

**ANALISIS KOORDINASI *OVER CURRENT RELAY* UNTUK GANGGUAN
PHASA DAN TANAH DI PT.KPC (KALTIM PRIMA COAL)**

SKRIPSI



Disusun oleh:

RACHMAD HIDAYAT MASTIAN NOOR

13.12.001

**KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2017**

LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISIS KOORDINASI *OVER CURRENT RELAY* UNTUK GANGGUAN
PHASA DAN TANAH DI PT.KPC (KALTIM PRIMA COAL)**

SKRIPSI

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

Disusun oleh:

RACHMAD HIDAYAT MASTIAN NOOR

NIM : 13.12.001

Dosen Pembimbing I



Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT

NIP. 196105031992021001

Dosen Pembimbing II



Ir. Choirul Saleh, MT

NIP. Y. 1018800190

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1



Dr. Irrine Budi Sulistiawati, ST, MT

NIP. 197706152005012002

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

2017

ANALISIS KOORDINASI *OVER CURRENT RELAY* UNTUK GANGGUAN PHASA DAN TANAH DI PT. KPC (KALTIM PRIMA COAL)

Rachmad Hidayat Mastian Noor

Email : Rachmad.h.m.n@gmail.com

Dosen pembimbing : Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT dan Ir. Choirul Salch, MT

Program Studi Teknik Elektro S-1, Kosentrasi Teknik Energi Listrik

Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang

Jl. Raya Karanglo Km. 2 Malang

Abstrak

Sistem proteksi sangat penting untuk mengamankan sistem *Overland Substation Switchboard* di PT. KPC. Oleh sebab itu sistem tenaga listrik di PT. KPC haruslah terkonsumsi dengan aman. Gangguan yang terjadi adalah gangguan fasa dan tanah yang tidak dapat dihindarkan pada gangguan distribusi *external*. Rele yang digunakan adalah *Overcurrent Relay* (OCR) sebagai proteksi pada *feeder*. Pada sisi 3,4 kV mengalami kegagalan memutuskan saat gangguan terjadi. Untuk meningkatkan keandalan di PT. KPC, yaitu setting ulang relenya. Kemudian dirubah sesuai perhitungan pada OCR fasa sesudah disetting pada sisi primer 11 kV dengan waktu 0,12 detik dan arus sekunder 2,01 ampere, dan untuk *ground* dengan waktu 0,07 detik dan arus sekunder 0,3 ampere, kemudian rele OCR fasa sisi sekunder 3,4 kV dengan waktu 0,11 detik dan arus sekunder 5,1 ampere, dan untuk *ground* dengan waktu 0,17 detik dan arus sekunder 0,8 ampere, agar semakin cepat untuk memotong arus gangguan dan tidak merusak peralatan listrik lainnya.

Kata kunci : *Feeder*, Gangguan hubung singkat, *Overcurrent relay*, PT. Kaltim Prima Coal, Sistem distribusi.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT berkat rahmat-Nya, sehingga penyusunan laporan skripsi ini dapat diselesaikan. Penulis menyadari tanpa adanya usaha dan bantuan dari berbagai pihak, maka laporan skripsi ini tidak dapat terselesaikan. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Orang tua dan teman-teman yang sudah membantu penulis baik itu dalam bentuk materi dan dukungan doa yang selalu menyertai penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MT selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak Dr. Ir. Yudi Limpraptono, MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Ibu Dr. Irrine Budi Sulistiawati, ST., MT selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
5. Bapak Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT selaku Dosen Pembimbing I.
6. Bapak Ir. Choirul Saleh, MT selaku Dosen Pembimbing II.
7. Bapak Bangun Nuswanto selaku Manager Learning & Development di PT. KPC (Kaltim Prima Coal).
8. Bapak Achmad Haruna selaku Supervisor sekaligus Pembimbing di PT. KPC (Kaltim Prima Coal).

Penulis menyadari masih banyak kekurangan pada laporan skripsi ini, oleh karena itu mengharapkan saran dan kritik yang membangun guna perbaikan di masa yang akan datang. Akhir kata semoga laporan skripsi ini dapat bermanfaat.

Malang, Agustus 2017

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	i
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
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 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	4
2.1 Pengertian Gangguan dan Klasifikasi Gangguan. [6].....	4
2.2 Metode Komponen Simetris Untuk Gangguan Hubung Singkat. [6].....	5
2.2.2 Komponen Urutan Negatif (<i>negative sequence</i> <i>components</i>) [6].....	6
2.2.3 Komponen Urutan Nol (<i>zero sequence</i> <i>components</i>). [6].....	6
2.3 Gangguan Hubung Singkat. [6].....	10
2.3.1 Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah. [6].....	10
2.3.2 Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa. [6].....	11
2.3.3 Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa ke Tanah. [6].....	12
2.3.4 Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa. [6].....	12

2.4	Dasar Proteksi Sistem Tenaga Listrik. [6].....	13
2.5	Komponen Proteksi Sistem Tenaga Listrik. [6]	15
2.5.1	<i>Current Transformer</i> . [6].....	16
2.5.2	Rele Proteksi. [6].....	16
2.5.3	Pemutus Tenaga. [6].....	17
2.6	Sistem Per Unit. [6]	18
2.7	Rele Arus Lebih. [5]	20
2.7.1	Karakteristik Relay Arus Lebih (OCR). [5].....	20
2.8	Penyetelan Rele Arus Lebih. [5].....	25
2.8.1	Setting Rele Arus Lebih Waktu Inverse. [5]	26
2.9	Relay Gangguan Tanah. [5].....	27
BAB III METODE PENELITIAN		30
3.1	Metode	30
3.2	<i>Software ETAP Power Station</i>	30
3.3	Perancangan Simulasi Menggunakan <i>ETAP Power Station</i>	31
3.4	Analisa Aliran Daya	31
3.5	Analisa Hubung Singkat	32
3.6	Analisa Koordinasi Perangkat Star	32
3.7	Algoritma Simulasi pada <i>Software ETAP Power Station</i>	32
3.8	Proses Pelaksanaan	34
BAB IV HASIL DAN ANALISIS		35
4.1	Pengujian Pada Sistem <i>Exemple IEEE</i>	35
4.2	Setting Ulang Pada Proteksi Uji Sistem.	38
4.3	Perbandingan Setting Arus <i>Pick-Up</i> Dan Waktu Pada Rele Arus Lebih (OCR).	40

4.4 Sistem kelistrikan di PT. Kaltim Prima Coal.....	40
4.5 Data Yang Diperoleh	41
4.5.1 Data Generator (Steam 1 Dan 2).....	41
4.5.2 Data Generator (Steam 3, 4 Dan 5).....	42
4.5.3 Data Generator (Diesel 1, 2 Dan 3).....	43
4.5.4 Data Penghantar.....	43
4.5.5 Data Transformator Daya.....	44
4.5.6 Data Rele Pengaman.....	44
4.6 Perhitungan Base	46
4.7 Data-data Yang di Imputkan.....	46
4.8 Analisis Aliran Daya (<i>Run Load Flow</i>).....	50
4.9 Hasil Hubung Singkat dari <i>ETAP Power Station</i>	50
4.10 Kondisi Simulasi Sebelum Diberi Gangguan	51
4.11 Kondisi Awal Relay Sebelum Disetting.....	51
4.12 Perhitungan dan Setting Ulang Rele Pengaman (OCR).	55
4.13 Perbandingan Setting Arus <i>Pick-up</i> Dan Waktu Pada Rele Arus Lebih (OCR).	62
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	64
5.1 Kesimpulan	64
5.2 Saran	65

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Komponen-komponen Simetris [6].....	7
Gambar 2.2 Rangkaian Komponen Urutan Positif, Negatif, dan Nol [6].....	7
Gambar 2.3 Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah. [6]	10
Gambar 2.4 Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa. [6].....	11
Gambar 2.5 Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa ke Tanah. [6].....	12
Gambar 2.6 Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa. [6].....	12
Gambar 2.7 Elemen Proteksi Sistem Tenaga Listrik. [6]	15
Gambar 2.8 Rangkain Sederhana Rele dan Pemutus Tenaga. [6]	18
Gambar 2.9 Karakteristik OCR Tipe Seketika. [5].....	20
Gambar 2.10 Karakteristik Rele Arus Lebih Seketika. [5].....	21
Gambar 2.11 Karakteristik OCR Tipe Waktu Tertentu. [5]	22
Gambar 2.12 Karakteristik Rele Arus Lebih Tertentu. [5]	22
Gambar 2.13 Karakteristik OCR Tipe Berbanding Terbalik. [5]	23
Gambar 2.14 Karakteristik Rele Arus Lebih Berbanding Terbalik. [5].....	23
Gambar 2.15 Arus Kerja (<i>Pick-up</i>) dan Arus Kembali (<i>Drop-off</i>). [5]	24
Gambar 2.16 Karakteristik Operasi Arus <i>Pick-up</i> dan <i>Drop-off</i> . [5].....	24
Gambar 2.17 <i>Single Line Diagram</i> Pemasangan <i>Ground Fault Relay</i> (GFR). [5]	29
Gambar 2.18 Rangkaian Pengawatan OCR dan GFR. [5].....	29
Gambar 3.1 Tampilan Lembar Kerja <i>Software ETAP Power Station</i>	31
Gambar 3.2 <i>Single Line Diagram</i> PT. Kaltim Prima Coal (KPC).....	31
Gambar 3.3 Flowchart Simulasi dan Setting Rele	34
Gambar 4.1 <i>Single Line Diagram</i> Sistem <i>Exemple IEEE</i>	35
Gambar 4.2 Objek Pengujian Proteksi Pada Sistem <i>Exemple IEEE</i>	35
Gambar 4.3 <i>Base Case Relay (Phase)</i> Proteksi Pada Pengujian Sistem <i>Exemple IEEE</i>	36
Gambar 4.4 <i>Base Case Relay (Ground)</i> Proteksi Pada Pengujian Sistem <i>Exemple IEEE</i>	36
Gambar 4.5 Kondisi <i>Base Case</i> Proteksi Pada Pengujian Sistem <i>Exemple IEEE</i>	37

Gambar 4.6 <i>Base Case Curve</i> Proteksi Pada Pengujian Sistem <i>Exemple IEEE</i>	37
Gambar 4.7 Setelah di Setting Ulang <i>Relay 1</i> Proteksi Pada Pengujian Sistem <i>Exemple IEEE</i>	38
Gambar 4.8 Kondisi Koordinasi Setelah di Setting Ulang <i>Relay 1</i> Proteksi Pada Pengujian Sistem <i>Exemple IEEE</i>	39
Gambar 4.9 Kondisi <i>Curve Coordination Protection</i> Setelah di Setting Ulang <i>Relay 5</i> Proteksi Pada Pengujian Sistem <i>Exemple IEEE</i>	39
Gambar 4.10 <i>Single Line Diagram</i> Sistem <i>Overland Substation</i> <i>Switchboard</i> , PT. Kaltim Prima Coal.....	41
Gambar 4.11 Pemodelan <i>Single Line Diagram</i> Sistem <i>Overland</i> <i>Substation Switchboard</i>	41
Gambar 4.12 <i>Input Name Plate</i> Transformator Daya di <i>ETAP</i> <i>Power Station</i>	47
Gambar 4.13 <i>Input Data CT</i> di <i>ETAP Power Station</i>	47
Gambar 4.14 <i>Input Data</i> Rele Sisi 11kV (<i>phase</i>) di <i>ETAP</i> <i>Power Station</i>	48
Gambar 4.15 <i>Input Data</i> Rele Sisi 11kV (<i>ground</i>) di <i>ETAP</i> <i>Power Station</i>	48
Gambar 4.16 <i>Input Data</i> Rele Sisi 11kV (<i>phase</i>) di <i>ETAP</i> <i>Power Station</i>	49
Gambar 4.17 <i>Input Data</i> Rele Sisi 11kV (<i>ground</i>) di <i>ETAP</i> <i>Power Station</i>	49
Gambar 4.18 Analisis Aliran Daya (<i>Load Flow Analysis</i>).....	50
Gambar 4.19 Simulasi Sistem Sebelum diberi Gangguan.....	51
Gambar 4.20 Kondisi Awal Pada Data Rele sisi 11 kV (<i>phase</i>) di PT. KPC.....	52
Gambar 4.21 Kondisi Awal Pada Data Rele sisi 11 kV (<i>ground</i>) di PT. KPC.....	52
Gambar 4.22 Kondisi Awal Pada Data Rele sisi 3,4 kV (<i>phase</i>) di PT. KPC.....	53

Gambar 4.23 Kondisi Awal Pada Data Rele sisi 11 kV (<i>ground</i>) di PT. KPC.....	53
Gambar 4.24 Hasil Simulasi Kondisi Setting Awal.....	54
Gambar 4.25 Kurva Karakteristik <i>Relay</i> Arus Lebih Kondisi Awal	54
Gambar 4.26 <i>Input Data</i> Rele Arus Lebih Setelah Perhitungan Sisi 11 kV (<i>phase</i>) di PT. KPC.....	56
Gambar 4.27 <i>Input Data</i> Rele Arus Lebih Setelah Perhitungan Sisi 11 kV (<i>ground</i>) di PT. KPC.....	56
Gambar 4.28 <i>Input Data</i> Rele Arus Lebih Setelah Perhitungan Sisi 3,4 kV (<i>phase</i>) di PT. KPC.....	57
Gambar 4.29 <i>Input Data</i> Rele Arus Lebih Setelah Perhitungan Sisi 3,4 kV (<i>ground</i>) di PT. KPC.....	57
Gambar 4.30 Sistem Koordinasi Proteksi Pada Jenis Gangguan 3- <i>Phase</i>	58
Gambar 4.31 Sistem Koordinasi Proteksi Pada Jenis Gangguan <i>Line-to-Ground</i>	58
Gambar 4.32 Sistem Koordinasi Proteksi Pada Jenis Gangguan <i>Line-to-Line</i>	59
Gambar 4.33 Sistem Koordinasi Proteksi Pada Jenis Gangguan <i>Line-to-Line-to-Ground</i>	59
Gambar 4.34 Kurva Pada Kondisi Gangguan 3 <i>Phase</i>	60
Gambar 4.35 Kurva Pada Kondisi Gangguan <i>Line to Ground</i>	60
Gambar 4.36 Kurva Pada Kondisi Gangguan <i>Line to Line</i>	61
Gambar 4.37 Kurva Pada Kondisi Gangguan <i>Line to Line to Ground</i>	61

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Koefisien <i>Invers Time Dial</i> . [9]	27
Tabel 4.1 Kondisi <i>Relay OCR</i> Pada Setting Awal (<i>Phasa dan Ground</i>).	40
Tabel 4.2 Kondisi <i>Relay OCR</i> Setelah Disetting Ulang (<i>Phasa dan Ground</i>).	40
Tabel 4.3 Urutan Positif, Negatif Dan Nol Pada (Steam 1 Dan 2)	42
Tabel 4.4 Urutan Positif, Negatif Dan Nol Pada Steam (3, 4 Dan 5)	43
Tabel 4.5 Urutan Positif, Negatif Dan Nol Pada Generator (Diesel 1, 2 Dan 3).....	43
Tabel 4.6 Urutan Positif, Negatif Dan Nol Pada Penghantar.....	44
Tabel 4.7 Urutan Positif, Negatif Dan Nol Pada Transformator	44
Tabel 4.8 Data Rele Arus Lebih <i>Over Current</i>	44
Tabel 4.9 Hasil Simulasi Hubung Singkat.....	50
Tabel 4.10 Kondisi Rele OCR Pada Setting Awal (<i>Phase dan Ground</i>).....	62
Tabel 4.11 Kondisi Rele OCR Pada Setting Baru (<i>Phase dan Ground</i>).....	62

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem proteksi merupakan salah satu bagian paling penting dalam sistem tenaga listrik, secara keseluruhan [1]. Oleh sebab itu sistem tenaga listrik di PT. KPC haruslah terkondisi dengan aman, tanpa adanya pengaman tenaga listrik yang dibutuhkan akan tidak dapat didistribusikan kepada beban-beban dengan tingkat kualitas yang tinggi. Mengingat PT.KPC memiliki pembangkit sendiri untuk memenuhi kebutuhan daya akan beban pada PT.KPC yaitu PLTU, maka keamanan pada sistem kelistrikan distribusi PT.KPC tersebut harus dapat ditingkatkan, jadi sangat diperlukan adanya sistem pengaman yang sesuai. Dengan digunakannya sistem pengaman yang ada di PT. KPC itu sendiri yaitu *Overcurrent Relay* sebagai pengaman pada sistem *Feeder Overland Substation Switchboard*, maka sistem pengaman rele harus dapat meminimalisir adanya koordinasi yang tidak sesuai dengan karakteristik pengaman karena adanya gangguan fasa dan tanah.

Gangguan ini menyebabkan lonjakan arus yang cukup besar sehingga dapat merusak transformator tersebut dan di butuhkannya sistem pengaman tersebut [2]. Dari kegagalan sistem koordinasi sistem proteksi dapat membuat produksi terhenti hingga terjadi *black out* pada station itu sendiri dan membutuhkan waktu yang lama untuk normal kembali yang bisa berakibat juga kepada sistem controlnya dan dapat pula menghindarkan adanya kesalahan kerja dari *Overcurrent Relay* itu sendiri sehingga kontinuitas pelayanan dan penyediaan tenaga listrik dapat dipertahankan.

Rele proteksi memiliki kemampuan selektif yang baik dibutuhkan untuk mencapai tingkat keandalan sistem yang tinggi karena kinerja pengaman yang cepat dan tepat akan dapat mengisolir gangguan seminimal mungkin [3]. Gangguan ini tidak dapat dihilangkan keberadaanya, gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik dapat digolongkan menjadi dua bagian yaitu gangguan yang bersifat tetap (permanen) dan gangguan yang bersifat sementara (temporer) [4].

Pengaman pada *Feeder* mempunyai satu peranan penting dalam mengalirkan kualitas tegangan pada traformator dan beban-beban karena merupakan suatu elemen--elemen penting, yang dibutuhkan agar tidak mengalami gangguan pada produksi PT.KPC untuk sistem *Feeder Overland Substation Switchboard*, termasuk dalam saluran distribusi 11kV. Oleh sebab itu sistem distribusi tersebut harus selalu dapat terhindar dari berbagai macam gangguan yang dapat mengganggu kestabilan sistem. Hal ini berarti sangat diperlukannya sistem pengaman yang memadai, berdasarkan pertimbangan inilah maka penulis membahas sistem koordinasi *Overcurrent Relay* untuk gangguan fasa dan tanah di PT. KPC, dari hasil yang akan di proses di skripsi ini adalah memperbaiki arus *pick-up* dan *setting time dial* pada kondisi *base case* dengan dilakukannya setting ulang terhadap arus *pick-up* dan *time dial* tersebut yang berdasarkan rumus-rumus yang terkait pada Bab II.

1.2 Rumusan Masalah

Sesuai latar belakang yang telah dijelaskan, permasalahan yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah sebagai berikut :

- Bagaimana memperbaiki setting koordinasi *Overcurrent Relay* ketika adanya arus lebih yang terjadi pada *Feeder Overland Substation Switchboard*, sisi 3,4kV yang diakibatkan dari gangguan hubung singkat fasa dan tanah.

1.3 Tujuan

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

- Menganalisis kondisi koordinasi setelah *setting* ulang pada *Feeder Overland Substation Switchboard*, PT. KPC.

1.4 Batasan Masalah

Agar pembahasan tidak menyimpang dari pokok perumusan masalah dan tujuan dalam penyusunan skripsi ini maka penulis memberi batasan sebagai berikut:

1. Rele pengaman yang digunakan adalah *Overcurrent Relay* gangguan yang dibahas dan disimulasikan gangguan *3-Phase, Line to Ground, Line to Line, Line to Line to Ground*.
 2. Analisa serta simulasi dilakukan dengan menggunakan *software Etap Power Station v.12.6*
-

3. Zona proteksi hanya pada sisi primer 11kV dan sekunder 3,4kV pada *Feeder Overland Substation Switchboard*, di PT.KPC.
4. Pengambilan data dilakukan pada *Power Station* di PT. Kaltim Prima Coal (KPC).

