

# SKRIPSI

## **ANALISA KOORDINASI SETTING TIME RELAY ARUS LEBIH DENGAN MENGGUNAKAN SIMULASI PERANGKAT LUNAK *ETAP POWERSTATION* PADA SALURAN DISTRIBUSI 20 kV DI GI KEBONAGUNG**



**Disusun Oleh :  
ANDITYA EKA RAHMA  
NIM. 01.12.023**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2009**

---

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**ANALISA KOORDINASI SETTING TIME RELAY ARUS  
LEBIH DENGAN MENGGUNAKAN SIMULASI PERANGKAT  
LUNAK ETAP POWERSTATION PADA SALURAN  
DISTRIBUSI 20 kV DI GI KEBONAGUNG**

**SKRIPSI**

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

**Disusun Oleh :  
ANDITYA EKA RAHMA  
NIM 01.12.023**

**Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro**

**Diperiksa dan disetujui,  
Dosen Pembimbing**

**Ir. F. YUDI LIMPRAPTONO, MT**

*FY* NIP.Y. 103 950 0274

**IF. TAUFIK HIDAYAT, MT**

*IF* NIP.Y. 101 870 00151

**KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2009**

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadirat Allah SWT yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi ini berjudul “Analisa Koordinasi Setting Time Relay Arus Lebih dengan Menggunakan Simulasi Perangkat Lunak *Etap Powerstation* pada Saluran Distribusi 20Kv di Gi Kebonagung”. Penyusunan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.

Pada kesempatan ini penyusun dengan rasa hormat menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Abraham Lomi, MSEE Selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. H. Sidik Noertjahjono, MT Selaku Dekan Fakultas Teknik Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak Ir. F. Yudi Limpraptono, MT Selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Bapak Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT Selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Malang.
5. Bapak Ir. Taufik Hidayat, MT Selaku Dosen Pembimbing.
6. Ayah dan Ibuku, Adikku dan seluruh keluargaku atas segala doa dan kasih sayangnya.
7. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan, kesalahan serta keterbatasan pengetahuan, referensi dan pengalaman dalam penyusunan skripsi ini sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penyusun maupun pihak-pihak yang membutuhkan.

Malang, Oktober 2009

Penyusun

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	ii
<b>ABSTRAKSI</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi

### **BAB I PENDAHULUAN**

1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Pembahasan.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Metodologi Penelitian.....	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	4

### **BAB II JENIS GANGGUAN DAN PENGGUNAAN RELAY ARUS**

#### **LEBIH**

2.1. Sistem Transmisi.....	6
2.2. Perlindungan Sistem Transmisi.....	6
2.3. Fungsi Relay Pengaman.....	9
2.4. Daerah Pengaman.....	10

2.5	Syarat-syarat Relay .....	10
2.6.	Jenis Gangguan .....	12
2.7.	Sistem Pengamanan .....	19
2.8.	Elemen Dasar Relay Pengaman .....	20
2.8.1.	Klasifikasi Relay .....	21
2.9.	Sistem Pengamanan Arus Lebih .....	23
2.9. 1	Prinsip Kerja Relay Arus Lebih .....	23
2.9. 2	Jenis-jenis Relay Arus Lebih .....	24
2.9. 2.1	Relay arus lebih seketika (Instataneous OCR) .....	24
2.9. 2.2	Relay arus lebih dengan karakteristik waktu tertentu (Definite Time OCR) .....	25
2.9. 2.3	Relay arus lebih dengan karakteristik waktu terbalik (Inverse Time OCR) .....	25
2.9. 2.4	Relay arus lebih dengan IDMT .....	27
2.10.	Prinsip Dasar Penyetelan Arus .....	28
2.11.	Prinsip Dasar Perhitungan Waktu .....	30
2.12.	Penyetelan Relay Arus Lebih .....	32
2.13.	Relay Arus Lebih untuk Gangguan antar Phasa .....	33
2.14.	Kapasitas dan Rating dari Pemutus Daya (CB) .....	34
2.15.	Kapasitas Hubung Singkat Saluran .....	38

**BAB III PEMODELAN SISTEM DENGAN MENGGUNAKAN  
PERANGKAT LUNAK *ETAP POWERSTATION***

3.1.	Dasar Relay Proteksi.....	41
3.2.	Sejarah Relay .....	42

3.3. Distribusi Arus dan Tegangan .....	43
3.3.1 Distribusi arus gangguan.....	43
3.3.2 Distribusi tegangan .....	45
3.4. Perhitungan Gangguan Arus Lebih.....	45
3.5. Konsep Tingkat Arus/Waktu .....	46
3.5.1 Metode tingkat waktu .....	46
3.5.2 Metode tingkat arus.....	47
3.5.3 Metode tingkat arus waktu (time current grading).....	48
3.6. Data Saluran Transmisi 20kV Wilayah Kerja UPT Malang.....	49
3.6.1 Data seting rele GI Kebonagung.....	49
3.7. Dasar Teori Program.....	50
3.7.1 Sekilas tentang ETAP Powerstation .....	50
3.8. Formulasi Penyelesaian .....	52
3.8.1 Formulasi masalah optimasi .....	52
3.8.2 Kriteria untuk melemahkan terkendala selektif.....	54
3.9. Alogaritma Penyelesaian Masalah .....	54
3.10. Alogaritma Penyelesaian Masalah (Flowchart).....	55

## **BAB IV ANALISA KOORDINASI SETTING WAKTU RELAY ARUS**

### **LEBIH**

4.1. Program Komputer Penentuan Setting Waktu pada Relay Arus Lebih Menggunakan <i>software ETAP Powerstation</i> .....	56
4.2. Data.....	57
4.3. Data Saluran .....	57

4.4. Analisa Perhitungan.....	57
4.5. Alogaritma Program.....	58
4.5.1 Alogaritma Penyelesaian Masalah.....	58
4.5.2 Flowchart.....	59
4.6. Hasil dan Analisa Hasil.....	60
4.6.1 Tampilan Program ETAP Powerstation.....	60
4.6.2 Data sting OCR.....	64
4.7. Perbandingan Grafik OCR.....	65
4.7.1 Data Setting OCR Penyulang Blok 1.....	65
4.7.2 Grafik Keluaran Hasil Perhitungan.....	65
4.7.3 Data Setting OCR Penyulang Blok 2.....	66
4.7.4 Grafik Keluaran Hasil Perhitungan.....	66
4.7.5 Data Setting OCR Penyulang Blok 3.....	67
4.7.6 Grafik Keluaran Hasil Perhitungan.....	67
4.7.7 Grafik Keluaran ETAP Powerstation.....	68

## **BAB V PENUTUP**

5.1. Kesimpulan.....	69
5.2. Saran.....	70

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2-1</b>	Perlindungan Sistem Radial.....	7
<b>Gambar 2-2</b>	Daerah Perlindungan Sistem Proteksi.....	10
<b>Gambar 2-3</b>	Gangguan Satu Fasa ke Tanah.....	12
<b>Gambar 2-4</b>	Hubungan Jala-jala Urutan untuk Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah.....	13
<b>Gambar 2-5</b>	Hubung Singkat Fasa ke Fasa.....	14
<b>Gambar 2-6</b>	Hubungan Jala-jala Urutan untuk Hubung Singkat Fasa-fasa.....	15
<b>Gambar 2-7</b>	Gangguan Dua Fasa ke Tanah.....	16
<b>Gambar 2-8</b>	Hubungan Jala-jala Urutan untuk Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa ke Tanah.....	17
<b>Gambar 2-9</b>	Diagram Blok Urutan Kerja Relay Pengaman.....	20
<b>Gambar 2-10</b>	Relay Primer.....	21
<b>Gambar 2-11</b>	Relay Sekunder.....	22
<b>Gambar 2-12</b>	Prinsip Kerja Relay Arus Lebih.....	24
<b>Gambar 2-13</b>	Karakteristik Relay Arus Lebih Waktu Seketika.....	24
<b>Gambar 2-14</b>	Relay Arus Lebih Waktu Tertentu.....	25
<b>Gambar 2-15</b>	Karakteristik Relay Arus Lebih Waktu Invers.....	26
<b>Gambar 2-16</b>	Kurva Karakteristik Arus Lebih.....	26
<b>Gambar 2-17</b>	Sistem Jaringan Radial.....	30
<b>Gambar 3-1</b>	Single Line Diagram Pemasangan Relay pada Sistem Tenaga Listrik.....	41



gangguan dalam hal ini berarti melokasi gangguan sehingga sistem yang lain tidak terpengaruh.

Ada dua aturan tentang relay proteksi, pertama relay harus bekerja untuk suatu kesalahan yang berada di dalam daerahnya. Kedua, relay semestinya tidak bekerja untuk suatu kesalahan di luar daerahnya, kecuali untuk mem-backup suatu pemutus kontak atau relay yang gagal bekerja. Sasaran dari koordinasi relay arus lebih dalam suatu sistem transmisi adalah untuk mencapai selektivitas tanpa mengorbankan sensitivitas dan waktu pemeriksaan kesalahan serta pengamanan gangguan yang cepat. Salah satu analisa alternatif yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah analisa menggunakan perangkat lunak *ETAP Powerstation*.

## **1.2 RUMUSAN MASALAH**

Perubahan beban yang meningkat menimbulkan aliran daya yang berubah. Perubahan aliran daya ini menimbulkan perubahan arus gangguan hubung singkat yang terjadi. Pendekatan sistem pengaman ialah pengamanan yang dilakukan terhadap peralatan-peralatan listrik yang terpasang pada sistem tenaga listrik dan penghantar tersebut. Dari pendekatan tersebut maka sistem pengaman harus bekerja dengan optimal saat terjadi perubahan tingkatan beban. Tuntutan atas kehandalan sistem juga menjadi prioritas utama dalam penyaluran energi listrik.

Sehubungan dengan permasalahan tersebut, maka skripsi ini diberi judul :

**“ANALISA KOORDINASI SETTING TIME RELAY ARUS LEBIH  
DENGAN MENGGUNAKAN SIMULASI PERANGKAT LUNAK *ETAP*  
*POWERSTATION* PADA SALURAN DISTRIBUSI 20 kV  
DI GI KEBON AGUNG”**

---

### 1.3 TUJUAN PEMBAHASAN

Adapun tujuan penulisan skripsi ini adalah :

1. Mengoptimalkan koordinasi setting waktu relay Gardu Induk.
2. Menentukan seting waktu yang tepat pada Relay primer.
3. Meminimalkan efek gangguan pada sistem.

### 1.4 BATASAN MASALAH

Untuk menyederhanakan masalah yang akan dibahas, maka diberikan asumsi-asumsi serta batasan-batasan sebagai berikut :

1. Tidak membahas merk Relay tertentu.
2. Tidak membahas jenis Relay lain.
3. Hanya membahas tegangan 20 kV pada GI Kebon Agung.
4. Analisa penentuan waktu seting menggunakan simulasi perangkat lunak *ETAP Powerstation*.
5. Metode aliran daya menggunakan Newton Rhapson tapi tidak membahas lebih detail.

### 1.5 METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang di gunakan dalam pembahasan makalah skripsi ini adalah :

1. Studi literatur berupa pengumpulan referensi yang berkaitan dengan pokok bahasan makalah skripsi ini, mempelajari dan memahami referensi tersebut.
  2. Pengumpulan data lapangan yang dipakai dalam obyek peneliti
  3. Simulasi dan pembahasan masalah.
-

Analisa arus lebih pada saluran transmisi 20 kV disimulasikan dengan perangkat lunak *ETAP Powerstation*.

4. Menarik kesimpulan apakah simulasi ini sudah cukup efektif dalam menghasilkan perbaikan – perbaikan pada sistem dan penghematan yang optimal.

#### **1.6 Sistematika Penulisan.**

Untuk mendapatkan arah yang tepat mengenai hal-hal yang akan di bahas maka skripsi ini di susun sebagai berikut:

##### **BAB I : PENDAHULUAN**

Merupakan pendahuluan yang meliputi latar belakang yang melandasi skripsi yang dibahas, Rumusan Masalah, Tujuan yang ingin dicapai, batasan masalah , metodologi penulisan dan sistematika penulisan.

##### **BAB II : JENIS GANGGUAN DAN PENGGUNAAN RELAY ARUS LEBIH**

Disini akan diuraikan mengenai jenis gangguan pada sistem transmisi dan penggunaan relay arus lebih pada jaringan distribusi 20 kV.

---

**BAB III : TEORI DASAR KOORDINASI RELAY DAN PERANGKAT LUNAK ETAP POWERSTATION**

Pada Bab ini akan dibahas tentang teori relay dan teori dasar aplikasi *software ETAP Powerstation* pada setting time relay arus lebih.

**BAB IV : ANALISA KOORDINASI SETTING WAKTU RELAY ARUS LEBIH**

Pada bab ini dibahas perhitungan seting time relay arus lebih pada gardu induk dan backup secara simulasi dengan *software ETAP Powerstation* serta perbandingan data di lapangan dan data hasil simulasi.

**BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN**

Merupakan bab akhir yang merupakan intisari dari hasil pembahasan. Berisikan kesimpulan dan saran yang dapat digunakan sebagai pertimbangan untuk penulisan selanjutnya.

---

## **BAB II**

### **JENIS GANGGUAN DAN PENGGUNAAN RELAY ARUS LEBIH**

#### **2.1 Sistem transmisi**

Sistem transmisi tenaga listrik merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang mempunyai peranan penting dalam menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik dari pusat suplai tenaga listrik ke kelompok beban maupun ke pelanggan atau ke konsumen.

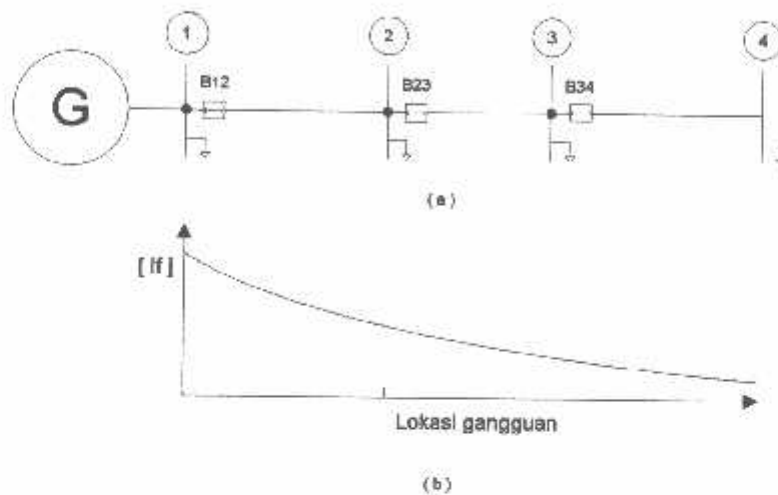
#### **2.2 Perlindungan sistem transmisi**

Perlindungan sistem transmisi mempunyai peranan penting dalam perlindungan sistem daya karena saluran transmisi merupakan elemen vital suatu jala-jala, yang menghubungkan stasiun pembangkitan pada pusat-pusat beban. Saluran transmisi merupakan sasaran utama dari sebagian besar gangguan yang terjadi pada sistem daya. Sistem perlindungan paling sederhana yang digunakan pada tegangan sistem terendah terdiri dari sekering yang berperan sebagai kombinasi relay dan pemutus rangkaian. Sistem perlindungan yang dipergunakan untuk saluran transmisi tegangan menengah sedikit lebih sederhana dari yang dipakai untuk saluran transmisi HV dan EHV, yang menyediakan bagian utama dari fasilitas transmisi secara besar-besaran. Karena konsekuensi terganggunya saluran tegangan tinggi jauh lebih serius daripada terganggunya saluran distribusi atau transmisi. Perlindungan untuk saluran transmisi daya besar-besaran pada umumnya adalah lebih rumit, lebih banyak menggunakan sistem cadangan.

---

### (a) Perlindungan Saluran Subtransmisi

Bentuk sistem perlindungan yang paling sederhana dapat dibuat apabila sistem pembangkitan beban mempunyai sifat radial. Sistem daya radial yang diperlihatkan dalam gambar 2.1a.



**Gambar 2.1** Perlindungan system radial : (a) diagram segaris sistem dan (b) lengkung kualitatif yang menunjukkan arus gangguan  $I_f$  untuk gangguan-gangguan sepanjang saluran

Generator pada rel 1 (yang mungkin merupakan rangkaian ekivalen dari satu atau beberapa buah transformator yang mencatu rel 1 dari titik sumber tegangan yang lebih tinggi) mencatu beban-beban pada rel 1, 2, 3 dan 4 melalui tiga saluran transmisi sistem semacam ini dikenal sebagai system radial karena saluran transmisinya memancar (radiate) dari sumber pambangkitan untuk mencatu bebannya. Karena sumber daya hanya ada disebelah kiri masing-masing saluran transmisi, sudah cukup apabila disediakan satu pemutus rangkaian saja untuk setiap saluran pada ujungnya

yang berdekatan dengan sumber. Jelaslah bahwa untuk setiap gangguan pada saluran 1-2, pemutus B12 harus membuka. Dalam hal ini, semua beban pada rel 2, 3, 4 disebelah “ bawah“ pemutus 1 akan terputus.

