



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - EE 184801

EVALUASI KOORDINASI PROTEKSI AKIBAT ADANYA
KEGAGALAN RELAY PADA PENYULANG
ANGGASWANGI DAN PENYULANG TAWANGSARI DI
GARDU INDUK BABADAN 150 KV

Abyad
NRP 0711154000036

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Margo Pujiantara, M.T.
Dr. Ir. Soedibyo, M.MT.

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



TUGAS AKHIR - EE 184801

**EVALUASI KOORDINASI PROTEKSI AKIBAT ADANYA
KEGAGALAN RELAY PADA PENYULANG
ANGGASWANGI DAN PENYULANG TAWANGSARI DI
GARDU INDUK BABADAN 150 KV**

Abyad
NRP 0711154000036

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Margo Pujiantara, M.T.
Dr. Ir. Soedibyo, M.MT.

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



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - EE 184801

***EVALUATION OF PROTECTION COORDINATION DUE
TO THE FAILURE OF RELAYS AT ANGGASWANGI
FEEDER AND TAWANGSARI FEEDER AT BABADAN
SUBSTATION 150 KV***

Abyad
NRP 0711154000046

Supervisors
Dr. Ir. Margo Pujiantara, M.T.
Dr. Ir. Soedibyo, M.MT.

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

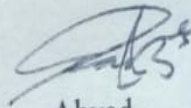
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi keseluruhan Tugas akhir saya dengan judul "EVALUASI KOORDINASI PROTEKSI AKIBAT ADANYA KEGAGALAN RELAY PADA PENYULANG ANGGASWANGI DAN PENYULANG TAWANGSARI DI GARDU INDUK BABADAN 150 KV" adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

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

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

Surabaya, Mei 2019



Abyad

0711154000036

**EVALUASI KOORDINASI PROTEKSI AKIBAT ADANYA
KEGAGALAN RELAY PADA PENYULANG
ANGGASWANGI DAN PENYULANG TAWANGSARI DI
GARDU INDUK BABADAN 150 KV**

TUGAS AKHIR

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

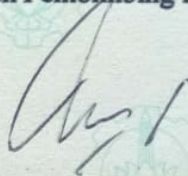
Pada

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

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



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

Dr. Ir. Soedibyo, M.MT.
NIP. 195512071980031004



Halaman ini sengaja dikosongkan

EVALUASI KOORDINASI PROTEKSI AKIBAT ADANYA KEGAGALAN *RELAY* PADA PENYULANG ANGGASWANGI DAN PENYULANG TAWANGSARI DI GARDU INDUK BABADAN 150 KV

Nama mahasiswa : Abyad
Dosen Pembimbing I : Dr. Ir. Margo Pujiantara, M.T.
Dosen Pembimbing II : Dr. Ir. Soedibyo, M.MT.

ABSTRAK

PT PLN (Persero) di Gardu Induk (GI) Babadan 150 kV menggunakan sistem distribusi radial dengan komponen kelistrikan yang memerlukan perhatian lebih pada segi koordinasi proteksi sistem kelistrikannya terutama pada koordinasi proteksi rele arus lebih, rele *directional ground*, dan rele *ground fault*. PT PLN (Persero) di GI Babadan 150 kV masih memerlukan banyak pembaharuan dan juga peningkatan kualitas dari rele pengaman tersebut. Oleh sebab itu diusulkan topik tugas akhir ini sebagai evaluasi *setting* sistem koordinasi proteksi pada PT PLN (Persero) di GI Babadan 150 kV ataupun pengembangan pada sistem proteksi rele arus lebih, rele *directional ground*, dan rele *ground fault* kedepannya.

Pada topik ini dilakukan perhitungan nilai untuk *setting* rele arus lebih, *setting* rele *directional ground*, *setting* rele *ground fault* pada sistem kelistrikan PT PLN (Persero) di GI Babadan 150 kV. Pada tugas akhir ini digunakan untuk memodelkan, menyimulasikan, dan menganalisa koordinasi proteksi penyulang Anggaswangi dan penyulang Tawang Sari serta perhitungan nilai kerja rele arus lebih, rele *directional ground*, dan rele *ground fault* guna meminimalisir kerusakan yang diakibatkan oleh gangguan yang terjadi pada sistem.

Kata kunci: (*koordinasi proteksi, rele arus lebih, rele directional ground, rele ground fault, perhitungan proteksi*)

Halaman ini sengaja dikosongkan

***EVALUATION OF PROTECTION COORDINATION
DUE TO THE FAILURE OF RELAYS AT
ANGGASWANGI FEEDER AND TAWANGSARI
FEEDER AT BABADAN SUBSTATION 150 KV***

Student Name : Abyad
Supervisor I : Dr. Ir. Margo Pujiantara, M.T.
Supervisor II : Dr. Ir. Soedibyo, M.MT.

ABSTRACT

PT PLN (Persero) at Babadan Substation 150 kV uses a radial distribution system with requires more attention in terms of protection of the electrical system more in the coordination of its own relay. PT PLN (Persero) at Babadan Substation 150 kV still requires a lot of renewal as well as improved quality of these safety releases. Therefore, proposing the topic of this final project as an assessment of the protection system arrangements at PT PLN (Persero) at Babadan Substation 150 kV or developing on overcurrent relay, directional ground relay, and ground fault relay system more in the future.

In this topic, the calculation of overcurrent relay setting, directional ground relay setting, and ground fault relay setting in PT PLN (Persero) at Babadan Substation 150 kV electricity system. This final project function is used to mode,conclude and analyze the protection of feeder from Anggaswangi and Tawangasari feeder and the calculation of overcurrent relay, directional ground relay, and ground fault relay which aim to minimize the damage caused by interference and faults that occur in the system.

Key Word: (protection coordination, overcurrent relay, directional ground relay, ground fault relay, protection calculation)

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmat dan kasih-Nya penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Evaluasi Koordinasi Proteksi Akibat Adanya Kegagalan Relay Pada Penyulang Anggaswangi dan Penyulang Tawang Sari di Gardu Induk Babadan 150 KV”.

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan jenjang pendidikan S1 pada Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Atas selesainya penyusunan tugas akhir ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT serta Nabi Muhammad SAW atas rahmat dan hidayah yang begitu melimpah yang diberikan pada penulis.
2. Abdul Azis dan Nur Diana sebagai orang tua penulis yang telah memberikan dukungan yang tak terhingga sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT., dan Bapak Dr. Ir. Soedibyo, M.MT. Selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan dan perhatiannya selama proses penyelesaian tugas akhir ini.
4. Seluruh dosen dan karyawan Departemen Teknik Elektro ITS yang telah memberikan banyak ilmu dan menciptakan suasana belajar yang luar biasa.
5. Teman-teman seperjuangan e55 yang telah menemani dan memberikan dukungan selama masa kuliah sampai penyusunan tugas akhir ini.
6. Teman-teman Laboratorium Instrumentasi Pengukuran dan Identifikasi Sistem Tenaga yang selalu membantu penulis dalam hal akademik hingga penulisan tugas akhir ini.
7. Sahabat-sahabat saya Ngurah Adi Brahmantia Putra, Hadwim Septiawan, I Gede Arka Prawira Putra, dan Muhammad Renaldy Jovananda yang senantiasa membantu dan bertukar ilmu dalam penulisan riset ini.
8. Teman-teman Robotika ITS yang turut memberikan pengalaman berharga bagi penulis selama penulis menyelesaikan perkuliahan di Teknik Elektro ITS.
9. Teman-teman PMMB PLN ITS BATCH 1 yang membantu dan bertukar ilmu dalam penulisan riset ini.

Besar harapan penulis bahwa hasil tugas akhir ini mampu memberikan dampak positif baik bagi riset-riset berikutnya atau bagi pihak yang membutuhkan. Manusia pasti berbuat salah, tetapi penulis berharap adanya koreksi, kritik, dan saran yang mampu menyempurnakan tugas akhir ini di masa mendatang.

Surabaya, Mei 2019

Abyad

DAFTAR ISI

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 TUJUAN.....	2
1.4 BATASAN MASALAH.....	2
1.5 METODOLOGI	2
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN	3
1.7 RELEVANSI.....	3
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA	5
2.1 GANGGUAN HUBUNG SINGKAT	5
2.1.1 Perhitungan Hubung Singkat	5
2.1.2 Jenis-jenis Hubung Singkat.....	7
2.2 TIPE RELE PADA SISTEM DISTRIBUSI DAN FAKTOR PEMILIHAN RELE	8
2.3 RELE ARUS LEBIH	9
2.4 TIPE KURVA RELE ARUS LEBIH	10
2.4.1 Rele Arus Lebih Waktu Instan	11
2.4.2 Rele Arus Lebih Waktu Kerja Tertentu	11
2.4.3 Rele Arus Lebih Waktu Inverse	11
2.5 GROUND FAULT RELAY (GFR)	12
2.6 DIRECTIONAL GROUND RELAY (DGR).....	13
2.7 COORDINATION TIME INTERVAL (CTI).....	14
BAB 3 SISTEM KELISTRIKAN PT PLN (PERSERO) WILAYAH SIDOARJO	15

3.1	SISTEM KELISTRIKAN PT. PLN (PERSERO) WILAYAH SIDOARJO	15
3.2	DATA SISTEM PROTEKSI EXISTING GARDU INDUK BABADAN 150 KV	16
BAB 4 HASIL SIMULASI DAN ANALISIS.....		19
4.1	SKEMA KOORDINASI PROTEKSI PADA GARDU INDUK BABADAN 150 KV	19
4.1.1	Tipikal 1 : OCR Penyulang Anggaswangi	19
4.1.2	Tipikal 2 : OCR Penyulang Tawangsari.....	20
4.1.3	Tipikal 3 : DGR dan GFR Penyulang Anggaswangi	21
4.1.4	Tipikal 4 : DGR dan GFR Penyulang Tawangsari	22
4.2	DATA SISTEM PROTEKSI EXISTING GARDU INDUK BABADAN 150 KV	23
4.2.1	Data Sistem Proteksi Existing OCR Tipikal 1	23
4.2.2	Data Sistem Proteksi Existing OCR Tipikal 2	27
4.2.3	Data Sistem Proteksi Existing DGR dan GFR Tipikal 3	31
4.2.4	Data Sistem Proteksi Existing DGR dan GFR Tipikal 4	35
4.3	PERHITUNGAN DAN ANALISIS HASIL SIMULASI RESETING RELAY PADA SISTEM KELISTRIKAN GARDU INDUK BABADAN 150 KV	39
4.3.1	Perhitungan Resetting Relay OCR pada Tipikal 1.....	40
4.3.2	Perhitungan Resetting Relay OCR pada Tipikal 2.....	45
4.3.3	Perhitungan Resetting Relay DGR dan GFR pada Tipikal 3	47
4.3.4	Perhitungan Resetting Relay DGR dan GFR pada Tipikal 4	50
4.4	HASIL PERHITUNGAN RESETING RELAY DENGAN PERHITUNGAN SISTEM KELISTRIKAN EXISTING	51
BAB 5 PENUTUP.....		59
5.1	KESIMPULAN	59
5.2	SARAN	59
DAFTAR PUSTAKA		61
BIODATA PENULIS		63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Rangkaian Ekvivalen untuk Menghitung Arus pada Kondisi Normal.....	6
Gambar 2. 2	Rangkaian Ekvivalen untuk Menghitung Arus Hubung Singkat.....	7
Gambar 2. 3	Cara Kerja Rele Arus Lebih pada Rangkaian	10
Gambar 2. 4	Rele Arus Lebih Waktu Instan.....	11
Gambar 2. 5	Rele Arus Lebih Waktu Kerja Tertentu.....	11
Gambar 2. 6	Rele Gangguan Tanah	13
Gambar 2. 7	Rele Gangguan Tanah Terarah	14
Gambar 3. 1	<i>Single Line Diagram</i> Sistem Kelistrikan PT PLN (Persero) Gardu Induk Babadan 150 KV.....	15
Gambar 4. 1	Skema Koordinasi Tipikal 1 Penyulang Anggaswangi ...	20
Gambar 4. 2	Skema Koordinasi Tipikal 2 Penyulang Tawangsari	21
Gambar 4. 3	Skema Koordinasi Tipikal 3 Penyulang Anggaswangi dengan <i>Level</i> Tegangan 150 KV	22
Gambar 4. 4	Skema Koordinasi Tipikal 3 Penyulang Anggaswangi dengan <i>Level</i> Tegangan 20 KV.....	22
Gambar 4. 5	Skema Koordinasi Tipikal 4 Penyulang Tawangsari dengan <i>Level</i> Tegangan 150 KV	23
Gambar 4. 6	Skema Koordinasi Tipikal 4 Penyulang Tawangsari dengan <i>Level</i> Tegangan 20 KV	23
Gambar 4. 7	Skema Koordinasi Proteksi Tipikal 1	24
Gambar 4. 8	Kurva Koordinasi <i>Existing</i> Tipikal 1 Hubung Singkat 3 Fasa Maksimum 4 <i>Cycle</i> pada Bus Penyulang Anggaswangi	26
Gambar 4. 9	Kurva Koordinasi <i>Existing</i> Tipikal 1 Hubung Singkat 3 Fasa Minimum 30 <i>Cycle</i> pada Bus Penyulang Anggaswangi	27
Gambar 4. 10	Skema Koordinasi Proteksi Tipikal 2	28
Gambar 4. 11	Kurva Koordinasi <i>Existing</i> Tipikal 2 Hubung Singkat 3 Fasa Maksimum 4 <i>Cycle</i> pada Bus Penyulang Tawangsari.....	30
Gambar 4. 12	Kurva Koordinasi <i>Existing</i> Tipikal 2 Hubung Singkat 3 Fasa Minimum 30 <i>Cycle</i> pada Bus Penyulang Tawangsari.....	31

Gambar 4. 13	Skema Koordinasi Proteksi Tipikal 3 dengan <i>Level</i> Tegangan 150 KV.....	32
Gambar 4. 14	Skema Koordinasi Proteksi Tipikal 3 dengan <i>Level</i> Tegangan 20 KV.....	32
Gambar 4. 15	Kurva Koordinasi <i>Existing</i> Tipikal 3 Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah pada Penyulang Anggaswangi <i>Level</i> Tegangan 150 KV.	34
Gambar 4. 16	Kurva Koordinasi <i>Existing</i> Tipikal 3 Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah pada Penyulang Anggaswangi <i>Level</i> Tegangan 20 KV.....	35
Gambar 4. 17	Skema Koordinasi Proteksi Tipikal 4 dengan <i>Level</i> Tegangan 150 KV.....	36
Gambar 4. 18	Skema Koordinasi Proteksi Tipikal 4 dengan <i>Level</i> Tegangan 20 KV.....	36
Gambar 4. 19	Kurva Koordinasi <i>Existing</i> Tipikal 4 Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah pada Penyulang Tawangsari <i>Level</i> Tegangan 150 KV	38
Gambar 4. 20	Kurva Koordinasi <i>Existing</i> Tipikal 4 Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah pada Penyulang Tawangsari <i>Level</i> Tegangan 20 KV	39
Gambar 4. 21	Kurva Koordinasi <i>Resetting</i> Tipikal 1 Hubung Singkat 3 Fasa Minimum 30 <i>Cycle</i> pada Bus Penyulang Anggaswangi.....	44
Gambar 4. 22	Kurva Koordinasi <i>Resetting</i> Tipikal 2 Hubung Singkat 3 Fasa Minimum 30 <i>Cycle</i> pada Bus Penyulang Tawangsari.....	47
Gambar 4. 23	Kurva Koordinasi <i>Resetting</i> Tipikal 3 Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah pada Penyulang Anggaswangi <i>Level</i> Tegangan 20 KV	49
Gambar 4. 24	Kurva Koordinasi <i>Resetting</i> Tipikal 4 Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah pada Penyulang Tawangsari <i>Level</i> Tegangan 20 KV.....	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Koefisien Kurva Rele <i>Inverse</i> MiCOM Tipe P127 dan Tipe P141.....	12
Tabel 2. 3 Waktu CTI Rele.....	14
Tabel 3. 1 Data Transformator Daya Gardu Induk Babadan.....	16
Tabel 3. 2 Data Rele Arus Lebih Gardu Induk Babadan 150 kV	16
Tabel 4. 1 Data <i>Existing</i> Rele Tipikal 1	25
Tabel 4. 2 Data Arus Hubung Singkat Tiga Fasa Maksimum 4 <i>Cycle</i>	25
Tabel 4. 3 Data Arus Hubung Singkat Tiga Fasa Minimum 30 <i>Cycle</i>	26
Tabel 4. 4 Data <i>Existing</i> Rele Tipikal 2	28
Tabel 4. 5 Data <i>Existing</i> Rele Tipikal 2 (lanjutan).....	29
Tabel 4. 6 Data Arus Hubung Singkat Tiga Fasa Maksimum 4 <i>Cycle</i>	29
Tabel 4. 7 Data Arus Hubung Singkat Tiga Fasa Minimum 30 <i>Cycle</i>	29
Tabel 4. 8 Data <i>Existing</i> Rele Tipikal 3	33
Tabel 4. 9 Data Arus Hubung Singkat Tiga Fasa ke Tanah	33
Tabel 4. 10 Data <i>Existing</i> Rele Tipikal 4	37
Tabel 4. 11 Data Arus Hubung Singkat Tiga Fasa ke Tanah	37
Tabel 4. 12 Perbandingan Hasil <i>Existing</i> dan <i>Resetting OCR</i> Tipikal 1	52
Tabel 4. 13 Perbandingan Hasil <i>Existing</i> dan <i>Resetting OCR</i> Tipikal 1 (lanjutan)	53
Tabel 4. 14 Perbandingan Hasil <i>Existing</i> dan <i>Resetting OCR</i> Tipikal 2	53
Tabel 4. 15 Perbandingan Hasil <i>Existing</i> dan <i>Resetting OCR</i> Tipikal 2 (lanjutan)	54
Tabel 4. 16 Perbandingan Hasil <i>Existing</i> dan <i>Resetting DGR dan GFR</i> Tipikal 3	55
Tabel 4. 17 Perbandingan Hasil <i>Existing</i> dan <i>Resetting DGR dan GFR</i> Tipikal 3 (lanjutan).....	56
Tabel 4. 18 Perbandingan Hasil <i>Existing</i> dan <i>Resetting</i>	

	<i>DGR dan GFR</i> Tipikal 4.....	56
Tabel 4. 19	Perbandingan Hasil <i>Existing</i> dan <i>Resetting</i> <i>DGR dan GFR</i> Tipikal 4 (lanjutan).....	57

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem distribusi tenaga listrik 20 KV di Jawa Timur umumnya beroperasi secara radial karena jangkauan yang luas, biaya murah, dan dengan keandalan kontinuitas penyaluran minimal tingkat-2 (pemadaman dalam orde kurang dari 1 jam serta mengisolasi penyebab gangguan dan pemulihan penyaluran kurang dari 1 jam) dengan menggunakan penghantar SUTM (Saluran Udara Tegangan Menengah).

