

SKRIPSI

**ANALISA KOORDINASI PERALATAN PROTEKSI
TERHADAP GANGGUAN HUBUNG SINGKAT
MENGUNAKAN *SOFTWARE ETAP POWERSTATION* PADA
JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20 KV PADA GARDU
INDUK (GI) POLEHAN**



**Disusun Oleh :
ARIF WICAKSONO
NIM. 04.12.004**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
APRIL 2009**

WASH DC
MILITARY DISTRICT OF COLUMBIA
OFFICE OF THE ADJUTANT GENERAL
WASHINGTON DC 20315
ATTENTION: ADJUTANT GENERAL

NOV 14 1964
MILITARY DISTRICT OF COLUMBIA
WASHINGTON DC

ADJUTANT GENERAL
MILITARY DISTRICT OF COLUMBIA
WASHINGTON DC 20315
ATTENTION: ADJUTANT GENERAL
WASHINGTON DC

ADJUTANT

LEMBAR PERSETUJUAN

ANALISA KOORDINASI PERALATAN PROTEKSI
TERHADAP GANGGUAN HUBUNG SINGKAT
MENGUNAKAN *SOFTWARE ETAP POWERSTATION* PADA
JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20 KV
PADA GARDU INDUK (GI) POLEHAN

SKRIPSI

*Disusun dan Diajukan Untuk Melengkapi dan Memenuhi
Persyaratan Guna Mencapai Gelar Sarjana Teknik Elektro (S-1)*

Disusun Oleh :

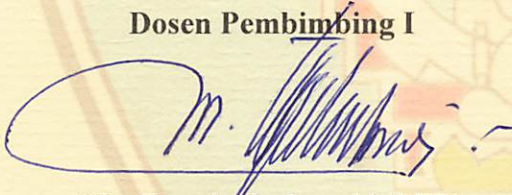
ARIF WICAKSONO

NIM : 04.12.004

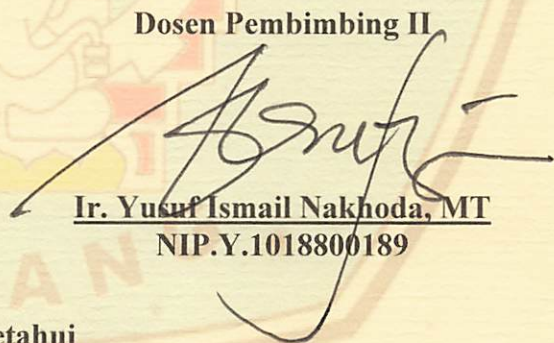
Diperiksa dan Disetujui :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



(Ir. Teguh Herbasuki, MT)
NIP. 1038900209

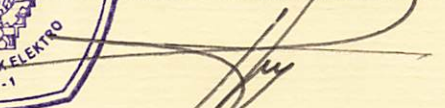


Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
NIP.Y.1018800189



Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1



(Ir. F. Yudi Limpraptono, MT)
NIP.Y. 1039500274

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

2009

ABSTRAKSI

ANALISA KOORDINASI PERALATAN PROTEKSI TERHADAP GANGGUAN HUBUNG SINGKAT MENGGUNAKAN *SOFTWARE ETAP POWERSTATION* PADA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20 kV PADA GARDU INDUK (GI) POLEHAN

(Arif Wicaksono / 04.12.004)

Dosen Pembimbing I: Ir. Teguh Herbasuki, MT

Dosen Pembimbing II: Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT

Sistem proteksi merupakan salah satu komponen penting dalam sistem tenaga listrik secara keseluruhan. Tanpa adanya pengaman, tenaga listrik yang dihasilkan tidak dapat ditransmisikan dan di distribusikan kepada konsumen dengan tingkat kualitas yang tinggi. Pada penelitian ini menjelaskan mengenai arus gangguan hubung singkat yang dapat terjadi pada penyulang Kedungkandang Gardu Induk Polehan dan menganalisa koordinasi *Over Current Rele* (OCR)) untuk meningkatkan keandalan jaringan distribusi pada saat terjadi gangguan. Dimana untuk analisa arus gangguan hubung singkat menggunakan bantuan simulasi *software ETAP Powerstation*.

Dari hasil simulasi *short circuit* dengan menggunakan *software ETAP Powerstation* dimana metode yang dipakai adalah *Newthon Rophson* di peroleh nilai arus gangguan hubung singkat satu fasa ketanah sebesar 23 Amper dengan rata-rata % error sebesar 0,149 %. Untuk nilai arus gangguan hubung singkat antar fasa ketanah minimum sebesar 1374A dan arus gangguan hubung singkat antar fasa maksimum sebesar 3523A dengan rata-rata % error sebesar 0,143%. Besarnya arus gangguan hubung singkat dua fasa minimum sebesar 1368 dan besar arus gangguan hubung singkat dua fasa maksimum sebesar 3518A dengan rata-rata % error sebesar 0,7%. Sedangkan arus gangguan hubung singkat tiga fasa minimum sebesar 1580A dan besar arus gangguan hubung singkat tiga fasa maksimum sebesar 4062A dengan rata-rata % error sebesar 0,69 %.

Untuk arus gangguan satu fasa ketanah rele akan bekerja pada selang waktu 0,158 detik setelah terjadi gangguan. Sedangankan untuk gangguan hubung singkat fasa, maka pada saat arus gangguan fasa minimum sebesar 1368A rele penyulang kedungkandang akan bekerja pada selang waktu 3 detik, jika gangguan masih berlangsung, maka rele TS51 akan bekerja selang waktu 8 detik setelah gangguan. Sedangkan untuk gangguan fasa maksimum sebesar 4062A rele penyulang kedungkandang akan bekerja pada selang waktu 0,05 detik, dan untuk rele TS51 akan bekerja pada selang waktu 0,5 detik setelah gangguan.

Kata kunci : arus gangguan,koordinasi,setting rele,*ETAP Powerstation*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, karena hanya dengan berkah dan rahmat-Nyalah sehingga penyusun dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul **“Analisa Koordinasi Peralatan Proteksi Terhadap Gangguan Hubung Singkat Menggunakan *Software Etap Powerstation* Pada Jaringan Distribusi Primer 20 kV Pada Gardu Induk Polehan”**.

Dalam penyusunan skripsi ini penyusun telah banyak mendapatkan bantuan serta bimbingan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Abraham Lomi, MSEE. Selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang .
2. Bapak Ir. H Sidik Noertjahjono, MT. Selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang .
3. Bapak Ir. F. Yudi Limpraptono, MT. Selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Bapak Supiantono Bulus Muarayadi, Selaku Kepala GI Polehan.
5. Bapak Ir. Teguh Herbasuki, MT. Selaku Dosen Pembimbing.
6. Bapak Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT. Selaku Dosen Pembimbing.
7. Orang Tuaku tercinta yang selalu memberikan semangat, motivasi serta do'a.
8. Rekan – rekan yang telah membantu penyusunan laporan skripsi ini.

Penyusun menyadari bahwa laporan skripsi ini masih sangat jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penyusun sangat mengharapkan kritik dan sarannya.

Akhir kata penyusun mengharapkan semoga skripsi ini dapat bermanfaat baik pribadi maupun bagi semua pihak.

Malang, 28 Maret 2009

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
ABSTRAKSI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Metodologi Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
1.7. Relevansi	5

BAB II TEORI DASAR

2.1.	Sistem Distribusi	6
2.2.	Perlindungan Sistem Distribusi	7
2.2.1	Perlindungan Terhadap Arus Lebih	7
2.2.1.1	Pelebur	7
2.2.1.2	Penutup Balik Otomatis (<i>Automatic Circuit Recloser</i>)	8
2.2.1.3	Saklar Seksi Otomatis (<i>Automatic Line Sectionalizer</i>)	9
2.2.1.4	Pemutus Tenaga (<i>Circuit Breaker</i>)	9
2.2.1.5	Rele Arus Lebih (<i>Over Current Relay</i>)	9
2.2.2	Koordinasi Alat Perlindungan	12
2.2.2.1	Koordinasi Pelebur dengan Pelebur	12
2.2.2.2	Koordinasi PBO dengan Pelebur	13
2.2.2.3	Koordinasi Pemutus Beban dengan Pelebur	13
2.3.	Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik	13
2.4.	Macam Gangguan Pada Sistem Distribusi	14
2.4.1.	Gangguan Satu Fasa ke Tanah	14
2.4.2.	Gangguan Fasa ke Fasa	15
2.4.3.	Gangguan Dua Fasa ke Tanah	16
2.4.4.	Gangguan Tiga Fasa	17
2.5.	Impedansi Pada Sistem Distribusi	17
2.5.1.	Impedansi Sumber	17

2.5.2. Impedansi Trafo Tenaga	18
2.5.3. Impedansi Pentanahan	19
2.5.4. Impedansi Gangguan	19

**BAB III GANGGUAN HUBUNG SINGKAT PADA SISTEM DISTRIBUSI
DAN KOORDINASI PERALATAN PROTEKSI**

3.1. Sistem Distribusi 20 KV Penyulang Kedungkandang	20
3.2. Data Saluran Penyulang	21
3.3. Pengaman di Gardu Induk	21
3.2.1. PMT	22
3.2.2. <i>Over Current Relay</i>	23
3.4. Setting Reley Pengaman Arus Lebih (OCR)	24
3.3.1. Prinsip Dasar Penyetelan Arus (Is)	24
3.3.2. Setelan Waktu Kerja Relay	24
3.5. Setting Directional Ground Relay	25
3.6. Arus Gangguan Hubung Singkat	26
3.7. Simulasi <i>Software ETAP Powerstation</i>	26
3.6.1. Operasi Nyata Secara Virtual (<i>Virtual reality Operation</i>)	27
3.6.2. Data Gabungan Total (<i>Total Integration of Data</i>)	27
3.6.3. Kesederhanaan Dalam Memasukkan Data	28
3.8. <i>Algoritma</i> Program	30

3.6.1. <i>Algoritma Pemecahan Masalah Short Circuit Menggunakan Simulasi Software ETAP Powerstation</i>	30
3.6.2. <i>Flowchart Pemecahan Masalah Short Circuit Menggunakan Simulasi Software ETAP Powerstation</i>	31

BAB IV ANALISA DAN HASIL

4.1. <i>Single Line Jaringan Distribusi Primer di Gardu Induk Polehan Penyulang Kedungkandang</i>	32
4.2. <i>Impedansi Pada Sistem Distribusi</i>	33
4.3. <i>Solusi Perhitungan Short Circuit dengan ETAP Powerstation...</i>	33
4.3.1. <i>Analisa Arus Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ketanah</i>	34
4.3.2. <i>Analisa Arus Gangguan Hubung Singkat Antar Fasa Ketanah</i>	40
4.3.3. <i>Analisa Arus Gangguan Hubung Singkat Antar Fasa ...</i>	45
4.3.4. <i>Analisa Arus Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa</i>	49
4.4. <i>Setting dan Koordinasi Reley Arus Lebih</i>	53
4.4.1. <i>Analisa dan Setting Relay Arus Lebih Gangguan Fasa .</i>	53
4.4.2. <i>Analisa dan Setting Relay Arus Lebih Gangguan Tanah .</i>	58
4.4.3. <i>Koordinasi Rele</i>	60

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan	62
5.2. Saran	63

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Jaringan Distribusi Tegangan Menengah (JTM), Jaringan Tegangan Rendah (JTR) dan Sambungan Rumah ke Pelanggan	6
Gambar 2.2	Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah	14
Gambar 2.3	Gangguan Hubung Singkat Fasa ke Fasa	15
Gambar 2.4	Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa ke Tanah	16
Gambar 2.5	Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa	17
Gambar 3.1	Tampilan Model Utama Simulasi <i>Software ETAP Powerstation</i>	27
Gambar 3.2	Tampilan Pemodelan <i>Single Line Diagram</i> Simulasi <i>Software ETAP Powerstation</i>	29
Gambar 3.3	<i>Flowchart Short Circuit</i> Menggunakan Simulasi <i>Software ETAP Powerstation</i>	31
Gambar 4.1	<i>Single Line</i> Penyulang Kedungkandang Gardu Induk Polehan	32
Gambar 4.2	Line Proteksi dari Bus 70 KV Sampai Bus 20 KV	54
Gambar 4.3	Kurva Arus Waktu Untuk Koordinasi Proteksi dari Bus 70 KV sampai Bus 20 KV Penyul Kedungkandang	60

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Data Saluran Penyulang Kedungkandang	21
Tabel 4.1	Hasil Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah	39
Tabel 4.2	Hasil Perhitungan Arus Gangguan Antar Fasa ke Tanah	44
Tabel 4.3	Hasil Perhitungan Arus Gangguan Antar Fasa	48
Tabel 4.4	Hasil Perhitungan Arus Gangguan Tiga Fasa	52

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang.

Sistem proteksi merupakan salah satu komponen penting dalam sistem tenaga listrik secara keseluruhan. Tanpa adanya pengaman, tenaga listrik yang dihasilkan tidak dapat ditransmisikan dan didistribusikan kepada konsumen dengan tingkat kualitas yang tinggi.

Sistem proteksi tenaga listrik merupakan sistem pengaman terhadap peralatan-peralatan yang terpasang pada sistem tenaga listrik, seperti generator, bus bar, transformator, saluran udara tegangan tinggi, saluran kabel bawah tanah, dan sebagainya terhadap kondisi tidak normal operasi sistem tenaga listrik tersebut.^[7]

Gangguan dalam sistem distribusi tenaga listrik merupakan hal yang tidak diinginkan, tetapi tidak bisa dihindarkan. Gangguan sebagian besar merupakan gangguan hubung singkat dan mengakibatkan arus hubung singkat yang besarnya pada umumnya berlipat ganda dibandingkan arus nominal peralatan yang mengalami gangguan.^[2]

Penyulang Kedung kandang dari Gardu Induk Polehan merupakan penyulang 20 KV tipe radial yang berada di kota Malang. Sistem pengamannya menggunakan PMT yaitu saklar yang di desain untuk memutus arus gangguan yang kerjanya di perintah oleh *Over Current Relay (OCR)* dan pelebur yaitu

pengaman arus lebih yang berfungsi untuk memutus arus bila arus tersebut melebihi suatu nilai tertentu dalam waktu yang cukup.

Dengan menggunakan bantuan simulasi *software ETAP Powerstation*, pada penelitian ini adalah menganalisa tentang arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah, gangguan hubung singkat antar fasa, gangguan hubung singkat antar fasa ketanah dan gangguan hubung singkat tiga fasa yang dapat terjadi dan menganalisa pola koordinasi *Over Current Rele (OCR)* untuk meningkatkan keandalan jaringan distribusi pada saat terjadi gangguan.

1.2. Rumusan Masalah

Dengan latar belakang seperti yang diuraikan tersebut diatas maka permasalahan yang sekarang timbul adalah :

1. Bagaimana menganalisa arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah, dua fasa ke tanah, antar fasa dan gangguan hubung singkat tiga fasa. yang bisa terjadi pada jaringan distribusi di Gardu Induk Polehan Malang dengan menggunakan *software ETAP Powerstation*.
2. Bagaimana menentukan koordinasi peralatan proteksi terhadap gangguan hubung singkat yang terjadi.

1.3. Tujuan

Tujuan pembahasan skripsi ini adalah menganalisa koordinasi peralatan proteksi terhadap gangguan hubung singkat menggunakan *Software ETAP Powerstation* pada Gardu induk (GI) Polehan.

1.4. Batasan Masalah

Agar pembahasan masalah dalam penulisan skripsi ini menjadi terarah maka akan dibatasi pada permasalahan sebagai berikut:

1. Arus gangguan hubung singkat yang dihitung adalah gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah, dua fasa ke tanah, antar fasa dan gangguan hubung singkat tiga fasa.
2. Analisa arus gangguan hubung singkat menggunakan *Software ETAP Powerstation*.
3. Jaringan distribusi yang dibahas adalah pada Gardu Induk Polehan dengan penyulang Kedung Kandang.
4. Peralatan proteksi yang dipakai adalah *Over Current Rele (OCR)*

1.5. Metodologi Penulisan

Metodologi penulisan yang digunakan dalam menyusun dan menganalisa laporan ini adalah :

1. Study literatur yaitu, kajian pustaka dengan mempelajari buku-buku atau jurnal-jurnal yang berhubungan dengan permasalahan.
2. Pengumpulan data yaitu, melakukan pengamatan dan mencari data-data yang diperlukan melalui penelitian lapangan.
3. Melakukan Analisa data dengan teori-teori yang ada menggunakan *Software ETAP Powerstation*
4. Menarik kesimpulan.

1.6. Sistematika Pembahasan

Agar pembahasan pada skripsi ini lebih terarah sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan, maka ditentukan sistematika pembahasan sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Berisi latar belakang, rumusan masalah, dan hal - hal berhubungan dengan permasalahan secara garis besar agar dapat memberikan gambaran mengenai apa yang akan dibahas pada skripsi ini.

BAB II : TEORI DASAR

Pada bab ini berisi tentang teori gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik dan system proteksi tenaga listrik terhadap peralatan-peralatan yang terpasang pada sistem tenaga listrik.

BAB III : GANGGUAN HUBUNG SINGKAT PADA SISTEM DISTRIBUSI DAN KOORDINASI PERALATAN PROTEKSI

Pada bagian ini akan diuraikan mengenai analisa arus gangguan hubung singkat yang digunakan dengan menggunakan simulasi *software ETAP Power Station* pada Gardu Induk Polehan.

BAB IV : ANALISA DAN HASIL SIMULASI

Pada bab ini berisi tentang hasil analisis gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah, gangguan hubung singkat antar fasa dan gangguan hubung singkat tiga fasa dan koordinasi peralatan proteksi.

BAB V : PENUTUP

Berisi tetang kesimpulan penulisan dan saran-saran.

1.7. Relevansi

Dengan melakukan analisa arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah, gangguan hubung singkat antar fasa, dan gangguan hubung singkat tiga fasa pada jaringan distribusi, maka diharapkan bisa dilakukan koordinasi peralatan proteksi sehingga bisa meminimalkan daerah yang terganggu agar dapat mengurangi jumlah pelanggan yang mengalami pemadaman akibat gangguan tersebut.

BAB II

TEORI DASAR

2.1. Sistem Distribusi^[3]

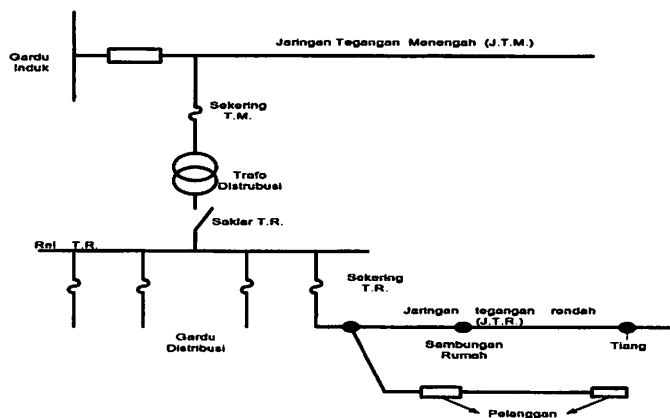
Sistem Distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang berperan dalam mendistribusikan tenaga listrik dari Gardu Induk (GI) sampai ke konsumen. Sistem distribusi pada hakekatnya dapat dibedakan menjadi 2 bagian yaitu :

1. Jaringan Distribusi Primer (Jaringan Tegangan Menengah)

Jaringan distribusi primer merupakan sistem tenaga listrik yang menyalurkan energi listrik antara Gardu Induk Distribusi sampai ke Gardu Distribusi dengan tegangan kerja 20 kV atau 6 kV.

2. Jaringan Distribusi Sekunder (Jaringan Tegangan Rendah)

Jaringan distribusi sekunder merupakan jaringan tenaga listrik yang menyalurkan energi listrik antara Gardu Distribusi sampai ke konsumen dengan tegangan kerja 110 V atau 220 V.



Gambar 2.1. Jaringan Distribusi Tegangan Menengah (JTM), Jaringan Tegangan Rendah (JTR) dan Sambungan Rumah ke Pelanggan^[2]

2.2. Perlindungan Sistem Distribusi^[1]

Sistem perlindungan bertujuan untuk mencegah atau membatasi kerusakan pada jaringan beserta peralatannya, keselamatan umum yang disebabkan karena gangguan dan meningkatkan pelayanan.

Perlindungan sistem distribusi meliputi dua hal :

- a) Perlindungan terhadap hubung singkat dan arus lebih atau gangguan pada saluran, dan peralatan yang biasa disebut “ perlindungan terhadap arus lebih ”.
- b) Perlindungan terhadap gangguan petir atau biasa disebut “Perlindungan terhadap tegangan lebih”.

2.2.1. Perlindungan Terhadap Arus Lebih

Alat perlindungan terhadap arus lebih yang dipakai pada sistem distribusi termasuk *relay* untuk mengontrol kerjanya Pemutus Beban, Penutup Balik Otomatis, Pelebur, dan Saklar Seksi Otomatis.

2.2.1.1. Pelebur

Pelebur adalah peralatan proteksi arus lebih yang akan membuka jaringan tenaga listrik dengan cara meleburkan bagian elemen proteksinya, karena terjadinya panas sebagai akibat adanya gangguan pada jaringan tersebut. Untuk memperbaikinya kembali setelah gangguan hilang, dilakukan dengan jalan mengganti elemen yang sudah melebur dengan elemen yang baru dengan rating yang sama. Pelebur dipasang pada titik percabangan antara saluran utama dan

saluran cabang. Pelebur gunanya untuk mengamankan jaringan dan peralatan yang berada di sebelah hilirnya terhadap gangguan permanen.

Pemilihan pelebur sebagai pengaman saluran cabang distribusi tegangan menengah harus didasarkan atas faktor-faktor sebagai berikut :

- a. Kemampuan pelebur terhadap arus beban maksimum yang terus menerus.
- b. Koordinasi alat pengaman (PMT dan Pelebur) baik yang berada di sisi hulu (sumber) maupun sisi hilir (beban)nya.
- c. Kemampuan pemutusan dari pelebur, khususnya bagi pelebur jenis letupan yang dipasang dekat GI / Sumber daya.
- d. Batas ketahanan penghantar arus hubung singkat.

2.2.1.2. Penutup Balik Otomatis (*Automatic Circuit Recloser*)

Penutup Balik Otomatis (PBO), secara fisik mempunyai kemampuan seperti pemutus beban atau *Circuit Breaker*, yang merupakan peralatan perlindungan terhadap arus lebih, dilengkapi dengan alat pengindra arus (rele arus) disamping peralatan pengaturan kerja membuka dan menutup rangkaian secara otomatis sesuai dengan waktu urutan kerja yang telah ditentukan dan dilanjutkan membuka terus terkunci bila menghadapi gangguan permanen setelah melalui sejumlah waktu operasi yang distel (biasanya dengan menutup tiga atau empat kali). Jadi PBO peka terhadap kondisi arus lebih dan bila hal ini terjadi, maka PBO akan memutuskan arus yang mengalir dan dalam selang beberapa saat kemudian secara otomatis PBO akan menutup kembali rangkaian.

2.2.1.3. Saklar Seksi Otomatis (*Automatic Line Sectionalizers*)

Saklar Seksi Otomatis (SSO), adalah alat pelindung terhadap arus lebih, hanya dipasang bersama-sama dengan Pemutus Beban atau PBO yang berfungsi sebagai pengaman *back-up*nya. Alat ini menghitung jumlah operasi pemutusan yang dilakukan oleh perlindungan *back-up* secara otomatis (disisi hulu=sumber) dan SSO ini membuka pada saat peralatan pengaman disisi hulunya sedang dalam posisi terbuka.

