

**ANALISIS KOORDINASI *OVER CURRENT* DAN
DIFFERENTIAL RELAY UNTUK KEHANDALAN SISTEM
PADA PLTU BOLOK KUPANG DENGAN MENGGUNAKAN
*SOFTWARE ETAP POWER STATION***

SKRIPSI



**Disusun Oleh:
ANTONIUS COREBIMA
NIM : 10.12.028**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2014**

LEMBAR PERSETUJUAN

ANALISIS KOORDINASI *OVER CURRENT* DAN *DIFFERENTIAL RELAY* UNTUK KEHANDALAN SISTEM PADA PLTU BOLOK KUPANG DENGAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE ETAP POWER STATION*

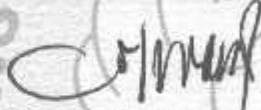
SKRIPSI

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

Disusun oleh :
ANTONIUS COREBIMA
NIM : 10.12.028


Diperiksa dan Disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I



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

Dosen Pembimbing II



Ir. Teguh Herbasuki, MT
NIP. Y. 1038900209

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1



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

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2014**

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Antonius Corebima
NIM : 10.12.028
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, 17 September 2014

Yang membuat Pernyataan,



Antonius Corebima
NIM : 10.12.028

ABSTRAK

ANALISIS KOORDINASI *OVER CURRENT* DAN *DIFFERENTIAL RELAY* UNTUK KEHANDALAN SISTEM PADA PLTU BOLOK KUPANG DENGAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE ETAP POWER STATION*

Antonius Corebima

10.12.028

Jurusan Teknik Elektro S-1, Konsentrasi Teknik Energi Listrik
Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang
Jl. Raya Karanglo Km.2 Malang
Email : corebima18@gmail.com

**Dosen Pembimbing : Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT dan
Ir. Teguh Herbasuki, MT**

Generator merupakan salah satu peralatan listrik yang berperan penting didalam suatu pembangkit listrik. Adanya gangguan yang terjadi pada generator dapat merusak atau memadamkan semua unit generator yang seharusnya tidak boleh terjadi dan hal ini dapat menghambat proses penyediaan energi listrik. Oleh karena itu relay proteksi yang handal sangat dibutuhkan untuk melindungi generator dari gangguan, baik itu internal maupun eksternal.

Skripsi ini akan membahas tentang koordinasi relay proteksi untuk meningkatkan kehandalan system di PLTU Bolok dengan menggunakan metode Newton Rhapson pada software ETAP. Dari hasil simulasi koordinasi relay awal, system proteksi pada generator belum terkoordinir dengan baik.

Untuk mendapatkan koordinasi relay proteksi yang handal didalam system ini, maka relay harus dilakukan penyettingan ulang. Relay OCR pada generator, sebelumnya disetting dengan waktu 5 detik dan arus 3,93 A dirubah dengan waktu 4,5 detik dan arus 3,61 A agar semakin cepat untuk memotong arus gangguannya dan tidak sampai merusak generator. Untuk settingan relay diferensial dengan waktu diperpanjang dari 0 detik menjadi 0,56 detik dan settingan sensitifitas relay diferensial diperbesar dari 0% menjadi 15%. sehingga relay diferensial menjadi lebih handal dalam bekerja.

Kata kunci : *Generator, Proteksi, Kehandalan, OCR, Diferensial.*



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat TUHAN Yang Maha Esa karena atas rahmat dan berkat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Skripsi dengan judul: **“ANALISIS KOORDINASI *OVER CURRENT* DAN *DIFFERENTIAL RELAY* UNTUK KEHANDALAN SISTEM PADA PLTU BOLOK KUPANG DENGAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE ETAP POWER STATION*”**.

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 Energi Listrik 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 :

1. Bapak Ir. Soeparno Djiwo, MT selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. H. Anang Subardi, MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak M. Ibrahim Ashari, ST. MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Bapak Dr. Eng. Ir. I Made Wartana selaku Dosen Pembimbing satu Tugas Skripsi.
5. Bapak Ir. Teguh Herbasuki, MT selaku Dosen Pembimbing dua Tugas Skripsi.
6. Orang Tua penulis yang selalu memberikan motivasi, memenuhi semua kebutuhan serta do'a yang mereka panjatkan untuk penulis sehingga dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini.
7. Rekan – rekan Asisten Laboratorium Transmisi dan Distribusi Daya Elektrik
8. Sahabat-sahabat dan rekan-rekan yang tidak kami sebutkan satu-persatu, yang selalu memberikan motivasi serta semangat dalam proses penyelesaian laporan skripsi ini.

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

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

Malang, Agustus 2014

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	ii
SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
ABSTRAK.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
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 Prosedur Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	5
2.1 Proteksi Generator	5
2.2 Pengertian Relay Proteksi.....	6
2.3 Pengertian Proteksi Pembangkit	6
2.4 Fungsi dan Peranan Relay Proteksi	6
2.5 Keuntungan Relay Proteksi	7
2.6 Syarat-syarat Relay Proteksi.....	7
2.7 Jenis Relay pada Generator.....	8
2.7.1 <i>Over Current Relay (OCR)</i>	8
2.7.2 <i>Differetial Relay</i>	12
2.7.3 <i>Relay Differential Presentase</i>	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	21
3.1 Metode Yang Digunakan.....	21
3.2 <i>Software ETAP Power Station</i>	21
3.3 <i>Load Flow Analisis</i>	23
3.3.1 Klasifikasi Bus.....	23
3.3.2 Metode Newton Rhapson.....	24
3.4 <i>Short Circuit Analisis</i>	26
3.5 <i>Star Device Coordination Analisis</i>	26
3.6 Perhitungan dan Setting Ulang Relay Pengaman (OCR)	26

3.7	Perhitungan dan Setting Ulang Relay Pengaman (<i>Differential Relay</i>)	28
3.8	<i>Presentase Slope</i>	28
3.9	<i>Presentase Minimum Threshold</i>	29
3.10	Algoritma Simulasi Pada <i>Software ETAP Power Station 7.0.0</i> ...	30
3.11	Flowchart (Desain Sistem).....	31
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1	<i>Single Line Diagram</i> PLTU Bolok	32
4.2	Data-Data Yang Dikumpulkan	33
4.2.1	Data-Data Generator Di PLTU Bolok:.....	33
4.2.2	Data-Data Transformer Di PLTU Bolok:	34
4.2.3	Transformator Sisi 0.4 / 6.3 kV	35
4.2.4	Data-Data Relay Di PLTU Bolok:.....	37
4.3	Perencanaan Simulasi Menggunakan <i>ETAP Power Station</i>	39
4.4	Analisa Aliran Daya (<i>Load Flow Analysis</i>)	43
4.5	Analisa Gangguan Hubung Singkat (<i>Short Circuit Analysis</i>)	43
4.6	Pada Kondisi Awal Sebelum di Setting.....	45
4.7	Pengaturan Koordinasi OCR pada Generator di bus 10,5 KV	49
4.7.1	Perhitungan dan Setting Ulang Relay Pengaman Generator Unit Satu	49
4.7.2	Perhitungan dan Setting Ulang Relay Pengaman Generator Unit Dua	53
4.8	Pengaturan Koordinasi Relay Diferensial pada Generator	57
4.8.1	Pensettingan Relay Defferensial pada Generator Unit 1	58
4.8.2	Pensettingan Pada Relay Defferensial Pada Generator Unit 2	58
4.9	Perbandingan Setting Awal dan Baru pada Relay Arus Lebih (OCR) dan Relay Diferensial	64
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	65
5.1	Kesimpulan.....	65
5.2	Saran	66
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1:	<i>Single Line Diagram Over Current Relay (OCR)</i>	9
Gambar 2.2:	Karakteristik Relay Waktu Seketika (<i>Instantenous</i>)	10
Gambar 2.3:	Karakteristik Relay Waktu Tertentu (<i>Definite Time</i>)	11
Gambar 2.4:	Karakteristik Relay Waktu Terbalik (<i>Inverse Time</i>)	11
Gambar 2.5:	Karakteristik Relay Waktu Kombinasi	12
Gambar 2.6:	Prinsip Hukum <i>Khirchof</i>	12
Gambar 2.7:	<i>Differential Relay</i>	13
Gambar 2.8:	<i>Differential Relay</i> Dalam Keadaan Normal	13
Gambar 2.9:	<i>Differential Relay</i> Saat Terjadi Gangguan	14
Gambar 2.10:	<i>Differential Relay</i> Sumber Dua Arah	15
Gambar 2.11:	Ketidakseimbangan <i>Differential Relay</i>	16
Gambar 2.12:	Karakteristik <i>Differential Relay Presentase</i>	18
Gambar 2.13:	<i>Differential Relay Presentase</i>	20
Gambar 3.1:	Tampilan Utama <i>Software ETAP Power Station</i>	23
Gambar 3.2:	Flowchart.....	31
Gambar 4.1:	<i>Single Line Diagram</i> PLTU Bolok.....	32
Gambar 4.2:	<i>Single Line Diagram</i> Jaringan Kelistrikan di PLTU Bolok, Kupang Nusa Tenggara Timur	39
Gambar 4.3:	<i>Input Rating</i> Generator	40
Gambar 4.4:	Data Input Transformator Sisi 6,3/10,5 kV	40
Gambar 4.5:	Data Input <i>Current Transformer (CT) Tipe Phase</i>	41
Gambar 4.6:	Data Input <i>Current Transformer (CT) Tipe Ground</i>	41
Gambar 4.7:	<i>Input Over Current Relay</i>	42
Gambar 4.8:	Data Input Relay Diferensial.....	42
Gambar 4.9:	Analisis Aliran Daya (<i>Load Flow Analisis</i>) pada PLTU Bolok..	43
Gambar 4.10:	Simulasi Hubung Singkat pada Bus 8 Terminal Generator Unit 1	44
Gambar 4.11:	Simulasi Hubung Singkat pada Bus 10 Terminal Generator Unit 2	44
Gambar 4.12:	Kurva Relay Arus Lebih Generator Unit 1 Bus 10,5 kV Sebelum diSetting	46

Gambar 4.13: Kurva Relay Arus Lebih Generator Unit 2 Bus 10,5 kV Sebelum diSetting	47
Gambar 4.14: <i>Single Line Diagram</i> Yang Sudah di Gambar pada Program <i>ETAP 7.0.0</i> Sebelum Setting Relay	47
Gambar 4.15: Karakteristik Relay Arus Lebih Generator <i>Merk Siemens 7UT612</i>	48
Gambar 4.16: Karakteristik Relay Arus Lebih Generator Unit 1 Tipe <i>Siemens 7UT612</i> Settingan Baru	51
Gambar 4.17: Kurva Relay Arus Lebih Generator Unit 1 Bus 10,5 kV Setelah diSetting.....	52
Gambar 4.18: Hasil Koordinasi Relay pada Generator Unit 1.....	53
Gambar 4.19: Karakteristik Relay Arus Lebih Generator Unit 2 Tipe <i>Siemens 7UT612</i> Settingan Baru	55
Gambar 4.20: Kurva Relay Arus Lebih Generator Unit 2 Bus 10,5 kV Setelah diSetting.....	56
Gambar 4.21: Hasil Koordinasi Relay pada Generator Unit 2.....	57
Gambar 4.22: Karakteristik Relay Diferensial Generator 1 Tipe ABB KAB Settingan Baru	61
Gambar 4.23: Karakteristik Relay Diferensial Generator 2 Tipe ABB KAB Settingan Baru	61
Gambar 4.24: Hasil Simulasi Relay Diferensial Generator Unit 1	62
Gambar 4.25: Kerja Rele Diferensial Pada Generator Unit 1	62
Gambar 4.26: Hasil Simulasi Relay Diferensial Generator Unit 2	63
Gambar 4.27: Kerja Rele Diferensial Pada Generator Unit 2	63

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dengan meningkatnya jumlah penduduk maka semakin meningkat pula kebutuhan pasokan listrik yang berkelanjutan untuk memenuhi keperluan sehari-hari. Kupang dikenal sebagai wilayah yang setiap tahun penduduk dan pertumbuhan ekonominya terus bertambah tentu saja memerlukan kebutuhan energi yang cukup guna menopang kebutuhan operasional masyarakat. Dengan kepadatan penduduk tersebut tentu akan membutuhkan banyak konsumsi energi listrik seperti Tempat Pariwisata, Pabrik, industri, dll.

Sebagai pembangkit PLTU membutuhkan peralatan proteksi untuk melindungi peralatan-peralatan didalam sistem dari gangguan, baik itu internal maupun eksternal. Apabila terjadi suatu gangguan didalam rangkaian listrik, maka instalasi harus diamankan dan bagian yang terganggu harus dipisahkan secepatnya guna mencegah atau memperkecil kerusakan yang diakibatkan oleh gangguan tersebut. Proses pengamanan terhadap gangguan yang terjadi dapat dilakukan secara otomatis dan selektif, sehingga bagian dari instalasi yang tidak terganggu dapat berfungsi secara normal. Untuk menunjang hal tersebut, maka sistem perlu dilengkapi dengan alat proteksi (PT. PLN (Persero), 2009).

Salah satu peralatan listrik yang harus diproteksi dengan baik adalah Generator. Karena didalam suatu pembangkit listrik generator merupakan salah satu peralatan listrik yang berperanan penting dan sangat mahal harganya. Oleh karena itu untuk mengantisipasi gangguan-gangguan listrik seperti yang dijelaskan diatas maka suatu sistem kelistrikan harus memiliki sistem proteksi yang handal (Marsudi, D. 2011).

Karena itu dalam skripsi ini akan dibahas mengenai koordinasi sistem proteksi untuk kehandalan pada sistem dengan menggunakan Software ETAP Power Station.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka penulis dapat menentukan permasalahannya yaitu:

Bagaimana setting *over current relay* dan *differential relay* pada sistem proteksi generator di PLTU Bolok untuk mencegah kerusakan peralatan dari berbagai gangguan yang mungkin terjadi ?

1.3 Tujuan

Berdasarkan permasalahan yang dikemukakan di atas maka, tujuan dalam penulisan skripsi ini adalah :

Mensetting ulang sistem proteksi *over current relay* dan *differential relay* pada generator berdasarkan hitungan dan rumus yang ada guna menjaga selektifitas dan sensitifitas relay pengaman untuk mengamankan generator di PLTU Bolok Kupang, Nusa Tenggara Timur.

1.4 Batasan Masalah

Agar permasalahan yang dibahas tidak terlalu meluas, maka ruang lingkup pembahasan adalah sebagai berikut:

1. Analisa koordinasi proteksi pada pembangkit hanya pada *Over Current Relay (OCR)* dan *Differential Relay* yang dipasang disisi generator guna memperbaiki selektifitas pengamanannya agar lebih sensitif dan selektif untuk memproteksi alat-alat yang diamankan jika sewaktu-waktu terjadi gangguan yang dapat merusak atau memadamkan semua unit generator yang seharusnya tidak boleh terjadi.
2. Pada *software ETAP Power Station* untuk fasilitas setting rele diferensial hanya tercantum setting waktunya saja sedangkan untuk setting arusnya tidak ada.
3. Kurva karakteristik relay diferensial pada *software ETAP Power Station 7.0.0* tidak tercantum karena keterbatasan *software* tersebut.
4. *Software* yang digunakan adalah *ETAP Power Station 7.0.0*.
5. Pengambilan data dilakukan di Kupang, Nusa Tenggara Timur.

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 Sistematika Penulisan

Untuk mendapat arah yang tepat mengenai hal-hal yang akan dibahas maka dalam skripsi ini disusun sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Dalam bab ini berisikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan yang digunakan dalam pembuatan skripsi ini.

BAB II : KAJIAN PUSTAKA

Pada bab ini dibahas teori teori yang mendukung dalam mengkoordinasi sistem proteksi untuk kehandalan pada sistem.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Dalam 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 PEMBAHASAN

Dalam bab ini berisikan tentang hasil dan pembahasan dari penelitian yang dilakukan yaitu dengan membandingkan kinerja relay sebelum diseting dan kinerja relay sesudah diseting serta perhitungan setingan relaynya berdasarkan rumus yang ada.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini berisi kesimpulan-kesimpulan yang diperoleh dari perencanaan dan pembuatan skripsi, serta saran – saran guna penyempurnaan dan pengembangan sistem lebih lanjut.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Proteksi Generator

Generator adalah peralatan sistem tenaga yang paling mahal, dan terkena berbagai kemungkinan untuk terganggu. Kegagalan unit pembangkit akan menyebabkan kelebihan beban pada unit lain bahkan dapat menyebabkan ketidakstabilan. Sistem proteksi generator perlu mendeteksi semua kondisi abnormal, tetapi sederhana dan proteksi harus benar-benar handal. Rele hanya harus mentripkan CB jika diperlukan, dan jika relay harus bekerja maka relay tidak boleh gagal atau terlambat. Resiko yang dihadapi bila gagal adalah pemadaman panjang, kerusakan yang sukar diperbaiki, atau keduanya (Marsudi, D. 2011).

Masalah lain dalam perlindungan generator yaitu dengan tripnya CB, gangguan tidak akan berhenti karena penggerak awal yang sedang bekerja dan sistem eksitasi masih terhubung. Oleh karena itu pembukaan CB dilakukan bersamaan dengan menghentikan masukan bahan bakar atau aliran air dan pemutusan eksitasi saat itu, diikuti oleh pengereman. Pada saat start awal, sistem proteksi tidak harus bekerja untuk mentrip CB disebabkan oleh frekuensi atau tegangan generator yang belum mencapai nilai normal (Marsudi, D. 2011).

Sebagai sumber energi listrik dalam sistem daya, generator memiliki peranan penting, sehingga tripnya PMT/CB pada pembangkit tidak diinginkan karena sistem ini sangat mengganggu, terutama pembangkit listrik besar. Dan juga karena penempatannya di hulu, maka PMT/CB generator tidak boleh mudah bekerja tetapi juga harus tetap aman untuk generator, meskipun banyak gangguan dalam sistem (Marsudi, D. 2011).

Untuk menjaga keandalan kerja generator, maka diberikan alat pelindung pada generator. Peralatan perlindungan Generator harus benar-benar mencegah kerusakan Generator, karena kerusakan generator selain biaya perbaikan yang mahal ini juga sangat mengganggu berjalannya sistem. Perlindungan generator juga harus mempertimbangkan perlindungan untuk mesin penggerak, karena generator digerakkan oleh mesin penggerak pertama (Marsudi, D. 2011).

2.2 Pengertian Relay Proteksi

Relai proteksi adalah perangkat elektronik dan magnetik yang dirancang untuk mendeteksi kondisi abnormal yang tak dikehendaki terjadi di peralatan sistem tenaga listrik. Jika terjadi kondisi abnormal pada sistem tenaga, maka secara otomatis peralatan proteksi akan menyampaikan sinyal atau perintah untuk membuka PMT/CB dibagian yang abnormal supaya dapat dipisahkan dari sistem normal. Relay proteksi berfungsi juga untuk memberitahu lokasi dan jenis gangguan sehingga memudahkan teknisi dalam menilai dan memperbaiki sistem (Ir.Badaruddin, 2007).

2.3 Pengertian Proteksi Pembangkit

Relay proteksi pembangkit adalah suatu relay proteksi yang digunakan untuk mengamankan peralatan-peralatan listrik yang ada di pembangkit seperti Generator, Transformator Utama, Transformator Bantu dan pada motor-motor listrik pemakaian sendiri di suatu pembangkit, baik itu di PLTU, PLTG, PLTGU, PLTD, PLTA dan lain-lain (Ir.Badaruddin, 2007).

2.4 Fungsi dan Peranan Relay Proteksi

Nilai investasi peralatan listrik pada suatu pembangkit listrik sangat besar dananya. Diharapkan kelangsungan operasi dan efisiensi peralatan tersebut selalu dalam keadaan stabil agar kerugian material dan gangguan pelayanan listrik dapat ditekan sekecil mungkin (Ir.Badaruddin, 2007).

Fungsi dan peranan relay proteksi pada pembangkit adalah sebagai berikut:

- a. Memberikan tanda bahaya atau membuka *Circuit Breaker* (CB) sehingga memisahkan sebagian dari sistem tersebut selama terjadinya kondisi yang tidak normal.
- b. Memisahkan bagian sistem lain yang terganggu secepat mungkin sehingga kerusakan instalasi yang terganggu atau yang dilalui arus gangguan dapat dihindari atau dibatasi seminimum mungkin dan bagian sistem lainnya tetap dapat beroperasi.

- c. Mendeteksi adanya gangguan atau keadaan abnormal lainnya yang dapat membahayakan peralatan atau sistem.
- d. Mengamankan manusia terhadap bahaya yang ditimbulkan oleh listrik.
- e. Melepas tenaga apabila di anggap berbahaya bagi peralatan-peralatan listrik seperti : generator, motor, trafo dan sebagainya.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa fungsi dan peranan relay proteksi adalah seperti berikut:

1. Mencegah kerusakan peralatan,
2. Mencegah meluasnya gangguan kesistem,
3. Meminimalisir bahaya terhadap manusia.

2.5 Keuntungan Relay Proteksi

Keuntungan menggunakan relay proteksi adalah: (Ir.Badaruddin, 2007)

1. Relay-relay digunakan untuk memutuskan suplay pada suatu bagian power system yang mengalami gangguan atau operasi abnormal. Jadi dapat dikatakan bahwa relay memberikan sinyal pada *circuit breaker* (CB) untuk segera mengisolasi bagian yang terganggu.
2. Relay dapat menunjukkan indikasi tipe gangguan yang terjadi dan lokasi gangguan sehingga dapat membantu untuk mencari gangguan dan mempermudah perbaikan.

2.6 Syarat-syarat Relay Proteksi

Sistem proteksi bertujuan untuk mengidentifikasi gangguan dan memisahkan bagian-bagian abnormal dari bagian normal, pada saat yang sama relay harus mengamankan bagian normal dari kerusakan. Apabila tidak maka kerugiannya menjadi lebih besar. 5 syarat yang harus dimiliki oleh sistem proteksi kelistrikan, yaitu : (Ir.Badaruddin, 2007)

➤ **Selektifitas (*selectivity*)**

Sistem proteksi harus dapat memilih bagian sistem yang harus diisolir apabila relai proteksi mendeteksi gangguan. Bagian yang dipisahkan dari sistem yang normal adalah bagian yang terganggu saja.

➤ **Keandalan (*reliable*)**

Sebuah sistem dikatakan perlingkungannya handal jika bisa bekerja dengan teliti pada berbagai kondisi sistem. Sistem proteksi yang handal dibagi menjadi dua unsur, yaitu kemampuan relay yang selalu bekerja dengan baik saat kondisi tidak normal dan kemampuan untuk tidak bekerja pada kondisi normal.