Arus gangguan yang ditimbulkan oleh gangguan pada setiap saluran akan tergantung pada lokasi gangguan tersebut, dan area impedansi jalur gangguan akan bertambah sesuai dengan jarak generator ke gangguan tersebut, arus gangguannya akan berbanding terbalik dengan jarak ini. Arus gangguan  $I_f$  sebagai fungsi dari rel 1 ditunjukkan secara kualitatif dalam gambar 2.1b, lagipula besarnya arus gangguan akan berubah tergantung pada jenis gangguan dan besarnya pembangkitan yang di hubungkan pada rel 1; sebagai contoh, jika generator pada rel 1 sebenarnya merupakan rangkaian ekuivalen dari dua buah transformator yang terhubung paralel, maka arus gangguan yang disebabkan salah satu transformator tidak bekerja karena alasan apapun, akan menjadi lebih kecil. Pada umumnya, akan diperoleh kurva (lengkung) besar arus gangguan seperti di tunjukkan pada gambar 2.1b untuk tingkat arus gangguan maksimum (yang timbul bila terjadi gangguan 3fasa pada saat sedang diberikan pelayanan dengan pembangkitan maksimum), dan satu lagi untuk tingkat gangguan minimum (yang diperoleh bila pada saat pelayanan dengan pembangkitan minimum terjadi gangguan antar saluran atau dari saluran ke tanah baik dengan atau tanpa melalui impedansi ke tanah) relay arus lebih waktu dapat diatur untuk menyediakan perlindungan primer untuk saluran, disamping juga perlindungan untuk bantuan jarak jauh untuk saluran yang berdekatan pada sistem itu. Relay pada masing-masing rel 1, 2, dan 3,

---

terpasang untuk melindungi masing-masing salurannya sebagai relay pelindung primer dan untuk menyediakan perlindungan bantuan jarak jauh pada saluran yang berada “dibawah” (downstream, jauh dari sumber) lokasi relay tersebut. Jadi pada 1 disamping menyediakan perlindungan primer untuk saluran 1-2, juga menyediakan perlindungan bantuan jarak jauh untuk saluran 2-3 relay pada 3 hanya perlu menyediakan perlindungan primer untuk saluran 3-4 karena tidak ada saluran lain disebelah kanan saluran 3-4, bila relay 1 menyediakan bantuan pada saluran 2-3, relay itu harus disetel sedemikian rupa sehingga pada kerjanya akan diperoleh keterlambatan waktu yang cukup, sehingga pada relay 2 dapat selalu diharapkan bekerja lebih dahulu untuk gangguan pada saluran 2-3. penyediaan perlindungan tambahan untuk saluran yang lebih jauh dari rel 3 pada relay 1 tidak perlu dan juga tidak praktis.

### **2.3. Fungsi relay pengaman**

Operasional suatu sistem tenaga dapat terganggu karena adanya arus lebih yang mengalir melalui bagian yang tidak normal pada suatu tenaga yang menyebabkan kegagalan sebagian atau seluruh pada satu atau lebih dari suatu sistem tenaga. Disini fungsi relay pengaman dibutuhkan, fungsi itu antara lain adalah menentukan dengan segera pemutusan atau penutupan pelayanan penyaluran setiap elemen dari sistem tenaga listrik bila mendapat gangguan atau kondisi kerja yang abnormal, fungsi yang lain adalah untuk mengetahui letak dan jenis gangguan sehingga dalam pengamatan ini dapat dipakai sebagai pedoman perbaikan peralatan yang rusak.

---

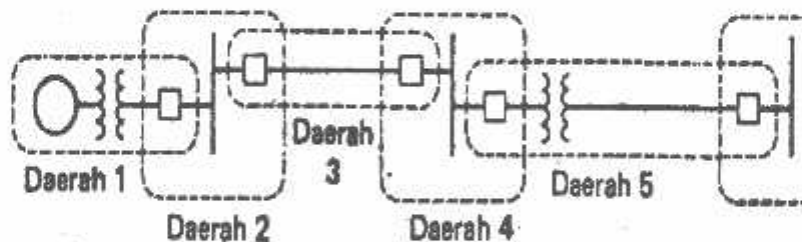


## 2.4. Daerah pengamanan

Untuk mendapatkan sistem pengamanan yang cukup baik dalam sistem tenaga listrik, sistem tenaga tersebut dibagi dalam beberapa daerah pengamanan yakni dengan pemutusan sub sistem seminimum mungkin. Adapun yang dimaksud dengan keterangan diatas adalah:

1. Generator.
2. Transformator daya
3. Bus-bar
4. Transmisi, sub-transmisi dan distribusi.
5. Beban

Pembagian ke 5 daerah pengamanan diatas dilaksanakan secara saling meliputi *over laping*



Gambar 2.2 Daerah perlindungan sistem proteksi

## 2.5. Syarat-syarat relay

Agar sistem pengamanan dapat bekerja dengan baik maka harus memenuhi syarat-syarat:

1. Cepat bereaksi.

Kecepatan bereaksi dari relay adalah saat relay mulai merasakan adanya

gangguan sampai dengan pelaksanaan pelepasan sirkuit breaker karena komando dari relay tersebut.  $T_{op} = T_p + T_{cb}$  dimana

$T_{op}$  - total waktu yang dibutuhkan untuk memutus hubungan

$T_p$  = waktu bereaksinya unit relay

$T_{cb}$  = Waktu yang digunakan untuk pelepasan CB

## 2. Selective.

Yang dimaksud *selective* dalam hal ini adalah kecermatan pemilihan dalam pengadaan pengamanan, dimana hal ini menyangkut koordinasi pengamanan dari system secara keseluruhan.

## 3. Peka/sensitive.

Relay harus bekerja dengan kepekaan yang tinggi, artinya harus cukup *sensitive* terhadap gangguan di daerahnya.

## 4. Andal/Reliability.

Keandalan relay dihitung dengan jumlah relay bekerja/mengamankan daerahnya terhadap gangguan yang terjadi. Keandalan dapat dikatakan baik bila mempunyai harga 90%-99%.

Keandalan itu sendiri di bagi dua antara lain:

- a. Dependability: relay harus dapat diandalkan setiap saat
- b. Security : tidak boleh salah bekerja.

## 5. Sederhana

Makin sederhana relay semakin baik, mengingat setiap peralatan atau komponen relay memungkinkan mengalami kerusakan, jadi dimaksudkan untuk memungkinkan kerusakan yang kecil pada relay.

---

## 6. Ekonomis

Relay sebaiknya yang murah tetapi tidak meninggalkan 5 syarat diatas.

### 2.6. Jenis gangguan.

#### a. Gangguan hubung singkat.

#### 1. Hubung singkat 3 fasa simetri

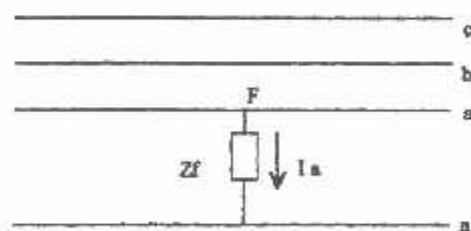
##### 1.1 Gangguan 3 fasa

##### 1.2 Gangguan 3 fasa ke tanah

#### 2. Hubung singkat 3 fasa tak simetri

##### a. fasa ketanah

Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah ini merupakan gangguan yang paling sering terjadi pada saluran transmisi. Gambar 2.3 memperlihatkan gangguan satu fasa ke tanah pada titik  $F$ , dengan impedansi gangguan  $Z_f$ , impedansi  $Z_f$  ini bisa terdiri tahanan busur, menara, dan kaki menara saluran transmisi. Gambar 2.4 memperlihatkan hubungan jala-jala. Untuk analisa dimisalkan gangguan terjadi pada fasa a ke tanah.



Gambar 2.3 Gangguan satu fasa ke tanah

Persamaan keadaan:

$$I_b = 0 \quad (2.1)$$

$$I_c = 0 \quad (2.2)$$

$$V_a = I_a Z_f \quad (2.3)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan ini ke dalam persamaan 2.1, 2.2 diperoleh:

$$I_{a1} = I_{a2} = I_{a0} \quad (2.4)$$

$$V_a = V_{a1} + V_{a2} + V_{a0} = (I_{a1} + I_{a2} + I_{a0})Z_f \\ = 3I_{a1}Z_f$$

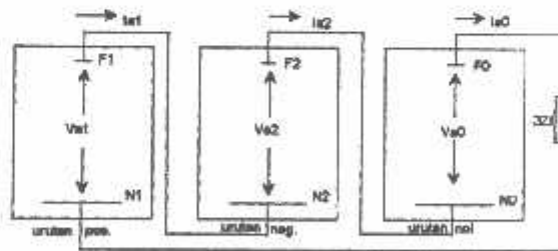
$$(V_{a1} - I_{a1}Z_f) - (V_{a2} - I_{a2}Z_f) + (V_{a0} - I_{a0}Z_f) = 0 \quad (2.5)$$

$$V_{a1} = -V_{a2} - V_{a0} + 3I_{a1}Z_f \\ V_f - I_{a1}Z_1 = I_{a1}Z_2 + I_{a1}Z_0 + 3I_{a1}Z_f \\ V_f = I_{a1}(Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3Z_f) \\ I_{a1} = \frac{V_f}{(Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3Z_f)} \\ I_{a2} = I_{a1} \\ I_{a0} = I_{a1}$$

Dengan demikian arus gangguan dapat diperoleh dengan persamaan berikut:

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

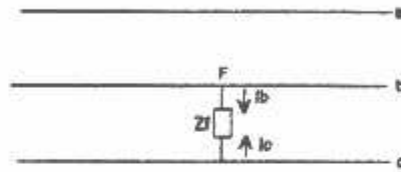
Berdasarkan persamaan 2.4 dan 2.5, hubungan jala-jala urutannya dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.4 Hubungan jala-jala urutan untuk hubung singkat satu fasa ke tanah

### b. Gangguan antar fasa

Gangguan hubung singkat fasa ke fasa pada saluran transmisi terjadi umumnya bila dua kawat fasa bersentuhan. Gambar 2.5 menunjukkan gangguan fasa ke fasa pada titik F dengan impedansi gangguan  $Z_f$ . Gambar 2.5 menunjukkan hubungan jala-jala gangguan ini.



Gambar 2.5 Hubung singkat fasa ke fasa

Persamaan keadaan:

$$\begin{aligned} I_a &= 0 \\ I_b &= -I_c \\ V_b - V_c &= I_b Z_f \end{aligned}$$

Persamaan ini disubstitusikan kedalam persamaan 2.1, 2.2 akan didapat persamaan-persamaan berikut:

$$\begin{aligned} I_{a0} &= 0 \\ I_{a1} &= -I_{a2} \\ V_b - V_c &= (\alpha^2 - a)V_{a1} - (\alpha^2 - a)V_{a2} = (\alpha^2 - a)I_{a1} Z_f \end{aligned} \tag{2.6}$$

atau

$$\begin{aligned} V_{a1} - V_{a2} &= I_{a1} Z_f \\ V_{a1} &= V_{a2} + I_{a1} Z_f \\ V_{a1} &= V_{a2} + I_{a1} \left( \frac{Z_f}{2} + \frac{Z_f}{2} \right) \\ V_{a1} - I_{a1} \left( \frac{Z_f}{2} \right) &= V_{a2} - I_{a2} \left( \frac{Z_f}{2} \right) \end{aligned} \tag{2.7}$$

$$V_{a0} = 0$$

$$V_{a1} = V_f - I_{a1}Z_1$$

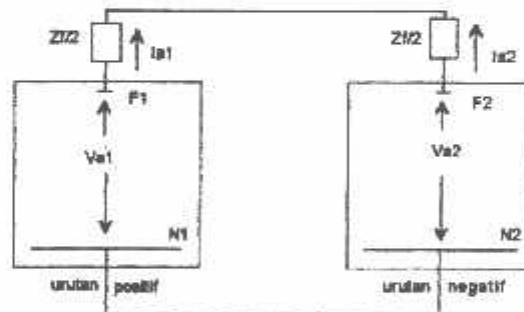
$$V_{a2} = -I_{a2}Z_2$$

$$I_{a1} = -I_{a2} = \frac{V_f}{(Z_1 + Z_2 + Z_f)}$$

Sehingga arus gangguan adalah:

$$\begin{aligned} I_f = I_b &= a^2 I_{a1} + a I_{a2} + I_{a0} \\ &= (a^2 - a) I_{a1} \\ &= -j \sqrt{\frac{3V_f}{(Z_1 + Z_2 + Z_f)}} \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan 2.6 dan 2.7, hubungan jala-jala urutannya dapat digambarkan sebagai berikut:



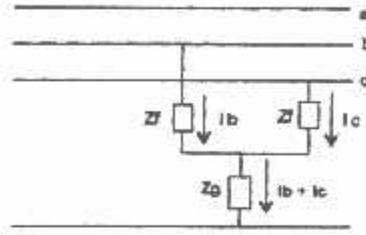
Gambar 2.6 Hubungan jala-jala urutan untuk hubung singkat fasa-fasa

### c. Gangguan 2 fasa ketanah

Gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah umumnya terjadi pada saluran transmisi, terjadi jika dua kawat terhubung dengan tanah atau dengan netral sistem tiga fasa. Gambar 2.7 menunjukkan gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah melalui impedansi gangguan  $Z_f$  dan  $Z_g$ . Impedansi  $Z_f$  merupakan tahanan busur

sedangkan impedansi  $Z_g$  terdiri dari tahanan menara dan tahanan kaki menara.

Gambar 2.7 menunjukkan hubungan jala-jala urutan pada gangguan jenis ini.



Gambar 2.7 gangguan dua fasa ke tanah

Persamaan keadaan:

$$\begin{aligned} I_a &= 0 \\ V_b &= I_b Z_f + (I_b + I_c) Z_g \\ V_c &= I_c Z_f + (I_b + I_c) Z_g \end{aligned}$$

Dengan mensubstitusikan persamaan-persamaan ini ke dalam persamaan 2.1, 2.2

didapat:

$$I_{a1} + I_{a2} + I_{a0} = 0 \quad (2.8)$$

$$a^2 V_{a1} + a V_{a2} + V_{a0} = (a^2 I_{a1} + a I_{a2} + I_{a0}) + (I_b + I_c) Z_g \quad (2.9)$$

$$a V_{a1} + a^2 V_{a2} + V_{a0} = (a I_{a1} + a^2 I_{a2} + I_{a0}) + (I_b + I_c) Z_g \quad (2.10)$$

Persamaan 2.31 – persamaan 2.32

$$(a^2 - a) V_{a1} + (a - a^2) V_{a2} = (a^2 - a) I_{a1} Z_f + (a - a^2) I_{a2} Z_f$$

atau,

$$V_{a1} - I_{a1} Z_f = V_{a2} - I_{a2} Z_f \quad (2.11)$$

Persamaan 2.9 dan persamaan 2.10

$$-V_{a1} - V_{a2} - 2V_{a0} = -I_{a1} Z_f - I_{a2} Z_f + 2(I_{a0} Z_f + (I_b + I_c) Z_g)$$

atau

$$(V_{a1} - I_{a1}Z_f) + (V_{a2} - I_{a2}Z_f) = 2(V_{a0} - I_{a0}Z_f(Z_f + 3Z_g))$$

Dari persamaan 2.11 diperoleh:

$$2(V_{a1} - I_{a1}Z_f) = 2(V_{a0} - I_{a0}Z_f(Z_f + 3Z_g))$$

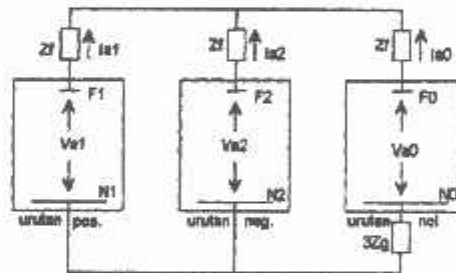
Jadi:

$$(V_{a1} - I_{a1}Z_f) = (V_{a0} - I_{a0}Z_f(Z_f + 3Z_g)) \quad (2.12)$$

Dari persamaan 2.11 dan 2.12

$$(V_{a2} - I_{a2}Z_f) = (V_{a1} - I_{a1}Z_f) = (V_{a0} - I_{a0}Z_f(Z_f + 3Z_g)) \quad (2.13)$$

Berdasarkan persamaan 2.8 dan 2.13, jala-jala urutannya dapat digambarkan sebagai berikut:

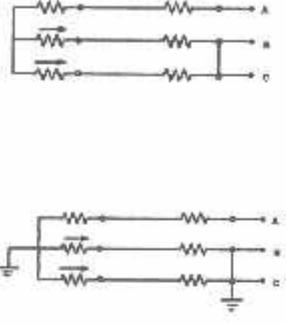
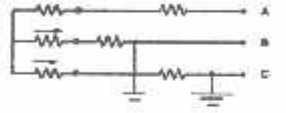
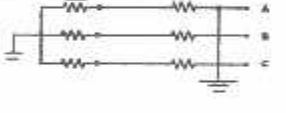


Gambar 2.8 Hubungan jala-jala urutan untuk gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah

Tabel 2.1 : Macam gangguan hubung singkat dan kemungkinan terjadinya

Jenis gangguan hubung singkat	Susunan rangkaian	Persentase kemungkinan kejadian
Hubung singkat tiga fasa		3 s/d 5



<p>Hubung singkat phasa to phasa</p> <p>a. hubung singkat 2 phasa langsung</p> <p>b. hubung singkat dua phasa ke tanah sistem ditanahkan</p>	 <p>The diagrams show a three-phase system with phases A, B, and C. The first diagram shows a direct short circuit between phases A and B. The second diagram shows a short circuit between phase A and ground, with phase B also connected to ground.</p>	20 s/d 25
<p>Hubung singkat dua phasa ke tanah sistem sistem tak ditanahkan</p>	 <p>The diagram shows a three-phase system with phases A, B, and C. A short circuit occurs between phase A and ground. The other two phases, B and C, are not grounded.</p>	10 s/d 15
<p>Hubung singkat satu phasa ke tanah.</p> <p>a. sistem tak ditanahkan</p>	 <p>The diagram shows a three-phase system with phases A, B, and C. A short circuit occurs between phase A and ground. Phases B and C are not grounded.</p>	65 s/d 70
<p>b. sistem yang di ketanahkan</p>	 <p>The diagram shows a three-phase system with phases A, B, and C. A short circuit occurs between phase A and ground. All three phases (A, B, and C) are grounded.</p>	

b. Sumber-sumber arus hubung singkat.