2.2.1.4. Pemutus Tenaga (*Circuit Breaker*)

Pemutus Tenaga (PMT) adalah alat pemutus otomatis yang mampu memutus/menutup rangkaian pada semua kondisi, yaitu pada kondisi normal ataupun gangguan. Secara singkat tugas pokok pemutus tenaga adalah :

- Keadaan normal, membuka / menutup rangkaian listrik.
- Keadaan tidak normal, dengan bantuan relay, PMT dapat membuka sehingga gangguan dapat dihilangkan.

2.2.1.5. Rele Arus Lebih (*Over Current Relay*)^[7]

Relay arus lebih adalah suatu relay dimana bekerjanya berdasarkan adanya kenaikan arus yang melewatinya. Agar peralatan tidak rusak bila dilewati arus yang melebihi kemampuannya, selain peralatan tersebut diamankan terhadap kenaikan arusnya, maka peralatan pengamannya harus dapat bekerja pada jangka waktu yang telah ditentukan.

Syarat-syarat agar relay dapat dikatakan bekerja dengan baik dan benar adalah :

1. Cepat Bereaksi

Relay harus cepat bekerja atau bereaksi bila sistem mengalami gangguan atau kerja abnormal. Kecepatan bereaksi dari relay adalah saat relay merasakan adanya gangguan sampai dengan pelaksanaan pelepasan *Circuit Breaker* (CB) karena perintah dari relay. Relay yang bekerja pada saat gangguan akan mengurangi kerusakan peralatan serta membatasi daerah yang terjadi gangguan. Mengingat suatu sistem tenaga mempunyai batas-batas stabilitas serta kadang-kadang gangguan bersifat sementara, maka relay yang semestinya bereaksi dengan cepat perlu di perlambat.

2. Selektif

Yang dimaksud selektif disini adalah kecermatan pemilihan, dimana hal ini menyangkut koordinasi pengaman sistem secara keseluruhan.

3. Peka / *Sensitive*

Relay harus dapat bekerja dengan kepekaan yang tinggi, artinya harus cukup sensitif terhadap gangguan di daerahnya meskipun gangguan tersebut minimum, selanjutnya memberikan jawaban atau respon.

4. Andal / *Reliability*

Keandalan relay dihitung dengan jumlah relay yang bekerja/mengamankan daerahnya terhadap jumlah gangguan yang terjadi.

5. Sederhana / *Simplicity*

Makin sederhana sistem relay semakin baik, mengingat setiap peralatan atau komponen relay kemungkinan mengalami kerusakan. Jadi sederhana maksudnya kemungkinan terjadi kerusakan kecil.

6. Murah / *Economys*

Relay sebaiknya yang murah, tanpa meninggalkan persyaratan – persyaratan yang ada.

Macam-macam karakteristik relay arus lebih :

a. Relay waktu seketika (*Instantaneous relay*)

Relay yang bekerja seketika (tanpa waktu tunda) ketika arus yang mengalir melebihi nilai settingnya, relay akan bekerja dalam waktu beberapa mili detik (10 – 20 ms). Relay ini jarang berdiri sendiri tetapi umumnya dikombinasikan dengan relay arus lebih dengan karakteristik yang lain.

b. Relay arus lebih waktu tertentu (*Definite time relay*)

Relay ini akan memberikan perintah pada PMT pada saat terjadi gangguan hubung singkat dan besarnya arus gangguan melampaui settingnya (I_s), dan jangka waktu kerja relay mulai pick up sampai kerja relay diperpanjang dengan waktu tertentu tidak tergantung besarnya arus yang mengerjakan relay.

c. Relay arus lebih waktu terbalik

Relay ini akan bekerja dengan waktu tunda yang tergantung dari besarnya arus secara terbalik (*inverse time*), makin besar arus makin

kecil waktu tundanya. Karakteristik ini bermacam-macam. Setiap pabrik dapat membuat karakteristik yang berbeda-beda

2.2.2. Koordinasi Alat Perlindungan^[1]

Proses memilih alat pengaman arus lebih dengan setelan/kurva waktu arus tertentu, waktu urutan operasi kerjanya yang diatur disesuaikan dengan alat pengaman lainnya dan diterapkan pada jaringan distribusi, agar supaya gangguan yang terjadi pada saluran dapat dihilangkan dikenal sebagai “koordinasi”.

Manfaat dari koordinasi peralatan pengaman ini adalah :

- menghilangkan pemadaman akibat gangguan sementara;
- meminimumkan daerah/bagian yang terganggu agar dapat mengurangi jumlah pelanggan yang mengalami pemadaman akibat gangguan tersebut;
- menentukan tempat terjadinya gangguan, dengan demikian lamannya waktu pemadaman dapat dipersingkat.

2.2.2.1. Koordinasi Pelebur dengan Pelebur

Prinsip dasar dalam koordinasi antara pelebur dengan pelebur ialah memberi kesempatan kepada pelebur sisi beban (pelebur pemroteksi) yang berada didepan terdekat dari titik gangguan untuk bekerja sepenuhnya (memutus dengan sempurna) terlebih dahulu, sebelum pelebur sebelah hulu (sisi sumber, yang diproteksi) berikutnya yang bertindak sebagai cadangan mulai bekerja.

2.2.2.2. Koordinasi PBO dengan Pelebur

Guna pengamanan terhadap gangguan permanen, pelebur dipasang pada saluran utama dan cabang. Penggunaan alat pengaman PBO sebagai alat pengaman back-up terhadap gangguan sementara yang menghilangkan banyak pemadaman yang tidak diperlukan bila hanya memakai pelebur saja. PBO sebagai pengaman back-up pada penyulang yang ada di GI. PBO distel bekerja untuk gangguan sementara sebelum pelebur melebur, dan kemudian menutup sirkuit. Akan tetapi bila gangguan itu bersifat permanent, maka gangguan ini akan dihilangkan (pelebur melebur) dengan bekerjanya pelebur tertentu.

2.2.2.3. Koordinasi Pemutus Beban dengan Pelebur

Koordinasi pelebur dengan Pemutus Beban (rele arus lebih) pada dasarnya sama dengan koordinasi pelebur dengan PBO. Secara umum, interval waktu menutup kembali dari Pemutus Beban lebih lama dari PBO.

2.3. Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik^[2]

Gangguan adalah peristiwa yang menyebabkan *trip*-nya PMT di luar kehendak operator. Gangguan umumnya disebabkan karena terjadi hubung singkat. Hubung singkat ini dapat terjadi antara fasa dengan fasa atau antara fasa dengan tanah. Gangguan yang paling banyak terjadi adalah gangguan satu fasa ketanah.

Macam gangguan dapat dikelompokkan menjadi :

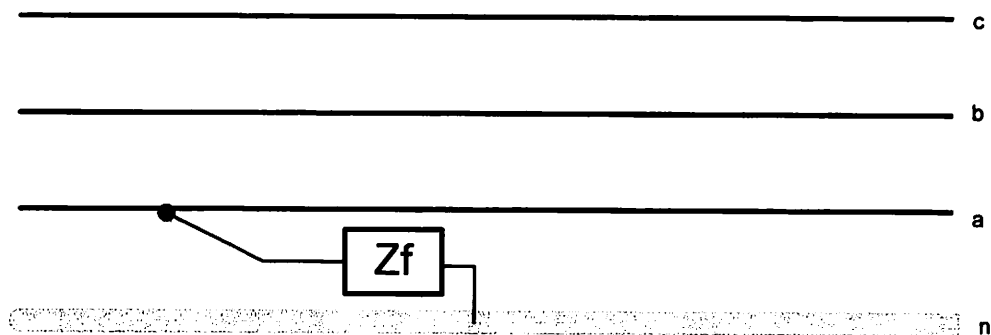
- a. Gangguan temporer, yaitu peristiwa yang menyebabkan *trip*-nya PMT tetapi beberapa saat kemudian (setelah 5 detik) apabila PMT dimasukkan, keadannya akan normal kembali (gangguan sudah hilang)
- b. Gangguan permanen, yaitu peristiwa yang menyebabkan *trip*-nya PMT, kemudian bila PMT dimasukkan kembali, PMT tersebut *trip* lagi. PMT ini baru bisa dimasukkan kembali secara normal setelah dilakukan perbaikan atas bagian yang menimbulkan gangguan

2.4. Macam gangguan pada sistem Distribusi^[1]

Macam gangguan yang mungkin terjadi pada sistem Distribusi Tenaga Listrik adalah :

1. Gangguan tiga-fasa
2. Gangguan fasa ke fasa
3. Gangguan satu fasa ke tanah
4. Gangguan dua fasa ke tanah

2.4.1. Gangguan Satu Fasa ke Tanah



Gambar 2.2. Gangguan Hubung singkat satu fasa ke tanah

Gangguan terjadi pada fasa a

V_f = Tegangan di titik gangguan sebelum terjadi gangguan

Z_1, Z_2, Z_0 = Impedansi urutan positif, negative dan nol ditinjau dari titik gangguan.

$$I_b = 0$$

$$V_a = 0$$

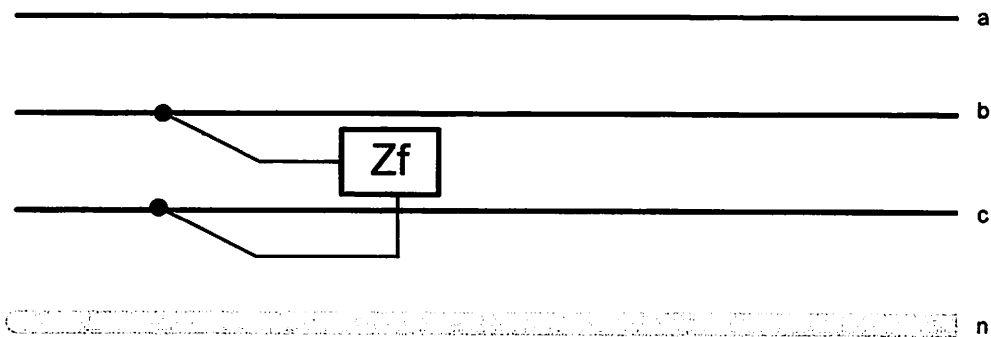
$$I_{a1} = I_{a2} = I_{a0}$$

$$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3Z_f} \dots\dots\dots (2-1)$$

$$I_a = 3 \frac{V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3Z_f} \dots\dots\dots (2-2)$$

$$I_a = 3 \frac{V_f}{2Z_1 + Z_0 + 3Z_f} \dots\dots\dots (2-3)$$

2.4.2. Gangguan Fasa ke Fasa



Gambar 2.3. Gangguan Hubung singkat Fasa ke Fasa

Persamaan keadaan :

$$V_b = V_c \quad I_a = 0$$

$$I_b = -I_c \quad I_{a0} = 0$$

$$V_{a1} = V_{a2}$$

$$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_f} \dots\dots\dots (2-4)$$

$$Z_1 = Z_2 \text{ maka } I_{a1} = \frac{V_f}{2Z_1 + Z_f} \dots\dots\dots (2-5)$$

$$I_b = -I_c = a^2 I_{a1} + a I_{a2} + I_{a0} \dots\dots\dots (2-6)$$

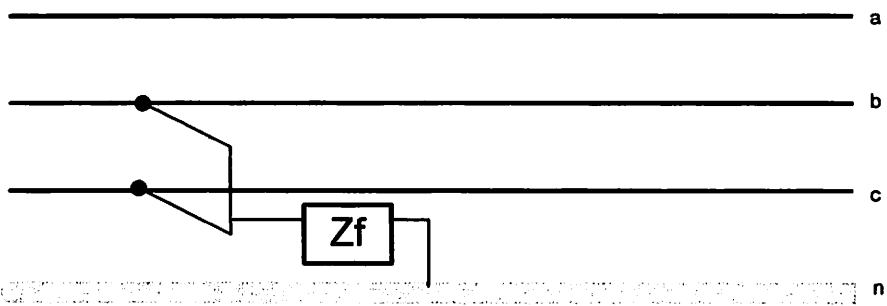
$$I_b = a^2 I_{a1} + a I_{a2}$$

$$I_b = (a^2 - a) I_{a1}$$

$$I_b = -j I_{a1} \sqrt{3} \dots\dots\dots (2-7)$$

$$= -j \sqrt{3} \frac{V_f}{2Z_1 + Z_f} \dots\dots\dots (2-8)$$

2.4.3. Gangguan Dua Fasa ke Tanah



Gambar 2.4. Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa ke Tanah

Apabila gangguan terjadi antara fasa b dan c

$$V_b = V_c = 0$$

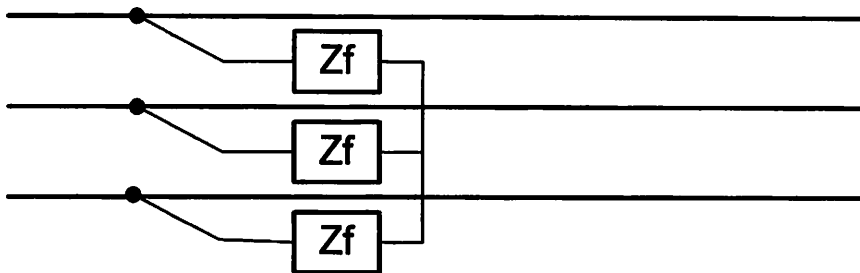
$$I_a = 0$$

$$I_b = -I_c$$

$$V_{a1} = V_{a2} = V_{a0}$$

$$I_{hs} = -j\sqrt{3}V_f \frac{Z_0 + 3Z_f - aZ_2}{Z_1 * Z_2 + (Z_1 + Z_2)(Z_0 + 3Z_f)} \dots\dots\dots (2-9)$$

2.4.4. Gangguan Tiga Fasa



Gambar 2.5. Gangguan Hubung Tiga Fasa

$$V_a = V_b = V_c$$

$$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_f} \dots\dots\dots (2-10)$$

2.5. Impedansi Pada Sistem Distribusi^[1]

2.5.1. Impedansi Sumber

Impedansi sumber di sisi tegangan tinggi dapat dihitung apabila di ketahui $MVA_{hubung\ singkat}$ dengan rumus sebagai berikut :

$$Z_s = \frac{kV_{TT}^2}{MVA_{hs}} \dots\dots\dots (2-11)$$

Dimana :

- Z_s = Impedansi sumber (Ω)
- kV_{TT} = Tegangan pada sisi tegangan tinggi (kV)
- MVA_{hs} = MVA hubung singkat (MVA)

2.5.2. Impedansi Trafo Tenaga

Jika impedansi trafo tenaga di Gardu Induk dalam prosentase diketahui, maka impedansi trafo dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Z_T = \frac{(\%Z_T)(kV_{TM}^2)}{MVA_T} \dots\dots\dots (2-12)$$

Dimana :

- Z_T = Impedansi trafo tenaga (Ω)
- $\% Z_T$ = Impedansi trafo tenaga (Ω)
- kV_{TM} = Tegangan pada sisi tegangan menengah (kV)
- MVA_T = Daya trafo tenaga (MVA)

Impedansi yang dihasilkan merupakan urutan positif dan urutan negative. Impedansi urutan nol trafo dapat ditentukan dengan memperhatikan ada atau tidaknya belitan delta pada trafo.

➤ Trafo tenaga di GI dengan hubungan Yy dan mempunyai belitan delta didalamnya, nilai impedansi urutan nol trafo sama dengan tiga kali impedansi urutan positif.

$$Z_{T0} = 3 \times Z_{T1}$$

➤ Trafo tenaga di GI dengan hubungan Yy dan tidak mempunyai belitan delta didalamnya, nilai impedansi urutan nol trafo berkisar antara 9 sampai dengan 14 kali impedansi urutan positif.

2.5.3. Impedansi Pentanahan

Impedansi pentanahan besarnya tergantung pada jenis penghantar dari sistem, dimana untuk pentanahan dengan tahanan nilai impedansi pentanahan sebanding dengan tiga kali nilai tahanan pentanahan.

$$Z_n = 3 R_N \dots\dots\dots (2-13)$$

Dimana :

Z_N = Impedansi pentanahan (Ω)

R_N = Tahanan pentanahan (Ω)

Sistem distribusi 20 kV di Jawa Timur menggunakan pentanahan netral melalui tahanan tinggi dengan nilai tahanan sebesar 500 (Ω), sehingga :

$$Z_n = 3 \times 500 = 1.500 \Omega$$

2.5.4. Impedansi Gangguan

Impedansi gangguan besarnya sangat bervariasi tergantung pada jenis gangguan hubung singkat yang terjadi pada jaringan distribusi dan pentanahan jaringan distribusi. Arus gangguan hubung singkat maksimum terjadi saat impedansi gangguan minimum, untuk gangguan antar fasa yaitu $Z_f = 0$ (Ω). Sedangkan arus gangguan hubung singkat minimum terjadi saat impedansi gangguan maksimum untuk gangguan antar fasa $Z_f = 35$ (Ω).

BAB III

GANGGUAN HUBUNG SINGKAT PADA SISTEM DISTRIBUSI

DAN KOORDINASI PERALATAN PROTEKSI

3.1. Sistem Distribusi 20 KV Penyulang Kedungkandang

Penyulang kedungkandang merupakan penyulang dengan tipe radial yang memperoleh pasokan energi dari Gardu Induk Polehan. Gardu Induk Polehan memiliki dua buah trafo tenaga untuk menurunkan tegangan tinggi dari 70 kV menjadi tegangan menengah 20 kV. Penyulang Kedungkandang sendiri disuplai dari trafo II yaitu trafo TAKOKA. Trafo tenaga tersebut mempunyai data spesifikasi sebagai berikut :

Kapasitas	: 20 MVA
Tegangan	: 70/20 KV
X reaktansi	: 10,1 %
In P Trafo	: 165 A
In S Trafo	: 577 A
Ratio CT p	: 400/5 A
Ratio CT s	: 200/5 A
Tahanan Pembumian	: 500 Ohm
MVA_{hs}	: 1455 MVA

3.1.1. Data Saluran Penyulang

Jaringan distribusi penyulang Kedungkandang menggunakan penghantar AAAC 150 mm².

Tabel 3.1. Data Saluran Penyulang Kedungkandang

Dari	Ke	Penampang (mm) ²	Panjang (Km)	$z_1=z_2(\Omega)$	$z_0=(\Omega)$
Gardu Induk	F1	3x150 mm ²	2,235	0.2162+j0.3305	0.3441+j1.6180
Gardu Induk	F2	3x150 mm ²	1,555	0.2162+j0.3305	0.3441+j1.6180
Gardu Induk	F3	3x150 mm ²	4,071	0.2162+j0.3305	0.3441+j1.6180
Gardu Induk	F4	3x150 mm ²	4,219	0.2162+j0.3305	0.3441+j1.6180
Gardu Induk	F5	3x150 mm ²	5,847	0.2162+j0.3305	0.3441+j1.6180
Gardu Induk	F6	3x150 mm ²	6,883	0.2162+j0.3305	0.3441+j1.6180
Gardu Induk	F7	3x150 mm ²	8,067	0.2162+j0.3305	0.3441+j1.6180
Gardu Induk	F8	3x150 mm ²	6,957	0.2162+j0.3305	0.3441+j1.6180
Gardu Induk	F9	3x150 mm ²	7,549	0.2162+j0.3305	0.3441+j1.6180
Gardu Induk	F10	3x150 mm ²	8,511	0.2162+j0.3305	0.3441+j1.6180
Gardu Induk	F11	3x150 mm ²	9,547	0.2162+j0.3305	0.3441+j1.6180
Gardu Induk	F12	3x150 mm ²	8,215	0.2162+j0.3305	0.3441+j1.6180
Gardu Induk	F13	3x150 mm ²	9,177	0.2162+j0.3305	0.3441+j1.6180
Gardu Induk	F14	3x150 mm ²	8,955	0.2162+j0.3305	0.3441+j1.6180
Gardu Induk	F15	3x150 mm ²	9,764	0.2162+j0.3305	0.3441+j1.6180
Gardu Induk	F16	3x150 mm ²	10,657	0.2162+j0.3305	0.3441+j1.6180
Gardu Induk	F17	3x150 mm ²	11,915	0.2162+j0.3305	0.3441+j1.6180
Gardu Induk	F18	3x150 mm ²	10,953	0.2162+j0.3305	0.3441+j1.6180
Gardu Induk	F19	3x150 mm ²	11,841	0.2162+j0.3305	0.3441+j1.6180
Gardu Induk	F20	3x150 mm ²	11,767	0.2162+j0.3305	0.3441+j1.6180
Gardu Induk	F21	3x150 mm ²	11,175	0.2162+j0.3305	0.3441+j1.6180
Gardu Induk	F22	3x150 mm ²	12,433	0.2162+j0.3305	0.3441+j1.6180
Gardu Induk	F23	3x150 mm ²	13,247	0.2162+j0.3305	0.3441+j1.6180

3.2. Pengaman di Gardu Induk

Pengaman di Gardu Induk polehan untuk penyulang Kedungkandang meliputi PMT sebagai pemutus rangkaian listrik yang dalam operasinya mendapatkan instruksi membuka dan menutup dari beberapa relay yaitu OCR dan relay penutup balik.

3.2.1. PMT

PMT atau pemutus tenaga adalah suatu pemutus rangkaian listrik yang mampu beroperasi dalam keadaan beban normal ataupun pada saat terjadi gangguan.

Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh suatu pemutus tenaga adalah :

1. Harus mampu menutup dan dialiri arus beban penuh dalam waktu lama,
2. Membuka otomatis untuk memutuskan beban atau beban lebih,
3. Harus memutus cepat bila terjadi hubung singkat.
4. Celah (*gap*) harus tahan terhadap tegangan rangkaian, bila kontak membuka
5. Mampu dialiri arus hubung singkat .
6. Mampu menahan efek dari arching kontakannya. Gaya elektromagnetik atau kondisi thermal yang tinggi akibat hubung singkat.

Data spesifikasi PMT yang digunakan untuk proteksi di Penyulang Kedungkandang yaitu :

Pabrik	: GOLDSTAR
Jenis	: VCB
Type	: CVB-Y/600/1000/20mFI-W
Rating	: 24 KV
Ip	: 630 A

3.2.2. *Over Current Relay*

Relay arus lebih adalah suatu relay dimana bekerjanya berdasarkan adanya kenaikan arus yang melewatinya. Agar peralatan tidak rusak bila dilewati arus yang melebihi kemampuannya, selain peralatan tersebut diamankan terhadap kenaikan arusnya, maka peralatan pengamannya harus dapat bekerja pada jangka waktu yang telah ditentukan.^[7]

Relay ini digunakan untuk mengamankan peralatan terhadap gangguan hubung singkat antar fasa, hubung singkat satu fasa ketanah dan beberapa hal yang dapat digunakan sebagai pengaman beban lebih. Selain itu juga digunakan sebagai pengaman utama pada jaringan distribusi dan sub transmisi sistem radial, sebagai pengaman cadangan untuk generator, transformator daya dan saluran transmisi.^[7]

Over Current Relay yang digunakan untuk menginstruksikan trip pada PMT penyulang Kedung Kandang di Gardu Induk Polehan yaitu dari ABB type SPAJ 140C. Relay ini mempunyai beberapa fungsi, yaitu

1. Fungsi sebagai proteksi adalah mendeteksi gangguan dan memberikan perintah trip PMT melalui kontaknya.
2. Fungsi sebagai meter adalah fasilitas yang dapat digunakan untuk melihat arus yang mengalir saat itu (arus sekunder).
3. Fungsi sebagai perekam arus gangguan adalah mencatat besarnya arus gangguan yang terjadi sebelum PMT trip.

