



TUGAS AKHIR - TE 091399

**EVALUASI KOORDINASI RELE PENGAMAN PADA
JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV DI GARDU INDUK GARUDA
SAKTI, PANAM-PEKANBARU.**

Hasrizal Rusymi
NRP 2206100015

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT.
Ir. Teguh Yuwono

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2014



FINAL PROJECT - TE 091399

**Evaluation of Relay Protection Coordination
Distribution Network 20 KV at Gardu Induk Garuda
Sakti, Panam-Pekanbaru.**

Hasrizal Rusymi
NRP 2206100015

Counsellor Lecturer
Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT.
Ir. Teguh Yuwono

ELECTRICAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2014

Evaluasi Koordinasi Rele Pengaman Pada Jaringan Distribusi 20 KV di Gardu Induk Garuda Sakti, Panam-Pekanbaru.

Hasrizal Rusymi
2206100015

Dosen Pembimbing 1 : Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT
Dosen Pembimbing 2 : Ir. Teguh Yuwono

ABSTRAK

Gardu Induk Garuda Sakti, Panam-Pekanbaru merupakan salah satu unit dari PT. PLN (Persero). Oleh karena itu, Gardu Induk Garuda Sakti, Panam-Pekanbaru harus mendistribusikan dan menjamin terpasoknya daya listrik sampai ke beban (pelanggan). Untuk menjamin terpasoknya daya listrik sampai ke beban (pelanggan), maka dibutuhkan sistem kelistrikan yang mempunyai keandalan dan kontinuitas yang baik. Sistem kelistrikan GI Garuda Sakti terdiri dari 3 Trafo dan 20 penyulang (*Feeder*). Trafo tersebut mempunyai kapasitas : Trafo 1 50 MVA, Trafo 2 50 MVA dan Trafo 3 60 MVA. Jenis trafo yang digunakan adalah 3-Winding. Trafo 1 mempunyai 6 penyulang dan trafo 2 mempunyai 6 penyulang, sedangkan trafo 3 mempunyai 8 penyulang. Untuk memperoleh keandalan dan kontinuitas yang baik pada sistem kelistrikan tersebut, maka diperlukan *setting* dan koordinasi sistem proteksi yang baik dan tepat. Sehingga pada saat terjadi gangguan, kemungkinan terjadi kesalahan trip pada peralatan pengaman lebih kecil dari yang diperkirakan. Tugas akhir ini bertujuan untuk mengevaluasi dan menganalisis terhadap *setting* dan koordinasi rele pengaman pada Gardu Induk Garuda Sakti, Panam-Pekanbaru.

Kata kunci : Koordinasi, rele pengaman, penyulang, trafo, gangguan, kontinuitas, *setting*.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

***Evaluation of Relay Protection Coordination Distribution Network 20
KV at Gardu Induk Garuda Sakti, Panam-Pekanbaru.***

Hasrizal Rusymi
2206100015

1st Advisor : Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT.
2nd Advisor : Ir. Teguh Yuwono.

ABSTRACT

Substation Garuda Sakti, Panam Pekanbaru is one unit of PT. PLN (Persero). Therefore, substation Garuda Sakti, Panam Pekanbaru must distribute and ensure the power supply to the load (the customer). To ensure the availability of power supply to the load (the customer), it is necessary to have the electrical system reliability and good continuity. Garuda Sakti GI electrical system consists of three transformers and 20 feeders (Feeder). The transformer has a capacity: Transformers 1 = 50 MVA, Transformers 2 = 50 MVA and Transformer 3 = 60 MVA. Type of transformer used is 3-Winding Transformer. Transformer 1 has 6 feeder and transformer 2 has 6 feeder, while transformer 3 has 8 feeders. To obtain good reliability and continuity, it is necessary to set up and coordination of protection systems are good and right. So that in the event of interference or fault, the possibility of error trip on safety equipment is smaller than expected. This final project aims to evaluate and analyze the safety relay setting and coordination at substation Garuda Sakti, Panam Pekanbaru.

Keyword : Coordination, safety relay, feeder, transformer, interference, continuity, setting.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

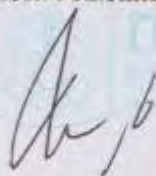
**EVALUASI KOORDINASI RELE PENGAMAN PADA JARINGAN
DISTRIBUSI 20 KV DI GARDU INDUK GARUDA SAKTI,
PANAM-PEKANBARU**

TUGAS AKHIR

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

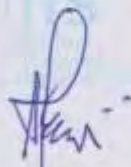
Menyetujui :

Dosen Pembimbing I



Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT
NIP.196603181990101001

Dosen Pembimbing II



Ir. Teguh Yuwono,
NIP.195008061976121002



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Robbil 'Alamin, terucap syukur kehadirat Allah atas limpahan rahmat dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul ” EVALUASI KOORDINASI RELE PENGAMAN PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV DI GARDU INDUK GARUDA SAKTI, PANAM-PEKANBARU”. Adapun tujuan dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar sarjana teknik pada bidang studi Teknik Sistem Tenaga, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang banyak berjasa terutama dalam penyusunan Tugas Akhir ini, yaitu :

1. Segenap keluarga besar terutama ibu, aba, dan adik-adik tercinta yang terus memberikan dukungan, dorongan, dan doa untuk keberhasilan penulis.
2. Bapak Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT. dan Bapak Ir. Teguh Yuwono selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan saran serta bimbingannya.
3. Bapak Dr. Tri Arief Sardjono, ST, MT. Selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro ITS, serta Bapak Ir. Joko Susila, MT. Selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
4. Bapak Syafari yang selalu memberikan semangat, dorongan dan motivasi dalam penyelesaian Tugas Akhir ini,
5. Rekan-rekan E-46 (khususnya Oka, Thunk, Dojeng dan Pak Umen) atas kebersamaan dan kerjasamanya dalam memberikan motivasi untuk penyelesaian Tugas Akhir ini.
6. Para pemain Doskar (Pak Didik, Sugeng, Hartono, Herdian, dll) yang selalu memberikan semangat dengan Juara Futsal ESTnya tahun 2014 ini.
7. Aceng yang selalu memaksa dan memberikan solusi bagi penulis untuk mengerjakan Tugas Akhir ini.
8. Teman-teman LIPIST (Andikta, Rimawan dan Dimas) yang membimbing dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
9. Lab 2,5 (Mas Rukin, Musa, Gigo, Ganang, Epun, dll) yang selalu ramai memberikan dorongan dan motivasi.

10. Seluruh keluarga besar Teknik Elektro ITS, serta rekan-rekan HIMATEKTRO atas dukungan, masukan, dan kerjasamanya selama masa kuliah dan proses pengerjaan Tugas Akhir.

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

Surabaya, Juni 2014

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	
HALAMAN PENGESAHAN	
ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	1
1.3 Batasan Masalah.....	1
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Metodologi.....	2
1.6 Relevansi.....	3
1.7 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 GANGGUAN DAN SISTEM PENGAMAN PADA SISTEM JARINGAN 150kV DAN 20kV PT.PLN..	5
2.1 Sistem Tenaga Listrik.....	5
2.2 Sistem Operasi Jaringan Distribusi	6
2.3 Gangguan-gangguan pada sistem tenaga listrik.....	7
2.4 Sebab-sebab timbulnya gangguan pada sistem tenaga listrik	8
2.5 Sistem pengaman pada jaringan distribusi	11
2.6 Syarat-syarat pengaman sistem tenaga listrik	13
2.7 Tipe rele pengaman	14
2.8 Rele arus lebih.....	15

2.9	Penyetelan arus lebih	20
2.9.1	Setting rele arus lebih waktu invers	20
2.9.2	Setting rele arus lebih waktu instant	21
2.9.3	Koordinasi berdasarkan arus dan waktu.....	22
BAB 3	METODOLOGI DAN SISTEM KELISTRIKAN PT. PLN (Persero) Wilayah Pekanbaru	23
3.1.	Metodologi Penelitian	23
3.2	Sistem Kelistrikan PT. PLN (Persero) Wilayah Pekanbaru	24
3.3.	Sistem Kelistrikan Wilayah pekanbaru	26
3.3.1	Rating Tegangan	26
3.3.2	Data trafo	27
3.3.3	Data beban	27
BAB 4	EVALUASI KOORDINASI SISTEM PROTEKSI GARDU INDUK GARUDA SAKTI.....	29
4.1	Analisa Arus Gangguan Hubung Singkat.....	29
4.2	Pemilihan Tipikal Koordinasi	30
4.3	Setting Koordinasi Eksisting dan Resetting	30
4.3.1	Tipikal Adi Sucipto	30
4.3.2	Tipikal Jendral	38
4.3.3	Tipikal Taman karya	46
4.4	Setting GFR	54
4.4.1	Tipikal Adi Sucipto	54
4.4.2	Tipikal Jendral	56
4.4.3	Tipikal Taman Karya	58
BAB 5	PENUTUP	61
5.1	Kesimpulan	61
5.2	Saran.....	61
	DAFTAR PUSTAKA	63

RIWAYAT HIDUP 65

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Gambar rangkaian dan persamaan gangguan hubung singkat	9
Tabel 2.2 Koefisien invers time dial	21
Tabel 3.1 Data trafo Gardu Induk Garuda Sakti.....	26
Tabel 3.2 Data lengkap trafo daya Gardu Induk Garuda Sakti.....	27
Tabel 3.3 Data beban Gardu Induk Garuda Sakti.....	28
Tabel 4.1 Tabel Isc min 30 cycle dan Isc max 4 cycle masing-masing bus	29
Tabel 4.2 Tabel perbandingan eksisting dan resetting tipikal adi sucipto	36
Tabel 4.3 Tabel perbandingan eksisting dan resetting tipikal jendral	44
Tabel 4.4 Tabel perbandingan eksisting dan resetting tipikal taman karya	52

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Sistem operasi jaringan distribusi	6
Gambar 2.2 Skema konsep daerah pengamanan	12
Gambar 2.3 Skema rele arus lebih.....	16
Gambar 2.4 Karakteristik rele arus lebih instant	16
Gambar 2.5 Rangkaian rele arus lebih instant	17
Gambar 2.6 Karakteristik arus lebih definite	17
Gambar 2.7 Karakteristik operasi invers time rele	19
Gambar 2.8 Batas ketelitian setting arus	19
Gambar 2.9 Rele arus lebih pengamanan trafo	22
Gambar 3.1 Flowchart metodologi pengerjaan Tugas Akhir.....	23
Gambar 3.2 Singel Line Diagram PT. PLN (Persero) Gardu	25
Gambar 4.1 Tipikal Adi Sucipto	30
Gambar 4.2 Kurva koordinasi eksisting Tipikal Adi Sucipto.....	31
Gambar 4.3 Kurva hasil reseting koordinasi Tipikal Adi Sucipto.....	37
Gambar 4.4 Tipikal Jendral.....	38
Gambar 4.5 Kurva koordinasi eksisting Tipikal Jendral	39
Gambar 4.6 Kurva hasil reseting koordinasi Tipikal Jendral	45
Gambar 4.7 Tipikal Taman Karya.....	46
Gambar 4.8 Kurva koordinasi eksisting Tipikal Taman Karya	47
Gambar 4.9 Kurva hasil reseting koordinasi Tipikal Taman Karya	53
Gambar 4.10 Kurva hasil setting koordinasi Tipikal Adi sucipto....	55
Gambar 4.11 Kurva hasil reseting koordinasi Tipikal Jendral	57
Gambar 4.12 Kurva hasil reseting koordinasi Tipikal Taman karya	59

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gardu Induk Garuda Sakti merupakan salah satu unit dari PT. PLN (Persero) yang terletak di daerah Panam, kota Pekanbaru, Propinsi Riau. Sebagai salah satu unit dari PT. PLN (Persero), Gardu Induk Garuda Sakti harus mendistribusikan dan menjamin terpasoknya daya listrik sampai ke beban (pelanggan). Untuk menjamin terpasoknya daya listrik sampai ke beban (pelanggan), maka dibutuhkan sistem kelistrikan yang mempunyai keandalan dan kontinuitas yang baik. Untuk memperoleh keandalan dan kontinuitas yang baik, maka diperlukan *setting* dan koordinasi sistem proteksi yang baik dan tepat. Sehingga pada saat terjadi gangguan, kemungkinan terjadi kesalahan trip pada peralatan pengaman lebih kecil dari yang diperkirakan.

Dengan melakukan evaluasi dan analisis terhadap *setting* dan koordinasi peralatan pengaman pada GI Garuda Sakti, maka diharapkan GI Garuda Sakti mampu mendistribusikan dan menjamin terpasoknya daya listrik ke pelanggan secara optimal dari sebelumnya.

1.2 Permasalahan

Permasalahan yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. Bagaimana *setting* koordinasi rele pengaman di Gardu Induk Garuda Sakti, Panam-Pekanbaru saat ini ?
2. Apa Analisis yang bisa disimpulkan dari kurva *setting* koordinasi rele pengaman pada sistem kelistrikan di PT. Gardu Induk Garuda Sakti, Panam-Pekanbaru?
3. Bagaimana *setting* koordinasi rele pengaman yang tepat untuk sistem kelistrikan di Gardu Induk Garuda Sakti, Panam-Pekanbaru?

1.3 Batasan Masalah

Untuk memperjelas bahasan, dalam pengerjaan Tugas Akhir permasalahan di atas dibatasi dengan asumsi sebagai berikut :

1. Analisa sistem tenaga yang dilakukan meliputi analisa hubung singkat.

2. Peralatan pengaman yang disetting dan dikoordinasi yaitu rele arus lebih (*Over Current Relay*).
3. Studi kasus dilaksanakan di jaringan 150kV dan 20kV di Gardu Garuda Sakti.

1.4 Tujuan

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah untuk memberikan informasi mengenai koordinasi *relay* yang sesuai dengan kondisi kelistrikan dan *typical relay* pada Gardu Induk Garuda Sakti sehingga peralatan pengaman lebih akurat untuk melokalisir gangguan serta mengurangi kerugian yang terjadi akibat hubung singkat tersebut. Dengan penyelesaian persoalan *setting* dan koordinasi rele proteksi diharapkan memperoleh hasil yang paling optimal dan akhirnya dapat digunakan sebagai salah satu acuan atau masukan untuk penyelesaian kasus yang sama.

1.5 Metodologi

Metodologi yang digunakan pada penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Kasus
Studi dilakukan dengan mengumpulkan data yang diperlukan di Gardu Induk Garuda Sakti, Panam-Pekanbaru.
2. Studi Literatur
Mengumpulkan berbagai buku dan referensi lainnya mengenai berbagai hal yang mendukung.
3. Simulasi dan Pemodelan
Simulasi analisa hubung singkat, dan koordinasi rele pengaman dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Etap Power Station 7.
4. Analisa Data
Melakukan analisa data dari hasil simulasi dan pemodelan untuk mengetahui perubahan rating tegangan, dan kinerja rele pengaman akibat pengaruh perubahan sistem kelistrikan. Terdapat dua tahapan analisa yakni analisa sebelum dan sesudah adanya perubahan sistem kelistrikan. Selanjutnya diberikan solusi yang terbaik untuk mengatasi permasalahan yang dihadapi.

5. Melakukan *resetting*
Resetting hanya dilakukan apabila hasil simulai dan analisa tidak sesuai dengan standart yang berlaku sehingga dilakukan proses *setting* ulang terhadap rele koordinasi.
6. Penarikan kesimpulan
Kesimpulan mengenai pengaruh dari perubahan yang terjadi terhadap sistem kelistrikan. Kesimpulan ini dapat diambil dari hasil membandingkan dua kondisi yang dilakukan pada tahapan analisa data.