Arus yang mengalir selama gangguan berasal dari mesin mesin listrik yang berputar, antara lain:

1. Generator
2. Motor serempak
3. Motor induksi

Sumber gangguan yang lain, antara lain:

1. Surja petir atau surja hubung
2. Burung atau daun-daun
3. Polusi
4. Retak-retak pada isolator

Dari lamanya gangguan antar lain:

1. Gangguan permanen
2. Gangguan temporary

### **2.7. Sistem pengamanan**

Relay pengaman adalah suatu alat untuk mendeteksi atau mengukur besaran listrik pada jaringan dan akan bekerja memberikan perintah membuka atau trip ke pemutus bila besaran yang di deteksi mencapai batas kerjanya. Batas kerja relay memerintahkan trip ke circuit breaker disebut setting relay yang ditentukan berdasarkan besaran dalam kondisi gangguan. Cara relay dalam mendeteksi besaran listrik pada jaringan dapat secara langsung atau secara tidak langsung dengan memakai transformator ukur.

Relay-relay untuk jaringan tegangan menengah umumnya dipasang melalui trafo ukur karena secara langsung sudah hampir tidak dipergunakan lagi karena masalah teknik. Perintah trip ke pemutus dapat seketika atau dengan penundaan waktu dari saat relay mulai bekerja (starting) tergantung desain relay. Waktu antara relay saat mulai bekerja sampai perintah trip diberikan disebut waktu kerja relay.

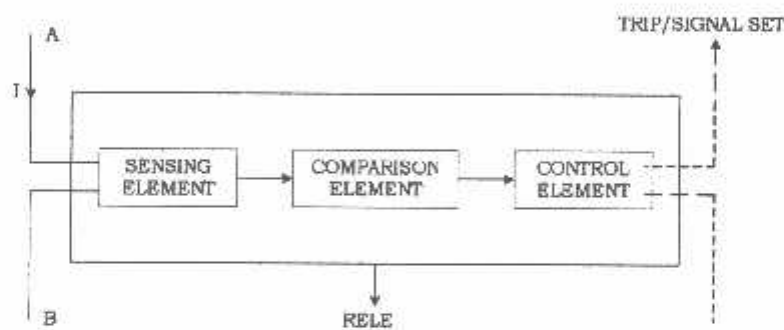
Fungsi pengamanan dengan relay :

- a. Membunyikan alarm atau melokalisir gangguan untuk membebaskan peralatan dari gangguan
  - b. Membebaskan bagian yang tidak bekerja normal, untuk mencegah kerusakan.
-

- c. Membebaskan segera bagian dari sistem yang terganggu
- d. Untuk melokalisir akibat dari gangguan
- e. Memberi petunjuk atau indikasi atas lokasi serta macam dari kegagalan
- f. Penggunaan relay pengaman merupakan penghematan ( $\pm 0,5 \div 2 \%$ ) dari harga peralatan yang diamankan.

## 2.8 Elemen Dasar Relay Pengaman

Relay pengaman biasanya dipisahkan menjadi tiga elemen dasar seperti terlihat pada Gambar 2.9 :



Gambar 2.9 diagram blok urutan kerja relay pengaman

### a. Elemen Sensor

Suatu alat yang bereaksi bila terjadi perubahan arus pada rangkaian yang diamankan

### b. Elemen Pembanding

Suatu alat yang bekerjanya membandingkan besar arus pada Relay dengan setting Relay yang berbeda

### c. Elemen Kontrol .

Suatu alat yang bekerja memutuskan aliran yang diamankan baik secara langsung atau tidak langsung.

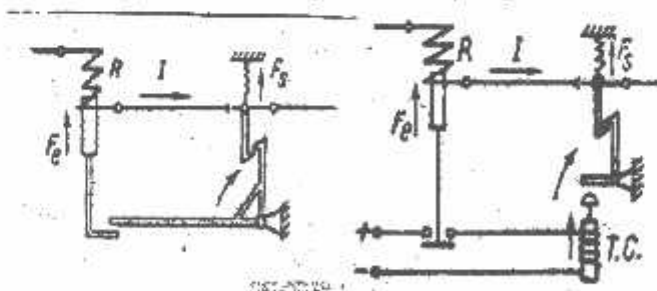
### 2.8.1 Klasifikasi Relay

Relay dapat diklasifikasikan dalam beberapa jenis menurut :

1. Berdasarkan prinsip kerja, yaitu: Relay elektromagnetik, relay moving coil, relay induksi, relay elektrodinamik, relay polarisasi , relay elektronik, relay thermis
2. Berdasarkan besaran yang diukur, yaitu:  
Tegangan, Arus, Daya, Impedansi, Reaktansi, Frekuensi, Sudut fasa
3. Berdasarkan cara persambungan, yaitu:  
Relay seri, Relay shunt
4. Berdasarkan cara menghubungkan sensing element, yaitu :

Relay primer, yaitu apabila sensing element langsung dihubungkan dengan bagian yang di ukur, hal ini tentu saja membuat kapasitas relay harus sesuai dengan rating yang ada di sistem yang disensing.

Relay sekunder, yaitu apabila sensing element tidak terhubung langsung dengan bagian yang diukur, tetapi melalui komponen untuk mentransformasikan besaran yang diukur, misalnya dengan transformator arus, dan transformator tegangan. Hal ini lebih baik agar kapasitas relay tidak harus menyesuaikan dengan sistem yang diukur.

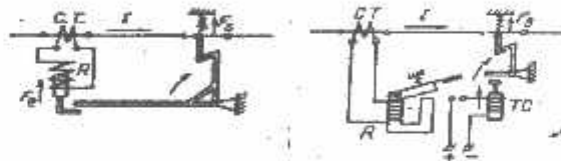


Gambar 2.10 (a) Relay primer direct acting, (b) Relay primer indirect acting

5. Berdasarkan cara kerja elemen kontrol, yaitu:

Direct acting, yaitu Elemen kontrol dapat mengetripping secara langsung tanpa melalui alat bantu (tripping coil).

Indirect acting, yaitu Elemen kontrol dapat mengetripping apabila ada gangguan dengan melalui alat bantu, yaitu tripping coil yang berfungsi melaksanakan pengetripping setelah mendapat sinyal.



Gambar 2.11

(a) Relay sekunder direct acting, (b) Relay sekunder indirect acting

6. Berdasarkan tugasnya, yaitu :

Relay utama, yaitu relay yang berfungsi sebagai relay utama (main) dalam proses pemutusan pada waktu terjadinya gangguan begitu dapat mendeteksi gangguan yang terjadi

Relay bantu, yaitu relay yang berfungsi untuk membantu relay utama dalam proses pemutusan pada waktu terjadi gangguan setelah dapat mendeteksi gangguan yang terjadi.

7. Berdasarkan waktu bekerjanya, yaitu:

- Relay dengan kelambatan waktu, yaitu relay yang bisa diset untuk bekerja beberapa saat setelah menerima sinyal terjadinya gangguan.
- Relay tanpa kelambatan waktu, yaitu relay langsung bekerja begitu mendapat sinyal telah terjadi gangguan.

## 2.9 Sistem Pengamanan Arus Lebih

Gangguan hubung singkat yang terjadi pada sistem tenaga listrik akan menyebabkan bertambahnya arus, dan bertambahnya arus bisa sampai beberapa kali lebih besar dari pada arus dalam keadaan normal. Gangguan dapat menimbulkan kerusakan pada sistem tenaga listrik dan mengakibatkan ketidaknormalan kerja daripada sistem, yang secara langsung akan menyebabkan proses pengoperasian tenaga listrik terganggu.

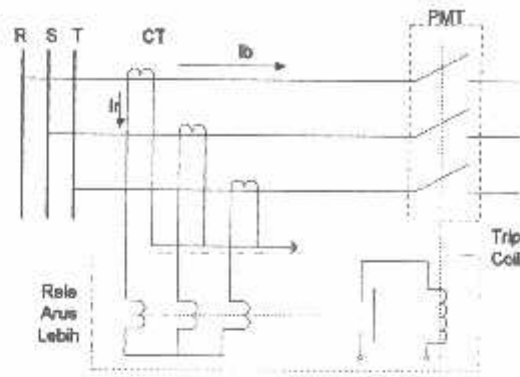
### 2.9.1 Prinsip Kerja relay Arus Lebih

Relay arus lebih adalah relay yang bekerja berdasarkan arus lebih akibat adanya gangguan hubung singkat dan memberikan perintah trip ke PMT sesuai dengan karakteristik waktunya. Pada gambar (2.12) diberikan rangkaian relay arus lebih sesaat.

Prinsip kerja relay arus lebih adalah sebagai berikut:

Pada kondisi normal arus beban ( $I_b$ ) mengalir pada SUTM/SKTM dan oleh trafo arus (CT) besaran ini di transformasikan ke besaran sekunder ( $I_r$ ). Arus  $I_r$  mengalir pada kumparan relay tetapi karena arus ini masih lebih kecil dari pada suatu harga yang ditetapkan (setting) maka relay tidak bekerja.

Bila terjadi gangguan hubung singkat, arus  $I_b$  akan naik dan menyebabkan arus  $I_r$  naik pula. Jika arus  $I_r$  ini melebihi suatu harga yang telah ditetapkan diatas (setting), maka relay akan bekerja dan memberikan perintah ke trip coil PMT untuk membuka PMT, sehingga SKTM/SUTM yang terganggu dipisahkan dari jaringan.



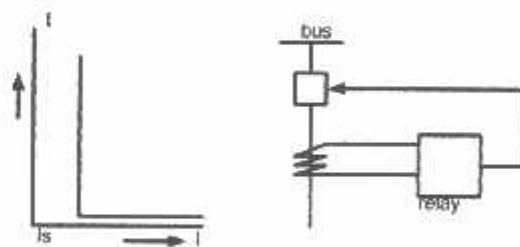
Gambar 2.12 : Prinsip kerja relay arus lebih

## 2.9.2 Jenis-Jenis Relay Arus Lebih

### 2.9.2.1 Relay arus lebih seketika (Instantaneous OCR)

Relay arus lebih ini mempunyai karakteristik waktu kerja seketika (instant) yaitu dimana jangka waktu dimulai saat relay arusnya pick-up sampai selesai kerja relay sangat singkat ( $\pm 20$  ms sampai 60 ms), yaitu tanpa penundaan waktu.

Karakteristik relay arus lebih waktu seketika ditunjukkan pada gambar 2.15

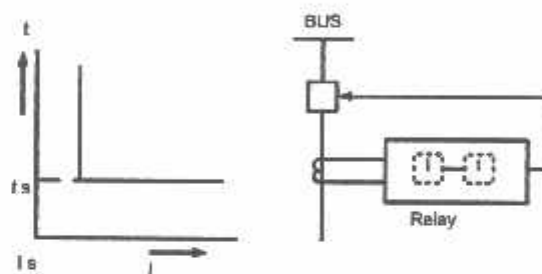


Gambar 2.13 : Karakteristik Relay Arus Lebih Waktu Seketika

### 2.9.2.2 Relay arus lebih dengan karakteristik waktu tertentu (Definite Time OCR)

Relay arus lebih dengan karakteristik waktu yang tertentu (definite time) yaitu relay arus lebih dimana jangka waktu mulai arus pick-up sampai selesainya kerja relay diperpanjang dengan nilai tertentu dan tidak bergantung dari besarnya arus yang menggerakkan.

Karakteristik relay arus lebih waktu tertentu ditunjukkan pada gambar 2.16



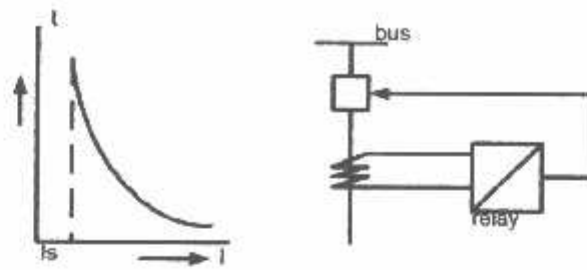
Gambar 2.14 : Relay Arus Lebih Waktu Tertentu

### 2.9.2.3 Relay arus lebih dengan karakteristik waktu terbalik (Inverse Time OCR)

Relay arus lebih dengan karakteristik waktu terbalik (inverse time) yaitu relay arus lebih dimana jangka waktu dimulai relay arus pick-up sampai selesainya kerja relay, diperpanjang dengan nilai yang berbanding terbalik dengan besarnya arus yang menggerakkan.

Karakteristik relay arus lebih waktu inverse ditunjukkan pada gambar 2.15



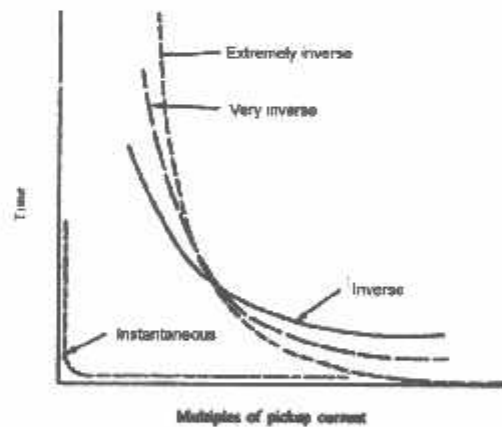


Gambar 2.15 Karakteristik Relay Arus Lebih Waktu Invers

Bentuk perbandingan terbalik dan waktu arus ini sangat bermacam-macam tetapi dapat digolongkan menjadi:

- Berbanding terbalik (standart invers)
- Sangat berbanding terbalik (very invers)
- Sangat berbanding terbalik sekali (extremely inverse)

Seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.16



Gambar 2.16 : Kurva Karakteristik Arus Lebih

Untuk suatu arus gangguan yang besar, relay akan trip dengan waktu yang sangat cepat dan bila arus gangguan relatif kecil relay akan trip dengan waktu yang lama.

Jika  $Z_s$  (impedansi sumber) kecil bila dibandingkan dengan  $Z_1$  (impedansi daerah yang dilindungi), maka akan ada perbedaan arus yang cukup antara arus gangguan pada awal dan ujung seksi. Besar arus pada ujung seksi akan jauh lebih kecil dari pada arus yang dekat dengan daerah sumber. Hal ini dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$I = \frac{E}{Z_s + Z_1}$$

$$I = \frac{E}{Z_s}$$

Dimana:

- I : Arus gangguan
- E : Tegangan sistem
- $Z_s$  : Impedansi sumber
- $Z_1$  : Impedansi daerah yang dilindungi

#### 2.9.2.4 Relay arus lebih dengan IDMT

Relay arus lebih dengan IDMT adalah suatu relay yang mempunyai karakteristik waktu arus berbanding terbalik untuk harga arus gangguan terkecil dan mempunyai karakteristik waktu arus tertentu (konstan) untuk harga arus gangguan yang besar. Relay ini disetel pada bagian definite dari karakteristiknya.

Setting relay pada relay arus lebih dengan IDMT dibagi menjadi dua yaitu low set current setting dan high set current setting. Low set current adalah setting

untuk mengamankan arus gangguan beban lebih. Karakteristik relay yang dipakai adalah tipe invers. Sedangkan high set current adalah setting untuk mengamankan arus gangguan hubung singkat, dan karakteristik relay yang dipakai adalah tipe definite atau instantaneous.

### **2.10 Prinsip Dasar Penyetelan Arus (Is)**

Perhitungan penyetelan arus (Is) harus diketahui dulu arus pick-up (kerja) dan arus kembali (drop off).

Yang dimaksud dengan arus kerja (arus pick-up) adalah nilai arus (Ip) dimana relay arus akan bekerja dan akan menutup kontak sehingga relay waktu akan bekerja.

Arus kembali (Id) adalah nilai arus dimana relay arus terhenti dan kontak akan membuka kembali, sehingga relay waktu berhenti bekerja.

Perbandingan arus kembali (arus drop-off) dengan arus kerja (arus pick-up) sering dinyatakan dengan symbol, yaitu:

$$Kd = \frac{Id}{Ip}$$

keterangan :

Kd untuk arus lebih dengan karakteristik waktu arus tertentu mempunyai nilai 0.7 hingga 0.9. Untuk relay arus lebih dengan karakteristik waktu terbalik mempunyai nilai 1.0

### **Perhitungan Penyetelan Arus (Is)**

Dalam penyetelan arus pada arus lebih terdapat dua batasan, yaitu batasan minimum dan batasan maksimum.

- Batasan minimum

Batasan penyetelan minimum relay arus lebih adalah tidak boleh bekerja pada saat terjadi beban maksimum.

Jadi:

$$I_s = \frac{K_{fk}}{K_d} \times I_{maks}$$

Dimana:

$I_s$  = arus penyetelan

$K_{fk}$  = Faktor keamanan besarnya 1.05 – 1.3

$K_d$  = Ratio arus kembali dan arus kerja

$I_{maks}$  = Arus kerja yang diijinkan atau arus nominal peralatan

- Batasan maksimum

Batasan maksimum relay arus lebih adalah harus bekerja jika terjadi gangguan hubungan singkat pada relay seksi berikutnya. Dalam penyetelan maksimum relay perlu untuk diperhitungkan arus gangguan maksimum yang melewati relay.

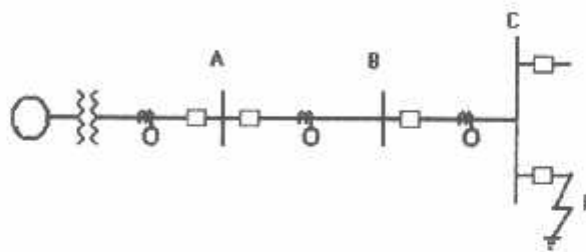
Sebagai selektifitas biasanya dipakai harga operasi tidak lebih dari 130 % dari settingnya dan arus hubung singkat dipilih pada saat pembangkitan minimum dan arus gangguan hubung singkat 2 phasa, untuk relay arus lebih sebagai pengaman gangguan antar phasa.

