

**ANALISIS KOORDINASI RELAY OCR DAN GFR TYPE VAMP 230 PADA
GENERATOR SINKRON DIPEMBANGKIT LISTRIK TENAGA DIESEL HERA
TIMOR LESTE DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP POWER
STATION.**

SKRIPSI



Disusun oleh:

RICARDO QUEIROS

NIM. 13.12.908

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2015**

LEMBAR PERSETUJUAN

ANALISIS KOORDINASI RELAY OCR DAN GFR TYPE VAMP 230 PADA
GENERATOR SINKRON DIPEMBANGKIT LISTRIK TENAGA DIESEL HERA
TIMOR LESTE DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP POWER
STATION.

SKRIPSI

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

Disusun oleh :

RICARDO QUEIROS
NIM : 1312908

Diperiksa dan Disetujui,

Dosen Pembimbing I



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

Dosen Pembimbing II



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

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

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ricardo Queiros
NIM : 13.12.908
Program Studi : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

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

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

Malang, 29 September 2015

Yang membuat Pernyataan,



Ricardo Queiros
NIM : 13.12.908

**ANALISIS KOORDINASI RELAY OCR DAN GFR TYPE VAMP 210 PADA
GENERATOR SINGKRON DIPEMBANGKIT LISTRIK TENAGA DIESEL HERA
TIMOR LESTE DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP POWER STATION**

Ricardo Queiros, Nim : 1312908
Email : queiros.moch@yaho@.co.id

Dosen Pembimbing:

Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi,MSEE dan Ir. Yusuf Ismail Nakhoda,MT

ABSTRAK

Perlindungan terhadap sistem listrik dan peralatan seperti generator, yang paling penting dalam industri. Sistem proteksi berperan penting dalam mendeteksi adanya gangguan dan dapat mencegah kerusakan yang diakibatkan gangguan. Koordinasi sistem proteksi yang baik akan mengisolasi daerah yang terjadi gangguan dan mencegah pemadaman di daerah lain. Hal ini dapat meningkatkan keandalan sistem dengan menjaga kontinuitas pasokan energi ke beban. Untuk mempertahankan dan meningkatkan kinerja sistem proteksi perlu dilakukan penelitian tentang koordinasi rele pengaman yang terpasang. Tugas akhir ini bertujuan untuk menganalisis koordinasi antara GFR dan OCR relay untuk mencapai keandalan kinerja sistem pada sumber listrik tenaga diesel di Hera Timor Leste dan menggunakan Software ETAP Power station. Dari analisis ini diperlukan perhitungan dan setting rele OCR dan GFR yang tepat untuk mengkoordinasikan dua relay tersebut yang baik dan dapat diandalkan. Setting Relay GFR adalah sekitar 0.2 - 0.4 detik, sedangkan OCR sekitar 0,1 - 0,3 detik.

Kata Kunci - Koordinasi Relay OCR dan GFR

ABSTRACT

Protection against electric systems and equipment such as generators, transformers are most important in the industry. Protection system plays an important role in detecting the disorder and may prevent damage caused interference. Good coordination protection system will isolate the area there is disruption and prevent blackouts in other areas. This can improve the reliability of the system by maintaining the continuity of supply of energy to the load. To maintain and increase system performance protection needs to be done research on the safety relay coordination end aims to analyze the coordination between GFR and OCR relay to achieve reliability in the system performance diesel power source at Hera East Timor and using ETAP analysis Software Tools. From OCR appropriate for the analysis and GFR calculation for the necessary arrangements to coordinate OCR relay and GFR reliable. Relay when GFR is approximately 0.2 - 0.4 seconds, while the setting OCR relay of about 0,1 - 0,3 second.

Keywords: Koordination Relay OCR and GFR

KATA PENGANTAR

Puji Syukur Kehadiran Allah SWT atas berkat dan rahmat-Nya, sehingga kami selaku penyusun dapat menyelesaikan Laporan Skripsi ini yang berjudul **“ANALISIS KOORDINASI RELAY OCR DAN GFR TYPE VAMP 230 PADA GENERATOR SINKRON DIPEMBANGKIT LISTRIK TENAGA DIESEL HERA TIMOR LESTE DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP POWER STATION.”** dapat terselesaikan.

Adapun maksud dan tujuan dari penulisan laporan ini merupakan salah satu syarat untuk dapat menyelesaikan studi dan mendapatkan gelar Sarjana Jurusan Teknik Elektro S-1, Konsentrasi Teknik Informatika & Komputer ITN Malang.

Sebagai pihak penyusun penulis menyadari tanpa adanya kemauan dan usaha serta bantuan dari berbagai pihak, maka laporan ini tidak dapat diselesaikan dengan baik. Oleh sebab itu, penyusun mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat :

- Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MT selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
- Ir. Anang Subardi, MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
- M. Ibrahim Ashari, ST, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
- Prof. Dr .Eng. Ir. Abraham Lomi,MSEE selaku Dosen Pembimbing satu Tugas Skripsi.
- Ir. Yusuf Ismail Nakhoda,MT selaku Dosen Pembimbing dua Tugas Skripsi.
- Sahabat-sahabat dan rekan-rekan yang tidak kami sebutkan satu-persatu, kami ucapkan banyak terima kasih atas bantuannya dalam proses pembuatan Skripsi yang telah saya kerjakan, begitu juga dengan penyelesaian laporan ini.

Usaha ini telah kami lakukan semaksimal mungkin, namun jika ada kekurangan dan kejanggalan dalam penyusunan, kami mohon saran dan kritik yang sifatnya membangun. Begitu juga sangat kami perlukan untuk menambah kesempurnaan laporan ini dan dapat bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa pada khususnya dan pembaca pada umumnya.

Malang, 18 Agustus 2015

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Kontribusi	3
1.6. Metodologi Penulisan	3
1.7. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Sistem Proteksi Tenaga	5
2.1.1. Pengertian umum proteksi	5
2.1.2. Tujuan Sistem Proteksi	5
2.1.3. Persyaratan Sistem Proteksi	6
2.2. Jenis Relay Pada Generator	7
2.2.1. Relay Arus Lebih OCR	7
2.2.2. Karakteristik Relay Arus Lebih (OCR)	8
2.3. Pengertian Relay Gangguan Tanah (GFR)	10
2.4. Peralatan Proteksi	12
2.5. Metode Koordinasi Relay Arus Lebih (OCR)	13
2.6. Pengertian Koordinasi Pengaman	13
2.7. Perhitungan Setting Relay Arus Lebih (OCR)	13
2.8. Perhitungan Setting Relay Gangguan Tanah (GFR)	14

BAB III METODE PENELITIAN.....	15
3.1. Metode yang digunakan.....	15
3.2. Bahan dan Peralatan yang digunakan	15
3.3. Lokasi dan Waktu Pengambilan Data.....	16
3.4. Single line diagram PLTD Hera Timor Leste	16
3.5. Data data yang di kumpulkan.....	17
3.5.1. Data data Generator di PLTD Hera Timor Leste.....	17
3.5.2. Data data trafo.....	17
3.6. Data data Relay di PLTD Hera Timor Leste.....	18
3.6.1. Relay Pengaman Generator Unit 1 relay OCR (51G1) ..	18
3.6.2. Relay Pengaman Generator Unit 1 relay GFR (50G1) ...	19
3.7. Flow chart (Desain sistem).....	20
3.8. Algoritma Untuk Melakukan Setting Relay	21
3.9. Perencanaan Simulasi Menggunakan ETAP Power Station	22
3.9.1. Menggambar Single Line Diagram di ETAP	22
3.9.2. Input Data Generator.....	23
3.9.3. Input Data Current Transformer (CT) Pada Type Phasa.....	23
3.9.4. Input Data Current Transformer (CT) Pada Type Ground	24
3.9.5. Data input Over Current Relay(OCR).....	24
3.9.6. Data Input Ground Fault Relay (GFR).....	25
BAB IV SIMULASI DAN ANALISA HASIL.	26
4.1. Pada Kondisi Awal Sebelum Pengaturan.....	26
4.1.1. Kondisi Awal Generator Di Bus1 15 KV.....	26
4.1.2. Pengaturan Koordinasi Arus Lebih Pada Generator.....	29
4.1.3. Pehitungan dan Setting Ulang Relay Pengaman.....	30
4.1.4. Persamaan Untuk Menghitung Waktu Kerja Relay Sesuai Standar IEC 60255 Extermely Inverse (EI).....	31
4.2. Pengaturan Koordinasi Relay GFR Pada Generator.....	38
4.3. Penyetelan Ground Fault Relay (GFR).....	38

4.4. Perhitungan Dan Setting Ulang Ground Fault Relay (GFR)	39
4.5. Gambar Hasil Kurve Koordinasi OCR dan GFR Pada 4 Generator Di Baus 1 15 KV	47
4.6. Perbandingan Hasil Perhitungan Kondisi Setting Awal Dan Baru Pada Relay OCR Dan (GFR)	48
BAB V PENUTUP	52
5.1. Kesimpulan	52
5.2. Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

2.1. Rangkaian Over Current Relay	7
2.2. Karakteristik Relay Arus Lebih Seketika	8
2.3. Karakteristik Relay Arus Lebih Waktu Tertentu (<i>Definite Time</i>).....	8
2.4. Karakteristik Relay Arus Lebih Waktu Terbalik (<i>Inverse</i>)	9
2.5. Kombinasi Relay Arus Lebih Waktu Tertentu	9
2.6. Kombinasi Arus Lebih Seketika Dengan Waktu Terbalik	10
2.7. Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa	11
2.8. Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa Ke Tanah.....	11
3.1. <i>Single Line Diagram</i> PLTD Hera Timor Leste.....	16
3.2. Flowchart	20
3.3. Pemodelan <i>Single Line Diagram</i> Dengan ETAP.....	22
3.4. Input Rating Generator.....	23
3.5. Data Input Current Transformer (CT) Type Phasa	23
3.6. Data Input Current Transformer (CT) Type Ground.....	24
3.7. Input Over Current Relay (OCR).....	24
3.8. Input Ground Fault Relay.....	25
4.1. Kurve Relay Arus Lebih Generator Unit 1 Bus 1 15 KV Sebelum Pengaturana	26
4.2. Kurve Relay Arus Lebih Generator Unit 2 Bus 1 15 KV Sebelum Pengaturan.....	27
4.3. Gambar Pada Program ETAP Sebelum Setting Relay	28
4.4. Gambar Karakteristik Relay Arus Lebih Generator Type Vamp 230.....	29
4.5. Karakteristik Relay OCR Standar IEC 60255	31
4.7. Peta Hubung Singkat OCR.....	34
4.8. Karakteristik Relay arus Lebih Generator Unit 1 Setting Baru.....	35
4.9. Report Simulasi Kerja OCR	35
4.10. Kurve Relay OCR dan GFR Pada Generator Unit 1 Bus 1 15 KV Setelah Setting Baru	36
4.11. Peta hasil koordinasi relay pada generator unit 1	37
4.12. Setting baru pada hubung singkat 3 fasa simetris.....	38

4.13. Peta hasil gangguan hubung singkat L-G tak simetris.....	42
4.14. Report simulasi kerja GFR L-G tak simetris.....	43
4.15. Hasil <i>plot</i> setelah <i>resetting Ground fault relay</i> Bus 15 KV.....	43
4.16. Peta hasil gangguan hubung singkat L-L tak simetris.....	44
4.17. Report simulasi kerja GFR L-L tak simetris.....	44
4.18. Peta hasil gangguan hubung singkat L-L-G tak simetris.....	45
4.19. Report simulasi kerja GFR L-L-G tak simetris.....	45
4.20. <i>Setting Current Transformer</i> Baru.....	46
4.21. <i>Setting</i> Baru <i>Relay GFR</i>	46
4.22. Hasil kurve koordinasi Relay OCR dan GFR.....	47

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sistem penyaluran energi listrik dipembangkit listrik tenaga diesel Hera Timor Leste terdapat gangguan hubung singkat .Hubung singkat adalah terjadinya hubungan penghantar bertegangan atau tidak bertegangan secara langsung dan tidak langsung melalui resistor atau beban sehingga menyebabkan aliran arus yang tidak normal sangat besar, yang.^[1]

Untuk itu perlu diproteksi dari semua gangguan agar generator tidak sampai mengalami kerusakan karena suatu sistem pembangkit terganggu, maka seluruh sistem tenaga listrik akan terhenti pengoperasiannya. Akibat dari gangguan tersebut menyebabkan hubung singkat satu fasa dengan tanah, fasa dengan fasa dan dapat bersifat temporer atau permanent.^[2]

Pada Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Hera Timor Leste (PLTD) Hera Sentral Electrica Timor Leste memiliki kapasitas daya 120 MW,dengan tujuh unit mesin dengan kapasitas 17.076 MW, dan PLTD Betano Sentral Electrica dengan kapasitas daya 130 MW. 17.076 MW, Dan PLTD Betano Sentral Electrica dengan kapasitas daya 130 MW. Besarnya beban yang dicatu oleh sistem kelistrikan adalah sebesar 53,55 MW. Interkoneksi dari kedua pembangkit ini merupakan sistem terintegrasinya seluruh pusat pembangkit menjadi satu sistem pengendalian. Dalam sistem tiga fasa seimbang, arus-arus dalam penghantar tiga fasa sama besarnya dan beda sudut fasa sebesar 120° . Demikian pula yang terjadi pada tegangan fasa ke netral dan fasa ke fasa. Selain itu untuk menjaga kontinuitas penyaluran energi listrik maka perlu adanya sistem interkoneksi.^[1]

Sistem proteksi pada Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Hera Timor Leste menggunakan peralatan proteksi relay arus lebih OCR dan GFR Type Vamp 210 dari Findlandia untuk mengantisipasi adanya gangguan hubung singkat antar fasa dengan fasa dan fasa tanah.^[4] Untuk itu tenaga listrik berdaya besar seperti generator diperlukan Current Transformer (CT) untuk merubah nilai nominal arus

sistem menjadi lebih kecil sehingga bisa terbaca oleh peralatan proteksi ataupun pengukuran (metering). Peralatan proteksi dan metering tersebut seperti di PLTD Hera Timor Leste pada Ground Fault Relay (GFR) belum memenuhi standarisasi dan perhitungan hal ini akan berpengaruh pada ketidak koordinasian antar relay.^[8]

Maka skripsi ini, akan membahas mengenai koordinasi 2(dua) rele, Over Current Relay (OCR) dan Ground Foulty Relay (GFR) untuk memproteksi generator dari gangguan arus lebih dan hubung singkat pada PLTD Hera Timor Leste dengan menggunakan *Software ETAP Power Station*.

1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas, Maka masalah yang akan dibahas adalah :

1. Bagaimana cara Setting Relay OCR dan GFR pada generator di PLTD Hera Timor Leste.
2. Bagaimana cara menghitung dan mengkoordinasikan Relay OCR dan GFR tersebut agar tidak terjadi salah persepsi.

1.3. Tujuan Penulisan

Adapun tujuan diharapkan penulis pada skripsi ini yaitu:

1. Untuk memproteksi generator di pembangkit Listrik Tenaga Diesel Hera Timor Leste dari gangguan arus lebih (OCR) dan hubung singkat (GFR).
2. Mengkoordinasikan rele arus lebih (OCR) dan relai gangguan tanah (GFR) yang baik dan benar.

1.4. Batasan Masalah

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang terarah dan tidak menyimpang dari tujuan penelitian, maka pada penelitian ini dibatasi sebagai berikut :

1. Analisa koordinasi proteksi pada Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Hera Timor Leste seperti halnya Over Current Relay (OCR) dan Ground Foulty Relay (GFR) hanya pada 4 generator.
2. Software yang digunakan adalah *ETAP Power Station 7.0*
3. Pengambilan data dilakukan di PLTD Hera Timor Leste.

1.5. Kontribusi

Analisa koordinasi relay *OCR dan GFR* ini diharapkan bisa meminimalisir dan mampu mengatasi adanya gangguan arus lebih dan hubung singkat di PLTD Hera Timor Leste agar terjadi koordinasi yang baik dan handal.

1.6. Metodologi Penulisan

Metodologi yang digunakan pada penyusunan skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Pengumpulan data.

Bentuk data yang digunakan adalah :

- Data kuantitatif, yaitu berupa data yang dapat dihitung atau data yang berbentuk angka guna mempermudah proses pengerjaan skripsi yaitu data Generator,trafo, Bus bar, CB,beban dan data saluran,
- Data kualitatif, yaitu data yang berbentuk diagram. Dalam hal ini berupa *single line diagram* .

2. Menganalisa data – data sistem yang telah di kumpulkan pada PLTD Hera Timor Leste.

3. Menganalisa sistem Proteksi pada PLTD Hera Timor Leste saat terjadi gangguan Arus Lebih dan Hubung Singkat.

4. Menarik kesimpulan dari hasil analisa data.

1.7. Sistematika Penulisan

Sistematika yang digunakan dalam penulisan skripsi ini adalah dari pokok pembahasan yang saling terkait antara satu dengan yang lainnya, yaitu:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas mengenai latar belakang tujuan penulisan, batasan masalah, dan sistematika penulisan untuk memberikan gambaran umum mengenai penulisan ini.

BAB II DASAR TEORI

Bab ini menguraikan mengenai dasar-dasar teori yang mendukung sistem proteksi generator dipembangkit listrik tenaga diesel Hera Timor Leste.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisikan tentang metode yang digunakan dalam penelitian, alat dan bahan yang digunakan, tanggal dan hari penelitian, gambar single line diagram, data-data yang diambil untuk penelitian, simulasi dan flowchart.