1.6 Relevansi

Dari Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai pembelajaran dan penyelesaian persoalan setting koordinasi dari rele proteksi, sehingga peralatan pengaman lebih sensitif untuk melokalisir gangguan serta mengurangi kerugian yang terjadi akibat hubung singkat. Dengan penyelesaian persoalan setting dan koordinasi rele proteksi diharapkan memperoleh hasil yang paling optimal dan akhirnya dapat digunakan sebagai salah satu acuan atau masukan untuk penyelesaian kasus yang sama.

1.7 Sistematika Penulisan

Bab 1 : Pendahuluan

Berisi latar belakang, permasalahan, batasan masalah, tujuan, relevansi, dan sistematika penulisan.

Bab 2 : Gangguan dan Sistem Pengaman pada Sistem Jaringan 150kV dan 20kV PT.PLN

Membahas masalah sebab – sebab timbulnya gangguan pada sistem tenaga listrik, klasifikasi peralatan pengaman, penyetelan peralatan pengaman dan koordinasi proteksi.

Bab 3 : Sistem Kelistrikan di PT.PLN GI Garuda Sakti.

Menjelaskan mengenai sistem kelistrikan dan sistem proteksi yang ada

Bab 4 : Analisa Hubung Singkat dan Koordinasi Peralatan Pengaman

Membahas mengenai perhitungan arus hubung singkat, penyetelan peralatan pengaman arus lebih, dan koordinasinya.

Bab 5 : Kesimpulan

Merupakan kesimpulan dan saran dari keseluruhan pembahasan yang telah dilakukan dari Tugas Akhir ini.

BAB 2

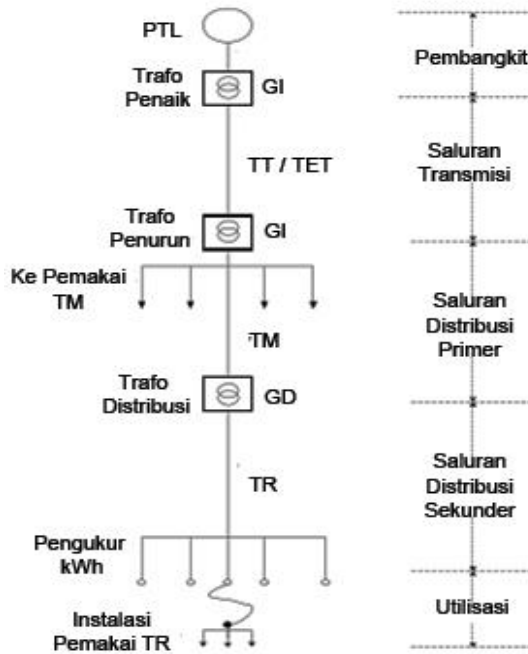
GANGGUAN DAN SISTEM PENGAMAN PADA SISTEM JARINGAN 150kV DAN 20kV PT.PLN

2.1 Sistem Tenaga Listrik

Pada umumnya suatu sistem tenaga listrik terdiri dari empat unsur, yaitu:

1. Pembangkit Tenaga Listrik
2. Sistem Transmisi (Tegangan tinggi atau Tegangan Ekstra Tinggi)
3. Sistem Distribusi (Tegangan menengah dan Tegangan rendah)
4. Utilisasi

Tenaga listrik dibangkitkan pada pusat-pusat pembangkit listrik (*power plant*) seperti PLTA, PLTU, PLTG, dan PLTD lalu disalurkan melalui saluran transmisi setelah terlebih dahulu dinaikkan tegangannya oleh transformator *step-up* yang ada dipusat listrik. Saluran transmisi tegangan tinggi mempunyai tegangan 70kV, 150kV, atau 500kV. Khusus untuk tegangan 500kV dalam praktek saat ini disebut sebagai tegangan ekstra tinggi. Setelah tenaga listrik disalurkan, maka sampailah tegangan listrik ke gardu induk (GI), lalu diturunkan tegangannya menggunakan transformator *step-down* menjadi tegangan menengah yang juga disebut sebagai tegangan distribusi primer. Kecenderungan saat ini menunjukkan bahwa tegangan distribusi primer PLN yang berkembang adalah tegangan 20kV. Setelah tenaga listrik disalurkan melalui jaringan distribusi primer atau jaringan Tegangan Menengah (JTM), maka tenaga listrik kemudian diturunkan lagi tegangannya dalam gardu distribusi menjadi tegangan rendah, yaitu tegangan 220/380 volt, lalu disalurkan melalui jaringan Tegangan Rendah (JTR) ke rumah-rumah pelanggan (konsumen) PLN. Pelanggan dengan daya tersambung besar tidak dapat dihubungkan pada Jaringan Tegangan Rendah, melainkan dihubungkan langsung pada jaringan tegangan menengah, bahkan ada pula pelanggan yang terhubung pada jaringan transmisi, tergantung dari besarnya daya tersambung. Gambar sistem tenaga listrik bisa dilihat pada **Gambar 2.1** Sistem Tenaga Listrik berikut:



Gambar 2.1 Sistem Tenaga Listrik

2.2 Sistem Operasi Jaringan Distribusi

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik secara keseluruhan. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya besar sampai ke konsumen. Pada umumnya sistem distribusi tenaga listrik di Indonesia terdiri atas beberapa bagian, sebagai berikut :

- Gardu Induk
- Saluran Tegangan Menengah
- Gardu Distribusi
- Saluran Tegangan Rendah

Gardu induk menerima daya dari saluran transmisi kemudian menyalurkannya melalui saluran distribusi primer menuju gardu distribusi. Sistem jaringan distribusi terdiri dari dua buah bagian yaitu jaringan distribusi primer dan jaringan distribusi sekunder. Jaringan

distribusi primer umumnya bertegangan tinggi (20 KV atau 6 KV). Tegangan tersebut kemudian diturunkan oleh transformator distribusi pada gardu distribusi menjadi tegangan rendah (220 atau 380 volt) untuk selanjutnya disalurkan ke konsumen melalui saluran distribusi sekunder.

2.3 Gangguan – Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik

Sumber gangguan pada sistem tenaga listrik disebabkan oleh dua faktor yaitu dari dalam sistem dan dari luar sistem. Penyebab gangguan yang berasal dari dalam sistem antara lain [1] :

1. Tegangan dan arus abnormal.
2. Pemasangan yang kurang baik.
3. Kesalahan mekanis karena proses penuaan
4. Beban lebih.
5. Kerusakan material seperti isolator pecah, kawat putus, atau kabel cacat isolasinya.

Sedangkan untuk gangguan yang berasal dari luar sistem antara lain [1] :

1. Gangguan-gangguan mekanis karena pekerjaan galian saluran lain. Gangguan ini terjadi untuk sistem kelistrikan bawah tanah.
2. Pengaruh cuaca seperti hujan, angin, serta surja petir. Pada gangguan surja petir dapat mengakibatkan gangguan tegangan lebih dan dapat menyebabkan gangguan hubung singkat karena tembus isolasi peralatan (*breakdown*).
3. Pengaruh lingkungan seperti pohon, binatang dan benda-benda asing serta akibat kecerobohan manusia.

Bila dilihat dari lamanya waktu gangguan, maka dapat dikelompokkan menjadi [1] :

1. Gangguan yang bersifat temporer, yang dapat hilang dengan sendirinya atau dengan memutuskan sesaat bagian yang terganggu dari sumber tegangannya. Gangguan sementara jika tidak dapat hilang dengan segera, baik hilang dengan sendirinya maupun karena bekerjanya alat pengaman dapat berubah menjadi gangguan permanen.
2. Gangguan yang bersifat permanen, dimana untuk membebaskannya diperlukan tindakan perbaikan dan/atau menyingkirkan penyebab gangguan tersebut.

Untuk gangguan yang bersifat sementara setelah arus gangguannya terputus misalnya karena terbukanya *circuit breaker* oleh rele

pengamannya, peralatan atau saluran yang terganggu tersebut siap dioperasikan kembali. Sedangkan pada gangguan permanen terjadi kerusakan yang bersifat permanen sehingga baru bisa dioperasikan kembali setelah bagian yang rusak diperbaiki atau diganti.

Pada saat terjadi gangguan akan mengalir arus yang sangat besar pada fasa yang terganggu menuju titik gangguan, dimana arus gangguan tersebut mempunyai harga yang jauh lebih besar dari rating arus maksimum yang diijinkan, sehingga terjadi kenaikan temperatur yang dapat mengakibatkan kerusakan pada peralatan listrik yang digunakan.

2.4 Sebab – Sebab Timbulnya Gangguan pada Sistem Tenaga Listrik

Dalam sistem tenaga listrik tiga fasa, gangguan – gangguan arus lebih yang mungkin terjadi adalah sebagai berikut yaitu :

A. Gangguan beban lebih (*overload*)

Gangguan ini sebenarnya bukan gangguan murni, tetapi bila dibiarkan terus menerus berlangsung dapat merusak peralatan listrik yang dialiri arus tersebut. Pada saat gangguan ini terjadi arus yang mengalir melebihi dari kapasitas peralatan listrik dan pengaman yang terpasang.

B. Gangguan hubung singkat

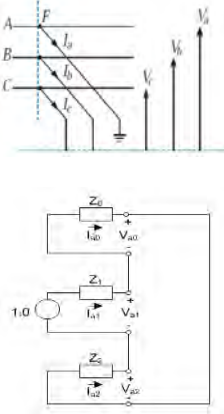
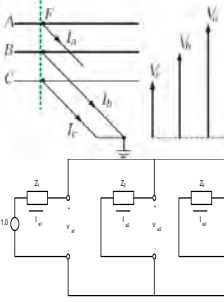
Gangguan hubung singkat dapat terjadi dua fasa, tiga fasa, satu fasa ke tanah, dua fasa ke tanah, atau 3 fasa ke tanah. Gangguan hubung singkat ini sendiri dapat digolongkan menjadi dua kelompok yaitu: gangguan hubung singkat simetri dan gangguan hubung singkat tak simetri (asimetri). Yang termasuk dalam rangkaian hubung singkat simetri yaitu gangguan hubung singkat tiga fasa , sedangkan gangguan yang lainnya merupakan gangguan hubung singkat tak simetri (asimetri). Gangguan ini akan mengakibatkan arus lebih pada fasa yang terganggu dan juga akan dapat mengakibatkan kenaikan tegangan pada fasa yang tidak terganggu.

Hampir semua gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik adalah gangguan tidak simetri. Gangguan tidak simetri ini terjadi sebagai akibat gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah, gangguan hubung singkat dua fasa, atau gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah. Gangguan-gangguan tidak simetri akan menyebabkan mengalirnya arus tak seimbang dalam sistem sehingga untuk analisa

gangguan digunakan metode komponen simetri. untuk menentukan arus maupun tegangan disemua bagian sistem setelah terjadi gangguan.

Berikut ini adalah hasil penurunan persamaan untuk komponen simetris arus dan tegangan dalam suatu jaringan umum ketika terjadi gangguan yang ditunjukkan pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1 Gambar Rangkaian dan Persamaan Gangguan Hubung Singkat [2]

Gangguan Hubung Singkat	Rangkaian Hubung Singkat & Rangkaian Pengganti	Persamaan
1 phasa ke tanah		$I_b = 0$ $I_c = 0$ $V_a = 0$ $I_{sc} = \frac{3V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_0}$
2 phasa ke tanah		$I_a = 0$ $V_b = 0$ $V_c = 0$ $I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2 Z_0 / (Z_2 + Z_0)}$

Lanjutan Tabel 2.1 Gambar Rangkaian dan Persamaan Gangguan Hubung Singkat [2]

Gangguan Hubung Singkat	Rangkaian Hubung Singkat & Rangkaian Pengganti	Persamaan
<p>Antar fasa</p>		$I_a = 0$ $I_b = -I_c$ $V_b = V_c$ $I_{sc} = \left \pm j \frac{\sqrt{3}V_f}{Z_1 + Z_2} \right $
<p>3 fasa langsung (simetri)</p>		$V_{a0} = 0$ $V_{a2} = 0$ $I_{a0} = 0$ $I_{a2} = 0$ $I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1}$ $I_{sc} = \frac{V_f}{Z_1}$

C. Gangguan tegangan lebih

Gangguan tegangan lebih diakibatkan karena adanya kelainan pada sistem. Gangguan tegangan lebih dapat terjadi antara lain karena :

- gangguan petir
- gangguan surja hubung, di antaranya adalah penutupan saluran tak serempak pada pemutus tiga fasa, penutupan kembali saluran dengan cepat, pelepasan beban akibat gangguan, penutupan saluran yang semula tidak masuk sistem menjadi masuk sistem, dan sebagainya.

2.5 Sistem Pengamanan pada Jaringan Distribusi

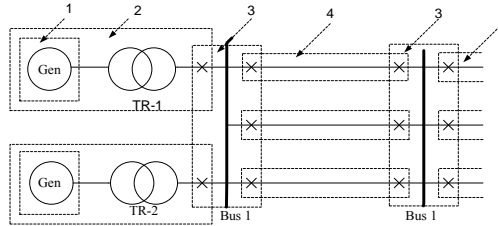
Untuk menjaga kontinuitas pelayanan tenaga listrik dan menjaga agar peralatan pada jaringan primer 20 kV tidak mengalami kerusakan total akibat gangguan, maka mutlak diperlukan peralatan pengamanan. Adapun peralatan pengamanan yang digunakan pada jaringan tegangan menengah 20 kV terbagi menjadi :

- Peralatan pemisah atau penghubung,
- Peralatan pengamanan arus lebih,
- Peralatan pengamanan tegangan lebih.

Agar suatu sistem distribusi dapat berfungsi secara baik, gangguan-gangguan yang terjadi pada tiap bagian harus dapat dideteksi dan dipisahkan dari sistem lainnya dalam waktu yang secepatnya, bahkan sebisa mungkin pada awal terjadinya gangguan. Keberhasilan berfungsinya proteksi memerlukan adanya suatu koordinasi antara berbagai alat proteksi yang dipakai. Fungsi sistem pengamanan adalah :

- Melokalisir gangguan untuk membebaskan peralatan dari gangguan.
- Membebaskan bagian yang tidak bekerja normal, untuk mencegah kerusakan.
- Memberi petunjuk atau indikasi atas lokasi serta macam dari kegagalan
- Untuk dapat memberikan pelayanan listrik dengan keandalan yang tinggi kepada konsumen.
- Untuk mengamankan keselamatan manusia terutama terhadap bahaya yang ditimbulkan listrik.

Konsep daerah pengamanan akan memberikan suatu pengertian mengenai batas daerah bagi sistem pengaman. Sehingga suatu sistem pengaman akan memberikan respon terhadap gangguan yang terjadi didaerahnya sendiri dan memberikan pengamanan terhadap gangguan tersebut.



Gambar 2.2 Skema konsep daerah pengamanan

Konsep daerah pengamanan dapat dilihat pada **Gambar 2.2**, dimana dalam gambar tersebut merupakan suatu sistem tenaga listrik yang terdiri dari dua buah generator, dua buah transformator, dua saluran transmisi dan dua buah bus bar yang digambarkan dalam diagram segaris (*single line diagram*).

Garis yang terputus-putus dan membentuk suatu *loop* tertutup tersebut menunjukkan pembagian sistem tenaga listrik kedalam lima daerah perlindungan, masing-masing daerah mengandung satu atau beberapa komponen sistem tenaga serta pemutus rangkaian. Adapun daerah-daerah perlindungannya adalah sebagai berikut:

1. Daerah 1 : Daerah pengamanan generator
2. Daerah 2 : Daerah pengamanan generator dan transformfer
3. Daerah 3 : Daerah pengamanan *busbar*
4. Daerah 4 : Daerah pengamanan saluran transmisi

Batas setiap daerah menentukan suatu bagian dari sistem tenaga listrik sedemikian sehingga untuk suatu gangguan dimanapun dalam daerah tersebut, sistem pengaman yang bertanggung jawab akan bekerja dan memisahkan semua yang berada dalam daerah itu dari seluruh bagian yang lain dari sistem melalui pemutus rangkaian dari sistem pengaman.

