SKRIPSI

ANALISA KOORDINASI RELAI PENGAMAN TRANSFORMATOR PADA SISTEM JARINGAN KELISTRIKAN DI PLTD BUNTOK MENGGUNAKAN *SOFTWARE ETAP POWER STATION*

Disusun oleh :

MASKUR USMANTO

NIM : 0812002

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

2012

LEMBAR PERSETUJUAN

ANALISA KOORDINASI RELAI PENGAMAN TRANSFORMATOR PADA SISTEM JARINGAN KELISTRIKAN DI PLTD BUNTOK MENGGUNAKAN *SOFTWARE ETAP POWER STATION*

Disusun dan Diajukan Untuk Melengkapi dan Memenuhi Syarat
Guna Mencapai Gelar Sarjana Teknik

Disusun Oleh :

MASKUR USMANTO
NIM : 08.12.002

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1

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

Diperiksa dan Disetujui

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
(Ir. Yusuf Ismail Nakhoda,MT)	**(Awan Uji Krismanto, ST.MT)**
NIP.Y.1018800189	**NIP. 1980030120051011002**

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2012

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama	:	Maskur Usmanto
NIM	:	08.12.002
Program Studi	:	Teknik Elektro S-1
Konsentrasi	:	Teknik Energi Listrik

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

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

Malang, 20 September 2012

Yang membuat Pernyataan,

Maskur Usmanto
NIM : 08.12.002

ABSTRAK

ANALISA KOORDINASI RELAI PENGAMAN TRANSFORMATOR PADA SISTEM JARINGAN KELISTRIKAN DI PLTD BUNTOK MENGGUNAKAN *SOFTWARE ETAP POWER STATION*

Maskur Usmanto

Jurusan Teknik Elektro S-1, Konsentrasi Teknik Energi Listrik S-1
Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang
Jl. Raya Karanglo Km 2 Malang
Email : maskur.usmanto@gmail.com

Dosen Pembimbing : Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT dan Awan Uji Krismanto, ST. MT

Gangguan hubung singkat fasa ke tanah dan fasa ke fasa merupakan salah satu permasalahan yang sering terjadi dalam pengoperasian trafo daya pada sistem pembangkitan listrik di PLTD Buntok Kalimantan Tengah.Permasalahan yang dihadapi di sini adalah saat salah satu trafo dari pembangkit mengalami gangguan maka trafo lain juga akan terputus dari saluran sehingga akan mengurangi keandalan atau kontinuitas dari penyaluran tenaga listrik ke konsumen.

Salah satu penyebabnya adalah koordinasi rele pengaman pada masing-masing trafo yaitu OCR,DR, dan GFR yang tidak sesuai dengan standar keandalan yang ditentukan.Untuk meningkatkan kinerja dari rele pengaman perlu dilakukan analisa koordinasi rele pengaman dengan menggunakan software ETAP *powerstation*.Dengan software ini dapat disimulasikan gangguan hubung singkat dan perhitungan arus hubung singkat untuk melakukan penyetelan ulang terhadap rele pengaman trafo.

Hasilnya seting OCR dan GFR lebih sensitif dan selektif dari setingan awal dari 1 – 1,1 detik menjadi 0,1 – 0,16 detik, seting DR lebih cepat 0,3 detik dari seting awal 0,5 detik menjadi 0,2 detik untuk masing-masing rele pengaman.Saat terjadi gangguan hubung singkat di salah satu trafo, hanya PMT dari trafo tersebut yang trip tanpa mengganggu rele pengaman trafo yang lain.

Kata kunci : OCR,GFR,DR, keandalan atau kontinuitas.

ABSTRACT

Short circuit to ground and phase to phase is one of the problems that often occur in the operation of power transformers in power plant system in Buntok ,Central Kalimantan. The problems is when one transformer of the power to crash then the other transformer will also be disconnected from the network so that it will reduce the reliability or continuity of electrical power supply to consumers.

One reason is safety relay coordination on each transformer is OCR, DR, and GFR are not in accordance with the reliability standards specified. To improve the performance of a safety relay coordination needs to reanalyze safety relay coordination using ETAP PowerStation software. With this software can be simulated interruption of short circuit and short circuit current calculation for re-setting of a safety relay transformer.

The result OCR settings and GFR results are more sensitive and selective than the original settings from 1 - 1.1 seconds to 0.1 to 0.16 seconds, setting DR 0.3 seconds faster than the original setting of 0.5 seconds to 0.2 seconds for each safety relay. When an interruption of short circuit in one of the transformer, only CB of this transformer trip without disturbing the other transformer safety relay.

Key word : *OCR,GFR,DR, the reliability or continuity.*

KATA PENGANTAR

Dengan mengucap syukur kehadirat Tuhan YME yang dengan segala Kasih dan Anugerah – Nya, telah memberikan kekuatan, kesabaran, bimbingan dan perlindungan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi dengan judul :

" ANALISA KOORDINASI RELAI PENGAMAN TRANSFORMATOR PADA SISTEM JARINGAN KELISTRIKAN DI PLTD BUNTOK MENGGUNAKAN *SOFTWARE ETAP POWER STATION* "

Pembuatan skripsi ini disusun guna memenuhi syarat akhir kelulusan pendidikan jenjang Strata I di Institut Teknologi Nasional Malang. Dalam penyusunan skripsi ini penulis banyak mendapat bantuan baik moril maupun materiil, saran dan dorongan semangat dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Soeparno Djiwo, MT selaku rektor ITN Malang
2. Bapak Ir. Sidik Noertjahjono, MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri.
3. Bapak Ir.Yusuf Ismail Nakhoda,MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1 ITN Malang.
4. Bapak Ir.Yusuf Ismail Nakhoda,MT, selaku Dosen Pembimbing I.
5. Bapak Awan Uji Krismanto, ST.MT, selaku Dosen Pembimbing II.
6. Bapak M.Nasrul selaku manajer PT.PLN (Persero) Ranting Buntok, Kalimantan Tengah.
7. Bapak Suyoto dan Ibu Muniarsih selaku orang tua penulis yang selalu memberi motivasi serta do'a yang mereka panjatkan untuk penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi.
8. Teman-teman Elektro ITN angkatan '08 yang banyak membantu dalam diskusi.
9. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih banyak yang perlu disempurnakan. Oleh sebab itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan.

Akhir kata, penulis mohon maaf kepada semua pihak bilamana selama penyusunan skripsi ini penyusun membuat kesalahan secara tidak sengaja dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, Agustus 2012

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN i

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI ii

ABSTRAK iii

KATA PENGANTAR v

DAFTAR ISI vii

DAFTAR GAMBAR ix

DAFTAR TABEL xi

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 2

1.3 Tujuan 2

1.4 Batasan Masalah 2

1.5 Manfaat Penelitian 3

1.6 Metodologi Penelitian 3

1.7 Sistematika Penulisan 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5

2.1 Definisi dan Macam Gangguan Pada Sistem 5

2.1.1 Gangguan Hubung Singkat 5

2.1.2 Dasar-Dasar Sistem Proteksi 6

2.2 Fungsi dan Persyaratan Rele Pengaman 7

2.3 Jenis-Jenis Rele Pengaman 7

2.3.1 Rele Arus Lebih (*Over Current Relay*) 7

2.3.2 Rele Arus Lebih Waktu Tertentu (*Definite Time*) 8

2.3.3 Rele Arus Lebih Waktu Terbalik (*Invers Time*) 9

2.3.4 Rele Arus Lebih Waktu Seketika (Instantenous) 10

2.2.5 Rele Arus Lebih *Inverse Definite Minimum Time* 11

2.2.6 Rele Gangguan Tanah 11

2.2.7 Rele Keseimbangan Arus (*Differential Relay*) 14

BAB III METODOLOGI PENELITIAN 16
3.1 Gambaran Umum 16
3.2 Data Trafo Penaik Tegangan 17
3.3 Data Pengaman Trafo 18
3.4 Peralatan yang Digunakan 19
3.5 Persamaan yang Digunakan 20
3.6 *Flowchart* 21
3.7 Perancangan Simulasi Menggunakan ETAP *Powerstation* ... 22
BAB IV ANALISA DAN HASIL 25
4.1 Analisa Jaringan Kelistrikan PLTD Buntok Dengan *Software* ETAP *Powerstation* 25
4.2 Analisa Gangguan Hubung Singkat (*Short Circuit Analysis*) 26
4.2.1 Analisa Gangguan Hubung Singkat Pada Bus 26
4.2.2 Analisa Gangguan Hubung Singkat Pada Masing-Masing Trafo 29
4.3 Perhitungan Seting Rele Pengaman 30
4.3.1 Kondisi Awal Rele Pengaman Sebelum Diseting 26
4.3.2 Perhitungan dan Seting Ulang Rele Pengaman 51
4.3.3 Simulasi Unjuk Kerja Dari Rele Pengaman Setelah Penyetingan 85
BAB V PENUTUP 89
5.1 Kesimpulan 89
5.2 Saran 90
DAFTAR PUSTAKA 91
LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Gambar 2.1 Karakteristik Rele Arus Lebih Waktu Tertentu 8
Gambar 2.2 Karakteristik Rele Arus Lebih Waktu Terbalik 9
Gambar 2.3 Perbandingan Kurva Rele Arus Lebih Waktu Terbalik 9
Gambar 2.4 Karakteristik Rele Arus Lebih Waktu Seketika 10
Gambar 2.5 Karakteristik Rele Arus Lebih IDMT 11
Gambar 2.6 Hubungan Sederhana Rele Gangguan Tanah 13
Gambar 2.7 Pemasangan CT/PT Pada Setiap Ujung Terminal 13
Gambar 2.8 Kombinasi Rele Arus Lebih dan Rele Gangguan Tanah 14
Gambar 2.9 Arus Masuk dan Arus Keluar 14
Gambar 2.10 Pemasangan Diferensial Rele dan Trafo Arus (CT) 15

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Gambar 3.1 *Singgle Line* Sistem Kelistrikan di PLTD Buntok (Unit Utama).. 16
Gambar 3.2 *Singgle Line* Sistem Kelistrikan di PLTD Buntok (Unit Bantu)... 17
Gambar 3.3 *Singgle Line* Sistem Karingan Kelistrikan PLTD Buntok 22
Gambar 3.5 *Input* Rating Generator di ETAP *Powerstation* 23
Gambar 3.6 *Input* Parameter Rele di ETAP *Powerstation* 23
Gambar 3.7 *Input* Rating PMT di ETAP *Powerstation* 24
Gambar 3.8 *Input* Rating CT di ETAP *Powerstation* 24

BAB IV ANALISA DAN HASIL

Gambar 4.1 Analisa Jaringan Kelistrikan PLTD Buntok Menggunakan *Software* ETAP *Powerstation* 25
Gambar 4.2 Analisa Gangguan Hubung Singkat (*Short Circuit Analysis*) Pada *Software* ETAP *Powerstation* 26
Gambar 4.3 Simulasi Gangguan Hubung Singkat Pada Trafo Dengan *Software* ETAP *Powerstation* 29
Gambar 4.4 Kurva Arus Kerja Rele 1 Terhadap Trafo 1 33
Gambar 4.5 Kurva Arus Kerja Rele 2 Terhadap Trafo 2 34
Gambar 4.6 Kurva Arus Kerja Rele 3 Terhadap Trafo 3 35

Gambar 4.7 Kurva Arus Kerja Rele 4 Terhadap Trafo 4 36
Gambar 4.8 Kurva Arus Kerja Rele 5 Terhadap Trafo 5 37
Gambar 4.9 Kurva Arus Kerja Rele 6 Terhadap Trafo 6 38
Gambar 4.10 Kurva Arus Kerja Rele 7 Terhadap Trafo 7 39
Gambar 4.11 Kurva Arus Kerja Rele 8 Terhadap Trafo 8 40
Gambar 4.12 Kurva Arus Kerja Rele 9 Terhadap Trafo 9 41
Gambar 4.13 Kurva Arus Kerja Rele 10 Terhadap Trafo 10 42
Gambar 4.14 Kurva Arus Kerja Rele 11 Terhadap Trafo 11 43
Gambar 4.15 Kurva Arus Kerja Rele 12 Terhadap Trafo 12 44
Gambar 4.16 Kurva Arus Kerja Rele 13 Terhadap Trafo 13 45
Gambar 4.17 Kurva Arus Kerja Rele 14 Terhadap Trafo 14 46
Gambar 4.18 Kurva Arus Kerja Rele 15 Terhadap Trafo 15 47
Gambar 4.19 Kurva Arus Kerja Rele 16 Terhadap Trafo 16 48
Gambar 4.20 Simulasi Gangguan Hubung Singkat Pada Trafo 3 49
Gambar 4.21 ETAP *Squence Viewer* 50
Gambar 4.22 Kurva Rele 1 Terhadap Trafo 1 Setelah Penyetingan 53
Gambar 4.23 Kurva Rele 2 Terhadap Trafo 1 Setelah Penyetingan 55
Gambar 4.24 Kurva Rele 3 Terhadap Trafo 1 Setelah Penyetingan 57
Gambar 4.25 Kurva Rele 4 Terhadap Trafo 1 Setelah Penyetingan 59
Gambar 4.26 Kurva Rele 5 Terhadap Trafo 1 Setelah Penyetingan 61
Gambar 4.27 Kurva Rele 6 Terhadap Trafo 1 Setelah Penyetingan 63
Gambar 4.28 Kurva Rele 7 Terhadap Trafo 1 Setelah Penyetingan 65
Gambar 4.29 Kurva Rele 8 Terhadap Trafo 1 Setelah Penyetingan 67
Gambar 4.30 Kurva Rele 9 Terhadap Trafo 1 Setelah Penyetingan 69
Gambar 4.31 Kurva Rele 10 Terhadap Trafo 1 Setelah Penyetingan 71
Gambar 4.32 Kurva Rele 11 Terhadap Trafo 1 Setelah Penyetingan 73
Gambar 4.33 Kurva Rele 12 Terhadap Trafo 1 Setelah Penyetingan 75
Gambar 4.34 Kurva Rele 13 Terhadap Trafo 1 Setelah Penyetingan 77
Gambar 4.35 Kurva Rele 14 Terhadap Trafo 1 Setelah Penyetingan 79
Gambar 4.36 Kurva Rele 15 Terhadap Trafo 1 Setelah Penyetingan 81
Gambar 4.37 Kurva Rele 16 Terhadap Trafo 1 Setelah Penyetingan 83
Gambar 4.38 Hasil Simulasi Gangguan Hubung Singkat Pada Trafo 3 86
Gambar 4.39 ETAP *Squence Viewer* 87

DAFTAR TABEL

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Tabel 3.1 Data Trafo PLTD Buntok Kalimantan Tengah 17

Tabel 3.2 Konstanta Karakteristik Rele Arus Lebih Menurut Standar ANSI/IEEE 20

BAB IV ANALISA DAN HASIL

Tabel 4.1 Hasil Simulasi Gangguan Hubung Singkat (*Line to Ground, 3 Phasa*) 27

Tabel 4.2 Hasil Simulasi Gangguan Hubung Singkat (*Line to Line, Line – Line to Ground*) 28

Tabel 4.3 Hasil Simulasi Gangguan Hubung Singkat Pada Masing – Masing Trafo 30

Tabel 4.4 Seting Awal OCR dan GFR 31

Tabel 4.5 Seting Awal *Differential Relay* 32

Tabel 4.6 Selektifitas Rele Pengaman Sebelum Diseting 50

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Seting Ulang Rele OCR dan GFR 84

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Seting Ulang Rele DR 85

Tabel 4.9 Selektifitas Rele Pengaman Setelah Penyetingan Ulang 87

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem proteksi merupakan komponen penting dalam sistem tenaga listrik salah satunya pada sistem jaringan kelistrikan pada pembangkit listrik.Tenaga listrik yang dihasilkan tidak akan dapat ditransmisikan dan didistribusikan dengan tingkat kualitas dan keandalan yang tinggi kepada konsumen tanpa adanya sistem pengaman yang baik.Sistem proteksi adalah suatu pengaman terhadap peralatan-peralatan yang terpasang pada sistem distribusi untuk melindungi peralatan saat terjadi gangguan pada sistem.

Gangguan yang terjadi sebagian besar adalah gangguan hubung singkat baik antara fasa ke fasa maupun fasa ke tanah, pada umumnya besar arus saat terjadi gangguan hubung singkat akan berlipat ganda dari besar arus nominal dan akan menimbulkan kerusakan pada peralatan jaringan maupun beban yang dilalui oleh arus gangguan tersebut.

Transformator merupakan peralatan yang sangat vital dalam penyaluran sistem tenaga listrik karena transformator merupakan peralatan yang menyalurkan energi listrik langsung ke konsumen baik konsumen tegangan tinggi, konsumen tegangan menengah maupun konsumen tegangan rendah.Dalam sistem jarigan pada pembangkit listrik tidak menutup kemungkinan terjadi gangguan terutama gangguan yang disebabkan oleh alam.Gangguan yang sering terjadi antara lain kawat penghantar putus, kerusakan pada pembangkit, gangguan pada saluran akibat petir, gangguan hubung singkat maupun gangguan dari peralatan itu sendiri.Dengan adanya gangguan yang tidak dapat diprediksi maka diperlukan suatu peralatan pengaman (sistem proteksi) yang tepat dan dapat diandalkan pada peralatan sistem tenaga listrik serta pengoperasian dan pemeliharaan yang baik.Relai proteksi harus dapat mengenal kondisi abnormal pada sistem tenaga dan melakukan langkah-langkah yang dianggap perlu untuk menjamin pemisahan gangguan dengan kemungkinan gangguan terkecil terhadap operasi normal.

Berdasarkan standard IEC 60255 arus lebih yang diizinkan adalah besarnya 105 % dari arus kerja peralatan, dan kondisi seting rele di lapangn tidak sesuai dengan standard tersebut yaitu sebesar 120 % dari arus kerja trafo rele pengaman baru akan bekerja, hal tersebut akan berdampak buruk terhadap kondisi peralatan yang akan

menyebabkan kerusakan atau usia dari peralatan tersebut tidak sesuai dengan yang diharapkan.Dengan menggunakan software ETAP Powerstation akan mempermudah dalam melakukan analisa gangguan hubung singkat dan perhitungan penyetelan ulang rele pengaman.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah dijelaskan diatas, maka rumusan masalah dalam skripsi ini adalah :

1. Apakah seting dari rele pengaman pada trafo daya di PLTD Buntok sudah sesuai dengan keandalan yang diharapkan, sehingga dapat bekerja maksimal jika terjadi gangguan.
2. Bagaimana menganalisa dan menyeting koordinasi rele pengaman trafo daya agar dapat bekerja maksimal jika terjadi gangguan.

1.3 Tujuan

Tujuan yang diharapkan dapat dicapai dari sekripsi ini adalah :

1. Melakukan analisa terhadap sistem pengaman transformator daya di pusat pembangkitan PLTD Buntok.
2. Melakukan simulasi koordinasi sistem pengaman tenaga listrik dan mengevaluasi unjuk kerja sistem tersebut.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam pelaksanaan sekripsi ini adalah :

1. Relai pengaman yang diseting dan dikoordinasikan adalah relai arus lebih (*over current relay*), relai gangguan ke tanah (*ground vault relay*) dan relai keseimbangan (*differential relay*).
2. Studi hanya sebatas sistem proteksi relai transformator penaik tegangan di pusat pembangkitan PLTD Buntok.
3. Tidak membahas feeder dan jaringan setelahnya.
4. Gangguan yang dibahas dan disimulasikan hanya gangguan hubung singkat 3 fasa – tanah.

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan menganalisa dan melakukan koordinasi ulang rele pengaman trafo diharapkan dapat membantu dalam penyetingan rele pengaman guna mempersempit daerah yang terkena gangguan dan meminimalisasi jumlah pelanggan yang terkena pemadaman akibat gangguan yang terjadi serta mencegah kerusakan trafo akibat gangguan.

1.6 Metodologi Penulisan

Metode yang digunakan pada penyusunan sekripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Pengumpulan materi dan studi literatur melakukan pengumpulan materi dan studi yang berhubungan dengan arus hubung singkat, seting rele pengaman dan koordinasi pengaman.
2. Pengumpulan data, data yang diperoleh dari PT.PLN ranting Buntok Kalimantan Tengah.
3. Perencanaan dan perhitungan dari data-data tersebut diatas.Melakukan perencanaan dan perhitungan berdasarkan formulasi yang telah diketahui.
4. Simulasi hubung singkat menggunakan ETAP *Powerstation* dan koordinasi peralatan proteksi menggunakan *Power Plot*.
5. Analisa dan pembahasan terhadap hasil dari simulasi program dengan data lapangan sebagai validasi.
6. Pembuatan laporan sekripsi.Menyelesaikan penulisan laporan yang menunjukan hasil dari tugas akhir ini.

1.7 Sistematika Pembahasan

Dalam penyusunan laporan sekripsi ini disusun menjadi beberapa bab dan diuraikan dengan pembahasan sesuai daftar isi.Sistematika laporannya adalah sebagai berikut.

BAB 1 PENDAHULUAN

Pendahuluan menguraikan tentang latar belakang, tujuan penyusunan, rumusan masalah, batasan masalah, metodologi penulisan, serta sistematika pembahasan laporan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas dasar-dasar teori tentang jenis gangguan yang sering terjadi pada sistem kelistrikan, sistem pentanahan serta beberapa jenis pengaman yang digunakan.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang sistem jaringan listrik pembangkit di PLTD Buntok Kalimantan Tengah.

BAB 4 ANALISA DAN HASIL

Bab ini menjelaskan mengenai gangguan hubung singkat serta koordinasi rele pengaman gangguan pada sistem jaringan listrik di pusat pembangkitan PLTD Buntok Kalimantan Tengah.

BAB 5 PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan saran.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi dan Macam Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik[5]

Gangguan pada sistem jaringan listrik dapat dartikan sebagai kondisi abnormal di dalam sistem yang disebabkan oleh pengaruh dari luar sistem maupun dari dalam sistem itu sendiri, sebagai contoh gangguan dari luar adalah gangguan alam (petir,bencana,pohon,dll),dan gangguan dari sistem seperti contoh kerusakan pada alat-alat (transformator,generator,penyulang,dll).Gangguan pada sistem jaringan listrik dapat mengakibatkan penurunan kualitas maupun keandalan dari sistem tenaga listrik, sehingga tenaga listrik yang disalurkan ke konsumen akan terganggu bahkan dapat menimbulkan kerusakan pada peralatan listrik.

Gangguan sendiri dibagi dalam berbagai jenis dilihat dari waktu terjadinya gangguan maupun jenis penyebab gangguan.Pada bab ini akan dibahas mengenai beberapa jenis gangguan yang sering terjadi di dalam sistem jaringan listrik serta prinsip dari alat-alat pengaman.

2.1.1 Gangguan Hubung Singkat[5]

Ganguan hubung singkat merupakan gangguan yang sangat berbahaya bagi peralatan karena arus yang mengalir menjadi sangat besar di sekitar titik gangguan.Gangguan hubung singkat dalam sistem tenaga dibagi menjadi dua macam yaitu : gangguan hubung singkat simetri dan asimetri.Gangguan hubung singkat simetri terdiri dari gangguan hubung singkat tiga fasa (L-L-L) dan gangguan hubung singkat tiga fasa ke tanah (L-L-L-G).Gangguan hubung singkat tidak simetri terdiri dari gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah (L-G), dua fasa ke tanah (L-L-G) dan antar fasa ke tanah (L-L).Semua gangguan hubung singkat tadi sangatlah mengganggu jalannya sebuah sistem kelistrikan dan juga berbahaya bagi manusia di sekitar.Maka dari itu diperlukan koordinasi peralatan pengaman untuk mengurangi bahaya gangguan hubung singkat dan gangguan yang terjadi pada sistem jaringan kelistrikan PLTD.

2.1.2 Dasar –Dasar Sistem Proteksi[5]

Keandalan dan kemampuan sistem tenaga listrik dalam sebuah jaringan sangat tergantung pada sistem proteksi yang digunakan.Oleh sebab itu dalam perencanaan suatu sistem tenaga listrik, perlu dipertimbangkan kondisi-kondisi gangguan yang mungkin terjadi pada sistem, melalui analisa gangguan.Dari hasil penelitian gangguan, dapat ditentukan sistem proteksi yang akan digunakan, seperti spesifikasi *switchgear*, rating pemutus tenaga (CB) serta penetapan besaran-besaran yang menentukan bekerjanya suatu rele (*relay setting*) untuk keperluan proteksi.Definisi sistem proteksi sistem tenaga listrik adalah sistem proteksi yang dipasang pada peralatan-peralatan listrik suatu sistem tenaga listrik, misalnya generator, transformator, jaringan dan lain-lain terhadap kondisi abnormal operasi sistem itu sendiri.Kondisi abnormal itu dapat berupa antara lain : hubung singkat, tegangan lebih, beban lebih, dengan kata lain sistem proteksi itu bermanfaat untuk :

1. Menghindari ataupun mengurangi kerusakan peralatan-peralatan akibat gangguan (kondisi abnormal sistem).Semakin cepat reaksi perangkat proteksi yang digunakan maka akan semakin kecil pengaruh gangguan terhadap kemungkinan kerusakan alat.
2. Cepat melokalisir jangkauan daerah yang terkena gangguan, menjadi sekecil mungkin.
3. Dapat menyalurkan listrik dengan keandalan yang tinggi kepada beban yang dialiri dan juga mutu listrik yang baik.
4. Mengamankan manusia terhadap bahaya yang ditimbulkan oleh listrik.

Pengetahuan mengenai arus-arus yang timbul dari berbagai tipe gangguan pada suatu lokasi merupakan hal yang sangat dasar bagi kelangsungan operasi proteksi secara efektif.Jika terjadi gangguan pada sistem, para operator yang merasakan adanya gangguan tersebut diharapkan segera dapat mengoperasikan pemutus-pemutus tenaga yang tepat untuk mengeluarkan sistem yang terganggu atau memisahkan peralatan dari jaringan yang terganggu.Sangat sulit bagi seorang operator untuk mengawasi gangguan-gangguan yang mungkin terjadi dan menentukan CB mana yang dioperasikan untuk mengisolir gangguan tersebut secar manual.Mengingat arus gangguan yang cukup besar, maka perlu secepat mungkin dilakukan proteksi.Hal ini perlu suatu peralatan yang digunakan untuk mendeteksi keadaan-keadaan yang tidak normal tersebut dan

selanjutnya menginstruksikan pemutus tenaga yang tepat untuk bekerja memutuskan rangkaian atau sistem yang terganggu.Dan peralatan tersebut kita kenal dengan rele.

2.2 Fungsi dan Persyaratan Rele Pengaman[5]

Fungsi dari rele pengaman pada sistem tenaga listrik sebagai berikut :

- Mendeteksi arus gangguan pada sistem yang terganggu serta memisahkan secara cepat dan tepat sehingga sistem lainnya tidak terganggu.
- Mengurangi kerusakan yang lebih parah dari peralatan yang terganggu.
- Mengurangi pengaruh gangguan terhadap bagian sistem yang lain yang tidak terganggu di dalam sistem tersebut serta mencegah meluasnya gangguan.
- Memperkecil bahaya bagi manusia.

Untuk melaksanakan fungsi di atas maka rele pengaman harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut :

- Dapat diandalkan (*reliable*)
- Selektif
- Waktu kerja rele cepat
- Peka (sensitif)
- Ekonomis dan sederhana

2.3 Jenis-Jenis Rele Pengaman[5]

Di dalam sistem proteksi banyak sekali jenis rele pengaman yang digunakan disesuaikan dengan kebutuhan, jenis gangguan maupun tergantung dari jenis peralatan yang diproteksi , sebagai contoh : rele pengaman arus lebih (*over current relay*), relai pengaman gangguan ke tanah (*ground vault relay*), rele keseimbangan arus (*differential rele*),dll.

2.3.1 Rele Arus Lebih (*Over Current Relay*)

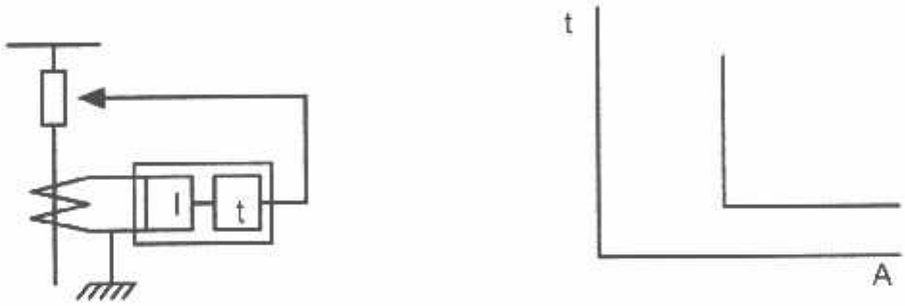
Rele arus lebih yaitu rele yang bekerja berdasarkan adanya kenaikan arus yang melebihi suatu nilai pengaman tertentu dan jangka waktu tertentu.Fungsi utama dari rele arus lebih ini adalah untuk mendeteksi adanya arus lebih kemudian memberi perintah kepada pemutus tenaga (PMT) untuk membuka (*open circuit*).

Sistem proteksi dengan mengguanakan rele arus lebih mempunyai beberapa keuntungan antara lain :

- Sistem pengamanan yang sederhana.
- Dapat berfungsi sebagai pengaman cadangan maupun pengaman utama.
- Harganya relatif murah.

2.3.2 Rele Arus Lebih waktu tertentu (*Deviniti Time Relay*)

Rele ini memberikan perintah kepada pemutus tenaga (PMT) pada saat terjadi gangguan bila besar arus dan waktu terjadinya gangguan melebihi seting dari rele, jangka waktu kerja rele mulai "*pick up*" sampai kerja rele diperpanjang dengan waktu tertentu tidak tergantung pada besarnya arus gangguan.



Gambar 2.1
Karakteristik Rele Arus Lebih Waktu Tertentu

Waktu operasi rele dapat diset di suatu harga tertentu untuk harga arus yang sama dan lebih besar dari nilai "*pick up*"nya sehingga waktu operasi rele dapat diatur sesuai dengan kebutuhan koordinasi.Keuntungan dari *Definiti Time Relay* yaitu :

- Koordinasinya mudah.
- Waktu kerjanya tidak tergantung oleh kapasitas pembangkit.

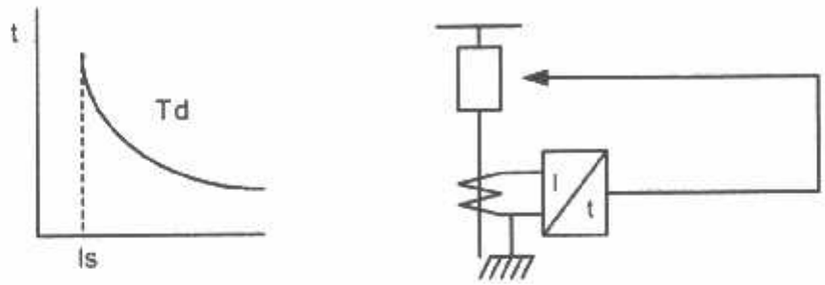
Kelemahannya adalah :

- Terjadi komulasi waktu pada rele di hulu, untuk sistem besar, akumulasi wakti tidak diharapkan.
- Bila diterapkan pada pengaman gangguan tanah jaringan distribusi radial, bisa menimbulkan masalah *simpatetik tripping*.

2.3.3 Rele Arus Lebih Waktu Terbalik (*Inverse Time Relay*)

Rele arus lebih terbalik memberikan perintah kepada pemutus tenaga (PMT) pada saat terjadi gangguan bila besar arus gangguannya melampaui arus penyetelannya dan jangka waktu kerja rele dari *pick up*, waktunya berbanding terbalik dengan besar arusnya.

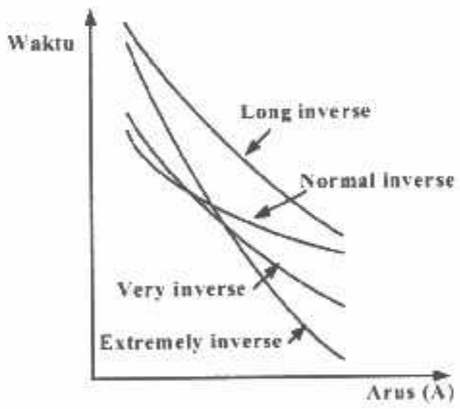
Jadi dapat dikatakan bahwa rele arus lebih waktu tertentu terbalik mempunyai waktu operasi yang semakin singkat untuk arus gangguan yang semakin besar dan waktu operasi yang semakin lama untuk arus gangguan yang semakin kecil.



Gambar 2.2
Karakteristik Rele Arus Lebih Waktu Terbalik

Rele arus waktu terbalik ini dapat dibagi lagi menjadi empat, yaitu :

1. Berbanding terbalik (*inverse*)
2. Sangat berbanding terbalik (*very inverse*)
3. Sangat berbanding terbalik sekali (*extremely inverse*)
4. *Long inverse*



Gambar 2.3
Perbandingan Kurva Rele Arus Lebih Waktu terbalik

Sedangkan lamanya waktu kerja *relay inverse, veri inverse, extremely inverse dan long inverse* dapat dilihat pada rumus di bawah

(*inverse*) $$t = \frac{0,14}{(I^{0,02}-1)} \quad \text{.....(1)}$$

(*very inverse*) $$t = \frac{13.5}{(I-1)} \quad \text{.....(2)}$$

(*extreme invers* $$t = \frac{80}{(I^2-1)} \quad \text{.....(3)}$$

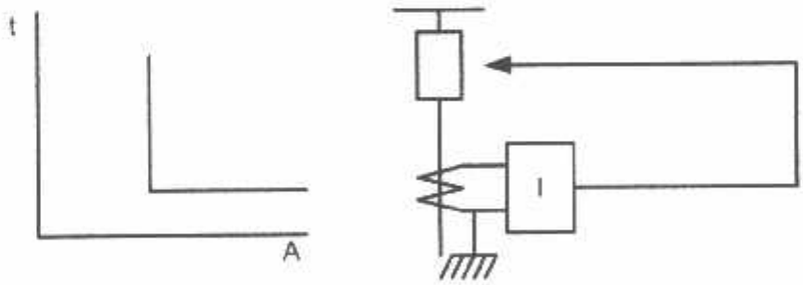
(*long inverse*) $$t = \frac{120}{(I-1)} \quad \text{.....(4)}$$

Dimana : I : perbandingan arus

t : waktu kerja rele

2.2.4 Rele Arus Lebih Waktu Seketika (*Instantenous Relay*)

Rele arus lebih waktu seketika yaitu rele yang jangka waktu mulai *pick up* sampai selesainya kerja rele sangat singkat (20-40 ms) tanpa penundaan waktu.Kerja dari rele ini tidak tergantung dari besarnya arus gangguan / arus yang menggerakkannya.Jadi rele ini akan memberikan perintah kepada pemutus beban (PMT) pada saat terjadi gangguan biloa besar arus gangguannya melampaui penyetelannya (In) dan jangka waktu kerjanya singkat.

