ANALISIS KOORDINASI OVER CURRENT RELAY (OCR) UNTUK SISTEM GI. SENGKALING DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP POWERSTATION

SKRIPSI

Disusun Oleh :
RAINER OLISANDRE DIN
NIM. 05.12.004

MILIK PERPUSTAKAAN ITN MALANG

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

2015

WIFIK

LEMBAR PERSETUJUAN

ANALISIS KOORDINASI OVER CURRENT RELAY (OCR) UNTUK SISTEM GI. SENGKALING DENGAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE ETAP POWERSTATION*

SKRIPSI

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

Disusun oleh :

Rainer Olisandre Din
Nim : 05.12.004

Diperiksa dan disetujui,

Pembimbing I	Pembimbing II
Dr.Eng.Ir. I Made Wartana, MT	**Ir. Eko Nurcahyo, MT**
NIP.196105031992021001	**NIP.Y.1028700172**

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1

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

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2015

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

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama	: Rainer Olisandre Din
NIM	: 05.12.004
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 pernyatan ini saya buat dan apabila di kemudian hari ada pelanggaran atas surat pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksinya.

Malang, … April 2015
Yang membuat Pernyataan,

Rainer Olisandre Din
05.12.004

Analisa Koordinasi Over Current Relay (OCR) Untuk Sistem GI. Sengkaling Dengan Menggunakan *Software ETAP Power station*

Rainer Olisandre Din / 05.12.004
Dosen Pembimbing: Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT dan Ir. Eko Nurcahyo, MT
Jurusan Teknik Elektro S-1, Konsentrasi Teknik Energi Listrik
Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang
Jl. Raya Karanglo Km 2 Malang
E-mail : van.scholsa@rocketmail.com

Abstrak

Sistem proteksi merupakan salah satu komponen penting dalam sistem tenaga listrik secara keseluruan. Tanpa adanya pengaman, tenaga listrik yang dihasilkan tidak dapat ditransmisikan dan didistribusikan kepada konsumen dengan tingkat kualitas yang tinggi. Koordinasi sistem proteksi yang baik akan mengisolasi daerah gangguan dan mencegah pemadaman di daerah lain. Untuk menjaga dan meningkatkan performa sistem proteksi perlu dilakukan suatu studi terhadap koordinasi rele pengaman yang terpasang. Dalam skripsi ini membahas mengenai proteksi gangguan hubung singkat dengan koordinasi Over Current Relay (OCR) dan Differential Relay pada sistem Gardu Induk Sengkaling untuk meningkatkan keandalan sistem pada saat terjadi gangguan. Untuk analisis arus gangguan hubung singkat menggunakan bantuan simulasi Software ETAP Powerstation.

Dengan merubah setting awal reley arus lebih pada sisi primer dari 0,275 detik menjadi 0,488 detik, relay arus lebih pada sisi sekunder dari 0,175 detik menjadi 0,307 detik dan waktu kerja rele diferensial sebesar 20 % atau 0.2 detik dirubah menjadi 2 % atau 0.01 detik dimana kondisi sensitivitas kerja rele bekerja dengan baik atau beraturan.

Kata Kunci : Overcurrent relay, Differential Relay , Setting rele, Koordinasi rele, Software ETAP Powerstation

KATA PENGANTAR

Puji Syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala limpahan berkat dan rahmat-Nya sehingga Skripsi berjudul Analisis Koordinasi *Over Current Relay* (*OCR*) untuk Sistem GI. Sengkaling dengan Menggunakan *Software Etap Powerstation* dapat terselesaikan.

Skripsi ini dibuat untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar sarjana teknik. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kami sampaikan pada:

1. Bapak Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MT. Selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang
2. Bapak Ir. Anang Subardi, MT. Selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri ITN Malang
3. Bapak M. Ibrahim Ashari, ST, MT. Selaku Ketua Jurusan Elektro S-1
4. Bapak Dr.Eng.Ir. I Made Wartana, MT. Selaku Dosen Pembimbing
5. Bapak Ir. Eko Nurcahyo, MT. Selaku Dosen Pembimbing
6. Orang Tua, Istri Anak Tercinta, yang selalu memberikan motivasi serta do'a.
7. Semua Pihak yang telah membantu dalam penulisan dan penyusunan penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa penelitian ini masih jauh dari sempurna, untuk itu kritik dan saran dari pembaca sangat penulis harapkan untuk perbaikan Skripsi ini

Malang, February 2015

Penulis

DAFTAR ISI

Lembar Persetujuan i

Abstrak ii

Kata Pengantar iii

Daftar Isi iv

Daftar Gambar v

Daftar Tabel vi

Daftar Grafik vii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah..... 2

1.3 Tujuan 2

1.4 Batasan Masalah 2

1.5 Prosedur penelitian 3

1.6 Kontribusi 3

1.7 Sistematika Penulisan 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gardu Induk 5

2.2 Sistem Distribusi 5

2.3 Gangguan Pada Sistem Distribusi 6

2.3.1 Tipe Gangguan Hubung Singkat Pada Sistem Distribusi 7

2.3.1.1 Gangguan Hubung Singkat Tiga Phasa 7

2.3.1.2 Gangguan Hubung Singkat Phasa ke Phasa..... 8

2.3.1.3 Gangguan Hubung Singkat Satu Phasa ke Tanah 9

2.4 Proteksi 10

2.4.1 Syarat Proteksi 10

2.5 *Over Current Relay (OCR)* 13

2.5.1 Prinsip Kerja Relay Arus lebih (OCR) 13

2.5.2 Fungsi Dan Pengaman 13

2.5.3 Karakteristik Relay Arus Lebih 14

2.6 Seting Rele Arus Lebih 16

2.6.1 Setelan Arus Fasa 16

2.6.2 Perhitungan Dan Setting Ulang Relay Pengaman .. 17

2.7 *Differential Relay* 18

2.7.1 Gangguan Diluar Daerah Yang Dilindungi 19

2.7.2 Gangguan Didalam Daerah yang Dilindungi 20

2.7.3 Karakteristik Rele Diferensial 20

2.7.4 Setting Slope 21

2.7.5 Syarat Rele Diferensial 22

2.7.6 Prinsip Kerja Rele Diferensial 23

2.8 Syarat Rele Pengaman 23

BAB III METODE PEMECAHAN MASALAH

3.1 Metode yang Digunakan 25

3.2 Data yang Digunakan Dalam Penelitian 25

3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian 25

3.4 Algoritma Simulasi Pada *Software ETAP Power Station* .. 26

3.5 *Flowchart* (Desain Distem) 27

3.6 Perancangan Simulasi Menggunakan *ETAP Power Station*.. 28

BAB IV HASIL DAN ANALISIS HASIL

4.1 Data – Data yang Dikumpulkan 32

4.1.1 *Single Line Diagram* GI Sengkaling 32

4.1.2 Data – data Transformator 33

4.1.3 Data –data Relay 34

4.2 Kondisi Awal Koordinasi Proteksi Sebelum Di Setting..... 35

4.3 Analisis Aliran Daya *(Load Flow)* 36

4.4 Hasil Analisis Short Circuit 37

4.5 Analisa Gangguan Hubung Singkat Proteksi Rele Pada Bus Sistem Sisi Primer Dan Sisi Sekunder Internal Transformator Sebelum Pensettingan Rele Diferensial..... 37

4.5.1 Kondisi Awal Koordinasi Proteksi Rele Pada Internal Sisi Primer Trafo Daya 30 MVA 150/20 kV 38

4.5.2 Kondisi Awal Koordinasi Proteksi Rele Pada Internal Sisi Sekunder Trafo Daya 30 MVA 150/20 kV 40

4.5.3 Kondisi Awal Koordinasi Proteksi OCR Gangguan Eksternal Pada Bus 2 Trafo Daya 30 MVA 150/20 kV 42

4.5.4 Perhitungan Manual Pengaturan Relay Setelah Di Setting 44

4.6 Analisa Gangguan Hubung Singkat Proteksi Rele Pada Bus Sistem Sisi Primer Dan Sisi Sekunder Transformator Sesudah Pensettingan Rele Diferensial..... 46

4.6.1 Hasil Koordinasi Proteksi Rele Pada Internal Sisi Primer Trafo Daya 30 MVA 150/20 kV 46

4.6.2 Hasil Koordinasi Proteksi Rele Pada Internal Sisi Sekunder Trafo Daya 30 MVA 150/20 kV 50

4.6.3 Hasil Koordinasi Proteksi OCR Gangguan Eksternal Pada Bus 2 Trafo Daya 30 MVA 150/20 kV 52

4.7 Hasil Perhitungan Perbandingan Trafo Arus (CT) Pada Rele Differensial di GI Sengkaling 53

4.8 Perbandingan Setting Awal dan Baru Pada Relay Arus Lebih (*OCR*) dan Relay Differensial 56

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan 57

5.2 Saran 57

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1	Model Gardu Induk	5
Gambar 2-2	Skema Penyaluran Sistem Distribusi Tenaga Listrik ..	6
Gambar 2-3	Gangguan hubung singkat 3 fasa	7
Gambar 2-4	Gangguan hubung singkat phasa ke phasa	8
Gambar 2-5	Gangguan hubung singkat satu phasa ke tanah	9
Gambar 2-6	Komponen – Komponen Sistem Proteksi	12
Gambar 2-7	*Single Line Diagram Over Current Relay (OCR)*	13
Gambar 2-8	Karakteristik *Instantaneous Relay*	14
Gambar 2-9	Karakteristik *Definite Time Relay*	14
Gambar 2-10	Karakteistik *Inverse Relay*	15
Gambar 2-11	Rele Diferensial Saat Arus Normal	19
Gambar 2-12	Rele Diferensial Saat Gangguan Eksternal	19
Gambar 2-13	Rele Diferensial Saat Gangguan Internal	20
Gambar 3-1	*Flowchart* Penyelesaian Masalah	27
Gambar 3-2	Single Line Sitem Jaringan Kelistrikan Transformator 30 MVA 150/20 kV GI Sengkaling Pada Software *ETAP Power Station*	28
Gambar 3-3	*Input Rating* Trafo di *ETAP Powerstation*	29
Gambar 3-4	*Input Parameter Over Current Relay* di *ETAP Powerstation*	29
Gambar 3-5	*Input Rating* PMT di *ETAP Powerstation*.....	30

Gambar 3-6 Input Rating CT (Current Transformer) di ETAP Powerstation 30

Gambar 3-7 *Input Rating Load* di *ETAP Powerstation* 31

Gambar 3-8 Data input relay defferensial 31

Gambar 4-1 *Single Line Diagram* GI Sengkaling 32

Gambar 4-2 Analisa aliran daya (load flow analysis) pada GI Sengkaling dengan *Software ETAP Power Station* 36

Gambar 4-3 Simulasi Selektivitas Rele Gangguan Hubung Singkat L - L Pada Sisi Primer Internal Trafo Sebelum Penyetelan Rele Diferensial Dengan *Software ETAP Power Station* 43

Gambar 4-4 Simulasi Selektivitas Rele Gangguan Hubung Singkat L – L -G Pada Sisi Primer Internal Trafo Sebelum Penyetelan Rele Diferensial Dengan *Software ETAP Power Station* 39

Gambar 4-5 Simulasi Selektivitas Rele Gangguan Hubung Singkat L - L Pada Sisi Sekunder Internal Trafo Sebelum Penyetelan Rele Diferensial Dengan *Software ETAP Power Station* 40

Gambar 4-6 Simulasi Selektivitas Rele Gangguan Hubung Singkat L - L – G Pada Sisi Sekunder Internal Trafo Sebelum Penyetelan Rele Diferensial Dengan *Software ETAP Power Station* 41

Gambar 4-7 Simulasi Selektivitas *OCR* Untuk Gangguan Eksternal L – G Pada Bus 2 Sebelum Penyetelan Rele *OCR* Dengan *Software ETAP Power Station*..... 42

Gambar 4-8 Simulasi Selektivitas *OCR* Untuk Gangguan Eksternal L – L - G Pada Bus 2 Sebelum Penyetelan Rele *OCR* Dengan *Software ETAP Power Station* 43

Gambar 4-9 Simulasi Selektivitas Rele Gangguan Hubung Singkat Fasa - Fasa Pada Sisi Primer Internal Trafo Sesudah Penyetelan Rele Diferensial 46

Gambar 410 Simulasi Selektivitas Rele Gangguan Hubung Singkat Fasa – Fasa ke Tanah Pada Sisi Primer Internal Trafo Sesudah Penyetelan Rele Diferensial 48

Gambar 4-11 Simulasi Selektivitas Rele Gangguan Hubung Singkat Fasa - Fasa Pada Sisi Sekunder Internal Trafo Sesudah Penyetelan Rele Diferensial 50

Gambar 4-12 Simulasi Selektivitas *OCR* Untuk Gangguan Eksternal L – G Pada Bus 2 Sesudah Penyetelan Rele *OCR* Dengan *Software ETAP Power Station* 52

Gambar 4-13 Simulasi Selektivitas *OCR* Untuk Gangguan Eksternal L – L - G Pada Bus 2 Sesudah Penyetelan Rele *OCR* Dengan *Software ETAP Power Station*..... 53

DAFTAR TABEL

Table 4-1	Hasil perhitungan analisa hubung singkat	37
Tabel 4-2	Kondisi OCR Sebelum di Setting	56
Tabel 4-3	Kondisi OCR Sesudah di Setting.....	56
Tabel 4-4	Kondisi Relay Differensial Sebelum di Setting.....	56
Tabel 4-5	Kondisi Relay Differensial Sesudah di Setting	56

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4-1 Waktu Kerja Rele Diferensial Terhadap Perbandingan *Over Current Relay* Dengan Gangguan Fasa – Fasa Internal Sisi Primer Trafo 47

Grafik 4-2 Waktu Kerja Rele Diferensial Terhadap Perbandingan *Over Current Relay* Dengan Gangguan Fasa – Fasa Ke Tanah Internal Sisi Primer Trafo .....
..... 49

Grafik 4-3 Waktu Kerja Rele Diferensial Terhadap Perbandingan *Over Current Relay* Dengan Gangguan Fasa – Fasa Pada Internal Sisi Sekunder Trafo 50

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dengan semakin majunya teknologi dan pembangunan di segala aspek kehidupan menuntut peralatan listrik yang handal dalam penyaluran tenaga listrik yang kuat. Dalam arti tidak mudah mengalami gangguan di dalam sistemnya. Hal ini tentunya harus ditunjang dengan kemampuan pengoperasian peralatan – peralatan listrik yang bersifat memproteksi atau melindungi sistem supaya sistem dapat bekerja dengan baik. Peralatan – peralatan tersebut antara lain Transformator, rele, PMT, DS dan lain-lain. Peralatan rele akan mempunyai peranan yang sangat penting karena mampu mendeteksi adanya gangguan yang terjadi di luar atau di dalam sistem dengan cepat. Rele memegang peranan penting dalam sistem transmisi dan distribusi tenaga listrik. Penggunaan rele perlu memperhatikan masalah - masalah yang berhubungan dengan keamanan dalam pengoperasiannya [1].

Over current relay (OCR) adalah pengaman yang selektif yang mempunyai daerah pengaman tersendiri bilamana terjadi gangguan pada daerah kawasan pengamannya. Kemungkinan terjadinya suatu gangguan pada peralatan yang terpasang pada sistem yang akan menyebabkan kerusakan pada alat tesebut selalu bisa terjadi. Maka untuk mencegah hal tersebut perlu adanya sistem pengaman menggunakan rele untuk mencegah gangguan yang akan menyebabkan kerusakan. Gangguan tidak hanya disebabkan oleh kesalahan operasi, tetapi juga oleh gangguan dari luar yang tidak mungkin dihilangkan begitu saja [1][8].

Salah satu metode yang dilakukan untuk memperoleh keandalan sistem adalah koordinasi rele pengaman dengan memfungsikan rele sebagai pengaman utama dan pengaman cadangan. Proteksi cadangan ini umumnya mempunyai perlambatan waktu (time delay), hal ini untuk memberikan kesempatan kepada poteksi utama beroperasi terlebih dahulu, dan jika proteksi utama gagal baru proteksi cadangan yang akan beroperasi [2]. Untuk memenuhi fungsi tersebut maka waktu rele pengaman utama disetel lebih cepat daripada rele pengaman cadangan. Rele pengaman dengan kemampuan selektif yang baik dibutuhkan

untuk mencapai keandalan sistem yang tinggi karena tindakan pengaman yang cepat dan tepat akan dapat mengisolir gangguan dengan seminimal mungkin [2].

1.2 Rumusan Masalah

Mengacu pada latar belakang diatas dengan permasalahan yang sering timbul, maka akan dibahas :

1. Bagaimana menghitung dan menganalisis *setting over current relay* dan *differential relay* dalam melakukan pengamanan terhadap sistem.
2. Bagaimana mengamankan arus gangguan hubung singkat satu phasa ke tanah, gangguan hubung singkat dua phasa dan gangguan hubung singkat tiga phasa yang biasa terjadi pada sistem distribusi. Serta peranan rele *over current relay* dan *differential relay* untuk mencegah dampak gangguan tersebut.

1.3 Tujuan

1. Menganalisis gangguan hubung singkat yang terjadi dalam jaringan sistem tenaga listrik di GI. Sengkaling Malang.
2. Menentukan *setting* rele *OCR* dan *differential relay* dalam merespon gangguan yang terjadi.
3. Melakukan *analisis* koordinasi kerja *OCR* dan *differential relay* untuk mengamankan trafo dari gangguan sistem atau yang berasal dari luar sistem dengan *Software ETAP PowerStation.*

1.4 Batasan Masalah

Agar tujuan dapat tercapai maka diperlukan batasan-batasan sebagai berikut :

1. Membahas tentang koordinasi *Over Current Relay* dan *Differential Relay* pada sistem distribusi.
2. Pada *software ETAP Power Station* untuk fasilitas setting rele diferensial hanya tercantum setting waktunya saja sedangkan untuk setting arusnya tidak ada.
3. Aplikasi dilakukan dengan *Software ETAP PowerStation*
4. Pengambilan data dilakukan di GI. Sengkaling Malang.

1.5 Prosedur Penelitian

Untuk menyelesaikan skripsi ini diperlukan langkah - langkah sebagai berikut:

1. Studi literature

   Mencari referensi – referensi yang berhubungan dengan pembahasan skripsi ini.

2. Perancangan sistem simulasi

   Melakukan perancangan sistem simulasi pada perangkat lunak ETAP Power Station.

3. Pembuatan rangkaian sistem simulasi Tahap pembuatan rangkaian sistem simulasi menggunakan perangkat lunak ETAP Power Station.

4. Pengujian sistem simulasi

   Untuk mengetahui tingkat keberhasilan dari fungsi relay dan rangkaian yang sudah dibuat dilakukan pengujian sistem secara keseluruhan menggunakan *software* ETAP Power Station.

5. Pengolahan data

   Melakukan analisa dari data yang diperoleh melalui pengujian sistem sehingga dapat dibuat kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.

1.6 Kontribusi

Hasil dari penelitian diharapkan memberikan pengetahuan dalam penentuan setting dan kordinasi *OCR* agar penyaluran tenaga listrik dapat optimal kepada masyarakat. Memberikan wawasan dan pengetahuan kepada pembaca tentang kordinasi sistem proteksi dan masalah-masalah yang ada didalamnya.

1.7 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah dan memahami pembahasan penulisan skripsi ini, maka sistematika penulisan disusun sebagai berikut :

BAB I : Pendahuluan

BAB ini berisi Latar Belakang, Rumusan Masalah, Tujuan Penelitian, Batasan masalah, Metode Penelitian, Kontribusi dan Sistematika Penulisan.

BAB II : Tinjauan Pustaka

Pada Bab ini dibahas teori - teori yang mendukung dalam pengkoordinasi sistem proteksi untuk kehandalan pada sistem.

BAB III : Metode Pemecah Masalahan

BAB ini mempelajari tentang metode penyelesaian masalah, perancangan simulasi dan flowchart.

BAB IV : Hasil dan Analisis Hasil

BAB ini akan membahas mengenai perhitungan manual, pengkoordinasian *Over Current Relay* dan *Differential Relay*, serta aplikasi dengan menggunakan *Software ETAP PowerStation.*

BAB V : Kesimpulan dan Saran

BAB ini akan berisi kesimpulan yang diambil dari hasil analisis dan saran-saran untuk tahap pengembangan selanjutnya yang mungkin dilakukan.