➤ **Kecepatan Kerja**

Tujuan terpenting dari sistem proteksi adalah memutuskan bagian yang dalam kondisi abnormal dari sistem normal dengan cepat sehingga tidak membuat kerugian yang lebih besar. Sistem proteksi harus mempunyai level kecepatan yang tinggi agar kualitas pelayanan keamanan manusia, peralatan dan stabilitas operasi menjadi lebih tinggi.

➤ **Sensitifitas (*sensitivity*)**

Sensitifitas adalah kepekaan system proteksi dalam menyampaikan perintah untuk memutuskan CB terhadap semua jenis gangguan dengan tepat yaitu pada wilayah yang terjadi gangguan.

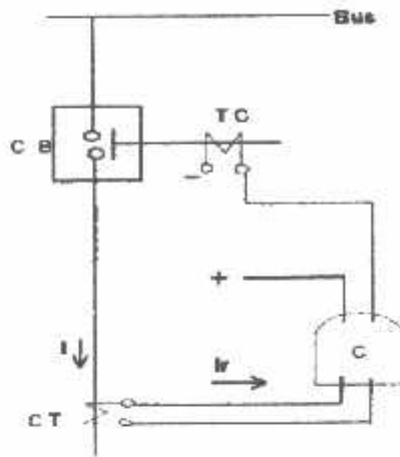
➤ **Ekonomis dan sederhana.**

Sistem proteksi yang digunakan diharapkan ekonomis tetapi tidak boleh mengesampingkan nilai fungsi dan kehandalan sistem proteksi tersebut.

2.7 Jenis Relay pada Generator

2.7.1 Over Current Relay (OCR)

Relay arus lebih adalah suatu relay yang beroperasi apabila ada peningkatan arus yang melebihi 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 PMT (CB), sehingga relay ini dapat dipakai sebagai pola pengaman arus lebih (Sutarti, 2010).



Gambar 2.1 Single Line Diagram Over Current Relay (OCR)

Relay arus lebih berfungsi sebagai:

1. Pengaman gangguan hubung singkat antar fasa maupun fasa ke tanah
2. Pengaman beban lebih
3. Pengaman utama atau cadangan

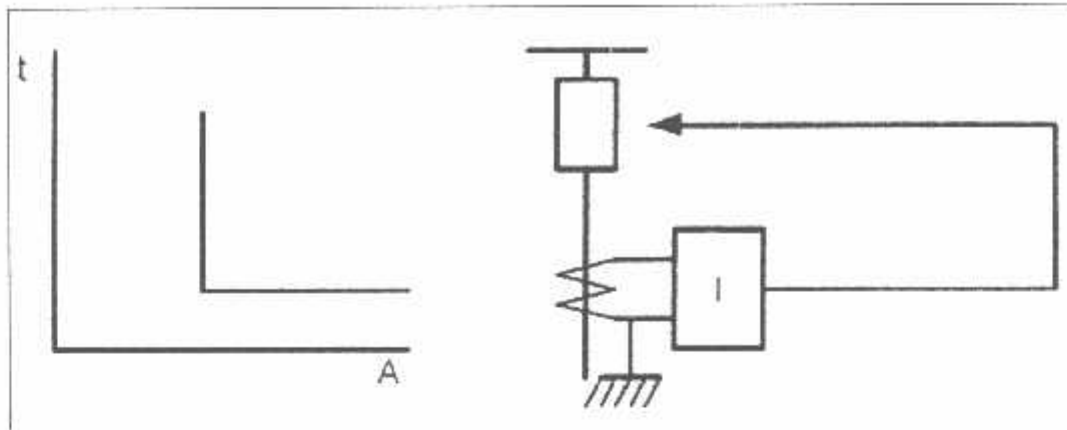
a) Karakteristik relay arus lebih

Karakteristik *over current relay (OCR)* berdasarkan arus (I) dan waktu (t) antara lain:

1. Instantenous ($t=0$)

Instantenous yaitu karakter tanpa *time delay*, apabila terjadi gangguan maka relay langsung trip (20 ms – 60 ms).

Relay arus ini digunakan untuk pengaman arus hubung singkat yang besar (*high set*) sehingga *tripping time* pada arus gangguan yang besar, relay akan bekerja seketika (Sutarti, 2010).



Gambar 2.2 Karakteristik Relay Waktu Seketika (*Instantenous*)

2. Time Delay

Setting karakteristik *time delay* ini dibagi menjadi dua yaitu: (Sutarti, 2010)

a. *Definite Time* (Waktu Tertentu)

Ketika terjadi gangguan maka secara otomatis akan mengaktifkan relay, yang kemudian relay akan memulai timer dan kemudian tugas *tripping coil* (TC) untuk melepaskan PMT / CB. Relay arus lebih tertentu adalah jenis relay arus lebih dimana jangka waktu relay mulai *pick-up* sampai selesainya kerja relay dapat diperpanjang dengan nilai tertentu dan tidak tergantung dengan besar arus yang mengerjakannya (tergantung dari besarnya arus setting maka waktu kerja relay ditentukan oleh waktu settingnya) (Sutarti, 2010).

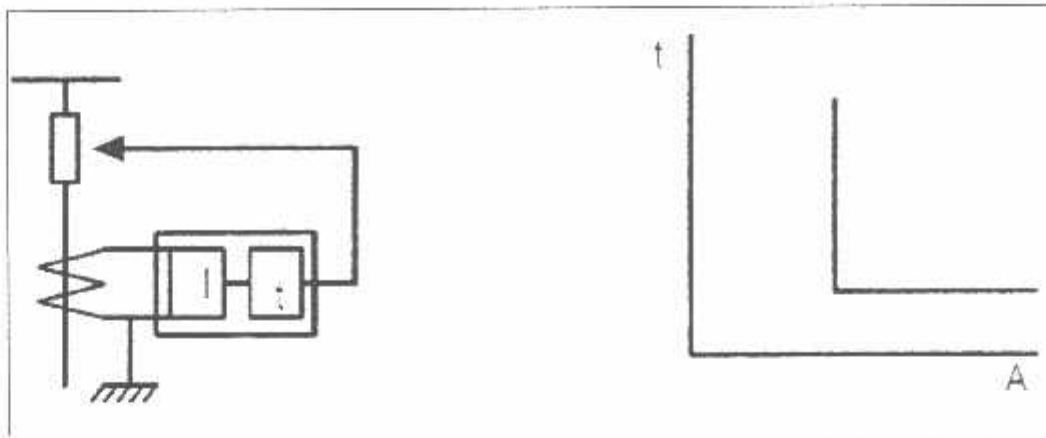
setting *Defenite Time* OCR pada *current trafo* (CT) adalah sebagai berikut:

$$I_{set} = 1,5 \times I_{nt} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$t_{set} = t_f \times \Delta_t \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana I_{nt} adalah arus nominal trafo, t_f adalah setting waktu OCR pada *feeder* (umumnya 0,4 – 0,5 detik) dan Δ_t adalah beda waktu yang harus diberikan untuk mendapatkan selektifitas. Harga Δ_t antara 0,4 – 0,5 detik. Setting tersebut sudah memenuhi pertimbangan berikut:

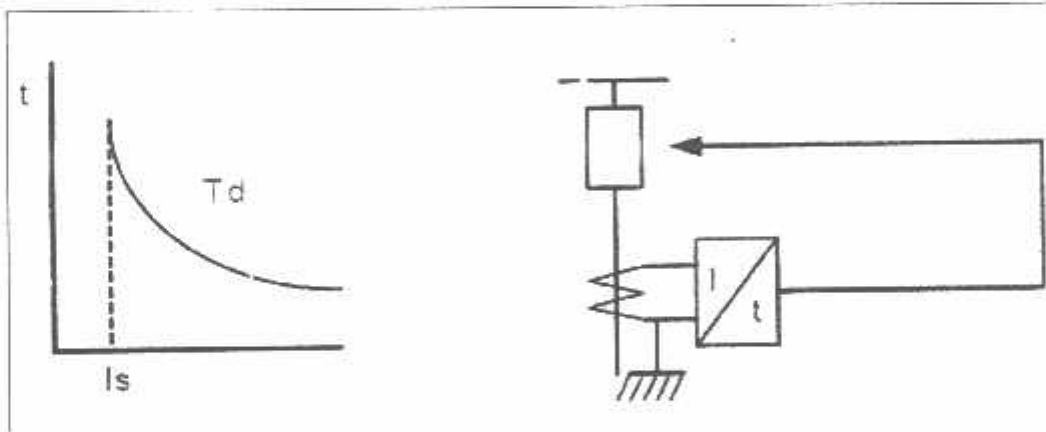
- Tidak mendeteksi keadaan *overload*
- Memberikan *back-up protection* bagi *outgoing fedeer*
- *Drop-off / pick-up ratio* dari relay.



Gambar 2.3 Karakteristik Relay Waktu Tertentu (*Definite Time*)

b. *Invers Time* (Waktu Terbalik)

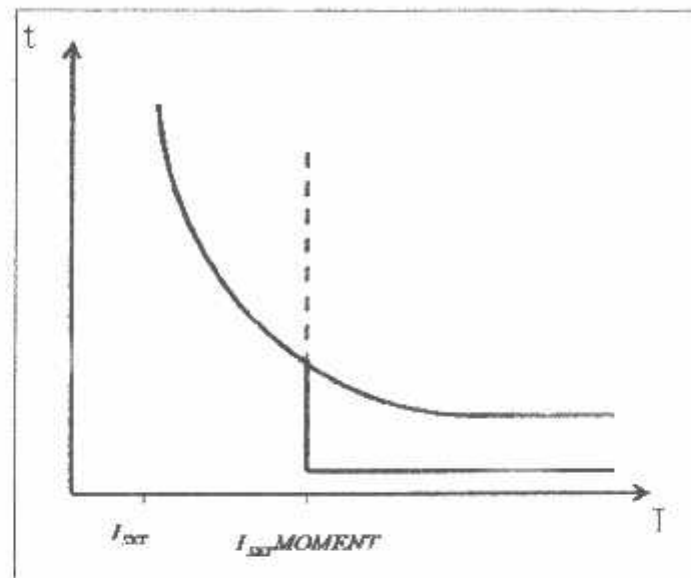
inverse time yaitu pada waktu terjadi gangguan, karakteristik grafiknya berbanding terbalik antara arus dengan waktu. Yang mana semakin besar arus gangguan maka semakin cepat waktu yang dibutuhkan untuk membuka pemutus (PMT/CB) sehingga dalam setting relei perlu mengetahui besarnya arus hubung singkat pada tiap-tiap bus terminal generator.



Gambar 2.4 Karakteristik Relay Waktu Terbalik (*Inverse Time*)

3. Kombinasi (Gabungan *Instantenous* dan *Time Delay*)

Karakteristik ini adalah kombinasi dari *instantenous* dan *Time Delay*, yang mana dapat dilihat pada kurva karakteristik dibawah ini. (Sutarti, 2010).



Gambar 2.5 Karakteristik Relay Waktu Kombinasi

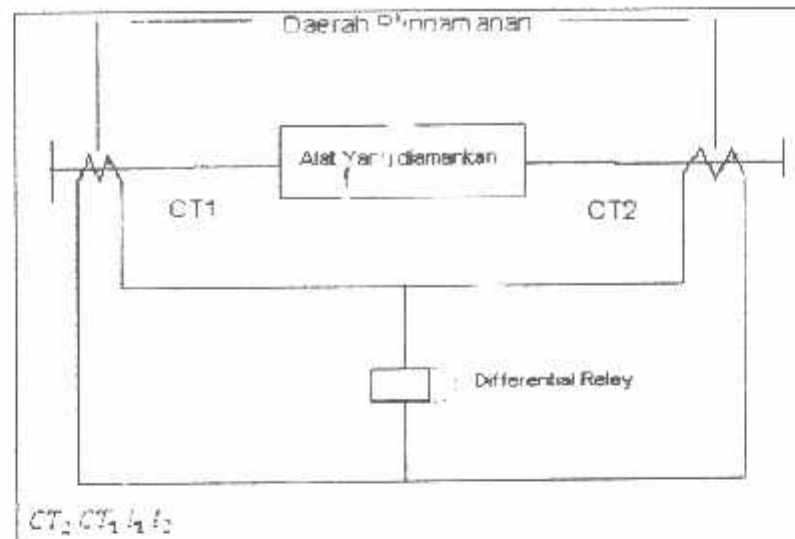
2.7.2 *Differetial Relay*

Relay diferensial prinsip kerjanya berdasarkan hukum *kirchof*, dimana arus yang masuk pada suatu titik, sama dengan arus yang keluar dari titik tersebut seperti gambar dibawah (Arie Septayudha, 2002).



Gambar 2.6 Prinsip Hukum *Khirchof*

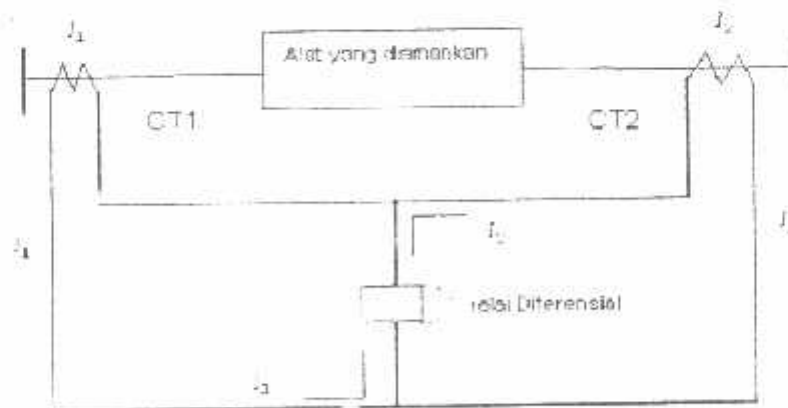
Jika peralatan dijamin tanpa gangguan apapun atau gangguan terjadi di luar daerah yang diamankan maka arus yang mengalir pada trafo arus (CT_1 dan CT_2) akan sama dengan nol, atau tidak memiliki rasio arus dan sudut pergeseran fasa tertentu, sehingga relay tidak bekerja. Tapi jika ada gangguan pada peralatan yang dilindungi, akan ada perbedaan aliran arus pada transformator arus (CT_1 dan CT_2) sehingga hal ini akan mengaktifkan relay untuk bekerja (Arie Septayudha, 2002).



Gambar 2.7 Differential Relay

Dengan demikian relay ini tidak perlu diberikan perlambatan waktu, karena relay bekerja hanya didalam daerah pengamanannya saja. Adapun cara untuk membandingkan I_1 dan I_2 adalah dengan membandingkan besar dan sudut fasa dengan arus sekunder dari CT_1 dan CT_2 . Dengan demikian pengaman *differential* merupakan pengaman yang sangat selektif dan cepat bekerjanya, karena sifat tersebut diatas, maka relay diferensial mempunyai sifat selektif atau mutlak. Relay ini digunakan sebagai pengaman utama, tetapi tidak dapat digunakan sebagai pengaman cadangan atau diluar daerah pengamanannya dan yang mengawasi daerah pengamanan adalah trafo arus (CT_1 dan CT_2), relay ini ditujukan sebagai pengaman terhadap gangguan hubung singkat antar fasa ataupun satu fasa ketanah untuk system dimana arus hubung singkat satu fasa ketanah cukup besar (Arie Septayudha, 2002).

a) Keadaan normal atau gangguan diluar daerah yang diamankan:



Gambar 2.8 Differential Relay Dalam Keadaan Normal

Arus yang mengalir pada relay R adalah:

$$I_1 = \text{Arus primer } CT_1$$

$$I_2 = \text{Arus sekunder } CT_2$$

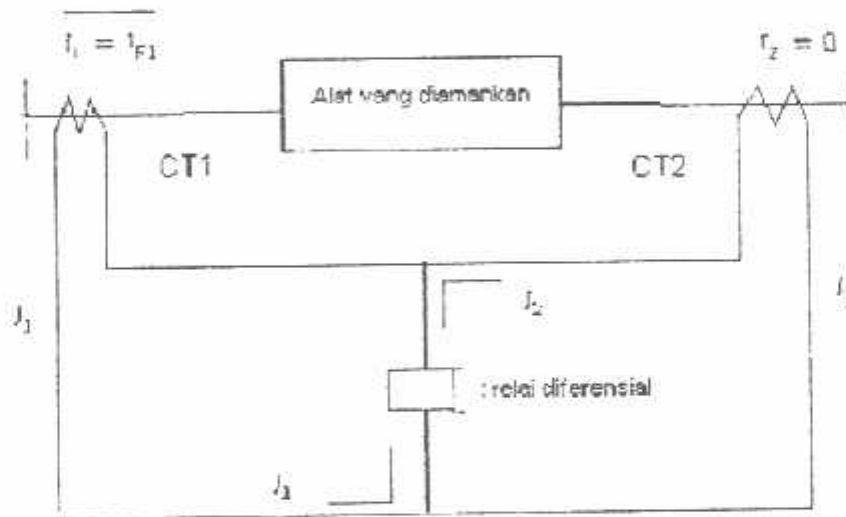
Dengan menganggap suatu hal trafo arus CT_1 dan CT_2 sama atau sesuai dengan keadaan normal (tidak ada gangguan) ataupun ada gangguan diluar daerah pengamanannya, I_1 dan I_2 akan mempunyai nilai yang sama tetapi dengan arah vector yang berlawanan, sehingga dari hubungan diatas didapat:

$$I_d \text{ ideal} = 0 \text{ (nol)} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dalam hal ini relay tidak bekerja karena tidak ada arus yang melewati relay.

b) Keadaan gangguan didalam daerah pengamanannya:

- **Sumber dari satu arah**



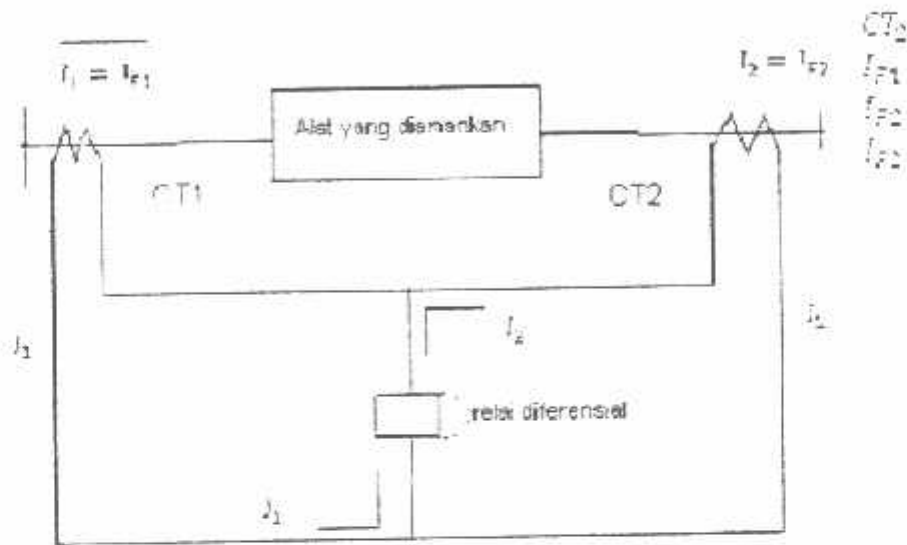
Gambar 2.9 Differential Relay Saat Terjadi Gangguan

Jika terjadi gangguan hubung singkat didalam daerah pengamanannya maka arus yang mengalir pada CT_1 akan menjadi besar sedangkan arus yang mengalir pada CT_2 akan mendekati nol. Dengan demikian arus pada I_1 akan menjadi besar dan arus I_2 mendekati nol. Hal ini terjadi karna arus gangguan yang besar hanya mengalir pada salah satu sisinya saja (Arie Septayudha, 2002).

$$I_d = I_1 \times I_2 \quad I_2 = 0 \quad I_d = I_1 \dots\dots\dots (2.4)$$

Adanya arus $I_d = I_1$ yang cukup besar akan mengalir melalui relay, sehingga relay akan bekerja dan akan memberikan signal trip ke pemutus tenaga yang berada di kedua sisi dari peralatan listrik yang diamankan. Dengan demikian peralatan listrik yang terganggu dipisahkan dari jaringan yang bertegangan (Arie Septayudha, 2002).

- **Sumber dari dua arah**



Gambar 2.10 *Differential Relay Sumber Dua Arah*

Dalam keadaan tidak ada gangguan maka arus akan mengalir dari A ke B atau dari B ke A tergantung dari kondisi pembangkitan dan beban di A maupun di B. jika terjadi gangguan pada peralatan yang diamankan, maka akan mengalir arus gangguan I_{f1} dan I_{f2} dengan arah menuju ke titik gangguan.