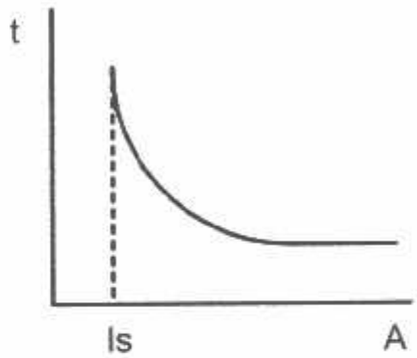


Gambar 2.4
Karakteristik Rele Arus Lebih Waktu Seketika

2.2.5 Rele Arus Lebih *Inverse Devinite Minimum Time* (IDMT)

Rele arus lebih IDMT merupakan kombinasi karakteristik anatara rele arus lebih waktu terbalik dan rele arus lebih waktu tertentu.Rele arus lebih dengan karakteristik IDMT ialah rele yang mempunyai karakteristik kerja waktu arus berbanding terbalik untuk arus gangguan yang kecil dan waktu tertentu untuk arus gangguan yang besar.

Disebut dengan rele IDMT karena jangka waktu mulai rele *pick up* sampai selesainya kerja rele mempunyai waktu arus berbanding terbalik untuk nilai arus gangguan kecil setelah *pick up* dan berubah menjadi waktu tertentu untuk nilai arus gangguan besar.



Gambar 2.5
Karakteristik Rele Arus Lebih IDMT

2.2.6 Rele Gangguan Tanah (*Ground Vault Relay*)

Gangguan satu fasa ketanah dan dua fasa ketanah dapat diamankan dengan rele gangguan tanah.Karakteristik rele sangat penting untuk diperhatikan guna mendapat sistem pengamanan yang sesuai.Rele gangguan tanah dirancang sedemikian rupa dengan kecepatan kerja yang seketika.Dari hasil pengesetan kurva karakteristik seperti pada gambar terlihat bahwa semakin besar arus gangguan yang mengalir ketanah, semakin cepat trip dari rele gangguan tanah.Rele gangguan tanah hanya bekerja apabila terjadi gangguan hubung singkat yang melibatkan tanah.Hal ini disebabkan rele gangguan tanah mendeteksi adanya arus sisa (*residual current*).Arus sisa ini muncul jika terdapat adanya arus urutan nol yang mengalir di saluaran.Seperti diketahui bahwa rele gangguan tanah tidak akan bekerja pada kondisi normal, maka penyetelan waktu kerja di bagian paling hilir adalah paling cepat.Hal ini dapat dicapai dengan rele waktu seketika dan atau rele waktu terbalik dengan memilih kurva karakteristik yang

terendah.Selanjutnya dikoordinasikan dengan rele di pengaman trafo lain dengan interval waktu 0,1-0,5 detik.Penentuan tetapan atur pada rele gangguan tanah sama seperti pada rele arus lebih tetapi yang menjadi acuan penentuan besaran atur adalah besarnyagangguan hubung singkat ke tanah.Pada PLTD Buntok , rele gangguan tanah ada di setiap rele pengaman yang disatukan dengan fungsi pengaman arus lebih waktu terbalik dan waktu seketika.

Untuk memudahkan perhitungan arus gangguan ke tanah dapat dihitung dengan menggunakan rumus umum yaitu :

$$\left|I_{gg.1\Phi}\right| = \left|\frac{cxVf}{Z_0+Z_f}\right| \quad \text{.....(5)}$$

Dimana :

$I_{gg.1\Phi}$ = arus gangguan fasa ke fasa dalam ampere

Vf = tegangan fasa netral

C = faktor tegangan

Z_f = impedansi titik gangguan

Z1,Z2,Z0 = masing-masing impedansi urutan positif, negatif, nol

Rumus dasar yang digunakan untuk menghitung besarnya arus gangguan hubung singkat antar fasa adalah sebagai berikut :

$$I = \frac{V}{Z} \quad \text{.....(6)}$$

Dimana :

I = arus gangguan hubung singkat

V = tegangan sumber

Z = impedansi dititik gangguan/impedansi ekivalent

$$Ia1 = \left[\frac{Vf}{Z_1+Z_2}\right] \quad \text{.....(7)}$$

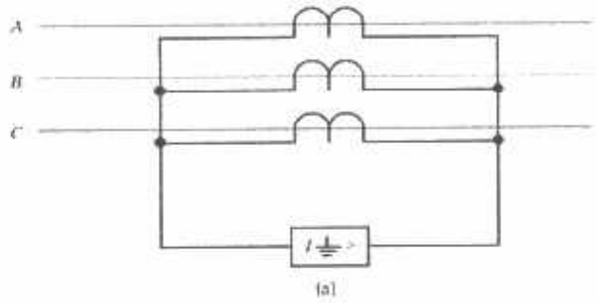
Dimana :

Vf = tegangan fasa netral

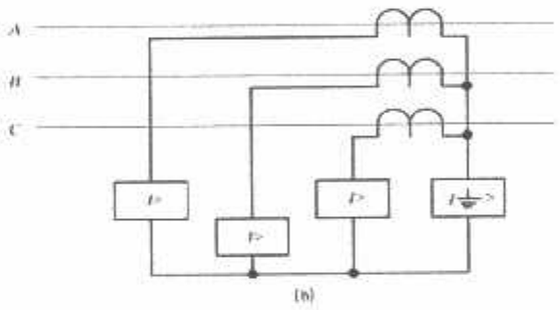
Ia1 = arus urutan positif

Ia2 = arus urutan negatif

Z1,Z2 = masing-masing impedansi urutan positif dan negatif

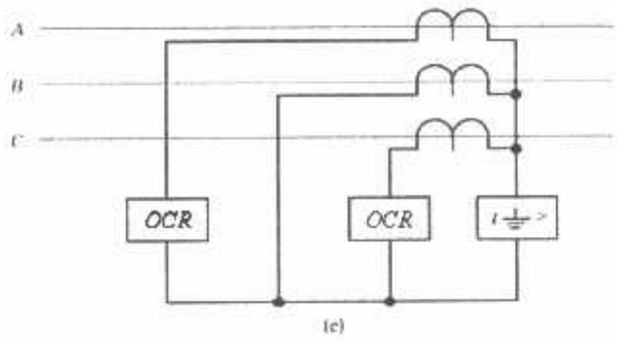


Gambar 2.6
Hubungan Sederhana Rele Gangguan Tanah



Gambar 2.7
Pemasangan CT/PT pada setiap ujung terminal

Rele arus lebih kerap kali hanya dipasang pada dua dari tiga phasa yang ada, karena caraini sudah cukup mendeteksi setiap gangguan phasa yang terjadi.Cara seperti ini tidak berpengaruh terhadap rele gangguan tanah.Hubungan seperti ini diperlihatkan pada gambar 2.8



Gambar 2.8
Kombinasi Rele Arus Lebih dan Rele Gangguan Tanah

2.2.7 Rele Keseimbangan Arus (*Differential Relay*) [4]

Relai keseimbangan arus adalah satu rele pengaman utama sistem tenaga listrik yang bekerja seketika tanpa koordinasi rele disekitarnya sehingga waktu kerja dapat dibuat secepat mungkin.Daerah pengamananya dibatasi oleh pasangan trafo arus (CT) dimana rele diferensial dipasang sehingga rele differential tidak dapat dijadikan sebagai pengaman cadangan untuk daerah berikutnya.Proteksi rele differeftial bekerja dengan prinsip keseimbangan arus masuk dan arus keluar (*current ballance*).

Gambar 2.9
Arus Masuk dan Arus Keluar

Prinsip kerja ini adalah untuk membandingkan arus yang masuk ke peralatan dengan arus yang keluar dari peralatan tersebut.Jadi secara umum fungsi dari rele diferensial adalah untuk mengamankan transformator terhadap gangguan hubung singkat yang terjadi di dalam daerah pengamanan peralatan atau sistem.

Prinsip kerja tersebut berdasarkan hukum *kirchoff* arus yaitu besar arus yang masuk pada suatu titik sama besarnya dengan besar arus yang keluar dari titik tersebut, dengan kata lain membandingkan jumlah arus masuk ke sisi primer (Ip) sama dengan jumlah arus yang keluar dari sisi sekunder (Is) .Rele keseimbangan arus akan mendeteksi dan mengirim sinyal ke pemutus tenaga (PMT) jika terjadi perbedaan arus yang masuk dengan arus yang keluar.

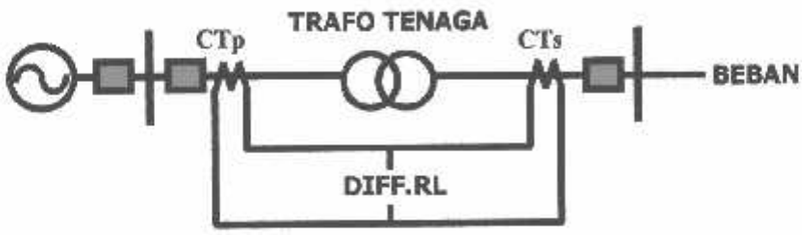
$$I_{diferensial} = I_d = \left|\vec{I}_P\right| + \left|\vec{I}_S\right| \quad \text{.....(8)}$$

Dimana :

Id = arus diferensial (A)

Ip = arus sisi masuk (A)

Is = arus sisi keluar (A)



Gambar 2.10
Pemasangan Diferensial Rele dan Trafo Arus (CT)

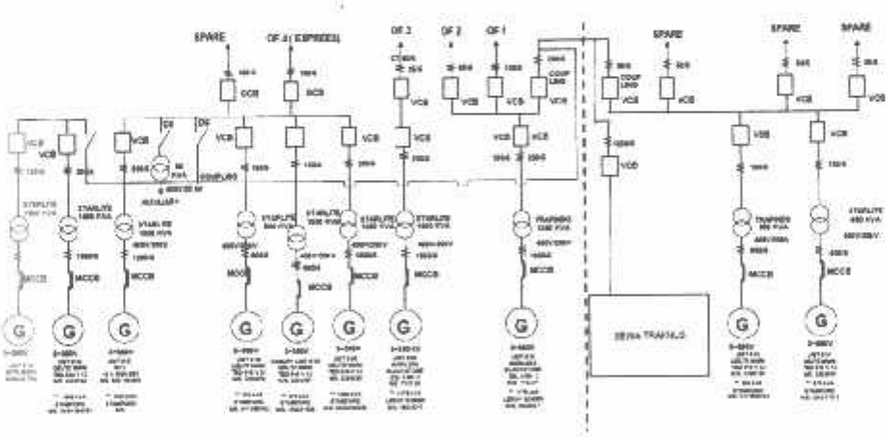
BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Gambaran Umum

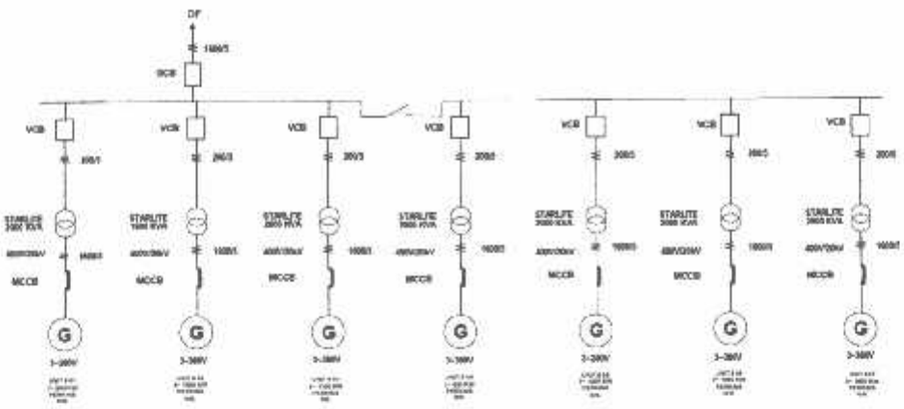
Sistem pembangkit listrik di Buntok Kalimantan Tengah adalah menggunakan tenaga *diesel* sebagai pembangkit utama dimana terdapat 10 buah mesin *diesel* utama dan 6 mesin *diesel* pembantu, yang mana masing-masing unit untuk menggerakkan generator.Spesifikasi dari masing-masing pembangkit beragam tipe maupun kapasitasnya berdasarkan tahun pemasangan dan penambahan disesuaikan dengan kebutuhan.

Selain mesin pembangkit di PLTD Buntok terdapat transformator daya yang terhubung pada masing-masing mesin pembangkit untuk penaik tegangan.Terdapat 16 unit transformator penaik tegangandi pusat pembangkit listrik PLTD Buntok yang spesifikasinya disesuaikan dengan kapasitas generator.

Pada setiap unit transformator terpasang sistem proteksi untuk melindungi transformator dari kerusakan akibat gangguan.Sistem proteksi/pengaman yang digunakan adalah rele pengaman yaitu rele arus lebih (*over current relay*), rele gangguan tanah(*ground vault relay*), dan rele keseimbangan arus (*differential relay*)



Gambar 3.1
Singgle Line Sistem Kelistrikan di PLTD Buntok (unit utama)



Gambar 3.2
Singgle Line Sistem Kelistrikan di PLTD Buntok (unit bantu)

Permasalahan yang dihadapi pada sistem jaringan listrik di PLTD Buntok adalah seringnya terjadi pemadaman total dan kerusakan trafo penaik tegangan.Salah satu penyebab dari pemadaman dan kerusakan trafo adalah sistim proteksi yang tidak bekerja semestinya.

3.2 Data Trafo Penaik Tegangan

Tabel 3.1
Data Trafo PLTD Buntok Kalimantan Tengah
(Diambil Pada Tanggal 2 Maret 2011)

Nama Sentral	Jenis Transformator			Daya (KVA) Terpasang	Tegangan
	Merek	Type	No.seri		
PLTD BUNTOK	STARLITE	2W/S	ST-3437LT-AT	1600	380V/20kV
	STARLITE	2W/S	ST-234324	1600	380V/20kV
	STARLITE	2W/S	ST-GH233	1000	380V/20kV
	STARLITE	2W/S	ST-R34569F	800	380V/20kV
	STARLITE	2W/S	ST-43243	1000	380V/20kV
	STARLITE	2W/S	ST-9076-PH	1600	380V/20kV
	STARLITE	2W/S	ST-6W778	1250	380V/20kV
	TRAFINDO	-	-	630	380V/20kV
	TRAFINDO	-	-	630	380V/20kV
SEWA TRAKNUS	STARLITE	2W/S	ST-8976-J	2000	380V/20kV
	STARLITE	2W/S	ST-7899-OH	2000	380V/20kV
	STARLITE	2W/S	ST-9896-W	1600	380V/20kV
	STARLITE	2W/S	ST-8789	2000	380V/20kV
	STARLITE	2W/S	ST-4763	2000	380V/20kV
	STARLITE	2W/S	ST-6379-TR	2000	380V/20kV
	STARLITE	2W/S	ST-7670	2000	380V/20kV

3.3 Data Pengaman Trafo

Pengaman pada trafo penaik tegangan meliputi PMT sebagai pemutus rangkaian listrik yang didalam operasinya mendapatkan intruksi membuka dari rele pengaman.

1. PMT (*Circuit Breaker*)[2]

PMT atau pemutus tegangan adalah suatu pemutus rangkaian listrik yang mampu beroperasi dalam kedaan 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. Celah (gap) harus tahan terhadap tegangan rangkaian, bila kontak membuka.
4. Harus memutus cepat bila tejadi hubung singkat.
5. Mampu dialiri arus hubung singkat.
6. Mampu menahan efek dari arching kontaknya. Gaya elektromagnetik atau kondisi thermal yang tinggi akibat hubung singkat.

Data sepesifikasi PMT yang digunakan untuk proteksi di setiap trafo pada PLTD Buntok adalah :

1. Untuk tegangan tinggi :
   Pabrik : Alstom
   Jenis : HVCB
   Type : HGF-214/2C
   Rating : 24KV
   Ip : 400A.
2. Untuk tegangan rendah :
   Pabrik : ABB
   Jenis : LVCB
   Type : PSB(2000)
   Rating : 24KV
   Ip : 2000A

2. Rele Pengaman Arus Lebih[5]

Pengertian relai arus lebih yaitu relai yang bekerjanya berdasarkan adanya kenaikan arus yang melampaui nilai settingnya. Tujuan proteksi mencegah kerusakan peralatan yang terganggu maupun peralatan yang dilewati oleh arus gangguan . Mengisolir bagian sistem yang terganggu sekecil mungkin dan secepat mungkin .mencegah meluasnya gangguan fungsi proteksi yang mendeteksi adanya gangguan atau keadaan abnormal pada bagian sistem yang diamankan melepas bagian sistem yang terganggu , sehingga bagian sistem yang lainnya masih dapat terus beroperasi.

Perangkat proteksi pada relai arus lebih adalah sebagai berikut :

1. Relai pengaman sebagai elemen perasa / pengukur untuk mendeteksi gangguan .
2. Pemutus tenaga (pmt) sebagai pemutus arus dalam sirkuit tenaga untuk melepas bagian sistem yang terganggu .
3. Trafo arus dan atau trafo tegangan mengubah besarnya arus dan atau tegangan dari sirkuit primer ke sirkuit sekunder (relai)
4. Batere / aki sebagai sumber tenaga untuk mentripkan pmt dan catu daya untuk relai statik dan relai bantu .
5. Wiring untuk menghubungkan komponen komponen proteksi sehingga menjadi satu sistem.

Data spesifikasi over current relay yang digunakan untuk proteksi di setiap trafo penaik tegangan pada PLTD Buntok adalah :

Pabrik : ABB
Type : TPU 2000
Fungsi : OCR,DR,GFR

3.4 Peralatan yang Digunakan

Dalam proses pelaksanaan penelitian ini selain data-data dan tinjauan pustaka diperlukan peralatan sebagai berikut :

- Komputer untuk menjalankan program
- Software ETAP *Powerstation*

3.5 Persamaan yang Digunakan

1. Persamaan untuk menseting OCR (*Over Current Relay*)

Di sini persamaan yang digunakan untuk menentukan parameter untuk menentukan seting rele arus lebih mengacu pada standard IEEE/ANSI[4].

Tabel 3.2
Konstanta Karakteristik *Relay* Arus Lebih Menurut Standard ANSI/1EEE[4]

Relay Characteristic	Equation (IEC 60255)
Standard Inverse (SI)	$t = TMS \times \frac{0.14}{I_r^{0.02} - 1}$
Very Inverse (VI)	$t = TMS \times \frac{13.5}{I_r - 1}$
Extremely Inverse (EI)	$t = TMS \times \frac{80}{I_r^2 - 1}$
Long time standard earth fault	$t = TMS \times \frac{120}{I_r - 1}$

(a): Relay characteristics to IEC 60255

Pengaturan *relay* gangguan arus lebih (OCR) [4]

$$I_{set}\text{ primer} = 1{,}1/1{,}0 \times I_{maks} \quad \text{.....(3.1)}$$

$$I_{set}\text{ sekunder} = I_{set}\text{primer} \times \frac{1}{\text{ratio CT}} \quad \text{.....(3.2)}$$

$$t = \frac{80 \times TMS}{\left[\left(\frac{I_{gangguan}}{I_{set}}\right)^2 - 1\right]} \quad \text{.....(3.3)}$$

Pengaturan *relay* gangguan tanah (GFR) :

$$I_{set}\text{ primer} = 1{,}05 \times I_{maks} \quad \text{.....(3.4)}$$

$$I_{set}\text{ sekunder} = I_{set}\text{primer} \times \frac{1}{\text{ratio CT}} \quad \text{.....(3.5)}$$

Pengaturan waktu kerja *relay* :

$$t = \frac{80 \times TMS}{\left[\left(\frac{I_{gangguan}}{I_{set}}\right)^2 - 1\right]} \quad \text{.....(3.6)}$$

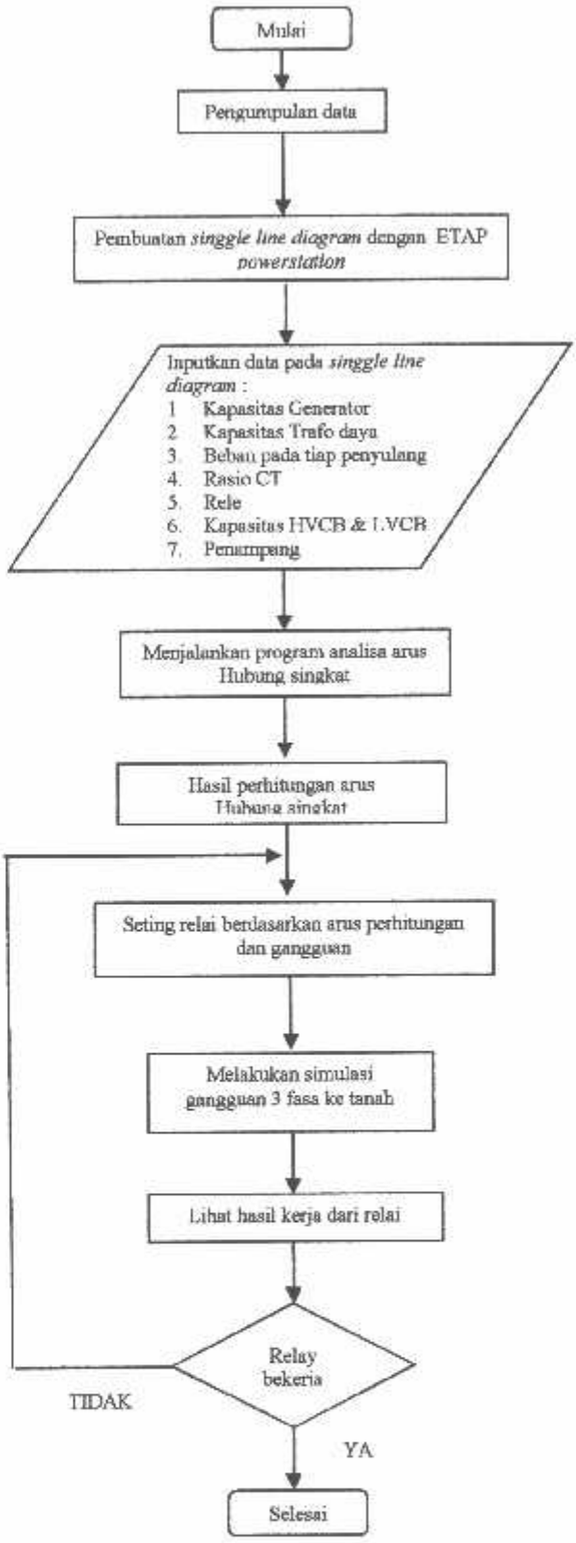
keterangan :

I_{set} primer = nilai arus primer yang di masukkan untuk penyetelan *relay*

I_{set} sekunder = nilai arus sekunder yang di masukkan untuk penyetalan *relay*

I_{maks} = arus kerja maksimal trafo

3.6 *Flowchart*

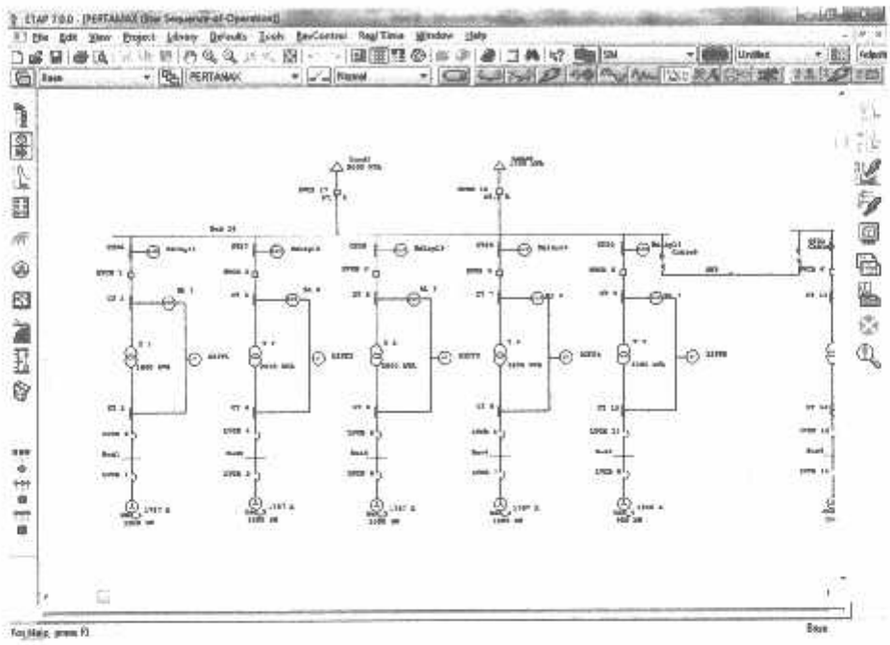


Gambar 3.3
Flowchart Analisa Sistem Proteksi

3.7 Perancangan Simulasi Menggunakan ETAP *Powerstation*

1. Menggambar Singgle Line Diagram di ETAP *Powersatation*

Menggambar *singgle line* diagram pada etap pada software ETAP Powerstation didasarkan pada *singgle line* diagram dari data yang diperoleh di PLTD Buntok.

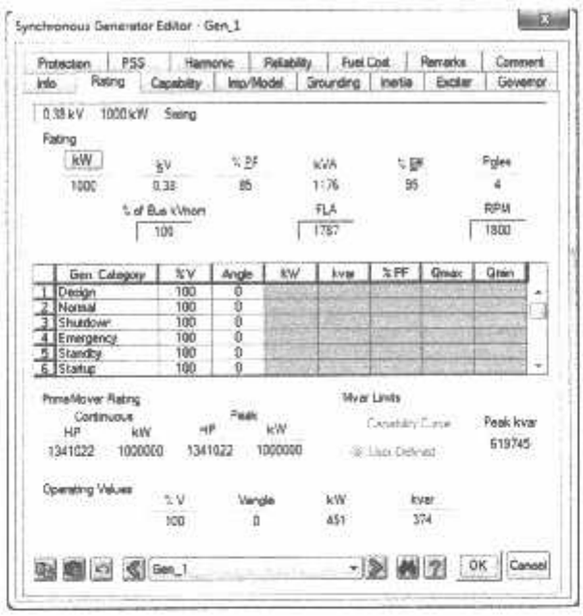


Gambar 3.4
Singgle Line Sistem Jaringan Kelistrikan PLTD Buntok

2. Input Data Trafo

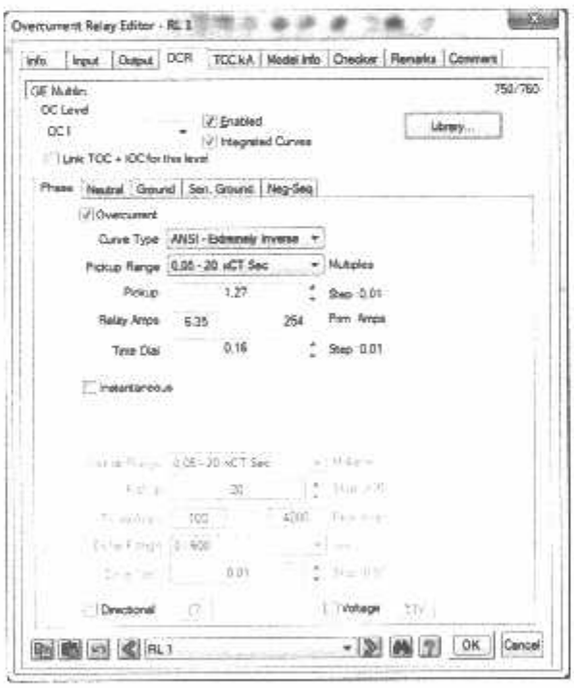
Gambar 3.5
Input rating trafo di ETAP *Powerstation*

3. Input data generator



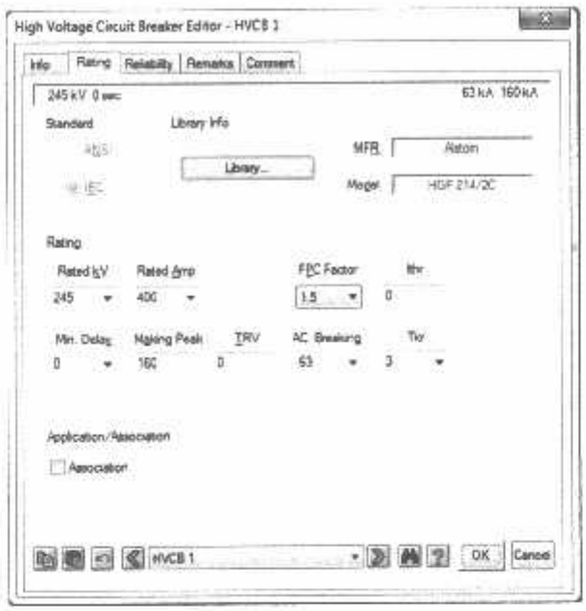
Gambar 3.6
Input Rating Generator di ETAP *Powerstation*

4. Input Data Rele



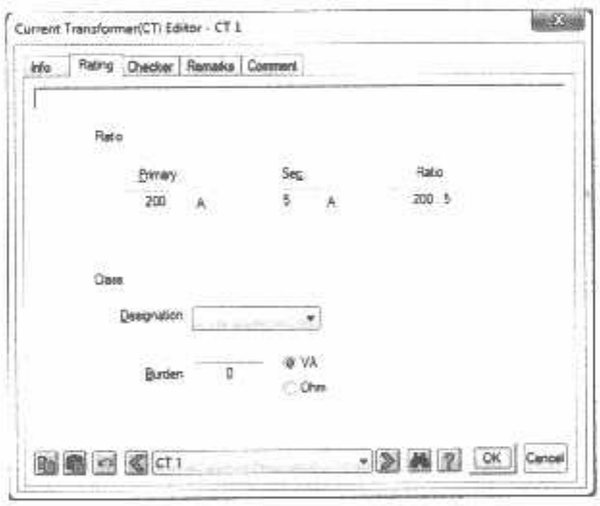
Gambar 3.7
Input Parameter Rele di ETAP *Powerstation*

5. Input Data PMT (CB)



Gambar 3.8
Input Rating PMT di ETAP *Powerstation*

6. Input Data CT (*Current Transformer*)

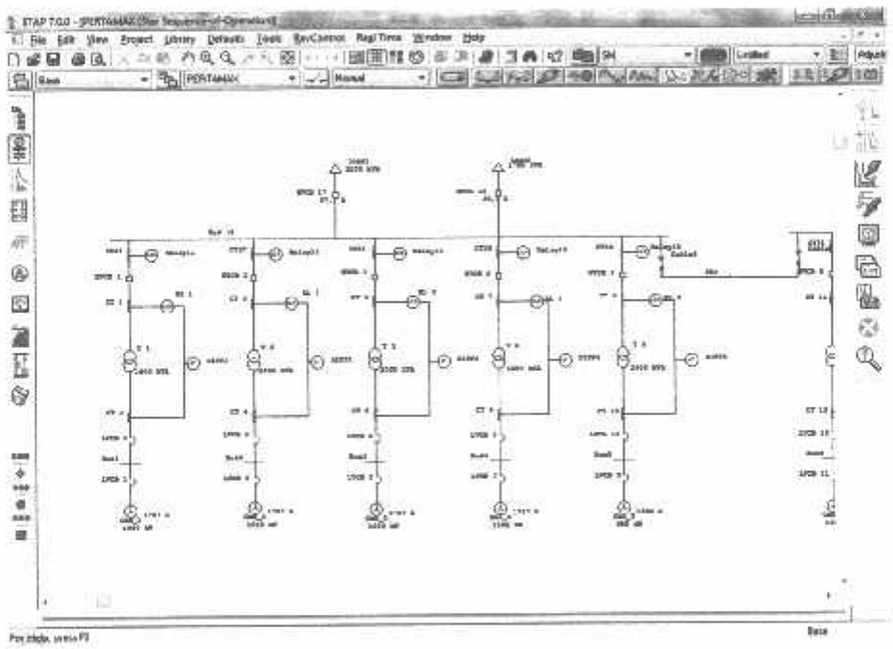


Gambar 3.9
Input Rating CT (Current Transformer) di ETAP *Powerstation*

BAB IV
ANALISA DAN HASIL

4.1 Analisa Jaringan Kelistrikan PLTD Buntok Dengan *Software* ETAP *Powerstation*

Analisa sistem jaringan menggunakan *software* Etap dilakukan dengan membuat *single line* diagram pada ETAP *Power station* dan memasukan data - data trafo, generator, beban, pengaman yaitu relay yang di set berdasarkan perhitungan, CT, HVCB (High Votage Circuit Breaker) / PMT yang terhubung dengan relay yang akan memberikan perintah kepada PMT untuk memutus apabila relay merasakan adanya arus gangguan yang melewatinya. Gambar dibawah ini adalah gambar dimana single line jaringan distribusi yang sudah digambar pada software ETAP:



Gambar 4.1
Analisa Jaringan Kelistrikan PLTD Buntok Menggunakan *Sofiware ETAP Powerstation*

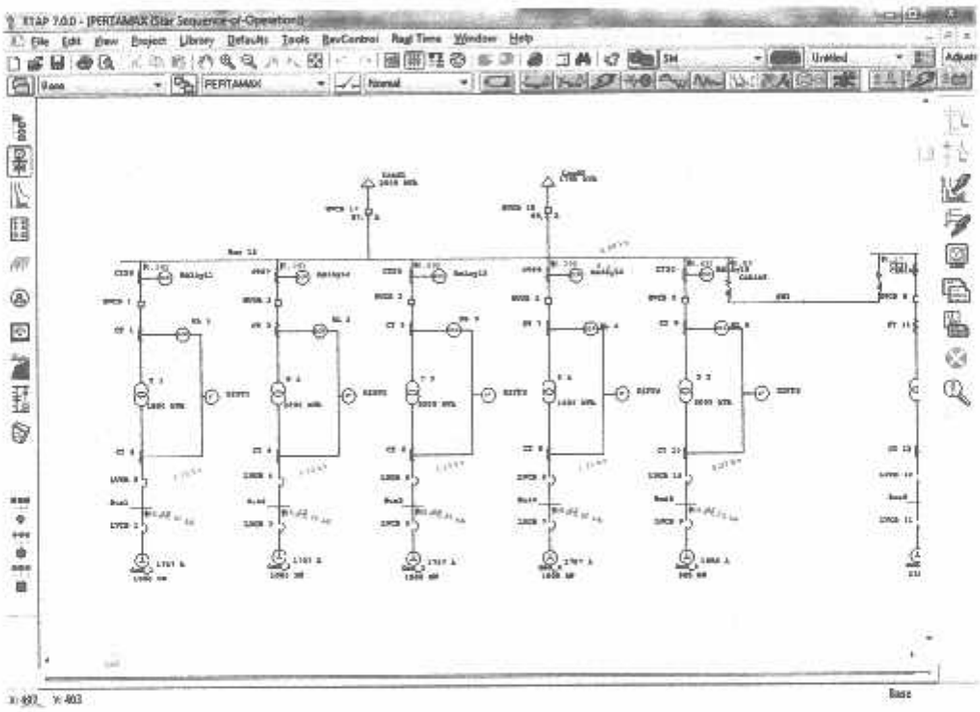
Setelah selesai menggambar *singgle line diagram* jaringan kelistrikan di ETAP *Power station* pastikan semua data peralatan dimasukan dengan benar, langkah selanjutnya adalah melakukan *load flow analysis* untuk mengetahui kontinuitas dari sistem apakah

sudah berjalan dengan normal.Jika pada proses *load flow* sistem tidak terjadi penyimpangan maka dapat dilanjutkan pada *short circuit analysis* pada point 4.2.