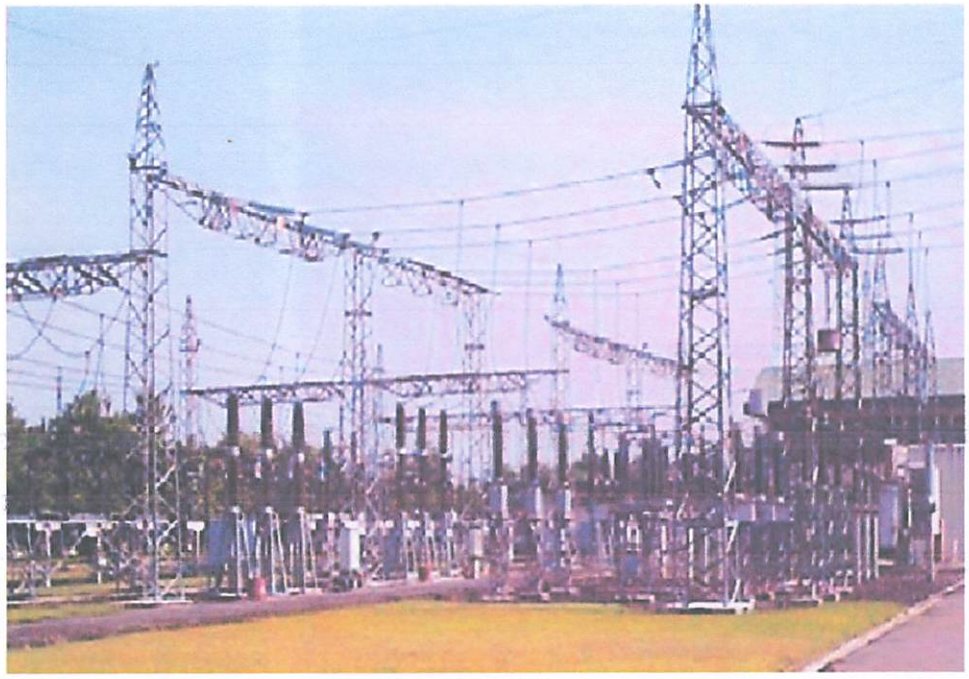
BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gardu Induk

Gardu Induk (GI) adalah komponen sistem tenaga yang berfungsi sebagai pusat penyaluran (transmisi) yang menghubungkan sistem transmisi tegangan tinggi dengan saluran – saluran dan gardu – gardu distribusi.

Fungsi gardu induk untuk mentransformasikan daya listrik dari :

- Tegangan ekstra tinggi ke tegangan tinggi (500 kV/150 kV)
- Tegangan tinggi ke tegangan yang lebih rendah (150 kV/70 kV)
- Tegangan tinggi ke tegangan menengah (150 kV/20 kV,70 kV/20 kV)



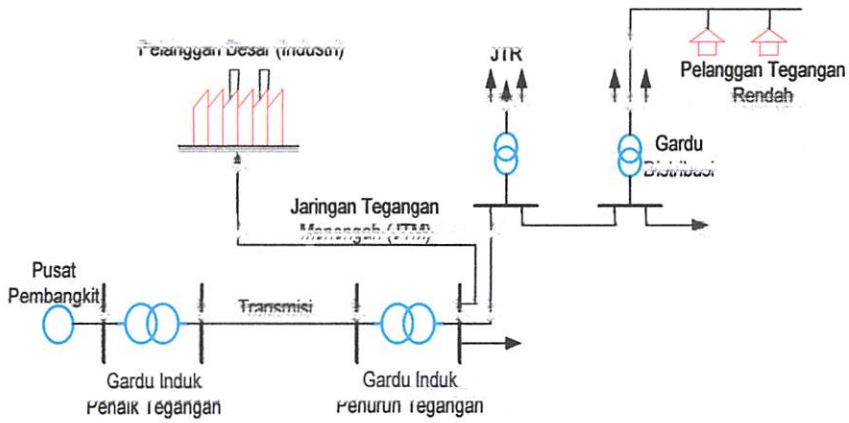
Gambar 2.1.

Model Gardu Induk

Sumber : http://www.pln.co.id/p3bjawabali/

2.2 Sistem Distribusi

Sistem distribusi berada pada akhir dari sistem tenaga listrik, perannya mendistribusikan tenaga listrik dari gardu induk atau pembangkit tenaga ke konsumen melalui gardu distribusi.



Gambar 2.2

Skema Penyaluran Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sumber : Sugiyanto H. Prakoso, (2009)

Dalam pendistribusian tenaga listrik ke konsumen, tenaga yang digunakan bervariasi tergantung pada jenis konsumen yang membutuhkan. Dengan demikian maka sistem distribusi tenaga listrik dapat diklarifikasikan menjadi dua bagian yaitu :

1. Sistem distribusi primer
2. Sistem distribusi sekunder

Di dalam mendistribusikan listrik kepada para konsumen dengan mutu tenaga listrik yang handal, mulai dalam proses pengiriman tenaga listrik diperlukan peralatan listrik yang dapat mengirim tenaga listrik sampai pada konsumen. Peralatan listrik yang sangat penting dalam mendukung pengiriman tenaga listrik sampai ke konsumen adalah transformator tenaga, transformator arus, PMT, Disconnecting switch serta rele – rele proteksi. Peralatan di atas di koordinasikan dengan semua peralatan dan saling berhubungan untuk bisa dapat member keandalan pada sistem tenaga listrik.

2.3. Gangguan Pada Sistem Distribusi

Gangguan adalah peristiwa yang menyebabkan *trip*-nya PMT (*circuit breaker*) diluar kehendak operator. Gangguan umumnya disebabkan karena terjadi hubung singakt. Hubung singkat ini dapat terjadi antara fasa dengan fasa atau fasa dengan tanah. Gangguan yang paling banyak terjadi adalah gangguan satu fasa ke tanah.

Macam gangguan dapat dikelompokan menjadi :

a. Gangguan temporer, yaitu peristiwa yang menyebabkan *trip*-nya PMT (*circuit breaker*) tetapi beberapa saat kemudian (setelah 5 detik) apabilah PMT dimasukan, akan normal kembali (gangguan sudah hilang)
b. Gangguan permanen, yaitu peristiwa yang menyebabkan *trip*-nya PMT, kemudian bila PMT dimasukan kembali, PMT tersebut *trip* lagi. PMT ini baru bisa dimasukan kembali secara normal setelah dilakukan perbaikan atas bagian yang menimbulkan gangguan. Gangguan ini adalah gangguan permanen yang terjadi pada sistem.

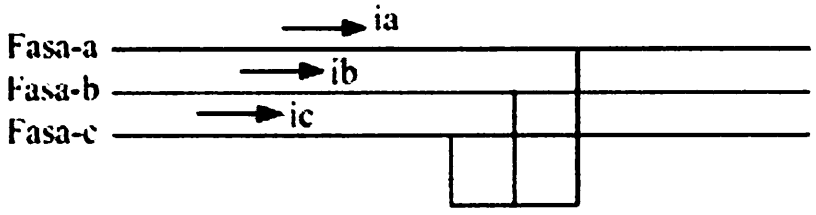
2.3.1. Tipe Gangguan Hubung Singkat Pada Sistem Distribusi

Macam gangguan yang mungkin terhadi pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik adalah :

1. Gangguan tiga fasa
2. Gangguan fasa ke fasa
3. Gangguan satu fasa ke tanah

2.3.1.1. Gangguan Hubung Singkat Tiga Phasa

Gangguan hubung singkat tiga phasa biasanya merupakan karakteristik yang hanya ada pada sistem tiga fasa. Pada gangguan tipe ini terjadi apabila tiga buah fasa terhubung singkat. Gambar 2.3 memperlihatkan gangguan hubung singkat tiga fasa.



Gambar 2.3

Gangguan hubung singkat 3 fasa

Sumber : Sugiyanto H. Prakoso, (2009)

Sehingga besar arus hubung singkat 3 fasa adalah :

$V_a = V_b = V_c$

$$I_{F3\emptyset} = \frac{V_{ph}}{Z_1 + Z_f} \quad \text{.....(2.1)}$$

Dimana :

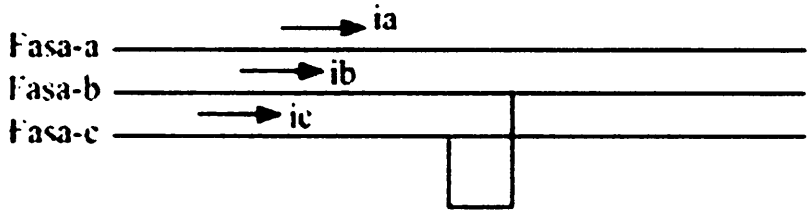
V_{ph} = Tegangan fasa

Z_1 = Impedansi urutan positif total antara sumber, trafo dan saluran (ohm)

Z_f = Impedansi gangguan (ohm)

2.3.1.2. Gangguan Hubung Singkat Phasa ke Phasa

Gangguan hubung singkat phasa- phasa dapat terjadi ketika penghantar pada sistem dua phasa atau tiga phasa terhubung singkat seperti pada gambar 2.4. gangguan tersebut dapat saja terjadi pada sistem tiga fasa terhubung wye atau hubung delta atau sepanjang sistem dua fasa.



Gambar 2.4

Gangguan hubung singkat phasa ke phasa

Sumber : Sugiyanto H. Prakoso, (2009)

Maka untuk menghitung arus gangguan hubung singkat antar phasa ke phasa dapat di peroleh sesuai dengan persamaan:

Sehingga besar arus hubung singkat 2 fasa adalah :

Persamaan keadaan :

$V_b = V_c \quad I_a = 0$

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

$V_{a1} = V_{a2}$

$$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_f} \quad \text{.....(2.2)}$$

$$Z_1 = Z_2 \text{ maka } Ia1 = \frac{V_f}{2Z_1 + Z_f} \quad \text{.....(2.3)}$$

$$I_b = -I_c + a2\, I_{b1} + a\, I_{a2} + I_{a0} \quad \text{.....(2.4)}$$

$I_b = a^2\, I_{a1} + a\, I_{a1}$

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

$I_b = -j\, I_{a1}\sqrt{3}$ .....(2.5)

$I_b = -j\,\sqrt{3}\,\frac{V_f}{2Z_1 + Z_f}$ .....(2.6)

Dimana:

V_f = Tegangan fasa (volt)

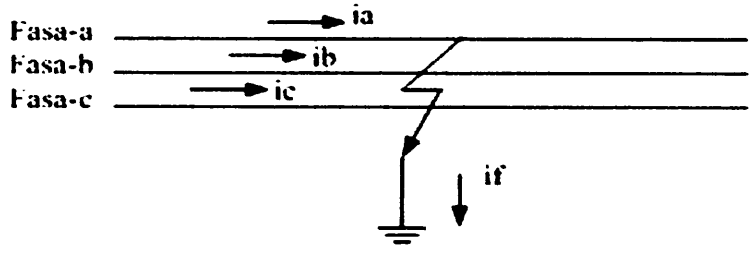
Z_1 = Impedansi urutan positif total antara sumber, trafo dan saluran-(ohm)

Z_2 = Impedansi urutan negatif total antara sumber, trafo dan saluran-(ohm)

Z_f = Impedansi gangguan (ohm)

2.3.1.3. Gangguan Hubung Singkat Satu Phasa ke Tanah

Gangguan hubung singkat satu phasa ke tanah terjadi apabila satu penghantar jatuh ke tanah atau berhubungan dengan kawat netral. Gangguan tipe ini merupakan hal yang paling sering terjadi pada sistem distribusi.



Gambar 2.5

Gangguan hubung singkat satu phasa ke tanah

Sumber : Sugiyanto H. Prakoso, (2009)

Gangguan terjadi pada fasa a

V_f = Tegangan di titik gangguan sebelum terjadi gangguan

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

$I_b = 0$

$V_a = 0$

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

$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3Z_f}$ .....(2.7)

$I_a = 3\,\frac{V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3Z_f}$ .....(2.8)

$I_a = 3\,\frac{V_f}{2Z_1 + Z_0 + 3Z_f}$ .....(2.9)

Dimana:

V ph = Tegangan fasa (volt)

Z_1 = Impedansi urutan positif total antara sumber, trafo dan saluran-(ohm)

Z_2 = Impedansi urutan negatif total antara sumber, trafo dan saluran-(ohm)

Z_f = Impedansi gangguan (ohm)

Z_0 = Impedansi nol

2.4. Proteksi

Rele merupakan salah satu perangkat proteksi pada sistem tenaga listrik selain PMT (Pemurus Tenaga), Transformator Arus (CT), Transformator Tegangan. Jika terjadi gangguan hubung singkat atau kerja abnormal, maka rele akan mersakan gangguan tersebut dan akan segera melakukan pemutusan atau penutupan pelayanan penyaluran sehingga setiap elemen sistem dapat dilindungi dari kerusakan pada peralatan. Rele dapa dikatakan bekerja secara mekanis atau mengatur kerja pemutus beban akibat rancangan yang diterima telah mencapai suatu harga batas yang telah ditetapkan.

Gangguan sistem tenaga listrik dapat disebabkan oleh :

- Kesalahan manusia
- Kesalah dari dalam / sistem atau dari alat itu sendiri
- Kesalahan dari luar atau bencana alam.

Sedangkan fungsi proteksi didalam sistem tenaga listrik adalah :

1. Untuk mencegah peralatan yang tergganggu, meupun peralatan yang dilewati oleh arus pengganggu.
2. Mengisolir bagian sistem yang terganggu sekecil mungkin dan secepat mungkin untuk mencegah meluasnya gangguan.
3. Mengurangi pengaruh gangguan terhadap bagian yang lain yang tidak terganggu di dalam sistem tersebut.

2.4.1. Syarat Proteksi

Pada sistem proteksi rele mempunyai beberapa syarat utama yaitu :

1. Kepekaan

pada prinsipnya rele harus cukup peka sehingga dapat mendeteksi gangguan dikawasan pengamannya, meskipun dalam kondisi yang memberikan rangsangan yang minimum.

2. Keandalan

Ada 3 aspek keandalan dari rele proteksi yaitu :

- Kepastian

  Yaitu tingkat kepastian bekerjanya. Pada prinsipnya pengaman harus dapat diandalkan bekerjanya tidak boleh gagal bekerja.

- Keamanan

  Yaitu tingkat kepastian untuk tidak salah kerja, salah kerja adalah kerja yang semestinya tidak harus kerja.

- Kesiagaan

  Yaitu perbandingan antara waktu di mana pengaman dalam keadaan siap kerja (actually in service) dari waktu total operasinya.

3. Selektif

Pengaman harus bisa memisahkan bagian sistem yang terganggu sekecil mungkin yaitu hanya seksi yang terganggu saja yang menjadi kawasan pengaman utamanya.

4. Kecepatan kerja (cepat)

Untuk memperkecil kerugian / kerusakan akibat gangguan, maka bagian yang terganggu harus dipisahkan secepat mungkin dari bagian sistem lainnya. Untuk menciptakan selektifitas yang baik, namun waktu tunda itu harus secepat mungkin (seperlunya saja).

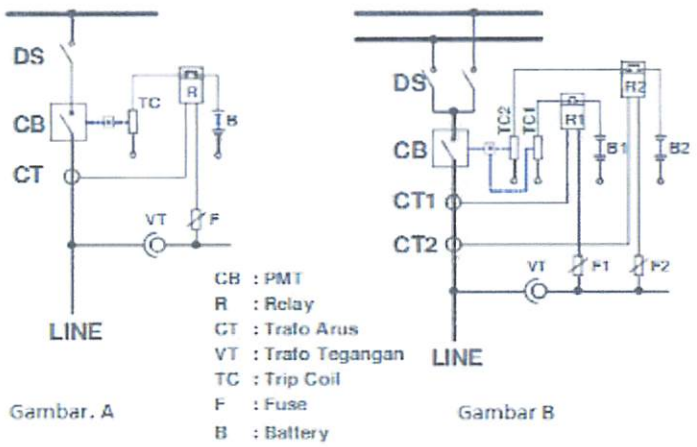
Jika salah satu persyaratan tersebut tidak terpenuhi maka akan terjadi kegagalan. Kegagalan tersebut disebabkan oleh :

- Relenya rusak atau tidak bekerja konsisten
- Setting rele tidak benar
- Catu daya (battery) lemah
- Gangguan pada mekanisme triping PMT
- Kegagalan saluran telekomunikasi teleproteksi
- Trafo arus jenuh
- Kesalahan pengawatan.

Untuk pengamanan bagian sistem yang lebih penting, digunakan sistem proteksi yang terdiri dari seperangkat peralatan proteksi yang kompponen-kompnen terpentingnya adalah :

a. Rele Proteksi : sebagai elemen perasa yang mendeteksi adanya gangguan atau keadaan abnormal.
b. Pemutus Tenaga (PMT) : Sebagai pemutus arus gangguan atau membebaskan sistem dari gangguan.
c. Trafo Arus (CT) : adalah untuk mentransformasikan arus dari sisi primer ke sekunder.
d. Trafo Tenaga (PT) : adalah untuk mentransformasikan tegangan dari sisi primer ke sekunder.
e. Baterai : sebagai sumber tenaga untuk mengetripkan PMT dan catu daya untuk rele (rele elektronik) dan rele bantu (auxiliary relay).
f. Wiring :untuk menghubungkan komponen – komponen proteksi sehingga menjadi satu sistem.

Hubungan komponen – komponen sistem proteksi yang sederhana dapat di lihat pada gambar 2.6



Gambar 2.6

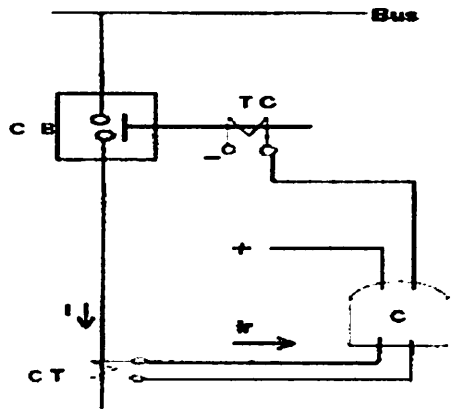
Komponen – Komponen Sistem Proteksi

Sumber : M. Yusuf M, Riana T. Mangesa, I. Suhardi, (2007)

Jika salah satu komponen dari perangkat proteksi tidak bekerja sebagaimana mestinya, maka sistem tersebut gagal bekerja dan apabila peralatan proteksi bekerja sebagaimana mestinya, maka kerusakan yang paran akibat gangguan dapat dicegah atau kerusakan ini dapat dikurangi sekecil mungkin.

2.5. Over Current Relay (OCR)

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



Gambar 2.7

Single Line Diagram Over Current Relay (OCR)

Sumber : Sugiyanto H. Prakoso 2009

2.5.1. Prinsip Kerja Relay Arus lebih (OCR)

Rele arus lebih merupakan rele yang bekerja terhadap arus lebih, rele ini akan bekerja bila arus yang mengalir melebihi nilai setting arusnya (I sett). Rele ini bekerja dengan membaca input berupa besaran arus kemudian membandingkan dengan nilai setting, apabila nilai arus yang terbaca oleh rele melebihi nilai setting, maka rele akan mengirim perintah trip (lepas) kepada Pemutus Tenaga (PMT) atau Circuit Breaker (CB) setelah tunda waktu yang diterapkan pada setting.