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penyusunan skripsi ini adalah sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN Menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA Menjelaskan tentang tinjauan pustaka dan teori penunjang skripsi yang digunakan untuk analisis pembahasan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN Menjelaskan tentang metodologi penelitian yang dilakukan meliputi waktu dan tempat penelitian, metode pengambilan data, *software* yang di gunakan dan analisis penyelesaian masalah.

BAB IV HASIL DAN ANALISIS Berisi pembahasan tentang hasil dari penelitian mengenai Koordinasi *Overcurrent Relay* Untuk Gangguan Fasa Dan Tanah Di PT. KPC (Kaltim Prima Coal).

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN Berisi tentang kesimpulan dari uraian dan pembahasan dalam skripsi ini dan saran yang masih dapat dikembangkan lebih lanjut.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Gangguan dan Klasifikasi Gangguan. [6]

Gangguan adalah suatu ketidaknormalan (*interferes*) dalam sistem tenaga listrik yang mengakibatkan mengalirnya arus yang tidak seimbang dalam sistem tiga fasa. Gangguan dapat juga didefinisikan sebagai semua kecacatan yang mengganggu aliran normal arus beban. Tujuan dilakukan analisa gangguan adalah :

1. Penyelidikan terhadap unjuk rele proteksi.
2. Untuk mengetahui kapasitas rating maksimum dari pemutus tenaga.
3. Untuk mengetahui distribusi arus gangguan dan tingkat tegangan sistem pada saat terjadinya gangguan.

Berikut ini adalah klasifikasi gangguan [6]:

a. Berdasarkan Kesimetrisannya :

1. Gangguan asimetris, merupakan gangguan yang mengakibatkan tegangan dan arus yang mengalir pada setiap fasanya menjadi tidak seimbang, gangguan ini terdiri dari [6]:
 - Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah.
 - Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa.
 - Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa ke Tanah.
2. Gangguan simetris, merupakan gangguan yang terjadi pada semua fasanya sehingga arus maupun tegangan setiap fasanya tidak seimbang setelah gangguan terjadi. Gangguan ini terjadi dari [6]:
 - Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa.
 - Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa ke Tanah.

b. Berdasarkan lama terjadi gangguannya :

1. Gangguan transient (*temporer*), merupakan gangguan yang dapat hilang dengan sendirinya jika pemutus tenaga terbuka dari saluran transmisi untuk sementara dan setelah itu dihubungkan kembali.
2. Gangguan permanen, merupakan gangguan yang tidak hilang atau tetap ada apabila pemutus tenaga terbuka pada saluran transmisi untuk waktu yang singkat dan setelah itu dihubungkan kembali.

Selain klasifikasi gangguan yang telah disebutkan di atas, terbukanya pemutus tenaga tidak selalu dikarenakan terjadinya gangguan pada sistemnya tetapi juga dikarenakan rusaknya rele tersebut, kabel kontrol atau adanya kontribusi dari luar seperti induksi atau interferensi. Gangguan seperti ini disebut juga gangguan non-sistem.

2.2 Metode Komponen Simetris Untuk Gangguan Hubung Singkat. [6]

Gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik umumnya merupakan gangguan aismetris, dimana gangguan tersebut mengakibatkan tegangan dan arus yang mengalir pada masing-masing fasanya menjadi tidak seimbang.

Pada tahun 1918, C.L Fortesque menemukan suatu metode yang dapat digunakan untuk menganalisa sistem tiga fasa yang tidak seimbang. Fortesque membuktikan bahwa suatu sistem yang tidak seimbang yang terdiri dari tegangan atau arus yang tidak seimbang antar fasanya dapat dipecah menjadi tiga komponen simetris dari sistem tiga fasa yang seimbang. Tiga komponen simetris tersebut adalah.

2.2.1 Komponen Urutan Positif (*positive sequence components*). [6]

Merupakan komponen yang terdiri dari tiga fasor yang besarnya sama, terpisah satu dengan yang lain dalam fasa sebesar 120° , dan memiliki urutan fasa yang sama seperti fasor aslinya. Saat sistem berada dalam kondisi normal, hanya terdapat arus dan tegangan urutan positif saja, sehingga impedansi sistem pada kondisi normal adalah impedansi urutan positif. Ketika gangguan, cabang yang terganggu pada sistem dapat digantikan dengan berubahnya tegangan $\Delta V = V - V_1$ dan semua sumber tegangan yang ada pada sistem dihubung singkat, sehingga akan diperoleh arus gangguan ΔI yang mengalir ke dalam sistem, yaitu [6]:

$$\Delta I = - \frac{(V - V_1)}{z_1} \quad (2.1)$$

Dan

$$\Delta I = I - I_1 \quad (2.2)$$

Karena arus awal sistem sebelum terjadi gangguan adalah nol ($I=0$), maka arus yang mengalir di cabang yang mengalami gangguan $I_1 = -\Delta I$ sehingga di dapat.

$$V_1 = V - I_1 Z_1 \quad (2.3)$$

Persamaan di atas merupakan persamaan dari komponen urutan positif arus dan tegangan pada cabang yang mengalami gangguan.

2.2.2 Komponen Urutan Negatif (*negative sequence components*). [6]

Merupakan komponen yang terdiri dari tiga fasor yang sama besarnya, terpisah satu dengan yang lain dalam fasa sebesar 120° , dan mempunyai urutan fasa yang berlawanan dengan fasor aslinya, jika pada kondisi normal hanya terdapat komponen urutan positif, maka komponen urutan negatif hanya ada pada saat terjadinya gangguan. Karena tidak ada komponen urutan negatif sebelum terjadinya gangguan, maka apabila terjadi gangguan akan timbul perubahan tegangan sebesar $-V_2$ dan arus I_2 yang mengalir dari sistem ke gangguan adalah [6]:

$$I_2 = -\frac{V_2}{Z_2} \quad (2.4)$$

$$V_2 = -I_2 Z_2 \quad (2.5)$$

Z_2 merupakan impedansi urutan negatif dan pada umumnya sama dengan impedansi urutan positif.

2.2.3 Komponen Urutan Nol (*zero sequence components*). [6]

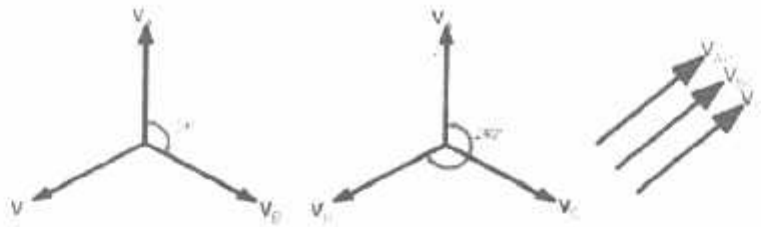
Merupakan komponen yang terdiri dari tiga fasor yang sama besarnya dan tidak ada pergeseran fasa antara fasor yang satu dengan yang lain. Persamaan untuk komponen urutan nol saat terjadi gangguan yaitu [6]:

$$I_0 = -\frac{V_0}{Z_0} \quad (2.6)$$

$$V_0 = -I_0 Z_0 \quad (2.7)$$

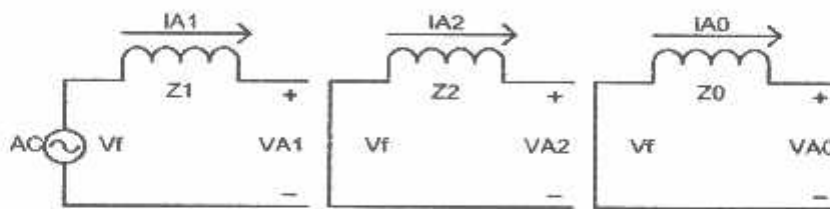
Arus dan tegangan pada komponen urutan nol adalah sefasa, oleh karena itu arus urutan nol untuk dapat mengalir di sistem memerlukan jalan balik (*return connection*) melalui pentanahan netral sistem. Impedansi urutan nol umumnya tidak sama dengan impedansi urutan positif dan tergantung dari beberapa faktor seperti jenis peralatan sistem, cara menghubungkan belitan (Δ atau Y), dan cara pentanahan titik netral.

Gambar ketiga himpunan komponen simetris adalah sebagai berikut :



Gambar 2.1 Komponen-komponen Simetris [6]

Sumber : Wahyu Hidayat Ade, Gusmedi Herri, Hakim Lukmanul, dan Despa Dikpride



Gambar 2.2 Rangkaian Komponen Urutan Positif, Negatif, dan Nol [6]

Sumber : Wahyu Hidayat Ade, Gusmedi Herri, Hakim Lukmanul, dan Despa Dikpride

Karena adanya pergeseran fasa pada komponen simetris tegangan dan arus dalam sistem tiga fasa, akan lebih mudah bila didapatkan metode penulisan yang dapat langsung menunjukkan perputaran fasor dengan 120° . Operator merupakan suatu operator fasor yang menghasilkan putaran sebesar 120° dalam arah yang tidak searah jarum jam (*counterclockwise*), dengan tidak mengubah besar fasornya. Operator ini disebut juga bilangan kompleks yang besarnya satu dan sudutnya 120° dan didefinisikan sebagai [6]:

$$a = 1 \angle 120^\circ = 1e^{j\frac{2\pi}{3}} = -0,5 + j0,866 \quad (2.8)$$

Jika operator a dikenakan pada fasor dua kali berturut-turut, maka fasor itu akan diputar dengan sudut sebesar 240° atau -120° . Untuk pengenaan tiga kali berturut-turut fasor akan diputar dengan 360° atau 0° . Jadi [6]:

$$a^2 = 1 \angle 240^\circ = -0,5 - j0,866 \quad (2.9)$$

Dan

$$a^3 = 1 \angle 360^\circ = 1 \angle 0^\circ = 1 \quad (2.10)$$

Telah disebutkan bahwa tiga fasor asimetris dapat direpresentasikan menjadi tiga buah himpunan fasor simetris. Persamaannya adalah sebagai berikut [6]:

$$V_a = V_{a0} + V_{a1} + V_{a2} \quad (2.11)$$

$$V_b = V_{b0} + V_{b1} + V_{b2} \quad (2.12)$$

$$V_c = V_{c0} + V_{c1} + V_{c2} \quad (2.13)$$

Dengan menggunakan himpunan fasor dari komponen-komponen simetris, maka dapat diketahui bahwa [6]:

$$V_{b0} = V_{c0} - V_{a0} \quad (2.14)$$

$$V_{b1} = a^2 V_{a1} \quad V_{c1} = a V_{a1} \quad (2.15)$$

$$V_{b2} = a V_{a2} \quad V_{c2} = a^2 V_{a2} \quad (2.16)$$

Atau dalam bentuk matriks [6]:

$$\begin{pmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{pmatrix} \quad (2.17)$$

Untuk lebih sederhana dituliskan kembali [6]:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{pmatrix} \quad (2.18)$$

dan

$$A^{-1} = 1/3 \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{pmatrix} \quad (2.19)$$

Sehingga diperoleh persamaan [6]:

$$\begin{pmatrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{pmatrix} = 1/3 \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{pmatrix} \quad (2.20)$$

$$V_{a0} = 1/3(V_a + V_b + V_c) \quad (2.21)$$

$$V_{a1} = 1/3(V_a + a V_b + a^2 V_c) \quad (2.22)$$

$$V_{a2} = 1/3(V_a + a^2 V_b + a V_c) \quad (2.23)$$

Persamaan di atas merupakan persamaan komponen simetris untuk tegangan. Persamaan tersebut dapat juga dituliskan kembali pada persamaan komponen simetris untuk arus.

$$I_a = I_{a0} + I_{a1} + I_{a2} \quad (2.24)$$

$$I_b = I_{b0} + I_{b1} + I_{b2} = I_{a0} + a^2 I_{a1} + a I_{a2} \quad (2.25)$$

$$I_c = I_{c0} + I_{c1} + I_{c2} = I_{a0} + a I_{a1} + a^2 I_{a2} \quad (2.26)$$

Dalam bentuk matriks,

$$\begin{pmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_{a0} \\ I_{a1} \\ I_{a2} \end{pmatrix} \quad (2.27)$$

Dengan mengikuti langkah-langkah yang sama seperti pada persamaan komponen simetris untuk tegangan, maka dapat diperoleh persamaan komponen simetris untuk arus [6]:

$$I_{a0} = 1/3(I_a + I_b + I_c) \quad (2.28)$$

$$I_{a1} = 1/3(I_a + a I_b + a^2 I_c) \quad (2.29)$$

$$I_{a2} = 1/3(I_a + a^2 I_b + a I_c) \quad (2.30)$$

Dalam sistem tiga fasa, jumlah arus dari setiap fasanya sama dengan arus I_n dalam jalur balik ke netral.

$$I_n = I_a + I_b + I_c \quad (2.31)$$

Sedangkan,

$$I_{a0} = 1/3(I_a + I_b + I_c) \quad (2.32)$$

Sehingga dengan memperbandingkan kedua persamaan di atas, didapatkan [6]:

$$I_n = 3I_{00} \quad (2.33)$$

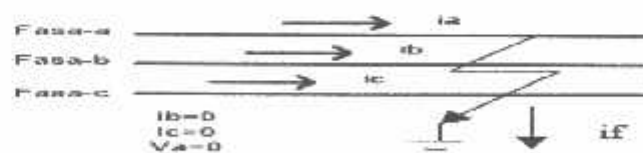
Jika tidak ada saluran yang melalui netral dalam sistem tiga fasa, I_n adalah nol dan arus saluran tidak mengandung komponen urutan nol. Hal ini berarti suatu beban hubungan Δ ataupun Y yang tidak menyediakan jalur ke netral, maka arus salurannya tidak dapat mengandung komponen urutan nol.

2.3 Gangguan Hubung Singkat. [6]

Dalam proteksi sistem tenaga listrik, sangat penting untuk mengetahui distribusi arus dan tegangan di berbagai tempat sebagai akibat timbulnya gangguan. Karakteristik kerja rele proteksi di pengaruhi oleh besaran energi yang dimonitor oleh rele seperti arus atau tegangan. Dengan mengetahui distribusi arus dan tegangan di berbagai tempat maka seorang insinyur proteksi dapat menentukan setelan (*setting*) untuk rele proteksi dan rating dari pemutus tenaga / *circuit breaker* (CB) yang akan digunakan. Gangguan hubung singkat dapat diklasifikasi menjadi empat jenis, yaitu [6]:

2.3.1 Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah. [6]

Gangguan yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik merupakan gangguan asimetris sehingga memerlukan metode komponen simetris untuk menganalisis tegangan dan arus pada saat gangguan terjadi. Gangguan yang terjadi dapat dianalisis dengan menghubungkan-singkat semua sumber tegangan yang ada pada sistem dan mengganti titik (*node*) gangguan dengan sebuah sumber tegangan yang besarnya sama dengan tegangan sesaat sebelum terjadinya gangguan di titik gangguan tersebut. Dengan menggunakan metode ini sistem tiga fasa tidak seimbang dapat direpresentasikan dengan menggunakan teori komponen simetris yaitu berdasarkan komponen urutan positif, komponen urutan negatif dan komponen urutan nol.



Gambar 2.3 Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah. [6]

Sumber : Wahyu Hidayat Ade, Gusmedi Herri, Hakim Lukmanul, dan Despa Dikpride

$$I_{at} = \frac{V_f}{Z_0 + Z_1 + Z_2} \quad (2.34)$$

Keterangan:

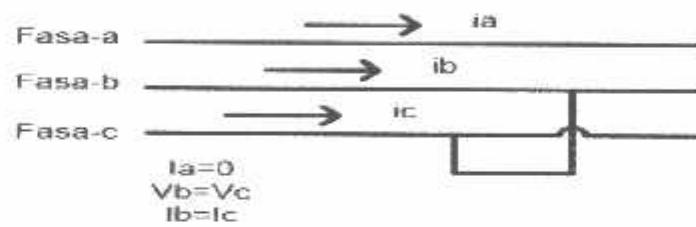
V_f = Tegangan di titik gangguan sesaat sebelum terjadinya gangguan.

Z_0 = Impedansi urutan nol dilihat dari titik gangguan.

Z_1 = Impedansi urutan positif dilihat dari titik gangguan.

Z_2 = Impedansi urutan negatif dilihat dari titik gangguan.

2.3.2 Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa. [6]



Gambar 2.4 Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa. [6]

Sumber : Wahyu Hidayat Ade, Gusmedi Herri, Hakim Lukmanul, dan Despa Dikpride

$$I_{at} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2} \quad (2.35)$$

Keterangan:

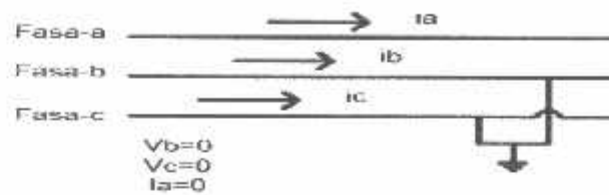
V_f = Tegangan di titik gangguan sesaat sebelum terjadinya gangguan.

Z_1 = Impedansi urutan positif dilihat dari titik gangguan.

Z_2 = Impedansi urutan negatif dilihat dari titik gangguan.

Pada gangguan hubung singkat fasa ke fasa, arus saluran tidak mengandung komponen urutan nol dikarenakan tidak ada gangguan yang terhubung ke tanah.

2.3.3 Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa ke Tanah. [6]



Gambar 2.5 Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa ke Tanah. [6]

Sumber : Wahyu Hidayat Ade, Gusmedi Herri, Hakim Lukmanul, dan Despa Dikpride

$$I_{at} = \frac{V_f}{Z_1 + \frac{Z_2 Z_0}{Z_2 + Z_0}} \quad (2.36)$$

Keterangan:

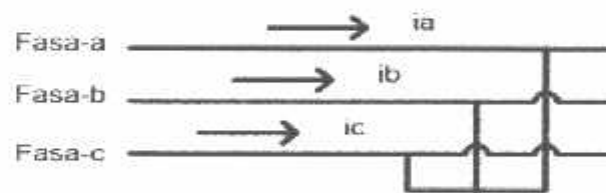
V_f = Tegangan di titik gangguan sesaat sebelum terjadinya gangguan.

Z_0 = Impedansi urutan nol dilihat dari titik gangguan.

Z_1 = Impedansi urutan positif dilihat dari titik gangguan.

Z_2 = Impedansi urutan negatif dilihat dari titik gangguan.

2.3.4 Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa. [6]



Gambar 2.6 Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa. [6]

Sumber : Wahyu Hidayat Ade, Gusmedi Herri, Hakim Lukmanul, dan Despa Dikpride

Gangguan hubung singkat tiga fasa termasuk dalam klasifikasi gangguan simetris, dimana arus maupun tegangan setiap fasanya tetap seimbang setelah gangguan terjadi. Sehingga pada sistem seperti ini dapat dianalisa hanya dengan menggunakan komponen urutan positif saja yaitu [6]:

$$I_A = I_{A1} \quad (2.37)$$

Dan

$$I_A = \quad (2.38)$$

Keterangan:

V_f = Tegangan di titik gangguan sesaat sebelum terjadinya gangguan.

Z_1 = Impedansi urutan positif dilihat dari titik gangguan.

I_2 = Arus pada fasa A.

2.4 Dasar Proteksi Sistem Tenaga Listrik. [6]

Suatu sistem tenaga listrik tidak selamanya berjalan ideal, karena dalam kenyataannya dapat terjadi suatu kondisi abnormal (seperti adanya gangguan atau terjadinya *short circuit*). Kondisi abnormal tersebut dapat membahayakan sistem secara keseluruhan, sehingga diperlukan adanya sistem proteksi yang dapat meminimalisir efek dari kondisi abnormal tersebut. Fungsi dari sistem proteksi adalah untuk mengidentifikasi gangguan dan memisahkan bagian jaringan yang terganggu dari bagian lain yang masih normal (tidak terganggu) serta sekaligus mengamankan bagian yang masih normal tersebut dari kerusakan atau kerugian yang lebih besar. Gangguan pada sistem tenaga listrik dapat terjadi di pembangkit, jaringan transmisi maupun jaringan distribusi. Dimanapun gangguan itu terjadi, sistem proteksi harus dapat mengidentifikasi dan memisahkan bagian yang terganggu secepat mungkin.