BAB IV HASIL DAN ANALISA

Bab ini berisikan tentang hasil dari peneliti yang dilakukan. Yaitu dengan membandingkan kinerja Relay sebelum disetting dan sesudah disetting dan beserta perhitungan setingan Relaynya berdasarkan rumus yang ada.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan-kesimpulan dan saran

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Sistem Proteksi Tenaga Listrik

2.1.1. Pengertian Umum Proteksi

Secara umum pengertian proteksi ialah cara untuk mencegah atau membatasi adanya kerusakan peralatan terhadap gangguan, sehingga kelangsungan penyaluran tenaga listrik dapat dipertahankan. Pada pembangkit Listrik Tenaga Diesel Hera Timor Leste menggunakan 7 buah generator yang di sinkronisasikan dan yang di bahas dalam tugas akhir ini adalah empat (4) generator guna mengatasi pada saat beban puncak yaitu mencapai $17.076 \text{ MW} \times 4 = 68.304 \text{ MW}$. Sistem proteksi generator perlu mendeteksi dari semua kondisi abnormal, tetapi sederhana dan tinggi keandalannya. Relay proteksi hanya boleh mentrip CB kalau memang diperlukan, dan jika harus trip rele tidak boleh gagal atau terlambat. Resiko yang dihadapi bila gagal adalah pemadaman panjang, kerusakan yang sukar diperbaiki, atau keduanya.

2.1.2. Tujuan sistem proteksi

Adapun tujuan dari sistem proteksi adalah :

1. Untuk menghindari atau mengurangi kerusakan akibat gangguan pada peralatan yang terganggu atau peralatan yang dilalui oleh arus gangguan.
2. Untuk melokasir (mengisolir) daerah gangguan menjadi sekecil mungkin.
3. Untuk dapat memberikan pelayanan listrik dengan keandalan yang tinggi kepada konsumen. Serta memperkecil bahaya bagi manusia. Sistem proteksi ini dapat dikatakan baik dan handal apabila bekerja lebih sensitif dan selektif untuk memproteksi alat – alat yang di amankan bila terjadi gangguan yang dapat merusak atau memadamkan semua unit generator yang seharusnya tidak boleh terjadi.

2.1.3. Persyaratan Sistem Proteksi

Suatu pengaman relay pengaman dapat dikatakan bekerja dengan baik dan benar maka harus memenuhi beberapa persyaratan adalah :

a) Kepekaan (*Sensitivity*)

Relay harus dapat bekerja dengan kepekaan yang tinggi, artinya harus cukup sensitif terhadap gangguan didaerahnya meskipun gangguan tersebut minimum, selanjutnya memberikan jawaban response.

b) Keandalan (*Reliability*)

Maksud dari keandalan adalah bahawa suatu relay proteksi harus selalu berada pada kondisi yang mampu melakukan pengaman pada daerah yang diamankan terhadap jumlah gangguan yang terjadi. Keandalan dikatakan cukup baik bila mempunyai harga : 90 - 99 % maka keandalan itu sendiri dibagi dalam 3 aspek yaitu :

1. Dependability

Adalah kemampuan suatu sistem relay untuk dapat beroperasi dengan baik dan benar.

Pada prinsipnya pengaman harus dapat diandalkan bekerjanya dapat (mendekteksi dan melepaskan bagian yang terganggu), tidak boleh gagal bekerja. Dengan kata lain dependabilitynya harus tinggi.

2. Security

Security adalah tingkat kepastian suatu sistem relay untuk tidakb salah dalam bekerja.

Salah kerja, misalnya lokasi gangguan berada diluar pengamannya, tetapi salah kerja mengakibatkan pemadaman yang seharusnya tidak perlu terjadi.

3. Availability

Availability adalah perbandingan antara waktu dimana pengaman dalam keadaan siap bekerja (*Actually in service*) dan waktu total operasinya.

c) Selektivitas (*Selectivity*)

Maksudnya pengaman harus dapat membedakan apakah gangguan terletak di daerah proteksi utama dimana pengaman harus bekerja cepat

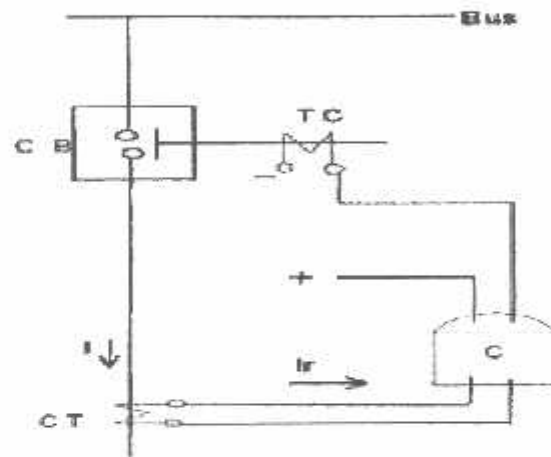
atau terletak di luar zona proteksinya dimana pengaman harus bekerja dengan waktu tunda atau tidak bekerja sama sekali.

d) Kecepatan kerja (*Speed Of Operation*)

Untuk memperkecil kerugian atau kerusakan akibat gangguan, maka bagian yang terganggu harus dipisahkan secepat mungkin dari bagian sistem lainnya. Selang waktu sejak waktu dideteksinya gangguan sampai dilakukan pemisahan gangguan merupakan penjumlahan dari waktu kerja pemutus daya. Nama pengaman yang baik adalah pengaman yang mampu beroperasi dalam waktu kurang 50 ms.

2.2. JENIS RELAY PADA GENERATOR

2.2.1. Relay Arus Lebih (OCR)



Gambar 2.1 Rangkaian Over Current Relay (OCR)

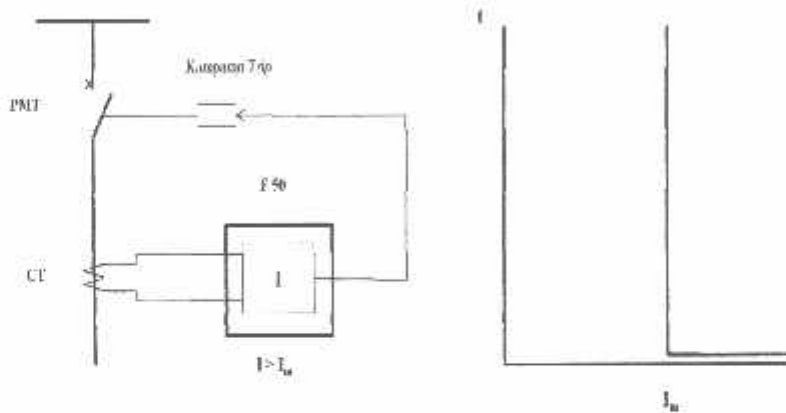
Relay arus lebih adalah suatu relay yang bekerjanya didasarkan adanya kenaikan arus yang melebihi suatu nilai pengamanan atau setingan tertentu dalam waktu tertentu, jadi relai tersebut akan bekerja apabila arus yang dideteksi lebih besar dari setingannya, maka relay memberi perintah pada pemutus tenaga (CB), sehingga relay ini dapat dipakai sebagai pola pengamanan arus lebih. mempunyai beberapa keuntungan antara lain :

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

2.2.2. Karakteristik Relay Arus Lebih (OCR)

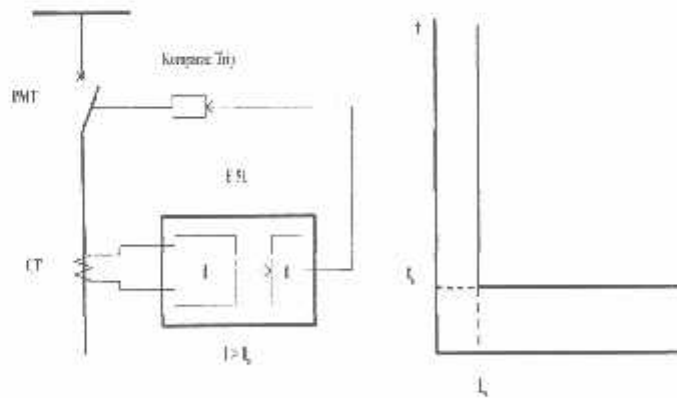
Ada lima macam karakteristik Relay arus gangguan diantaranya sebagai berikut:

1. Reley Arus Lebih seketika (moment,instan)
2. Relai arus lebih waktu tertentu (definit time)
3. Rele arus lebih waktu terbalik (invers time)
4. Kombinasi waktu seketika dengan waktu tertentu
5. Kombinasi waktu seketika dengan waktu terbalik



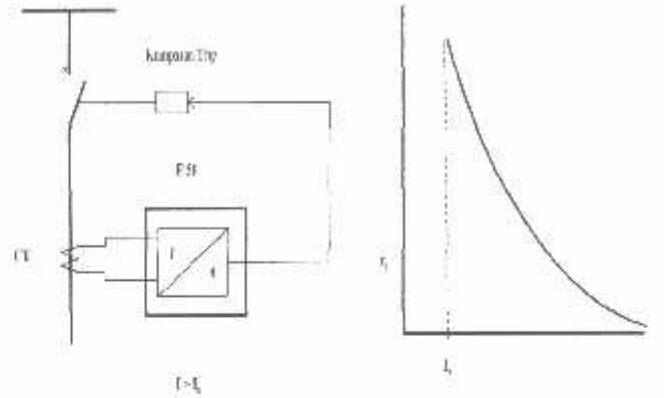
Gambar 2.2. Relay Arus Lebih Seketika

Karakteristik relay ini bekerja tanpa adanya penundaan waktu. Jangka waktu mulai relay pick – up sampai kerja relay sangat singkat (20 ms – 50 ms)



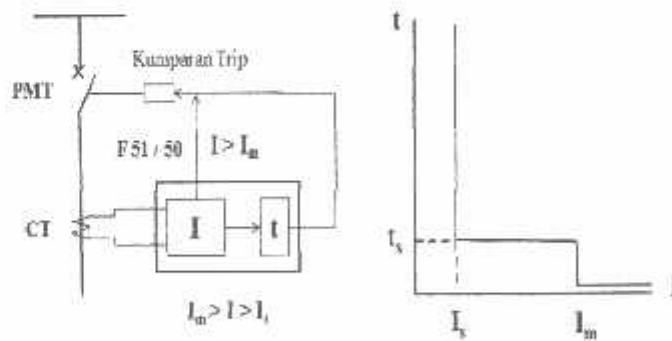
Gambar 2.3 Karakteristik rele arus lebih waktu tertentu (definite time)

Karakteristik rele ini bekerja dengan settingan waktu. Jangka waktu mulai *relay pick-up* sampai kerja rele diperpanjang dengan harga tertentu tidak tergantung besarnya arus.



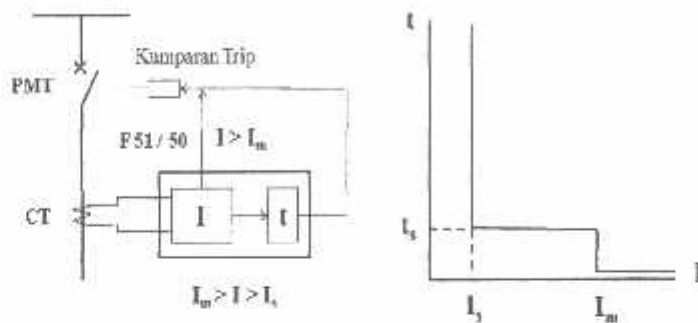
Gambar 2.4. Karakteristik Relay Arus Lebih Waktu Terbalik (inverse)

Karakteristik Rele 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 :



Gambar 2.5. Kombinasi Relay Arus Lebih Waktu Tertentu

Rele ini bekerja dengan perpaduan 2 karakteristik. Apabila arus yang melewati melebihi $I_{setting}$ rele instant dan definit, maka kedua karakteristik tersebut sama – sama bekerja tetapi rele instant lebih cepat bekerja maka indikasi rele menunjukkan instant sedangkan apabila arus yang melewati melebihi $I_{setting}$ rele definit tetapi dibawah $I_{setting}$ instant maka yang merasakan dan bekerja adalah karakteristik rele definit sedangkan karakteristik rele instant tidak bekerja.

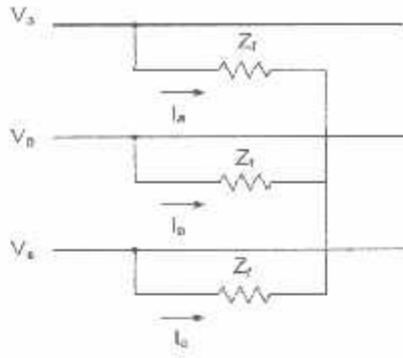


Gambar 2.6. Kombinasi Relay Arus Lebih Seketika Dengan Waktu Terbalik.

Rele ini bekerja dengan perpaduan 2 karakteristik. Apabila arus yang melewati melebihi $I_{Setting}$ rele instant dan inverse, , maka kedua karakteristik tersebut sama – sama bekerja tetapi rele instant lebih cepat bekerja maka indikasi rele menunjukkan instant sedangkan apabila arus yang melewati melebihi $I_{Setting}$ rele inverse tetapi dibawah $I_{setting}$ instant maka yang merasakan dan bekerja adalah karakteristik rele inverse sedangkan karakteristik rele instant tidak bekerja.

2.3. Pengertian Relay gangguan tanah (GFR)

Rele gangguan tanah merupakan suatu rele yang bekerja berdasarkan adanya kenaikan arus yang melebihi suatu nilai setting pengaman tertentu dan dalam jangka waktu tertentu bekerja apabila terjadi gangguan hubung singkat fasa ketanah. Dalam men-setting rele dan menganalisis tentang komponen simetris guna mendapatkan nilai impedansi hubung singkat dan arus hubung singkat sesuai dengan gambar dibawah ini :



Gambar 2.7. Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa

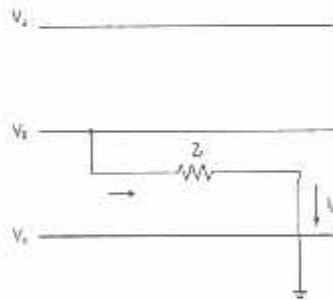
Nilai arus hubung singkat tiga fasa adalah :

$$I_{f3\phi} = I_n \frac{V_f}{Z_1 + Z_f} \dots \dots \dots (1)$$

Dengan :

Z_1 adalah : Impedansi urutan positif

Z_2 adalah : Impedansi gangguan



Gambar 2.8. Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah

Sehingga Nilai arus hubung singkat satu fasa tanah adalah :

$$I_{f1\phi} = I_n \frac{3V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3Z_f} \dots \dots \dots (2)$$

2.4. Peralatan proteksi

Pada prinsip sistem proteksi terdiri dari pemutusan tenaga (circuit breaker/ CB merupakan perangkat yang digunakan melepaskan titik gangguan dari sistem apabila ada gangguan di suatu peralatan. Di industry, pemutus yang sering digunakan ada beberapa macam antara lain: MCB (Miniature Circuit Breaker), MCCB (Molded Case Circuit Breaker). MCB dan MCCB memiliki karakteristik thermal untuk melindungi terhadap gangguan akibat beban lebih dan karakteristik magnetis untuk melindungi terhadap gangguan akibat hubung singkat.

1. Sekring

Sekring merupakan pembatas arus yang memiliki karakteristik thermal. Ketika arus lebih mengalir melalui sekring dan melebihi batas tunda waktu, pengantar tersebut akan meleleh putus dan melepaskan gangguan pada sistem.

2. Relay OCR

Relay arus lebih yang digunakan adalah relay arus lebih (OCR) dan tanpa perlambatan waktu, relay arus lebih dengan karakteristik waktu yang berbanding terbalik dengan besar arus dan relay arus lebih dengan komponen arah. Relay arus lebih (OCR) terdapat beberapa karakteristik waktu yang dikelompokkan menjadi tiga jenis yaitu:

1. *Relay Arus Lebih Seketika (moment instan).*

Relai ini bekerja tanpa adanya penundaan waktu. Jangka waktu mulai *relay pick-up* sampai kerja relai sangat singkat (20 ms – 50 ms).

2. *Relai Arus Lebih Waktu tertentu (definit time)*

Relay ini bekerja dengan settingan waktu. Jangka waktu mulai relai *pick up* sampai kerja relai diperpanjang dengan harga tertentu tidak tergantung besarnya arus.

3. *Relai Arus Lebih Waktu Terbalik (inverse time)*

Relay ini akan bekerja dengan waktu tunda yang tergantung dari besarnya arus secara terbalik (*inverse time*), makin besar arus makin kecil waktu tundanya. Pada penelitian ini dilakukan aliran daya, gangguan hubung singkat koordinasi rele OCR dan GFR serta melihat kurva koordinasi antar rele tersebut. Rele yang digunakan pada perhitungan dan Setting adalah menggunakan standar IDMT (*Inverse Definite Minimum Time*).

2.5. Metode Koordinasi Rele Arus Lebih (OCR)

1. Sistem Tingkatan Waktu

Pada sistem ini rele yang berada paling jauh dari pembangkit memiliki waktu kerja yang paling singkat, dan waktu kerja tersebut akan semakin bertambah jika semakin dekat dengan pembangkit. Rele yang digunakan adalah rele dengan karakteristik seketika, sehingga bila terjadi gangguan rele akan langsung memberi sinyal ke PMT untuk membuka.

2. Sistem Tingkatan Arus

Besar arus gangguan berbanding terbalik dengan posisi gangguan karena terdapat perbedaan besar impedansi sumber dan impedansi gangguan. Gangguan yang terjauh dari sumber memiliki impedansi terbesar dan arus gangguan terkecil. Sistem ini biasanya digunakan pada jaringan sistem yang memiliki perbedaan arus yang sangat besar.