2.5.2. Fungsi Dan Penggunaan

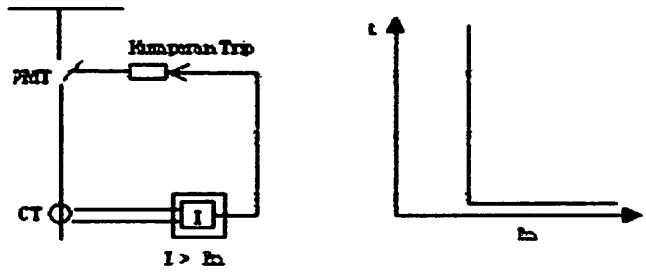
Relay ini berfungsi sebagai pengaman terhadap gangguan arus hubung singkat fasa-fasa dan dapat digunakan sebagai :

- Pengaman utama penyulang (jaringan tegangan menengah)
- Pengaman cadangan pada trafo, generator dan transmisi
- Pengaman utama untuk sistem tenaga listrik yang kecil dan radial

2.5.3 Karakteristik Relay Arus Lebih :

a. Relay Waktu Seketika (*Instantaneous Relay*)

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



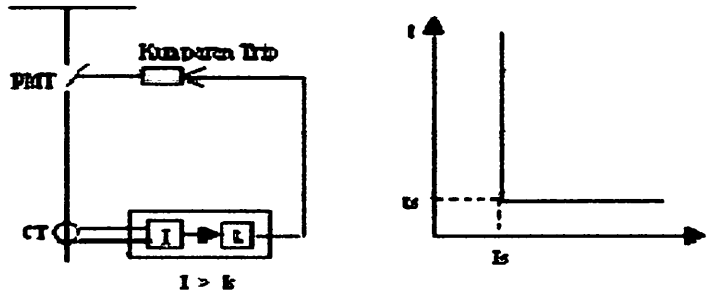
Gambar 2.8

Karakteristik *Instantaneous Relay*

Sumber : Bashesh P. Mehta, (2006)

b. Relay arus lebih waktu tertentu (*Definite Time Relay*)

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



Gambar 2.9

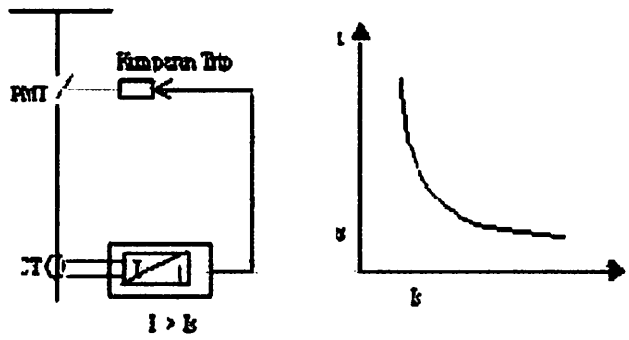
Karakteristik *Definite Time Relay*

Sumber : Bashesh P. Mehta, (2006)

c. Relay arus lebih waktu terbalik (*Standard Inverse*)

Relay ini akan bekerja dengan waktu tunda yang tergantung dari besarnya arus secara terbalik (inverse time), makin besar arus makin kecil waktu tundanya. Karakteristik ini bermacam-macam dan setiap pabrik dapat membuat karakteristik yang berbeda-beda, karakteristik waktunya dibedakan dalam tiga kelompok :

- *Standar invers*
- *Very inverse*
- *Extreemely inverse*



Gambar 2.10

Karakteistik *Inverse Relay*

Sumber : Bashesh P. Mehta, (2006)

Karakteristik kerja arus lebih waktu terbalik (Standard Inverse) sangat dipengaruhi oleh besarnya arus gangguan. Sebaliknya arus gangguan besar di tripkan dengan waktu yang singkat. Rele arus lebih waktu terbalik sangat cocok dipakai pada jaringan yang mempunyai banyak seksi. Rele ini cocok digunakan untuk pengaman pada saluran didekat sumber pembangkit / trafo daya karena waktu tripnya sangat cepat.

Waktu kerja rele jenis ini memenuhi rumus sebagai berikut :

$$T = \frac{0,14}{[Imax/Iset]^{0,02}-1} \cdot TD \quad \text{.....(2.10)}$$

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

I_{set} = setting arus rele (Ampere)

TD = time delay (detik).

2.6 Seting Rele Arus Lebih

Tujuan utama penyetelan rele pengama adalah untuk mendapatkan koordinasi rele yang selektif dan bekerja cepat. Rele yang selektif adalah rela yang hanya bekerja melepas PMT pada penghantar yang terganggu saja dan bila diperlukan dapat pula menjadi pengaman cadangan bagi sistem pengaman yang gagal bekerja pada saat seksi didepannya atau pada seksi itu sendiri.

Pada jaringan distribusi, sistem pengamannya hanyalah rele arus lebih atau pengaman lebur. Oleh sebab itu setiap rele berfungsi sebagai pengaman utama di daerahnya sendiri dan sebagai cadangan bagi rele di seksi disepanya. Kaidah penyetelan rele arus lebih harus dibedakan antara rele arus lebig gangguan fasa dan rele gangguan tanah, karena seperti diketahui bahwa rele gangguan tanah tidak tergantung pada arus beban melainkan tergantung pada sistem pentanahan netral sistem tenaga.

Begitupun dalam memilih karakteristik rele arus lebih, sebaiknya menggunakan karakteristik yang sama karena dalam beberapa hal karakteristik yang tidak sama akan menyulitkan tercapainya selektifitas.

2.6.1 Setelan Arus Fasa

Seperti diuraikan diatas bahwa rele arus lebih merupakan pengaman terhadap arus gangguan hubung singkat dan tidak boleh bekerja pada arus beban maksimunya, tetapi harus dapat merasakan setiap gangguan pada daerah yang diamankan, paling sedikit sampai satu seksi didepannya. Jadi dalam menentukan setelan arus pada rele arus lebih adalah :

$$1{,}25\, I_{bmax} \leq I_{set} \leq 0{,}8(I_{F2\emptyset}) \quad \text{.....(2.11)}$$

a. Batas minimum

Sebagai batas minimum adalah arus beban maksimum

$$I_{s\,min} = K_m \times I_{b\,max} \quad \text{.....(2.12)}$$

$$I_{set}(ct) = I_{s\,min} \times \text{Ratio CT}$$

Dimana : Ismin = Setelan arus minimum

Ibmax = Arus beban maksimum

Km = Faktor keamanan

Dalam memperhitungkan kasalahan yang mungkin terjadi pada peralatan, seperti CT dan rele sendiri, serta memperlihatkan rasio drop-off, maka untuk menjamin rele tidak bekerja pada arus beban, biasanya dipilih nilai

$K_m = 1{,}25 - 1{,}5$ .....(2.13)

b. Batas maksimum

Sebagai batas maksimum setelan arus adalah arus gangguan hubung singkat diujung seksi depannya. Untuk menjaminn rele tetap bekerja pada setiap titik yang diamankan, maka arus hubung singkat tersebut adalah arus hubung singkat dua fasa pada pembangkit minimum. Maka digunakan rumus :

$I_{s\,max} = K_n \cdot I_{is\,min}$ .....(2.14)

Sehingga setting arus relenya :

I_{set} = Perbandingan CT x I_{set} (CT) .....(2.15)

Dimana :

Is max = setelan arus maksimum

Kn = faktor keamanan 0,8

Is min = arus hubung singkat 2 fasa pada pembangkit minimum

Iset = setelan arus rele

2.6.2 Perhitungan Dan Setting Ulang Relay Pengaman

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

- persamaan untuk menghitung arus kerja relay :

$$I_n = \frac{KVA}{\sqrt{3}.KV} \quad \text{..... (2.16)}$$

In = arus fasa ke netral

$$I_p = \frac{kf}{kd} \text{ x } I_n \quad \text{..... (2.17)}$$

Ip = arus setting primer

kf = untuk define relay = 1,1 = 110%

kd = untuk define relay = 0,7 – 0,9

$I_s = I_p$ x rasio CT ..... (2.18)

Is = arus setting relay

- persamaan untuk menghitung waktu kerja relay :

$$t = \frac{80}{(Ir^2-1)} \text{ x Tms} \quad \text{..... (2.19)}$$

t = waktu kerja relay

Ir = arus gangguan terbesar dibagi dengan arus *setting primer*

2.7 Rele Diferensial

Rele diferensial adalah salah satu rele pengaman utama system tenaga listrik yang bekerja seketika tanpa koordinasi rele disekitarnya sehingga waktu kerja dapat dibuat secepat mungkin. Daerah pengamanannya dibatasi oleh pasangan trafo arus dimana rele diferensial dipasang sehingga rele diferensial tidak dapat dijadikan sebagai pengaman cadangan untuk daerah berikutnya. Proteksi rele diferensial bekerja dengan prinsip keseimbangan arus *(current balance)*.

Prinsip ini berdasarkan hukum *Kirchhoff* yaitu membandingkan jumlah arus masuk ke primer (*Ip*) sama dengan jumlah arus yang keluar dari sekunder (*I*S).

Idiferensial = *Id*=[*Ip*]+ [*Is*] ..... (2.20)

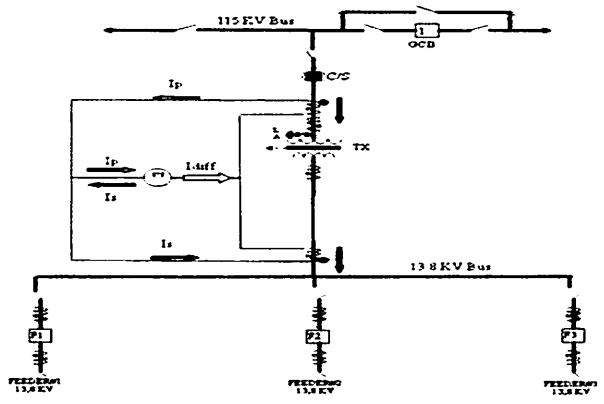
Dimana:

Id = Arus Diferensial (A)

Ip = Arus Sisi Masuk (A)

Is = Arus Sisi Keluar (A)

Gambar 2.13 menunjukkan rele diferensial dalam keadaan arus normal, dimana *I*p dan *I*s sama besar dan berlawanan arah.



Gambar 2.11

Rele Diferensial Saat Arus Normal

Sumber :L.E Bien, dan D.Helna 2007

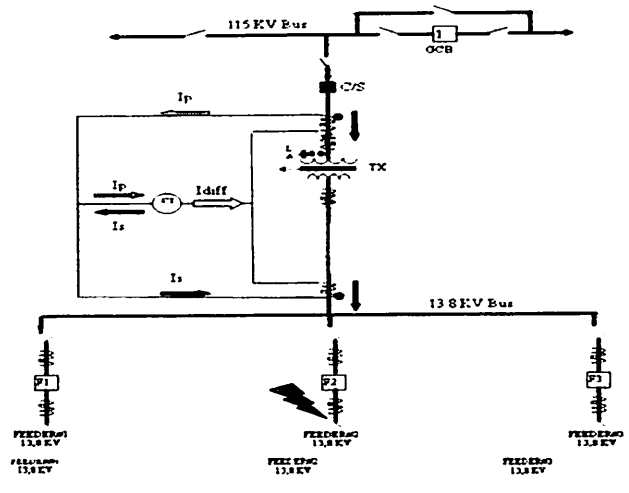
$Id = Ip + Is = 0$ *Ampere*

$Idif = IP + IS = 0$ *Ampere*

Maka tidak ada tegangan yang melintasi *coil relay* dan tidak ada arus yang mengalir pada relai tersebut, sehingga relai diferensial tidak bekerja.

2.7.1 Gangguan Diluar Daerah Yang Dilindungi

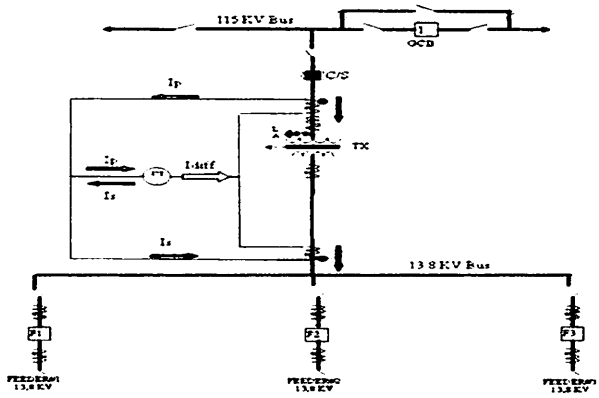
Pada gangguan diluar (eksternal) daerah proteksi rele diferensial (diluar kedua trafo arus), relai diferensial tidak akan bekerja, karena *Ip* dan *Is* sama besar dan berlawanan arah (*Id* = *Ip* + *Is* = 0 *Ampere*, *Idif* = *IP* + *IS* = 0 *Ampere*), seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3. berikut.



Gambar 2.12

Rele Diferensial Saat Gangguan Eksternal

Sumber : L.E Bien, dan D.Helna 2007



Gambar 2.11

Rele Diferensial Saat Arus Normal

Sumber :L.E Bien, dan D.Helna 2007

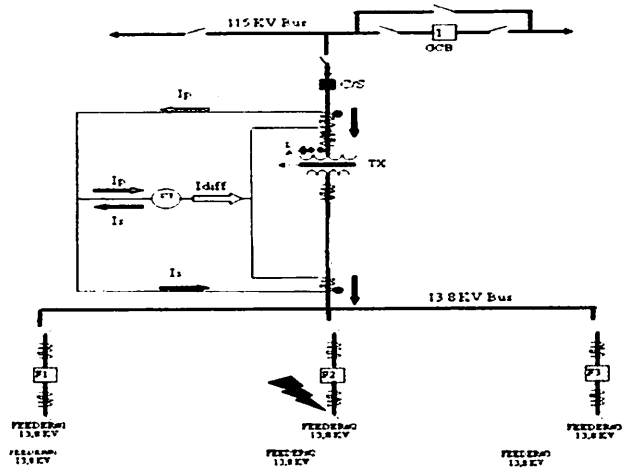
$Id = Ip + Is = 0$ *Ampere*

$Idif = IP + IS = 0$ *Ampere*

Maka tidak ada tegangan yang melintasi *coil relay* dan tidak ada arus yang mengalir pada relai tersebut, sehingga relai diferensial tidak bekerja.

2.7.1 Gangguan Diluar Daerah Yang Dilindungi

Pada gangguan diluar (eksternal) daerah proteksi rele diferensial (diluar kedua trafo arus), relai diferensial tidak akan bekerja, karena *Ip* dan *Is* sama besar dan berlawanan arah (*Id* = *Ip* + *Is* = 0 *Ampere*, *Idif* = *IP* + *IS* = 0 *Ampere*), seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3. berikut.



Gambar 2.12

Rele Diferensial Saat Gangguan Eksternal

Sumber : L.E Bien, dan D.Helna 2007

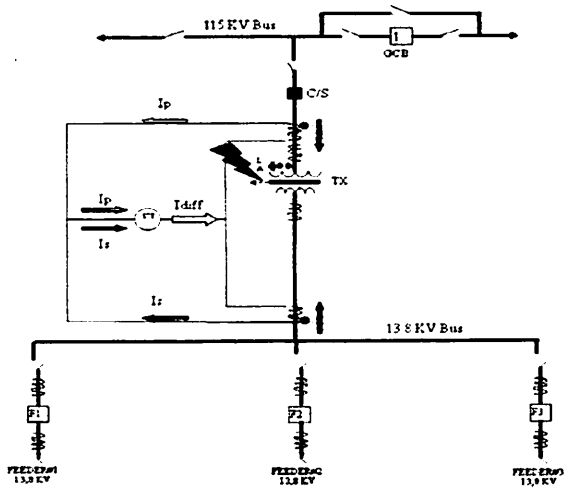
2.7.2 Gangguan Didalam Daerah yang Dilindungi

Untuk gangguan didalam (internal) daerah proteksi rele diferensial (diantara kedua trafo arus), *Ip* dan *Is* searah.

$$Id = Ip + Is > 0 \; Ampere \quad \text{..... (2.21)}$$

$$Idif = IP + IS > 0 \; Ampere \quad \text{..... (2.22)}$$

Karena arus akan menuju titik gangguan, sehingga rele diferensial akan bekerja, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.15



Gambar 2.13

Rele Diferensial Saat Gangguan Internal

Sumber : L.E Bien, dan D.Helna 2007

Pada saat ada arus yang mengalir lewat relai, maka relai akan mengirim sinyal pada *lock out relay*. Sinyal ini akan di teruskan ke C/S dan memerintahkannya untuk *lock out* sehingga aliran energi listrik terputus, maka transformator tenaga yang diamankan bebas dari pengaruh gangguan yang ada.

2.7.3 Karakteristik Rele Diferensial

Karakteristik diferensial dibuat sejalan dengan *Unbalances current* (Iμ), untuk menghindari terjadinya kesalahan kerja.Kesalahan kerja disebabkan karena CT *ratio*, adanya pergeseran fasa akibat belitan transformator tenaga terhubung (Y) – (Δ).

Perubahan tap tegangan (perubahan posisi *tap changer*) pada transformator tenaga oleh *On Load Tap Changer* (OLTC) yang menyebabkan CT mismatch juga ikut berubah. Kesalahan akurasi CT, Perbedaan kesalahan CT di daerah jenuh (Saturasi CT), dan *Inrush current* pada saat transformator *energize* menimbulkan *unbalances current* (Iμ) yang bersifat transient.

Untuk mengatasi masalah *unbalance current* (Iμ) pada rele diferensial caranya dengan menambahkan kumparan yang menahan bekerjanya relai di daerah Iμ. Kumparan ini di sebut *Restraining Coil*, sedangkan kumparan yang mengerjakan rele tersebut di sebut *OperatingCoil*.

Arus diferensial didapat dari menjumlahkan komponen arus sekunder perfasa di belitan 1 ($|I_1|$) dan belitan 2 ($|I_2|$) secara vector perfasa.

Jika arus berlawanan dalam arti yang satu menuju rele dan yang lainnya meninggalkan relai, maka akan saling mengurangi dan sebaliknya jika arus searah berarti yang kedua-duanya menuju atau meninggalkan rele, maka akan saling menjumlahkan.

Arus penahan (*restrain*) didapat dari arus maksimal komponen arus sekunder perfasa di belitan 1 ($| I_1|$)dan belitan 2 ($|I_2|$)

$$Irestrain = Ir = \max |I_1| \, . \, |I_2| \quad \text{..... (2.23)}$$

2.7.4 *Setting Slope*

Maksud dari *setting slope* yaitu nilai toleransi dari *setting relay error* atau kesalahan pada transformator arus (CT) yang berada disisi sekunder. Kedua CT ini pasti tidak mungkin memberikan nilai arus yang sama persis pada rele, sehingga selisih sedikit arus bisa ditoleransi dengan setting *slope* agar relay tidak terlalu sensitive. Apabila tidak diberi setting *slope* maka rele diferensial akan bekerja terlalu sensitive sehingga relay bisa saja bekerja secara tiba tiba meskipun tidak ada gangguan dikarenakan error dari CT. Hal itu menyebabkan PMT/CB akan sering *trip* dan akan merugikan pembangkit.

Slope didapat dengan membagi antara komponen arus diferensial dengan arus penahan. Slope 1 akan menentukan arus diferensial dan arus penahan pada

saat kondisi normal dan memastikan sensitifitas relai pada saat gangguan internal dengan arus gangguan yang kecil.

Sedangkan *Slope* 2 berguna supaya relai tidak kerja oleh gangguaneksternal yang berarus sangat besar sehingga salah satu CT mengalami saturasi (diset dengan *slope* lebih dari 50%).

$$\% \text{ Slope} = \frac{Id}{Ir} \times 100\% \quad \text{..... (2.24)}$$

2.7.5 Syarat Rele Diferensial

a. Trafo arus yang digunakan oleh relai diferensial ini harus memiliki rasio perbandingan CT1 dan CT2 sama, contohnya 200:5 dan 1500:5, sehinggga Ip = Is, serta sambungan dan polaritas CT1 dan CT2 sama. Polaritas trafo arus memperlihatkan arah arus yang masuk dan keluar dari trafo arus Jika tidak, akan terjadi kesalahan dalam melihat arus yang masuk dan keluar melalui transformatortenaga. Hal ini, menyebabkan kesalahan dalam menentukan adanya gangguan di transformator tenaga.

b. Adanya pergeseran fasa akibat hubungan trafo tenaga yang terhubung delta (Δ)-(Y) maka untuk mengembalikan sudut phasa arus yang tergeser tersebut, hubungan trafo arus di buat berbeda dan sudut pada CT di sisi primer dan CT di sisi sekunder trafo berbeda 1800. Hubungan CT di primer berbeda dengan CT di sekunder yaitu satu sisi terhubung Y, lainnya Δ. Yang terhubung Δ menghasilkanarus magnetisasi dari trafo tenaga di sisi primer menyebabkan pergeseran fasa, Oleh karena itu diperlukan suatu CT tambahan *(auxiliary CT – ACT)* yang terhubung Y, karena proteksi diferensial harus membandingkan arus pada dua sisi tanpaperbedaan fasa.

c. Karakteristik kejenuhan CT1 dan CT2 harus sama

d. Kedua trafo arus yang digunakan harus mempunyai perbandingan tranformasi yang sama atau mempunyai perbandingan yang sedimikian rupa, sehinnga kedua arus sekundernya sama.

e. Karakteristik kedua trafo arusnya sama.

f. Polaritas kedua trafo arus benar.

2.7.6 Prinsip Kerja Rele Diferensial

- Membandingkan besarnya arus sekunder kedua trafo arus yang digunakan ($I_1 = I_2$)
- Pada waktu tidak terjadi gangguan atau keadaan normal atau gangguan tersebut di luar daerah pengamannya, maka kedua arus sekunder tersebut sama besarnya ($I_1 = I_2$), sehingga tidak ada arus yang mengalir pada rele, akibatnya rele tidak bekerja.
- Pada waktu terjadi gangguan di daerah pengamannya, maka kedua arus sekunder trafo arus besarnya tidak sama ($I_1 \neq I_2$), sehingga ada arus yang mengalir pada rele, selanjutnya rele akan bekerja.