Pada konsep daerah pengaman fungsi daripada rele dibedakan menjadi dua, yaitu sebagai rele pengaman utama dan rele pengaman cadangan (*back up*). Rele pengaman cadangan akan berfungsi jika rele pengaman utama tidak bekerja saat terjadi gangguan hubungan singkat.

2.6 Syarat – Syarat Pengaman Sistem Tenaga Listrik

Rele pengaman merupakan elemen yang penting dalam pengaman sistem tenaga listrik, oleh karena itu untuk menjaga keandalan dari pelayanan energi listrik maka rele pengaman perlu memenuhi syarat keandalan sebagai berikut [3, 4] :

a. Kecepatan Bereaksi

Kecepatan bereaksi rele adalah saat rele mulai merasakan adanya gangguan sampai dengan pelaksanaan pembukaan pemutus tenaga (circuit breaker). Waktu bereaksi diusahakan sesingkat mungkin sehingga kerusakan yang terjadi semakin kecil, serta dapat mengurangi meluasnya akibat dari adanya gangguan itu sendiri sehingga kestabilan sistem menjadi lebih baik.

b. Kepekaan (*sensitivity*)

Pada prinsipnya rele harus cukup peka sehingga dapat mendeteksi gangguan di kawasan pengamanannya meskipun dalam kondisi yang memberikan rangsangan yang minimum. Kepekaan rele diartikan sebagai kemampuan merespon bila kondisi kerja cenderung menyimpang dari kondisi kerja normal. Bila suatu kondisi kerja normal tiba-tiba mengalami gangguan, maka sistem pengaman harus cepat tanggap (peka). Sensitifitas dapat dituliskan dengan persamaan faktor sensitif K_s , yang merupakan perbandingan antara arus hubung singkat minimum dan arus pick up.

$$K_s = \frac{I_{scmin}}{I_{pp}}$$

dimana :

$I_{sc\ min}$ = arus hubung singkat minimum.

I_{pp} = arus pick up (arus kerja) primer dari pengaman.

c. Selektif (*selectivity*)

Selektif maksudnya adalah penentuan peralatan rele pengaman harus bekerja atau tidak. Pengaman harus dapat memisahkan bagian sistem yang terganggu sekecil mungkin yaitu hanya seksi yang terganggu saja yang menjadi kawasan pengamanan utamanya. Jadi rele harus dapat membedakan apakah gangguan terletak di kawasan pengamanan utamanya dimana ia harus bekerja cepat atau terletak di seksi berikutnya dimana ia harus bekerja dengan waktu tunda atau harus tidak bekerja

sama sekali karena gangguannya di luar daerah pengamanannya atau sama sekali tidak ada gangguan. Untuk mengkoordinasikan rele agar menjadi selektif adalah melakukan perhitungan hubung singkat dengan cermat dan memperhatikan karakteristik dari rele tersebut.

d. Keandalan (*reliability*)

Keandalan rele dapat dihitung dari jumlah rele yang bekerja untuk mengamankan gangguan berbanding jumlah gangguan yang terjadi. Keandalan rele yang baik adalah 90-99%. Semakin tinggi keandalan maka sistem tersebut semakin baik dan dapat meminimalkan terjadinya kerusakan akibat gangguan. Untuk mendapatkan keandalan yang tinggi tentunya tidak lepas dari kualitas peralatan dan cara pemasangannya. Keandalan harus memenuhi beberapa faktor yaitu: *dependable*: peralatan harus trip ketika dibutuhkan, *secure*: tidak boleh trip saat tidak dibutuhkan dan *availability*: perbandingan antara waktu dimana rele pengaman dalam keadaan siap kerja dan waktu total operasinya.

e. Ekonomis

Sistem pengaman peralatan juga harus mempertimbangkan sisi ekonomis dari pemasangan peralatan pengaman tersebut. Karena itu tidak semua peralatan harus dilengkapi dengan pengamanan yang lengkap karena harga peralatan pengaman juga harus diperhitungkan tanpa menghilangkan efektivitas penyaluran daya listrik. Sisi ekonomis perlu dipertimbangkan setelah aspek teknis telah terpenuhi untuk kelayakan operasi peralatan.

2.7 Tipe Rele Pengaman

Pada dasarnya sistem pengaman rele yang digunakan dalam sistem tenaga listrik tidak berdiri sendiri-sendiri, artinya dalam pengoperasiannya dibantu oleh rele. Untuk tujuan sistem pengamanan, rele dapat dibagi kedalam beberapa tipe sesuai dengan fungsinya [5,6] :

a. Rele Arus Lebih

Rele arus lebih adalah rele perlindungan yang bekerja bila arus yang mengalir pada saluran melebihi arus yang dipilih pada rele arus lebih tersebut. Rele ini merupakan rele yang paling sederhana bila dibandingkan dengan rele-rele yang lain. Hanya satu variabel yang dibutuhkan untuk mengoperasikan rele ini bekerja yaitu arus. Walaupun prinsipnya sederhana, rele ini mempunyai banyak karakteristik yang dapat dikembangkan hanya dengan variabel arus dan waktu.

b. Rele Arah

Rele arah bekerja bila arus gangguan mempunyai arah tertentu dan arah sebaliknya tidak bekerja. Apabila rele arah ini digabungkan sering dikatakan rele arus lebih terarah.

c. Rele Jarak

Rele jarak bekerja atas dasar perbandingan tegangan (V) dan arus (I) yang terukur pada lokasi dimana rele tersebut ditempatkan pada saat terjadi gangguan. Apabila V/I yang terukur lebih kecil dari V/I yang diamankan atau impedansi (Z) saluran yang diamankan maka rele bekerja. Sedangkan bila V/I yang terukur lebih besar dari impedansi saluran yang diamankan maka rele tidak bekerja.

d. Rele Differensial

Merupakan rele yang didesain bekerja berdasar perbedaan atau perbandingan antara arus masukan dan keluaran.

e. Rele Gangguan Tanah

Rele gangguan ketanah bekerja bila terjadi gangguan hubung singkat ke tanah atau antara fasa dengan tanah.

f. Rele Turun Tegangan

Apabila terjadi gangguan pada saluran yang menyebabkan tegangan sistem turun dibawah harga penyetelan rele ini, maka rele bekerja.

2.8 Rele Arus Lebih (*Over Current rele*)

Dalam pengaman sistem tenaga listrik, rele yang sering digunakan adalah rele arus lebih. Rele arus lebih adalah rele perlindungan yang bekerja bila arus yang mengalir pada saluran melebihi arus yang dipilih pada rele arus lebih tersebut.

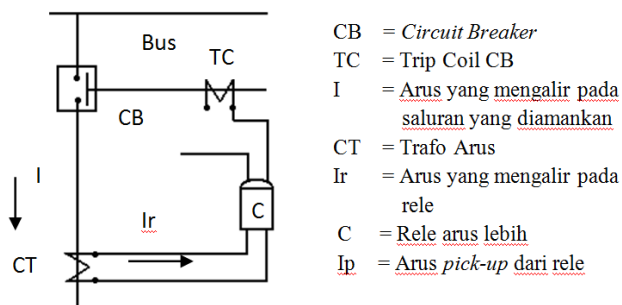
a. Prinsip Kerja Rele Arus Lebih

Rele arus lebih merupakan jenis rele yang bekerja berdasarkan besarnya arus masukan, dan apabila besarnya arus masukan melebihi harga tertentu yang dapat diatur maka rele arus lebih bekerja. Hanya satu variabel yang dibutuhkan untuk mengoperasikan rele lebih ini bekerja yaitu arus. Walaupun prinsipnya sederhana, rele ini mempunyai banyak karakteristik yang dapat dikembangkan hanya dengan variabel arus dan waktu.

b. Kontruksi Rele Arus Lebih

Gangguan-gangguan yang dapat diamankan pengaman arus lebih (*fase fault*) ini antara lain, gangguan hubung singkat antar fasa, tiga fasa dan tiga fasa ke tanah. Apabila arus beban melebihi nilai tertentu atau nilai seting pada rele maka rele ini akan bekerja. Untuk lebih jelasnya

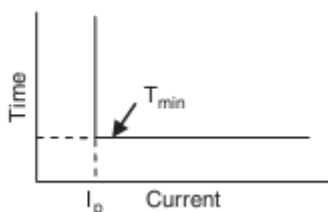
konstruksi rele arus lebih secara sederhana dapat dilihat pada Skema rele arus lebih pada **Gambar 2.3**



Gambar 2.3 Skema Rele Arus Lebih

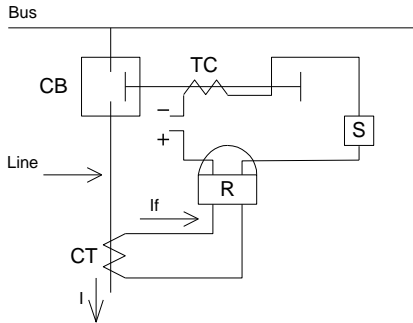
c. Rele Arus Lebih *Instant*

Prinsip kerja rele jenis ini adalah tanpa penundaan waktu, tapi masih bekerja dengan waktu cepat sebesar 0.1detik, pada umumnya kurang dari 0.05 detik, seperti terlihat pada **Gambar 2.4**



Gambar 2.4 Karakteristik Rele Arus Lebih *Instant*

Bekerjanya rele ini didasarkan besarnya arus gangguan hubung singkat yang dipilih. Pada seting koordinasi proteksi di sistem distribusi tegangan menengah disebut dengan *setting moment/instant*. Misal saat terjadi gangguan hubung singkat, membukanya CB dalam waktu cepat sekali, berarti gangguan hubung singkat yang terjadi adalah dengan arus yang sangat besar.

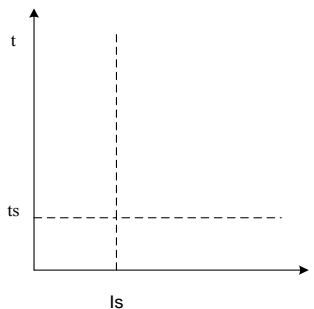


Gambar 2.5 Rangkaian rele arus lebih *instant*

Gambar 2.5 di atas adalah rangkaian OCR dengan karakteristik instant dimana bila karena adanya suatu hal sehingga arus yang mengalir melebihi harga yang diijinkan, maka harga I_r yang keluar dari sisi sekunder transformator arus juga akan naik melebihi dari arus setting rele sehingga rele bekerja. Kerja rele ini ditandai dengan menutupnya rangkaian rele. Karena merupakan rangkaian tertutup maka dengan adanya sumber tegangan dc maka *tripping coil* akan menarik kontak CB, sehingga CB terbuka. Untuk mengetahui bekerjanya rele, maka sering digunakan lampu indikator atau sinyal S yang dipasang antara rele dan *tripping coil*.

d. Rele arus lebih *definite*

Setelan proteksi dengan menggunakan karakteristik *definite time* yang di *setting* pada rele hanya didasarkan pada waktu kerjanya proteksi dengan tidak melihat besarnya arus gangguan. Kurva rele OCR dengan karakteristik definite dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.6 Karakteristik arus lebih *definite*

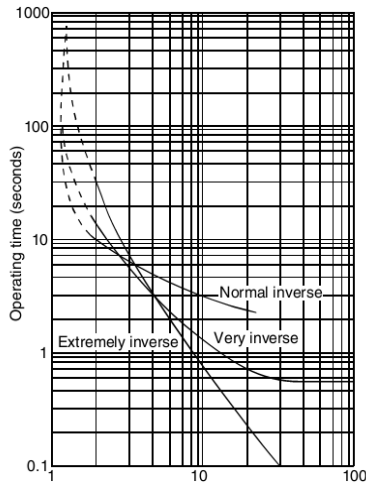
Gambar 2.6 menunjukkan karakteristik waktu dan arus rele definite, dengan ts merupakan setting waktu sesuai setelan. Keuntungan dari karakteristik *definite* adalah koordinasinya mudah dan waktu kerjanya tidak tergantung pada perubahan kapasitas pembangkit. Disamping keuntungan adapula kerugiannya, yaitu terjadi kumulasi waktu pada rele dihulu. Untuk sistem yang besar, arus gangguan besar dalam hal ini kumulatif waktu tidak digunakan. Dengan memasang rele kelambatan waktu, maka beroperasinya rangkaian akan tergantung pada setting waktu.

e. Rele arus lebih *inverse*

Peralatan rele proteksi dengan menggunakan karakteristik *inverse time relay*, karakteristik grafiknya terbalik antara arus dan waktu, dimana semakin besar arus gangguan hubung singkat maka semakin kecil waktu yang dibutuhkan untuk membuka pemutus (PMT) [7,8] sehingga dalam setingnya nanti rele jenis ini perlu mengetahui besarnya arus hubung singkat untuk tiap seksi di samping arus nominalnya serta kurva karakteristik rele. Karakteristik kerja rele arus lebih waktu invers di gambarkan dalam kurva arus-waktu atau yang biasa disebut *time-current characteristic (TCC)*. TCC adalah kurva dengan skala dalam *time dial*. Semakin besar *time dial*, maka semakin lama waktu operasi dari rele tersebut.

Keuntungan *inverse time overcurrent* rele, untuk kurva arus curam dengan pengamanan banyak seksi, rele dapat menekan akumulasi waktu di sisi hulu. Disamping itu kerugiannya sensitif terhadap perubahan pembangkit yang cukup besar.

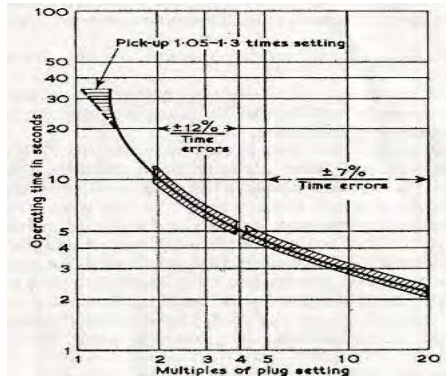
Karakteristik-karakteristik dari rele *inverse* dapat diGambarkan grafik seperti terlihat di **Gambar 2.7** karakteristik operasi *invers time* rele :



Gambar 2.7 Karakteristik Operasi Invers Time Rele

f. Pemilihan *Setting* Rele Arus Lebih

Penyetelan arus untuk rele arus lebih mempunyai batasan besarnya arus. Pada dasarnya batas penyetelan rele arus lebih adalah rele tidak boleh bekerja pada saat beban maksimum. Arus *setting*nya harus lebih besar dari arus beban maksimum.



Gambar 2.8 Batas Ketelitian Sting Arus Berdasarkan BS 142-1983 [4]

Berdasarkan **Gambar 2.8** batas penyetelan harus memperhatikan kesalahan pick up, menurut Standart British BS 142- 1983 batas

penyetelan antara nominal 1.05 – 1.3 I_{set} . Mengacu pada standart tersebut, pada tugas akhir ini lebih amannya menggunakan konstanta 1.2 I_{set}. Jadi untuk setingnya dapat dilihat sebagai berikut:

$$I_{set} \geq 1,2 \times I_{nominal}$$

$$I_s = \frac{I_{set}}{\text{rasio_ct}}$$

dimana :

$$I_s = \text{ arus seting}$$

Pemilihan tap yang digunakan = I_s / I_n

Seting arus actual $I_{set} = \text{tap} \times I_n \times \text{CT}$

Dicari nilai dibawahnya yang terdekat.