4.2 Analisa Gangguan Hubung Singkat (*Short Circuit Anaalysis*)

4.2.1 Analisa Gangguan Hubung Singkat Pada Bus Sistem

Sebelum kita menghitung setting pada relay terlebih dahulu perlu dilakukan penentuan nilai gangguan yang terjadi pada trafo dan jaringan, penentuan dilakukan disetiap trafo dan asumsikan bus yang mengalami gangguan. Berikut adalah gambar dimana pensimulasian gangguan short sircuit pada ETAP :



Gambar 4.2
Analisa Gangguan Hubung Singkat (*Short Circuit Analysis*) Pada
Software ETAP *Powerstation*

Berdasarkan analisis short sircuit yang dilakukan pada software ETAP Powerstation, maka dapat diketahui besar arus gangguan yang terjadi pada setiap bus adalah sebagai berikut :

Tabel 4.1
Hasil Simulasi Gangguan Hubung Singkat
(*line to ground,3 phasa*)

Bus ID	kV	3-Phase Fault (kA)		Line to Ground Fault (kA)	
		Real	Imag.	Real	Imag
Bus1	0,38	1,366	-34,707	2,765	-30,994
Bus2	0,38	3,863	-38,649	4,152	-32,900
Bus3	0,38	4,134	-41,769	4,342	-34,346
Bus4	0,38	3,756	-37,464	4,076	-32,325
Bus5	0,38	3,845	-38,218	4,051	-31,957
Bus6	0,38	3,899	-39,512	4,346	-34,716
Bus7	0,38	3,863	-38,649	4,152	-32,900
Bus8	0,38	3,845	-38,218	4,051	-31,957
Bus9	0,38	1,762	-15,438	1,634	-12,353
Bus10	0,38	2,908	-15,722	2,273	-13,266
Bus11	0,38	2,933	-22,470	2,524	-17,825
Bus12	0,38	2,449	-17,666	1,765	-12,206
Bus13	0,38	2,869	-21,102	2,068	-14,396
Bus14	0,38	3,384	-32,340	3,370	-26,184
Bus15	0,38	3,322	-30,930	2,978	-22,751
Bus16	0,38	2,941	-27,712	3,001	-23,321
Bus 18	20,00	0,118	-1,761	0,234	-2,475
Bus 19	20,00	0,118	-1,761	0,234	-2,475
Bus 20	20,00	0,118	-1,761	0,234	-2,475
Bus 21	20,00	0,118	-1,761	0,234	-2,475
Bus 22	20,00	0,118	-1,761	0,234	-2,475
Bus22	20,00	0,118	-1,761	0,234	-2,475

Tabel 4.1 di atas adalah hasil atau *report* dari ETAP Powerstation untuk simulasi gangguan hubung singkat fasa ke tanah (*line to ground*) dan 3 fasa (*3 phasa*).Disini disimulasikan semua bus mengalami gangguan atau diasumsikan gangguan maksimum yang terjadi pada sistem.

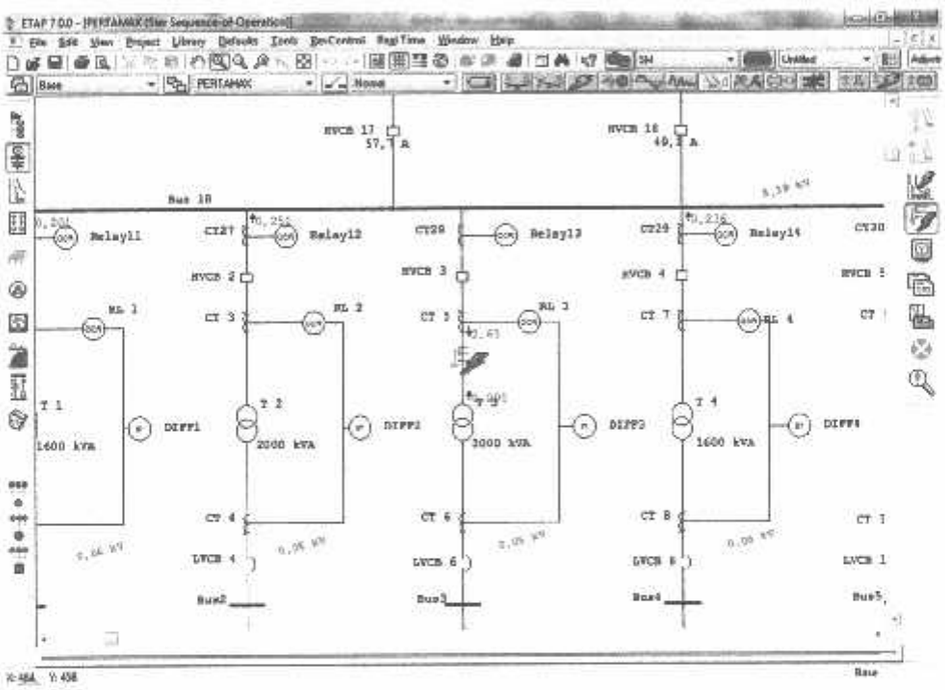
Tabel 4.2
Hasil Simulasi Gangguan Hubung Singkat
(*line to line,line-line to ground*)

Bus ID	kV	Line to Line Fault (kA)		Line-Line-Ground Fault (kA)	
		Real	Imag	Real	Imag
Bus1	0,38	30,376	1,587	-31,746	12,247
Bus2	0,38	33,800	3,830	-35,440	10,370
Bus3	0,38	36,536	4,116	-38,204	10,348
Bus4	0,38	32,763	3,719	-34,390	10,373
Bus5	0,38	33,417	3,802	-34,999	9,818
Bus6	0,38	34,567	3,887	-36,319	11,451
Bus7	0,38	33,800	3,830	-35,440	10,370
Bus8	0,38	33,417	3,802	-34,999	9,818
Bus9	0,38	13,457	1,653	-14,098	3,467
Bus10	0,38	13,705	2,662	12,856	8,296
Bus11	0,38	19,597	2,753	18,602	10,007
Bus12	0,38	15,385	2,257	14,744	6,855
Bus13	0,38	18,385	2,659	17,638	8,042
Bus14	0,38	28,251	3,291	-29,551	7,633
Bus15	0,38	26,999	3,196	-28,087	5,752
Bus16	0,38	24,200	2,843	-25,396	7,152
Bus 18	20,00	1,553	0,141	-1,687	1,849
Bus 19	20,00	1,553	0,141	-1,687	1,849
Bus 20	20,00	1,553	0,141	-1,687	1,849
Bus 21	20,00	1,553	0,141	-1,687	1,849
Bus 22	20,00	1,553	0,141	-1,687	1,849
Bus22	20,00	1,553	0,141	-1,687	1,849

Tabel 4.2 di atas adalah hasil atau *report* dari ETAP Powerstation untuk simulasi gangguan hubung singkat fasa ke fasa (*line to line*) dan fasa-fasa ke tanah (*line-line to ground*).Disini disimulasikan semua bus mengalami gangguan atau diasumsikan gangguan maksimum yang terjadi pada sistem.

4.2.2 Analisa Gangguan Hubung Singkat Pada Masing-Masing Trafo

Analisa Hubung singkat pada masing-masing trafo perlu dilakukan untuk mengetahui besarnya arus gangguan yang terjadi pada trafo saat terjadi hubung singkat pada daerah pengamanan trafo, hal ini dikarenakan kemampuan dan kapasitas dari masing-masing trafo yang berbeda sehingga besarnya arus gangguan pun berbeda pada masing-masing trafo.Besar arus gangguan inilah yang nantinya akan dijadikan acuan dalam penyetelan rele pengaman trafo.Dibawah ini adalah gambar dari simulasi gangguan hubung singkat pada masing-masing trafo dengan software ETAP *Powerstation.*



Gambar 4.3
Simulasi Gangguan Hubung Singkat Pada Trafo Dengan
Software ETAP Powerstation

Berdasarkan analisis short sircuit yang dilakukan pada software ETAP Powerstation, maka dapat diketahui besar arus gangguan yang terjadi pada setiap trafo adalah sebagai berikut:

Tabel 4.3
Hasil Simulasi Gangguan Hubung Singkat Pada Masing-Masing Trafo

Bus ID	kV	Line to Line	Line to Line to Ground	Line to Ground	3 Phasa
		Fault (kA)	Fault (kA)	Fault (kA)	Fault (kA)
Trafo1	20	0,096	0,259	0,164	0,142
Trafo2	20	0,10	0,323	0,204	0,148
Trafo3	20	0,105	0,38	0,24	0,152
Trafo4	20	0,096	0,304	0,192	0,146
Trafo5	20	0,096	0,323	0,204	0,142
Trafo6	20	0,10	0,323	0,204	0,16
Trafo7	20	0,097	0,323	0,204	0,148
Trafo8	20	0,1092	0,323	0,204	0,142
Trafo9	20	0,032	0,102	0,064	0,051
Trafo10	20	0,032	0,102	0,64	0,057
Trafo11	20	0,030	0,162	0,102	0,074
Trafo12	20	0,023	0,129	0,082	0,046
Trafo13	20	0,025	0,162	0,102	0,055
Trafo14	20	0,078	0,259	0,164	0,112
Trafo15	20	0,046	0,259	0,128	0,091
Trafo16	20	0,79	0,202	0,164	0,101

Tabel 4.3 di atas adalah hasil atau *report* dari ETAP Powerstation untuk simulasi gangguan hubung singkat fasa ke fasa (*line to line*) ,fasa-fasa ke tanah (*line-line to ground*), fasa ke tanah (*line to ground*) dan 3 fasa (*3 phasa*).Disini disimulasikan gangguan yang terjadi pada masing-masing daerah pengamanan trafo untuk mengetahui besar arus gangguan maksimal.

4.3 Perhitungan Seting Rele Pengaman

4.3.1 Kondisi Awal Rele Pengaman Sebelum Diseting Ulang

Analisa dan simulasi rele pengaman sebelum diseting ulang bertujuan untuk melihat dan membandingkan unjuk kerja dari rele pengaman, apakah kerja dari rele pengaman sudah sesuai dengan standar keandalan yang diinginkan.Untuk melakukan simulasi ini, data-data dari seting rele yang digunakan adalah data-data yang diperoleh dari lapangan.

Tabel 4.4
Seting Awal OCR dan GFR

Relay ID	CT Ratio	Device Function	Trip Element	Curve	Tap (Pickup) (A)		TD Setting
					Setting	Primary	
RL 1	200:5	Overcurrent	Phase	Extremely Inverse	1,000	200,000	1,000
RL 1	200:5	Overcurrent	Ground	Extremely Inverse	0,500	100,000	1,100
RL 2	200:5	Overcurrent	Phase	Extremely Inverse	1,000	200,000	1,000
RL 2	200:5	Overcurrent	Ground	Extremely Inverse	0,500	100,000	1,100
RL 3	200:5	Overcurrent	Phase	Extremely Inverse	1,000	200,000	1,000
RL 3	200:5	Overcurrent	Ground	Extremely Inverse	0,500	100,000	1,100
RL 4	200:5	Overcurrent	Phase	Extremely Inverse	1,000	200,000	1,000
RL 4	200:5	Overcurrent	Ground	Extremely Inverse	0,500	100,000	1,100
RL 5	200:5	Overcurrent	Phase	Extremely Inverse	1,000	200,000	1,000
RL 5	200:5	Overcurrent	Ground	Extremely Inverse	0,500	100,000	1,100
RL 6	250:5	Overcurrent	Phase	Extremely Inverse	1,000	250,000	1,000
RL 6	250:5	Overcurrent	Ground	Extremely Inverse	0,500	125,000	1,100
RL 7	200:5	Overcurrent	Phase	Extremely Inverse	1,000	200,000	1,000
RL 7	200:5	Overcurrent	Ground	Extremely Inverse	0,500	100,000	1,100
RL 8	200:5	Overcurrent	Phase	Extremely Inverse	1,000	200,000	1,000
RL 8	200:5	Overcurrent	Ground	Extremely Inverse	1,000	200,000	1,100
RL 9	100:5	Overcurrent	Phase	Extremely Inverse	1,000	100,000	1,000
RL 9	100:5	Overcurrent	Ground	Extremely Inverse	0,500	50,000	1,100
RL 10	100:5	Overcurrent	Phase	Extremely Inverse	1,000	100,000	1,000
RL 10	100:5	Overcurrent	Ground	Extremely Inverse	0,500	50,000	1,100
RL 11	150:5	Overcurrent	Phase	Extremely Inverse	1,000	150,000	1,000
RL 11	150:5	Overcurrent	Ground	Extremely Inverse	1,000	150,000	1,100
RL 12	100:5	Overcurrent	Phase	Extremely Inverse	1,000	100,000	1,000
RL 12	100:5	Overcurrent	Ground	Extremely Inverse	0,500	50,000	1,100
RL 13	100:5	Overcurrent	Phase	Extremely Inverse	1,000	100,000	1,000
RL 13	100:5	Overcurrent	Ground	Extremely Inverse	0,500	50,000	1,100
RL 14	200:5	Overcurrent	Phase	Extremely Inverse	1,000	200,000	1,000
RL 14	200:5	Overcurrent	Ground	Extremely Inverse	0,500	100,000	1,100
RL 15	200:5	Overcurrent	Phase	Extremely Inverse	1,000	200,000	1,000
RL 15	200:5	Overcurrent	Ground	Extremely Inverse	0,500	100,000	1,100
RL 16	200:5	Overcurrent	Phase	Extremely Inverse	1,000	200,000	1,000
RL 16	200:5	Overcurrent	Ground	Extremely Inverse	0,500	100,000	1,100

Tabel 4.4 di atas adalah tabel parameter dari rele pengaman sebelum dilakukan penyetelan ulang.Parameter yang dimasukan didapat dari data aktual lapangan dan disimulasikan di Software *ETAP Powerstation.*

Tabel 4.5
Seting Awal *Differential Relay*

Relay ID	CT 1 Ratio	CT 2 Ratio	TD Setting
DIFF1	200:5	1600:5	0,5
DIFF2	200:5	1600:5	0,5
DIFF3	200:5	1600:5	0,5
DIFF4	200:5	1600:5	0,5
DIFF5	200:5	1600:5	0,5
DIFF6	250:5	1600:5	0,5
DIFF7	200:5	1600:5	0,5
DIFF8	200:5	1600:5	0,5
DIFF9	100:5	600:5	0,5
DIFF10	100:5	600:5	0,5
DIFF11	150:5	900:5	0,5
DIFF12	100:5	600:5	0,5
DIFF13	100:5	600:5	0,5
DIFF14	200:5	1600:5	0,5
DIFF15	200:5	1600:5	0,5
DIFF16	200:5	1600:5	0,5

Tabel 4.5 di atas adalah tabel parameter dari differential rele sebelum dilakukan penyetelan ulang.Parameter yang dimasukan didapat dari data aktual lapangan dan disimulasikan di Software *ETAP Powerstation.*

1) Seting Rele 1 (Trafo 1)

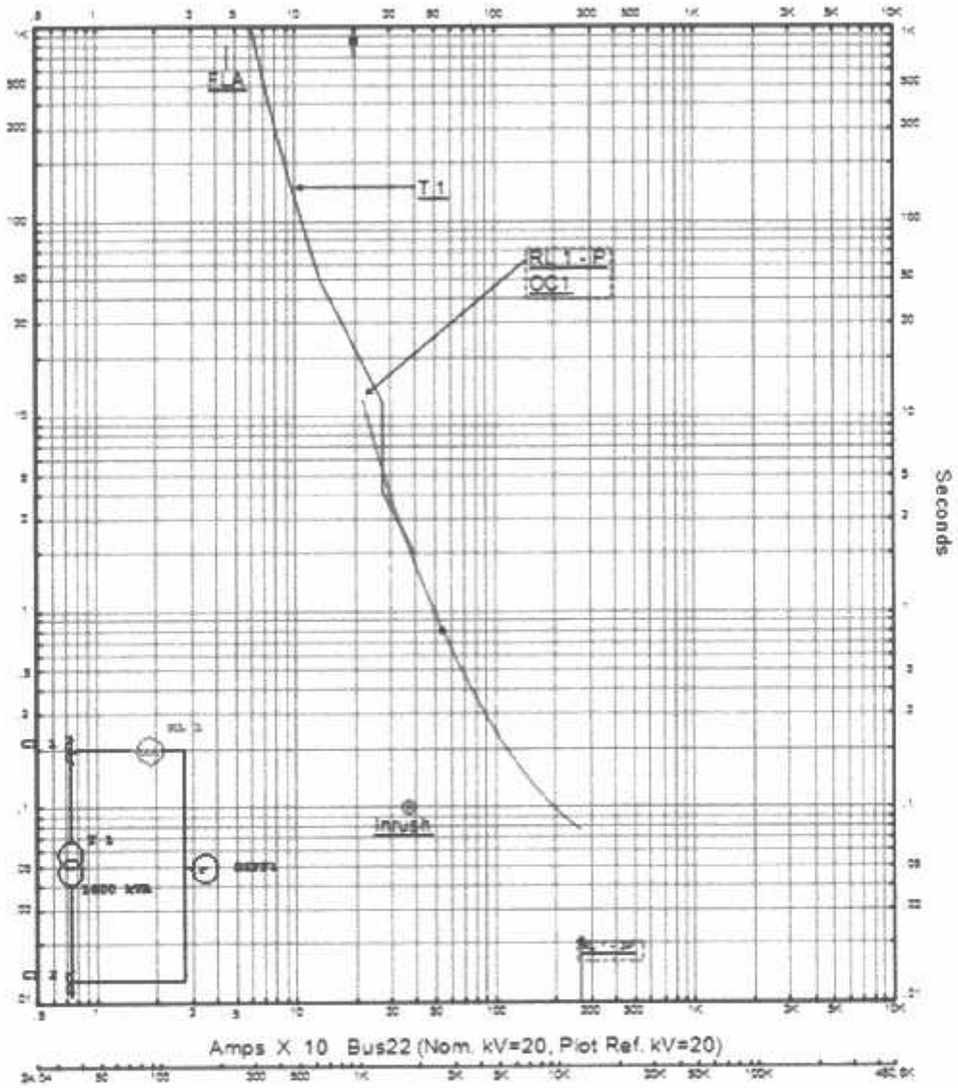
OCR : TD = 1 detik

Iset = 1 A

GFR : TD = 1,1 detik

Iset = 0,5

DR : TD = 0,05



Gambar 4.4
Kurva Arus Kerja Rele 1 Terhadap Trafo 1

Pada kurva diatas terlihat seting waktu dan arus dari rele 1 (warna merah) menyentuh *damage curve* (warna biru) dari trafo 1, ini sangat beresiko menimbulkan kerusakan trafo jika gangguan sering terjadi.

2) Seting Rele 2 (Trafo 2)

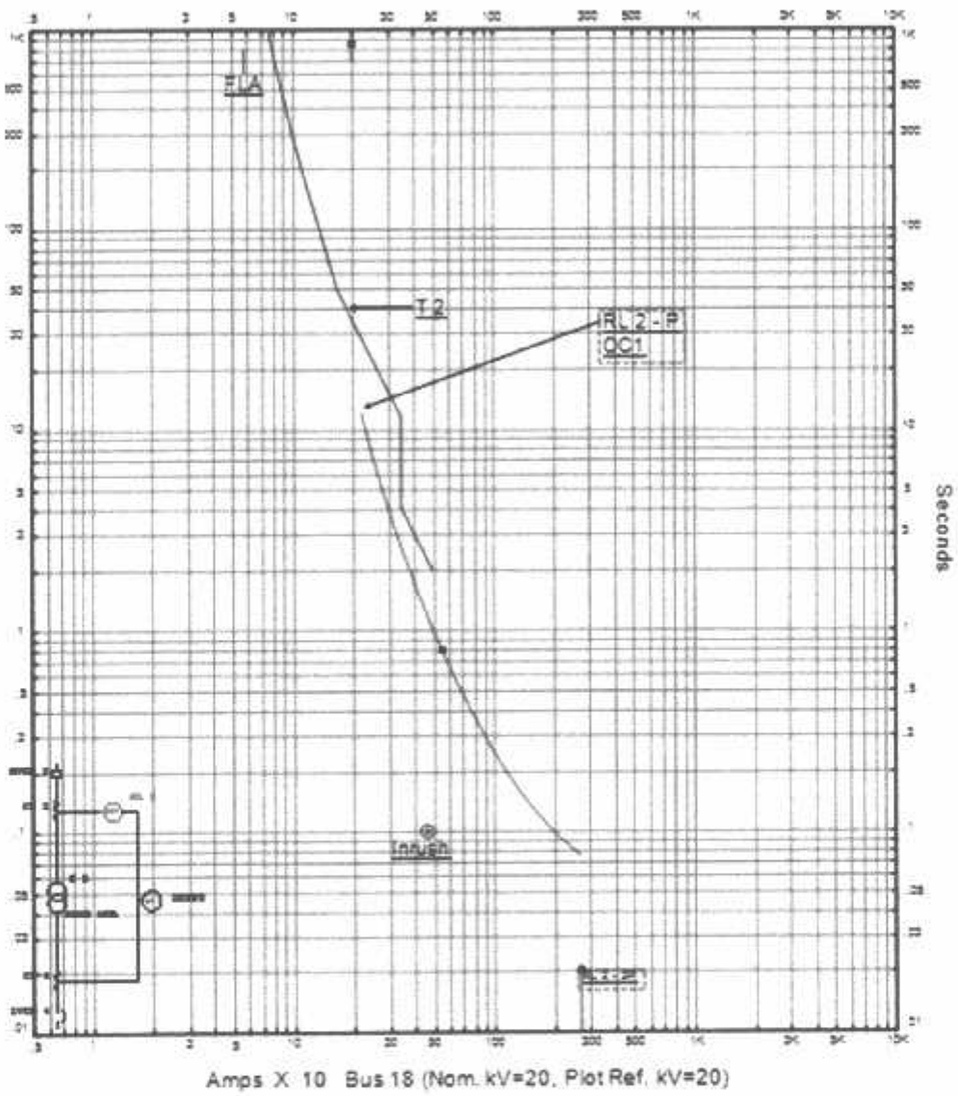
OCR : TD = 1 detik

Iset = 1 A

GFR : TD = 1,1 detik

Iset = 0,5

DR : TD = 0,05



Gambar 4.5
Kurva Arus Kerja Rele 2 Terhadap Trafo 2

Pada kurva diatas terlihat seting waktu dan arus dari rele 2 (warna merah) menyentuh *damage curve* (warna biru) dari trafo 2, ini sangat beresiko menimbulkan kerusakan trafo jika gangguan sering terjadi.

3) Seting Rele 3 (Trafo 3)

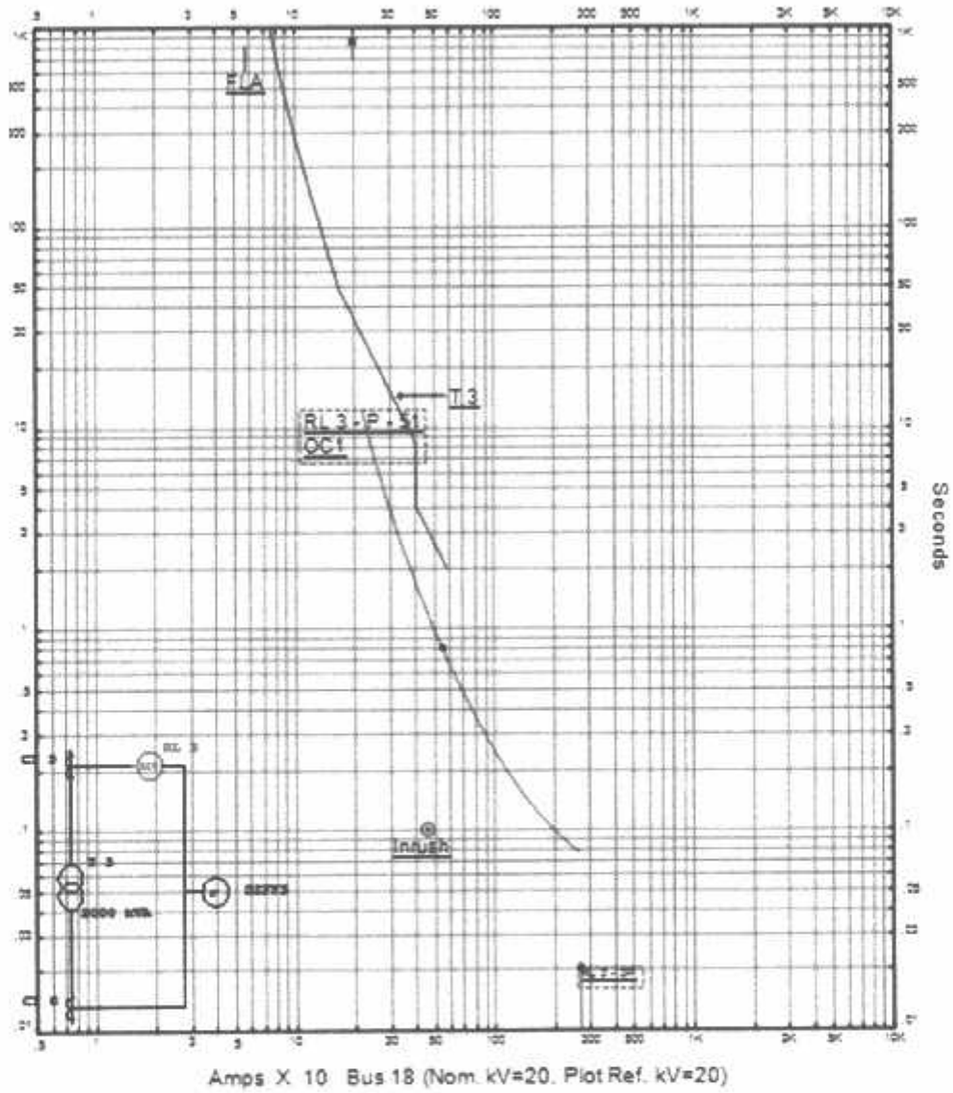
OCR : TD = 1 detik

Iset = 1 A

GFR : TD = 1,1 detik

Iset = 0,5

DR : TD = 0,05



Gambar 4.6
Kurva Arus Kerja Rele 3 Terhadap Trafo 3

Pada kurva diatas terlihat seting waktu dan arus dari rele 3 (warna merah) menyentuh *damage curve* (warna biru) dari trafo 3, ini sangat beresiko menimbulkan kerusakan trafo jika gangguan sering terjadi.

4) Seting Rele 4 (Trafo 4)

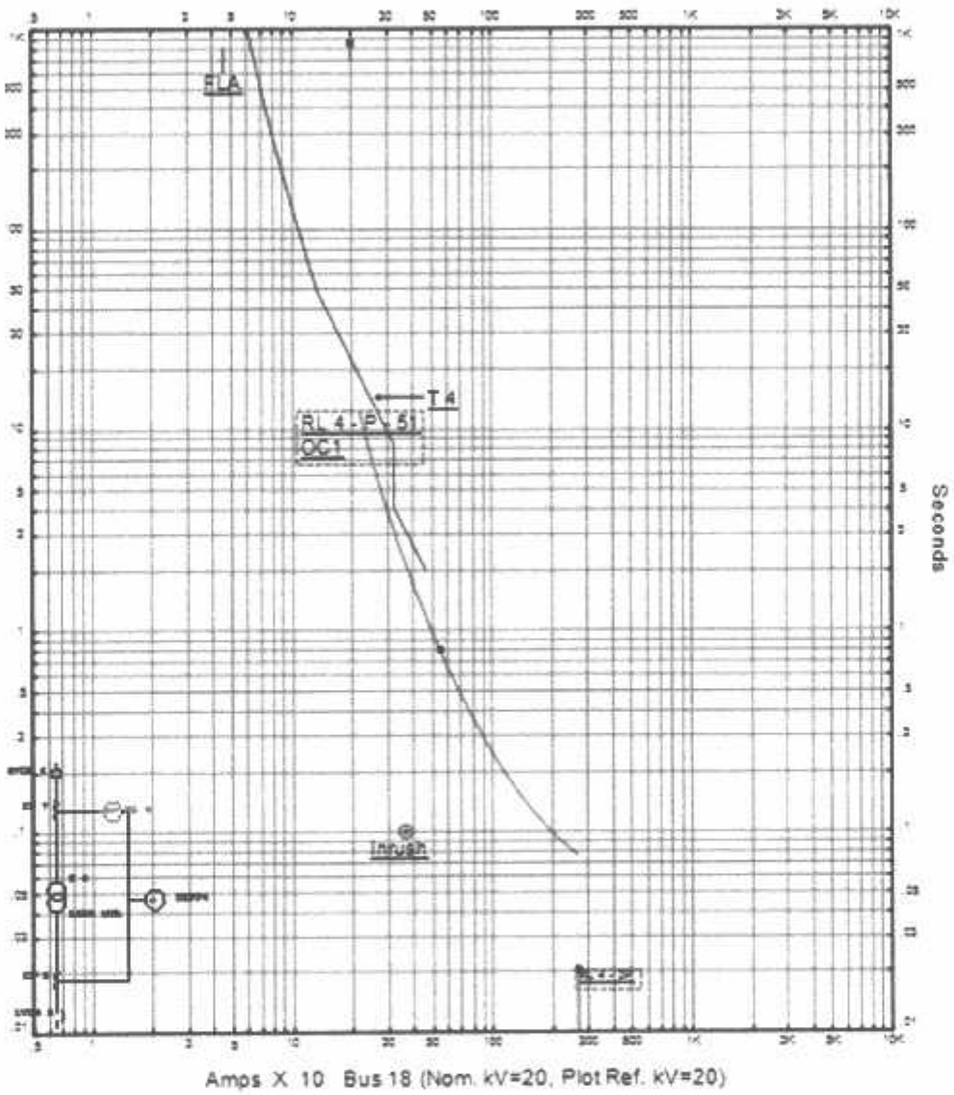
OCR : TD = 1 detik

Iset = 1 A

GFR : TD = 1,1 detik

Iset = 0,5

DR : TD = 0,05



Gambar 4.7
Kurva Arus Kerja Rele 4 Terhadap Trafo 4

Pada kurva diatas terlihat seting waktu dan arus dari rele 4 (warna merah) menyentuh *damage curve* (warna biru) dari trafo 4, ini sangat beresiko menimbulkan kerusakan trafo jika gangguan sering terjadi.