Dalam sistem distribusi tenaga listrik 20 KV masalah yang sering terjadi adalah hubung singkat fasa ke fasa diproteksi dengan *Over Current Relay* (OCR) sedangkan untuk gangguan fasa ke tanah diproteksi dengan *Directional Ground Relay* (DGR) dan *Ground Fault Relay* (GFR). Selain itu adanya sampah jaringan adalah sesuatu yang seharusnya tidak ada di jaringan yang bisa menyebabkan gangguan. Oleh karena itu, sistem koordinasi proteksi diperlukan kepastian aman pada setiap harinya dilakukan survei jaringan untuk melihat adanya sampah jaringan seperti pohon, hewan, dan layang-layang. Pada kesempatan ini salah satu kemungkinan penyebabnya diangkat sebagai permasalahan dengan menganalisa kembali arus hubung singkat pada penyulang Anggaswangi dan penyulang Tawangsari untuk melakukan evaluasi koordinasi proteksi dengan cara *resetting* rele agar menjadi lebih cepat dan selektif dikarenakan adanya kegagalan rele pada kedua penyulang tersebut. Analisa hubung singkat yang dilakukan tiga fasa pada *Over Current Relay* (OCR) dan *Directional Ground Relay* (DGR) pada penyulang Anggaswangi dan penyulang Tawangsari.

1.2 Permasalahan

Permasalahan yang ada akan dibahas pada tugas akhir ini adalah :

1. Kondisi rele-rele pengaman yang terpasang di penyulang Anggaswangi dan penyulang Tawangsari.
2. Besarnya arus gangguan yang terjadi di penyulang-penyulang tersebut.
3. Besarnya nilai *setting* yang digunakan pada *relay Over Current Relay* (OCR), *Directional Ground Relay* (DGR), dan *Ground Fault Relay* (GFR)
4. Koordinasi dan setelan yang tepat.

1.3 Tujuan

Penelitian tugas akhir ini bertujuan untuk :

1. Memodelkan, menyimulasikan, dan menganalisa koordinasi proteksi penyulang Anggaswangi dan penyulang Tawangsari.
2. Mengetahui besarnya *Time Dial Setting* (TDS) yang digunakan pada *Over Current Relay* (OCR), *Directional Ground Relay* (DGR), dan *Ground Fault Relay* (GFR).

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang dibahas pada topik tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Pengaturan hanya dilakukan pada rele arus lebih, rele *directional ground*, rele *ground fault* pada tipikal yang ditentukan.
2. Pengaturan hanya pada rele arus lebih (ANSI 50/51), rele *directional ground* (ANSI 67G), dan rele *ground fault* (ANSI 50G).
3. Data yang digunakan untuk perhitungan nilai diambil dari hasil simulasi ETAP 12.6.0 pada *plant* PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur.
4. *Resetting* untuk perhitungan nilai *setting* proteksi dilakukan pada *software* ETAP 12.6.0.

1.5 Metodologi

Metodologi yang akan digunakan penulis dalam proses penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Pengumpulan Data
Mengumpulkan data *Existing* dari penyulang Anggaswangi dan penyulang Tawangsari lengkap beserta dengan spesifikasi tiap peralatan untuk kemudian di modelkan dalam *Single Line Diagram* (SLD) yang nantinya kemudian akan disimulasikan.
2. Permodelan dan Simulasi
Setelah mendapatkan single line diagram kemudian dilakukan studi short circuit dengan menggunakan software ETAP 12.6 untuk mengetahui besar arus gangguan. Selanjutnya dilakukan koordinasi proteksi.
3. Evaluasi Nilai Setting Proteksi
Setelah melakukan simulasi koordinasi proteksi kemudian akan dibandingkan dengan standar dari IEEE. Dari hasil analisis

kemudian akan diperoleh rekomendasi apakah hasil *setting* yg muncul masih aman atau telah melebihi standar sehingga diperlukan penyetulan ulang sistem koordinasi proteksi.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam tugas akhir ini terdiri atas lima bab dengan uraian sebagai berikut :

Bab 1 : Pendahuluan

Bab ini membahas tentang penjelasan mengenai latar belakang, permasalahan dan batasan masalah, tujuan, metode penelitian, sistematika pembahasan, dan relevansi.

Bab 2 : Tinjauan Pustaka

Bab ini membahas mengenai dasar teori yang digunakan untuk menunjang penyusunan tugas akhir ini.

Bab 3 : Perancangan dan Pemodelan

Bab ini membahas mengenai perancangan dan pemodelan perhitungan nilai proteksi pada sistem kelistrikan PT PLN (Persero).

Bab 4 : Simulasi dan Analisis

Bab ini membahas hasil dari simulasi untuk mencari nilai proteksi dari *resetting* koordinasi proteksi rele arus lebih, rele *directional ground*, rele *ground fault*.

Bab 5 : Penutup

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari hasil tugas akhir yang telah dikerjakan dan juga saran yang dapat diberikan untuk pengembangan hasil tugas akhir ini kedepannya.

1.7 Relevansi

Hasil tugas akhir ini diharapkan mampu membawa pengaruh positif, terutama pada evaluasi perhitungan *setting* koordinasi proteksi arus lebih, proteksi *directional ground*, dan proteksi *ground fault* untuk perhitungan nilai proteksi pada rele sistem kelistrikan *existing*.

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

Pada dasarnya fungsi dari proteksi sistem tenaga listrik untuk membatasi waktu gangguan ketika terjadi kegagalan peralatan, serta untuk meminimalisir kerusakan pada peralatan/sistem ketika terjadi gangguan. Malfungsi pada sebuah sistem pada dasarnya tidak dapat diprediksi, tetapi desain dan pemeliharaan pada peralatan kelistrikan dapat mengurangi terjadinya permasalahan pada sistem. Sistem kelistrikan seharusnya didesain untuk dapat menjaga dirinya dari gangguan dengan sendirinya..

2.1 Gangguan Hubung Singkat

Dalam sistem tenaga listrik gangguan adalah keadaan tidak normal dimana kondisi ini akan mengakibatkan terganggunya pelayanan tenaga listrik. Pada sistem tenaga listrik gangguan yang terjadi sangat beragam besaran dan jenisnya. Gangguan yang sering muncul berupa gangguan hubung singkat (*short circuit*). Gangguan hubung singkat dalam sistem tenaga listrik dapat dikelompokkan ke dalam 2 jenis yaitu gangguan hubung singkat simetri dan gangguan hubung singkat tak simetri (asimetri). Gangguan yang termasuk jenis gangguan hubung singkat simetri adalah gangguan hubung singkat tiga fasa ketanah sedangkan untuk gangguan yang termasuk gangguan hubung singkat asimetri adalah gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah, gangguan hubung singkat dua fasa, dan gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah. Gangguan asimetri ini menyebabkan fasa yang mengalami gangguan akan mengalami arus lebih sedangkan pada fasa yang tidak terganggu akan mengalami kenaikan tegangan.

2.1.1 Perhitungan Hubung Singkat

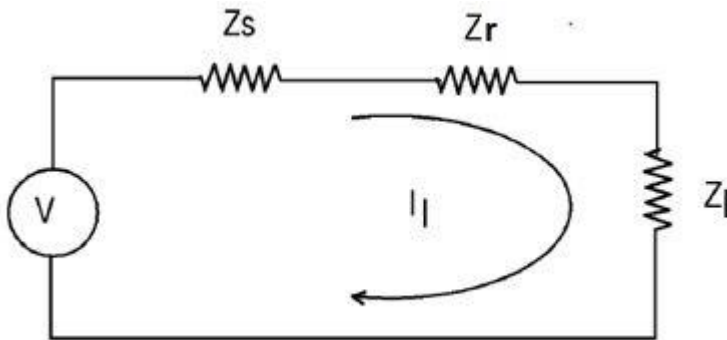
Pada suatu sistem tenaga arus hubung singkat mengakibatkan kerusakan yang besar karena hubung singkat biasanya memiliki besar arus yang lebih besar daripada arus beban. Sangat berbahaya pada operasi normal sistem tenaga jika memiliki arus yang besar. Pertama, suatu sistem menjadi sangat panas karena hubung singkat konduktor dimana sistem tidak didesain untuk kondisi seperti itu. Akibat dari arus ini mengakibatkan tekanan mekanik pada konduktor karena dapat memutarbalikkan belitan transformator dan merusak isolasi serta

mengakibatkan kerusakan fisik yang lain. Hukum Ohm merupakan hukum paling dasar untuk menentukan magnitude arus hubung singkat, dimana arus yang mengalir pada impedansi jaringan berhubungan dengan tegangan :

$$I = \frac{V}{Z} \quad (2.1)$$

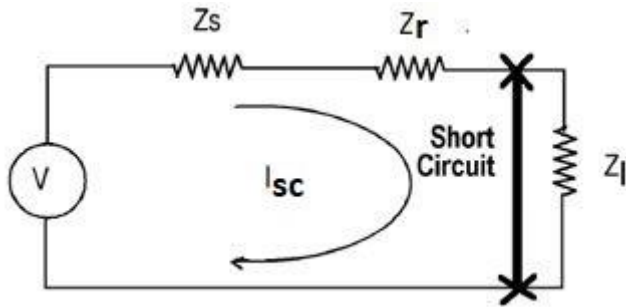
- I = Arus yang mengalir.
- I_l = Arus yang mengalir pada beban.
- I_{sc} = Arus yang mengalir ketika terjadi *short circuit*.
- V = Tegangan pada sistem.
- Z = Impedansi total pada *loop*.
- Z_s = Impedansi sumber.
- Z_r = Impedansi rangkaian.
- Z_l = Impedansi beban.

Dari persamaan diatas terlihat bahwa arus yang mengalir pada jaringan akan semakin besar saat terjadi hubung singkat, maka hubungan arus dengan impedansi tersebut dapat dilihat pada gambar sebagai berikut :



Gambar 2. 1 Rangkaian Ekiwalen untuk Menghitung Arus pada Kondisi Normal

Pada kondisi diatas penjumlahan dari Z_s , Z_r , dan Z_l merupakan nilai impedansi total Z. Dimana arus yang mengalir pada rangkaian diatas adalah sebesar I_l .



Gambar 2. 2 Rangkaian Ekuivalen untuk Menghitung Arus Hubung Singkat

Dari gambar diatas dapat dilihat nilai impedansi yang ada pada jaringan akan semakin kecil saat terjadi hubung singkat. Dimana penjumlahan dari Z_s dan Z_r saja yang merupakan nilai impedansi total Z . Jika nilai impedansi berkurang maka nilai arus hubung singkat akan bertambah besar.

2.1.2 Jenis-jenis Hubung Singkat

Berdasarkan tipe hubung singkat yang terjadi arus hubung singkat dapat dibagi menjadi 3, dilihat sebagai berikut :

1. Hubung Singkat Tiga Fasa

Arus hubung singkat tiga fasa memiliki nilai arus hubung singkat yang paling besar atau biasa disebut sebagai hubung singkat maksimum. Dimana nilai arus hubung singkat tiga fasa dapat dihitung melalui :

$$I_{sc3\phi} = \frac{V_{LN}}{X_1} \quad (2.2)$$

Dimana V_{LN} adalah tegangan fasa ke netral, dan X_1 adalah reaktansi urutan positif.

2. Hubung Singkat Dua Fasa

Adanya dua konduktor fasa yang bertemu pada satu titik mengakibatkan terjadinya hubung singkat dua fasa atau biasa disebut sebagai hubung singkat minimum. Dimana nilai dari impedansi yang mempengaruhi besar arus hubung singkat ini lebih besar dari hubung singkat lainnya.

$$I_{sc2\phi} = \frac{V_{LL}}{X_1 + X_2}$$

Dimana V_{LL} adalah tegangan fasa ke fasa dan X_2 adalah reaktansi urutan negatif. Jika nilai reaktansi urutan negative sama dengan reaktansi urutan positif maka persamaan dapat ditulis seperti rumus dibawah :

$$I_{sc2\phi} = \frac{\sqrt{3}V_{LN}}{2X_1}$$

Jika mengacu pada persamaan hubung singkat tiga fasa, maka nilai arus hubung singkat dua fasa dapat ditulis menjadi :

$$I_{sc2\phi} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{sc3\phi} \quad (2.3)$$

3. Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah

Saat salah satu fasa terhubung dengan tanah maka terjadi hubung singkat satu fasa ke tanah. Dimana hubung singkat ini paling sering terjadi pada sistem kelistrikan. Pada hubung singkat ini, nilai reaktansi urutan nol ikut terlibat dalam perhitungan arus hubung singkatnya.

$$I_{sc1\phi} = \frac{3V_{LN}}{X_0 + X_1 + X_2 + Z_G}$$

Dimana Z_G merupakan nilai impedansi ke tanah. Apabila nilai Z_G mendekati nol atau sangat kecil dan nilai $X_0 = X_1 = X_2$. Maka persamaan arus hubung singkat satu fasa ke tanah dapat ditulis :

$$I_{sc1\phi} = \frac{V_{LN}}{X_1} = I_{sc3\phi} \quad (2.4)$$

2.2 Tipe Rele Pada Sistem Distribusi dan Faktor Pemilihan Rele

Dimana sebuah rele pengaman mempunyai tipe-tipe yang berbeda-beda berdasarkan fungsinya, rele pengaman pada sistem distribusi 20 KV dibagi menjadi :

1. *Overcurrent Relay* (OCR) : Sebuah rele yang beroperasi ketika arus yang melebihi dari nilai yang ditentukan.
2. *Directional Ground Relay* (DGR) : Sebuah rele yang berfungsi sebagai pengaman utama untuk memproteksi dari gangguan tanah.
3. *Ground Fault Relay* (GFR) : Sebuah rele yang berfungsi sebagai pengaman utama/ pengaman *backup* untuk memproteksi dari gangguan tanah.

Untuk menjamin keandalan kinerja sebuah rele pengaman, ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan :

1. Kecepatan Bereaksi : Kemampuan rele untuk mengurangi kerusakan peralatan listrik yang ada. Parameter yang digunakan adalah kecepatan untuk mengirimkan sebuah sinyal pelepasan *Circuit Breaker*. Semakin cepat kecepatan bereaksi sebuah rele maka akan mengurangi peralatan listrik yang digunakan.
2. Kepekaan Operasi : Kemampuan rele jika terjadi gangguan sekecil apapun maka rele harus dapat berfungsi saat gangguan awal terjadi.
3. Selektif : Kemampuan rele untuk menentukan titikan gangguan dan memutuskan rangkaian dengan pemilihan pemutus yang terdekat dari titik gangguan.
4. Keandalan : Nilai keandalan sebuah rele pengaman ketika terjadi gangguan harus dapat bereaksi dan tidak melakukan malfungsi. Nilai yang baik untuk sebuah rele pengaman adalah dalam rentang lebih dari 90%.
5. Ekonomis : Sebuah rele pengaman yang seharusnya disesuaikan dengan harga peralatan yang akan diamankan. Semakin vital peralatan yang harus diamankan maka akan semakin mahal/baik pula rele pengaman yang digunakan.