2.6. Pengertian Koordinasi Pengaman

Pengertian koordinasi pengaman yaitu terdapat 2 jenis atau lebih peralatan proteksi diantara titik kesalahan/ gangguan. Peralatan ini harus dikoordinasikan untuk memastikan bahwa peralatan yang berada di titik terdekat dengan gangguan harus dioperasikan terlebih dahulu. Kegagalan pada proteksi utama harus dapat diatasi, yaitu dengan proteksi cadangan (back up protection). Proteksi cadangan ini umumnya mempunyai perlambatan waktu (time delay), hal ini untuk memberikan kesempatan kepada proteksi utama beroperasi terlebih dahulu, dan jika proteksi utama gagal baru proteksi cadangan yang akan beroperasi. Dengan demikian hanya bagian yang mengalami gangguan saja yang dipisahkan atau diisolir dari sistem tersebut. Rele pengaman dengan kemampuan selektif yang baik dibutuhkan untuk mencapai keandalan sistem yang tinggi karena tindakan pengaman yang cepat dan tepat akan dapat memperkecil gangguan menjadi sekecil mungkin.^{[1][5]}

2.7. Perhitungan Setting Relay Arus Lebih (OCR)

Ada beberapa cara perhitungan setting relay dan parameter apa saja yang perlu dicari.^[3]Relaying Current Transformer Application yaitu:

- a. Arus Nominal

Arus nominal adalah arus yang bekerja dari suatu peralatan listrik

$$I_n = \frac{S_{base}}{\sqrt{3} V_{base}} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:

I_n = I_{base} = Arus Nominal (A)

S_{base} = Daya semu (VA)

V_{base} = Tegangan (V)

b. Rasio CT

Rasio CT ditentukan dari arus nominal peralatan atau dari kabel.

$$\text{Rasio CT} = \frac{\text{primer}}{\text{sekunder}} \dots\dots\dots (4)$$

c. Arus yang mengalir melalui relay

$$I_{relay} = I_{base} \times \frac{1}{\text{Rasio CT}} \dots\dots\dots (5)$$

d. Arus kerja rele (Standart OCR 100%)

$$I_{set OCR} = 1.1 \times I_{base} \dots\dots\dots (6)$$

e. Waktu operasi (ts)

Time setting (ts) adalah waktu yang dibutuhkan suatu pengaman (relay) untuk dapat bekerja semaksimal mungkin.

$$TS = \frac{k}{(1.1 \text{ set OCR})^\alpha - 1} \times TMS \dots\dots\dots (7)$$

Dimana:

TMS (*Time Multiple Setting*) = adalah waktu yang dibutuhkan setting rele

α = Konstanta Standar invers (0.2)

k = konstanta standar invers (0.1)

2.8. Perhitungan Setting Relay Gangguan tanah (GFR)

Dalam penyettingan GFR pada sistem daya diperlukan beberapa cara yaitu:

a) Arus setting primer

$$I_{set Primer} = 10\% \times I_{n CT} \dots\dots\dots (8)$$

b) Arus setting GFR

$$I_{set GFR} = I_{set Primer} \times \frac{1}{\text{Rasio CT}} \dots\dots\dots (9)$$

c) Menghitung waktu setting rele (GFR)

$$TS = \frac{k}{(1.1 \text{ set OCR})^\alpha - 1} \times TMS \dots\dots\dots (10)$$

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metode yang digunakan

Dalam pengujian Relay Arus Lebih (OCR) dan Relay Gangguan Tanah (GFR) ini menggunakan acuan Standar IEC 60255. Pengujian dan penelitian tentang Relay pengaman tersebut dimulai dari sisi Generator $21.345 \times 4 = 85,38$ KVA agar mempunyai selektifitas yang handal dan perbaikan kinerja relay pengaman dapat terkoordinasi dengan baik. Perhitungan dilakukan dengan Short Circuit Analisis yang ada di software ETAP untuk mengetahui seberapa besarkah selektifitas dan sensitifitas pengkoordinasian kinerja Relay sebelum disetting dan saat Relay telah di setting ulang.^[8]

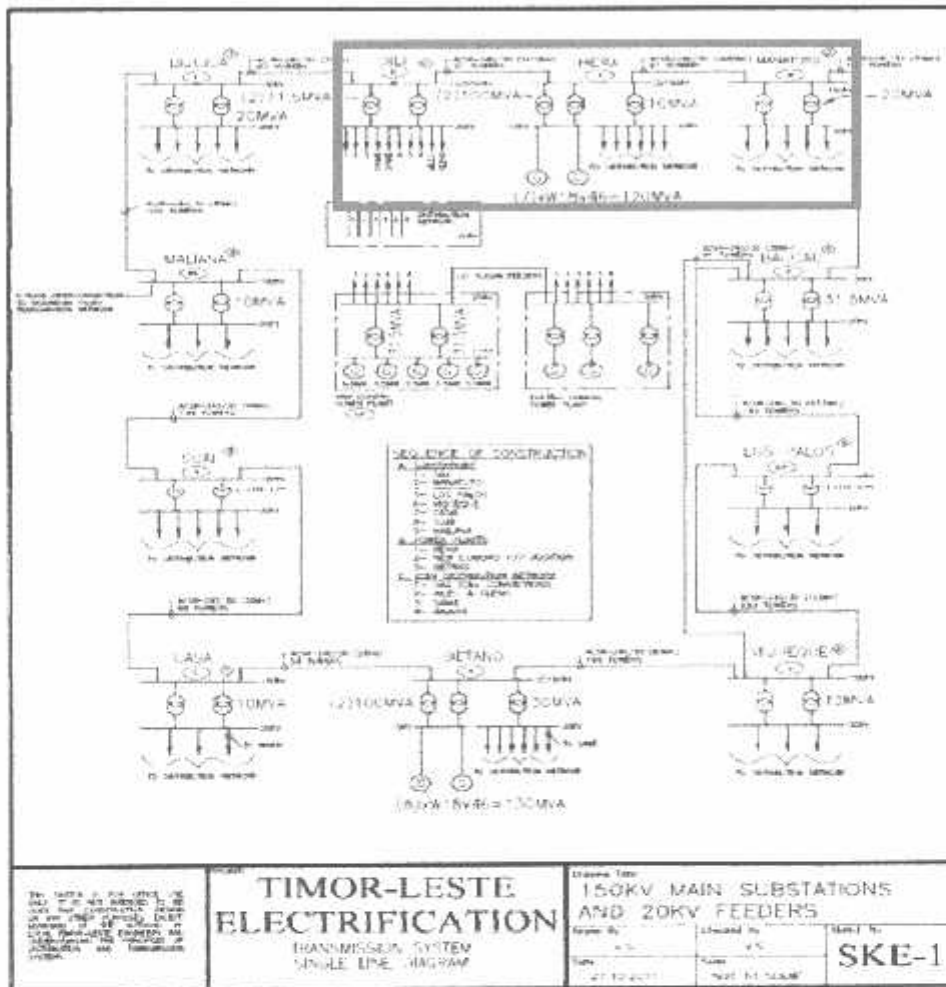
3.2. Bahan dan peralatan yang digunakan

Bahan dan peralatan yang digunakan yaitu sebuah komputer yang pengujian dan perhitungannya menggunakan *software ETAP POWER STATION* 7.0

3.3. Lokasi dan Waktu Pengambilan Data

Lokasi pengambilan data untuk penelitian ini adalah data – data teknis yang dimiliki PLTD Heral Timor Leste waktu pengambilan data dilakukan pada tanggal 04 Mei 2015 - 16 Mei 2015. Berikut ini adalah gambar single line diagram Di PLTD Hera Timor Leste yang akan digunakan untuk simulasi pengkoordinasian Relay OCR dan GFR.

3.4. Single line diagram PLTD Hera Timor Leste



Gambar 3.1 Single Line Diagram PLTD Hera Timor Leste

3.5. Data data yang di kumpulkan

3.5.1. Data data Generator Di PLTD Hera Timor Leste

No. Generator	Unit 1
Pabrik	ABB,SWISS
Kapasitas	21.345 KV
Tegangan	15 KV
Arus	822 A
Faktor Daya	0.80
Frekuensi	50 Hz
Putaran	500 Rpm
Jumlah Kutub	12

3.5.2. Data data Trafo

Data main transformer Unit 1

No. Seri Tarfo Step – Up	VNOO644
Mere	ABB
Standard	60076
Phasa	3
Frekuensi	50 Hz
Arus	384.9
Tegangan Kerja	150/15 KV
Type Pendingin	ONAN/ONAF
Vektor Grup	Ynd1

Data Main Transformer Unit 2 :

No. Seri Trafo Step Dawn	VN00644
Merek	ABB
Standard	IEC 60076
Phasa	3
Frekuensi	50 Hz
Arus	3849.0 A
Tegangan Kerja	150/15 KV
Type Pendingin	ONAN/ONAF
Vektor Grup	Ynd1

3.6. Data data Relay Di PLTD Hera Timor Leste :**3.6.1. Relay Pengaman Generator di Unit 1 : Relay OCR (51G1)**

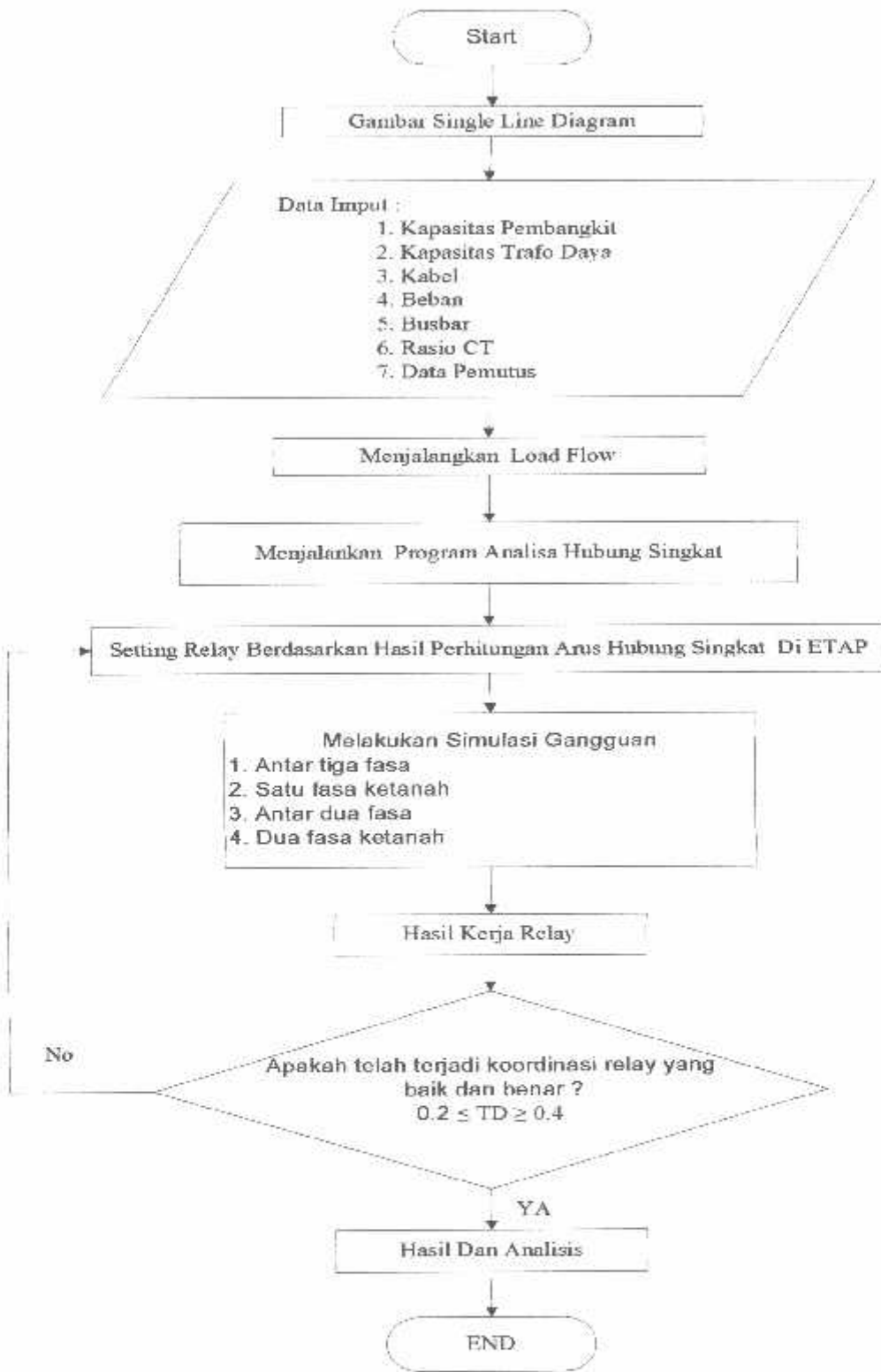
Pabrik	ABB
Type	Vamp 210
Phase	
Over Current	
Current Setting	986 A
Pickup Range	0,1 – 4 A (1ACT)
Relay Amp	2,465 A
TMS	0.005 – 300 S
Time Dial	0,05 S
Instantaneous	
Pickup Range	0,01 – 4 A (1

Relay Amp	5.135
Time Dial	0,04 S

**3.6.2. Relay Pengaman Generator di Unit 1 :
Relay GFR (50G1)**

Pabrik	ABB
Type	Vamp 210
Phase	
Over Current	
Current Setting	866 A
Pickup Range	0,1 – 4 A (1ACT)
Relay Amp	2,165 A
TMS	0,005 - 300S
Time Dial	0,3 S
Instantaneous	
Current Setting	1732
Pickup	0,1 – 4A (5ACT)
Relay Amp	5,135 A
TMS	0 – 100
Time Dial	0,3

3.7. Flowchart (Desain Sistem)

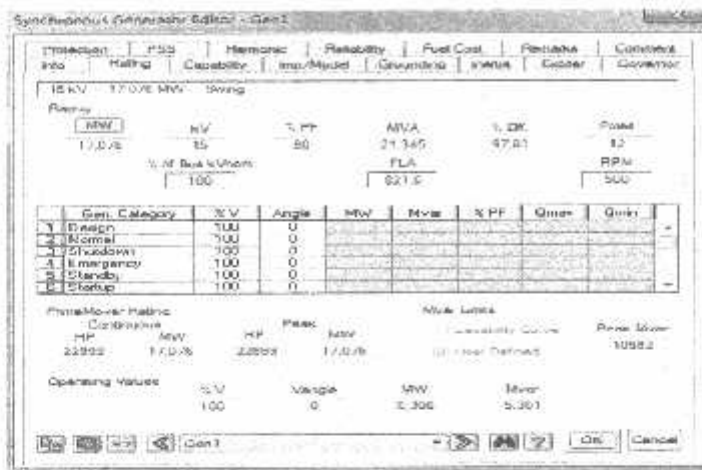


Gambar 3.2. Flowchart analisa kordinasi relai OCR dan GFR

3.8. Algoritma Penelitian Untuk Melakukan Setting Relay

1. Start
2. Persiapan gambar single line diagram PLTD Hera Timor Leste dengan menggunakan ETAP Power Station
3. Mengimputkan data pada single line diagram
4. Menjalankan analisa aliran daya (Load Flow Analysis)
5. Melihat apakah ada kesalahan yang terjadi setelah program itu dijalankan atau di load flow
6. Menjalankan program analisa hubung singkat(Short Circuit Analysis)
7. Keluarkan report untuk mengetahui perhitungan arus gangguan yang terjadi pada saat program dijalankan
8. Menentukan apakah settingan relay itu sudah benar, ataukah perlu disetting ulang
9. Kesimpulan dan Pembahasan
10. Selesai

3.9.2. Input data Genertor



Gmabar 3.4 Input rating generator

3.9.3. Input data CT (Current Transformer) pada Type phase



Gambar 3.5 Data input current transformer (CT) type phase

3.9.4. Input data CT (Current Transformer) pada Type ground



Gambar 3.6 Data input current transformer (CT) type phase)

3.9.5. Data input Over Current Relay (OCR)



Gambar 3.7 Input over current relay

3.9.6. Data input Ground Fault Relay (GFR)



Gambar 3.8 Input Ground fault relay(GFR)