Bila sebelum gangguan arus mengalir dari A ke B, maka saat terjadi gangguan arus gangguan I_{f2} yang mengalir pada trafo arus CT₂ adalah berbalik arah 180°, dengan demikian arus yang mengalir pada relay diferensial (I_d) merupakan jumlah vector I_1 dan I_2 adalah: (Arie Septayudha, 2002)

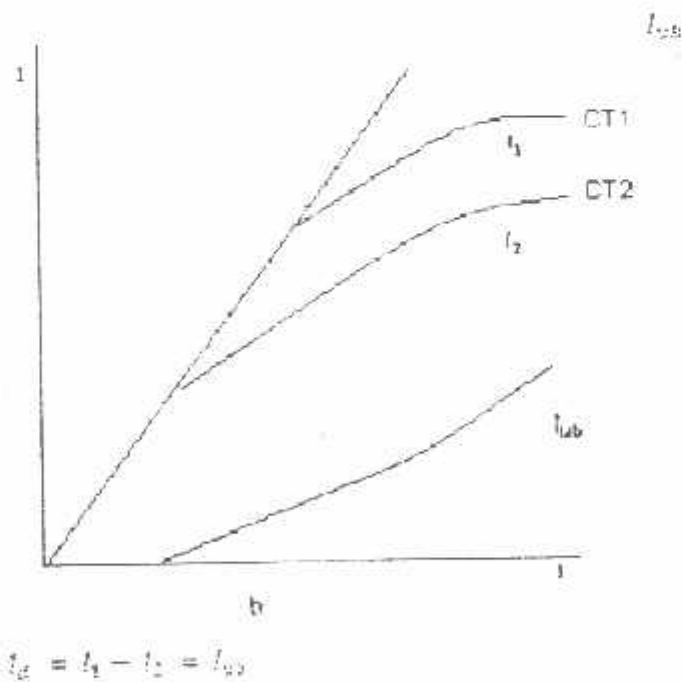
$$I_d = I_1 + I_2 \dots\dots\dots (2.5)$$

Karena adanya arus I_d yang besar mengalir melalui relay diferensial, maka relay tersebut akan bekerja. Relay diferensial merupakan relay satu fasa, sehingga untuk system tiga fasa harus digunakan tiga relay arus lebih, untuk generator penyambung relay diferensial. Suatu hal yang perlu diperhatikan agar rangkaian

relay diferensial ini dapat bekerja dengan baik dan benar, impedansi lilitan sekunder trafo arus CT₁ dan CT₂.

c) Ketidakseimbangan arus dan penyetelan arus kerja

Pada suatu trafo arus jika dilalui arus yang besar secara terus menerus maka akan timbul kejenuhan pada intinya sehingga akhirnya akan menyebabkan tidak liniernya lagi arus sekunder terhadap kenaikan arus primernya. Walaupun trafo arus untuk *differential relay* telah identik, bila beban sekunder masing-masing trafo arus tidak sama, maka akan terjadi kejenuhan yang tidak sama. Yang dimaksud beban dalam hal ini adalah kawat penghubung dari trafo arus ke relay diferensial dan relay arus lebih. Kejenuhan trafo arus yang tidak dapat tepat sama pada rangkaian differential menyebabkan tidak efektif saat bekerja, bila terjadi gangguan diluar daerah pengamanannya walaupun arus primernya sama (sebanding), tetapi arus sekunder dan karena kejenuhan trafo arus yang tidak dapat tepat sama pada rangkaian diferensial, menyebabkan bila terjadi gangguan diluar daerah pengamanannya walaupun arus primernya sama (sebanding), tetapi arus I_1 dan I_2 tidak akan sama (Ir.Badaruddin. R.A.L, 2007).



Gambar 2.11 Ketidakseimbangan *Differential Relay*

Dengan demikian arus pada rangkaian diferensial adalah:

$$I_d = I_1 - I_2 = I_{ub} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana: I_{ub} = arus ketidakseimbangan.

Arus ketidakseimbangan maksimum terjadi pada saat mulai terjadinya hubung singkat, sehingga hal tersebut lebih mempercepat adanya kejenuhan pada trafo arus (CT). pemilihan trafo arus diusahakan sedemikian rupa agar untuk arus gangguan yang mungkin terjadi trafo arus itu masih bekerja di daerah yang linier. Bila hal ini dapat dipenuhi maka akan didapat keadaan ideal yaitu: $I_1 = I_2$. Tetapi pada kenyataannya hal ini sukar didapat, sehingga pada umumnya I_1 tidak sama dengan I_2 (Ir.Badaruddin. R.A.L, 2007).

Oleh karena itu penyetelan arus kerja dari pada relay diferensial didasarkan pada dua hal yaitu:

- a. Berdasarkan pada pengaruh adanya ketidakseimbangan arus pada waktu terjadi gangguan diluar daerah yang diamankan:

$$I_{op} = k_{af} \times I_{ub \text{ maks}} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana : I_{op} = arus kerja ideal

k_{af} = factor keamanan (*safety faktor*)

$I_{ub \text{ maks}}$ = ketidakseimbangan arus maksimum yang mungkin terjadi ada gangguan diluar daerah pengamanannya. Dalam hal ini bila terjadi gangguan diluar daerah pengamanannya, proteksi diferensial tetap tidak boleh bekerja, sedangkan bila terjadi gangguan didaerah pengamanannya, dimana arus yang mengalir melalui relay melebihi arus kerjanya maka relay harus bekerja.

- b. Penyetelan berdasarkan pada arus beban maksimum:

$$I_{op} = k_{af} \times \frac{I_m}{k_{ct}} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana: I_m = arus beban maksimum dari peralatan yang diamankan.

k_{ct} = perbandingan trafo arus

Dalam beberapa hal dimana arus hubung singkatnya tidak/belum terlalu besar, penyetelan diatas bekerjanya relay kurang sensitive. Hal ini disebabkan karena arus yang mengalir pada rangkaian diferensial masih dibawah atau baru mendekati arus kerja relay. Jika hal ini terjadi maka penyetelan relay

arus didasarkan pada penyetelan pertama atau diambil kompromi antar penyetelan pertama dan kedua atau digunakan relay jenis lain yaitu menggunakan relay *presentase differential* yang akan diuraikan kemudian.

2.7.3 Relay Diferensial Presentase

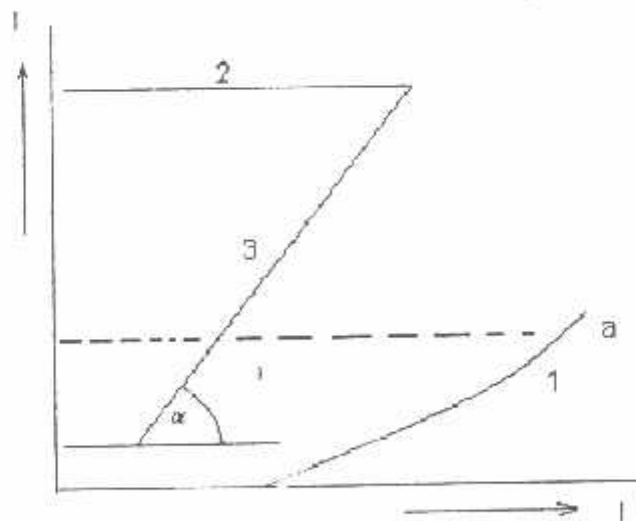
Kepekaan proteksi diferensial adalah menyatakan dengan factor kepekaan (ks):

$$k_a = \frac{I_{h\ min}}{I_{op}} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana : $I_{h\ min}$ = arus hubung singkat minimum yang terjadi pada daerah pengamanannya.

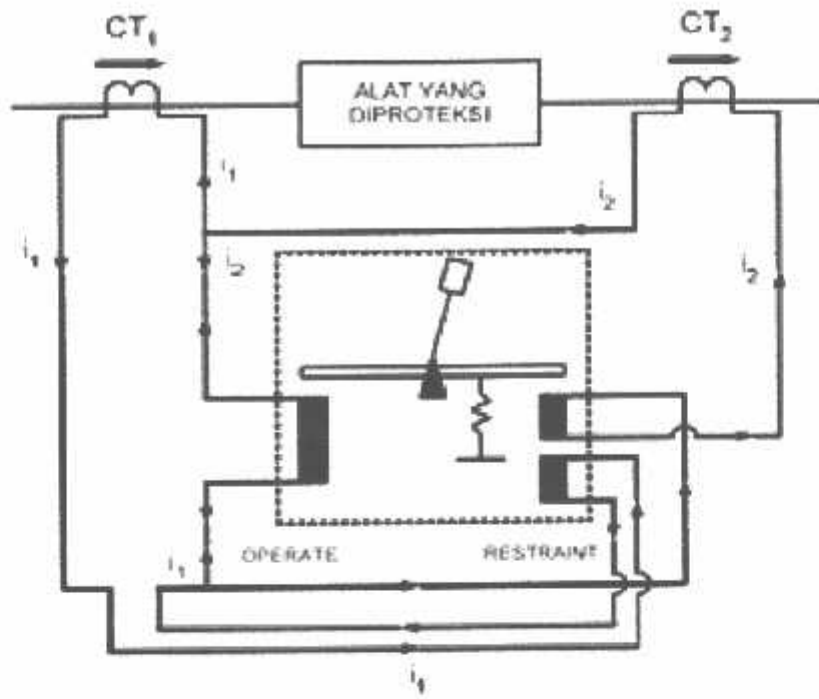
I_{op} = arus kerja relay yang dinyatakan pada sisi primer.

Jika nilai kepekaan relay diferensial terlalu rendah, misalnya lebih kecil dari dua, maka harus diusahakan untuk menaikkan harga kepekaan tersebut menjadi nilai yang lebih tinggi lagi. Untuk menaikkan kepekaan dari relay diferensial tersebut dapat dilakukan dengan beberapa cara, diantaranya akan ditinjau menaikkan kepekaan relay diferensial dengan cara membuat karakteristik relay diferensial mengikuti karakteristik arus ketidakseimbangan yaitu dengan jalan memasang kumparan penahan. Relay differential semacam ini disebut *relay differential presentase*, yang mempunyai karakteristik seperti gambar dibawah ini: (Ir.Badaruddin. R.A.L, 2007)



Gambar 2.12 Karakteristik *Differential Relay Presentase*

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa grafik 1 adalah menunjukkan adanya arus ketidakseimbangan sebagai fungsi dari adanya arus gangguan diluar daerah yang diamankan. Titik a adalah ketidakseimbangan maksimum. Untuk relay diferensial yang telah diuraikan diatas penyetelan arus kerjanya adalah tetap seperti yang ditunjukkan oleh garis lurus grafik 2, sehingga dengan adanya arus ketidakseimbangan seperti yang ditunjukkan oleh grafik 1 tersebut, maka kepekaan relay diferensial akan menurun dengan tajam jika arus gangguan hubung singkat terjadi diluar daerah pengamanannya. $I_{hs} < I_{ub\ maks}$. Untuk menghindari hal ini maka dibuat karakteristik relay seperti grafik 3, dimana selalu mendekati keadaan grafik 1. Sehingga terlihat bahwa karakteristik relay akan sebanding dengan adanya arus ketidakseimbangan yang timbul jika ada gangguan diluar daerah pengamanannya. Dengan demikian kepekaan relay dapat lebih baik untuk semua keadaan arus hubung singkat. Dalam keadaan normal atau gangguan diluar daerah yang diamankan, maka kumparan *restraining* akan dialiri arus yang besar, sedangkan pada kumparan *operating* tidak atau hanya dialiri oleh arus ketidakseimbangan yang kecil. Lihat gambar dibawah , sehingga $T_o < T_r$,dengan demikian relay tidak akan bekerja. Bila terjadi gangguan didaerah pengamanannya dengan sumber dari satu arah, misalnya dari A maka arus hanya mengalir melalui kumparan *operating*, sedangkan pada kumparan *restraining* dilalui arus, maka $T_o > T_r$ setengah dari kumparannya, dan bila $W_o > W_r$ maka relay akan bekerja (Ir.Badaruddin. R.A.L, 2007).



Gambar 2.13 *Differential Relay Presentase*

Dalam hal sumber dari dua arah dan gangguan didaerah pengamanannya, maka pada gambar diatas dapat dilihat bahwa arus yang mengalir pada kumparan *restraining* akan berbalik arah, dalam hal ini relay akan menjadi lebih peka.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Yang Digunakan

Dalam pengujian relay arus lebih (*OCR*) dan relay diferensial ini menggunakan acuan standart *ANSI/IEEE*. Pengujian dan penelitian tentang relay arus lebih dan relay diferensial dimulai dari sisi 70 kV sampai dengan sisi 6 kV generator 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 sebelum disetting dan saat relay telah disetting ulang.

3.2 Software ETAP Power Station

ETAP merupakan *software* full grafis yang dapat digunakan sebagai alat analisa untuk mendesain dan menguji kondisi sistem tenaga listrik yang ada. *ETAP* dapat digunakan untuk mensimulasikan system tenaga listrik secara *off line* dalam bentuk modul simulasi, monitoring data operasi secara *real time*, simulasi *system real time*, optimasi, manajemen energi sistem dan simulasi *intelligent load shedding*. *ETAP* didesain untuk dapat menangani berbagai kondisi dan topologi system tenaga listrik baik di sisi konsumen industri maupun untuk menganalisa performa sistem di sisi *utility*. *Software* ini dilengkapi dengan fasilitas untuk menunjang simulasi seperti jaringan AC dan DC (*AC and DC networks*), desain jaringan kabel (*cable raceways*), *grid* pentanahan (*ground grid*), *GIS*, desain panel, *arc-flash*, koordinasi peralatan proteksi (*protective device coordination/selectivity*), dan AC/ DC control sistem diagram (D.William, and Jr.Stevenson, 1990).

ETAP Power Station juga menyediakan fasilitas *Library* yang akan mempermudah desain suatu sistem kelistrikan. *Library* ini dapat diedit atau dapat ditambahkan dengan informasi peralatan. *Software* ini bekerja berdasarkan plant (*project*). Setiap plant harus menyediakan modelling peralatan dan alat-alat

pendukung yang berhubungan dengan analisa yang akan dilakukan. Misalnya generator, data motor, data kabel dll. Sebuah plant terdiri dari sub-sistem kelistrikan yang membutuhkan sekumpulan komponen elektrik yang khusus dan saling berhubungan. Dalam *Power Station*, setiap *plant* harus menyediakan data *base* untuk keperluan itu.

ETAP Power Station dapat digunakan untuk menggambarkan *single line* diagram secara grafis dan mengadakan beberapa analisa/studi yakni *Load Flow* (aliran daya), *Short Circuit* (hubung singkat), motor *starting*, harmonisa, *transient stability*, *protective device coordination*, dan *cable derating*.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam bekerja dengan *ETAP Power Station* adalah: (D.William, and Jr.Stevenson, 1990)

- **One Line Diagram**, menunjukkan hubungan antar komponen/peralatan listrik sehingga membentuk suatu sistem kelistrikan.
- **Library**, informasi mengenai semua peralatan yang akan dipakai dalam system kelistrikan. Data elektrik maupun mekanis dari peralatan yang detail/lengkap dapat mempermudah dan memperbaiki hasil simulasi/analisa.
- **Standar yang dipakai**, biasanya mengacu pada standar *IEC* atau *ANSI*, frekuensi sistem dan metode – metode yang dipakai.
- **Study Case**, berisikan parameter – parameter yang berhubungan dengan metode studi yang akan dilakukan dan format hasil analisa.
- Kelengkapan data dari setiap elemen/komponen/peralatan listrik pada sistem yang akan dianalisa akan sangat membantu hasil simulasi/analisa dapat mendekati keadaan operasional sebenarnya.



Gambar 3.1 Tampilan Utama *Software ETAP Power Station*

3.3 *Load Flow Analysis*

Dalam melayani beban yang dibutuhkan oleh konsumen dan pengoperasian tenaga listrik perlu dilakukan penganalisaan aliran daya, sehingga sistem yang dioperasikan dapat memenuhi persyaratan teknis yang sudah ditetapkan sebelumnya. Dalam analisa aliran daya dilakukan perhitungan terhadap tegangan, arus, daya aktif dan daya reaktif, yang terdapat dalam berbagai titik jaringan (D.William, and Jr.Stevenson, 1990).

Tujuan dari analisa daya sebagai berikut :

1. Mencari daya reaktif dan sudut fasa tegangan δ dari generator.
2. Untuk mendapatkan nilai daya aktif dan reaktif pada bus.
3. Untuk mengetahui apakah semua peralatan pada sistem memenuhi batas-batas yang telah ditetapkan untuk operasi penyaluran daya.
4. Untuk mengetahui kondisi awal pada sistem.
5. Untuk mengetahui daya yang mengalir disetiap saluran jaringan tenaga listrik.
6. Untuk mengetahui nilai profil tegangan pada setiap bus.

3.3.1 *Klasifikasi Bus*

Pada setiap bus dari jaringan terdapat parameter-parameter yaitu : daya aktif (P), daya reaktif (Q), rating tegangan $|v|$ dalam satuan PU dan sudut fasa tegangan δ .

Dengan melihat parameter diatas, setiap bus dapat diklasifikasikan menjadi 3 bagian :

1 Bus Beban (*Load Bus*) (PQ)

Pada bus ini hanya terdapat kebutuhan daya untuk memenuhi kebutuhan beban dimana P daya aktif dan Q daya reaktif diketahui, sementara $|v|$ dan δ berubah – ubah menurut kebutuhan. Oleh karena itu, $|v|$ dan δ harus ditentukan (dicari).

2 Bus Generator (PV)

Pada bus ini hanya terdapat daya pembangkit dimana $|v|$ diatur menggunakan regulator tegangan dan P diatur dengan governor. Sehingga untuk bus ini P dan $|v|$ diketahui. Sementara Q (daya reaktif) dan δ (sudut fasa) dicari.

3 Bus Slack

Pada bus ini $|v|$ dan δ sudah ditentukan besarnya sementara P dan Q dihitung. Biasanya nilai $|v|$ adalah 1 pu, sedangkan sudut fasa tegangan δ berharga nol, karena fasor tegangan dari bus dipakai sebagai referensi.

Daya total yang mengalir pada setiap bus dituliskan sebagai berikut :

$$S_k = P_k + jQ_k = V_k \times I_k \dots\dots\dots(3.1)$$

Atau

$$P_k + jQ_k = \sum_{n=1}^N Y_{kn} V_n \dots\dots\dots(3.2)$$

Dari persamaan $V_k = v_k + j\delta_k$ dan $Y_{k11} = G_{k11} + jB_{k11}$, maka menjadi :

$$P_k - jQ_k - (v_k + j\delta_k) = \sum_{n=1}^N (G_{k11} + jB_{k11})(V_n + j\delta_n) \dots\dots\dots(3.3)$$

Bila dituliskan dalam bentuk real dan imajiner maka persamaan diatas menjadi :

$$P_k = \sum_{n=1}^N \{v_k(v_k G_{kn} + \delta_k B_{kn}) + \delta_k(\delta_{kn} G_{kn} - v_k B_{kn})\} \dots\dots\dots(3.4)$$

$$Q_k = \sum_{n=1}^N \{\delta_k(v_k G_{kn} + \delta_k B_{kn}) - v_k(\delta_{kn} G_{kn} - v_k B_{kn})\} \dots\dots\dots(3.5)$$

(Hadi Saadat, 2004)

3.3.2 Metode *Newton Rhapson*

Proses yang dilakukan adalah membandingkan antara daya yang ditempatkan berdasarkan data ($P_{k,sched}$ dan $Q_{k,sched}$) dengan daya hasil

perhitungan ($P_{k,calc}$ dan $Q_{k,calc}$) menggunakan persamaan (3.4) dan (3.5) di atas. Selisih daya yang diterapkan dan perhitungan (ΔP_k dan ΔQ_k) dihitung dengan persamaan :

$$\Delta P_k = P_{k,sched} - P_{k,calc} \dots\dots\dots(3.6)$$

$$\Delta Q_k = Q_{k,sched} - Q_{k,calc} \dots\dots\dots(3.7)$$

Selisih daya dihitung dengan persamaan (3.6) dan persamaan (3.7) digunakan untuk menghitung nilai perubahan parameter tegangan bus, yaitu $\Delta |V_k|$ dan $\Delta |\delta|$, yaitu dengan menggunakan elemen Jacobian, sehingga koreksi terhadap nilai parameter tegangan yang telah ditetapkan nilai awal sebelumnya. Elemen Jacobian sendiri merupakan turunan parsial P dan Q terhadap masing-masing variabel pada persamaan (3.4) dan (3.5), yang dalam bentuk matriks dituliskan sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} \Delta P_1 \\ \dots \\ \Delta P_{n-1} \\ \Delta Q_1 \\ \dots \\ \Delta Q_{n-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial P_1}{\partial V_1} & \dots & \frac{\partial P_1}{\partial V_{n-1}} & \frac{\partial P_1}{\partial \delta_1} & \dots & \frac{\partial P_1}{\partial \delta_{n-1}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial P_{n-1}}{\partial V_1} & \dots & \frac{\partial P_{n-1}}{\partial V_{n-1}} & \frac{\partial P_{n-1}}{\partial \delta_1} & \dots & \frac{\partial P_{n-1}}{\partial \delta_{n-1}} \\ \frac{\partial Q_1}{\partial V_1} & \dots & \frac{\partial Q_1}{\partial V_{n-1}} & \frac{\partial Q_1}{\partial \delta_1} & \dots & \frac{\partial Q_1}{\partial \delta_{n-1}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial Q_{n-1}}{\partial V_1} & \dots & \frac{\partial Q_{n-1}}{\partial V_{n-1}} & \frac{\partial Q_{n-1}}{\partial \delta_1} & \dots & \frac{\partial Q_{n-1}}{\partial \delta_{n-1}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta v_1 \\ \dots \\ \Delta v_{n-1} \\ \Delta \delta_1 \\ \dots \\ \Delta \delta_{n-1} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 & J_2 \\ J_3 & J_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |v| \end{bmatrix} \dots\dots\dots(3.9)$$

Perubahan nilai tegangan bus dijumlahkan dengan nilai tegangan bus sebelumnya, yang kemudian nilai tegangan bus terbaru ini digunakan untuk menghitung kembali daya $P_{k,calc}$ dan $Q_{k,calc}$. Proses ini terus berulang, hal inilah yang disebut iterasi hingga mencapai kondisi dimana nilai perubahan daya ΔP dan ΔQ konvergen mencapai suatu nilai minimum yang telah ditentukan (bekisar 0,001 hingga 0,0001 pu).

Maka kesimpulan dari *Load Flow Analisis* pada *ETAP* adalah: berfungsi untuk menghitung tegangan bus, factor daya pada cabang-cabang dan daya yang mengalir diseluruh system tenaga elektrik. *ETAP* memberikan fasilitas untuk menentukan kondisi *power plant* yang berfungsi sebagai *swing* atau *voltage regulated* dan *unregulated* dengan beberapa hubungan *power grid* dan generator. *ETAP* memungkinkan melakukan perhitungan analisa aliran daya baik pada system *radial* maupun system *loop* dengan beberapa metode perhitungan untuk mendapatkan hasil perhitungan yang paling baik (Raj, Pushp. April 2009).

3.4 Short Circuit Analisis

Program analisis hubung singkat pada *ETAP* dapat digunakan untuk menganalisa pengaruh dari gangguan 3 fasa, 1 fasa ke tanah, antar saluran dan antar saluran ketanah yang terjadi pada suatu system tenaga listrik. Program ini akan menghitung arus hubung singkat total dan juga kontribusi arus hubung singkat dari motor, generator dan *power grid*. *ETAP Power Station* versi 7.0.0 menggunakan standar *ANSI/IEEE (seri C37)* dan *IEC (IEC 909 dan lainnya)* dalam menganalisa gangguan hubung singkat yang bisa dipilih sesuai dengan keperluan (Raj, Pushp. April 2009).

3.5 Star Device Coordination Analysis

Star Device Coordination Analysis ini digunakan untuk menjalankan simulasi kondisi *steady-state* dan koordinasi, Proteksi dan *testing* dinamik peralatan proteksi. *Star Device Coordination Analysis* memungkinkan studi koordinasi peralatan proteksi dapat dilakukan secara efisien dan mudah. Selain itu *Star Device Coordination Analysis* ini juga mendukung keperluan desain dan pengambilan keputusan untuk meningkatkan *reliability*, *stability* dan efisiensi system (D.William, and Jr.Stevenson, 1990).

