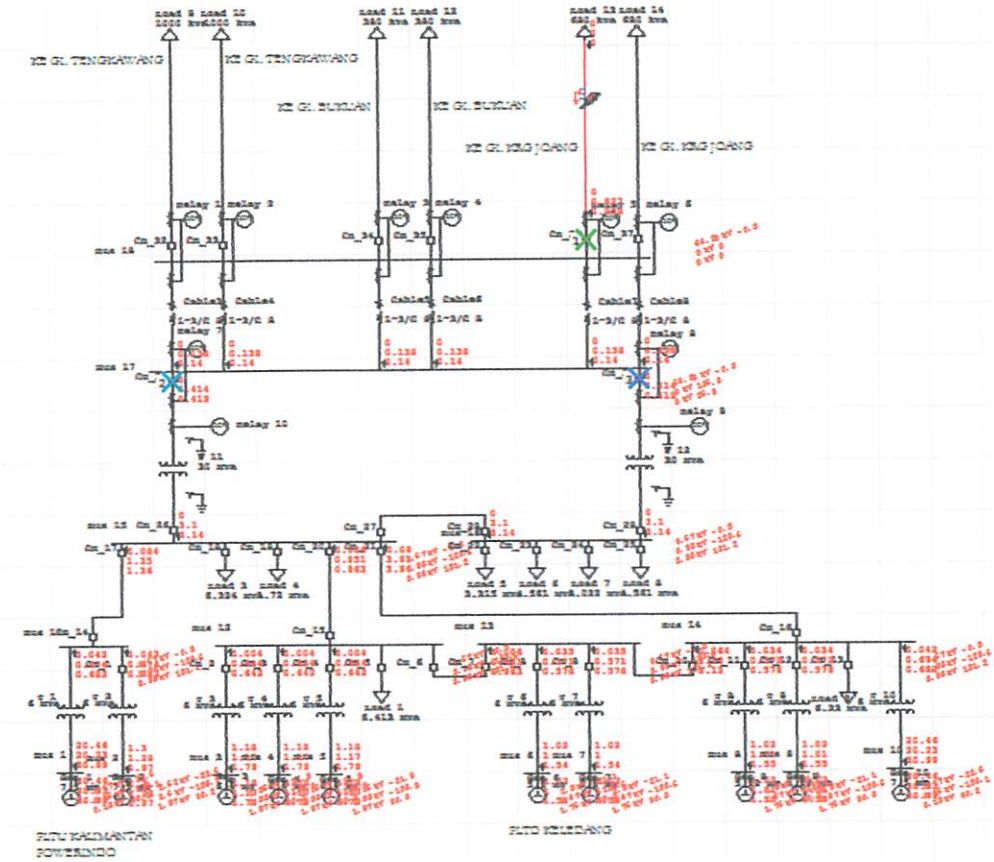
Gambar 4.33

Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Fasa ke Fasa Pada Busbar Setelah Busbar Diproteksi

Dari gambar 4.33 dapat dijelaskan apabila gangguan fasa ke fasa yang terjadi pada busbar 18 membuat relay 7 dan relay 8 sebagai *main protection* bekerja dan mematikan CB 30 dan CB 31, apabila *main protection* gagal bekerja, maka relay 9 dan relay 10 sebagai *back up protection* akan bekerja dan mematikan CB 26 dan CB 29 sehingga arus gangguan yang terjadi dapat dilokalisir dan tidak menyebar ke peralatan listrik lainnya. Untuk besarnya arus gangguan dan waktu kerja relay saat terjadi gangguan, dapat dilihat pada tabel 4.4 dan tabel 4.5. Untuk grafik kerja relay dapat dilihat pada grafik 4.12.



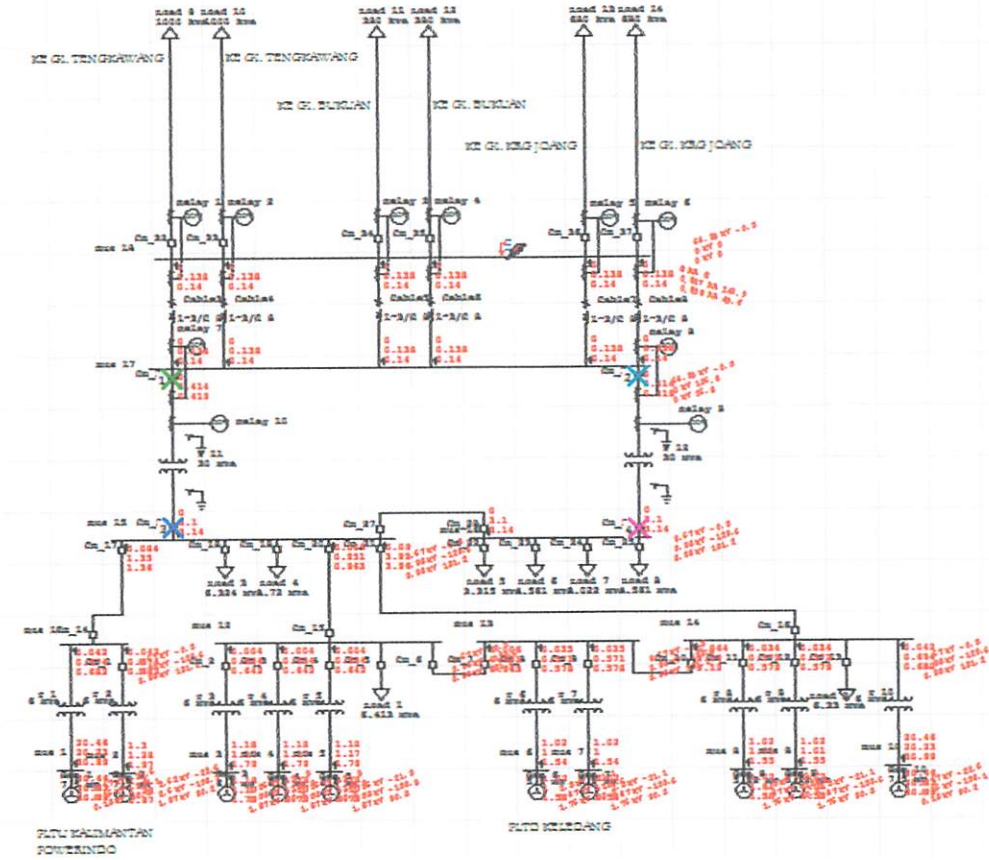




Gambar 4.36

Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Dua Fasa ke Tanah Pada Jalur ke GI. Karang Joang Setelah Busbar Diproteksi

Dari gambar 4.36 dapat dijelaskan apabila gangguan dua fasa ke tanah yang terjadi pada jalur ke GI. Karang Joang membuat relay 5 sebagai *main protection* bekerja dan mematikan CB 36, apabila *main protection* gagal bekerja, maka relay 7 dan relay 8 sebagai *back up protection* akan bekerja dan mematikan CB 30 dan CB 31 sehingga arus gangguan yang terjadi dapat dilokalisir dan tidak menyebar ke peralatan listrik lainnya. Untuk besarnya arus gangguan dan waktu kerja relay saat terjadi gangguan, dapat dilihat pada tabel 4.4 dan tabel 4.5. Untuk grafik kerja relay dapat dilihat pada grafik 4.15.



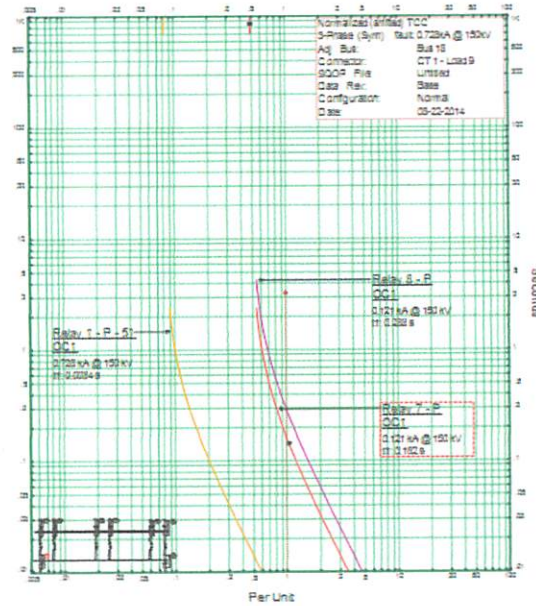
Gambar 4.37

Simulasi Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Dua Fasa ke Tanah Pada Busbar Setelah Busbar Diproteksi

Dari gambar 4.37 dapat dijelaskan apabila gangguan dua fasa ke tanah yang terjadi pada busbar 18 membuat relay 7 dan relay 8 sebagai *main protection* bekerja dan mematikan CB 30 dan CB 31, apabila *main protection* gagal bekerja, maka relay 9 dan relay 10 sebagai *back up protection* akan bekerja dan mematikan CB 26 dan CB 29 sehingga arus gangguan yang terjadi dapat dilokalisir dan tidak menyebar ke peralatan listrik lainnya. Untuk besarnya arus gangguan dan waktu kerja relay saat terjadi gangguan, dapat dilihat pada tabel 4.4 dan tabel 4.5. Untuk grafik kerja relay dapat dilihat pada grafik 4.16.