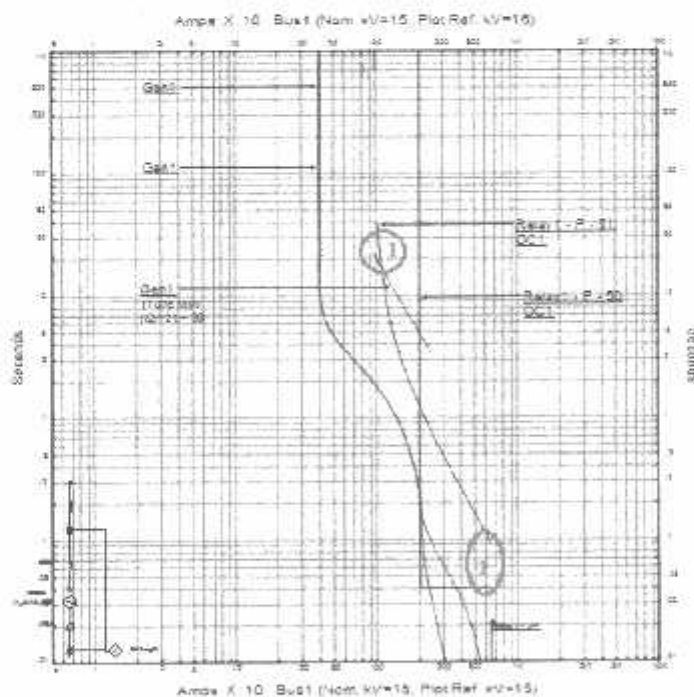
BAB IV

HASIL SIMULASI DAN ANALISA

4.1. Pada Kondisi Awal Sebelum Pengaturan

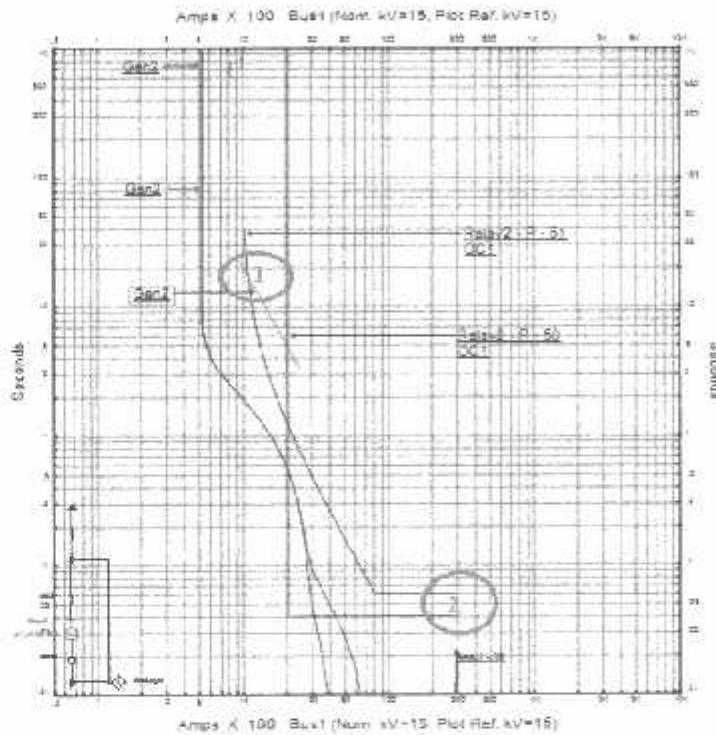
4.1.1. Kondisi awal generator di bus 15 KV sebelum pengaturan

Pada kondisi awal sebelum disetting pada gambar 4.1 dapat kita lihat tanda lingkaran yang pertama adalah terlihat adanya *miss - koordination*. Kurva Rele P. 51 *overlap* dengan kurva rele P. 50 hal ini menyebabkan rele P.51 akan trip terlebih dahulu ketika terjadi hubung singkat 3 fasa simetris. Seharusnya relay *pick up instantaneos* relay P. 50 yang berada diatas level arus hubung singkat pada bus 1 15 KV yang menjadi zona pengamanan relay P.50 sehingga *miss - koordination* dapat dihindari bila terjadi gangguan hubung singkat dengan arus maksimum di bus 1 sebesar $4.81 \times 4 = 19.24$ kA. Lingkaran yang ke dua adalah *grading time* waktu kerja relay P.51 dan P. 50 sehingga pada pengaturan settingnya sangat sensitif tetapi tidak selektif , maka semakin buruk pula koordinasi dari rele tersebut untuk memproteksi generator 1,2,3 dan 4.



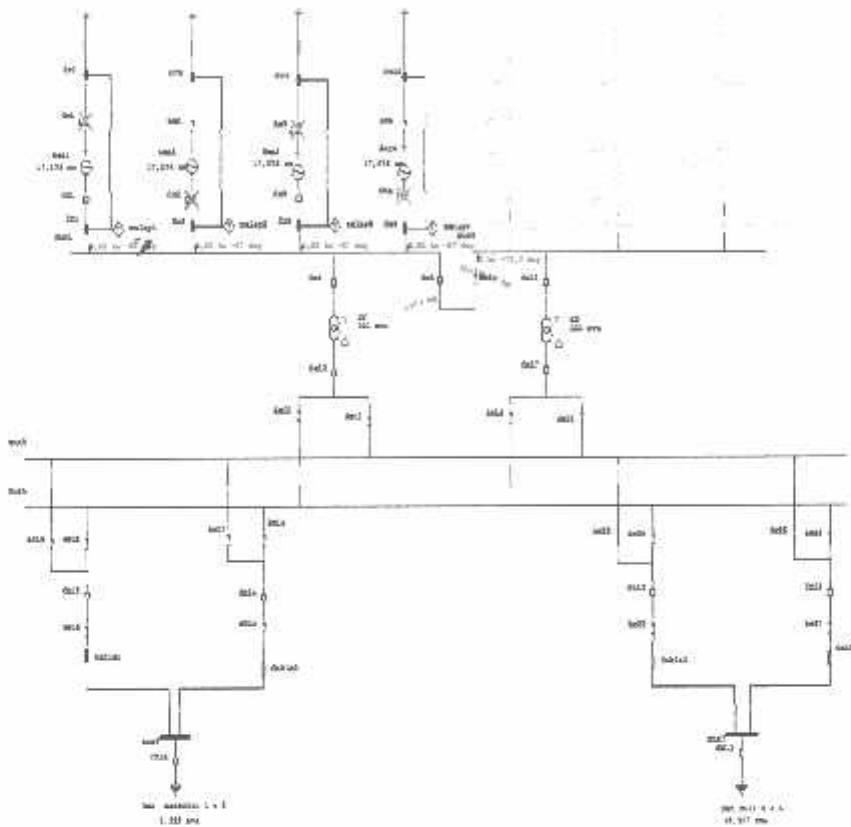
Gambar 4.1. Kurva relay arus lebih generator unit 1 bus 15 KV sebelum pengaturan

Selanjutnya pada gambar 4.1. adalah kurfa rele arus lebih pada generator unit 2 sebelum pengaturan, dan grafik dari relay arus lebih pada unit 2 ini sama dengan generator di unit 3 dan 4. Jika kita lihat pada progam ETAP 7.0.0 hasil kurfa yang terjadi hampir sama dengan keadaan di kurfa generator 1. Dapat disimpulkan dari gambar kurfa tersebut bahwa besarnya arus gangguan pada generator 2,3 dan 4 sama yaitu sebesar $4.81 \times 4 = 19.24 \text{ kA}$ sehingga saat terjadi gangguan setting relay *instantaneous* disetting diatas damage kurfa atau gangguan itu berlangsung dan proteksi generator akan gagal mentripkan PMT/CB.



Gambar 4.2. Kurfa relay arus lebih generator unit 2 bus1 15 KV sebelum pengaturan

Berikut adalah gambar 4.3 hasil dari settingan awal rele dari PLTD Hera Timor Leste sebelum terjadi pengaturan rele :



Gambar 4.3. Hasil gambar pada program ETAP 7.0.0 sebelum setting relay

Dari gambar 4.3 diatas dapat kita lihat selektifitas dari PLTD Hera Timor Leste terjadi kesalahan setting koordinasi rele, dan itu dikarenakan PLTD Hera Timor Leste baru saja didirikan sehingga setting rele masih dalam tahap pensettingan sesuai dengan gangguan yang terjadi. Dapat kita lihat di gambar diagram tersebut sebagai contoh bila kita beri gangguan di generator unit 1,2,3 dan 4 PMT/CB 1 yang sebenarnya memutuskan tetapi CB 2 yang berhasil memutuskan gangguan tersebut maka relay proteksi ini bisa beroperasi secara maksimal tetapi tidak selektif dan akan fatal mematikan PMT/CB pada saluran interkoneksi di busbar utama. Keadaan tersebut sangat mengganggu kinerja dari pembangkit yang akhirnya dapat mengganggu kinerja dari generator unit yang lain sehingga sistem akan terjadi pemadaman total atau black out.

Berikut adalah gambar dari karakteristik relay OCR sebelum di setting ulang :



Gambar 4.4. Karakteristik relay arus lebih generator Vamp 230

4.1.2. Pengaturan Koordinasi Arus Lebih pada generator di bus 15 kV

Perlu diketahui bahwa karakteristik relay arus lebih tipe Vamp 230 yang dipasang di PLTD Hera Timor Leste menggunakan rele karakteristik dari relay arus lebih dengan penundaan waktu tertentu dan terbalik Invers *Definite Minimum Time* (IDMT). Jadi kita tahu bahwa *definite Minimum time* tidak menggunakan perhitungan apapun pada setting waktu delaynya, hanya dengan penyesuaian kurva grafik sampai menemukan posisi penyetelan dan waktu yang pas agar selektifitas sensitifitas waktu rele dilakukan secara maksimal. Sesuai dengan peralatan pembangkit yang baru dipasang pada unit 1,2,3 dan 4 generator kemungkinan kegagalan kerja rele semakin tinggi, dan pada proteksi ini juga di lengkapi dengan relay cadangan yaitu seperti instantaneous rele yang bekerja seketika (tanpa waktu tunda) yang berfungsi untuk mem-back up atau membantu relay utama bila sewaktu gagal beroperasi. Maka peneliti menggunakan *relay tipe Vamp 230* yang terdapat *relay back up instantaneous* sebagai

pembantu agar penelitian ini berjalan dengan baik dan pengkoordinasian rele berjalan secara maksimal.

4.1.3. Perhitungan Dan Setting Ulang Relay Pengaman

Sebelum melakukan perhitungan dan setting ulang maka peneliti memulainya dari gangguan hubung singkat 3 fasa dari pada bus 15 kV dan generator unit 1 maka kita harus mengetahui *setting relay* awal terlebih dahulu.

Setting relay 1 (Generator Unit 1)

$$\begin{aligned} \text{Ratio generator} & : 21.345 \text{ KVA} / 15 \text{ kV} \\ & 21.345 \text{ KVA} \times 4 = 85.38 \text{ KVA} \\ & 15 \text{ KV} \times 4 = 60 \text{ KV} \end{aligned}$$

$$\text{Perbandingan CT} : 2000 : 1$$

$$\begin{aligned} \text{Arus gangguan terbesar pada sisi terminal generator} & : 4.81 \times 4 = \\ & 19.24 \text{ kA} \end{aligned}$$

➤ Persamaan untuk menghitung arus kerja relay :

A. Arus Nominal

$$I_n = \frac{S_{base}}{\sqrt{3} \cdot V_{base}} \dots \dots \dots (4.1)$$

Dengan :

$$I_n = I_{base} = \text{Arus Nominal (A)}$$

$$S_{base} = \text{Daya Semu (VA)}$$

$$V_{base} = \text{Tegangan (V)}$$

➤ Rumus Penyetingan Arus kerja relay :

$$I_p = \frac{kf}{kd} \times I_n \dots \dots \dots (4.2)$$

I_p = arus pick-up dari relay

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

k_d = untuk define relay = 0,7 - 0,9

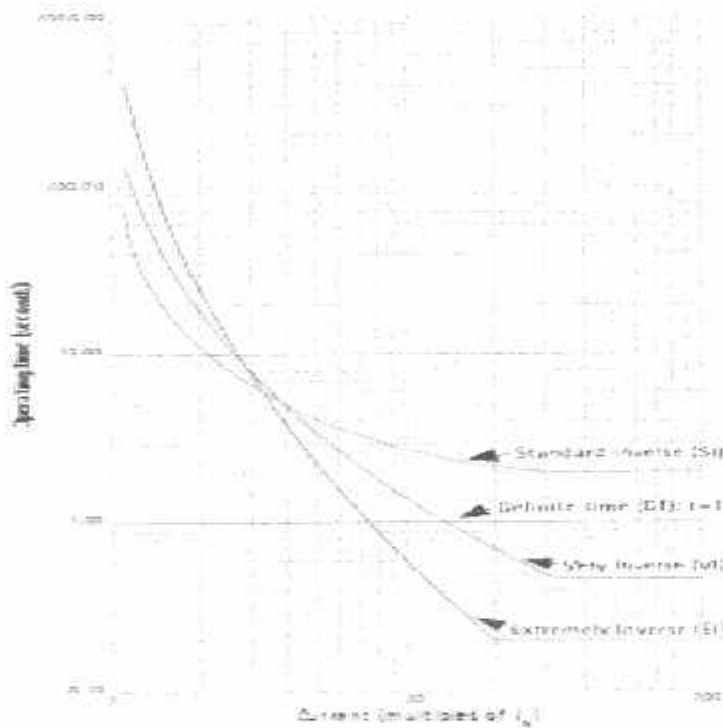
$$I_s = I_p \times \text{rasio CT} \dots\dots\dots (4.3)$$

I_s = arus setting relay

I_f = Arus gangguan

t = waktu kerja rela

4.1.4. Persamaan untuk menghitung waktu kerja relay sesuai dengan Standar IEC 60255 Extermely Inverse (EI)



Gambar 4.5. Karakteristik Rele OCR standar IEC 60255

Tabel 4.1. Karakteristik Operasi Relay standar IEC 60255

Type Relay	Setelang Waktu TMS
Standar Inverse	$TMS = \frac{0.14xt}{\left(\frac{If}{Is}\right)^{0.02-1}}$
Very Inverse	$TMS = \frac{13.5xt}{\left(\frac{If}{Is}\right)^{-1}}$
Extremely Inverse	$TMS = \frac{80xt}{\left(\frac{If}{Is}\right)^{2-1}}$
Long Time Eart Fault	$TMS = \frac{120xt}{\left(\frac{If}{Is}\right)^{-1}}$

Berdasarkan standar tersebut untuk menentukan nilai setting pada rele OCR di sisi generator dengan arus gangguan hubung singkat 3 fasa (If) di bus 15 KV maka perhitungan ini menggunakan jumlah total gagguan pada generator 1,2,3 dan 4 sebesar $19.24 \times 1000 = 19240$ kA adalah sebagai berikut :

$$I_n = \frac{KVA}{\sqrt{3} \times kV}$$

$$I_n = \frac{21345}{\sqrt{3} \times 15}$$

$$I_n = 821.6A$$

$$I_p = \frac{1.1}{1.0} = 1.1$$

$$I_p = 1.1 \times I_n$$

$$I_p = 1.1 \times 821,6$$

$$I_p = 903.76A$$

$$I_s = I_p \times \frac{1}{RasioCT}$$

$$I_s = 903.76 \times \frac{1}{2000}$$

$$I_s = 903.76 \times \frac{1}{2000}$$

$$I_s 0,45188 \approx 0,452$$

Jadi :

$$TMS = 0.05 \text{ (Set Fabrik)}$$

$$t = \frac{80}{\left(\frac{I_f}{I_s}\right)^2 - 1} \times Tms$$

$$t = \frac{80}{\left(\frac{19240}{903.76}\right)^2 - 1} \times Tms$$

$$t = 0.05 \times \frac{80}{\left(\frac{19240}{903.76}\right)^2 - 1}$$

$$t = 0.2826 \approx 0.3 \text{ s}$$

Untuk perhitungan dan settingan pada instantaneos pada sisi sekunder adalah sebagai berikut :

$$I_p = \frac{1.1}{0.7} = 1.6$$

$$I_p = 1.6 \times 821.6 \text{ A} = 1314.56 \text{ A}$$

$$I_s = 1314.56 \times \frac{1}{2000}$$

$$I_s = 1314.56 \times \frac{1}{2000}$$

$$I_s = 0.65728 \text{ A}$$

Jadi :

$$TMS = 0.04 \text{ (Set Fabrik)}$$

$$t = \frac{80}{\left(\frac{I_f}{I_s}\right)^2 - 1} \times Tms$$

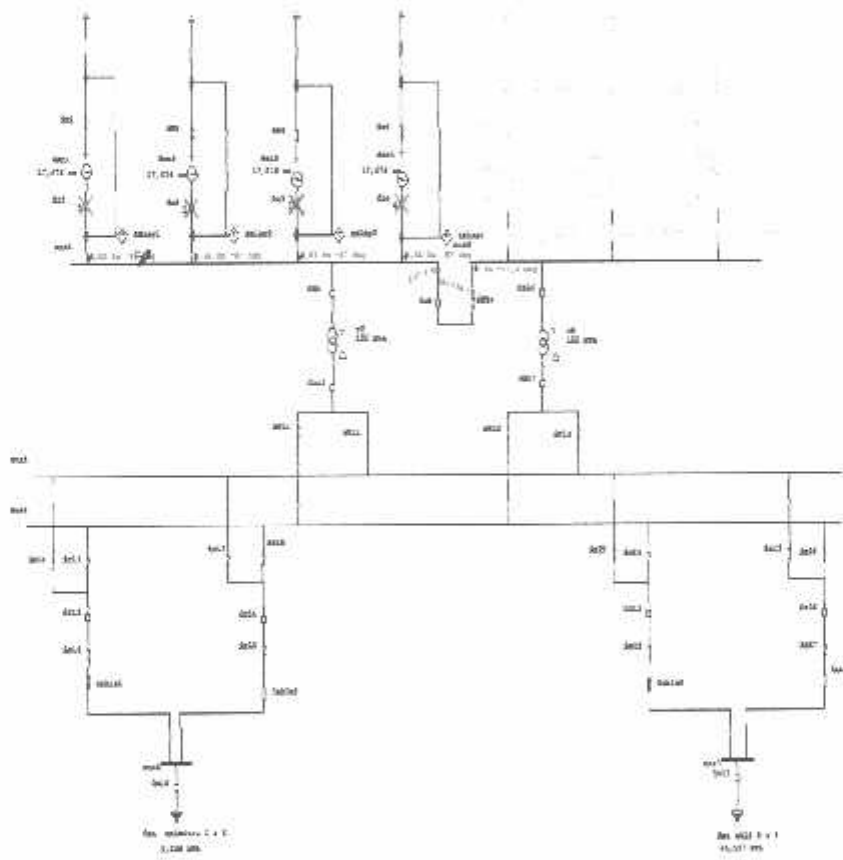
$$t = Tms \times \frac{80}{\left(\frac{19240}{1314.56}\right)^2 - 1}$$

$$t = 0.04 \times \frac{80}{\left(\frac{19240}{1314.56}\right)^2 - 1}$$

$$t = 0.1066 \text{ s}$$

Berdasarkan perhitungan dalam pengkoordinasian ini peneliti mencoba dengan merubah setting awal dengan setting baru yaitu seperti pada gambar

karakteristik relay arus lebih generator unit 1. Setelah dihitung dengan menggunakan rumus standar IEC 60255 maka akan terlihat bahwa relay setting primer menjadi 903.76 ampere ini untuk ke 4 generator. Pada *relay instantaneous* kita lihat berdasarkan pada arus gangguannya yang dapat dilihat diprogram ETAP, jika nilai arus gangguan pada generator unit 1 dan di bus 15 kV, maka setting relay instantaneous pada generator 1,2,3, dan 4 disisi sekunder dirubah menjadi 1315 untuk (*Higt set*) ampere yang disesuaikan dengan gangguan pada saat generator terjadi hubung singkat 3 fasa simertis. Dalam pengkoordinasian ini peneliti mencoba dengan mengubah setting awal relay arus lebih dari 0.3 detik menjadi setting baru 0.1 detik. Seperti terlihat pada gambar peta hubung singkat karakteristik relay arus lebih pada ke 4 generator berikut ini :