Data spesifikasi *Over Current Relay* yang digunakan untuk memberikan perintah trip pada PMT penyulang Kedung Kandang, yaitu:

Pabrik : ABB
 Type : SPAJ 140C
 Serial No. : 86068
 Ratio CT-ZCT : 300/5 A

3.3. Setting Rele Pengaman Arus Lebih (OCR)

3.3.1. Prinsip Dasar Penyetelan Arus (I_s)^[7]

Perhitungan Penyetelan Arus (I_s)

Dalam penyetelan arus lebih terdapat dua batasan, yaitu batasan minimum dan batasan maksimum.

➤ Batasan minimum

Batasan penyetelan minimum rele arus lebih adalah tidak boleh bekerja pada saat terjadi beban maksimum.

Jadi :

$$I_{set\ min} = Km \times I_{maks} \dots\dots\dots (3.2)$$

$$I_{set(CT)} = I_{set\ min} \times RatioCT \dots\dots\dots (3.3)$$

Dimana :

$I_{set\ min}$ = Setelan arus minimum

I_{maks} = Arus kerja yang diijinkan atau arus nominal peralatan

K_m = Faktor keamanan, besarnya 1,25 – 1,5

➤ Batasan maksimum

Batasan maksimum rele arus lebih adalah harus bekerja jika terjadi gangguan hubung singkat pada rele seksi berikutnya. Untuk menjamin rele tetap bekerja pada setiap titik yang diamankan, maka arus hubung singkat tersebut adalah arus hubung singkat dua fasa pada pembangkitan minimum, Maka rumus yang dipakai :

$$I_{s \max} = K_n \times I_{hs \min} \dots\dots\dots (3.4)$$

Sehingga setting arus relenya :

$$I_{set} = \text{Perbandingan CT} \times I_{set}(\text{CT}) \dots\dots\dots (3.5)$$

Dimana :

$I_{set \max}$ = Setelan arus maksimum

K_n = faktor keamanan 0,8

$I_{hs \min}$ = Arus hubung singkat pada pembangkitan minimum

I_{set} = Setelan arus rele

3.4.2. Setelan Waktu Kerja Rele

Setelan waktu kerja yang digunakan untuk rele dengan karakteristik *standart invers* adalah :

$$T = \frac{0,14}{\left[\frac{I_{\max s}}{I_{set}} \right]^{0,02} - 1} TD \dots\dots\dots (3.6)$$

Dimana : $I_{\max s}$ = arus hubung singkat (Ampere)

I_{set} = setting arus rele (Ampere)

TD = *Time Delay* (detik)

3.4. Arus Gangguan Hubung Singkat

Arus gangguan hubung singkat yang biasa terjadi pada sistem distribusi tenaga listrik adalah :

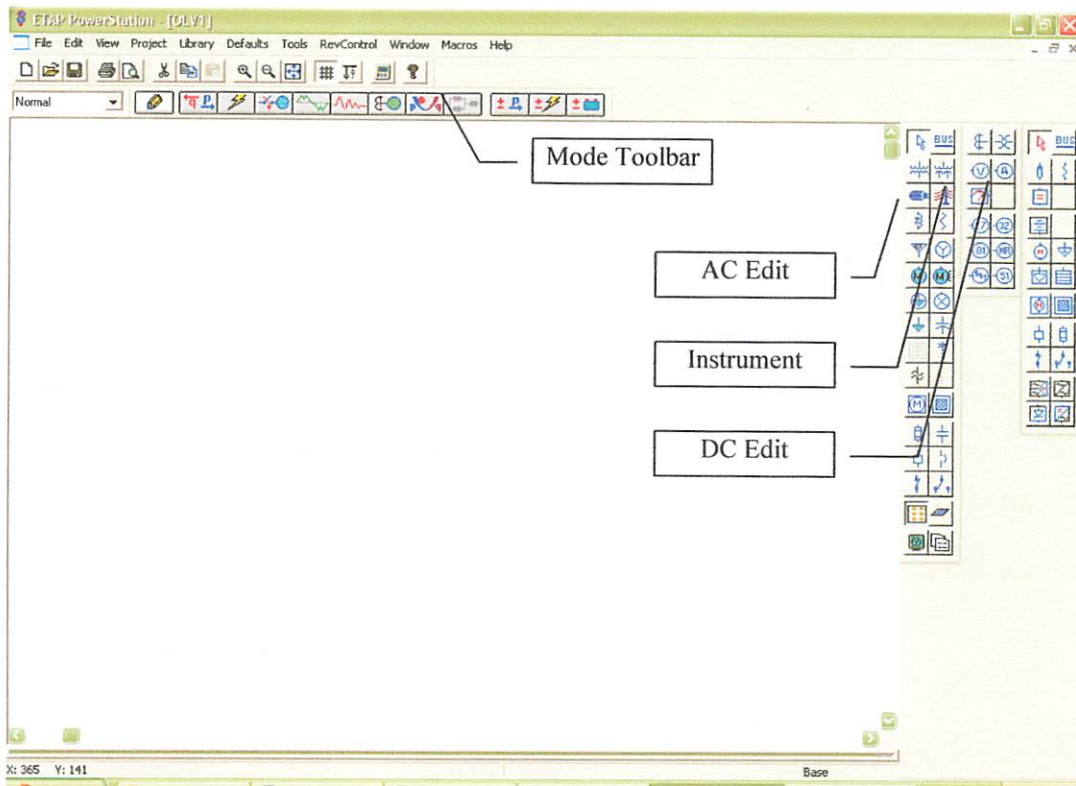
- Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ketanah
- Gangguan Hubung Singkat Fasa ke Fasa
- Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa Ketanah
- Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa

Untuk menghitung arus gangguan hubung singkat pada suatu sistem distribusi tenaga listrik tersebut, diperlukan data-data sebagai berikut :

1. Transformator Daya
2. Saluran / Kabel
3. Single Line Diagram

3.5. Simulasi *Software ETAP Powerstation*

ETAP Powerstation merupakan program untuk menganalisa kondisi transien suatu sistem kelistrikan. *ETAP Powerstation* memungkinkan antar muka secara grafis dan komputasi yang sempurna dan secara langsung kita dapat menggambar *single line diagram*. Tampilan utama *software ETAP Powerstation* pada gambar 3.8. berikut ini.



Gambar 3.1. Tampilan Model Utama Simulasi *Software ETAP Powerstation*

Program ini didesain berdasarkan tiga konsep, yaitu:

3.5.1. Operasi Nyata Secara Virtual (*Virtual Reality Operation*)

Pengoperasian program mirip dengan pengoperasian listrik secara nyata. Seperti ketika menutup atau membuka CB, membuat suatu elemen keluar dari rangkaian, mengganti status operasi motor dan lain sebagainya. *ETAP Powerstation* memiliki konsep-konsep baru dalam menentukan koordinasi peralatan pengaman secara langsung dari *single line diagram*.

3.5.2. Data Gabungan Total (*Total Integration of Data*)

ETAP Powerstation menggabungkan konsep elektrik, logika, mekanik dan fisik dari suatu elemen sistem dalam database yang sama. Sebagai contoh: sebuah

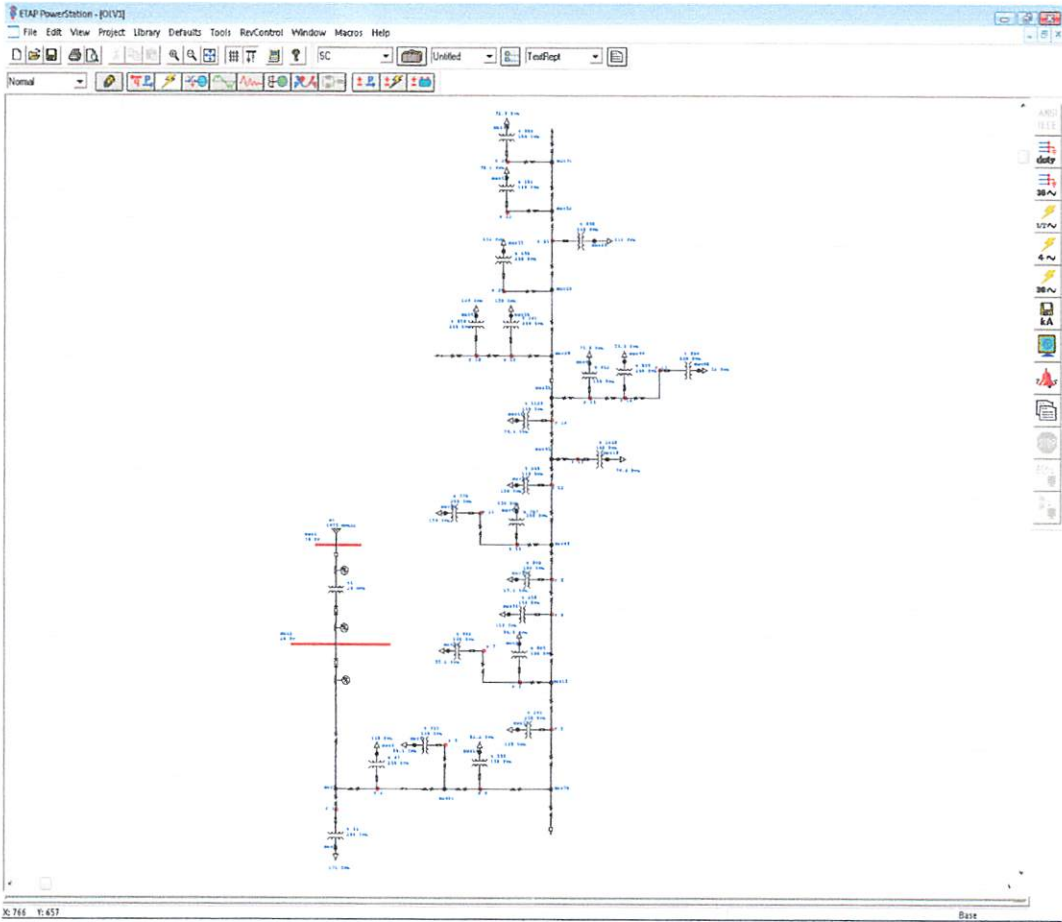
kabel, tidak hanya terdiri dari data sifat-sifat listrik dan dimensi fisik, tetapi juga informasi yang mengindikasikan jalur yang dilalui. Gabungan data-data ini menentukan konsistensi sistem secara keseluruhan dan menghindarkan dari pemasukan data yang berulang-ulang untuk element yang sama.

3.5.3. Kesederhanaan Dalam Memasukkan Data

ETAP Powerstation menggunakan data lengkap dan setiap peralatan listrik yang kadang hanya membutuhkan semua jenis pemasukan data. Data editor dapat mempercepat proses memasukkan data dengan membutuhkan data minimum.

Standar yang digunakan *ETAP Powerstation* versi 4.0 ada dua yaitu IEEE JEC. Hal ini berdasarkan kenyataan bahwa dalam sistem tenaga di dunia terbagi dalam dua satuan umum. Pada gambar 3.8. terdapat *toolbar AC Edit, DC Edit* dan *Instrument* yang merupakan kumpulan dari alat-alat ukur. *AC Edit* digunakan untuk menggambar jaringan AC, *DC Edit* digunakan untuk menggambar rangkaian DC. Dimana setiap kelompok *tools* tersebut terdapat bus, kabel, CB, fuse, beban dan lain sebagainya. *Mode Toolbar* digunakan untuk me-running program. Analisa yang dapat dilakukan antara lain adalah analisa aliran daya, hubung singkat, motor *starting*, harmonisa, stabilitas transient, koordinasi relay dan lain sebagainya. Komponen diletakkan pada modul dengan cara *click* kiri sekali pada salah satu *tool* yang diinginkan, lalu diletakkan pada modul dengan *click* kiri. Kemudian melakukan pengisian data dengan cara *double click* salah satu peralatan yang ada di modul yang telah dipilih untuk pengisian data parameter maupun keterangan secara lengkap. Pemodelan simulasi arus hubung

singkat menggunakan *software ETAP Powerstation* terlihat pada gambar 3.9. dibawah ini.



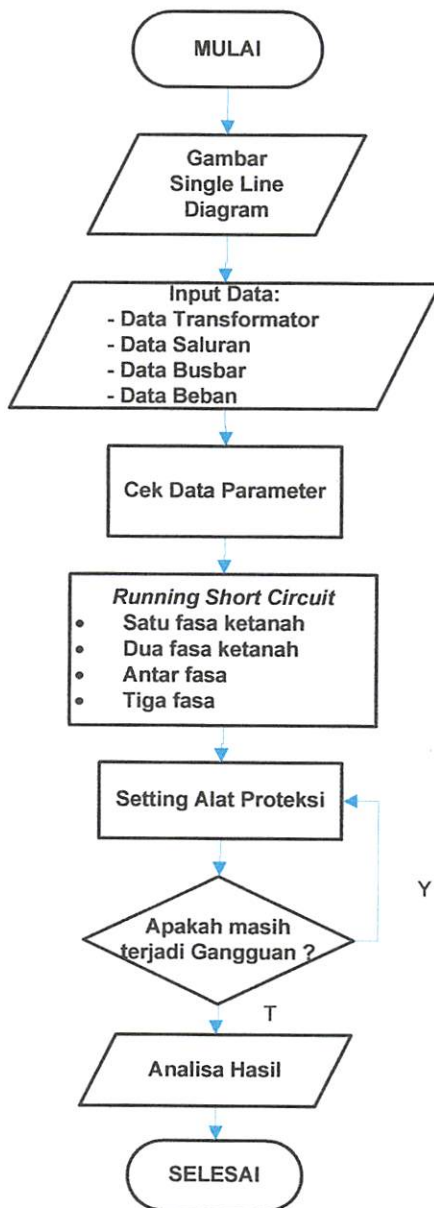
Gambar 3.2. Tampilan Pemodelan *Single Line Diagram* Simulasi *Software ETAP Powerstation*

3.6. Algoritma Program

3.6.1. Algoritma Pemecahan Masalah *Short Circuit* Menggunakan Simulasi Software ETAP Powerstation

1. Mulai
2. Membuat *one line diagram* simulasi
3. Masukkan data inputan : Transformator (Tegangan, Arus), Saluran / kabel (luas penampang, panjang) dan Busbar.
4. Cek data parameter
5. Mulai menjalankan simulasi
6. Mengecek apakah terjadi *Short Circuit* :
 - a. “Ya” : *Setting* peralatan proteksi
 - b. “Tidak” : Proses selanjutnya
7. Cetak hasil
8. Selesai

3.6.2. *Flowchart Pemecahan Masalah Short Circuit Menggunakan Simulasi Software ETAP Powerstation*

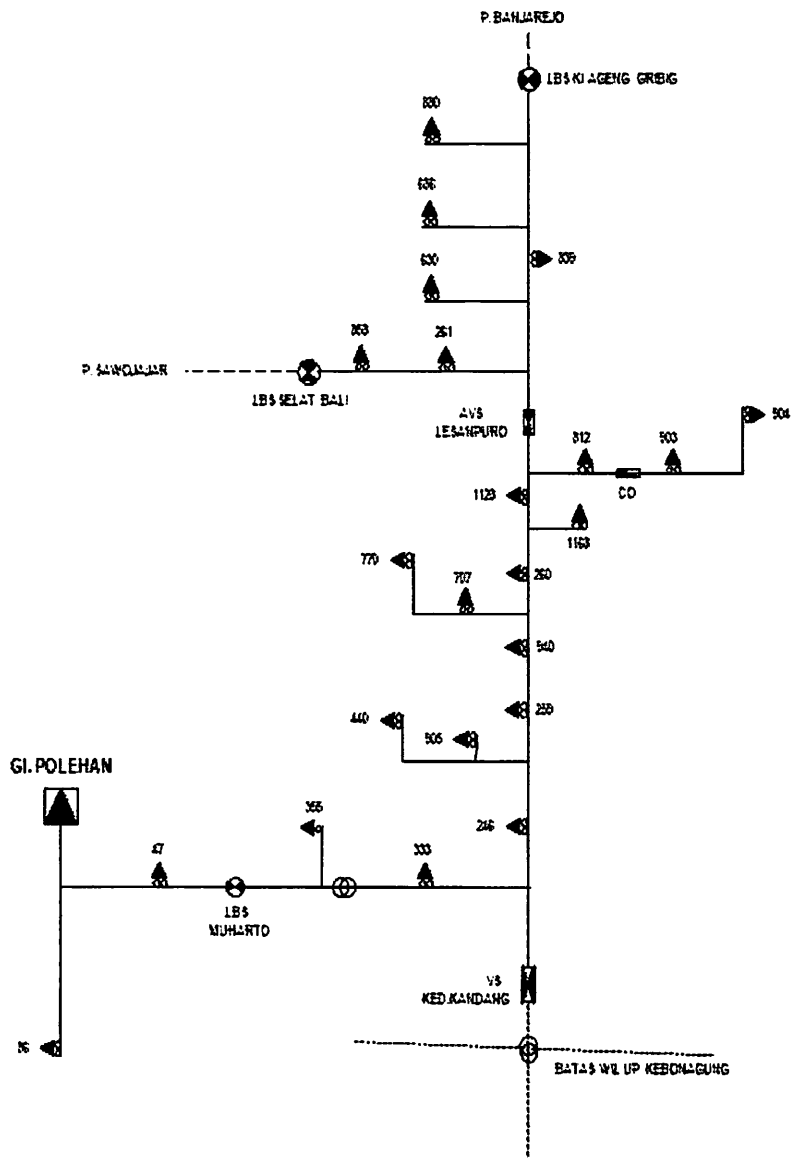


Gambar 3.3. *Flowchart Short Circuit Menggunakan Simulasi Software ETAP Powerstation*

BAB IV

ANALISA DAN HASIL

4.1 *Single Line* Jaringan Distribusi Primer di Gardu Induk Polehan Penyulang Kedungkandang



Gambar 4.1. Single Line Penyulang Kedungkandang Gardu Induk Polehan

4.2. Impedansi Pada Sistem Distribusi

Dengan data yang ada pada bab III, maka bisa di hitung nilai dari :

Impedansi Sumber :

$$Z_s = \frac{KV_{TT^2}}{MVA_{hs}} \times \frac{KV_{TM^2}}{KV_{TT^2}} \Omega = \frac{70^2}{1455} \times \frac{20^2}{70^2} \Omega = j \ 0,2749 \ \Omega$$

Impedansi Trafo Tenaga :

$$Z_{T1} = Z_{T2} = X_T \cdot \frac{KV_{TM^2}}{MVA_{trafo}} \Omega = j \ 2,02 \ \Omega$$

$$Z_{To} = 3 \cdot Z_{T1} = 3 \cdot j \ 2,02 \ \Omega = j \ 6,06 \ \Omega$$

Impedansi Saluran :

$$Z_{L1} = 0,2162 + j \ 0,3305 \ \Omega / \text{Km}$$

$$Z_{L2} = 0,2162 + j \ 0,3305 \ \Omega / \text{Km}$$

$$Z_{L0} = 0,3441 + j \ 1,6180 \ \Omega / \text{Km}$$

Impedansi Pentanahan :

$$Z_{NT} = 3 \cdot R_N = 3 \cdot 500 = 1500 \ \Omega$$

4.3. Solusi Perhitungan *Short Circuit* dengan ETAP *Power Station*

Langkah – langkah untuk simulasi *short circuit* dengan menggunakan *software ETAP Powerstation* adalah sebagai berikut:

1. Menggambar Single Line Diagram
2. Memasukan Data sumber dari sistem
3. Memasukan data Transformator Daya
4. Memasukan data Saluran / kabel

4.3.1. Analisa Arus Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ketanah

Arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah secara manual dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

- 1) Untuk gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah pada titik 1 (jarak 2,235 Km dari GI)

$$\begin{aligned}ZL_1 &= (0,2162 + j 0,3305) \times 2,235 \\ &= 0,4832 + j 0,7387 \Omega\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}ZL_0 &= (0,3441 + j 1,6180) \times 2,235 \\ &= 0,7691 + j 3,6162\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Z_1 &= Z_S + Z_{T1} + ZL_1 \\ &= j 0,2749 + j 2,02 + (0,4832 + j 0,7387) \Omega \\ &= 0,4832 + j 3,0336 \Omega\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Z_0 &= Z_{T0} + 3Z_{NT} + ZL_0 \\ &= j6,06 + 3(500) + (0,7691 + j 3,6162) \\ &= 1500,7691 + j 9,6762 \Omega\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}I_{hsmaks} &= \frac{3V_f}{2Z_1 + Z_0 + 3Z_f} \\ &= \frac{3 \frac{20000}{\sqrt{3}}}{2(0,4832 + j3,0336) + (1500,7691 + j9,6762)} \\ &= \frac{34641,016}{(1501,73 + j15,805)} \\ &= 23,066 \text{ A} \rightarrow 0,02306 \text{ KA}\end{aligned}$$

2) Untuk gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah pada titik 2 (jarak 1,555 Km dari GI)

$$\begin{aligned} Z_{L1} &= (0,2162 + j 0,3305) \times 1,555 \\ &= 0,3362 + j 0,5139 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{L0} &= (0,3441 + j 1,6180) \times 1,555 \\ &= 0,5351 + j 2,5160 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_1 &= Z_S + Z_{T1} + Z_{L1} \\ &= j 0,2749 + j 2,02 + (0,3362 + j 0,5139) \Omega \\ &= 0,3361 + j 0,5139 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_0 &= Z_{T0} + 3Z_{NT} + Z_{L0} \\ &= j6,06 + 3(500) + (0,5351 + j 2,5160) \\ &= 1500,5351 + j 8,576 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{hs_{maks}} &= \frac{3V_f}{2Z_1 + Z_0 + 3Z_f} \\ &= \frac{3 \frac{20000}{\sqrt{3}}}{2(0,3362 + j0,1539) + (1500,5351 + j8,576)} \\ &= \frac{34641,016}{(1501,2075 + j8,7299)} \\ &= 23,074 \text{ A} \rightarrow 0,02307 \text{ KA} \end{aligned}$$

3) Untuk gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah pada titik 10 (jarak 8,511 Km dari GI)

$$\begin{aligned} Z_{L1} &= (0,2162 + j 0,3305) \times 8,511 \\ &= 1,840 + j 2,8129 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{L0} &= (0,3441 + j 1,6180) \times 8,511 \\ &= 2,9286 + j 13,7708 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_1 &= Z_S + Z_{T1} + Z_{L1} \\ &= j 0,2749 + j 2,02 + (1,840 + j 2,8129) \Omega \\ &= 1,840 + j 5,1078 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_0 &= Z_{T0} + 3Z_{NT} + Z_{L0} \\ &= j6,06 + 3(500) + (2,9286 + j 13,7708) \\ &= 1502,9286 + j 19,8308 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{hsmaks} &= \frac{3V_f}{2Z_1 + Z_0 + 3Z_f} \\ &= \frac{3 \frac{20000}{\sqrt{3}}}{2(1,840 + j5,1078) + (1502,9286 + j19,8308)} \\ &= \frac{34641,016}{(1506,6086 + j30,0464)} \\ &= 22,988 \text{ A} \rightarrow 0,02299 \text{ KA} \end{aligned}$$

4) Untuk gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah pada titik 15 (jarak 9,764 Km dari GI)

$$\begin{aligned} Z_{L1} &= (0,2162 + j 0,3305) \times 9,764 \\ &= 2,111 + j 3,2270 \Omega \end{aligned}$$

$$Z_{L0} = (0,3441 + j 1,6180) \times 9,764$$

$$= 4,5583 + j 15,7982 \Omega$$

$$\begin{aligned} Z_1 &= Z_S + Z_{T1} + Z_{L1} \\ &= j 0,2749 + j 2,02 + (2,111 + j 3,2270) \Omega \\ &= 2,111 + j 5,5219 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_0 &= Z_{T0} + 3Z_{NT} + Z_{L0} \\ &= j6,06 + 3(500) + (4,5583 + j 15,7982) \\ &= 1503,3598 + j 21,8582 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{hsmaks} &= \frac{3V_f}{2Z_1 + Z_0 + 3Z_f} \\ &= \frac{3 \frac{20000}{\sqrt{3}}}{2(2,111 + j5,5219) + (1503,3598 + j21,8582)} \\ &= \frac{34641,016}{(1507,5817 + j32,9020)} \\ &= 22,972 \text{ A} \rightarrow 0,02297 \text{ KA} \end{aligned}$$

5) Untuk gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah pada titik 23 (jarak 13,247 Km dari GI)

$$\begin{aligned} Z_{L1} &= (0,2162 + j 0,3305) \times 13,247 \\ &= 2,8640 + j 4,3781 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{L0} &= (0,3441 + j 1,6180) \times 13,247 \\ &= 4,5583 + j 21,4336 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_1 &= Z_S + Z_{T1} + Z_{L1} \\ &= j 0,2749 + j 2,02 + (2,8640 + j 4,3781) \Omega \\ &= 2,8640 + j 6,673 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_0 &= Z_{T0} + 3Z_{NT} + Z_{L0} \\
&= j6,06 + 3(500) + (4,5583 + j 21,4336) \\
&= 1504,5583 + j 27,4936 \Omega
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
I_{hS_{maks}} &= \frac{3V_f}{2Z_1 + Z_0 + 3Z_f} \\
&= \frac{3 \frac{20000}{\sqrt{3}}}{2(2,8640 + j6,673) + (1504,5583 + j27,4936)} \\
&= \frac{34641,016}{(1501,2863 + j40,8396)} \\
&= 22,9283 \text{ A} \rightarrow 0,02293 \text{ KA}
\end{aligned}$$

Dengan cara yang sama maka dapat diperoleh nilai arus gangguan hubung singkat satu fasa ketanah untuk daerah yang lain. Dan dengan menggunakan *software ETAP Power Station* maka diperoleh nilai arus gangguan hubung singkat satu ke tanah seperti pada tabel berikut.