3.6 Perhitungan dan Setting Ulang Relay Pengaman (OCR)

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 : (Ir.Pribadi Kadarisman, 2003)

- persamaan untuk menghitung arus nominal (I_n atau I_{base}) :

$$I_n = I_{base} = \frac{KVA}{\sqrt{3} \cdot KV} \dots\dots\dots (3.10)$$

$I_n = I_{base} =$ arus nominal

- Arus Setelan primer relay

$$I_p = \frac{kf}{kd} \times I_n \dots\dots\dots (3.11)$$

$I_p =$ arus setting primer

$kf =$ untuk define relay = 1,1 ; inverse relay = 1,2

$kd =$ untuk define relay = 0,7 – 0,9 ; inverse relay = 1,0

- Arus Setelan primer relay

$$I_s = I_p \times \text{rasio CT} \dots\dots\dots (3.12)$$

$I_s =$ arus setting relay

- Persamaan untuk menghitung waktu kerja relay :

- NI01 : *Normal Inverse time-delayed characteristic*

$$t = \frac{0,14}{I^{0,02-1}} \times Tms \dots\dots\dots (3.13)$$

- VI01 : *Very Inverse time-delayed characteristic*

$$t = \frac{13,5}{I-1} \times Tms \dots\dots\dots (3.14)$$

- EI01 : *Extremely Inverse time-delayed characteristic*

$$t = \frac{80}{I^2-1} \times Tms \dots\dots\dots (3.15)$$

- LI01 : *Long Inverse time-delayed characteristic*

$$t = \frac{54}{I-1} \times Tms \dots\dots\dots (3.16)$$

- o D101 : *Definite Inverse time-delayed characteristic*
 $t = 2 \times Tms \dots\dots\dots (3.17)$

t = waktu kerja relay

I = arus gangguan terbesar dibagi dengan arus setting primer

Tms (*Time Multipe Setting*) = waktu awal setting relay

3.7 Perhitungan dan Setting Ulang Relay Pengaman (*Differential Relay*)

untuk melakukan perhitungan setting relay diferensial, maka persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut: (Liem Ek Bien & Dita Helna, 2007)

$$I_{\text{relay}} = I_{\text{base}} \times CT \text{ (sisi sekunder)} \dots\dots\dots (3.18)$$

$$I_{\text{relay}} = I_{\text{base}} \times \frac{I_{\text{sekunder}}}{I_{\text{primer}}} \dots\dots\dots (3.19)$$

3.8 *Presentase 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 relay, sehingga selisih sedikit arus bisa ditoleransi dengan *setting slope* agar relay tidak terlalu sensitive. Apabila tidak diberi setting slope maka relay 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 (Liem Ek Bien & Dita Helna, 2007).

Untuk toleransi *error* dari kerja ini sebesar 1 A apabila ada arus gangguan yang masuk kedalam relay dengan selisih arus *error* I1 dan I2 ≥ 1 A maka relay akan bekerja, bila tidak ada gangguan maka I1 dan I2 akan seimbang sehingga relay tidak akan bekerja, untuk mengetahui perhitungannya yaitu :

$$I_{\text{relay}} = I1 - I2 = 0 \text{ A} \dots\dots\dots (3.20)$$

Pada kenyataannya untuk mendapatkan kedua nilai arus I1 dan I2 yang sama tidaklah mungkin, pasti ada perbedaan selisih meskipun hanya sedikit saja. Bila di salah satu nilai arus I1 atau I2 tidak sama maka setting dari *slope* yang telah ditentukan untuk memberikan nilai dimana relay tersebut akan bekerja bila salah satu nilai arus I1 atau I2 mengalami arus gangguan melebihi settingannya.

3.9 *Presentase Minimum Threshold*

Maksud dari *minimum threshold* adalah ambang minimum relay untuk bekerja (*pick up*). Pada *differential relay* ini harus disetting diatas nilai 0 karena bila setting tepat pada nilai 0 maka relay akan terlalu sensitive sehingga akan mudah mentriapkan PMT/CB (Liem Ek Bien & Dita Helna, 2007).

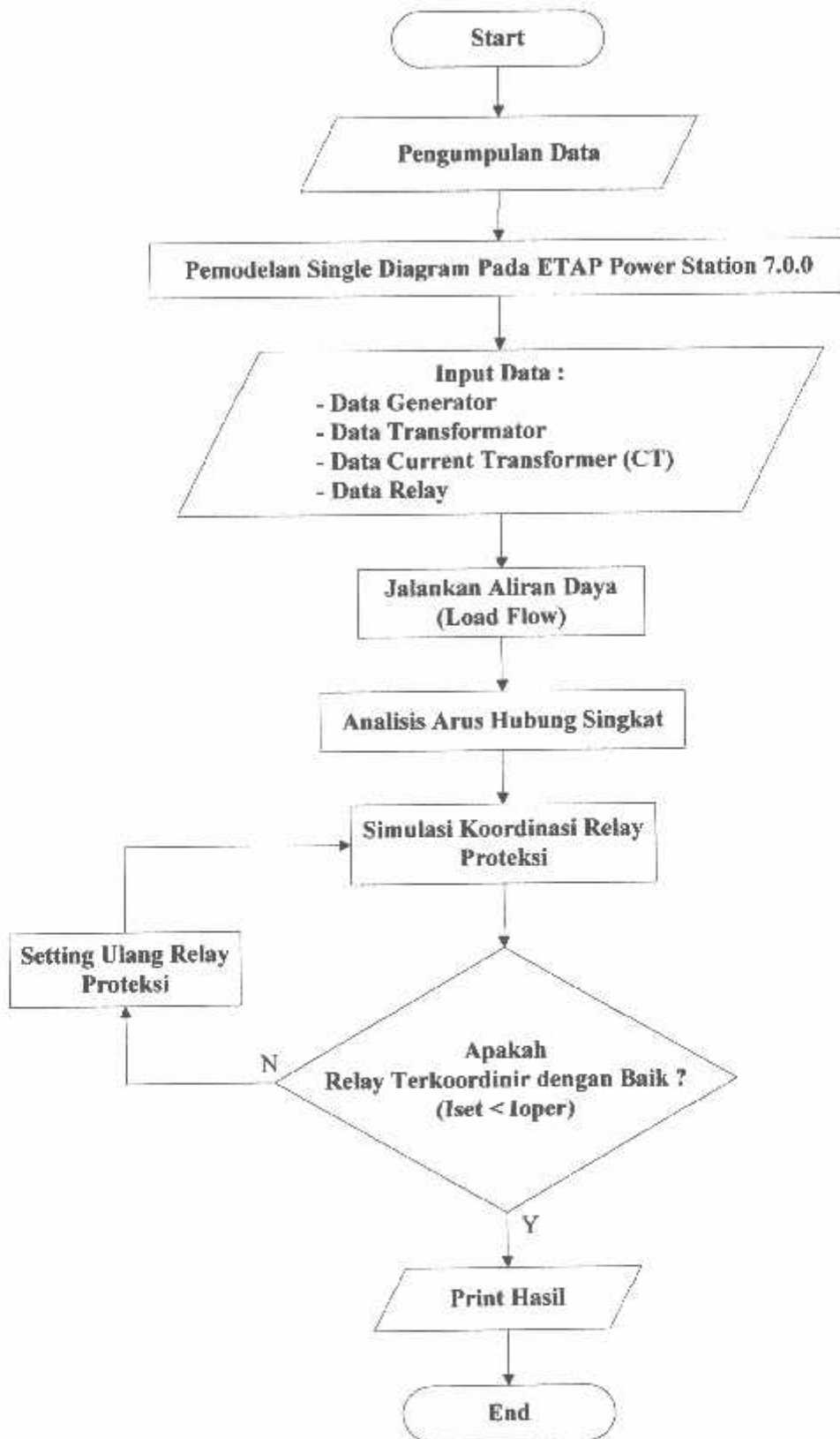
Setelah itu bisa menentukan nilai dari *threshold* (antara zona non-operasional dengan zona operasional) sebelum di setting ulang (berdasarkan *data sheet*) dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Threshold} = \\ \% \text{ insensitivity threshold} \times \% \text{ slope (toleransi)} \times \text{Is CT} \dots \dots \dots (3.21) \end{aligned}$$

3.10 Algoritma Simulasi Pada *Software ETAP Power Station 7.0.0*

1. Start
2. Pengumpulan data yang diambil di PLTU Bolok pada saat melakukan penelitian
3. Membuat pemodelan single line diagram PLTU Bolok pada *software ETAP Power Station 7.0.0*
4. Memasukan semua data yang telah didapatkan kedalam *single line* yang telah di gambarkan pada *ETAP Power Station 7.0.0*
5. Menjalankan program (*load flow*)
6. Melihat apakah ada kesalahan yang terjadi setelah program itu dijalankan atau di *load flow*
7. Menganalisis arus hubung singkat untuk menguji kinerja relay dengan menggunakan *short circuit analisis* yang ada pada *software ETAP Power Station 7.0.0*
8. Keluarkan report untuk mengetahui perhitungan arus gangguan yang terjadi pada saat program dijalankan
9. Menentukan apakah setingan relay itu sudah benar, ataukah perlu untuk disetting ulang
10. Kesimpulan dari pengujian yang dilakukan
11. Selesai

3.11 Flowchart (Desain Sistem)



Gambar 3.2 Flowchart

4.2 Data-Data Yang Dikumpulkan

4.2.1 Data-Data Generator Di PLTU Bolok:

Tabel 4.1 Data Generator Di Unit I

Pabrik	Nanjing, China
Tipe	QF-16.5-2
Serial	201101005
Kapasitas	16,5 MW
Tegangan	10,5 KV
Arus	1037 A
Putaran	3000 Rpm
Faktor kerja	0,85 delay
Jumlah kutup	2
Klas isolasi	F/B
Phase	3
Impedansi	13.21 %
Hubungan	Y (Bintang)
Sistem pendingin	Udara
Sistem kopling	Tetap
Frequency	50 Hz

Tabel 4.2 Data Generator Di Unit II

Pabrik	Nanjing, China
Tipe	QF-16.5-2
Serial	201101005
Kapasitas	16,5 MW
Tegangan	10,5 KV
Arus	1037 A
Putaran	3000 Rpm
Faktor kerja	0,85 delay
Jumlah kutup	2
Klas isolasi	F/B
Phase	3
Impedansi	13.21 %
Hubungan	Y (Bintang)
Sistem pendingin	Udara
Sistem kopling	Tetap
Frequency	50 Hz

Tabel 4.3 Data Generator Diesel

Pabrik	Nanjing, China
Kapasitas	900 KW
Tegangan	400 V
Putaran	1500 Rpm
Faktor kerja	0,8 delay
Jumlah kutup	4
Klas isolasi	F/B
Phase	3
Hubungan	Y (Bintang)
Sistem pendingin	Udara
Sistem kopling	Tetap
Frequency	50 Hz

4.2.2 Data-Data Transformer Di PLTU Bolok:**Data Main Transformer Unit I :****Tabel 4.4 Transformator Sisi 6.3 / 10.5 kV**

Pabrik	Nanjing
Tipe	S11-5000/10.5
Kapasitas	5000 kVA
Tegangan	6.3 / 10.5 kV
Phase	3 Phase
Impedansi	5.5 %
Tipe pendingin	ONAN
Vektor	D,Yn11
Frequency	50 Hz

Tabel 4.5 Transformator Sisi 10.5 / 70 kV

Pabrik	Shandong
Kapasitas	20 MVA
Tegangan	10.5 / 70 kV
Phase	3 Phase
Impedansi	8.5 %
Tipe pendingin	ONAN
Vektor	D,Yn11
Frequency	50 Hz

Data Main Transformer Unit II :

Tabel 4.6 Transformator Sisi 6.3 / 10.5 kV

Pabrik	Shandong
Tipe	S11-5000/10.5
Kapasitas	5000 kVA
Tegangan	6.3 / 10.5 kV
Phase	3 Phase
Impedansi	Ud=5.5 %
Tipe pendingin	ONAN
Vektor	D,Yn11
Frequency	50 Hz

Tabel 4.7 Transformator Sisi 10.5 / 70 kV

Pabrik	Shandong
Kapasitas	20 MVA
Tegangan	10.5 / 70 kV
Phase	3 Phase
Impedansi	8.5 %
Tipe pendingin	ONAN
Vektor	D,Yn11
Frequency	50 Hz

4.2.3 Transformator Sisi 0.4 / 6.3 kV

Tabel 4.8 Trafo I Sisi 0.4 / 6.3 kV

Pabrik	Shandong
Tipe	SCB10-250/10
Kapasitas	250 kVA
Tegangan	0.4 / 6.3 kV
Phase	3 Phase
Impedansi	4%
Tipe pendingin	ONAN/ONAF
Vektor	D,Yn11
Frequency	50 Hz

Tabel 4.9 Trafo II Sisi 0.4 / 6.3 kV

Pabrik	Shandong
Tipe	SCB10-500/10
Kapasitas	500 kVA
Tegangan	0.4 / 6.3 kV
Phase	3 Phase
Impedansi	4,5%
Tipe pendingin	ONAN/ONAF
Vektor	D,Yn11
Frequency	50 Hz

Tabel 4.10 Trafo III Sisi 0.4 / 6.3 kV

Pabrik	Shandong
Tipe	SCB10-2500/10
Kapasitas	2500 Kva
Tegangan	0.4 / 6.3 kV
Phase	3 Phase
Impedansi	6%
Tipe pendingin	ONAN/ONAF
Vektor	D,Yn11
Frequency	50 Hz

Tabel 4.11 Trafo IV Sisi 0.4 / 6.3 kV

Pabrik	Shandong
Tipe	SCB10-2500/10
Kapasitas	2500 Kva
Tegangan	0.4 / 6.3 kV
Phase	3 Phase
Impedansi	6%
Tipe pendingin	ONAN/ONAF
Vektor	D,Yn11
Frequency	50 Hz

4.2.4 Data-Data Relay Di PLTU Bolok:

Relay Pengaman Dari Generator Unit I:

Tabel 4.12 Relay Arus Lebih (51G1)

Pabrik	Siemens
Type	7UT612
Phase	
Over Current	
Current Setting	3,93 A
Pickup Range	0,4 – 20,0 (5ACT)
Relay Amp	3,93 A
TMS	0 – 100 S
Time Dial	5 S
Neutral	
Over Current	
Current Setting	0,71
Pickup Range	0,08 – 4,0 A
Time Dial	2 S
Negatif Sequence	
Over Current	
Current Setting	0,39 A
Pickup Range	0,15 - 2,5 A (5ACT)
Relay Amp	0,39
Time Dial	9 S
Instantaneous	
Pickup Range	0,25 – 2,5 A (5ACT)
Relay Amp	0,41
Time Dial	15 S

Tabel 4.13 Relay Differential (87G1)

Pabrik	ABB
Type	Kab
Arus Lebih	0,71A
Tap %	0 %
Ratio CT	1500 : 5
Persentase	0% - 20%

Relay Pengaman Dari Generator Unit II:**Tabel 4.14 Relay Arus Lebih (51G2)**

Pabrik	Siemens
Type	7UT612
Phase	
Over Current	
Current Setting	3,93 A
Pickup Range	0,4 – 20,0 (5ACT)
Relay Amp	3,93 A
TMS	0 – 100 S
Time Dial	5 S
Neutral	
Over Current	
Current Setting	0,71
Pickup Range	0,08 – 4,0 A
Time Dial	2 S
Negatif Sequence	
Over Current	
Current Setting	0,39 A
Pickup Range	0,15 - 2,5 A (5ACT)
Relay Amp	0,39
Time Dial	9 S
Instantaneous	
Pickup Range	0,25 – 2,5 A (5ACT)
Relay Amp	0,41
Time Dial	15 S

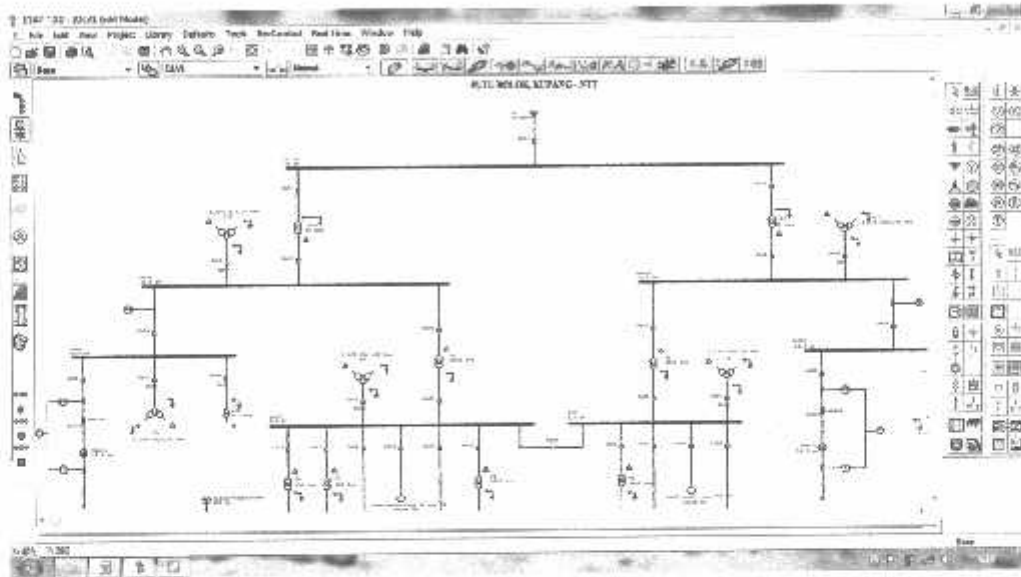
Tabel 4.15 Relay Diferensial (87G2)

Pabrik	ABB
Type	Kab
Arus Lebih	0,71 A
Tap %	0 %
Ratio CT	1500 : 5
Persentase	0% - 20%

4.3 Perencanaan Simulasi Menggunakan *ETAP Power Station*

1. Menggambar *Single Line Diagram* di *ETAP Power Station*

Menggambar *single line diagram* pada *software ETAP Power Station* didasarkan pada *single line diagram* yang diperoleh dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) di Bolok, Kupang Nusa Tenggara Timur.



Gambar 4.2

Single Line Diagram Jaringan Kelistrikan di PLTU Bolok, Kupang Nusa Tenggara Timur.

2. Input data Generator

Synchronous Generator Editor - GEN 1

Protection	PSS	Harmonic	Reliability	Fuel Cost	Remarks	Comment	
Info	Rating	Capability	Imp/Model	Grounding	Inertia	Exciter	Governor
10.5 kV 16.5 MW Swing							
Rating							
MW	kV	% PF	MVA	% Eff.	Poles		
16.5	10.5	85	19.412	95	2		
% of Bus kVnom			FLA	RPM			
100			1067	3000			
Gen. Category	% V	Angle	MW	Mvar	% PF	Qmax	Qmin
1 Design	100	0					
2 Normal	100	0					
3 Shutdown	100	0					
4 Emergency	100	0					
5 Standby	100	0					
6 Startup	100	0					
Prime Mover Rating			Mvar Limits				
Continuous		Peak	Capability Curve		Peak Mvar		
HP	MW	HP	MW	→ User-Defined	10.226		
22127	16.5	22127	16.5				
Operating Values							
% V		Angle	MW	Mvar			
100		0	0.015	0.008			

GEN 1

Gambar 4.3 Input Rating Generator

3. Input data Transformator di sisi 6.3 / 10.5 kV

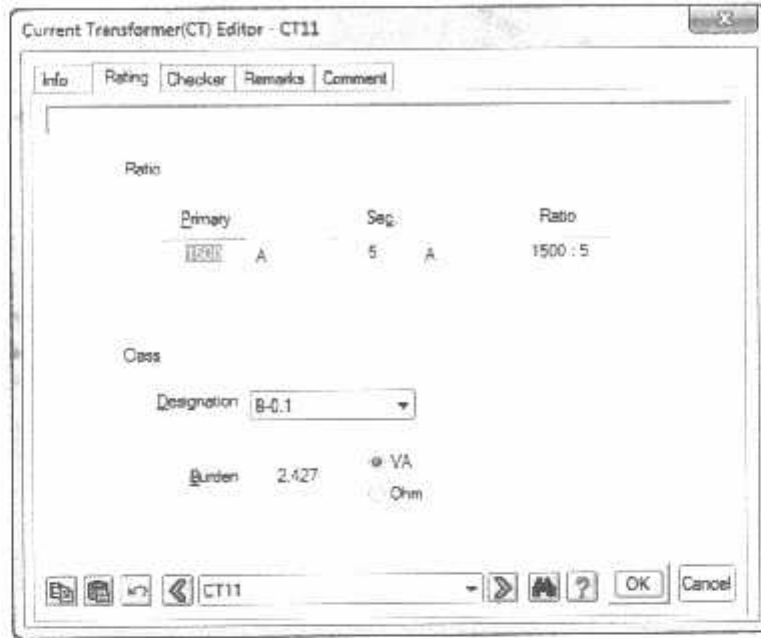
2-Winding Transformer Editor - T7

Info	Rating	Tap	Grounding	Swing	Protection	Harmonic	Reliability	Remarks	Comment
5000 kVA Liquid-Fill DA-FA 55/65 C									6.3 10.5 kV
Rating									Connected Bus
	kV	kVA	Max kVA	PLA	Nom. kV				
Prim.	6.3	5000	500000	458.2	6.3				
Sec.	10.5			274.8	10.5				
Impedance				Z Variation	Z Tolerance				
	% Z	Typical X/R		@ -5% Tap	%				
Positive	6.5	12.14		0	%				
Zero	6.5	12.14		@ +5% Tap	%				
		Typical Z & X/R		0	%				