Gambar 4.7. Peta gangguan hubung singkat 3 Fasa Simetris



Gambar 4.8. Karakteristik relay arus lebih(OCR) generator unit 1 tipe Vamp 230 settingan baru

Sequence-of-Operation Table - Output Report Unit: 1

3-Phase (Symmetrical) fault on bus: Bus1

Date Rev: Base Unit: Base Date: 23-08-2013

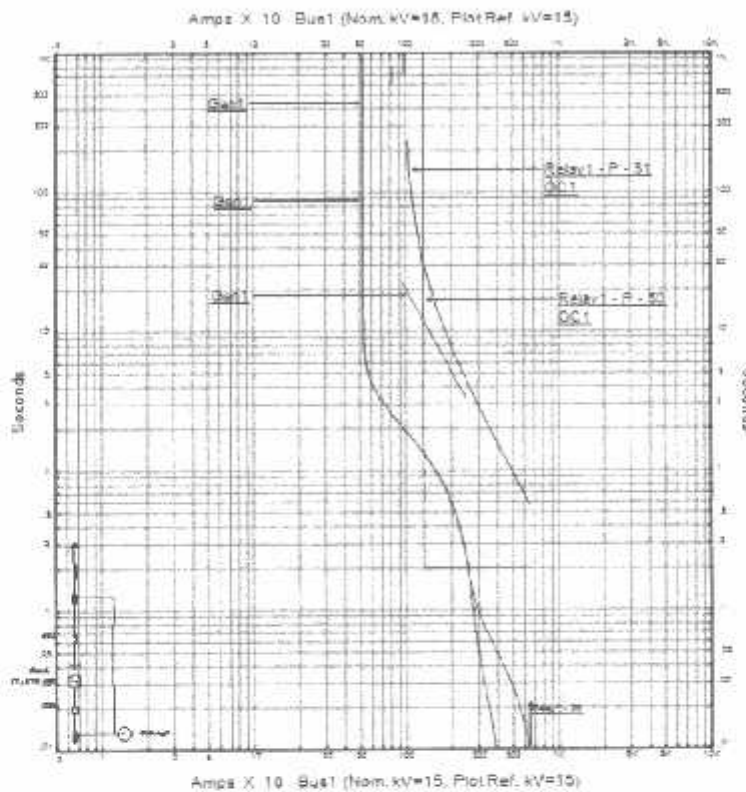
Time (ms)	ID	I (kA)	F (kA)	T2 (ms)	Condition
100.0	Relay1	4.81	100.0		Phase - OC1 - 50
100.0	Relay2	4.81	100.0		Phase - OC1 - 50
100.0	Relay3	4.81	100.0		Phase - OC1 - 50
100.0	Relay4	4.81	100.0		Phase - OC1 - 50
200	CB1		100		Tripped by Relay1 Phase - OC1 - 50
200	CB2		100		Tripped by Relay2 Phase - OC1 - 50
200	CB3		100		Tripped by Relay3 Phase - OC1 - 50
200	CB4		100		Tripped by Relay4 Phase - OC1 - 50
878	Relay4	4.81	878		Phase - OC1 - 51
927	Relay2	4.81	927		Phase - OC1 - 51
976	CB1		100		Tripped by Relay1 Phase - OC1 - 51
1027	CB2		100		Tripped by Relay2 Phase - OC1 - 51
1082	Relay1	4.81	1082		Phase - OC1 - 51
1131	CB1		100		Tripped by Relay1 Phase - OC1 - 51
1504	Relay1	4.81	1504		Phase - OC1 - 51
1567	CB3		100		Tripped by Relay3 Phase - OC1 - 51

Gambar 4.9. Report simulasi kerja OCR

Dari hasil *report* simulasi koordinasi proteksi ETAP pada Relay OCR 1 yang ditampilkan pada Gambar 4.8. diatas, dengan titik gangguan di bus 1 didapatkan waktu dari *relay OCR* 1 memerintahkan CB1 untuk membuka hingga CB1 benar benar membuka adalah 200 mili detik atau 0,2 detik. Sedangkan waktu dari *relay 2* memerintahkan CB2 untuk membuka hingga CB2 benar-benar membuka adalah 100 mili detik atau 0,1 detik. Dari hasil report simulasi koordinasi proteksi pada relay *OCR* 1- 4, dapat dilihat bahwa CBI – B4 sudah bekerja dengan baik karena mampu bekerja atau membuka lebih cepat dari waktu

ketahanan pembebanan arus, maka *relay OCR* 1-4 sudah bekerja dengan baik sesuai dengan fungsinya tanpa menimbulkan kerusakan pada peralatan khususnya generator dan disekitarnya disaat terjadi gangguan.

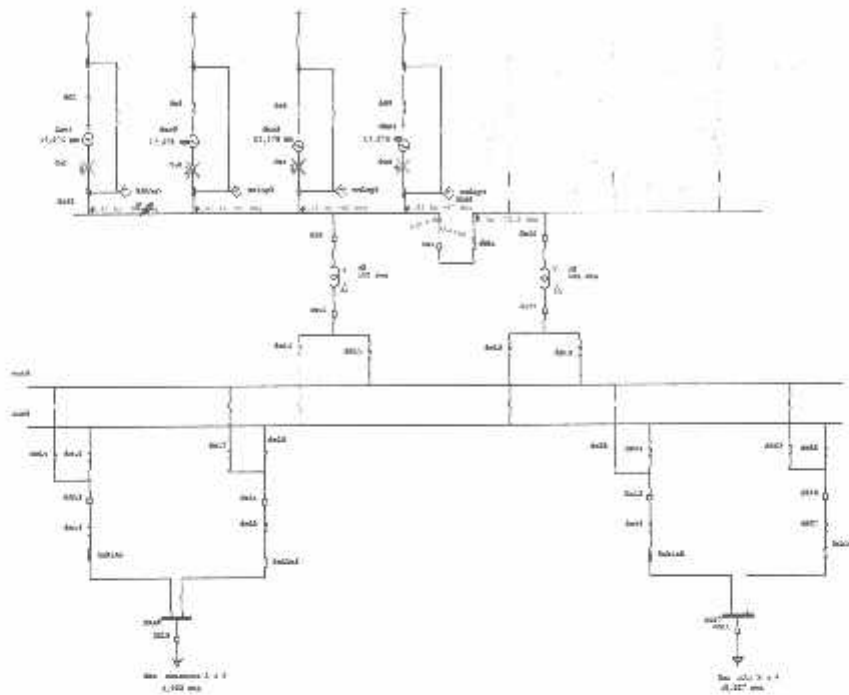
Sesuai dengan report simulasi maka settingan baru pada rele arus lebih, generator unit dijalankan maka hasilnya terlihat pada kurfa dibawah ini :



Gambar 4.10. Kurfa relay OCR dan GFR pada generator unit 1 bus1 15 kV setelah disetting

Dapat kita lihat settingan awal yang memakai settingan waktu 0.05 detik dengan penyetingan sekarang yaitu memakai 0.3 detik. Dilihat dari kurfa tersebut kita simpulkan bahwa pada saat generator 1,2,3, dan 4 terjadi arus hubung singkat, arusnya akan melonjak hingga waktu ke 0.1detik PMT/CB bekerja, dan rele instantaneous akan memotong arus di waktu 0,08 detik. Sehingga arus yang digunakan lebih dipersingkat dan hasilnya lebih maksimal kurve rele OCR dan GFR ini untuk ke 4 generator.

Dan hasil koordinasi relay tersebut akan dapat terkoordinir dengan baik seperti terlihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.11. Peta hasil koordinasi relay OCR pada generator unit 1 – 4

Dapat kita lihat hasil setelah perubahan setting waktu rele pada arus lebih terlihat pada gambar 4.7 diatas, jika terjadi gangguan hubung singkat pada generator unit 1 maka PMT/CB akan trip, dan hasilnya tidak akan mempengaruhi kinerja generator unit 2,3,dan 4 yang disebabkan oleh generator unit 1, hasil perhitungan pada settingan merubah setting awal dengan setting baru yaitu seperti pada gambar karakteristik rele arus lebih generator unit 1.

Setelah dirubah dan dihitung menggunakan perhitungan rumus maka akan terlihat bahwa relay OCR akan bekerja secara selektif dan terkoordinasi dengan baik dibandingkan setting awal sebelum dirubah sesuai dengan rumus maka perhitungan untuk proteksi OCR dan GFR pada sisi generator 1 adalah untuk settingan ke 4 generator yang selama ini beroperasi dimana settingan primer disesuaikan dengan gangguan tiga fasa simetris seperti gambar dibawah ini:



Gambar 4.12. *Setting* baru pada hubung singkat 3 fasa simetris

4.2. Pengaturan Koordinasi Relay Ground Fault Rele (GFR) pada

Generator

Di Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Hera Timor Leste terdapat ground Fault relay dengan tipe Vamp 210 yang terletak digenerator, relay ini merupakan gangguan satu fasa ke tanah sangat tergantung dari jenis pentanahan dan sistemnya. Gangguan satu fasa ke tanah umumnya bukan merupakan hubung singkat melalui tahanan gangguan, sehingga arus gangguannya menjadi semakin kecil dan tidak ada *fault* yang trip ketika terdeteksi oleh Over Current Relay (OCR) Dengan demikian

4.3. Penyetelan Ground Fault Relay (GFR)

Sebagian besar gangguan hubung singkat yang terjadi adalah gangguan hubung singkat fasa ke tanah maka relai yang perlu digunakan adalah Ground Fault Relay (GFR) . Untuk gangguan penggerak Ground Fault Relay (GFR) dipakai arus urutan nol serta tegangan urutan nol.Untuk sistem yang beroperasi dalam keadaan normal arus urutan nol tidak mengalir.Pada prinsipnya kerja Ground Fault Relay (GFR) dan Over Current Relay (OCR) sama namun karena besar arus gangguan tanah lebih kecil dibandingkan besar arus gangguan fasa maka digunakan Ground Fault Relay (GFR). Prinsip kerja Ground Fault Relay (GFR) yaitu pada kondisi normal dengan beban seimbang arus –arus fasa $I_r, I_s,$

dan It (Ib) sama besar sehingga kawat netral tidak timbul arus dan relai gangguan tanah tidak dialiri arus.

4.4. Perhitungan Dan Setting Ulang Relay Pengaman Graunt Fault relay(GFR)

Setiap generator di PLTD Hera Timor Leste mempunyai hubungan Start (Y) dengan pentahanan resistan pada belitan statonya. *Neutral grounding resistor* (NGR) yang digunakan yaitu 5 A, sehingga arus hubung singkat ketanah nilainya dibatasi sampai 5 A. Dengan adanya hubungan Start (Y) maka bila terjadi hubung singkat ketanah di sisi generator, arus hubung singkat tidak bisa mengalir ke rotor generator yang akhirnya akan panas dan generator akan rusak. Dengan demikian relay GFR dapat disetting lebih rendah dari pada time delay relay pada sisi generator. Untuk meningkatkan sensitivitas dan selektivitas dalam mengenali gangguan maka untuk memperbaiki sensitivitas maka untuk CT Ground direkomendasikan untuk diganti dengan yang lebih besar yaitu sebesar 2000/1 seperti yang terpasang pada CT ground di pembangkit yang berkapasitas besar. Untuk mempermudah koordinasi OCR dan GFR pada PLTD Hera Timor Leste.

Sebelum melakukan perhitungan dan setting ulang maka peneliti memulainya dari gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah pada bus 15 kV dan generator unit 1 maka kita harus mengetahui setting relay awal terlebih dahulu dengan menggunakan rumus seperti berikut.

$$\begin{aligned}
 I_{SetGFR} &= I_{SetPrimer} \times \frac{1}{RasioCT} \\
 &= 866 \times \frac{1}{50} \\
 &= 866 \times \frac{1}{50} \\
 &= 17.32
 \end{aligned}$$

$$I_{SetGFR} = I_{SetPrimer} \times \frac{1}{RasioCT}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1732 \times \frac{1}{50} \\
 &= 1732 \times \frac{1}{50} \\
 &= 34,64 A
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 TMS &= \frac{120 \times t}{\left(\frac{I_f}{I_s}\right)^{-1}} \\
 0.3 &= \frac{120 \times t}{\left(\frac{0,005}{34,64}\right)^{-1}} \\
 t &= 17,32s
 \end{aligned}$$

Pada perhitungan $I_{setting\ GFR}$ dengan menggunakan rumus bahwa gangguan satu fasa ketanah pada bus (1) 15 KV di sisi generator adalah tidak sesuai dengan standar hal ini disebabkan karena *Current Transformer (CT)* pada *relay GFR* terlalu kecil yaitu : 50 : 1 sehingga *setting primer* dan *secundernya* tidak sesuai dengan yang ada di data maka, peneliti akan menghitung ulang dan merubah *CT* Relay GFR agar sesuai dengan setting di PLTD Hera Timor Leste.

$$\begin{aligned}
 I_{SetGFR} &= I_{SetPrimer} \times \frac{1}{RasioCT} \\
 &= 866 \times \frac{1}{2000} \\
 &= 866 \times \frac{1}{2000} \\
 &= 0,433 A
 \end{aligned}$$

$$TMS = \times \frac{120 \times t}{\left(\frac{I_f}{I_s}\right)^{-1}}$$

$$0.3 = \frac{120 \times t}{\left(\frac{0.005}{0.433}\right)^{-1}}$$

$$t = 0.2165 \approx 2s$$

$$I_{SetGFR} = I_{SetDimer} \times \frac{1}{RasioCT}$$

$$= 1732 \times \frac{1}{2000}$$

$$= 1732 \times \frac{1}{2000}$$

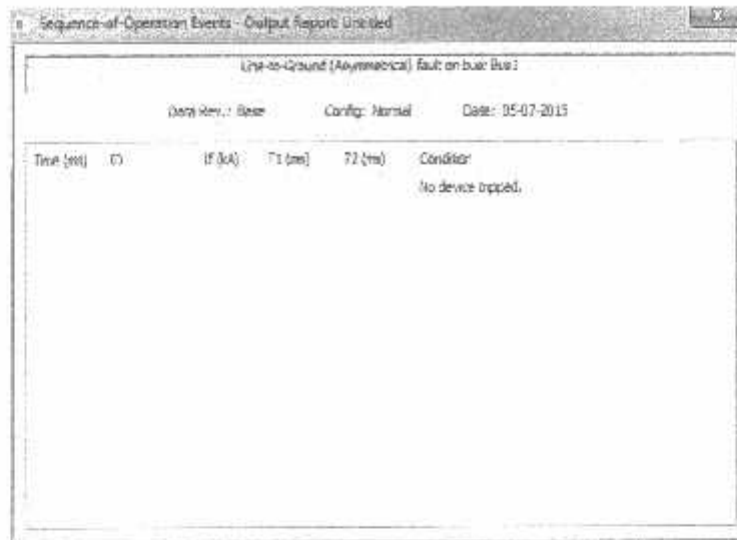
$$= 0.866 A$$

$$TMS = \times \frac{120 \times t}{\left(\frac{I_f}{I_s}\right)^{-1}}$$

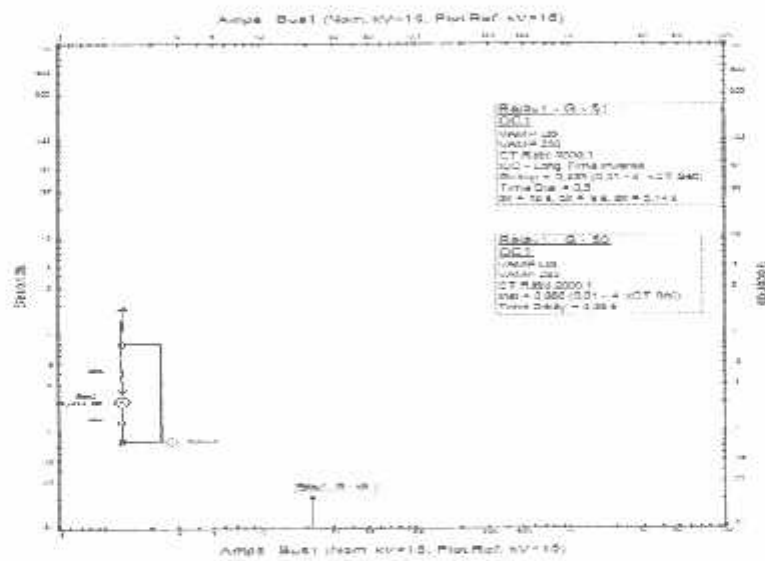
$$0.3 = \frac{120 \times t}{\left(\frac{0.005}{0.866}\right)^{-1}}$$