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah

No.	Titik gangguan	Rating (KV)	Perhitungan manual (KA)	Perhitungan dengan <i>Software ETAP</i> (KA)	% error
1	F1	20	0.02306	0.023	0.26
2	F2	20	0.02307	0.023	0.29
3	F3	20	0.02304	0.023	0.19
4	F4	20	0.02304	0.023	0.18
5	F5	20	0.02302	0.023	0.09
6	F6	20	0.02301	0.023	0.04
7	F7	20	0.02299	0.023	0.03
8	F8	20	0.02301	0.023	0.03
9	F9	20	0.02300	0.023	0.00
10	F10	20	0.02299	0.023	0.05
11	F11	20	0.02298	0.023	0.11
12	F12	20	0.02299	0.023	0.04
13	F13	20	0.02298	0.023	0.09
14	F14	20	0.02298	0.023	0.08
15	F15	20	0.02297	0.023	0.12
16	F16	20	0.02296	0.023	0.17
17	F17	20	0.02295	0.023	0.24
18	F18	20	0.02296	0.023	0.19
19	F19	20	0.02295	0.023	0.23
20	F20	20	0.02295	0.023	0.23
21	F21	20	0.02295	0.023	0.20
22	F22	20	0.02294	0.023	0.27
23	F23	20	0.02293	0.023	0.31

Tabel di atas adalah hasil simulasi arus gangguan hubung singkat satu fasa ketanah. Dimana dari hasil perhitungan secara manual diperoleh nilai arus gangguan hubung singkat satu fasa ketanah minimum sebesar 0,02293 kA dan arus gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah maksimum sebesar 0,02306 kA. Sedangkan dari hasil simulasi *short circuit* dengan *software ETAP Powerstation* diperoleh nilai arus gangguan hubung singkat satu fasa ketanah sebesar 0,023 kA, sehingga diperoleh nilai rata – rata % error sebesar 0,149%.

4.3.2. Analisa Arus Gangguan Hubung Singkat Antar Fasa K tanah

Arus gangguan hubung singkat antar fasa k tanah secara manual dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

- 1) Untuk gangguan hubung singkat antar fasa k tanah pada titik 1 (jarak 2,235 Km dari GI)

$$\begin{aligned}Z_{L1} &= (0,2162 + j 0,3305) \times 2,235 \\ &= 0,4832 + j 0,7387 \Omega\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Z_{L0} &= (0,3441 + j 1,6180) \times 2,235 \\ &= 0,7691 + j 3,6162\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Z_1 &= Z_s + Z_{T1} + Z_{L1} \\ &= j 0,2749 + j 2,02 + (0,4832 + j 0,7387) \Omega \\ &= 0,4832 + j 3,0336 \Omega\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Z_0 &= Z_{T0} + 3Z_{NT} + Z_{L0} \\ &= j6,06 + 3(500) + (0,7691 + j 3,6162) \\ &= 1500,7691 + j 12,6469 \Omega\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}I_{hs} &= -j\sqrt{3}V_f \frac{Z_0 + 3Z_f - aZ_2}{Z_1 * Z_2 + (Z_1 + Z_2)(Z_0 + 3Z_f)} \\ &= -j\sqrt{3}V_f \frac{(1500,7691 + j9,6762) - (-0,5 + j0,866)(0,4832 + j3,0336)}{(0,4832 + j3,0336)^2 + 2(0,4832 + j3,0336)(1500,7691 + j9,6762)} \\ &= -j\sqrt{3} \cdot 11547 \frac{(1500,7691 + j9,6762) - (2,866 + j1,097)}{(-2,919 + j1,9086) + (1390,01 + j9114,61)} \\ &= 3248,73 \text{ A} \rightarrow 3,248 \text{ KA}\end{aligned}$$

- 2) Untuk gangguan hubung singkat antar fasa ketanah pada titik 2 (jarak 1,555 Km dari GI)

$$\begin{aligned} Z_{L1} &= (0,2162 + j 0,3305) \times 1,555 \\ &= 0,3361 + j 0,5139 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{L0} &= (0,3441 + j 1,6180) \times 1,555 \\ &= 0,5351 + j 2,5160 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_1 &= Z_S + Z_{T1} + Z_{L1} \\ &= j 0,2749 + j 2,02 + (0,3361 + j 0,5139) \Omega \\ &= 0,3361 + j 2,8088 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_0 &= Z_{T0} + 3Z_{NT} + Z_{L0} \\ &= j6,06 + 3(500) + (0,5351 + j 2,5160) \\ &= 1500,5351 + j 8,5760 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{hs} &= -j\sqrt{3}V_f \frac{Z_0 + 3Z_F - aZ_2}{Z_1 * Z_2 + (Z_1 + Z_2)(Z_0 + 3Z_f)} \\ &= -j\sqrt{3}V_f \frac{(1500,5351 + j8,5760) - (-0,5 + j0,866)(0,3361 + j2,8088)}{(0,3361 + j2,8088)^2 + 2(0,3361 + j0,5139)(1500,5351 + j8,5760)} \\ &= -j\sqrt{3} \cdot 11547 \frac{(1500,5351 + j8,5760) - (2,597 + j1,112)}{(-7,777 + j1,89) + (961,21 + j8432,55)} \\ &= 3529,52 \text{ A} \rightarrow 3,529 \text{ KA} \end{aligned}$$

- 3) Untuk gangguan hubung singkat antar fasa ketanah pada titik 3 (jarak 4,071 Km dari GI)

$$\begin{aligned} Z_{L1} &= (0,2162 + j 0,3305) \times 4,071 \\ &= 0,8802 + j 1,3455 \Omega \end{aligned}$$

$$Z_{L0} = (0,3441 + j 1,6180) \times 4,071$$

$$= 1,4008 + j 6,5869 \Omega$$

$$\begin{aligned} Z_1 &= Z_S + Z_{T1} + Z_{L1} \\ &= j 0,2749 + j 2,02 + (0,8802 + j 1,3455) \Omega \\ &= 0,8802 + j 3,604 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_0 &= Z_{T0} + 3Z_{NT} + Z_{L0} \\ &= j6,06 + 3(500) + (1,4008 + j 6,5869) \\ &= 1501,4008 + j 12,6469 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{hs} &= -j\sqrt{3}V_f \frac{Z_0 + 3Z_f - aZ_2}{Z_1 * Z_2 + (Z_1 + Z_2)(Z_0 + 3Z_f)} \\ &= -j\sqrt{3}V_f \frac{(1501,4008 + j12,6469) - (-0,5 + j0,866)(0,8802 + j3,604)}{(0,8802 + j3,604)^2 + 2(0,8802 + j3,604)(1501,4008 + j12,6469)} \\ &= -j\sqrt{3} \cdot 11547 \frac{(1501,4008 + j12,6469) - (3,588 + j1,0575)}{(-12,478 + j6,407) + (2550,807 + j10952,78)} \\ &= 2663,004 \text{ A} \rightarrow 2,663 \text{ KA} \end{aligned}$$

- 4) Untuk gangguan hubung singkat antar fasa ketanah pada titik 4 (jarak 4,219 Km dari GI)

$$\begin{aligned} Z_{L1} &= (0,2162 + j 0,3305) \times 4,219 \\ &= 0,9121 + j 1,3944 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{L0} &= (0,3441 + j 1,6180) \times 4,219 \\ &= 1,4518 + j 6,8263 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_1 &= Z_S + Z_{T1} + Z_{L1} \\ &= j 0,2749 + j 2,02 + (0,8802 + j 1,3455) \Omega \\ &= 0,9121 + j 3,6893 \Omega \end{aligned}$$

$$Z_0 = Z_{T0} + 3Z_{NT} + Z_{L0}$$

$$= j6,06 + 3(500) + (1,4008 + j 6,5869)$$

$$= 1501,4518 + j 12,8863 \Omega$$

$$I_{hs} = -j\sqrt{3}V_f \frac{Z_0 + 3Z_F - aZ_2}{Z_1 * Z_2 + (Z_1 + Z_2)(Z_0 + 3Z_f)}$$

$$= -j\sqrt{3}V_f \frac{(1501,4518 + j12,8863) - (-0,5 + j0,866)(0,9121 + j3,6893)}{(0,9121 + j3,6893)^2 + 2(0,9121 + j3,6893)(1501,4518 + j12,8863)}$$

$$= -j\sqrt{3} \cdot 11547 \frac{(1501,4518 + j12,8863) - (3,647 + j1,054)}{(-12,776 + j6,73) + (2614,57 + j11100,73)}$$

$$= 2626,93 \text{ A} \rightarrow 2,626 \text{ KA}$$

5) Untuk gangguan hubung singkat antar fasa ketanah pada titik 5 (jarak 5,847 Km dari GI)

$$Z_{L1} = (0,2162 + j 0,3305) \times 5,847$$

$$= 1,2641 + j 1,9324 \Omega$$

$$Z_{L0} = (0,3441 + j 1,6180) \times 5,847$$

$$= 2,012 + j 9,4604 \Omega$$

$$Z_1 = Z_S + Z_{T1} + Z_{L1}$$

$$= j 0,2749 + j 2,02 + (1,2641 + j 1,9324) \Omega$$

$$= 1,2641 + j 4,2273 \Omega$$

$$Z_0 = Z_{T0} + 3Z_{NT} + Z_{L0}$$

$$= j6,06 + 3(500) + (2,012 + j 9,4604)$$

$$= 1502,012 + j 15,5204 \Omega$$

$$I_{hs} = -j\sqrt{3}V_f \frac{Z_0 + 3Z_F - aZ_2}{Z_1 * Z_2 + (Z_1 + Z_2)(Z_0 + 3Z_f)}$$

$$\begin{aligned}
&= -j\sqrt{3}V_f \frac{(1502,012 + j15,5204) - (-0,5 + j0,866)(1,2641 + j4,2273)}{(1,2641 + j4,2273)^2 + 2(1,2641 + j4,2273)(1502,012 + j15,5204)} \\
&= -j\sqrt{3} \cdot 11547 \frac{(1502,012 + j15,5204) - (4,286 + j1,018)}{(-16,256 + j10,678) + (3666,76 + j12737,17)} \\
&= 2259,29 \text{ A} \rightarrow 2,259 \text{ KA}
\end{aligned}$$

Dengan cara yang sama maka dapat diperoleh nilai arus gangguan hubung singkat dua fasa ketanah untuk daerah yang lain. Dan dengan menggunakan *software ETAP Power Station* maka diperoleh nilai arus gangguan hubung singkat dua ke tanah seperti pada tabel berikut.

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan arus gangguan antar fasa ke tanah

No.	Titik gangguan	Rating (KV)	Perhitungan manual (KA)	Perhitungan dengan <i>Software ETAP</i> (KA)	% error
1	F1	20	3,248	3,242	0,19
2	F2	20	3,529	3,523	0,17
3	F3	20	2,663	2,656	0,26
4	F4	20	2,626	2,617	0,34
5	F5	20	2,259	2,255	0,18
6	F6	20	2,073	2,070	0,24
7	F7	20	1,894	1,893	0,10
8	F8	20	2,061	2,058	0,30
9	F9	20	1,971	1,967	0,20
10	F10	20	1,836	1,834	0,11
11	F11	20	1,712	1,709	0,06
12	F12	20	1,876	1,873	0,16
13	F13	20	1,753	1,752	0,06
14	F14	20	1,780	1,778	0,11
15	F15	20	1,686	1,684	0,12
16	F16	20	1,592	1,593	0,04
17	F17	20	1,477	1,478	0,08
18	F18	20	1,564	1,564	0,02
19	F19	20	1,483	1,484	0,06
20	F20	20	1,490	1,491	0,10
21	F21	20	1,542	1,543	0,02
22	F22	20	1,434	1,436	0,15
23	F23	20	1,371	1,374	0,21

Tabel di atas adalah hasil simulasi arus gangguan hubung singkat antar fasa ketanah. Dimana dari hasil perhitungan secara manual diperoleh nilai arus gangguan hubung singkat antar fasa ketanah minimum sebesar 1,371 kA dan arus gangguan hubung singkat antar fasa ke tanah maksimum sebesar 3,248 kA. Sedangkan dari hasil simulasi *short circuit* dengan *software ETAP Powerstation* diperoleh nilai arus gangguan hubung singkat antar fasa ketanah minimum sebesar 1,374 kA, dan arus gangguan hubung singkat antar fasa ke tanah maksimum sebesar 3,242 kA. sehingga diperoleh nilai rata – rata % error sebesar 0.143%.

4.3.3. Analisa Arus Gangguan Hubung Singkat Antar Fasa

Arus gangguan hubung singkat antar fasa ketanah secara manual dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

- 1) Untuk gangguan hubung singkat antar fasa pada titik 1 (jarak 2,235 Km dari GI)

$$\begin{aligned} Z_{L1} &= (0,2162 + j 0,3305) \times 2,235 \\ &= 0,4832 + j 0,7387 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_1 &= Z_S + Z_{T1} + Z_{L1} \\ &= j 0,279 + j 2,02 + (0,4832 + j 0,7387) \Omega \\ &= 0,4832 + j 3,0336 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{hs} &= -j \sqrt{3} \frac{V_f}{2Z_1 + Z_f} \\ &= -j \sqrt{3} \frac{20000/\sqrt{3}}{2(0,4832 + j3,0336)} \\ &= 3255,4075 \text{ A} \rightarrow 3,2554 \text{ KA} \end{aligned}$$

2) Untuk gangguan hubung singkat antar fasa pada titik 2 (jarak 1,555 Km dari GI)

$$\begin{aligned} ZL_1 &= (0,2162 + j 0,3305) \times 1,555 \\ &= 0,3362 + j 0,5139 \ \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_1 &= Z_S + Z_{T1} + ZL_1 \\ &= j 0,279 + j 2,02 + (0,3362 + j 0,5139) \ \Omega \\ &= 0,3362 + j 2,8088 \ \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{hs} &= -j \sqrt{3} \frac{V_f}{2Z_1 + Z_f} \\ &= -j \sqrt{3} \frac{20000/\sqrt{3}}{2(0,3362 + j2,8088)} \\ &= 3534,9719 \text{ A} \rightarrow 3,5350 \text{ KA} \end{aligned}$$

3) Untuk gangguan hubung singkat antar fasa pada titik 10 (jarak 8,511 Km dari GI)

$$\begin{aligned} ZL_1 &= (0,2162 + j 0,3305) \times 8,511 \\ &= 1,8401 + j 2,8129 \ \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_1 &= Z_S + Z_{T1} + ZL_1 \\ &= j 0,279 + j 2,02 + (1,8401 + j 2,8129) \ \Omega \\ &= 1,8401 + j 5,1078 \ \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{hs} &= -j \sqrt{3} \frac{V_f}{2Z_1 + Z_f} \\ &= -j \sqrt{3} \frac{20000/\sqrt{3}}{2(1,8401 + j5,1078)} \\ &= 1841,917 \text{ A} \rightarrow 1,828 \text{ KA} \end{aligned}$$

4) Untuk gangguan hubung singkat antar fasa pada titik 15 (jarak 9,764 Km dari GI)

$$\begin{aligned} ZL_1 &= (0,2162 + j 0,3305) \times 9,764 \\ &= 2,111 + j 3,2270 \ \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_1 &= Z_S + Z_{T1} + ZL_1 \\ &= j 0,279 + j 2,02 + (2,111 + j 3,2270) \ \Omega \\ &= 2,111 + j 5,5219 \ \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{hs} &= -j \sqrt{3} \frac{V_f}{2Z_1 + Z_f} \\ &= -j \sqrt{3} \frac{20000/\sqrt{3}}{2(2,111 + j5,5219)} \\ &= 1691,5739 \text{ A} \rightarrow 1,679 \text{ KA} \end{aligned}$$

5) Untuk gangguan hubung singkat antar fasa pada titik 23 (jarak 13,247 Km dari GI)

$$\begin{aligned} ZL_1 &= (0,2162 + j 0,3305) \times 13,247 \\ &= 2,8640 + j 4,3781 \ \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_1 &= Z_S + Z_{T1} + ZL_1 \\ &= j 0,279 + j 2,02 + (2,8640 + j 4,3781) \ \Omega \\ &= 2,8640 + j 6,6730 \ \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{hs} &= -j \sqrt{3} \frac{V_f}{2Z_1 + Z_f} \\ &= -j \sqrt{3} \frac{20000/\sqrt{3}}{2(2,8640 + j6,673)} \end{aligned}$$

$$= 1377,09 \text{ A} \rightarrow 1,377 \text{ KA}$$

Dengan cara yang sama maka dapat diperoleh nilai arus gangguan hubung singkat antar fasa untuk daerah yang lain. Dan dengan menggunakan *software ETAP Power Station* maka diperoleh nilai arus gangguan hubung singkat antar fasa seperti pada tabel berikut.

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan arus gangguan antar fasa

No.	Titik gangguan	Rating (KV)	Perhitungan manual (KA)	Perhitungan dengan <i>Software ETAP</i> (KA)	% error
1	F1	20	3.5350	3.518	0.48
2	F2	20	3.2554	3.236	0.60
3	F3	20	2.6700	2.65	0.75
4	F4	20	2.6313	2.612	0.73
5	F5	20	2.2664	2.249	0.77
6	F6	20	2.0808	2.065	0.76
7	F7	20	1.9016	1.888	0.72
8	F8	20	2.0686	2.053	0.76
9	F9	20	1.9762	1.961	0.77
10	F10	20	1.8419	1.828	0.76
11	F11	20	1.7159	1.704	0.69
12	F12	20	1.8813	1.867	0.76
13	F13	20	1.7589	1.746	0.73
14	F14	20	1.7858	1.773	0.71
15	F15	20	1.6916	1.679	0.74
16	F16	20	1.5983	1.587	0.71
17	F17	20	1.4828	1.473	0.66
18	F18	20	1.5695	1.559	0.67
19	F19	20	1.4891	1.479	0.68
20	F20	20	1.4955	1.486	0.63
21	F21	20	1.5486	1.538	0.69
22	F22	20	1.4398	1.43	0.68
23	F23	20	1.3771	1.368	0.66

Tabel di atas adalah hasil simulasi arus gangguan hubung singkat antar fasa. Dimana dari hasil perhitungan secara manual diperoleh nilai arus gangguan hubung singkat antar fasa minimum sebesar 1,3771 kA dan arus gangguan hubung singkat antar fasa maksimum sebesar 3,5350 kA. Sedangkan dari hasil simulasi *short circuit* dengan *software ETAP Powerstation* diperoleh nilai arus gangguan

hubung singkat antar fasa minimum sebesar 1,368 kA, dan arus gangguan hubung singkat antar fasa ke tanah maksimum sebesar 3,518 kA. sehingga diperoleh nilai rata – rata % error sebesar 0,7 %.