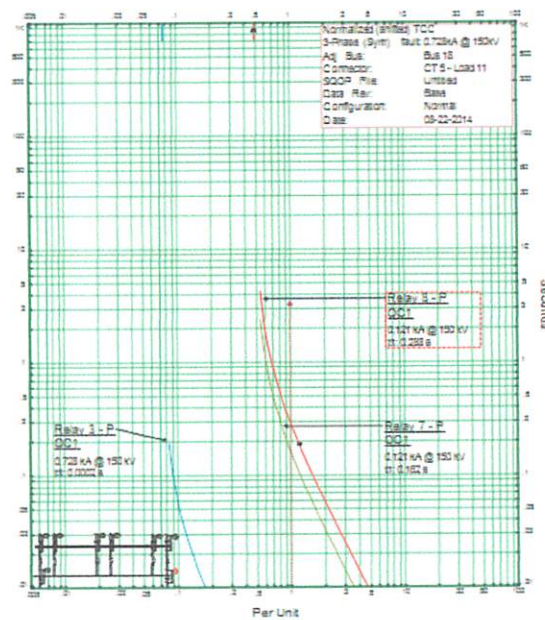
#### 4.9 Hasil Relay Yang Bekerja Saat Terjadi Gangguan

Setelah melakukan proses simulasi sistem proteksi terhadap beberapa jenis gangguan, maka didapatkan hasil kerja relay terhadap gangguan – gangguan tersebut.