Pada penyetelan rele arus lebih juga harus memperhatikan batas maksimum seting , untuk alasan keamanan dan back up hingga ke sisi muara (*downstream*) estimasi seting ditetapkan :

$$I_{set} \leq 0,8 I_{sc2,min}$$

$I_{sc2,min}$ adalah arus hubung singkat dua fase dengan pembangkitan minimum yang terjadi diujung saluran seksi berikutnya. Besar arus ini diperoleh dari arus hubung singkat tiga fase pada pembangkitan minimum dikalikan 0,866. Mengacu pada konsep diatas persyaratan setelan arus dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$1,2 I_{maks} < I_{set} \leq 0,8 I_{sc2,min}$$

Untuk operasi yang selektif, apabila terdapat beberapa rele arus lebih pada suatu jaringan radial. Maka rele pada ujung yang terjauh dari sumber harus disetel untuk dapat bekerja pada waktu yang sesingkat mungkin. Untuk jenis rele arus yang lebih karakteristik inverse, setelan waktunya ditentukan pada saat arus gangguan maksimum.

2.9 Penyetelan Rele Arus Lebih

2.9.1 Setting Rele Arus Lebih Waktu Invers

Batas penyetelan rele arus lebih adalah rele tidak bekerja pada saat beban maksimum. Oleh karena itu *setting* arusnya harus lebih besar dari arus beban maksimum. *Rele* arus lebih memiliki setelan *pickup* dan setelan *time dial*. Pada rele arus lebih, besarnya arus *pickup* ini ditentukan dengan pemilihan *tap*. Adapun untuk menentukan besarnya *tap* yang digunakan dapat menggunakan persamaan berikut :

$$Tap = \frac{Iset}{CT_{primary}}$$

Iset adalah arus *pickup* dalam Ampere. Menurut standart British BS 142 batas penyetelannya adalah 1.05-1.3 Iset.

Setelan *time dial* menentukan waktu operasi rele. Untuk menentukan *time dial* dari masing-masing kurva karakteristik invers rele arus lebih dapat digunakan persamaan sebagai berikut [9]:

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

Di mana :

td = waktu operasi (detik)

T = *time dial*

I = nilai arus (Ampere)

Iset = arus *pickup* (Ampere)

k = koefisien invers 1 (lihat Tabel 2.2)

α = koefisien invers 2 (lihat Tabel 2.2)

β = koefisien invers 3 (lihat Tabel 2.2)

Tabel 2.2 Koefisien invers *time dial*

Tipe Kurva	Koefisien		
	k	α	β
<i>Standard Inverse</i>	0,14	0,02	2,970
<i>Very Inverse</i>	13,50	1,00	1,500
<i>Extremely Inverse</i>	80,00	2,00	0,808

2.9.2 Setting Rele Arus Lebih Instan

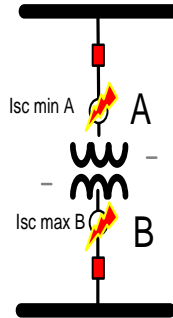
Rele arus lebih instan akan bekerja seketika jika ada arus lebih yang mengalir melebihi batas yang diijinkan. Dalam menentukan setelan *pickup* instan ini digunakan $I_{sc \min}$ yaitu arus hubung singkat 2 fasa pada pembangkitan minimum. Sehingga *setting* ditetapkan:

$$Iset \leq 0.8 I_{sc \min}$$

Untuk Pertimbangan khusus untuk pengaman *feeder* yang dipisahkan oleh trafo, koordinasi pengaman dibedakan menjadi dua daerah, yakni daerah *low voltage* (LV), dan daerah *high voltage* (HV)

seperti pada Gambar 2.9. Untuk menentukan *setting pickup* dengan syarat sebagai berikut:

$$I_{sc \max \text{ bus B}} \leq I_{set} \leq 0.8 I_{sc \min, A}$$



Gambar 2.9 Rele arus lebih pengamanan trafo

Di mana $I_{sc \max \text{ bus B}}$ merupakan arus hubung singkat tiga fasa maksimum pada titik B, sedangkan $I_{sc \min, A}$ adalah arus hubung singkat minimum pada titik A.

2.9.3 Koordinasi Berdasarkan Arus dan Waktu

Antara rele pengaman utama dan rele pengaman backup tidak boleh bekerja secara bersamaan. Untuk itu diperlukan adanya *time delay* antara rele utama dan rele *backup*. *Time delay* ini sering dikenal sebagai setelan *setting* kelambatan waktu (Δt) atau *grading time*. Perbedaan waktu kerja minimal antara rele utama dan rele *backup* adalah 0.2 – 0.35 detik [5]. Dengan spesifikasi sebagai berikut menurut standard IEEE 242 :

Waktu buka CB	: 0.04 – 0.1s (2-5 cycle)
<i>Overtravel</i> dari rele	: 0.1s
Faktor keamanan	: 0.12-0.22s

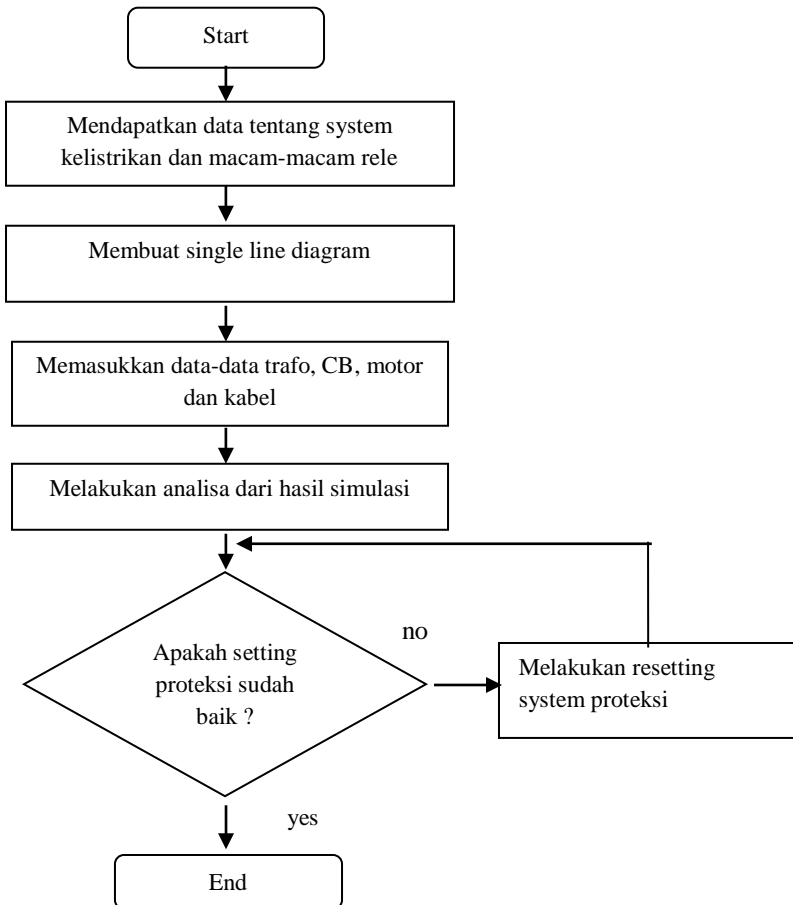
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 3

METODOLOGI DAN SISTEM KELISTRIKAN PT. PLN (PERSERO) Wilayah Pekanbaru

3.1. Metodologi Penelitian

Metodologi Penelitian yang digunakan dalam mengerjakan Tugas Akhir ini dapat dilihat pada **Gambar 3.1** di bawah ini.

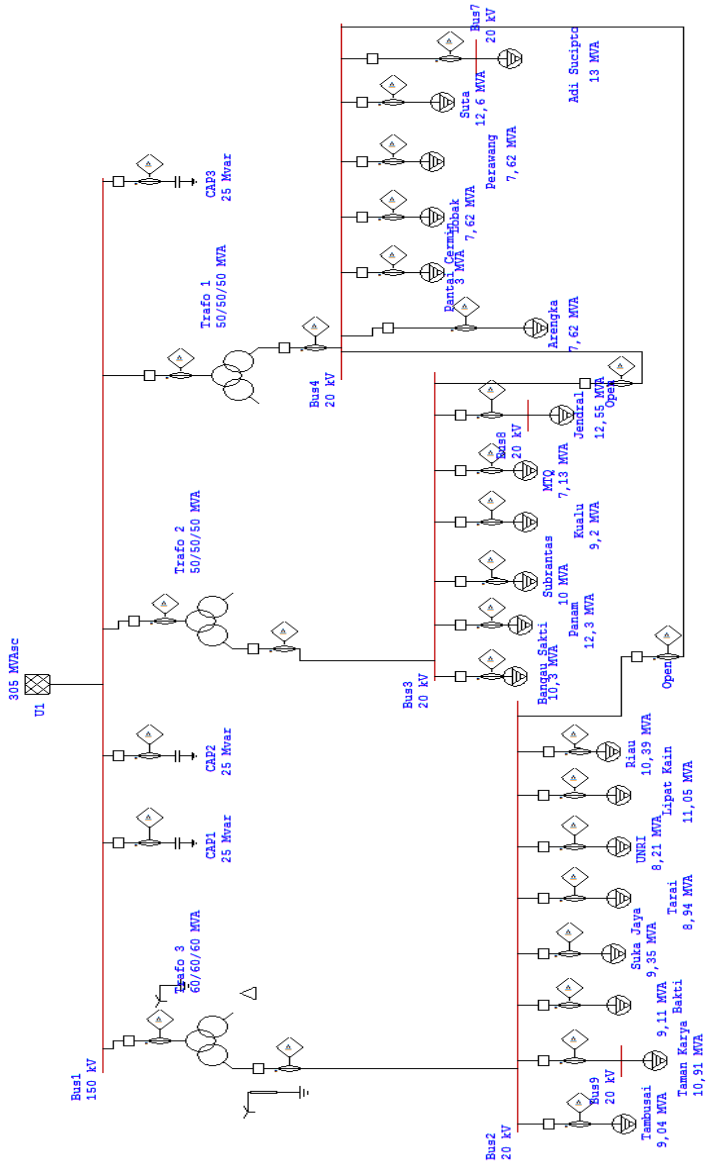


Gambar 3.1 Flowchart Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir.

Hal yang pertama dilakukan adalah mengumpulkan data-data dan literatur tentang system kelistrikan dan jenis – jenis rele di Gardu Induk Garuda Sakti, Panam-Pekanbaru. Setelah semua data terkumpul, dilanjutkan dengan membuat single line diagram ke dalam software ETAP dengan memasukkan semua data-data peralatan tersebut. Kemudian dilakukan analisis loadflow untuk menentukan arus-arus yang melewati masing-masing saluran, dan analisis hubung singkat untuk menentukan arus hubung singkat pada masing-masing bus. Langkah selanjutnya adalah menyimulasikan setelan rele pengaman apakah koordinasinya sudah baik atau tidak. Setelah dilakukan analisis dan pemberian rekomendasi, maka dapat ditarik suatu kesimpulan dan diakhiri dengan pembuatan laporan.

3.2 Sistem Kelistrikan PT. PLN (Persero) Wilayah Pekanbaru

Sistem distribusi bertujuan untuk menjaga kontinuitas dan kualitas tegangan agar tetap terjamin secara baik. Sehingga untuk mencapai tujuan tersebut diperlukan peralatan pengaman yang tepat dan terkoordinasi dengan baik antar peralatan pengaman sehingga bila terjadi gangguan, secepat mungkin dapat diisolir dan diperbaiki sehingga daerah yang mengalami pemadaman diusahakan seminimal mungkin. Sistem kelistrikan di Wilayah Pekanbaru menggunakan sistem transmisi 150KV dan 20KV dan menggunakan sistem distribusi dengan level tegangan 0,4KV dan 0,38KV. Sistem transmisi ini terdiri dari 26 penyulang (20 aktif, 6 spare).



Gambar 3.2 Single Line Diagram PT. PLN(Persero) Gardu

3.3. Sistem Kelistrikan Wilayah Pekanbaru

Gardu Induk Wilayah Pekanbaru (GI Garuda Sakti) merupakan salah satu Gardu Induk penyuplai listrik di Area Pekanbaru. Sistem kelistrikan di Gardu Induk Wilayah Pekanbaru (GI Garuda Sakti) ini terdiri dari 3 buah transformator utama step down 150/20 kV dengan kapasitas masing-masing Trafo 1 50 MVA, Trafo 2 50 MVA dan Trafo 3 60 MVA.

Tabel 3 .1 Data Transformator Daya Gardu Induk Garuda Sakti

Nama Trafo	Primer (KV)	Sekunder (KV)	Rating (KVA)
Trafo 1	150	20	50.000
Trafo 2	150	20	50.000
Trafo 3	150	20	60.000

Dari transformator utama tersebut, sistem terbagi lagi menjadi beberapa sistem radial dengan kapasitas transformator daya yang lebih kecil dengan tipe step down 20/0,4kV dan 20/0,38kV untuk menyuplai beban-beban pelanggan. Trafo 1 mempunyai 8 penyulang (2 spare) yang akan mengalirkan listrik ke masing-masing konsumen, trafo 2 juga mempunyai 8 penyulang(2 spare), sedangkan trafo 3 mempunyai 10 penyulang (2 spare).

3.3.1 Rating Tegangan

Pada system kelistrikan PT PLN Gardu Induk Garuda Sakti terdapat 4 rating tegangan yang digunakan, yaitu :

1. Tegangan 150 kV

Tegangan 150kV berada pada daerah Sumber PLN. Tegangan ini yang masuk pada Trafo di Gardu Induk Gilimanuk

2. Tegangan 20 kV

Tegangan ini berada di area jaringan distribusi PT.PLN

3. Tegangan 400 V

Tegangan ini berada pada daerah beban-beban pelanggan

4. Tegangan 380 V

Tegangan ini berada pada daerah beban-beban pelanggan

Dalam Tugas Akhir ini hanya menggunakan 2 rating tegangan yaitu tegangan 150 kv dan tegangan 20 kv.