4.3.4. Analisa Arus Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa

Arus gangguan hubung singkat tiga fasa secara manual dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

1. Untuk gangguan hubung singkat tiga fasa pada titik 1 (jarak 2.235 Km dari GI)

$$\begin{aligned} ZL_1 &= (0,2162 + j 0,3305) \times 2.235 \\ &= 0,4832 + j 0,7387 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_1 &= Z_S + Z_{T1} + ZL_1 \\ &= j 0,2749 + j 2,02 + (0,4832 + j 0,7387) \Omega \\ &= 0,4832 + j 3,0336 \Omega \end{aligned}$$

$$Z_f = 0 \text{ untuk } I_{hs_{maks}}$$

$$\begin{aligned} I_{hs_{maks}} &= \frac{V_f}{Z_1 + Z_f} \\ &= \frac{20000 / \sqrt{3}}{0,4832 + j3,0336} \\ &= 3759,02 \text{ A } \rightarrow 3,7590 \text{ KA} \end{aligned}$$

2. Untuk gangguan hubung singkat tiga fasa pada titik 2 (jarak 1,555 Km dari GI)

$$\begin{aligned} ZL_1 &= (0,2162 + j 0,3305) \times 1,555 \\ &= 0,3362 + j 0,5139 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_1 &= Z_S + Z_{T1} + Z_{L1} \\
&= j 0,2749 + j 2,02 + (0,3362 + j 0,5139) \Omega \\
&= 0,33622 + j 2,8088 \Omega
\end{aligned}$$

$Z_f = 0$ untuk $I_{hs_{maks}}$

$$\begin{aligned}
I_{hs_{maks}} &= \frac{V_f}{Z_1 + Z_f} \\
&= \frac{20000/\sqrt{3}}{0,33622 + j 2,8088} \\
&= 4081,83 \text{ A} \rightarrow 4,0818 \text{ KA}
\end{aligned}$$

3. Untuk gangguan hubung singkat tiga fasa pada titik 3 (jarak 4,071 Km dari GI)

$$\begin{aligned}
Z_{L1} &= (0,2162 + j 0,3305) \times 4,071 \\
&= 0,8802 + j 1,3455 \Omega
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_1 &= Z_S + Z_{T1} + Z_{L1} \\
&= j 0,2749 + j 2,02 + (0,8802 + j 1,3455) \Omega \\
&= 0,8802 + j 3,6404 \Omega
\end{aligned}$$

$Z_f = 0$ untuk $I_{hs_{maks}}$

$$\begin{aligned}
I_{hs_{maks}} &= \frac{V_f}{Z_1 + Z_f} \\
&= \frac{20000/\sqrt{3}}{0,8802 + j 3,6404} \\
&= 30831,1 \text{ A} \rightarrow 3,0831 \text{ KA}
\end{aligned}$$

4. Untuk gangguan hubung singkat tiga fasa pada titik 4 (jarak 4,219 Km dari GI)

$$\begin{aligned} ZL_1 &= (0,2162 + j 0,3305) \times 4,219 \\ &= 0,9121+j1,3944 \ \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_1 &= Z_S + Z_{T1} + ZL_1 \\ &= j 0,2749 + j 2,02 + (0,9121+j1,3944) \ \Omega \\ &= 0,9121+j3,6893 \ \Omega \end{aligned}$$

$Z_f = 0$ untuk $I_{hs_{maks}}$

$$\begin{aligned} I_{hs_{maks}} &= \frac{V_f}{Z_1 + Z_f} \\ &= \frac{20000/\sqrt{3}}{0,9121 + j3,6893} \\ &= 3038,39 \text{ A} \rightarrow 3,084 \text{ KA} \end{aligned}$$

5. Untuk gangguan hubung singkat tiga fasa pada titik 5 (jarak 5,847 Km dari GI)

$$\begin{aligned} ZL_1 &= (0,2162 + j 0,3305) \times 5,847 \\ &= 1,2641+j1,9324 \ \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_1 &= Z_S + Z_{T1} + ZL_1 \\ &= j 0,279 + j 2,02 + (1,2641+j1,9324) \ \Omega \\ &= 1,2641+j4,2273 \ \Omega \end{aligned}$$

$Z_f = 0$ untuk $I_{hs_{maks}}$

$$I_{hs_{maks}} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_f}$$

$$= \frac{20000/\sqrt{3}}{1,2641 + j4,2273}$$

$$= 2617,005 \text{ A} \rightarrow 2,6710 \text{ KA}$$

Dengan cara yang sama maka dapat diperoleh nilai arus gangguan hubung singkat tiga fasa untuk daerah yang lain. Dan dengan menggunakan *software ETAP Power Station* maka diperoleh nilai arus gangguan hubung singkat tiga fasa seperti pada tabel berikut.

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan arus gangguan tiga fasa

No.	Titik gangguan	Rating (KV)	Perhitungan manual (KA)	Perhitungan dengan Software ETAP (KA)	% error
1	F1	20	4.0818	4.062	0.49
2	F2	20	3.7590	3.736	0.61
3	F3	20	3.0831	3.060	0.75
4	F4	20	3.0384	3.016	0.74
5	F5	20	2.6170	2.597	0.76
6	F6	20	2.4027	2.385	0.74
7	F7	20	2.1958	2.180	0.72
8	F8	20	2.3886	2.371	0.74
9	F9	20	2.2819	2.265	0.74
10	F10	20	2.1269	2.111	0.75
11	F11	20	1.9813	1.967	0.72
12	F12	20	2.1723	2.156	0.75
13	F13	20	2.0310	2.016	0.74
14	F14	20	2.0620	2.047	0.73
15	F15	20	1.9533	1.939	0.73
16	F16	20	1.8455	1.833	0.68
17	F17	20	1.7121	1.701	0.65
18	F18	20	1.8124	1.800	0.68
19	F19	20	1.7195	1.708	0.67
20	F20	20	1.7268	1.715	0.69
21	F21	20	1.7882	1.776	0.68
22	F22	20	1.6626	1.652	0.64
23	F23	20	1.5901	1.580	0.64

Tabel di atas adalah hasil simulasi arus gangguan hubung singkat tiga fasa. Dimana dari hasil perhitungan secara manual diperoleh nilai arus gangguan

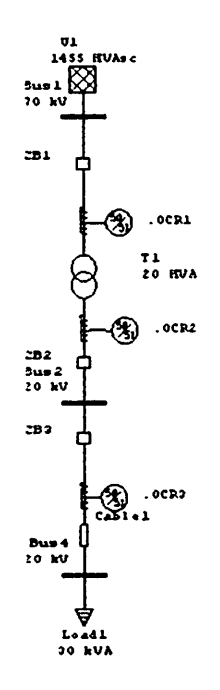
hubung singkat tiga fasa minimum sebesar 1,5901 kA dan arus gangguan hubung singkat tiga fasa maksimum sebesar 4,0818 kA. Sedangkan dari hasil simulasi *short circuit* dengan *software ETAP Powerstation* diperoleh nilai arus gangguan hubung singkat tiga fasa minimum sebesar 1,580 kA, dan arus gangguan hubung singkat antar fasa ke tanah maksimum sebesar 4,062 kA. sehingga diperoleh nilai rata – rata % error sebesar 0,69 %.

4.4. Setting dan Koordinasi Rele Arus Lebih

Yang dimaksud koordinasi rele adalah mengkoordinasikan setelan waktu tunda dari masing-masing rele yang digunakan. Tujuannya adalah untuk melindungi peralatan supaya terhindar dari kerusakan akibat mengalirnya arus gangguan yang sangat besar bagi peralatan, sekaligus meminimalisasi daerah yang terkena pemutusan aliran daya karena adanya gangguan pada peralatan atau jaringan lain.

4.4.1. Analisa dan setting rele arus lebih gangguan phasa

Berikut ini akan dilakukan analisa dan perhitungan terhadap *setting* rele pengaman arus lebih phasa (50/51) yang menghubungkan Gardu Induk Polehan pada bus 70 KV dan 20 KV. Analisa dilakukan mulai dari rele TP51 sampai dengan rele *Feader* Kedungkandang.



Gambar 4.2 Line proteksi dari bus 20 KV sampai bus 70 KV

➤ **Rele TP51**

Jenis Rele : ABB, SPAJ 140C

Range : 0,5 – 2,5 A

CT : 200/5 A

Rele ini digunakan untuk melindungi TR II, sehingga setting *low set* digunakan arus nominal pada sisi primer trafo.

$$I \text{ nominal Pada trafo} = \frac{20 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 70 \times 10^3} = 165 \text{ A}$$

Setting arus (I >)

$$1,25 \times I_{\text{nom}} \leq I_{\text{pp}} \leq 0,8 I_{\text{scmin}}$$

$$1,25 \times 165 \leq I_{\text{pp}} \leq 0,8 \times 10.393$$

$$206,5 \leq I_{\text{pp}} \leq 8314,4 \text{ A}$$

I_{pp} dipilih 210 A

$$I_s = \frac{I_{pp}}{nCT}$$

$$= \frac{210}{200/5} = 5,25 \text{ A}$$

$$\text{Tap} = \frac{I_{set}}{I_n} = \frac{5,25}{5} = 1,05$$

Dari perhitungan dipilih tap : 1,1

Setting Definite ($I_{>>}$)

$$I_{set} \leq \frac{I_{sc \min}}{nCT}$$

$$I_{set} \leq \frac{10933}{200/5}$$

I_{set} dipilih 260 A

$$\text{Tap setting} = \frac{I_{set}}{I_n} = \frac{260}{5} = 52$$

Dari perhitungan diatas setting definite ($I_{>>}$) dipilih : 60

Setting Waktu

Isc min : 10.933 A

Isc max : 12.000 A

Dipilih *time dial* : 1 detik

Dimana 3xTap : 3,56

Delay time ($I_{>>}$) : 0,1 detik

➤ Rele TS51

Jenis Rele : NISSIN IORI

Range : 4 - 12A

CT : 1000/5 A

Rele ini digunakan untuk melindungi TR II, sehingga setting *low set* ($I_{>}$) digunakan arus nominal pada sisi sekunder. Dan untuk *high set* ($I_{>>}$) digunakan untuk mengamankan dari hubung singkat yang terjadi pada bus 20 KV. Rele ini merupakan *back up* dari rele Penyulang Kedungkandang, untuk koordinasi dengan relay yang lain maka *delay time* ($I_{>>}$) di set pada 3,2 detik.

$$I \text{ nominal Pada trafo} = \frac{20 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 20 \times 10^3} = 577 \text{ A}$$

Setting arus ($I_{>}$)

$$1,25 \times I_{\text{nom}} \leq I_{\text{pp}} \leq 0,8 I_{\text{scmin}}$$

$$1,25 \times 577 \leq I_{\text{pp}} \leq 0,8 \times 4357$$

$$721,5 \leq I_{\text{pp}} \leq 3485,6 \text{ A}$$

I_{pp} dipilih 800 A

$$I_s = \frac{I_{\text{pp}}}{nCT}$$

$$= \frac{800}{1000/5} = 4 \text{ A}$$

$$\text{Tap} = \frac{I_{\text{set}}}{I_n} = \frac{4}{5} = 0,8$$

Dari perhitungan dipilih tap : 1,1 I_n

Setting Definite ($I_{>>}$)

$$I_{\text{set}} \leq \frac{I_{\text{scmin}}}{nCT}$$

$$I_{\text{set}} \leq \frac{4357}{1000/5}$$

$$I_{\text{set}} \leq 21,78$$

I_{set} dipilih 20 A

$$\text{Tap setting definite} = \frac{I_{\text{set}}}{I_n}$$

$$= \frac{20}{5} = 4$$

Dari perhitungan diatas setting definite ($I_{>>}$) dipilih : 4

Setting Waktu

Isc min : 4357 A

Isc max : 5032 A

Dipilih *time dial* 3,2 detik

Delay time ($I_{>>}$) 0,4 detik

➤ Rele Feeder Kedungkandang

Jenis Rele : ABB, SPAJ 140C

Range : 0,5 – 2,5 A

CT : 300/5 A

Imaks kabel : 425 A

Penyetelan *low set* ($I_{>}$) rele ini dibatasi oleh kemampuan maksimum kabel.

High set rele untuk mengamankan peralatan jika terjadi hubung singkat pada bus 20 KV.

Setting arus ($I_{>}$)

$$1,25 \times I_{nom} \leq I_{pp} \leq 0,8 I_{scmin}$$

$$1,25 \times 425 \leq I_{pp} \leq 0,8 \times 1368$$

$$531,25 \leq I_{pp} \leq 1094,4 \text{ A}$$

I_{pp} dipilih 550 A

$$I_s = \frac{I_{pp}}{nCT}$$

$$= \frac{550}{300/5} = 9,17A$$

$$\text{Tap} = \frac{I_{set}}{I_n} = \frac{9,17}{5} = 1,83$$

Dari perhitungan dipilih tap : 1,8 In

Setting Definite (I_{>>})

$$I_{set} \leq \frac{I_{sc \min}}{nCT}$$

$$I_{set} \leq \frac{1368}{300/5}$$

$$I_{set} \leq 25 A$$

I_{set} dipilih 25 A

$$\begin{aligned} \text{Tap setting} &= \frac{I_{set}}{I_n} \\ &= \frac{25}{5} = 5 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas setting definite (I_{>>}) dipilih : 5

4.4.2. Analisa dan setting rele arus lebih gangguan tanah

Besarnya penyetelan arus rele di hitung dengan menggunakan persamaan:

$$I_{set} = \frac{k_f}{k_d} x I_{3Ce}$$

Dimana berdasarkan ketentuan dari PLN, nilai dari kapasitansi ke tanah adalah 0,05 μF/Km , sehingga besar arus kapasitifnya dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} I_{3ce} &= 2(j\omega C_e . V_b) \\ &= 2(2 . 3,14 . 50 . 0,05 . 10^{-6} . 19860) \end{aligned}$$

$$= 0,6236 \text{ A}$$

Pada penyulang Kedungkandang dengan panjang 28,21 Km di peroleh :

$$I_{3ce} = 0,6236 \times 28,21$$

$$I_{3ce} = 17,59 \text{ A}$$

Arus Kapasitif pada kumparan sekunder yang dihasilkan oleh trafo arus dengan rasio 300/5 A pada penyulang Kedung kandang di peroleh :

$$\begin{aligned} I_{3ce} &= \frac{5}{300} \times 17,59 \\ &= 0,293 \text{ A} \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} I_{set} &= \frac{k_f}{k_d} \times I_{3ce} \\ &= \frac{1,2}{0,9} \times 0,293 \\ &= 0,39 \text{ A} \end{aligned}$$

Setting waktu kerja rele diperoleh pada saat terjadi gangguan hubung singkat pada jaringan distribusi primer 20 KV. Dimana besarnya arus gangguan satu fasa ketanah sebesar 23 A, sehingga :

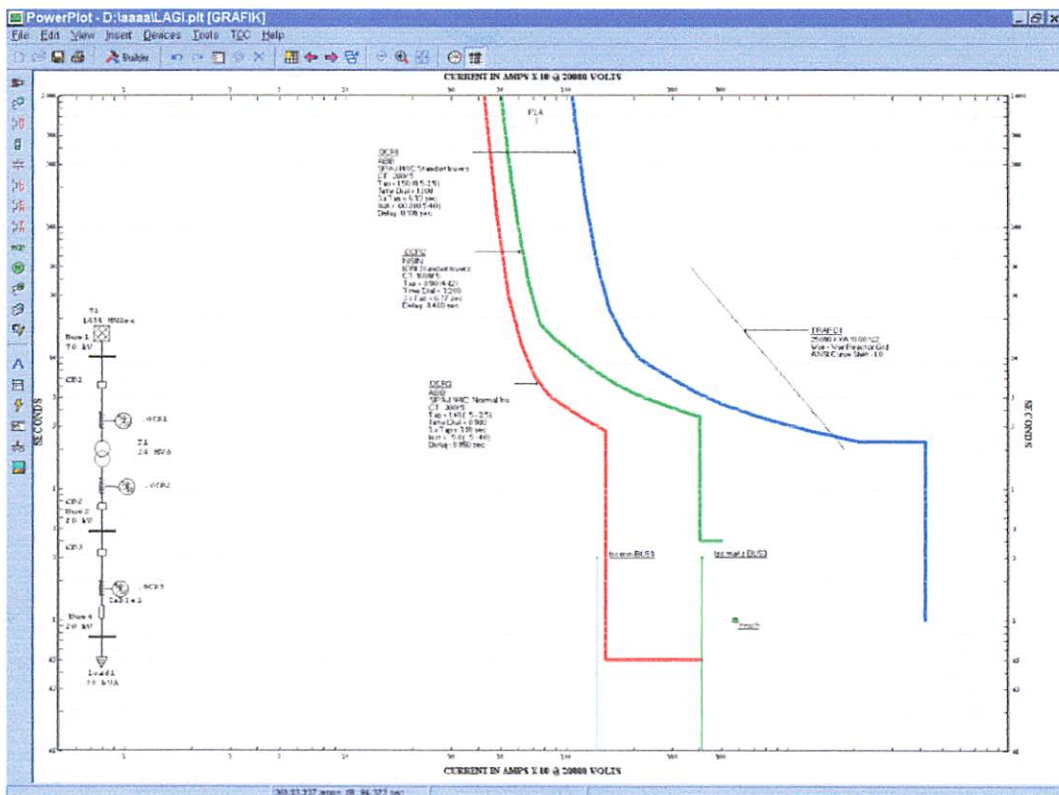
$$\begin{aligned} T &= \frac{0,14}{\left(\frac{I_{hs}}{I_{set}}\right)^{0,02} - 1} TD \\ &= \frac{0,14}{\left(\frac{23}{0,39}\right)^{0,02} - 1} 0,5 \end{aligned}$$

= 0,158 detik

Sehingga waktu yang diperlukan untuk bekerjanya rele ketika terjadi gangguan hubung singkat satu fasa ketanah adalah pada selang waktu 0,158 detik setelah gangguan terjadi.

4.4.3. Koordinasi Rele

Setelah melakukan perhitungan untuk seting waktu dan perhitungan arus gangguan hubung singkat dengan menggunakan *software ETAP* maka selanjutnya dilakukan simulasi koordinasi proteksi dengan menggunakan *software powerplot*.



Gambar 4.3 Kurva arus waktu untuk koordinasi proteksi dari bus 70 KV sampai bus 20 KV *feader* Kedungkandang

Dari grafik diatas, untuk gangguan yang terjadi di penyulang Kedungkandang, maka pada saat arus gangguan fasa minimum sebesar 1368 A rele penyulang kedungkandang akan bekerja pada selang waktu 3 detik, jika gangguan masih berlangsung, maka rele TS51 akan bekerja selang waktu 8 detik setelah gangguan. Sedangkan untuk gangguan fasa maksimum sebesar 4062 A rele penyulang kedungkandang akan bekerja pada selang waktu 0,05 detik, dan untuk rele TS51 akan bekerja pada selang waktu 0,5 detik setelah gangguan.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan simulasi dengan *software Etap Power Station* diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil simulasi *short circuit* dengan menggunakan *software ETAP* dapat disimpulkan bahwa untuk gangguan satu fasa ketanah nilai arus gangguannya sebesar 23A dengan % error sebesar 0,149 %.
2. Besarnya arus gangguan hubung singkat antar fasa ketanah minimum sebesar 1374 A dan besar arus gangguan hubung singkat antar fasa ketanah maksimum sebesar 3242 A dengan % error sebesar 0,143 %.
3. Besarnya arus gangguan hubung singkat dua fasa minimum sebesar 1368 A dan besar arus gangguan hubung dua fasa singkat maksimum sebesar 3518 A dengan % error sebesar 0,7 %.
4. Besarnya arus gangguan hubung singkat tiga fasa minimum sebesar 1580 A dan besar arus gangguan hubung tiga fasa singkat maksimum sebesar 4062 A dengan % error sebesar 0,69 %.
5. Untuk arus gangguan satu fasa ketanah rele akan bekerja pada selang waktu 0,158 detik.
6. Untuk gangguan yang terjadi di penyulang Kedungkandang, maka pada saat arus gangguan fasa minimum sebesar 1368A, rele penyulang kedungkandang akan bekerja pada selang waktu 3 detik, jika gangguan masih berlangsung, maka rele TS51 akan bekerja selang waktu 8 detik setelah gangguan. Sedangkan untuk gangguan fasa

maksimum sebesar 4062A rele penyulang kedungkandang akan bekerja pada selang waktu 0,05 detik,dan untuk rele TS51 akan bekerja pada selang waktu 0,5 detik setelah gangguan.

5.2 Saran

Pengaman terhadap gangguan hubung singkat yang digunakan pada sistem distribusi tidak hanya rele arus lebih saja, tetapi masih ada pengaman yang lain seperti pebur, PMT dan lainnya sehingga memerlukan koordinasi lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Basri, H 1997, *Sistem Distribusi Daya Listrik*, ISTN, Jakarta Selatan
- [2] Marsudi,D 2005, *Pembangkitan Energi Listrik*,Erlangga, Jakarta
- [3] Marsudi,D 2006, *Operasi Sistem Tenaga Listrik*,Graha Ilmu, Yogyakarta
- [4] Arismunandar 1993, Kuwahara S, *Teknik Tenaga Listrik*,Jilid II,Padya Paramitha, Jakarta
- [5] Arismunandar A, Kuwahara S, 2004, *Teknik Tenaga Listrik*,Jilid III,Padya Paramitha, Jakarta
- [6] William D, Stevenson Jr, *Analisa Sistem Tenaga Listrik*, Erlangga, Jakarta
- [7] Saksomo, Setiyo. Tanpa tahun, *Proteksi Sistem Tenaga Listrik*, Universitas Brawijaya, Malang.
- [8] PT. PLN (Persero) UDIKLAT Pandaan, *Dasar Proteksi dan Sistem Penumian*
- [9] Hery S, *Analisa Perhitungan arus gangguan hubung singkat dan koordinasi rele pada Penyulang Mojolangu di GI Blimbing*, ITN Malang
- [10] <http://www.scribd.com/doc/10204286/Koordinasi-Relay-OCR>

LAMPIRAN 1



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

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

1. Nama : ARIF WICAKSONO
2. NIM : 04.12.004
3. Jurusan : Teknik Elektro S-1
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi : ANALISA KOORDINASI PERALATAN PROTEKSI TERHADAP GANGGUAN HUBUNG SINGKAT MENGGUNAKAN *SOFTWARE ETAP POWERSTATION* PADA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20 KV PADA GARDU INDUK POLEHAN

Dipertahankan dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada :

Hari : Sabtu
Tanggal : 21 Maret 2009
Dengan Nilai : 80,5 (A) *Byf*

Panitia Ujian Skripsi



Ketua Majelis Penguji

Ir. Sidik Noertjahjono, MT
NIP. Y. 102 87 00163

Sekretaris Majelis Penguji

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
NIP. Y. 103 95 00274

Anggota Penguji

Penguji Pertama

Ir. H. Choirul Saleh, MT
NIP.Y. 101 88 00190

Penguji Kedua

Bambang Prio Hartono, ST
NIP.Y. 102 84 00082



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

PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

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

Hari : Sabtu
Tanggal : 21 Maret 2009

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

1. Nama : ARIF WICAKSONO
2. NIM : 04.12.004
3. Jurusan : Teknik Elektro
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi : ANALISA KOORDINASI PERALATAN PROTEKSI TERHADAP GANGGUAN HUBUNG SINGKAT MENGGUNAKAN *SOFTWARE ETAP POWERSTATION* PADA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20 KV PADA GARDU INDUK POLEHAN

Perbaikan meliputi :

No	Materi Perbaikan	Ket
1.	Abstrak	
2.	Latar Belakang Penelitian, Pustaka?	
3.	Hal 22, Pustaka ?	
4.	Hal 28 diganti hal 34	
5.	Tabel 4.3 – 4.6 diberi penjelasan	
6.	Hal 59, Penjelasan	

Anggota Penguji

Bambang Prio Hartono, ST, MT
NIP.Y. 102 84 00082

Dosen Pembimbing I

Ir. Teguh Herbasuki, MT
NIP.Y.1038900209

Dosen Pembimbing II

Ir. Yusuf Ismail Nahkoda, MT
NIP. Y.101 88 00189



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : ARIF WICAKSONO
Nim : 04.12.004
Masa Bimbingan : 06 November 2008 s/d 06 Mei 2009
Judul Skripsi : **Analisa Koordinasi Peralatan Proteksi Terhadap Gangguan Hubung Singkat menggunakan Software Etap Powerstation**

NO	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	23 Februari 2009	Konsultasi Bab I, II, III, IV, V	
2	25 Februari 2009	Revisi Bab I, II, III, IV, V	
3	26 Februari 2009	Revisi Bab IV dan V	
4	28 Februari 2009	ACC Bab I, II, dan III	
5	4 Maret 2009	Revisi Bab IV dan V	
6	5 Maret 2009	ACC Bab IV dan V	
7	12 Maret 2009	ACC Seminar Hasil	
8	16 Maret 2009	Penyempurnaan Bab I, II, III, IV, V	
9	19 Maret 2009	ACC Ujian SKRIPSI	
10			

Malang, Maret 2009
Dosen Pembimbing II

Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
NIP.Y. 1018860189



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : ARIF WICAKSONO
Nim : 04.12.004
Masa Bimbingan : 06 November 2008 s/d 06 Mei 2009
Judul Skripsi : Analisa Koordinasi Peralatan Proteksi Terhadap Gangguan Hubung