Relc proteksi sebagai komponen yang penting sistem proteksi tenaga listrik dalam melaksanakan tugasnya yaitu untuk mengidentifikasi *short-circuit*, harus memenuhi beberapa persyaratan keandalan (*reliability*) yaitu [6]:

1. Sensitivitas.

Merupakan kemampuan pada sistem proteksi untuk mengidentifikasi terjadinya ketidaknormalan atau gangguan yang terjadi pada daerah yang diproteksinya.

2. Selektivitas.

Koordinasi pada sistem proteksi, dimana jika terjadi hubung singkat rele hanya membuka pemutus tenaga yang diperlukan saja (tidak menyebabkan pemutus / pemadaman jaringan yang lebih luas).

3. Keamanan.

Kemampuan sistem proteksi untuk menjamin peralatan proteksi akan beroperasi jika terjadi suatu gangguan dan tidak beroperasi jika tidak terjadi gangguan.

4. Kecepatan.

Ketika terjadi gangguan, komponen pada proteksi haruslah dapat mengirimkan respon waktu yang cukup tepat, sesuai dengan setting koordinasi yang telah diinginkan.

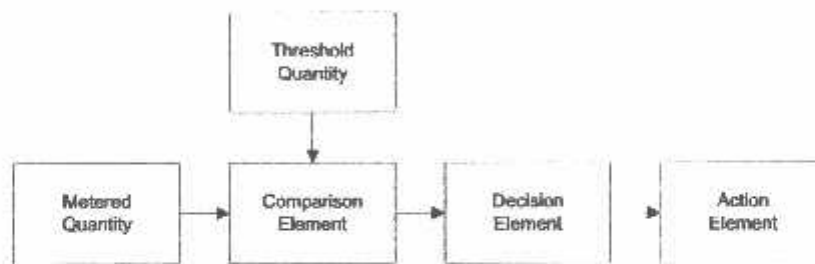
Ada dua syarat dasar yang harus dipenuhi agar sistem proteksi dapat bekerja mengisolasi bagian sistem yang terganggu yaitu :

- a. Sistem tenaga listrik harus memiliki pemutus tenaga dengan jumlah yang cukup untuk dapat melakukan tugas isolasi.
- b. Setiap pemutus tenaga harus dilengkapi dengan suatu alat kontrol yang dapat mendeteksi kondisi abnormal, dan membuka pemutus tenaga yang diperlukan untuk mengisolasi kondisi abnormal tersebut (*selective fault clearance*).

Untuk dapat menerapkan prinsip *selectivity*, suatu sistem tenaga listrik yang terdiri dari banyak pemutus tenaga harus diatur dan dikoordinasikan sedemikian rupa sehingga pada saat terjadinya kondisi abnormal, rele dapat membuka hanya pemutus tenaga yang diperlukan saja, hal inilah yang disebut dengan *selective fault clearance*. Rele proteksi harus diberi informasi yang memungkinkan rele untuk membedakan antara kondisi abnormal yang berada di dalam zona proteksinya (dimana harus terjadi *tripping*), dan gangguan eksternal atau arus beban normal (dimana tidak boleh terjadi *tripping*). Informasi ini diperoleh dari sistem tenaga listrik, seperti arus, tegangan dan sudut fasa antara keduanya yang diukur pada saat terjadi gangguan.

2.5 Komponen Proteksi Sistem Tenaga Listrik. [6]

Sistem proteksi tenaga listrik pada umumnya terdiri dari beberapa komponen yang di rancang untuk mengidentifikasi kondisi pada sistem tenaga listrik dan bekerja berdasarkan informasi yang diperoleh dari sistem tersebut seperti arus, tegangan atau sudut fasa antara keduanya. Informasi yang diperoleh dari sistem tenaga listrik akan digunakan untuk membandingkan besarnya dengan besaran ambang-batas (*threshold setting*) pada peralatan proteksi. Apabila besaran arus yang diperoleh dari sistem melebihi *setting* ambang-batas peralatan proteksi, maka sistem proteksi tersebut akan bekerja untuk mengamankan kondisi tersebut. Peralatan proteksi pada umumnya terdiri dari beberapa elemen yang dirancang untuk mengamati kondisi sistem dan melakukan suatu tindakan berdasarkan kondisi sistem yang diamatinya.



Gambar 2.7 Elemen Proteksi Sistem Tenaga Listrik. [6]

Sumber : Wahyu Hidayat Ade, Gusmedi Herri, Hakim Lukmanul, dan Despa Dikpride

Waktu pemutusan gangguan merupakan waktu total yang dibutuhkan peralatan proteksi sampai terbukanya pemutus tenaga atau disebut juga *fault clearing time*.

$$T_c = T_p + T_d + T_a \quad (2.39)$$

Keterangan:

T_c = *clearing time*.

T_p = *comparison time*.

T_d = *decision time*.

T_a = *action time, including circuit breaker operating time*.

Waktu pemutusan gangguan merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam menentukan suatu skema proteksi. Hal ini dikarenakan suatu peralatan proteksi harus dikoordinasikan waktunya dengan peralatan proteksi yang lain agar hanya peralatan proteksi yang paling dekat dengan gangguan saja yang berkerja.

2.5.1 Current Transformer. [6]

Untuk memperoleh besaran arus yang proposional dengan arus sistem yang dapat digunakan dalam peralatan kontrol, rele proteksi dan peralatan instrumen yang lain, umumnya digunakan trafo arus atau *Current Transformer*. *Current Transformer* merupakan suatu peralatan yang digunakan untuk mengambil *sample* atau masukan arus sistem dan mentransformasikannya ke level yang lebih rendah untuk peralatan-peralatan proteksi, pengukuran maupun peralatan kontrol. Trafo arus mempunyai beberapa fungsi yaitu [6]:

- Memperkecil besaran arus listrik (ampere) pada sistem tenaga listrik menjadi besaran arus untuk sistem pengukuran dan proteksi.
- Mengisolasi rangkaian sekunder terhadap rangkaian primer, yaitu memisahkan instalasi pengukuran dan proteksi rasio primer tegangan tinggi.

Rating dari trafo arus ditentukan berdasarkan ratio arus primer dengan arus sekunder. Umumnya ratio trafo arus yang digunakan adalah 600:5, 800:5, 1000:5, 1600:1. Rating arus 5 ampere atau 1 ampere banyak digunakan sebagai standar pada trafo arus. Beberapa rele proteksi menggunakan arus sekunder CT sebagai input masukan seperti rele jarak, rele arus lebih, rele *differensial* dan lain-lain.

2.5.2 Rele Proteksi. [6]

Rele adalah suatu alat yang berkerja saat diberi energi oleh besaran-besaran sistem yang tepat dapat memberi indikasi suatu kondisi abnormal. Apabila kontak-kontak rele menutup, maka rangkaian-rangkaian tersebut akan trip pemutus tenaga yang terkait mendapat energi dan kontak-kontak *breaker* membuka, mengisolasi bagian yang terganggu dari sistem. Rele proteksi dapat diklasifikasi berdasarkan fungsi atau kegunaannya. Berikut ini adalah klasifikasi rele berdasarkan fungsi atau kegunaannya [6]:

1. *Overcurrent Relay.*

Rele yang bekerja apabila arus yang dirasakan oleh rele lebih besar dari setelan nilai ambang batas arusnya.

2. *Differential Relay.*

Rele yang di khususkan untuk mendeteksi perbedaan antara arus yang masuk dalam daerah atau zona yang diproteksinya dengan arus yang keluar. Rele ini akan bekerja apabila arus yang masuk tidak *sinkron* dengan arus yang keluar.

3. *Directional Relay.*

Rele yang di rancang untuk mengidentifikasi perbedaan fasa antara arus yang satu dengan yang lain atau perbedaan fasa antar tegangan. Rele ini dapat membedakan apakah gangguan yang terjadi berada di belakang (*reverse fault*) atau di depan (*forward fault*)

4. *Distance Relay.*

Rele ini biasa digunakan untuk proteksi pada saluran transmisi kerana rele jarak dapat mengukur impedansi untuk mencapai titik tertentu. *Distance Relay* dapat bekerja untuk mendeteksi gangguan hubung singkat yang terjadi antara lokasi rele dan batas jangkauan yang telah ditentukan.

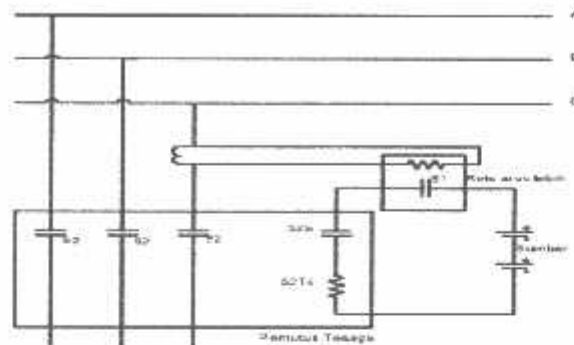
5. *Ground Fault Relay.*

Rele ini bekerja untuk mendeteksi gangguan ke tanah atau lebih tepatnya dengan mengukur besarnya arus residu yang mengalir ke tanah.

2.5.3 Pemutus Tenaga. [6]

Pemutus tenaga (PMT) atau *circuit breaker* (CB) merupakan peralatan yang dapat digunakan untuk menghubungkan atau memutuskan arus listrik sesuai dengan kapasitas ratingnya. CB mempunyai kemampuan untuk memutuskan arus beban dan arus gangguan hubung singkat pada tegangan tinggi dalam waktu yang relatif sangat cepat. Energi mekanik yang diperlukan untuk membuka kontak utama diperoleh dari gaya pegas, tekanan hidrolis, tekanan pneumatik atau dari beberapa kombinasi diantaranya. Pada saat CB memutuskan atau menghubungkan arus listrik akan timbul busur api dan

untuk memadamkan busur api tersebut digunakan beberapa bahan pada CB antara lain : minyak, udara, dan gas.



Gambar 2.8 Rangkaian Sederhana Rele dan Pemutus Tenaga. [6]

Sumber : Edinta S. Ronika. 2014.

2.6 Sistem Per Unit. [6]

Ada dua simbol untuk menyatakan kuantitas per unit dari suatu besaran pada peralatan / komponen tenaga listrik, yaitu [6]:

1. Per Unit atau PU

Per unit merupakan harga perbandingan antara harga / kualitas sebenarnya dengan suatu besaran dasar yang telah dipilih, atau bisa dinyatakan [6]:

$$\text{Harga Per Unit (pu)} = \frac{\text{harga-sebenarnya}}{\text{harga-dasar(base)}} \quad (2.40)$$

2. Persen (%)

Persen adalah harga per unit dikalikan seratur atau dapat dinyatakan [6]:

$$\text{Harga Persen} = \frac{\text{harga-sebenarnya}}{\text{harga-dasar(base)}} \times 100\% \quad (2.41)$$

Harga dasar (*base*) yang dipilih / ditentukan tidak perlu secara keseluruhan untuk daya, tegangan, arus, atau impedansi, tetapi cukup ditentukan untuk *base* (MVA) dan tegangan (kV). Sedangkan untuk basenya yang lain dapat dicari dari kedua *base* tersebut, yaitu [6]:

$$\text{Base Arus (KAmpere)} = \frac{\text{base-daya(MVA)}}{\sqrt{3}\text{base-tegangan(kV)}} \quad (2.42)$$

$$\text{Base Impedansi (ohm)} = \frac{[\text{base-tegangan(kV)}]^2}{\text{base-daya(MVA)}} \quad (2.43)$$

Sedangkan harga per unit dari masing-masing besaran dapat dicari dengan cara sebagai berikut [6]:

$$\text{Per Unit Tegangan} = \frac{\text{harga-tegangan-sebenarnya}}{\text{harga-base-tegangan}} \quad (2.44)$$

$$\text{Per Unit Arus} = \frac{\text{harga-arus-sebenarnya}}{\text{harga-base-arus}} \quad (2.45)$$

$$\text{Per Unit Impedansi} = \frac{\text{harga-impedansi-sebenarnya}}{\text{harga-base-impedansi}} \quad (2.46)$$

Tetapi, jika *base* daya dan *base* tegangan yang ditentukan bukan daya dan komponen itu sendiri, maka harga per unit impedansinya akan berubah. Dari rumus di atas maka didapatkan persamaan untuk harga impedansi per unit yang baru, adalah [6]:

$$\text{Impedansi}_{\text{baru}} (\text{pu}) = \text{Impedansi}_{\text{lama}} (\text{pu}) \times \left[\frac{\text{kV}_{\text{lama}}}{\text{kV}_{\text{baru}}} \right]^2 \times \left[\frac{\text{MVA}_{\text{lama}}}{\text{MVA}_{\text{baru}}} \right] \quad (2.47)$$

Harga per unit impedansi baru ini juga bisa didapat dengan merubah harga per unit impedansi lama ke dalam besaran Ohm lebih dahulu, kemudian dengan membaginya dengan harga *base* impedansi yang ditentukan.

Kondisi seperti di atas biasanya terdapat dalam transformator dan mesin-mesin listrik yang lain. Harga-harga per unit persen impedansi yang dicantumkan oleh pabrik adalah dengan base kVAmpere dan kV *rating* dari peralatan itu sendiri. Hal penting yang perlu diperhatikan dalam perhitungan perunit adalah sebagai berikut [6]:

- a. KV dasar (*base* tegangan) dan kVA dasar (*base* daya) dipilih pada suatu bagian sistem (hanya satu). Nilai-nilai dasar (*base*) untuk suatu sistem tiga fasa diartikan sebagai kiloVolt antar saluran dan MVA.
- b. KiloVolt dasar (*base* tegangan) untuk bagian-bagian lain dari sistem ditentukan oleh angka perbandingan pada transformator, sedang kVA dasar (*base* daya) adalah tetap untuk semua bagian sistem.

- c. Untuk tiga buah transformator fasa tunggal yang dihubungkan sebagai transformator 3 fasa, maka *rating* tiga fasanya ditentukan dari rating fasa tunggal masing-masing transformator. Impedansi dalam persen untuk satuan tiga fasa adalah sama dengan impedansi dalam persen untuk masing-masing transformator.

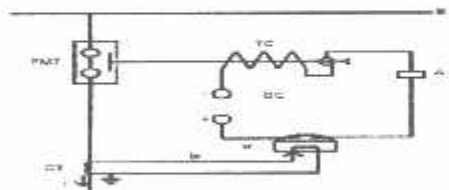
2.7 Rele Arus Lebih. [5]

Rele arus lebih adalah suatu rele dimana bekerjanya berdasarkan adanya kenaikan arus yang melewatinya. Disamping terhadap kenaikan arusnya, rele tersebut juga harus dapat bekerja pada jangka waktu yang telah ditentukan. Pengaturan waktu ini selain untuk keamanan peralatan juga sering dikaitkan dengan masalah koordinasi pengamanan. Berdasarkan prinsip kerja dan konstruksinya rele ini termasuk rele yang paling sederhana, murah dan mudah dalam penyetelan. Rele ini digunakan untuk mengamankan peralatan terhadap gangguan hubung singkat antar fasa, hubung singkat satu fasa ketanah, dan juga dapat digunakan sebagai pengaman beban lebih. Digunakan sebagai pengaman utama pada jaringan distribusi dan sub transmisi *system radial*, sebagai pengaman cadangan untuk generator, transformator daya dan saluran transmisi.

2.7.1 Karakteristik Relay Arus Lebih (OCR). [5]

1. Relay Arus Lebih Seketika (*moment-instantaneous*).

Rele ini adalah jenis rele arus lebih yang paling sederhana dimana jangka waktu kerja rele yaitu mulai saat rele mengalami *pick-up* sampai selesainya kerja rele sangat singkat yakni sekitar 20-100 mili detik tanpa adanya penundaan waktu.



Gambar 2.9 Karakteristik OCR Tipe Seketika. [5]

Sumber : Edinta S. Ronika. 2014.

Keterangan gambar:

BB : Busbar.

PMT : Pemutus (CB).

TC : *Tripping Coil* (kumparan pemutus).

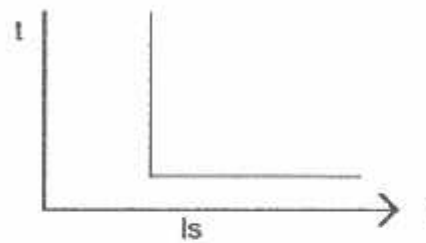
DC : Sumber Arus Searah.

R : Rele Arus Lebih Seketika.

CT : *Current Transformer* (transformator arus).

I_R : Arus yang melewati kumparan rele.

I : Arus beban.



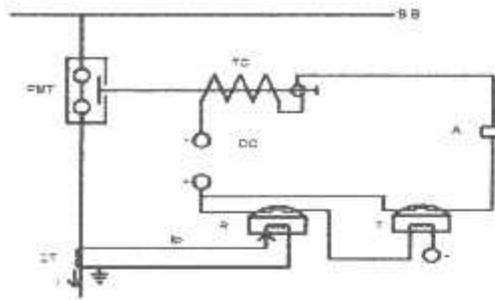
Gambar 2.10 Karakteristik Rele Arus Lebih Seketika. [5]

Sumber : Edinta S. Ronika. 2014.

Bila karena suatu hal sehingga harga arus beban I naik melebihi harga yang diijinkan, maka harga I_R juga akan naik. Bila naiknya harga arus ini melebihi operasi dari rele, maka relay arus lebih seketika akan bekerja. Kerja dari rele ini ditandai dengan Bergeraknya kontaktor untuk menutup kontak, sehingga rangkaian pemutus (*trip*) akan tertutup. Karena pada rangkaian ini terdapat sumber arus searah, maka pada kumparan pemutus akan dialiri arus searah yang selanjutnya akan mengerjakan kontak pemutus sehingga bagian system yang harus diamankan terbuka. Untuk mengetahui bahwa rele bekerja, maka perlu dipasang suatu alarm.

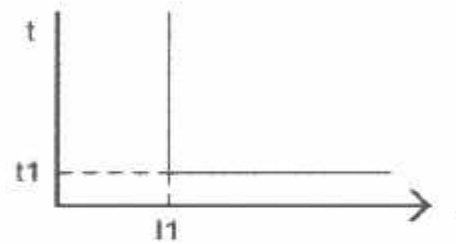
2. Relay Arus Lebih Waktu Tertentu (*definite time*).

Rele ini adalah jenis rele arus lebih dimana jangka waktu rele mulai *pick-up* sampai selesainya kerja rele dapat diperpanjang dengan nilai tertentu dan tidak tergantung dari besarnya arus yang mengerjakannya (tergantung dari besarnya arus setting, waktu kerja rele ditentukan oleh waktu settingnya).



Gambar 2.11 Karakteristik OCR Tipe Waktu Tertentu. [5]

Sumber : Edinta S. Ronika. 2014.



Gambar 2.12 Karakteristik Rele Arus Lebih Tertentu. [5]

Sumber : Edinta S. Ronika. 2014.

Dengan memasang rele kelambatan waktu T (*Time lag relay*) maka beroperasinya rangkaian rele akan tergantung pada penyetelan (*setting*) waktu pada rele kelambatan waktunya. Dengan memasang rele kelambatan waktu maka pengaman akan bekerja bila dipenuhi kondisi sebagai berikut [6]:

$$t_{tr} = t_{mg} + t_{pr} + t_{pp} \quad (2.48)$$

Dimana:

t_{tr} : waktu total rele mulai terjadinya gangguan sampai CB bekerja.

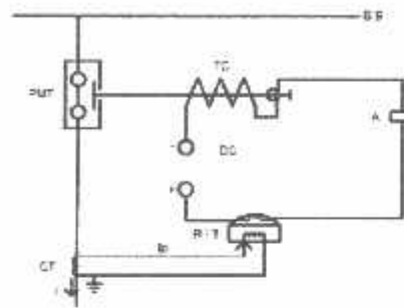
t_{mg} : waktu mulai terjadinya gangguan sampai dengan rele *pick-up*.

t_{pr} : waktu penundaan kerja rele t_{pp} : waktu yang dibutuhkan CB bekerja.

3. Relay Arus Lebih Berbanding Terbalik (*invers*).

Rele ini adalah jenis rele arus lebih dimana jangka waktu rele mulai *pick-up* sampai selesainya kerja rele tergantung dari besarnya arus yang melewati kumparan relenya,

maksudnya rele tersebut mempunyai sifat terbalik untuk nilai arus dan waktu bekerjanya.