5) Seting Rele 5 (Trafo 5)

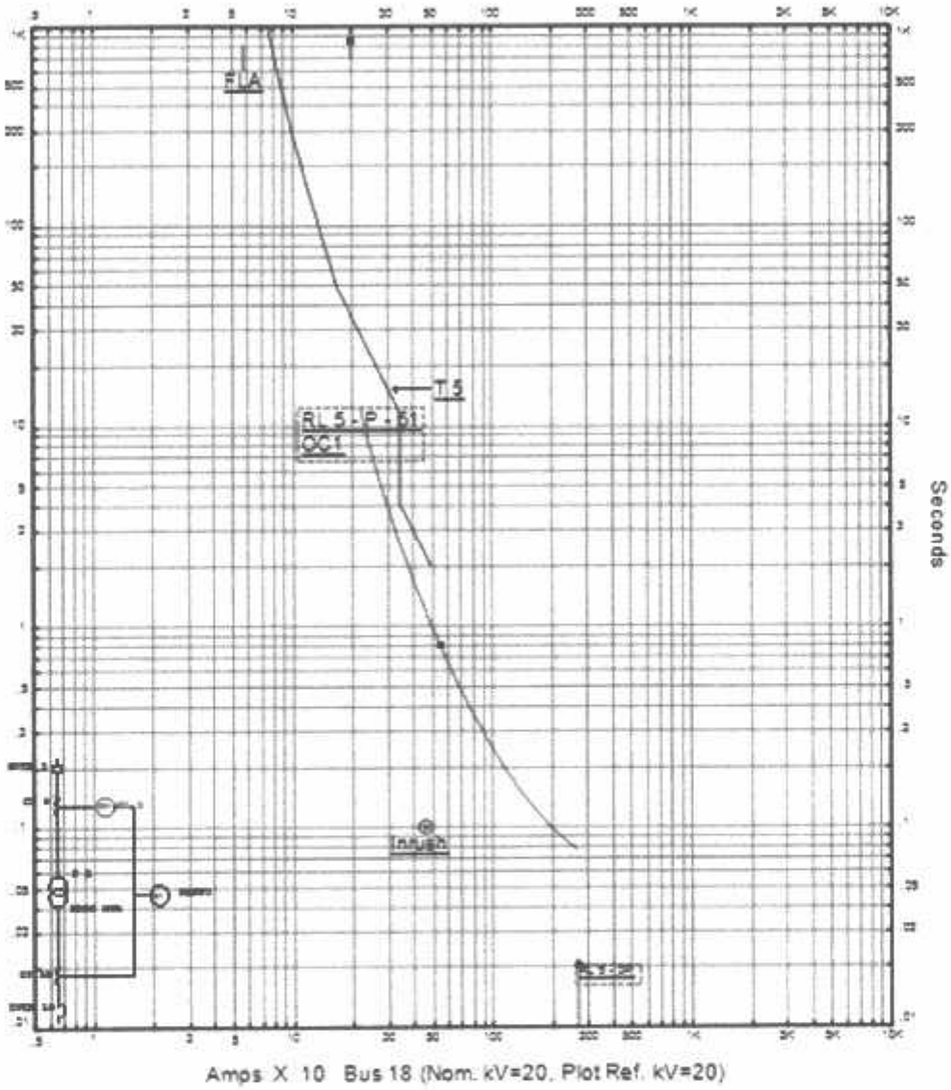
OCR : TD = 1 detik

Iset = 1 A

GFR : TD = 1,1 detik

Iset = 0,5

DR : TD = 0,05



Gambar 4.8
Kurva Arus Kerja Rele 5 Terhadap Trafo 5

Pada kurva diatas terlihat seting waktu dan arus dari rele 5 (warna merah) menyentuh *damage curve* (warna biru) dari trafo 5, ini sangat beresiko menimbulkan kerusakan trafo jika gangguan sering terjadi.

6) Seting Rele 6 (Trafo 6)

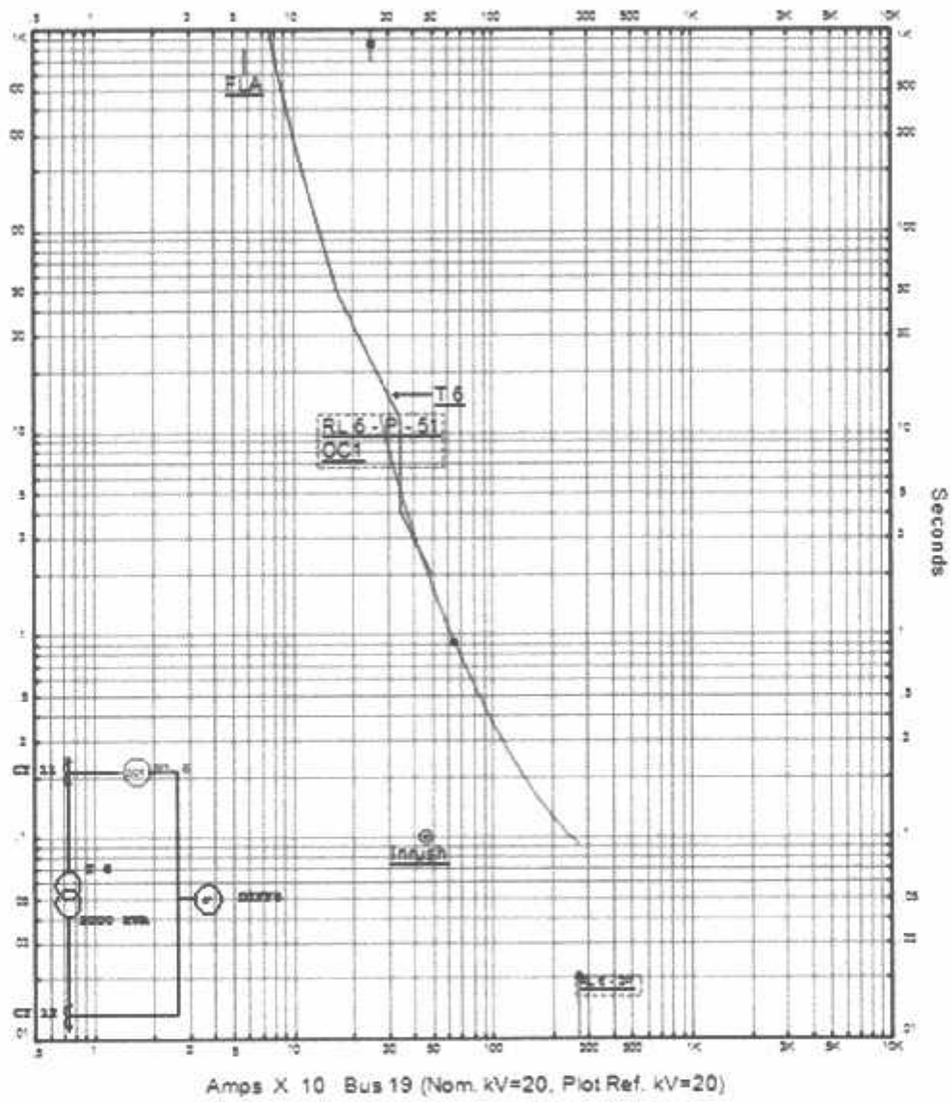
OCR : TD = 1 detik

Iset = 1 A

GFR : TD = 1,1 detik

Iset = 0,5

DR : TD = 0,05



Gambar 4.9
Kurva Arus Kerja Rele 6 Terhadap Trafo 6

Pada kurva diatas terlihat seting waktu dan arus dari rele 6 (warna merah) menyentuh *damage curve* (warna biru) dari trafo 6, ini sangat beresiko menimbulkan kerusakan trafo jika gangguan sering terjadi.

7) Seting Rele 7 (Trafo 7)

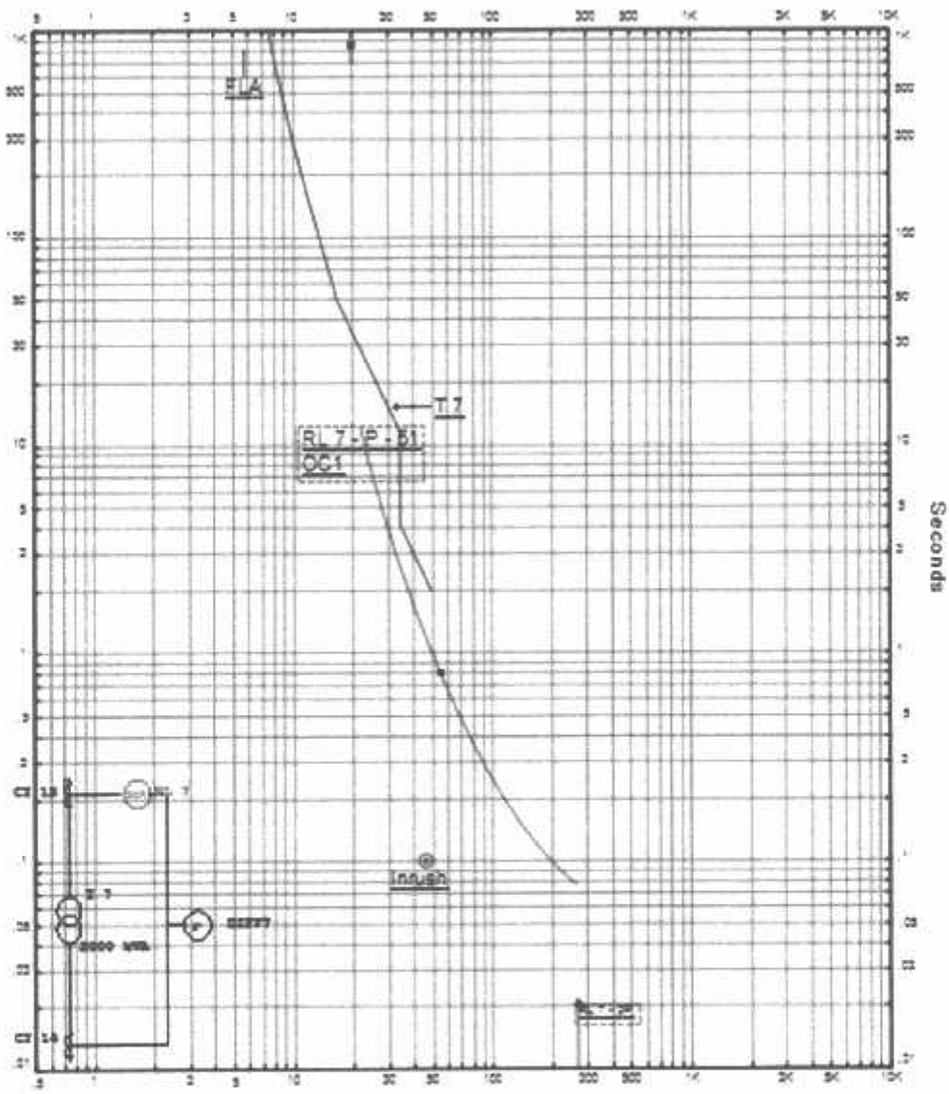
OCR : TD = 1 detik

Iset = 1 A

GFR : TD = 1,1 detik

Iset = 0,5

DR : TD = 0,05



Gambar 4.10
Kurva Arus Kerja Rele 7 Terhadap Trafo 7

Pada kurva diatas terlihat seting waktu dan arus dari rele 7 (warna merah) menyentuh *damage curve* (warna biru) dari trafo 7, ini sangat beresiko menimbulkan kerusakan trafo jika gangguan sering terjadi.

8) Seting Rele 8 (Trafo 8)

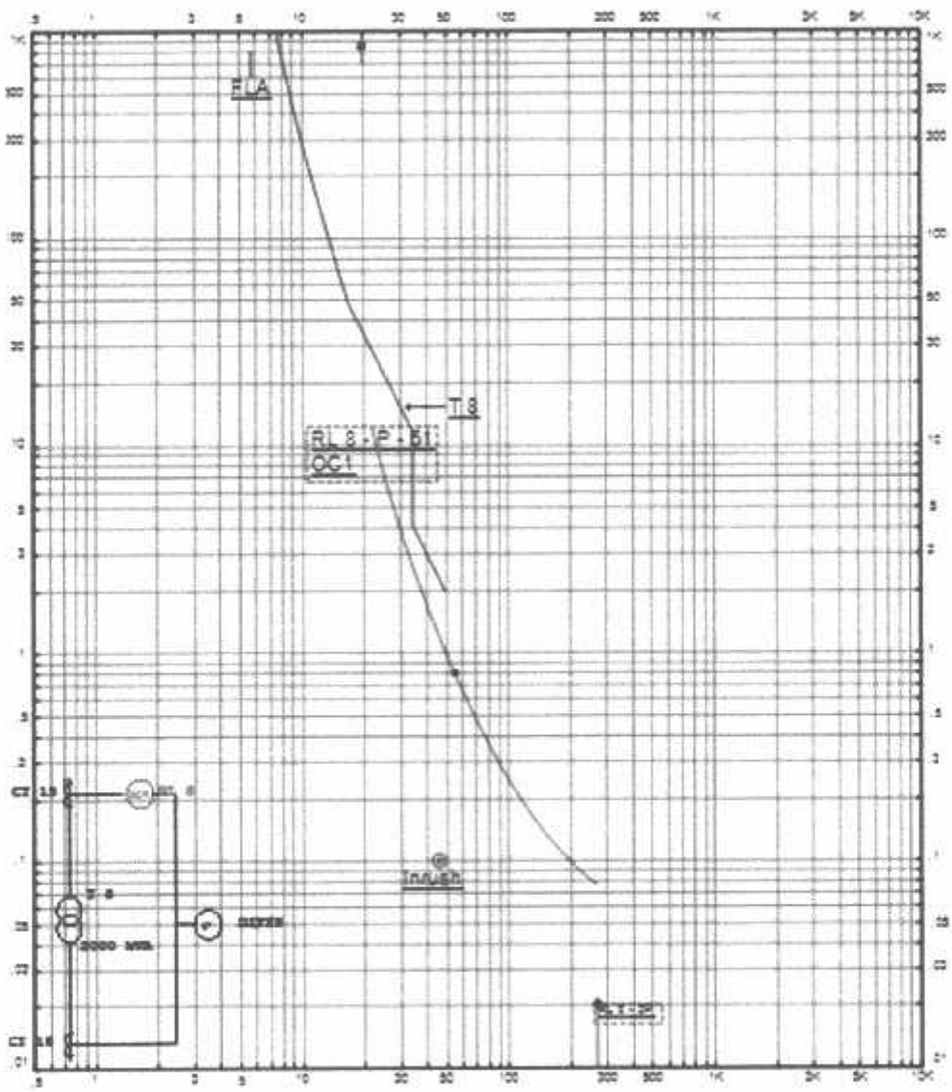
OCR : TD = 1 detik

Iset = 1 A

GFR : TD = 1,1 detik

Iset = 0,5

DR : TD = 0,05



Gambar 4.11
Kurva Arus Kerja Rele 8 Terhadap Trafo 8

Pada kurva diatas terlihat seting waktu dan arus dari rele 8 (warna merah) menyentuh *damage curve* (warna biru) dari trafo 8, ini sangat beresiko menimbulkan kerusakan trafo jika gangguan sering terjadi.

9) Seting Rele 9 (Trafo 9)

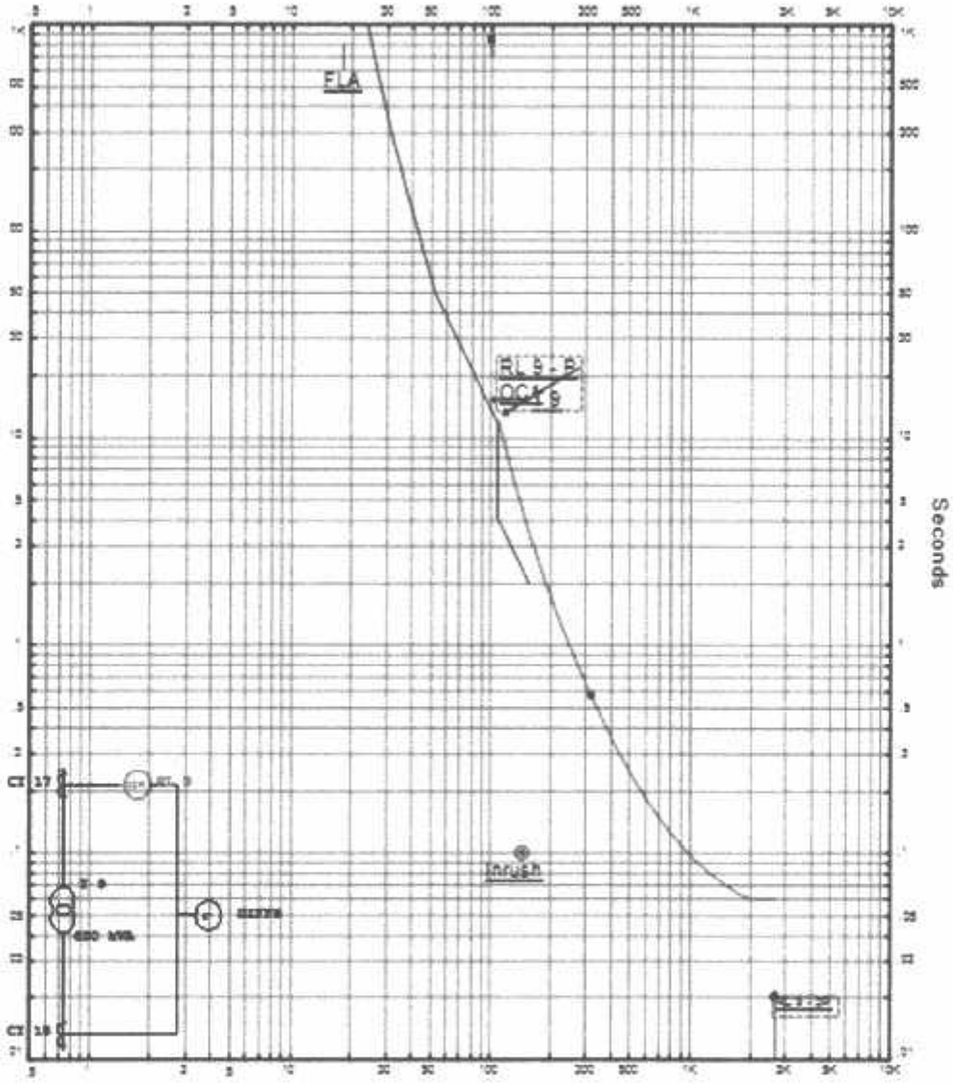
OCR : TD = 1 detik

Iset = 1 A

GFR : TD = 1,1 detik

Iset = 0,5

DR : TD = 0,05



Gambar 4.12
Kurva Arus Kerja Rele 9 Terhadap Trafo 9

Pada kurva diatas terlihat seting waktu dan arus dari rele 9 (warna merah) menyentuh *damage curve* (warna biru) dari trafo 9, ini sangat beresiko menimbulkan kerusakan trafo jika gangguan sering terjadi.

10) Seting Rele 10 (Trafo 10)

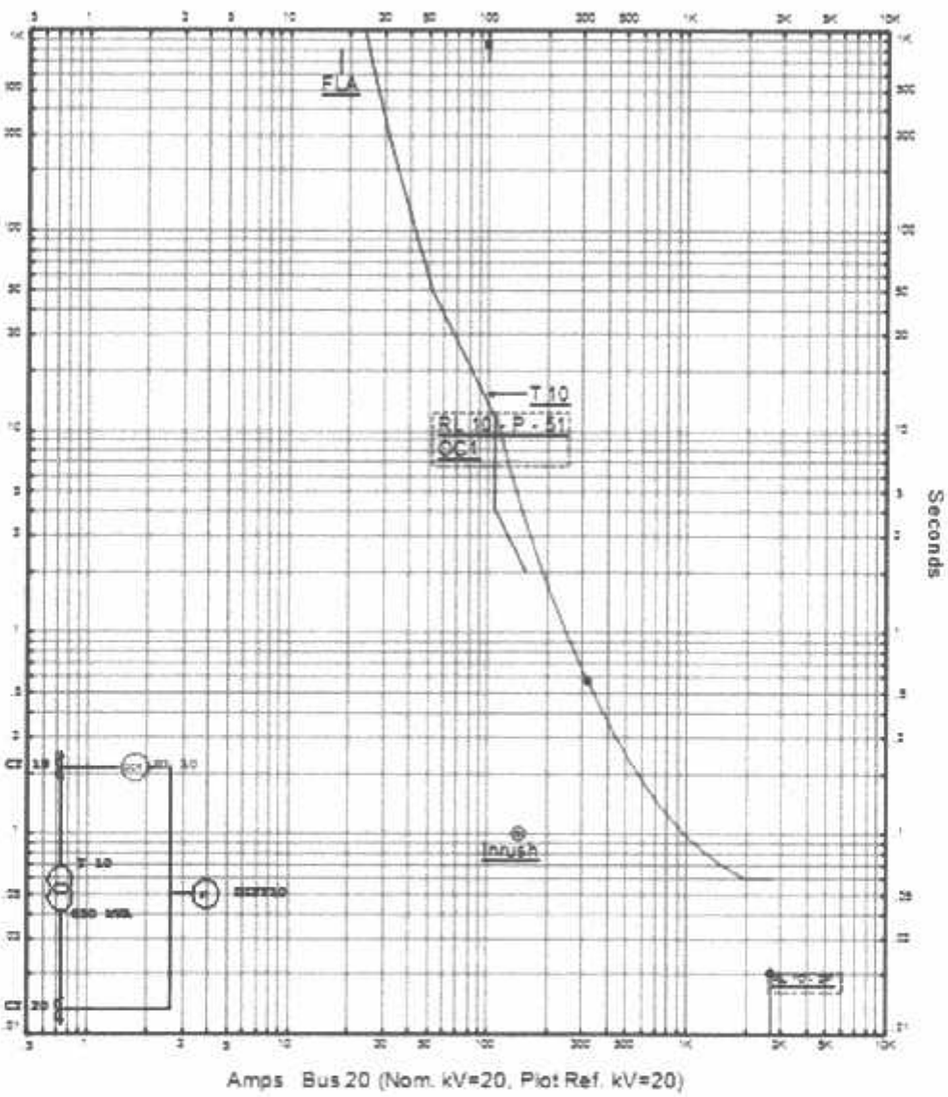
OCR : TD = 1 detik

Iset = 1 A

GFR : TD = 1,1 detik

Iset = 0,5

DR : TD = 0,05



Gambar 4.13
Kurva Arus Kerja Rele 10 Terhadap Trafo 10

Pada kurva diatas terlihat seting waktu dan arus dari rele 10 (warna merah) menyentuh *damage curve* (warna biru) dari trafo 10, ini sangat beresiko menimbulkan kerusakan trafo jika gangguan sering terjadi.

11) Seting Rele 11 (Trafo 11)

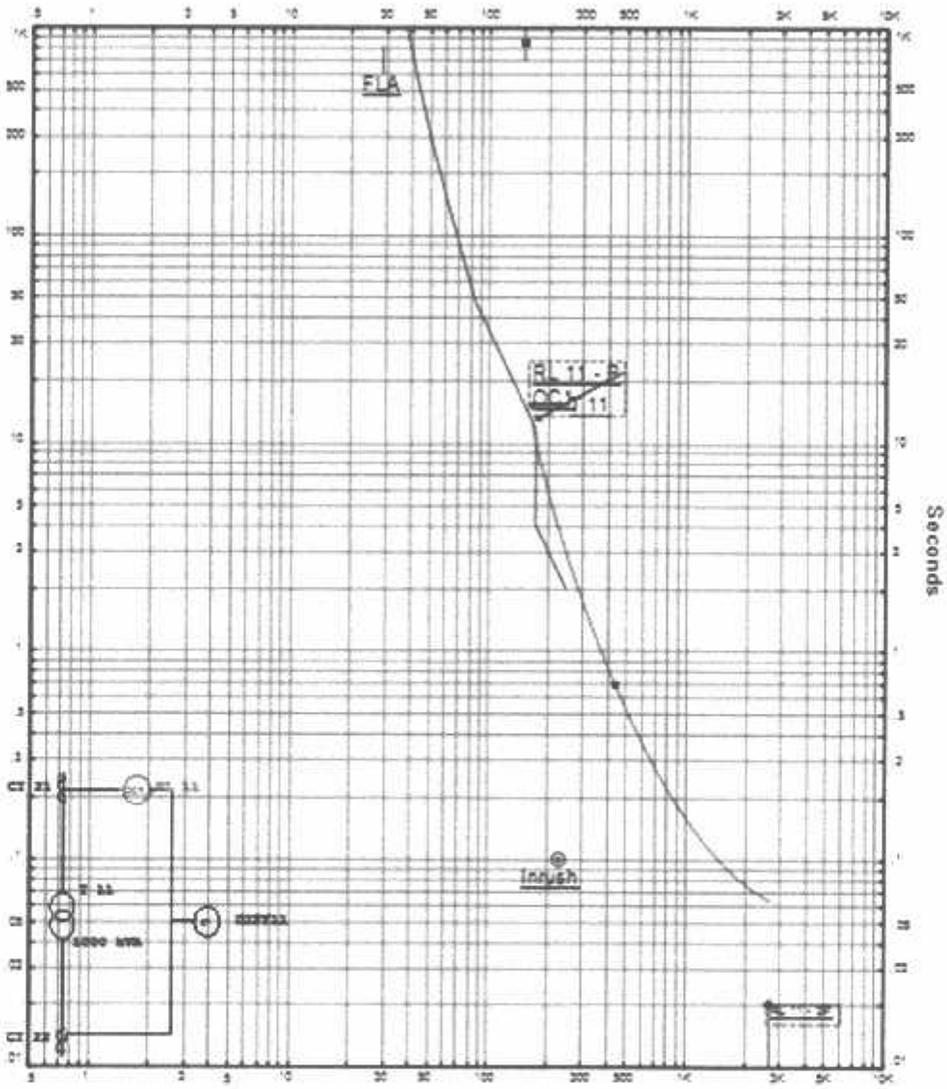
OCR : TD = 1 detik

Iset = 1 A

GFR : TD = 1,1 detik

Iset = 0,5

DR : TD = 0,05



Gambar 4.14
Kurva Arus Kerja Rele 11 Terhadap Trafo 11

Pada kurva diatas terlihat seting waktu dan arus dari rele 11 (warna merah) menyentuh *damage curve* (warna biru) dari trafo 11, ini sangat beresiko menimbulkan kerusakan trafo jika gangguan sering terjadi.

13) Seting Rele 13 (Trafo 13)

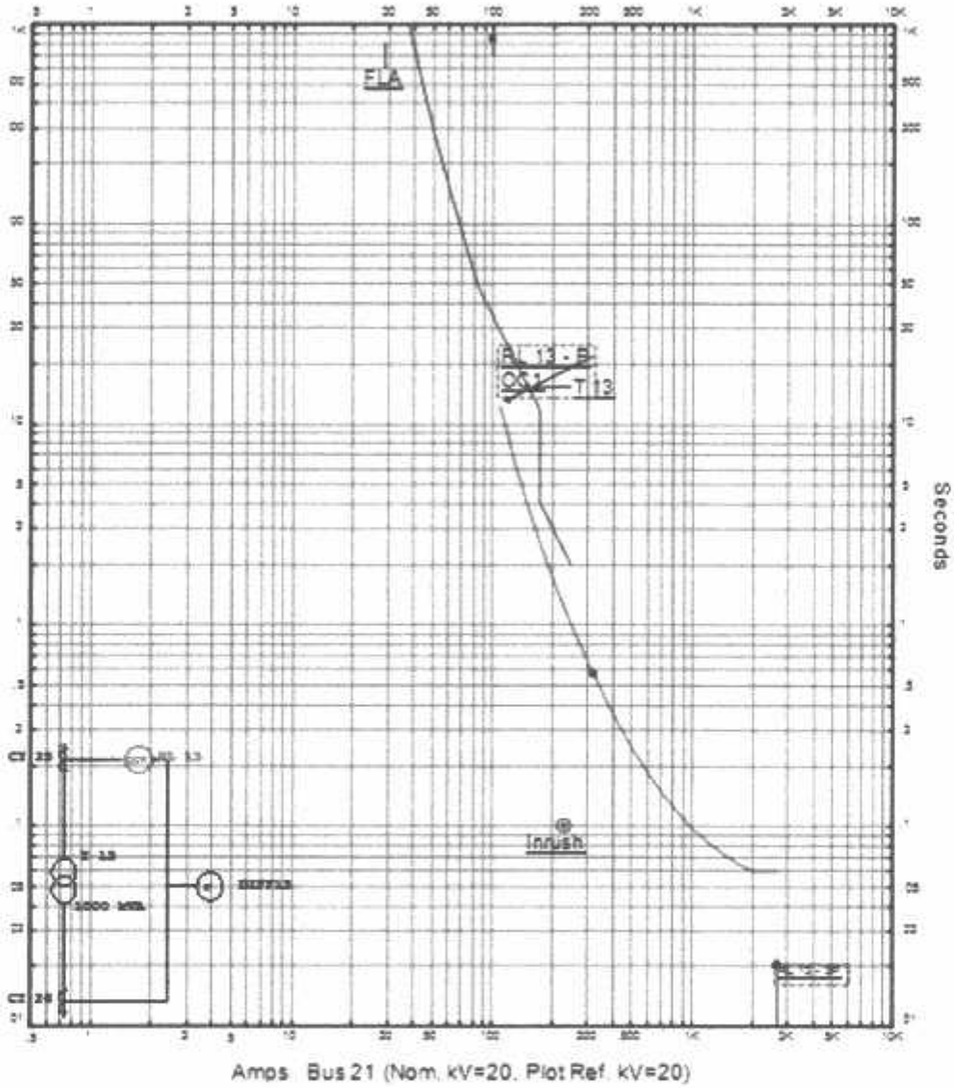
OCR : TD = 1 detik

Iset = 1 A

GFR : TD = 1,1 detik

Iset = 0,5

DR : TD = 0,05



Gambar 4.16
Kurva Arus Kerja Rele 13 Terhadap Trafo 13

Pada kurva diatas terlihat seting waktu dan arus dari rele 13 (warna merah) menyentuh *damage curve* (warna biru) dari trafo 13, ini sangat beresiko menimbulkan kerusakan trafo jika gangguan sering terjadi.

14) Seting Rele 14 (Trafo 14)

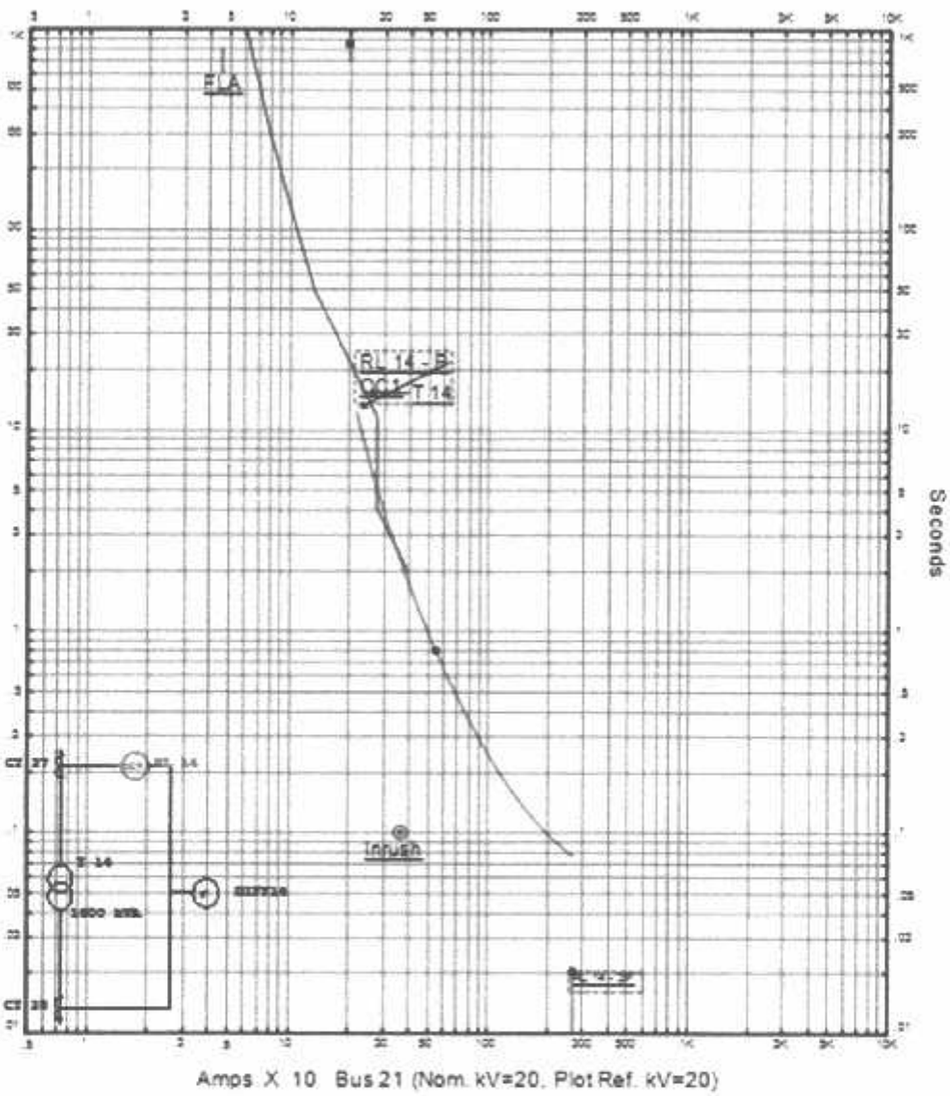
OCR : TD = 1 detik

Iset = 1 A

GFR : TD = 1,1 detik

Iset = 0,5

DR : TD = 0,05



Gambar 4.17
Kurva Arus Kerja Rele 14 Terhadap Trafo 14

Pada kurva diatas terlihat seting waktu dan arus dari rele 14 (warna merah) menyentuh *damage curve* (warna biru) dari trafo 14, ini sangat beresiko menimbulkan kerusakan trafo jika gangguan sering terjadi.