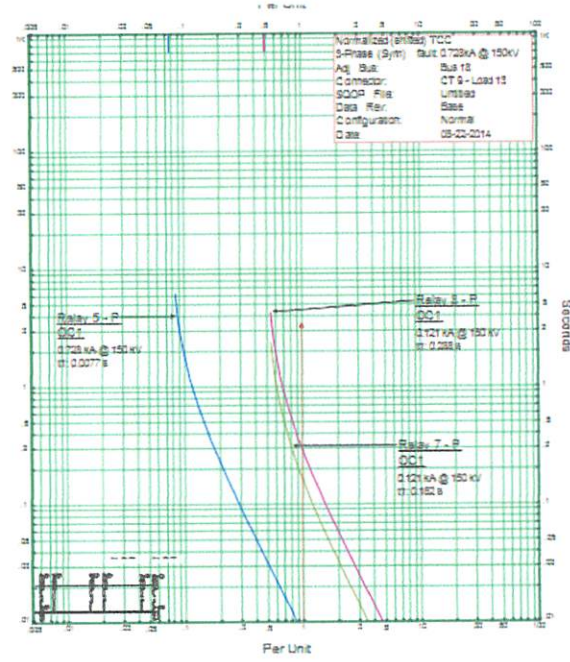
Grafik 4.1

OCR Dengan Gangguan Tiga Fasa Pada Jalur ke GI. Tengawang



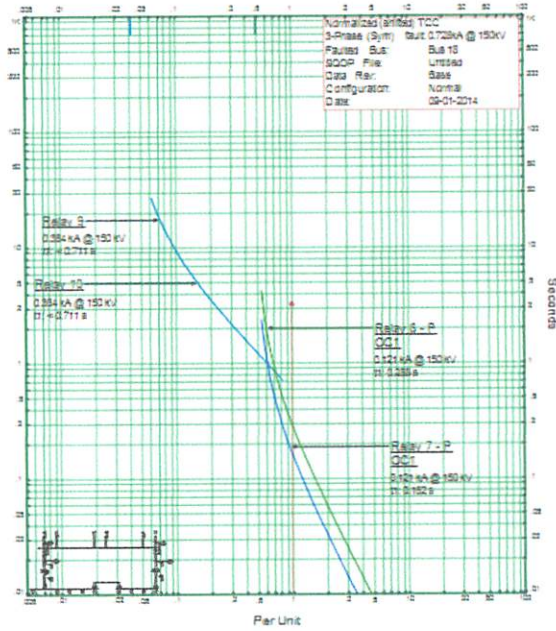
Grafik 4.2

OCR Dengan Gangguan Tiga Fasa Pada Jalur ke GI. Bukuan



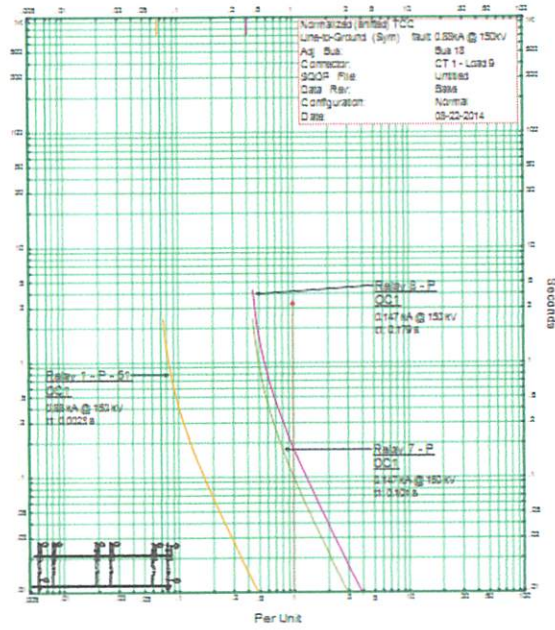
Grafik 4.3

OCR Dengan Gangguan Tiga Fasa Pada Jalur ke GI. Karang Joang



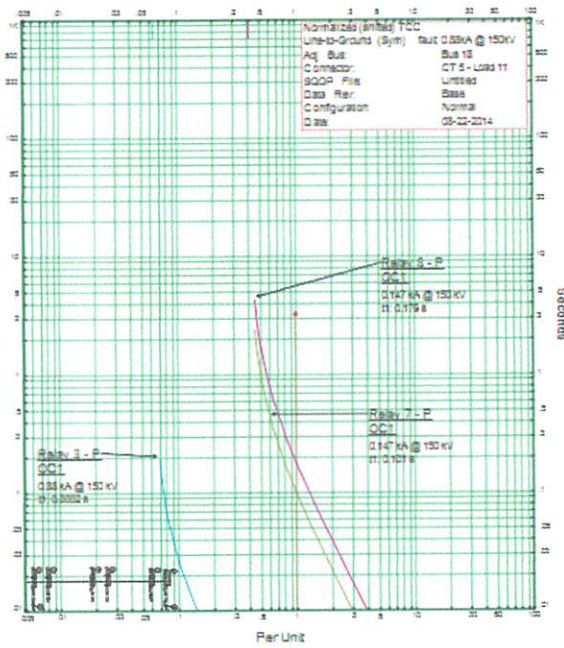
Grafik 4.4

OCR Dengan Gangguan Tiga Fasa Pada Busbar



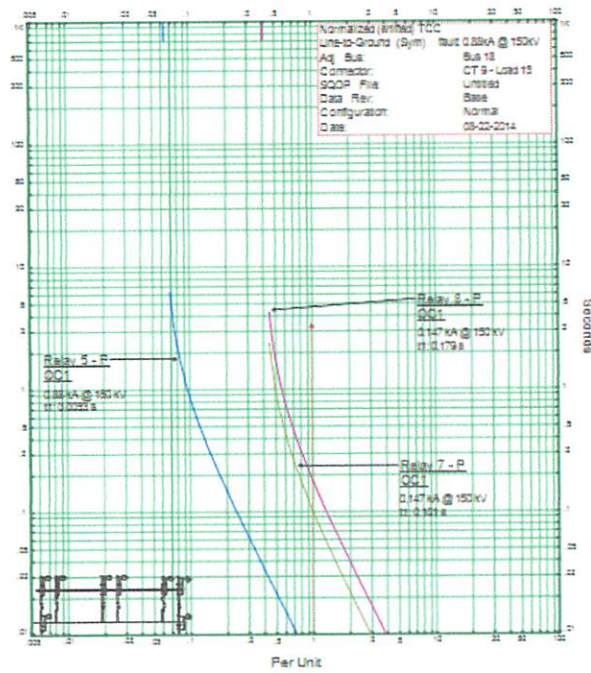
**Grafik 4.5**

OCR Dengan Gangguan Satu Fasa ke Tanah Pada Jalur ke GI. Tengawang



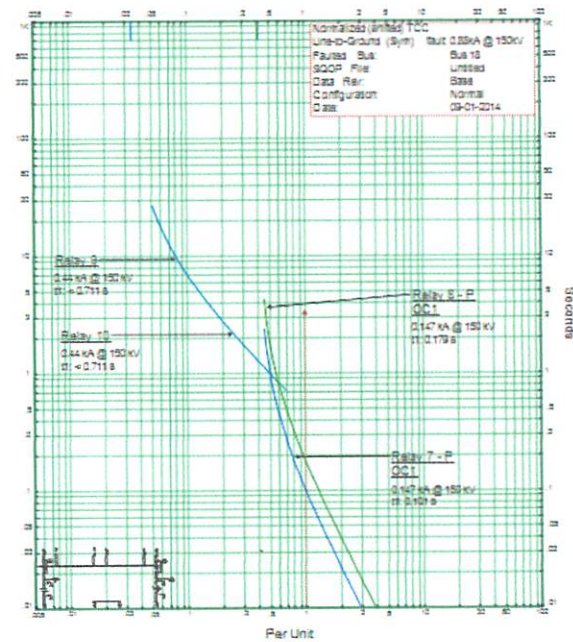
**Grafik 4.6**

OCR Dengan Gangguan Satu Fasa ke Tanah Pada Jalur ke GI. Bukuan



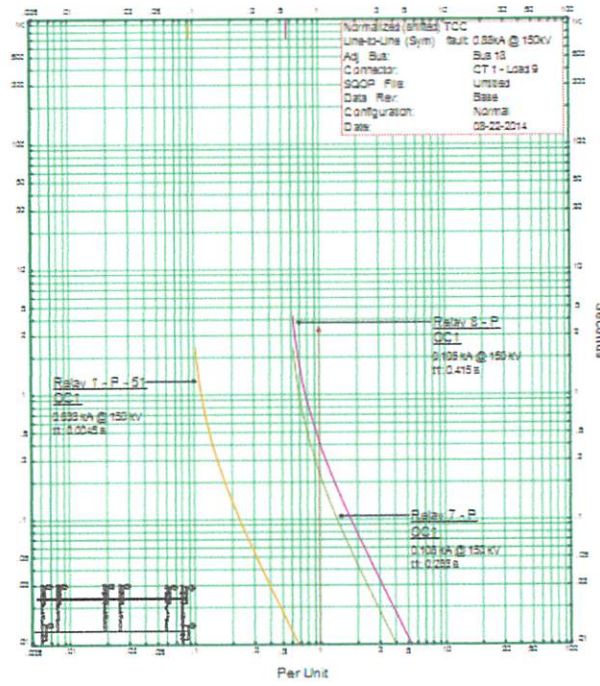
Grafik 4.7

OCR Dengan Gangguan Satu Fasa ke Tanah Pada Jalur ke GI. Karang Joang



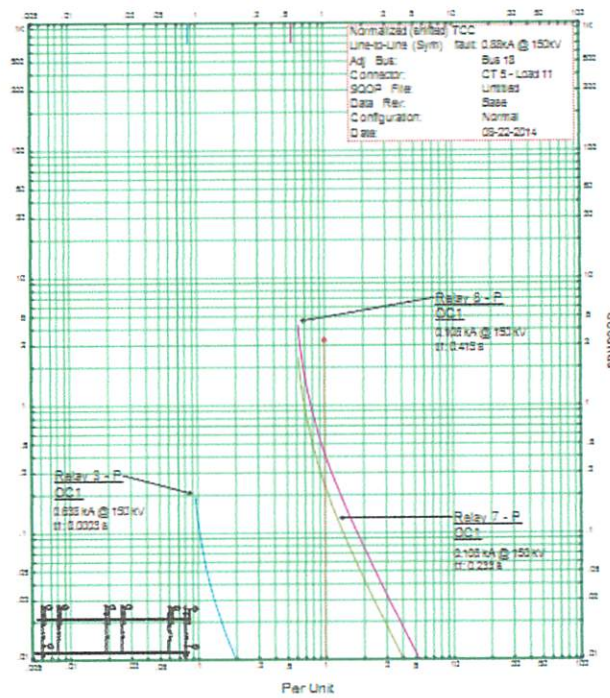
Grafik 4.8

OCR Dengan Gangguan Satu Fasa ke Tanah Pada Busbar



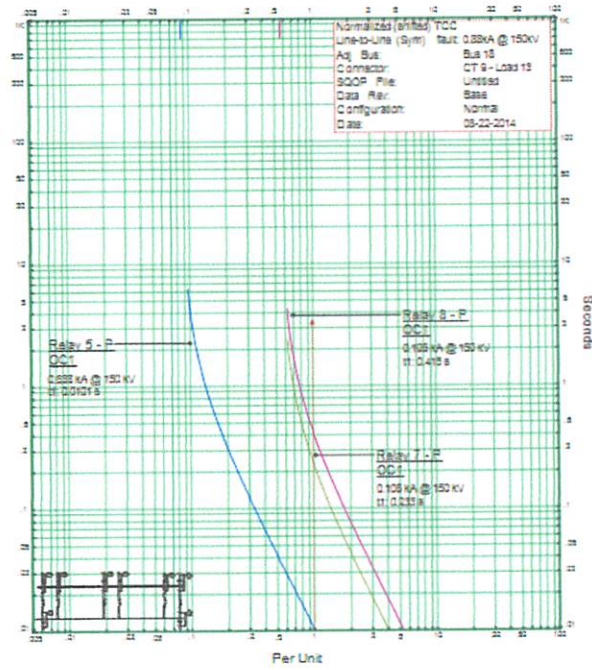
Grafik 4.9

OCR Dengan Gangguan Fasa ke Fasa Pada Jalur ke GI. Tengkwang



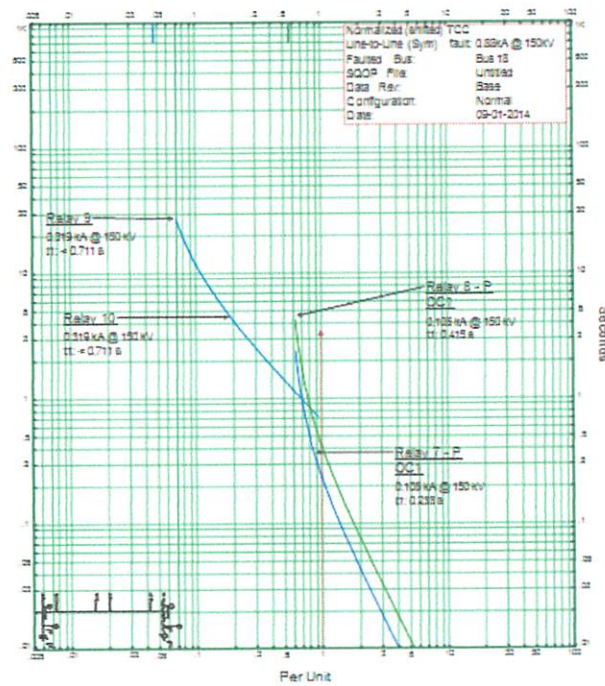
Grafik 4.10

OCR Dengan Gangguan Fasa ke Fasa Pada Jalur ke GI. Bukaan



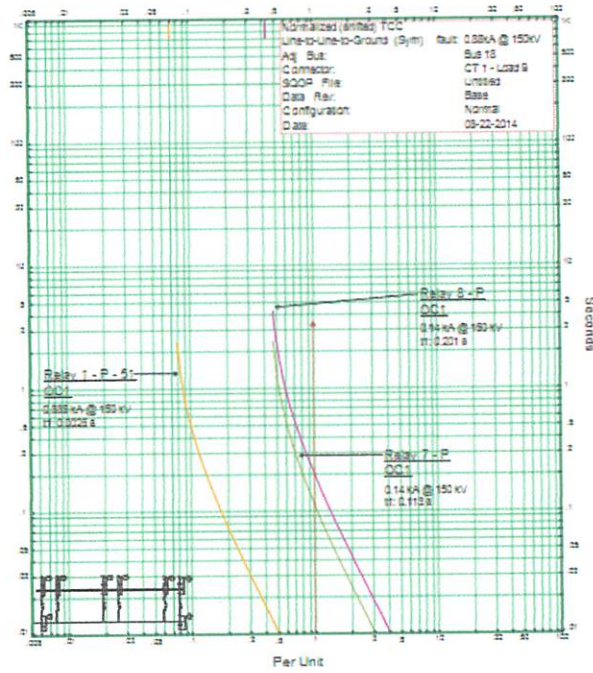
Grafik 4.11

OCR Dengan Gangguan Fasa ke Fasa Pada Jalur ke GI. Karang Joang



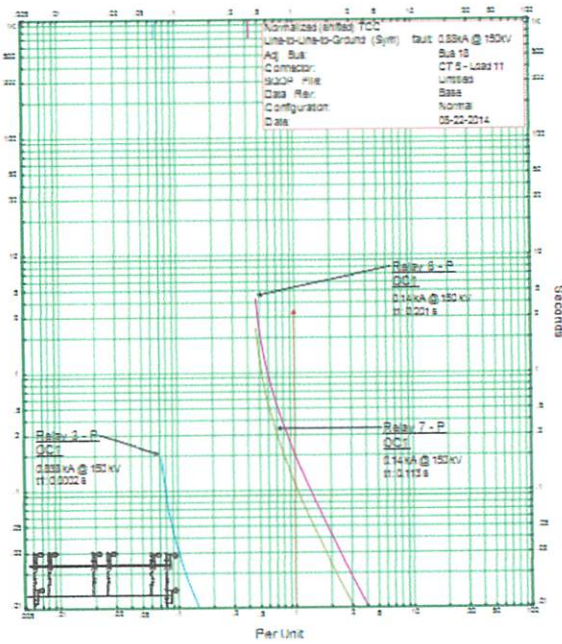
Grafik 4.12

OCR Dengan Gangguan Fasa ke Fasa Pada Busbar



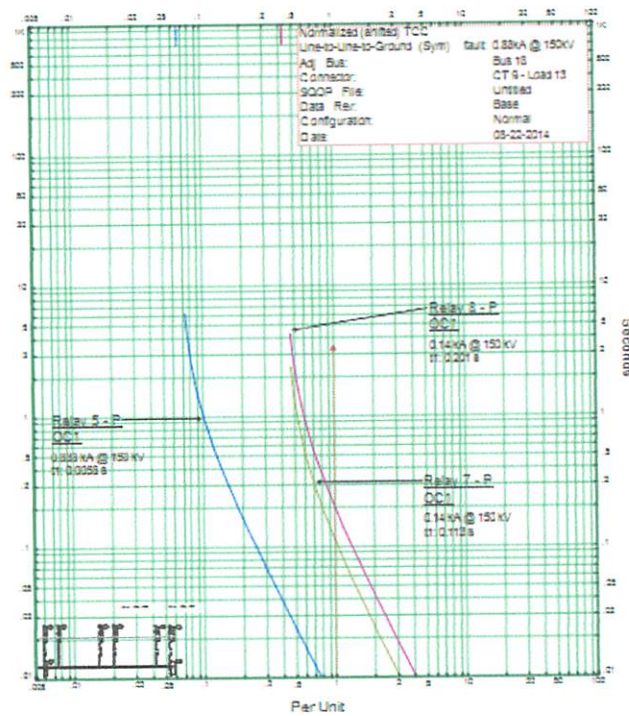
Graphik 4.13

OCR Dengan Gangguan Dua Fasa ke Tanah Pada Jalur ke GI. Tengkwang



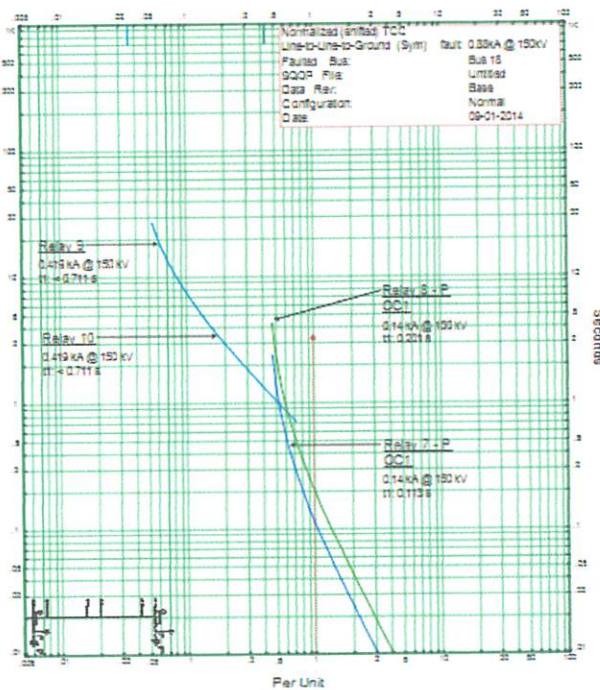
Graphik 4.14

OCR Dengan Gangguan Dua Fasa ke Tanah Pada Jalur ke GI. Bukuan



Grafik 4.15

OCR Dengan Gangguan Dua Fasa ke Tanah Pada Jalur ke GI. Karang Joang



Grafik 4.16

OCR Dengan Gangguan Dua Fasa ke Tanah Pada Busbar

Tabel 4.4  
Kondisi Relay Bekerja Saat Terjadi Gangguan (*Main Protection*)

No	Sumber Gangguan	Gangguan	Relay Yang Bekerja Saat Gangguan	Kondisi Trip	Arus Gangguan (kA)	Waktu Kerja Relay (s)
1	Jalur ke GI. Tengawang	3 Fasa	Relay 1	CB_32	0.728	0.0034
2	Jalur ke GI. Bukuan	3 Fasa	Relay 3	CB_34	0.728	0.0002
3	Jalur ke GI. Karang Joang	3 Fasa	Relay 5	CB_36	0.728	0.0077