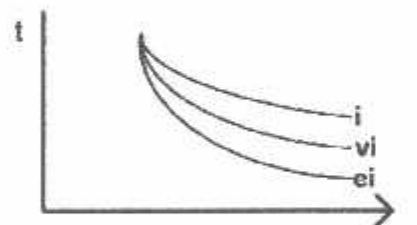


Gambar 2.13 Karakteristik OCR Tipe Berbanding Terbalik. [5]

Sumber : Edinta S. Ronika. 2014.

Bentuk sifat keterbalikan antara arus dan waktu kerja ini bermacam-macam, digolongkan menjadi 3 golongan, yaitu :

- Berbanding terbalik biasa (*inverse*).
- Sangat berbanding terbalik (*very inverse*).
- Sangat berbanding terbalik sekali (*extremey inverse*).

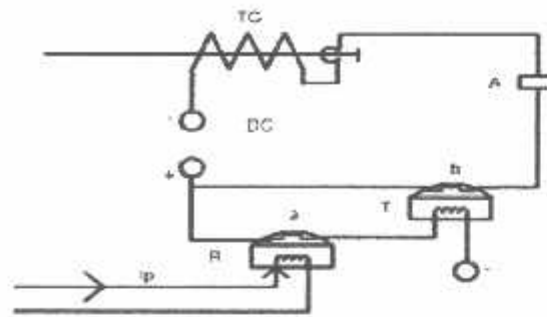


Gambar 2.14 Karakteristik Rele Arus Lebih Berbanding Terbalik. [5]

Sumber : Edinta S. Ronika. 2014.

4. Arus Kerja (*pick-up*) dan Arus Kembali (*drop-off*).

Guna menjelaskan apa yang dimaksud dengan arus *pick-up* dan arus *drop-off* pada rele arus lebih, dengan melihat Gambar 2.16 dan Gambar 2.17 akan lebih memperjelas permasalahannya.



Gambar 2.15 Arus Kerja (*Pick-up*) dan Arus Kembali (*Drop-off*). [5]

Sumber : Edinta S. Ronika. 2014.

Keterangan gambar:

TC : *Tripping coil*.

AL : Alarm.

DC : Sumber arus searah.

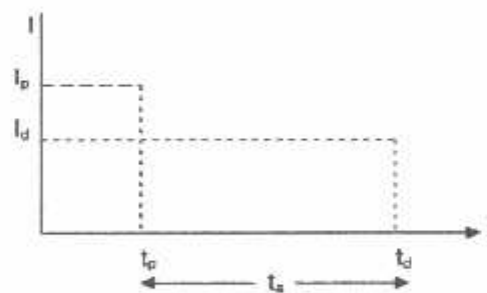
T : *Relay definite time*.

B : kontaktor *relay definite time*.

R : *Relay over current*.

A : Kontaktor *relay over current*.

I_R : Arus sekunder transformator arus.



Gambar 2.16 Karakteristik Operasi Arus *Pick-up* dan *Drop-off*. [5]

Sumber : Edinta S. Ronika. 2014.

Keterangan gambar:

I_p : Arus *pick-up*.

I_d : Arus *drop-off*.

t_p : Nilai waktu yang dibutuhkan untuk *pick-up*.

t_d : Nilai waktu yang dibutuhkan untuk *drop-off*.

t_a : Selisih waktu yang dibutuhkan untuk *drop-off* dan *pick-up*.

t_s : Nilai setting dari pengaman.

I_p : Adalah nilai arus dimana rele arus lebih akan bekerja menutup kontak a, sehingga rangkaian kumparan *relay definite* tertutup (rele waktu bekerja). Sedangkan I_d adalah nilai arus dimana rele arus lebih berhenti bekerja, yakni setelah pemutus bekerja memutuskan aliran listrik. Bila nilai t_a lebih kecil dari nilai t_s , maka rele tidak bekerja, sedangkan bila t_a lebih besar dari t_s , maka rele dinyatakan bekerja. Harga perbandingan antara nilai arus *dropoff* dan arus *pick-up* dinyatakan dengan k_d dan arus nominal dapat dituliskan [6]:

$$I_n = \frac{KVA}{\sqrt{3} \cdot KV} \quad (2.49)$$

I_n = I_{base} - Arus nominal

$$I_p = \frac{K_f}{K_d} \times I_n \quad (2.50)$$

k_f = (Faktor keamanan) untuk *define relay* = 1,1 ; *inverse relay* = 1,2

k_d = (Faktor arus kembali) untuk *define relay* = 0,7 – 0,9; *invers relay* = 1,0

2.8 Penyetelan Rele Arus Lebih. [5]

Dalam pengaturan rele arus lebih perlu ditekankan 2 hal utama dalam setting yaitu dengan menghitung setting untuk nilai *pick-up* dan nilai untuk nilai *time multiplier* nya. Hal tersebut dapat diterangkan sebagai berikut [6]:

2.8.1 Setting Rele Arus Lebih Waktu *Inverse*. [5]

Rele arus lebih memiliki setelan *pick-up* dan setelan *time dial* atau *time multiplier*. *Pick-up* didefinisikan sebagai nilai arus minimum yang menyebabkan rele bekerja. Untuk menentukan setelan *pick-up*, harus dipertimbangkan besarnya arus nominal maksimum atau *Full Load Ampere* yang mengalir. Setelan *pick-up* harus lebih besar dari pada arus nominal maksimum yang mungkin mengalir, sehingga rele tidak langsung memerintahkan *circuit breaker* untuk *trip* ketika arus yang mengalir mencapai nilai maksimum. Adapun untuk menentukan besarnya tap yang digunakan dapat menggunakan persamaan sebagai berikut [5]:

$$I_s = I_p \times \text{rasio CT} \quad (2.50)$$

I_s = Arus setting sekunder.

I_p = Arus setting primer.

Dimana I_{set} adalah besarnya arus *pick-up* dalam Ampere. Pada aplikasinya praktis dilapangan untuk besarnya nilai pengaturan *over current relay* adalah sebesar 105% sampai dengan 130% dari nilai arus beban penuh.

Sedangkan untuk menentukan nilai setting *time dial* dapat menggunakan rumus sebagai berikut [5]:

$$T_d = \frac{k}{\left[\left(\frac{I}{I_{set}}\right)^\alpha - 1\right]} \times \frac{t}{\beta} \quad (2.51)$$

Dimana :

T_d = Waktu operasi (detik).

t = *Time dial*.

I = Nilai arus (Ampere).

I_{set} = *Arus pick-up* (Ampere).

k = Koefisien *invers* 1 (lihat tabel 2.1).

α = Koefisien *invers* 2 (lihat tabel 2.1).

β = Koefisien 3 (lihat tabel 2.1)

Tabel 2.1 Koefisien *Invers Time Dial*. [9]

Tipe Kurva Inverse	Koefisien		
	α	K	β
<i>Standard Inverse</i>	0,02	0,14	2,970
<i>Very Inverse</i>	1,00	13,50	1,500
<i>Extremely Inverse</i>	2,00	80,00	0,808

2.9 Relay Gangguan Tanah. [5]

Dalam mmproteksi adanya gangguan hubung singkat fasa ke tanah mnggunakan GFR karena jenis pengaman untuk hubung singkat ke tanah pada tegangan tinggi adalah GFR berbeda dengan tegangan rendah yang menggunakan alat proteksi ELCB. Batas maksimum arus bocor ke tanah yang diijinkan adalah sebesar 65 mA maka pemasangan alat pengaman ini sangat diperlukan guna melindungi alat dan juga manusia.

Rele gangguan tanah adalah rele yang digunakan untuk mengamankan antara fasa dengan tanah. Gangguan satu fasa ketanah dan dua fasa ketanah dapat diamankan dengan rele gangguan tanah atau *ground fault relay*.

Adapun cara untuk menghitung nilai I_p dan I_s pada setting GFR dengan rumus dibawah ini [5]:

$$I_{setp} = 0,2 \times I_n \quad (2.52)$$

I_n = Arus nominal

$$I_{sets} = \frac{I_{setp}}{\text{Ratio CT}} \quad (2.53)$$

I_{setp} = Arus setting primer

Ratio CT = Rasio pada *current transformer*.

GFR bekerja berdasarkan komponen arus (I_0) gangguan yang timbul akibat terjadinya gangguan hubung singkat fasa ketanah dan gangguan *unbalance*, Rele ini memiliki konsep kerja yang sama dengan OCR dimana mendeteksi adanya arus lebih yang mengalir ke tanah hanya saja pada GFR komponen arusnya didapat dari ZCT yang merupakan arus urutan nol. Jika nilai arus yang mengalir ke tanah telah mencapai arus setting, maka rele akan bekerja dan memutuskan rangkaian yang terganggu. Jika ada gangguan satu fasa ketanah pada rangkaian maka akan mengalir arus gangguan, yang mana arus tersebut kemudian akan terdeteksi oleh suatu alat yang dinamakan *Zero Current Transformer (ZCT)*.

ZCT merupakan salah satu jenis *Current Transformer (CT)*, yang fungsinya yaitu untuk mendeteksi arus gangguan. Tetapi ZCT didesain khusus untuk mendeteksi arus (I_0) gangguan yang timbul pada saat terjadi hubung singkat dari sistem yang terhubung ke tanah. Arus (I_0) gangguan yang dideteksi tersebut merupakan arus ketidakseimbangan pada sistem, dimana dalam sistem 3 fasa yang seimbang, pada kondisi normal jumlah arus tiap – tiap fasanya adalah sama dengan nol seperti pada persamaan di bawah ini [5]:

$$I_a + I_b + I_c = 0 \quad (2.54)$$

Sedangkan apabila terjadi gangguan ke tanah nilai arus akan menjadi :

$$I_a + I_b + I_c = 3I_{a0} \quad (2.55)$$

CT bisa dirangkai untuk menggantikan fungsi ZCT, tetapi bukan pemasangan 1 buah CT yang dipasang seperti pemasangan ZCT yang melingkupi 3 konduktor (3 kawat 1 fasa) seperti pada gambar 2.12. CT dapat dirangkai untuk menggantikan fungsi dari ZCT dengan kombinasi 3 buah CT yang disebut *Zero Sequence Current Filter (ZSCF)* dan bisa dengan kombinasi 2 buah CT, dimana keluaran dari kedua rangkaian kombinasi tersebut dihubungkan ke rele tanah. Dalam penyettingan nilai *pick-up* dari *ground fault relay* digunakan nilai sebesar 10% sampai dengan 40% dari arus nominalnya.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode.

Dari masalah yang terjadi pada sistem proteksi di PT. KPC adalah dimana suatu sistem proteksinya mengalami keterlambatan dalam memutus oleh sebab itu dengan proses penyelesaian dari masalah diatas agar memudahkan dalam proses pemecahan masalah dengan cara menggambar *single line* diagram pada *software* ETAP yang digunakan dan input data yang dibutuhkan yaitu data generator, transformator, *current transformator* (CT), dan data relay kemudian menganalisis *short-circuit* pada lokasi proteksi yang ingin dilakukan objek penelitian, setelah di temukannya besaran arus dari gangguan *3-Phase*, *L-L*, *L-G*, dan *L-L-G* kemudian diambil nilai arus gangguan terbesarnya agar dapat di jadikan referensi arus yang digunakan untuk menghitung pada persamaan (2.49) s/d (2.53), setelah dihitung sesuai persamaan diatas maka koordinasi dapat analisis apakah koordinasi sudah benar dan jika tidak maka dari persamaan diatas dilakukannya perhitungan ulang hingga rele proteksi yang mengalami keterlambatan dalam waktu memutus dapat lebih cepat dalam menangani gangguan.

3.2 Software ETAP Power Station.

ETAP merupakan *software* untuk power sistem yang bekerja berdasarkan plant (*project*). Setiap plant harus menyediakan peralatan atau alat-alat pendukung yang berhubungan dengan analisa yang akan dilakukan seperti generator, data motor, data kabel dll. Sebuah plant terdiri dari sub sistem kelistrikan yang memerlukan sekumpulan komponen yang saling berhubungan. Dalam *power station* setiap plant harus menyediakan data base. 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* atau *power grid*, kabel (*cable raceways*), pentanahan *GIS*, desain panel koordinasi proteksi (*protective device coordination/selectivity*), dan *AC/DC control* sistem diagram. ETAP *Power Station* dapat melakukan penggambaran *single line* diagram secara grafis dan mengadakan beberapa analisis/studi yakni *Load Flow* (aliran daya), *Short Circuit* (hubung singkat), motor *starting*, harmonisa, *transient stability*, *protective device coordination*, dan *Optimal Capacitor Placement* dan *cable*

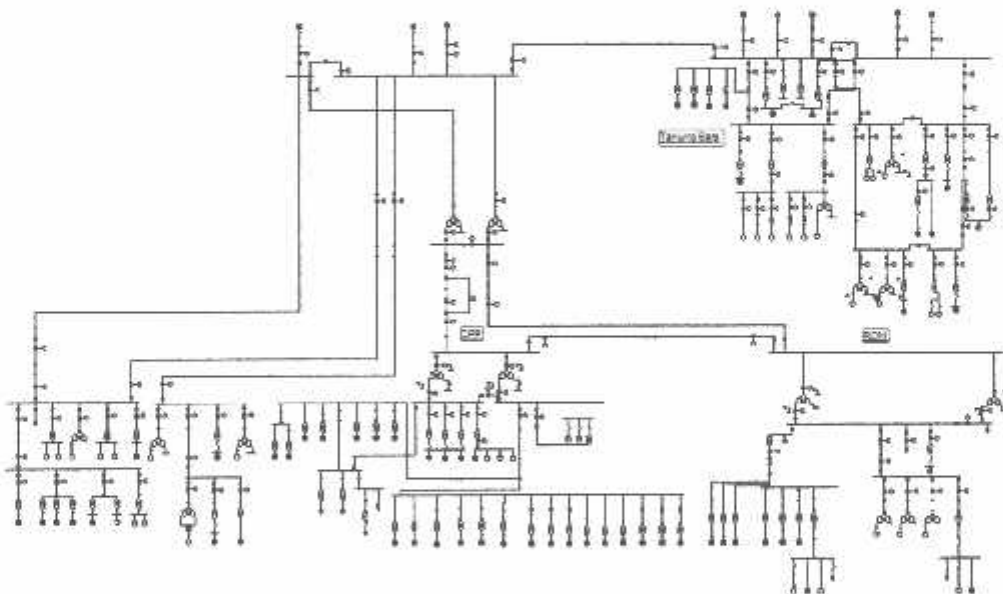
derating. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam bekerja dengan *ETAP Power Station* adalah:



Gambar 3.1 Tampilan Lembar Kerja *Software ETAP Power Station*

3.3 Perancangan Simulasi Menggunakan *ETAP Power Station*.

Menggambar *single line diagram* di *ETAP Power Station* pada data yang di peroleh di PT. Kaltim Prima Coal (KPC).



Gambar 3.2 *Single Line Diagram* PT. Kaltim Prima Coal (KPC)

3.4 Analisa Aliran Daya.

Load flow anlysys dalam ETAP berfungsi menghitung tegangan bus, faktor daya pada cabang- cabang dan daya yang mengalir di seluruh sistem tenaga elektrik. ETAP

memberikan fasilitas untuk menentukan kondisi *power plant* yang berfungsi sebagai *swing* atau *voltage regulated* dan *undergulated* dengan beberapa hubungn *power grid* dan generator. ETAP mungkin melakukan perhitungan analisa aliran daya baik pada sistem *radial* maupun sistem *loop* dengan beberapa metode perhitungan untuk mendapatkan hasil perhitungan yang paling baik.

3.5 Analisa Hubung Singkat.

Short circuit analysis ini digunakan untuk menjalankan simulasi kondisi *steady state* dan koordinasi proteksi dan testing dinamik peralatan proteksi *start device coordination analysis* ini juga mendukung kebutuhan desain dan pengambilan keputusan untuk meningkatkan *reability*, *stability* dan efisiensi system.

3.6 Analisa Koordinasi Perangkat Star.

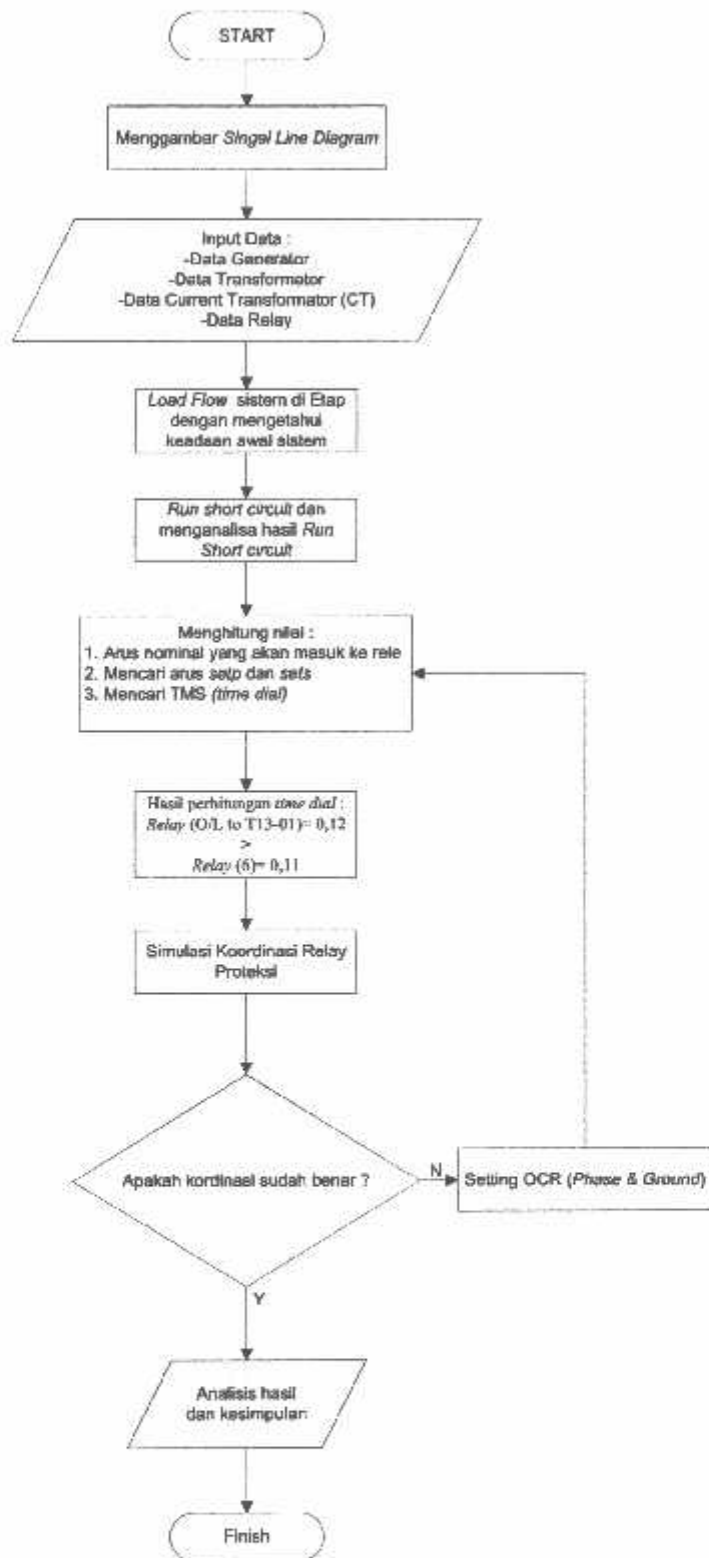
Star Device Coordination Analysis ini digunakan untuk menjalankan simulasi kondisi *steady-state* dan koordinasi, Proteksi dan *testing* dinamik peralatan proteksi. *Star Device Coordination Analysis* memungkinkan studi koordinasi peralatan proteksi dapat dilakukan secara efisien dan mudah. Selain itu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