Singkat Menggunakan *Software Etap Powerstation* Pada Jaringan
Distribusi Primer 20 KV Pada Gardu Induk (GI) Polehan

No	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	05-01-2009	Konsultasi Bab I, II, III	
2	08-01-2009	Revisi Bab I, II, III	
3	27-01-2009	Konsultasi Bab IV, V	
4	29-01-2009	ACC Bab I, II, III	
5	02-02-2009	Revisi Bab IV, V	
6	10-02-2009	ACC Bab IV, V	
7	20-02-2009	ACC Seminar Hasil	
8			
9			
10			

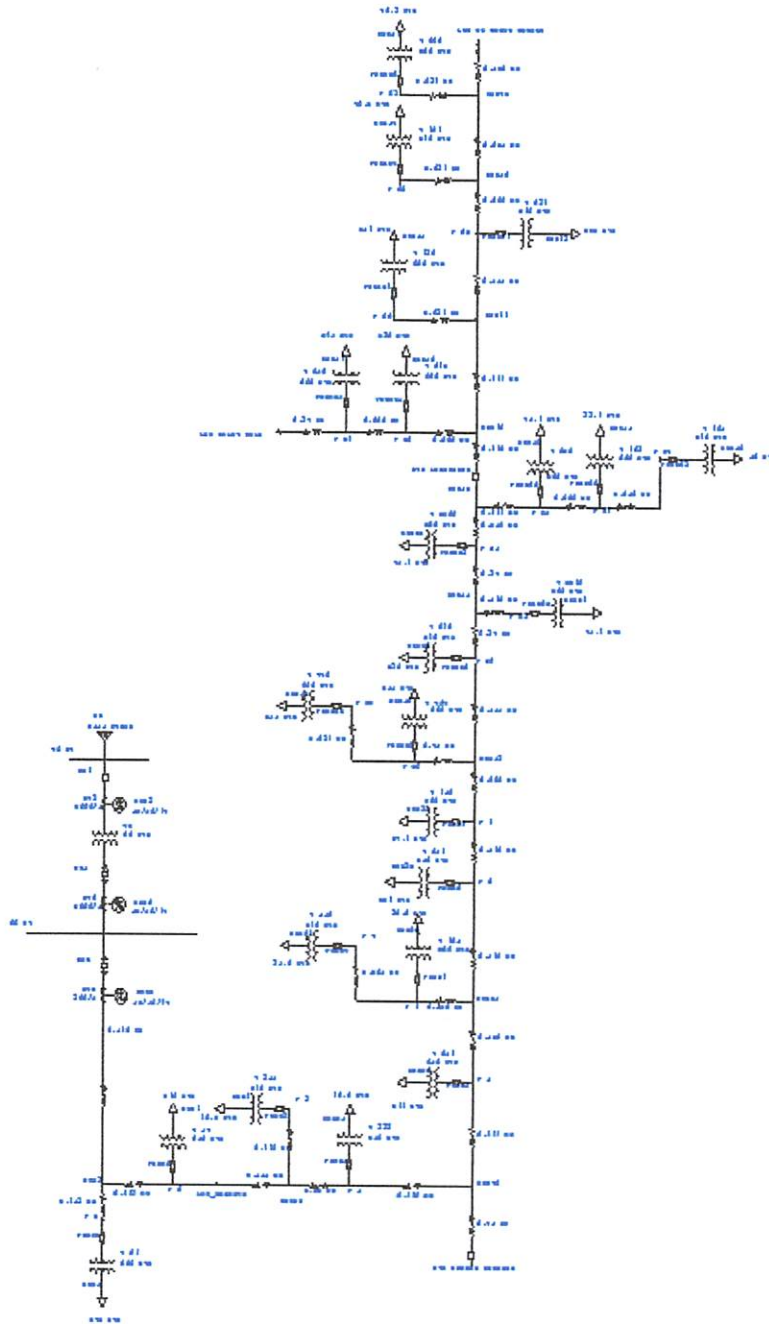
Malang,

Dosen Pembimbing I

Ir. Teguh Herbasuki, MT
NIP.Y. 1038900209

LAMPIRAN 2

One-Line Diagram - OLV1



Subject: SKRIPSI
 Location: PENYULANG KEDUNGKANDANG
 Contract:
 Engineer: ARIF WICAKSONO
 Surname: KEDUNGKANDANG

ETAP PowerStation
 4.0.0C

Study Case: SC

Page: 36
 Date: 03-19-2009
 SN: KLGCONSULT
 Revision: Base
 Config.: Normal

Short-Circuit Summary Report

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

Pre-fault Voltage = 100 % of the Bus Nominal Voltage

Bus	ID	kV	3-Phase Fault			Line-to-Ground Fault			Line-to-Line Fault			*Line-to-Line-to-Ground		
			Real	Imag.	Mag.	Real	Imag.	Mag.	Real	Imag.	Mag.	Real	Imag.	Mag.
Bus1		70.00	0.644	-11.983	12.001	0.644	-11.983	12.001	10.378	0.558	10.393	10.056	6.550	12.001
Bus2		20.00	0.270	-5.024	5.032	0.023	0.000	0.023	4.351	0.234	4.357	-4.357	-0.234	4.363
1		20.00	0.733	-3.664	3.736	0.023	0.000	0.023	3.173	0.635	3.236	-3.179	-0.635	3.242
2		20.00	0.656	-4.008	4.062	0.023	0.000	0.023	3.471	0.568	3.518	-3.477	-0.568	3.523
3		20.00	0.814	-2.950	3.060	0.023	0.000	0.023	2.555	0.705	2.650	-2.561	-0.705	2.656
4		20.00	0.816	-2.904	3.016	0.023	0.000	0.023	2.515	0.706	2.612	-2.520	-0.706	2.617
5		20.00	0.810	-2.467	2.597	0.023	0.000	0.023	2.137	0.702	2.249	-2.143	-0.702	2.255
6		20.00	0.793	-2.249	2.385	0.023	0.000	0.023	1.947	0.687	2.065	-1.953	-0.687	2.070
7		20.00	0.768	-2.040	2.180	0.023	0.000	0.023	1.766	0.665	1.888	-1.772	-0.665	1.893
8		20.00	0.792	-2.234	2.371	0.023	0.000	0.023	1.935	0.686	2.053	-1.941	-0.686	2.058
9		20.00	0.780	-2.126	2.265	0.023	0.000	0.023	1.842	0.675	1.961	-1.847	-0.675	1.967
10		20.00	0.758	-1.971	2.111	0.023	0.000	0.023	1.707	0.656	1.828	-1.712	-0.656	1.834
11		20.00	0.733	-1.826	1.967	0.023	0.000	0.023	1.581	0.635	1.704	-1.587	-0.635	1.709
12		20.00	0.765	-2.016	2.156	0.023	0.000	0.023	1.746	0.662	1.867	-1.752	-0.662	1.873
13		20.00	0.742	-1.875	2.016	0.023	0.000	0.023	1.624	0.643	1.746	-1.629	-0.643	1.752
14		20.00	0.747	-1.906	2.047	0.023	0.000	0.023	1.650	0.647	1.773	-1.656	-0.647	1.778
15		20.00	0.728	-1.797	1.939	0.023	0.000	0.023	1.556	0.630	1.679	-1.562	-0.630	1.684
16		20.00	0.706	-1.691	1.833	0.023	0.000	0.023	1.465	0.612	1.587	-1.470	-0.611	1.593
17		20.00	0.676	-1.561	1.701	0.023	-0.001	0.023	1.352	0.586	1.473	-1.357	-0.586	1.478
18		20.00	0.699	-1.659	1.800	0.023	0.000	0.023	1.436	0.605	1.559	-1.442	-0.605	1.564
19		20.00	0.678	-1.568	1.708	0.023	-0.001	0.023	1.358	0.587	1.479	-1.363	-0.587	1.484
20		20.00	0.680	-1.575	1.715	0.023	-0.001	0.023	1.364	0.589	1.486	-1.370	-0.589	1.491
21		20.00	0.694	-1.635	1.776	0.023	0.000	0.023	1.416	0.601	1.538	-1.422	-0.601	1.543
22		20.00	0.664	-1.512	1.652	0.023	-0.001	0.023	1.310	0.575	1.430	-1.315	-0.575	1.436
23		20.00	0.646	-1.442	1.580	0.023	-0.001	0.023	1.249	0.559	1.368	-1.255	-0.559	1.374

All fault currents are symmetrical momentary (30 Cycle network) values in rms kA

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

Subject: SKRIPSI
 Location: PENYULANG KEDUNGKANDANG
 Contract:
 Engineer: ARIF WICAKSONO
 Surname: KEDUNGKANDANG

ETAP PowerStation
 4.0.0C

Study Case: SC

Page: 37
 Date: 03-19-2009
 SN: KLGCONSULT
 Revision: Base
 Config.: Normal

Short-Circuit Summary Report

Bus	Positive Sequence Imp. (ohm)			Negative Sequence Imp. (ohm)			Zero Sequence Imp. (ohm)			
	ID	kV	Resistance	Reactance	Impedance	Resistance	Reactance	Impedance	Resistance	Reactance
Bus1	70.000	0.18080	3.36284	3.36770	0.18080	3.36284	3.36770	0.18080	3.36284	3.36770
Bus2	20.000	0.12320	2.29160	2.29491	0.12320	2.29160	2.29491	1506.25439	2.29160	1506.25610
F 1	20.000	0.60641	3.03027	3.09035	0.60641	3.03027	3.09035	1507.34412	5.94002	1507.35583
F 2	20.000	0.45940	2.80553	2.84290	0.45940	2.80553	2.84290	1507.01257	4.82999	1507.02026
F 3	20.000	1.00335	3.63707	3.77293	1.00335	3.63707	3.77293	1508.23938	8.93711	1508.26587
F 4	20.000	1.03535	3.68598	3.82863	1.03535	3.68598	3.82863	1508.31152	9.17870	1508.33948
F 5	20.000	1.38733	4.22404	4.44603	1.38733	4.22404	4.44603	1509.10535	11.83625	1509.15173
F 6	20.000	1.61131	4.56644	4.84238	1.61131	4.56644	4.84238	1509.61047	13.52741	1509.67114
F 7	20.000	1.86729	4.95775	5.29774	1.86729	4.95775	5.29774	1510.18787	15.46018	1510.26697
F 8	20.000	1.62731	4.59089	4.87077	1.62731	4.59089	4.87077	1509.64661	13.64821	1509.70825
F 9	20.000	1.75530	4.78655	5.09825	1.75530	4.78655	5.09825	1509.93518	14.61459	1510.00598
F 10	20.000	1.96328	5.10449	5.46903	1.96328	5.10449	5.46903	1510.40430	16.18496	1510.49097
F 11	20.000	2.18727	5.44689	5.86964	2.18727	5.44689	5.86964	1510.90942	17.87613	1511.01526
F 12	20.000	1.89929	5.00666	5.35481	1.89929	5.00666	5.35481	1510.26001	15.70177	1510.34155
F 13	20.000	2.10727	5.32460	5.72643	2.10727	5.32460	5.72643	1510.72900	17.27214	1510.82776
F 14	20.000	2.05928	5.25123	5.64057	2.05928	5.25123	5.64057	1510.62085	16.90975	1510.71545
F 15	20.000	2.23526	5.52026	5.95564	2.23526	5.52026	5.95564	1511.01770	18.23852	1511.12781
F 16	20.000	2.42725	5.81374	6.30009	2.42725	5.81374	6.30009	1511.45068	19.68809	1511.57886
F 17	20.000	2.69923	6.22951	6.78916	2.69923	6.22951	6.78916	1512.06499	21.74165	1512.22034
F 18	20.000	2.49124	5.91157	6.41506	2.49124	5.91157	6.41506	1511.59497	20.17128	1511.72961
F 19	20.000	2.68323	6.20506	6.76036	2.68323	6.20506	6.76036	1512.02795	21.62085	1512.18262
F 20	20.000	2.66723	6.18060	6.73156	2.66723	6.18060	6.73156	1511.99194	21.50006	1512.14478
F 21	20.000	2.53924	5.98494	6.50133	2.53924	5.98494	6.50133	1511.70325	20.53367	1511.84277
F 22	20.000	2.81122	6.40071	6.99086	2.81122	6.40071	6.99086	1512.31665	22.58723	1512.48535
F 23	20.000	2.98721	6.66974	7.30813	2.98721	6.66974	7.30813	1512.71362	23.91601	1512.90259

Subject: SKRIPSI
 Location: PENYULANG KEDUNGKANDANG
 Contract:
 Engineer: ARIF WICAKSONO
 Filename: KEDUNGKANDANG

ETAP PowerStation
 4.0.0C

Study Case: SC

Page: 11
 Date: 03-19-2009
 SN: KLGCONSULT
 Revision: Base
 Config: Normal

SHORT-CIRCUIT REPORT

Fault at bus: **Bus1**

Nominal kV = 70.000 Prefault Voltage = 100.00 % of nominal bus kV
 Base kV = 70.000 = 100.00 % of base kV

Contribution		3-Phase Fault		Line-To-Ground Fault					Positive & Zero Sequence Impedances Looking into "From Bus"			
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Symm. rms	% Voltage at From Bus			kA Symm. rms		% Impedance on 100 MVA base			
				Va	Vb	Vc	Ia	I3I0	R1	X1	R0	X0
1	Total	0.00	12.001	0.00	100.00	100.00	12.001	12.001	3.69E-001	6.86E+000	3.69E-001	6.86E+000
2	Bus1	0.00	0.000	0.00	100.00	100.00	0.000	0.000				
	Bus1	100.00	12.001	100.00	100.00	100.00	12.001	12.001	3.69E-001	6.86E+000	3.69E-001	6.86E+000

Indicates fault current contribution is from three-winding transformers

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

Subject: SKRIPSI
 Location: PENYULANG KEDUNGKANDANG
 Contract:
 Engineer: ARIF WICAKSONO
 Name: KEDUNGKANDANG

ETAP PowerStation
 4.0.0C

Study Case: SC

Page: 12
 Date: 03-19-2009
 SN: KLGCONSULT
 Revision: Base
 Config.: Normal

Fault at bus: **Bus2**

Nominal kV = 20.000 Prefault Voltage = 100.00 % of nominal bus kV
 Base kV = 20.000 = 100.00 % of base kV

Contribution		3-Phase Fault		Line-To-Ground Fault					Positive & Zero Sequence Impedances Looking into "From Bus"			
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Symm. rms	% Voltage at From Bus			kA Symm. rms		% Impedance on 100 MVA base			
				Va	Vb	Vc	Ia	I3I0	R1	X1	R0	X0
	Total	0.00	5.032	0.00	172.95	173.41	0.023	0.023	3.08E+000	5.73E+001	3.77E+004	5.73E+001
	Bus2	0.00	0.000	0.00	172.95	173.41	0.000	0.000				
	Bus2	88.02	5.032	100.00	100.00	100.00	0.023	0.023	3.08E+000	5.73E+001	3.77E+004	5.73E+001

Indicates fault current contribution is from three-winding transformers

Indicates a zero sequence fault current contribution (I3I0) from a grounded Delta-Y transformer

Subject: SKRIPSI
 Location: PENYULANG KEDUNGKANDANG
 Contract:
 Engineer: ARIF WICAKSONO
 Filename: KEDUNGKANDANG

ETAP PowerStation
 4.0.0C

Study Case: SC

Page: 13
 Date: 03-19-2009
 SN: KLGCONSULT
 Revision: Base
 Config.: Normal

Fault at bus: F 1

Nominal kV = 20.000 Prefault Voltage = 100.00 % of nominal bus kV
 Base kV = 20.000 = 100.00 % of base kV

Contribution		3-Phase Fault		Line-To-Ground Fault					Positive & Zero Sequence Impedances Looking into "From Bus"			
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Symm. rms	% Voltage at From Bus			kA Symm. rms		% Impedance on 100 MVA base			
				Va	Vb	Vc	Ia	I3I0	R1	X1	R0	X0
	Total	0.00	3.736	0.00	172.80	173.40	0.023	0.023	1.52E+001	7.58E+001	3.77E+004	1.49E+002
3	F 1	21.00	3.736	0.27	172.70	173.44	0.023	0.023	1.52E+001	7.58E+001	3.77E+004	1.49E+002
5	F 1	0.00	0.000	100.11	99.76	100.00	0.000	0.000				

Indicates fault current contribution is from three-winding transformers

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

Subject: SKRIPSI
 Location: PENYULANG KEDUNGKANDANG
 Contractor: ARIF WICAKSONO
 Client Name: KEDUNGKANDANG

ETAP PowerStation
 4.0.0C

Study Case: SC

Page: 14
 Date: 03-19-2009
 SN: KLGCONSULT
 Revision: Base
 Config.: Normal

Fault at bus: F 2

Nominal kV = 20.000 Prefault Voltage = 100.00 % of nominal bus kV
 Base kV = 20.000 = 100.00 % of base kV

Contribution		3-Phase Fault		Line-To-Ground Fault				Positive & Zero Sequence Impedances Looking into "From Bus"				
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Symm. rms	% Voltage at From Bus			kA Symm. rms		% Impedance on 100 MVA base			
				Va	Vb	Vc	Ia	I3I0	R1	X1	R0	X0
	Total	0.00	4.062	0.00	172.84	173.40	0.023	0.023	1.15E+001	7.01E+001	3.77E+004	1.21E+002
3	F 2	13.38	4.062	0.16	172.79	173.43	0.023	0.023	1.15E+001	7.01E+001	3.77E+004	1.21E+002
S11	F 2	0.00	0.000	0.00	172.84	173.40	0.000	0.000				
6	F 2	0.00	0.000	100.11	99.79	100.00	0.000	0.000				

Indicates fault current contribution is from three-winding transformers

Indicates a zero sequence fault current contribution (I3I0) from a grounded Delta-Y transformer

Project: SKRIPSI
 Location: PENYULANG KEDUNGKANDANG
 Contractor:
 Engineer: ARIF WICAKSONO
 Name: KEDUNGKANDANG

ETAP PowerStation
 4.0.0C

Study Case: SC

Page: 15
 Date: 03-19-2009
 SN: KLGCONSULT
 Revision: Base
 Config.: Normal

Location at bus: F 3

Nominal kV = 20.000 Prefault Voltage = 100.00 % of nominal bus kV
 kV = 20.000 = 100.00 % of base kV

Contribution		3-Phase Fault		Line-To-Ground Fault					Positive & Zero Sequence Impedances Looking into "From Bus"			
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Symm. rms	% Voltage at From Bus			kA Symm. rms		% Impedance on 100 MVA base			
				Va	Vb	Vc	Ia	I3I0	R1	X1	R0	X0
	Total	0.00	3.060	0.00	172.67	173.39	0.023	0.023	2.51E+001	9.09E+001	3.77E+004	2.23E+002
11	F 3	10.07	3.060	0.16	172.61	173.41	0.023	0.023	2.51E+001	9.09E+001	3.77E+004	2.23E+002
	F 3	0.00	0.000	100.11	99.69	100.00	0.000	0.000				

Indicates fault current contribution is from three-winding transformers

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

Subject: SKRIPSI
 Location: PENYULANG KEDUNGKANDANG
 Contract:
 Engineer: ARIF WICAKSONO
 Name: KEDUNGKANDANG

ETAP PowerStation
 4.0.0C

Study Case: **SC**

Page: **16**
 Date: 03-19-2009
 SN: KLGCONSULT
 Revision: Base
 Config: Normal

Fault at bus: **F 4**

Nominal kV = 20.000 Prefault Voltage = 100.00 % of nominal bus kV
 Base kV = 20.000 = 100.00 % of base kV

Contribution		3-Phase Fault		Line-To-Ground Fault					Positive & Zero Sequence Impedances Looking into "From Bus"			
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Symm. rms	% Voltage at From Bus			kA Symm. rms		% Impedance on 100 MVA base			
				Va	Vb	Vc	Ia	I3I0	R1	X1	R0	X0
	Total	0.00	3.016	0.00	172.66	173.39	0.023	0.023	2.59E+001	9.21E+001	3.77E+004	2.29E+002
311	F 4	11.45	3.016	0.18	172.59	173.42	0.023	0.023	2.59E+001	9.21E+001	3.77E+004	2.29E+002
70	F 4	0.00	0.000	0.00	172.66	173.39	0.000	0.000				
14	F 4	0.00	0.000	100.10	99.68	100.00	0.000	0.000				

Indicates fault current contribution is from three-winding transformers

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

Project: SKRIPSI
 Location: PENYULANG KEDUNGKANDANG
 Contract:
 Engineer: ARIF WICAKSONO
 Name: KEDUNGKANDANG

ETAP PowerStation
 4.0.0C

Study Case: SC

Page: 17
 Date: 03-19-2009
 SN: KLGCONSULT
 Revision: Base
 Config: Normal

Location at bus: F 5

Nominal kV = 20.000 Prefault Voltage = 100.00 % of nominal bus kV
 Base kV = 20.000 = 100.00 % of base kV

Contribution		3-Phase Fault		Line-To-Ground Fault					Positive & Zero Sequence Impedances Looking into "From Bus"			
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Symm. rms	% Voltage at From Bus			kA Symm. rms		% Impedance on 100 MVA base			
				Va	Vb	Vc	Ia	I3I0	R1	X1	R0	X0
	Total	0.00	2.597	0.00	172.54	173.38	0.023	0.023	3.47E+001	1.06E+002	3.77E+004	2.96E+002
0	F 5	5.92	2.597	0.11	172.50	173.39	0.023	0.023	3.47E+001	1.06E+002	3.77E+004	2.96E+002
5	F 5	0.00	0.000	0.00	172.54	173.38	0.000	0.000				
8	F 5	0.00	0.000	100.10	99.62	100.00	0.000	0.000				

0 indicates fault current contribution is from three-winding transformers

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

Project: SKRIPSI
 Location: PENYULANG KEDUNGKANDANG
 Contract:
 Engineer: ARIF WICAKSONO
 Filename: KEDUNGKANDANG

ETAP PowerStation
 4.0.0C

Study Case: SC

Page: 18
 Date: 03-19-2009
 SN: KLGCONSULT
 Revision: Base
 Config.: Normal

Fault at bus: F 6

Nominal kV = 20.000 Prefault Voltage = 100.00 % of nominal bus kV
 Base kV = 20.000 = 100.00 % of base kV

Contribution		3-Phase Fault		Line-To-Ground Fault					Positive & Zero Sequence Impedances Looking into "From Bus"			
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Symm. rms	% Voltage at From Bus			kA Symm. rms		% Impedance on 100 MVA base			
				Va	Vb	Vc	Ia	I3I0	R1	X1	R0	X0
	Total	0.00	2.385	0.00	172.47	173.37	0.023	0.023	4.03E+001	1.14E+002	3.77E+004	3.38E+002
	F 6	0.00	0.000	0.00	172.47	173.37	0.000	0.000				
15	F 6	4.22	2.385	0.08	172.44	173.38	0.023	0.023	4.03E+001	1.14E+002	3.77E+004	3.38E+002
22	F 6	0.00	0.000	100.09	99.57	100.00	0.000	0.000				

Indicates fault current contribution is from three-winding transformers

Indicates a zero sequence fault current contribution (I3I0) from a grounded Delta-Y transformer