4	Bus 18	3 Fasa	Relay 7 & 8	CB_30 CB_31	0.121	0.162
5	Jalur ke GI. Tengawang	LG	Relay 1	CB_32	0.88	0.0023
6	Jalur ke GI. Bukuan	LG	Relay 3	CB_34	0.88	0.0002
7	Jalur ke GI. Karang Joang	LG	Relay 5	CB_36	0.88	0.0053
8	Bus 18	LG	Relay 7 & 8	CB_30 CB_31	0.147	0.101
9	Jalur ke GI. Tengawang	LL	Relay 1	CB_32	0.638	0.0045
10	Jalur ke GI. Bukuan	LL	Relay 3	CB_34	0.638	0.0003
11	Jalur ke GI. Karang Joang	LL	Relay 5	CB_36	0.638	0.101
12	Bus 18	LL	Relay 7 & 8	CB_30 CB_31	0.106	0.233
13	Jalur ke GI. Tengawang	LLG	Relay 1	CB_32	0.838	0.0026
14	Jalur ke GI. Bukuan	LLG	Relay 3	CB_34	0.838	0.0002
15	Jalur ke GI. Karang Joang	LLG	Relay 5	CB_36	0.838	0.0058
16	Bus 18	LLG	Relay 7 & 8	CB_30 CB_31	0.14	0.113

Tabel 4.5  
Kondisi Relay Bekerja Saat Terjadi Gangguan (*Back Up Protection*)

No	Sumber Gangguan	Gangguan	Relay Yang Bekerja Saat Gangguan	Kondisi Trip	Arus Gangguan (kA)	Waktu Kerja Relay (s)
1	Jalur ke GI. Tengkawang	3 Fasa	Relay 7 & 8	CB_30 CB_31	0.121	0.162
2	Jalur ke GI. Bukuan	3 Fasa	Relay 7 & 8	CB_30 CB_31	0.121	0.162
3	Jalur ke GI. Karang Joang	3 Fasa	Relay 7 & 8	CB_30 CB_31	0.121	0.162
4	Bus 18	3 Fasa	Relay 9 & 10	CB_26 CB_29	0.364	0.711
5	Jalur ke GI. Tengkawang	LG	Relay 7 & 8	CB_30 CB_31	0.147	0.101
6	Jalur ke GI. Bukuan	LG	Relay 7 & 8	CB_30 CB_31	0.147	0.101
7	Jalur ke GI. Karang Joang	LG	Relay 7 & 8	CB_30 CB_31	0.147	0.101
8	Bus 18	LG	Relay 9 & 10	CB_26 CB_29	0.44	0.711
9	Jalur ke GI. Tengkawang	LL	Relay 7 & 8	CB_30 CB_31	0.106	0.233
10	Jalur ke GI. Bukuan	LL	Relay 7 & 8	CB_30 CB_31	0.106	0.233
11	Jalur ke GI. Karang Joang	LL	Relay 7 & 8	CB_30 CB_31	0.106	0.233
12	Bus 18	LL	Relay 9 & 10	CB_26 CB_29	0.319	0.711
13	Jalur ke GI. Tengkawang	LLG	Relay 7 & 8	CB_30 CB_31	0.14	0.113
14	Jalur ke GI. Bukuan	LLG	Relay 7 & 8	CB_30 CB_31	0.14	0.113
15	Jalur ke GI. Karang Joang	LLG	Relay 7 & 8	CB_30 CB_31	0.14	0.113
16	Bus 18	LLG	Relay 9 & 10	CB_26 CB_29	0.419	0.711



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Setelah melakukan simulasi dan analisa penempatan OCR pada busbar di GI. Harapan Baru, Samarinda, Kalimantan Timur, ada beberapa hal yang dapat ditarik kesimpulan, yaitu :