$$t = 0.433 \approx 0.4s$$

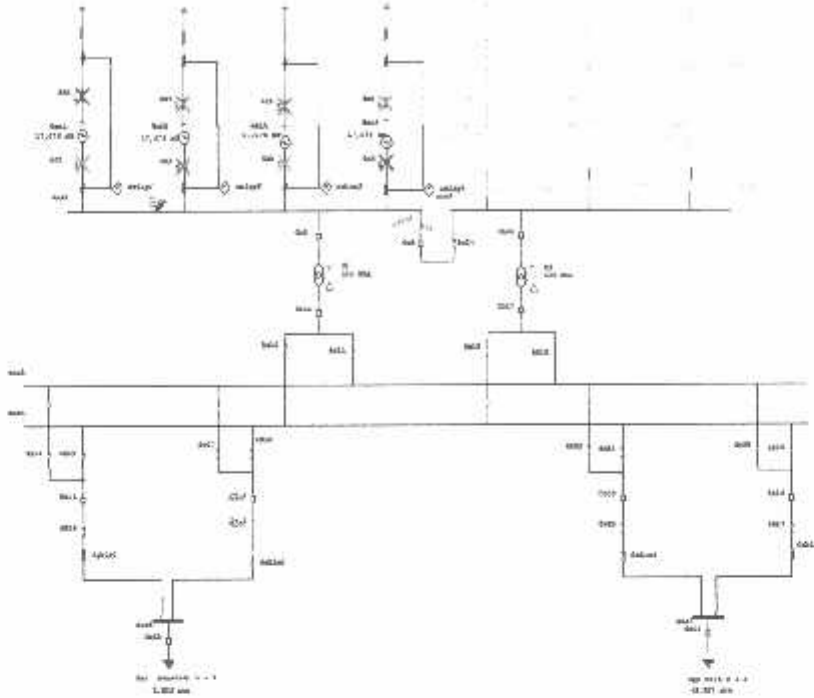
Dalam pengkoordinasian dua buah relay yaitu Relay OCR dan GFR setelah dihitung dengan menggunakan rumus ternyata dalam perhitungan arus hubung singkat satu fasa relay GFR lebih sensitif yang mana pada gangguan tanah nilainya sangat kecil sehingga relay OCR tidak dapat mendeteksi yaitu gangguan tak simetris satu fasa ke tanah(L-G) adalah sebesar 0.005 kA sampai dengan 0.02 kA ,maka peneliti mencoba dengan merubah *Current Transformer* awal dengan yang baru yaitu seperti pada gambar karakteristik relay hubung singkat satu fasa ke tanah pada sisi generator. Setelah dirubah dan dihitung menggunakan perhitungan rumus dan di imputkan ke program maka secara otomatis akan terlihat sama dengan data setting manual pada relay type Vamp 230 yang ada dilapangan yang hanya bedah setting waktu yaitu memakai CT 50 : 1 *setting*



Gambar 4.14. Report simulasi kerja GFR L-G tak simetris



Gambar 4.15 Hasil plot setelah resetting Ground fault relay Bus 15 kV



Gambar 4.16. Peta hasil gangguan hubung singkat L-L tak simetris

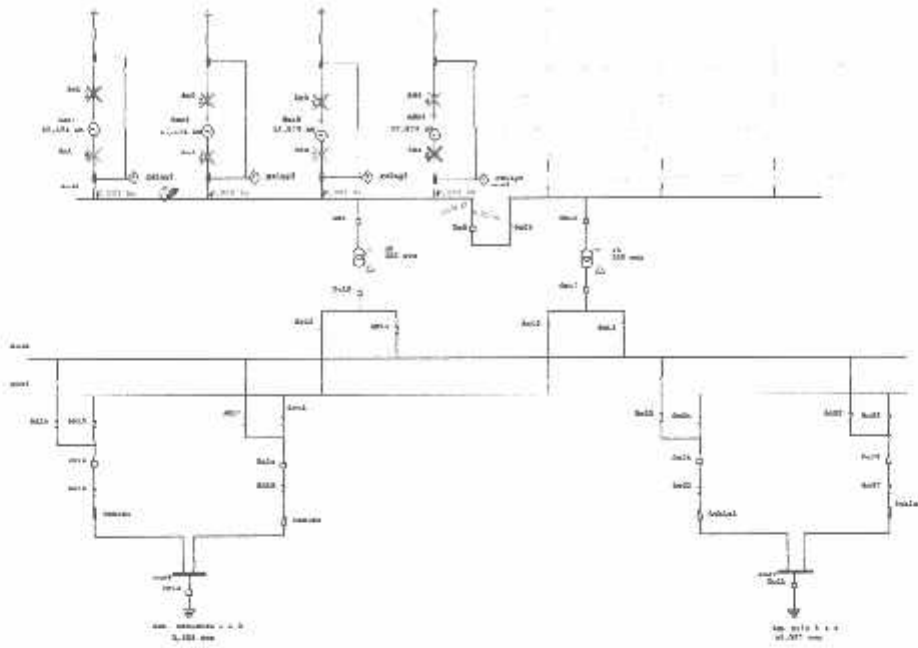
Sequence of Operation Events - Output Report: Untitled

Line-to-Line (Asymmetric) fault in Bus: Bus1

Device: Bus1 Break Config: Normal Date: 23-08-2015

Time (ms)	ID	IF (kA)	I1 (mA)	I2 (mA)	Condition
100.0	Relay1	6.226	100.0		Phase - OC1 - S0
100.0	Relay2	6.226	100.0		Phase - OC1 - S0
100.0	Relay3	6.226	100.0		Phase - OC1 - S0
100.0	Relay4	6.226	100.0		Phase - OC1 - S0
200	CB1		100		Tripped by Relay1 Phase - OC1 - S0
300	CB2		100		Tripped by Relay2 Phase - OC1 - S0
300	CB3		100		Tripped by Relay3 Phase - OC1 - S0
200	CB4		100		Tripped by Relay4 Phase - OC1 - S0
498	Relay1	5.226	498		Phase - OC1 - S1
598	Relay2	5.226	598		Tripped by Relay1 Phase - OC1 - S1
615	Relay3	5.226	615		Phase - OC1 - S1
674	Relay4	5.226	674		Phase - OC1 - S1
715	CB1		100		Tripped by Relay1 Phase - OC1 - S1
774	CB2		100		Tripped by Relay2 Phase - OC1 - S1
1159	Relay3	4.226	1159		Phase - OC1 - S1
1439	CB3		100		Tripped by Relay3 Phase - OC1 - S1

Gambar. 4.17. Report simulasi kerja GFR L-L tak simetris



Gambar 4.18. Peta hasil gangguan hubung singkat L-L-G tak simetris

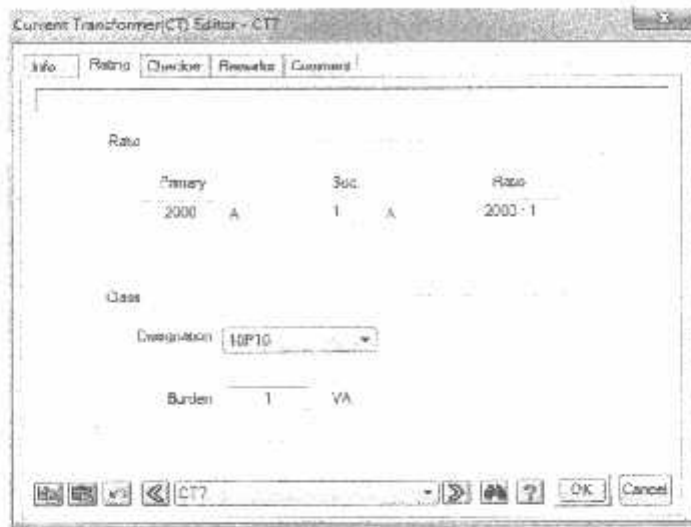
Sequence-of-Operation Events - Output Report: Unlimited

Line-to-Line-to-Ground (Asymmetrical) fault on bus 011

Data Rev.: Base Config: Normal Date: 23-09-2015

Time (ms)	ID	I _f (kA)	T ₁ (ms)	T ₂ (ms)	Condition
100	Relay1	4,272	100		Phase - OC1 - S0
100	Relay2	4,272	100		Phase - OC1 - S0
100	Relay3	4,272	100		Phase - OC1 - S0
100	Relay4	4,272	100		Phase - OC1 - S0
200	CB1		100		Tripped by Relay1 Phase - OC1 - S0
200	CB2		100		Tripped by Relay2 Phase - OC1 - S0
200	CB3		100		Tripped by Relay3 Phase - OC1 - S0
200	CB4		100		Tripped by Relay4 Phase - OC1 - S0
1087	Relay2	4,272	1087		Phase - OC1 - S1
1125	Relay4	4,272	1125		Phase - OC1 - S1
1187	CB2		100		Tripped by Relay2 Phase - OC1 - S1
1225	CB4		100		Tripped by Relay4 Phase - OC1 - S1
1387	Relay1	4,272	1387		Phase - OC1 - S1
1487	CB1		100		Tripped by Relay1 Phase - OC1 - S1
1686	Relay3	4,272	1686		Phase - OC1 - S1
1786	CB3		100		Tripped by Relay3 Phase - OC1 - S1

Gambar. 4.19. Report simulasi kerja GFR L-L-G tak simetris

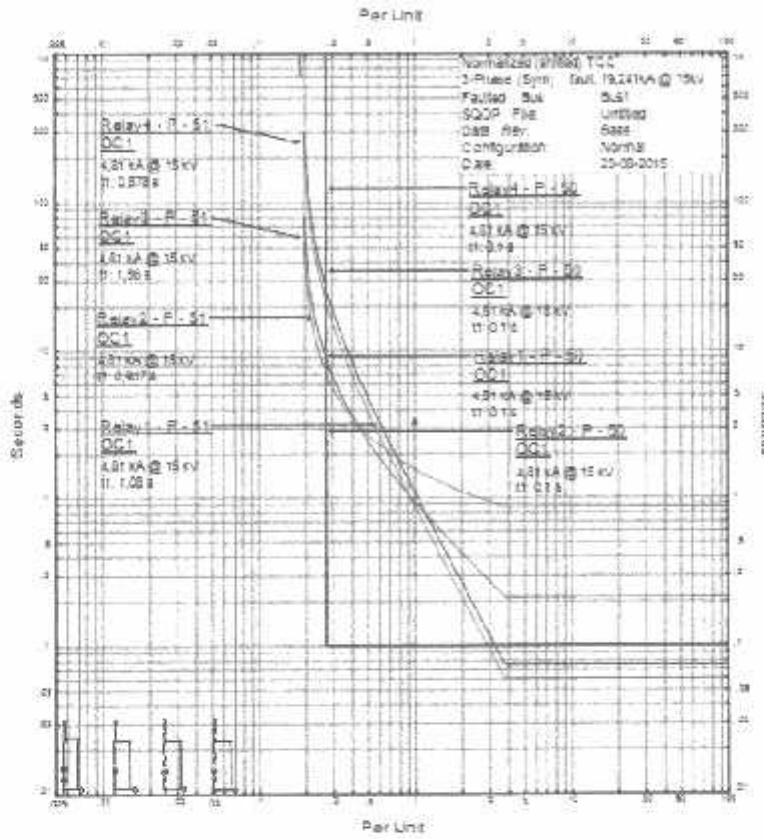


Gambar 4.20. *Setting Current Transformer Baru*



Gambar 4.21. *Setting Baru Relay GFR*

4.5. Gambar hasil kurve koordinasi Relay OCR dan GFR pada 4 generator di bus 1 15 KV



Gambar 4.22. Hasil kurve koordinasi Relay OCR dan GFR

Pada gambar 4.22 adalah hasil kurve koordinasi rele OCR dan rele GFR yaitu *Time Dial* untuk OCR antara 0.3s dan Instantaneos 0.1s dan *Time Dial* Untuk GFR yaitu antara 0.2s dan 0.4s jadi waktu kerja pada kedua relay ini sudah terkoordinasi dengan baik dan benar sesuai berdasarkan standar IEEE std 242 – 1996 (Batas Waktu Kerja antara dua buah relay) 0.2s – 0.4s untuk ke 4 generator.

4.6. Perbandingan Hasil Perhitungan Kondisi Setting awal dan baru pada relay Arus Lebih (OCR) dan Arus hujung singkat (GFR)

Tabel 4.2. Kondisi OCR Sebelum di Setting

Setting Awal OCR							
No	ID	Bus Bar (KV)	In (A)	I Set	Time(S)	CT Rasio	Kurva
1	Generator 1	15	821.6	0.493	0.05	2000/1	Definite
2	Instantaneous	15	821.6	1.027	0.04	2000/1	Definite

Sesuai dengan tabel 4.2. yaitu kondisi OCR sebelum disetting pada generator 1 tepatnya di Bus Bar 15 KV arus nominal atau I_{nominal} sebesar 821.6 A sedangkan $I_{\text{set}} = 0.493$ A dan setting time adalah 0.05s yang mempunyai Current Transformer(CT) 2000/1, CT 1 VA Class 10P5 artinya CT tersebut menyedot daya dari sistem yang dikalunginya sebesar 1 VA dengan kesalahan tidak melebihi 10% sampai batas akurasi *rating* arusnya. Angka 5 adalah batas akurasi *rating* arusnya. Berarti CT tersebut masih akurat bila diaplikasikan dengan arus sekunder yang dihasilkan tidak lebih dari 5 kali dari arus *rating*nya, yaitu 10 amper, sehingga maksimum arus sekundernya 100 amper. Bila rasio CT tersebut 2000:1, berarti arus primer maksimumnya tidak boleh melebihi $5 \times 2000 \text{ A} = 20000 \text{ A}$. Selain itu, beban pada CT (burden) dapat menunjukkan impedansi yang dimiliki CT. Sebuah CT 1 ampere dengan (burden) dapat 1 VA memiliki impedansi sebesar 1 ohm, dengan parameter OCR ini berlaku untuk ke 4 generator yang di sinkronisasikan di PLTD Hera Timor Leste dengan menggunakan kurve Definite.

Tabel 4.3. Kondisi Relay GFR Sebelum di Setting

Setting Awal GFR							
No	ID	Bus Bar (KV)	In (A)	I Set	Time(S)	CT Rasio	Kurva
1	Generator 1	15	821.6	34.64	0.3	50/1	Definite
2	Instantaneos	15	821.6	17.32	0.3	50/1	Definite

Sesuai dengan tabel 4.3. yaitu kondisi GFR sebelum disetting pada generator 1 tepatnya di Bus Bar 15 KV arus nominal atau I_{nominal} sebesar 821.6 A sedangkan $I_{\text{set}} = 34.64$ A dan instantaneosnya 17.32, setting time adalah 0.05s yang mempunyai Current Transformer(CT) 50/1, CT 1 VA Class 10P10 artinya CT tersebut menyedot daya dari sistem yang dikalunginya sebesar 1 VA dengan kesalahan tidak melebihi 10% sampai batas akurasi *rating* arusnya. Angka 10 adalah batas akurasi *rating* arusnya. Berarti CT tersebut masih akurat bila diaplikasikan dengan arus sekunder yang dihasilkan tidak lebih dari 10 kali dari arus *rating*nya, yaitu 10 ampere, sehingga maksimum arus sekundernya 100 ampere. Bila rasio CT tersebut 50:1, berarti arus primer maksimumnya tidak boleh melebihi $10 \times 50 \text{ A} = 500 \text{ A}$. Selain itu, beban pada CT (*burden*) dapat menunjukkan impedansi yang dimiliki CT. Sebuah CT 1 ampere dengan (*burden*) dapat 1 VA memiliki impedansi sebesar 1 ohm. dengan parameter OCR ini berlaku untuk ke 4 generator yang di sinkronisasikan di PLTD Hera Timor Leste dengan menggunakan kurve Definite.

Tabel 4.4. Kondisi OCR Sesudah di Setting

Setting Baru OCR							
No	ID	Bus Bar (KV)	In (A)	I Set	Time(S)	CT Rasio	Kurva
1	Generator 1	15	821.6	0.45188	0.3	2000/1	Ex. Inverse
2	Instantaneos	15	821.6	0.65728	0.1	2000/1	Ex. Invers

Sesuai dengan tabel 4.4, yaitu kondisi OCR sesudah disetting pada generator 1 tepatnya di Bus Bar 15 KV arus nominal atau I_{nominal} sebesar 821.6 A sedangkan $I_{\text{set}} = 0.493$ menjadi 0.452 A dan setting time adalah 0.05s menjadi 0.3s pemutusan sesaat atau *Instantaneos* 0.04s menjadi 0.1s yang mempunyai Current Transformer(CT) awal 2000/1, CT 1 VA Class 10P5. Pada setting OCR baru ini berlaku untuk ke 4 generator yang di sinkronisasikan di PLTD Hera Timor Leste dengan menggunakan Extermely Inverse.