3.7 Algoritma Simulasi pada Software ETAP *Power Station*

1. Mulai.
 2. Menggambar *single line diagram* PT. Kaltim Prima Coal.
 3. Input data: data *generator*, data *transformator*, data *relay*, data *current transformator*.
 4. Menjalankan simulasi aliran daya (*load flow*) dengan menggunakan *software* ETAP *Power Station* untuk mengetahui keadaan sistem PT. Kaltim Prima Coal.
 5. Setelah proses simulasi *load flow* selesai, selanjutnya menjalankan fitur *short circuit analysis*, untuk menentukan referensi nilai besaran arus mana yang paling besar untuk dilakukannya *setting relay*.
 6. Melakukan simulasi gangguan hubung singkat (*3-Phase*, *L-G*, *L-L*, *L-L-G*) dengan menggunakan fitur *star-protection device coordination simulation / Power Plot* yang ada pada *software* ETAP.
-

7. Melakukan analisis rele pada saat kondisi *base case* untuk mengetahui setting rele mana yang tidak terkoordinasi dengan baik.
 8. Apabila rele tidak bekerja dengan benar, maka relae disetting ulang kembali untuk menghitung kembali I_n , I_p , I_s , dan T_d tersebut. Dan apabila relae bekerja sesuai dengan baik (terkoordinir) yaitu, sensitif, keandalan, selektifitas dan cepat, maka akan langsung menganalisis hasil dari proses simulasi dan perbandingan setting rele *base case* dan sesudah di reseting.
 9. Langkah selanjutnya penarikan kesimpulan dari hasil simulasi dari perhitungan yang telah diperoleh.
 10. Selesai.
-

3.8 Proses Pelaksanaan



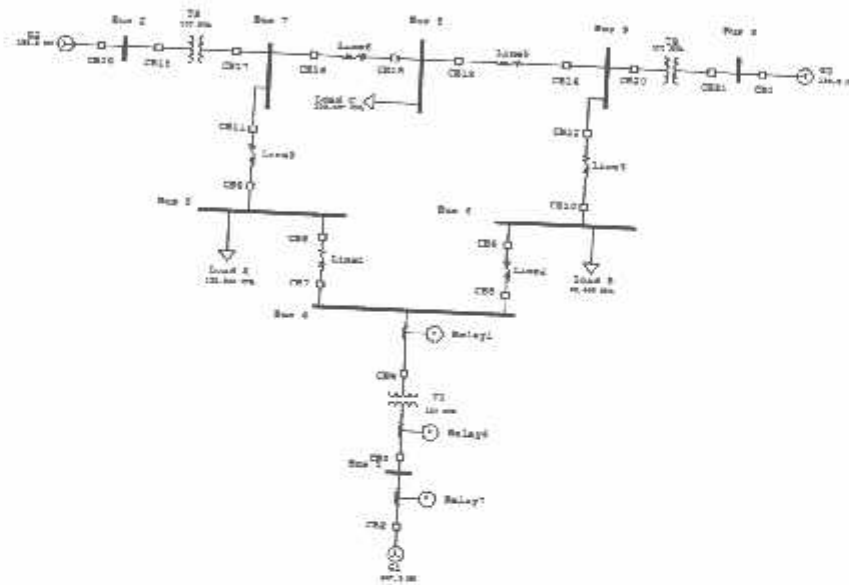
Gambar 3.3 Flowchart Simulasi dan Setting Rele

BAB IV

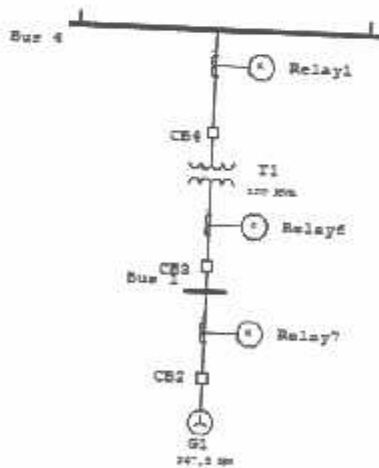
HASIL DAN ANALISIS

4.1 Pengujian Pada Sistem *Exemple IEEE*.

Pada pengujian sistem *exemple IEEE* untuk melihat proses penyelesaian dari hasil skripsi ini yang dimana uji sistem tersebut untuk melihat perkembangan proses kedepannya dari hasil yang di akan lakukan pada ini. Pada pengujian sistem tersebut menggunakan sistem *Exemple IEEE* pada *software ETAP*.



Gambar 4.1 *Single Line Diagram* Sistem *Exemple IEEE*.

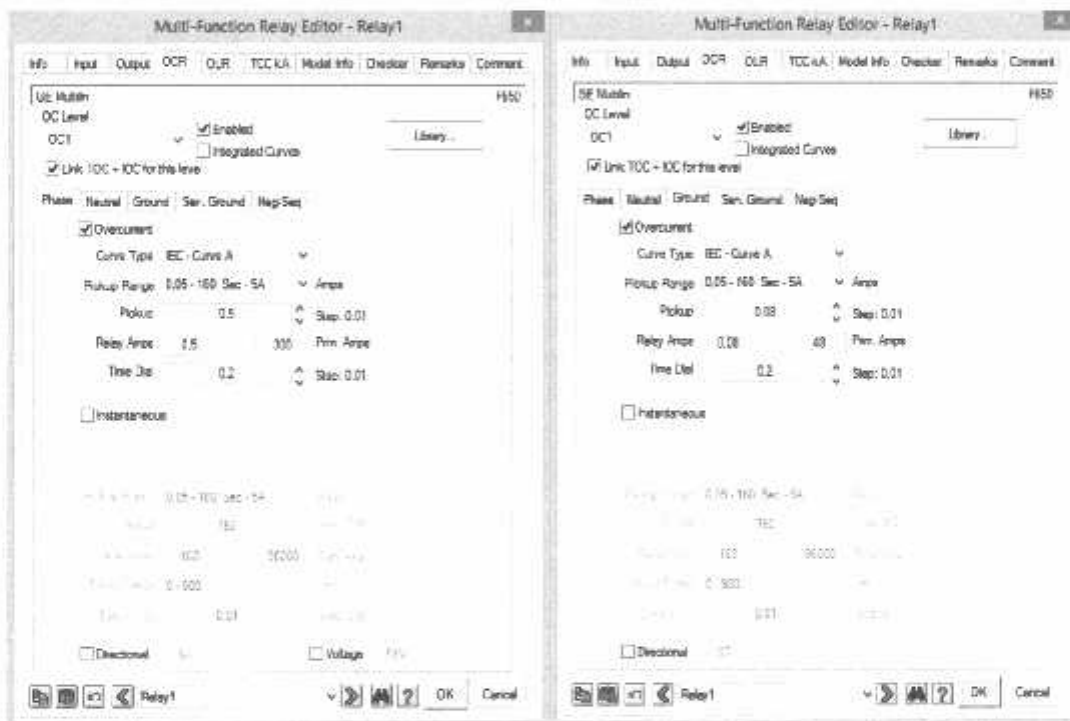


Gambar 4.2 Objek Pengujian Proteksi Pada Sistem *Exemple IEEE*.

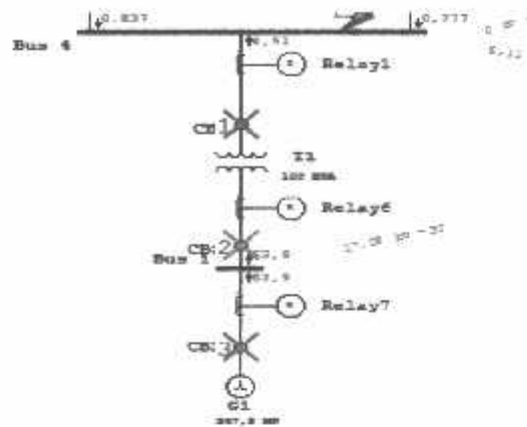
pada waktu 1,4s yang dimana seharusnya *relay 6* dan *relay 7* adalah *back up protection* dari *relay 1* yang seharusnya menjadi *maintenance protection*.

4.2 Setting Ulang Pada Proteksi Uji Sistem.

Berdasarkan persamaan pada sub Bab II maka hasil dari perhitungan setting ulang rele pengaman yaitu pada lampiran I yang didalam nya terdapat langkah-langkah untuk mencari nilai setting ulang pada *pick-up* dan *time dial*, setelah didapatkannya setting baru pada *relay 1* sisi 230 kV yang mana *relay 1* untuk sisi *phase* yaitu sekunder di rubah 0,5A dan primer dirubah menjadi 300A dengan settingan waktu 0,2 detik, dan untuk sisi *ground* yaitu sekunder di rubah 0,08A dan primer dirubah menjadi 84A dengan waktu 0,2 detik, kemudian di inputkan data dari hasil yang setelah di hitung pada setting rele, sebagai berikut :

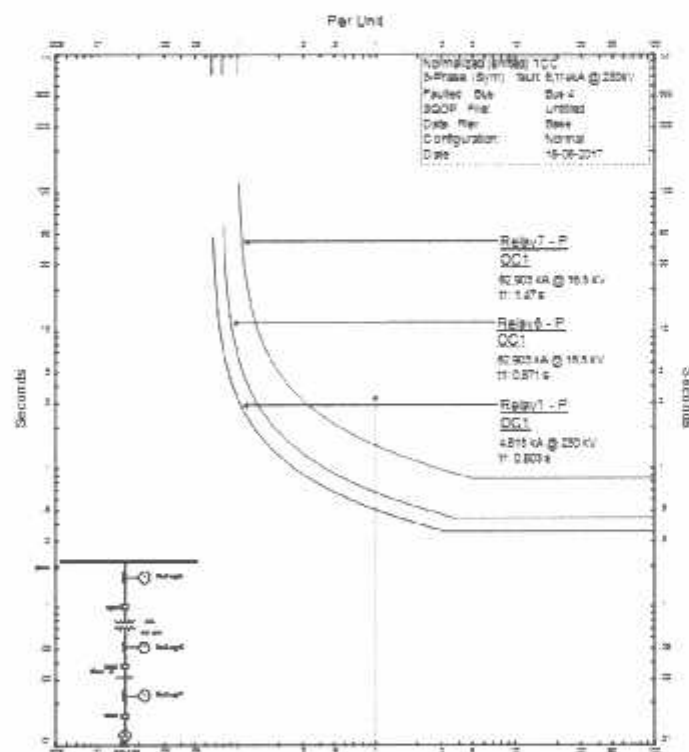


Gambar 4.7 Setelah di Setting Ulang *Relay 1* Proteksi Pada Pengujian Sistem *Exemple IEEE*.



Gambar 4.8 Kondisi Koordinasi Setelah di Setting Ulang *Relay 1* Proteksi Pada Pengujian Sistem *Exemple IEEE*.

Dapat kita lihat hasil koordinasi rele setelah perhitungan. Rele terkoordinasi dengan baik dimana rele memutus CB secara berurutan mulai dari sumber gangguan hingga menuju ke pembangkit.



Gambar 4.9 Kondisi *Curve Coordination Protection* Setelah di Setting Ulang *Relay 5* Proteksi Pada Pengujian Sistem *Exemple IEEE*.

Dari hasil perhitungan ulang, untuk memutus pertama adalah *relay* 1 pada waktu 0,5s, memutus kedua *relay* 6 pada waktu 0,6s dan memutus ke tiga *relay* 7 pada waktu 1,4s. Dapat kita lihat pada hasil perhitungan ulang rele sudah terkoordinasi dengan baik dimana *relay* 1 sebagai *maintenance protection* sedangkan *relay* 6 dan *relay* 7 sebagai *back up protection*.

4.3 Perbandingan Setting Arus *Pick-Up* Dan Waktu Pada Rele Arus Lebih (OCR).

Tabel 4.1 Kondisi Relay OCR Pada Setting Awal (Phasa dan Ground).

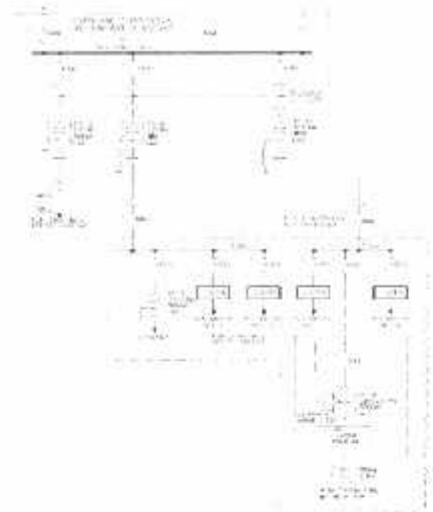
No.	ID	Relay	Arus Sekunder (A)	Time Dial (s)	Kurva	Rasio CT
1.	Relay 1 Phase	GE-MUTLIN Type : F650	0,45	0,3	Normally Inverse	600 : 1
	Relay 1 Ground		0,4	2,12		

Tabel 4.2 Kondisi Relay OCR Setelah Disetting Ulang (Phasa dan Ground).

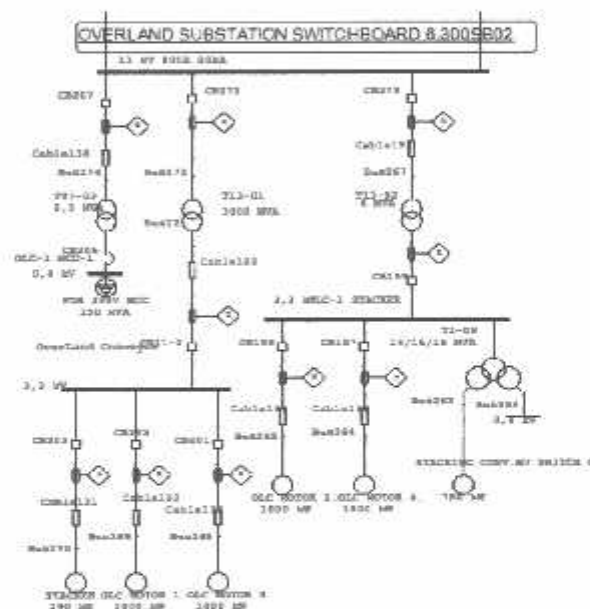
No.	ID	Relay	Arus Sekunder (A)	Time Dial (s)	Kurva	Rasio CT
1.	Relay 1 Phase	GE-MUTLIN Type : F650	0,5	0,2	Normally Inverse	600 : 1
	Relay 1 Ground		0,08	0,2		

4.4 Sistem kelistrikan di PT. Kaltim Prima Coal.

Pada sistem kelistrikan di lokasi Tanjung Bara khususnya di *Feeder Overland Substation Switchboard*, PT. Kaltim Prima Coal memiliki sumber daya sendiri yaitu terdiri dari Steam 1, 2, 3, 4, dan 5 (*Steam Turbin Generator*) dan menghasilkan daya sebesar 88257 MVA, pada sistem *Feeder Overland Substation Switchboard*, ini terdiri dari 1 beban kecil (*office*) dan 6 motor yang memiliki daya yang berbeda beda terdiri dari motor *Stacker* 290kW, OLC1 1000kW, OLC2 1000kW, OLC3 1000kW, OLC4 1000kW, dan *Stacking Conveyor* 760kW, selain itu terdapat 3 transformator daya *step-down two wending* yang memiliki daya 0,5MVA 11/0,4kV, 3MVA 11/3,4kV, 4MVA 11/3,4kV dan juga memiliki 1 transformator daya *three wending* 16MVA 3,3/0,4/0,4kV yang digunakan untuk melayani 6 motor yang di gunakan sebagai *conveyor*.



Gambar 4.10 *Single Line Diagram* sistem *Overland Substation Switchboard*, PT. Kaltim Prima Coal.



Gambar 4.11 *Pemodelan Single Line Diagram* sistem *Overland Substation Switchboard*.

4.5 Data Yang Diperoleh

4.5.1 Data Generator (Steam 1 Dan 2)

Type	: <i>Synchronous Generator</i>
Daya	: 5 MW
Tegangan	: 11 kV

Power factor	: 80%
Phase	: 3
Speed	: 1500
Frekuensi	: 50 Hz
Positive Phase Reactance	: 0,271
Negative Phase Reactance	: 0,222
Zero Phase Sequence Reactance	: 1,714
Pole	: 4
Connection	: Y (wye)

Tabel 4.3 Urutan Positif, Negatif Dan Nol Pada (*Steam 1 Dan 2*)

Imp Urutan Positif (ohm/km)	Imp Urutan Negatif (ohm/km)	Imp Urutan Nol (ohm/km)
X1	X2	X0
j 0,271	j 1,333	j 1,714

4.5.2 Data Generator (*Steam 3, 4 Dan 5*)

Type	: <i>Synchronous Generator</i>
Daya	: 22,5 MW
Tegangan	: 11 kV
Power factor	: 80%
Phase	: 3
Speed	: 1500
Frekuensi	: 50 Hz
Positive Phase Reactance	: 0,496
Negative Phase Reactance	: 1,633
Zero Phase Sequence Reactance	: 0,757
Pole	: 4
Connection	: Y (wye)

Tabel 4.4 Urutan Positif, Negatif Dan Nol Pada *Steam* (3, 4 Dan 5)

Imp Urutan Positif (ohm/km)	Imp Urutan Negatif (ohmkm)	Imp Urutan Nol (ohm/km)
X1	X2	X0
j 0,496	j 1,633	j 0,757

4.5.3 Data Generator (Diesel 1, 2 Dan 3)

Type	: <i>Synchronous Generator</i>
Daya	: 2,3 MW
Tegangan	: 11 kV
Power factor	: 80%
Phase	: 3
Speed	: 1500
Rekuensi	: 50 Hz
Positive Phase Reactance	: 0,25
Negative Phase Reactance	: 1,333
Zero Phase Sequence Reactance	: 1,714
Pole	: 4
Connection	: Y (wye)

Tabel 4.5 Urutan Positif, Negatif Dan Nol Pada Generator (*Diesel* 1, 2 Dan 3)

Imp Urutan Positif (ohm/km)	Imp Urutan Negatif (ohmkm)	Imp Urutan Nol (ohm/km)
X1	X2	X0
j 0,25	j 1,333	j 1,714

4.5.4 Data Penghantar

Penghantar yang digunakan pada sistem *Overland Substation Switchboard* ini adalah jenis BS6622 dengan penampang 70 mm² 11 KV dengan jarak antara Steam 1,2,3,4 dan 5 menuju *Overland Converyor* sepanjang 100 meter dengan resistansi sebesar 0,343 Ω.