2.3 Rele Arus Lebih

Rele arus lebih dapat mengamankan gangguan beban lebih (overload) dan gangguan hubung singkat (*short circuit*). Rele arus lebih bekerja jika nilai arus yang mengalir pada sistem jaringan melebihi nilai *setting*-nya. Rele ini bekerja ketika memenuhi keadaan berikut :

If > Ip maka rele akan bekerja (*trip*)

If < Ip maka rele tidak bekerja (*block*)

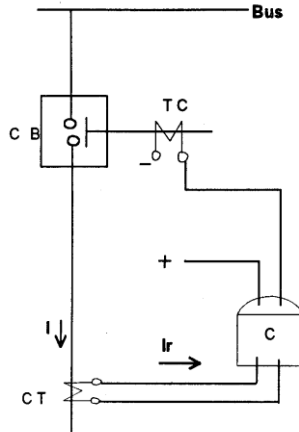
Ip adalah nilai *setting* yang dinyatakan pada sisi sekunder CT sedangkan If adalah nilai arus gangguan dinyatakan pada sisi sekunder CT. Rele pengaman utama dan rele pengaman *backup* tidak boleh bekerja secara bersamaan. Oleh sebab itu diperlukan *time delay* antara rele utama dengan rele *backup*. Setelan kelambatan waktu (Δt) atau *grading time* merupakan *time delay*. Perbedaan waktu kerja minimal antara rele utama dan rele *backup* adalah 0,2 – 0,35 detik [10].

Dimana berdasarkan [1] dapat dijelaskan bahwa koordinasi rele arus lebih harus memperhatikan waktu kerja dari rele dengan rincian sebagai berikut :

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

Dimana untuk rele statis dan rele berbasis *microprocessor*, *overtravel* dari rele dapat diabaikan. Sehingga total waktu operasi rele berada pada rentang 0,2-0,4 detik.

Secara singkat cara kerja rele arus lebih dapat digambarkan melalui gambar dibawah :



Gambar 2. 3 Cara Kerja Rele Arus Lebih pada Rangkaian

Dengan keterangan sebagai berikut :

CB = *Circuit breaker*

TC = *Trip coil CB*

I = Arus yang mengalir pada saluran yang diamankan

CT = Trafo arus

I_r = Arus yang mengalir pada rele

C = Rele arus lebih

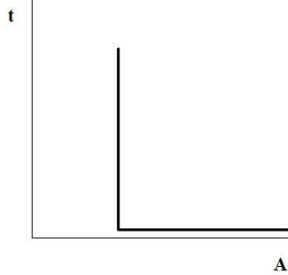
I_p = Arus *pick-up* dari rele

2.4 Tipe Kurva Rele Arus Lebih

Kurva rele arus lebih memiliki beberapa tipe yang penggunaannya berdasarkan dengan kebutuhan sistem kelistrikan dan juga karakteristik beban yang berbeda-beda.

2.4.1 Rele Arus Lebih Waktu Instan

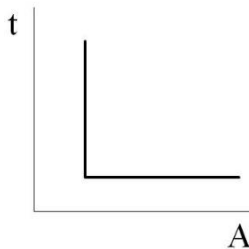
Rele ini bekerja tanpa adanya delay waktu jika arus yang mengalir melebihi nilai *setting*-nya. Rele ini dapat bekerja pada waktu tercepat 0,08 detik dan masih dapat bekerja pada waktu 0,1 detik.



Gambar 2. 4 Karakteristik Rele Arus Lebih Waktu Kerja Instan

2.4.2 Rele Arus Lebih Waktu Kerja Tertentu

Rele ini digunakan untuk bekerja pada waktu tunda yang dapat kita tentukan pada nilai arus yang dapat kita tentukan juga. Biasanya penggunaan tipe kurva rele arus lebih ini digunakan untuk arus gangguan hubung singkat.



Gambar 2. 5 Karakteristik Rele Arus Lebih Waktu Kerja Tertentu

2.4.3 Rele Arus Lebih Waktu Inverse

Penggunaan tipe kurva ini membutuhkan parameter yang lebih banyak dibanding tipe kurva lainnya, dimana parameter yang dibutuhkan adalah arus *pickup* (I_p) dan juga *Time Dial Setting* (TDS) untuk menentukan waktu operasi rele terhadap arus gangguan yang ada. Semakin kecil nilai arus gangguan maka waktu rele bekerja akan semakin

lama, namun jika nilai arus gangguan semakin besar maka waktu kerja rele akan semakin cepat. Pada rele arus lebih waktu invers terdapat *Time Dial Setting* (TDS) yang merupakan waktu operasi dari rele. Semakin besar nilai *Time Dial Setting* (TDS) maka waktu operasi rele akan semakin lama. Berdasarkan *British Standard-142*, nilai I_p berada pada rentang 1,05 FLA sampai 1,4 FLA. Dimana FLA atau *Full Load Ampere* (FLA) adalah arus nominal yang mengalir pada rangkaian.

Untuk menentukan TDS sendiri, diperlukan perhitungan yang berbeda berdasarkan jenis kurva yang akan dipakai. Setiap manufaktur rele mempunyai rumus perhitungan TDS yang berbeda-beda. Rumus untuk perhitungan rele arus lebih waktu *inverse* dapat dituliskan sebagai berikut :

$$t_{op} = T x \left(\frac{K}{\left(\frac{I}{I_p}\right)^\alpha - 1} + L \right) \quad (2.5)$$

- t_{op} = Waktu operasi dari rele arus lebih.
- TDS = *Time Dial Setting*. (0,025 – 1,5)
- I = Arus saat operasi rele ($I_{sc\ max}$).
- I_p = Arus *pickup* (I_{set}).
- α, L, k = Koefisien rele arus lebih waktu *inverse*.

Koefisien rele arus lebih waktu *inverse* dapat berbeda-beda sesuai dengan manufaktur pembuat rele masing-masing. Beberapa contoh koefisien rele arus lebih waktu *inverse* yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah :

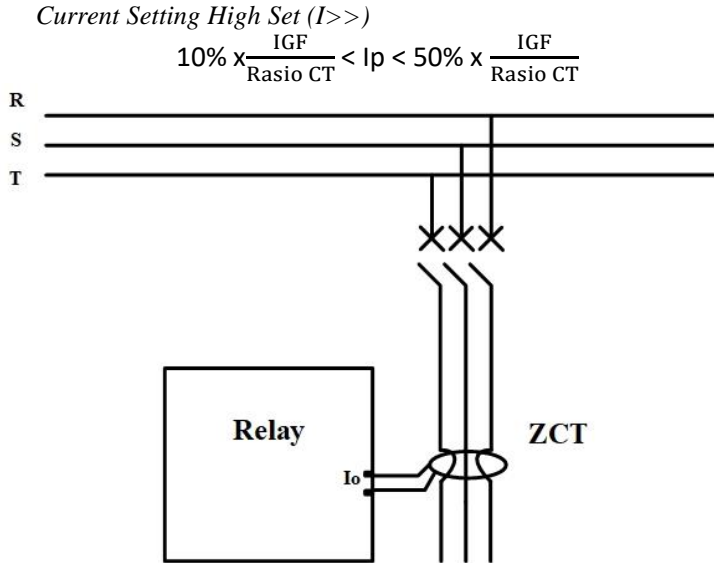
Tabel 2. 1 Koefisien Kurva Rele *Inverse* MiCOM Tipe P127 dan Tipe P141

Tipe Kurva	Standard	α	L	k
<i>Standard Inverse</i>	IEC	0,02	0	0,14
<i>Extremely Inverse</i>	IEE	2	0,1217	28,2

2.5 Ground Fault Relay (GFR)

Ground fault relay/rele gangguan tanah merupakan salah satu proteksi pada jaringan SUTM/SKTM distribusi 20 KV dari gangguan tanah. Rele ini digerakkan oleh arus residu. Sistem listrik pada umumnya titik netralnya ditanahkan, pentanahan langsung (*Solid Grounded*) karenanya arus residu adalah penggerak utama rele gangguan tanah. Rele ini bekerja sebagai backup jika rele

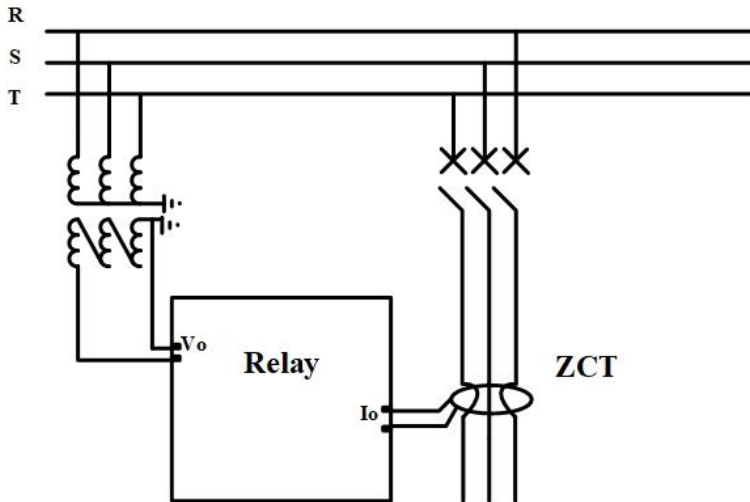
gangguan tanah terarah tidak bekerja. Rele gangguan tanah pada distribusi biasanya ada di *PMCB-R* (Pole Mounted Circuit Breaker-Relay). Untuk perhitungan *setting ground fault* dapat menggunakan rumus sebagai berikut :



Gambar 2. 6 Rele Gangguan Tanah

2.6 Directional Ground Relay (DGR)

Directional ground relay/rele gangguan tanah terarah merupakan salah satu proteksi pada jaringan SUTM/SKTM distribusi 20 KV dari gangguan tanah. Berbeda dari rele gangguan tanah, Rele ini memiliki arah dan digerakkan oleh arus residu dan tegangan residu. Terdapat Potensial Transformator (PT) yang dipasang secara open delta. Rele ini bekerja sebagai pengaman utama dan terdapat pada *PMCB-R* (Pole Mounted Circuit Breaker-Relay). Untuk perhitungan *setting* sama dengan perhitungan *setting* pada GFR.



Gambar 2. 7 Rele Gangguan Tanah Terarah

2.7 Coordination Time Interval (CTI)

Merupakan waktu yang diperlukan untuk selang waktu bekerja antara rele primer dan rele *backup* disebut juga sebagai *Coordination Time Interval (CTI)*. Waktu tipikal untuk CTI pada tipe rele elektromekanik adalah 0,3-0,4 detik, sedangkan pada rele tipe *static* adalah 0,2-0,3 detik.

Tabel 2. 2 Waktu CTI Rele

Pekerjaan Rele	Jenis rele	
	<i>Static Relay</i>	<i>Electromechanical Relay</i>
Waktu buka CB	0,08 s	0,08 s
<i>Relay overtravel</i>	0,00 s	0,1 s
Toleransi dan galat rele	0,12 s	0,12 s
Waktu total CTI	0,2 s	0,3 s

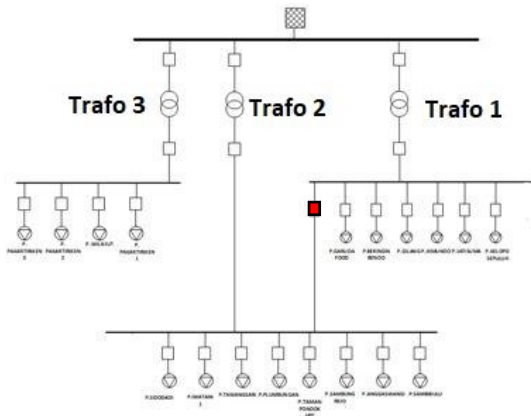
BAB 3

SISTEM KELISTRIKAN PT PLN (PERSERO) WILAYAH SIDOARJO

Pada bagian ini diuraikan mengenai data-data penting yang didapat dari PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur.

3.1 Sistem Kelistrikan PT. PLN (Persero) Wilayah Sidoarjo

Sistem kelistrikan pada PT PLN (Persero) Wilayah Sidoarjo dirancang secara radial. Jaringan radial adalah jaringan yang hanya mempunyai satu pasokan tenaga listrik, jika terjadi gangguan akan terjadi *black-out* atau padam pada bagian yang tidak dapat dipasok. Menjaga kontinuitas dan kualitas tegangan agar tetap terjamin secara baik merupakan tujuan sistem distribusi. Oleh karena itu diperlukan peralatan pengaman yang tepat dan terkoordinasi dengan baik antar peralatan pengaman sehingga jika terjadi gangguan, secepat mungkin dapat diisolir dan diperbaiki sehingga daerah yang mengalami pemadaman diusahakan seminimal mungkin.



Gambar 3. 1 Single Line Diagram Sistem Kelistrikan PT PLN (Persero) Gardu Induk Babadan 150 KV

Pada sistem kelistrikan PT PLN (Persero) Wilayah Sidoarjo (Gardu Induk Babadan 150 kV) memiliki arus hubung singkat 3 fasa sebesar 15,438 kA dan arus hubung singkat 1 fasa sebesar 12,794 kA. Sistem

Kelistrikan di Gardu Induk Babadan 150 kV menggunakan transmisi 150 KV dan 20 KV. Sistem transmisi ini terdiri dari 27 penyulang (18 aktif, 9 *spare*).

Gardu Induk Babadan 150 kV 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 Babadan

Nama Trafo	Primer (KV)	Sekunder (KV)	Rating (MVA)
Trafo 1	150	20	50
Trafo 2	150	20	50
Trafo 3	150	20	60

3.2 Data Sistem Proteksi Existing Gardu Induk Babadan 150 KV

Pada Gardu Induk Babadan memiliki 25 rele arus lebih aktif, 19 rele *directional ground*, dan 6 rele *ground fault*. Sebagaimana data dari rele arus lebih, rele *directional ground*, dan rele *ground fault* pada Gardu Induk Babadan kV dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 3. 2 Data Rele Arus Lebih Gardu Induk Babadan 150 kV

No	ID	Manufaktur	Merek	Tipe	Tegangan (kV)
1	<i>Relay</i> Trafo 1 Primer	Schneider Electric	MiCOM	P141	150
2	<i>Relay</i> Trafo 2 Primer	Schneider Electric	MiCOM	P141	150
3	<i>Relay</i> Trafo 3 Primer	Schneider Electric	MiCOM	P141	150
4	<i>Relay</i> Trafo 1 Sekunder	Schneider Electric	MiCOM	P141	20
5	<i>Relay</i> Trafo 2 Sekunder	Schneider Electric	MiCOM	P141	20
6	<i>Relay</i> Trafo 3 Sekunder	Schneider Electric	MiCOM	P141	20
7	<i>Relay</i> P.Pakartiriken 3	Schneider Electric	MiCOM	P127	20

No	ID	Manufaktur	Merek	Tipe	Tegangan (kV)
8	<i>Relay</i> P.Pakartiriken 2	Schneider Electric	MiCOM	P127	20
9	<i>Relay</i> P.Wilayut	Schneider Electric	MiCOM	P127	20
10	<i>Relay</i> P.Pakartiriken 1	Schneider Electric	MiCOM	P127	20
11	<i>Relay</i> P.Sidodadi	Schneider Electric	MiCOM	P127	20
12	<i>Relay</i> P.Iwatani 1	Schneider Electric	MiCOM	P127	20
13	<i>Relay</i> P.Tawang Sari	Schneider Electric	Vamp	40	20
14	<i>Relay</i> P.Plumbungan	Schneider Electric	Vamp	40	20
15	<i>Relay</i> P.Taman Pondok Jati	Schneider Electric	Vamp	40	20
16	<i>Relay</i> P.Sambung Rejo	Schneider Electric	MiCOM	P127	20
17	<i>Relay</i> P.Anggaswangi	Schneider Electric	MiCOM	P127	20
18	<i>Relay</i> P.Sambibulu	Schneider Electric	MiCOM	P127	20
19	<i>Relay Bus</i> Kopel	Schneider Electric	MiCOM	P127	20
20	<i>Relay</i> P.Garuda Food	Schneider Electric	MiCOM	P127	20
21	<i>Relay</i> P.Beringin Bendo	Schneider Electric	MiCOM	P127	20
22	<i>Relay</i> P.Gilang	Schneider Electric	MiCOM	P127	20
23	<i>Relay</i> P.Jemundo	Schneider Electric	MiCOM	P127	20

No	ID	Manufaktur	Merek	Tipe	Tegangan (kV)
24	<i>Relay</i> P.Jatisuma	Schneider Electric	MiCOM	P127	20
25	<i>Relay</i> P.Klopo Sepuluh	Schneider Electric	MiCOM	P127	20

BAB 4

HASIL SIMULASI DAN ANALISIS

Pada bab ini akan dibahas mengenai hasil simulasi dari tugas akhir koordinasi proteksi PT PLN (Persero) Wilayah Sidoarjo (Gardu Induk Babadan 150 kV) untuk mengevaluasi perhitungan dari tipikal-tipikal koordinasi yang telah dipilih.