1. Setelah menganalisa sistem yang ada di GI. Harapan Baru sebelum dan sesudah proteksi sistem pada busbar dipasang, dapat disimpulkan bahwa sebelum dipasang OCR pada busbar, apabila busbar atau jalur interkoneksi menuju gardu induk lainnya mengalami gangguan, maka arus gangguan tersebut menyebar ke peralatan listrik lainnya, sehingga trafo daya terkena dampak dari gangguan yang terjadi pada busbar atau jalur ke gardu induk lainnya. Sedangkan setelah dipasang OCR pada busbar, apabila busbar atau jalur interkoneksi menuju gardu induk lainnya mengalami gangguan, maka arus gangguan tersebut tidak menyebar ke peralatan listrik lainnya, sehingga trafo daya menjadi aman, karena arus gangguan yang terjadi telah dilokalisir oleh sistem proteksi yang terpasang pada busbar. Adapun perhitungan untuk mengatur waktu kerja OCR dibedakan dari rasio masing – masing CT, yaitu  $CT\ 1200 : 5 = 0.5\ s$ ,  $CT\ 800 : 1 = 0.04\ s$ , dan  $CT\ 800 : 5 = 1.3\ s$ .
2. Setelah mengkoordinasikan OCR sebagai proteksi pada busbar di GI. Harapan Baru dengan menggunakan *software* ETAP *Power Station*, bahwa dengan dipasang dan dikoordinasikannya OCR yang terpasang pada busbar dapat meningkatkan performa sistem proteksi yang ada pada sistem, yang mana sistem proteksi dapat lebih selektif dan bekerja sesuai fungsinya masing - masing pada saat terjadi gangguan.

#### **5.2 Saran**

Sistem proteksi tenaga listrik di Indonesia khususnya di daerah Samarinda, Kalimantan Timur masih sangat perlu untuk ditingkatkan kualitasnya, salah satunya proteksi pada busbar yang di jabarkan dalam penelitian ini. Penggunaan *Overcurrent Relay (OCR)* sebagai proteksi pada busbar sangat penting untuk diterapkan dan dikembangkan, agar sistem kelistrikan dapat bekerja dengan

optimal. Diterapkannya proteksi pada busbar juga dapat meningkatkan kehandalan sistem proteksi, yang mana sistem proteksi dapat lebih selektif apabila terjadi gangguan, serta dapat bekerja sesuai fungsinya masing – masing.

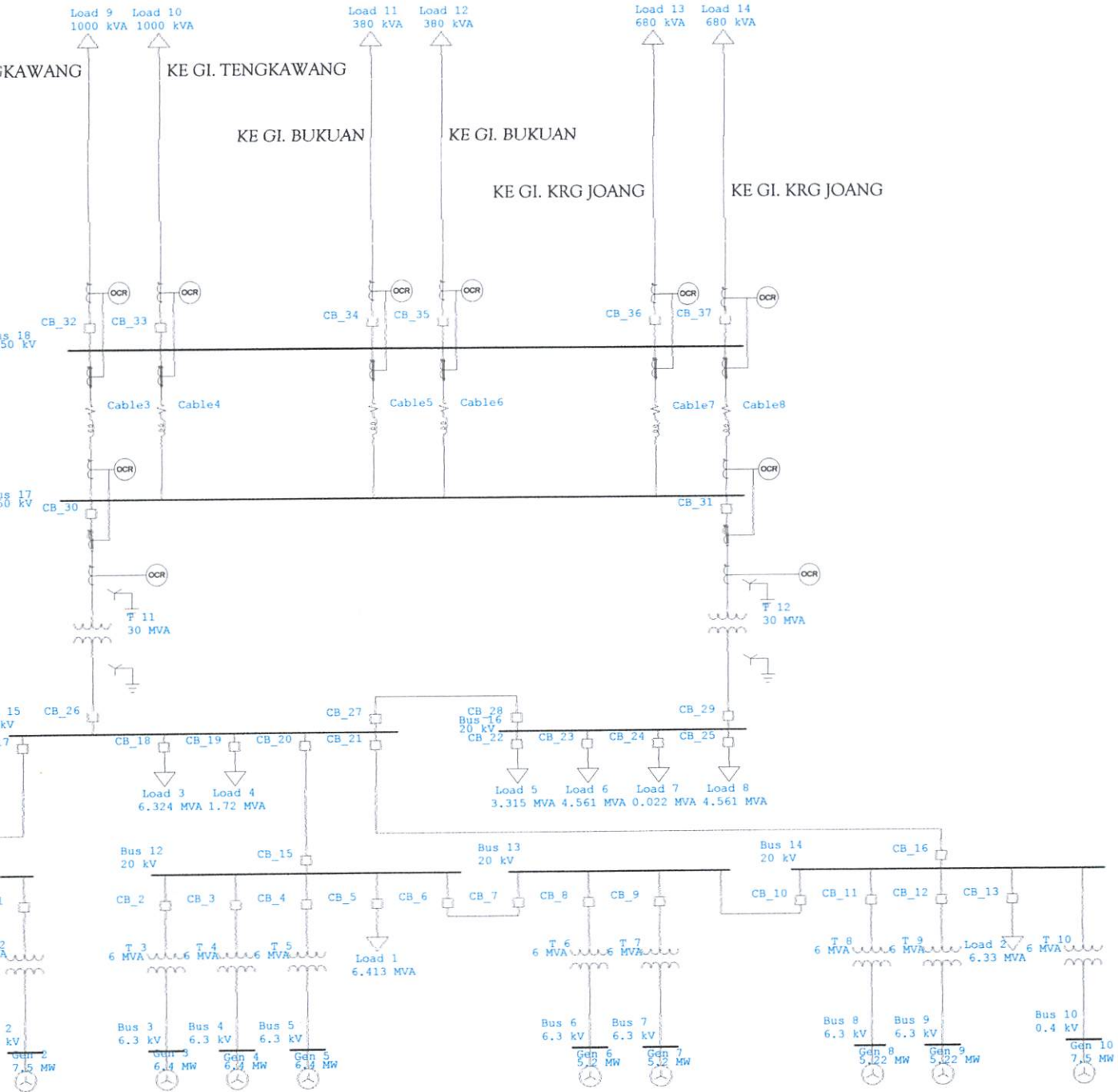
## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cahyanto, R. D. 2008. Studi Kualita Tegangann Dan Rugi – Rugi Daya Pada Penyulang Pupur Dan Bedak Menggunakan Bank Kapasitor, Trafo Pengubah Tap, Dan Penggantian Kabel Penyulang. Universitas Indonesia : Depok
- [2] Stevenson, William D. Jr. 1994. Analisa Sistem Tenaga Listrik Edisi Ke Empat. Erlangga : Jakarta
- [3] Geidl, Martin. 2005. Protection of Power Systems with Distribution Generation : State of the Art. Power Systems Laboratory Swiss Federal Institute of Technology (ETH) Zurich
- [4] Febriadi, Nanda. 2008. Analisis Koordinasi Relay Arus Lebih Dan Relay Gangguan Tanah Sebagai Pengaman Motor Induksi, Kabel, Dan Trafo Pada Plant XI Di PT. Indocement. Universitas Indonesia : Depok
- [5] Short, Tom. 2004. Electrical Power Distribution Handbook. Florida
- [6] Mason, C. Russel. 1985. The Art of Science of Protective Relaying 6<sup>th</sup> Edition. Wiley Easten Limited : New Delhi
- [7] Marsudi, Djiteng. 2005. Pembangkit Energi Listrik. Erlangga : Jakarta
- [8] Suswanto, Daman. 2009. Sistem Distribusi Tenaga Listrik. Universitas Negeri Padang
- [9] Hutauruk, T. S. 1987. Pentanahan Netral Sistem Tenaga dan Pengetahuan Peralatan. Erlangga : Jakarta
- [10] Mardensyah, Adrial. 2008. Studi Perencanaan Koordinasi Relay Proteksi Pada Saluran Udara Tegangan Tinggi Gardu Induk Gambir Lama – Pulomas. Universitas Indonesia : Depok
- [11] Rao, Sunil S. 1978. Switchgear and Protection 3<sup>rd</sup> Edition. Khanna Publisher : New Delhi
- [12] Glover, J. D, Sarma, M. S and Overbye, T. J. 2010. Power System Analysis and Design 5<sup>th</sup> Edition. Cengage Learning : United States of America
- [13] Anderson, P. M. 1998. Power System Protection. John Wiley & Sans, Inc : Canada