Project: SKRIPSI
 Location: PENYULANG KEDUNGKANDANG
 Contract:
 Engineer: ARIF WICAKSONO
 Filename: KEDUNGKANDANG

ETAP PowerStation
 4.0.0C

Study Case: SC

Page: 19
 Date: 03-19-2009
 SN: KLGCONSULT
 Revision: Base
 Config.: Normal

Fault at bus: F 7

Nominal kV = 20.000 Prefault Voltage = 100.00 % of nominal bus kV
 Base kV = 20.000 = 100.00 % of base kV

Contribution		3-Phase Fault		Line-To-Ground Fault					Positive & Zero Sequence Impedances Looking into "From Bus"			
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Symm. rms	% Voltage at From Bus			kA Symm. rms		% Impedance on 100 MVA base			
				Va	Vb	Vc	Ia	I310	R1	X1	R0	X0
	Total	0.00	2.180	0.00	172.38	173.36	0.023	0.023	4.67E+001	1.24E+002	3.78E+004	3.87E+002
	F 7	8.83	2.180	0.19	172.31	173.39	0.023	0.023	4.67E+001	1.24E+002	3.78E+004	3.87E+002
26	F 7	0.00	0.000	100.09	99.53	100.00	0.000	0.000				

Indicates fault current contribution is from three-winding transformers

Indicates a zero sequence fault current contribution (I310) from a grounded Delta-Y transformer

Project: SKRIPSI
 Location: PENYULANG KEDUNGKANDANG
 Contract:
 Engineer: ARIF WICAKSONO
 Filename: KEDUNGKANDANG

ETAP PowerStation
4.0.0C

Study Case: SC

Page: 20
 Date: 03-19-2009
 SN: KLGCONSULT
 Revision: Base
 Config.: Normal

Fault at bus: F 8

Nominal kV = 20.000 Prefault Voltage = 100.00 % of nominal bus kV
 Base kV = 20.000 = 100.00 % of base kV

Contribution		3-Phase Fault		Line-To-Ground Fault					Positive & Zero Sequence Impedances Looking into "From Bus"			
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Symm. rms	% Voltage at From Bus			kA Symm. rms		% Impedance on 100 MVA base			
				Va	Vb	Vc	Ia	3I0	R1	X1	R0	X0
	Total	0.00	2.371	0.00	172.46	173.37	0.023	0.023	4.07E+001	1.15E+002	3.77E+004	3.41E+002
s15	F 8	4.80	2.371	0.10	172.43	173.38	0.023	0.023	4.07E+001	1.15E+002	3.77E+004	3.41E+002
	F 8	0.00	0.000	0.00	172.46	173.37	0.000	0.000				
s31	F 8	0.00	0.000	100.09	99.57	100.00	0.000	0.000				

Indicates fault current contribution is from three-winding transformers

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

Project: SKRIPSI
 Location: PENYULANG KEDUNGKANDANG
 Contract:
 Engineer: ARIF WICAKSONO
 Filename: KEDUNGKANDANG

ETAP PowerStation
 4.0.0C

Study Case: SC

Page: 21
 Date: 03-19-2009
 SN: KLGCONSULT
 Revision: Base
 Config.: Normal

Fault at bus: **F 9**

Nominal kV = 20.000 Prefault Voltage = 100.00 % of nominal bus kV
 Base kV = 20.000 = 100.00 % of base kV

Contribution		3-Phase Fault		Line-To-Ground Fault					Positive & Zero Sequence Impedances Looking into "From Bus"			
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Symm. rms	% Voltage at From Bus			kA Symm. rms		% Impedance on 100 MVA base			
				Va	Vb	Vc	Ia	I3I0	R1	X1	R0	X0
	Total	0.00	2.265	0.00	172.42	173.37	0.023	0.023	4.39E+001	1.20E+002	3.77E+004	3.65E+002
	F 9	4.59	2.265	0.10	172.39	173.38	0.023	0.023	4.39E+001	1.20E+002	3.77E+004	3.65E+002
43	F 9	0.00	0.000	0.00	172.42	173.37	0.000	0.000				
34	F 9	0.00	0.000	100.09	99.55	100.00	0.000	0.000				

Indicates fault current contribution is from three-winding transformers

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

Project: SKRIPSI
 Location: PENYULANG KEDUNGKANDANG
 Contract:
 Engineer: ARIF WICAKSONO
 Filename: KEDUNGKANDANG

ETAP PowerStation
4.0.0C

Study Case: SC

Page: 22
 Date: 03-19-2009
 SN: KLGCONSULT
 Revision: Base
 Config.: Normal

Fault at bus: F 10

Nominal kV = 20.000 Prefault Voltage = 100.00 % of nominal bus kV
 Base kV = 20.000 = 100.00 % of base kV

Contribution		3-Phase Fault		Line-To-Ground Fault					Positive & Zero Sequence Impedances Looking into "From Bus"			
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Symm. rms	% Voltage at From Bus			kA Symm. rms		% Impedance on 100 MVA base			
				Va	Vb	Vc	Ia	I3I0	R1	X1	R0	X0
0	Total	0.00	2.111	0.00	172.35	173.36	0.023	0.023	4.91E+001	1.28E+002	3.78E+004	4.05E+002
1	F 10	0.00	0.000	0.00	172.35	173.36	0.000	0.000				
43	F 10	5.34	2.111	0.12	172.31	173.38	0.023	0.023	4.91E+001	1.28E+002	3.78E+004	4.05E+002
40	F 10	0.00	0.000	100.09	99.51	100.00	0.000	0.000				

Indicates fault current contribution is from three-winding transformers

Indicates a zero sequence fault current contribution (I3I0) from a grounded Delta-Y transformer

Subject: SKRIPSI
 Location: PENYULANG KEDUNGKANDANG
 Contract:
 Engineer: ARIF WICAKSONO
 Filename: KEDUNGKANDANG

ETAP PowerStation
 4.0.0C

Study Case: SC

Page: 23
 Date: 03-19-2009
 SN: KLGCONSULT
 Revision: Base
 Config.: Normal

Fault at bus: F 11

Nominal kV = 20.000 Prefault Voltage = 100.00 % of nominal bus kV
 Base kV = 20.000 = 100.00 % of base kV

Contribution		3-Phase Fault		Line-To-Ground Fault					Positive & Zero Sequence Impedances Looking into "From Bus"			
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Symm. rms	% Voltage at From Bus			kA Symm. rms		% Impedance on 100 MVA base			
				Va	Vb	Vc	Ia	I310	R1	X1	R0	X0
	Total	0.00	1.967	0.00	172.28	173.35	0.023	0.023	5.47E+001	1.36E+002	3.78E+004	4.47E+002
	F 11	6.97	1.967	0.17	172.22	173.38	0.023	0.023	5.47E+001	1.36E+002	3.78E+004	4.47E+002
41	F 11	0.00	0.000	100.08	99.47	100.00	0.000	0.000				

Indicates fault current contribution is from three-winding transformers

Indicates a zero sequence fault current contribution (310) from a grounded Delta-Y transformer

Project: SKRIPSI
 Location: PENYULANG KEDUNGKANDANG
 Contract:
 Engineer: ARIF WICAKSONO
 Filename: KEDUNGKANDANG

ETAP PowerStation
 4.0.0C

Study Case: SC

Page: 24
 Date: 03-19-2009
 SN: KLGCONSULT
 Revision: Base
 Config.: Normal

Fault at bus: **F 12**

Nominal kV = 20.000 Prefault Voltage = 100.00 % of nominal bus kV
 Base kV = 20.000 = 100.00 % of base kV

Contribution		3-Phase Fault		Line-To-Ground Fault					Positive & Zero Sequence Impedances Looking into "From Bus"			
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Symm. rms	% Voltage at From Bus			kA Symm. rms		% Impedance on 100 MVA base			
				Va	Vb	Vc	Ia	I3I0	R1	X1	R0	X0
2	Total	0.00	2.156	0.00	172.37	173.36	0.023	0.023	4.75E+001	1.25E+002	3.78E+004	3.93E+002
43	F 12	3.27	2.156	0.07	172.35	173.37	0.023	0.023	4.75E+001	1.25E+002	3.78E+004	3.93E+002
45	F 12	0.00	0.000	0.00	172.37	173.36	0.000	0.000				
10	F 12	0.00	0.000	100.09	99.52	100.00	0.000	0.000				

Indicates fault current contribution is from three-winding transformers

Indicates a zero sequence fault current contribution (I3I0) from a grounded Delta-Y transformer

Project: SKRIPSI
 Location: PENYULANG KEDUNGKANDANG
 Contract:
 Engineer: ARIF WICAKSONO
 Filename: KEDUNGKANDANG

ETAP PowerStation
 4.0.0C

Study Case: SC

Page: 25
 Date: 03-19-2009
 SN: KLGCONSULT
 Revision: Base
 Config.: Normal

Fault at bus: **F 13**

Nominal kV = 20.000 Prefault Voltage = 100.00 % of nominal bus kV
 Base kV = 20.000 = 100.00 % of base kV

Contribution		3-Phase Fault		Line-To-Ground Fault					Positive & Zero Sequence Impedances Looking into "From Bus"			
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Symm. rms	% Voltage at From Bus			kA Symm. rms		% Impedance on 100 MVA base			
				Va	Vb	Vc	Ia	I3I0	R1	X1	R0	X0
3	Total	0.00	2.016	0.00	172.31	173.35	0.023	0.023	5.27E+001	1.33E+002	3.78E+004	4.32E+002
s45	F 13	4.08	2.016	0.10	172.27	173.37	0.023	0.023	5.27E+001	1.33E+002	3.78E+004	4.32E+002
s19	F 13	0.00	0.000	100.09	99.48	100.00	0.000	0.000				

Indicates fault current contribution is from three-winding transformers

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

Project: SKRIPSI
 Location: PENYULANG KEDUNGKANDANG
 Contract:
 Engineer: ARIF WICAKSONO
 Filename: KEDUNGKANDANG

ETAP PowerStation
 4.0.0C

Study Case: SC

Page: 26
 Date: 03-19-2009
 SN: KLGCONSULT
 Revision: Base
 Config.: Normal

Fault at bus: F 14

Nominal kV = 20.000 Prefault Voltage = 100.00 % of nominal bus kV
 Base kV = 20.000 = 100.00 % of base kV

Contribution		3-Phase Fault		Line-To-Ground Fault					Positive & Zero Sequence Impedances Looking into "From Bus"			
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Symm. rms	% Voltage at From Bus			kA Symm. rms		% Impedance on 100 MVA base			
				Va	Vb	Vc	Ia	I3I0	R1	X1	R0	X0
	Total	0.00	2.047	0.00	172.32	173.36	0.023	0.023	5.15E+001	1.31E+002	3.78E+004	4.23E+002
15	F 14	2.59	2.047	0.06	172.30	173.37	0.023	0.023	5.15E+001	1.31E+002	3.78E+004	4.23E+002
51	F 14	0.00	0.000	0.00	172.32	173.36	0.000	0.000				
11	F 14	0.00	0.000	100.09	99.49	100.00	0.000	0.000				

Indicates fault current contribution is from three-winding transformers

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

Object: SKRIPSI
 Location: PENYULANG KEDUNGKANDANG
 Contract:
 Engineer: ARIF WICAKSONO
 Filename: KEDUNGKANDANG

ETAP PowerStation
 4.0.0C

Study Case: SC

Page: 27
 Date: 03-19-2009
 SN: KLGCONSULT
 Revision: Base
 Config.: Normal

Fault at bus: F 15

Nominal kV = 20.000 Prefault Voltage = 100.00 % of nominal bus kV
 Base kV = 20.000 = 100.00 % of base kV

Contribution		3-Phase Fault		Line-To-Ground Fault					Positive & Zero Sequence Impedances Looking into "From Bus"			
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Symm. rms	% Voltage at From Bus			kA Symm. rms		% Impedance on 100 MVA base			
				Va	Vb	Vc	Ia	I3I0	R1	X1	R0	X0
5	Total	0.00	1.939	0.00	172.26	173.35	0.023	0.023	5.59E+001	1.38E+002	3.78E+004	4.56E+002
6	F 15	0.00	0.000	0.00	172.26	173.35	0.000	0.000				
s51	F 15	4.42	1.939	0.11	172.22	173.37	0.023	0.023	5.59E+001	1.38E+002	3.78E+004	4.56E+002
s42	F 15	0.00	0.000	100.08	99.46	100.00	0.000	0.000				

Indicates fault current contribution is from three-winding transformers

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

Project: SKRIPSI
 Location: PENYULANG KEDUNGKANDANG
 Contract:
 Engineer: ARIF WICAKSONO
 Filename: KEDUNGKANDANG

ETAP PowerStation
4.0.0C

Study Case: SC

Page: 28
 Date: 03-19-2009
 SN: KLGCONSULT
 Revision: Base
 Config.: Normal

Fault at bus: F 16

Nominal kV = 20.000 Prefault Voltage = 100.00 % of nominal bus kV
 Base kV = 20.000 = 100.00 % of base kV

Contribution		3-Phase Fault		Line-To-Ground Fault				Positive & Zero Sequence Impedances Looking into "From Bus"				
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Symm. rms	% Voltage at From Bus			kA Symm. rms		% Impedance on 100 MVA base			
				Va	Vb	Vc	Ia	I0	R1	X1	R0	X0
6	Total	0.00	1.833	0.00	172.20	173.34	0.023	0.023	6.07E+001	1.45E+002	3.78E+004	4.92E+002
7	F 16	0.00	0.000	0.00	172.20	173.34	0.000	0.000				
5	F 16	5.57	1.833	0.14	172.15	173.37	0.023	0.023	6.07E+001	1.45E+002	3.78E+004	4.92E+002
s44	F 16	0.00	0.000	100.08	99.42	100.00	0.000	0.000				

Indicates fault current contribution is from three-winding transformers

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

Project: SKRIPSI
 Location: PENYULANG KEDUNGKANDANG
 Contract:
 Engineer: ARIF WICAKSONO
 Filename: KEDUNGKANDANG

ETAP PowerStation
 4.0.0C

Study Case: SC

Page: 29
 Date: 03-19-2009
 SN: KLGCONSULT
 Revision: Base
 Config.: Normal

Fault at bus: F 17

Nominal kV = 20.000 Prefault Voltage = 100.00 % of nominal bus kV
 Base kV = 20.000 = 100.00 % of base kV

Contribution		3-Phase Fault		Line-To-Ground Fault					Positive & Zero Sequence Impedances Looking into "From Bus"			
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Symm. rms	% Voltage at From Bus			kA Symm. rms		% Impedance on 100 MVA base			
				Va	Vb	Vc	Ia	I3I0	R1	X1	R0	X0
7	Total	0.00	1.701	0.00	172.11	173.33	0.023	0.023	6.75E+001	1.56E+002	3.78E+004	5.44E+002
6	F 17	7.32	1.701	0.20	172.04	173.37	0.023	0.023	6.75E+001	1.56E+002	3.78E+004	5.44E+002
48	F 17	0.00	0.000	100.07	99.37	100.00	0.000	0.000				

Indicates fault current contribution is from three-winding transformers

Indicates a zero sequence fault current contribution (I3I0) from a grounded Delta-Y transformer

Project: SKRIPSI
 Location: PENYULANG KEDUNGKANDANG
 Contract:
 Engineer: ARIF WICAKSONO
 Filename: KEDUNGKANDANG

ETAP PowerStation
 4.0.0C

Study Case: SC

Page: 30
 Date: 03-19-2009
 SN: KLGCONSULT
 Revision: Base
 Config.: Normal

Fault at bus: F 18

Nominal kV = 20.000 Prefault Voltage = 100.00 % of nominal bus kV
 Base kV = 20.000 = 100.00 % of base kV

Contribution		3-Phase Fault		Line-To-Ground Fault				Positive & Zero Sequence Impedances Looking into "From Bus"				
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Symm. rms	% Voltage at From Bus			kA Symm. rms		% Impedance on 100 MVA base			
				Va	Vb	Vc	Ia	I3I0	R1	X1	R0	X0
8	Total	0.00	1.800	0.00	172.18	173.34	0.023	0.023	6.23E+001	1.48E+002	3.78E+004	5.04E+002
s68	F 18	5.47	1.800	0.14	172.13	173.36	0.023	0.023	6.23E+001	1.48E+002	3.78E+004	5.04E+002
9	F 18	0.00	0.000	0.00	172.18	173.34	0.000	0.000				
s50	F 18	0.00	0.000	100.08	99.41	100.00	0.000	0.000				

Indicates fault current contribution is from three-winding transformers

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

Project: SKRIPSI
 Location: PENYULANG KEDUNGKANDANG
 Contract:
 Engineer: ARIF WICAKSONO
 Filename: KEDUNGKANDANG

ETAP PowerStation
 4.0.0C

Study Case: SC

Page: 31
 Date: 03-19-2009
 SN: KLGCONSULT
 Revision: Base
 Config.: Normal

Fault at bus: **F 19**

Nominal kV = 20.000 Prefault Voltage = 100.00 % of nominal bus kV
 Base kV = 20.000 = 100.00 % of base kV

Contribution		3-Phase Fault		Line-To-Ground Fault					Positive & Zero Sequence Impedances Looking into "From Bus"			
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Symm. rms	% Voltage at From Bus			kA Symm. rms		% Impedance on 100 MVA base			
				Va	Vb	Vc	Ia	I3I0	R1	X1	R0	X0
9	Total	0.00	1.708	0.00	172.12	173.33	0.023	0.023	6.71E+001	1.55E+002	3.78E+004	5.41E+002
8	F 19	5.19	1.708	0.14	172.06	173.36	0.023	0.023	6.71E+001	1.55E+002	3.78E+004	5.41E+002
349	F 19	0.00	0.000	100.07	99.37	100.00	0.000	0.000				

Indicates fault current contribution is from three-winding transformers

Indicates a zero sequence fault current contribution (I3I0) from a grounded Delta-Y transformer

Subject: SKRIPSI
 Location: PENYULANG KEDUNGKANDANG
 Contract:
 Engineer: ARIF WICAKSONO
 Filename: KEDUNGKANDANG

ETAP PowerStation
 4.0.0C

Study Case: SC

Page: 32
 Date: 03-19-2009
 SN: KLGCONSULT
 Revision: Base
 Config.: Normal

Fault at bus: F 20

Nominal kV = 20.000 Prefault Voltage = 100.00 % of nominal bus kV
 Base kV = 20.000 = 100.00 % of base kV

Contribution		3-Phase Fault		Line-To-Ground Fault					Positive & Zero Sequence Impedances Looking into "From Bus"			
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Symm. rms	% Voltage at From Bus			kA Symm. rms		% Impedance on 100 MVA base			
				Va	Vb	Vc	Ia	I3I0	R1	X1	R0	X0
	Total	0.00	1.715	0.00	172.12	173.33	0.023	0.023	6.67E+001	1.55E+002	3.78E+004	5.38E+002
69	F 20	6.08	1.715	0.17	172.06	173.36	0.023	0.023	6.67E+001	1.55E+002	3.78E+004	5.38E+002
55	F 20	0.00	0.000	100.07	99.37	100.00	0.000	0.000				

Indicates fault current contribution is from three-winding transformers

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

Project: SKRIPSI
 Location: PENYULANG KEDUNGKANDANG
 Contract:
 Engineer: ARIF WICAKSONO
 Filename: KEDUNGKANDANG

ETAP PowerStation
4.0.0C

Study Case: SC

Page: 33
 Date: 03-19-2009
 SN: KLGCONSULT
 Revision: Base
 Config.: Normal

Fault at bus: F 21

Nominal kV = 20.000 Prefault Voltage = 100.00 % of nominal bus kV
 Base kV = 20.000 = 100.00 % of base kV

Contribution		3-Phase Fault		Line-To-Ground Fault					Positive & Zero Sequence Impedances Looking into "From Bus"			
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Symm. rms	% Voltage at From Bus			kA Symm. rms		% Impedance on 100 MVA base			
				Va	Vb	Vc	Ia	I3I0	R1	X1	R0	X0
21	Total	0.00	1.776	0.00	172.16	173.34	0.023	0.023	6.35E+001	1.50E+002	3.78E+004	5.13E+002
s69	F 21	2.70	1.776	0.07	172.14	173.35	0.023	0.023	6.35E+001	1.50E+002	3.78E+004	5.13E+002
s52	F 21	0.00	0.000	0.00	172.16	173.34	0.000	0.000				
s63	F 21	0.00	0.000	100.08	99.40	100.00	0.000	0.000				

Indicates fault current contribution is from three-winding transformers

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

Project: SKRIPSI
 Location: PENYULANG KEDUNGKANDANG
 Contract:
 Engineer: ARIF WICAKSONO
 File Name: KEDUNGKANDANG

ETAP PowerStation
 4.0.0C

Study Case: SC

Page: 34
 Date: 03-19-2009
 SN: KLGCONSULT
 Revision: Base
 Config.: Normal

Fault at bus: F 22

Nominal kV = 20.000 Prefault Voltage = 100.00 % of nominal bus kV
 Base kV = 20.000 = 100.00 % of base kV

Contribution		3-Phase Fault		Line-To-Ground Fault					Positive & Zero Sequence Impedances Looking into "From Bus"			
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Symm. rms	% Voltage at From Bus			kA Symm. rms		% Impedance on 100 MVA base			
				Va	Vb	Vc	Ia	I3I0	R1	X1	R0	X0
	Total	0.00	1.652	0.00	172.07	173.33	0.023	0.023	7.03E+001	1.60E+002	3.78E+004	5.65E+002
52	F 22	5.85	1.652	0.17	172.01	173.36	0.023	0.023	7.03E+001	1.60E+002	3.78E+004	5.65E+002
57	F 22	0.00	0.000	100.07	99.35	100.00	0.000	0.000				

Indicates fault current contribution is from three-winding transformers

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

Project: SKRIPSI
 Location: PENYULANG KEDUNGKANDANG
 Contract:
 Engineer: ARIF WICAKSONO
 Filename: KEDUNGKANDANG