15) Seting Rele 15 (Trafo 15)

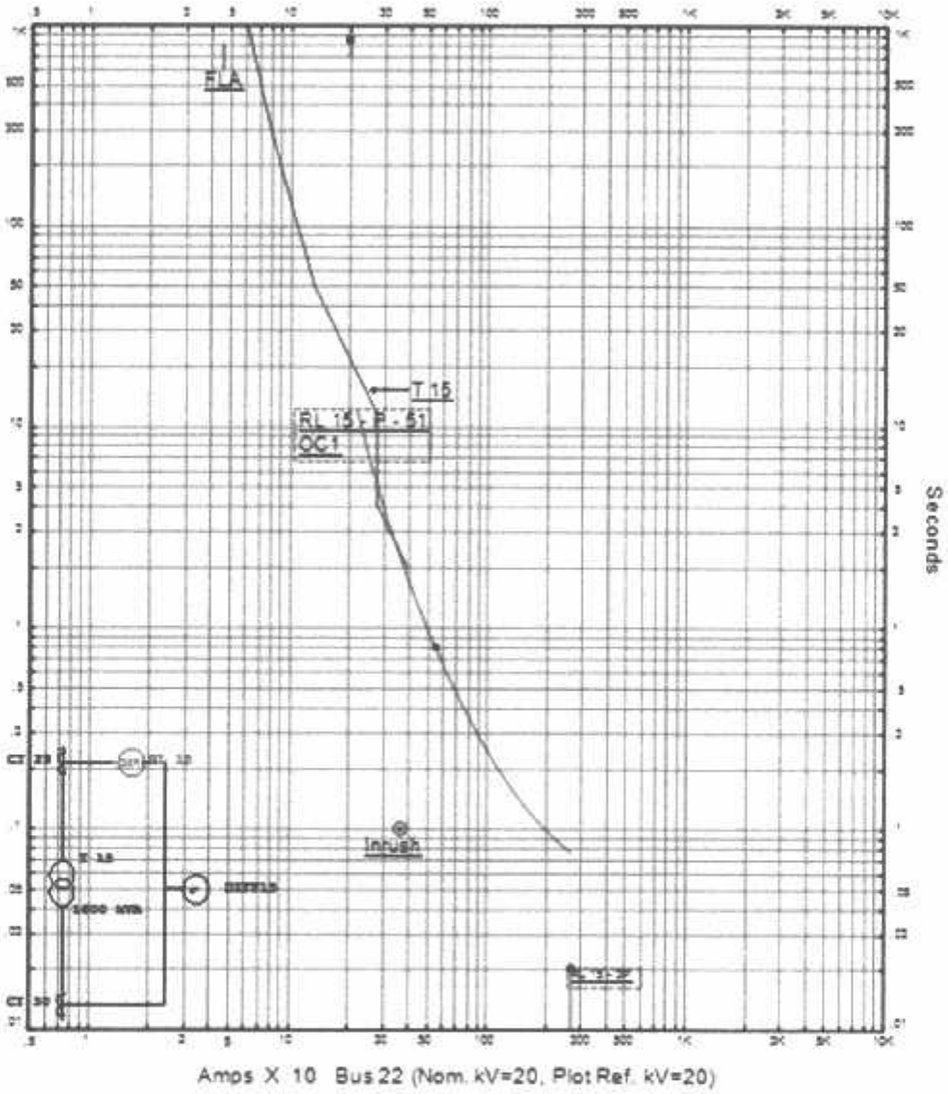
OCR : TD = 1 detik

Iset = 1 A

GFR : TD = 1,1 detik

Iset = 0,5

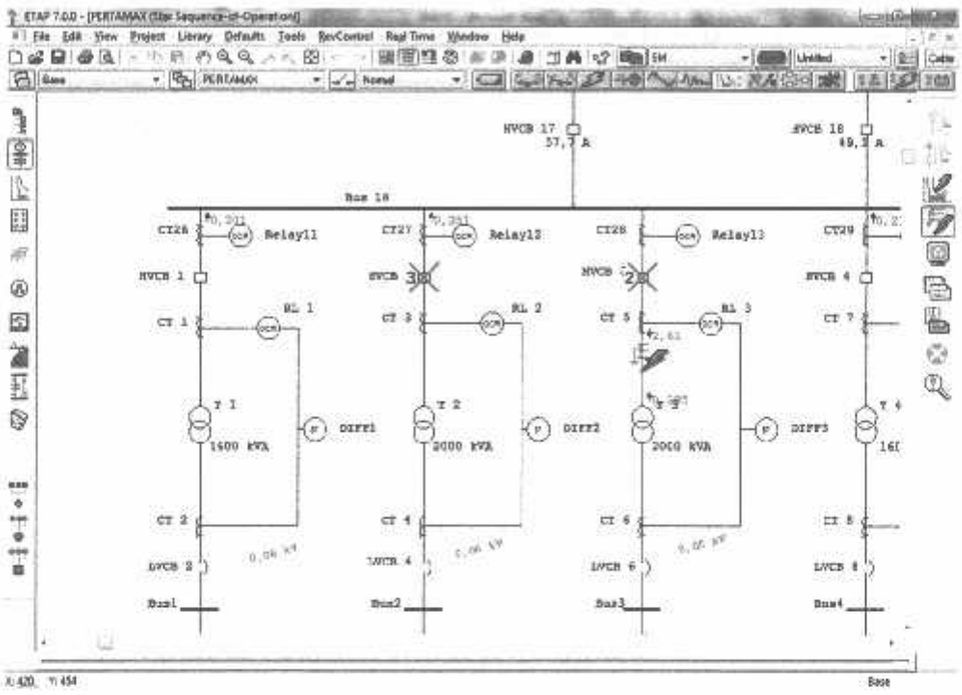
DR : TD = 0,05



Gambar 4.18
Kurva Arus Kerja Rele 15 Terhadap Trafo 15

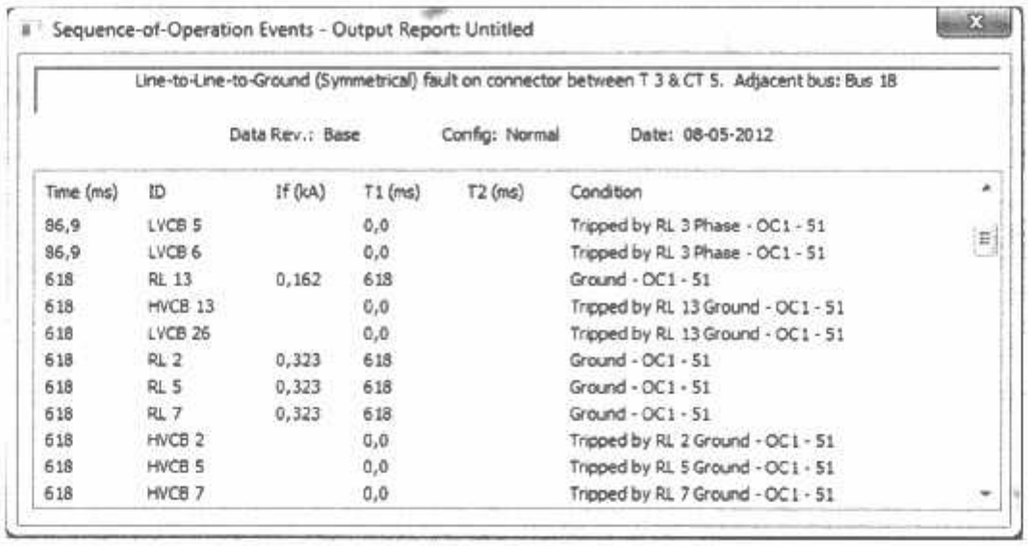
Pada kurva diatas terlihat seting waktu dan arus dari rele 15 (warna merah) menyentuh *damage curve* (warna biru) dari trafo 15, ini sangat beresiko menimbulkan kerusakan trafo jika gangguan sering terjadi.

Setelah semua data seting rele dimasukan selanjutnya adalah melakukan simulasi gangguan untuk mengetahui kinerja dari rele pengaman tersebut.Gambar di bawah ini adalah hasil simulasi gangguan pada trafo 3.



Gambar 4.20
Simulasi Gangguan Hubung Singkat Pada Trafo 3

Pada gambar 4.4 diatas adalah simulasi gangguan hubung singkat fasa-fasa ke tanah yang diinjeksikan pada daerah pengamanan trafo 3 (rele 3).Hasilnya adalah hampir semua rele pengaman di sistem tersebut bekerja untuk mengirimkan perintah ke PMT untuk membuka.Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada ETAP *reporting* dibawah ini.



Gambar 4.21
ETAP *Sequence Viewer*

Pada ETAP *Sequence Viewer* disana terlihat urutan kerja dari rele maupun PMT mulai dari waktu terpendek hingga waktu terpanjang.Untuk hasil simulasi di atas dari segi pengamanan peralatan cukup baik tapi dari segi selektifitas masih belum sesuai dengan kinerja dari rele yang diharapkan yaitu selektif dan sensitif.

Setelah dilakukan percobaan gangguan hubung singkat pada daerah pengaman trafo lain dapat dilihat hasilnya pada tabel 4.6 dibawah.

Tabel 4.6
Selektifitas Rele Pengaman Sebelum Diseting

Fault position \ Trip Device	RL1 PMT	RL2 PMT	RL3 PMT	RL4 PMT	RL5 PMT	RL6 PMT	RL7 PMT	RL8 PMT	RL9 PMT	RL10 PMT	RL11 PMT	RL12 PMT	RL13 PMT	RL14 PMT	RL15 PMT	RL16 PMT
T1	X	X	X	X	X	X	X	X	O	O	O	O	O	O	O	O
T2	X	X	X	X	X	X	X	O	O	X	O	O	O	O	O	O
T3	X	X	X	X	X	X	X	X	O	O	O	O	O	O	O	O
T4	X	X	X	X	X	X	X	X	O	O	O	O	O	O	O	O
T5	O	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	O	O	O
T6	O	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	O	X
T7	O	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	O	O	O
T8	O	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	O	O	O
T9	O	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	O	O	X
T10	O	O	O	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O
T11	O	O	O	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O
T12	O	O	O	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O
T13	O	O	O	O	O	O	O	O	O	X	X	X	X	X	X	X
T14	O	O	O	O	O	O	O	O	O	X	X	X	X	X	X	X
T15	O	O	O	O	O	O	O	O	O	X	X	X	X	X	X	X
T16	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	X	X	X	X	X	X

Tabel 4.6 diatas adalah hasil percobaan simulasi gangguan hubung singkat pada masing-masing daerah pengaman trafo.Tanda silang merah adalah menunjukan rele dan PMT yang bekerja pada saat terjadi gangguan di salah satu trafo.Dari tabel diatas terlihat bahwa selektifitas dari rele pengaman masih kurang dari standard yang didinginkan.

4.3.2 Perhitungan dan Seting Ulang Rele Pengaman

untuk melakukan perhitungan seting rele arus lebih hal pertama yang perlu diketahui adalah parameter yang diset pada rele pengaman adalah arus dan waktu.Untuk menentukan besar arus dan waktu kerja dari rele diperlukan data-data dari peralatan yang diamankan oleh rele untuk dihitung menggunakan persamaan berikut.

- Persamaan untuk menghitung arus kerja rele OCR dan GFR

$$In = \frac{kVA}{\sqrt{3}.kV} \quad \text{..... (4.1)}$$

In = arus fasa ke netral

$$Ip = \frac{kf}{kd} \times In \quad \text{..... (4.2)}$$

Ip = arus seting primer

k_{fk} = faktor keamanan, antara 1,05 – 1,2

kd = faktor arus kembali

$$Ir = Is \times rasio\ CT \quad \text{..... (4.3)}$$

Is = arus seting rele

- Persamaan untuk menghitung waktu kerja rele

$$t = \frac{80}{(Ir^2-1)} \times Tms \quad \text{..... (4.4)}$$

t = waktu kerja rele berdasarkan standard IEC *extremely invers*[4]

Ir = arus gangguan terbesar dibagi dengan arus seting primer

1) Seting rele 1 (trafo 1)

Rating trafo 1 : 1600 kVA 380V/20kV

Perbandingan CT : 200 : 5

Arus gangguan terbesar pada sisi 20 kV : 259 A

- Seting OCR

$$In = \frac{1600}{\sqrt{3}.20} = 46{,}2 \text{ A}$$

$$Ip = \frac{1{,}1}{1{,}0} \times 46{,}2 = 50{,}82 \text{ A}$$

$Is = 50{,}82 \times 5/200 = 1{,}27$ A

$Ir = 259 / 50{,}82 = 5{,}1$ A

tms = 0,05 (set pabrik)

$$t = \frac{80}{((5{,}1)^2-1)} \times 0{,}05 = 0{,}16 \text{ s}$$

- Seting GFR

$$In = \frac{1600}{\sqrt{3}.20} = 46{,}2 \text{ A}$$

$$Ip = \frac{1{,}05}{1{,}0} \times 46{,}2 = 48{,}51 \text{ A}$$

$Is = 50{,}82 \times 5/200 = 1{,}21$ A

$Ir = 259 / 48{,}51 = 5{,}34$ A

tms = 0,05 (set pabrik)

$$t = \frac{80}{((5{,}34)^2-1)} \times 0{,}05 = 0{,}14 \text{ s}$$

- Seting DR

Ti = 0,101 s (lama terjadinya *inrush current* berdasarkan simulasi)

TD = 2 × Ti

= 2 × 0,101 = 0,202 s

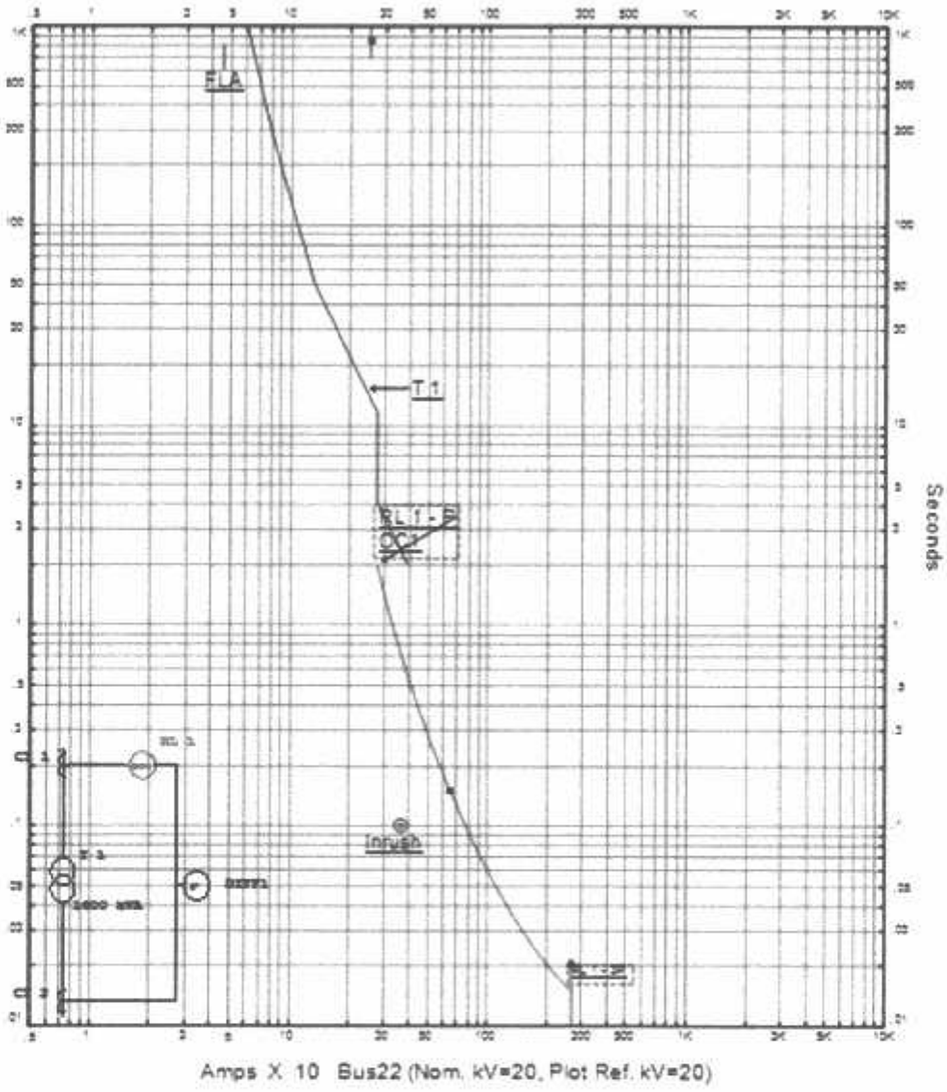
OCR : TD = 0,16 detik

Iset = 1,27 A

GFR : TD = 0,14 detik

Iset = 1,21

DR : TD = 0,202 detik



Gambar 4.22
Kurva Rele 1 Terhadap Trafo 1 Setelah Penyetingan

Gambar 4.21 di atas merupakan kurva dari rele 1 setelah dilakukan penyetelan ulang.Terlihat seting kurva dari rele 1 (warna merah) terletak dibawah *damage curve* dari trafo 1 (warna biru), ini berarti kerja dari rele 1 sangat aman jika terjadi gangguan hubung singkat di daerah pengamanan trafo 1 dengan waktu kerja rele yang lebih cepat dan selektif.

2) Seting rele 2 (trafo 2)

Rating trafo 2 : 2000 kVA 380V/20kV

Perbandingan CT : 200 : 5

Arus gangguan terbesar pada sisi 20 kV : 323 A

- Seting OCR

$$In=\frac{2000}{\sqrt{3}.20}=54,6\ A$$

$$Ip=\frac{1,1}{1,0}\times 54,6=60,04\ A$$

$Is = 60,04 \times 5/200 = 1,5$ A

$Ir = 323 / 60,04 = 5,35$ A

tms = 0,05 (set pabrik)

$$t = \frac{80}{((5,35)^2-1)}\times 0,05=0,14\ s$$

- Seting GFR

$$In=\frac{2000}{\sqrt{3}.20}=54,6\ A$$

$$Ip=\frac{1,05}{1,0}\times 54,6=57,33\ A$$

$Is = 57,33 \times 5/200 = 1,43$ A

$Ir = 323 / 57,33 = 5,34$ A

tms = 0,05 (set pabrik)

$$t = \frac{80}{((5,34)^2-1)}\times 0,05=0,13\ s$$

- Seting DR

Ti = 0,101 s (lama terjadinya *inrush current* berdasarkan simulasi)

TD = 2 × Ti

= 2 × 0,101 = 0,202 s

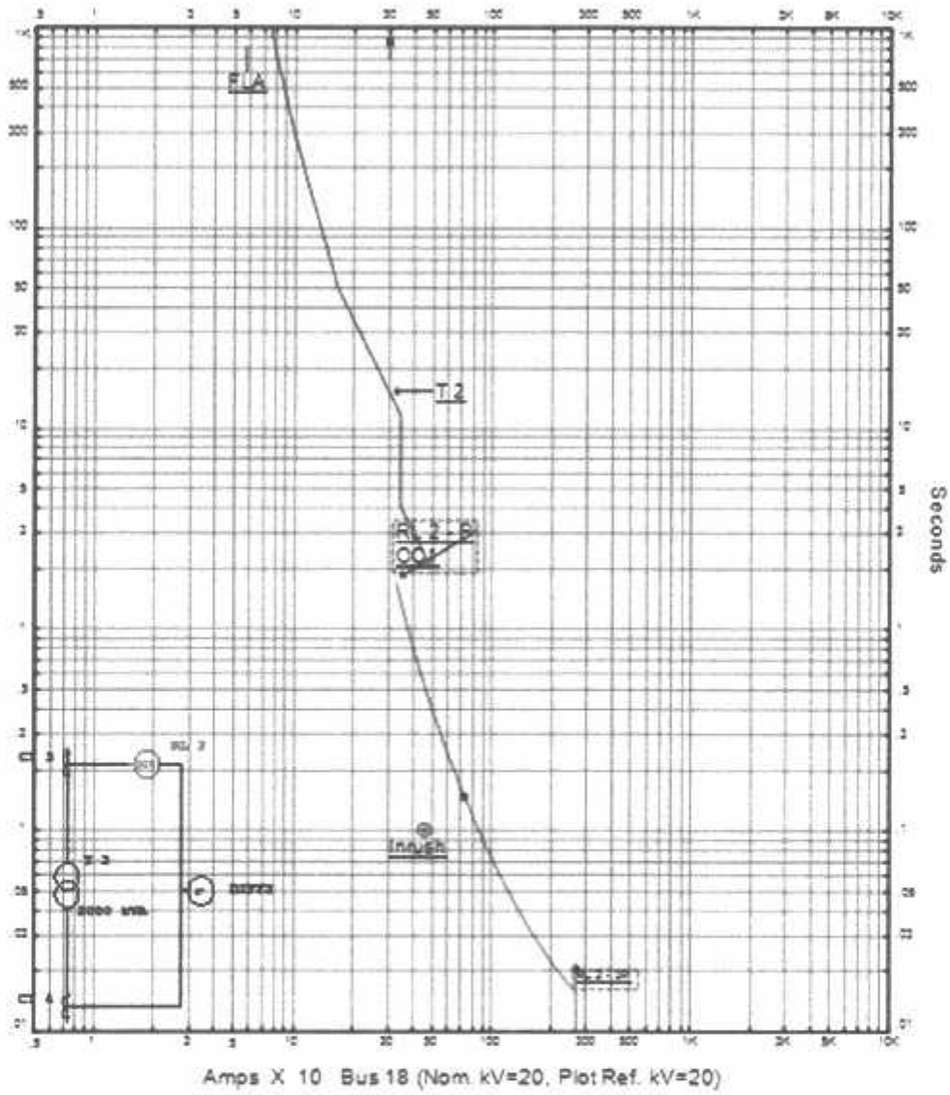
OCR : TD = 0,14 detik

Iset = 1,5 A

GFR : TD = 0,13 detik

Iset = 1,43

DR : TD = 0,202 detik



Gambar 4.23
Kurva Rele 2 Terhadap Trafo 2 Setelah Penyetingan

Gambar 4.23 di atas merupakan kurva dari rele 2 setelah dilakukan penyetelan ulang.Terlihat seting kurva dari rele 2 (warna merah) terletak dibawah *damage curve* dari trafo 2 (warna biru), ini berarti kerja dari rele 2 sangat aman jika terjadi gangguan hubung singkat di daerah pengamanan trafo 2 dengan waktu kerja rele yang lebih cepat dan selektif.

3) Seting rele 3 (trafo 3)

Rating trafo 3 : 2000 kVA 380V/20kV

Perbandingan CT : 200 : 5

Arus gangguan terbesar pada sisi 20 kV : 380 A

- Seting OCR

$$In=\frac{2000}{\sqrt{3}.20}=54,6\ A$$

$$Ip=\frac{1,1}{1,0}\times 54,6=60,04\ A$$

$Is = 60,04 \times 5/200 = 1,5$ A

$Ir = 380 / 60,04 = 6,33$ A

tms = 0,05 (set pabrik)

$$t = \frac{80}{((6,33)^2-1)}\times 0,05=0,1\ s$$

- Seting GFR

$$In=\frac{2000}{\sqrt{3}.20}=54,6\ A$$

$$Ip=\frac{1,05}{1,0}\times 54,6=57,33\ A$$

$Is = 57,33 \times 5/200 = 1,43$ A

$Ir = 380 / 57,33 = 6,63$ A

tms = 0,05 (set pabrik)

$$t = \frac{80}{((6,63)^2-1)}\times 0,05=0,09\ s$$

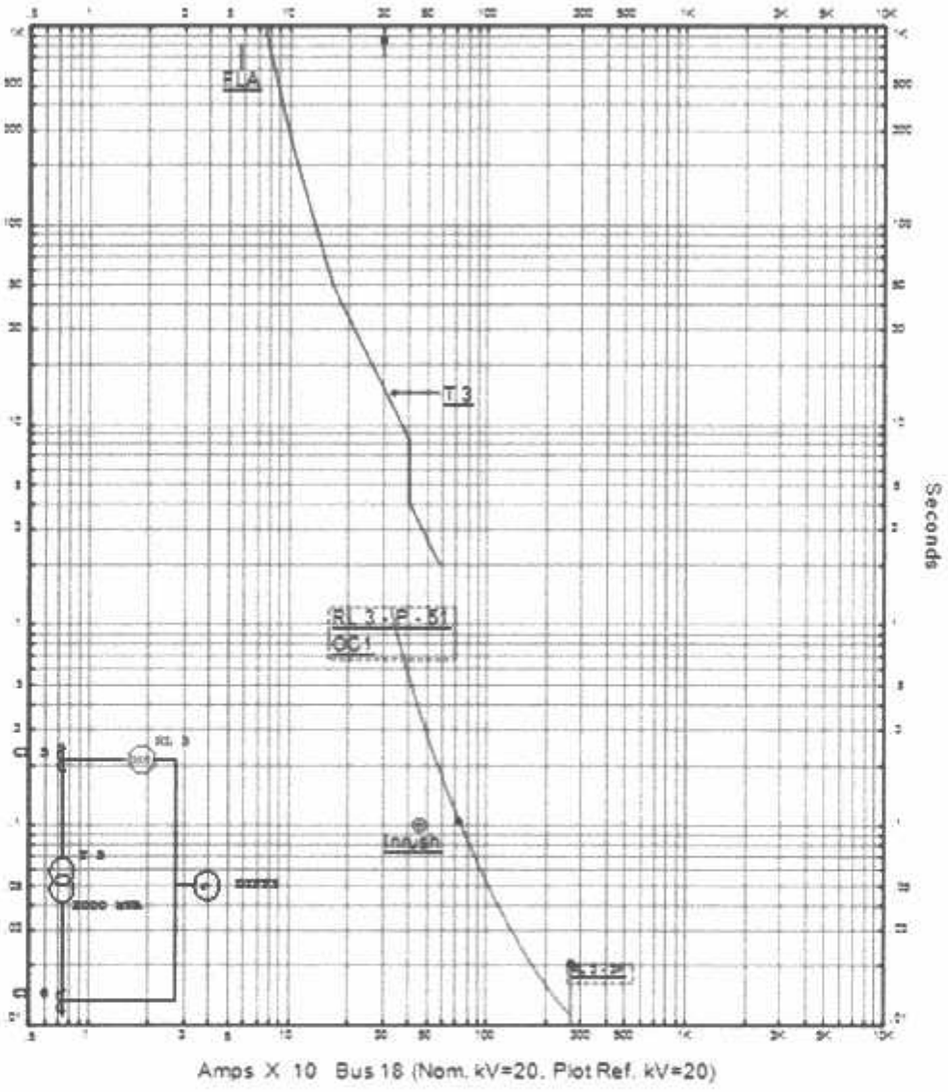
- Seting DR

Ti = 0,101 s (lama terjadinya *inrush current* berdasarkan simulasi)

TD = 2 × Ti

= 2 × 0,101 = 0,202 s

OCR : TD = 0,1 detik
Iset = 1,5 A
GFR : TD = 0,09 detik
Iset = 1,43
DR : TD = 0,202 detik



Gambar 4.24
Kurva Rele 3 Terhadap Trafo 3 Setelah Penyetingan

Gambar 4.24 di atas merupakan kurva dari rele 3 setelah dilakukan penyetelan ulang.Terlihat seting kurva dari rele 3 (warna merah) terletak dibawah *damage curve* dari trafo 3 (warna biru), ini berarti kerja dari rele 3 sangat aman jika terjadi gangguan hubung singkat di daerah pengamanan trafo 3 dengan waktu kerja rele yang lebih cepat dan selektif.

4) Seting rele 4 (trafo 4)

Rating trafo 4 : 1600 kVA 380V/20kV

Perbandingan CT : 200 : 5

Arus gangguan terbesar pada sisi 20 kV : 304 A

- Seting OCR

$$In=\frac{1600}{\sqrt{3}.20}=46,2\ A$$

$$Ip=\frac{1,1}{1,0}\times 46,2=50,82\ A$$

$Is = 50,82 \times 5/200 = 1,27$ A

$Ir = 304 / 50,82 = 5,98$ A

tms = 0,05 (set pabrik)

$$t = \frac{80}{((5,98)^2-1)} \times 0,05 = 0,1\ s$$

- Seting GFR

$$In=\frac{1600}{\sqrt{3}.20}=46,2\ A$$

$$Ip=\frac{1,05}{1,0}\times 46,2=48,51\ A$$

$Is = 50,82 \times 5/200 = 1,21$ A

$Ir = 304 / 48,51 = 6,3$ A

tms = 0,05 (set pabrik)

$$t = \frac{80}{((6,3)^2-1)} \times 0,05 = 0,1\ s$$

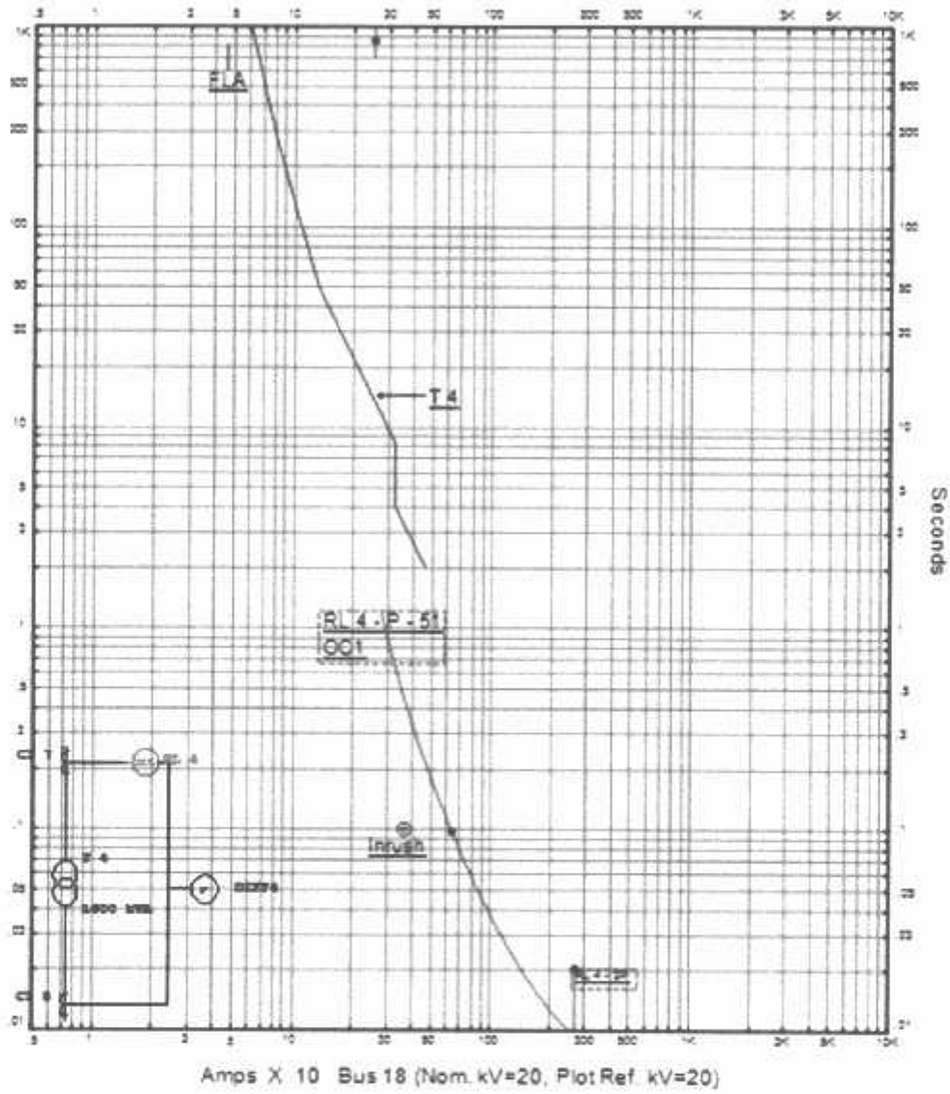
- Seting DR

Ti = 0,101 s (lama terjadinya *inrush current* berdasarkan simulasi)

TD = 2 × Ti

= 2 × 0,101 = 0,202 s

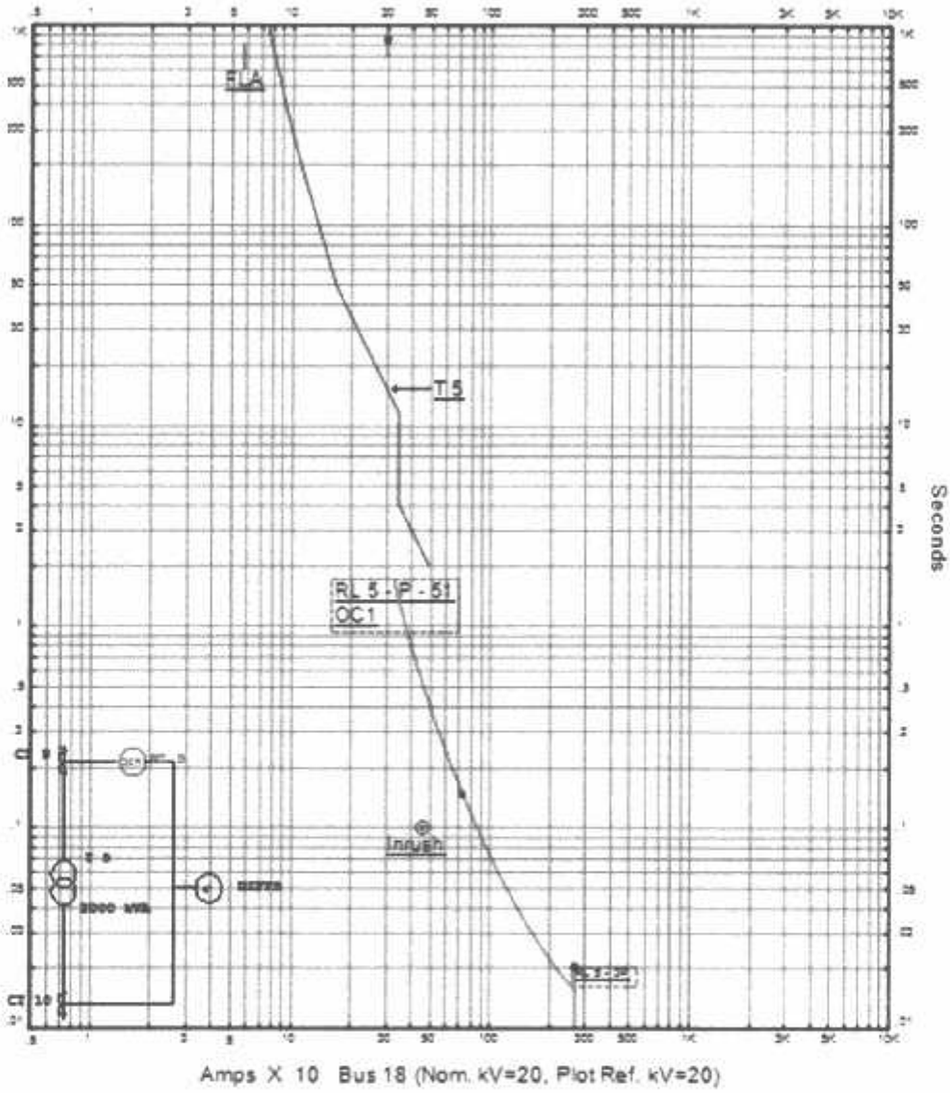
OCR : TD = 0,1 detik
Iset = 1,27 A
GFR : TD = 0,1 detik
Iset = 1,21
DR : TD = 0,202 detik



Gambar 4.25
Kurva Rele 4 Terhadap Trafo 4 Setelah Penyetingan

Gambar 4.25 di atas merupakan kurva dari rele 4 setelah dilakukan penyetelan ulang.Terlihat seting kurva dari rele 4 (warna merah) terletak dibawah *damage curve* dari trafo 4 (warna biru), ini berarti kerja dari rele 4 sangat aman jika terjadi gangguan hubung singkat di daerah pengamanan trafo 4 dengan waktu kerja rele yang lebih cepat dan selektif.