3.3.2 Data Trafo

Pada Gardu Induk Garuda Sakti terdapat 3 trafo yang digunakan untuk mendistribusikan daya listrik ke pelanggan, dengan data sebagai berikut :

Tabel 3 .2 Data Lengkap Trafo Daya Gardu Induk Garuda Sakti

Nama Trafo		MVA	FLA (A)	Level Tegangan (KV)
Trafo 1	Primer	50	192,5	150
	Sekunder	50	1443	20
	Tersier	50	1443	20
Trafo 2	Primer	50	192,5	150
	Sekunder	50	1443	20
	Tersier	50	1443	20
Trafo 3	Primer	60	230,9	150
	Sekunder	60	1732	20
	Tersier	60	1732	20

3.3.3 Data Beban

Gardu Induk Garuda Sakti terdiri dari 25 penyulang/outgoing dengan data lengkap sebagai berikut :

Tabel 3.3 Data Beban Gardu Induk Garuda Sakti

No	Nama Trafo	Penyulang	Arus beban (A)	MVA Beban
1	Trafo 1	Arengka	220	7,62
2		Pantai Cermin	86	3,00
3		Lobak	220	7,62
4		Perawang	220	7,62
5		Suta	365	12,60
6	Trafo 2	Adi Sucipto	375	13,00
7		Jendral	361	12,50
8		MTQ	206	7,13
9		Kualu	265	9,20
10		Subrantas	287	10,00
11		Panam	355	12,30
12	Bangau Sakti	297	10,30	
13	Trafo 3	Tambusai	261	9,04
14		Taman Karya	315	10,91
15		Bakti	263	9,11
16		Suka Jaya	270	9,35
17		Tarai	258	8,94
18		UNRI	237	8,21
19		Lipat kain	319	11,05
20		RIAU	300	10,39

BAB 4

EVALUASI KOORDINASI SISTEM PROTEKSI GARDU INDUK GARUDA SAKTI

4.1 Analisa Arus Gangguan Hubung Singkat

Arus gangguan hubung singkat yang digunakan dalam analisis koordinasi pada Tugas Akhir ini adalah arus gangguan hubung singkat minimum 30 *cycle* dan arus gangguan hubung singkat maksimum 4 *cycle*. Arus hubung singkat minimum 30 *cycle* digunakan untuk menemukan *pickup setting* rele sehingga ketika ada gangguan hubung singkat rele dapat bekerja dengan instan atau sesuai dengan *time delay* yang ditentukan. Simulasi hubung singkat minimum 30 *cycle* dan hubung singkat maksimum 4 *cycle* dilakukan pada bus yang dipilih sebagai tipikal koordinasi yang dianalisis. Hasil simulasinya adalah sebagai berikut :

Tabel 4.1 *Tabel Isc min 30 cycle dan Isc max 4 cycle masing-masing bus*

Nama Bus	Tegangan (KV)	Isc Min 30 cycle (KA)	Isc Max 4 Cycle (KA)
Bus 1	150	1,02	2,93
Bus 2	20	4,23	14,27
Bus 3	20	3,92	12,22
Bus 4	20	3,92	10,68
Bus 7	20	3,92	10,68
Bus 8	20	3,92	12,22
Bus 9	20	4,23	14,27

4.2 Pemilihan Tipikal Koordinasi

Penentuan tipikal koordinasi perlu dilakukan untuk mempermudah *setting* koordinasi rele pengaman. Tipikal koordinasi dalam Tugas Akhir ini dibagi menjadi 3, yaitu :

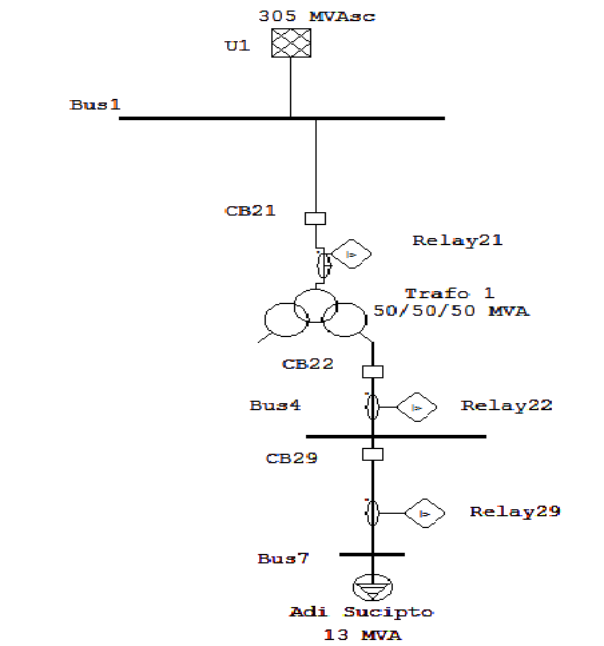
1. Tipikal Adi Sucipto.
2. Tipikal Jendral.
3. Tipikal Taman Karya.

Pemilihan tipikal koordinasi berdasarkan atas :

1. Saluran terpanjang
2. Beban terbesar
3. Perbedaan MVA trafo

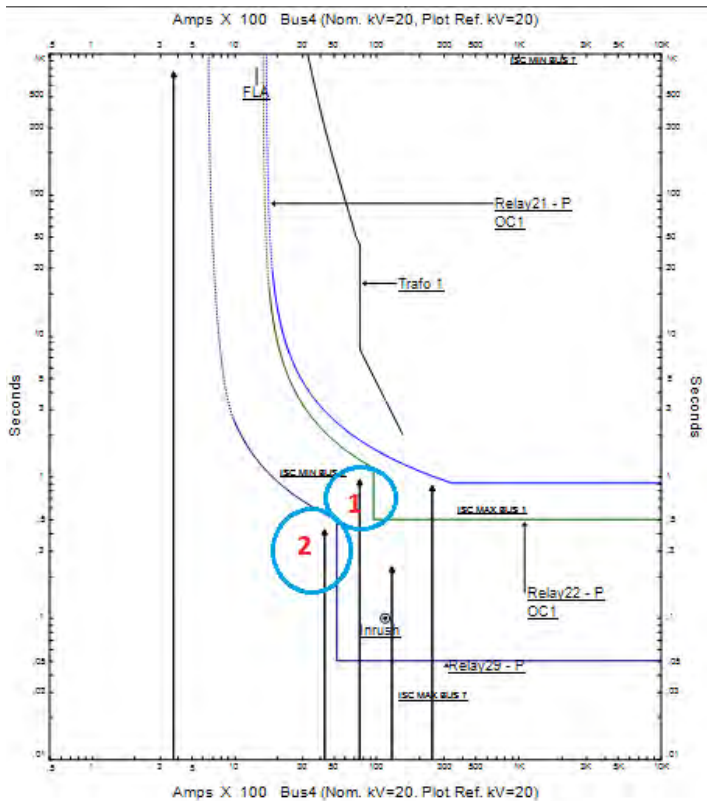
4.3 Setting Koordinasi Eksisting dan Resetting

4.3.1 Tipikal Adi Sucipto



Gambar 4.1 Tipikal Adi Sucipto

Pada tipikal Adi Sucipto ini terdapat 3 rele arus lebih dan 1 *Ground Fault Relay* (GFR). Adapaun hasil simulasi dari setting koordinasi eksisting tipikal Adi Sucipto ini adalah sebagai berikut :



Gambar 4.2 Kurva koordinasi eksisting Adi Sucipto

Dari pada **Gambar 4.2** kurva koordinasi eksisting Adi Sucipto, dapat kita lihat terdapat beberapa kesalahan koordinasi yang terjadi yaitu :

1. Pada tanda nomor 1, eksisting high set pada rele 22 tidak memenuhi standard ($1,05 \times FLA \leq I_{set} \leq 1,3 \times FLA$) . Ini merupakan settingan yang salah karena ketika terjadi gangguan hubung singkat minimum bus 1, rele 22 akan akan bekerja sangat lama karena mengenai kurva *inversnya*.
2. Pada tanda nomor 2, eksisting high set pada rele 22 tidak memenuhi standard ($1,05 \times FLA \leq I_{set} \leq 1,3 \times FLA$). Settingan ini salah karena ketika terjadi gangguan hubung singkat minimum bus 7, maka rele 29 akan bekerja sangat lama karena mengenai kurva *inversnya*.

Dari kesalahan eksisting rele yang tidak terkoordinasi, maka diperlukan pengaturan ulang (*resetting*) untuk mencapai koordinasi yang handal. Perhitungan ulang pengaturan eksisting rele adalah sebagai berikut:

❖ **Rele 29**

<i>Manufacturer</i>	= ABB
<i>Model</i>	= SPAJ 140C
Kurva	= <i>Standard Inverse Time</i>
Rasio CT	= 600/5
Isc Min 30 <i>Cycle</i> bus 7	= 3920 A
Isc Max 4 <i>Cycle</i> bus 7	= 1068 A
FLA	= $\frac{KVA}{\sqrt{3} \text{ KV}} = \frac{13000}{\sqrt{3} \cdot 20} = 375,3A$

Current Setting Low Set ($I >$)

$$\frac{1,05}{CT \text{ ratio}} I_n \times FLA \leq I_p \leq \frac{1,3}{CT \text{ ratio}} I_n \times FLA$$

$$\frac{1,05}{600} I_n \times 375,3 \leq I_p \leq \frac{1,3}{600} I_n \times 375,3$$

$$0,66 I_n \leq I_p \leq 0,81 I_n$$

$$\begin{aligned} \text{Dipilih Tap} &= \mathbf{0,7 \text{ In}} \\ \text{Nilai aktual Iset} &= 0,7 \times 600 = 420 \text{ A} \end{aligned}$$

Time Dial Setting

$$\begin{aligned} K &= \text{Time Dial} \\ K &= 0,15 \\ t_d &= \frac{0,14 \times K}{2,97 \times \left[\left(\frac{I_{sc \text{ max}}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1 \right]} \\ t_d &= \frac{0,14 \times 0,15}{2,97 \times \left[\left(\frac{10680}{400} \right)^{0,02} - 1 \right]} \\ t_d \text{ (waktu operasi)} &= 0,2 \end{aligned}$$

Current Setting High Set (I >>)

$$\begin{aligned} I_p &\leq \frac{0,8 \text{ Isc Min } 30 \text{ cycle Bus 7}}{600} \text{ In} \\ I_p &\leq \frac{0,8 \times 3920}{600} \text{ In} \\ I_p &\leq 5,23 \\ \text{Dipilih Tap} &= \mathbf{4,7 \text{ In}} \\ \text{Nilai aktual Iset} &= 4,7 \times 600 = 2820 \text{ A} \end{aligned}$$

Time Delay

$$\text{Pengaturan waktu (} t >> \text{)} = 0,1 \text{ s}$$

❖ **Rele 22**

$$\begin{aligned} \text{Manufacturer} &= \text{Siemens} \\ \text{Model} &= 7SJ62 \\ \text{Kurva} &= \text{Standard Inverse Time} \\ \text{Rasio CT} &= 2000/5 \\ \text{Isc Max 4 cycle Bus 4} &= 10680 \text{ A} \\ \text{Isc Min 30 Cycle Bus 4} &= 3920 \text{ A} \\ \text{FLA} &= \frac{\text{KVA}}{\sqrt{3} \text{ KV}} = \frac{50000}{\sqrt{3} \times 20} = 1443 \text{ A} \end{aligned}$$

Current Setting Low Set (I >)

$$\begin{aligned}\frac{1,05}{CT\ ratio} \times FLA &\leq I_p \leq \frac{1,3}{CT\ ratio} \times FLA \\ \frac{1,05}{2000/5} \times 1443 &\leq I_p \leq \frac{1,3}{2000/5} \times 1443 \\ 3,8 &\leq I_p \leq 4,7 \\ \text{Dipilih Tap} &= \mathbf{4\ A} \\ \text{Nilai aktual Iset} &= 4 \times \frac{2000}{5} = 1600\ A\end{aligned}$$

Time Dial Setting

$$\begin{aligned}K &= \text{Time Dial} \\ K &= 0,15 \\ t_d &= \frac{0,14 \times K}{2,97 \times \left[\left(\frac{I_{sc\ max}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1 \right]} \\ t_d &= \frac{0,14 \times 0,15}{2,97 \times \left[\left(\frac{10680}{1600} \right)^{0,02} - 1 \right]} \\ t_d (\text{waktu operasi}) &= 0,115\end{aligned}$$

Current Setting High Set (I >>)

$$\begin{aligned}I_p &\leq \frac{0,8\ I_{sc\ Min\ 30\ cycle\ Bus\ 7}}{CT\ ratio} \\ I_p &\leq \frac{0,8 \times 10680}{2000/5} \\ I_p &\leq 21,36 \\ \text{Dipilih Tap} &= \mathbf{7,5} \\ \text{Nilai aktual Iset} &= 7,5 \times \frac{2000}{5} = 3000\ A\end{aligned}$$

Time Delay

$$\text{Pengaturan waktu (} t \gg) = 0,3\ s$$

❖ **Rele 21**

<i>Manufacturer</i>	= Siemens
<i>Model</i>	= 7SJ62
<i>Kurva</i>	= <i>Standard Inverse Time</i>
<i>Rasio CT</i>	= 250/5
<i>Isc Min 30 Cycle bus 1</i>	= 1020 A
<i>Isc Max 4 Cycle Bus 1</i>	= 2930 A
<i>FLA</i>	= $\frac{\text{KVA}}{\sqrt{3} \text{ KV}} = \frac{50000}{\sqrt{3} \cdot 150} = 192,5 \text{ A}$

Current Setting Low Set (I >)

$\frac{1,05}{\text{CT ratio}} \times \text{FLA}$	$\leq I_p \leq \frac{1,3}{\text{CT ratio}} \times \text{FLA}$
$\frac{1,05}{250/5} \times 192,5$	$\leq I_p \leq \frac{1,3}{250/5} \times 192,5$
4,04	$\leq I_p \leq 5,005$
Dipilih Tap	= 5 A
Nilai aktual Iset	= $5 \times \frac{250}{5} = 250 \text{ A}$

Time Dial Setting

K	= Time Dial
K	= 0,15
t_d	= $\frac{0,14 \times K}{2,97 \times \left[\left(\frac{I_{sc \text{ max}}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1 \right]}$
t_d	= $\frac{0,14 \times 0,15}{2,97 \times \left[\left(\frac{2930}{250} \right)^{0,02} - 1 \right]}$
t_d (waktu operasi)	= 0,15

Current Setting High Set (I >>>)

I_p	$\leq \frac{0,8 \text{ Isc Min 30 cycle Bus 7}}{\text{CT ratio}}$
I_p	$\leq \frac{0,8 \times 2930}{250/5}$
I_p	$\leq 46,88$
Dipilih Tap	= 16

$$\text{Nilai aktual Iset} = 16 \times \frac{250}{5} = 800 \text{ A}$$

Time Delay

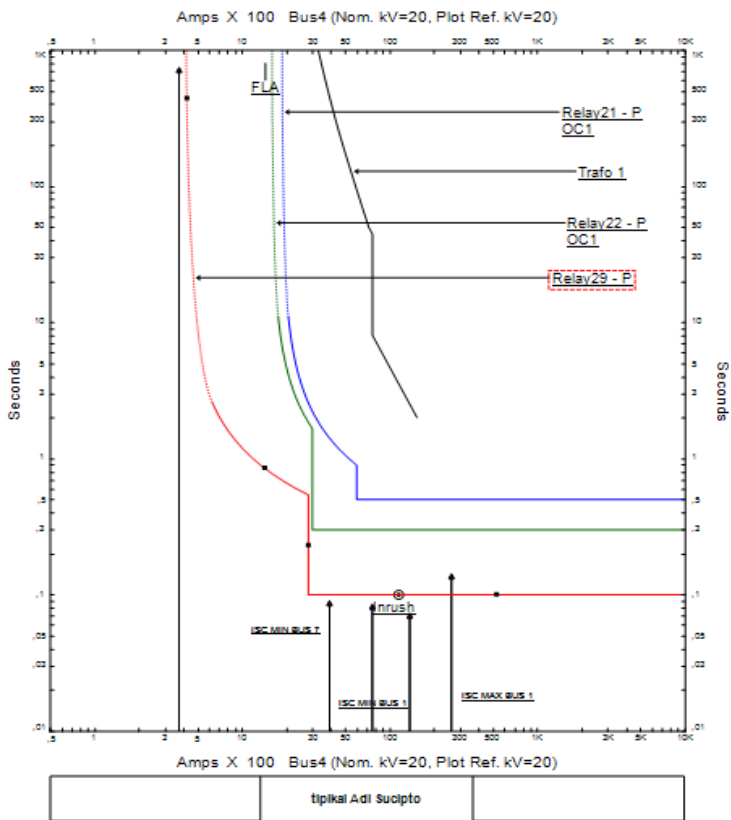
Pengaturan waktu ($t_{>>}$) = 0,5 s

Dari perhitungan diatas maka dapat dibuat perbandingan antara eksisting dan resetting sebagai berikut :

Tabel 4.2 *Tabel Perbandingan Eksisting dan Resetting Tipikal Adi Sucipto*

	Eksisting		Resetting	
Rele 29	ABB SPAJ 140C		ABB SPAJ 140C	
	CT = 600/5		CT = 600/5	
	Current Low Set	$1,1 \times 600 = 660$	Current Low Set	$0,7 \times 600 = 420$
	Time Dial	0,15	Time Dial	0,15
	Current High Set	$8,8 \times 600 = 5280$	Current High Set	$4,7 \times 600 = 2820$
	Time Delay	0,05	Time Delay	0,1 s
Rele 22	Siemens 7SJ62		Siemens 7SJ62	
	CT = 2000/5		CT = 2000/5	
	Current Low Set	$4 \times 2000/5 = 1600$	Current Low Set	$4 \times 2000/5 = 1600$
	Time Dial	0,3	Time Dial	0,15
	Current High Set	$23,85 \times 2000/5 = 9540$	Current High Set	$7,5 \times 2000/5 = 3000$
	Time Delay	0,5	Time Delay	0,3 s
Rele 21	Siemens 7SJ62		Siemens 7SJ62	
	CT = 250/5		CT = 250/5	
	Current Low Set	$4,5 \times 250/5 = 225$	Current Low Set	$5 \times 250/5 = 250$
	Time Dial	0,4	Time Dial	0,15
	Current High Set	-	Current High Set	$16 \times 250/5 = 800$
	Time Delay	-	Time Delay	0,5 s

Dari **Tabel 4.2** *Tabel Perbandingan Eksisting dan Resetting* Tipikal Adi Sucipto diatas, dapat dilihat bahwa ada banyak perubahan setting pada resetting dibandingkan dari setting eksisting. Gambar berwarna kuning menunjukkan perubahan setting tersebut. Pada Rele 29 terjadi perubahan pada setting low set, high set dan time delay. Sedangkan pada Rele 22 terjadi perubahan pada time dial, high set dan time delay. Terakhir pada Rele 21 terjadi perubahan pada semuanya.