T7

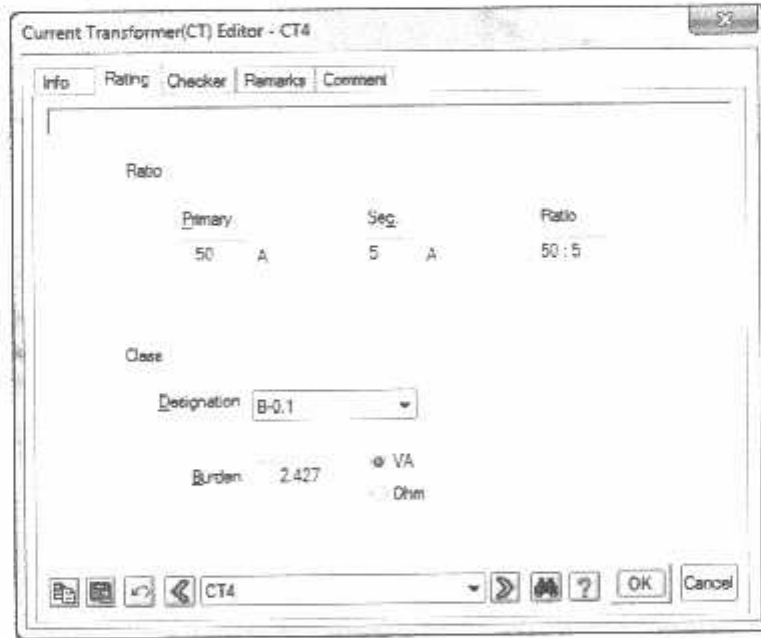
Gambar 4.4 Data Input Transformator Sisi 6.3/10.5 kV

4. Input data CT (*Current Transformer*) pada *Type phase*



Gambar 4.5 Data Input *Current Transformer (CT) Type Phase*

5. Input data CT (*Current Transformer*) pada *Type ground*



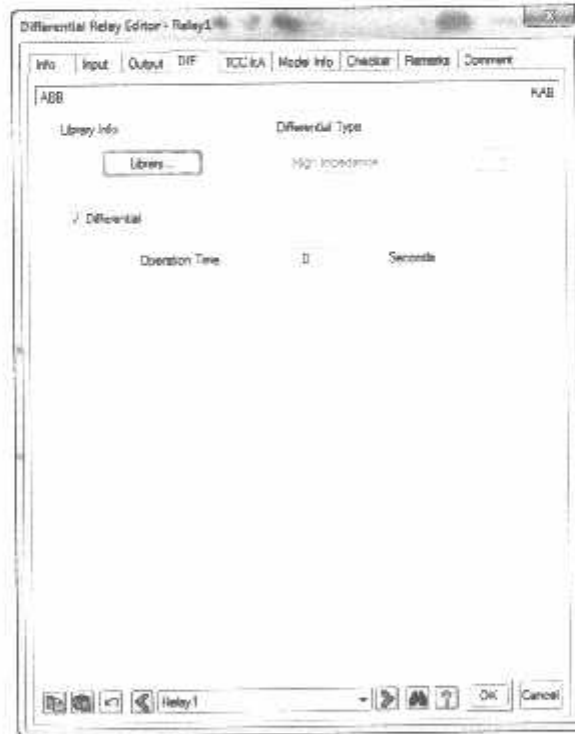
Gambar 4.6 Data Input *Current Transformer (CT) Type Ground*

6. Data input *Over Current Relay (OCR)*



Gambar 4.7 *Input Over Current Relay*

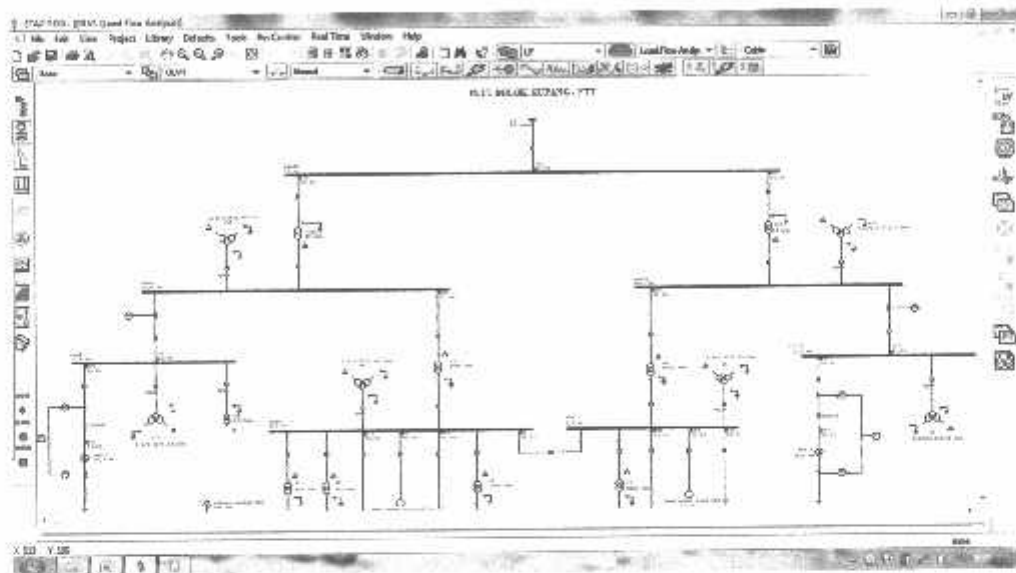
7. Data Input Relay Diferensial



Gambar 4.8 Data Input Relay Diferensial

4.4 Analisis Aliran Daya (*Load Flow Analysis*)

Sebelum melakukan koordinasi relay dan hubung singkat perlu dilakukan analisis aliran daya (*Load Flow Analysis*). Tujuan dilakukan aliran daya yaitu untuk mengetahui berapa nilai arus saat beroperasi. Berikut analisa aliran daya dapat ditunjukkan pada gambar di bawah ini :

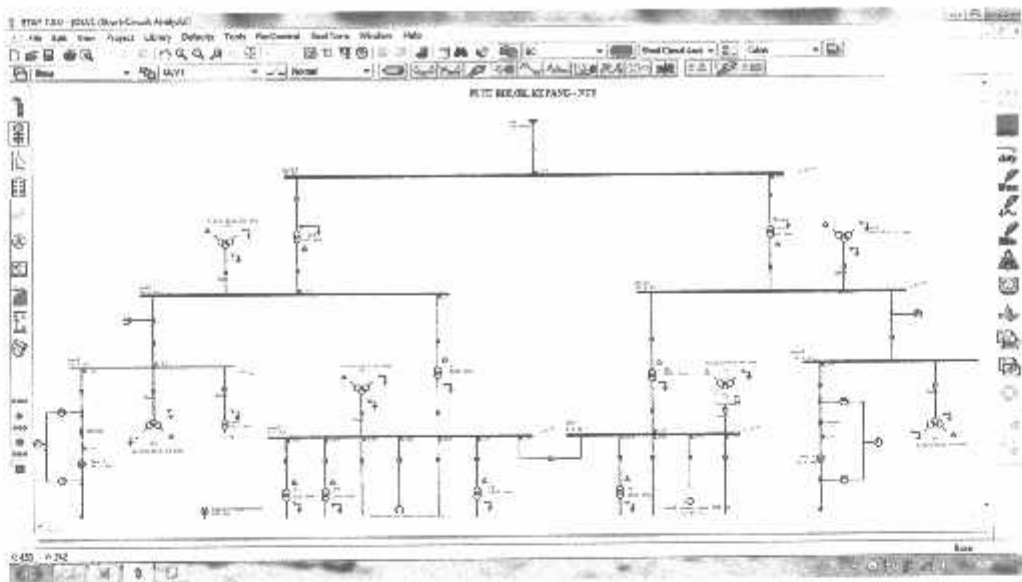


Gambar 4.9

Analisis Aliran Daya (*Load Flow Analysis*) pada PLTU Bolok

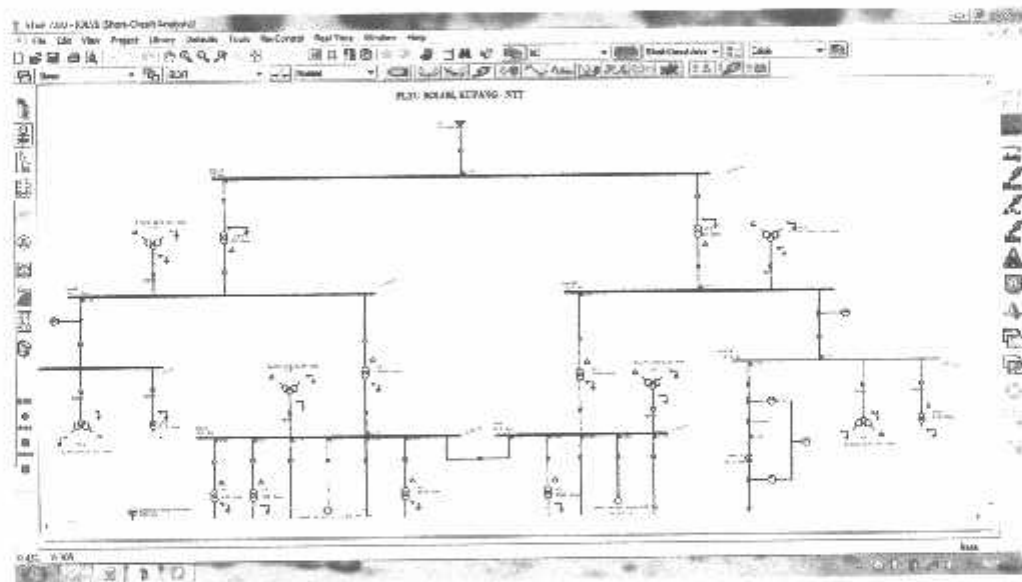
4.5 Analisis Gangguan Hubung Singkat (*Short Circuit Analysis*)

Untuk langkah berikutnya sebelum melakukan analisis koordinasi proteksi adalah analisis hubung singkat (*short circuit*) yang dilakukan pada bus terminal generator (Bus 8 untuk generator unit 1 dan Bus 10 untuk generator unit 2) yang mana simulasi perhitungan hubung singkat dapat lihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.10

Simulasi Hubung Singkat pada Bus 8 Terminal Generator Unit 1



Gambar 4.11

Simulasi Hubung Singkat pada Bus 10 Terminal Generator Unit 2

Dari hasil simulasi hubung singkat pada terminal generator (Bus 8 untuk generator unit 1 dan Bus 10 untuk generator unit 2) dapat diketahui besar arus gangguan yang terjadi pada masing masing terminal generator. Yang dapat ditunjukkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.16
Hasil Simulasi Hubung Singkat

ID	Jenis Gangguan	kA Real	kA Imaginary	kA. Smm. Magnitude
Generator 1	3 Fasa	0,866	-10,251	10,288
	L-G	0,990	-0,087	0,994
	L-L	9,003	0,937	9,052
	L-L-G	-9,252	-0,920	9,298
Generator 2	3 Fasa	0,866	-10,251	10,288
	L-G	0,990	-0,087	0,994
	L-L	9,003	0,937	9,052
	L-L-G	-9,252	-0,920	9,298

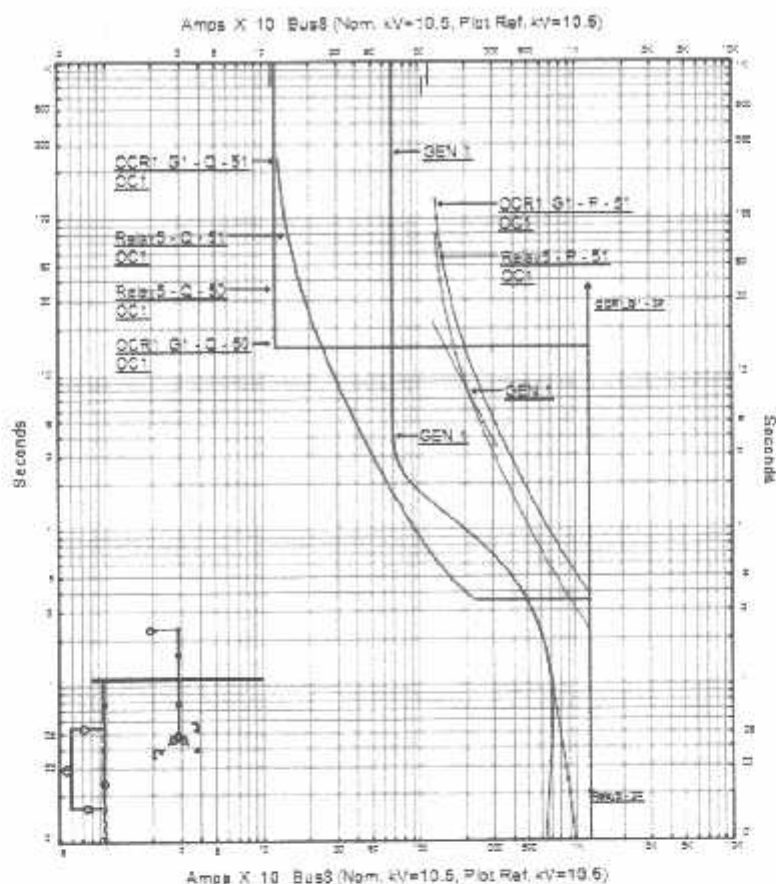
Berdasarkan perhitungan hubung singkat yang dapat ditunjukkan pada tabel diatas, dapat diketahui bahwa arus hubung singkat terbesar terdapat pada jenis gangguan 3 fasa yang mana arus gangguan sebesar 10,288 kA pada masing-masing generator.

4.6 Pada Kondisi Awal Sebelum di Setting

Sebelum melakukan koordinasi sistem proteksi terlebih dahulu melakukan setting relay berdasarkan data sheet yang diperoleh dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) di Bolok Nusa Tenggara Timur.

Kondisi awal generator di bus 10,5 KV sebelum di setting

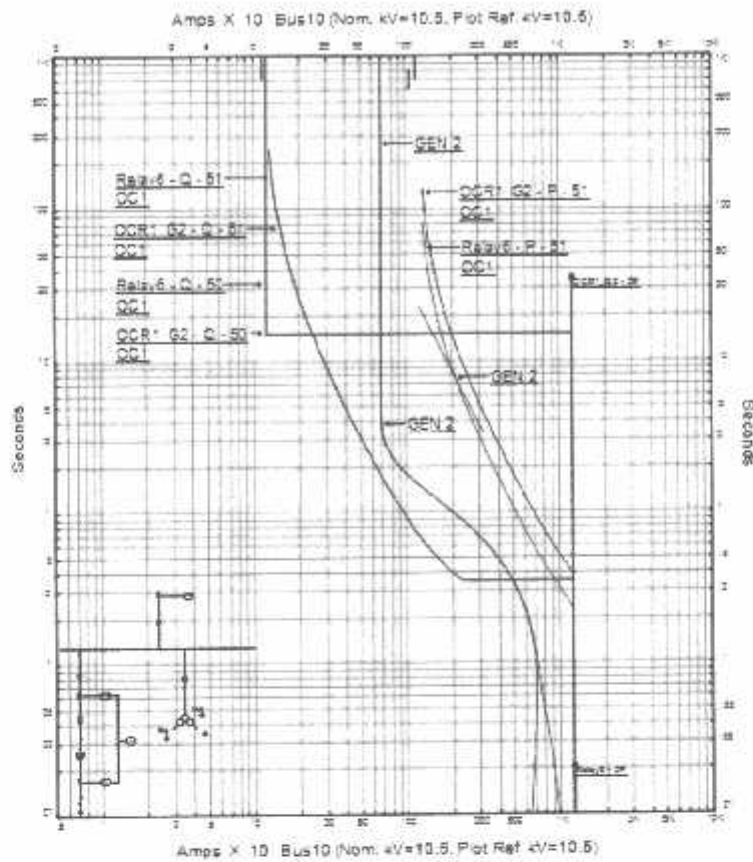
Pada kondisi awal sebelum disetting pada gambar 4.12 dapat kita lihat jarak kondisi awal relay terlalu jauh dari waktu aman sistem proteksi, semakin lama pengaturan waktu settingnya, maka semakin buruk pula koordinasi dari relay tersebut untuk memproteksi generator. Dapat kita lihat lonjakan arus pada saat posisi damage kurva relay terlambat bekerja karena settingan waktu yang terlalu lama, sehingga jika lama kelamaan dibiarkan seperti ini maka generator akan rusak dan terbakar.



Gambar 4.12

Kurva Relay Arus Lebih Generator Unit 1 Bus 10,5 kV Sebelum diSetting

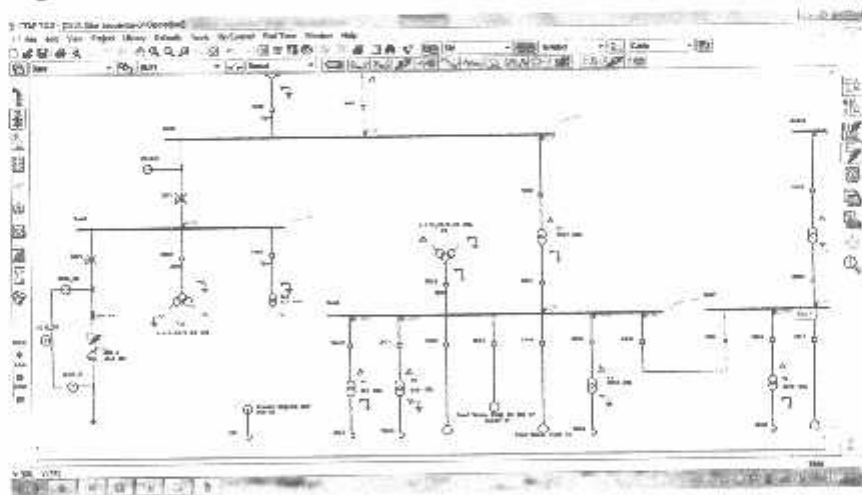
Selanjutnya pada gambar 4.13 adalah kurva relay arus lebih pada generator unit 2 sebelum disetting, dan grafik dari relay arus lebih pada unit 2 ini sama dengan di unit 1. Jika kita lihat pada program *ETAP 7.0.0* hasil kurva yang terjadi hampir sama dengan keadaan di kurva generator 1. Dapat disimpulkan dari gambar kurva tersebut bahwa setting relay awal yaitu 5 detik, pada saat terjadi gangguan setting relay lebih lambat dan telah melewati kondisi pada saat damage kurva atau gangguan itu berlangsung dan proteksi generator akan lebih lambat mentripkan PMT/CB.



Gambar 4.13

Kurva Relay Arus Lebih Generator Unit 2 Bus 10,5 kV Sebelum diSetting

Berikut adalah gambar 4.14 hasil dari settingan awal relay dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Bolok sebelum setting relay :

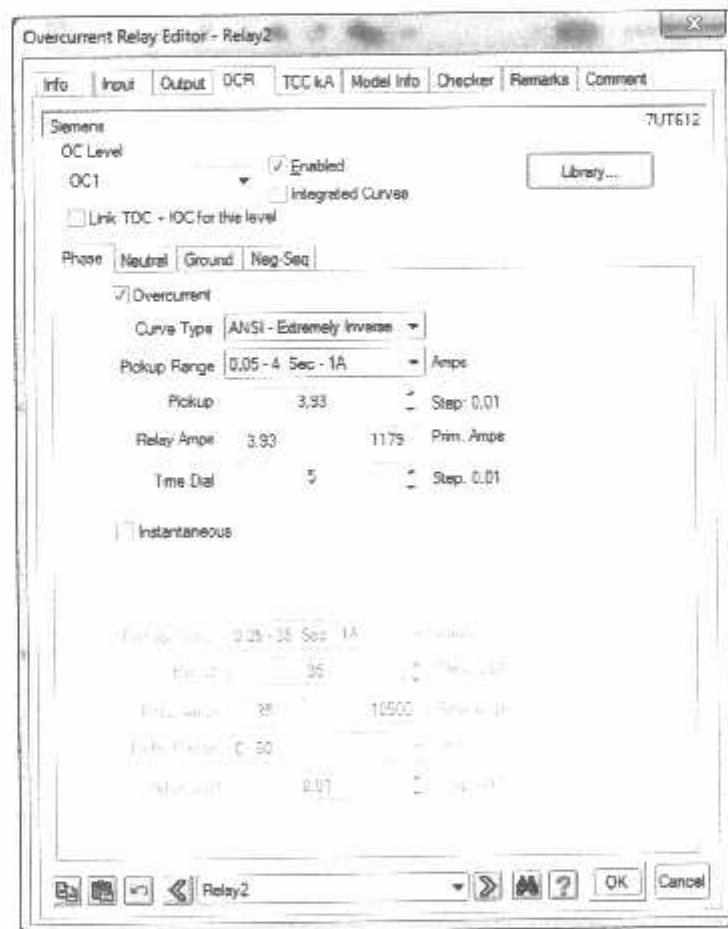


Gambar 4.14

Single Line Diagram yang di Gambar pada Progam ETAP 7.0.0 Sebelum Setting Relay

Dari gambar 4.14 diatas dapat kita lihat selektifitas dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Bolok terjadi kesalahan setting koordinasi relay, dan itu dikarenakan PLTU Bolok baru saja didirikan sehingga setting relay masih dalam tahap pen-settingan. Dapat kita lihat di gambar diagram tersebut sebagai contoh bila kita beri gangguan di generator unit 1, PMT/CB di generator 1 gagal beroperasi secara maksimal dan akhirnya 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 4.15

Karakteristik Relay Arus Lebih Generator *Merk Siemens 7UT612*

4.7 Pengaturan Koordinasi OCR pada Generator di bus 10,5 KV

Perlu diketahui bahwa karakteristik relay arus lebih tipe siemens 7UT612 yang dipasang di pembangkit listrik tenaga uap di bolok menggunakan relay *Extremely Inverse*, dan ini termasuk karakteristik dari relay invers (*Invrse Relay*). Jadi kita tahu bahwa *inverse relay* menggunakan perhitungan EI01 (*Extremely Inverse time-delay characteristic*) yang mana dalam perhitungan dapat menggunakan persamaan yang tercantum pada Sub Bab 3.6. Sesuai dengan peralatan pembangkit yang baru dipasang pada generator unit 1 dan unit 2, kemungkinan kegagalan kerja relay semakin tinggi, dan juga tidak adanya relay cadangan yaitu seperti *instantaneous relay* 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 *siemens 7UT612* yang terdapat relay *back up intanstaneous* sebagai pembantu agar penelitian ini berjalan dengan baik dan pengkoordinasian relay berjalan secara maksimal.