OCR : TD = 0,14 detik
Iset = 1,5 A
GFR : TD = 0,13 detik
Iset = 1,43
DR : TD = 0,202 detik



Gambar 4.26
Kurva Rele 5 Terhadap Trafo 5 Setelah Penyetingan

Gambar 4.26 di atas merupakan kurva dari rele 5 setelah dilakukan penyetelan ulang.Terlihat seting kurva dari rele 5 (warna merah) terletak dibawah *damage curve* dari trafo 5 (warna biru), ini berarti kerja dari rele 5 sangat aman jika terjadi gangguan hubung singkat di daerah pengamanan trafo 5 dengan waktu kerja rele yang lebih cepat dan selektif.

6) Seting rele 6 (trafo 6)

Rating trafo 6 : 2000 kVA 380V/20kV

Perbandingan CT : 200 : 5

Arus gangguan terbesar pada sisi 20 kV : 323 A

- Seting OCR

$$In=\frac{2000}{\sqrt{3}.20}=54,6\ A$$

$$Ip=\frac{1,1}{1,0}\times 54,6=60,04\ A$$

$Is = 60,04 \times 5/200 = 1,5$ A

$Ir = 323 / 60,04 = 5,4$ A

tms = 0,05 (set pabrik)

$$t = \frac{80}{((5,4)^2-1)}\times 0,05=0,14\ s$$

- Seting GFR

$$In=\frac{2000}{\sqrt{3}.20}=54,6\ A$$

$$Ip=\frac{1,05}{1,0}\times 54,6=57,33\ A$$

$Is = 57,33 \times 5/200 = 1,43$ A

$Ir = 323 / 57,33 = 5,6$ A

tms = 0,05 (set pabrik)

$$t = \frac{80}{((5,6)^2-1)}\times 0,05=0,13\ s$$

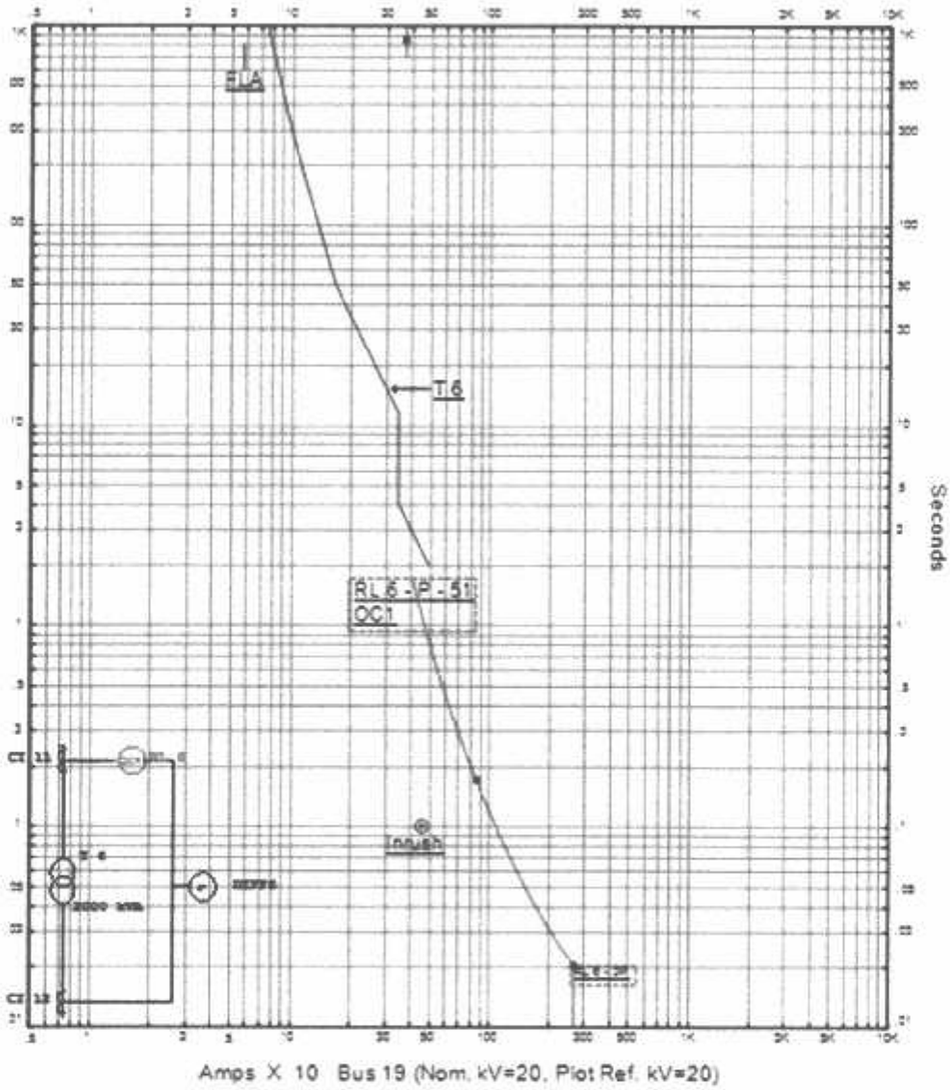
- Seting DR

Ti = 0,101 s (lama terjadinya *inrush current* berdasarkan simulasi)

TD = 2 × Ti

= 2 × 0,101 = 0,202 s

OCR : TD = 0,14 detik
Iset = 1,5 A
GFR : TD = 0,13 detik
Iset = 1,43
DR : TD = 0,202 detik



Gambar 4.27
Kurva Rele 6 Terhadap Trafo 6 Setelah Penyetingan

Gambar 4.27 di atas merupakan kurva dari rele 6 setelah dilakukan penyetelan ulang.Terlihat seting kurva dari rele 6 (warna merah) terletak dibawah *damage curve* dari trafo 6 (warna biru), ini berarti kerja dari rele 6 sangat aman jika terjadi gangguan hubung singkat di daerah pengamanan trafo 6 dengan waktu kerja rele yang lebih cepat dan selektif.

7) Seting rele 7 (trafo 7)

Rating trafo 7 : 2000 kVA 380V/20kV

Perbandingan CT : 200 : 5

Arus gangguan terbesar pada sisi 20 kV : 323 A

- Seting OCR

$$In = \frac{2000}{\sqrt{3}.20} = 54,6 \text{ A}$$

$$Ip = \frac{1,1}{1,0} \times 54,6 = 60,04 \text{ A}$$

$Is = 60,04 \times 5/200 = 1,5$ A

$Ir = 323 / 60,04 = 5,4$ A

tms = 0,05 (set pabrik)

$$t = \frac{80}{((5,4)^2-1)} \times 0,05 = 0,14 \text{ s}$$

- Seting GFR

$$In = \frac{2000}{\sqrt{3}.20} = 54,6 \text{ A}$$

$$Ip = \frac{1,05}{1,0} \times 54,6 = 57,33 \text{ A}$$

$Is = 57,33 \times 5/200 = 1,43$ A

$Ir = 323 / 57,33 = 5,6$ A

tms = 0,05 (set pabrik)

$$t = \frac{80}{((5,6)^2-1)} \times 0,05 = 0,13 \text{ s}$$

- Seting DR

Ti = 0,101 s (lama terjadinya *inrush current* berdasarkan simulasi)

TD = 2 × Ti

= 2 × 0,101 = 0,202 s

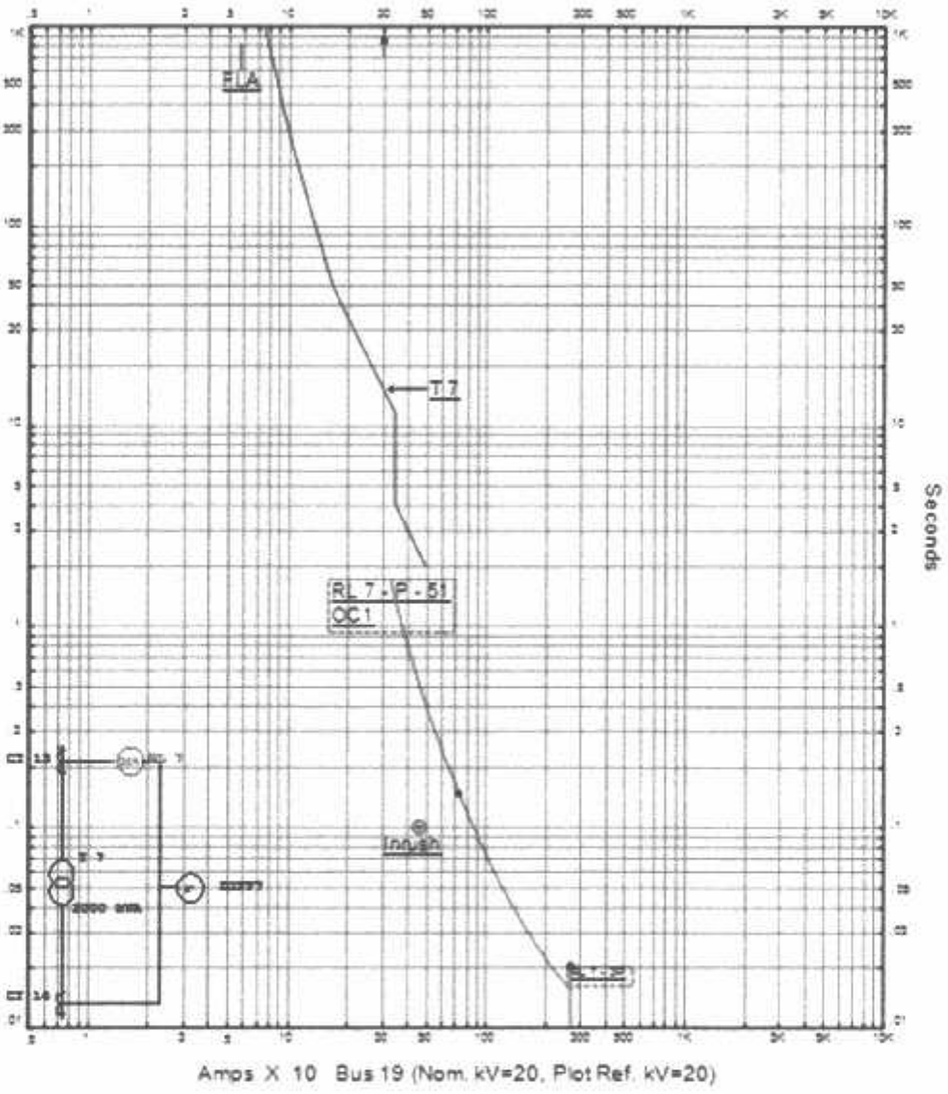
OCR : TD = 0,14 detik

Iset = 1,5 A

GFR : TD = 0,13 detik

Iset = 1,43

DR : TD = 0,202 detik



Gambar 4.28
Kurva Rele 7 Terhadap Trafo 7 Setelah Penyetingan

Gambar 4.28 di atas merupakan kurva dari rele 7 setelah dilakukan penyetelan ulang.Terlihat seting kurva dari rele 7 (warna merah) terletak dibawah *damage curve* dari trafo 7 (warna biru), ini berarti kerja dari rele 7 sangat aman jika terjadi gangguan hubung singkat di daerah pengamanan trafo 7 dengan waktu kerja rele yang lebih cepat dan selektif.

8) Seting rele 8 (trafo 8)

Rating trafo 8 : 2000 kVA 380V/20kV

Perbandingan CT : 200 : 5

Arus gangguan terbesar pada sisi 20 kV : 323 A

- Seting OCR

$$In=\frac{2000}{\sqrt{3}.20}=54,6\ A$$

$$Ip=\frac{1,1}{1,0}\times 54,6=60,04\ A$$

$Is = 60,04 \times 5/200 = 1,5$ A

$Ir = 323 / 60,04 = 5,4$ A

tms = 0,05 (set pabrik)

$$t = \frac{80}{((5,4)^2-1)}\times 0,05=0,14\ s$$

- Seting GFR

$$In=\frac{2000}{\sqrt{3}.20}=54,6\ A$$

$$Ip=\frac{1,05}{1,0}\times 54,6=57,33\ A$$

$Is = 57,33 \times 5/200 = 1,43$ A

$Ir = 323 / 57,33 = 5,6$ A

tms = 0,05 (set pabrik)

$$t = \frac{80}{((5,6)^2-1)}\times 0,05=0,13\ s$$

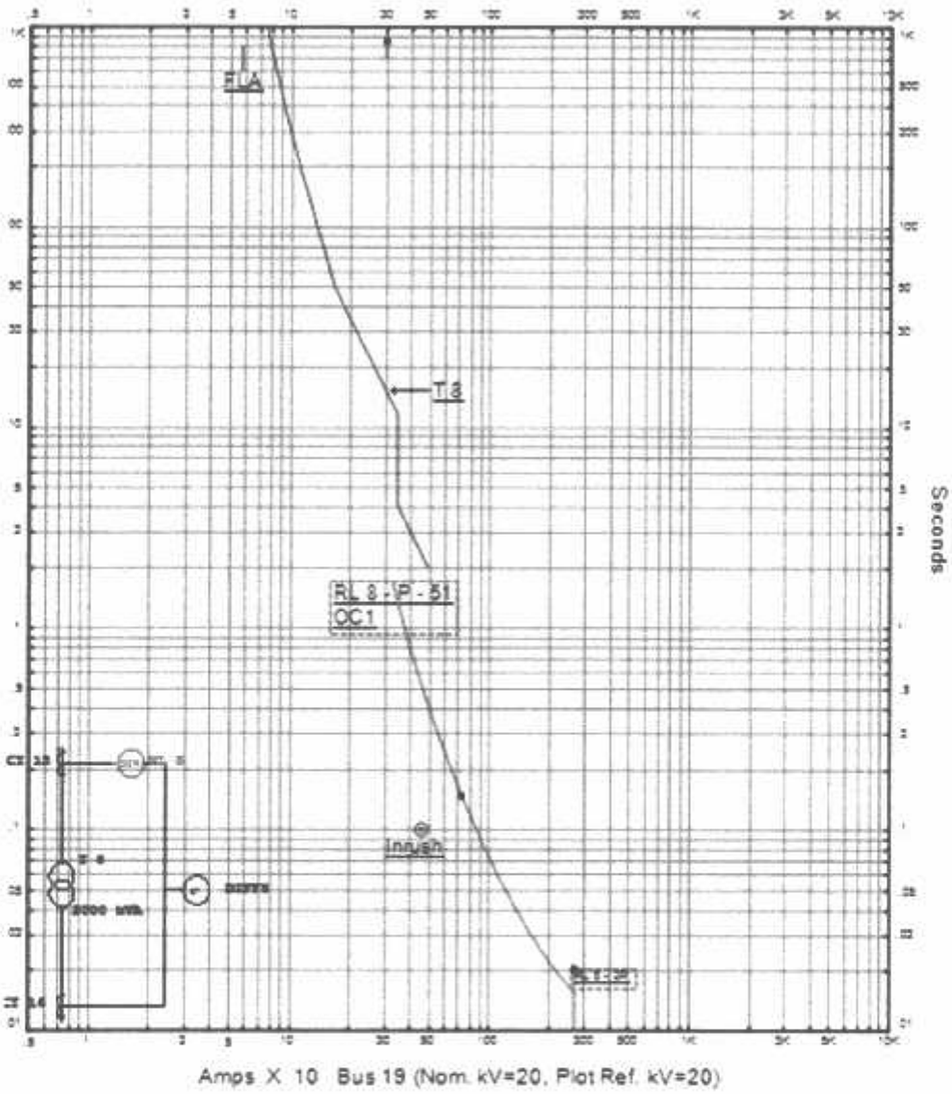
- Seting DR

Ti = 0,101 s (lama terjadinya *inrush current* berdasarkan simulasi)

TD = 2 × Ti

= 2 × 0,101 = 0,202 s

OCR : TD = 0,14 detik
Iset = 1,5 A
GFR : TD = 0,13 detik
Iset = 1,43
DR : TD = 0,202 detik



Gambar 4.29
Kurva Rele 8 Terhadap Trafo 8 Setelah Penyetingan

Gambar 4.29 di atas merupakan kurva dari rele 8 setelah dilakukan penyetelan ulang.Terlihat seting kurva dari rele 8 (warna merah) terletak dibawah *damage curve* dari trafo 8 (warna biru), ini berarti kerja dari rele 8 sangat aman jika terjadi gangguan hubung singkat di daerah pengamanan trafo 8 dengan waktu kerja rele yang lebih cepat dan selektif.

9) Seting rele 9 (trafo 9)

Rating trafo 9 : 630 kVA 380V/20kV

Perbandingan CT : 100 : 5

Arus gangguan terbesar pada sisi 20 kV : 102 A

- Seting OCR

$$In = \frac{630}{\sqrt{3}.20} = 18{,}2 \text{ A}$$

$$Ip = \frac{1{,}1}{1{,}0} \times 18{,}2 = 20{,}02 \text{ A}$$

$Is = 20{,}02 \times 5/200 = 1{,}001$ A

$Ir = 102 / 20{,}02 = 5{,}1$ A

tms = 0,05 (set pabrik)

$$t = \frac{80}{((5{,}1)^2\text{-}1)} \times 0{,}05 = 0{,}16 \text{ s}$$

- Seting GFR

$$In = \frac{630}{\sqrt{3}.20} = 18{,}2 \text{ A}$$

$$Ip = \frac{1{,}05}{1{,}0} \times 18{,}2 = 19{,}11 \text{ A}$$

$Is = 19{,}11 \times 5/100 = 0{,}95$ A

$Ir = 102 / 19{,}11 = 5{,}43$ A

tms = 0,05 (set pabrik)

$$t = \frac{80}{((5{,}34)^2\text{-}1)} \times 0{,}05 = 0{,}14 \text{ s}$$

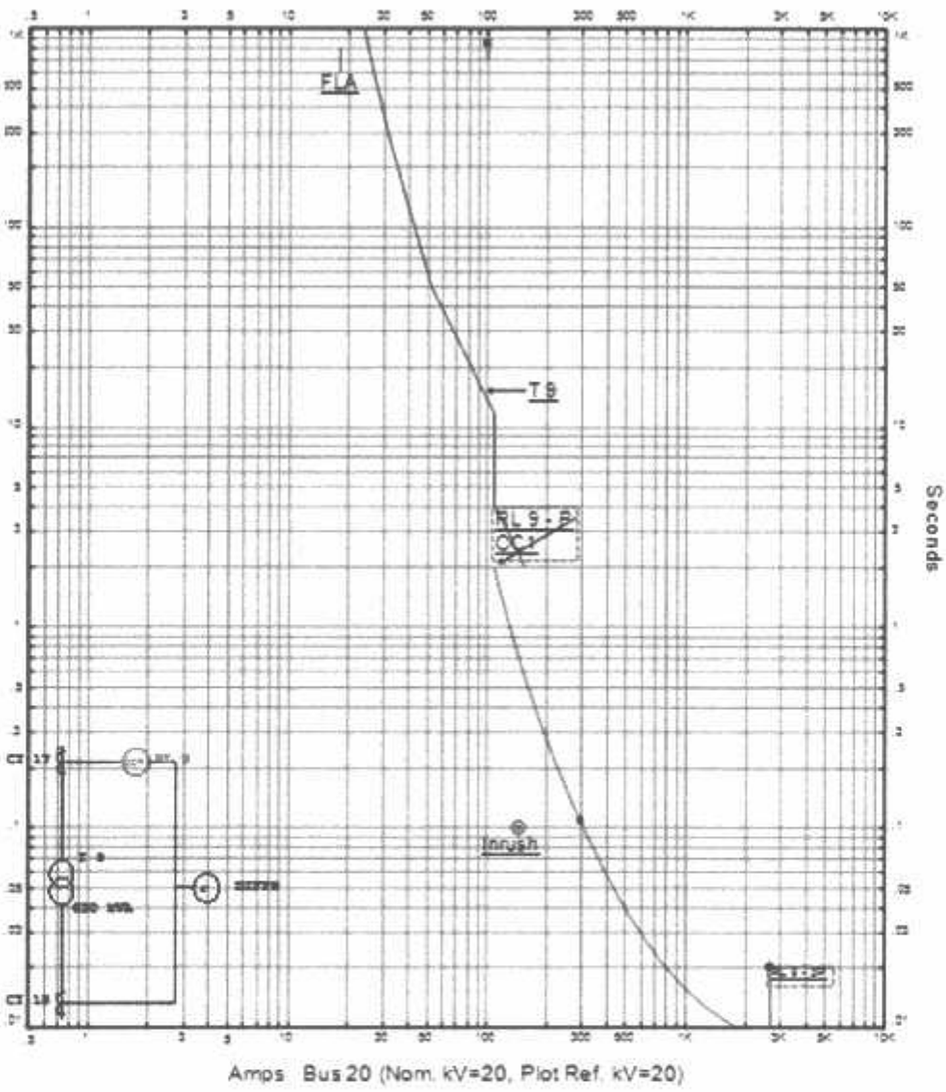
- Seting DR

Ti = 0,101 s (lama terjadinya *inrush current* berdasarkan simulasi)

TD = 2 × Ti

= 2 × 0,101 = 0,202 s

OCR : TD = 0,16 detik
Iset = 1 A
GFR : TD = 0,14 detik
Iset = 0,95
DR : TD = 0,202 detik



Gambar 4.30
Kurva Rele 9 Terhadap Trafo 9 Setelah Penyetingan

Gambar 4.30 di atas merupakan kurva dari rele 9 setelah dilakukan penyetelan ulang.Terlihat seting kurva dari rele 9 (warna merah) terletak dibawah *damage curve* dari trafo 9 (warna biru), ini berarti kerja dari rele 9 sangat aman jika terjadi gangguan hubung singkat di daerah pengamanan trafo 9 dengan waktu kerja rele yang lebih cepat dan selektif.

10) Seting rele 10 (trafo 10)

Rating trafo 10 : 630 kVA 380V/20kV

Perbandingan CT : 100 : 5

Arus gangguan terbesar pada sisi 20 kV : 102 A

- Seting OCR

$$In=\frac{630}{\sqrt{3}.20}=18,2\ A$$

$$Ip=\frac{1,1}{1,0}\times 18,2=20,02\ A$$

$Is = 20,02 \times 5/200 = 1,001$ A

$Ir = 102 / 20,02 = 5,1$ A

tms = 0,05 (set pabrik)

$$t = \frac{80}{((5,1)^2-1)}\times 0,05=0,16\ s$$

- Seting GFR

$$In=\frac{630}{\sqrt{3}.20}=18,2\ A$$

$$Ip=\frac{1,05}{1,0}\times 18,2-19,11\ A$$

$Is = 19,11 \times 5/100 = 0,95$ A

$Ir = 102 / 19,11 = 5,43$ A

tms = 0,05 (set pabrik)

$$t = \frac{80}{((5,34)^2-1)}\times 0,05=0,14\ s$$

- Seting DR

Ti = 0,101 s (lama terjadinya *inrush current* berdasarkan simulasi)

TD = 2 × Ti

= 2 × 0,101 = 0,202 s

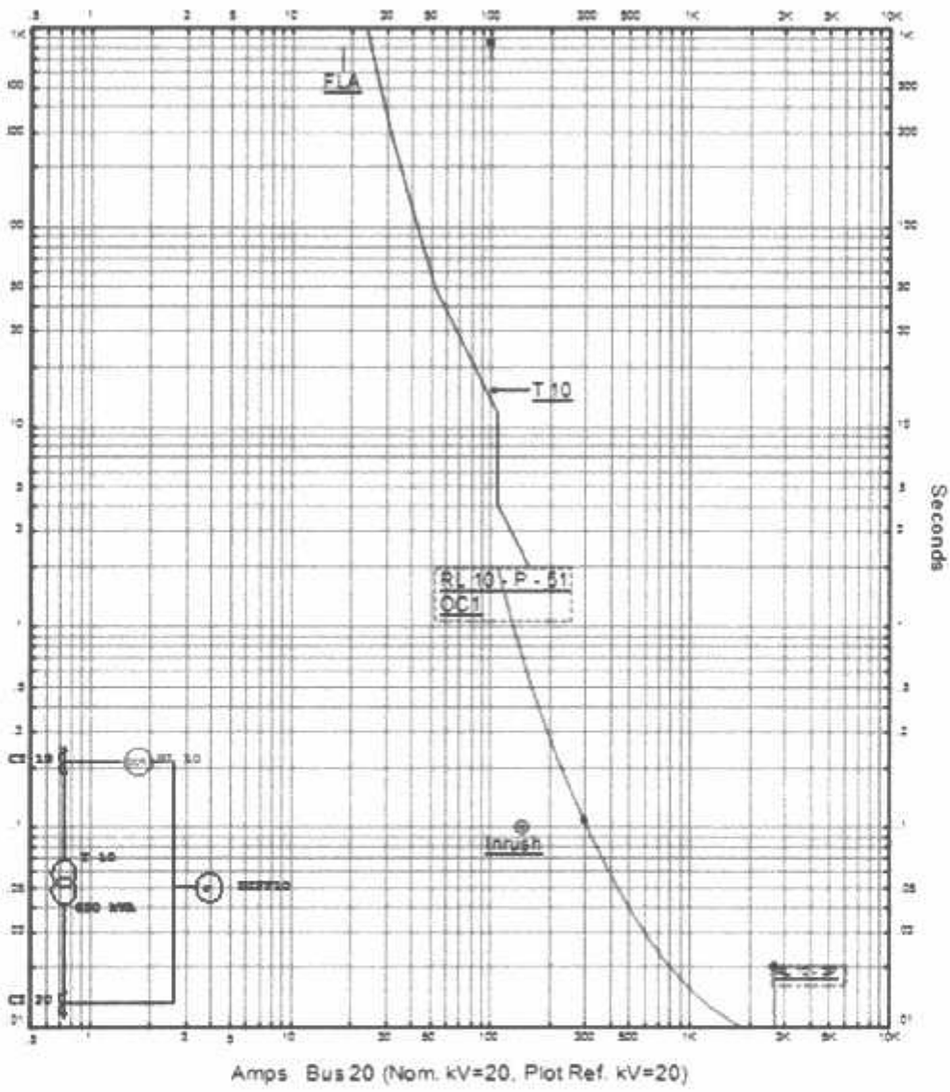
OCR : TD = 0,16 detik

Iset = 1 A

GFR : TD = 0,14 detik

Iset = 0,95

DR : TD = 0,202 detik



Gambar 4.31
Kurva Rele 10 Terhadap Trafo 10 Setelah Penyetingan

Gambar 4.31 di atas merupakan kurva dari rele 10 setelah dilakukan penyetelan ulang.Terlihat seting kurva dari rele 10 (warna merah) terletak dibawah *damage curve* dari trafo 10 (warna biru), ini berarti kerja dari rele 10 sangat aman jika terjadi gangguan hubung singkat di daerah pengamanan trafo 10 dengan waktu kerja rele yang lebih cepat dan selektif.

11) Seting rele 11 (trafo 11)

Rating trafo 11 : 1000 kVA 380V/20kV

Perbandingan CT : 100 : 5

Arus gangguan terbesar pada sisi 20 kV : 162 A

- Seting OCR

$$In=\frac{1000}{\sqrt{3}.20}=28,87\ A$$

$$Ip=\frac{1,1}{1,0}\times 28,87=31,75\ A$$

$Is = 31,75 \times 5/100 = 1,59$ A

$Ir = 162 / 31,75 = 5,1$ A

tms = 0,05 (set pabrik)

$$t = \frac{80}{((5,1)^2-1)}\times 0,05=0,16\ s$$

- Seting GFR

$$In=\frac{1000}{\sqrt{3}.20}=28,87\ A$$

$$Ip=\frac{1,05}{1,0}\times 28,87=30,3\ A$$

$Is = 30,3 \times 5/100 = 1,51$ A

$Ir = 162 / 30,3 = 5,35$ A

tms = 0,05 (set pabrik)

$$t = \frac{80}{((5,35)^2-1)}\times 0,05=0,14\ s$$

- Seting DR

Ti = 0,101 s (lama terjadinya *inrush current* berdasarkan simulasi)

TD = 2 × Ti

= 2 × 0,101 = 0,202 s

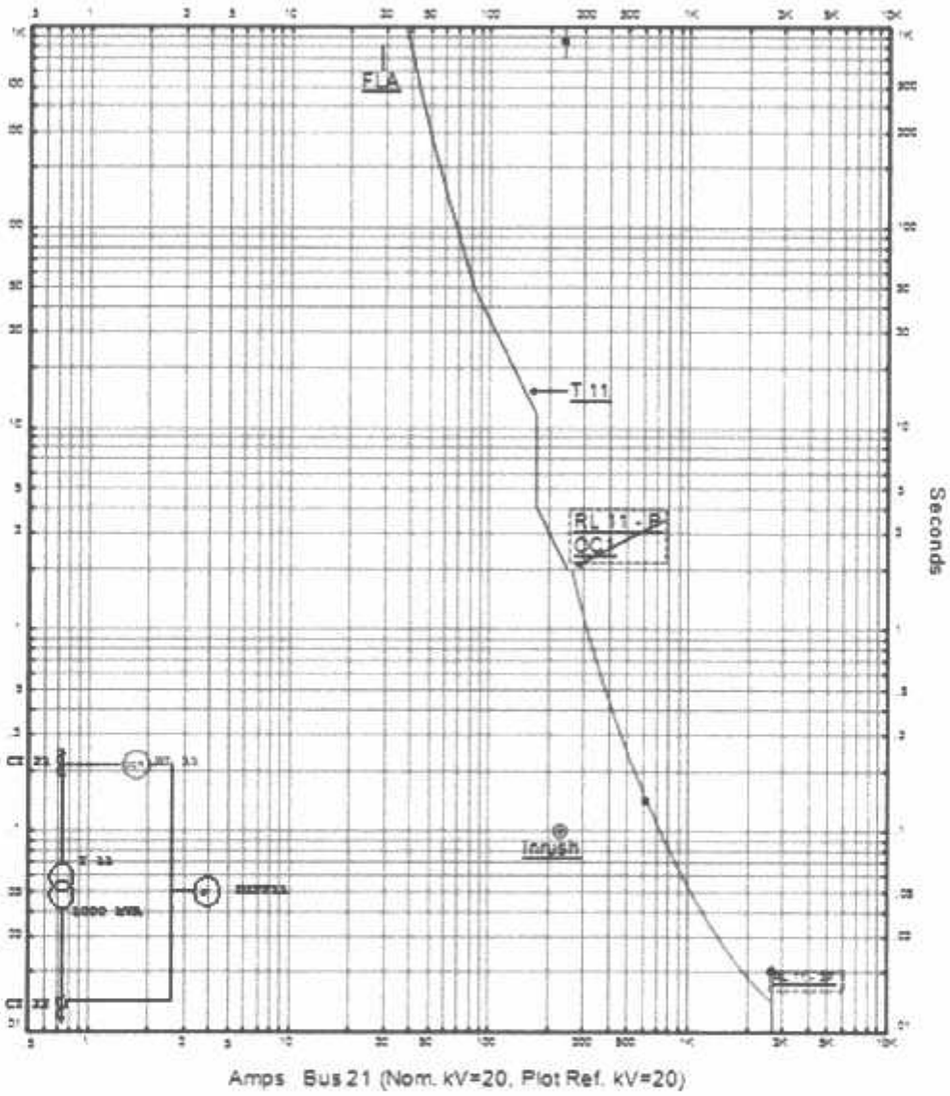
OCR : TD = 0,16 detik

Iset = 1,59 A

GFR : TD = 0,14 detik

Iset = 1,51

DR : TD = 0,202 detik



Gambar 4.32
Kurva Rele 11 Terhadap Trafo 11 Setelah Penyetingan

Gambar 4.32 di atas merupakan kurva dari rele 11 setelah dilakukan penyetelan ulang.Terlihat seting kurva dari rele 11 (warna merah) terletak dibawah *damage curve* dari trafo 11 (warna biru), ini berarti kerja dari rele 11 sangat aman jika terjadi gangguan hubung singkat di daerah pengamanan trafo 11 dengan waktu kerja rele yang lebih cepat dan selektif.