2.8 Syarat Rele Pengaman

Syarat – syarat rele pengaman dapat dikatakan bekerja dengan baik dan benar adalah :

1. Cepat Bereaksi

   Rele harus cepat bereaksi atau bekerja bila mengalami gangguan atau kerja abnormal, kecepatan reaksi rele dihitung dari saat rele mulai merasakan adanya ganguan sampai dengan pelaksanaan pelepasan CB karena perintah dari rele tersebut. Waktu beropersi ini harus diusahakan secepat mungkin sehingga dapat menghindari kerusakan pada alat serta membatasi/melokalisir daerah yang mengalami gangguan atau kerja abnormal. Mengingat suatu sistem tenaga mempunyai batas – batas stabilitas serta kadang – kadang gangguan bersifat sementara, maka rele yang seharusnya bekerja dengan cepat perlu diperlambat (*time delay*), seperti yang ditunjukkan pada persamaan :

   $$t_{op} - t_p + t_{cb} \quad \text{..... (2.25)}$$

   Dengan :

   t_{op} = total waktu yang diperlukan untuk memutuskan hubungan

   t_p = waktu bereaksinya unit rele

   t_{cb} = waktu untuk pelepasan CB

   Pada umumnya untuk t_{op} sekitar 0.1 detik, kerja peralatan pengaman sudah dianggap bekerja dengan baik.

2. Selektif

   Yang dimaksud selektif adalah kecermatan pemilihan dalam mengadakan pengamanan, hal ini menyangkut koordinasi pengamanan dari system secara keseluruhan. Dengan demikian, segala tindakan akan tepat dan akibatnya daerah gangguan dapat dieleminirsekecil mungkin.

3. Peka atau sensitif

   Rele harus dapat bekerja dengan kepekaan yang tinggi, harus sensitif terhadap gangguan di daerahnya meskipun gangguan di daerahnya tersebut minimum. Selanjutnya rele harus dapat menerima jawaban terhadap adanya gangguan tersebut untuk membuka CB.

4. Andal (*Reliability*)

   Dalam keadaan normal/tidak ada gangguan, rele tidak bekerja, mungkin berbulan – bulan atau bahkan bertahun – tahun, tetapi bila suatu saat terjadi gangguan maka rele tersebut tidak boleh gagal dalam memberikan respon terhadap gangguan tersebut.Disamping itu rele tidak boleh salah kerja, yaitu kondisi rele yang seharusnya tidak boleh bekerja tetapi rele tersebut malah bekerja, keandalan rele pengaman ditentukan mulai rancangan, pengerjaan, bahan yang digunakan dan perawatannya. Rele dikatakan andal jika mempunyai nilai keberhasilan operasi 90- 99%

5. Sederhana

   Makin sederhana system makin baik, mengingat setiap peralatan/komponen rele mempunyai kemungkinan terjadinya kerusakan. Jadi sederhana maksudnya kemungkinan terjadi kerusakan kecil.

6. Murah / *Economys*

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

BAB III

METODE PEMECAHAN MASALAH

3.1 Metode yang Digunakan

Dalam pengujian relay arus lebih (OCR) ini menggunakan acuan standart ANSI/IEEE. Pengujian dan penelitian tentang relay arus lebih dimulai dari sisi 150 kV sampai dengan sisi 20 kV agar selektifitas dan perbaikan kinerja relay pengaman dapat terkoordinasi dengan baik. Perhitungan dilakukan dengan short circuit analisis yang terdapat didalam software ETAP untuk mengetahui seberapa besarkah selektifitas pengkoordinasian kinerja relay dalam sistem.

3.2 Data yang Digunakan Dalam Penelitian

Data yang digunakan berupa data sht yang diperoleh dari Garuu muuk Sengkaling Malang, sedangkan peralatan yang digunakan yaitu berupa computer yang terinstal software ETAP Power Station 7.0.0. untuk melakukan pengujian dan analisis data.

3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian

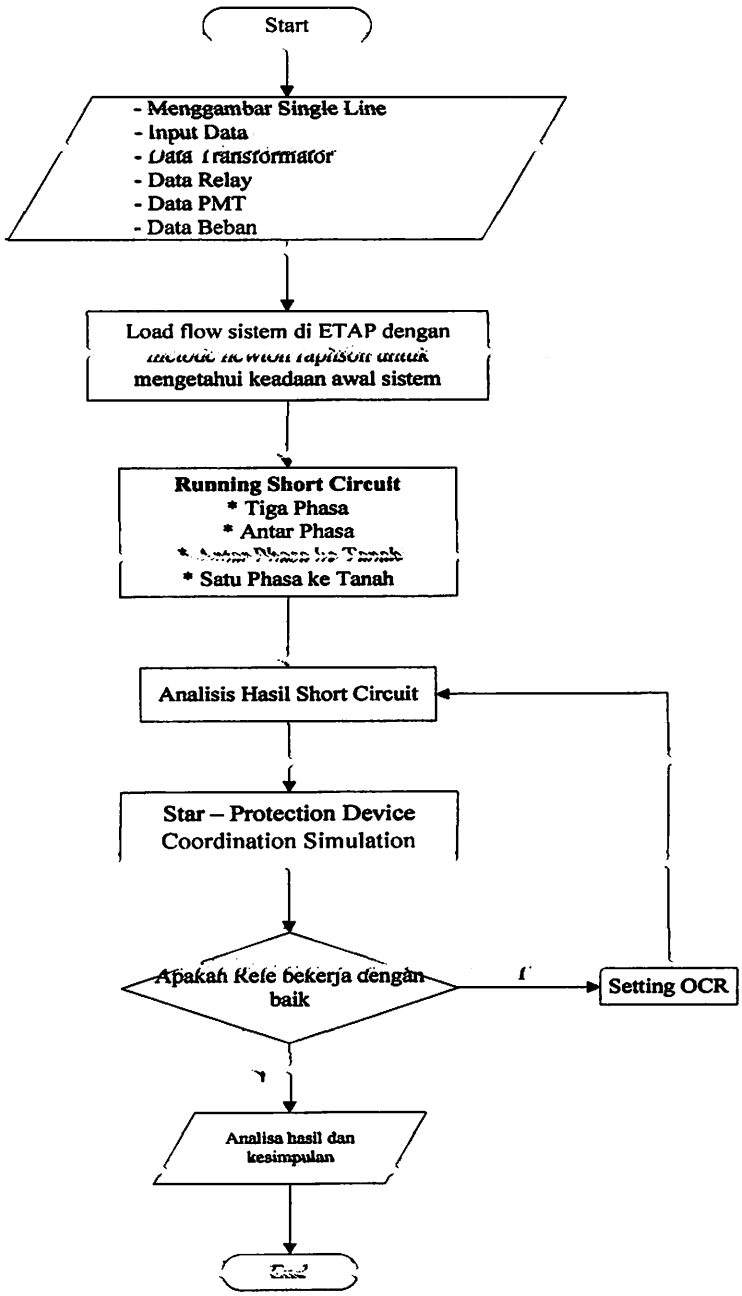
Lokasi penelitian yaitu di GI. Sengkaling Malang-Jawa Timur dan diikuti oleh pengambilan data yang dilakukan di GI. Sengkaling.

Berikut adalah gambar single line diagram di GI. Sengkaling yang akan digunakan untuk simulasi pengkoordinasian relay:

3.4 Algoritma Simulasi Pada Software ETAP Power Station 7.0.0

1. Mulai
2. Pemodelan *single line* diagram transformator daya GI sengkaling dengan menginputkan data – data yang telah diperoleh yaitu berupa data transformator, data OCR, CT, data PMT, dan data beban.
3. *Load Flow Analysis* untuk mengetahui keadaan awal sistem apakah sstem normal/stabil.
4. Apakah ada kesalahan yang terjadi setelah program itu dijalankan atau di *load flow.*
5. Menjalankan simulasi *Short Circuit Analisis* pada sistem untuk mengetahui arus gangguan intenal trafo baik dari sisi primer maupun sisi sekunder trafo dimana arus gangguan hubung singkat tersebut antara lain gangguan 3 Fasa, L – G, L – L, L – L – G
6. Analisis hasil *Short Circuit*
7. Analisis *Star – Protection Device Coordination* dimana untuk mengetahui kondisi PMT (CB) trip secara berurutan sehingga *OCR* bekerja dengan baik. Dan apabila PMT (CB) tripnya tidak secara berurutan maka dilakukan setting kembali.
8. Apakah PMT (CB) trip secara berurutan dan *OCR* bekerja dengan baik.
9. Analisa hasil dan kesimpulan
10. Selesai

3.5 Flowchart (Desain Sistem)

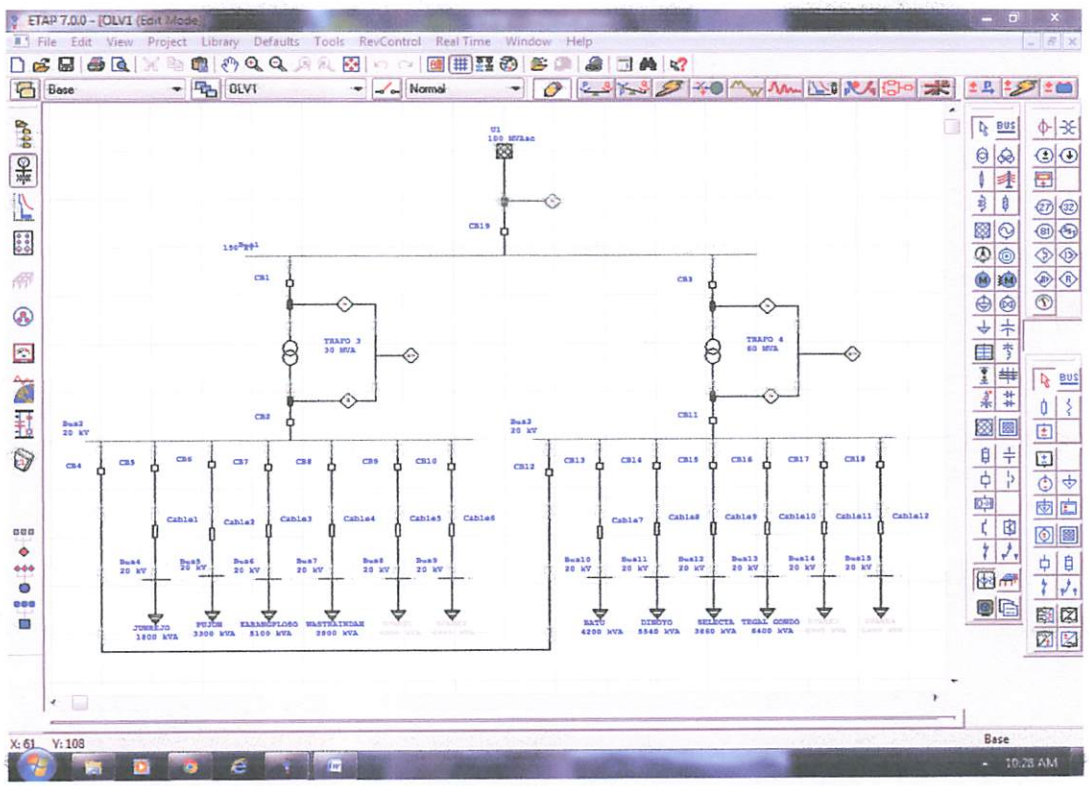


Gambar 3.1

Flowchart Penyelesaian Masalah

3.6 Perancangan Simulasi Menggunakan *ETAP Power Station*

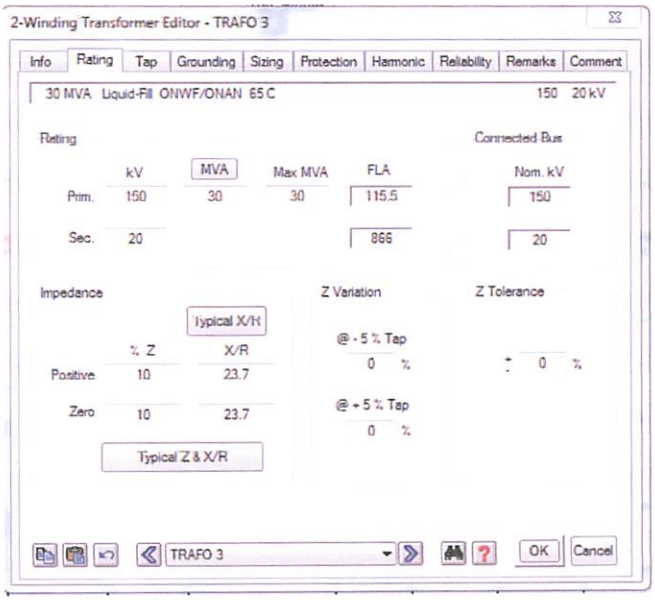
1. Menggambar Single Line Diagram di *ETAP Power Station* didasarkan pada *single line* diagram dari data yang diperoleh di GI Sengkaling.



Gambar 3.2

Single Line Sitem Jaringan Kelistrikan Transformator 30 MVA 150/20 kV GI Sengkaling Pada Software *ETAP Power Station*

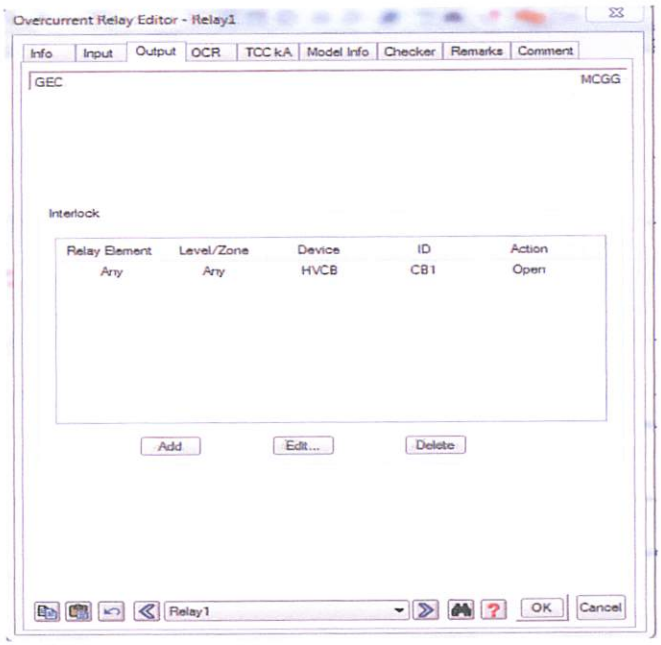
2. Input Data Trafo



Gambar 3.3

Input Rating Trafo di *ETAP Powerstation*

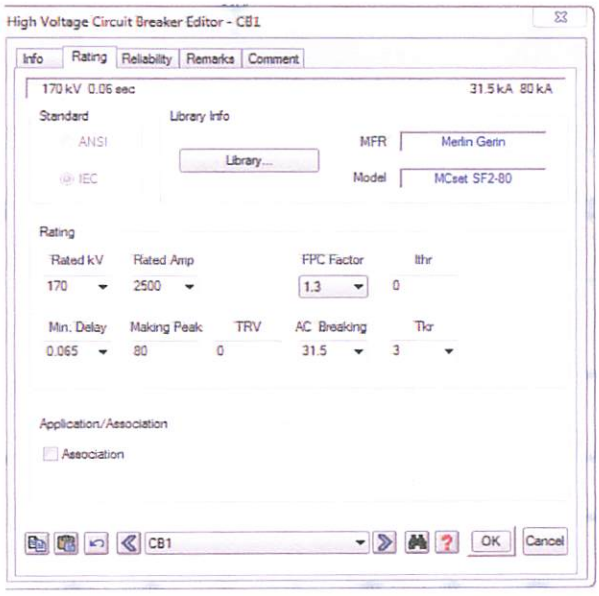
3. Input Data Rele



Gambar 3.4

Input Parameter Over Current Relay di *ETAP Powerstation*

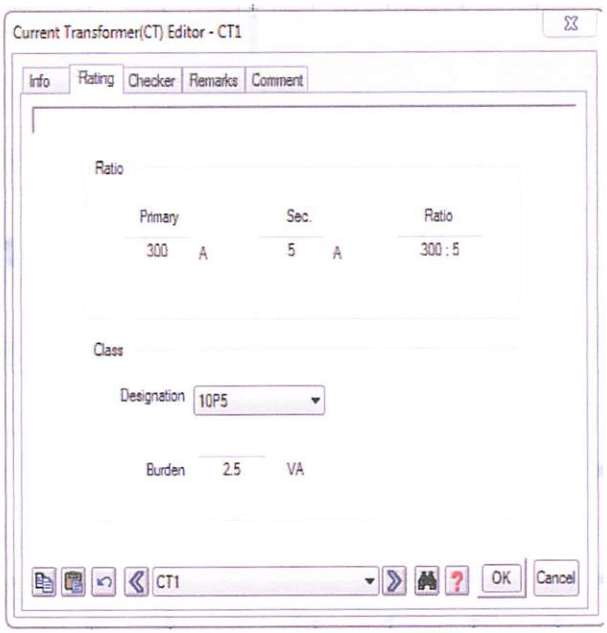
4. Input Data PMT (CB)



Gambar 3.5

Input Rating PMT di *ETAP Powerstation*

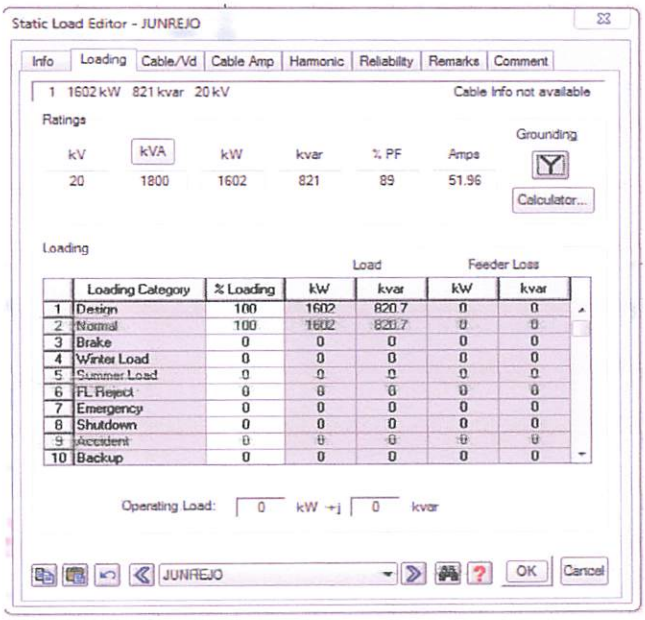
5. Input Data CT (Current Transformer)



Gambar 3.6

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

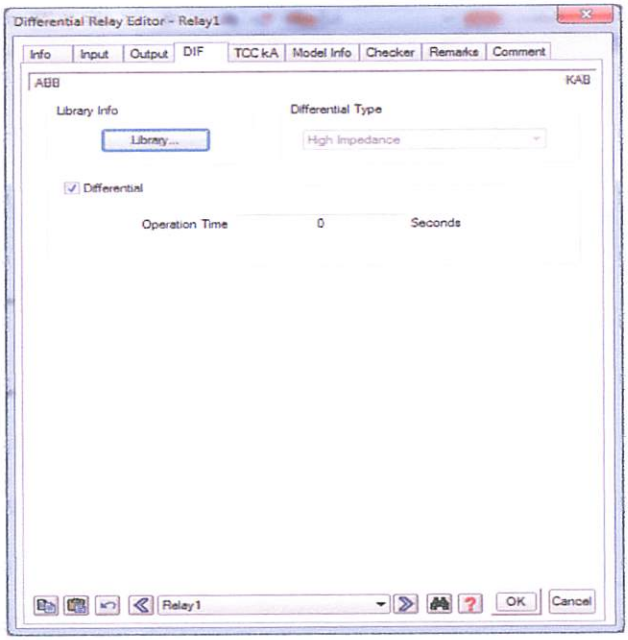
6. Input Data Beban



Gambar 3.7

Input Rating Load di *ETAP Powerstation*

7. Data Input Relay Defferensial



Gambar 3.8

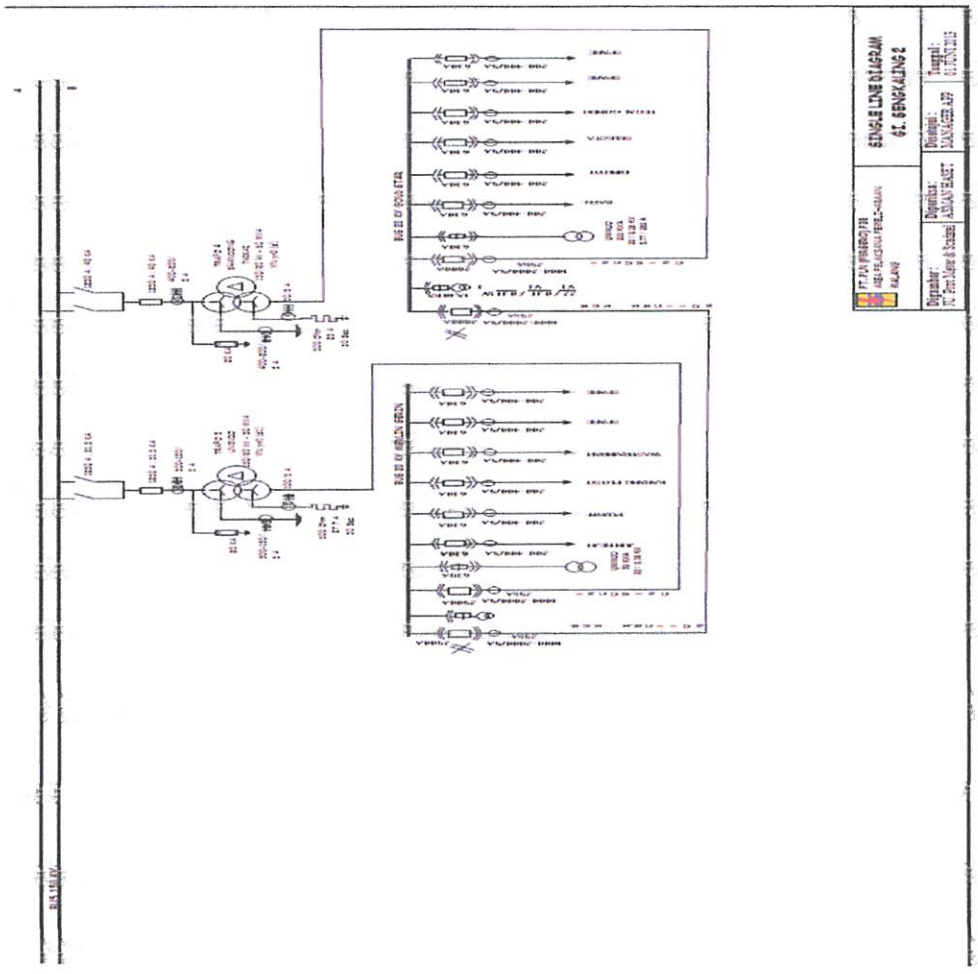
Data input relay defferensial

BAB IV
HASIL DAN ANALISIS HASIL

4.1 Data – Data Yang Dikumpulkan

4.1.1 Singel Line Diagram GI Sengkaling

Berikut adalah gambar *single line diagram* GI. Sengkaling yang akan digunakan untuk simulasi pengkoordinasian relay:



Gambar 4.1

Single Line Diagram GI Sengkaling

Sumber : Single Line Transformator Daya 30 Mva 150/20 Kv

4.1.2 Data - Data Transformator di GI sengkaling

Transformator 1 Pouwels 60 MVA 150/70 kV

Merk	POUWELS
Type	ORF 60/275
Tahun	2008
No.seri	3011070061
Kapasitas	60 MVA
Tegangan	150/70 kV
Vektor	Ynyn0 (d)
Impedansi	12,63 %

Transformator 2 Xian 30 MVA 150/70 kV

Merk	XIAN
Tahun	1995
No.seri	A.95013-2
Kapasitas	30 MVA
Tegangan	150/70 kV
Vektor	Ynyn0 (d)
Impedansi	10.66% ;12.23%

Transformator 3 Unindo 30 MVA 150/20 kV

Merk	UNINDO
Type	TTUB 150/30.000
Tahun	1994
No.seri	A.9415164
Kapasitas	30 MVA
Tegangan	150/20 kV
Vektor	Ynyn0 (d1)
Impedansi	12,5 %

Transformator 4 Shandong Taikai 30 MVA 150/20 kV

Merk	SHANDONG TAIKAI
Type	TTUB 150/30.000
Tahun	1994
No.seri	A.9415164
Kapasitas	60 MVA
Tegangan	150/20 kV
Vektor	Ynyn0 (d)
Impedansi	12,5 %

4.1.3 Data - Data Relay di GI sengkaling

Relay Arus Lebih Primer	
Merk	GEC
Type	MCGG 52
Rating (*In*)	5 Ampere
No. Seri	352659 E
Rasio CT	300/5 A
Setelan	Is = 0.9 In = 4.5 = 240 A

Relay Arus Lebih Sekunder	
Merk	GEC
Type	MCGG 52
Rating (*In*)	5 Ampere
No. Seri	352661 E
Rasio CT	2000/5 A
Setelan	Is = 0.6 x In = 3 = 600 A

Relay Hubung Tanah	
Merk	GEC
Type	MCAG 14
Rating (*In*)	5 Ampere
No. Seri	353105 E
Rasio CT	300/5 A
Setelan	I ≥ 0.75 A

4.2 Kondisi Awal Koordinasi Proteksi Sebelum Di Setting.

Sebelum melakukan koordinasi sistem proteksi terlebih dahulu melakukan setting relay berdasarkan data *sheet* yang diperoleh dari GI Sengkaling.

- **Data Rele Arus Lebih Sisi Primer :**

SETTING RELAI

CT = 300 / 5 Ampere	
Set Arus (51) : 0.45 In=2,25A=135A	Waktu (51) :TD.0,275(S1)
Arus (N) : 0.1 In=0,5A = 75A	Waktu (N):TD. 0,625 (D8)
Arus (Inst.) :9.Is=20,25A = 1215A	Waktu (Inst.) : Inst.

PENGUJIAN ARUS KERJA

PHASE	Tap	I >		PHASE	Inst.	
		Pick Up	Drop Off		Tap	Pick Up
R	2,25 A	2,40	2,3	R	20,25 A	20,5
S		-	-	S		-
T		2,39	2,28	T		20,5
N	0,5 A	0,530	0,510	N	-	-

PENGUJIAN KARAKTERISTIK WAKTU

TAP %	Waktu Kerja (sec)					
	110%	150%	200%	300%	400%	Inst.
R	19,860	3,825	2,765	1,758	1,300	0,210
S	-	-	-	-	-	-
T	19,829	3,824	2,825	1,734	1,377	0,783
N	5,008	5,009	5,004	5,005	5,002	-

- **Data Rele Arus Lebih Sisi Sekunder :**

SETTING RELAI

CT = 300 / 5 Ampere	
Set Arus (51) : 0.5 In=2,5A=1000A	Waktu (51) :TD.0,175(S1)
Arus (N) : 0.05 In=0,25A = 100A	Waktu (N):TD. 0, 5 (D2)
Arus (Inst.) :4xIs=21=10A = 4000A	Waktu (Inst.) : 0,7 sec

PENGUJIAN ARUS KERJA

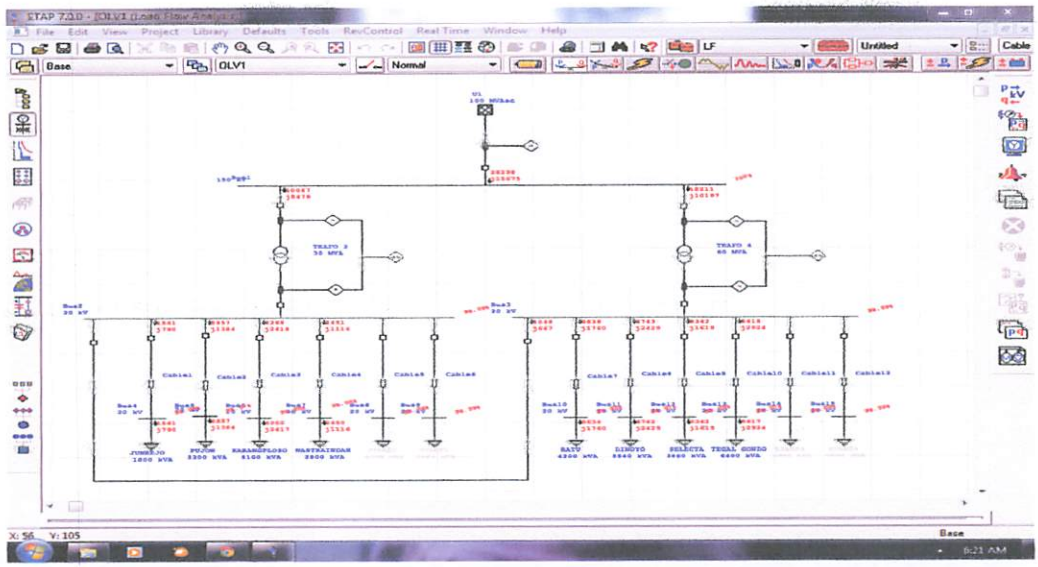
PHASE	Tap	I >		PHASE	Inst.	
		Pick Up	Drop Off		Tap	Pick Up
R	2, 5 A	2,750	-	R	10A	10
S		2,750	-	S		10
T		2,750	-	T		10
N	0,25 A	0,250	-	N	-	-

PENGUJIAN KARAKTERISTIK WAKTU

TAP %	Waktu Kerja (sec)					
	110%	150%	200%	300%	400%	Inst.
R	15,716	3,467	2,027	1,281	0,543	0,543
S	15,646	3,470	2,023	1,281	0,540	0,540
T	15,467	3,519	2,034	1,279	0,546	0,546
N	1,035	1,027	1,022	1,019	1,017	-

4.3. *Analisis* Aliran Daya (*Load Flow*)

Sebelum melakukan koordinasi relay dan hubung singkat perlu dilakukan analisa aliran daya (*Load Flow Analysis*). Tujuan dilakukan aliran daya yaitu untuk mengetahui peformasi aliran daya yang terdapat pada sistem. Berikut analisa aliran daya dapat ditunjukkan pada gambar di bawah ini :



Gambar 4.2
Analisa aliran daya (load flow analysis) pada GI Sengkaling dengan *Software ETAP Power Station*

4.4 Hasil *Analisis Short Circuit*

Berdasarkan analisis short circuit yang dilakukan pada software ETAP Power Station,maka dapat diketahui besar arus gangguan yang terjadi pada setiap bus trafo baik dari bus sisi primer trafo maupun bus dari sisi sekunder trafo adalah sebagai berikut :

Tabel 4.1 Hasil perhitungan analisa hubung singkat

No	Titik Gangguan	Rating (kV)	Bus 1 (kA)	Bus 2 (kA)	Bus 3 (kA)
1	3 Phasa	150	0,385	2,6	2,6
2	L - G	20	0,217	3,781	3,781
3	L - L		0,333	2,281	2,281
4	L – L - G		0,151	6,67	6,67

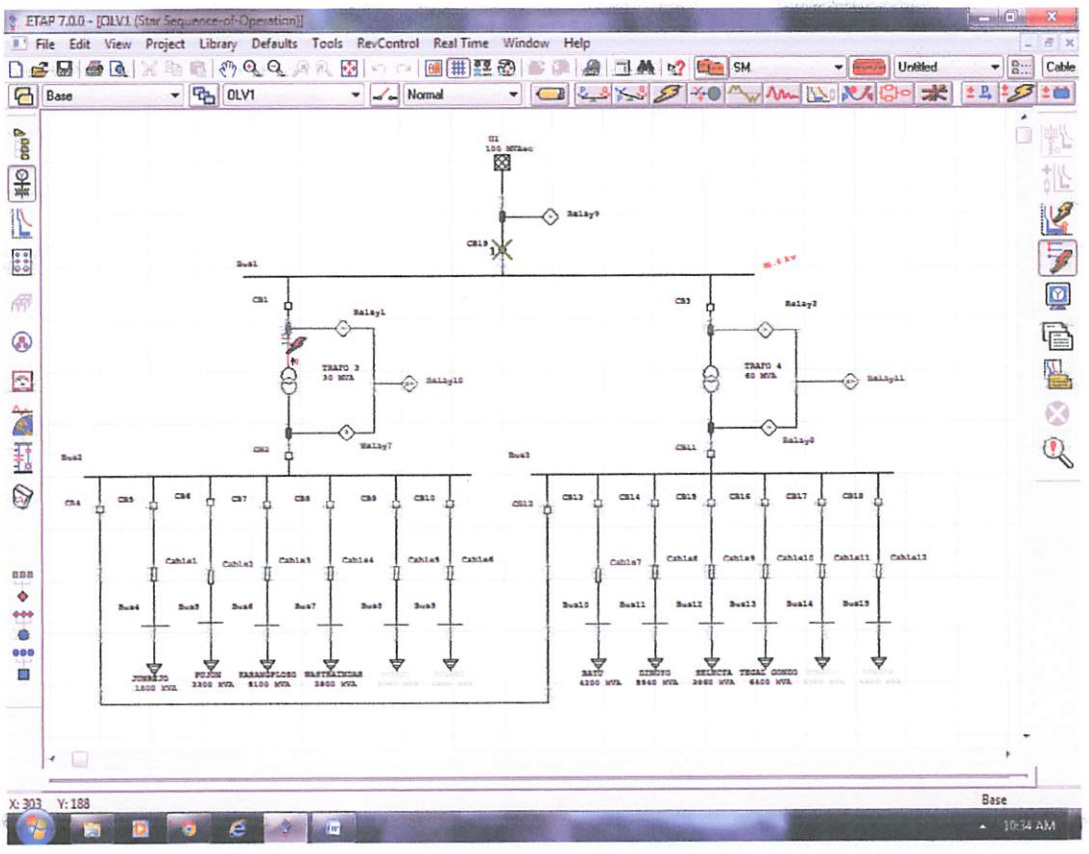
Analisis selektivitas gangguan hubung singkat sebelum penyettingan rele *ocr* pada trafo perlu dilakukan untuk mengetahui kemampuan rele pada saat terjadi gangguan hubung singkat, apakah rele mengalami trip atau bekerja secara berurutan dan berapa besar arus gangguan yang terjadi pada saat terjadi hubung singkat pada daerah pengamanan trafo. Hal ini dikarenakan kemampuan dan kapasitas dari trafo berbeda sehingga besarnya arus gangguan pun berbeda pada trafo.Besar arus gangguan inilah yang nantinya akan dijadikan acuan dalam penyetelan rele pengaman trafo.

4.5 Analisis Gangguan Hubung Singkat Proteksi Rele Pada Bus Sistem Sisi Primer Dan Sisi Sekunder Internal Transformator Daya 30 MVA 150/20 kV Sebelum Pensettingan Rele Diferensial di GI Songkaling dengan *Software ETAP Power Station*

Analisa selektivitas gangguan hubung singkat sebelum penyettingan rele diferensial pada internal trafo perlu dilakukan untuk mengetahui kemampuan rele pada saat terjadi gangguan hubung singkat, apakah rele mengalami trip atau bekerja secara berurutan dan berapa besar arus gangguan yang terjadi pada internal trafo saat terjadi hubung singkat pada daerah pengamanan trafo. Hal ini dikarenakan kemampuan dan kapasitas dari trafo berbeda sehingga besarnya arus gangguan pun

berbeda pada trafo. Besar arus gangguan inilah yang nantinya akan dijadikan acuan dalam penyetelan rele pengaman trafo. Di bawah ini adalah gambar dari simulasi selektivitas gangguan hubung singkat pada internal trafo baik dari sisi primer maupun sisi sekunder trafo dengan *software ETAP Power Station.*

4.5.1 Kondisi Awal Koordinasi Proteksi Rele Pada Internal Sisi Primer Trafo Daya 30 MVA 150/20 kV

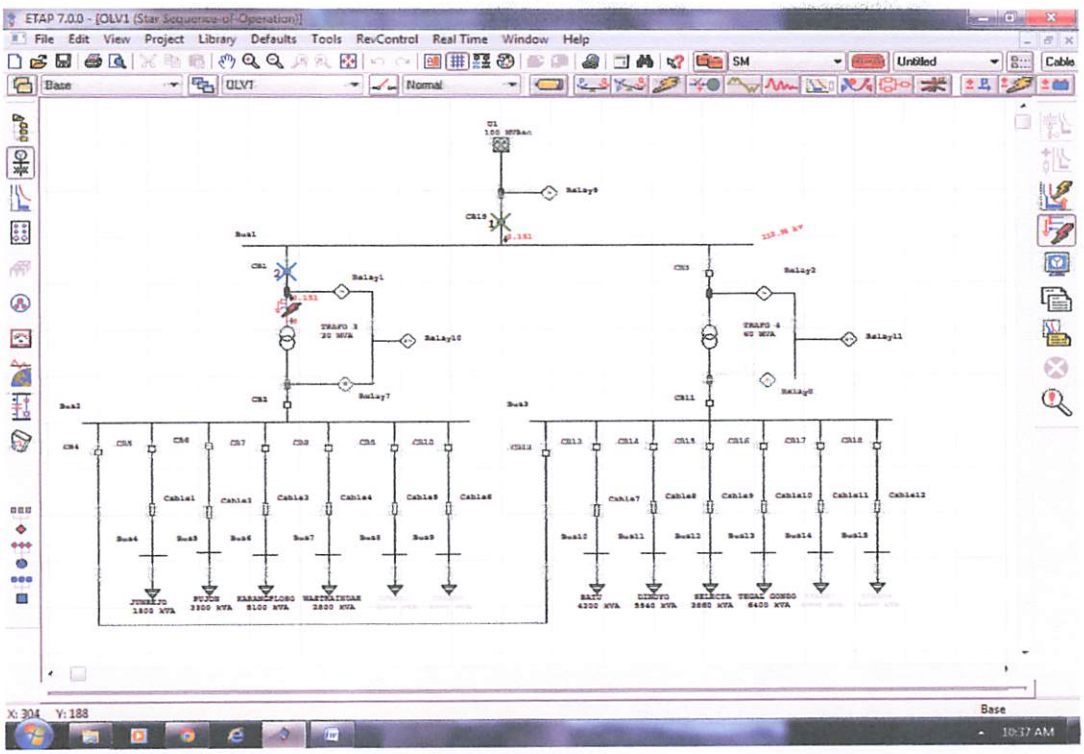


Gambar 4.3

Simulasi Selektivitas Rele Gangguan Hubung Singkat L - L Pada Sisi Primer Internal Trafo Sebelum Penyetelan Rele Diferensial Dengan *Software ETAP Power Station*

Gambar 4.3 menjelaskan bahwa gangguan fasa - fasa yang terjadi pada sisi primer internal trafo sebelum penyetelan rele diferensial membuat rele proteksi dan pemutus tenaga (*circuit breaker*) di sisi primer internal trafo gagal beroperasi secara

maksimal dan akhirnya mematikan rele proteksi dan pemutus tenaga (*circuit breaker*) di sisi primer internal trafo sehingga di penyulang menjadi pemadaman total (*Black Out*).

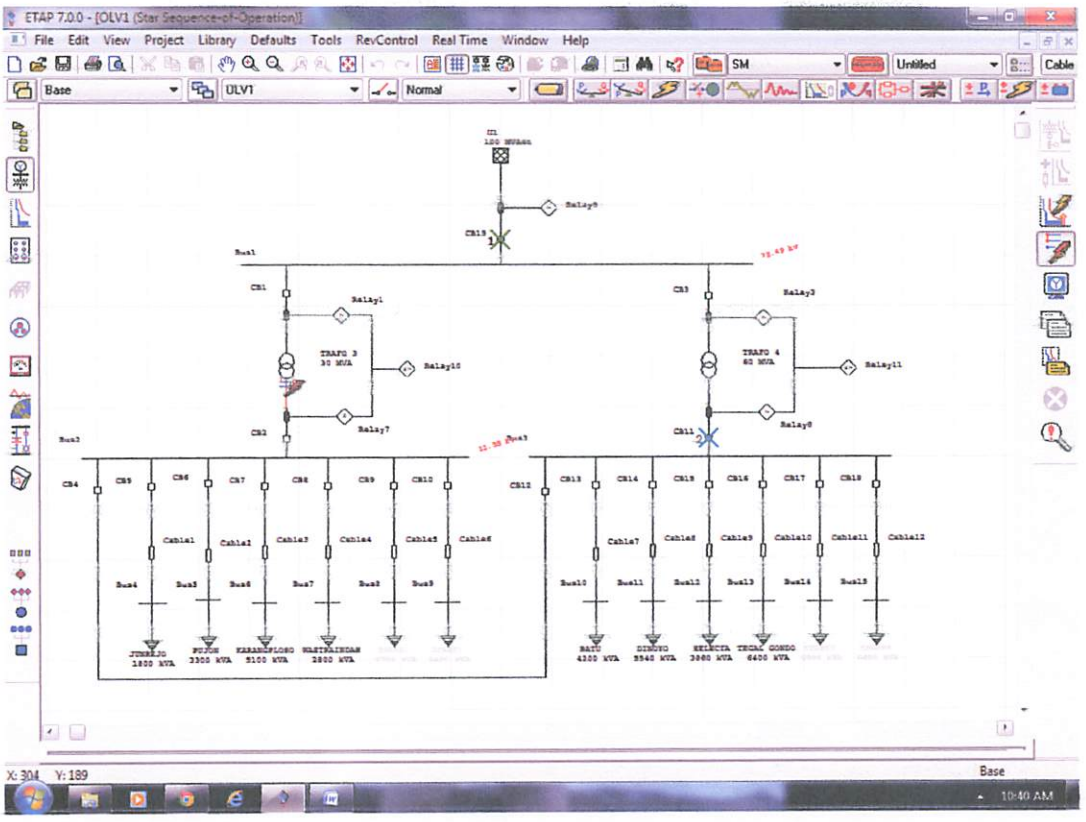


Gambar 4.4

Simulasi Selektivitas Rele Gangguan Hubung Singkat L – L -G Pada Sisi Primer Internal Trafo Sebelum Penyetelan Rele Diferensial Dengan *Software ETAP Power Station*

Gambar 4.4 menjelaskan bahwa gangguan fasa – fasa ke tanah yang terjadi pada sisi primer internal trafo sebelum penyetelan rele diferensial membuat rele proteksi dan pemutus tenaga (*circuit breaker*) di sisi primer internal trafo gagal beroperasi secara maksimal dan akhirnya mematikan rele proteksi dan pemutus tenaga (*circuit breaker*) di sisi primer internal trafo sehingga di penyulang menjadi pemadaman total (*Black Out*).