Tabel 4.6 Urutan Positif, Negatif Dan Nol Pada Penghantar

Imp Urutan Positif (ohm/km)		Imp Urutan Negatif (ohm/km)		Imp Urutan Nol (ohm/km)	
R1	X1	R2	X2	R0	X0
0,343	0,13	0,343	0,13	0,13	0,27

4.5.5 Data Transformator Daya

Pada *Feeder Overland Substation Switchboard*, terdapat 3 buah transformator daya yang digunakan adalah jenis transformator daya *step-down* 11/3,4kV pada transformator daya tersebut memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Jumlah fasa	: 3
Frekuensi	: 50
Impedansi	: 7,5%
Daya pengenal	: 3 MVA
Tegangan sisi tinggi	: 11kV
Tegangan sisi rendah	: 3,4kV
Arus nominal sisi 11	: 109,3 A
Arus nominal sisi 3,4	: 353,7 A
Vector group	: Dyn1

Tabel 4.7 Urutan Positif, Negatif Dan Nol Pada Transformator

Imp Urutan Positif (ohm/km)		Imp Urutan Negatif (ohm/km)		Imp Urutan Nol (ohm/km)	
R1	X1	R2	X2	R0	X0
7,5	7,467	7,5	7,467	7,5	7,467

4.5.6 Data Rele Pengaman

Tabel 4.8 Data Rele Arus Lebih *Over Current*

Data Rele Sisi Phase		
ID Relay	Spesifikasi	
Relay 17	Pick-up Range	0,05 – 160 Sec – 5A
	Pick-up	0,13
	Time dial	0,19

	Ratio CT	400/1
Relay NewPP to O/L-1	Pick-up Range	0,05 – 160 Sec – 5A
	Pick-up	1,81
	Time dial	0,16
	Ratio CT	400/1
Relay O/L-1 to NewPP	Pick-up Range	0,05 – 160 Sec – 5A
	Pick-up	1,59
	Time dial	0,15
	Ratio CT	400/1
Relay O/L-1 to T13-01	Pick-up Range	0,05 – 160 Sec – 5A
	Pick-up	1,59
	Time dial	0,1
	Ratio CT	100/1
Relay 6	Pick-up Range	0,05 – 160 Sec – 5A
	Pick-up	8,98
	Time dial	0,12
	Ratio CT	600/5
Data Relay Sisi Ground		
ID Rele	Spesifikasi	
Relay 17	Pick-up Range	0,05 – 160 Sec – 5A
	Pick-up	0,05
	Time dial	0,2
	Ratio CT	400/1
Relay NewPP to O/L-1	Pick-up Range	0,05 – 160 Sec – 5A
	Pick-up	0,05
	Time dial	0,38
	Ratio CT	400/1
Relay O/L-1 to NewPP	Pick-up Range	0,05 – 160 Sec – 5A
	Pick-up	0,05
	Time dial	0,28
	Ratio CT	400/1
Relay O/L-1 to T13-01	Pick-up Range	0,05 – 160 Sec – 5A
	Pick-up	0,2
	Time dial	0,18
	Ratio CT	100/1
Relay 6	Pick-up Range	0,05 – 160 Sec – 5A
	Pick-up	0,16

	Time dial	0,34
	Ratio CT	600/5

4.6 Perhitungan Base

Untuk melakukan analisis dan melakukan perhitungan maka nilai-nilai yang ada harus dijadikan dalam bentuk per unit untuk memudahkan perhitungan nilai *base*:

➤ Sisi 11 kV

- Berdasarkan persamaan (2.42)

$$\text{Base Arus (K Ampere)} = 4632,9 \text{ A}$$

- Berdasarkan persamaan (2.43)

$$\text{Base impedansi (ohm)} = 1,371 \Omega$$

➤ Sisi 3,4 kV

- Berdasarkan persamaan (2.42)

$$\text{Base Arus (K Ampere)} = 15000 \text{ A}$$

- Berdasarkan persamaan (2.43)

$$\text{Base impedansi (ohm)} = 0,13 \Omega$$

4.7 Data-data Yang di Inputkan

1. Input Data Transformator Daya

3. Input Data OCR (*Phase dan Ground*).



Gambar 4.14 *Input Data Rele Sisi 11kV (phase) di ETAP Power Station.*



Gambar 4.15 *Input Data Rele Sisi 11kV (ground) di ETAP Power Station.*

Multi-Function Relay Editor - Relays

Info Input Output OCR OLR TCC kA Model Info Checker Remarks Comment

GE Multilin F850

OC Level

OC1 Enabled Integrated Curves Library...

Link TOC + IOC for this level

Phase Neutral Ground Sen. Ground Neg-Seq

Overcurrent

Curve Type IEC - Curve A

Pickup Range 0.05 - 160 Sec - 5A Amps

Pickup 8.98 Step: 0.01

Relay Amps 8.98 1073 Prim. Amps

Time Dial 0.12 Step: 0.01

Instantaneous

Directional 87 Voltage 33kV

OK Cancel

Gambar 4.16 Input Data Relé Sisi 11kV (phase) di ETAP Power Station.

Multi-Function Relay Editor - Relays

Info Input Output OCR OLR TCC kA Model Info Checker Remarks Comment

GE Multilin F850

OC Level

OC1 Enabled Integrated Curves Library...

Link TOC + IOC for this level

Phase Neutral Ground Sen. Ground Neg-Seq

Overcurrent

Curve Type IEC - Curve A

Pickup Range 0.05 - 160 Sec - 5A Amps

Pickup 0.16 Step: 0.01

Relay Amps 0.16 19.2 Prim. Amps

Time Dial 0.34 Step: 0.01

Instantaneous

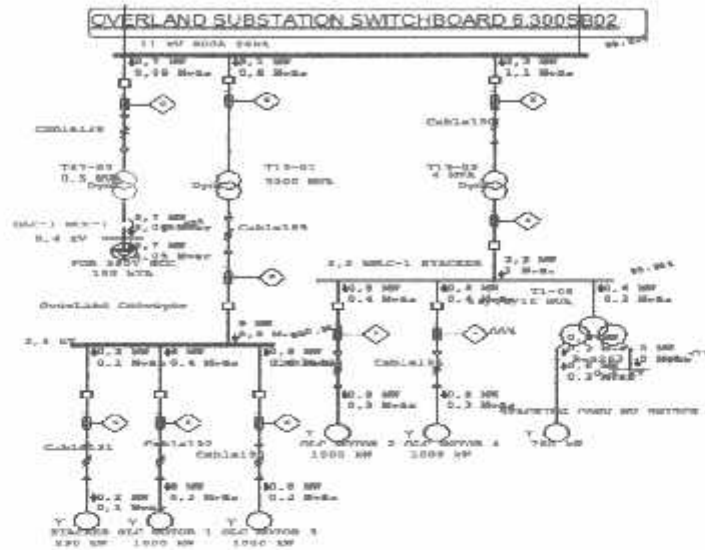
Directional 87 Voltage 33kV

OK Cancel

Gambar 4.17 Input Data Relé Sisi 11kV (ground) di ETAP Power Station.

4.8 Analisis Aliran Daya (*Run Load Flow*).

Sebelum melakukan hasil hubung singkat terlebih dahulu perlu melakukan analisis aliran daya (*load flow analysis*) yang bertujuan untuk mengetahui berapa nilai arus saat beroperasi. Berikut analisa aliran daya dapat di tunjukkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 4.18 Analisis Aliran Daya (*Load Flow Analysis*).

4.9 Hasil Hubung Singkat dari ETAP Power Station.

Analisis hubung singkat adalah proses yang harus dilakukan sebelum memulai proses perhitungan untuk setting rele. Berikut adalah hasil analisa hubung singkat yang ada pada sistem *Overland Conveyor (OLC)*:

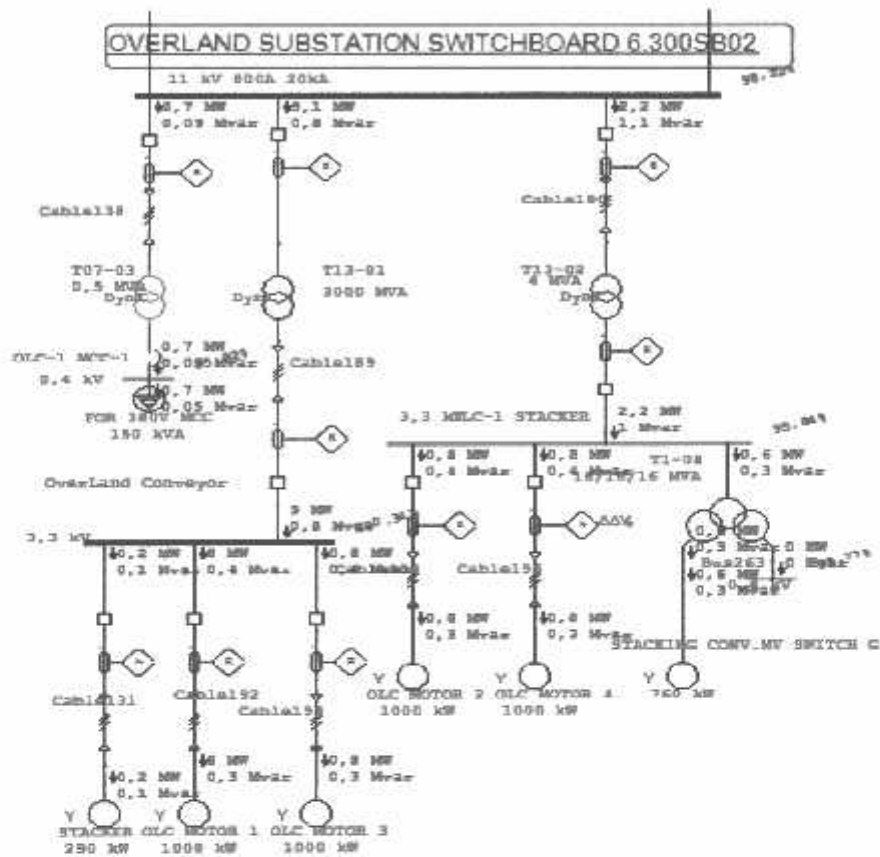
Tabel 4.9 Hasil Simulasi Hubung Singkat

Jenis Gangguan	Short Circuit Report
3 Fasa	8,604
L-G	7,709
L-L	7,455
L-L-G	8,272

Berdasarkan hasil hubung singkat yang di dapat di tunjukkan pada tabel diatas, dapat diketahui bahwa arus hubung singkat terbesar terdapat pada jenis gangguan *3phase* yang mana arus gangguan sebesar 8,604 kA.

4.10 Kondisi Simulasi Sebelum Diberi Gangguan

Berikut adalah gambar simulasi saat sistem sebelum diberi gangguan:



Gambar 4.19 Simulasi Sistem Sebelum diberi Gangguan.

4.11 Kondisi Awal Rele Sebelum Disetting.

Pada kondisi awal sebelum disetting dapat kita lihat setting awal rele terlalu jauh dari waktu aman sistem proteksi, semakin lama pengaturan waktu settingnya, maka semakin buruk pula sistem kerja dari rele tersebut untuk memproteksi. Berikut adalah gambar setting dari awal rele OCR sebelum di setting ulang:



Gambar 4.20 Kondisi Awal Pada Data Rele sisi 11 kV (*phase*) di PT. KPC.



Gambar 4.21 Kondisi Awal Pada Data Rele sisi 11 kV (*ground*) di PT. KPC.

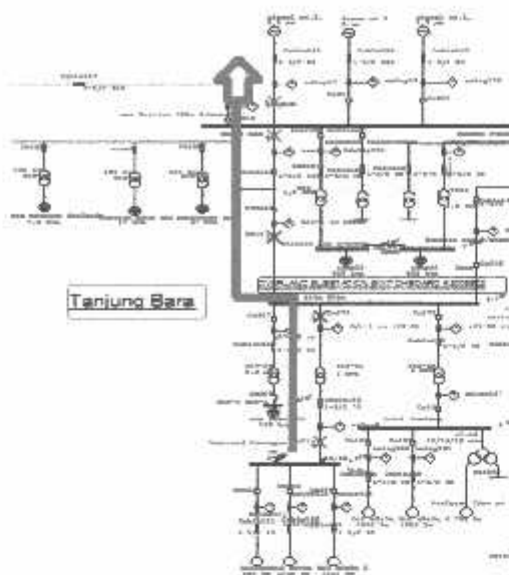


Gambar 4.22 Kondisi Awal Pada Data Rele sisi 3,4 kV (*phase*) di PT. KPC.



Gambar 4.23 Kondisi Awal Pada Data Rele sisi 11 kV (*ground*) di PT. KPC.

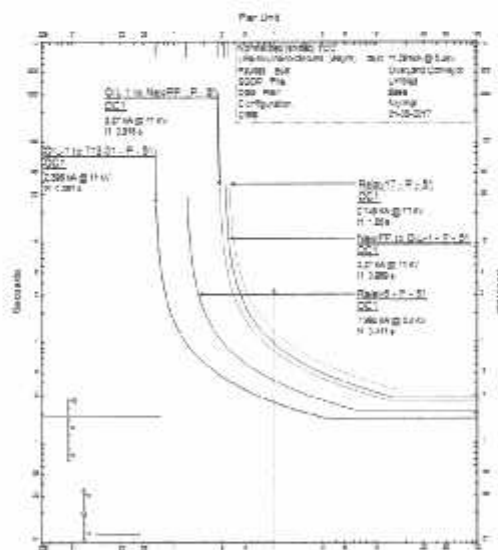
Pada kondisi *base case* terlihat bahwa terjadi gangguan hubung singkat kegagalan isolasi ditunjukkan pada gambar dibawah ini:



Gambar 4.24 Hasil Simulasi Kondisi Setting Awal.

Dari gambar di atas dapat kita lihat terjadi kesalahan setting koordinasi rele. Pada gambar diagram tersebut kita beri gangguan pada bus *Overland Conveyor*, CB11-2 di transformator daya tidak beroperasi secara maksimal. Yang dimana seharusnya mengamankan transformator daya terlebih dahulu di banding CB 272 yang memutus.

Setelah melakukan analisis maka didapatkan data setting awal, yang mana data setting awal fasa dapat ditampilkan pada kurva karakteristik dibawah ini:



Gambar 4.25 Kurva Karakteristik *Relay* Arus Lebih Kondisi Awal .

Dari hasil diatas kita dapat lihat yang memutus pertama adalah *relay* O/L-1 to T13-01 pada waktu 0,2s, memutus kedua adalah *relay* 6 pada waktu 0,4s, memutus ketiga adalah *relay* O/L-1 to NewPP pada waktu 0,8s, memutus keempat adalah *relay* NewPP to O/L-1 pada waktu 0,9s, dan yang memutus terakhir adalah *relay* 17 pada waktu 1,2s. Dimana *relay* 6 adalah pengaman utama di *Feeder Overland Substation Switchboard* pada titik gangguan tersebut semakin lama waktu untuk memutusnya maka rele tidak terkoordinasi secara baik yang di sebabkan dari gangguan *Line-to-Ground*.

4.12 Perhitungan dan Setting Ulang Rele Pengaman (OCR).

Berdasarkan persamaan pada sub Bab II maka hasil dari perhitungan setting ulang rele pengaman yaitu pada lampiran 2 yang didalam nya terdapat langkah-langkah untuk mencari nilai setting ulang pada *pick-up* dan *time dial*, setelah didapatkannya setting baru pada rele arus lebih sisi 11 kV, yang mana *relay* O/L to T13-01 untuk sisi *phase* yaitu sekunder dirubah 1,9 A dan primer menjadi 2,01 A dengan setting waktu 0,12 detik dan untuk sisi *ground* sekunder dirubah 0,3 A dan primer menjadi 31,58 A dengan setting waktu 0,07 detik, dan pada rele arus lebih sisi 3,4 kV, yang mana *relay* 6 untuk sisi *phase* yaitu sekunder dirubah 5,1 A dan primer menjadi 612,2 A dengan settingan waktu 0,11 detik dan untuk sisi *ground* sekunder dirubah 0,8 A dan primer menjadi 102 A dengan setting waktu 0,17 detik kemudian setelah melakukan perhitungan maka didapatkan data setting baru, yang mana data setting baru dapat ditampilkan pada gambar setting baru dibawah ini :

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan.

Multi-Function Relay Editor - O/L-1 to T13-01

Info Input Output OCR OLR TEC/AA Model Info Checker Remarks Comment

GE Multilin H50

OC Level

OC1 Enabled Integrated Curves Library...

Link TOC - IOC for this level

Phase: Neutral Ground San Ground Neg-Seq

Overcurrent

Curve Type: IEC - Curve A

Pickup Range: 0.05 - 160 Sec - 5A

Pickup: 2.01 Step: 0.01

Relay Amps: 2.01 201 Pwr. Amps

Time Dial: 0.12 Step: 0.01

Instantaneous

Time Dial: 0.05 - 160 Sec - 5A

Time Dial: 20

Time Dial: 20 2000

Time Dial: 0 - 300

Time Dial: 0.01

Directional

Voltage: 81V

OK Cancel

Gambar 4.26 *Input Data Rele Arus Lebih Setelah Perhitungan Sisi 11 kV (phase) di PT. KPC.*

Multi-Function Relay Editor - O/L-1 to T13-01

Info Input Output OCR OLR TEC/AA Model Info Checker Remarks Comment

GE Multilin H50

OC Level

OC1 Enabled Integrated Curves Library...

Link TOC - IOC for this level

Phase: Neutral Ground San Ground Neg-Seq

Overcurrent

Curve Type: IEC - Curve A

Pickup Range: 0.05 - 160 Sec - 5A

Pickup: 0.3 Step: 0.01

Relay Amps: 0.3 30 Pwr. Amps

Time Dial: 0.07 Step: 0.01

Instantaneous

Time Dial: 0.05 - 160 Sec - 5A

Time Dial: 10

Time Dial: 10 1000

Time Dial: 0 - 300

Time Dial: 0.01

Directional

Voltage: 81V

OK Cancel

Gambar 4.27 *Input Data Rele Arus Lebih Setelah Perhitungan Sisi 11 kV (ground) di PT. KPC.*



Gambar 4.28 *Input Data Rele Arus Lebih Setelah Perhitungan Sisi 3,4 kV (phase) di PT. KPC.*



Gambar 4.29 *Input Data Rele Arus Lebih Setelah Perhitungan Sisi 3,4 kV (ground) di PT. KPC.*



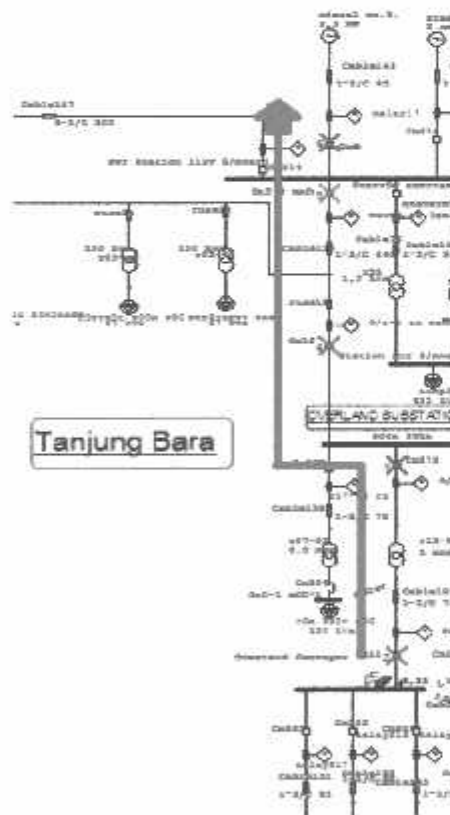
Gambar 4.30 Sistem Koordinasi Proteksi Pada Jenis Gangguan 3-Phase.



Gambar 4.31 Sistem Koordinasi Proteksi Pada Jenis Gangguan Line-to-Ground.



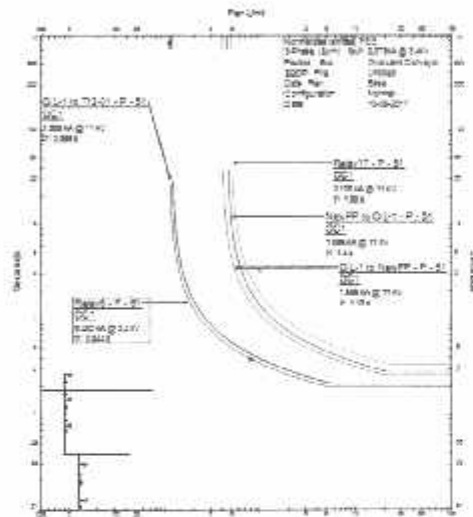
Gambar 4.32 Sistem Koordinasi Proteksi Pada Jenis Gangguan *Line-to-Line*.



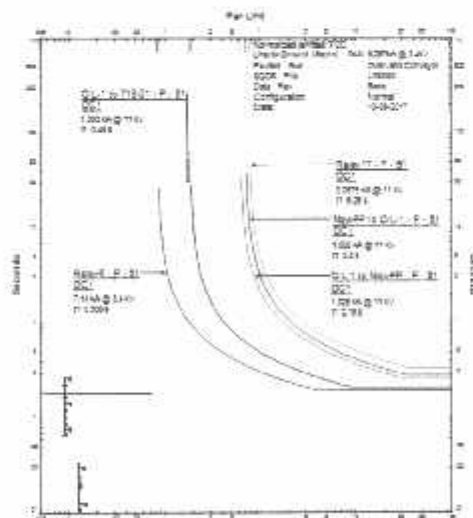
Gambar 4.33 Sistem Koordinasi Proteksi Pada Jenis Gangguan *Line-to-Line-to-Ground*.

Dapat kita lihat hasil koordinasi rele setelah perhitungan. Rele terkordinasi dengan baik di mana relay memutuskan CB secara berurutan mulai dari sumber gangguan sampai pembangkit. Pada saat diberi gangguan *3-phase*, *line-to-ground*, *line-to-line*, dan *line-line-to-ground* pada bus *Overland Conveyor* memutuskan pertama sehingga transformator daya aman dari gangguan. Pada CB196, CB OLC 2 Back-up dan CB6 sebagai *back-up protection*, di mana yang dimaksudkan *back-up* ini sebagai pengaman pada bagian atas agar tidak terkena gangguan dari bawah.