- [14] Phadke, Arun G, dan Thorp, James S. 2009. Computer Relaying for Power System. John Wiley & Sans, Ltd : England
- [15] Kurniawati, Amanah. Evaluasi Koordinasi Relay Proteksi Pada Feeder Distribusi Terhadap Kemungkinan Gangguan Sympathetic Tripping Pada Gangguan Satu Saluran Ke Tanah. Universitas Diponegoro : Semarang
- [16] Gers, J. M dan Holmes, E. J. 2004. Protection of Electricity Distribution Networks 2<sup>nd</sup> Edition. The Institution of Engineering and Technology : London, United Kingdom
- [17] Darmanto, N. A dan Nugroho, S. H. 2006. Analisa Koordinasi OCR – Recloser Penyulang Kaliwungu 03. Universitas Diponegoro : Semarang
- [18] Zuhail. 1988. Dasar Teknik Tenaga Listrik Dan Elektronika Daya. Gramedia : Jakarta
- [19] Williams, Noel and Sargent, Jeffrey. S. 2012. Electrical Inspection Manual. Jones and Bartlett Learning LCC : United States of America
- [20] URL:<http://uai-oli.blogspot.com/2012/11/proteksi-busbar.html>

# **LAMPIRAN**

# GI. HARAPAN BARU, SAMARINDA, KALTIM



PLTD KELEDANG

MANTAN  
OO

Electrical Transient Analyzer Program

Short-Circuit Analysis

ANSI Standard  
3-Phase, LG, LL, & LLG Fault Currents  
1/2 Cycle Network

	<u>Swing</u>	<u>V-Control</u>	<u>Load</u>	<u>Total</u>			
Number of Buses:	4	6	8	18			
	<u>XFMR2</u>	<u>XFMR3</u>	<u>Reactor</u>	<u>Line/Cable</u>	<u>Impedance</u>	<u>Tie PD</u>	<u>Total</u>
Number of Branches:	12	0	0	0	0	12	24
	<u>Synchronous Generator</u>	<u>Power Grid</u>	<u>Synchronous Motor</u>	<u>Induction Machines</u>	<u>Lumped Load</u>	<u>Total</u>	
Number of Machines:	10	0	0	0	0	10	

System Frequency: 50 Hz  
Unit System: English  
Project Filename: kiki  
Output Filename: C:\ETAP 700\kiki\Untitled.SQ!

Project:  
Location:  
Contract:  
Engineer:  
Name: kiki

**ETAP**  
7.0.0

Study Case: SM

Page: 2  
Date: 08-13-2014  
SN: 12345678  
Revision: Base  
Config.: Normal

**Adjustments**

<u>Tolerance</u>	<u>Apply Adjustments</u>	<u>Individual /Global</u>	<u>Percent</u>
Transformer Impedance:	Yes	Individual	
Reactor Impedance:	Yes	Individual	
Overload Heater Resistance:	No		
Transmission Line Length:	No		
Cable Length:	No		

<u>Temperature Correction</u>	<u>Apply Adjustments</u>	<u>Individual /Global</u>	<u>Degree C</u>
Transmission Line Resistance:	Yes	Individual	
Cable Resistance:	Yes	Individual	

ject:  
ation:  
ntract:  
ineer:  
name:

**ETAP**  
7.0.0

Study Case: SM

Page: 3  
Date: 08-13-2014  
SN: 12345678  
Revision: Base  
Config.: Normal

**Bus Input Data**

ID	Bus				Initial Voltage	
	Type	Nom. kV	Base kV	Sub-sys	%Mag.	Ang.
Bus 1	Gen.	0.400	0.400	1	100.00	0.00
Bus 2	SWNG	6.300	6.300	1	100.00	0.00
Bus 3	Gen.	6.300	6.300	1	100.00	0.00
Bus 4	SWNG	6.300	6.300	1	100.00	0.00
Bus 5	Gen.	6.300	6.300	1	100.00	0.00
Bus 6	Gen.	6.300	6.300	1	100.00	0.00
Bus 7	SWNG	6.300	6.300	1	100.00	0.00
Bus 8	Gen.	6.300	6.300	1	100.00	0.00
Bus 9	Gen.	6.300	6.300	1	100.00	0.00
Bus 10	SWNG	0.400	0.400	1	100.00	0.00
Bus 11	Load	20.000	20.000	1	100.00	30.00
Bus 12	Load	20.000	20.000	1	100.00	30.00
Bus 13	Load	20.000	20.000	1	100.00	30.00
Bus 14	Load	20.000	20.000	1	100.00	30.00
Bus 15	Load	20.000	20.000	1	100.00	30.00
Bus 16	Load	20.000	20.000	1	100.00	30.00
Bus 17	Load	150.000	150.000	1	100.00	30.00
Bus 18	Load	150.000	150.000	1	100.00	30.00

18 Buses Total

All voltages reported by ETAP are in % of bus Nominal kV.  
Base kV values of buses are calculated and used internally by ETAP.

Project:  
Location:  
Tract:  
Engineer:  
Filename:

**ETAP**  
7.0.0

Page: 4  
Date: 08-13-2014  
SN: 12345678  
Revision: Base  
Config.: Normal

Study Case: SM

name: kiki

2-Winding Transformer Input Data

Transformer		Rating		Z Variation			% Tap Setting		Adjusted		Phase Shift	
ID	MVA	Prim. kV	Sec. kV	% Z	+ 5%	- 5%	% Tol.	Prim.	Sec.	% Z	Type	Angle
	6.000	0.400	20.000	6.75	0	0	0	0	0	6.7500	Std Pos. Seq.	30.000
	6.000	6.300	20.000	6.75	0	0	0	0	0	6.7500	Std Pos. Seq.	30.000
	6.000	6.300	20.000	6.50	0	0	0	0	0	6.5000	Std Pos. Seq.	30.000
	6.000	6.300	20.000	6.50	0	0	0	0	0	6.5000	Std Pos. Seq.	30.000
	6.000	6.300	20.000	6.50	0	0	0	0	0	6.5000	Std Pos. Seq.	30.000
	6.000	6.300	20.000	6.50	0	0	0	0	0	6.5000	Std Pos. Seq.	30.000
	6.000	6.300	20.000	6.50	0	0	0	0	0	6.5000	Std Pos. Seq.	30.000
	6.000	6.300	20.000	6.50	0	0	0	0	0	6.5000	Std Pos. Seq.	30.000
	6.000	6.300	20.000	6.75	0	0	0	0	0	6.7500	Std Pos. Seq.	30.000
	30.000	20.000	150.000	9.50	0	0	0	0	0	9.5000	Std Pos. Seq.	0.000
	30.000	20.000	150.000	9.50	0	0	0	0	0	9.5000	Std Pos. Seq.	0.000

2-Winding Transformer Grounding Input Data

Grounding

Transformer		Rating		Conn.		Primary			Secondary			
ID	MVA	Prim. kV	Sec. kV	Type	Type	kV	Amp	Ohm	Type	kV	Amp	Ohm
	6.000	0.400	20.000	DY					Solid			
	6.000	6.300	20.000	D/Y					Solid			
	6.000	6.300	20.000	D/Y					Solid			
	6.000	6.300	20.000	D/Y					Solid			
	6.000	6.300	20.000	D/Y					Solid			
	6.000	6.300	20.000	D/Y					Solid			
	6.000	6.300	20.000	D/Y					Solid			
	6.000	6.300	20.000	D/Y					Solid			
	6.000	6.300	20.000	D/Y					Solid			
	6.000	0.400	20.000	D/Y					Solid			
	30.000	20.000	150.000	Y/Y	Solid				Solid			
	30.000	20.000	150.000	Y/Y	Solid				Solid			

ect:  
ation:  
tract:  
ineer:  
name: kiki

**ETAP**  
7.0.0

Study Case: SM

Page: 5  
Date: 08-13-2014  
SN: 12345678  
Revision: Base  
Config.: Normal

**Branch Connections**

CKT/Branch		Connected Bus ID		% Impedance, Pos. Seq., 100 MVAb			
ID	Type	From Bus	To Bus	R	X	Z	Y
T 1	2W XFMR	Bus 1	Bus 11	8.73	112.16	112.50	
T 2	2W XFMR	Bus 2	Bus 11	8.73	112.16	112.50	
T 3	2W XFMR	Bus 3	Bus 12	8.41	108.01	108.33	
T 4	2W XFMR	Bus 4	Bus 12	8.41	108.01	108.33	
T 5	2W XFMR	Bus 5	Bus 12	8.41	108.01	108.33	
T 6	2W XFMR	Bus 6	Bus 13	8.41	108.01	108.33	
T 7	2W XFMR	Bus 7	Bus 13	8.41	108.01	108.33	
T 8	2W XFMR	Bus 8	Bus 14	8.41	108.01	108.33	
T 9	2W XFMR	Bus 9	Bus 14	8.41	108.01	108.33	
T 10	2W XFMR	Bus 10	Bus 14	8.73	112.16	112.50	
T 11	2W XFMR	Bus 15	Bus 17	1.33	31.64	31.67	
T 12	2W XFMR	Bus 16	Bus 17	1.33	31.64	31.67	
CB 6	Tie Breakr	Bus 12	Bus 13				
CB 10	Tie Breakr	Bus 13	Bus 14				
CB 23	Tie Breakr	Bus 15	Bus 16				
CB 30	Tie Breakr	Bus 18	Bus 17				
CB 31	Tie Breakr	Bus 18	Bus 17				
CB 32	Tie Breakr	Bus 18	Bus 17				
CB 33	Tie Breakr	Bus 18	Bus 17				
CB 34	Tie Breakr	Bus 18	Bus 17				
CB 35	Tie Breakr	Bus 18	Bus 17				
CB132	Tie Breakr	Bus 11	Bus 15				
CB133	Tie Breakr	Bus 12	Bus 15				
CB134	Tie Breakr	Bus 14	Bus 15				