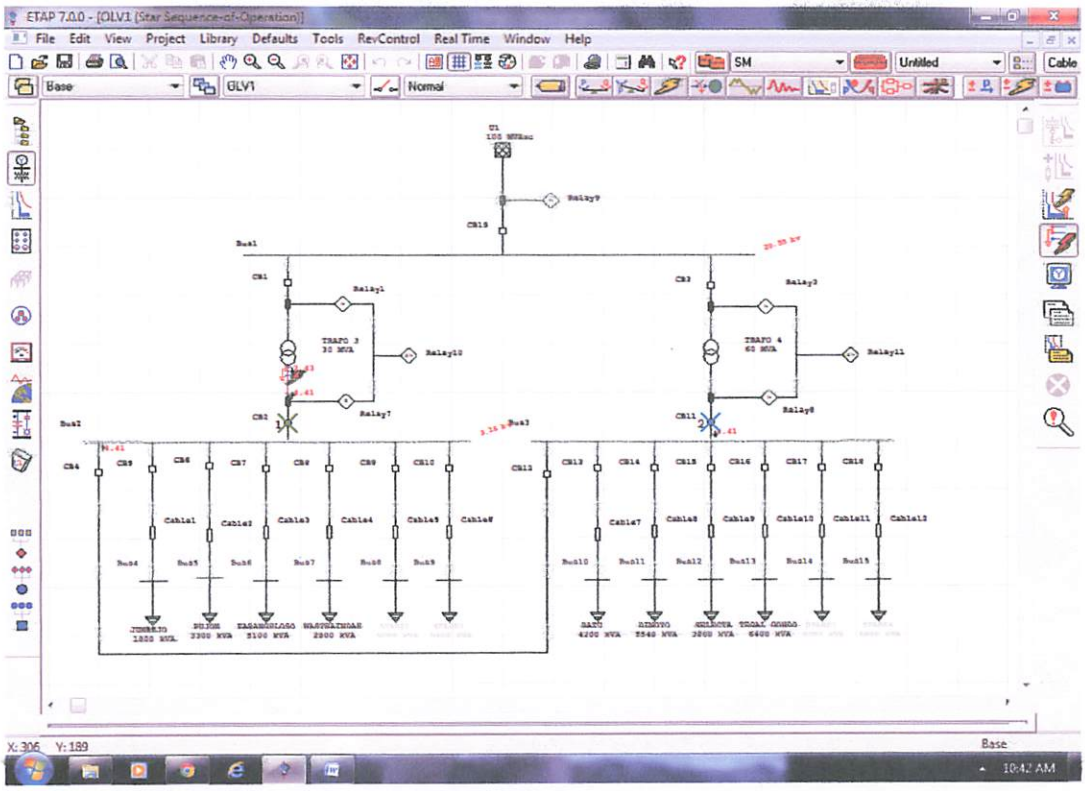
4.5.2 Kondisi Awal Koordinasi Proteksi Rele Pada Internal Sisi Sekunder Trafo Daya 30 MVA 150/20 kV



Gambar 4.5

Simulasi Selektivitas Rele Gangguan Hubung Singkat L - L Pada Sisi Sekunder Internal Trafo Sebelum Penyetelan Rele Diferensial Dengan *Software ETAP Power Station*

Gambar 4.5 menjelaskan bahwa gangguan fasa – fasa ke tanah yang terjadi pada sisi primer internal trafo sebelum penyetelan rele diferensial membuat rele proteksi dan pemutus tenaga (*circuit breaker*) di sisi primer internal trafo gagal beroperasi secara maksimal dan akhirnya mematikan rele proteksi dan pemutus tenaga (*circuit breaker*) utama sehingga di penyulang menjadi pemadaman total (*Black Out*).

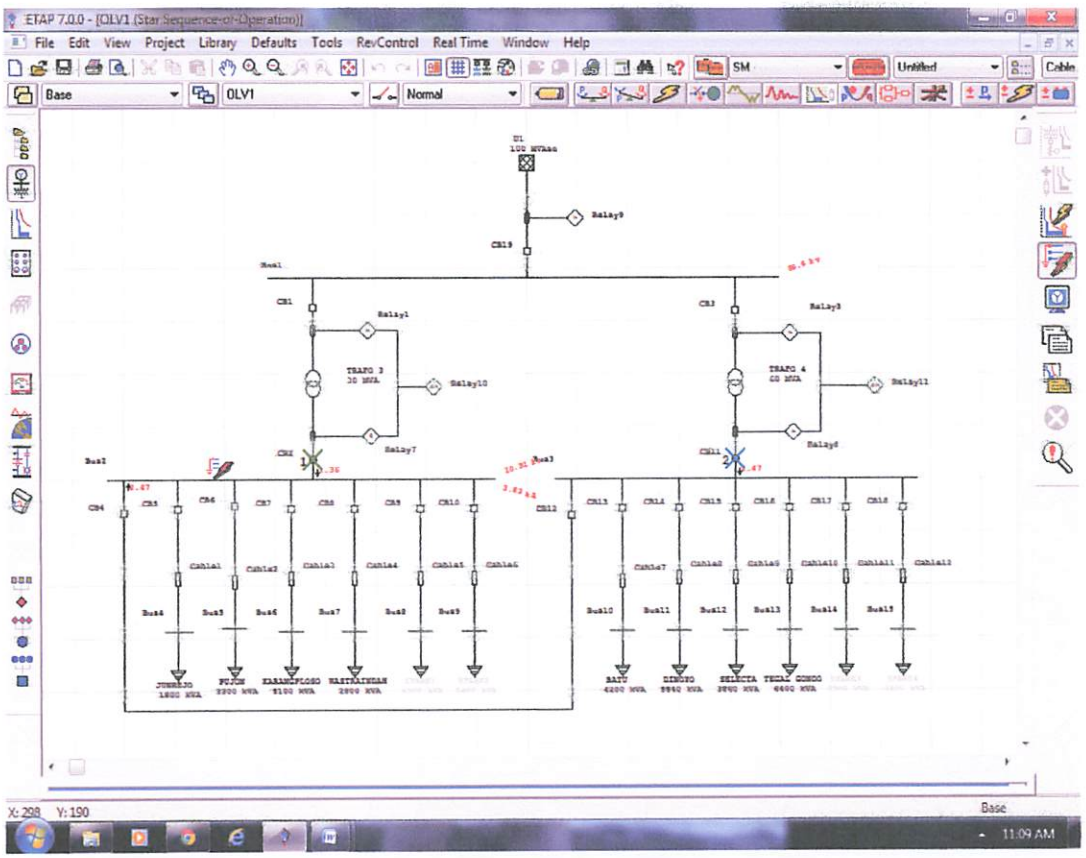


Gambar 4.6

Simulasi Selektivitas Rele Gangguan Hubung Singkat L - L – G Pada Sisi Sekunder Internal Trafo Sebelum Penyetelan Rele Diferensial Dengan *Software ETAP Power Station*

Gambar 4.6 menjelaskan bahwa gangguan fasa – fasa ke tanah yang terjadi pada sisi sekunder internal trafo sebelum penyetelan rele diferensial membuat rele proteksi dan pemutus tenaga (*circuit breaker*) di sisi primer internal trafo gagal beroperasi secara maksimal dan Sehingga gangguan ini akhirnya merambat melalui beberapa pengaman dan akhirnya ada pengaman pada sistem bagian lain yang bekerja, sehingga di penyulang menjadi pemadaman total (*Black Out*).

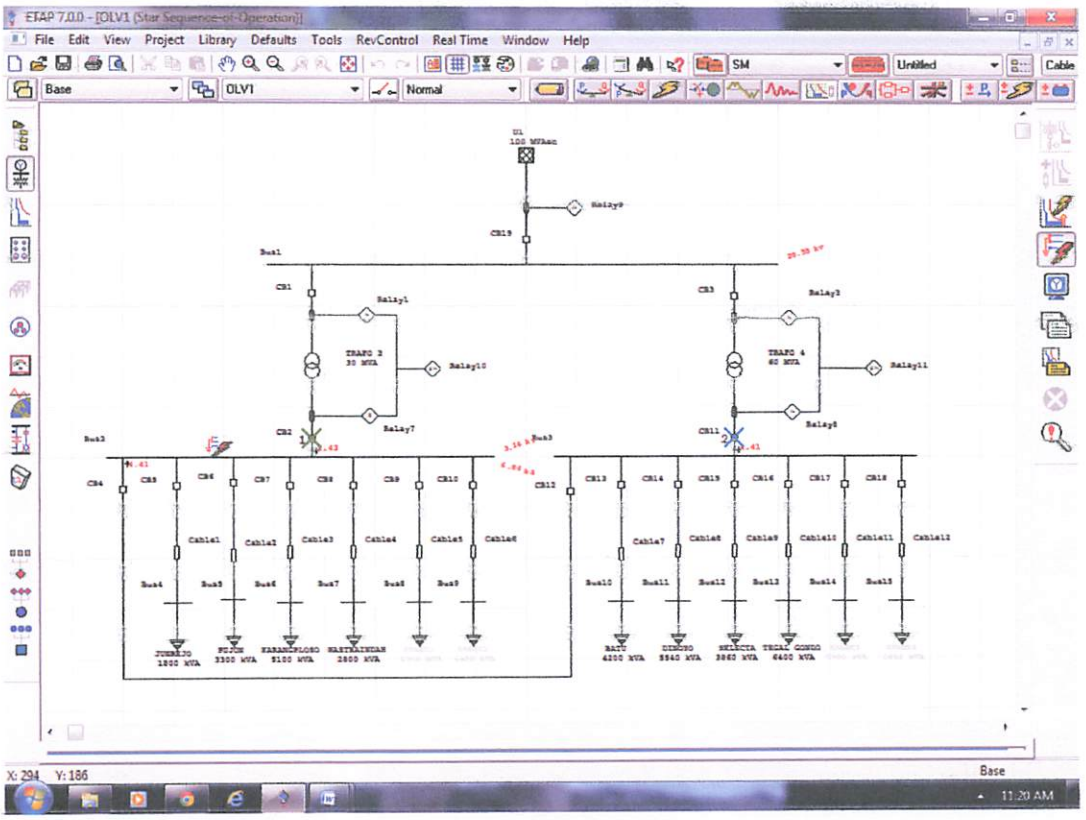
4.5.3 Kondisi Awal Koordinasi Proteksi *OCR* Gangguan Eksternal Pada Bus 2 Trafo Daya 30 MVA 150/20 kV



Gambar 4.7

Simulasi Selektivitas *OCR* Untuk Gangguan Eksternal L – G Pada Bus 2 Sebelum Penyetelan Rele *OCR* Dengan *Software ETAP Power Station*

Gambar 4.7 menjelaskan bahwa gangguan eksternal satu fasa ke tanah yang terjadi pada bus 2 sebelum penyetelan rele, dimana rele gagal beroperasi secara maksimal sehingga gangguan ini akhirnya merambat melalui beberapa pengaman dan akhirnya ada pengaman pada sistem bagian lain yang bekerja, sehingga di penyulang menjadi pemadaman total (*Black Out*).



Gambar 4.8

Simulasi Selektivitas *OCR* Untuk Gangguan Eksternal L – L - G Pada Bus 2 Sebelum Penyetelan Rele *OCR* Dengan *Software ETAP Power Station*

Gambar 4.8 menjelaskan bahwa gangguan eksternal fasa ke fasa ke tanah yang terjadi pada bus 2 sebelum penyetelan rele, dimana rele gagal beroperasi secara maksimal sehingga gangguan ini akhirnya merambat melalui beberapa pengaman dan akhirnya ada pengaman pada sistem bagian lain yang bekerja, sehingga di penyulang menjadi pemadaman total (*Black Out*).

4.5.4 Perhitungan Manual Pengaturan Relay Setelah Di Setting

- **Setting relay 1**

  Ratio : 30 MVA /150 kV

  Perbandingan CT : 300 : 5

  Arus gangguan terbesar pada relay 1 adalah: 385 A

  $$I_n = \frac{30000}{\sqrt{3}.150} = 115{,}470 \text{ A}$$

  $$I_p = \frac{1{,}1}{1{,}0} \text{ x } 115{,}470 = 127{,}017 \text{ A}$$

  $$I_s = 127{,}017 \text{ x} \frac{5}{300} = 1{,}117 \text{ A}$$

  $I_r = 385 / 127{,}017 = 3{,}03$ A

  Tms = 0,0 5 (set pabrik)

  $$T = \frac{80}{(3{,}03)^2 - 1} \text{ x } 0{,}05 = \frac{80}{8{,}18} \text{ x } 0{,}05 = 0{,}488 \text{ s}$$

- **Setting relay 7**

  Ratio : 30 MVA / 20 kV

  Perbandingan CT : 2000 : 5

  Arus gangguan terbesar pada relay 7 adalah: 6670 A

  $$I_n = \frac{30000}{\sqrt{3}.20} = 866{,}025 \text{ A}$$

  $$I_p = \frac{1{,}1}{1{,}0} \text{ x } 866{,}025 = 952{,}627 \text{ A}$$

  $$I_s = 952{,}627 \text{ x} \frac{5}{2000} = 2{,}381 \text{ A}$$

  $I_r = 6670 / 952{,}627 = 7$ A

  Tms = 0,0 5 (set pabrik)

  $$t = \frac{80}{13} = \text{x } 0{,}05 = 0{,}307 \text{ s}$$

- **Setting relay 3**

  Ratio : 30 MVA / 150 kV

  Perbandingan CT : 400 : 5

  Arus gangguan terbesar pada relay 3 adalah: 385 A

  $$I_n = \frac{60000}{\sqrt{3}.150} = 230{,}94\ A$$

  $$I_p = \frac{1{,}1}{1{,}0} \times 230{,}94 = 254{,}034\ A$$

  $$I_s = 254{,}034 \times \frac{5}{400} = 3{,}175\ A$$

  $$I_r = 385 / 254{,}034 = 1{,}515\ A$$

  Tms = 0,0 5 (set pabrik)

  $$t = \frac{80}{(1{,}515)^2 - 1} \times 0{,}05 = \frac{80}{81{,}295} = 3{,}088\ s$$

- **Setting relay 8**

  Ratio : 30 MVA / 20 kV

  Perbandingan CT : 2000 : 5

  Arus gangguan terbesar pada relay 8 adalah: 6670 A

  $$I_n = \frac{60000}{\sqrt{3}.20} = 1732{,}05\ A$$

  $$I_p = \frac{1{,}1}{1{,}0} \times 1732{,}05 = 1905{,}255\ A$$

  $$I_s = 1905{,}255 \times \frac{5}{200} = 4{,}763\ A$$

  $$I_r = 6670 / 1905{,}255 = 3{,}5\ A$$

  Tms = 0,0 5 (set pabrik)

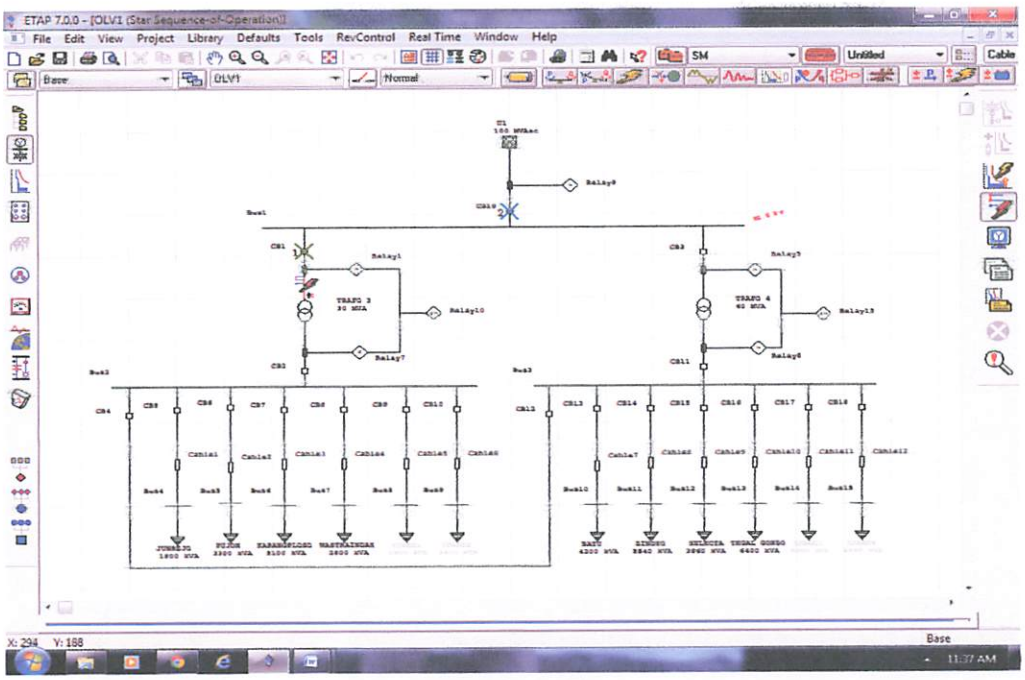
  $$t = \frac{80}{(3{,}5)^2 - 1} \times 0{,}05 = \frac{80}{11{,}25} = 0{,}355\ s$$

Dalam pengkoordinasian ini peneliti mencoba dengan merubah setting awal dengan setting baru menggunakan data hasil perhitungan manual arus hubung singkat.