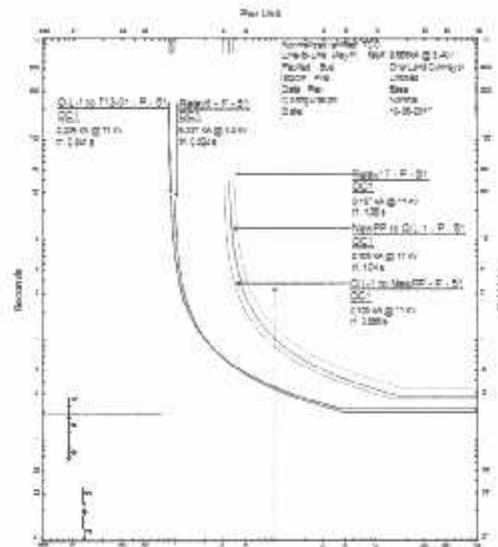
Setelah setting baru dari rele arus lebih dijalankan, maka hasilnya terlihat pada kurva dibawah ini :



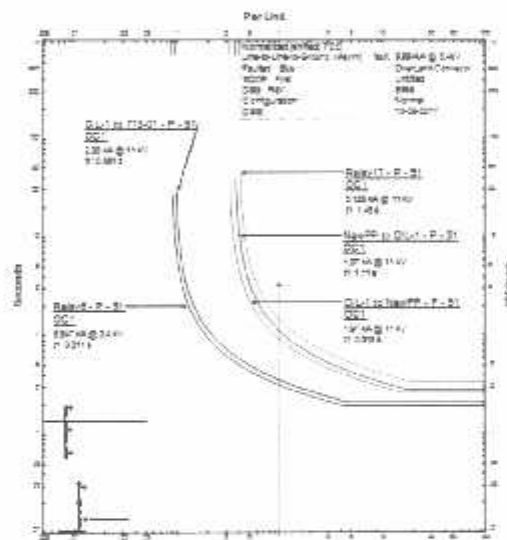
Gambar 4.34 Kurva Pada Kondisi Gangguan *3Phase*.



Gambar 4.35 Kurva Pada Kondisi Gangguan *Line to Ground*.



Gambar 4.36 Kurva Pada Kondisi Gangguan *Line to Line*.



Gambar 4.37 Kurva Pada Kondisi Gangguan *Line to Line to Ground*.

Dari hasil perhitungan ulang, untuk rele yang memutuskan pertama adalah *relay* 6, rele yang memutuskan kedua *relay* O/L-1 to T13-01, memutuskan ketiga *relay* O/L-1 to NewPP, memutuskan keempat *relay* ewPP to O/L-1 dan memutuskan terakhir *relay* 17. Dapat kita lihat pada hasil perhitungan ulang rele sudah terkoordinasi dengan baik dimana *relay* 6 sebagai pengamanan sisi 3,4kV pada *Feeder Overland Substation Switchboard* mengamankan pertama kali saat pada bus *Overland Conveyor* diberi gangguan dan *relay* O/L-1 to T13-01, *relay* O/L-1 to NewPP, *relay* NewPP to O/L-1, dan *relay* 17 sebagai *back-up protection*.

4.13 Perbandingan Setting Arus *Pick-up* Dan Waktu Pada Rele Arus Lebih (OCR).

Tabel 4.10 Kondisi Rele OCR Pada Setting Awal (*Phase dan Ground*)

No.	ID	Relay	Arus Sekunder (A)	Time Dial (s)	Kurva	Rasio CT
Sisi Phase						
1.	OCR (O/L to T13-01)	GE-MUTLIN Type : F650	1,59	0,21	IEC-Curve A	100 : 1
			Sisi Ground			
			0,2	0,18	IEC-Curve A	100 : 1
Sisi Phase						
2.	OCR (Relay 6)	GE-MUTLIN Type : F650	8,98	0,29	IEC-Curve A	600 : 5
			Sisi Ground			
			0,16	2,55	IEC-Curve A	600 : 5

Dari tabel diatas adalah dimana data rele sebelum dilakukannya setting ulang pada rele tersebut, yang terjadi adalah lamanya memutus pada *Relay 6* terhadap gangguan distribusi *external*, dari lamanya setting waktu awal tersebut dapat berdampak buruk terhadap *station* itu sendiri yaitu *blackout* dan berakibat pula terhadap sistem kontrolnya dan memutuskan waktu lama untuk proses *start*.

Tabel 4.11 Kondisi Rele OCR Pada Setting Baru (*Phase dan Ground*)

No.	ID	Relay	Arus Sekunder (A)	Time Dial (s)	Kurva	Rasio CT
Sisi Phase						
1.	OCR (O/L to T13-01)	GE-MUTLIN Type : F650	2,01 A	0,12	IEC-Curve A	100 : 1
			Sisi Ground			
			0,3 A	0,07	IEC-Curve A	100 : 1
Sisi Phase						
2.	OCR (Relay 6)	GE-MUTLIN Type : F650	5,1 A	0,11	IEC-Curve A	600 : 5
			Sisi Ground			
			0,8 A	0,17	IEC-Curve A	600 : 5

Dari data tabel diatas adalah dimana rele tersebut telah dilakukannya *resetting* yang menggunakan data-data yang telah diperoleh dari PT. KPC, dari nilai tersebut di simulasikan dan analisis sistem koordinasinya dengan nilai yang baru sistem koordinasi

proteksi tersebut dapat memotong arus gangguan dengan cepat agar tidak dapat merusak komponen listrik lainnya dari gangguan *3-Phase*, *L-L*, *L-G*, dan *L-L-G*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan analisis setting rele pada sistem *Overland Conveyor* di PT. Kaltim Prima Coal dapat disimpulkan bahwa :

1. Hasil dari skripsi ini telah dilakukannya perbaikan terhadap setting OCR pada nilai *arus pick-up* dan *time dial* di PT. Kaltim Prima Coal dengan menggunakan *software ETAP Power Station*, bahwa dengan setting baru yang di terapkan terhadap sistem proteksi di PT. Kaltim Prima Coal dapat lebih selektif, cepat, handal, dan bekerja sesuai fungsinya masing-masing pada saat terjadi gangguan *3-phase, line to ground, line to line, line to line to ground*.
2. Dengan merubah setting awal pada rele OCR *phase* sisi primer 11kV dengan *time dial* 0,1 detik dan arus sekunder 1,59 ampere dan untuk *ground* dengan *time dial* 0,18 detik dan arus sekunder 0,2 ampere, dan relay OCR *phase* sisi sekunder 3,4kV dengan *time dial* 0,12 detik dan arus sekunder 8,98 ampere dan untuk *ground* dengan *time dial* 0,34 dan arus sekunder 0,16 ampere kemudian dirubah sesuai perhitungan dan di *input* kan yaitu pada OCR *phase* sesudah di setting pada sisi primer 11kV dengan waktu 0,12 detik dan arus sekunder 2,01 ampere, dan untuk *ground* dengan waktu 0,07 detik dan arus sekunder 0,3 ampere, kemudian relay OCR *phase* sisi sekunder 3,4kV dengan waktu 0,11 detik dan arus sekunder 5,1 ampere, dan untuk *ground* dengan waktu 0,17 detik dan arus sekunder 0,8 ampere, agar semakin cepat untuk memotong arus gangguan dan tidak merusak peralatan listrik lainnya.
3. Dari proses hasil dan analisis di atas, pada *Feeder Overland Substation Switchboard*, mengalami gangguan hubung singkat pada saluran 3,4kV yang berakibat trip pada CB tidak terkoordinasi. Pada setting awal jika sistem mengalami gangguan CB11-2 sebagai pemutus utama pada sisi 3,4kV tidak bekerja secara baik, melainkan CB272 memutuskan pertama dan CB11-2 memutuskan kedua sebagai *back-up* peralatan di atas. Dikarenakan waktu

memutus terlalu lama sehingga rele tidak terkoordinasi secara baik. Sedangkan dengan perhitungan baru, jika sistem terjadi gangguan CB11-2 bekerja dengan baik memutus pertama untuk mengamankan peralatan di dalamnya, CB272 memutus kedua, CB196 memutus ketiga, CB OLC 2 *BACKUP* memutus keempat dan CB6 memutus kelima sebagai *back-up* untuk melindungi peralatan listrik yang berada diatas. Dengan di lakukannya setting baru maka waktu memutus lebih cepat sehingga rele terkoordinasi secara baik, memutus secara berurutan mulai dari beban hingga pembangkit.

5.2 Saran

Dari hasil skripsi ini dapat di jadikan acuan ataupun referensi untuk perusahaan yang bersangkutan dalam rangka memperbaiki setting ulang pada sistem proteksi teruntuk *relay* 6 dan *relay* O/L-1 to T13-01 yang menjadi objek penelitian skripsi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Yanuwirawan Edo, Pujiantara Argo, dan Wahyudi R. (*Studi Koordinasi Proteksi Rele Arus Lebih dan Ground Fault Pada Sistem Eksisting PT. VICO Indonesia, Kalimantan Timur*). Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya.
- [2]. Badaruddin, Wirawan Budi. *Setting Koordinasi Over Current Relay pada Trafo 60 MVA 150/20 kV dan Penyulang 20 kV*. Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana Jakarta.
- [3]. Priyono Sugeng. *Koordinasi Sistem Proteksi Trafo 30 MVA Gardu Induk 150 KV Krapyak*. Krapyak.
- [4]. Hermantyo Fendy Gilang. *Analisis Sstem Koordinasi Over Current Relay (OCR) Pada Gardu Induk (GI) 150 kV Sukolillo*. Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya.
- [5]. Edinta S. Ronika. 2014. "Perhitungan Kedip Tegangan Akibat Gangguan Hubung Singkat Pada Penyulang UNIB Sistem Distribusi PLN Bengkulu". Teknik elektro, Universitas Bengkulu.
- [6]. Wahyu Hidayat Ade, Gusmedi Herri, Hakim Lukmanul, dan Despa Dikpride. *Analisa Setting Rele Arus Lebih dan Rele Gangguan Tanah pada Penyulang Topan Gardu Induk Teluk Betung*. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1 Gedung Meneng, Kedaton, Bandar Lampung.
- [7]. Saini Shilpi, "Overcurrent Relay Coordination for Phase And Earth Faults Using ETAP", Amity University (AUUP), Noida, India.
- [8]. *Protection Tripping curve Schneider Electric*.
- [9]. Aliman.O dan Musirin.I., "Overcurrent Relays Coordination for Comercial Building", Universiti Teknologi Mará, Malaysia.

- [10]. K Anupreyaa dan Karthiga Sabari, "*Relay Coordination for Distribution System*",
India.
-



LAMPIRAN

Lampiran 1

Hasil Perhitungan Nilai Base Pada Sub Bab 4.6

➤ Sisi 11 kV

Base daya = 88.257 MVA

Base tegangan = 11kV

- Berdasarkan persamaan (2.42)

$$\begin{aligned} \text{Base Arus (K Ampere)} &= \frac{\text{base-daya (MVA)}}{\sqrt{3} \text{ base-tegangan (kV)}} \\ &= 4,6329 \times 1000 = 4632,9 \text{ A} \end{aligned}$$

- Berdasarkan persamaan (2.43)

$$\begin{aligned} \text{Base impedansi (ohm)} &= \frac{[\text{base-tegangan (KV)}]^2}{\text{base-daya (MVA)}} \\ &= \frac{11^2}{88,257 \text{ MVA}} = 1,371 \Omega \end{aligned}$$

➤ Sisi 3,4 kV

Base daya = 88.257 MVA

Base tegangan = 3,4kV

- Berdasarkan persamaan (2.42)

$$\begin{aligned} \text{Base Arus (K Ampere)} &= \frac{\text{base-daya (MVA)}}{\sqrt{3} \text{ base-tegangan (kV)}} \\ &= 15 \times 1000 = 15000 \text{ A} \end{aligned}$$

- Berdasarkan persamaan (2.43)

$$\begin{aligned} \text{Base impedansi (ohm)} &= \frac{[\text{base-tegangan (KV)}]^2}{\text{base-daya (MVA)}} \\ &= \frac{3,4^2}{88,257 \text{ MVA}} = 0,13 \Omega \end{aligned}$$

Lampiran 2

Hasil Perhitungan Setting Ulang Pada Pengujian Sistem *Exemple IEEE*

➤ Sisi *phase*

- Berdasarkan persamaan (2.49)
 - $I_n = I_{base} = \frac{100000}{\sqrt{3} \cdot 230} = 251 \text{ A}$
- Berdasarkan persamaan (2.50)
 - $I_p = \frac{1,2}{1} \times 251 = 301,2 \text{ A}$
- Berdasarkan persamaan (2.51)
 - $I_s = 301,2 \times \frac{1}{600} = 0,5 \text{ A}$

Tms = 0,3 (setting awal relay)

- Berdasarkan persamaan (2.52)
 - $= \frac{0,14}{\left(\frac{5823}{301,2}\right)^{0,02} - 1} \times \frac{0,3}{2,97}$
 - $t = 0,2 \text{ detik}$

➤ Sisi *ground*

- Berdasarkan persamaan (2.53)
 - $I_p = 0,2 \times 251 = 50,2 \text{ A}$
- Berdasarkan persamaan (2.54)
 - $I_s = 50,2 \times \frac{1}{600} = 0,08 \text{ A}$

Tms = 2,12 (setting awal relay)

- Berdasarkan persamaan (2.55)
 - $= \frac{0,14}{\left(\frac{5823}{50,2}\right)^{0,02} - 1} \times \frac{0,4}{2,97}$
 - $t = 0,2 \text{ detik}$

Lampiran 3

Hasil Perhitungan Setting Ulang Pada Data Sistem PT. KPC (Kaltim Prima Coal)

➤ Sisi 11 kV (*Phase*)

Trafo	: 3000 KVA/11kV
Perbandingan CT	: 100 : 1
Kurva karakteristik	: IEC – Curve A
Arus gangguan terbesar	: 8,604 kA

- Berdasarkan persamaan (2.49)

- $I_n = I_{base} = \frac{3000}{\sqrt{3} \cdot 11} = 168 \text{ A}$

- Berdasarkan persamaan (2.50)

- $I_p = \frac{1,2}{1} \times 168 = 201,6 \text{ A}$

- Berdasarkan persamaan (2.51)

- $I_s = 201,6 \times \frac{1}{100} = 2,01 \text{ A}$

$T_{ms} = 0,1$ (setting awal relay)

- Berdasarkan persamaan (2.52)

- $= \frac{0,14}{\left(\frac{8604}{201,6}\right)^{0,02} - 1} \times \frac{0,1}{2,97}$

- $t = 0,12$ detik

➤ Sisi 11 kV (*Ground Fault*)

Arus setting sisi primer

- Berdasarkan persamaan (2.53)

- $= 0,2 \times 157,9$

- $= 31,58 \text{ A}$

Arus setting sisi sekunder

- Berdasarkan persamaan (2.54)

$$\circ = 31,58 \times \frac{1}{100/1}$$

$$\circ = 0,3 \text{ A}$$

$T_{ms} = 0,18$ (setting awal relay)

- Berdasarkan persamaan (2.55)

$$\circ = \frac{0,14}{\left(\frac{8604}{31,58}\right)^{0,02} - 1} \times \frac{0,18}{2,97}$$

$$\circ t = 0,07 \text{ detik}$$

➤ Sisi 3,4 kV (*Phase*)

Trafo	: 3000 KVA/3,4kV
Perbandingan CT	: 600 : 5
Kurva karakteristik	: IEC – Curve A
Arus gangguan terbesar	: 55,050 kA

- Berdasarkan persamaan (2.49)

$$\circ I_n = I_{base} = \frac{3000}{\sqrt{3} \cdot 3,4} = 510,2 \text{ A}$$

- Berdasarkan persamaan (2.50)

$$\circ I_p = \frac{1,2}{1} \times 510,2 = 612,2 \text{ A}$$

- Berdasarkan persamaan (2.51)

$$\circ I_s = 612,2 \times \frac{5}{600} = 5,1 \text{ A}$$

$T_{ms} = 0,12$ (setting awal relay)

- Berdasarkan persamaan (2.52)

$$\circ = \frac{0,14}{\left(\frac{8604}{612,2}\right)^{0,02} - 1} \times \frac{0,12}{2,97}$$

$$\circ t = 0,11 \text{ detik}$$

➤ Sisi 3,4 kV (*Ground Fault*)

Arus setting sisi primer

- Berdasarkan persamaan (2.53)

$$I = 0,2 \times 510,2$$

$$I = 102 \text{ A}$$

Arus setting sisi sekunder

- Berdasarkan persamaan (2.54)

$$I = 102 \times \frac{1}{600/5}$$

$$I = 0,8 \text{ A}$$

$T_{ms} = 0,34$ (setting awal relay)

- Berdasarkan persamaan (2.55)

$$t = \frac{0,14}{\left(\frac{8604}{102}\right)^{0,02} - 1} \times \frac{0,34}{2,97}$$

$$t = 0,17 \text{ detik}$$

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Rachmad Hidayat Mastian Noor

NIM : 1312001

Program Studi : Teknik Elektro S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik S-1

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 dikemudian hari ada pelanggaran atas surat pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksinya.

Malang, Agustus 2017



Rachmad Hidayat Mastian Noor
NIM. 1312001



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

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

II (PERSERO) MALANG
NK NIAGA MALANG

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

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : Rachmad Hidayat Mastian Noor
NIM : 1312001
Program Studi : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik S-1
Judul Skripsi : **ANALISIS KOORDINASI *OVER CURRENT RELAY* UNTUK GANGGUAN PHASA DAN TANAH DI PT. KPC (KALTIM PRIMA COAL)**

Dipertahankan dihadapan Majelis Penguji Skripsi jenjang Strata Satu (S-1) Pada:

Hari : Kamis
Tanggal : 27 Juli 2017
Dengan Nilai : 80.3 (A) $\frac{80.3}{100}$

Panitia Ujian Skripsi

Ketua Majelis Penguji

Dr. Irrine Budi Sulistiawati, ST, MT
NIP. 197706152005012002

Sekretaris Majelis Penguji

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

Anggota Penguji

Penguji I

Dr. Irrine Budi Sulistiawati, ST, MT
NIP. 197706152005012002

Penguji II

Ir. Taufik Hidayat, MT
NIP.Y. 1018700015



BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S1

KONSENTRASI	T. ENERGI LISTRIK S1			
1.	Nama Mahasiswa	Rachmad Hidayat M. Noor	NIM 1312001	
2.	Keterangan	Tanggal	Waktu	
	Pelaksanaan	23 - Februari - 2017	12.00 AM	
Tempat / Ruang III.2.3				
Spesifikasi Judul (berilah tanda silang *)				
3.	a. Sistem Tenaga Elektrik	e. Embedded System	i. Sistem Informasi	
	b. Konversi Energi	f. Antar Muka	j. Jaringan Komputer	
	c. Sistem Kendali	g. Elektronika Telekomunikasi	k. Web	
	d. Tegangan Tinggi	h. Elektronika Instrumentasi	l. Algoritma Cerdas	
4.	Judul Proposal yang diseminarkan Mahasiswa	KOORDINASI PROTEKSI OVER CURRENT RELAY DAN DIFFERENTIAL RELAY UNTUK MENGATASI GANGGUAN EKSTERNAL PADA TRANSFORMATOR DAYA 11 KV DI PT.KPC (KALTIM PRIMA COAL), KUTAI TIMUR, KALTIM TIMUR		
5.	Perubahan Judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian	ANALISIS KOORDINASI OVER CURRENT RELAY UTI GANGGUAN PHASA PADA TANAH DI PT. KPC (KALTIM PRIMA COAL) 21/2/2017		
6.	Catatan :	Uti proyek lagi sudah IEEE		
Persetujuan Judul Skripsi				
7.	Disetujui, Dosen Keahlian I		Disetujui, Dosen Keahlian II	
	Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE		Dr. Ir. Irtine Budi S., ST., MT	
Mengetahui, Ketua Jurusan		Disetujui, Calon Dosen Pembimbing		
		Pembimbing I	Pembimbing II	
M. Ibrahim Ashari, ST, MT NIP. P. 1030100358				
		Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT	Ir. Choirul Saleh, MT	



Keterangan :