4.7.1 Perhitungan dan Setting Ulang Relay Pengaman Generator Unit 1

Setting relay OCR (Generator Unit 1)

Berdasarkan persamaan pada Sub Bab 3.6 maka perhitungan setting ulang relay pengaman pada generator unit 1 adalah sebagai berikut:

Ratio generator : 16,5 MVA / 10,5 kV

Perhandingan CT : 1500 : 5

Kurva karakteristik : Extreme Inverse

Arus gangguan terbesar pada sisi terminal generator : 10,288 kA

$$I_n = I_{base} = \frac{16500}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 907,3 \text{ A}$$

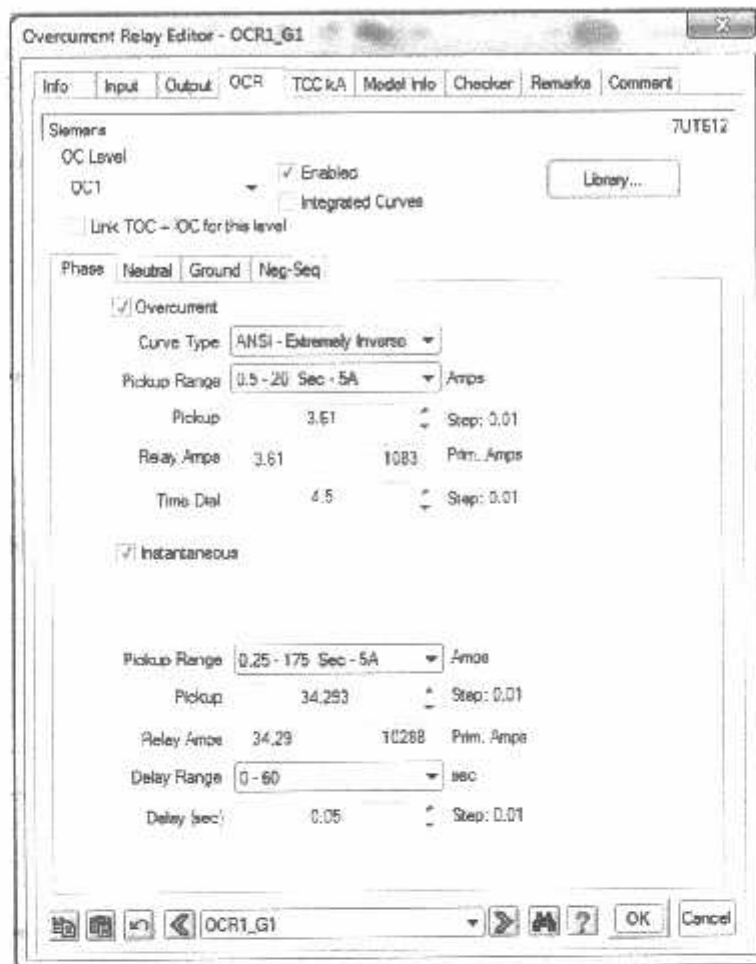
$$I_p = \frac{1,2}{1,0} \times 907,3 = 1088,76 \text{ A}$$

$$I_s = 1088,76 \times 5/1500 = 3,61 \text{ A}$$

$T_{ms} = 5$ (waktu setting awal relay)

$$t_{ocr} = \frac{80}{\left(\frac{10288}{1088,76}\right)^2 - 1} \times 5 = 4,5 \text{ detik}$$

Dalam pengkoordinasian ini peneliti mencoba dengan merubah setting awal dengan setting baru yaitu seperti pada gambar karakteristik relay arus lebih generator unit 1 berikut, setelah dirubah dan dihitung menggunakan perhitungan rumus maka akan terlihat bahwa relay sekunder dirubah menjadi 3,61 ampere dan primer menjadi 3 ampere. Pada relay *instantaneous* kita lihat berdasarkan pada arus gangguannya yang dapat dilihat diprogram *ETAP*, jika dilihat dalam program *ETAP* nilai arus gangguan pada generator unit 1 di bus 10,5 kV sebesar 10288 Ampere, maka setting relay *instantaneous* pada sisi sekunder dirubah menjadi 34,293 ampere dan pada sisi primer setting 10288 ampere disesuaikan dengan gangguan pada saat generator mengalami hubung singkat pada terminal generator. Dalam pengkoordinasian ini peneliti mencoba dengan mengubah setting awal relay arus lebih dari 5 detik menjadi setting baru 4,5 detik. Seperti terlihat pada gambar karakteristik relay arus lebih generator pada unit 1 berikut ini :

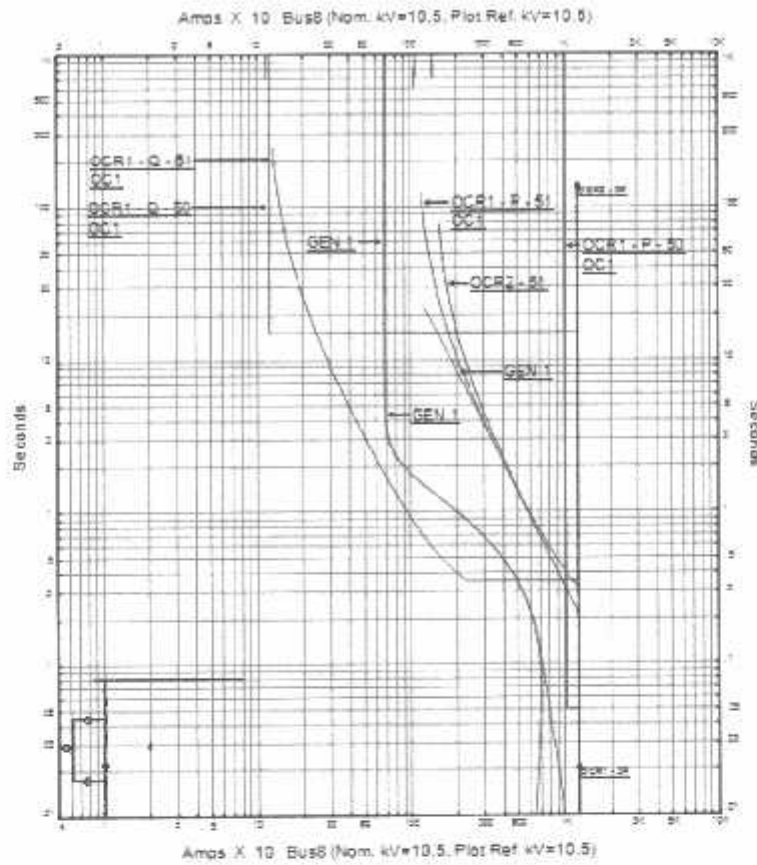


Gambar 4.16

Karakteristik Relay Arus Lebih Generator Unit 1 Tipe *Siemens 7UT612* Settingan Baru

Disettingan ini kita menambahkan relay *instantaneous* yang berguna untuk cadangan atau *backup* dari relay utama yang sebelumnya tidak ada dipembangkit listrik tenaga uap (PLTU) Bolok.

Setelah setting dari relay arus lebih pada generator unit 1 dijalankan, maka hasilnya terlihat pada kurva dibawah ini :

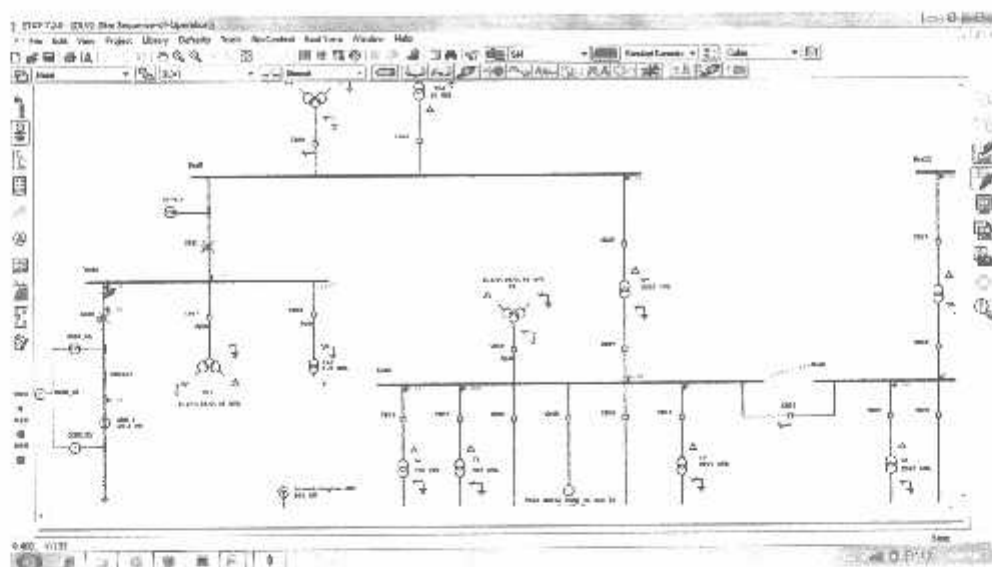


Gambar 4.17

Kurva Relay *Over Current* Generator Unit 1 Bus 10,5 kV Setelah diSetting

Dapat kita lihat perbedaan dari setting awal yang memakai setting waktu 5 detik dengan pen-settingan baru pada waktu 4,5 detik. Dilihat dari kurva tersebut kita simpulkan bahwa pada saat generator terjadi arus hubung singkat, arusnya akan melonjak drastis di waktu 4,5 detik PMT/CB bekerja, dan relay *instantaneous* akan memotong arus di waktu 0,05 detik bila sewaktu relay utama tidak bekerja.

Dan hasil koordinasi relay tersebut akan dapat terkoordinir dengan baik seperti gambar diagram yang berada pada program ETAP di bawah ini :



Gambar 4.18

Hasil Koordinasi Relay Pada Generator Unit 1

Dapat kita lihat hasil setelah perubahan setting waktu relay dan penambahan relay *backup* pada relay arus lebih terlihat pada gambar 4.18 diatas, jika terjadi gangguan hubung singkat pada generator unit 1 maka PMT/CB akan trip, dan hasilnya tidak akan mempengaruhi kinerja generator lainnya, sehingga generator unit 2 tidak akan terpengaruhi dari gangguan yang disebabkan oleh generator unit 1. Dan sistem pembangkitan dapat terus berjalan tanpa adanya gangguan dari unit yang lain, sehingga pembangkit dan konsumen tidak akan mengalami kerugian yang besar akibat adanya gangguan yang sewaktu-waktu terjadi.

4.7.2 Perhitungan dan Setting Ulang Relay Pengaman Generator Unit 2

Untuk mengetahui berapa arus gangguan yang mengalir pada bus 10,5 kV generator unit 2 maka kita harus mengetahui setting relay awal terlebih dahulu.

Setting relay OCR (Generator Unit 2)

Berdasarkan persamaan pada Sub Bab 3.6 maka perhitungan setting ulang relay pengaman pada generator unit 2 adalah sebagai berikut:

Ratio generator : 16,5 MVA / 10,5 kV
 Perbandingan CT : 1500 : 5
 Kurva karakteristik : Extreme Inverse
 Arus gangguan terbesar pada sisi terminal generator : 10,288 kA

$$I_n = I_{base} = \frac{16500}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 907,3 \text{ A}$$

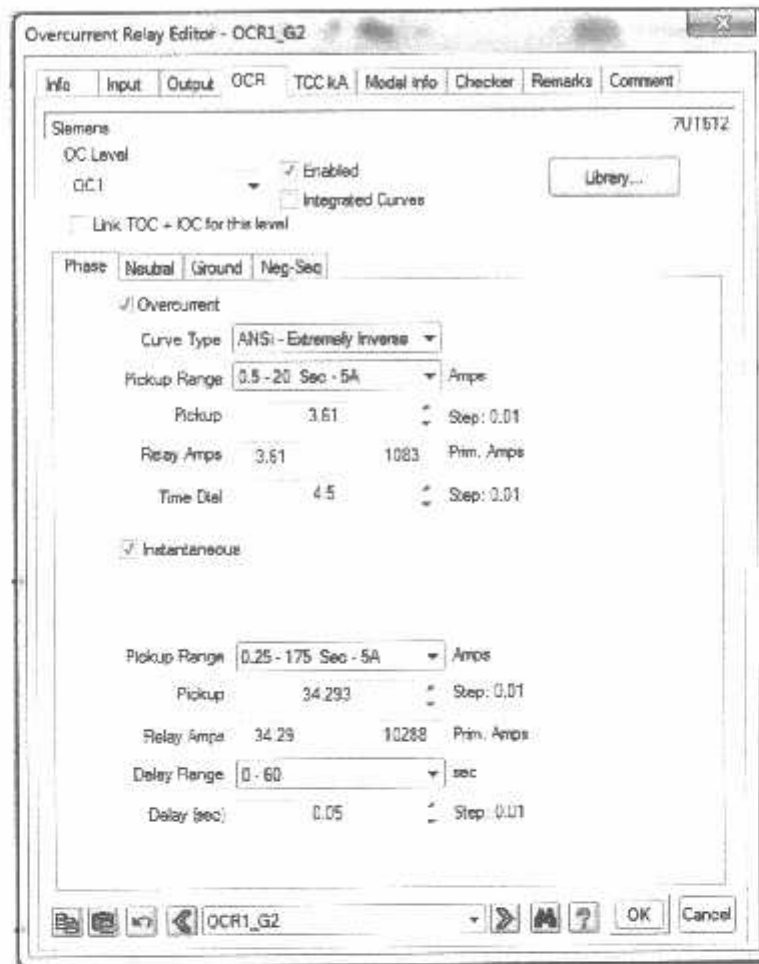
$$I_p = \frac{1,2}{1,0} \times 907,3 = 1088,76 \text{ A}$$

$$I_s = 1088,76 \times 5/1500 = 3,61 \text{ A}$$

Tms = 5 (waktu setting awal relay)

$$t_{ocr} = \frac{80}{\left(\frac{10288}{1088,76}\right)^2 - 1} \times 5 = 4,5 \text{ detik}$$

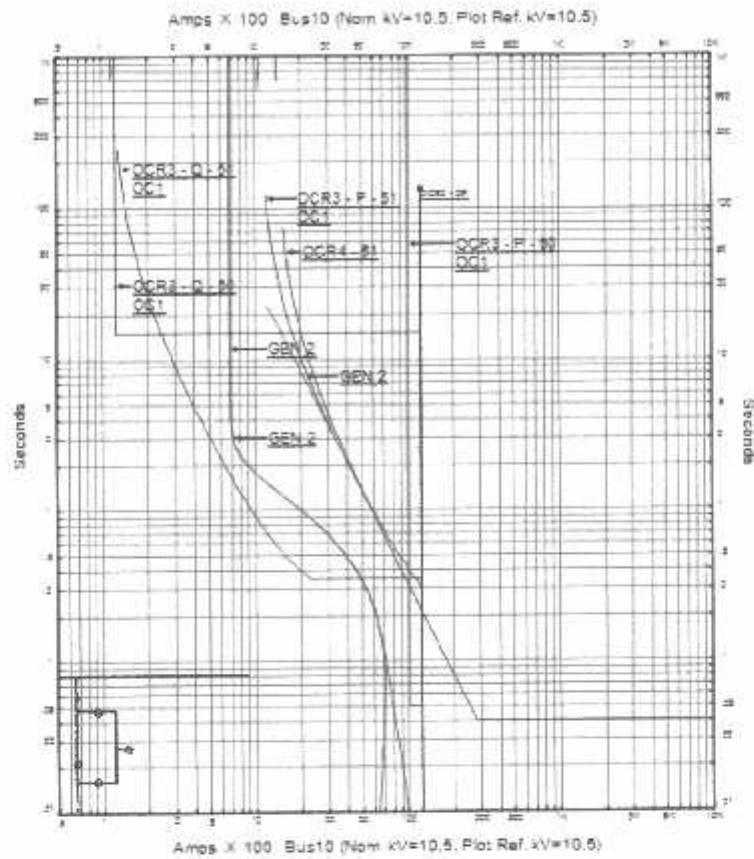
Dalam pengkoordinasian ini peneliti mencoba dengan merubah setting awal dengan setting baru yaitu seperti pada gambar karakteristik relay arus lebih generator unit 2. Setelah dirubah dan dihitung menggunakan perhitungan rumus maka akan terlihat bahwa relay sekunder dirubah menjadi 3,61 ampere dan primer menjadi 1083 ampere. Pada relay *instantaneous* kita lihat berdasarkan pada arus gangguannya yang dapat dilihat diprogam *ETAP*, jika dilihat dalam progam *ETAP* nilai arus gangguan pada generator unit 2 di bus 10,5 kV sebesar 10288 ampere, maka setting relay *instantaneous* pada sisi sekunder dirubah menjadi 34,293 ampere dan pada sisi primer setting 10288 ampere disesuaikan dengan gangguan pada saat generator mengalami hubung singkat pada terminal generator. Dalam pengkoordinasian ini peneliti mencoba dengan mengubah setting awal relay arus lebih dari 5 detik menjadi setting baru 4,5 detik. Seperti terlihat pada gambar karakteristik relay arus lebih generator pada unit 2 berikut ini :



Gambar 4.19

Karakteristik Relay Arus Lebih Generator Unit 2 Tipe *Siemens* 7UT612
 Setingan Baru

Setelah setingan baru pada relay arus lebih, generator unit 2 dijalankan maka hasilnya terlihat pada kurva dibawah ini :

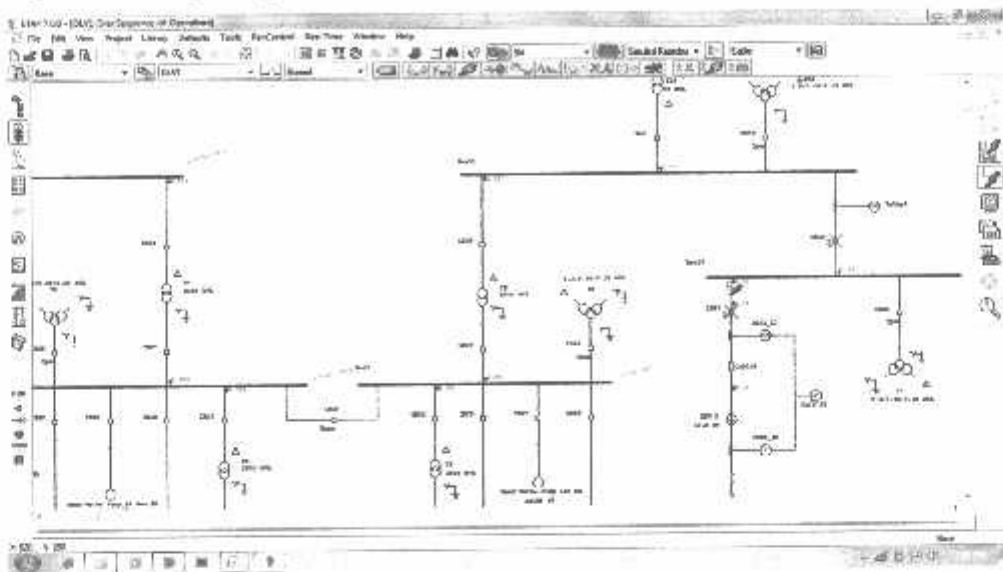


Gambar 4.20

Kurva Relay *Over Current* Generator Unit 2 Bus 10,5 kV Setelah diSetting

Dapat kita lihat settingan awal yang memakai settingan waktu 5 detik dengan penyetingan sekarang yang hanya memakai 4,5 detik. Dilihat dari kurva tersebut kita simpulkan bahwa pada saat generator terjadi arus hubung singkat, arusnya akan melonjak hingga waktu ke 4,5 detik PMT/CB bekerja, dan *relay instantaneous* akan memotong arus di waktu 0,05 detik. Sehingga arus yang digunakan lebih dipersingkat dan hasilnya lebih maksimal.

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



Gambar 4.21

Hasil Koordinasi Relay Pada Generator Unit 2

Dapat kita lihat hasil setelah perubahan setting waktu relay dan penambahan relay *hacup* pada relay arus lebih terlihat pada gambar 4.21 diatas, jika terjadi gangguan hubung singkat pada generator unit 2 maka PMT/CB akan trip, dan hasilnya tidak akan mempengaruhi kinerja generator unit 1 yang disebabkan oleh generator unit 2, sehingga generator unit 1 tidak akan terpengaruh dari gangguan yang disebabkan oleh generator unit 2.

4.8 Pengaturan Koordinasi Relay Diferensial pada Generator

Di Pembangkit Listrik Tenaga Uap Bolok terdapat diferensial relay dengan tipe ABB yang terletak digenerator, relay ini merupakan relay utama sehingga bisa dijadikan sebagai relay cadangan. Setting waktu yang digunakan ini yaitu instan (*instantaneous*). Relay ini bekerja untuk mendeteksi adanya perbedaan arus yang masuk dan keluar dari generator. Daerah pengaman kerja relay dari relay ini yaitu dibatasi oleh sepasang transformator arus (CT). Pada saat tidak terjadi gangguan atau keadaan normal ataupun gangguan di luar daerah pengamanannya maka kedua arus sekunder tersebut besarnya sama, sehingga tidak ada arus yang mengalir pada

relay dan relay tidak bekerja. Pada saat terjadi gangguan yang terjadi di daerah pengaman, maka kedua arus sekunder tersebut tidak sama, sehingga ada arus yang mengalir pada relay dan relay akan bekerja mematikan PMT/CB.

Dari penjelasan diatas maka bisa dilakukan perhitungan apabila terjadi gangguan didaerah pengaman generator *differential relay*. Langkah pertama untuk melakukan setting relay yaitu dengan menghitung arus yang masuk ke dalam relay dari arus *full load* generator sehingga perhitungannya :

4.8.1 Penetapan Relay Defferensial pada Generator Unit 1

Diferensial Generator Unit 1 :

Berdasarkan persamaan pada Sub Bab 3.7 maka penetapan pada relay diferensial adalah sebagai berikut:

Arus gangguan sisi 10,5 kV generator unit 1 :

$$I_n = \frac{16500}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 907,3 \text{ A}$$

$$I_{\text{relay}} = 907,3 \times \frac{5}{1500} = 3,02 \text{ A}$$

4.8.2 Penetapan Pada Relay Defferensial Pada Generator Unit 2

Diferensial Generator Unit 2 :

Arus gangguan sisi 10,5 kV generator unit 2 :

$$I_{\text{base}} = \frac{16500}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 907,3 \text{ A}$$

$$I_{\text{relay}} = 907,3 \times \frac{5}{1500} = 3,02 \text{ A}$$

Arus yang masuk pada relay unit 1 dan unit 2 sebesar 3,02 A, maka rating pada relay yang digunakan pada pembangkit listrik tenaga uap bolak menggunakan arus 5 A (In). Untuk setting pada defferensial relay ini

menggunakan *presentase slope* dan *presentase minimum threshold*. Dimana keduanya akan dibahas sebagai berikut :

1. *Setting Slope*

Dari *setting slope* awal pembangkit listrik tenaga uap bolok menggunakan setting sebesar 0% sehingga settingan itu didapatkan:

$$I_n (0\%) = 0 \times 5 \text{ A} = 0 \text{ A}$$

Slope awal menggunakan setting sebesar 0% karena seting ini terlalu sensitif, sehingga dirubah settingannya menjadi 15%. Maka perhitungannya untuk *setting slope* sebesar 15% dari nilai I_n yaitu didapatkan: (setingan di atas diambil sesuai dengan batas *setting differential relay* yang ditentukan pada data *sheet*).

$$I_n (15\%) = 0,15 \times 5 \text{ A} = 0,75 \text{ A}$$

Untuk toleransi *error* dari kerja CT ini sebesar 0,75 A, apabila ada arus gangguan yang masuk kedalam relay dengan toleransi arus *error* I_1 dan $I_2 \geq 0,75 \text{ A}$ maka relay akan bekerja atau trip.