Tabel 4.5. Kondisi Relay GFR Sesudah di Setting

Setting Baru GFR							
No	ID	Bus Bar (KV)	In (A)	I Set	Time(S)	CT Rasio	Kurva
1	Generator 1	15	821.6	0.433	0.2	2000:1	Ex. Inverse
2	Instantaneous	15	821.6	0.866	0.4	2000:1	Ex. Invers

Sesuai dengan tabel 4.5, yaitu kondisi GFR sesudah disetting pada generator 1 tepatnya di Bus Bar 15 KV arus nominal atau I_{nominal} sebesar 821.6 A sedangkan $I_{\text{set}} = 34.64$ menjadi 0.433 A dan setting time adalah 0.3s menjadi 0.2s pemutusan sesaat atau *Instantaneous* 0.3s menjadi 0.4s yang mempunyai Current Transformer(CT) awal 50/1, CT 1 VA Class 10P10 menjadi 2000:1. Pada setting GFR baru ini berlaku untuk ke 4 generator yang di sinkronisasikan di PLTD Hera Timor Leste dengan menggunakan Extermely Inverse.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi dan analisis koordinasi relay pengaman pada PLTD heru Timor Leste yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Terdapat beberapa setelan yang kurang tepat dan tidak sesuai dengan data yang ada di buku manual yang menyebabkan koordinasi relay kurang baik, terutama pada setelan *pickup* dan *grading time* antara arus primer OCR 986 ampere dan menjadi 903.76 ampere. Pada settingan relay pengaman *Time Dial* antara 0.05s dan Instantaneous 0.04s sehingga *pickup kurve inversnya* masih menyentuh arus *full load* (Beban) yaitu pada saat beban puncak sebesar $17.076 \times 4 = 68.304$ MW. Hal ini akan menyebabkan relay tersebut selalu trip walaupun tidak terjadi gangguan maka dengan penyetingan Relay OCR dan GFR pada generator 1,2,3 dan 4 yang baru saat pemutusan tidak ada sentuhan lagi pada waktu setting Relay OCR *Time Dial* 0.3s dan Instantaneous 0.1s dan *Setting Relay GFR Time Dial* 0.2s instantaneous 0.4s dengan menggunakan *kurve Extermely Inverse*.
2. Berdasarkan perhitungan dan analisa yang telah dilakukan , maka peralatan proteksi dikategorikan baik hanya saja *Current Transformernya* yang harus di rekomendasikan untuk diganti sesuai dengan yang sebenarnya yaitu besar 1 nominal CT 50 : 1 akan di ganti dengan 2000 : 1 sesuai dengan hitungan pada besarnya arus gangguan dan pada program yang digunakan.
3. Melalui pengujian yang dilakukan diperoleh nilai TMS antara rele utama dan rele bantu adalah ± 350 ms. Hal ini agar rele dapat terkoordinasi dengan baik dimana terjadi gangguan hubung singkat maka rele utama akan lebih dahulu bekerja dan apabila rele utama gagal bekerja maka rele bantu akan lebih dahulu bekerja (Sebagai Back – Up) . Dari hasil simulasi.

dijalankan dapat dibuktikan bahwa dengan menggunakan relay standar invers saat terjadi gangguan maka Current Transformernya membaca arus sebesar $4.81 \times 4 = 19.24$ kA waktu pemutusannya akan sangat singkat $100 \text{ ms} = 0.1 \text{ s}$ dan untuk arus gangguan terkecil $0.005 \times 4 = 0.02$ kA waktu putusannya akan lama yaitu sebesar $200 \text{ ms} = 0.2 \text{ s}$. Selain itu untuk memproteksi generator relay tersebut bekerja secara selektif sehingga zona yang tidak terkena gangguan dapat beroperasi secara normal dalam menyalurkan energi listrik.

4. Koordinasi setting rele pengaman arus lebih mengacu pada, arus hubung singkat maksimum. Sedangkan koordinasi setting relay gangguan ketanah di PLTD Hera Timor Leste mengacu pada arus maksimum yang dapat mengalir melalui netral grounding resistor.

4.2. Saran

Saran yang bisa penulis berikan pada tugas akhir ini antara lain:

1. Hasil penelitian ini sesuai dengan aplikasi pada koordinasi relay dengan menggunakan Software ETAP yang sangat berguna bagi PLTD Hera Timor Leste untuk diterapkan agar energi listrik tetap baik dan tidak terjadi pemadaman atau *black Out*.
2. Dari hasil perhitungan dan analisa setting relay pada PLTD Hera Timor Leste dapat terhindar dari kegagalan gangguan arus lebih dan hubung singkat sehingga peralatan seperti generatot dapat terhindar dari kerusakan.
3. Pada koordinasi relay *OCR* dan *GFR* di PLTD Hera timor Leste dibutuhkan adanya pengecekan secara baik untuk melakukan perhitungan dan setting relay yang lebih baik dan dapat bekerja sesuai dengan standar dan handal.
4. Berdasarkan hasil analisis dari data EDTL (*Electricidade De Timor Leste*) Dili, sebaiknya menggunakan *relay* arus lebih dan hubung singkat dengan karakteristik *inverse definite minimum time* (IDMT) pada proteksi generator di *central electric* Hera Timor Leste.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] *Alstom(2011)Grid Network Protection & Automation Guide.Alstom Grid*
IEEE Power Engineering Society (1980),Aplication and coordination of recloser,sectionalizer and fuse,New York.
- [2] *Stevenson J,William D. (1993),Analisa Sistem Tenaga Listrik, Edisi keempat. Erlangga. Jakarta.*
- [3] *WECC(1989), Relaying Current Transformer Aplication*
- [4] *Kadir,Abdul.(1998). "Transmisi Tenaga Listrik,"Penerbit Universitas Indonesia.Jakarta.*
- [5] *Nugroho Agus Darmanto, Susatyo Handoko Nugroho, Jurnal Analisa Koordinasi OCR-Recloser Penyulang Kaliwung, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, "Universitas Diponegoro"*
- [6] *Andi, Bonar Pandjaitan (2002), Proteksi Sistem Tenaga Listrik*
- [7] *Pada tahun 1913 oleh Charles L. Fortescue "Method of Symmetrical Coordinates Applied to the Solution of Polyphase Networks*
- [8] *P. M. Anderson, a noted expert on power systems, presents an analytical and technical approach to power system protection*
- [9] *Gers, Juan M., dan Holmes, Edward J., "Protection of Electrical Distribution Network 2and Edition", The Institution of Electrical Engineers, London, Ch. 5, 2004*



LAMPIRAN



PERMOHONAN PERSETUJUAN SKRIPSI

yang Bertanda Tangan Dibawah Ini:

Nama : Ricardo Queiros
 NIM : 312903
 Semester : 8 / VIII
 Fakultas : Teknologi Industri
 Jurusan : Teknik Elektro S-I
 Konsentrasi : **TEKNIK ENERGI LISTRIK**
TEKNIK ELEKTRONIKA
TEKNIK KOMPUTER DAN INFORMATIKA
TEKNIK KOMPUTER
TEKNIK TELEKOMUNIKASI
 Alamat : Jl. Raya Karanglo Km 2 Malang

Dengan ini kami mengajukan permohonan untuk mendapatkan persetujuan untuk membuat SKRIPSI Tingkat Sarjana. Untuk melengkapi permohonan tersenut, bersama ini kami lampirkan persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi.


Adapun persyaratan- persyaratan pengambilan SKRIPSI adalah sebagai berikut:

1. Telah melaksanakan semua praktikum sesuai dengan konsentrasinya (.....)
2. Telah lulus dan menyerahkan laporan Praktek Kerja (.....)
3. Telah lulus seluruh mata kuliah keahlian (MKB) sesuai konsentrasinya (.....)
4. Telah menempuh matakuliah > 134 sks dengan IPK > 2 dan tidak ada nilai E (.....)
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 kebenarannya data tersebut diatas

Recording Teknik Elektro S-I


 (.....)

Malang,.....201

Pemohon


 (Ricardo Queiros)

Disetujui

Ketr

Bagi mata
 persetujuan
 staf



**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : **RICARDO QUEIROS**
Nim : **13.12.908**
Jurusan : **Teknik Elektro S-1**
Konsentrasi : **Teknik Energi Listrik**
Masa Bimbingan : **Semester Genap 2014 – 2015**
Judul : **ANALISIS KOORDINASI RELAY OCR DAN GFR TYPE VAMP 230 PADA GENERATOR SINKRON DIPEMBANGKIT LISTRIK TENAGA DIESEL HERA TIMOR LESTE DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP POWER STATION**

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

Hari : **Selasa**
Tanggal : **18 Agustus 2015**
Dengan Nilai : **78,07 (B+)**

Panitia Ujian Skripsi

Ketua Majelis Penguji

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

Sekretaris Majelis Penguji

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

Anggota Penguji

Dosen Penguji I

Ir. Taufik Hidayat, MT
NIP.Y.1018700151

Dosen Penguji II

Ir. Teguh Herbasuki, MT
NIP.Y.1038900209



FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI

Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Jenjang Strata Satu (S – 1) Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi Teknik Energi Listrik, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

Nama : **RICARDO QUEIROS**
 Nim : **13.12.908**
 Jurusan : **Teknik Elektro S – 1**
 Konsentrasi : **Teknik Energi Listrik**
 Judul Skripsi : **ANALISIS KOORDINASI RELAY OCR DAN GFR TYPE VAMP 230 PADA GENERATOR SINKRON DIPEMBANGKIT LISTRIK TENAGA DIESEL HERA TIMOR LESTE DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP POWER STATION**

No	Penguji	Tanggal	Uraian	Paraf
1	Penguji I	18 Agustus 2015	1. Kasus yang dibahas 4 Generator 2. Flow Chartnya Disempurnakan 3. Kesimpulan bandingkan kondisi awal dengan akhir	
2	Penguji II	18 Agustus 2015	1. Tujuan 2. Kesimpulan 3. Flow Chart	

Disetujui

Dosen Penguji I

Ir. Taufik Hidayat, MT
 NIP.Y.1018700151

Dosen Penguji II

Ir. Teguh Herbasuki, MT
 NIP.Y.1038900209

Mengetahui :

Dosen Pembimbing I

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

Dosen Pembimbing II

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



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

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

PT. DWI (PERSERO) MALANG
BANK NAGA MALANG

Kampus I : J. Beronggan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 552015 Malang 65145
Kampus II : J. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Ricardo Queiros
NIM : 13.12.908
Nama Pembimbing : Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE
Judul Skripsi : Analisis Koordinasi Relay OCR Dan GFR Type Vamp 230 Pada Generator Sinkron Dipembangkit Listrik Tenaga Diesel Hera Timor Leste Dengan Menggunakan Software ETAP Power Station

Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Bimbingan	Materi Bimbingan	Paraf
1	Sabtu, 02/06/2015	10 : 15	Konsultasi BAB I,II,III (Revisi Latar Belakang, Batasan Masalah dan Tujuan)	
2	Senin, 08/06/2015	11 : 20	Revisi BAB III (Flow Chart dan Type Relay Vamp 210 pada Software ETAP)	
3	Selasa, 09/06/2015	10 : 30	Revisi BAB III (Menggunakan Type Relay 230 pada Software ETAP dan Relay Multifungsi OK)	
4	Sabtu, 04/07/2015	11 : 30	Konsultasi BAB IV dan V (Perhitungan dan perbandingan Setting Awal Dengan Setting Baru OCR dan GFR)	
5	Rabu, 08/07/2015	10 : 25	Revisi BAB IV (Menggantikan Current Transformer (CT) Awal 50 : 1 dengan CT baru 2000 : 1)	
6	Kamis, 09/07/2015	11 : 40	Revisi BAB IV (Sertakan Perhitungan dan perbandingan Current Transformer (CT) Awal Dengan Baru)	
7	Kamis, 23/07/2015	10 : 00	Revisi BAB IV dan V (Kesimpulan sesuai dengan Hasil Pembahasan)	

Malang,

Pembimbing I

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



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
BAK. NIAGA MALANG

Kampus I : J. Deendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 531431 (Hunting) Fax. (0341) 533015 Malang 65145
Kampus II : J. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417836 Fax. (0341) 417834 Malang

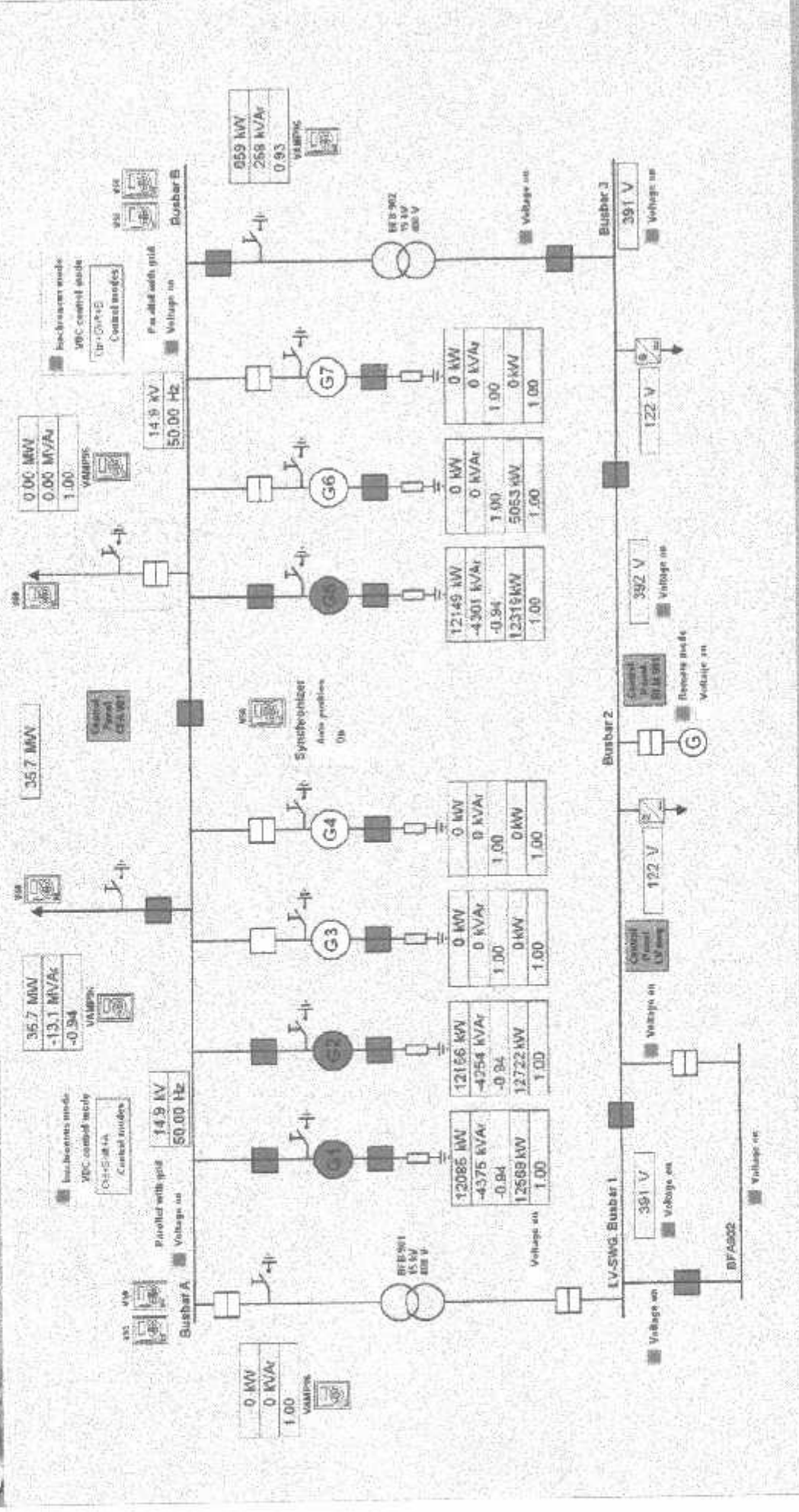
FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Ricardo Queiros
NIM : 13.12.908
Nama Pembimbing : Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
Judul Skripsi : Analisis Koordinasi Relay OCR Dan GFR Type Vamp
230 Pada Generator Sinkron Dipembangkit Listrik
Tenaga Diesel Hera Timor Leste Dengan Menggunakan
Software ETAP Power Station