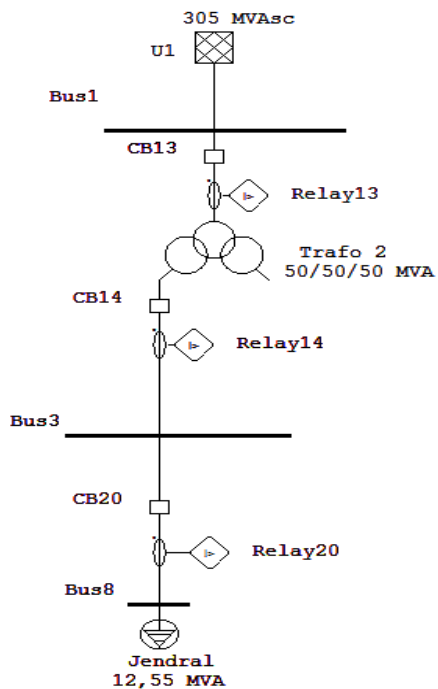


Gambar 4.3 Kurva hasil resetting koordinasi Tipikal Adi Sucipto

Pada **Gambar 4.3** Kurva hasil resetting koordinasi Tipikal Adi Sucipto di atas setting koordinasi rele yang terjadi setelah perhitungan resetting adalah :

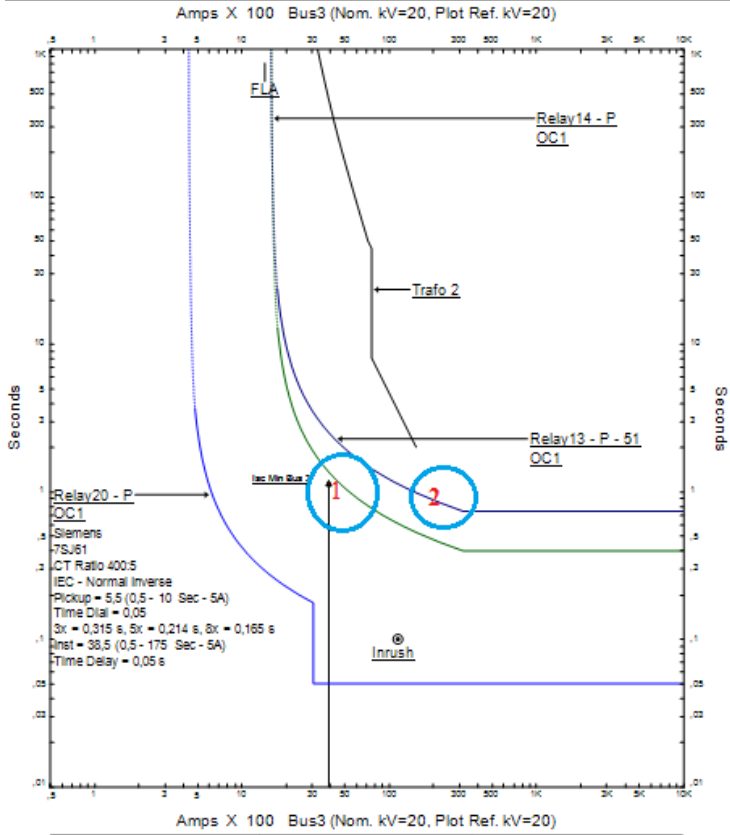
1. Bila terjadi I_{sc} min 30 cycle bus 7, maka pada rele 29 akan mengenai kurva instan dan urutan trip relenya adalah rele 29, rele 22 dan terakhir rele 21.
2. Bila terjadi I_{sc} min 30 cycle bus 1, maka pada rele 22 akan mengenai kurva instan dan dan urutan trip relenya adalah rele 29, rele 22 dan terakhir rele 21.

4.3.2 . Tipikal Jendral



Gambar 4.4 Tipikal Jendral

Pada tipikal Jendral ini terdapat 3 rele arus lebih yang harus dilihat setting koordinasinya, dan di analisa apakah terjadi kesalahan koordinasi pada rele-rele arus lebih gangguan fasa yang berada pada tipikal Jendral tersebut.



Gambar 4.5 Kurva koordinasi eksisting tipikal jendral

Dari **Gambar 4.5** Kurva koordinasi eksisting tipikal jendral, dapat kita lihat bahwa terjadi kesalahan koordinasi yaitu :

1. Pada tanda Lingkaran biru no 1, jika terjadi gangguan hubung singkat minimum maka rele 13 dan rele 14 akan bekerja sangat lama karena mengenai kurva inversnya (low set).
2. Pada tanda Lingkaran biru no 2, jika terjadi gangguan hubung singkat minimum maka rele 13 dan rele 14 akan bekerja sangat lama karena mengenai kurva inversnya (low set).

Dari kesalahan eksisting rele yang tidak terkoordinasi, maka diperlukan pengaturan ulang untuk mencapai koordinasi yang handal. Perhitungan ulang pengaturan/resetting eksisting rele adalah sebagai berikut:

❖ Relay 20

<i>Manufacturer</i>	= Siemens
<i>Model</i>	= 7SJ61
Kurva	= <i>Standard Inverse Time</i>
Rasio CT	= 400/5
Isc Min 30 Cycle bus-4m	= 3920 A
Isc Max 4 Cycle bus-4m	= 12200 A
FLA	= $\frac{\text{KVA}}{\sqrt{3} \text{ KV}} = \frac{12550}{\sqrt{3} \cdot 20} = 362,3 \text{ A}$

Current Setting Low Set (I >)

$$\frac{1,05}{CT \text{ ratio}} \times \text{FLA} \leq I_p \leq \frac{1,3}{CT \text{ ratio}} \times \text{FLA}$$

$$\frac{1,05}{400/5} \times 362,3 \leq I_p \leq \frac{1,3}{400/5} \times 362,3$$

$$4,8 \leq I_p \leq 5,9$$

Dipilih Tap = **5,5 A**

$$\text{Nilai aktual Iset} = 5,5 \times \frac{400}{5} = 440 \text{ A}$$

Time Dial Setting

K	= Time Dial
K	= 0,1

$$t_d = \frac{0,14 \times K}{2,97 \times \left[\left(\frac{I_{sc \max}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1 \right]}$$

$$t_d = \frac{0,14 \times 0,1}{2,97 \times \left[\left(\frac{12200}{400} \right)^{0,02} - 1 \right]}$$

$$t_d \text{ (waktu operasi)} = 0,21$$

Current Setting High Set ($I \gg$)

$$I_p \leq \frac{0,8 I_{sc \text{ Min } 30 \text{ cycle Bus } 1}}{CT \text{ ratio}}$$

$$I_p \leq \frac{0,8 \times 12200}{400/5}$$

$$I_p \leq 122$$

$$\text{Dipilih Tap} = 35$$

$$\text{Nilai aktual Iset} = 35 \times \frac{400}{5} = 2800 \text{ A}$$

Time Delay

$$\text{Pengaturan waktu (} t \gg \text{)} = 0,1 \text{ s}$$

❖ Relay 14

$$\text{Manufacturer} = \text{Siemens}$$

$$\text{Model} = 7SJ64$$

$$\text{Kurva} = \text{Standard Inverse Time}$$

$$\text{Rasio CT} = 2000/5$$

$$\text{Isc Max 4 cycle Bus 3} = 12200 \text{ A}$$

$$\text{Isc Min 30 Cycle Bus 3} = 3920 \text{ A}$$

$$\text{FLA} = \frac{\text{KVA}}{\sqrt{3} \text{ KV}} = \frac{50000}{\sqrt{3} \cdot 20} = 1443 \text{ A}$$

Current Setting Low Set ($I >$)

$$\frac{1,05}{CT \text{ ratio}} \times \text{FLA} \leq I_p \leq \frac{1,3}{CT \text{ ratio}} \times \text{FLA}$$

$$\frac{1,05}{2000/5} \times 1443 \leq I_p \leq \frac{1,3}{2000/5} \times 1443$$

$$3,8 \leq I_p \leq 4,7$$

$$\begin{aligned} \text{Dipilih Tap} &= 4 \text{ A} \\ \text{Nilai aktual Iset} &= 4 \times \frac{2000}{5} = 1600 \text{ A} \end{aligned}$$

Time Dial Setting

$$\begin{aligned} K &= \text{Time Dial} \\ K &= 0,14 \\ t_d &= \frac{0,14 \times K}{2,97 \times \left[\left(\frac{I_{sc \max}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1 \right]} \\ t_d &= \frac{0,14 \times 0,14}{2,97 \times \left[\left(\frac{12200}{1600} \right)^{0,02} - 1 \right]} \\ t_d \text{ (waktu operasi)} &= 0,12 \end{aligned}$$

Current Setting High Set (I >>)

$$\begin{aligned} I_p &\leq \frac{0.8 \text{ Isc Min } 30 \text{ cycle Bus } 3}{\text{CT ratio}} \\ I_p &\leq \frac{0.8 \times 10680}{2000/5} \\ I_p &\leq 21,36 \\ \text{Dipilih Tap} &= 7,5 \\ \text{Nilai aktual Iset} &= 7,5 \times \frac{2000}{5} = 3000 \text{ A} \end{aligned}$$

Time Delay

$$\text{Pengaturan waktu (} t \gg \text{)} = 0,3 \text{ s}$$

❖ **Relay 13**

$$\begin{aligned} \text{Manufacturer} &= \text{Siemens} \\ \text{Model} &= 7SJ62 \\ \text{Kurva} &= \text{Standard Inverse Time} \\ \text{Rasio CT} &= 250/5 \\ \text{Isc Min } 30 \text{ Cycle bus-1m} &= 1020 \text{ A} \\ \text{Isc Max } 4 \text{ Cycle Bus-1m} &= 2930 \text{ A} \\ \text{FLA} &= \frac{\text{KVA}}{\sqrt{3} \text{ KV}} = \frac{50000}{\sqrt{3} \cdot 150} = 192,5 \text{ A} \end{aligned}$$

Current Setting Low Set (I >)

$$\begin{aligned}\frac{1,05}{CT\ ratio} \times FLA &\leq I_p \leq \frac{1,3}{CT\ ratio} \times FLA \\ \frac{1,05}{250/5} \times 192,5 &\leq I_p \leq \frac{1,3}{250/5} \times 192,5 \\ 4,04 &\leq I_p \leq 5,005 \\ \text{Dipilih Tap} &= \mathbf{5\ A} \\ \text{Nilai aktual Iset} &= 5 \times \frac{250}{5} = 250\ A\end{aligned}$$

Time Dial Setting

$$\begin{aligned}K &= \text{Time Dial} \\ K &= 0,13 \\ t_d &= \frac{0,14 \times K}{2,97 \times \left[\left(\frac{I_{sc\ max}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1 \right]} \\ t_d &= \frac{0,14 \times 0,13}{2,97 \times \left[\left(\frac{2930}{250} \right)^{0,02} - 1 \right]} \\ t_d (\text{waktu operasi}) &= 0,15\end{aligned}$$

Current Setting High Set (I >>)

$$\begin{aligned}I_p &\leq \frac{0,8\ I_{sc\ Min\ 30\ cycle\ Bus\ 1}}{CT\ ratio} \\ I_p &\leq \frac{0,8 \times 1020}{250/5} \\ I_p &\leq 16,32 \\ \text{Dipilih Tap} &= \mathbf{16} \\ \text{Nilai aktual Iset} &= 16 \times \frac{250}{5} = 800\ A\end{aligned}$$

Time Delay

Pengaturan waktu ($t_{>>}$) = 0,5 s

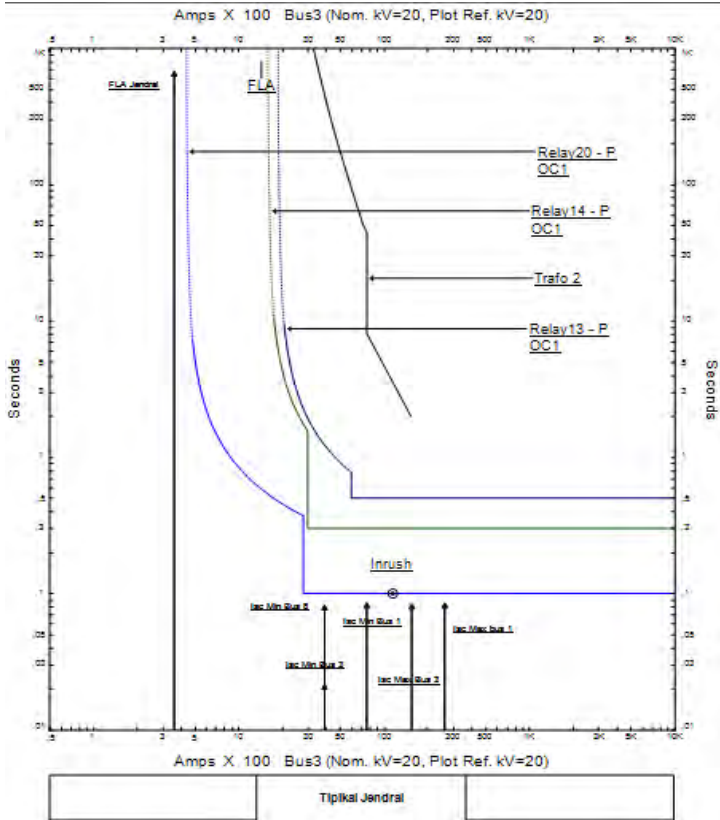
Dari perhitungan diatas maka dapat dibuat perbandingan antara eksisting dan reseting sebagai berikut :

Tabel 4.3 *Tabel perbandingan eksisting dan resetting tipikal jendral*

	Eksisting		Resetting	
Rele 20	Siemens 7SJ61		Siemens 7SJ61	
	CT = 400/5		CT = 400/5	
	Current Low Set	$5,5 \times 400/5 = 440$	Current Low Set	$5,5 \times 400/5 = 440$
	Time Dial	0,05	Time Dial	0,1
	Current High Set	$38,5 \times 400/5 = 3080$	Current High Set	$35 \times 400/5 = 2800$
	Time Delay	0,05	Time Delay	0,1 s
Rele 14	Siemens 7SJ64		Siemens 7SJ64	
	CT = 2000/5		CT = 2000/5	
	Current Low Set	$4 \times 2000/5 = 1600$	Current Low Set	$4 \times 2000/5 = 1600$
	Time Dial	0,175	Time Dial	0,14
	Current High Set	-	Current High Set	$7,5 \times 2000/5 = 3000$
	Time Delay	-	Time Delay	0,3 s
Rele 13	Siemens 7SJ62		Siemens 7SJ62	
	CT = 250/5		CT = 250/5	
	Current Low Set	$4,25 \times 250/5 = 212,5$	Current Low Set	$5 \times 250/5 = 250$
	Time Dial	0,325	Time Dial	0,13
	Current High Set	-	Current High Set	$16 \times 250/5 = 800$
	Time Delay	-	Time Delay	0,5 s

Dari **Tabel 4.3** *Tabel perbandingan eksisting dan resetting tipikal jendral* diatas, dapat dilihat bahwa ada banyak perubahan setting dari setting eksistingnya. Gambar berwarna kuning

menunjukkan perubahan setting tersebut. Pada rele 20 dan rele 14 terjadi perubahan pada time dial, high set dan time delay. Sedangkan pada rele 13 terjadi perubahan pada semuanya.