4.6 Hasil Koordinasi Proteksi Rele Pada Internal Sisi Primer dan Sisi Sekunder Trafo Daya 30 MVA 150/20 kV Sesudah Pensettingan Rele Diferensial Di GI Sengkaling Dengan *Software ETAP Power Station*

Analisis selektivitas gangguan hubung singkat sesudah penyettingan rele diferensial pada internal trafo perlu dilakukan untuk mengetahui kemampuan rele pada saat terjadi gangguan hubung singkat. apakah rele mengalami trip atau bekerja secara berurutan dan berapa besar arus gangguan yang terjadi pada internal trafo saat terjadi hubung singkat pada daerah pengamanan trafo. Hal ini dikarenakan kemampuan dan kapasitas dari trafo berbeda sehingga besarnya arus gangguan pun berbeda pada trafo. Di bawah ini adalah gambar dari simulasi selektivitas gangguan hubung singkat pada internal trafo baik dari sisi primer maupun sisi sekunder trafo dengan *software ETAP Power Station*

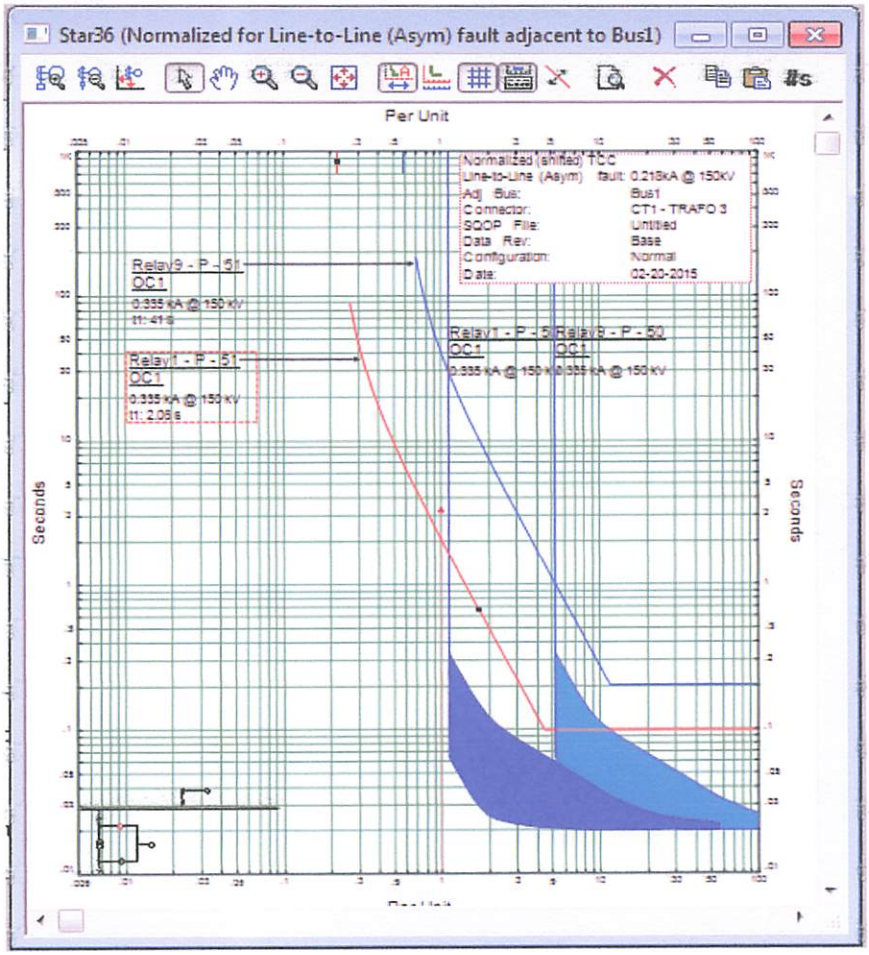
4.6.1 Hasil Koordinasi Proteksi Rele Pada Internal Sisi Primer Trafo Daya 30 MVA 150/20 kV



Gambar 4.9

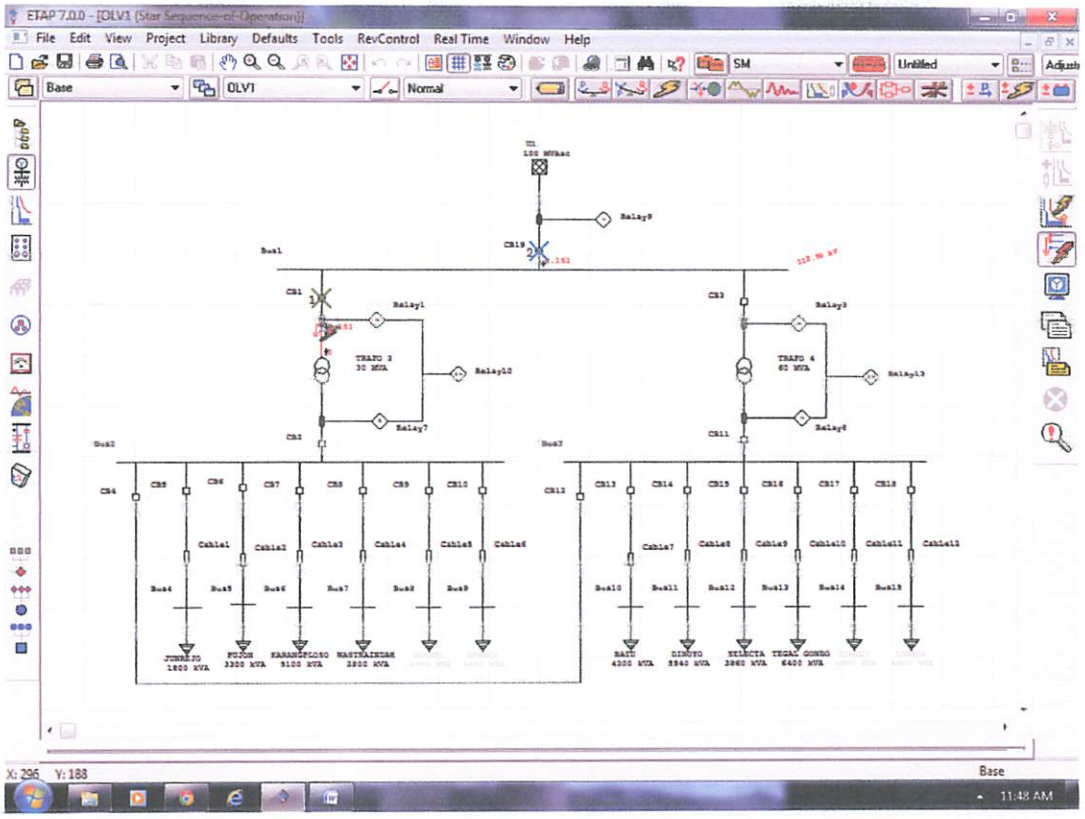
Simulasi Selektivitas Rele Gangguan Hubung Singkat Fasa - Fasa Pada Sisi Primer Internal Trafo Sesudah Penyetelan Rele Diferensial

Gambar 4.9 menjelaskan bahwa gangguan fasa - fasa yang terjadi pada sisi primer internal trafo sesudah penyetelan rele diferensial membuat rele proteksi dan pemutus tenaga (*circuit braker*) di internal trafo sisi primer gagal beroperasi secara maksimal dan akhirnya mematikan rele proteksi dan pemutus tenaga (*circuit braker*) di internal sisi primer trafo sehingga di penyulang menjadi pemadaman total (*Black Out*).



Grafik 4.1

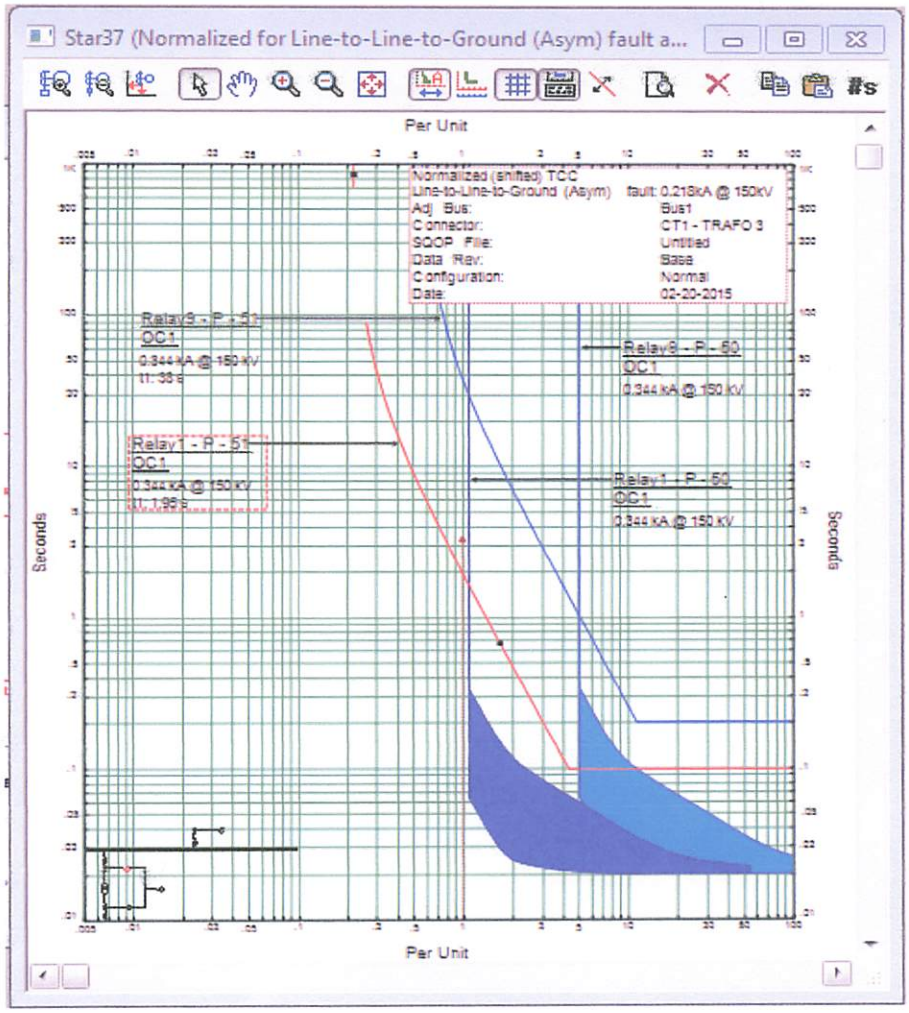
Grafik 4.1 merupakan grafik dari waktu kerja rele diferensial terhadap perbandingan *over current relay* dengan gangguan fasa - fasa. Waktu tersebut menjelaskan bahwa gangguan fasa - fasa sebesar 335 A dan rele diferensial bekerja pada waktu 0.065 s



Gambar 4.10

Simulasi Selektivitas Rele Gangguan Hubung Singkat Fasa – Fasa ke Tanah Pada Sisi Primer Internal Trafo Sesudah Penyetelan Rele Diferensial

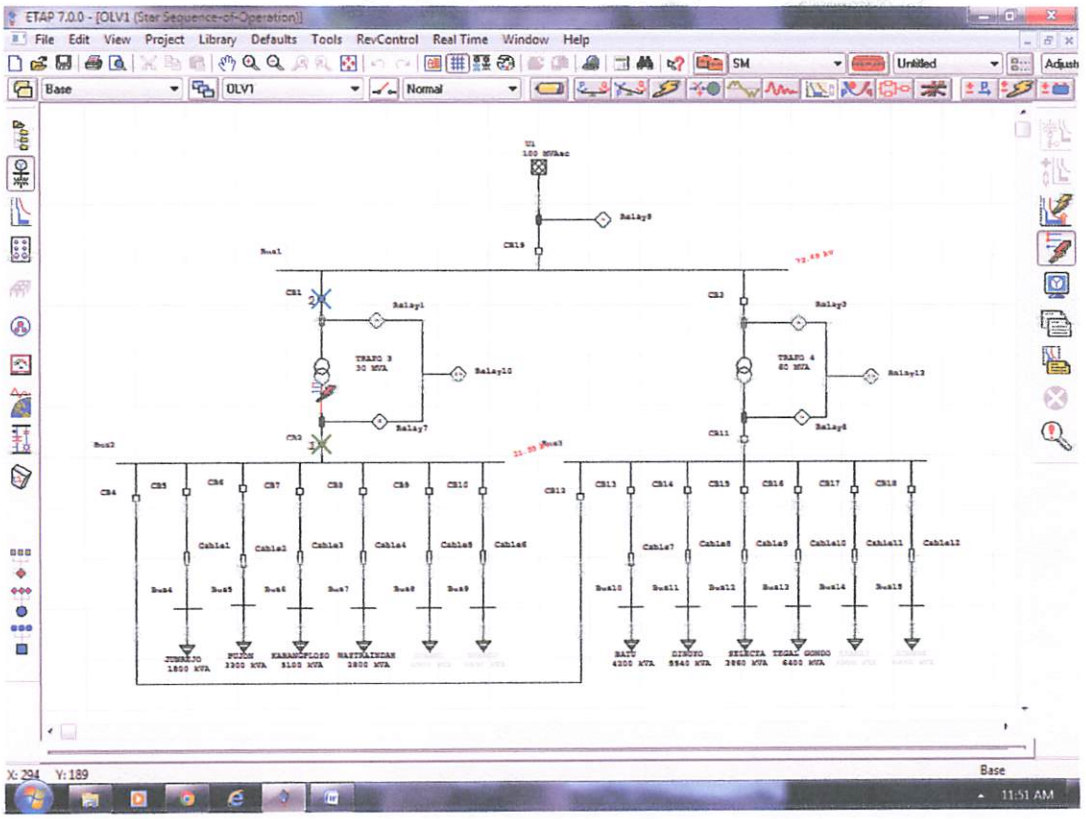
Gambar 4.10 menjelaskan bahwa gangguan fasa - fasa ke tanah yang terjadi pada sisi primer internal trafo sesudah penyetelan rele diferensial membuat rele proteksi dan pemutus tenaga (*circuit braker*) di internal trafo sisi primer gagal beroperasi secara maksimal dan akhirnya mematikan rele proteksi dan pemutus tenaga (*circuit braker*) di internal sisi primer trafo sehingga di penyulang menjadi pemadaman total (*Black Out*).



Grafik 4.2

Grafik 4.2 merupakan grafik dari waktu kerja rele diferensial terhadap perbandingan *over current relay* dengan gangguan fasa – fasa ke tanah. Waktu tersebut menjelaskan bahwa gangguan fasa - fasa sebesar 151 A dan rele diferensial bekerja pada waktu 0.0396 s

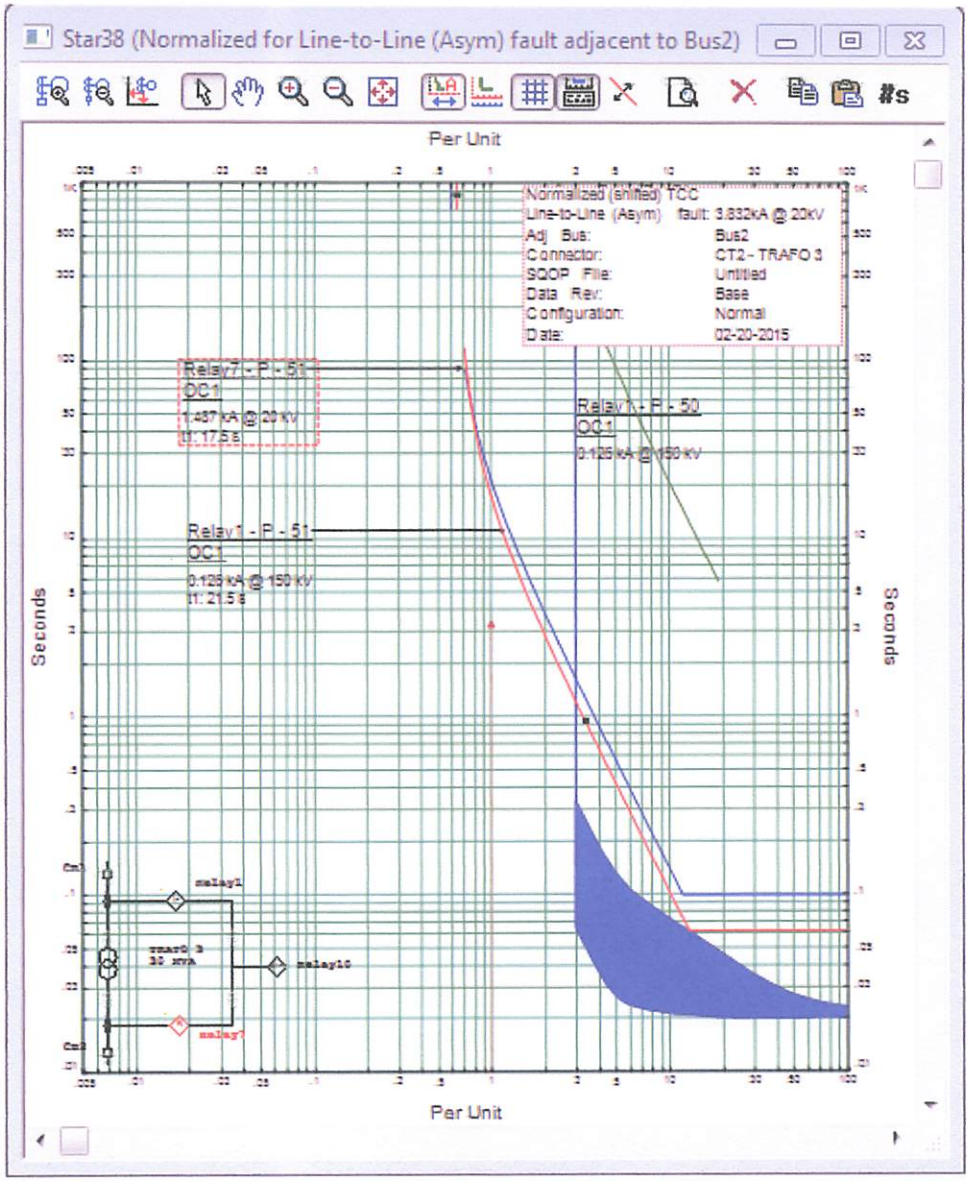
4.6.2 Hasil Koordinasi Proteksi Rele Pada Internal Sisi Sekunder Trafo Daya 30 MVA 150/20 kV



Gambar 4.11

Simulasi Selektivitas Rele Gangguan Hubung Singkat Fasa - Fasa Pada Sisi Sekunder Internal Trafo Sesudah Penyetelan Rele Diferensial

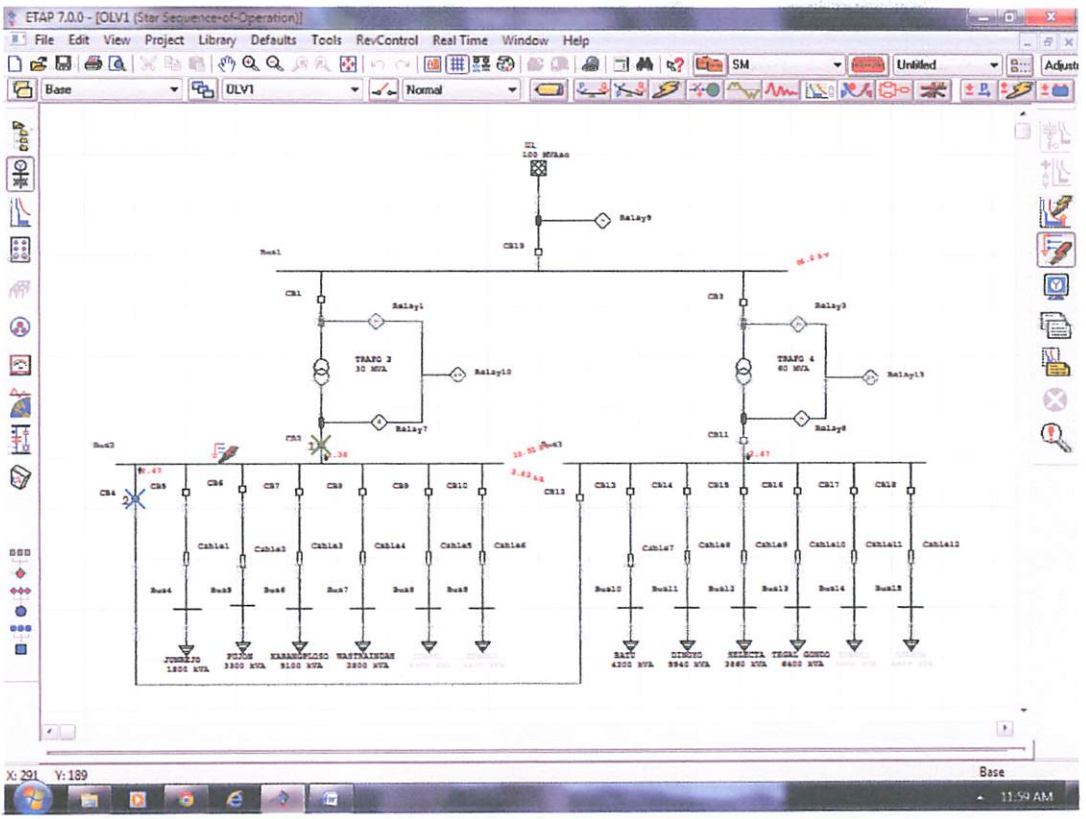
Gambar 4.11 menjelaskan bahwa pada saat terjadi gangguan hubung singkat fasa – fasa pada sisi sekunder internal trafo sesudah penyetelan rele differensial relay bekerja dengan baik atau trip secara beruntun. Sehingga suplay daya listrik ke unit sistem yang lain tetap tejaga.