Project:  
 Location:  
 Contract:  
 Engineer:  
 Name: kiki

**ETAP**  
 7.0.0

Study Case: SM

Page: 6  
 Date: 08-13-2014  
 SN: 12345678  
 Revision: Base  
 Config.: Normal

**Synchronous Generator Input Data**

Synchronous Generator		Rating			Positive Seq. Impedance					Grounding			Zero Seq. Impedance		
					X*/R	% R	% Xd'		Conn.	Type	Amp	X/R	% R0	% X0	
ID	Type	MVA	kV	RPM	X*/R	% R	Adj.	Tol.	% Xd'	Conn.	Type	Amp	X/R	% R0	% X0
	Turbo	8.824	0.400	1500	19.00	1.000	19.00	0.0	28.00	Wye	Solid		19.00	0.368	7.00
	Turbo	8.824	6.300	1500	19.00	1.000	19.00	0.0	28.00	Wye	Solid		19.00	0.368	7.00
	Turbo	7.529	6.300	1500	19.00	1.000	19.00	0.0	28.00	Wye	Solid		19.00	0.368	7.00
	Turbo	7.529	6.300	1500	19.00	1.000	19.00	0.0	28.00	Wye	Solid		19.00	0.368	7.00
	Turbo	7.529	6.300	1500	19.00	1.000	19.00	0.0	28.00	Wye	Solid		19.00	0.368	7.00
	Turbo	6.118	6.300	1500	19.00	1.000	19.00	0.0	28.00	Wye	Solid		19.00	0.368	7.00
	Turbo	6.118	6.300	1500	19.00	1.000	19.00	0.0	28.00	Wye	Solid		19.00	0.368	7.00
	Turbo	6.141	6.300	1500	19.00	1.000	19.00	0.0	28.00	Wye	Solid		19.00	0.368	7.00
	Turbo	6.141	6.300	1500	19.00	1.000	19.00	0.0	28.00	Wye	Solid		19.00	0.368	7.00
	Turbo	8.824	0.400	1500	19.00	1.000	19.00	0.0	28.00	Wye	Solid		19.00	0.368	7.00

Connected Synchronous Generators (= 10): 73.576 MVA

Study Case: SM

**SHORT-CIRCUIT REPORT**

Location: Bus 18

Fault voltage = 150.000 kV  
= 100.00 % of nominal bus kV ( 150.000 kV)  
= 100.00 % of base kV ( 150.000 kV)

Contribution		3-Phase Fault		Line-To-Ground Fault					Positive & Zero Sequence Impedances Looking into "From Bus"			
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Symm. rms	% Voltage at From Bus			kA Symm. rms		% Impedance on 100 MVA base			
				Va	Vb	Vc	Ia	I3I0	R1	X1	R0	X0
18	Total	0.00	0.728	0.00	91.66	90.48	0.880	0.880	2.89E+000	5.28E+001	1.52E+000	2.67E+001
15	Bus 17	29.95	0.364	36.20	91.66	90.48	0.440	0.440	5.78E+000	1.06E+002	3.03E+000	5.35E+001
16	Bus 17	29.95	0.364	36.20	91.66	90.48	0.440	0.440	5.78E+000	1.06E+002	3.03E+000	5.35E+001
8	Bus 14	48.10	0.484	70.49	72.02	99.02	0.612	0.667 *	2.47E+001	4.17E+002	8.41E+000	1.08E+002
9	Bus 14	48.10	0.484	70.49	72.02	99.02	0.612	0.667 *	2.47E+001	4.17E+002	8.41E+000	1.08E+002
10	Bus 14	53.96	0.616	73.53	74.96	99.06	0.710	0.643 *	2.01E+001	3.27E+002	8.73E+000	1.12E+002
6	Bus 13	48.04	0.482	70.46	71.99	99.02	0.611	0.667 *	2.48E+001	4.19E+002	8.41E+000	1.08E+002
7	Bus 13	48.04	0.482	70.46	71.99	99.02	0.611	0.667 *	2.48E+001	4.19E+002	8.41E+000	1.08E+002
3	Bus 12	50.97	0.560	71.96	73.44	99.04	0.674	0.667 *	2.17E+001	3.60E+002	8.41E+000	1.08E+002
4	Bus 12	50.97	0.560	71.96	73.44	99.04	0.674	0.667 *	2.17E+001	3.60E+002	8.41E+000	1.08E+002
5	Bus 12	50.97	0.560	71.96	73.44	99.04	0.674	0.667 *	2.17E+001	3.60E+002	8.41E+000	1.08E+002
1	Bus 11	53.96	0.616	73.53	74.96	99.06	0.710	0.643 *	2.01E+001	3.27E+002	8.73E+000	1.12E+002
2	Bus 11	53.96	0.616	73.53	74.96	99.06	0.710	0.643 *	2.01E+001	3.27E+002	8.73E+000	1.12E+002
8	Bus 8	100.00	1.535	100.00	100.00	100.00	1.072	0.000	1.63E+001	3.09E+002	1.63E+001	1.14E+002
9	Bus 9	100.00	1.535	100.00	100.00	100.00	1.072	0.000	1.63E+001	3.09E+002	1.63E+001	1.14E+002
10	Bus 10	100.00	30.816	100.00	100.00	100.00	21.493	0.000	1.13E+001	2.15E+002	1.13E+001	7.93E+001
6	Bus 6	100.00	1.531	100.00	100.00	100.00	1.068	0.000	1.63E+001	3.11E+002	1.63E+001	1.14E+002
7	Bus 7	100.00	1.531	100.00	100.00	100.00	1.068	0.000	1.63E+001	3.11E+002	1.63E+001	1.14E+002
3	Bus 3	100.00	1.778	100.00	100.00	100.00	1.241	0.000	1.33E+001	2.52E+002	1.33E+001	9.30E+001
4	Bus 4	100.00	1.778	100.00	100.00	100.00	1.241	0.000	1.33E+001	2.52E+002	1.33E+001	9.30E+001
5	Bus 5	100.00	1.778	100.00	100.00	100.00	1.241	0.000	1.33E+001	2.52E+002	1.33E+001	9.30E+001
1	Bus 1	100.00	30.816	100.00	100.00	100.00	21.493	0.000	1.13E+001	2.15E+002	1.13E+001	7.93E+001
2	Bus 2	100.00	1.957	100.00	100.00	100.00	1.365	0.000	1.13E+001	2.15E+002	1.13E+001	7.93E+001
17	Bus 18	0.00	0.121	0.00	91.66	90.48	0.147	0.147				
17	Bus 18	0.00	0.121	0.00	91.66	90.48	0.147	0.147				
17	Bus 18	0.00	0.121	0.00	91.66	90.48	0.147	0.147				
17	Bus 18	0.00	0.121	0.00	91.66	90.48	0.147	0.147				
17	Bus 18	0.00	0.121	0.00	91.66	90.48	0.147	0.147				
17	Bus 18	0.00	0.121	0.00	91.66	90.48	0.147	0.147				
11	Bus 15	29.95	1.233	36.20	91.66	90.48	1.420	1.285				
12	Bus 13	29.95	0.840	36.20	91.66	90.48	1.011	1.001				

Project:  
 Location:  
 Contract:  
 Engineer:  
 Name: kiki

**ETAP**  
 7.0.0

Study Case: SM

Page: 8  
 Date: 08-13-2014  
 SN: 12345678  
 Revision: Base  
 Config: Normal

Location:  
 Location at bus: **Bus 18**

Fault voltage = 150,000 kV  
 = 100.00 % of nominal bus kV ( 150,000 kV)  
 = 100.00 % of base kV ( 150,000 kV)

Contribution		3-Phase Fault		Line-To-Ground Fault			Positive & Zero Sequence Impedances Looking into "From Bus"					
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Symm. rms	% Voltage at From Bus			kA Symm. rms		% Impedance on 100 MVA base			
				Va	Vb	Vc	Ia	3I0	R1	X1	R0	X0
12	Bus 15	29.95	0.840	36.20	91.66	90.48	1.011	1.001				
13	Bus 14	29.95	1.805	36.20	91.66	90.48	2.233	2.336				
14	Bus 15	29.95	3.388	36.20	91.66	90.48	4.168	4.313				
15	Bus 16	29.95	2.731	36.20	91.66	90.48	3.300	3.300				