Batasan penyetelan maksimum, pada pembangkitan minimum:

$$I_s = < \frac{\text{Arus hubung singkat minimum}}{13}$$

## 2.11 Prinsip Dasar Perhitungan Waktu

Suatu operasi yang selektif, bila terdapat beberapa gangguan, relay arus lebih pada suatu jaringan radial seperti pada gambar 2.17 maka relay pada ujung yang terjauh dari sumber harus disetel untuk bekerja pada waktu yang semimumum mungkin. Untuk mendapatkan penyetelan waktunya dibuat secara bertingkat.



Gambar 2.17 Sistem Jaringan Radial

Penyetelan waktu relay arus lebih untuk macam-macam karakteristik waktu relay adalah sebagai berikut:

### Relay arus lebih dengan karakteristik waktu tertentu (Definite time)

Karena penyetelan arus lebih pada umumnya didasarkan pada batas minimum, oleh karena itu gangguan di F diharapkan kemungkinannya :

$$I_{S_A} > I_{S_B} > I_{S_C} > I_{S_F}$$

Dengan demikian relay di A, B, C akan pick-up. Untuk mendapatkan pengamanan yang selektif maka

$$t_A > t_B > t_C$$

Karena pada relay arus lebih dengan karakteristik waktu tertentu, waktu kerjanya tidak dipengaruhi oleh besarnya arus, maka untuk mendapatkan pengamanan yang baik, yang penting menentukan beda waktu (tingkat waktu,  $\Delta t$ )

antara dua tingkat pengaman supaya pengaman selektif, tetapi untuk keseluruhan tetap singkat.

Misal :

$$t_C = t_1$$

maka relay di B akan bekerja pada :

$$t_B = t_1 + \Delta t$$

#### Relay arus lebih dengan karakteristik waktu terbalik

Jenis arus lebih dengan karakteristik waktu terbalik (inverse time) setelah waktu ditentukan pada saat arus gangguan maksimum. Jika relay mempunyai selektifitas yang lebih tinggi pada arus gangguan minimum.

Syarat menyetel waktu dalam hal ini Td (Time dial) atau TMS (Time Multiple Setting) relay arus dengan karakteristik waktu terbalik ialah harus diketahui:

- a. Besarnya arus hubung singkat maksimum pada setiap seksi
- b. Penyetelan arusnya ( $I_s$ )
- c. Kurva karakteristik relay

Sedangkan langkah-langkah penyetelan time dial sebagai berikut :

- Menentukan penyetelan waktu Td pada relay seksi yang paling hilir.
- Menentukan waktu kerja relay C ( $I_C$ ) untuk penyetelan Td yang telah dipilih dengan arus gangguan  $I_f$  di C.

Besarnya arus gangguan di B ( $I_f B$ ) merupakan kelipatan arus setting relay pada seksi didepannya , yaitu relay pada seksi didepannya yaitu relay C jadi:

$$I_{fB} = a * I_{settingC}$$

Waktu kerja relay B ( $t_B$ ) untuk arus gangguan di C diharapkan minimal

$$t_B = t_C + \Delta t$$

Untuk menentukan Td relay berikutnya yaitu relay A yang terletak satu seksi didpan relay B ialah dengan mengulang proses diatas yaitu pertama-tama menghitung waktu kerja relay B pada Td yang telah didapat untuk arus gangguan di B.

#### Relay arus lebih dengan karakteristik waktu arus berbanding terbalik (inverse)

Relay arus lebih dengan karakteristik waktu arus sangat berbanding terbalik (very inverse) beda waktu ( $\Delta t$ ) yang diberikan akan lebih besar jika terjadi gangguan diujung dan dipangkal dari seksi yang diamankan bila dibandingkan dengan relay arus lebih dengan karakteristik inverse biasa.

### **2.12 Penyetelan Relay Arus Lebih**

Relay arus lebih berguna untuk membebaskan gangguan yang terjadi pada saluran dan peralatan yang terhubung dengan sistem.

Dalam penyetelan dan koordinasi relay pengaman hal-hal yang perlu diperhatikan yaitu arus gangguan yang mengalir pada masing-masing bagian dari jaringan dapat diperhitungkan. Data-data yang perlu diperhatikan dalam penyetelan relay pengaman adalah sebagai berikut :

- a. Diagram line dari sistem
- b. Data impedansi transformator, generator dan saluran
- c. Arus hubung singkat maksimum dan minimum yang mengalir melalui peralatan
- d. Arus beban maksimum yang mengalir melalui peralatan pengaman
- e. Kurva karakteristik

### **2.13 Relay Arus Lebih Untuk Gangguan Antar Phasa**

Pada relay arus lebih untuk gangguan hubung singkat antar phasa yaitu gangguan tiga phasa dan dua phasa dapat digunakan dengan tiga buah relay atau hanya dengan dua relay.

Pengaman arus lebih dengan dua buah relay telah mencukupi untuk gangguan antar phasa mengingat adanya gangguan hubung singkat dua phasa salah satu relay atau keduanya akan bekerja tergantung phasa yang terganggu, misalnya gangguan antar phasa R-S maka relay R akan bekerja, phasa S-T maka relay T yang bekerja sedang untuk gangguan R-T maka relay phasa R ataupun T akan bekerja.

Pengaman arus lebih dengan tiga buah relay jelas lebih sempurna, karena setiap gangguan antar phasa lebih dari satu relay yang bekerja, sehingga bila satu relay gagal bekerja relay yang lainnya masih dapat bekerja, dengan demikian keandalannya dapat dijamin.

Pada relay arus lebih untuk gangguan antar phasa persyaratan yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut:



Relay arus lebih mengamankan seksi yang bersangkutan dan memberikan cadangan minimal satu seksi didepannya.

Batas atas dalam setelen relay arus lebih adalah:

$$I_s = 0.8 * I_{f \min}$$

Dimana :

$I_s$  = Setelan arus relay

$I_{f \min}$  = Arus gangguan hubung singkat 2 phasa dengan pembangkitan minimum yang terjadi diujung seksi berikutnya.

Relay arus lebih tidak boleh bekerja pada beban maximum. Dengan menggunakan factor keamanan 1,25 dan perbandingan arus kembali dan arus kerja untuk relay jenis inverse, sehingga batasan bawah setelan arus adalah:

$$I_s = 1.25 * I_{nom}$$

keterangan :

$I_{maks}$ : Arus maksimum yang diijinkan pada peralatan umumnya diambil arus nominal.

Persyaratan setelan arus dapat ditulis sebagai berikut:

$$1.25 * I_{nom} \leq I_s \leq 0.8 * I_{f \min}$$

keterangan :

$I_{nom}$  : Arus nominal yang lewat peralatan

$I_{f \min}$  : Arus gangguan pada pembangkit minimum

#### 2.14 Kapasitas dan Rating dari Pemutus Daya (CB)

Pemutus daya atau Circuit breaker adalah suatu peralatan listrik yang dapat menghubungkan atau memutuskan rangkaian listrik dalam keadaan normal

dan tidak normal yang dilengkapi dengan alat pemadam busur api. Dalam keadaan tidak normal atau gangguan, CB adalah merupakan sakelar otomatis yang dapat memisahkan arus gangguan, dimana untuk mengoperasikan CB dalam keadaan tidak normal ini umumnya digunakan suatu rangkaian trip yang mendapat sinyal dari suatu relay pengaman.

Pemilihan CB tidak hanya bergantung pada keadaan arus minimal saja, tetapi juga bergantung pada keadaan arus maksimum yang mungkin terjadi pada saat gangguan, disebut juga momentary current. Dan juga arus yang masih ditahan oleh pemutus sesudah kontak pemutus membuka beberapa cycle yaitu interrupting current, serta sistem tegangan dimana CB ditempatkan.

Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh CB, antara lain:

- dalam keadaan tertutup harus mampu di aliri arus beban penuh untuk waktu yang panjang
  - bila dikehendaki harus dapat membuka dalam keadaan berbeban atau bila sedikit terjadi beban lebih
  - harus dapat memutus secara cepat arus beban yang mungkin mengalir bila terjadi hubungsingkat pada sistem
  - bila kontak dalam keadaan terbuka, celah gap harus tahan terhadap tegangan rangkaian
  - untuk membebaskan gangguan dari sistem, maka kalau ada gangguan harus segera reclosing dan reopening
-

- harus tahan terhadap arus hubung singkat untuk beberapa saat sampai gangguan dibebaskan oleh peralatan pengaman lainnya yang lebih dekat dengan titik gangguan
- harus dapat memutuskan arus yang sangat kecil seperti arus magnetisasi transformator atau saluran yang sifatnya induktif atau kapasitif
- harus tahan terhadap efek pembusuran pada kontak-kontaknya, gaya elektrodinamis dan panas yang timbul pada waktu terjadi hubung singkat.

Rating suatu Pemutus daya diberikan dalam kilo voltampere atau megavoltampere. Kilovoltampere pemutus sama dengan  $\sqrt{3}$  kali kilovolt dari rel dimana pemutus rangkaian itu terhubung dikalikan dengan arus yang dapat diputuskannya bila kontakannya membuka. Arus ini tentu saja lebih rendah dari arus seketika dan tergantung pula pada kecepatan pemutus rangkaian tersebut, misalnya 8, 5, 3, atau 1,5 periode, yang merupakan ukuran waktu sejak gangguan terjadi sampai busur api padam.

Suatu prosedur yang digunakan pada umumnya adalah memberikan rating pada semua pemutus yang dihubungkan pada rel berdasarkan arus yang mengalir menuju gangguan pada rel itu.

Saat terjadi hubung singkat, maka besar daya hubung singkat sebagai berikut :

$$MVA_{\text{fault}} = S = \sqrt{3}(V_{\text{pf}})(I^*) \times 10^{-6} MVA$$

Kapasitas daya pemutusan dari suatu pemutus (CB) ditentukan sebagai berikut :

$$S_i = \sqrt{3}(V_{\text{pf}})(I^*) \times 10^{-6} MVA$$

dimana :

$V_{pf}$  : Tegangan (L-L) sebelum gangguan pada titik gangguan (Volt)

$I''$  : Harga efektif arus hubung singkat awal simetris (Ampere)

$\xi$  : Faktor pengali

Dimana faktor pengali tersebut adalah konstante yang bergantung pada kecepatan (waktu) pemutusan, seperti pada tabel berikut :

Tabel 2.2 konstanta pemutusan CB

Waktu pemutusan (cycle)	K (konstanta pemutusan)	
	< 500 MVA	$\geq$ 500 MVA
2	1.4	1.5
3	1.2	1.3
5	1.1	1.2
8	1	1.2

Pada umumnya waktu pemutusan 0,06 hingga 0,1 detik (3-5 cycle). Untuk memberi faktor keamanan maka besar arus yang diputus circuit breaker harus lebih kecil dari arus hubung singkatnya. Yaitu dikalikan dengan faktor  $\mu$  yang besarnya tergantung perbandingan antara arus hubung singkat (mendadak 3 fasa) dan arus nominal.

Dengan demikian besarnya arus yang diputus (breaking current) CB adalah :

$$I_{br} = \mu I_{hs}$$

Harga  $\mu$  diambil dari tabel dibawah ini

Tabel 2.3 Harga  $\mu$  terhadap Ihs/Inominal

I hs / I nom	$\mu$
1.8	1
2	0.98
3	0.84
4	0.78
5	0.73
6	0.69
7	0.66
8	0.64

Pada umumnya harga dari perbandingan arus hubung singkat dengan arus nominal atau Ihs / Inom lebih besar dari 5, oleh sebab itu dalam perhitungan dapat diambil  $\mu = 0,7$ .

### 2.15 Kapasitas Hubung Singkat Saluran

Suatu energi listrik dapat dipindah dari sumber ke beban melalui suatu saluran. Saluran yang dimaksud disini adalah suatu peralatan dalam sistem tenaga yang digunakan untuk mentransmisikan dan mendistribusikan tenaga listrik, dalam hal ini adalah kabel. Beberapa faktor yang menentukan keamanan kemampuan hantar arus dari suatu kabel antara lain:

- temperatur maksimum yang diijinkan pada isolasi yang mengelilingi (membungkus) konduktor kabel.
- Metode dissipasi panas yang melalui kabel.

- Kondisi pemasangan dan kondisi ambient

Agar dapat bekerja dengan baik, maka suatu saluran / kabel harus mampu menahan besarnya arus yang mengalir, baik itu dalam keadaan normal ataupun dalam keadaan terjadi gangguan. Ketika terjadi gangguan hubung singkat, pada peralatan terutama saluran / kabel akan mengalir suatu arus yang sangat besar sampai beberapa kali arus nominal.

Dalam kondisi tersebut kapasitas hubung singkat dari kabel harus dapat menahan besarnya arus hubung singkat yang mengalir. Maka dilakukan evaluasi kemampuan hubung singkat kabel terhadap arus hubung singkat, dengan cara membandingkan data dari kabel terhadap arus gangguan dari perhitungan atau hasil simulasi. Biasanya evaluasi ini dilakukan pada beberapa cycle setelah gangguan (short time current) misal 0,1 detik, 0,5 detik dan 1 detik.

Tabel 2.4 . SISTEM PENGAMANAN SALURAN TRANSMISI

Sistem Tenaga	Sistem Pembumian	Sistem Pengaman Utama		Sistem Pengaman Cadangan		
		Hubung singkat fasa	Hubung singkat ketanah	Hubung singkat fasa	Hubung singkat ketanah	
Saluran Udara	Langsung ( efektif )	Pilot Relaying	Pilot Relaying	Relay jarak	Relay jarak	
	Tahanan Tinggi	Pilot Relaying	Pilot Relaying	Relay jarak	Relay Jarak	
		Pengamanan Seimbang (Balance protection )	Pengamanan Seimbang (Balance protection)	Relay Jarak	Relay Jarak	Relay arah
				Relay Arah	Relay Arah	Relay Tegangan Lebih
				Relay Jarak	Relay Jarak	Relay Arus Lebih
				Relay Arah	Relay Jarak	Relay tegangan Lebih
	Dengan gulungan Patersen	Pengamanan Seimbang (Balance protection)	Pengamanan Seimbang (Balance protection)	Relay jarak	Relay jarak	Relay arah
				Relay arah	Relay jarak	Relay tegangan lebih
				Relay jarak	Relay jarak	Relay arus Lebih
				Relay arah	Relay jarak	Relay tegangan Lebih
Tidak ditanahkan	Relay jarak	Relay arah	Relay jarak	Relay Jarak	Relay tegangan lebih	
			Relay arah	Relay Jarak	Relay Arus lebih	
Saluran Tanah Bawah	Tahanan tinggi	Pilot Wire	Pilot Wire	Relay jarak	Relay Arah	
				Relay arah	Relay arah	Relay tegangan lebih
		Pengamanan Seimbang (balance protection)	Pengamanan Seimbang (Balance protection)	Relay jarak	Relay jarak	Relay Arah
				Relay Arah	Relay arah	Relay tegangan lebih
		Relay jarak	Relay arah	Relay jarak	Relay arah	Relay Arah
				Relay Arah	Relay arah	Relay tegangan lebih Relaying system

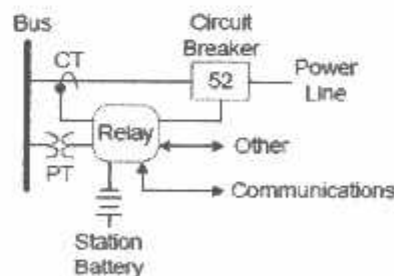
### BAB III

#### PEMODELAN SISTEM DENGAN MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK ETAP POWERSTATION

##### 3.1 Dasar relay proteksi.

Relay power system modern telah menganut system elektromekanikal, electronic dan berdasarkan peralatan computer yang melindungi peralatan power system dari arus dan tegangan yang tidak normal. Dua hal yang mendasar dalam proteksi relay adalah menglokalisir bagian yang terganggu dan tidak mempengaruhi system yang lain.

Relay mempunyai beberapa inputan untuk mendapatkan sinyal trip. Gambar 4.1 mengilustrasikan rangkaian transformator tegangan dan transformator arus pada power sistem. Tegangan DC dibutuhkan untuk mensuplai tegangan pada koil relay agar mendapatkan kerja relay yang optimal saat mengoperasikan CB (circuit breaker). Desain rangkain berdasarkan standarisasi dari IEEE C37.2, baterai secara normal menyediakan tegangan DC pada saat terjadi gangguan yang menyebabkan terputusnya aliran arus pada hubungan AC. Inputan lain dapat membuat kinerja relay berubah lebih cepat atau tidak mengoperasikan relay sama sekali.



Gambar 3.1 single line diagram pemasangan relay pada sistem tenaga listrik



### 3.2 Sejarah relay

Istilah relay secara normal berorientasi pada peralatan elektronik atau elektromekanik yang merespon proses pembagian pada sistem relay. Pada istilah umum, relay menyediakan kontrol untuk breaker sehingga dapat berfungsi mirip sebuah fuse(sikering) atau residential CB. CB dan fuse keduanya mendeteksi dan menghambat arus gangguan ini membutuhkan relay dan CB.

Secara garis besar relay adalah elektro mekanikal dan membutuhkan Flux untuk menghasilkan torsi yang menyebabkan breaker terbuka. Perhitungan torsi standar ditunjukkan pada 3.1 dan proses untuk mendapatkan nilai untuk kontanta  $K_1$  sampai  $K_4$  menggambarkan operasi relay dasar. Hasil torsi positif yang cenderung memaksa tertutupnya trip kontak. Perhitungan 3.1 akan digunakan untuk menjelaskan operasi dasar dari semua jenis relay pengaman. Mikroprosesor moderen berdasarkan relay masih digunakan untuk berbagai dasar hubungan.

$$T = K_1 I^2 + K_2 V^2 + K_3 V I \cos(\theta - \tau) + K_4 \quad 3.1$$

Banyak relay elektromekanikal masih digunakan untuk peralatan, industri, dan fasilitas umum. Yang mempunyai batas kemampuan dan bentuk yang terpisah, elemen, yang menyediakan berbagai kontrol. Transistor dan IC telah menggantikan relay yang menggunakan piringan solid state. Relay mikroprosesor dikenalkan pada tahun 1980-an, yang menggantikan elektromekanikal dan solid state relay untuk aplikasi baru.