Grafik 4.3

Grafik 4.3 merupakan grafik dari waktu kerja rele diferensial terhadap perbandingan *over current relay* dengan gangguan fasa - fasa. Waktu tersebut menjelaskan bahwa gangguan fasa - fasa sebesar 1487 A dan rele diferensial bekerja pada waktu 0.065 s

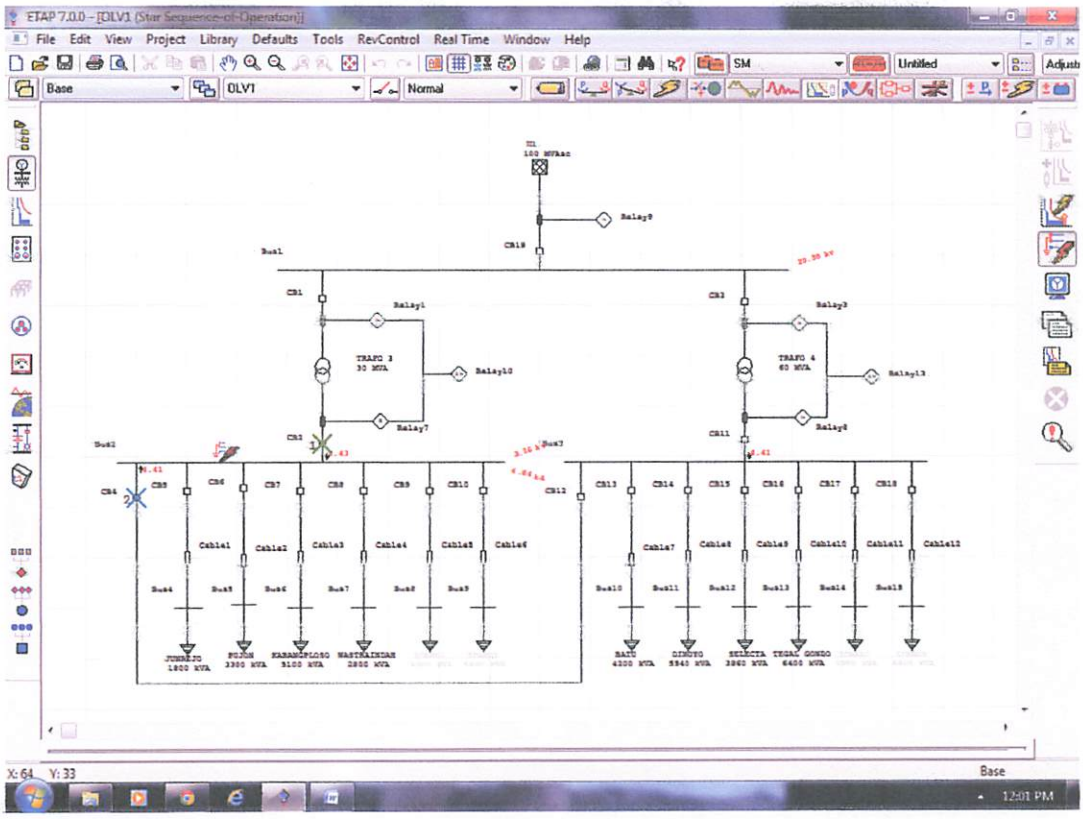
4.6.3 Hasil Koordinasi Proteksi *OCR* Gangguan Eksternal Pada Bus 2 Trafo Daya 30 MVA 150/20 kV



Gambar 4.12

Simulasi Selektivitas *OCR* Untuk Gangguan Eksternal L – G Pada Bus 2 Sesudah Penyetelan Rele *OCR* Dengan *Software ETAP Power Station*

Gambar 4.12 menjelaskan bahwa pada saat terjadi gangguan hubung singkat fasa ke tanah pada bus 2 sesudah penyetelan rele *ocr*, relay bekerja dengan baik atau trip secara beruntun. Sehingga suplay daya listrik ke unit sistem yang lain tetap tejaga.



Gambar 4.13

Simulasi Selektivitas *OCR* Untuk Gangguan Eksternal L – L - G Pada Bus 2 Sesudah Penyetelan Rele *OCR* Dengan *Software ETAP Power Station*

Gambar 4.13 menjelaskan bahwa pada saat terjadi gangguan hubung singkat fasa ke fasa ke tanah pada bus 2 sesudah penyetelan rele *ocr*, relay bekerja dengan baik atau trip secara beruntun. Sehingga suplay daya listrik ke unit sistem yang lain tetap tejaga.

4.7 Hasil Perhitungan Perbandingan Trafo Arus (CT) Pada Rele Diferensial Di GI Sengkaling

Untuk menentukan perbandingan trafo arus yang dipakai pada rele diferensial dapat dihitung berdasarkan arus nominal yang mengalir pada transformator daya 30 MVA 150/20 kV yang ada di GI sengkaling. Dengan data transformator daya yang

telah di dapat, maka arus nominal yang mengalir pada sisi primer dan sekunder trafo daya dapat dihitung sebagai berikut :

- Sisi Primer Trafo Daya :

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3}.V_n} \quad \text{.....(4.1)}$$

Dengan :

S = 30 MVA

V_n = 150 KV

Maka :

$$I_n = \frac{30000}{\sqrt{3}.150} = 115.47\ A$$

- Sisi Sekunder Trafo Daya :

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3}.V_n} \quad \text{.....(4.2)}$$

Dengan :

S = 30 MVA

V_n = 20 KV

Maka ;

$$I_n = \frac{30000}{\sqrt{3}.20} = 866A$$

➢ Setting Slope :

Dari setting slope awal rele diferensial yang ada pada data sheet dimana menggunakan setting sebesar 20% sehingga settingan itu didapatkan :

In (20%) = 0.2 x 5 A = 1 A

Slope awal menggunakan setting sebesar 20%, dimana setting 20% untuk kerja rele diferensial pada saat gangguan hubung singkat dilihat dari tingkat kesensitivitas kerja rele tidak bekerja dengan baik dan benar atau tidak beraturan. Sehingga dirubah settingannya menjadi 2% (diambil dari data sheet). Maka sebagai perhitungannya untuk setting slope sebesar 2% dari nilai In yaitu didapatkan :

$$In\ (2\%) = 0.02 \times 5\ A = 0{,}1\ A$$

Untuk toleransi error dari kerja CT ini sebesar 0,1 A, apabila ada arus gangguan yang masuk kedalam relay dengan toleransi arus 0,1 A maka rele akan bekerja atau trip.

➢ Minimum Threshold

Untuk setting waktu pada relay diferensial dapat dihitung menggunakan persamaan Threshold yaitu ambang minimum relay untuk bekerja (pick up). Yang mana dalam menentukan nilai dari threshold(antara zone) sebelum disetting ulang berdasarkan data sheet dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut :

Threshold = % insensitivity threshold x % slope (a) x Is CT.....(4.3)

Setelah persamaan setting slope didapatkan maka nilai waktu thresholdnya bisa ditentukan sebagai berikut :

Threshold = 0.02 x 0,1 x 5 = 0.01 detik

Dari hasil perhitungan threshold diatas maka dapat diketahui besar waktu kerja rele yang disetting pada rele diferensial adalah selama 0,01 detik pada saat gangguan hubung singkat dengan kesensitivitas kerja rele bekerja dengan baik dan benar atau beraturan.

Sehingga dapat dilihat pada tabel berikut :

4.8 Perbandingan Setting Awal Dan Baru Pada Relay Arus Lebih (OCR) dan Relay Differensial

Tabel 4.2 Kondisi OCR Sebelum di Setting

No	ID	In (A)	Relay	I Set (A)	Time (s)	CT Ratio	Kurva
1	Trafo #3	5	GEC	2,4	0,275	300 : 5	Definite
2	Trafo #3	5	AREVA	2,75	0,175	2000 : 5	Definite

Tabel 4.3 Kondisi OCR Sesudah di Setting

No	ID	In (A)	Relay	I Set (A)	Time (s)	CT Ratio	Kurva
1	Trafo #3	5	GEC	1,2	0,488	300 : 5	Definite
2	Trafo #3	5	AREVA	2,4	0,307	2000 : 5	Definite

Tabel 4.4 Kondisi Relay Differensial Sebelum di Setting

No	ID	Tap (kV)	Relay	Setting Awal (%)	Time (s)	CT 1 Ratio (A)	CT 2 Ratio (A)	Kondisi Rele Diferensial
1	Trafo #3	20	GEC	20	0.2	300 : 5	2000 : 5	Bekerja Tidak Baik

Tabel 4.5 Kondisi Relay Differensial Sesudah di Setting

No	ID	Tap (kV)	Relay	Setting Baru (%)	Time (s)	CT 1 Ratio (A)	CT 2 Ratio (A)	Kondisi Rele Diferensial
1	Trafo #3	20	GEC	2	0.01	300 : 5	2000 : 5	Bekerja Baik

Tabel 4.4 dan tabel 4.5 diatas menunjukkan bahwa kondisi rele diferensial sebelum dan sesudah penyettingan sangat mempengaruhi sensitivitas kerja rele diferensial, sebelum penyettingan (setting awal) kerja rele sebesar 20 % atau 0.2 detik dimana kondisi sensitivitas kerja rele tidak bekerja dengan baik dan sesudah penyettingan (setting baru) kerja rele sebesar 2 % atau 0.01 detik dimana kondisi sensitivitas kerja rele bekerja dengan baik dan benar atau beraturan.

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Dari hasil koordinasi relay proteksi pada sisi primer Internal Trafo Daya 30 MVA 150/20 kV di peroleh nilai arus gangguan hubung singkat. Maka pada saat arus gangguan L – L sebesar 335 A rele diferensial bekerja pada waktu 0.065 s, dan pada gangguan L – L – G sebesar 151 A rele diferensial bekerja pada waktu 0.0396 s.
2. Dari hasil koordinasi relay proteksi pada sisi skunder Internal Trafo Daya 30 MVA 150/20 kV di peroleh nilai arus gangguan hubung singkat. Maka pada saat arus gangguan L – L sebesar 1487 A, rele diferensial bekerja pada waktu 0.065 s
3. Dengan merubah setting awal reley arus lebih pada sisi primer dari 0,275 detik menjadi 0,488 detik, relay arus lebih pada sisi sekunder dari 0,175 detik menjadi 0,307 detik dan waktu kerja rele diferensial sebesar 20 % atau 0.2 detik dirubah menjadi 2 % atau 0.01 detik dimana kondisi sensitivitas kerja rele bekerja dengan baik atau beraturan.
4. Dari hasil simulasi *star – protection device coordination* pada saat terjadi gangguan hubung singkat (*short circuit*) diketahui bahwa sebelum waktu kerja rele arus lebih disetting, dimana kondisi PMT (CB) mengalami trip secara tidak berurutan sehingga dapat menimbulkan pemadaman pada jalur lain. dan setelah dilakukan pensettingan waktu kerja rele, dimana kondisi PMT (CB) mengalami trip secara berurutan sehingga *suplay* daya listrik pada jalur lain tetap terjaga.

5.2 Saran

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

DAFTAR PUSTAKA

[1] Sugiyanto H. Prakoso, Analisa Koordinasi Over Current Relay (OCR) untuk Proteksi Trafo Daya 380/220 Dengan Menggunakan Simulasi *DE LORENZO* san *Software ETAP Powerstation*, ITN Malang, 2009

[2] Rudianto P. Pratama, Perancangan Sistem Proteksi (Over Current dan Ground Fault Relay) Untuk Koordinasi Pengaman Sistem Kelistrikan PT. Semen Gresik Pabrik Tuban IV, ITS Surabaya.

[3] M. Yusuf Mappeasse, Riana T. Mangesa, Iwan Suhardi, (2007). Studi Sistem Proteksi Transformator Daya Gardu Induk 150 kV Tello PT. PLN (Persero) Wilayah Sulseltrabar. Jurnal Media Elektrik, Volume 2, Nomor 2, Desember 2007.

[4] L.E. Bien, D. Helna, " Studi penyetelan relai diferensial pada transformator," Jakarta: Jurusan Teknik Elektro, Universitas Trisakti., Feb.2007

[5] A.R. van C Warrington, Protective Relays volume 1, Chapman & Hall LTD, 1962

[6] Bashesh P. Mehta "Relay Koordinasi Optimal", Jurnal Rekayasa dan Teknologi, Sardar Patel University, 2006, vol.19, hal 81-86.

[7] Wiliam D, Stevenson Jr. (1993) Analisa Sistem Tenaga Listrik, Erlangga, Jakarta

[8] http://www.scribd.com/doc/10204286/Koordinasi-Relay-OCR

[9] http://www.pln.co.id/p3bjawabali/

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 : Rainer Olisandre Din

NIM : 05.12.004

Jurusan : Teknik Elektro S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Judul Skripsi : ***ANALISIS* KOORDINASI *OVER CURRENT RELAY* (OCR) UNTUK SISTEM GI. SENGKALING DENGAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE ETAP POWERSTATION***

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

Hari : Sabtu

Tanggal : 21 Februari 2015

Nilai : 73,345 (B+)

Panitia Ujian Skripsi

Ketua Majelis Penguji

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

Sekretaris Majelis Penguji

Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST, MT
NIP.Y.1030100361

Anggota Penguji,

Penguji I

Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE
NIP.Y.1018500108

Penguji II

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

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

PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Dari hasil Ujian Skripsi Jurusan Teknik Elektro Jenjang Strata Satu (S-1) yang diselenggarakan pada :

Hari : Sabtu

Tanggal : 21 Februari 2015

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

Nama : Rainer Olisandre Din

NIM : 05.12.004

Jurusan : Teknik Elektro S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Judul Skripsi : *ANALISIS* KOORDINASI *OVER CURRENT RELAY* (OCR) UNTUK SYSTEM GI. SENGKALING DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE *ETAP Powerstation*

No	Materi Perbaikan		Paraf
1	Penguji I	- Hasil simulasi gangguan dalam unjuk kerja rele terbalik - Perlu dijelaskan model gangguan yang terjadi di GI. Sengkaling sehingga perlu pemasangan OCR dan Diferensial relay	
2	Penguji II	- Penulisan tujuan pustaka disesuaikan dengan daftar pustaka yang digunakan	

Disetujui,

Penguji I	Penguji II
Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE	**Ir. Ni Putu Agustini, MT**
NIP.Y.1018500108	**NIP.Y.1030100371**

Mengetahui,

Pembimbing I	Pembimbing II
Dr.Eng.Ir. I Made Wartana, MT	**Ir. Eko Nurcahyo, MT**
NIP.196105031992021001	**NIP.Y.1028700172**

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

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

NAMA : Rainer Oleander D.
N I M : 05.12.004
Perbaikan meliputi :

1. Hasil simulasi gangguan dalam waktu kerja rele terbalik.
2. Sepat didiskusikan kembali dgn dosen pengunji
3. Perlu dijelaskan model gangguan yg terjadi di GI sebagaimana sbgn pola pemasangan OCR & RD

Malang, 21 feb 2015

(_____)

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

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

NAMA : RAINER OLI SANDRE DIN
N I M : 0812-004
Perbaikan meliputi :

- Penulisan :
  - Tinjauan Pustaka. disesuaikan dengan daftar pustaka yg di gunakan.
  -

Malang, 21 Februari 2015

(Vi putra Agustin)

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-303/EL-FTI/2014 — 9 Desember 2014
Lampiran : -
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Kepada : Yth. Bapak/Ibu **Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT**
Dosen Teknik Elektro S-1
ITN MALANG

Dengan Hormat

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa:

Nama	: **RAINER OLISANDRE DIN**
Nim	: **0512004**
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 Ganjil Tahun Akademik 2014-2015"

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

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1

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

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

MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI

SEMESTER GANJIL TAHUN AKADEMIK 2014-2015

Nama Mahasiswa : **Rainer Olisandre Din**
NIM : **05.12.004**
Nama Pembimbing : **Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT**
Judul Skripsi : **Analisis Koordinasi Over Current Relay (OCR) Untuk Sistem GI. Sengkaling Dengan Menggunakan Software ETAP Powerstation**

Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Bimbingan	Materi Bimbingan	Paraf
1	20-1-2015		Cheek flowchart - dan lihat progres hasil	[signature]
2	29-1-2015		Buat Makalah seminar	[signature]
3	5-02-2015		Sempurnakan makalah.	[signature]
4	6-02-2015		Sempurnakan. pretable. koordinasi antara. perlat & program	[signature]
5	07/02-2015		Sempurnakan. setting & sesuaikan Hasil & analisis.	[signature]
6	11/02-2015		Acc seminar	[signature]
7			Sempurnakan koordinasi Rere OCR dg. Differensial Rele.	[signature]

Malang, ...
Pembimbing

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

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-303/EL-FTI/2014 9 Desember 2014
Lampiran : -
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Kepada : Yth. Bapak/Ibu **Ir. Eko Nurcahyo, MT**
Dosen Teknik Elektro S-1
ITN MALANG

Dengan Hormat
Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa:

Nama	: **RAINER OLISANDRE DIN**
Nim	: **0512004**
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 Ganjil Tahun Akademik 2014-2015"

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

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1

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

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	: **0512004**	
2.	Nama	: **RAINER OLISANDRE DIN**	
3.	Konsentrasi Jurusan	: **Teknik Energi Listrik**	
4.	Jadwal Pelaksanaan:	Waktu	Tempat
	25 Nopember 2013	09.00	III.1.5
5.	Judul proposal yang diseminarkan Mahasiswa	ANALISIS KOORDINASI OVER CURRENT RELAY (OCR) UNTUK SISTEM RADIAL INDUSTRI DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP POWERSTATION	
6.	Perubahan judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian	Analisis Koordinasi over Current Relay (OCR) untuk sistem ~~Radial~~ ~~IIM~~ dengan menggunakan software ETAP Powerstation	PG. KEBON AGUNG.
7.	Catatan : - Perlu alasan kenapa analisis koordinasi dilakukan padahal sudah diterapkan pd. Lokasi Pengambilan Data.		
8.	Catatan : - Jelaskan koordinasi yg baik itu apa. - Tambahkan - PG kebon Asng.		

Persetujuan judul Skripsi

Disetujui, Dosen Keahlian I	Disetujui, Dosen Keahlian II	Disetujui, Dosen Keahlian III
(.....)	(.....)	(.....)

Mengetahui, Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1	Disetujui, Calon Dosen Pembimbing ybs	
	Pembimbing I	Pembimbing II
M. Ibrahim Ashari ,ST, MT NIP. P 1030100358	(Dr. I Made Wartana, MT)	(Ir. Eko Nurcahyo, MT)

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

BERITA ACARA SEMINAR PROGRESS SKRIPSI
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S1

KONSENTRASI	T. ENERGI LISTRIK

1.	Nama Mahasiswa	RAINER OLISANDRE DIN	NIM	512004
2.	Keterangan	Tanggal	Waktu	Tempat / Ruang
	Pelaksanaan	**10 Desember 2014**		
3.	Judul Skripsi	ANALISIS KOORDINASI OVER CURRENT RALAY (OCR) UNTUK SISTEM PG. KEBON AGUNG MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP POWER SYSTEM		
4.	Perubahan Judul	.....		
5.	Catatan : - Chele kenapa koordinasi OCR diperlukan apa masalahnya ? (kalu tidak ada masalah ganti tempat dan). - Ragin konsultasi			
6.	Mengetahui, Ketua Jurusan. M. Ibrahim Ashari, ST, MT	Disetujui, Dosen Pembimbing Pembimbing I Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT	Pembimbing II Ir. Eko Nurcahyo, MT	

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
Jl. Raya Karanglo, Km. 2
MALANG

PERMOHONAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Yang betanda tangan dibawah ini :

Nama	: Rainer Olisandre Din
NIM	: 05.12.004
Semester	: .....
Fakultas	: Teknologi Industri
Jurusan	: Teknik Elektro S-1
Konsentrasi	: **TEKNIK ELEKTRONIKA** **TEKNIK ENERGI LISTRIK** **TEKNIK KOMPUTER DAN INFORMATIKA** **TEKNIK KOMPUTER** **TEKNIK TELEKOMUNIKASI**
Alamat	: .....

Dengan ini kami mengajukan permohonan untuk mendapatkan persetujuan untuk membuat ***SKRIPSI Tingkat Sarjana.*** Untuk melengkapi permohonan tersebut, bersama kami lampirkan persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi.
Adapun persyaratan-persyaratan pengambilan ***SKRIPSI*** adalah sebagai berikut :

1. Telah melaksanakan semua praktikum sesuai dengan konsentrasinya (...A...)
2. Telah lulus dan menyerahkan Laporan Praktek Kerja (...A...)
3. Telah lulus seluruh mata kuliah keahlian (MKB) sesuai konsentrasinya (...A...)
4. Telah menempuh mata kuliah ≥ 134 sks dengan IPK ≥ 2 dan tidak ada nilai E (...-1...)
5. Telah mengikuti secara aktif kegiatan seminar skripsi yang diadakan Jurusan (.....)
6. Memenuhi persyaratan administrasi (.....)

Demikian permohonan ini untuk mendapatkan penyelesaian lebih lanjut dan atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Telah diteliti kebenaran data tersebut diatas
Recording Teknik Elektro

(...Ipsi Ni Kandayani...)

Malang, ...28-4-...2011
Pemohon

Rainer
(Rainer Olisandre Din)

Disetujui
Ketua Jurusan Teknik Elektro

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

Mengetahui
Dosen Wali

(.....)

Catatan :
Bagi mahasiswa yang telah memenuhi persyaratan mengambil SKRIPSI agar membuat proposal dan mendapat persetujuan dari Ketua Jurusan/Sekretaris Jurusan T. Elektro S-1

1. IPK : 3,38 / = 2,56
2. ...132...
3. - MK Transmisi, ~~POT~~ A
- ~~5~~ 1 praktikum A (pengulangan) 7/8 12

Form. S-1a

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 : ITN-318/EL-FTI/2014 23 Desember 2014
Lampiran : -
Perihal : Survey Pengambilan Data Skripsi

Kepada : Yth. **Pimpinan PT PLN (Persero) P3B Jawa Bali APP Malang**
di – Malang

Dengan hormat,

Bersama ini kami mohon kebijaksanaan Bapak/Ibu agar mahasiswa kami dari Program Studi Teknik Elektro S-1, Konsentrasi Teknik Energi Listrik, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang dapat diijinkan untuk melakukan survey dalam rangka pengambilan data skripsi, mulai tanggal 23 Desember 2014 sampai dengan 6 Januari 2015.

Mahasiswa tersebut adalah:

No	Nama	NIM
1.	Rainer Olisandre Din	0512004
2.		
3.		
4.		

Demikian atas perhatian dan kebijaksanaannya kami ucapkan terima kasih.

Ketua
Program Studi Teknik Elektro S-1

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