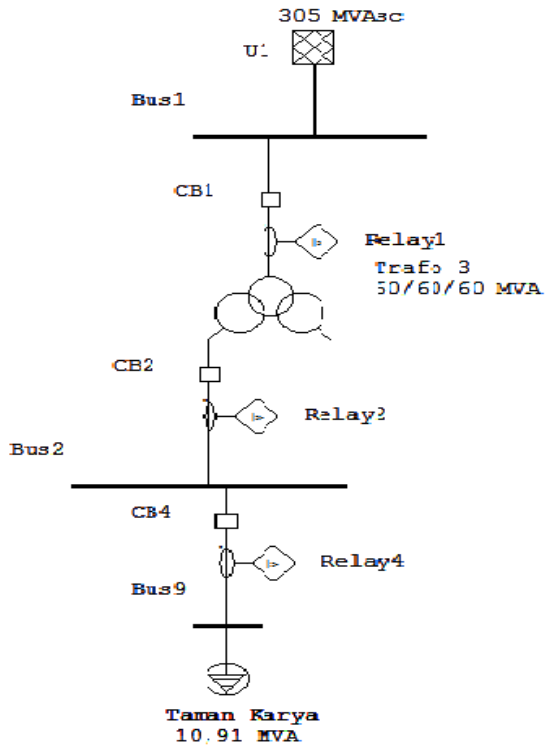


Gambar 4. 6 Kurva Hasil Resetting Koordinasi Tipikal jendral

Dari **Gambar 4. 6** Kurva Hasil Resetting Koordinasi Tipikal jendral dapat kita lihat hasil dari plot resetting yang sudah dihitung. Dari hasil plot tersebut dapat disimpulkan bahwa :

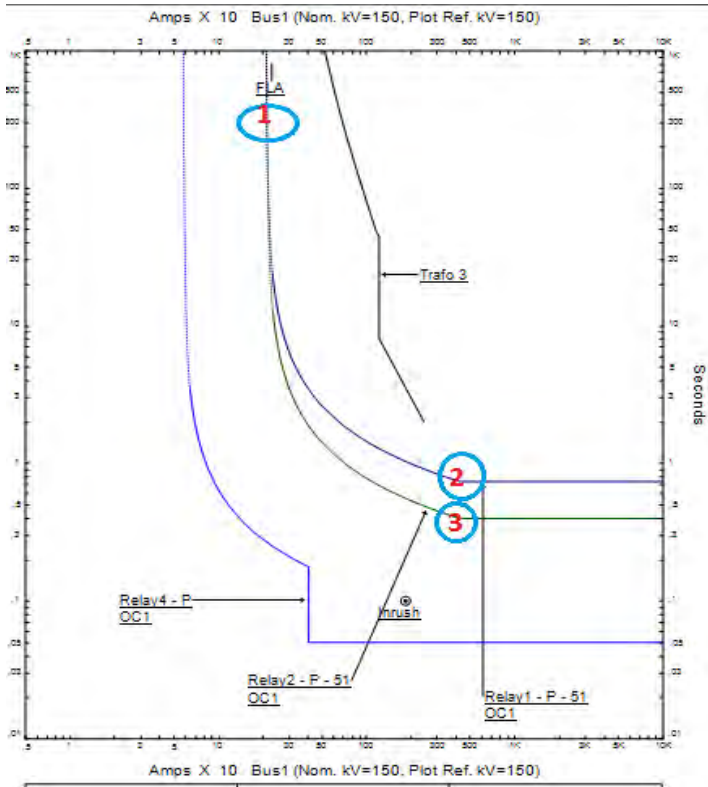
1. Pada tanda lingkaran biru 1, dipasang high set (instantaneous) supaya waktu rele bekerja lebih cepat.
2. Pada tanda lingkaran biru 1, dipasang high set (instantaneous) supaya waktu rele bekerja lebih cepat.

4.3.3 Tipikal Taman Karya



Gambar 4.7 *Tipikal Taman Karya*

Pada tipikal 3 terdapat 3 buah rele arus lebih dan 1 GFR. Hasil plot TCC tipikal taman karya adalah sebagai berikut :



Gambar 4. 8 Kurva Koordinasi Eksisting Tipikal Taman Karya

1. Pada tanda 1, dapat dilihat bahwa setting low set rele 1 dan rele 2 terletak disebelah kiri F.L.A Trafo 3. Hal itu akan menyebabkan trafo 3 akan trip sebelum terbebani secara penuh.
2. Pada tanda 2, terlihat tidak adanya setting high set (instantaneous)
3. Pada tanda 3, terlihat tidak adanya setting high set (instantaneous)

Dari kesalahan eksisting rele yang tidak terkoordinasi, maka diperlukan pengaturan ulang untuk mencapai koordinasi yang handal. Perhitungan ulang pengaturan/resetting eksisting rele adalah sebagai berikut:

❖ **Relay 4**

<i>Manufacturer</i>	= Siemens
<i>Model</i>	= 7SJ61
<i>Kurva</i>	= <i>Standard Inverse Time</i>
<i>Rasio CT</i>	= 400/5
<i>Isc Min 30 Cycle bus 9</i>	= 4230 A
<i>Isc Max 4 Cycle bus 9</i>	= 14270 A
<i>FLA</i>	= $\frac{\text{KVA}}{\sqrt{3} \text{ KV}} = \frac{10910}{\sqrt{3} \cdot 20} = 314,9 \text{ A}$

Current Setting Low Set (I >)

$$\frac{1,05}{CT \text{ ratio}} \times FLA \leq I_p \leq \frac{1,3}{CT \text{ ratio}} \times FLA$$

$$\frac{1,05}{400/5} \times 314,9 \leq I_p \leq \frac{1,3}{400/5} \times 314,9$$

$$4,13 \leq I_p \leq 5,12$$

Dipilih Tap = **5 A**

Nilai aktual Iset = $5 \times \frac{400}{5} = \mathbf{400 \text{ A}}$

Time Dial Setting

K = Time Dial

K = 0,05

$$t_d = \frac{0,14 \times K}{2,97 \times \left[\left(\frac{I_{sc \text{ max}}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1 \right]}$$

$$t_d = \frac{0,14 \times 0,05}{2,97 \times \left[\left(\frac{14270}{400} \right)^{0,02} - 1 \right]}$$

td (waktu operasi) = **0,22**

Current Setting High Set (I >>)

$$\begin{aligned} I_p &\leq \frac{0.8 \text{ Isc Min } 30 \text{ cycle Bus 9}}{\text{CT ratio}} \\ I_p &\leq \frac{0.8 \times 4230}{400/5} \\ I_p &\leq 42,3 \\ \text{Dipilih Tap} &= \mathbf{35} \\ \text{Nilai aktual Iset} &= 35 \times \frac{400}{5} = \mathbf{2800 \text{ A}} \end{aligned}$$

Time Delay

$$\text{Pengaturan waktu (} t >> \text{)} = \mathbf{0,1 \text{ s}}$$

❖ **Relay 2**

$$\begin{aligned} \text{Manufacturer} &= \text{Siemens} \\ \text{Model} &= 7SJ62 \\ \text{Kurva} &= \text{Standard Inverse Time} \\ \text{Rasio CT} &= 2000/5 \\ \text{Isc Min } 30 \text{ Cycle bus 2} &= 4230 \text{ A} \\ \text{Isc Max } 4 \text{ Cycle Bus 2} &= 14270 \text{ A} \\ \text{FLA} &= \frac{\text{KVA}}{\sqrt{3} \text{ KV}} = \frac{60000}{\sqrt{3} \times 20} = 1732 \text{ A} \end{aligned}$$

Current Setting Low Set (I >)

$$\begin{aligned} \frac{1,05}{\text{CT ratio}} \times \text{FLA} &\leq I_p \leq \frac{1,3}{\text{CT ratio}} \times \text{FLA} \\ \frac{1,05}{2000/5} \times 1732 &\leq I_p \leq \frac{1,3}{2000/5} \times 1732 \\ 4,55 &\leq I_p \leq 5,63 \\ \text{Dipilih Tap} &= \mathbf{5 \text{ A}} \\ \text{Nilai aktual Iset} &= 5 \times \frac{2000}{5} = 2000 \text{ A} \end{aligned}$$

Time Dial Setting

$$\begin{aligned} K &= \text{Time Dial} \\ K &= 0,1 \end{aligned}$$

$$t_a = \frac{0,14 \times K}{2,97 \times \left[\left(\frac{I_{sc \max}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1 \right]}$$

$$t_d = \frac{0,14 \times 0,1}{2,97 \times \left[\left(\frac{14270}{2000} \right)^{0,02} - 1 \right]}$$

td (waktu operasi) = 0,12

Current Setting High Set (I >>)

$$I_p \leq \frac{0.8 I_{sc \text{ Min } 30 \text{ cycle Bus 2}}}{CT \text{ ratio}}$$

$$I_p \leq \frac{0.8 \times 4230}{2000/5}$$

$$I_p \leq 8,46$$

Dipilih Tap = **8**

Nilai aktual Iset = $8 \times \frac{2000}{5} = \mathbf{3200 \text{ A}}$

Time Delay

Pengaturan waktu (t >>) = **0,3 s**

❖ **Relay 1**

Manufacturer = Siemens

Model = 7SJ61

Kurva = *Standard Inverse Time*

Rasio CT = 300/5

Isc Min 30 Cycle bus 2 = 1020 A

Isc Max 4 Cycle Bus 2 = 2930 A

FLA = $\frac{KVA}{\sqrt{3} \text{ KV}} = \frac{60000}{\sqrt{3} \times 150} = 230,9 \text{ A}$

Current Setting Low Set (I >)

$$\frac{1,05}{CT \text{ ratio}} \times FLA \leq I_p \leq \frac{1,3}{CT \text{ ratio}} \times FLA$$

$$\frac{1,05}{300/5} \times 230,9 \leq I_p \leq \frac{1,3}{300/5} \times 230,9$$

$$4,04 \leq I_p \leq 5,003$$

$$\begin{aligned} \text{Dipilih Tap} &= 5 \text{ A} \\ \text{Nilai aktual Iset} &= 5 \times \frac{300}{5} = 300 \text{ A} \end{aligned}$$

Time Dial Setting

$$\begin{aligned} K &= \text{Time Dial} \\ K &= 0,1 \\ t_d &= \frac{0,14 \times K}{2,97 \times \left[\left(\frac{I_{sc \text{ max}}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1 \right]} \\ t_d &= \frac{0,14 \times 0,1}{2,97 \times \left[\left(\frac{2930}{300} \right)^{0,02} - 1 \right]} \\ t_d \text{ (waktu operasi)} &= 0,14 \end{aligned}$$

Current Setting High Set (I >>)

$$\begin{aligned} I_p &\leq \frac{0.8 \text{ Isc Min } 30 \text{ cycle Bus } 1}{\text{CT ratio}} \\ I_p &\leq \frac{0.8 \times 1020}{300/5} \\ I_p &\leq 13,6 \\ \text{Dipilih Tap} &= 10 \\ \text{Nilai aktual Iset} &= 10 \times \frac{300}{5} = 600 \text{ A} \end{aligned}$$

Time Delay

$$\text{Pengaturan waktu (} t \gg) = 0,5 \text{ s}$$

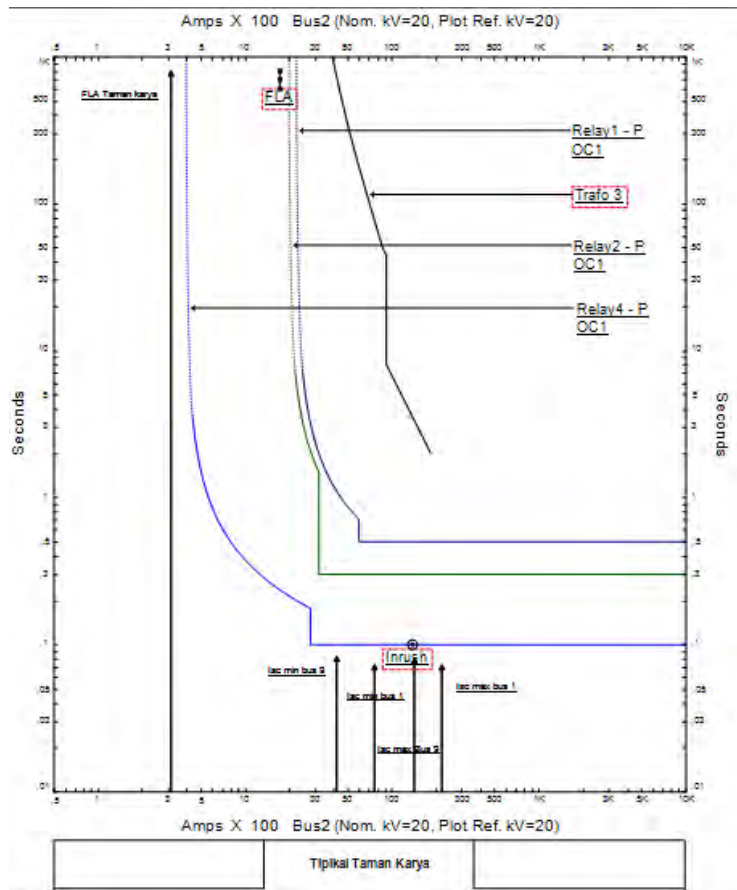
Dari perhitungan diatas maka dapat dibuat perbandingan antara eksisting dan resetting sebagai berikut :

Tabel 4. 4 Tabel Perbandingan eksisting dan resetting tipikal taman karya

	Eksisting		Resetting	
Rele 4	Siemens 7SJ61		Siemens 7SJ61	
	CT = 400/5		CT = 400/5	
	Current Low Set	$5,5 \times 400/5 = 440$	Current Low Set	$5 \times 400/5 = 400$
	Time Dial	0,05	Time Dial	0,05
	Current High Set	$38,5 \times 400/5 = 3080$	Current High Set	$35 \times 400/5 = 2800$
	Time Delay	0,05	Time Delay	0,1 s
Rele 2	Siemens 7SJ62		Siemens 7SJ62	
	CT = 2000/5		CT = 2000/5	
	Current Low Set	$4 \times 2000/5 = 1600$	Current Low Set	$5 \times 2000/5 = 2000$
	Time Dial	0,175	Time Dial	0,1
	Current High Set	-	Current High Set	$8 \times 2000/5 = 3200$
	Time Delay	-	Time Delay	0,3 s
Rele 1	Siemens 7SJ62		Siemens 7SJ62	
	CT = 300/5		CT = 300/5	
	Current Low Set	$3,541 \times 300/5 = 212,5$	Current Low Set	$5 \times 300/5 = 300$
	Time Dial	0,325	Time Dial	0,1
	Current High Set	-	Current High Set	$10 \times 300/5 = 600$
	Time Delay	-	Time Delay	0,5 s

Dari hasil perhitungan resetting di atas di dapatkan harga untuk masing-masing nilai setting seperti pada **Tabel 4.4**. Pada tabel di atas juga dapat kita lihat perbandingan dari eksisting dengan hasil resetting. Tabel yang berwarna kuning menunjukkan adanya perubahan setting dari eksistingnya. Pada rele 4 dan rele 2 terjadi

perubahan pada setting low set, high set dan time delay. Sedangkan pada rele 1 terjadi perubahan pada semua settingnya.