2. *Minimum Threshold*

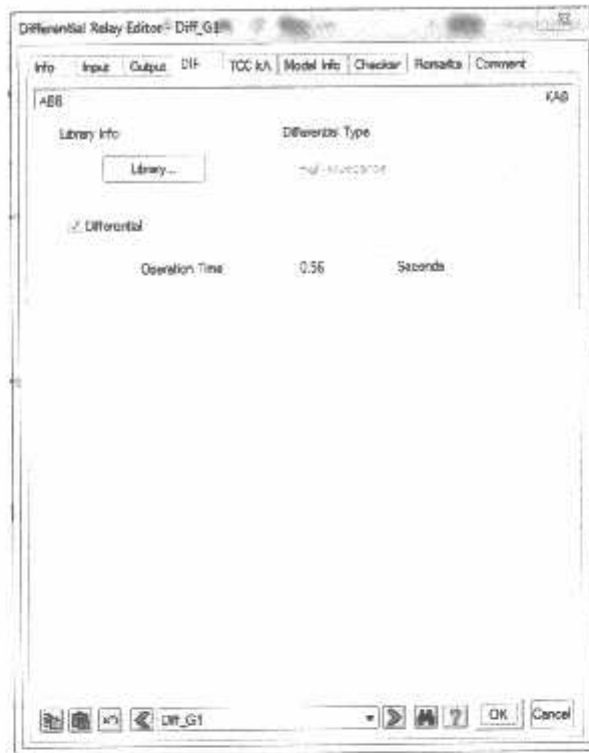
Pada diferensial relay ini harus disetting diatas nilai 0 karena bila setting tepat pada nilai 0 maka relay akan terlalu sensitive sehingga akan mudah mentriapkan PMT/CB. Pada *insensitivity threshold* yang telah ditentukan oleh pembangkit ini sebesar 0% - 20%. Setelah itu bisa menentukan nilai dari threshold sebelum di setting ulang (berdasarkan data sheet) dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Threshold} = 0 \times 0 \times 5A = 0 \text{ detik}$$

Dari setting awal dirasa terlalu sensitive dikarenakan nilai *threshold* sebesar 0 detik. Oleh sebab itu untuk mengurangi tingkat sensitivitas pada relay diferensial dilakukan pensettingan ulang dengan menggunakan hasil setting slope yaitu sebesar 15%, maka perhitungannya sebagai berikut :

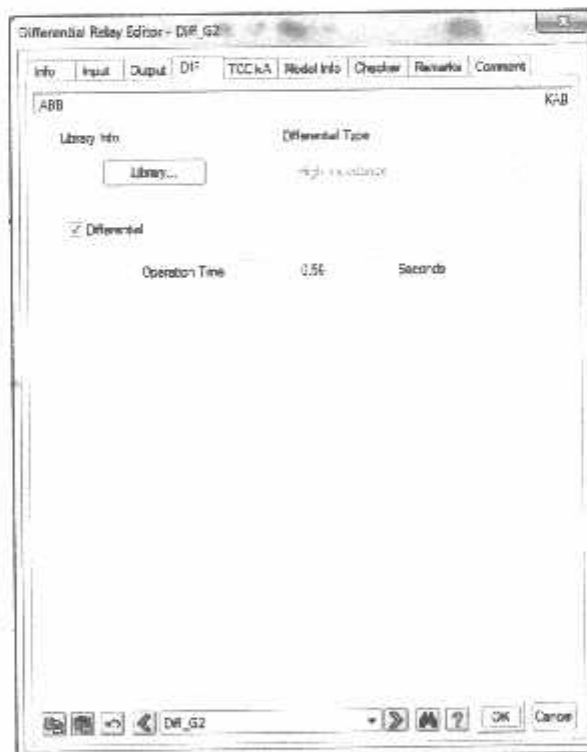
$$\text{Threshold} = 0,15 \times 0,75 \times 5A = 0,56 \text{ detik}$$

Berikut gambar karakteristik relay diferensial pada generator sesudah di setting ulang yang sebelumnya memakai waktu 0 detik menjadi 0,56 detik.



Gambar 4.22

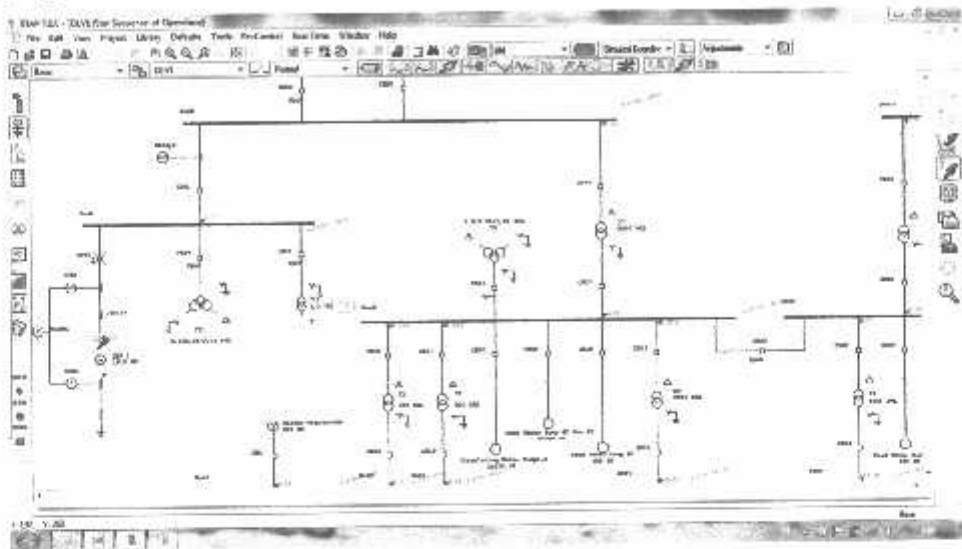
Karakteristik Relay Diferensial Generator 1 Tipe ABB KAB Setingan Baru



Gambar 4.23

Karakteristik Relay Diferensial Generator 2 Tipe ABB KAB Setingan Baru

Dan berikut adalah gambar simulasi pemasangan relay diferensial di program ETAP 7.0.0 :



Gambar 4.24

Hasil Simulasi Relay Diferensial Generator Unit 1

Sequence-of-Operation Events - Output Report: Simulasi Koordinasi Relay

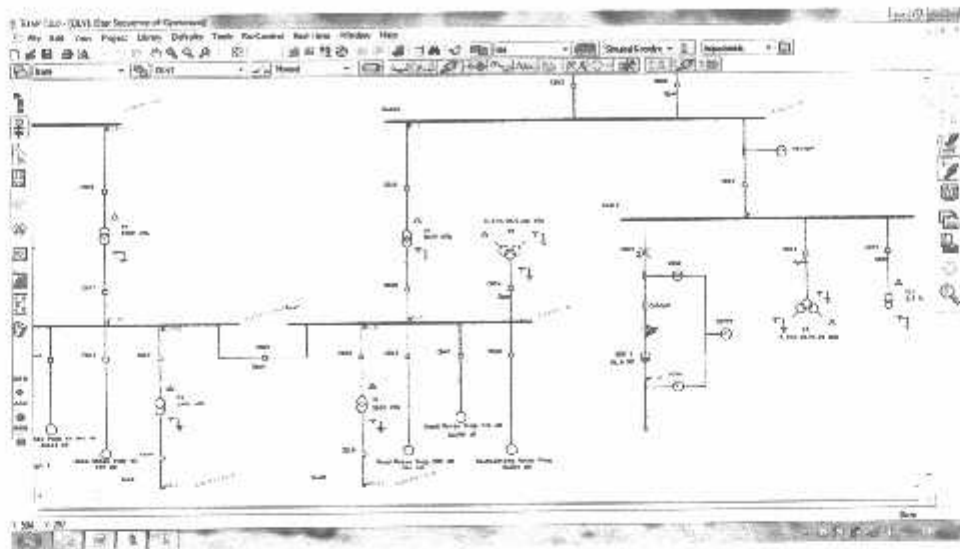
3-Phase (Symmetrical) fault on connector between Bus18 & CT11. Adjacent bus: Bus18

Data Rev.: Base Config: Normal Date: 09-02-2014

Time (ms)	ID	If (kA)	T1 (ms)	T2 (ms)	Condition
360	Diff_G1		560		Phase - Dif
1079	OCR2_G1	5,61	1079		OC1 - 51
3560	CB30		3000		Tripped by Diff_G1 Phase - Dif
4079	CB30		3000		Tripped by OCR2_G1 OC1 - 51
120967	OCR1_G1	1,142	> 120967		Phase - OC1 - 51
123967	CB30		3000		Tripped by OCR1_G1 Phase - OC1 - 51
123967	CB31		3000		Tripped by OCR1_G1 Phase - OC1 - 51
124193	Relay5	1,142	> 124193		Phase - OC1 - 51

Gambar 4.25

Kerja Relé Diferensial Pada Generator Unit 1



Gambar 4.26

Hasil Simulasi Relay Diferensial Generator Unit 2

Sequence-of-Operation Events - Output Report: Simulasi Koordinasi Relay

3-Phase (Symmetrical) fault on connector between Bus19 & CT5. Adjacent bus: Bus19

Date Rev.: Base Config: Normal Date: 09-02-2014

Time (ms)	ID	If (kA)	T1 (ms)	T2 (ms)	Condition
560	Diff_G2		560		Phase - Dif
1079	OCR2_G2	5,61	1079		OC1 - 51
3560	CB31		3000		Tripped by Diff_G2 Phase - Dif
4079	CB33		3000		Tripped by OCR2_G2 OC1 - 51
6122	OCR1_G2	2,475	6122		Phase - OC1 - 51
6285	Relay6	2,475	6285		Phase - OC1 - 51
9122	CB32		3000		Tripped by OCR1_G2 Phase - OC1 - 51
9122	CB33		3000		Tripped by OCR1_G2 Phase - OC1 - 51

Gambar 4.27

Kerja Rele Diferensial Pada Generator Unit 2

Dari gambar diatas dapat kita lihat bila terjadi gangguan didalam generator dan khususnya pada belitan stator generator, maka relay diferensial pada generator akan bekerja dan memutuskan/mematikan PMT/CB. Fungsi dari relay diferensial di generator adalah untuk melindungi generator bila sewaktu-waktu terdapat hubung singkat pada bagian internal generator tersebut. Dari perhitungan *threshold* juga dapat kita lihat bahwa bila terjadi perbedaan arus antara CT1 dan CT2 dengan

settingan arus yang ditentukan maka relay ini akan bekerja mematikan PMT/CB.

4.9 Perbandingan Setting Awal dan Baru pada Relay Arus Lebih (OCR) dan Relay Diferensial

Tabel 4.17 Kondisi OCR Sebelum di Setting

No	ID	In (A)	Relay	I Set (A)	Time (s)	CT Ratio	Kurva
1	Generator #1	5	Siemens	3,93	5	1500 : 5	Inverse
2	Generator #2	5	Siemens	3,93	5	1500 : 5	Inverse

Tabel 4.18 Kondisi Relay Diferensial Sebelum di Setting

No	ID	Tap (%)	Relay	Setting (%)	Time (s)	CT Ratio 1	CT Ratio 2
1	Generator #1	0 - 20	ABB	0	0	1500 : 5	50 : 5
2	Generator #2	0 - 20	ABB	0	0	1500 : 5	50 : 5

Tabel 4.19 Kondisi OCR Sesudah di Setting

No	ID	In (A)	Relay	I Set (A)	Time (s)	CT Ratio	Kurva
1	Generator #1	5	Siemens	3,61	4,5	1500 : 5	Inverse
2	Generator #2	5	Siemens	3,61	4,5	1500 : 5	Inverse

Tabel 4.20 Kondisi Relay Diferensial Sesudah di Setting

No	ID	Tap (%)	Relay	Setting (%)	Time (s)	CT Ratio 1	CT Ratio 2
1	Generator #1	0 - 20	ABB	15	0,56	1500 : 5	50 : 5
2	Generator #2	0 - 20	ABB	15	0,56	1500 : 5	50 : 5

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan analisa tentang koordinasi relay yang ada di Pembangkit Listrik Tenaga Uap Bolok dapat disimpulkan bahwa :

1. Dengan merubah setting awal pada generator dari 5 detik menjadi 4,5 detik dan juga merubah relay arus lebih pada sisi sekunder dari 3,93 ampere menjadi 3,61 ampere serta pada sisi primer dari 1179 ampere menjadi 1083 ampere maka koordinasi dan selektifitas relay menjadi lebih baik, dan dapat kita lihat dari setting awal terlihat koordinasi dan selektifitas relay kurang baik. Contohnya bila terjadi gangguan di generator unit 1, maka PMT/CB pada saluran interkoneksi mengalami trip yang pertama kali selah itu diikuti oleh PMT/CB pada terminal generator, sehingga hal itu dapat membahayakan generator. Oleh karena itu penyettingan pada relay disetting ulang untuk mendapatkan selektifitas relay menjadi lebih baik.
2. Dengan penambahan relay *instantaneous*, koordinasi dan selektifitas proteksi menjadi lebih baik dibandingkan dengan kondisi awal yang tidak memakai *backup relay* tersebut, contohnya pada kondisi awal sebelum ditambahkan relay *instantaneous* bila terjadi gangguan pada generator maka setting relay yang paling rendah akan mentripkan PMT/CB dan itu dikarenakan setting relay arus lebih pada generator lebih rendah nilai arusnya dan setting waktunya dari pada setting di saluran interkoneksi maupun generator yang lain.
3. Pada relay diferensial setting awalnya dirasa terlalu sensitive dikarenakan nilai setting slopenya sebesar 0%, dikarenakan setting slope atau nilai arus error yang diberikan terlalu kecil maka relay akan bekerja terlalu sensitive sehingga relay bisa saja bekerja secara tiba-tiba meskipun tidak ada gangguan dikarenakan error yang dihasilkan dari CT. Karena nilai CT1

dan CT2 tidak mungkin sama maka diperlukan setting slope yang lebih baik. Oleh sebab itu untuk meningkatkan tingkat keandalannya, pada relay diferensial dilakukan penyettingan ulang dengan menggunakan settingan baru yaitu sebesar 15%. Threshold saat setting awal yang juga menggunakan 0 detik adalah waktu yang terlalu singkat untuk trip. Sehingga peneliti sedikit memperlambat waktu pengerjaan relay diferensial dengan setting baru 0,56 detik agar proses kerja relay jadi lebih akurat apabila sewaktu-waktu terjadi gangguan internal pada generator.

5.2 Saran

Koordinasi pada pembangkit listrik tenaga uap bolok ini dapat dikoordinasikan lebih baik lagi dan perencanaan untuk mengubah settingan yang lebih baik lagi agar peralatan pembangkit dapat lebih aman dari segala macam gangguan yang mungkin terjadi.

1. Aplikasi ini terfokus pada koordinasi relay saja dan sangat berguna untuk pembangkit listrik tenaga uap agar alat-alat proteksi yang digunakan dapat lebih selektif dan lebih sensitive untuk melindungi peralatan pembangkit yang terdapat di Unit Pembangkit Bolok - Nusa Tenggara Timur.
2. Jika kedepannya ada mahasiswa/i yang ingin mengembangkan penelitian ini maka penulis menyarankan untuk melakukan penelitian tidak hanya pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) bolok tetapi penelitian terhadap kelistrikan sistem Kupang, Nusa Tenggara Timur.

DAFTAR PUSTAKA

- Arie Septayudha, 2002, "Artikel Relay Proteksi Diferensial pada Generator Sinkron di PLTGU PT Indonesia Power UBP Semarang".
- Arismunandar, A dan Kuwahara,S. 1972."Teknik Tenaga Listrik,Jilid III Gardu Induk".Jakarta:PT.Pradnya Paramita.
- D. William, And Jr. Stevenson, 1990, "Analisa Sistem Tenaga Listrik" Jakarta, Erlangga.
- Hadi Saadat, 2004, "Power System Analysis", Singapore, Mc. Graw Hill.
- Ir.Badaruddin, 2007, "Relay Arus Lebih, Relay Diferensial, Relay Jarak dan Penutup Jarak".
- Ir.Badaruddin , 2007, "Sistem Proteksi".
- Ir.Pribadi Kadarisman , 2003, "Over Current Relay Buku".
- Liem Ek Bien & Dita Helna, 2007, "Studi Penyetelan Relay Diferensial pada Transformator PT. Chevron Pacific Indonesia".
- Marsudi, D. (2011) "Pembangkitan Energi Listrik Edisi Kedua", Jakarta, Erlangga.
- PT. PLN (Persero). (2009). *Himpunan Buku Petunjuk Batasan Operasi dan Pemeliharaan Peralatan Penyaluran Tenaga Listrik.(No. Dokumen : 1-22 / HARLUR - PST/2009)*. Jakarta Selatan.
- Raj, Pushp. April 2009 "Load Flow And Short Circuit Analysis Of 400/220kv Substation". International Journal Of Creative Research Thoughts.
- Sutarti "Analisa Perhitungan Setting Arus dan Waktu pada Relay Arus Lebih sebagai Proteksi Transformator Daya di Gardu Induk Cawang Lama, Jakarta", Maret 2010.
- Syukriyadin, Syahrizal, Cut Rizky Nakhrisya, (2011). Analisis Proteksi Relay Diferensial Terhadap Gangguan Internal dan Eksternal Transformator Menggunakan PSCAD/EMTDC. *JurnalRekayasa ElektriKa Vol. 9. No. 3, April 2011.*
-



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

T. 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**

1. Nama : ANTONIUS COREBIMA
2. NIM : 10.12.028
3. Program Studi : TEKNIK ELEKTRO S-1
4. Konsentrasi : TEKNIK ENERGI LISTRIK
5. Judul Skripsi : **ANALISIS KOORDINASI *OVER CURRENT* DAN *DIFFERENTIAL RELAY* UNTUK KEHANDALAN SISTEM PADA PLTU BOLOK KUPANG DENGAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE ETAP POWER STATION***

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

Hari : Selasa
Tanggal : 12 Agustus 2014
Dengan Nilai : 78.9 (B+) *rr*

Panitia Ujian Skripsi

Ketua

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

Sekretaris

(Dr. Eng. Arvanto Soetedjo, ST, MT)
NIP. Y. 1030800417

Anggota Penguji

Penguji I

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

Penguji II

(Ir. Abdul Hamid, MT)
NIP.Y.1018800188



PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

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

Hari : Selasa
Tanggal : 12 Agustus 2014

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

1. Nama : Antonius Corebima
2. NIM : 10.12.028
3. Program Studi : Teknik Elektro S-1
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi : **ANALISIS KOORDINASI OVER CURRENT DAN DIFFERENTIAL RELAY UNTUK KEHANDALAN SISTEM PADA PLTU BOLOK KUPANG DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP POWER STATION**

No	Penguji	Materi Perbaikan	Paraf
1	Penguji 1	Sesuai dengan saran pembimbing	
2	Penguji 2	Tambahkan koordinasi antara OCR dan Differential	

Disetujui:

Dosen Penguji I

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

Dosen Penguji II

Ir. Abdul Hamid, MT
NIP.Y.1018800188

Mengetahui:

Dosen Pembimbing I

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

Dosen Pembimbing II

Ir. Teguh Herbasuki, MT
NIP. Y. 1038900209



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

NIM

Perbaikan meliputi

: Antonius Corebua
: 1012028

Handwritten notes on lined paper:

1. Menyempurnakan isi bab 1

2. Menyempurnakan isi bab 2

3. Menyempurnakan isi bab 3

4. Menyempurnakan isi bab 4

5. Menyempurnakan isi bab 5

6. Menyempurnakan isi bab 6

7. Menyempurnakan isi bab 7

8. Menyempurnakan isi bab 8

9. Menyempurnakan isi bab 9

10. Menyempurnakan isi bab 10

11. Menyempurnakan isi bab 11

12. Menyempurnakan isi bab 12

13. Menyempurnakan isi bab 13

14. Menyempurnakan isi bab 14

15. Menyempurnakan isi bab 15

16. Menyempurnakan isi bab 16

17. Menyempurnakan isi bab 17

18. Menyempurnakan isi bab 18

19. Menyempurnakan isi bab 19

20. Menyempurnakan isi bab 20

Malang,

(Signature)



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

Antonius E

NIM

1012028

Perbaikan meliputi

Tambahkan koordinasi antara
OCP & Def.

Malang,

12-08-2014

(_____)

PERMOHONAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Yang Bertanda Tangan Dibawah Ini:

Nama : ANTONIUS COREBIMA
NIM : 1012028
Semester : VIII (DELAPAN)
Fakultas : Teknologi Industri
Jurusan : Teknik Elektro S-I
Konsentrasi : **TEKNIK ENERGI LISTRIK**
TEKNIK ELEKTRONIKA
TEKNIK KOMPUTER DAN INFORMATIKA
TEKNIK KOMPUTER
TEKNIK TELEKOMUNIKASI

Alamat : ... Perumahan Tirta Sari Blok D No. 16

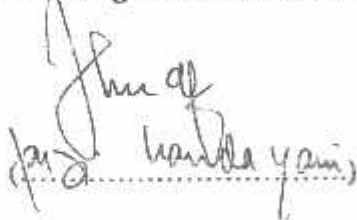
Dengan ini kami mengajukan permohonan untuk mendapatkan persetujuan untuk membuat SKRIPSI Tingkat Sarjana. Untuk melengkapi permohonan tersenut, bersama ini kami lampirkan persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi.

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.

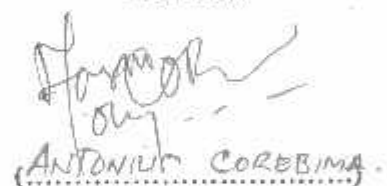
Telah diteliti kebenarannya data tersebut diatas
Recording Teknik Elektro S-I


(M. Ibrahim Ashari)

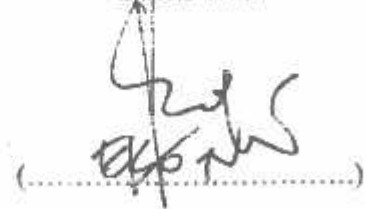
Disetujui
Ketua Prodi Teknik Elektro S-I


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

Malang, 201
Pemohon


(ANTONIUS COREBIMA)

Mengetahui
Dosen Wali


(.....)