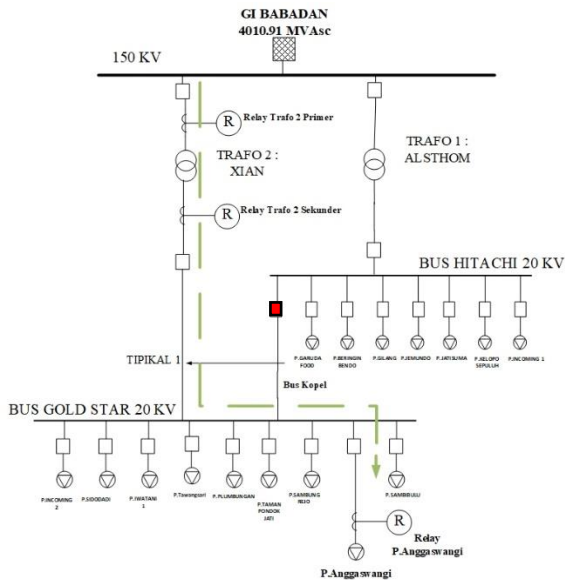
4.1 Skema Koordinasi Proteksi pada Gardu Induk Babadan 150 KV

Pada program tugas akhir ini, semua hasil evaluasi yang dilakukan pada rele arus lebih ada tipe *inverse* dan tipe *instantaneous*. Untuk rele *directional ground* dan rele *ground fault* tipe *instantaneous*. Oleh sebab itu perlu dilakukan penyesuaian pada peralatan dan sistem kelistrikan PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur, dimana pada kondisi *Existing* rele arus lebih yang aktif menggunakan rele *instantaneous* (ANSI 50) dan rele *inverse* (ANSI 51) secara bersamaan. Untuk rele *directional ground* (ANSI 67G) dan rele *ground fault* (ANSI 50G) menggunakan rele *instantaneous*.

Untuk menguji program tugas akhir ini, dilakukan beberapa pemilihan tipikal untuk *resetting* koordinasi proteksi pada sistem kelistrikan PT PLN (Persero) Wilayah Sidoarjo (Gardu Induk Babadan 150 kV). Pemilihan tipikal ini dibagi menjadi empat bagian yang dilakukan untuk menguji tipe beban penyulang berdasarkan rele yang ada.

4.1.1 Tipikal 1 : OCR Penyulang Anggaswangi

Pada tipikal ini merupakan skema koordinasi beban yaitu *Lumped Load* Penyulang Anggaswangi sebesar 3,56 MVA dengan komposisi tipe beban 80% motor dan 20% statis. Kemudian beban terhubung dengan bus Gold Star 20 kV. Dari bus Gold Star 20 kV terhubung dengan transformator Trafo 2 (XIAN) dengan kapasitas trafo 50 MVA. Setelah itu trafo terhubung juga dengan *main bus* 150 kV. Total rele yang dikoordinasi pada tipikal ini ada 3 rele arus lebih (*Relay* P.Anggaswangi, *Relay* Trafo 2 Sekunder, dan *Relay* Trafo 2 Primer). Pada tugas akhir ini, perhitungan *resetting* rele pada rele arus lebih waktu *instantaneous* (ANSI 50) dan rele arus lebih waktu *inverse* (ANSI 51) dengan skema pemilihan tipe kurva *standard inverse* untuk *Relay* Trafo 2 Sekunder dan tipe kurva *extremely inverse* untuk *Relay* Trafo 2 Primer.



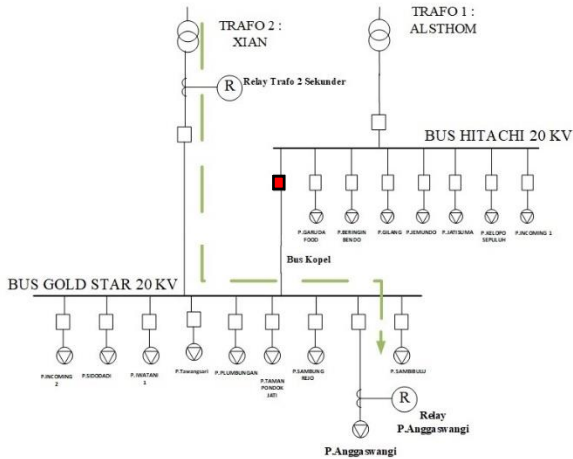
Gambar 4. 1 Skema Koordinasi Tipikal 1 Penyulang Anggaswangi

4.1.2 Tipikal 2 : OCR Penyulang Tawang Sari

Pada tipikal kedua merupakan skema koordinasi beban yaitu *Lumped Load* Penyulang Tawang Sari sebesar 3,36 MVA dengan komposisi tipe beban 80% motor dan 20% statis. Kemudian beban terhubung dengan bus Gold Star 20 kV. Dari bus Gold Star 20 kV terhubung dengan transformator Trafo 2 (XIAN) dengan kapasitas trafo 50 MVA. Setelah itu trafo terhubung juga dengan *main bus* 150 kV. Total rele yang dikoordinasi pada tipikal ini ada 3 rele arus lebih (Relay P.Tawang Sari, *Relay* Trafo 2 Sekunder, dan *Relay* Trafo 2 Primer). Pada tugas akhir ini, perhitungan *resetting* rele pada rele arus lebih waktu *instantaneous* (ANSI 50) dan rele arus lebih waktu *inverse* (ANSI 51) dengan skema pemilihan tipe kurva *standard inverse* untuk *Relay* Trafo 2 Sekunder dan tipe kurva *extremely inverse* untuk *Relay* Trafo 2 Primer.



Gambar 4. 3 Skema Koordinasi Tipikal 3 Penyulang Anggaswangi Level Tegangan 150 KV

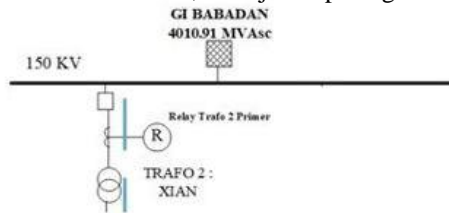


Gambar 4. 4 Skema Koordinasi Tipikal 3 Penyulang Anggaswangi Level Tegangan 20 kV

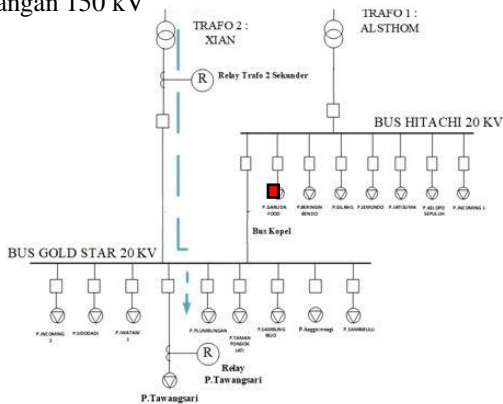
4.1.4 Tipikal 4 : DGR dan GFR Penyulang Tawangsari

Pada tipikal keempat ini merupakan skema koordinasi beban yaitu *Lumped Load* Penyulang Tawangsari sebesar 3,36 MVA dengan komposisi tipe beban 80% motor dan 20% statis. Kemudian beban terhubung dengan bus Gold Star 20 kV. Dari bus Gold Star 20 kV terhubung dengan transformator Trafo 2 (XIAN) dengan kapasitas trafo 50 MVA. Setelah itu trafo terhubung juga dengan *main bus* 150 kV. Total rele yang dikoordinasi pada tipikal ini ada 1 rele *directional ground* (Relay P.Tawangsari) dan 2 rele *ground fault* (Relay Trafo 2 Sekunder dan Relay Trafo 2 Primer). Pada tugas akhir ini, perhitungan *resetting* rele *directional ground* (ANSI 67G) dan rele *ground fault* (ANSI 50G) dengan

skema pemilihan tipe *instantaneous*. Ada 2 level tegangan berbeda yang dipakai yaitu 150 kV dan 20 kV, ditunjukkan pada gambar sebagai berikut :



Gambar 4. 5 Skema Koordinasi Tipikal 4 Penyulang Tawang Sari Level Tegangan 150 kV



Gambar 4. 6 Skema Koordinasi Tipikal 4 Penyulang Tawang Sari Level Tegangan 20 kV

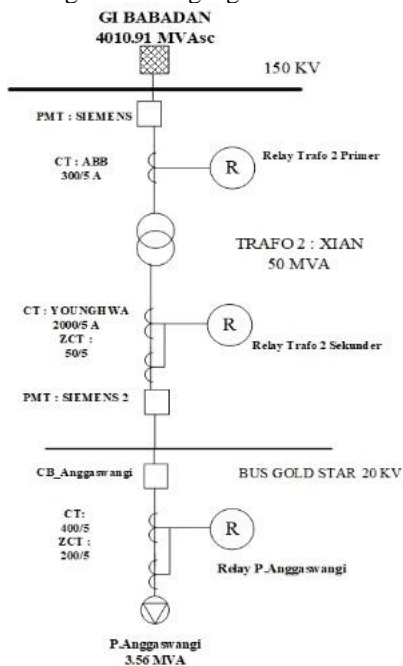
4.2 Data Sistem Proteksi Existing Gardu Induk Babadan 150 KV

Melihat pada *setting* koordinasi proteksi Gardu Induk Babadan 150 kV tahun 2017, dapat dilihat bahwa *setting* koordinasi proteksi sudah diaplikasikan di Gardu Induk Babadan 150 kV. Data sistem *Existing* Gardu Induk Babadan 150 kV digunakan sebagai data acuan dan juga pembandingan dalam pengerjaan tugas akhir ini. Data sistem proteksi *Existing* Gardu Induk Babadan 150 kV disimulasikan menggunakan *software* ETAP 12.6.0.

4.2.1 Data Sistem Proteksi Existing OCR Tipikal 1

Pada tipikal satu terdapat beban pada Penyulang Anggaswangi dengan besar 3.56 MVA dengan perbandingan 80% beban motor dan 20%

beban statis. Beban ini memiliki ID P.Anggaswangi yang terhubung dengan rele arus lebih dengan ID Relay P.Anggaswangi yang dilengkapi dengan *Current Transformer* (CT) 400/5 A dan *Zero Current Transformer* (ZCT) 200/5A yang kemudian terhubung dengan *main bus* distribusi Gold Star dengan level tegangan 20 kV. Dari bus itu terhubung dengan rele arus lebih dengan ID Relay Trafo 2 Sekunder yang dilengkapi dengan *Current Transformer* (CT) 2000/5 A dan *Zero Current Transformer* (ZCT) 50/5A. Dari Relay Trafo 2 Sekunder juga tersambung dengan trafo 2 (XIAN) dengan kapasitas 50 MVA dengan rating tegangan 150/20 kV. Pada ujung tipikal 1 ini terhubung dengan rele arus lebih dengan ID Relay Trafo 2 Primer dilengkapi dengan CT 2000/5 A. Setelah melalui Relay Trafo 2 Primer, maka sistem akan terhubung ke *main bus* transmisi dengan level tegangan 150 kV.



Gambar 4. 7 Skema Koordinasi Proteksi Tipikal 1

Pengaturan *Over Current Relay* (OCR) pada *Relay* P.Anggaswangi, *Relay* Trafo 2 Sekunder, dan *Relay* Trafo 2 Primer dijelaskan sebagai berikut :

Tabel 4. 1 Data *Existing* Rele Tipikal 1

Relay ID		Relay P.Anggaswangi	Relay Trafo 2 Sekunder	Relay Trafo 2 Primer
Merek		Schneider Electric	Schneider Electric	Schneider Electric
Model/Tipe		MiCOMP/P127	MiCOMP/P141	MiCOMP/P141
Tegangan (kV)		20	20	150
CT (A)		400/5	2000/5	300/5
Setting Existing (ANSI 51)	Kurva	<i>Standard Inverse</i>	<i>Standard Inverse</i>	<i>Standard Inverse</i>
	Tap CT	1	1	0,18
	Iset (A)	400	2000	55,2
	TDS	0,15	0,2	0,3
Setting Existing (ANSI 50)	Kurva	<i>Definite Time</i>	<i>Definite Time</i>	<i>Definite Time</i>
	Tap CT	7	2,55	1,53
	Iset (A)	2800	5100	459
	Delay (s)	0,3	0,7	0,1

Pada tipikal 1, disimulasikan terjadi gangguan hubung singkat tiga fasa pada bus-bus yang dapat merepresentasikan waktu kerja koordinasi proteksi pada Gardu Induk Babadan 150 kV. Untuk tugas akhir ini dibutuhkan nilai arus hubung singkat maksimal dan arus hubung singkat minimal guna mengevaluasi *setting relay*. Nilai arus hubung singkat tiga fasa maksimum dan arus hubung singkat tiga fasa minimum dapat dirangkum pada tabel dibawah ini :

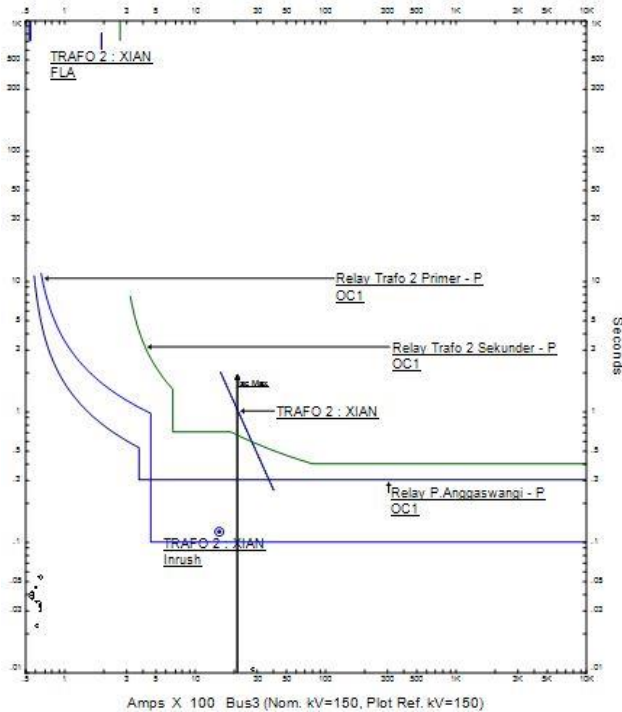
Tabel 4. 2 Data Arus Hubung Singkat Tiga Fasa Maksimum 4 Cycle

Bus ID	Tegangan (kV)	Arus Hubung Singkat (kA)	Keterangan
Penyulang Anggaswangi	20	15,91	<i>Relay</i> P.Anggaswangi
Bus Gold Star	20	12,04	<i>Relay</i> Trafo 2 Sekunder
Trafo 2 Primer	150	16,17	<i>Relay</i> Trafo 2 Primer

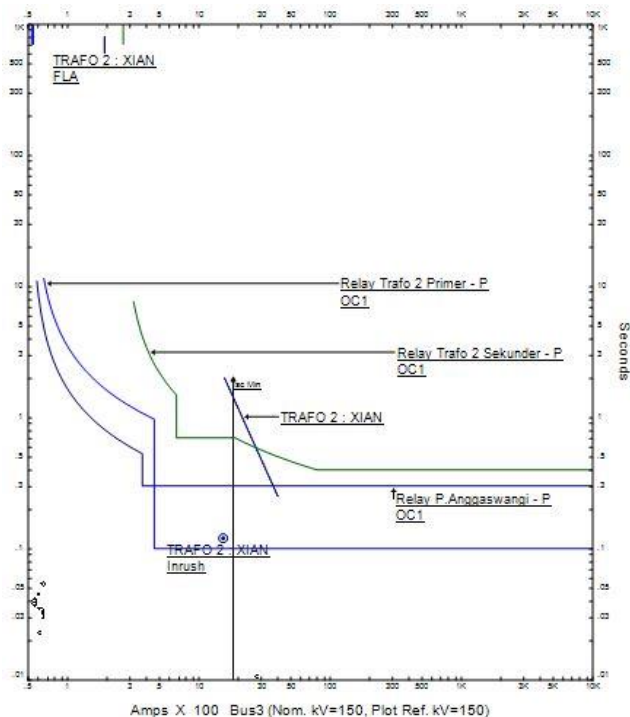
Tabel 4. 3 Data Arus Hubung Singkat Tiga Fasa Minimum 30 Cycle

Bus ID	Tegangan (kV)	Arus Hubung Singkat (kA)	Keterangan
Penyulang Anggaswangi	20	13,78	Relay P.Anggaswangi
Bus Gold Star	20	10,43	Relay Trafo 2 Sekunder
Trafo 2 Primer	150	14,01	Relay Trafo 2 Primer

Setelah didapat data arus hubung singkat tiga fasa maksimum dan arus hubung singkat tiga fasa minimum, maka dapat disimulasikan kejadian hubung singkat tersebut untuk mendapatkan kurva *Time-Current Characteristic* (TCC) untuk melihat skema koordinasi proteksi pada saat terjadi gangguan yang dapat dilihat pada kurva-kurva dibawah ini :



Gambar 4. 8 Kurva Koordinasi *Existing* Tipikal 1 Hubung Singkat 3 Fasa Maksimum 4 Cycle pada Bus Penyulang Anggaswangi

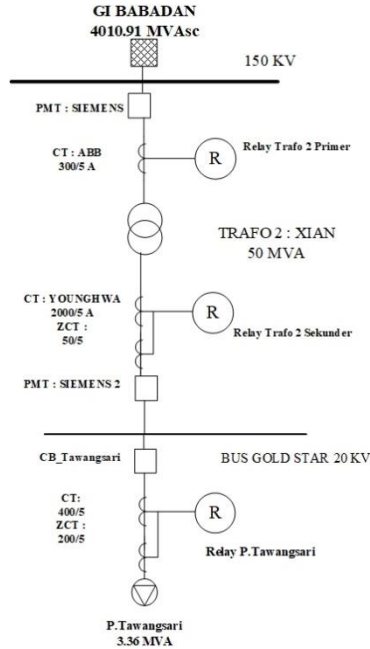


Gambar 4. 9 Kurva Koordinasi *Existing* Tipikal 1 Hubung Singkat 3 Fasa Minimum 30 Cycle pada Bus Penyulang Anggaswangi

4.2.2 Data Sistem Proteksi *Existing* OCR Tipikal 2

Pada tipikal kedua ini terdapat beban pada Penyulang Tawang Sari dengan besar 3.36 MVA dengan perbandingan 80% beban motor dan 20% beban statis. Beban ini memiliki ID P.Tawang Sari yang terhubung dengan rele arus lebih dan rele *directional ground* dengan ID Relay P.Tawang Sari yang dilengkapi dengan *Current Transformer* (CT) 400/5 A dan *Zero Current Transformer* (ZCT) 200/5A yang kemudian terhubung dengan *main bus* distribusi Gold Star dengan level tegangan 20 kV. Dari bus itu terhubung dengan rele arus lebih dengan ID Relay Trafo 2 Sekunder yang dilengkapi dengan *Current Transformer* (CT) 2000/5 A dan *Zero Current Transformer* (ZCT) 50/5A. Dari Relay Trafo 2 Sekunder juga tersambung dengan trafo 2 (XIAN) dengan kapasitas 50

MVA dengan rating tegangan 150/20 kV. Pada ujung tipikal 2 ini terhubung dengan rele arus lebih dengan ID *Relay* Trafo 2 Primer dilengkapi dengan CT 2000/5 A. Setelah melalui *Relay* Trafo 2 Primer, maka sistem akan terhubung ke *main bus* transmisi dengan level tegangan 150 kV.