Maksud dan tujuan dari relay pengaman tidak berubah selama bertahun-tahun, untuk efisiensi dan efektivitas pengelompokan gangguan dari power system sehingga menyebabkan minimalnya gangguan pada bagian yang tidak terjadi

gangguan. Relay menyediakan kontrol saklar otomatis untuk semua aspek power system. Secara normal seting pergerakan saklar memutus peralatan atau bagian dari power system.

### **3.3 Distribusi arus dan tegangan**

Dalam prakteknya, perhitungan gangguan menghasilkan pemeriksaan akibat dari gangguan pada tiap cabang jaringan, maka pengamanan dapat diaplikasikan dengan tepat untuk mengisolasi bagian dari sistem yang terganggu secara langsung. Hal ini tidak cukup untuk menghitung arus gangguan pada gangguan itu sendiri, distribusi arus gangguan juga harus diperhitungkan. Demikian juga tegangan abnormal dapat terjadi pada sistem karena gangguan, hal ini dapat juga mempengaruhi kinerja pengamanan.

#### **3.3.1 Distribusi arus gangguan**

Arus fasa pada semua jaringan dihasilkan dari urutan distribusi arus pada rangkaian ekuivalen gangguan urutan gangguan dinyatakan dalam PU (per unit). Dalam perhitungan power sistem, urutan impedansi positif dan negatif secara normal adalah sama, nilai impedansi dan konfigurasi dari impedansi urutan nol biasanya berbeda dari impedansi urutan positif dan negatif. Jadi impedansi urutan nol dapat dihasilkan dengan perhitungan bila  $C_0$  dan  $C_1$  di diskripsikan sebagai urutan nol dan positif maka arus nyata dalam sebuah jaringan dihasilkan dengan mengalikan arus nyata dengan perkiraan faktor distribusi. Untuk alasan ini, bila  $I_1$ ,  $I_2$  dan  $I_3$  adalah urutan arus masing-masing cabang pada jaringan selama terjadi gangguan di satu titik yang sama, maka arus fasa pada tiap cabang akan

---

dinyatakan dalam konstanta distribusi dan urutan arus gangguan. Pada perhitungan 3....merupakan perhitungan gangguan shunt.

a. satu phasa ke tanah

$$\left. \begin{aligned} \bar{I}'_a &= (2C_1 + C_0) \bar{I}_0 \\ \bar{I}'_b &= -(C_1 - C_0) \bar{I}_0 \\ \bar{I}'_c &= -(C_1 - C_0) \bar{I}_0 \end{aligned} \right\}$$

b. phasa- phasa

$$\left. \begin{aligned} \bar{I}'_a &= 0 \\ \bar{I}'_b &= (a^2 - a) C_1 \bar{I}_1 \\ \bar{I}'_c &= (a - a^2) C_1 \bar{I}_1 \end{aligned} \right\}$$

c. phasa – phasa ke tanah

$$\left. \begin{aligned} \bar{I}'_a &= -(C_1 - C_0) \bar{I}_0 \\ \bar{I}'_b &= \left[ (a - a^2) C_1 \frac{\bar{Z}_0}{\bar{Z}_1} - a^2 C_1 - C_0 \right] \bar{I}_0 \\ \bar{I}'_c &= \left[ (a^2 - a) C_1 \frac{\bar{Z}_0}{\bar{Z}_1} - a C_1 + C_0 \right] \bar{I}_0 \end{aligned} \right\}$$

d. tiga phasa

$$\left. \begin{aligned} \bar{I}'_a &= C_1 \bar{I}_1 \\ \bar{I}'_b &= a^2 C_1 \bar{I}_1 \\ \bar{I}'_c &= a C_1 \bar{I}_1 \end{aligned} \right\}$$

### 3.3.2 Distribusi tegangan

Distribusi tegangan pada setiap cabang pada jaringan dihasilkan dari urutan distribusi tegangan. Tegangan urutan positif adalah kecil. Sementara urutan nol dan negatif tegangan adalah maksimum.

Secara umum urutan tegangan pada tiap sistem berdasarkan pada perhitungan :

$$\left. \begin{aligned} \bar{V}_1' &= \bar{V} - \bar{I}_1 \left[ \bar{Z}_1 - \sum_i^n C_{1n} \Delta \bar{Z}_{1n} \right] \\ \bar{V}_2' &= -\bar{I}_2 \left[ \bar{Z}_1 - \sum_i^n C_{1n} \Delta \bar{Z}_{1n} \right] \\ \bar{V}_0' &= -\bar{I}_0 \left[ \bar{Z}_0 - \sum_i^n C_{0n} \Delta \bar{Z}_{0n} \right] \end{aligned} \right\}$$

### 3.4 Perhitungan Gangguan arus lebih.

Sistem tenaga listrikan secara normal bekerja pada jaringan 3 fasa yang simetri. Saat terjadi gangguan, maka system akan tidak berada pada posisi simetri, menghasilkan arus yang tidak stabil dan tegangan yang tidak stabil pula sehingga mempengaruhi system. Untuk aplikasi proteksi system transmisi, hal yang sangat perlu diketahui adalah distribusi arus gangguan yang melewati system dan tegangan di berbagai bagian system selama gangguan terjadi. Kini, batas nilai arus semua titik relay harus diketahui bila ingin menghilangkan gangguan yang terjadi, data-data yang di perlukan untuk setiap gangguan pada titik-titik relay, antar lain:

- a. batas maksimum arus gangguan.
- b. batas minimum arus gangguan.
- c. batas maksimum arus gangguan pada system.

Untuk mendapatkan data di atas, batas stabil pembangkitan dan kemungkinan kondisi pengoperasian termasuk metode sistem pembumian harus diketahui. Gangguan selalu disumsikan sebagai gangguan impedansi nol.

### **3.5 Konsep Tingkat Arus/Waktu**

Metode yang dipergunakan untuk mengkoordinasi relay arus lebih adalah dengan mempergunakan sistem tingkat waktu, sistem tingkat arus ataupun kombinasi dari keduanya. Dimana ketiga metode harus mampu untuk mengatasi dan mengisolasi daerah yang mendapat gangguan dari jaringan sistem tenaga listrik, artinya membebaskannya dari sistem yang tak mengalami gangguan.

#### **3.5.1 Metode tingkat waktu (time grading)**

Dengan metode gradasi waktu, relay yang berada di ujung terjauh dari pusat pembangkit diberi waktu kerja tersingkat kemudian waktu kerja ditambah secara bertingkat untuk relay-relay yang semakin dekat dengan pusat pembangkit.

Tingkatan waktu antar relay diambil 0,3 – 0,4 detik. Hal ini untuk menjaga agar tidak terjadi kesalahan kerja seperti misalnya membukanya dua buah CB pada tingkatan waktu yang berbeda. Adapun pertimbangan mengambil waktu tingkatan minimal sebesar 0,3 -0,4 detik adalah sebagai berikut:

- waktu kerja CB sebesar 0,08 detik
- overshoot / overtravel = 0,1 detik
- safety factor = 0,12 – 0,22 detik

Metode tingkatan waktu mempunyai kelemahan yaitu semakin panjang saluran yang ada maka selisih waktu pemutusan antara relay yang terjauh dengan

pembangkit dan relay yang terdekat dengan pembangkit akan semakin besar. Akibatnya waktu pemutusan untuk relay yang terdekat dengan pembangkit akan besar.

Hal di atas akan membahayakan pembangkit karena arus-arus gangguan pada lokasi yang dekat dengan pembangkit adalah yang terbesar sehingga semestinya membutuhkan waktu pemutusan yang cepat. Oleh karena itu maka penggunaan utama dari sistem tingkatan waktu (*time grading*) ini adalah pada suatu rangkaian dimana perbedaan tingkat gangguan pada daerah yang berbeda tidak begitu besar.

### **3.5.2 Metode tingkat arus (*current grading*)**

Metode ini berdasarkan fakta bahwa arus gangguan yang terjadi pada lokasi yang berbeda, besarnya juga berbeda karena pengaruh nilai impedansi yang berbeda antara pembangkit dengan lokasi gangguan. Gangguan yang paling jauh dari pembangkit akan memiliki impedansi yang paling besar oleh karena arus gangguannya paling kecil. Arus gangguan semakin besar seiring dengan semakin dekatnya lokasi gangguan dengan pembangkit. Oleh karena itu setting relay terjauh dari pembangkit diset paling kecil kemudian setting dinaikkan untuk relay yang semakin dekat dengan pembangkit dan disesuaikan dengan besar arus gangguan.

Metode ini mempunyai kelemahan yaitu untuk gangguan didekat bus yaitu disisi incoming dan disisi outgoing mempunyai perbedaan arus gangguan sangat kecil sehingga cukup sulit untuk menentukan tingkat arus yang benar antara relay disisi outgoing dengan relay disisi incoming. Karena kelemahan tersebut maka

---

metode ini hanya digunakan pada rangkaian dimana impedansi antara kedua CB cukup besar sehingga perbedaan tingkat gangguan pada tempat yang berbeda cukup besar.

### 3.5.3 Metode tingkat arus waktu (time current grading)

Pada sistem ini biasanya dipergunakan pada relay arus lebih waktu-inverse dan kurva karakteristik yang banyak dipergunakan adalah karakteristik IDMT (Inverse Definite Minimum Time), dimana memungkinkan penggunaan range arus yang besar dan relay dapat disetel pada waktu minimum tertentu sesuai kebutuhan.

Didalam sistem tingkat arus dan waktu terdapat dua hal yang harus diperhatikan dalam penyetelan yaitu:

#### a) TMS (Time Multiplier Setting)

Definisi TMS adalah:

$$TMS = \frac{T}{T_m}$$

keterangan :

T = waktu yang dibutuhkan relay untuk bekerja

T<sub>m</sub> = waktu yang didapatkan dari kurva karakteristik relay dengan harga TMS=10 dan mempergunakan nilai ekivalen PMS untuk arus gangguan maksimum.

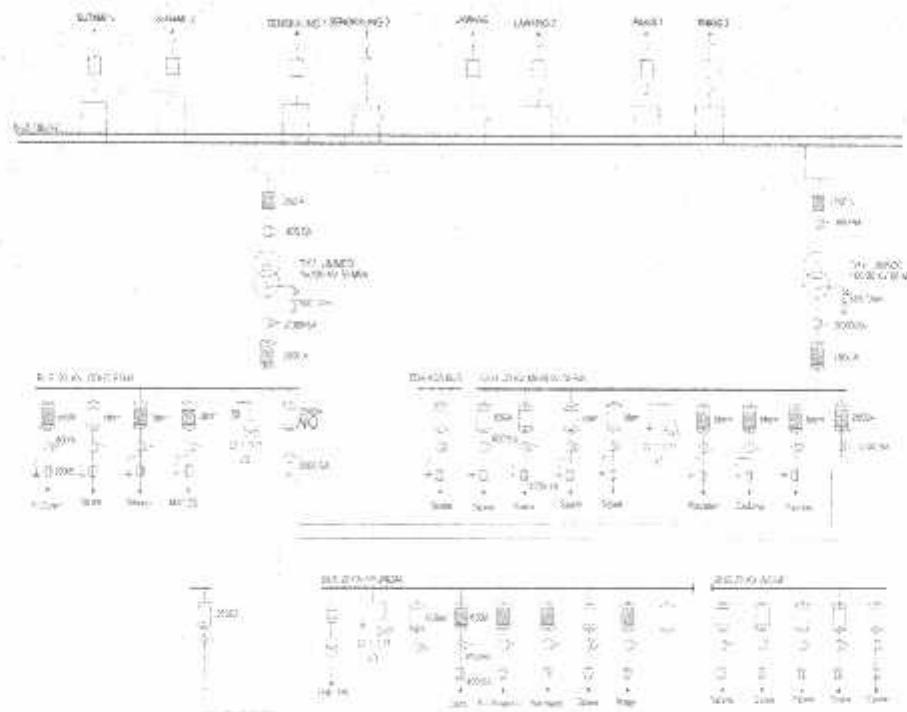
#### b) PSM (Plug Setting Multiplier)

Definisi PSM adalah :

$$PSM = \frac{\text{Arus pada sisi primer}}{\text{Setting arus pada rele } \times \text{ ratio dari CT}}$$

### 3.6 Data Saluran Transmisi 20Kv pda wilayah kerja UPT malang

Pada wilayah kerja UPT malang terdapat beberapa Gardu Induk yang terhubung. Dalam skripsi ini hanya dibahas system penyaluran 20Kv. Adapun system penyaluran 20Kv dapat dilihat dalam single line diagram dibawah ini.



Gambar 3.2 Single line diagram Transmisi 20kv GI Kebonagung

#### 3.6.1 Data seting rele GI Kebonagung

Data berikut merupakan data laporan seting di lapangan sebagai bahan pengujian rele arus lebih.



Tabel 3-1  
Data seting OCR pada GI Kebonagung

Penyulang	I>	t>	I>>	t>>	CT Primer	CT Sekunder	Merk
Karang Duren	4	0.075	320	0	400	5	MCGG-22
Sitirejo	4	0.075	320	0	400	5	MCGG-22
Matos	4	0.075	320	0	400	5	MCGG-22
Klayatan	4	0.050	320	0	400	5	SPAJ 140C
Gadang	4	0.050	320	0	400	5	SPAJ 140C
Pakisaji	4	0.050	320	0	400	5	SPAJ 140C
Janti	4	0.050	320	0	400	5	551
Kol. Sugiono	4	0.050	320	0	400	5	551
Bumiayu	5	0.050	400	0	400	5	551
Wagir	4	0.050	320	0	400	5	551

### 3.7. Dasar Teori Program

#### 3.7.1 Sekilas Tentang ETAP Powerstation

ETAP Powerstation adalah sebuah program untuk menganalisa grafik elektrik. Program ini dapat dioperasikan dengan menggunakan Microsoft Windows 2000, XP, Server 2003. Penggunaan Windows 2000 dan Server 2003 pada program ini memberikan fasilitas yang lebih bagus daripada windows yang lainnya. Seperti analisa jaringan yang lebih intensif, *online monitoring* dan kontrol aplikasinya.

Dengan Powerstation kita dapat bekerja secara langsung dengan *single line diagram* dan *underground cable raceway system*. Program ini didesain berdasarkan tiga konsep berikut:

##### a. *Virtual Reality Operation*

Operasi program ini menyerupai sistem operasi elektrik nyata dan sedekat mungkin. Contohnya ketika kita membuka atau menutup *circuit breaker*, penempatan elemen yang tidak difungsikan atau penggantian status operasi motor.

Elemen yang tenaganya sudah dihilangkan maka sub sistem akan mengindikasikan *single line diagram* dengan warna abu-abu. Konsep baru dari Powerstation ini untuk melindungi secara langsung koordinasi peralatan dari *single line diagram*.

b. *Total Integration of Data.*

Powerstation ini mengkombinasikan semua atribut elemen elektrik, logika, mekanik dan fisik dalam satu database. Contohnya kabel tidak hanya berisi data tetapi juga mewakili alat-alat elektrik itu sendiri, dimensi fisiknya dan juga mengindikasikan informasi yang sudah di atur sesuai jalurnya itu. Selain itu juga data yang berada pada kabel tunggal juga dapat digunakan load flow, analisa hubung singkat.

Powerstation menyediakan bermacam-macam opsi untuk mempresentasikan atau melihat sistem elektrik. Setiap penampilannya disebut dengan presentasi. Lokasi, ukuran, orientasi dan simbol dari setiap elemen bisa erbeda dalam setiap presentasi. *Protective device* dan *relay* bisa diperlihatkan atau disembunyikan dalam setiap presentasi. Ada beberapa prescronsi single line diagram yang menunjukkan beberapa circuit *breaker* yang diperlihatkan dan sisanya disembunyikan.

Kita menyadari bahwa Powrerstation adalah database yang paling sesuai untuk sistem elektrik. Kita dapat mempresentasikan berbagai macam presentasi dari setiap analisa yang berbeda atau tujuan desain yang berbeda.

---

### 3.8. Formulasi penyelesaian

#### 3.8.1. Formulasi masalah optimasi

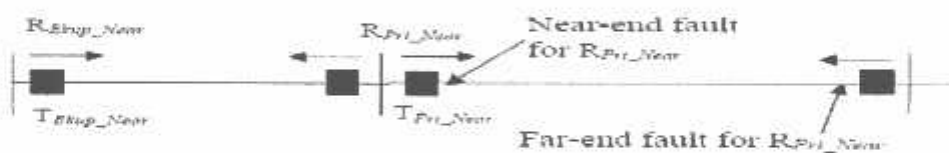
Dalam prosedur normal koordinasi relay menggunakan teknik optimasi. Sebuah fungsi obyektif menekan subyek koordinasi pada semua relay bersamaan dengan perintah operasi. operasi relay menurut waktu operasi, fungsi objektif dan koordinasi performa DOCR yang dijelaskan seperti dibawah ini:

##### a. Perhitungan operasi relay.

Perhitungan standart relay berdasarkan karakteristik DOCR.

$$T = \frac{0.14 * TDS}{(PSM)^{0.02} - 1.0}$$

PSM = plug seting multiplier ialah adalah rasio antara arus yang terlihat yang melewati relay dengan arus seting relay.