Catatan:

Bagi mahasiswa yang telah memenuhi persyaratan mengambil SKRIPSI agar membuat proposal dan mendapat persetujuan dari Ketua Prodi T, elektro S-I

1. 1012028 / 138 = 3-10
2.
3.

BERITA ACARA RAPAT PERSETUJUAN JUDUL/PROPOSAL SKRIPSI
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
Konsentrasi : T. Energi Listrik

tanggal :

NIM	10.12.028
Nama	Antonius Cahya
Judul yang diajukan	
Disetujui/Ditolak	
Catatan:	OCR. dikordinasi & R. Pithersial
Pembimbing yang diusulkan:	
1.	
2.	
Menyetujui	
1. Koordinator Dosen Kelompok Keahlian	
	
Dosen Kelompok Keahlian (Terlampir)	

Coret yang tidak perlu



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

1.	Nim	: 1012028	
2.	Nama	: ANTONIUS COREBIMA	
3.	Konsentrasi Jurusan	: Teknik Energi Listrik	
4.	Jadwal Pelaksanaan:	Waktu	Tempat
	27 Maret 2014	09:00	III.1.1
5.	Judul proposal yang diseminarkan Mahasiswa	ANALISA PENGARUH BEBAN LEBIH TERHADAP KINERJA RELAY ARUS LEBIH PADA TRANSFORMATOR DAYA 70/20 KV DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP POWER STATION DI GARDU INDUK BOLOK PT.PLN (PERSERO) AREA KUPANG NTT	
6.	Perubahan judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian	Judul di susun sesuai yg melatoh	
7.	Catatan :		
	Catatan :		
Persetujuan judul Skripsi			
8.	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	
	 M. Ibrahim Ashari, ST, MT NIP. P 1030100358	Pembimbing I Frage Wiantana	Pembimbing II

Form Pemantauan Seminar Progress Skripsi
Semester Genap 2013/2014
Program Studi Teknik Elektro S-1

Nama Mahasiswa : ANTONIUS COREBIMA

NIM : 1012028

Rekomendasi/Catatan:

Ketua
Program Studi Teknik Elektro S-1



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

Pembimbing-1

() ()

Pembimbing-2

() ()



mpiran : 1 (satu) berkas
Pembimbing Skripsi

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

Yang bertanda tangan dibawah

Nama : **ANTONIUS COREBIMA**
Nim : **1012028**
Jurusan : **Teknik Elektro S-1**
Konsentrasi : **Teknik Energi Listrik**

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

"ANALISA PENGARUH BEBAN LEBIH TERHADAP KINERJA RELAY ARUS LEBIH PADA TRANSFORMATOR DAYA 70/20 KV DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP POWER STATION DI GARDU INDUK BOLOK PT.PLN (PERSERO) AREA KUPANG NTT"

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

Mengetahui

etua Program Studi Teknik Elektro

Sq1

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

Hormat Kami

ANTONIUS COREBIMA
NIM. 1012028



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Kampus II, Jl. Raya Karangasasmi 2, Telp. (0341) 417436 Malang

PERNYATAAN KESEDIAAN DALAM PEMBIMBINGAN SKRIPSI

Sesuai permohonan dari mahasiswa/i :

Nama : **ANTONIUS COREBIMA**
Nim : **1012028**
Semester : **VIII (Delapan)**
Jurusan : **Teknik Elektro S-1**
Konsentrasi : **Teknik Energi Listrik**

Dengan ini menyatakan bersedia/tidak bersedia*) Membimbing skripsi dari mahasiswa tersebut, dengan judul :

" ANALISA PENGARUH BEBAN LEBIH TERHADAP KINERJA RELAY ARUS LEBIH PADA TRANSFORMATOR DAYA 70/20 KV DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP POWER STATION DI GARDU INDUK BOLOK PT.PLN (PERSERO) AREA KUPANG NTT" →

Demikian surat pernyataan ini kami buat agar dapat dipergunakan seperlunya.

Hormat Kami

Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT

196105031992021001

*) Coret yang tidak perlu



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

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

: 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

mor Surat : ITN-070/EL-FTI/2014

mpiran : -

ihal : BIMBINGAN SKRIPSI

ada : 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 : ANTONIUS COREBIMA
Nim : 1012028
Fakultas : Teknologi Industri
Program Studi : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

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

" Semester Genap Tahun Akademik 2013-2014 "

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



jumlah : 1 (satu) berkas
Pembimbing Skripsi

pada : Yth. Bapak/Ibu **Ir. Teguh Herbasuki, MT**
Dosen Teknik Elektro S-1
ITN Malang

Yang bertanda tangan dibawah

Nama : **ANTONIUS COREBIMA**
Nim : **1012028**
Jurusan : **Teknik Elektro S-1**
Konsentrasi : **Teknik Energi Listrik**

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

"ANALISA PENGARUH BEBAN LEBIH TERHADAP KINERJA RELAY ARUS LEBIH PADA TRANSFORMATOR DAYA 70/20 KV DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP POWER STATION DI GARDU INDUK BOLOK PT.PLN (PERSERO) AREA KUPANG NTT"

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

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Elektro

S₁

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

Hormat Kami

ANTONIUS COREBIMA
NIM. 1012028



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Kampus II : Jl. Raya Karanglo Km. 2 Telp. (0541) 417635 Malang

PERNYATAAN KESEDIAAN DALAM PEMBIMBINGAN SKRIPSI

Sesuai permohonan dari mahasiswa/i :

Nama : ANTONIUS COREBIMA
Nim : 1012028
Semester : VIII (Delapan)
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Dengan ini menyatakan bersedia/tidak bersedia*) Membimbing skripsi dari mahasiswa tersebut, dengan judul :

" ANALISA PENGARUH BEBAN LEBIH TERHADAP KINERJA RELAY ARUS LEBIH PADA TRANSFORMATOR DAYA 70/20 KV DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP POWER STATION DI GARDU INDUK BOLOK PT.PLN (PERSERO) AREA KUPANG NIT"

Demikian surat pernyataan ini kami buat agar dapat dipergunakan seperlunya.

Hormat Kami

Ir. Teguh Herbasuki, MT

NIP.Y. 1038900209

Catatan :

Setelah disetujui agar formulir ini Diserahkan mahasiswa/i yang bersangkutan kepada jurusan untuk diproses lebih lanjut

*) Coret yang tidak perlu



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

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

BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

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

nomor Surat : ITN-070/EL-FTI/2014

keperluan : -

jenis : BIMBINGAN SKRIPSI

kepada : Yth. Bapak/Ibu Ir. Teguh Herbasuki, MT
Dosen Teknik Elektro S-1
ITN MALANG

Dengan Hormat

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa

Nama : ANTONIUS COREBIMA
Nim : 1012028
Fakultas : Teknologi Industri
Program Studi : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

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

" Semester Genap Tahun Akademik 2013-2014 "

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



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

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

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-075/EL-FTI/2014 2 April 2014
Lampiran : -
Perihal : Survey Pengambilan Data Skripsi
Kepada : Yth. Manager PT. PLN (Persero) Wilayah NTT, Sektor NTT
di - Kupang

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, selama dua minggu pada bulan April 2014.

Mahasiswa tersebut adalah:

No	Nama	NIM
1.	Antonius Corebima	1012028

Demikian atas perhatian dan kebijaksanaannya kami ucapkan terima kasih.



Ketua

Program Studi Teknik Elektro S-1

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



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

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

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG (PERSERO) MALANG
PERSEROAN TERBUKA 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 KETERANGAN

Nomor : ITN-001-VI.AA/V -2014

Yang bertanda tangan dibawah ini, Pimpinan Institut Teknologi Nasional Malang, menerangkan bahwa :

N a m a : **ANTONIUS COREBIMA**
Tempat /Tgl.Lahir : **HOLSA MALIANA / 18 APRIL 1993**
NIM : **1012028**
Fakultas : **FTI**
Program Studi : **T. ELEKTRO**
Jurusan : **T. ENERGI LISTRIK**
Jenjang Program Studi : **S-1**
Alamat di Malang : **JL. PERUSAHAAN PERUM. TIRTASANI BLOK D
NO. 16 KABUPATEN MALANG**

Adalah benar – benar sebagai Mahasiswa Institut Teknologi Nasional Malang sampai dengan **Semester Genap** Tahun akademik **2013 / 2014**.

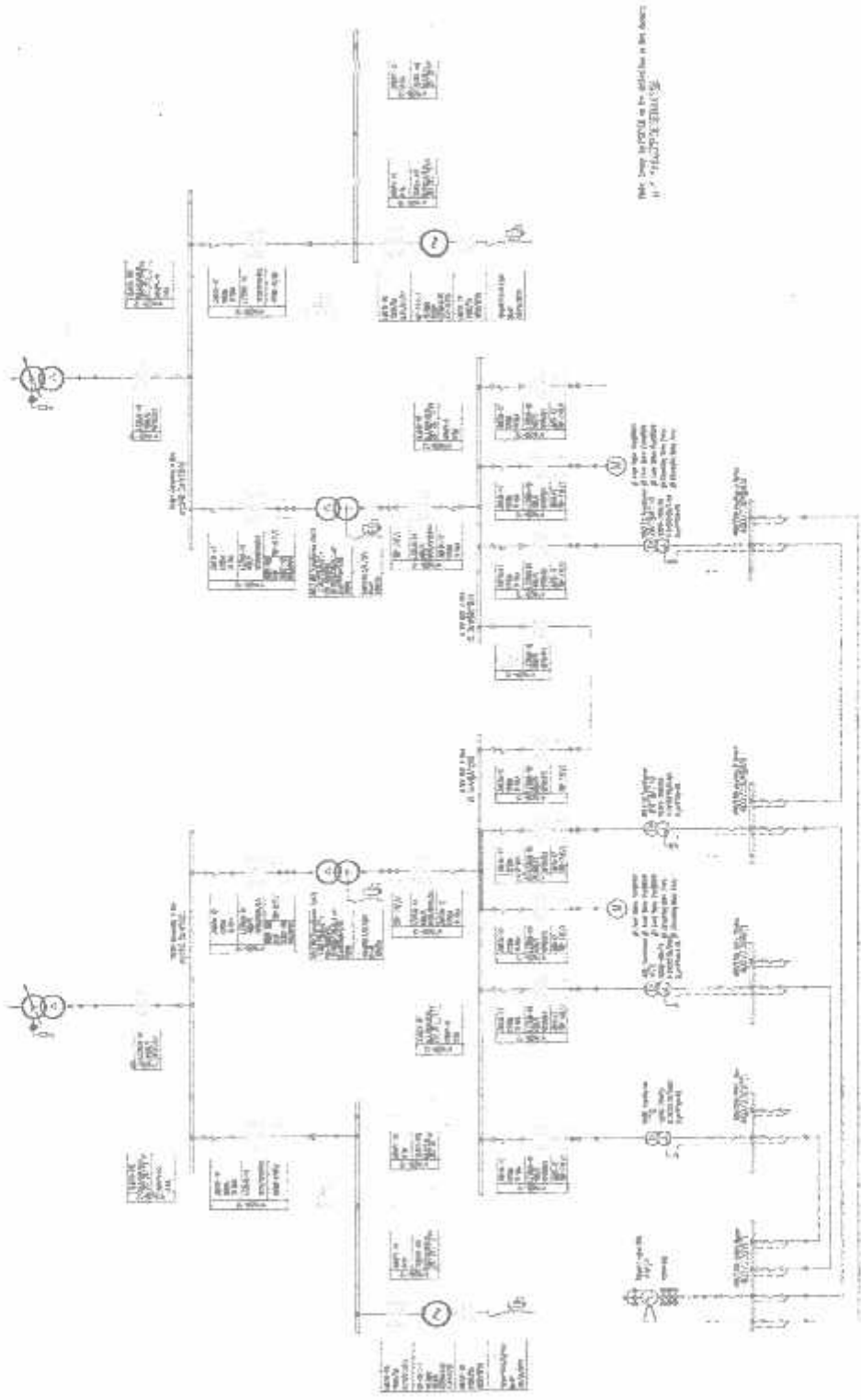
Surat keterangan ini diperlukan untuk : **Pengambilan data untuk Skripsi pada Perusahaan PT. PLN – Kupang – NTT.**

Demikian surat keterangan ini dibuat agar dipergunakan sebagaimana mestinya.

Malang, 05 Mei 2014
Ka.Biro Adm, Akademik & Kemahasiswaan



Dra. Modhesta Hayu Miranti Raras
NIP. Y. 1038900203



NO.	REV.	DATE	BY	CHK.	APP.
BY PLN (PERSERO)					
PT. PERUSAHAAN LISTRIK NUSANTARA					
KORPORASI (PT. PLN) (Persero)					
ALOKASI BUDJET					
NO.	REV.	DATE	BY	CHK.	APP.



**PT. PLN (PERSERO)
WILAYAH NUSA TENGGARA TIMUR
SEKTOR NUSA TENGGARA TIMUR**

Jalan Diponegoro, Kuanino-Kupang 85119

Telepon : (0380) 826198

Facsimile : (0380) 826101

Bank : BNI Cabang Kupang

E-mail : sektor.timor@pln.co.id

Nomor : 0058 / 121 / SEKNTT / 2014

Kupang, 28 April 2014

Lampiran :

Sifat : Penting

Perihal : Surat Pemberian Data

Kepada Saudara:

Antonius Corebima

Di Tempat

Dengan hormat,

Sehubungan dengan kebutuhan data untuk bahan *Skripsi* di Institut Teknologi Nasional Malang dengan judul "Analisis Koordinasi *Overcurrent* dan *Differensial Relay* Untuk kehandaian sistem pada PLTU Bolok Kupang dengan menggunakan *software ETAP Power Station*" maka kami berikan data-data sebagai berikut:

1. Oneline Diagram Sistem Kupang
2. Oneline Diagram PLTU Bolok
3. Data Settingan sistem proteksi PLTU Bolok
4. Data Generator
5. Data Transformator

Demikian kami sampaikan, dan terimakasih.

ASMAN, OPSISLUR

WEGIG AGUS TRIYOGO

MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI
SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2013-2014

Nama Mahasiswa : Antonius Corebima
 NIM : 10.12.028
 Nama Pembimbing : Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT
 Tempat Skripsi : Laboratorium Transmisi dan Distribusi
 Judul Skripsi : "ANALISIS KOORDINASI RELAY PROTEKSI UNTUK KEHANDALAN SISTEM PADA PLTU BOLOK SISTEM KUPANG DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP POWER STATION"




Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Kehadiran	Kegiatan/Aktivitas	Paraf Pembimbing
1	Kamis, 10/04/2014		Relayin Relye OCR, dan Riff. Relu. dan gangguan eff busbar & ketua rala (setty).	af
2	19/04/2014		proses pengambilan data di PLTU Bolok	
3	26-30/04/2014		proses pengambilan data di PLTU Bolok	
4	05/05/2014		proses pengerjaan Single line menggunakan ETAP POWER STATION.	af
5	Kamis 08/05/2014		raporin seketik Progres	
6	25/06/2014		Chale kaha tulis (lelut) catatan + Bal. W. kugun analisa log. Blo. W. kugun kugun & analisa kugun	af
7	10/07/2014		lelut kenergi rod. dan skripsi	af

14/7

21/5

22/6

14/7

Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Kehadiran	Kegiatan/Aktivitas	Paraf Pembimbing
8	21 / 2014 Juli		Acc seminar	
9	06 / 2014 08		Revisi lth draft Skripsi.	
10	09 / 2014 08		Revisi Acc skripsi	
11				
12				
13				
14				

Malang,








Dosen Pembimbing









Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT
NIP.131991182

MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI
SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2013-2014

Nama Mahasiswa : Antonius Corebima
 NIM : 10.12.028
 Nama Pembimbing : Ir. Teguh Herbasuki, MT
 Tempat Skripsi : Laboratorium Transmisi dan Distribusi
 Judul Skripsi : "ANALISIS KOORDINASI RELAY PROTEKSI UNTUK KEHANDALAN SISTEM PADA PLTU BOLOK SISTEM KUPANG DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP POWER STATION"

Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Kehadiran	Kegiatan/Aktivitas	Paraf Pembimbing
1	Selasa 8/4 2014		Perubahan judul, latex blkg, rumusan insih, tujuan	 21/4
2	Sabtu - 19 - 26 April 2014		proses pengambilan data di PLTU Bolok	
3	26 - 30 April 2014		Proses Pengambilan data di PLTU Bolok	
4	Senin 5/5 2014		proses pengerjaan program menggunakan ETAP POWER STATION.	 21/5
5	Selasa 20/ 2014 /05		Pengerjaan single line dan memasukkan data pada program ETAP	
6	Selasa 29/ 2014 /05		Pengerjaan single line dan memasukkan data pada program ETAP	
7	Kamis 08/ 2014 /06		Revisi setelah progres	

Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Kehadiran	Kegiatan/Aktivitas	Paraf Pembimbing
8	26 / 2014 / 06		ACC Bab. II	 2/6
9	01 / 2014 / 07		ACC BAB III	
10	07 / 2014 / 07		ACC BAB IV	
11	14 / 2014 / 07		ACC BAB V	 2/12
12	21 / 2014 / 07		ACC Seminar Hasil	
13	07 / 2014 / 08		ACC UJIAN SKRIPSI (Kompet)	
14				

Malang,








Dosen Pembimbing

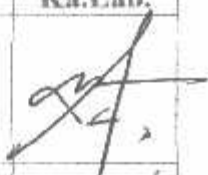



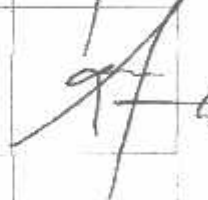


Ir. Teguh Herbasuki, MT
NIP. Y. 1038900209

MONITORING KEHADIRAN SKRIPSI
SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2013-2014

Nama Mahasiswa : Antonius Corebima
 NIM : 10.12.028
 Nama Pembimbing 1 : Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT
 Nama Pembimbing 2 : Ir. Teguh Herbasuki, MT
 Tempat Skripsi : Laboratorium Transmisi dan Distribusi
 Judul Skripsi : "ANALISIS KOORDINASI RELAY PROTEKSI UNTUK KEHANDALAN SISTEM PADA PLTU BOLOK SISTEM KUPANG DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP POWER STATION"

Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Kehadiran	Kegiatan/Aktivitas	Paraf Ka.Lab.
1	6 / 2014 / 4		Belajar SIMULASI ETAP.	
2	12 / 2014 / 4		SIMULASI ETAP.	 12/4
3	19 - 20 April 2014		proses pengambilan data di PLTU Bolok	
4	26 - 30 April 2014		Pengambilan data di PLTU Bolok	
5	Senin 5 / 05 2014		proses penggambaran single line diagram menggunakan ETAP.	
6	sabtu 10 / 05 2014		gambar single line pada ETAP.	 12/5
7	Selasa 13 / 05 2014		Memasukan data pada Program ETAP	

Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Kehadiran	Kegiatan/Aktivitas	Paraf Ka.Lab.
8	Sabtu 07/06/2014		Memasukkan data pada Program ETAP.	
9	12/06/2014		Memperbaiki busbar.	
10	26/06/2014		Perbaikan input data	
11	27/06/2014		Setting Relay di ETAP.	
12	24/06/2014		Menyusun BAB III & IV	 28/6
13				
14				

Malang,

Kepala Laboratorium
Transmisi dan Distribusi Daya Listrik

Awan Uji Krismanto, ST, MT
NIP.P.198003012005011002

LEMBAR PERSEMBAHAN

Sembah, puji dan syukur ku Panjatkan ke hadirat-Mu ya Tuhan karena atas berkat, rahmat serta kemudahan yang Engkau berikan akhirnya skripsi yang sederhana ini dapat terselesaikan. Terimakasih juga ya Tuhan karena Engkau selalu ada disaat aku membutuhkan-MU

Kupersembahkan karya sederhana ini kepada orang yang sangat kukasih dan kusayangi.

Papa dan Mama Tercinta

Sebagai tanda bakti, hormat, dan rasa terima kasih yang tak terhingga kupersembahkan karya kecil ini kepada Papa dan Mama yang telah memberikan kasih sayang, segala dukungan, dan cinta kasih yang tiada akhirnya, yang tak mungkin dapat kubalas hanya dengan selembar kertas yang bertuliskan kata cinta dan terimakasih. Semoga ini menjadi langkah awal untuk membuat Papa dan Mama bahagia karena kusadar, selama ini belum bisa berbuat yang lebih. Untuk Papa dan Mama yang selalu memotivasi dan selalu memjirami kasih sayang, selalu mendoakanku, selalu menasehatiku untuk menjadi lebih baik.

☺Terima Kasih Papa.... Terima Kasih Mama...☺

My Brother dan Sister's

Untuk adik-adikku, "Afun, Ade, Mea dan Ali Baba" tiada yang paling mengharukan saat kumpul bersama kalian, walaupun sering bertengkar tapi hal itu selalu menjadi warna yang tak akan bisa tergantikan, terima kasih atas doa dan bantuan kalian selama ini, hanya ini yang dapat saya persembahkan. Maaf belum bisa menjadi panutan seutuhnya, tapi saya akan selalu berusaha menjadi yang terbaik untuk kalian semua.

☺My Brother & Sister's, I really love you all☺

Dosen & Kawan-kawan Seperjuangan

Buat Dosen & kawan-kawan seperjuanganku, terima kasih atas bantuan, nasehat, hiburan, fraksiran dan semangat yang telah kalian berikan selama saya kuliah. Buat kawan-kawan yang akan bergulat dengan SKRIPSI semester ini: "Ansel, Alan, Adrian, Yogi, Astin, dan Jero" tetap semangat, terus berusaha dan jangan pernah menyerah. Buat sahabat-sahabatku yang turut membantu selama ini, "Ma, Vander, Steven kuliah baik-baik, smoga cepat nyusul☺ Untuk teman-teman Asistan Lab. TIDE dan semua teman-teman yang lain" terima kasih atas bantuan, canda & tawa kalian.

Semoga keakraban di antara kita selalu terjaga.

☺Hidup Electrical Engineering '10!!! Sukses Untuk Kita Semua☺

Kebahagiaan tidak datang secara instan, tetapi karena ada kegigihan, usaha dan kerja keras.

"your dreams today, can be your future tomorrow"

Antonius Samara Cerobima