Gambar 4.9 Kurva hasil resetting koordinasi tipikal Taman Karya

Dari **Gambar 4.9** dapat kita lihat hasil dari plot resetting yang sudah dihitung, dari hasil plot dapat di simpulkan bahwa :

1. Pada tanda 1, koordinasi rele 1 dan rele 2 sudah safe karena setting low set nya sudah berada di sebelah kiri dari FLA trafo.
2. Pada tanda 2, telah dipasang high set (instantaneous) supaya waktu rele 2 bekerja lebih cepat.
3. Pada tanda 3, dipasang high set (instantaneous) supaya waktu rele 1 bekerja lebih cepat

4.3 Setting GFR

4.4.1 Tipikal Adi Sucipto

Perhitungan manual :

❖ Relay 22

<i>Manufacturer</i>	= Siemens
<i>Model</i>	= 7SJ62
<i>Kurva</i>	= <i>Definit time</i>
<i>Rasio CT</i>	= 300/5
<i>Isc Min 30 Cycle bus 2</i>	= 3920 A
<i>Isc Max 4 Cycle Bus 2</i>	= 10680 A
<i>FLA</i>	= $\frac{\text{KVA}}{\sqrt{3} \text{ KV}} = \frac{50000}{\sqrt{3} \times 20} = 1443 \text{ A}$
<i>NGR</i>	= 40 Ohm
<i>I_{GF}</i>	= 288

Current Setting High Set (I >>)

$$5\% \times \frac{\text{IGF}}{\frac{\text{CT ratio}}{288}} \leq \text{Iset} \leq 50\% \times \frac{\text{IGF}}{\frac{\text{CT ratio}}{288}}$$

$$5\% \times \frac{1443}{300/5} \leq \text{Iset} \leq 50\% \times \frac{1443}{300/5}$$

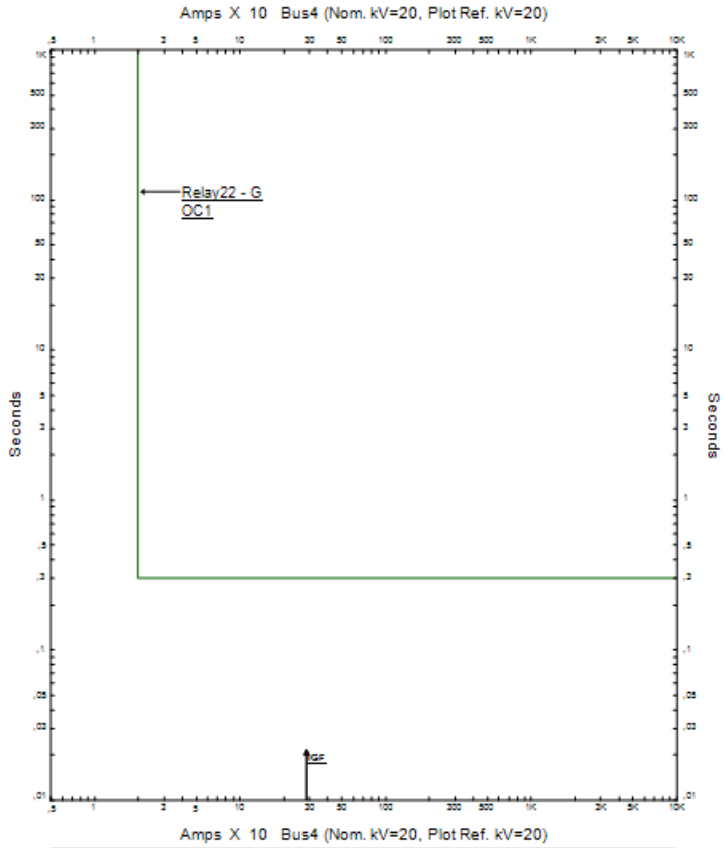
$$0,24 \leq \text{Iset} \leq 2,4$$

Dipilih Tap = **0,33 A**

$$\text{Nilai aktual Iset} = 0,33 \times \frac{300}{5} = 20 \text{ A}$$

Time Delay

$$\text{Pengaturan waktu (} t \gg \text{)} = 0,3 \text{ s}$$



Gambar 4. 10 Kurva Hasil setting Koordinasi Tipikal Adi Sucipto

Dari **Gambar 4. 10** Kurva Hasil setting Koordinasi Tipikal Adi Sucipto diatas dapat kita lihat bahwa bila terjadi gangguan fasa ke tanah, maka I_{GF} akan mengenai kurva instan rele 22 dan akan merespon dengan memerintahkan CB 22

untuk trip dengan cepat. Setting Ground Fault Relay ini aman (safe).

4.4.2 Tipikal Jendral

Perhitungan manual setting GFR Taman karya adalah :

❖ Relay 14

<i>Manufacturer</i>	= Siemens
<i>Model</i>	= 7SJ64
<i>Kurva</i>	= <i>Definit time</i>
<i>Rasio CT</i>	= 300/5
<i>Isc Min 30 Cycle bus 3</i>	= 3920 A
<i>Isc Max 4 Cycle Bus 3</i>	= 12220 A
<i>FLA</i>	= $\frac{\text{KVA}}{\sqrt{3} \text{ KV}} = \frac{50000}{\sqrt{3} \times 20} = 1443 \text{ A}$
<i>NGR</i>	= 40 Ohm
<i>I_{GF}</i>	= 288

Current Setting High Set (I >>)

$$5\% \times \frac{\text{IGF}}{\text{CT ratio}} \leq \text{Iset} \leq 50\% \times \frac{\text{IGF}}{\text{CT ratio}}$$

$$5\% \times \frac{288}{300/5} \leq \text{Iset} \leq 50\% \times \frac{288}{300/5}$$

$$0,24 \leq \text{Iset} \leq 2,4$$

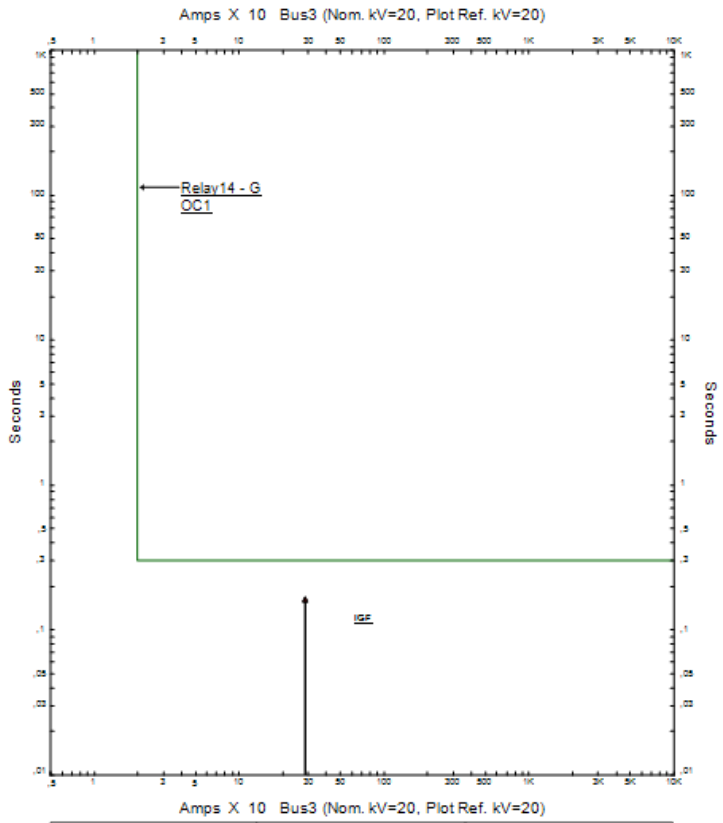
$$\text{Dipilih Tap} = \mathbf{0,33 \text{ A}}$$

$$\text{Nilai aktual Iset} = 0,33 \times \frac{300}{5} = \mathbf{20 \text{ A}}$$

Time Delay

$$\text{Pengaturan waktu (} t >> \text{)} = \mathbf{0.3 \text{ s}}$$

Dari perhitungan diatas maka didapatkan hasil simulasinya sebagai berikut :



Gambar 4. 11 Kurva Hasil setting Koordinasi Tipikal Jendral

Dari **Gambar 4.11** Kurva Hasil setting Koordinasi Tipikal Jendral diatas dapat kita lihat bahwa bila terjadi gangguan fasa ke tanah, maka I_{GF} akan mengenai kurva instan rele 22 dan akan merespon dengan memerintahkan CB 22 untuk trip dengan cepat. Setting Ground Fault Relay ini aman (safe).

4.4.3 Tipikal Taman Karya

Perhitungan manual setting GFR Taman karya adalah :

❖ Relay 2

<i>Manufacturer</i>	= Siemens
<i>Model</i>	= 7SJ62
<i>Kurva</i>	= <i>Definit time</i>
<i>Rasio CT</i>	= 300/5
<i>Isc Min 30 Cycle bus 2</i>	= 4230 A
<i>Isc Max 4 Cycle Bus 2</i>	= 14270 A
<i>FLA</i>	= $\frac{\text{KVA}}{\sqrt{3} \text{ KV}} = \frac{60000}{\sqrt{3} \times 20} = 1732 \text{ A}$
<i>NGR</i>	= 40 Ohm
V_{in}	= 11,55
I_{GF}	= 288

Current Setting High Set (I >>)

$$5\% \times \frac{IGF}{CT \text{ ratio}} \leq Iset \leq 50\% \times \frac{IGF}{CT \text{ ratio}}$$

$$5\% \times \frac{288}{300/5} \leq Iset \leq 50\% \times \frac{288}{300/5}$$

$$0,24 \leq Iset \leq 2,4$$

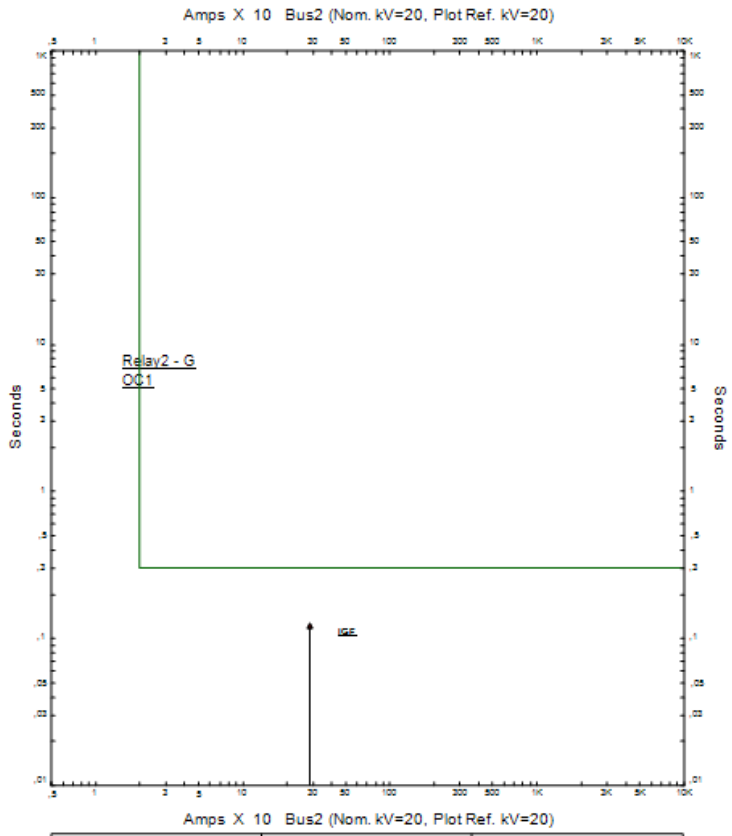
$$\text{Dipilih Tap} = \mathbf{0,33 \text{ A}}$$

$$\text{Nilai aktual Iset} = 0,33 \times \frac{300}{5} = \mathbf{20 \text{ A}}$$

Time Delay

$$\text{Pengaturan waktu (} t >> \text{)} = \mathbf{0.3 \text{ s}}$$

Dari perhitungan diatas maka didapatkan hasil simulasinya sebagai berikut :



Gambar 4. 12 Kurva Hasil setting Koordinasi Tipikal Taman karya

Dari **Gambar 4. 12** Kurva Hasil setting Koordinasi Tipikal Taman karya diatas dapat kita lihat bahwa bila terjadi gangguan fasa ke tanah, maka I_{GF} akan mengenai kurva instan rele 22 dan akan merespon dengan memerintahkan CB 22 untuk trip dengan cepat. Setting Ground Fault Relay ini aman (safe).

Halaman ini sengaja di kosongkan

BAB 5

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi koordinasi rele pengaman sistem tenaga listrik pada Gardu Induk Garuda Sakti yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Terdapat beberapa *setting* rele yang kurang tepat dengan koordinasi antar rele yang kurang baik, terutama pada *setting pick-up* yang tidak memenuhi Standard British BS 142- 1983.
2. Terdapat beberapa Setting rele yang belum mempunyai *setting pick-up instantaneous*.
3. Terdapat beberapa setting rele yang tidak memperhatikan *grading time*, sehingga apabila rele-rele bekerja bersamaan maka pelayanan listrik pada daerah yang tidak mengalami gangguan akan ikut mati.

5.2 Saran

Setelah melakukan studi pengamatan *setting existing*, perhitungan manual, dan hasil simulasi *software* ETAP 7.0.0 dari data Gardu Induk Garuda Sakti, maka saran yang penulis berikan adalah : Hasil dari perhitungan dan koordinasi rele pengaman dari laporan tugas akhir ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk *setting* rele pada sistem kelistrikan industri yang terkait dan juga dapat dijadikan bahan referensi dalam melakukan *setting* dan koordinasi pada sistem kelistrikan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

1. SPLN 52-3 : 1983, "*Pola Pengaman Sistem Bagian Tiga, Sistem Distribusi 6 kV dan 20 kV*", Perusahaan Umum Listrik Negara, Jakarta, Pasal 4, 1983.
2. Penangsang, Ontoseno, "*Diktat Kuliah Analisis Sistem Tenaga Jilid 2*", Teknik Elektro ITS, Surabaya, Bab 1, 2006.
3. Hewitson, L.G. (et al), "*Practical Power Systems Protection*", Elsevier Ltd., USA, Ch.1, 2004
4. Wahyudi, Ir. R. "*Diktat Kuliah Pengaman Sistem Tenaga Listrik*", Teknik Elektro ITS, Surabaya, 2011.
5. Gurevich, Vladimir, "*Electric Relays, Principle and Application*", CRC Press, USA, Ch. 10, 2006.
6. Anderson, P.M., "*Power System Protection*", McGraw-Hill, USA, 1998.
7. Gers, Juan M., dan Holmes, Edward J., "*Protection of Electrical Distribution Network 2nd Edition*", The Institution of Electrical Engineers, London, Ch. 5, 2004.
8. Prévé, Christophe, "*Protection of Electrical Networks*", ISTE Ltd., London, Ch. 7, 9, 2006.
9. Trip Curve, "*IEC-SIT-SIT-A-10PU_1*", Schneider Electric, 2008

Halaman ini sengaja dikosongkan

BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Hasrizal Rusyumi. Lahir di Simpang kubu pada tanggal 9 Maret 1988. Anak pertama dari pasangan Rusydi dan Misnar ini mengawali pendidikannya di MIM Simpang Kubu dan SD Muhammadiyah bangkinang 1994-2000, kemudian melanjutkan ke MTs Al-Ittihad Rumbai selama setahun pada 2000 dan menyelesaikan pendidikan tingkat SMP pada MTs Darun Na'im Simpang Kubu pada tahun 2003. Setelah lulus dari SMA Negeri Plus Propinsi Riau pada tahun 2006, penulis melanjutkan pendidikannya di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Jurusan Teknik Elektro, Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga. Penulis dapat dihubungi di alamat *email* Haze_izal@yahoo.co.id.



Halaman ini sengaja dikosongkan