Gambar 3.3. diagram batas dekat dan jauh pada seting relay

##### b. Fungsi objektif tradisional

Fungsi objektif biasa untuk koordinasi DOCR adalah penjumlahan dari waktu operasi relay utama yang merespon untuk melokalisir arus gangguan bus jauh. hal ini di sederhanakan menjadi:

$$Z_{obj} = \sum_{i=1}^{N_{Near}} T_{Pri\_Near}^i + \sum_{j=2}^{N_{Far}} T_{Pri\_Far}^j$$

Dimana:

$N_{near}$  = adalah nomor relay yang terdekat dengan gangguan

$N_{far}$  = adalah nomor respon relay yang jauh dari gangguan

$T_{pri\_near}$  = adalah waktu operasi relay utama yang terdekat dengan gangguan

$T_{pri\_far}$  = adalah waktu operasi relai utama yang jauh dari gangguan

c. Koordinasi terkendala normal

- Terkendala selektif

Terkendala ini memaksa membatasi relay cadangan agar tidak bekerja sebelum relay utama bekerja yang biasa di sebut CTI atau (coordination time interval).Terkendala normal adalah menyusun batas terdekat sebaik batas terjauh.Terkendala selektif dapat di dapat dari persamaan:

$$T_{Backup\_Near} \geq T_{Pri\_Near} + CTI$$

Dimana:  $T_{Backup\_near}$  adalah operasi waktu untuk relay cadangan

$T_{pri\_near}$  adalah waktu operasi untuk relay utama

- Terkendala paksaan antara dua seting yang biasa di sebut time dial setting

(TDS) dan seting arus kerja  $I_p$  untuk tiap relay

a.  $TDS_{min} \leq TDS \leq TDS_{max}$

Dimana :  $TDS_{min}$  adalah batas bawah dari TDS

$TDS_{max}$  adalah batas atas dari TDS

b.  $I_{pmin} \leq I_p \leq I_{pmax}$

Dimana :  $I_{pmin}$  adalah batas terendah  $I_p$

$I_{pmax}$  adalah batas tertinggi  $I_p$

- Pengaman utama harus bekerja kurang dari batas waktu maksimum

untuk semua gangguan dan batas minimum untuk gangguan yang di sebabkan gejala transient.

### 3.8.2 Kriteria untuk melemahkan Terkendala selektif

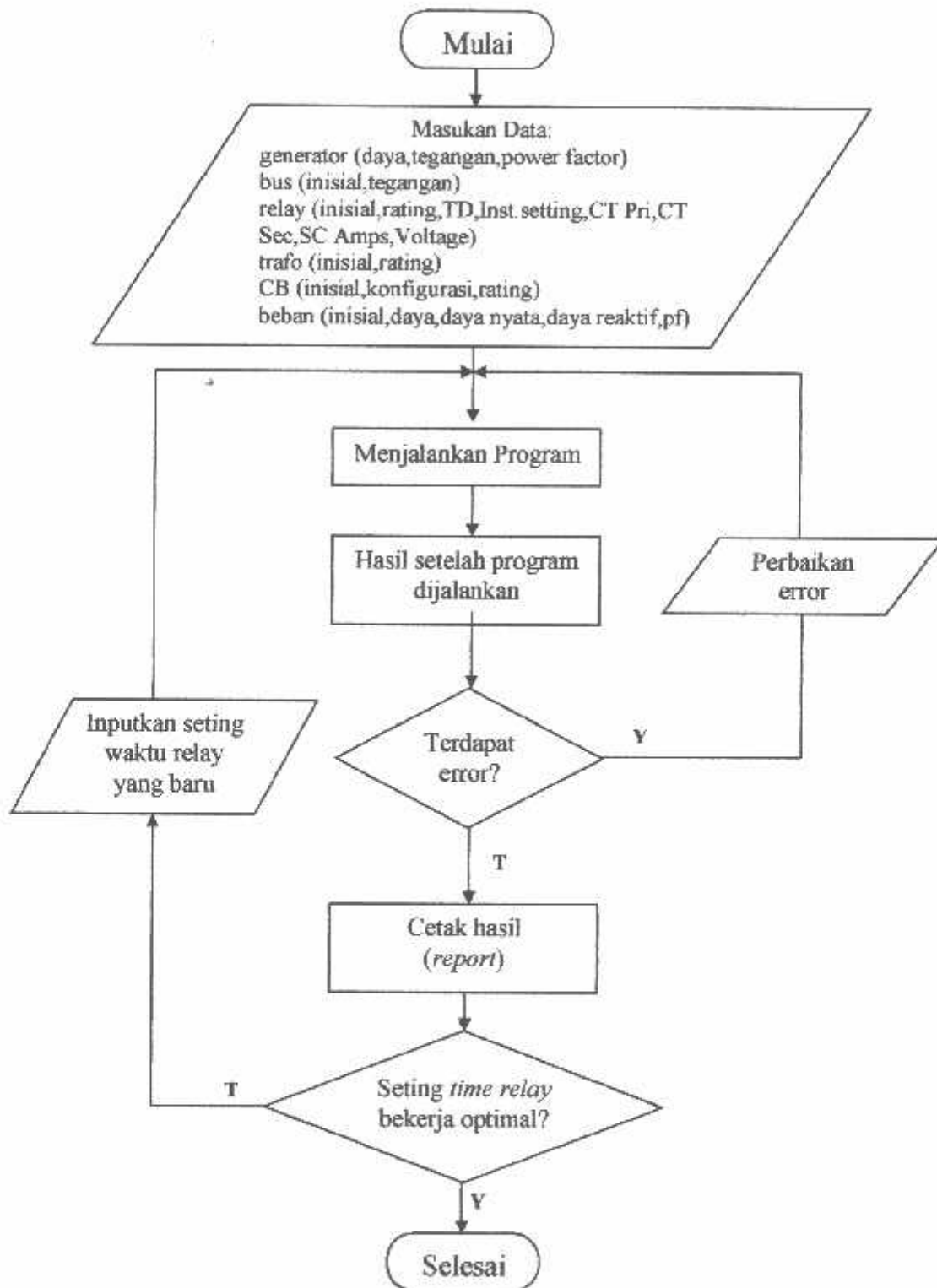
Mengikuti criteria yang di gunakan untuk menekan Terkendala yang tidak perlu untuk menjalankan prosedur optimasi, antara lain:

- 1.2.1 Saat DOCR merasakan arus gangguan, hubungan koordinasi terkendala tidak disertakan dalam langkah optimasi. Kebanyakan terkendala termasuk kategori ini.
- 1.2.2 Saat arah arus gangguan untuk gabungan relay dalam terkendala selektif bertemu; Terkendala gabungan juga dilemahkan. Dalam hal ini Hanya beberapa terkendala dilemahkan.

## 3.9 ALOGARITMA PENYELESAIAN MASALAH

1. Mulai
  2. Pemodelan *one line diagram*
  3. Inputkan data Generator, Bus, Relay, Trafo, CB, Beban.
  4. Menjalankan program
  5. Hasil setelah menjalankan program
  6. Bila terdapat error lanjutkan ke langkah berikutnya, jika tidak melakukan perbaikan error dan kembali ke proses 4
  7. Cetak hasil menjalankan program
  8. Bila *setting time relay* optimal lanjutkan ke langkah berikutnya, bila tidak inputkan *setting time relay* baru dan kembali ke proses 4
  9. Program selesai dijalankan.
-

## 3.10 ALOGARITMA PENYELESAIAN MASALAH



## BAB IV

### ANALISA KOORDINASI SETTING WAKTU RELAY ARUS LEBIH

#### 4.1. Program Komputer Penentuan setting waktu pada relay arus lebih menggunakan *software* ETAP Powerstation

Dalam memilih suatu metode solusi untuk aplikasi praktis itu memerlukan analisa yang dicerminkan atas kelebihan-kelebihan dan kekurangan-kekurangan dari metode yang ada. Untuk solusi dari permasalahan diatas maka digunakan simulasi perangkat lunak ETAP Powerstation dalam mengoptimalisasi dalam masalah penentuan seting waktu relay arus lebih (over current relay).

Dalam perhitungan analisis penentuan waktu setting OCR (Over Current Relay) disini menggunakan program komputer. Pada prinsipnya penggunaan program komputer yang dapat menganalisis sebuah jaringan distribusi dengan jumlah cabang atau jumlah bus yang tidak terbatas, maka hal ini menyangkut masalah perangkat komputer seperti Memori, Prosesor, Vga yang berada dalam computer yang digunakan.

Sistem Transmisi yang dianalisis yaitu sistem distribusi 20kV yang berada di wilayah kerja UPT Malang. Dalam melakukan analisis membutuhkan riil, diantaranya data single line diagram sistem 20kV serta daftar setelan relay dan penghantar sistem 20 kV. Arus hubung singkat maksimum saluran 20kV, laporan bulanan pembebanan transmisi, laporan beban puncak trafo di gardu induk, dan daftar setelan relay trafo tenaga.

---

#### 4.2. Data

Data analisis ini digunakan data saluran sub transmisi 20Kv. Data yang diperoleh dari PT. PLN (Persero) APD Surabaya.

Untuk menyelesaikan perhitungan setting relay time arus lebih terlebih dahulu ditetapkan *single line* diagram yang akan di analisis. *Single line* dapat dilihat pada lempiran, agar memudahkan perhitungan, maka digunakan sistem per-unit (pu), dimana dasar yang digunakan :

- Tegangan dasar 20 kV
- Daya dasar 100 MVA

#### 4.3. Data Saluran

Jaringan Transmisi 20kV menggunakan saluran kabel udara dengan spesifikasi seperti pada tabel 4-1.

**Tabel 4-1**

**Data Spesifikasi Saluran transmisi 20kV**

Jenis Konduktor	Penampang Nominal (mm)	Impedansi Saluran ( $\Omega/\text{km}$ )	Kuat Hantar Arus (A)
ACSR	300	0.2175+j0.3871	300

Sumber : PT. PLN (Persero) UPI Malang Area pelayanan Transmisi Malang

#### 4.4. Analisa Perhitungan

Perhitungan analisis seting waktu relay arus lebih diawali dengan melakukan studi perhitungan impedansi penghantar setelah itu dilanjutkan dengan perhitungan arus gangguan yang terjadi dalam sistem. Studi perhitungan arus



gangguan ini digunakan untuk menentukan besar arus yang melewati penghantar dan menentukan seting waktu yang dibutuhkan CB yang terdekat dengan gangguan untuk bekerja memutus aliran arus.

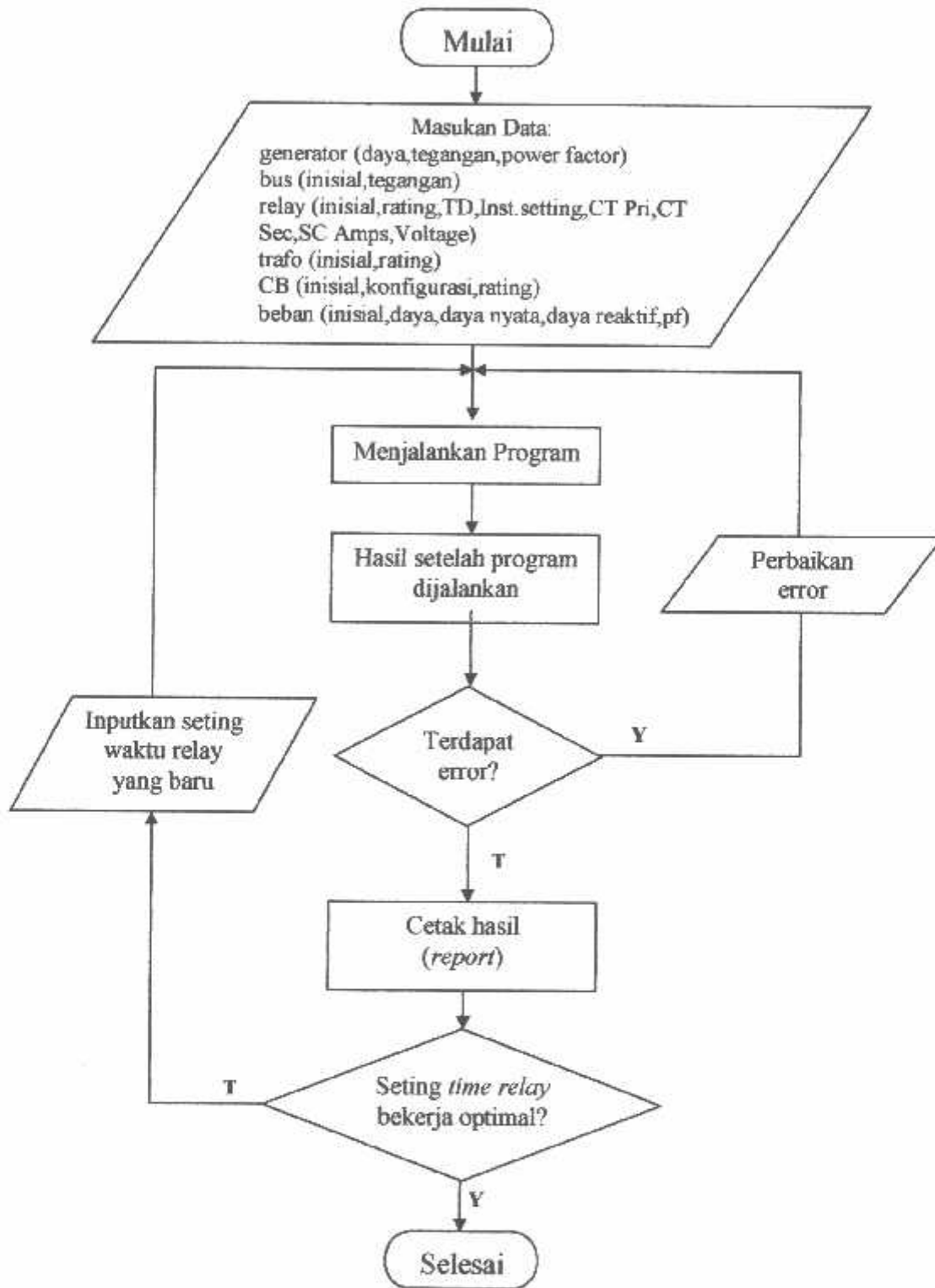
Perhitungan diawali dengan menampilkan single line diagram dari sistem transmisi yang mewakili keadaan sistem yang sesungguhnya. Dengan mengacu pada gambar single line diagram system distribusi, maka dapat diperoleh hasil arus hubung singkat seperti pada table 4-2 dibawah ini

#### **4.5. Algoritma Program**

##### **4.5.1. Algoritma Penyelesaian Masalah**

1. Mulai
  2. Pemodelan *single line diagram*
  3. Inputkan data Generator, Bus, Relay, Trafo, CB, Beban.
  4. Menjalankan program
  5. Hasil setelah menjalankan program
  6. Bila terdapat gangguan lanjutkan ke langkah berikutnya, jika tidak melakukan penempatan gangguan dan kembali ke proses 4
  7. Cetak hasil (*report*)
  8. Program selesai dijalankan.
-

## 4.5.2. Flowchart

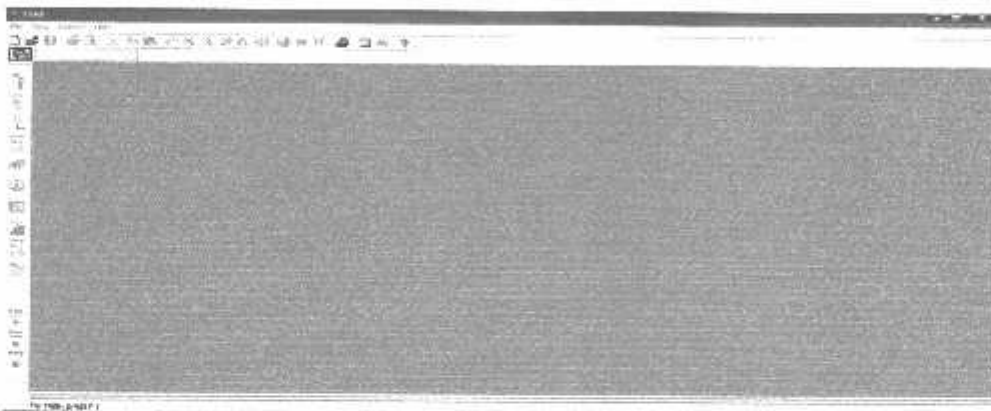


## 4.6. Hasil dan Analisis Hasil

### 4.6.1 Tampilan Program ETAP Powerstation

Analisa dalam skripsi ini dijalankan dengan menggunakan perangkat lunak ETAP Powerstation dan diaplikasikan komputer Intel Pentium IV dengan processor 2.0 GHz dengan memori 512 Mb. Mengenai jalannya program ikut prosedur program berikut ini :