ETAP PowerStation
4.0.0C

Study Case: SC

Page: 35
 Date: 03-19-2009
 SN: KLGCONSULT
 Revision: Base
 Config.: Normal

Fault at bus: F 23

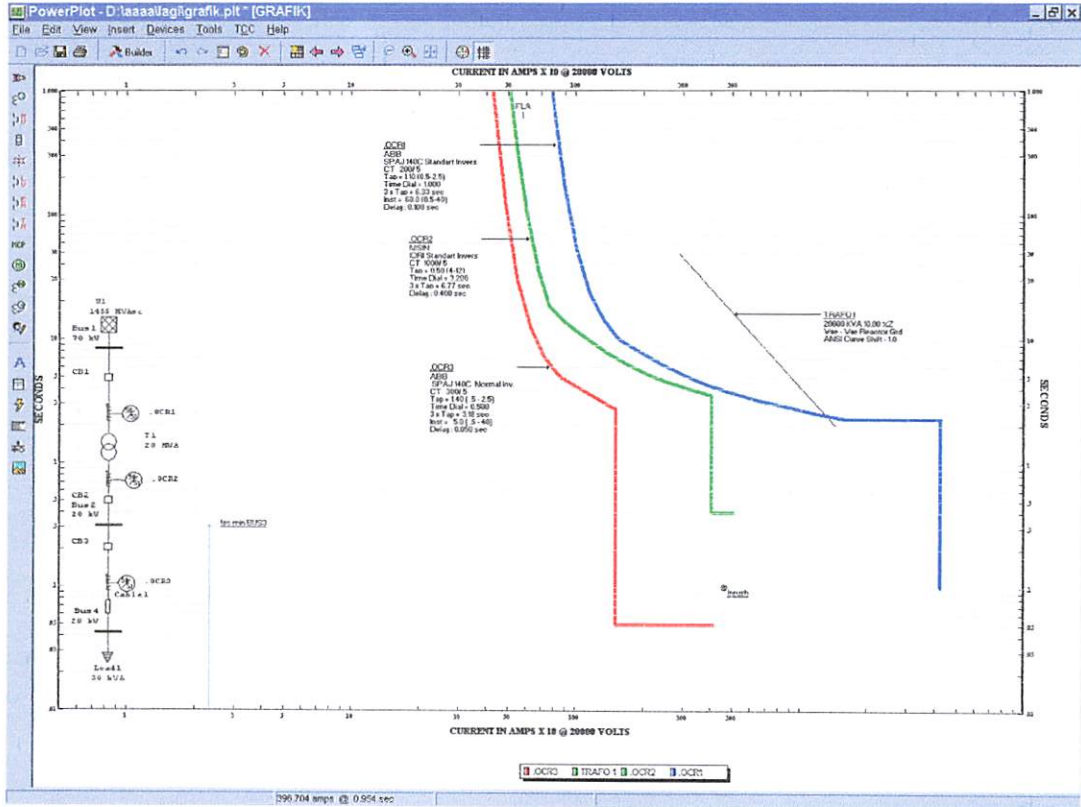
Nominal kV = 20.000 Prefault Voltage = 100.00 % of nominal bus kV
 Base kV = 20.000 = 100.00 % of base kV

Contribution		3-Phase Fault		Line-To-Ground Fault				Positive & Zero Sequence Impedances Looking into "From Bus"				
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Symm. rms	% Voltage at From Bus			kA Symm. rms		% Impedance on 100 MVA base			
				Va	Vb	Vc	Ia	I3I0	R1	X1	R0	X0
3	Total	0.00	1.580	0.00	172.02	173.32	0.023	0.023	7.47E+001	1.67E+002	3.78E+004	5.98E+002
71	F 23	5.60	1.580	0.17	171.96	173.35	0.023	0.023	7.47E+001	1.67E+002	3.78E+004	5.98E+002
59	F 23	0.00	0.000	100.07	99.31	100.00	0.000	0.000				

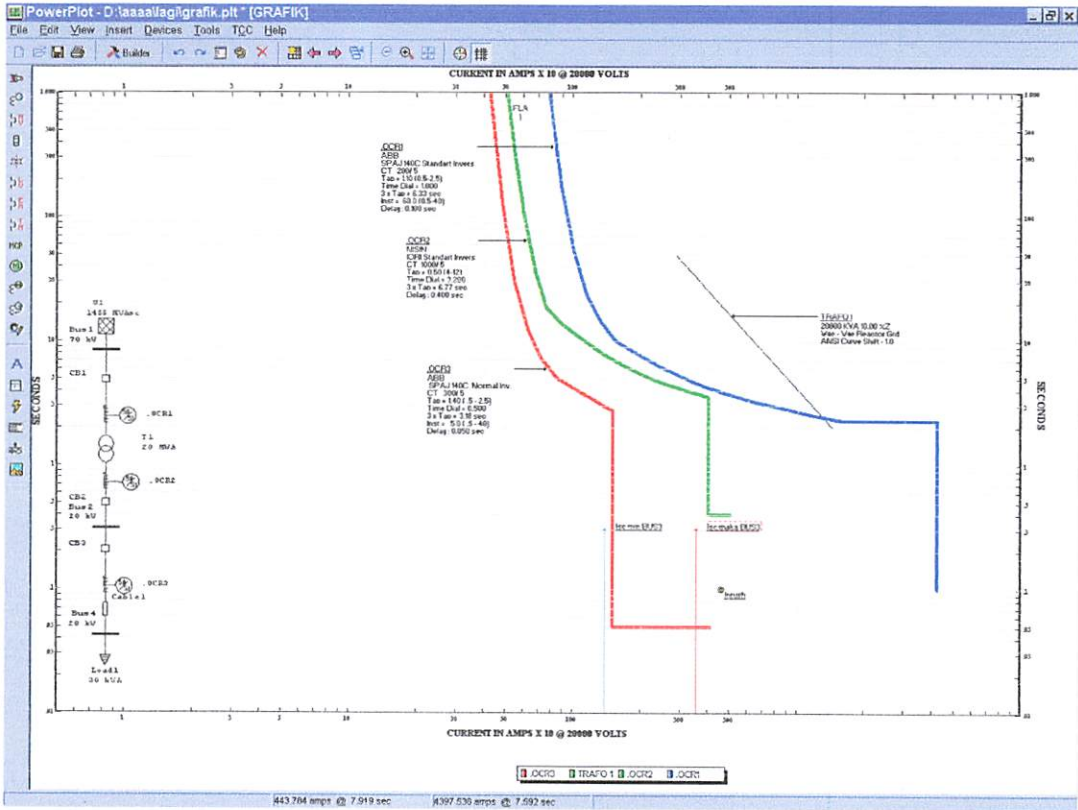
Indicates fault current contribution is from three-winding transformers

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

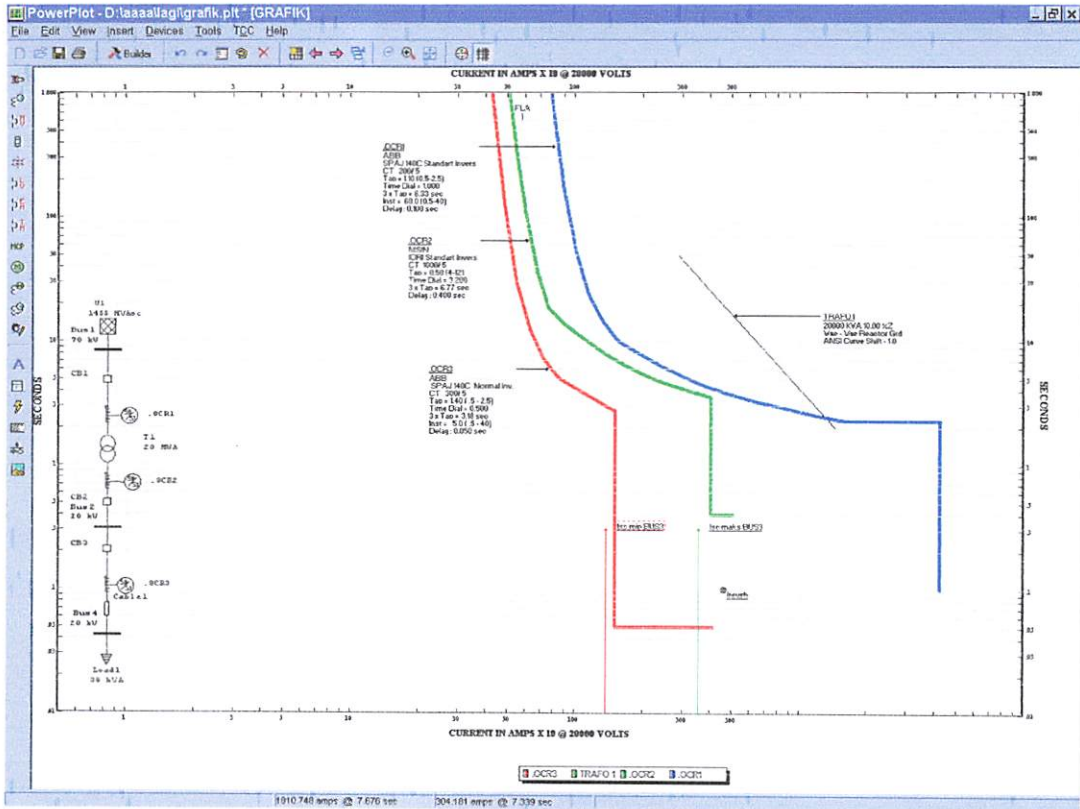
Grafik Koordinasi Untuk Gangguan Satu Fasa Ke Tanah



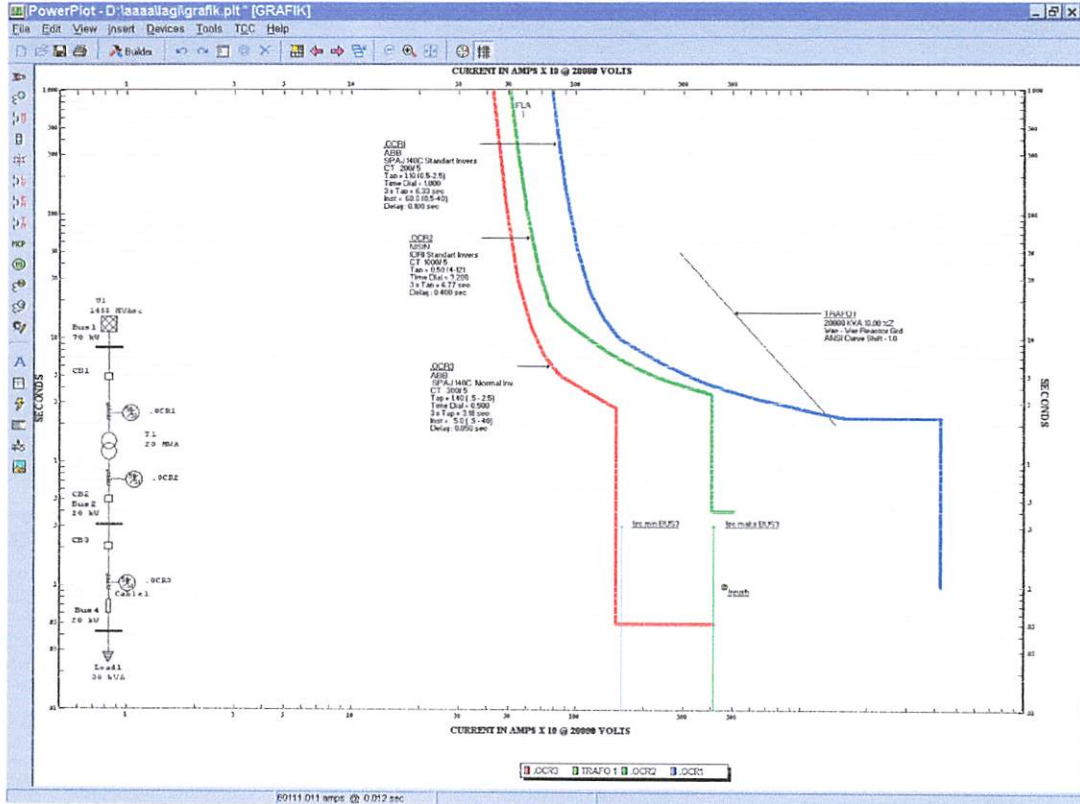
Grafik Koordinasi Untuk Gangguan Dua Fasa Ke Tanah



Grafik Koordinasi Untuk Gangguan Dua Fasa



Grafik Koordinasi Untuk Gangguan Tiga Fasa





DATA PERALATAN SYSTEM TENAGA (PST)
TRANSFORMATOR DAYA

Gardu Induk : POLEHAN

Trafo II 70/20 KV - 20 MVA

Data Peralatan Umum

Form : 1

- | | | | | |
|----|------------------|---|---------------|---------|
| 1 | Tegangan Operasi | : | 70 / 20 | (KV) |
| 2 | Tegangan Nominal | : | 72 | (KV) |
| 3 | Arus Nominal | : | 165 / 577 | (AMP) |
| 4 | Phasa | : | RST | |
| 5 | Merk | : | TAKAOKA | |
| 6 | Jenis | : | DISTRIBUSI | |
| 7 | Standart | : | | |
| 8 | No. Serie | : | 7944427 | |
| 9 | Type | : | STRODL | |
| 10 | Status Alat | : | OPERASI | |
| 11 | Buatan >> | : | JEPANG | |
| 12 | Tahun Buatan | : | 1979 | |
| 13 | Tahun Operasi | : | 1979 | |
| 14 | Tanggal Operasi | : | 25 APRIL 1997 | |
| 15 | Pasangan | : | LUAR | |
| 16 | Keterangan | : | | |
| | 1. | | | |
| | 2. | | | |
| | 3. | | | |
| | 4. | | | |
| | 5. | | | |

Malang : 11 APRIL 2008

SUPERVISOR

GI. POLEHAN

(Supiantono BM)



DATA PERALATAN SYSTEM TENAGA (PST)
TRANSFORMATOR DAYA

Gardu Induk : POLEHAN

Trafo II 70/20 KV - 20 MVA

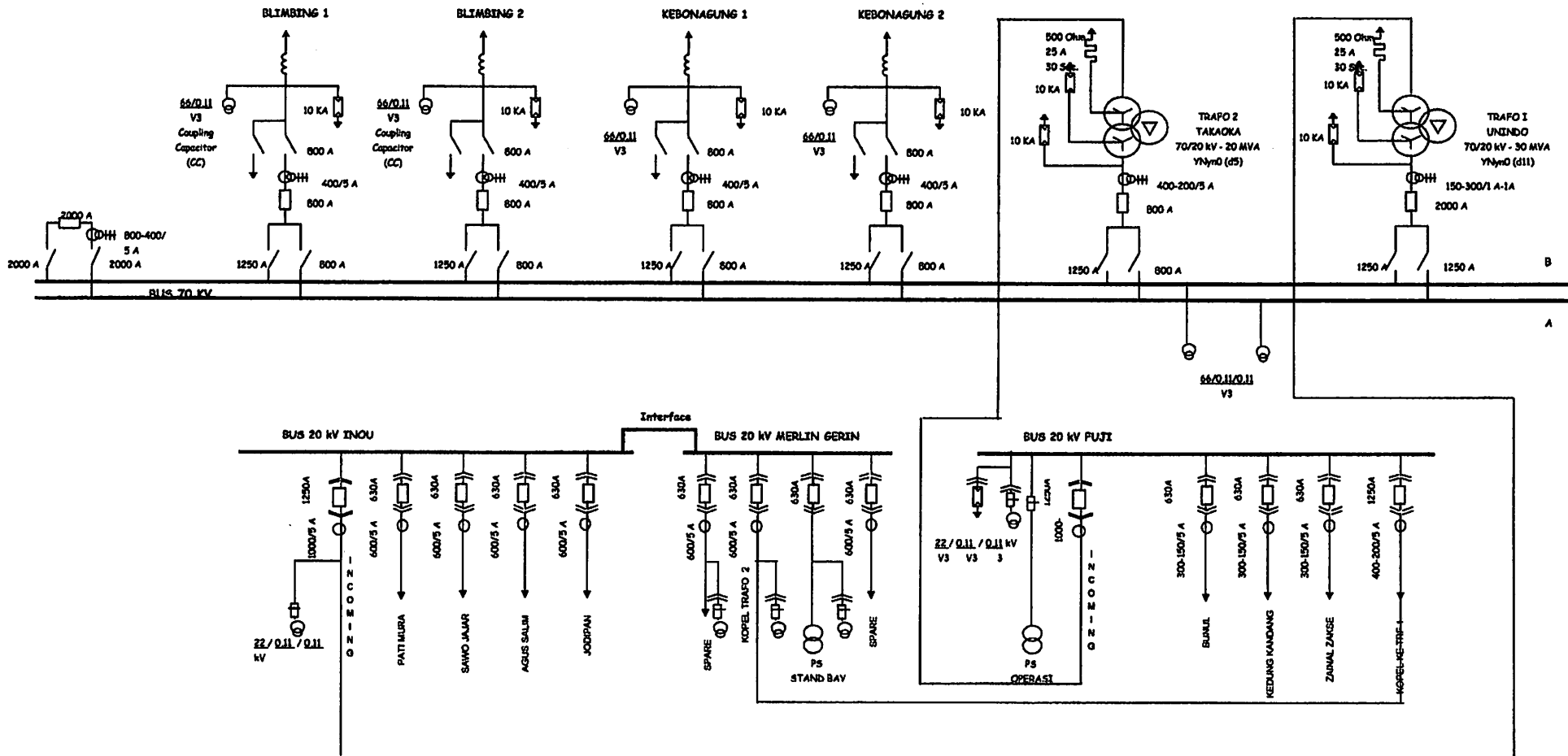
Data Peralatan Teknik

Form : 2


1	Kapasitas .	:	20	(MVA)
2	Ratio Tegangan	:	70 / 20	(KV)
3	Teg. Prim/Sec/Ter >>	:	70 / 20	(AMP)
4	Ratio Arus	:		(AMP)
5	Arus Prim/Sec/Ter	:	165 / 577	(AMP)
6	Tegangan Impendansi	:	10.10%	(%)
7	Termn. TT/TM/TR	:		
8	Tap Delta	:		
9	Jenis Tap Changer >>	:	ON LOAD	
10	Vector	:	YNynD	(KV)
11	Suhu Udara	:		(KV)
12	Suhu Oil / Windding >>	:		
13	Cooling >>	:	ONAN DIAPHRAGM	
14	Jumlah Kipas	:		
15	Bil	:		
16	Klas Isolasi >>	:	1,0	(KV)
17	Berat Minyak	:		(kg)
18	Berat Inti Belitan	:		(kg)
19	Berat Total	:	40.000	(kg)
20	Jenis Minyak >>	:	JEPAN	(kg)

Dimensi Transformator

1	Jarak Roda	:	250 Cm	(kg)
2	Jarak As	:	160	(cm)
3	Panjang/Lebar/Tinggi	:	590 / 525 / 440	(cm)



KETERANGAN :
 - FT Line Blimbing I dan II Menggunakan Voltage Detection

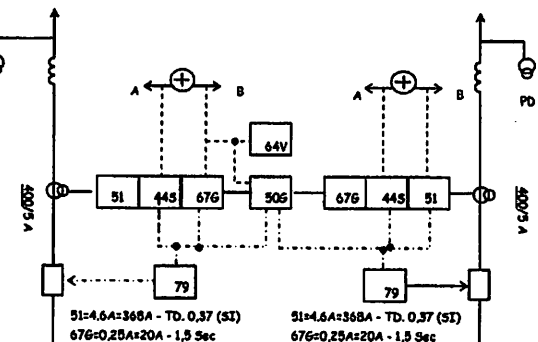
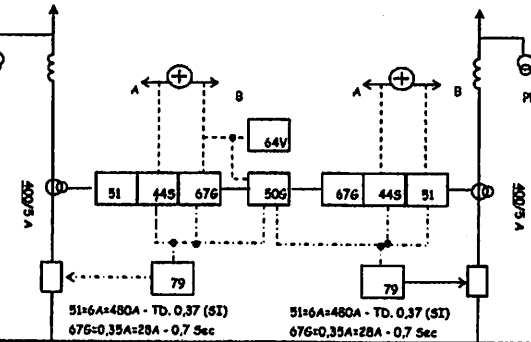
 PT. PLN (PERSERO) P3B REGION JAWA TIMUR DAN BALI UPT MALANG		SINGLE LINE DIAGRAM GI. POLEHAN	
Digambar :	Diperiksa :	Disetujui :	Tanggal :
JU. Prot Meter & Scadatel	ASMAN OPHAR	MANAGER UPT	01 Januari 2006

KB. AGUNG 1

KB. AGUNG 2

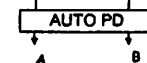
BLIMBING 1

BLIMBING 2



BUS 70 KV

66000 / 110 / 110 Volt
V3 V3 3



PS1 = 1,0A = 300A - TD. 0,25 (SI)

TRAFU 1 UNINDO
 P = 30 MVA
 E = 70/20 kV
 I = 247,4/866 A
 X = 12,34 %
 Vektor = YNyn0

NS51 = 0,01A=10A - 9,9Sec (Sec)
T2=9,9 + 3 Sec (Pr)

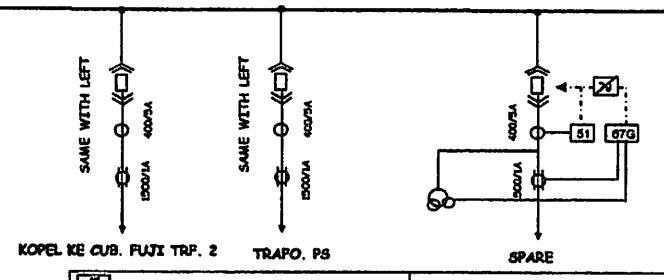
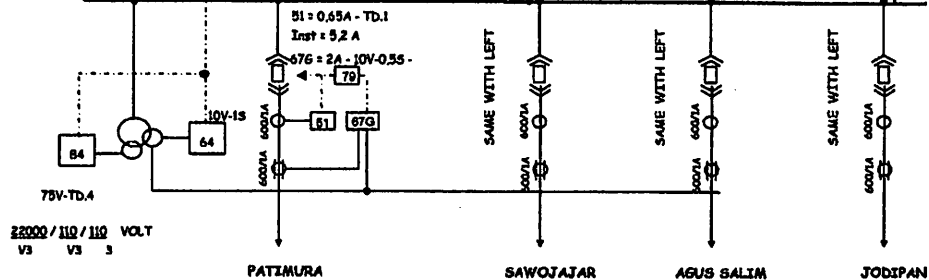
500 Ohm
28 A
30 Sec.
1000/1 A


S51 = 1,0A=1000A - TD. 0,14 (SI)
Insta 4Is = 4A= 4000A - T= 0,3 Sec
S16 = 0,2A=200A - TD. 9 (SI)

Alarm

BUS 20 Kv INQUE

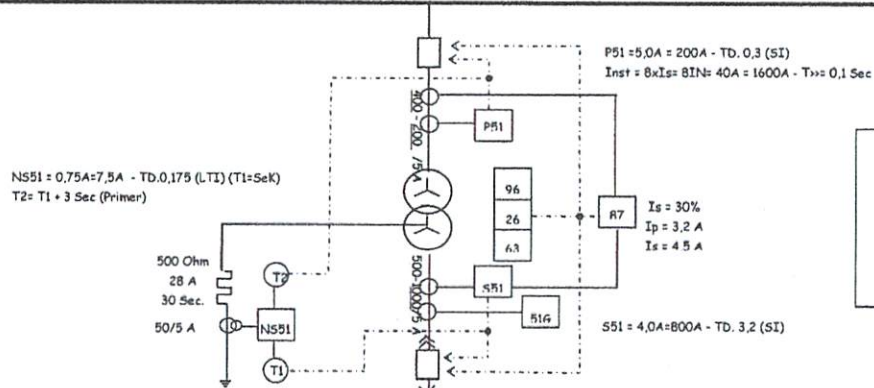
BUS 20 Kv MERLIN GERIN



 PT. PLN (PERSERO) PSB REGION JAWA TIMUR DAN BALI UPT MALANG		SISTEM PROTEKSI GI. POLEHAN 1	
Digambar :	Diperiksa :	Disetujui :	Tanggal :
JU. Prot Meter & Scadatel	ASMAN OPHAR	MANAGER UPT	01 Januari 2006


BUS 70 KV

A
B



TRAFO 2 TAKAOKA
 $P = 20 MVA$
 $E = 70/20 kV$
 $I = 165/577 A$
 $X = 10,1 \%$
Vektor = YNyn0



 PT. PLN (PERSERO) P3B REGION JAWA TIMUR DAN BALI UPT MALANG		SISTEM PROTEKSI GI. POLEHAN 2	
Digambar : JU. Prot Meter & Scadatel	Diperiksa : ASMAN OPHAR	Disetujui : MANAGER UPT	Tanggal : 01 Januari 2006