Gambar 4. 10 Skema Koordinasi Proteksi Tipikal 2

Pengaturan *Over Current Relay* (OCR) pada *Relay* P.Tawangsari, *Relay* Trafo 2 Sekunder, dan *Relay* Trafo 2 Primer dijelaskan sebagai berikut :

Tabel 4. 4 Data *Existing* Rele Tipikal 2

<i>Relay</i> ID	<i>Relay</i> P.Tawangsari	<i>Relay</i> Trafo 2 Sekunder	<i>Relay</i> Trafo 2 Primer
Manufaktur	Schneider Electric	Schneider Electric	Schneider Electric
Model/Tipe	Vamp/40	MiCOMP/P141	MiCOMP/P141
Tegangan (kV)	20	20	150
CT (A)	400/5	2000/5	300/5

Tabel 4.5 Data *Existing* Rele Tipikal 2 (lanjutan)

<i>Setting Existing</i> (ANSI 51)	Kurva	<i>Standard Inverse</i>	<i>Standard Inverse</i>	<i>Standard Inverse</i>
	Tap CT	1	1	0,18
	Iset (A)	400	2000	55,2
	TDS	0,15	0,2	0,3
<i>Setting Existing</i> (ANSI 50)	Kurva	<i>Definite Time</i>	<i>Definite Time</i>	<i>Definite Time</i>
	Tap CT	7	2,55	1,53
	Iset (A)	2800	5100	459
	Delay (s)	0,3	0,7	0,1

Untuk data arus hubung singkat tiga fasa maksimum 4 *cycle* dan hubung singkat tiga fasa minimum 30 *cycle* tipikal 2 dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

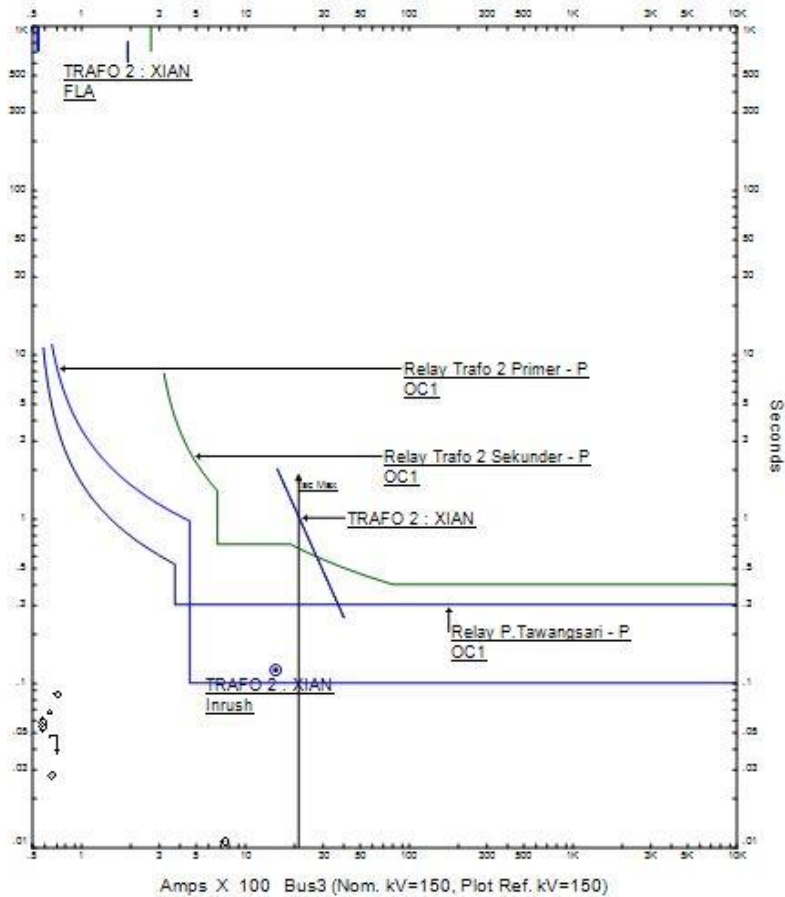
Tabel 4. 6 Data Arus Hubung Singkat Tiga Fasa Maksimum 4 *Cycle* pada Bus Penyulang Tawang Sari

Bus ID	Tegangan (kV)	Arus Hubung Singkat (kA)	Keterangan
Penyulang Tawang Sari	20	15,95	<i>Relay P.Tawang Sari</i>
Bus Gold Star	20	12,04	<i>Relay Trafo 2 Sekunder</i>
Trafo 2 Primer	150	16,17	<i>Relay Trafo 2 Primer</i>

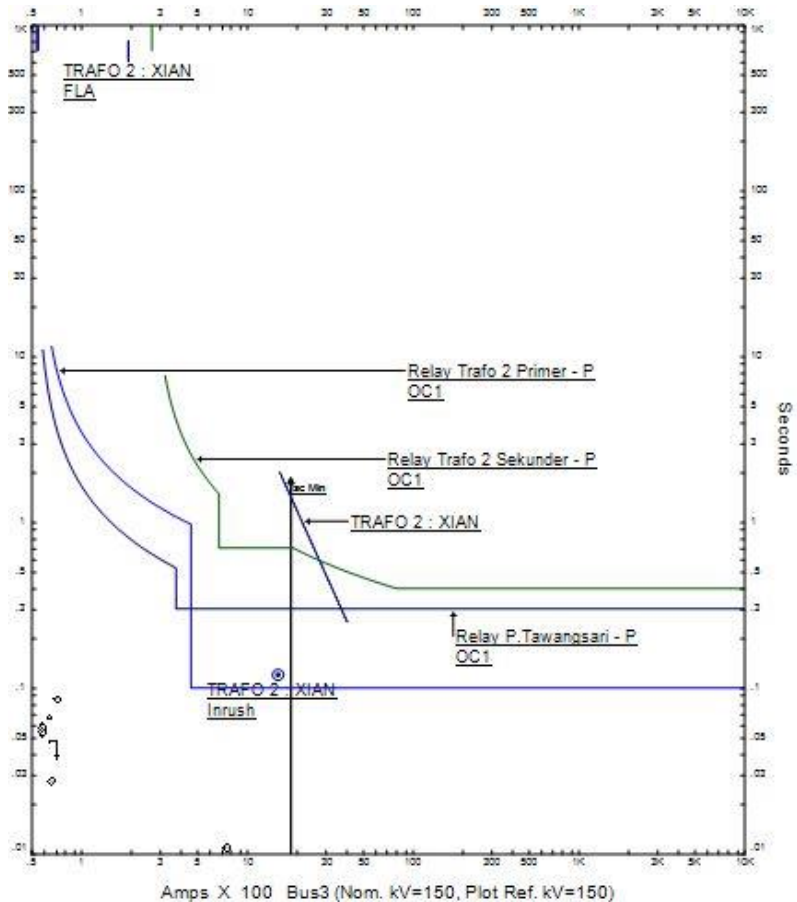
Tabel 4. 7 Data Arus Hubung Singkat Tiga Fasa Minimum 30 *Cycle* pada Bus Penyulang Tawang Sari

Bus ID	Tegangan (kV)	Arus Hubung Singkat (kA)	Keterangan
Penyulang Tawang Sari	20	13,81	<i>Relay P.Tawang Sari</i>
Bus Gold Star	20	10,43	<i>Relay Trafo 2 Sekunder</i>
Trafo 2 Primer	150	14,01	<i>Relay Trafo 2 Primer</i>

Setelah didapat nilai arus hubung singkat tiga fasa maksimum 4 cycle dan arus hubung singkat tiga fasa minimum 30 cycle dari masing-masing bus yang diperlukan untuk pengaturan koordinasi proteksi tipikal 2, maka langkah selanjutnya adalah membuat plot kurva TCC seperti gambar dibawah ini :



Gambar 4. 11 Kurva Koordinasi *Existing* Tipikal 2 Hubung Singkat 3 Fasa Maksimum 4 Cycle pada Bus Penyulang Tawangsari

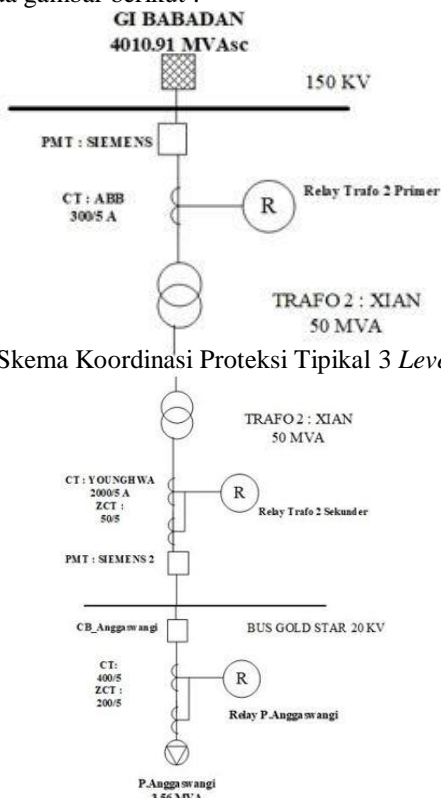


Gambar 4. 12 Kurva Koordinasi *Existing* Tipikal 2 Hubung Singkat 3 Fasa Minimum 30 Cycle pada Bus Penyulang Tawangsari

4.2.3 Data Sistem Proteksi Existing DGR dan GFR Tipikal 3

Pada tipikal tiga terdapat beban pada Penyulang Anggaswangi dengan besar 3.56 MVA dengan perbandingan 80% beban motor dan 20% beban statis. Beban ini memiliki ID P.Anggaswangi yang terhubung dengan rele *directional ground* dengan ID Relay P.Anggaswangi yang dilengkapi dengan *Current Transformer* (CT) 400/5 A dan *Zero Current Transformer* (ZCT) 200/5A yang kemudian terhubung dengan

main bus distribusi Gold Star dengan level tegangan 20 kV. Dari bus itu terhubung dengan rele *ground fault* dengan ID Relay Trafo 2 Sekunder yang dilengkapi dengan *Current Transformer* (CT) 2000/5 A dan *Zero Current Transformer* (ZCT) 50/5A. Dari Relay Trafo 2 Sekunder juga tersambung dengan trafo 2 (XIAN) dengan kapasitas 50 MVA dengan rating tegangan 150/20 kV. Pada ujung tipikal 5 ini terhubung dengan rele *ground fault* dengan ID Relay Trafo 2 Primer dilengkapi dengan CT 2000/5 A. Setelah melalui Relay Trafo 2 Primer, maka sistem akan terhubung ke *main bus* transmisi dengan level tegangan 150 kV. ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 4. 13 Skema Koordinasi Proteksi Tipikal 3 Level Tegangan 150 KV

Gambar 4. 14 Skema Koordinasi Proteksi Tipikal 3 Level Tegangan 20 KV

Pengaturan *Directional Ground Relay* (DGR) pada *Relay P.Anggaswangi* dan *Ground Fault Relay* (GFR) pada *Relay Trafo 2 Sekunder* dan *Relay Trafo 2 Primer* dijelaskan sebagai berikut :

Tabel 4. 8 Data *Existing Rele* Tipikal 3

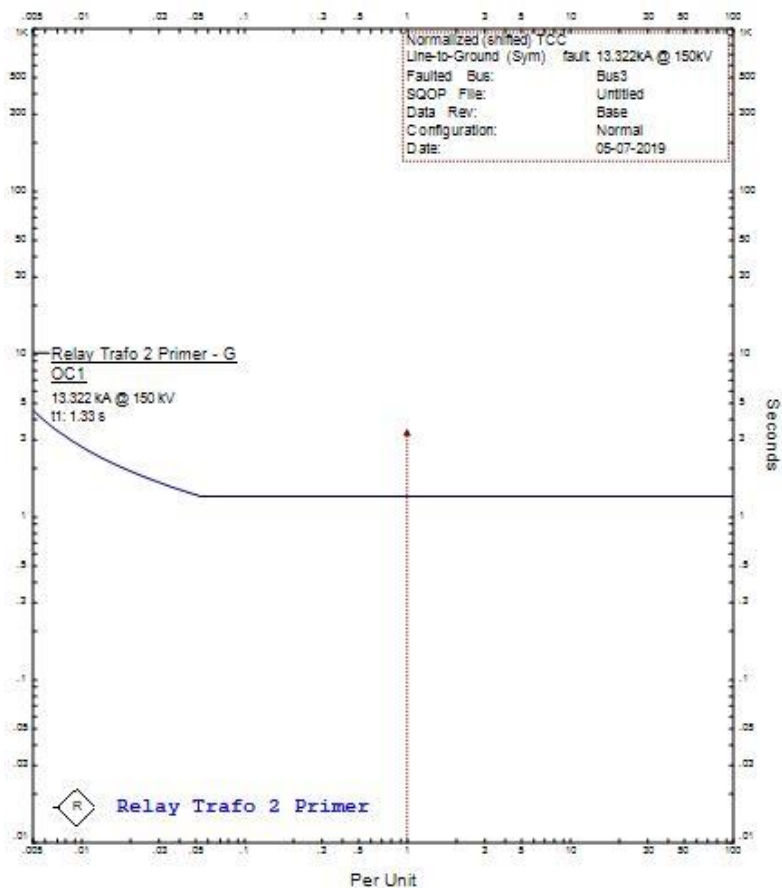
Relay ID		Relay P.Anggaswangi	Relay Trafo 2 Sekunder	Relay Trafo 2 Primer
Merek		Schneider Electric	Schneider Electric	Schneider Electric
Model/Tipe		MiCOMP/P127	MiCOMP/P141	MiCOMP/P141
Tegangan (kV)		20	20	150
CT (A)		400/5	2000/5	300/5
ZCT (A)		200/5	50/5	-
<i>Setting Existing</i> (ANSI 50G)	Kurva	-	<i>Long Time Inverse</i>	<i>Standard Inverse</i>
	Tap ZCT	-	0,36	0,08
	Iset (A)	-	18	24
	TDS	-	0,1	0,67
<i>Setting Existing</i> (ANSI 67G)	Kurva	<i>Definite Time</i>	-	-
	Tap ZCT	0,075	-	-
	Iset (A)	15	-	-
	TDS	0,4	-	-

Pada tipikal 3, disimulasikan terjadi gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah pada bus-bus yang dapat merepresentasikan waktu kerja koordinasi proteksi pada Gardu Induk Babadan 150 kV. Untuk tugas akhir ini dibutuhkan nilai arus hubung singkat satu fasa ke tanah guna mengevaluasi *setting relay*. Nilai arus hubung singkat satu fasa ke tanah dapat dirangkum pada tabel dibawah ini :