#### 1. Tampilan utama dari program.



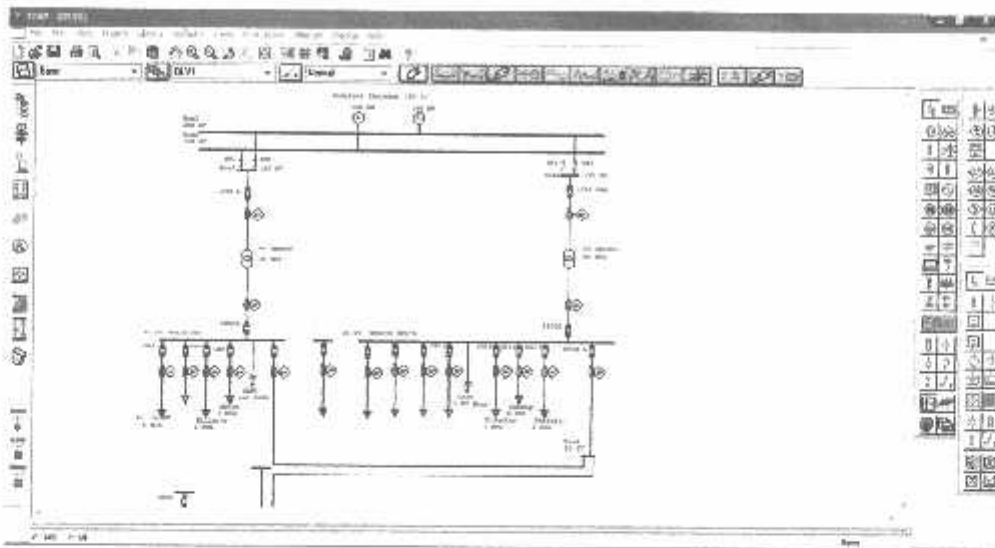
Gambar 4-1. Tampilan Program Utama

#### 2. Tekan tombol *Open* untuk membuka file yang sudah tersimpan.



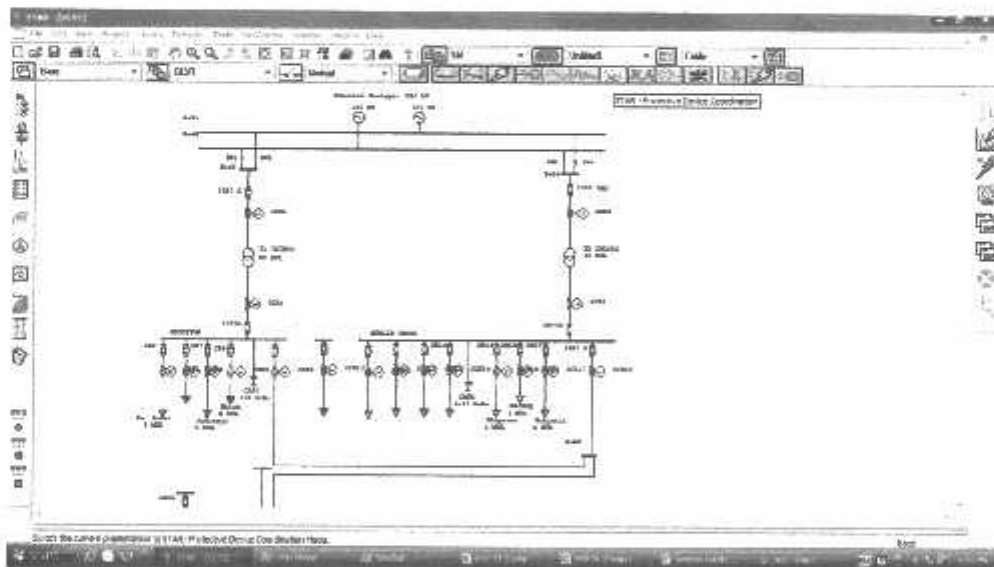
Gambar 4-2. Tampilan menu *Open*

### 3. Tampilan single line diagram pada program ETAP Powerstation



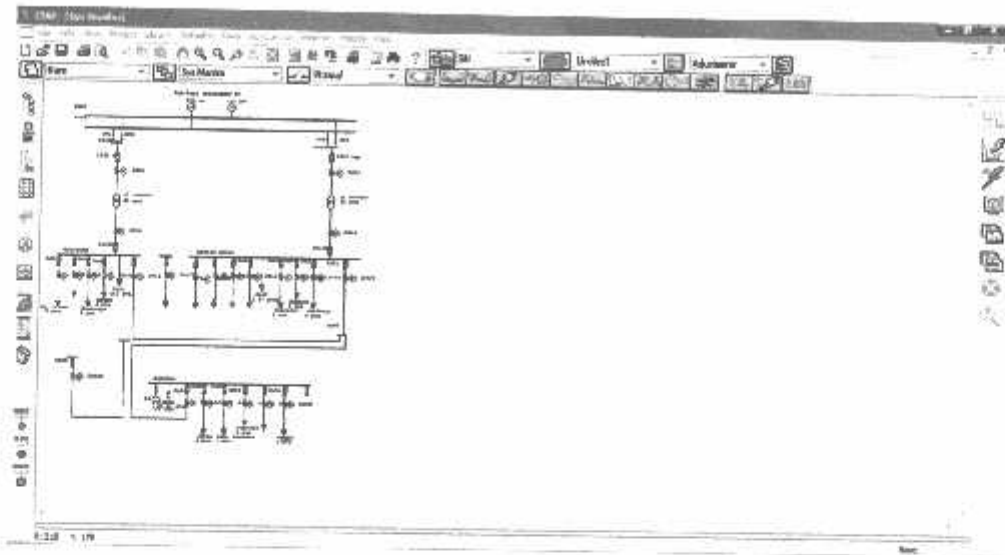
Gambar 4-3. Tampilan *Single Line Diagram*

### 4. Gerakan *cursor* ke menu tap *Protective Device Coordination*



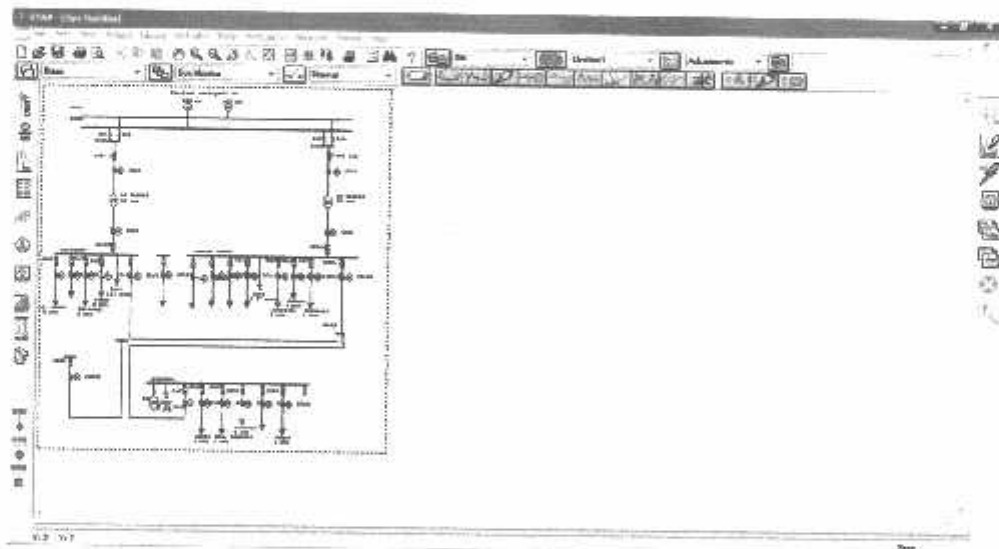
Gambar 4-4. Tampilan tab *Protective Device Coordination*

5. Tampilan single line diagram pada area kerja *Protective Device Coordination*.



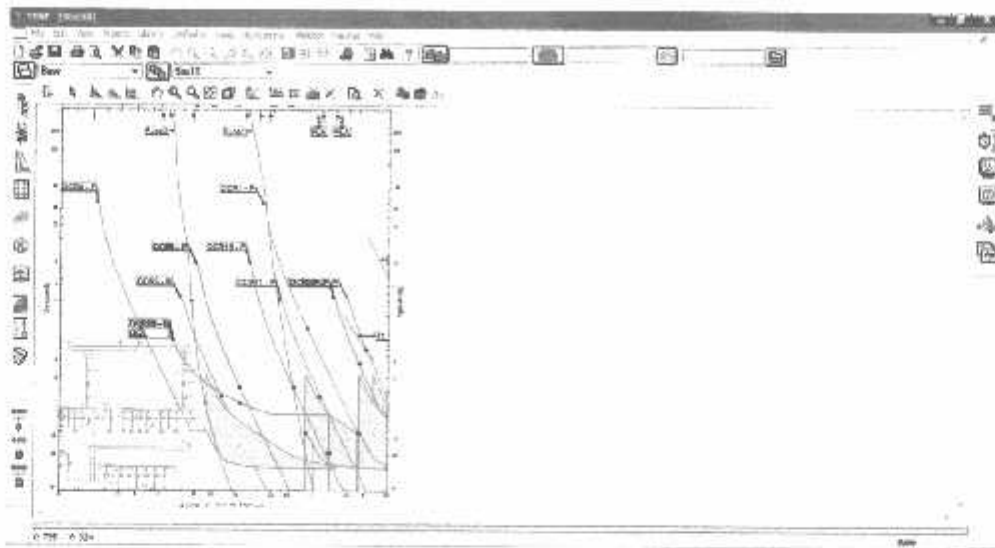
Gambar 4-5. Tampilan area kerja *Protective Device Coordination*.

6. Tampilan single line diagram pada area kerja *Protective Device Coordination*.



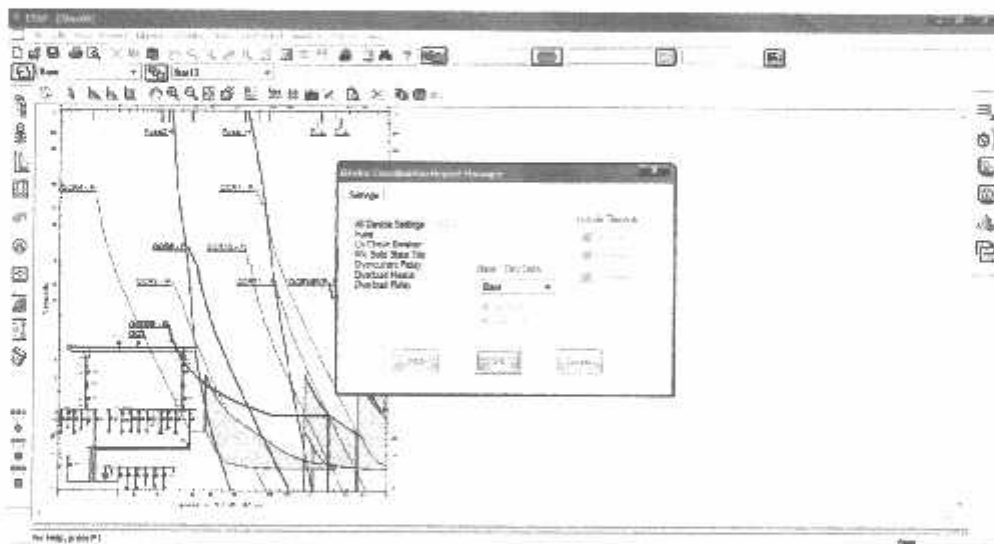
Gambar 4-6. Tampilan area kerja *Protective Device Coordination* dengan menu *Run*

## 7. Tampilan hasil *running singleline diagram Protective Device Coordination*



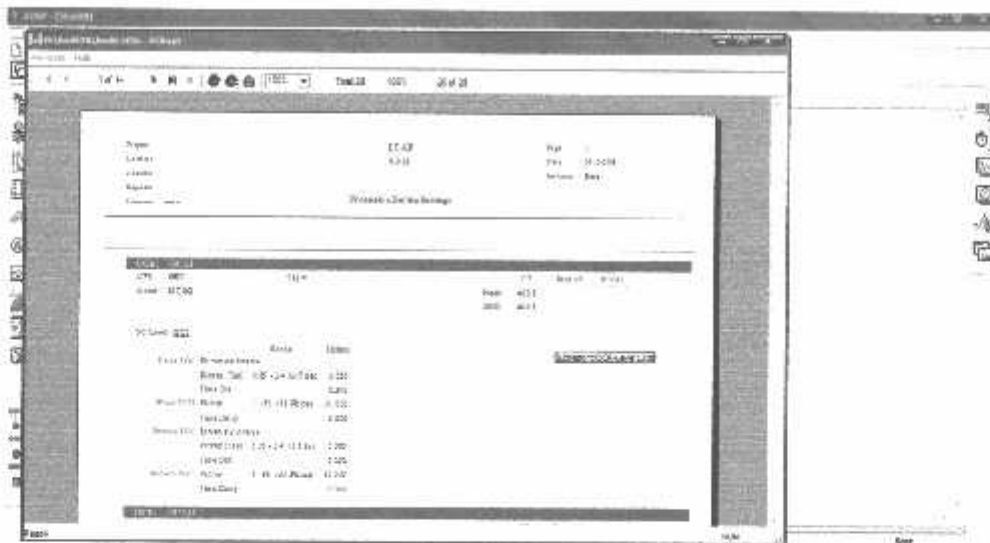
Gambar 4-7. Tampilan hasil *running single line*

## 8. Tampilan *Device Coordination Report Manager*



Gambar 4-8. Tampilan menu untuk menampilkan *report*

## 9. Tampilan Report Protective Device Settings



Gambar 4-8. Tampilan report hasil *running*

### 4.6.2. Data seting OCR

Tabel 4-2  
Nilai TDS dan Ip

DATA SETING OCR			
Penyulang	TDS	Ip	Opr time
Karangduren	0.050	320	0.00
Sitirejo	0.050	320	0.00
Matos	0.050	320	0.00
Janti	0.050	320	0.125
Kol.Sugiono	0.050	320	0.125
Bumiayu	0.050	400	0.125
Wagir	0.050	320	0.125
Klayatan	0.050	320	0.040
Gadang	0.050	320	0.040
Pakisaji	0.050	320	0.040

#### 4.7 Perbandingan grafik OCR

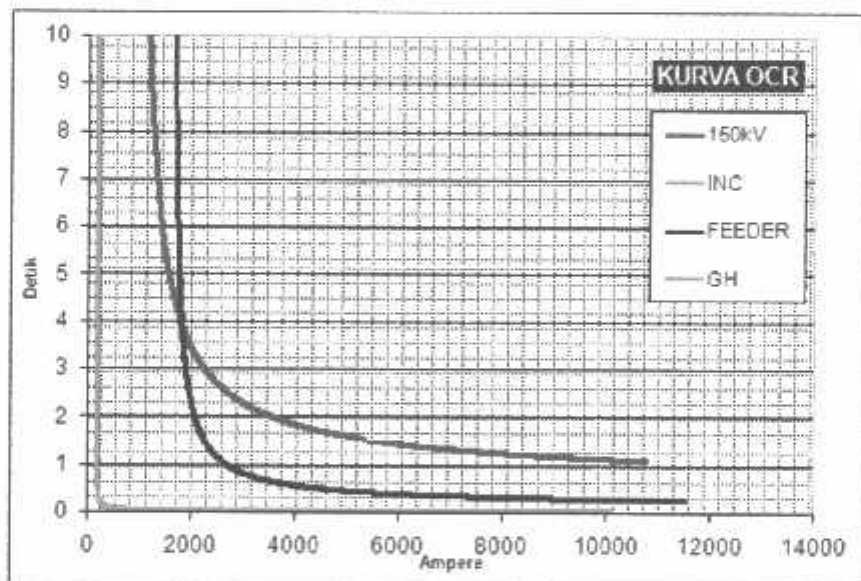
##### 4.7.1. Data Setting OCR Penyulang Blok 1

Berikut merupakan data setting OCR pada penyulang Karang Duren, Sitrejo, Matos yang terhubung pada bus 20Kv bus 20kV Goldstar.

Tabel 4-3  
Data Seting Penyulang Blok 1

	Kr. Duren	Sitrejo	Matos
$\triangleright$	4	4	4
$\triangleright$	0.075	0.075	0.075
$\triangleright$	31	31	31
$\triangleright$	0	0	0
CT PRIMER	400	400	400
CT SEKUNDER	5	5	5
MERK	MCGG-22	MCGG-22	MCGG-22

##### 4.7.2. Grafik Keluaran Hasil Perhitungan



Gambar 4-9. Grafik Hasil Perhitungan Penyulang Blok 1



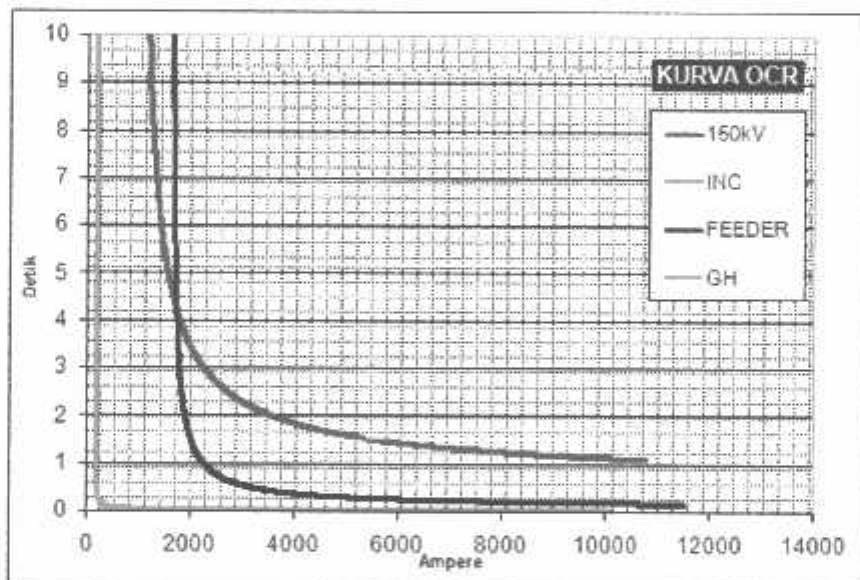
#### 4.7.3. Data Setting OCR Penyulang Blok 2

Berikut merupakan data setting OCR pada penyulang Klayatan, Gadang, Pakisaji yang terhubung pada bus 20Kv bus 20kV Merlin Gerin.