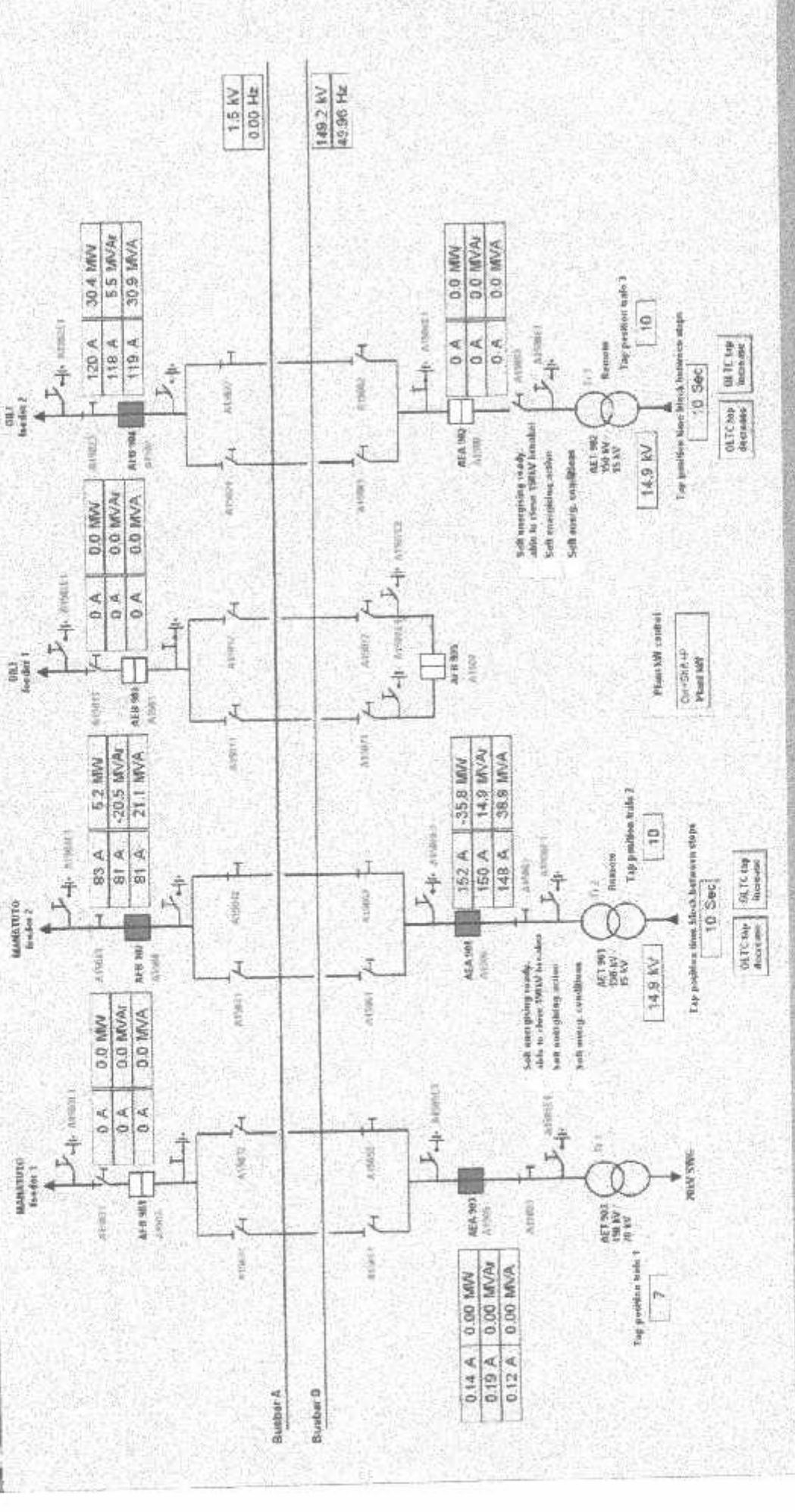
Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Bimbingan	Materi Bimbingan	Paraf
1	Sabtu, 06/06/2015	10 : 05	Revisi BAB I, II, III	
2	Rabu, 10/06/2015	11 : 15	Revisi BAB III (Flow Chart, Gambar dulu Single Line Diagram Ke Software ETAP Input data Menjalankan Load Flow)	
3	Kamis, 02/07/2015	11 : 45	Revisi BAB III OK	
4	Senin, 06/07/2015	10 : 00	Simulasi Load Flow OK	
5	Selasa, 07/07/2015	11 : 30	Revisi BAB IV (Perhitungan dengan menggunakan Rumus yang Tepat di ketik dengan Time New Roman dan Grafik, Gambar, Kurve Keterangan Tabel Hasil Pembahasan Harus Jelas	
6	Kamis, 23/07/2015	11 : 20	Revisi BAB IV dan V (Perbandingan Hasil Setting Awal Dengan Baru) OK	
7				

Malang,
Pembimbing II

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



Electrical System IV



System: General

Subsystem: Electrical

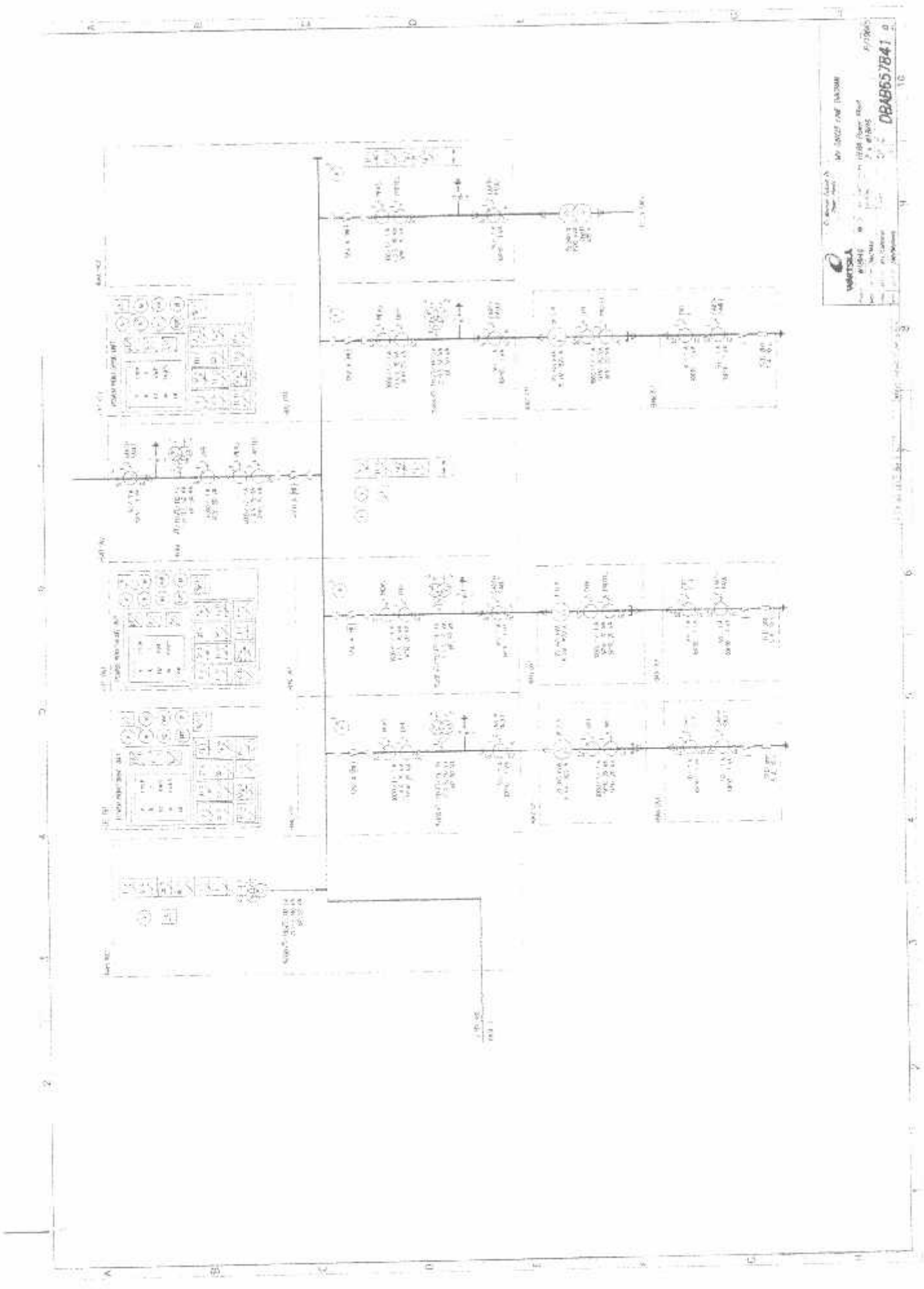
Component: Fuel oil

Control: Start Air, Feeder, Ch-B

Signal: Heat Rec., Heat Rec., City water, Water

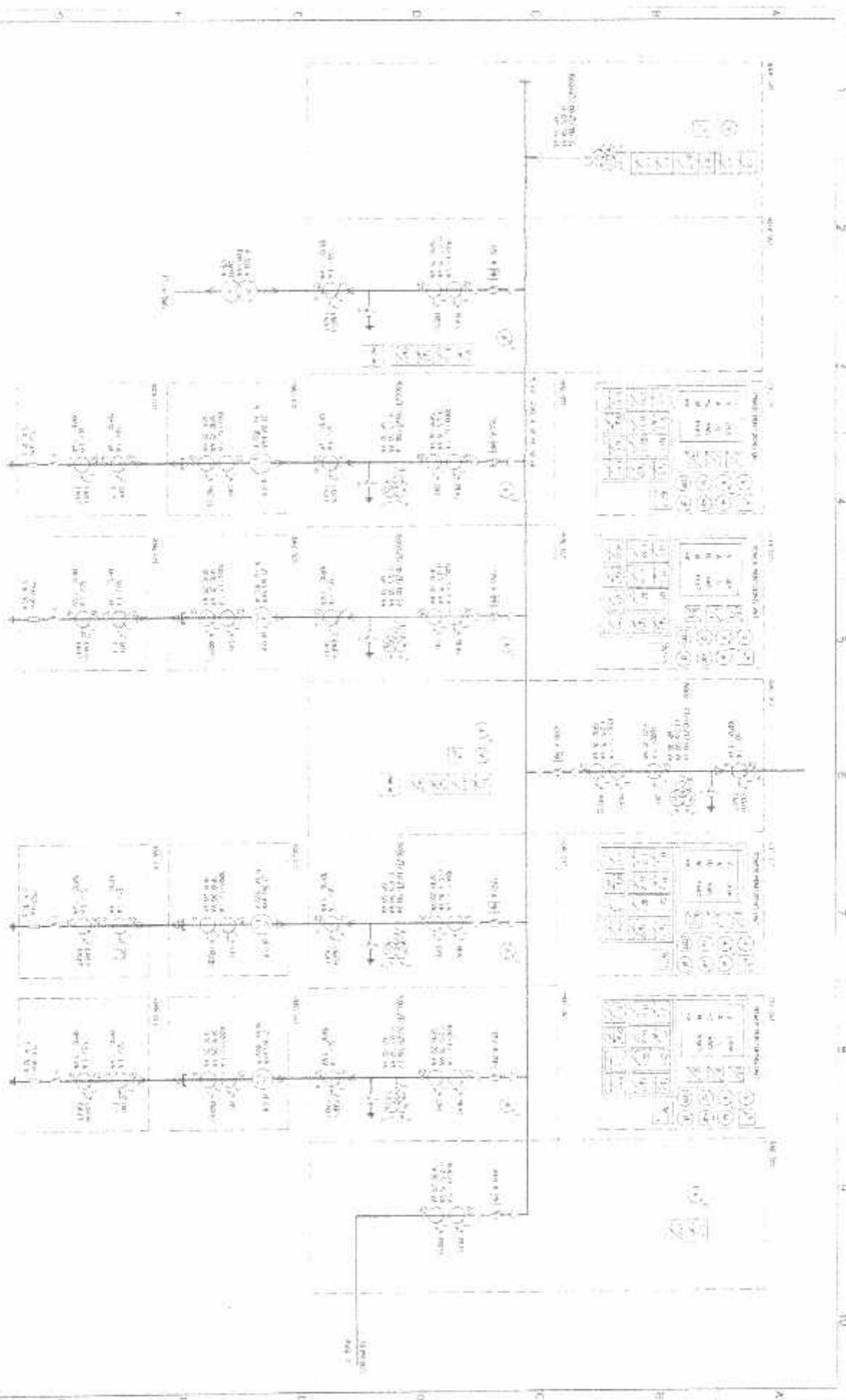
Energy: Soft Energy, Reading

Automation: Automation

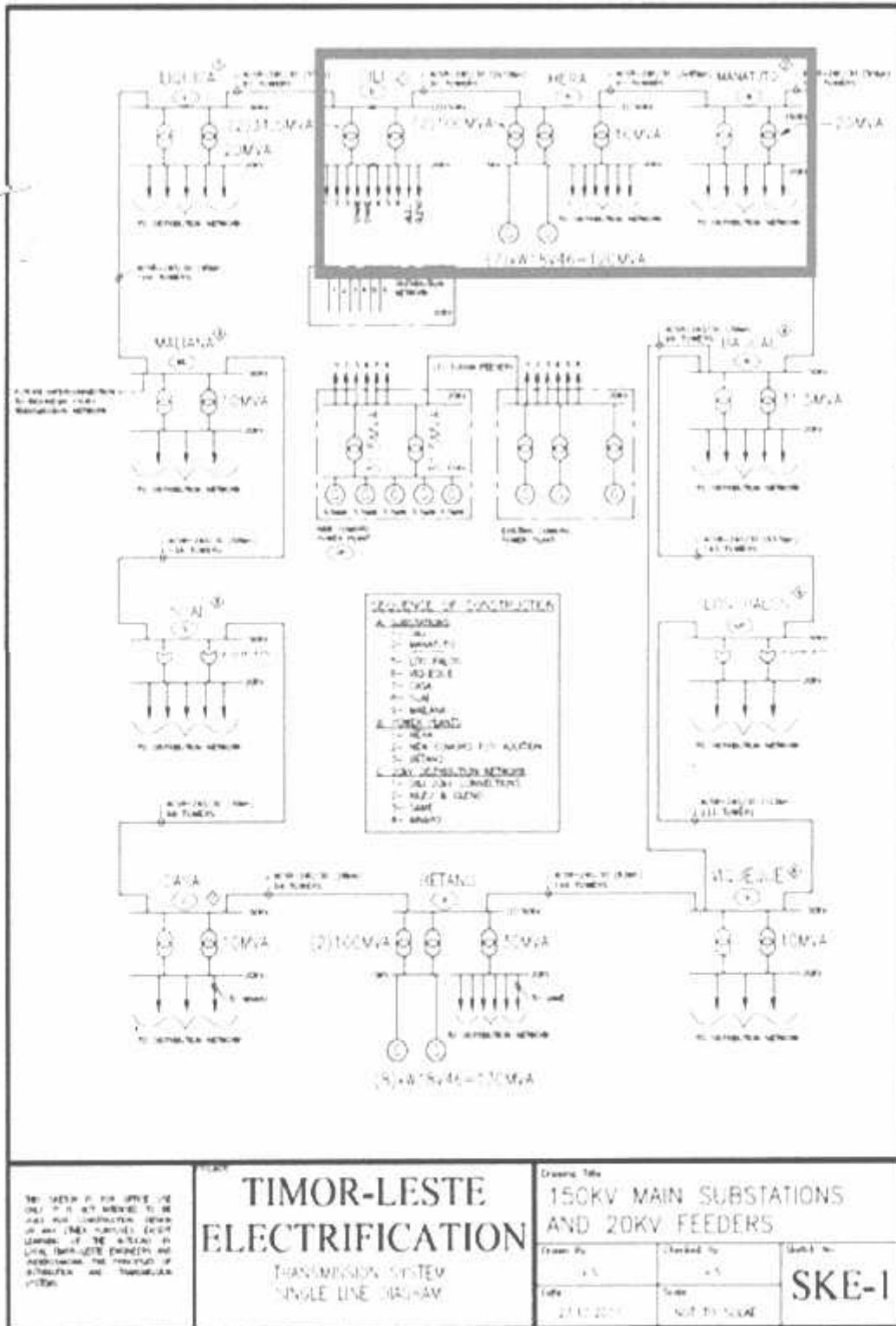



VARTOLA
 WILHELM
 12345 Street, New York, NY 10001
 Phone: (212) 123-4567
 Fax: (212) 987-6543
 E-mail: info@vartola.com

NO. 10007 OF THE 1930M
 12345 Street, New York, NY 10001
 12345 Street, New York, NY 10001
DB48657841



Single line diagram PLTD Hera Timor Leste



<p>THIS DRAWING IS FOR OFFICE USE ONLY. IT IS NOT MEANT TO BE USED FOR CONSTRUCTION. BEFORE ANY WORK IS STARTED, CHECK AGAINST THE ORIGINAL IN LOCAL INSTRUMENTS, DRAWINGS AND SPECIFICATIONS. THE PROJECT IS A STRATEGIC AND TRANSPARENT PROJECT.</p>	<h3 style="margin: 0;">TIMOR-LESTE ELECTRIFICATION</h3> <p style="margin: 0;">TRANSMISSION SYSTEM SINGLE LINE DIAGRAM</p>	<p style="font-size: 8px;">Drawing Title 150KV MAIN SUBSTATIONS AND 20KV FEEDERS</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 8px;"> <tr> <td style="width: 33%;">Drawn By A.S.</td> <td style="width: 33%;">Checked By A.S.</td> <td style="width: 33%;">Scale No. SKE-1</td> </tr> <tr> <td>Date 27.07.2011</td> <td>Scale NOT TO SCALE</td> <td></td> </tr> </table>	Drawn By A.S.	Checked By A.S.	Scale No. SKE-1	Date 27.07.2011	Scale NOT TO SCALE	
Drawn By A.S.	Checked By A.S.	Scale No. SKE-1						
Date 27.07.2011	Scale NOT TO SCALE							

LEMBAR PERSEMBAHAN

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa. Karna Atas berkat dan rahmatnya sehingga saya dapat Menyelesaikan studi dengan baik dan tepat waktu yang ditentukan oleh Dinas Pendidikan Timor Leste.

Ya Tuhan berikanlah berkah atas ilmu yang telah Saya peroleh di Institut Teknologi Nasional Malang (ITN) untuk masa depan nanti.

Ya Tuhan yang maha kuasa dan maha pemberi berikanlah kekuatan dan kesabaran dalam menghadapi kompetisi dan persaingan karir yang akan saya hadapi dimasa yang akan datang agar tercipta hidup damai, sehat, dan harmonisa dalam membangun bangsa dan negara.

Keberhasilan dan ilmu yang telah saya peroleh adalah semata-mata semuanya darimu ya tuhan dan sebagianyang engkau perantarakan melalui orang – orang yang tidakku sadari menyulurkan tangan saat saya membutuhkan pertolongan selama 2 tahun , sehingga “Karya Tulisan” ini ku persembahkan kepada kedua orang tuaku, kakak, adik adikku yang tercinta, istri dan anakku tersayang.

Thank You