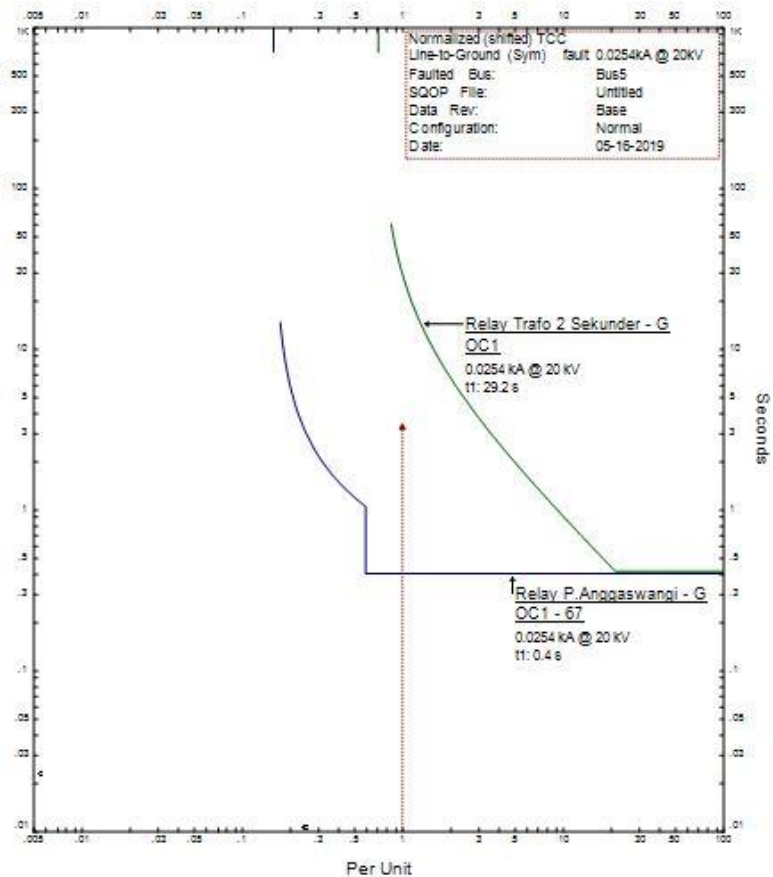
Tabel 4. 9 Data Arus Hubung Singkat Tiga Fasa ke Tanah

Bus ID	Tegangan (kV)	Arus Hubung Singkat (kA)	Keterangan
Penyulang Anggaswangi	20	0,023	<i>Relay P.Anggaswangi</i>
Bus Gold Star	20	0,023	<i>Relay Trafo 2 Sekunder</i>
Trafo 2 Primer	150	13,08	<i>Relay Trafo 2 Primer</i>

Setelah didapat data arus hubung singkat satu fasa ke tanah, maka dapat disimulasikan kejadian hubung singkat tersebut untuk mendapatkan kurva *Time-Current Characteristic (TCC)* untuk melihat skema koordinasi proteksi pada saat terjadi gangguan yang dapat dilihat pada kurva dibawah ini :



Gambar 4. 15 Kurva Koordinasi *Existing* Tipikal 3 Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah pada Penyulang Anggaswangi Level Tegangan 150 KV

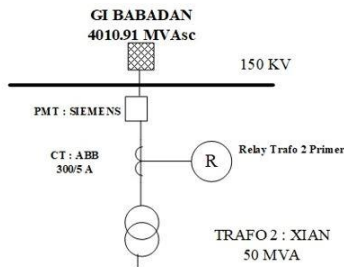


Gambar 4. 16 Kurva Koordinasi *Existing* Tipikal 3 Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah pada Penyulang Anggaswangi Level Tegangan 20 KV

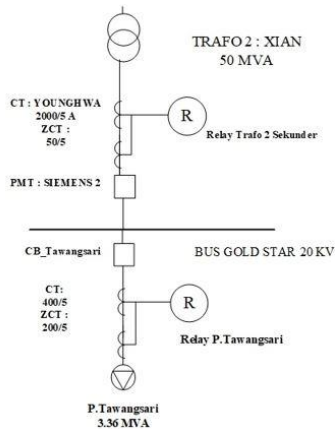
4.2.4 Data Sistem Proteksi Existing DGR dan GFR Tipikal 4

Pada tipikal keempat ini terdapat beban pada Penyulang Tawang Sari dengan besar 3.36 MVA dengan perbandingan 80% beban motor dan 20% beban statis. Beban ini memiliki ID P.Tawang Sari yang terhubung dengan rele *directional ground* dengan ID Relay P.Tawang Sari yang dilengkapi dengan *Current Transformer* (CT) 400/5 A dan *Zero Current Transformer* (ZCT) 200/5A yang kemudian terhubung dengan

main bus distribusi Gold Star dengan level tegangan 20 kV. Dari bus itu terhubung dengan rele *ground fault* dengan ID Relay Trafo 2 Sekunder yang dilengkapi dengan *Current Transformer* (CT) 2000/5 A dan *Zero Current Transformer* (ZCT) 50/5A. Dari Relay Trafo 2 Sekunder juga tersambung dengan trafo 2 (XIAN) dengan kapasitas 50 MVA dengan rating tegangan 150/20 kV. Pada ujung tipikal 6 ini terhubung dengan rele *ground fault* dengan ID Relay Trafo 2 Primer dilengkapi dengan CT 2000/5 A. Setelah melalui Relay Trafo 2 Primer, maka sistem akan terhubung ke *main bus* transmisi dengan level tegangan 150 kV. Terdapat 2 level tegangan berbeda yaitu 150 kV dan 20 kV, ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 4. 17 Skema Koordinasi Proteksi Tipikal 4 Level Tegangan 150 KV



Gambar 4. 18 Skema Koordinasi Proteksi Tipikal 4 Level Tegangan 20 KV

Pengaturan *Directional Ground Relay* (DGR) pada *Relay* P.Tawang Sari dan *Ground Fault Relay* (GFR) pada *Relay* Trafo 2 Sekunder dan *Relay* Trafo 2 Primer dijelaskan sebagai berikut :

Tabel 4. 10 Data *Existing* Rele Tipikal 4

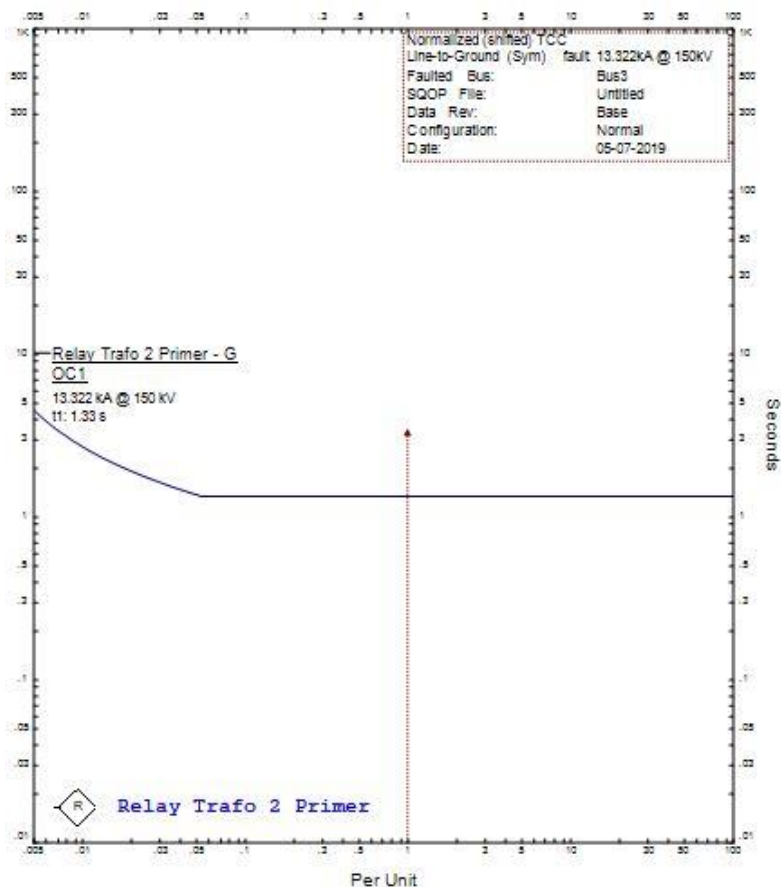
Relay ID		Relay P.Tawang Sari	Relay Trafo 2 Sekunder	Relay Trafo 2 Primer
Merek		Schneider Electric	Schneider Electric	Schneider Electric
Model/Tipe		Vamp/40	MiCOMP/P141	MiCOMP/P141
Tegangan (kV)		20	20	150
CT (A)		400/5	2000/5	300/5
ZCT (A)		200/5	50/5	-
<i>Setting Existing</i> (ANSI 50G)	Kurva	-	<i>Long Time Inverse</i>	<i>Standard Inverse</i>
	Tap ZCT	-	0,36	0,08
	Iset (A)	-	18	24
	TDS	-	0,1	0,67
<i>Setting Existing</i> (ANSI 67G)	Kurva	<i>Definite Time</i>	-	-
	Tap ZCT	0,075	-	-
	Iset (A)	15	-	-
	TDS	0,4	-	-

Pada tipikal 4, disimulasikan terjadi gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah pada bus-bus yang dapat merepresentasikan waktu kerja koordinasi proteksi pada Gardu Induk Babadan 150 kV. Untuk tugas akhir ini dibutuhkan nilai arus hubung singkat satu fasa ke tanah guna mengevaluasi *setting relay*. Nilai arus hubung singkat satu fasa ke tanah dapat dirangkum pada tabel dibawah ini :

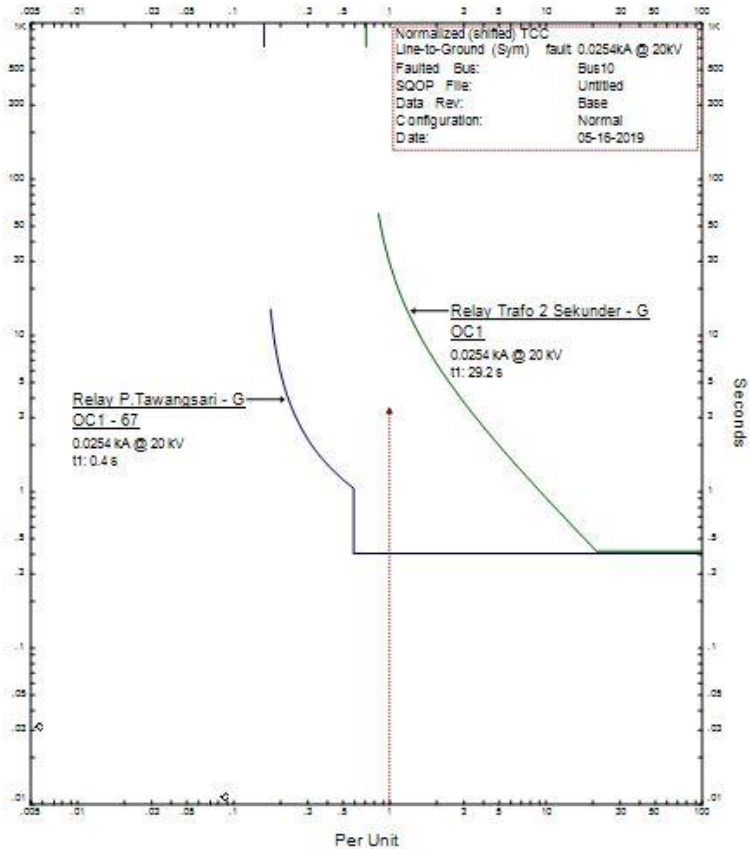
Tabel 4. 11 Data Arus Hubung Singkat Tiga Fasa ke Tanah

Bus ID	Tegangan (kV)	Arus Hubung Singkat (kA)	Keterangan
Penyulang Tawang Sari	20	0,023	<i>Relay</i> P.Tawang Sari
Bus Gold Star	20	0,023	<i>Relay</i> Trafo 2 Sekunder
Trafo 2 Primer	150	13,08	<i>Relay</i> Trafo 2 Primer

Setelah didapat data arus hubung singkat satu fasa ke tanah, maka dapat disimulasikan kejadian hubung singkat tersebut untuk mendapatkan kurva *TCC* untuk melihat skema koordinasi proteksi pada saat terjadi gangguan yang dapat dilihat pada kurva dibawah ini :



Gambar 4. 19 Kurva Koordinasi *Existing* Tipikal 4 Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah pada Penyulang Tawang Sari Level Tegangan 150 KV



Gambar 4. 20 Kurva Koordinasi *Existing* Tipikal 4 Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah pada Penyulang Tawang Sari *Level* Tegangan 20 KV

4.3 Perhitungan dan Analisis Hasil Simulasi Resetting Relay pada Sistem Kelistrikan Gardu Induk Babadan 150 KV

Setelah didapat data proteksi koordinasi dari sistem *Existing* Gardu Induk Babadan 150 kV, data tersebut digunakan sebagai acuan pengaturan ulang (*resetting*) proteksi rele arus lebih, rele *directional ground*, dan rele *ground fault* dikarenakan kesalahan rele *Existing* yang tidak terkoordinasi dengan baik, maka diperlukan *resetting*. Nilai

resetting digunakan untuk mendapatkan hasil koordinasi handal yang diharapkan sesuai dengan kondisi proteksi yang sudah ada pada penyulang Anggaswangi dan penyulang Tawang Sari di Gardu Induk Babadan 150 kV.

4.3.1 Perhitungan Resetting Relay OCR pada Tipikal 1

Sebelum memulai perhitungan, berikut disajikan informasi tiap rele yang digunakan dalam perhitungan koordinasi proteksi tipikal 1:

- *Relay* Penyulang Anggaswangi

Manufaktur	= Schneider Electric
Model	= MiCOM
Tipe	= P127
Kurva	= <i>Standard Inverse</i>
Rasio CT	= 400/5
Isc Minimum 30 cycle	= 13.780 A
Isc Maksimum 4 cycle	= 15.910 A
FLA _(Penyulang Anggaswangi)	= $\frac{KVA}{\sqrt{3} KV} = \frac{3560 KVA}{\sqrt{3} 20 KV} = 102,8 A$

- o *Current Setting Low Set* ($I >$)

$$\frac{1,05}{\text{Rasio CT}} \times \text{FLA} < I_p < \frac{1,4}{\text{Rasio CT}} \times \text{FLA}$$

$$\frac{1,05}{400} \times 102,8 < I_p < \frac{1,4}{400} \times 102,8$$

$$0,27 < I_p < 0,36$$

Dipilih $I_p = 0,27$, dengan $I_{set} = 108 A$

- o *Time Dial Setting* (TDS)

$$t_{op} = T \times \left(\frac{K}{\left(\left(\frac{I}{I_{set}} \right)^\alpha - 1 \right)} + L \right)$$

Karena *Standard Inverse*, maka nilai :

$$K = 0,14$$

$$\alpha = 0,02$$

$$L = 0$$

$$t_{op} \text{ (Penyulang Anggaswangi)} = 0,3 \text{ detik}$$

$$0,3 = T \times \left(\frac{0,14}{\left(\left(\frac{15.910}{108} \right)^{0,02} - 1 \right)} + 0 \right)$$

$$0,3 = T \times \left(\frac{0,14}{0,11} \right)$$

$$0,3 = T \times (1,27)$$

$$T = \frac{0,3}{1,27}$$

TDS (minimum) = 0,23 , dipilih TDS = 0,23

o *Current Setting High Set (I>>)*

$$\frac{1,6}{\text{Rasio CT}} \times \text{FLA} < I_p < 0,8 \times \frac{I_{sc \text{ min}}}{\text{Rasio CT}}$$

$$\frac{1,6}{400} \times 102,8 < I_p < 0,8 \times \frac{13.780}{400}$$

$$0,41 < I_p < 27,56$$

Dipilih $I_p = 4,5$, dengan $I_{set} = 1800 \text{ A}$

o *Time Delay (t>>)*

Pengaturan waktu = 0,3 detik

● *Relay Trafo 2 Sekunder*

Manufaktur = Schneider Electric

Model = MiCOM

Tipe = P141

Kurva = *Standard Inverse*

Rasio CT = 2000/5

Isc Minimum 30 *cycle* = 10.430 A

Isc Maksimum 4 *cycle* = 12.040 A

$$\text{FLA}_{(\text{Sekunder Trafo 2 : XIAN})} = \frac{\text{KVA}}{\sqrt{3} \text{ kV}} = \frac{50.000 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \cdot 20 \text{ kV}} = 1443 \text{ A}$$

o *Current Setting Low Set (I>)*

$$\frac{1,05}{\text{Rasio CT}} \times \text{FLA} < I_p < \frac{1,4}{\text{Rasio CT}} \times \text{FLA}$$

$$\frac{1,05}{2000} \times 1443 < I_p < \frac{1,4}{2000} \times 1443$$

$$0,76 < I_p < 1,01$$

Dipilih $I_p = 0,76$, dengan $I_{set} = 1520 \text{ A}$

o *Time Dial Setting (TDS)*

$$t_{op} = T \times \left(\frac{K}{\left(\left(\frac{I}{I_{set}} \right)^\alpha - 1 \right)} + L \right)$$