12) Seting rele 12 (trafo 12)

Rating trafo 12 : 800 kVA 380V/20kV

Perbandingan CT : 100 : 5

Arus gangguan terbesar pada sisi 20 kV : 129 A

- Seting OCR

$$In=\frac{800}{\sqrt{3}.20}=23,1\ A$$

$$Ip=\frac{1,1}{1,0}\times 23,1=25,4\ A$$

$Is = 25,4 \times 5/100 = 1,17$ A

$Ir = 129 / 25,4 = 5,1$ A

tms = 0,05 (set pabrik)

$$t = \frac{80}{((5,1)^2-1)}\times 0,05=0,16\ s$$

- Seting GFR

$$In=\frac{800}{\sqrt{3}.20}=23,1\ A$$

$$Ip=\frac{1,05}{1,0}\times 23,1=24,25\ A$$

$Is = 24,25 \times 5/100 = 1,21$ A

$Ir = 129 / 24,25 = 5,32$ A

tms = 0,05 (set pabrik)

$$t = \frac{80}{((5,32)^2-1)}\times 0,05=0,15\ s$$

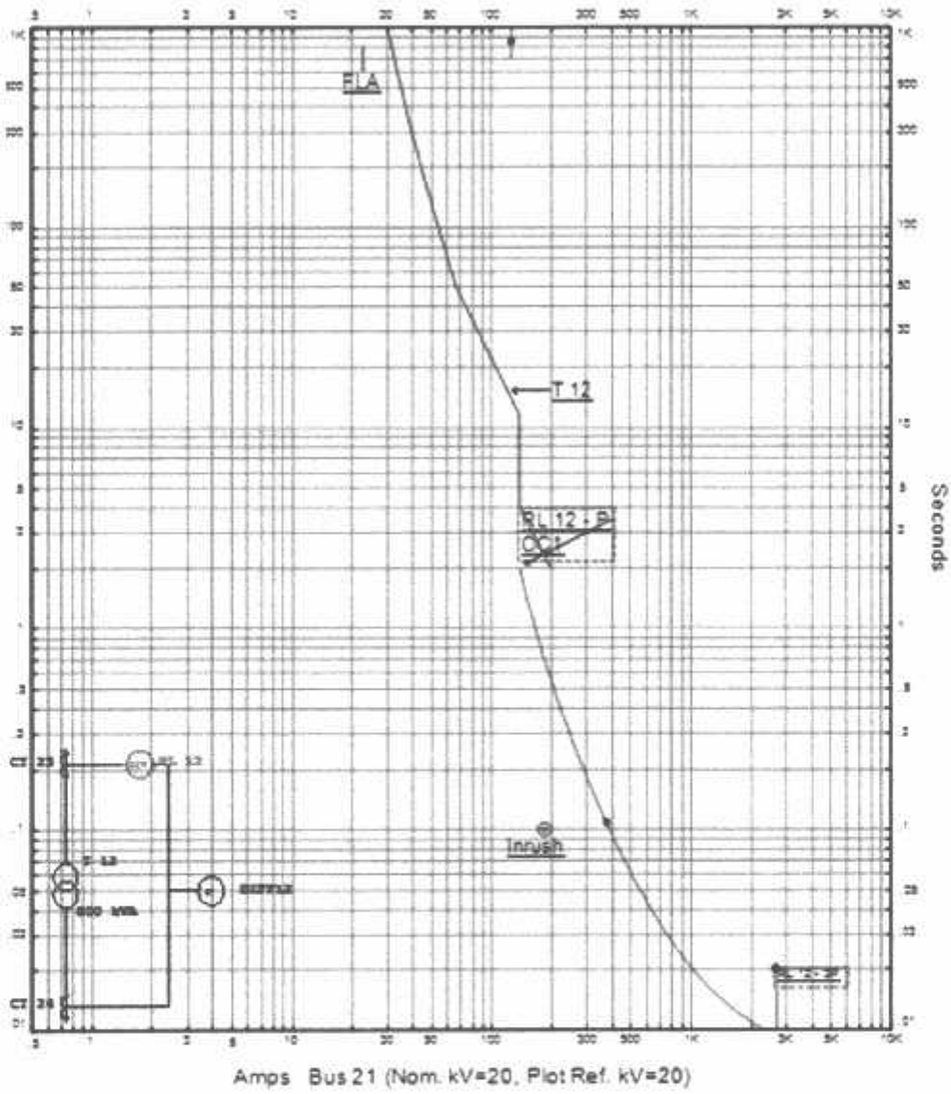
- Seting DR

Ti = 0,101 s (lama terjadinya *inrush current* berdasarkan simulasi)

TD = 2 × Ti

= 2 × 0,101 = 0,202 s

OCR : TD = 0,16 detik
Iset = 1,17 A
GFR : TD = 0,15 detik
Iset = 1,21
DR : TD = 0,202 detik



Gambar 4.33
Kurva Rele 12 Terhadap Trafo 12 Setelah Penyetingan

Gambar 4.33 di atas merupakan kurva dari rele 12 setelah dilakukan penyetelan ulang.Terlihat seting kurva dari rele 12 (warna merah) terletak dibawah *damage curve* dari trafo 12 (warna biru), ini berarti kerja dari rele 12 sangat aman jika terjadi gangguan hubung singkat di daerah pengamanan trafo 12 dengan waktu kerja rele yang lebih cepat dan selektif.

13) Seting rele 13 (trafo 13)

Rating trafo 13 : 1000 kVA 380V/20kV

Perbandingan CT : 100 : 5

Arus gangguan terbesar pada sisi 20 kV : 162 A

- Seting OCR

$$In = \frac{1000}{\sqrt{3}.20} = 28,87 \text{ A}$$

$$Ip = \frac{1,1}{1,0} \times 28,87 = 31,75 \text{ A}$$

$Is = 31,75 \times 5/100 = 1,59$ A

$Ir = 162 / 31,75 = 5,1$ A

tms = 0,05 (set pabrik)

$$t = \frac{80}{((5,1)^2-1)} \times 0,05 = 0,16 \text{ s}$$

- Seting GFR

$$In = \frac{1000}{\sqrt{3}.20} = 28,87 \text{ A}$$

$$Ip = \frac{1,05}{1,0} \times 28,87 = 30,3 \text{ A}$$

$Is = 30,3 \times 5/100 = 1,51$ A

$Ir = 162 / 30,3 = 5,35$ A

tms = 0,05 (set pabrik)

$$t = \frac{80}{((5,35)^2-1)} \times 0,05 = 0,14 \text{ s}$$

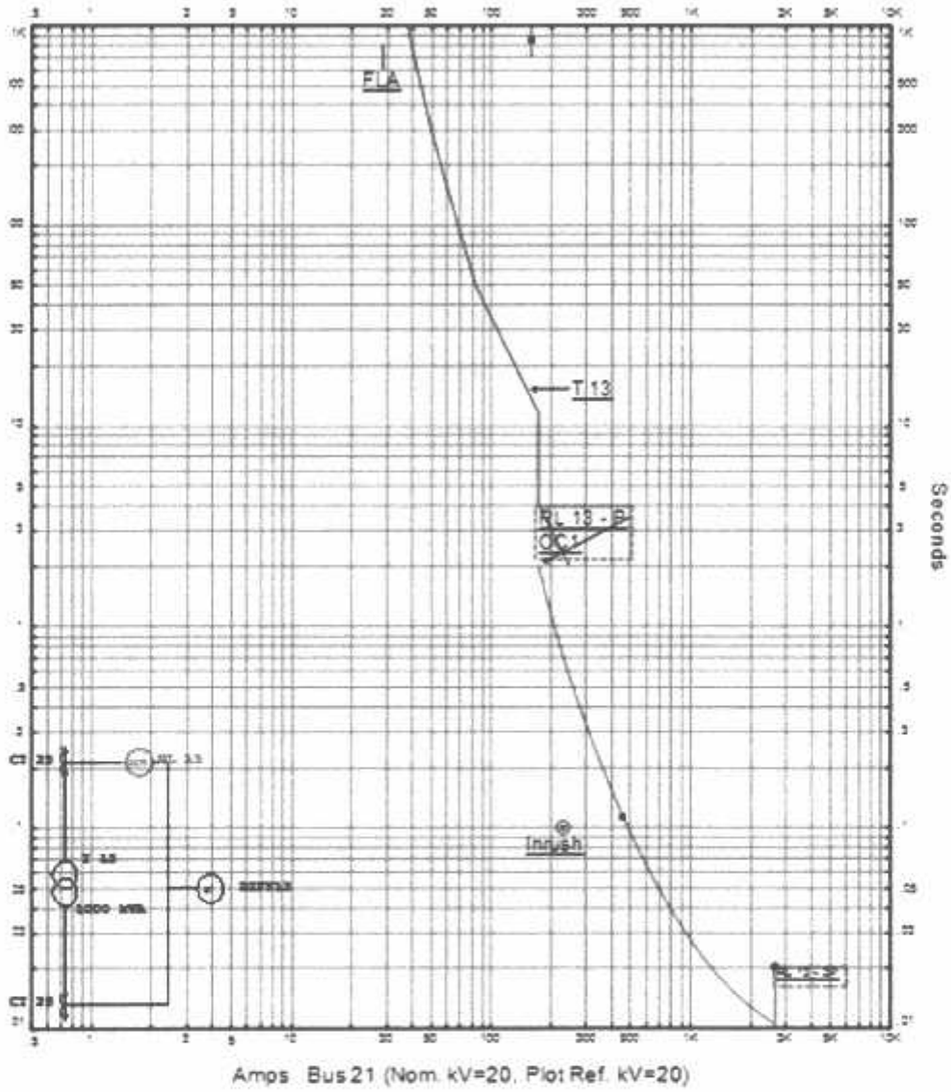
- Seting DR

Ti = 0,101 s (lama terjadinya *inrush current* berdasarkan simulasi)

TD = 2 × Ti

= 2 × 0,101 = 0,202 s

OCR : TD = 0,16 detik
Iset = 1,59 A
GFR : TD = 0,14 detik
Iset = 1,51
DR : TD = 0,202 detik



Gambar 4.34
Kurva Rele 13 Terhadap Trafo 13 Setelah Penyetingan

Gambar 4.34 di atas merupakan kurva dari rele 13 setelah dilakukan penyetelan ulang.Terlihat seting kurva dari rele 13 (warna merah) terletak dibawah *damage curve* dari trafo 13 (warna biru), ini berarti kerja dari rele 13 sangat aman jika terjadi gangguan hubung singkat di daerah pengamanan trafo 13 dengan waktu kerja rele yang lebih cepat dan selektif.

14) Seting rele 14 (trafo 14)

Rating trafo 14 : 1600 kVA 380V/20kV

Perbandingan CT : 200 : 5

Arus gangguan terbesar pada sisi 20 kV : 259 A

- Seting OCR

$$In=\frac{1600}{\sqrt{3}.20}=46,2\ A$$

$$Ip=\frac{1,1}{1,0}\times 46,2=50,82\ A$$

$Is = 50,82 \times 5/200 = 1,27$ A

$Ir = 259 / 50,82 = 5,1$ A

tms = 0,05 (set pabrik)

$$t = \frac{80}{((5,1)^2-1)} \times 0,05 - 0,16\ s$$

- Seting GFR

$$In=\frac{1600}{\sqrt{3}.20}=46,2\ A$$

$$Ip=\frac{1,05}{1,0}\times 46,2=48,51\ A$$

$Is = 50,82 \times 5/200 = 1,21$ A

$Ir = 259 / 48,51 = 5,34$ A

tms = 0,05 (set pabrik)

$$t = \frac{80}{((5,34)^2-1)} \times 0,05 = 0,14\ s$$

- Seting DR

Ti = 0,101 s (lama terjadinya *inrush current* berdasarkan simulasi)

TD = 2 × Ti

= 2 × 0,101 = 0,202 s

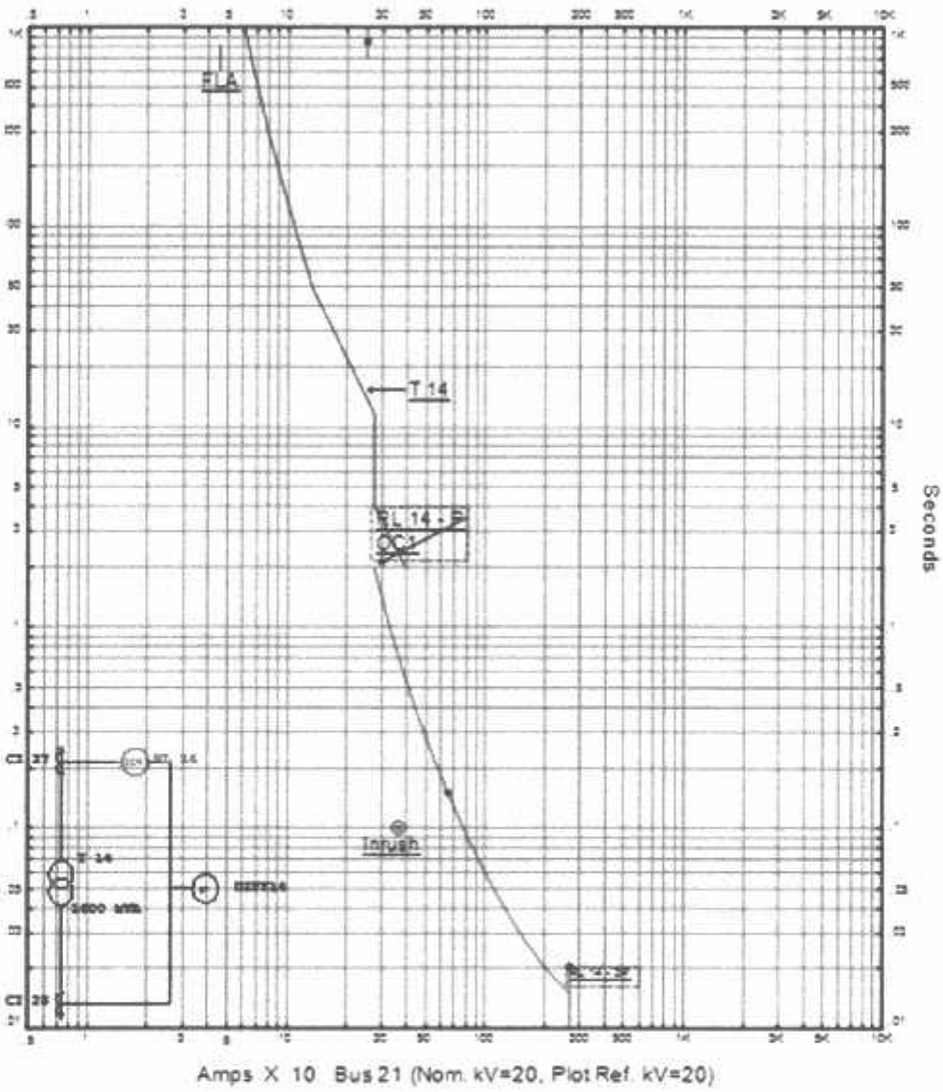
OCR : TD = 0,16 detik

Iset = 1,27 A

GFR : TD = 0,14 detik

Iset = 1,21

DR : TD = 0,202 detik



Gambar 4.35
Kurva Rele 14 Terhadap Trafo 14 Setelah Penyetingan

Gambar 4.35 di atas merupakan kurva dari rele 14 setelah dilakukan penyetelan ulang.Terlihat seting kurva dari rele 14 (warna merah) terletak dibawah *damage curve* dari trafo 14 (warna biru), ini berarti kerja dari rele 14 sangat aman jika terjadi gangguan hubung singkat di daerah pengamanan trafo 14 dengan waktu kerja rele yang lebih cepat dan selektif.

15) Seting rele 15 (trafo 15)

Rating trafo 15 : 1600 kVA 380V/20kV

Perbandingan CT : 200 : 5

Arus gangguan terbesar pada sisi 20 kV : 259 A

- Seting OCR

$$In=\frac{1600}{\sqrt{3}.20}=46,2\ A$$

$$Ip=\frac{1,1}{1,0}\times 46,2=50,82\ A$$

$Is = 50,82 \times 5/200 = 1,27$ A

$Ir = 259 / 50,82 = 5,1$ A

tms = 0,05 (set pabrik)

$$t = \frac{80}{((5,1)^2-1)}\times 0,05=0,16\ s$$

- Seting GFR

$$In=\frac{1600}{\sqrt{3}.20}=46,2\ A$$

$$Ip=\frac{1,05}{1,0}\times 46,2=48,51\ A$$

$Is = 50,82 \times 5/200 = 1,21$ A

$Ir = 259 / 48,51 = 5,34$ A

tms = 0,05 (set pabrik)

$$t = \frac{80}{((5,34)^2-1)}\times 0,05=0,14\ s$$

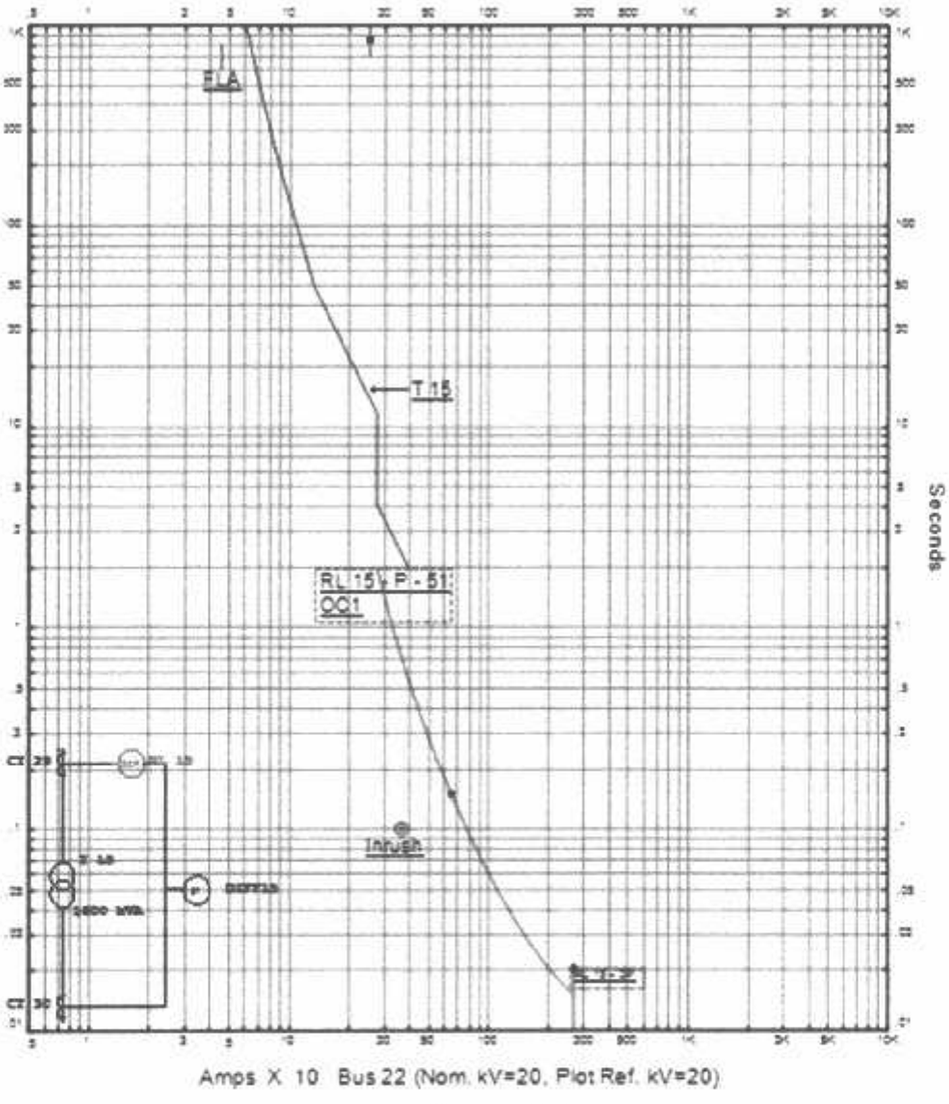
- Seting DR

Ti = 0,101 s (lama terjadinya *inrush current* berdasarkan simulasi)

TD = 2 × Ti

= 2 × 0,101 = 0,202 s

OCR : TD = 0,16 detik
Iset = 1,27 A
GFR : TD = 0,14 detik
Iset = 1,21
DR : TD = 0,202 detik



Gambar 4.36
Kurva Rele 15 Terhadap Trafo 15 Setelah Penyetingan

Gambar 4.36 di atas merupakan kurva dari rele 15 setelah dilakukan penyetelan ulang.Terlihat seting kurva dari rele 15 (warna merah) terletak dibawah *damage curve* dari trafo 15 (warna biru), ini berarti kerja dari rele 15 sangat aman jika terjadi gangguan hubung singkat di daerah pengamanan trafo 15 dengan waktu kerja rele yang lebih cepat dan selektif.

16) Seting rele 16 (trafo 16)

Rating trafo 16 : 1250 kVA 380V/20kV

Perbandingan CT : 200 : 5

Arus gangguan terbesar pada sisi 20 kV : 202 A

- Seting OCR

$$In=\frac{1250}{\sqrt{3}.20}=36,1\ A$$

$$Ip=\frac{1,1}{1,0}\times 36,1=39,7\ A$$

$Is = 39,7 \times 5/200 = 1\ A$

$Ir = 202 / 39,7 = 5,1\ A$

tms = 0,05 (set pabrik)

$$t = \frac{80}{((5,1)^2-1)}\times 0,05=0,16\ s$$

- Seting GFR

$$In=\frac{1250}{\sqrt{3}.20}=36,1\ A$$

$$Ip=\frac{1,05}{1,0}\times 36,1=37,9\ A$$

$Is = 37,9 \times 5/200 = 0,95\ A$

$Ir = 202 / 37,9 = 5,33\ A$

tms = 0,05 (set pabrik)

$$t = \frac{80}{((5,33)^2-1)}\times 0,05=0,14\ s$$

- Seting DR

Ti = 0,101 s (lama terjadinya *inrush current* berdasarkan simulasi)

TD = 2 × Ti

= 2 × 0,101 = 0,202 s

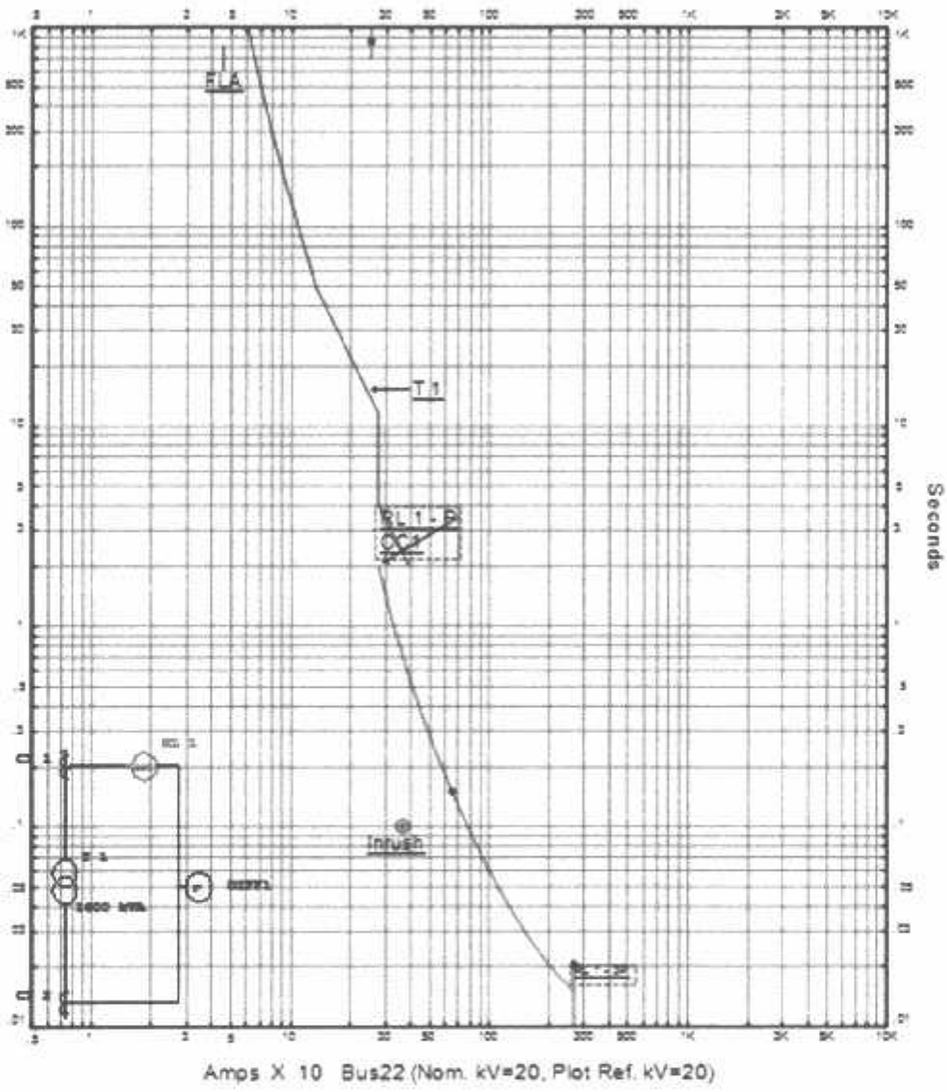
OCR : TD = 0,16 detik

Iset = 1 A

GFR : TD = 0,14 detik

Iset = 0,95

DR : TD = 0,202 detik



Gambar 4.37
Kurva Rele 16 Terhadap Trafo 16 Setelah Penyetingan

Gambar 4.37 di atas merupakan kurva dari rele 16 setelah dilakukan penyetelan ulang.Terlihat seting kurva dari rele 16 (warna merah) terletak dibawah *damage curve* dari trafo 16 (warna biru), ini berarti kerja dari rele 16 sangat aman jika terjadi gangguan hubung singkat di daerah pengamanan trafo 16 dengan waktu kerja rele yang lebih cepat dan selektif.

Tabel 4.7
Hasil Perhitungan Seting Ulang Rele OCR dan GFR

Relay ID	CT Ratio	Trip Element	Curve	Tap (Pickup) (A)		Time Dial Setting (s)
				Setting	Primary	
RL 1	200:5	Phase	Extremely Inverse	1,270	254,000	0,160
RL 1	200:5	Ground	Extremely Inverse	1,210	242,000	0,140
RL 2	200:5	Phase	Extremely Inverse	1,500	300,000	0,140
RL 2	200:5	Ground	Extremely Inverse	1,430	286,000	0,130
RL 3	200:5	Phase	Extremely Inverse	1,500	300,000	0,100
RL 3	200:5	Ground	Extremely Inverse	1,430	286,000	0,090
RL 4	200:5	Phase	Extremely Inverse	1,270	254,000	0,100
RL 4	200:5	Ground	Extremely Inverse	1,210	242,000	0,100
RL 5	200:5	Phase	Extremely Inverse	1,500	300,000	0,140
RL 5	200:5	Ground	Extremely Inverse	1,430	286,000	0,130
RL 6	250:5	Phase	Extremely Inverse	1,500	375,000	0,140
RL 6	250:5	Ground	Extremely Inverse	1,430	357,500	0,130
RL 7	200:5	Phase	Extremely Inverse	1,500	300,000	0,140
RL 7	200:5	Ground	Extremely Inverse	1,430	286,000	0,130
RL 8	200:5	Phase	Extremely Inverse	1,500	300,000	0,140
RL 8	200:5	Ground	Extremely Inverse	1,430	286,000	0,130
RL 9	100:5	Phase	Extremely Inverse	1,000	100,000	0,160
RL 9	100:5	Ground	Extremely Inverse	0,950	95,000	0,140
RL 10	100:5	Phase	Extremely Inverse	1,000	100,000	0,160
RL 10	100:5	Ground	Extremely Inverse	0,950	95,000	0,140
RL 11	150:5	Phase	Extremely Inverse	1,590	238,500	0,160
RL 11	150:5	Ground	Extremely Inverse	1,510	226,500	0,140
RL 12	100:5	Phase	Extremely Inverse	1,270	127,000	0,160
RL 12	100:5	Ground	Extremely Inverse	1,210	121,000	0,150
RL 13	100:5	Phase	Extremely Inverse	1,590	159,000	0,160
RL 13	100:5	Ground	Extremely Inverse	1,510	151,000	0,140
RL 14	200:5	Phase	Extremely Inverse	1,270	254,000	0,160
RL 14	200:5	Ground	Extremely Inverse	1,210	242,000	0,140
RL 15	200:5	Phase	Extremely Inverse	1,270	254,000	0,160
RL 15	200:5	Ground	Extremely Inverse	1,210	242,000	0,140
RL 16	200:5	Phase	Extremely Inverse	1,000	200,000	0,160
RL 16	200:5	Ground	Extremely Inverse	0,950	190,000	0,140

Tabel 4.6 diatas adalah hasil perhitungan rele OCR dan GFR yang dimasukan dalam rating rele pada *software* ETAP *Powerstation* sebelum melakukan simulasi kerja dari rele pengaman.

Tabel 4.8

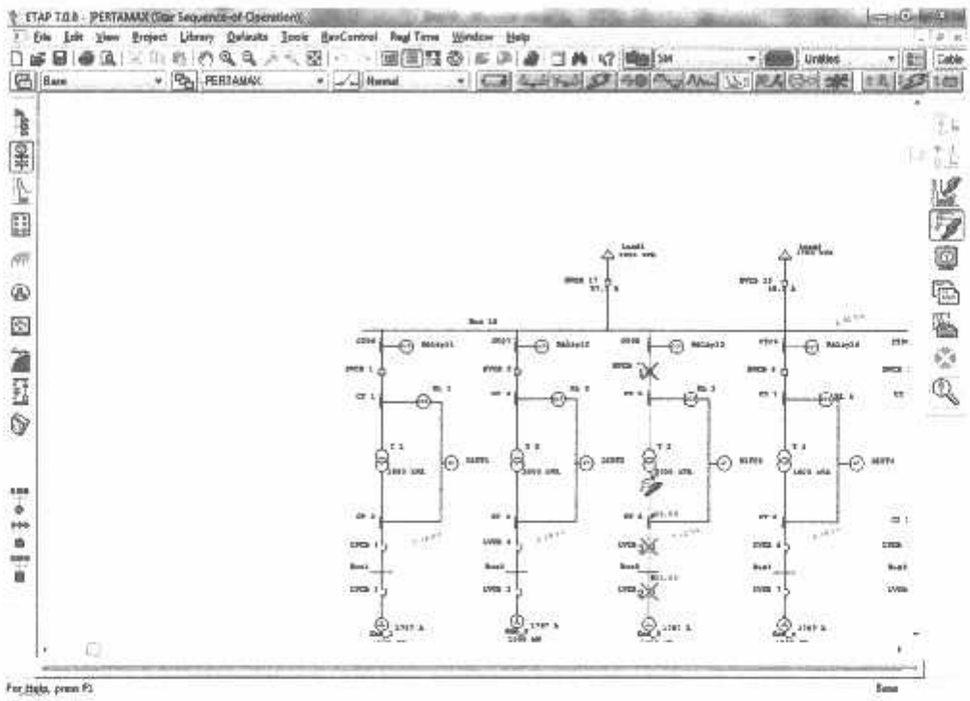
Hasil Perhitungan Seting Ulang Rele DR

Relay ID	CT 1 Ratio	CT 2 Ratio	TD Setting
DIFF1	200:5	1600:5	0,202
DIFF2	200:5	1600:5	0,202
DIFF3	200:5	1600:5	0,202
DIFF4	200:5	1600:5	0,202
DIFF5	200:5	1600:5	0,202
DIFF6	250:5	1600:5	0,202
DIFF7	200:5	1600:5	0,202
DIFF8	200:5	1600:5	0,202
DIFF9	100:5	600:5	0,202
DIFF10	100:5	600:5	0,202
DIFF11	150:5	900:5	0,202
DIFF12	100:5	600:5	0,202
DIFF13	100:5	600:5	0,202
DIFF14	200:5	1600:5	0,202
DIFF15	200:5	1600:5	0,202
DIFF16	200:5	1600:5	0,202

Tabel 4.7 diatas adalah hasil perhitungan rele DR yang kemudian akan dimasukan dalam rating rele pada *software* ETAP *Powerstation* sebelum melakukan simulasi kerja dari rele pengaman.

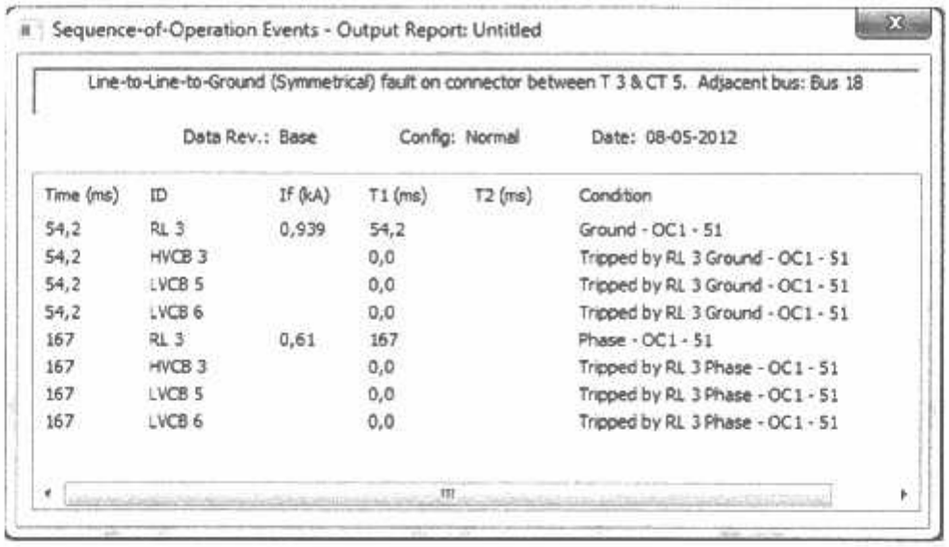
4.3.3 Simulasi Unjuk Kerja Dari Rele Pengaman Setelah Penyetingan

Setelah semua data seting rele dimasukan selanjutnya adalah melakukan simulasi gangguan untuk mengetahui kinerja dari rele pengaman tersebut.Gambar di bawah ini adalah hasil simulasi gangguan pada trafo 3.



Gambar 4.38
Hasil Simulasi Gangguan Hubung Singkat Pada Trafo 3

Pada gambar 4.38 diatas adalah simulasi gangguan hubung singkat fasa-fasa ke tanah yang diinjeksikan pada daerah pengamanan trafo 3 (rele 3). Hasilnya adalah hanya rele 3 yang bekerja untuk mengirimkan perintah ke PMT untuk membuka dan dengan waktu kerja yang lebih cepat dari seting awal.Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada ETAP *reporting* dibawah ini.



Gambar 4.39
ETAP *Sequence Viewer*

Pada ETAP *Sequence Viewer* disana terlihat urutan kerja dari rele maupun PMT mulai dari waktu terpendek hingga waktu terpanjang.Untuk hasil simulasi di atas dari segi pengamanan peralatan sudah maksimal, baik dari segi selektifitas maupun dari segi sensitifitas, sesuai dengan kinerja dari rele yang diharapkan yaitu selektif dan sensitif.