Indicates fault current contribution is from three-winding transformers

Indicates a zero sequence fault current contribution (3I0) from a grounded Delta-Y transformer

Project:  
Location:  
Contract:  
Engineer:  
Name: kiki

**ETAP**  
**7.0.0**

Study Case: SM

Page: 9  
Date: 08-13-2014  
SN: 12345678  
Revision: Base  
Config: Normal

**Short-Circuit Summary Report**

2 Cycle - 3-Phase, LG, LL, & LLG Fault Currents

Default Voltage = 100 % of the Bus Nominal Voltage

Bus		3-Phase Fault			Line-to-Ground Fault			Line-to-Line Fault			*Line-to-Line-to-Ground		
ID	kV	Real	Imag	Mag	Real	Imag	Mag	Real	Imag	Mag	Real	Imag	Mag
Bus 18	150.00	0.040	-0.727	0.728	0.058	-0.878	0.880	0.637	0.044	0.638	0.607	0.578	0.838

All fault currents are symmetrical momentary (1/2 Cycle network) values in rms kA

LLG fault current is the larger of the two faulted line currents

Project:  
Location:  
Contract:  
Engineer:  
Name: kiki

**ETAP**  
7.0.0

Study Case: SM

Page: 10  
Date: 08-13-2014  
SN: 12345678  
Revision: Base  
Config.: Normal

**Short-Circuit Summary Report**

Bus		Positive Sequence Imp. (ohm)			Negative Sequence Imp. (ohm)			Zero Sequence Imp. (ohm)		
ID	kV	Resistance	Reactance	Impedance	Resistance	Reactance	Impedance	Resistance	Reactance	Impedance
Bus 18	150.000	6.50639	118.75620	118.93430	9.57243	115.69030	116.08560	3.41425	60.16790	60.26469



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

NI (PERSERO) MALANG  
ANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

1. Nama : KRISNA PRAGENDAGA
2. NIM : 1012015
3. Program Studi : TEKNIK ELEKTRO S-1
4. Konsentrasi : TEKNIK ENERGI LISTRIK
5. Judul : ANALISA PENEMPATAN *OVERCURRENT* RELAY  
SEBAGAI PENGAMAN PADA BUSBAR di GL.  
HARAPAN BARU, SAMARINDA, KALIMANTAN  
TIMUR

Dipertahankan dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada :  
Hari : Jum'at  
Tanggal : 15 Agustus 2014  
Dengan Nilai : 79,6 (B+) *o*

**Panitia Ujian Skripsi**

**Ketua Majelis Penguji**

M. Ibrahim Ashari, ST, MT  
NIP. P. 1030100358

**Sekretaris Majelis Penguji**

Dr. Eng. Aryuanto Soetedjo, ST, MT  
NIP. Y. 1030800417

**Anggota Penguji**

**Penguji I**

Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT  
NIP. 196105031992021001

**Penguji II**

Ir. Teguh Herbasuki, MT  
NIP. Y. 1038900209



## PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Dari hasil ujian skripsi Program studi Teknik Elektro jenjang strata satu (S-1) yang diselenggarakan pada :

Hari : Jum'at  
Tanggal : 15 Agustus 2014

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

Nama : Krisna Pragendaga  
NIM : 1012015  
Perogram Studi : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik  
Judul Skripsi : **Analisa Penempatan *Overcurrent* Relay Sebagai Pengaman Pada Busbar di Gi. Harapan Baru, Samarinda, Kalimantan Timur**

No	Penguji	Uraian	Paraf
1.	Penguji I	1. Tujuan kedua mestinya koordinasi antar relay. 2. Setting relay untuk gangguan di penyulang masih salah, karena main proteksi belum bekerja.	
2.	Penguji II	1. Revisi Tujuan. 2. Revisi Kesimpulan.	

Dosen Penguji I

Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT  
NIP. 196105031992021001

Dosen Penguji II

Ir. Teguh Herbasuki, MT  
NIP. Y. 1038900209

Dosen Pembimbing I

Ir. Ni Putu Agustini, MT  
NIP. Y. 1030100371

Dosen Pembimbing II

Awan Uji Krismanto, ST, MT  
NIP.P. 198003012005011002

## Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

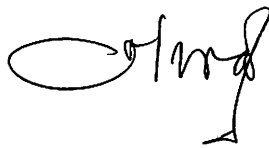
Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Janjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T. Energi Listrik / T. Elektronika / T. Infokom, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

NAMA : KRISNA P.  
NIM : 10.12.015  
Perbaikan meliputi :

1. ~~tujuan~~ Tujuan kedua penelitian kon di negri  
aktor sele. bisa utu penerapannya maupun
2. - Setig sele utu penerapannya di penerapannya  
manah salah lenem. main penerapannya  
belum belerjo

kurang  
kurang

Malang,



( \_\_\_\_\_ )



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO


## Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Janjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T. Energi Listrik / T. Elektronika / T. Infokom, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

NAMA : KRISNA-P.  
NIM : 1012015  
Perbaikan meliputi :

Revisi pada tujuan dan Kesimpulan

Malang,

(  )

## **LEMBAR PERSEMBAHAN**

**Sembah sujud serta syukur kepada Allah SWT, taburan cinta dan kasih sayang-Mu telah memberikanku kekuatan, membekaliku dengan ilmu, serta mengenalkanku dengan cinta. Atas karunia serta kemudahan yang Engkau berikan, akhirnya skripsi yang sederhana ini dapat terselesaikan. Sholawat dan salam selalu terlimpahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW. Kupersembahkan karya sederhana ini kepada orang – orang yang sangat kusayangi.**

**Untuk Bapak dan Mama yang telah memberikan dukungan moral, materi dan motivasi hidup serta selalu mendo'akanku agar menjadi pribadi yang lebih baik, memberikan rasa sayang dan cinta kasih yang tak akan pernah dapat kubalas.**

**Untuk adikku “Noviani Gendaga” yang memberiku semangat dan do'a dalam proses perkuliahan hingga pembuatan skripsi ini.**

**Untuk kekasihku “Nurul Hidayati” yang selalu memberiku semangat, motivasi, dan do'a, terima kasih atas sayang, perhatian, dan kesabaranmu yang memberikanku inspirasi dalam menyelesaikan skripsi ini. *“You always be mine”*.**

**Buat sahabatku, “Debby Satriyo Nugroho” dan “Vernando Martua Ventonya Si.M” yang selalu memberi semangat, hiburan dan candaan hingga kita dapat menyelesaikan skripsi kita masing – masing.**

**Terima kasih juga untuk teman – teman Teknik Elektro angkatan 2010 semua konsentrasi, semoga kita dapat berjumpa di kesempatan yang lain, semoga kita selalu diberikan kesehatan dan kesuksesan.**

**Terima kasih juga kepada ibu Ir. Ni Putu Agustini, MT dan bapak Awan Uji Krismanto, ST, MT atas bimbingan yang diberikan.**

**Dan yang terakhir terima kasih untuk seluruh staf, dosen pengajar Teknik Elektro S-1, teman – teman Himpunan Mahasiswa Elektro S-1, dan teman – teman asisten Laboratorium Transmisi dan Distribusi Daya Elektrik atas pengalaman yang diberikan.**

## BIOGRAFI PENULIS



Penulis lahir di Samarinda pada tanggal 4 Juli 1992 dari ayah Gendro Sugiarto dan ibu Megasari. Penulis merupakan putra pertama dari dua bersaudara. Penulis memulai Pendidikan pada tahun 1997 di TK Subulussalam Samarinda. Pada tahun 1998 penulis melanjutkan pendidikan di SD Muhammadiyah 1 Samarinda. Pada tahun 2004 penulis menempuh pendidikan di SMP Muhammadiyah 1 Samarinda sampai tahun 2007. Kemudian melanjutkan pendidikan di SMK Negeri 2 Samarinda jurusan Teknik Listrik mulai tahun 2007 dan lulus tahun 2010, kemudian pada tahun yang sama penulis melanjutkan studi di perguruan tinggi Institut

Teknologi Nasional Malang. Penulis memilih Program Studi Teknik Elektro S-1, Konsentrasi Teknik Energi Listrik, Fakultas Teknologi Industri dan diwisuda tanggal 27 September 2014, dengan judul Skripsi “Analisa Penempatan *Overcurrent* Relay Sebagai Pengaman Pada Busbar di GI. Harapan Baru, Samarinda, Kalimantan Timur”. Selama menjadi mahasiswa, penulis mengikuti beberapa organisasi kemahasiswaan, yaitu menjadi pengurus Himpunan Mahasiswa Elektro S-1 dan pengurus Electro English Club serta menjadi asisten Laboratorium Transmisi dan Distribusi Daya Elektrik.