Karena *Standard Inverse*, maka nilai :

$$K = 0,14$$

$$\alpha = 0,02$$

$$L = 0$$

t_{op} (Sekunder Trafo 2 : XIAN) = 0,5 detik

$$0,5 = T \times \left(\frac{0,14}{\left(\left(\frac{12.040}{1520} \right)^{0,02} - 1 \right)} + 0 \right)$$

$$0,5 = T \times \left(\frac{0,14}{0,04} \right)$$

$$0,5 = T \times (3,5)$$

$$T = \frac{0,5}{3,5}$$

TDS (minimum) = 0,14 , dipilih TDS = 0,28

o *Current Setting High Set (I>>)*

$$\frac{1,6}{\text{Rasio CT}} \times \text{FLA} < I_p < 0,8 \times \frac{I_{sc \text{ min}}}{\text{Rasio CT}}$$

$$\frac{1,6}{2000} \times 1443 < I_p < 0,8 \times \frac{10.430}{2000}$$

$$1,15 < I_p < 4,172$$

Dipilih $I_p = 1,15$,dengan $I_{set} = 2300 \text{ A}$

o *Time Delay (t>>>)*

Pengaturan waktu = 0,5 detik

● *Relay Trafo 2 Primer*

Manufaktur = Schneider Electric

Model = MiCOM

Tipe = P141

Kurva = *Extremely Inverse*

Rasio CT = 300/5

$$\begin{aligned}
 \text{Isc Minimum 30 cycle} &= 14.010 \text{ A} \\
 \text{Isc Maksimum 4 cycle} &= 16.170 \text{ A} \\
 \text{FLA}_{(\text{Primer Trafo 2 : XIAN})} &= \frac{\text{KVA}}{\sqrt{3} \text{ kV}} = \frac{50.000 \text{ KVA}}{\sqrt{3} 150 \text{ kV}} = 192,5 \text{ A}
 \end{aligned}$$

o *Current Setting Low Set (I>)*

$$\frac{1,05}{\text{Rasio CT}} \times \text{FLA} < \text{Ip} < \frac{1,4}{\text{Rasio CT}} \times \text{FLA}$$

$$\frac{1,05}{300} \times 192,5 < \text{Ip} < \frac{1,4}{300} \times 192,5$$

$$0,67 < \text{Ip} < 0,90$$

Dipilih $\text{Ip} = 0,67$,dengan $\text{Iset} = 201 \text{ A}$

o *Time Dial Setting (TDS)*

$$t_{op} = T \times \left(\frac{K}{\left(\left(\frac{I}{I_{set}} \right)^\alpha - 1 \right)} + L \right)$$

Karena *Extremely Inverse*, maka nilai :

$$K = 28,2$$

$$\alpha = 2$$

$$L = 0,1217$$

$$t_{op} (\text{Primer Trafo 2 :XIAN}) = 0,1 \text{ detik}$$

$$0,1 = T \times \left(\frac{28,2}{\left(\left(\frac{16.170}{201} \right)^2 - 1 \right)} + 0,1217 \right)$$

$$0,1 = T \times (0,126)$$

$$T = \frac{0,1}{0,126}$$

$$\text{TDS (minimum)} = 0,8 \text{ , dipilih TDS} = 8$$

o *Current Setting High Set (I>>)*

$$\text{Isc max sisi sekunder} < \text{Ip} < 0,8 \times \frac{\text{Isc min}}{\text{Rasio CT}}$$

$$\frac{1440}{300} < \text{Ip} < 0,8 \times \frac{14.010}{300}$$

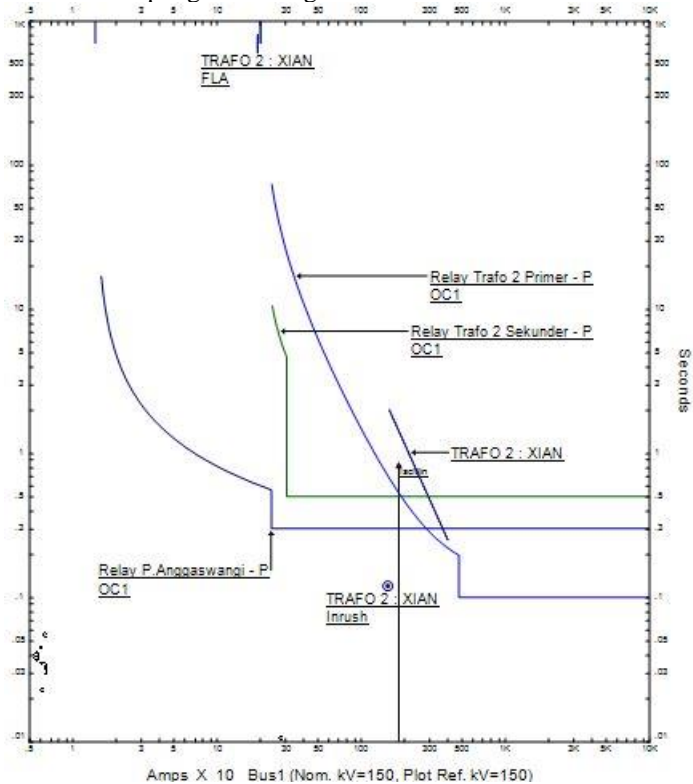
$$4,8 < \text{Ip} < 37,36$$

Dipilih $\text{Ip} = 16$ dengan $\text{Iset} = 4800 \text{ A}$

o *Time Delay (t>>>)*

Pengaturan waktu = 0,1 detik

Dari hasil simulasi *resetting* dengan mencari nilai hubung singkat minimum didapat grafik sebagai berikut :



Gambar 4. 21 Kurva Koordinasi *Resetting* Tipikal 1 Hubung Singkat 3 Fasa Minimum 30 Cycle pada Bus Penyulang Anggaswangi

Pada **Gambar 4. 21** bila terjadi I_{sc} min 30 cycle Bus Penyulang Anggaswangi, maka pada *Relay* P. Anggaswangi akan mengenai kurva instan dan urutan trip relenya adalah *Relay* P. Anggaswangi dengan waktu trip CB Anggaswangi = 10 ms (*milliseconds*), *Relay* Trafo 2 Sekunder dengan waktu trip CB Trafo 2 Sekunder = 10 ms, dan terakhir *Relay* Trafo 2 Primer dengan waktu trip CB Trafo 2 Primer = 10 ms.

4.3.2 Perhitungan Resetting Relay OCR pada Tipikal 2

Sama seperti pada perhitungan tipikal 1, Sebelum memulai perhitungan, berikut disajikan informasi tiap rele yang digunakan dalam perhitungan koordinasi proteksi tipikal 2 :

- *Relay* Penyulang Tawang Sari

Manufaktur = Schneider Electric

Model = Vamp

Tipe = 40

Kurva = *Standard Inverse*

Rasio CT = 400/5

Isc Minimum 30 *cycle* = 13.810 A

Isc Maksimum 4 *cycle* = 15.950 A

FLA_(Penyulang Tawang Sari) = $\frac{KVA}{\sqrt{3} KV} = \frac{3360 KVA}{\sqrt{3} 20 kV} = 96,99 A$

- o *Current Setting Low Set* ($I >$)

$$\frac{1,05}{\text{Rasio CT}} \times \text{FLA} < I_p < \frac{1,4}{\text{Rasio CT}} \times \text{FLA}$$

$$\frac{1,05}{400} \times 96,99 < I_p < \frac{1,4}{400} \times 96,99$$

$$0,25 < I_p < 0,33$$

Dipilih $I_p = 0,25$, dengan $I_{set} = 100 A$

- o *Time Dial Setting* (TDS)

$$t_{op} = T \times \left(\frac{K}{\left(\left(\frac{I}{I_{set}} \right)^\alpha - 1 \right)} + L \right)$$

Karena *Standard Inverse*, maka nilai :

$$K = 0,14$$

$$\alpha = 0,02$$

$$L = 0$$

$$t_{op} \text{ (Penyulang Tawang Sari)} = 0,3 \text{ detik}$$

$$0,3 = T \times \left(\frac{0,14}{\left(\left(\frac{15.950}{100} \right)^{0,02} - 1 \right)} + 0 \right)$$

$$0,3 = T \times \left(\frac{0,14}{0,11} \right)$$

$$0,3 = T \times (1,27)$$

$$T = \frac{0,3}{1,27}$$

TDS (minimum) = 0,23, dipilih TDS = 0,23

o *Current Setting High Set* ($I \gg$)

$$\frac{1,6}{\text{Rasio CT}} \times \text{FLA} < I_p < 0,8 \times \frac{I_{sc \text{ min}}}{\text{Rasio CT}}$$

$$\frac{1,6}{400} \times 96,99 < I_p < 0,8 \times \frac{13.780}{400}$$

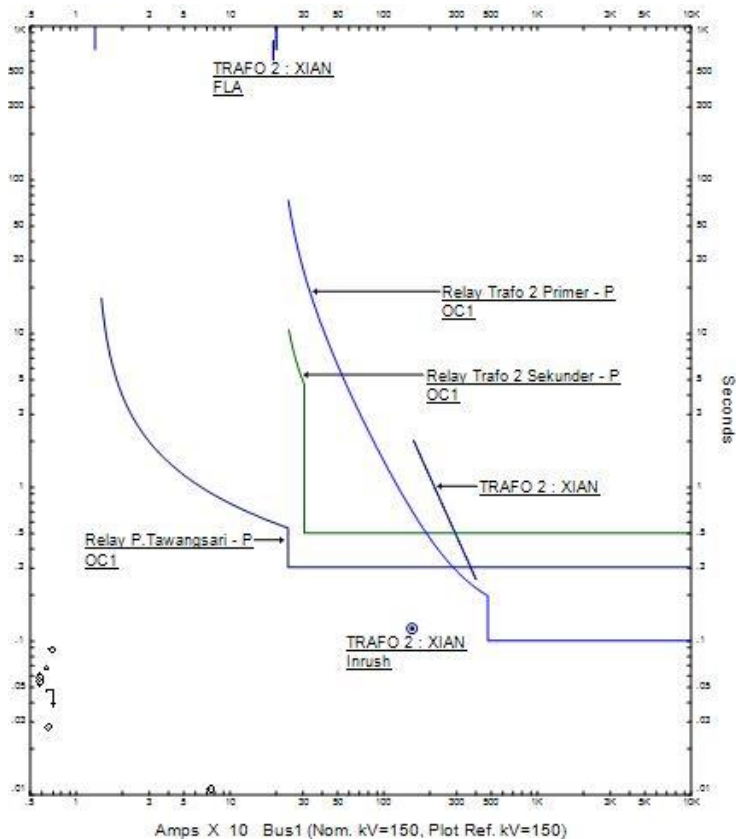
$$0,40 < I_p < 27,56$$

Dipilih $I_p = 4,5$,dengan $I_{set} = 1800 \text{ A}$

o *Time Delay* ($t \gg$)

Pengaturan waktu = 0,3 detik

Untuk perhitungan *setting OCR Relay* Trafo 2 Sekunder dan *Relay* Trafo 2 Primer sama seperti perhitungan koordinasi proteksi tipikal 1. Pada **Gambar 4. 22** bila terjadi $I_{sc \text{ min}}$ 30 *cycle* Bus Penyulang Tawang Sari, maka pada *Relay* P.Tawang Sari akan mengenai kurva instan dan urutan trip relenya adalah *Relay* P.Tawang Sari dengan waktu trip CB Tawang Sari = 10 ms, *Relay* Trafo 2 Sekunder dengan waktu trip CB Trafo 2 Sekunder = 10 ms, dan terakhir *Relay* Trafo 2 Primer dengan waktu trip CB Trafo 2 Primer = 10 ms.



Gambar 4. 22 Kurva Koordinasi *Resetting* Tipikal 2 Hubung Singkat 3 Fasa Minimum 30 *Cycle* pada Bus Penyulang Tawang Sari

4.3.3 Perhitungan *Resetting* Relay DGR dan GFR pada Tipikal 3

Sebelum memulai perhitungan, berikut disajikan informasi tiap rele yang digunakan dalam perhitungan koordinasi proteksi tipikal 3 :

- *Relay DGR* Penyulang Anggaswangi
 Manufaktur = Schneider Electric
 Model = MiCOM
 Tipe = P127

Kurva = *Definite Time*
 Rasio ZCT = 200/5
 NGR = 500 Ohm
 IGF = 0,023 kA = 23 A
 Arah = *Forward*

o *Current Setting High Set (I>>)*

$$10\% \times \frac{IGF}{\text{Rasio ZCT}} < I_p < 50\% \times \frac{IGF}{\text{Rasio ZCT}}$$

$$10\% \times \frac{23}{200} < I_p < 50\% \times \frac{23}{200}$$

$$0,03 < I_p < 0,058$$

Dipilih $I_p = 0,03$,dengan $I_{set} = 6 \text{ A}$

o Time Delay ($t \gg$)

Pengaturan waktu = 0,3 detik

● *Relay GFR* Trafo 2 Sekunder

Manufaktur = Schneider Electric
 Model = MiCOM
 Tipe = P141
 Kurva = *Definite Time*
 Rasio ZCT = 50/5
 NGR = 500 Ohm
 IGF = 0,023 kA = 23 A

o *Current Setting High Set (I>>)*

$$10\% \times \frac{IGF}{\text{Rasio ZCT}} < I_p < 50\% \times \frac{IGF}{\text{Rasio ZCT}}$$

$$10\% \times \frac{23}{50} < I_p < 50\% \times \frac{23}{50}$$

$$0,05 < I_p < 0,23$$

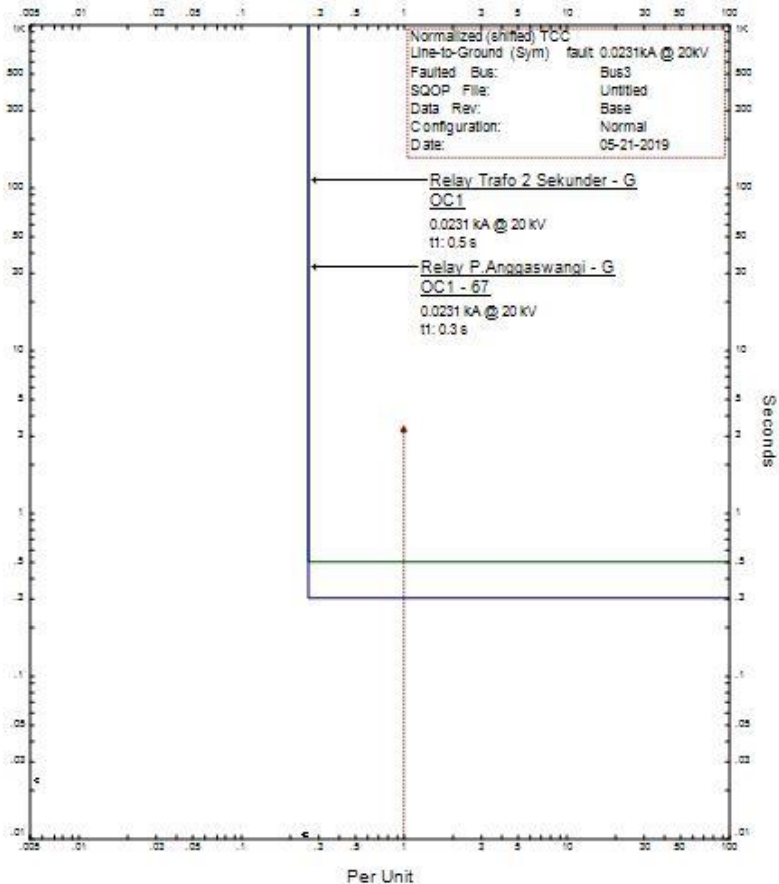
Dipilih $I_p = 0,12$,dengan $I_{set} = 6 \text{ A}$

o Time Delay ($t \gg$)

Pengaturan waktu = 0,5 detik

Pada **Gambar 4.23** dapat dilihat bahwa bila terjadi gangguan fasa ke tanah, maka IGF akan mengenai kurva instan *Relay* P.Anggaswangi lalu *Relay* Trafo 2 Sekunder dan akan merespon dengan memerintahkan CB P.Anggaswangi dan CB Trafo 2 Sekunder untuk trip dengan waktu 10 ms. *Setting Directional Ground Relay* dan *Ground Fault*

Relay ini aman (*safe*). Ketika terjadi gangguan 1 fasa ke tanah di penyulang Anggaswangi maka arus kontribusi mengalir dari Trafo 2 menuju titik gangguan di penyulang Anggaswangi. Jika ada arus kontribusi dari penyulang Anggaswangi maka *Relay DGR* Penyulang Anggaswangi tidak trip karena arah arus kontribusi *reverse* sedangkan settingnya *forward*. Untuk perhitungan *Relay GFR* Primer Trafo 2 dimatikan.