Tabel 4.9
Selektifitas Rele Pengaman Setelah Penyetingan Ulang

Trip / Fault / Device / position	RL1 PMT	RL2 PMT	RL3 PMT	RL4 PMT	RL5 PMT	RL6 PMT	RL7 PMT	RL8 PMT	RL9 PMT	RL10 PMT	RL11 PMT	RL12 PMT	RL13 PMT	RL14 PMT	RL15 PMT	RL16 PMT
T1	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
T2	O	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
T3	O	O	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
T4	O	O	O	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
T5	O	O	O	O	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
T6	O	O	O	O	O	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
T7	O	O	O	O	O	O	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O
T8	O	O	O	O	O	O	O	X	O	O	O	O	O	O	O	O
T9	O	O	O	O	O	O	O	O	X	O	O	O	O	O	O	O
T10	O	O	O	O	O	O	O	O	O	X	O	O	O	O	O	O
T11	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	X	O	O	O	O	O
T12	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	X	O	O	O	O
T13	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	X	O	O	O
T14	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	X	O	O
T15	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	X	O
T16	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	X

Tabel 4.8 diatas adalah hasil percobaan simulasi gangguan hubung singkat pada masing-masing daerah pengaman trafo setelah dilakukan penyetingan ulang.Tanda silang merah adalah menunjukan rele dan PMT yang bekerja pada saat terjadi gangguan di salah satu trafo.Dari tabel diatas terlihat bahwa selektifitas dari rele pengaman sudah sesuai dengan standard yang didinginkan.

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan perancangan dan menganalisa koordinasi rele proteksi transformator pada sistem kelistrikan di PLTD Buntok, maka kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut :

- Setiap trafo memiliki batas arus gangguan yang berbeda-beda sesuai dengan kapasitas trafo, generator pembangkit dan beban.
- Arus ganguan hubung singkat terbesar adalah pada trafo 3 yaitu sebesar 0,38 kA dan terendah pada trafo 9 dan 10 sebesar 0,102 kA.
- Seting rele arus lebih (OCR) yang lebih selektif dan sensitif dari seting awal, waktu kerja rele dari 1 detik menjadi 0,1 detik (seting rele tercepat) sampai 0,16 detik untuk setiap rele pengaman trafo.
- Seting rele gangguan tanah (GFR) yang lebih selektif dan sensitif dari seting awal, waktu kerja rele terhadap gangguan dari 1,1 detik menjadi 0,09 detik (seting rele tercepat) sampai 0,15 detik untuk setiap rele pengaman trafo.
- Seting rele keseimbangan arus yang lebih sensitif dari seting awal, lebih cepat 0,3 detik dari seting awal yaitu 0,5 detik menjadi 0,2 detik untuk setiap rele pengaman.Sehingga dapat meminimalisasi kerusakan trafo jika gangguan hubung singkat terjadi di dalam trafo sendiri.
- Dengan waktu kerja rele yang lebih cepat dapat menguragi resiko kerusakan trafo akibat arus gangguan hubung singkat.

5.2 Saran

Aplikasi koordinasi *relay* proteksi ini masih dapat dikembangkan lebih jauh lagi karena dalam pembuatannya masih jauh dari sempurna dan masih banyak kekurangan. Adapun saran yang dapat dikemukakan agar aplikasi ini bisa berfungsi dengan lebih optimal adalah:

1. Pengembangan pada *software* simulasi agar tidak terpaku pada satu *software* saja, karena di dalam *software* yang digunakan ini masih banyak kekurangan dan keterbatasan untuk analisa koordinasi rele pengaman.
2. Perlu mempertimbangkan kondisi-kondisi nonteknis di lapangan jika nantinya aplikasi ini diterapkan di lapangan agar dapat berjalan sesuai dengan apa yang diharapkan

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson Anvenue, Markham, Ontario 2001.*Transformer Management Relay Instruction Manual* GE Power Management. Canada.
- Denno, K , 1994. *Electric Protective Device : Protection With Energy Saving* McGraw-Hill.
- J lewis, 2004. *Protective Relaying Principles And Applications* second edition. Blackburn.
- Levallois, Perret, 2002.*Network Protection & Automation Guide*. ALSTOM, France.
- Sukmawidjaja, Maula. 1995. Edisi ke-2.*Teori Soal Dan Penyelesaian Analisa Sistem Tenaga Listrik II*. Jurusan Teknik Elektro,Universitas Trisakti. Jakarta.

LAMPIRAN

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK
PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG
Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

NAMA : MASKUR USMANTO
NIM : 08.12.002
JURUSAN : Teknik Elektro S-1
KONSENTRASI : Teknik Energi Listrik
MASA BIMBINGAN : Mei 2012 – Agustus 2012
JUDUL : **ANALISA KOORDINASI RELAI PENGAMAN TRANSFORMATOR PADA SISTEM JARINGAN KELISTRIKAN DI PLTD BUNTOK MENGGUNAKAN *SOFTWARE ETAP POWER STATION***

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

Hari : Sabtu
Tanggal : 11 Agustus 2012
Dengan Nilai : 86,65 (A)

PANITIA UJIAN SKRIPSI

KETUA,

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

SEKRETARIS,

Dr. Eng. Aryuanto S, ST, MT
NIP.P.1030800417

ANGGOTA PENGUJI

Dosen Penguji I

(Ir.Eko Nurcahyo, MT)
NIP.Y.1028700172

Dosen Penguji II

(Bambang Prio Hartono, ST.MT)
NIP.Y.1028400082

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK
PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG
Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI

Dalam pelaksanaan ujian skripsi jenjang Strata Satu (S-1) Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi Teknik Energi Listrik, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

NAMA : MASKUR USMANTO
NIM : 08.12.002
JURUSAN : Teknik Elektro S-1
KONSENTRASI : Teknik Energi Listrik
MASA BIMBINGAN : Mei 2012 – Agustus 2012
JUDUL : **ANALISA KOORDINASI RELAI PENGAMAN TRANSFORMATOR PADA SISTEM JARINGAN KELISTRIKAN DI PLTD BUNTOK MENGGUNAKAN *SOFTWARE ETAP POWER STATION***

Tanggal	Uraian	Paraf
Penguji I 11 - 08 – 2012	- Sesuaikan pembahasan, analisa dengan batasan dan flowchart	
Penguji II 11 - 08 – 2012	- Latar Belakang disempurnakan	
	- Daftar Pustaka disempurnakan	

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I

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

Dosen Pembimbing II

(Awan Uji Krismanto, ST.MT)
NIP. 1980030120051011002

Disetujui,

Dosen Penguji I

(Ir.Eko Nurcahyo, MT)
NIP.Y.1028700172

Dosen Penguji II

(Bambang Prio Hartono, ST.MT)
NIP.Y.1028400082

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Kampus II : Jl. Raya Karanglo Km. 2 Telp. (0341) 417636 Malang

BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

1.	Nim	: **0812002**	
2.	Nama	: **MASKUR USMANTO**	
3.	Konsentrasi Jurusan	: **Teknik Energi Listrik**	
4.	Jadwal Pelaksanaan:	*Waktu*	*Tempat*
	13 April 2012	*09 00*	*III.1.1*
5.	Judul proposal yang diseminarkan Mahasiswa	ANALISA KOORDINASI RELAI PENGAMAN TRANSFORMATOR PADA SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI DI PLTD BUNTOK MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP	
6.	*Perubahan judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian*		
7.	Catatan :		
8.	Catatan :		
	Persetujuan judul Skripsi		
	Disetujui, Dosen Keahlian I (.....)	Disetujui, Dosen Keahlian II (.....)	Disetujui, Dosen Keahlian III (LAQHIL M HY.....)
	Mengetahui, Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1 **Ir. Yusuf Ismail Nakhoda,MT** NIP. Y. 1018800189	*Disetujui,* *Calon Dosen Pembimbing ybs* Pembimbing I (.....)	Pembimbing II (Awan Uji Krismanto)

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Kampus II : Jl. Raya Karanglo Km. 2 Telp. (0341) 417636 Malang

Lampiran : 1 (satu) berkas
Pembimbing Skripsi

Kepada : Yth. Bapak/Ibu **Awan Uji Krismanto, ST, MT**
Dosen Teknik Elektro S-1
ITN Malang

Yang bertanda tangan dibawah

Nama	: **MASKUR USMANTO**
Nim	: **0812002**
Jurusan	: **Teknik Elektro S-1**
Konsentrasi	: **Teknik Energi Listrik**

Dengan ini mengajukan permohonan, kiranya Bapak/Ibu bersedia menjadi Dosen Pembimbing untuk penyusunan Skripsi dengan judul :

"ANALISA KOORDINASI RELAI PENGAMAN TRANSFORMATOR PADA SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI DI PLTD BUNTOK MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP "

Demikian permohonan kami buat dan atas kesediaan Bapak kami ucapkan terima kasih.

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1

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

Hormat Kami

MASKUR USMANTO
NIM. 0812002

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

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

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

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

Nomor Surat : ITN-200/EL-FTI/2012
Lampiran : -
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Kepada : Yth. Bapak/Ibu **Awan Uji Krismanto, ST, MT**
Dosen Teknik Elektro S-1
ITN MALANG

Dengan Hormat

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa :

Nama	: **MASKUR USMANTO**
Nim	: **0812002**
Fakultas	: **Teknologi Industri**
Program Studi	: **Teknik Elektro S-1**
Konsentrasi	: **Teknik Energi Listrik**

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada Saudara/i selama masa waktu :

" **Semester Genap Tahun Akademik 2011-2012** "

Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima kasih.

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1

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

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

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

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

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

Nomor Surat : ITN-200/EL-FTI/2012
Lampiran : -
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Kepada : Yth. Bapak/Ibu **Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT**
Dosen Teknik Elektro S-1
ITN MALANG

Dengan Hormat

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa :

Nama	: **MASKUR USMANTO**
Nim	: **0812002**
Fakultas	: **Teknologi Industri**
Program Studi	: **Teknik Elektro S-1**
Konsentrasi	: **Teknik Energi Listrik**

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada Saudara/i selama masa waktu :

" Semester Genap Tahun Akademik 2011-2012 "

Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima kasih.

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1

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

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

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

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

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

Nomor Surat : ITN-200/EL-FTI/2012
Lampiran : -
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Kepada : Yth. Bapak/Ibu **Awan Uji Krismanto, ST, MT**
Dosen Teknik Elektro S-1
ITN MALANG

Dengan Hormat

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa :

Nama	: **MASKUR USMANTO**
Nim	: **0812002**
Fakultas	: **Teknologi Industri**
Program Studi	: **Teknik Elektro S-1**
Konsentrasi	: **Teknik Energi Listrik**

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada Saudara/i selama masa waktu :

" **Semester Genap Tahun Akademik 2011-2012** "

Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima kasih.

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1

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

LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Maskur Usmanto
Nim : 08.12.002
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsenterasi : Teknik Energi Listrik
Masa Bimbingan : Semester Genap 2011 – 2012

No.	Bimbingan	Tanda tangan
1.	Menentukan Tujuan, Permasalahan, dan Batasan Masalah	
2.	Menentukan rele pengaman yang digunakan	
3.	Konsultasi jenis gangguan yang dibahas	
4.	Konsultasi proposal skripsi.	
5.	Konsultasi refisi proposal.	
6.	Konsultasi area sistem proteksi yang dibahas/dianalisa	
7.	Konsultasi Hasil dari pembahasan/analisa	
8.	Konsultasi Abstrak	
9.	Konsultasi makalah seminar hasil.	
10.	Konsultasi laporan skripsi.	

Mengetahui
Pembimbing II

Awan Uji Krismanto, ST.MT
NIP. 19800301200510110002

LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Maskur Usmanto
Nim : 08.12.002
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsenterasi : Teknik Energi Listrik
Masa Bimbingan : Semester Genap 2011 – 2012

No.	Bimbingan	Tanda tangan
1.	Menentukan Tujuan, Permasalahan, dan Batasan Masalah	
2.	Menentukan rele pengaman yang digunakan	
3.	Konsultasi jenis gangguan yang dibahas	
4.	Konsultasi proposal sekripsi.	
5.	Konsultasi refisi proposal.	
6.	Konsultasi area sistem proteksi yang dibahas/dianalisa	
7.	Konsultasi Hasil dari pembahasan/analisa	
8.	Konsultasi makalah seminar hasil.	
9.	Konsultasi laporan sekripsi.	

Mengetahui
Pembimbing I

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

PLTD BUNTOK

DARI TANGGAL 1 FEBRUARI S/D 1 MARET 2012

TGL	KWH YANG DIBANGKIT										KWH PEMAKAIAN SENDIRI											KWH YG DIBALURKAN KE-JARING	BEBAN
	UNIT MESIN										UNIT MESIN												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	JUMLAH	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	DIQUA	JUMLAH		SIANG
1	-	-	745	458	-	668	2,224	772	5,700	10,568	-	-	226	260	-	169	-	220	210		1,085	9,483	5,300
2	-	-	2,120	573	-	716	1,904	-	5,750	11,063	-	-	169	185	-	182	-	-	210		706	10,357	5,806
3	-	-	287	-	-	476	526	-	3,950	5,241	-	-	160	-	-	186	-	-	210		536	4,705	5,376
4	-	-	516	-	-	1,292	2,160	-	5,250	9,218	-	-	129	-	-	178	-	-	210		517	8,701	5,430
5	-	-	975	-	-	788	1,680	-	3,100	6,543	-	-	129	-	-	168	-	-	150		447	6,096	5,343
6	-	-	975	-	-	-	880	-	2,900	4,755	-	-	156	-	-	-	-	-	135		291	4,464	4,528
7	-	-	1,433	-	-	812	1,616	-	5,000	8,861	-	-	142	-	-	177	-	-	225		544	8,316	5,688
8	-	-	1,862	-	-	404	1,200	-	4,800	7,866	-	-	182	-	-	187	-	-	210		559	7,307	5,812
9	-	-	1,433	-	-	1,124	888	-	6,400	9,645	-	-	142	-	-	170	-	-	240		552	9,092	5,823
10	802	280	2,120	802	-	2,060	3,504	-	8,450	17,818	137	137	226	705	-	214	-	-	270		1,689	16,129	5,471
11	-	-	1,862	-	-	2,420	2,896	-	10,850	17,828	-	-	151	-	-	209	-	-	375		735	17,093	5,303
12	722	-	2,349	916	-	1,148	1,776	-	3,950	10,861	125	-	178	200	-	178	-	-	165		846	10,016	5,087
13	-	-	-	-	-	140	1,104	-	3,750	4,994	-	-	-	-	-	181	-	-	180		341	4,653	5,477
14	1,104	700	5,473	1,031	-	2,492	4,080	-	13,450	29,330	140	173	461	330	-	221	-	-	375		1,720	27,609	5,075
15	-	-	3,495	1,604	-	1,148	3,888	-	10,050	20,184	-	-	222	170	-	172	-	-	360		924	19,261	5,918
16	1,034	660	1,433	916	-	1,100	2,928	406	7,850	16,327	-	134	147	125	-	172	-	70	300		948	15,379	5,742
17	-	-	-	-	-	-	848	-	6,550	7,398	-	-	-	-	-	140	-	-	270		410	6,988	5,276
18	624	500	4,869	1,604	-	2,204	4,176	660	9,850	24,687	-	-	362	295	-	224	-	140	345		1,366	23,320	5,167
19	-	-	1,862	1,375	-	1,076	3,964	-	8,950	14,728	-	-	191	170	-	174	-	-	270		805	13,922	5,375
20	-	-	1,433	916	-	1,076	3,888	734	4,450	12,497	-	-	156	145	-	176	-	110	180		767	11,730	5,560
21	-	-	1,662	-	-	1,172	1,680	-	7,550	12,064	-	-	156	50	-	175	-	-	240		621	11,443	5,555
22	-	-	6,129	504	-	1,153	2,179	-	3,475	13,440	-	-	349	120	-	171	-	-	165		805	12,635	5,750
23	-	-	1,318	229	-	915	1,840	-	6,025	10,327	-	-	154	125	-	166	-	-	240		685	9,642	5,670
24	-	-	1,776	584	-	728	2,951	102	8,000	14,042	-	-	172	140	-	173	-	40	300		825	13,217	5,624
25	-	-	660	-	-	284	776	-	3,900	5,622	-	-	162	-	-	175	-	-	180		517	5,304	5,813
26	1,128	700	1,891	1,203	-	788	2,640	-	800	8,950	-	-	178	210	-	170	-	-	120		678	8,272	5,314
27	-	-	2,120	902	-	2,396	4,464	-	-	9,782	-	-	186	150	-	207	-	-	-		543	9,238	5,694
28	-	-	1,663	344	-	1,532	2,768	-	-	6,305	-	-	184	140	-	185	-	-	-		489	5,817	5,655
29	-	-	3,957	115	-	1,438	2,928	-	-	8,435	-	-	189	110	-	178	-	-	-		457	7,978	5,398
1	-	-	-	-	-	-	384	-	-	384	-	-	-	-	-	140	-	-	-		140	244	-
JML	5,214	2,840	57,016	13,975	-	31,548	66,144	2,674	158,350	339,961	402	444	5,240	3,610	-	5,138	-	580	6,135	-	21,549	318,412	5,918
RATA	180	98	1,966	482	-	1,088	2,350	99	5,460	11,723	14	15	181	124	-	177	-	20	212	-	743	10,980	

PERSEDIAAN & PEMAKAIAN MINYAK DIESEL DAN MINYAK LINCIR (LTR)						
	HSD / BBM	MED 630	MED 640	MED SX40	GADINIA	SHALIX 420
SALDO AWAL	310,560	170	1,612	5,005	-	202
TERIMA	958,591	-	-			3,762
JUMLAH	1,269,151	170	1,612	5,005		3,964
PEMAKAIAN	101,472	-	623	680	-	410
LAIN - LAIN	844,556	-	-	-	-	627
SALDO AKHIR	323,123	170	989	4,325	-	2,927

UNIT	TYPE	NOMOR SERIE	DAYA MAMPU	BEBAN PUNCAK SIANG	BEBAN PUNCAK MALAM	PEMAKAIAN SENDIRI KWH	PEMAKAIAN SENDIRI %
I	TBD 616 V 12	2203515	400	-	-	402	7.71
II	TBD 616 V 12	2205186	350	-	-	444	15.63
III	EBL 8 MK 2	7127.03	700	-	630	5,240	9.19
IV	EBL 8 MK 2	7132.01	500	-	360	3,610	25.83
V	TBD 620 V 12	2204438	750	-	-	-	-
VI	TBD 616 V 12	2200876	300	-	270	5,138	16.29
VII	M T U	539100986	500	150	460	-	-
VIII	TBD 616 V 12	2204057	350	-	240	580	-
IX	TBD 620 V 12	2204790		650	825	6,135	-
Adiquatro	MITSHUBISHI						
JUMLAH			3,850	800	2,785	21,549	6.34

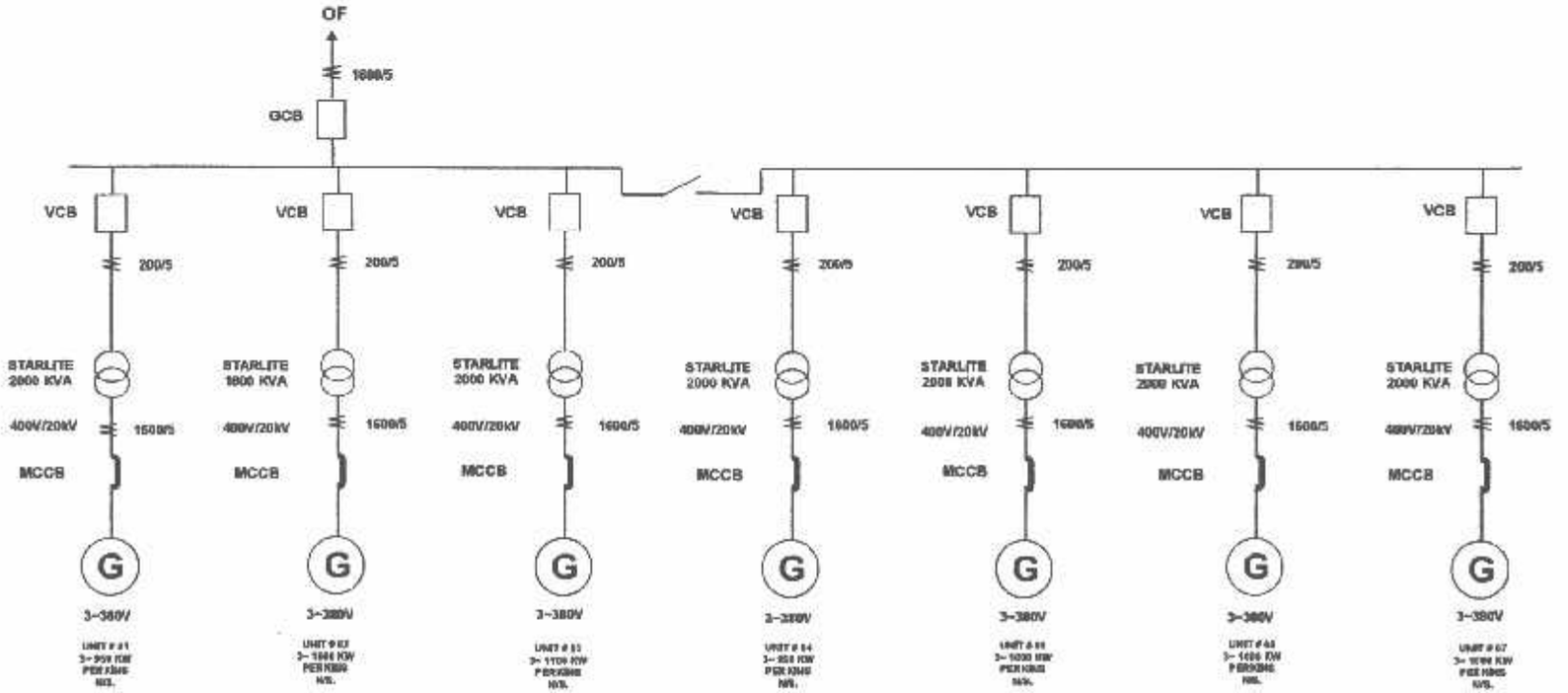
TOTAL				
DAYA MAMPU	MALAM	SIANG	P. SENDIRI	
			KWH	%
8,030.00	7,847	5,869	21,549	6.34

DAYA MAMPU SEWA PT. TRAKTOR NUSAN			
UNIT	DAYA	MALAM	
PERKINS 1	950		
PERKINS 2	1,000		
PERKINS 3	1,100		5,06
PERKINS 4	950		
PERKINS 5	1,000		
PERKINS 6	1,000		
PERKINS 7	1,000	5,062	
JUMLAH	7,000		

CATATAN / LAIN - LAIN :

- OLI MEDITRAN SAE 40 DIKIRIM KE UNIT/ULD = 623 liter.
- BBM / HSD DIKIRIM KE UNIT = liter.
- PEMAKAIAN SENDIRI TRAFO STEP UP PLTD BUNTOK = 6,799 KWH
- **PEMAKAIAN BBM HSD/SOLAR MESIN SEWA PT. TRAKT** = 844,556 liter.
- **KWH PRODUKSI MESIN SEWA PT. TRAKNUS** = 3,066,744 KWH
- **SFC MESIN SEWA PT. TRAKNUS** = 0.275 liter / KWH
- **PEMAKAIAN SENDIRI TRAFO STEP UP TRAKNUS** = 61,335 KWH

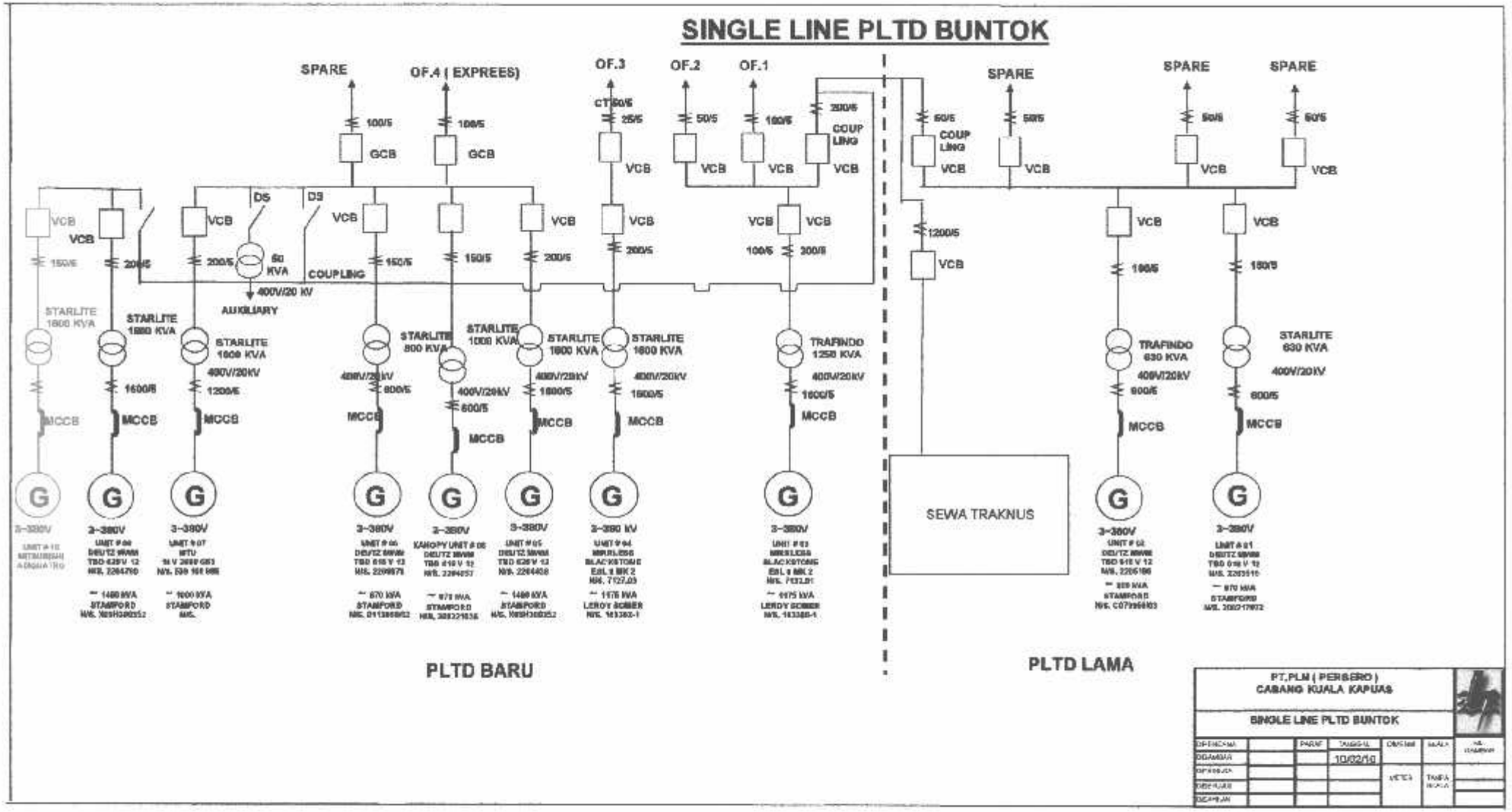
SINGLE LINE PLTD BUNTOK



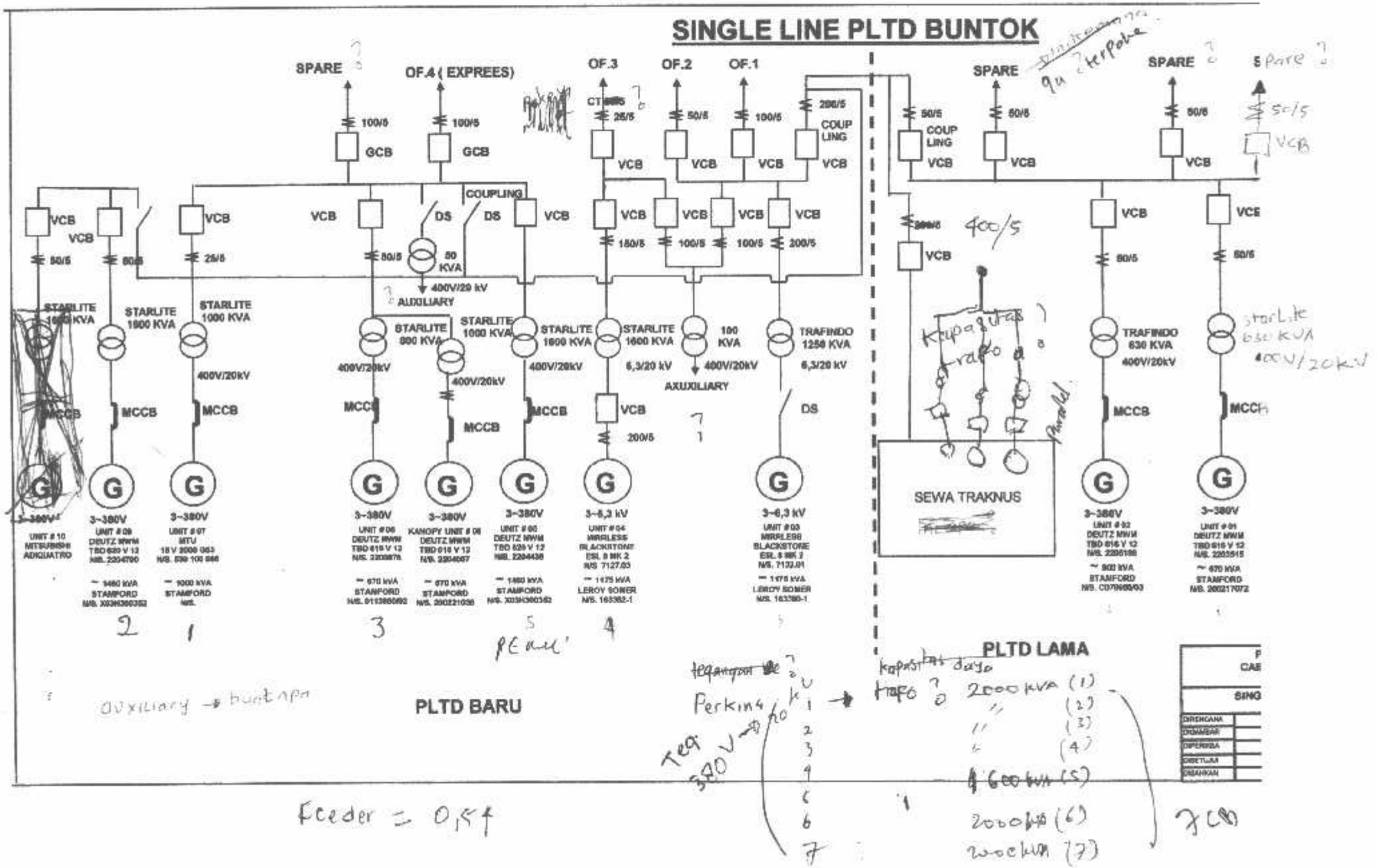
PT TRAKNUS

PT.PLN (PERSERO) CABANG KUALA KAPUAS						
SINGLE LINE PLTD BUNTOK						
DIKERJAKAN		PARAF	TANGGAL	DIMENSI	SKALA	NO. GAMBAR
DIGAMBAR			5/11/10			
DIPERIKSA				METER	TANPA SKALA	
DISETUJUI						
DIKETAHUI						

SINGLE LINE PLTD BUNTOK



PT. PLN (PERSERO) CABANG KUALA KAPUAS					
SINGLE LINE PLTD BUNTOK					
DIPERIKSA		PARAF	TANGGAL	DIKSIMI	SKALA
DIGAMBAR			10/02/19		
DIPERIKSA					
DISETUJUI					
DICAIRKAN					


SINGLE LINE PLTD BUNTOK
SPARE
OF.4 (EXPREES)
OF.3
OF.2
OF.1
SPARE
SPARE
Spare
GCB
GCB
COUPLING
COUP LING
VCB
DS
50 KVA
400V/20 kV
AUXILIARY
STARLITE 1600 KVA
STARLITE 1000 KVA
STARLITE 800 KVA
STARLITE 1600 KVA
100 KVA
AXUXILIARY
TRAFINDO 1250 KVA
6,3/20 kV
400V/20kV
MCCB
DS
400/5
SEWA TRAKNUS
TRAFINDO 630 KVA
starLite 630 KVA
3~380V
3~6,3 kV
PLTD BARU
PLTD LAMA
2000 kVA (1)
(2)
(3)
(4)
600 kVA (5)
2000 kVA (6)
1000 kVA (7)
DIREKSANA
DIOMBAR
DIPERINSA
DIRETUAN
DIBANKAN

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
Jl. Karanglo km 2, Malang

LEMBAR BIODATA PENULIS

Nama	:	**Maskur Usmanto**
NIM	:	**08.12.002**
Tempat/tanggal lahir	:	**Malang, 03 Agustus 1987**
Fakultas	:	**Fakultas Teknologi Industri**
Jurusan	:	**Teknik Elektro S-1**
Konsentrasi	:	**Teknik Energi Listrik**
Nilai Sekripsi	:	**86.65**
IPK	:	**3.75**

Alamat Asal	:	Jl. Indragiri 40 gg. 19 Kota Batu – Jawa Timur 65318
Alamat di malang	:	Jl. Indragiri 40 gg. 19 Kota Batu – Jawa Timur 65318
Nama Orang Tua	:	Suyoto
Alamat Orang Tua	:	Jl. Indragiri 40 gg. 19 Kota Batu – Jawa Timur 65318
Dosen Pembimbing I	:	Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
Dosen Pembimbing II	:	Awan Uji Krismanto, ST.MT
Judul Skripsi	:	ANALISA KOORDINASI RELAI PENGAMAN TRANSFORMATOR PADA SISTEM JARINGAN KELISTRIKANDI PLTD BUNTOK MENGGUNAKAN *SOFTWARE ETAP POWER STATION*

Malang, 29 September 2012

Maskur Usmanto