*) dilingkari a, b, c, sesuai dengan bidang keahlian

Form S-3c



BERITA ACARA SEMINAR PROGRESS SKRIPSI PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S1

KONSENTRASI	T. Energi Listrik S1		
1.	Nama Mahasiswa	Rachmad Hidayat M. Noor	NIM 1312001
2.	Keterangan	Tanggal	Waktu
	Pelaksanaan	12 April 2017	Tempat / Ruang
3.	Judul Skripsi	KOORDINASI PROTEKSI OVER CURRENT RELAY DAN DIFFERENTIAL RELAY UNTUK MENGATASI GANGGUAN EXTERNAL PADA TRANSFORMATOR DAYA 11 KV DI PT.KPC (KALTIM PRIMA COAL), KUTAI TIMUR, KALTIM TIMUR	
4.	Perubahan Judul	Judul diganti sesuai perwil / net	
5.	Catatan :	- Sesuai judul : koordinasi antara OCR & DFR utk gangguan eksternal di area terkait (judul. hse relevan) - Kalau hse ada keterkaitan antara gangguan eksternal dgn DFR maka judul & dts perlu direvisi	
6.	Mengetahui, Ketua Jurusan  M. Ibrahim Ashari, ST, MT	Disetujui, Dosen Pembimbing	
		Pembimbing I  Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT	Pembimbing II Ir. Choirul Saleh, MT



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

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

Kampus I (PERSERO) MALANG
Jl. Raya Niaga Malang

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

PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

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

Hari : Kamis

Tanggal : 27 Juli 2017

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

Nama : Rachmad Hidayat Mastian Noor

NIM : 1312001

Program Studi : Teknik Elektro S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik S-1

Judul Skripsi : **ANALISIS KOORDINASI *OVER CURRENT RELAY* UNTUK GANGGUAN PHASA DAN TANAH DI PT. KPC (KALTIM PRIMA COAL)**

No.	Materi Perbaikan	Paraf
1	Gambar pada BAB II di ganti	
2	Penulisan tidak konsisten (BAB III)	
3	Referensi dari setting relay diperjelas	
4	Tata tulis	

Dosen Penguji I

Dr. Irrine Budi Sulistiawati, ST, MT
NIP. 197706152005012002

Dosen Pembimbing I

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

Dosen Pembimbing II

Ir. Choirul Saleh, MT
NIP. Y. 1018800190





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

Rahman

gbr 22 diganti

gbr 2 dgn copy paste

penelitian telah komplites (bab 3)

Referensi dari setiap bab

diperjelas

lata tulis

Malang,

()

PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

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

Hari : Kamis

Tanggal : 27 Juli 2017

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :


Nama : Rachmad Hidayat Mastian Noor

NIM : 1312001

Program Studi : Teknik Elektro S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik S-1

Judul Skripsi : **ANALISIS KOORDINASI *OVER CURRENT RELAY* UNTUK GANGGUAN PHASA DAN TANAH DI PT. KPC (KALTIM PRIMA COAL)**

No	Materi Perbaikan	Paraf
1	Tambahkan keterangan pada Bus yang diganggu (BAB IV)	

Dosen Penguji II



Ir. Taufik Hidayat, MT

NIP.Y. 1018700015

Dosen Pembimbing I



Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT

NIP. 196105031992021001

Dosen Pembimbing II



Ir. Choirul Saleh, MT

NIP. Y. 1018800190



PERMOHONAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Yang Bertanda Tangan Dibawah Ini:

Nama : Rachmad Hidayat Masthan Noor
 N I M : 13.12.001
 Semester : VIII (Delapan)
 Fakultas : Teknologi Industri
 Jurusan : Teknik Elektro S-1
 Konsentrasi : TEKNIK ENERGI LISTRIK
 TEKNIK ELEKTRONIKA
 TEKNIK KOMPUTER
 TEKNIK TELEKOMUNIKASI
 Alamat : Jl. Kigai H. Yusuf - Perumahan The City Inside B.09 - Tasikmadu, Luwuquru Malang

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

Adapun persyaratan- persyaratan pengambilan SKRIPSI adalah sebagai berikut:

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

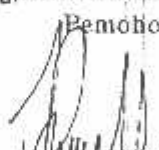
All-
 En-
 Ek-
 El-
 E-

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-1


 M. Mulyana
 11/2/17

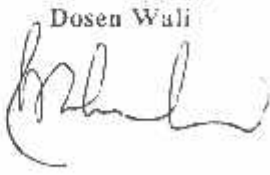
Malang, 9-2-.....2017

Pemohon

 MA.
 (Rachmad Hidayat Masthan Noor)

Disetujui
 Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1


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

Mengetahui
 Dosen Wali



Catatan:

Bagi mahasiswa yang telah memenuhi persyaratan mengambil SKRIPSI agar membuat proposal dan mendapat persetujuan dari Jurusan T. elektro S-1



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 Surat : ITN-085/EL-FTI/2017

28 Februari 2017

Lampiran : -

Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI (Baru)

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

Dengan Hormat

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa:

Nama : Rachmad Hidayat M. Noor
Nim : 1312001
Fakultas : **Teknologi Industri**
Program Studi : **Teknik Elektro S-1**
Konsentrasi : T. Energi Listrik S1

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

“Semester Genap Tahun Akademik 2016-2017”

Demikian atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima kasih.

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1



M. Ibrahim Ashari, ST, MT

NIP.P. 1030100358





BN (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

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

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

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

Nomor Surat : ITN-085/EL-FTI/2017
Lampiran : -
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI (Baru)
Kepada : Yth. Bapak/Ibu Ir. Choirul Saleh, MT
Dosen Teknik Elektro S-1
ITN MALANG

28 Februari 2017

Dengan Hormat

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa:

Nama : Rachmad Hidayat M. Noor
Nim : 1312001
Fakultas : Teknologi Industri
Program Studi : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : T. Energi Listrik S1

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

" Semester Genap Tahun Akademik 2016-2017 "

Demikian atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima kasih.

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1



M. Ibrahim Ashari, ST, MT

NIP.P. 1030100358





PT KALTIM COAL

Sanggata 20 April 2017

Nomor : L027/HR-LD/KP-TA/II/2017
Peri Hal : Penerimaan Tugas Akhir

Kepada Yth
M. Ibrahim Asbani, ST., MT.
Ketua Program Studi Teknik Elektro
Institut Teknologi Nasional Malang
Jl. Bendungan Sigura-Gura No.2
Malang

Dengan hormat

Merujuk pada surat permohonan Tugas Akhir No/ITN-33/EL-FTB/2017 di PT.Kaltim Prima Coal (KPC) Sanggata Kutai Timur, dengan ini diberitahukan bahwa mahasiswa/ tersebut dibawah ini:

No	Nama	NIM	Jurusan
1	Rachmad Hidayat M.N	1312.001	Teknik Elektro

mendapat kesempatan untuk melaksanakan Tugas Akhir di PT. Kaltim Prima Coal Sanggata Kutai Timur selama 1(satu) bulan mulai **09 Mei s/d 09 Juni 2017**.

Beberapa hal yang perlu diketahui sebelum datang ke KPC Sanggata:

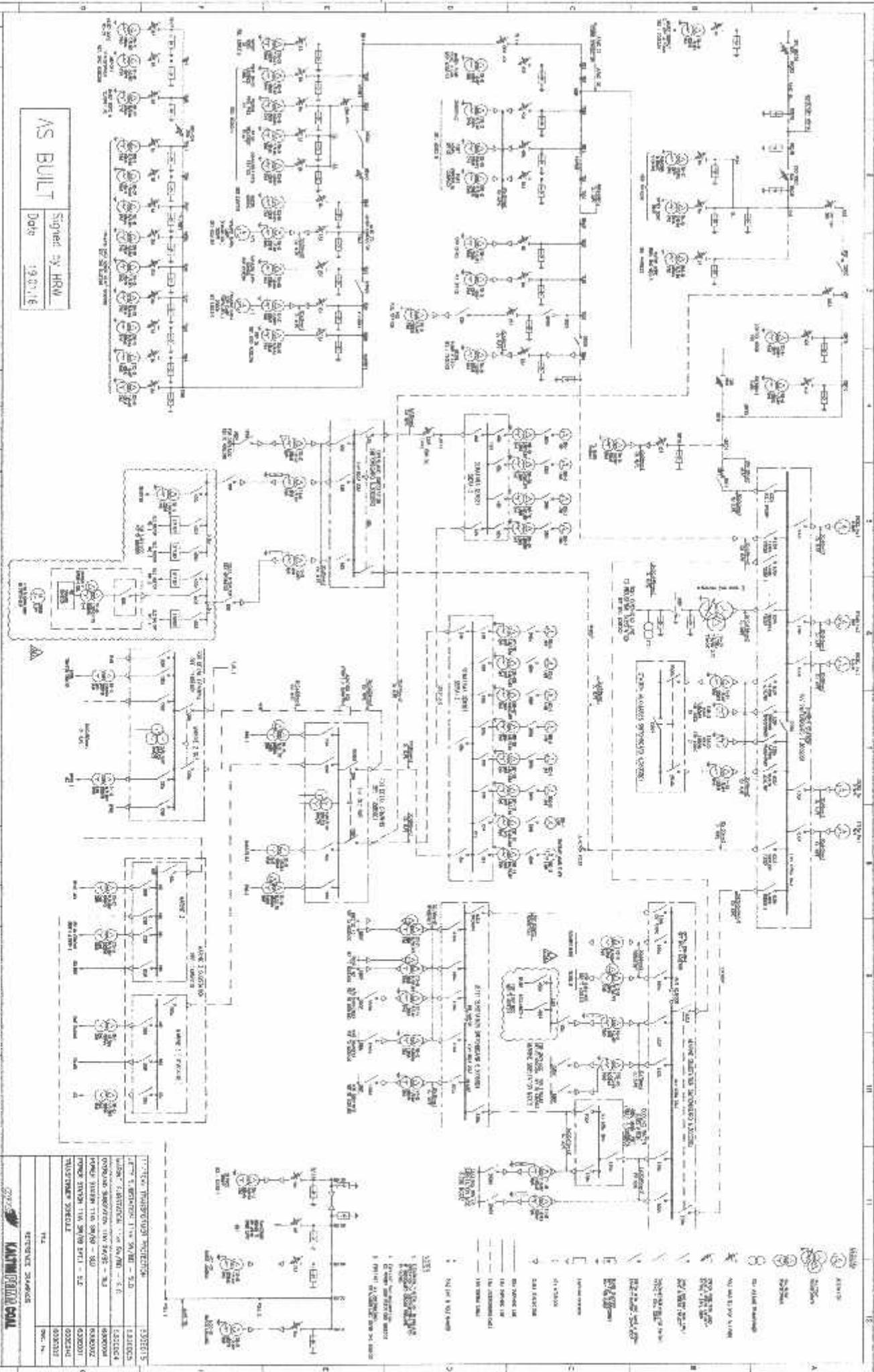
1. Mahasiswa/i harus mengikuti dan menaati peraturan yang berlaku di KPC.
2. Mahasiswa/i mengatur sendiri transportasi dari Kampus ke KPC Sanggata pergi-pulang dan KPC tidak memberikan penggantian biaya transportasi.
3. KPC tidak menyediakan akomodasi makan dan pencucian pakaian.
4. KPC memberikan pinjaman PPE yang wajib dipakai selama melakukan kegiatan di lokasi berupa *helmet, safety shoes, safety glasses dan safety vest*.
5. Uang saku sebesar Rp 750.000,- per bulan akan diberikan setelah mahasiswa/i menyerahkan Laporan Kerja Praktik.
6. Setiap mahasiswa/i harus dalam kondisi sehat yang dibuktikan dengan MCU type B (detad/terlampir) dan biaya diganti maksimal Rp 1000.000,-.
7. Menyerahkan fotokopi Kartu Tanda Penduduk (KTP) dan Kartu Tanda Mahasiswa (KTM)

Mohon konfirmasi kesiapan kedatangan mahasiswa/i dapat disampaikan kepada **Anita Anggraini** Learning & Development Department, Email : Anita.Anggraini@kpc.co.id atau

telepon 0549-525982 paling lambat 1 minggu setelah surat ini diterima. Terima kasih atas perhatiannya.

Salam kami,

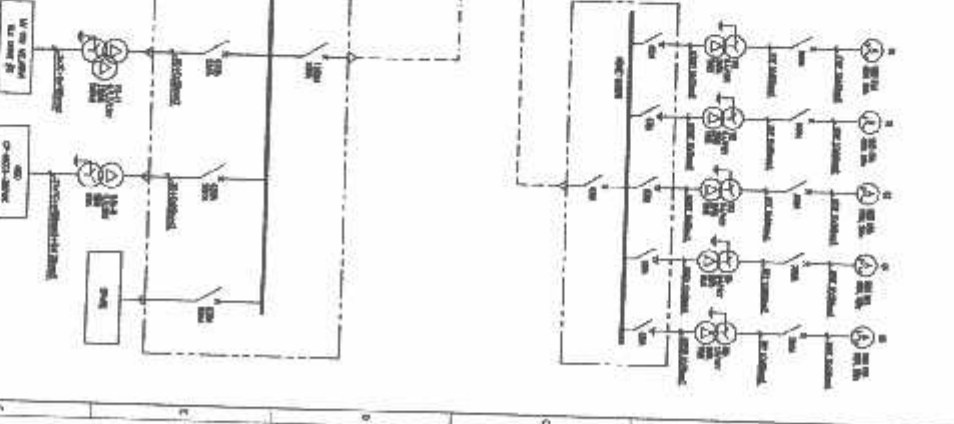
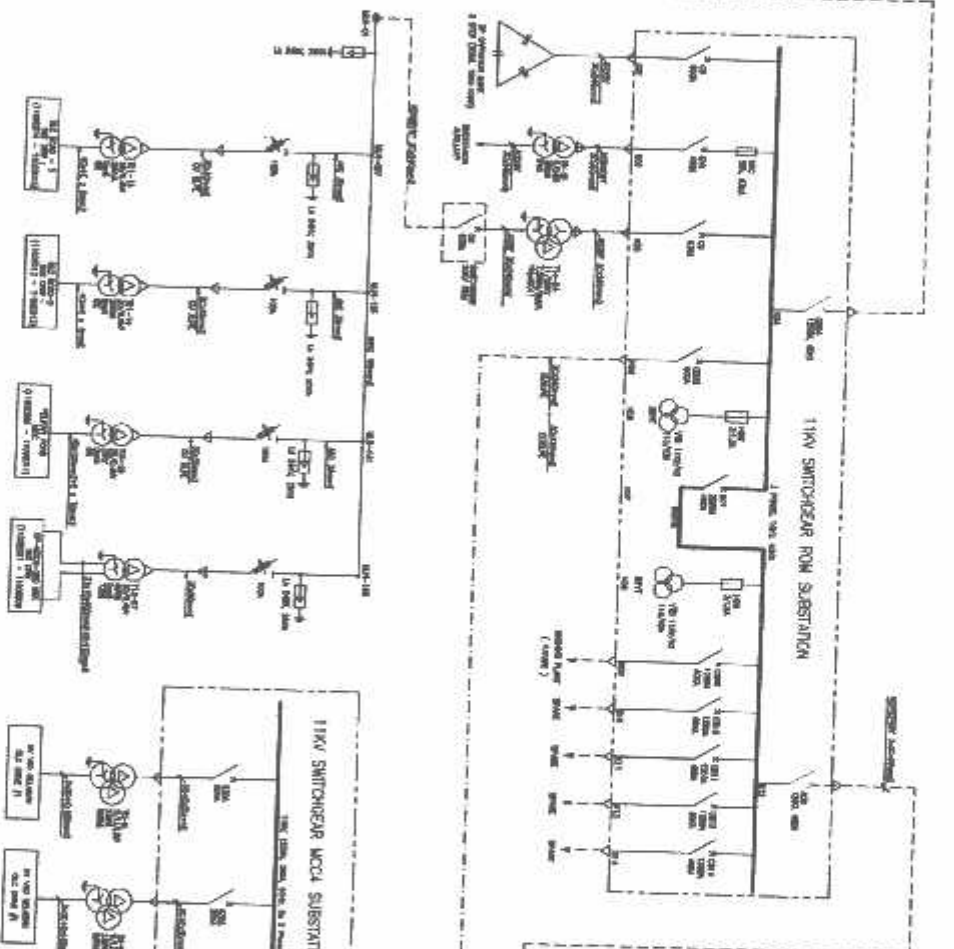
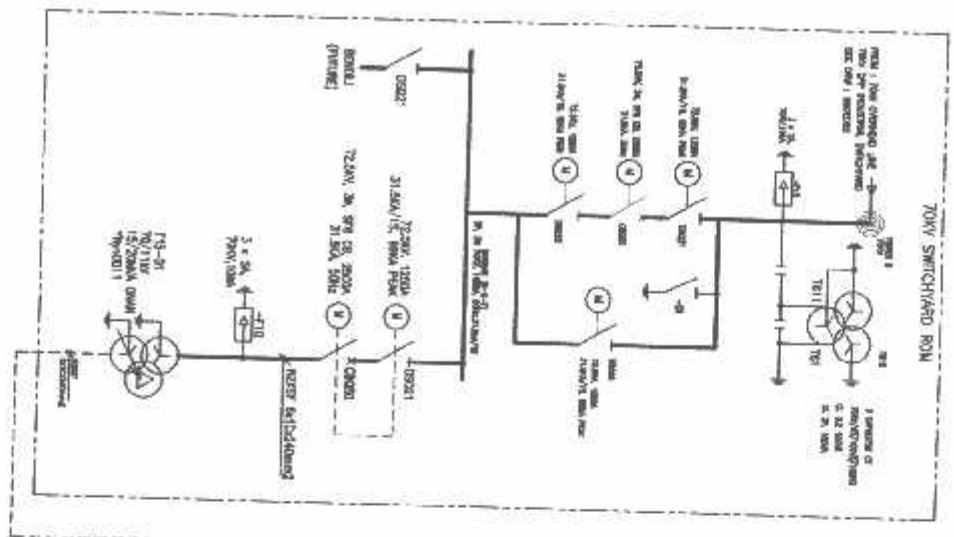
Bangun Nuswanto
Act. Manager Learning & Development



AS BUILT
Signed by HRW
Date 190716

GENERAL INFORMATION		
DATE OF DRAWING	190716	
DESIGNED BY	HRW	
CHECKED BY		
APPROVED BY		
PROJECT NO.		
REVISIONS		
NO.	DATE	DESCRIPTION
1		AS BUILT

POWER SYSTEM



1. IN THE EVENT OF A SHORT CIRCUIT, THE PROTECTION SYSTEM SHOULD OPERATE IMMEDIATELY TO ISOLATE THE FAULTY SECTION AND PREVENT THE FAULT FROM SPREADING TO THE REST OF THE SYSTEM.

2. THE PROTECTION SYSTEM SHOULD BE DESIGNED TO OPERATE RELIABLY UNDER ALL CONDITIONS AND SHOULD BE TESTED REGULARLY TO ENSURE ITS PROPER OPERATION.

3. THE PROTECTION SYSTEM SHOULD BE DESIGNED TO OPERATE WITH A MINIMUM OF INTERFERENCE TO THE NORMAL OPERATION OF THE SYSTEM.

4. THE PROTECTION SYSTEM SHOULD BE DESIGNED TO OPERATE WITH A MINIMUM OF MAINTENANCE AND SHOULD BE EASY TO OPERATE AND MAINTAIN.

5. THE PROTECTION SYSTEM SHOULD BE DESIGNED TO OPERATE WITH A MINIMUM OF COST AND SHOULD BE EASY TO OPERATE AND MAINTAIN.

AS BUILT

Project No. 11KV/2024

Date: 15/05/2024

Scale: 1:100

POWER SYSTEM-2

11KV SWITCHGEAR ROW

11KV SWITCHGEAR ROW SUBSTATION

11KV SWITCHGEAR MCCB SUBSTATION

KALAM ENGINEERING

11KV SWITCHGEAR ROW

11KV SWITCHGEAR ROW SUBSTATION

11KV SWITCHGEAR MCCB SUBSTATION

KALAM ENGINEERING

11KV SWITCHGEAR ROW

11KV SWITCHGEAR ROW SUBSTATION

11KV SWITCHGEAR MCCB SUBSTATION