Gambar 4. 23 Kurva Koordinasi *Resetting* Tipikal 3 Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah pada Penyulang Anggaswangi *Level* Tegangan 20 KV

4.3.4 Perhitungan Resetting Relay DGR dan GFR pada Tipikal 4

Sama seperti pada perhitungan tipikal 3, Sebelum memulai perhitungan, berikut disajikan informasi tiap rele yang digunakan dalam perhitungan koordinasi proteksi tipikal 4 :

- *Relay DGR* Penyulang Tawang Sari

Manufaktur	= Schneider Electric
Model	= Vamp
Tipe	= 40
Kurva	= <i>Definite Time</i>
Rasio ZCT	= 200/5
NGR	= 500 Ohm
IGF	= 0,023 kA = 23 A
Arah	= <i>Forward</i>

o *Current Setting High Set* ($I_{>>}$)

$$10\% \times \frac{IGF}{\text{Rasio CT}} < I_p < 50\% \times \frac{IGF}{\text{Rasio CT}}$$

$$10\% \times \frac{23}{200} < I_p < 50\% \times \frac{23}{200}$$

$$0,012 < I_p < 0,058$$

Dipilih $I_p = 0,03$,dengan $I_{set} = 6$ A

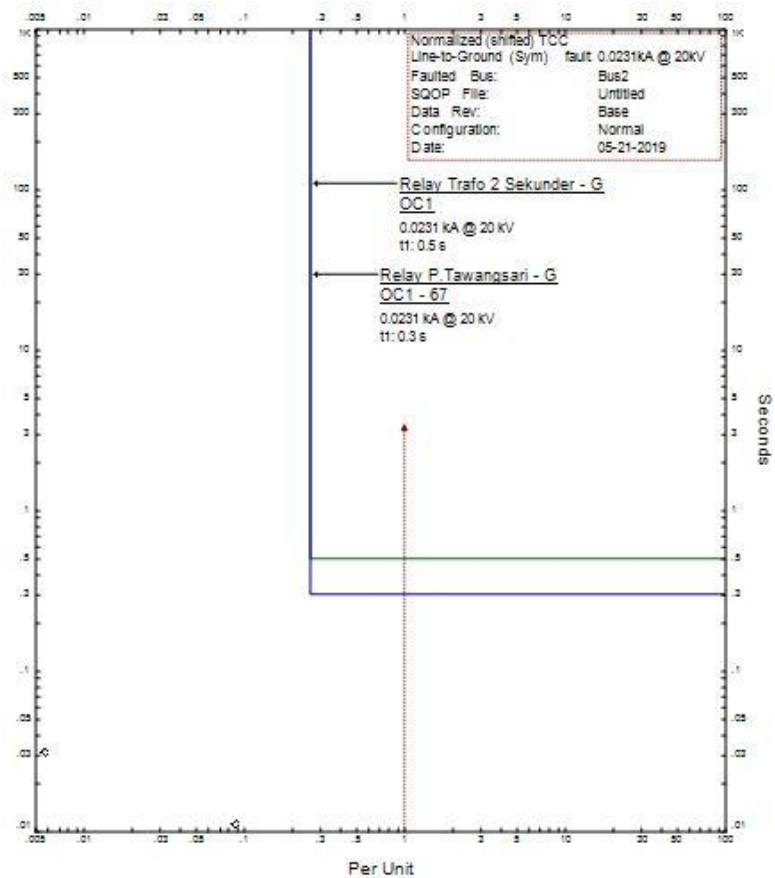
o *Time Delay* ($t_{>>}$)

Pengaturan waktu = 0,3 detik

Untuk perhitungan *setting* dan simulasi *GFR Relay* Trafo 2 Sekunder dan *Relay GFR* Trafo 2 Primer sama seperti perhitungan koordinasi proteksi tipikal 3.

Pada **Gambar 4.24** dapat dilihat bahwa bila terjadi gangguan fasa ke tanah, maka IGF akan mengenai kurva instan *Relay P.Tawang Sari* lalu *Relay* Trafo 2 Sekunder dan akan merespon dengan memerintahkan CB P.Tawang Sari dan CB Trafo 2 Sekunder untuk trip dengan waktu 10 ms. *Setting Directional Ground Fault Relay* dan *Ground Fault Relay* ini aman (*safe*). Ketika terjadi gangguan 1 fasa ke tanah di penyulang Tawang Sari maka arus kontribusi mengalir dari Trafo 2 menuju titik gangguan di penyulang Tawang Sari. Jika ada arus kontribusi dari penyulang Anggaswangi maka *Relay DGR* Penyulang Tawang Sari tidak

trip karena arah arus kontribusi *reverse* sedangkan settingnya *forward*. Untuk perhitungan *Relay GFR* Primer Trafo 2 dimatikan.



Gambar 4. 24 Kurva Koordinasi *Resetting* Tipikal 4 Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah pada Penyulang Tawang Sari *Level* Tegangan 20 KV

4.4 Hasil Perhitungan *Resetting* Relay dengan Perhitungan Sistem Kelistrikan Existing

Setelah pada sub-bab sebelumnya, didapat hasil *setting* rele proteksi Gardu Induk Babadan 150 kV *Existing*. Maka dapat dibandingkan hasil

kedua *setting* proteksi pada *plant* yang diuji. Untuk hasil evaluasi yang valid, kedua *setting* rele proteksi diuji menggunakan *software* ETAP 12.6.0. Dimana hasil kedua kondisi ini dapat dihimpun pada tabel dibawah ini :

Tabel 4. 12 Perbandingan Hasil *Existing* dan *Resetting* OCR Tipikal 1

	<i>Existing</i>		<i>Resetting</i>	
Rele Penyulang Anggaswangi	Schneider Electric MiCOM P127		Schneider Electric MiCOM P127	
	CT = 400/5		CT = 400/5	
	Kurva	<i>Standard Inverse</i>	Kurva	<i>Standard Inverse</i>
	<i>Current Low Set</i>	400	<i>Current Low Set</i>	108
	<i>Time Dial Setting</i>	0,15	<i>Time Dial Setting</i>	0,23
	<i>Current High Set</i>	2800	<i>Current High Set</i>	1800
	<i>Time Delay</i>	0,3	<i>Time Delay</i>	0.3
Rele Trafo 2 Sekunder	Schneider Electric MiCOM P141		Schneider Electric MiCOM P141	
	CT = 2000/5		CT = 2000/5	
	Kurva	<i>Standard Inverse</i>	Kurva	<i>Standard Inverse</i>
	<i>Current Low Set</i>	2000	<i>Current Low Set</i>	1520
	<i>Time Dial Setting</i>	0,2	<i>Time Dial Setting</i>	0,28
	<i>Current High Set</i>	5100	<i>Current High Set</i>	2300
	<i>Time Delay</i>	0,7	<i>Time Delay</i>	0,5

Tabel 4. 13 Perbandingan Hasil *Existing* dan *Resetting* OCR Tipikal 1 (lanjutan)

Rele Trafo 2 Primer	Schneider Electric MiCOM P141		Schneider Electric MiCOM P141	
	CT = 300/5		CT = 300/5	
	Kurva	<i>Standard Inverse</i>	Kurva	<i>Extremely Inverse</i>
	<i>Current Low Set</i>	55,2	<i>Current Low Set</i>	201
	<i>Time Dial Setting</i>	0,3	<i>Time Dial Setting</i>	8
	<i>Current High Set</i>	459	<i>Current High Set</i>	4800
	<i>Time Delay</i>	0,1	<i>Time Delay</i>	0,1

Tabel 4. 14 Perbandingan Hasil *Existing* dan *Resetting* OCR Tipikal 2

Rele Penyulang Tawang Sari	<i>Existing</i>		<i>Resetting</i>	
	Schneider Electric VAMP 40		Schneider Electric MiCOM P127	
	CT = 400/5		CT = 400/5	
	Kurva	<i>Standard Inverse</i>	Kurva	<i>Standard Inverse</i>
	<i>Current Low Set</i>	400	<i>Current Low Set</i>	100
	<i>Time Dial Setting</i>	0,15	<i>Time Dial Setting</i>	0,23
	<i>Current High Set</i>	2800	<i>Current High Set</i>	1800
<i>Time Delay</i>	0,3	<i>Time Delay</i>	0,3	

Tabel 4. 15 Perbandingan Hasil *Existing* dan *Resetting OCR* Tipikal 2 (lanjutan)

Rele Trafo 2 Sekunder	Schneider Electric MiCOM P141		Schneider Electric MiCOM P141	
	CT = 2000/5		CT = 2000/5	
	Kurva	<i>Standard Inverse</i>	Kurva	<i>Standard Inverse</i>
	<i>Current Low Set</i>	2000	<i>Current Low Set</i>	1520
	<i>Time Dial Setting</i>	0,2	<i>Time Dial Setting</i>	0,14
	<i>Current High Set</i>	5100	<i>Current High Set</i>	2300
	<i>Time Delay</i>	0,7	<i>Time Delay</i>	0,5
Rele Trafo 2 Primer	Schneider Electric MiCOM P141		Schneider Electric MiCOM P141	
	CT = 300/5		CT = 300/5	
	Kurva	<i>Standard Inverse</i>	Kurva	<i>Extremely Inverse</i>
	<i>Current Low Set</i>	55,2	<i>Current Low Set</i>	201
	<i>Time Dial Setting</i>	0,3	<i>Time Dial Setting</i>	8
	<i>Current High Set</i>	459	<i>Current High Set</i>	4800
<i>Time Delay</i>	0,1	<i>Time Delay</i>	0,1	

Tabel 4. 16 Perbandingan Hasil *Existing* dan *Resetting* DGR dan GFR Tipikal 3

	<i>Existing</i>		<i>Resetting</i>	
Rele Penyulang Anggaswangi	Schneider Electric MiCOM P127		Schneider Electric MiCOM P127	
	ZCT = 200/5		ZCT = 200/5	
	Kurva	<i>Definite Time</i>	Kurva	<i>Definite Time</i>
	<i>Current Low Set</i>	-	<i>Current Low Set</i>	-
	<i>Time Dial Setting</i>	-	<i>Time Dial Setting</i>	-
	<i>Current High Set</i>	15	<i>Current High Set</i>	6
	<i>Time Delay</i>	0,4	<i>Time Delay</i>	0.3
	Arah	<i>Forward</i>	Arah	<i>Forward</i>
Rele Trafo 2 Sekunder	Schneider Electric MiCOM P141		Schneider Electric MiCOM P141	
	ZCT = 50/5		ZCT = 100/5	
	Kurva	<i>Long Time Inverse</i>	Kurva	<i>Definite Time</i>
	<i>Current Low Set</i>	18	<i>Current Low Set</i>	-
	<i>Time Dial Setting</i>	0,1	<i>Time Dial Setting</i>	-
	<i>Current High Set</i>	-	<i>Current High Set</i>	6
<i>Time Delay</i>	-	<i>Time Delay</i>	0,5	

Tabel 4. 17 Perbandingan Hasil *Existing* dan *Resetting* DGR dan GFR Tipikal 3 (lanjutan)

Rele Trafo 2 Primer	Schneider Electric MiCOM P141		Schneider Electric MiCOM P141	
	CT = 300/5		CT = 300/5	
	Kurva	<i>Standard Inverse</i>	Kurva	-
	<i>Current Low Set</i>	24	<i>Current Low Set</i>	-
	<i>Time Dial Setting</i>	0,67	<i>Time Dial Setting</i>	-
	<i>Current High Set</i>	-	<i>Current High Set</i>	-
	<i>Time Delay</i>	-	<i>Time Delay</i>	-

Tabel 4. 18 Perbandingan Hasil *Existing* dan *Resetting* DGR dan GFR Tipikal 4

	<i>Existing</i>		<i>Resetting</i>	
Rele Penyulang Tawang Sari	Schneider Electric VAMP 40		Schneider Electric MiCOM P127	
	ZCT = 200/5		ZCT = 200/5	
	Kurva	<i>Definite Time</i>	Kurva	<i>Definite Time</i>
	<i>Current Low Set</i>	-	<i>Current Low Set</i>	-
	<i>Time Dial Setting</i>	-	<i>Time Dial Setting</i>	-
	<i>Current High Set</i>	15	<i>Current High Set</i>	6
	<i>Time Delay</i>	0,4	<i>Time Delay</i>	0.3
Arah	<i>Forward</i>	Arah	Forward	

Tabel 4. 19 Perbandingan Hasil *Existing* dan *Resetting DGR* dan *GFR* Tipikal 4 (lanjutan)

Rele Trafo 2 Sekunder	Schneider Electric MiCOM P141		Schneider Electric MiCOM P141	
	ZCT = 50/5		ZCT = 100/5	
	Kurva	<i>Long Time Inverse</i>	Kurva	<i>Definite Time</i>
	<i>Current Low Set</i>	18	<i>Current Low Set</i>	-
	<i>Time Dial Setting</i>	0,1	<i>Time Dial Setting</i>	-
	<i>Current High Set</i>	-	<i>Current High Set</i>	6
	<i>Time Delay</i>	-	<i>Time Delay</i>	0,5
Rele Trafo 2 Primer	Schneider Electric MiCOM P141		Schneider Electric MiCOM P141	
	CT = 300/5		CT = 300/5	
	Kurva	<i>Standard Inverse</i>	Kurva	-
	<i>Current Low Set</i>	24	<i>Current Low Set</i>	-
	<i>Time Dial Setting</i>	0,67	<i>Time Dial Setting</i>	-
	<i>Current High Set</i>	-	<i>Current High Set</i>	-
	<i>Time Delay</i>	-	<i>Time Delay</i>	-

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian pada tugas akhir mengenai evaluasi *setting* rele arus lebih fasa dan rele arus lebih *ground* yaitu *DGR* dan *GFR* pada sistem radial PT PLN (Persero) Wilayah Sidoarjo di Gardu Babadan 150 kV ini, dapat disimpulkan beberapa hal :

1. Terdapat *setting* rele yang kurang tepat, tidak memperhatikan *damage curve*, arus *insrush*, dan koordinasi antar rele yang kurang baik, terutama pada setting I_p (*pick-up*).
2. Terdapat *setting* rele *GFR* yang belum mempunyai *setting* I_p *instantaneous*.
3. *Grading Time* pada jarak trip antar *CB* terlalu lama sehingga *setting* rele *backup* dipercepat dengan mempertimbangkan *CTI* sebesar 0,2s.

5.2 Saran

Setelah dilakukan evaluasi dan penelitian pada tugas akhir ini, masih ada beberapa hal yang perlu dibenahi. Saran untuk penelitian dan pengembangan selanjutnya dengan topik yang serupa adalah :

1. Mempertimbangkan *damage curve* dan arus *inrush*
2. Menggunakan *setting* I_p *Instantaneous* pada rele *GFR*.
3. Memperhatikan *Grading Time* agar koordinasi rele lebih baik lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. o. E. a. E. Engineers, "IEEE Standard 242," in *Protection and Coordination of Industrial and Comercial Power System*, ed, 2001.
- [2] P. M. Anderson, *Power System Protection*. Pistacaway, NJ: IEEE Press, 1999.
- [3] S. Electric. (2005, Cahier Technique No. 158. *Calculation of Short Circuit Currents*.
- [4] Wahyudi, "Diktat Kuliah Pengaman Sistem Tenaga Listrik", Teknik Elektro ITS, Surabaya, Bab 2, 2004
- [5] Hazrizal Rusymi, "Evaluasi Koordinasi Rele Pengaman pada Jaringan Distribusi 20 KV di Gardu Induk Garuda Sakti, Panam-Pekanbaru," Tugas Akhir, Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2011.
- [6] I. o. E. a. E. Engineers, "IEEE Standard C37.112," in *Standard Inverse-Time Characteristic Equations for Overcurrent Relays*, ed, 1996.
- [7] Schneider Electric, "MiCOM P125, P126 & P127 Directional/Non Directional Relay," in *Technical Manual*, ed, 2011.
- [8] AREVA, "MiCOM P141, P142, P143, P144 & P145 Feeder Management Relay" in *Technical Manual*, ed, 2009.
- [9] PT. PLN (Persero), "Buku 1 Kriteria Desain Enjinereng Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik," Bab 4, ed, 2010.
- [10] Prév , Christophe, "*Protection of Electrical Networks*", ISTE Ltd., London, Ch. 7, 9, 2006.

BIODATA PENULIS



Abyad, dilahirkan di Tegal pada 4 Desember 1996. Merupakan anak ketiga dari pasangan suami istri Bapak Abdul Azis dan Ibu Nur Diana. Masa kecil penulis dihabiskan di kota Tegal, dimana penulis menuntut ilmu di TK Tunas Muda Islamiyah Tegal, SD Negeri Mangkukusuman 1 Tegal, SMP Negeri 2 Tegal, dan kemudian di jenjang SMA penulis melanjutkan sekolah di SMA Negeri 1 Tegal. Setelah menyelesaikan masa SMA, penulis melanjutkan pendidikan ke S1 Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya. Pada masa awal perkuliahan penulis sangat suka berjalan-jalan mengelilingi kota Surabaya dan mengeksplorasi kuliner Jawa Timur. Penulis juga merupakan anggota di Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) Robotika dan tergabung dalam tim Kontes Robot Seni Tari Indonesia. Disamping kegiatan akademik, penulis juga aktif di kegiatan pengembangan diri seperti mengajar robot di Sekolah Dasar, mengikuti pelatihan laboratorium di Elektro ITS, dan menjadi juri di perlombaan robot ROV. Penulis juga merupakan peserta Program Magang Mahasiswa Bersertifikat (PMMB) di PT PLN (Persero) selama 6 bulan. Penulis juga mengikuti berbagai pelatihan *softskill* ataupun *hardskill*, mulai dari LKMM Pra-TD hingga Pelatihan ETAP dan MATLAB. Penulis dapat dihubungi melalui email abyad.elits@gmail.com.