Tabel 4-4  
Data Seting Penyulang Blok 2

	Klayatan	Gadang	Pakisaji
I>	4	4	4
t>	0.05	0.05	0.05
I>>	40	40	40
t>>	0.04	0.04	0.04
CT PRIMER	400	400	400
CT SEKUNDER	5	5	5
MERK	SPAJ-140C	SPAJ-140C	SPAJ-140C

#### 4.7.4. Grafik Keluaran Hasil Perhitungan



Gambar 4-10. Grafik Hasil Perhitungan Penyulang Blok 2

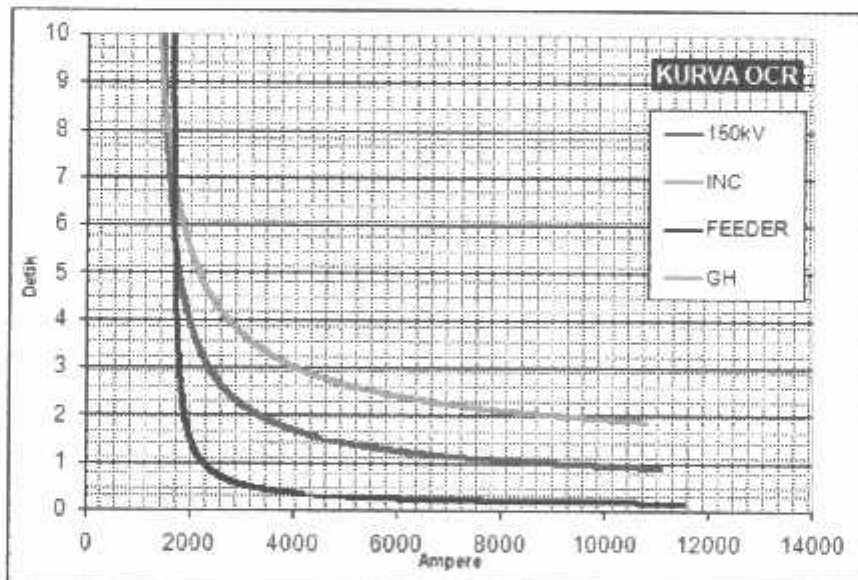
#### 4.7.5. Data Setting OCR Penyulang Blok 3

Berikut merupakan data setting OCR pada penyulang Janti, Kolonel Sugiono, Bumiayu, Wagir yang terhubung pada bus 20Kv Hyundai.

Tabel 4-5  
Data Seting Penyulang Blok 2

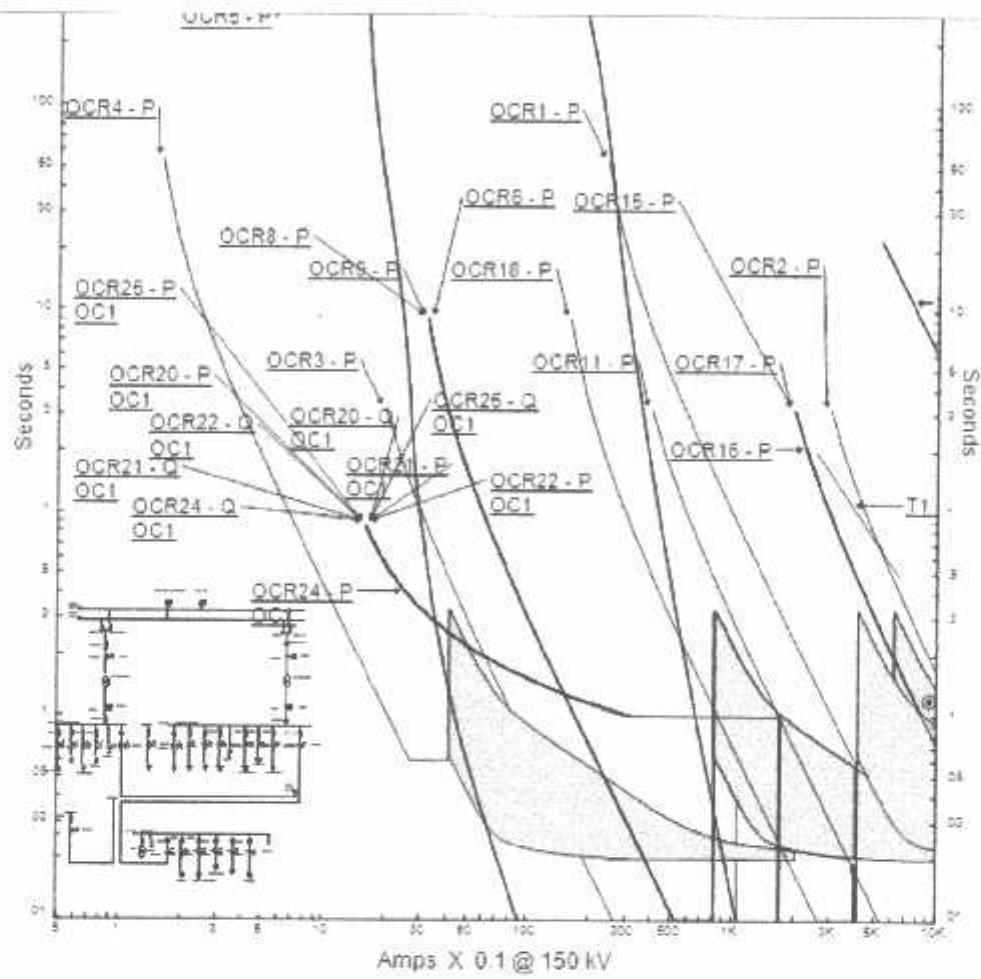
	Janti	Kol.Sugiono	Bumiayu	Wagir
$t_{D}$	4	4	5	4
$t_{D}$	0.05	0.05	0.05	0.05
$I_{D>>}$	12	12	15	12
$t_{D>>}$	16	16	16	16
$I_{O>}$	2	2	2	2
$t_{D}$	1	1	1	1
$I_{O>>}$	0	0	0	0
$t_{O>>}$	0	0	0	0
CT PRIMER	400	400	400	400
CT SEKUNDER	5	5	5	5
In RELE	5	5	5	5
MERK	SEL-551	SEL-551	SEL-551	SEL-551

#### 4.7.6. Grafik Keluaran Hasil Perhitungan



Gambar 4-11. Grafik Hasil Perhitungan Penyulang Blok 3

#### 4.7.7. Grafik Keluaran ETAP Powerstation



Gambar 4-11. Grafik Hasil ETAP Powerstation

## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Setelah dilakukan analisis mengenai penentuan setting time overcurrent relay yang optimal pada system distribusi 20 kV dengan menggunakan simulasi perangkat lunak ETAP Powerstation, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil analisa simulasi program ETAP pada data perhitungan dengan simulasi program ETAP menghasilkan grafik waktu trip terhadap penyulang yang terhubung radial akibat hubungan arus singkat.
  2. Dari data grafik hasil perhitungan dapat diketahui bahwa nilai seting TDS pada GI Kebonagung saluran distribusi 20 kV yang meliputi koordinasi penyulang pada GI Kebonagung seting rele pada OCR5,OCR7,OCR8 pada titik awal menghasilkan waktu trip 0.0106 detik pada arus 52,204 A, pada titik perpotongan waktu trip 0.229 detik pada arus 11,216 A, dan pada titik akhir waktu trip 8,971 detik pada arus 3.146 A. Kemudian pada OCR15, OCR 16, OCR 17 pada titik awal menunjukkan waktu trip 0,0757 pada arus 979.705, pada titik perpotongan menunjukkan waktu trip 0,499 detik pada arus 422,666 A, kemudian pada titik puncak menunjukkan waktu trip 3.154 detik pada arus 197.933 A. Sedangkan pada OCR20, OCR 21, OCR 22, OCR 24 pada titik awal menunjukkan waktu trip 0,0106 pada arus 171,469 A, pada titik puncak instanous waktu trip 0.105 detik pada arus 164.579 A, pada titik perpotongan waktu trip 0,14 detik pada 11.448 A.
-

3. Jadi dapat kita ketahui terdapat selisih *operating time* pada penyulang dari Tabel 4-2 dengan grafik *result ETAP Powerstation*. Pada penyulang Karangduren, Sitirejo, Matos - 0.0106 detik, Janti, Kolonel Sugiono, Bumiayu, Wagir -0.015. Pada penyulang Klayatan, Gadang, Pakisaji -0.459.

## 5.2. Saran

Perhitungan time setting relay menggunakan simulasi perangkat lunak ETAP Powerstation dapat di gunakan dalam menentukan setting time yang optimal baik untuk relay utama maupun relay Bantu atau Backup.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Dinesh Birla, Rudha Prakash Maheshwari, Hari Om Guptha, Kusum Deep, Manoj Takur,  
*"A Population Based Heuristic Algorithm For Optimal Relay Operating Times"*  
world journal of modeling and simulation , volume 2, issue 1 2006
  - [2]. Hasan Basri, Ir "Sistem Distribusi Tenaga Listrik", Balai Penerbit dan Humas IST Bumi Srengsreng Indah P. Minggu, Jakarta Selatan, 1996.
  - [3]. Ir. Djiteng Marsudi, *"Operasi Sistem Tenaga Listrik"*, Balai Penerbit dan Humas ISTN, 1990
  - [4]. Stevenson Jr., William, *"Analisa Sistem Tenaga "*, Erlangga Edisi ke-4, 1996.
  - [5]. AS Pabla *"Sistem Distribusi Daya Listrik " Punjab State Electricity Board Chandigarh*, Penerbit Erlangga Jakarta 10420
  - [6] A Arismunandar. Dr, "Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik jilid II" ITB ,1982
  - [7] C. Russel Mason, "The art & science of protective relaying" GE electric 2002
  - [8] "Pelatihan Koordinasi" PT PLN Persero unit pendidikan dan pelatihan pandaan
  - [9] C. Russel Mason, " Network protection and automation guide" GE electric 2003
-



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) 563015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417634 Malang

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama Mahasiswa : ANDITYA EKA RAHMA  
N.I.M. : 01.12.023  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik  
Judul Skripsi : ANALISA KOORDINASI SETTING TIME RELAY  
ARUS LEBIH DENGAN MENGGUNAKAN SIMULASI  
PERANGKAT LUNAK *ETAP POWERSTATION* PADA  
SALURAN DISTRIBUSI 20 kV DI GI KEBONAGUNG

Dipertahankan Dihadapan Tim Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) Pada :

Hari : Rabu

Tanggal : 07 Oktober 2009

Dengan Nilai : 74.90 *By*

**Mengetahui**

**Ketua**

**Sekretaris**

( Ir. H. Sidik Noertjahjono, MT )  
NIP. Y. 102 870 0163

( Ir. F. Yudi Limpraptono, MT )  
NIP. Y. 103 950 0274 *By*

**Anggota Penguji**

**Penguji I**

( Irrine Budi S., ST, MT )  
NIP. 197706152005012002

**Penguji II**

( Ir. M. Abdul Hamid, MT )  
NIP. Y. 101 880 0188



### FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : ANDITYA EKA RAHMA  
Nim : 01.12.023  
Masa Bimbingan : 14 FEBRUARI 2009 s/d 14 AGUSTUS 2009  
Judul Skripsi : ANALISA KOORDINASI SETTING TIME RELAY

**ARUS LEBIH DENGAN MENGGUNAKAN SIMULASI  
PERANGKAT LUNAK ETAP POWERSTATION PADA  
SALURAN DISTRIBUSI 20 kV DI GI KEBON AGUNG**

No.	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	03/06 '09	Konsultasi Bab I, II, III	
2	04/06 '09	Revisi Flowchart	
3	28/09 '09	Konsultasi Bab IV dan V	
4	28/09 '09	Revisi Kesimpulan	
5	01/10 '09	Ace Seminar Hasil	
6	06/10 '09	Ace Ujian Skripsi	
7			
8			
9			
10			

Malang, 2009  
Dosen Pembimbing

Ir. Taufik Hidayat, MT  
NIP.Y. 1018700015





**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL**  
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2  
**MALANG**

Lampiran : 1 (satu) berkas

**Pembimbing Skripsi**

Kepada : Yth. Bapak Ir. Taufik Hidayat, MT.

Dosen Institut Teknologi Nasional

MALANG

Yang bertanda tangan di bawah ini :

**Nama : Anditya Eka Rahma**

**Nim : 01.12.023**

**Jurusan : Teknik Elektro S-1**

**Konsentrasi : Teknik Energi Listrik**

Dengan ini mengajukan permohonan, kiranya Bapak bersedia menjadi Dosen Pembimbing Utama / *Pendamping* \*), untuk penyusunan Skripsi dengan judul (proposal terlampir) :

**ANALISA KOORDINASI SETTING TIME RELAY ARUS LEBIH  
DENGAN MENGGUNAKAN SIMULASI PERANGKAT LUNAK  
ETAP POWERSTATION PADA SALURAN DISTRIBUSI 20kV DI  
GI KEBON AGUNG**

Adapun tugas tersebut sebagai salah satu syarat untuk menempuh Ujian Akhir Sarjana Teknik.

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

Malang, Pebruari 2009

**Ketua  
Jurusan Teknik Elektro S-1**

**Ir. F. Yudi Limpraptono, MT**  
**Nip. 103 950 0274**

Hormat kami,

**Anditya Eka Rahma**

\*) coret yang tidak perlu

Form S-3a



**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL**  
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2  
**MALANG**

---

**PERNYATAAN KESEDIAAN DALAM PEMBIMBINGAN SKRIPSI**

Sesuai permohonan dari mahasiswa :

**Nama : Anditya Eka Rahma**  
**Nim : 01.12.023**  
**Semester : Non Reguler**  
**Jurusan : Teknik Elektro S-1**  
**Konsentrasi : Teknik Energi Listrik**

Dengan ini Menyatakan bersedia Membimbing Skripsi dari mahasiswa tersebut,  
dengan judul :

**ANALISA KOORDINASI SETTING TIME RELAY ARUS LEBIH  
DENGAN MENGGUNAKAN SIMULASI PERANGKAT LUNAK  
ETAP POWERSTATION PADA SALURAN DISTRIBUSI 20kV DI  
GI KEBON AGUNG**

Demikian surat pernyataan ini kami buat agar dipergunakan seperlunya.

Malang, Pebruari 2009

**Kami yang Membuat  
pernyataan**

**Ir. Taufik Hidayat, MT**  
**Nip. Y. 1018700015**

**Catatan :**

Setelah disetujui agar formulir ini  
Diserahkan mahasiswa yang bersangkutan  
Kepada jurusan untuk diproses lebih lanjut



PT. PLN (PERSERO)  
 DISTRIBUSI JAWA TIMUR  
 APD SURABAYA

Gardu Induk : Kebon Agung  
 Penyulang : Karang Duren  
 MV Cell 20 kV : Goldstar  
 Trafo : 5-30MVA  
 Tanggal : 15-Nov-06

**PENGUJIAN RELE  
 ARUS LEBIH ( 51 ) DAN GANGGUAN TANAH ( 67 )**

DATA RELI TERPASANG

	<b>OCR</b>		<b>DGR</b>
Pabrik :	GEC	:	GEC
Type :	MCGG.22	:	KCEU 110
No Seri ( R ) :	004689.E	:	452336.E
No Seri ( T ) :	004660.E	:	
Ratio CT :	400/5	:	200/5.

DATA SETING

I > :	4(320)	A	Io :	2	A
t > (TD) :	0.075-SI	curve	to :	1	sec
I > > :	3 x Is	A	Vo :	5	V
t > > :	Inst	sec	Sudut :	45	deg
Io :		A	Io > > :	5	A
to :		sec	to > > :	5	sec

PENGUJIAN ARUS KERJA

Tap ( A ) %	Phasa	Pick Up	110%	150%	200%	300%	400%	Instant
<b>OCR</b>	R	4.2	5.535	1.325	0.805	0.506	0.136	0.096
	S							
	T	4.2	5.341	1.348	0.786	0.518	0.126	0.096
Earth Fault	Io	5.23	5.084					
Tap ( A ) %		Pick Up	110%	150%	200%			
<b>DGR</b>	Io >	2.05	1.090		1.071			
	Vo	5.09						
	Io > >							
	Sudut Kerja :							

RECLOSER

Pabrik :	GEC	Reclose 1 :	60 detik
Type :	MVIR.51	Reclose 2 :	..... detik
No Seri :	452450 E	Reclaim :	180 detik
		Dioperasikan:	OCR USE / UN USE
			DGR USE / UN USE

CATATAN : .....

Mengetahui

Petugas Penguji

Binuri      Suyanto

**PENGUJIAN RELE  
ARUS LEBIH ( 51 ) DAN GANGGUAN TANAH ( 67 )**

DATA RLE TERPASANG

	<b>OCR</b>		<b>DGR</b>
Pabrik :	GEC	:	GEC
Type :	MCGG.22	:	KCEU 110
No Seri ( R ) :	452141.E	:	452147.E
No Seri ( T ) :	452147.E	:	
Ratio CT :	400/5	:	200/5.

DATA SETING

I > :	4(320)	A	Io :	2	A
t > (TD) :	0.075 SI	curve	to :	1	sec
I > > :	3 x Is	A	Vo :	5	V
t > > :	Inst	sec	Sudut :	45	deg
Io :		A	Io > > :	5	A
to :		sec	to > > :	5	sec

PENGUJIAN ARUS KERJA

Tap ( A ) %	Phasa	Pick Up	110%	150%	200%	300%	400%	Instant
<b>OCR</b>	R	4.2	5.427	1.288	0.779	0.325	0.134	0.083
	S							
	T	4.2	4.546	1.291	0.790	0.510	0.145	0.094
Earth Fault	Io	5.23	5.094					
Tap ( A ) %		Pick Up	110%	150%	200%			
<b>DGR</b>	Io >	2.05	1.096		1.077			
	Vo	5.09						
	Io > >							
	Sudut Kerja :							

RECLOSER

Pabrik :	GEC	Reclose 1 :	60 detik
Type :	MVTR.51	Reclose 2 :	..... detik
No Seri :	452441.E	Reclaim :	180 detik
		Dioperasikan:	OCR USE / UN USE DGR USE / UN USE

CATATAN

.....

Mengetahui

Petugas Penguji

.....

Binuri      Suyanto

PT. PLN (PERSERO)  
DISTRIBUSI JAWA TIMUR  
APD SURABAYA

Gardu Induk : Kebon Agung  
Penyulang : Matos  
MV Cell 20 kV : Goldstar  
Trafo : 5-30MVA  
Tanggal : 15-Nov-06

**PENGUJIAN RELE  
ARUS LEBIH ( 51 ) DAN GANGGUAN TANAH ( 67 )**

DATA RELE TERPASANG

<b>OCR</b>		<b>DGR</b>	
Pabrik :	GEC	:	GEC
Type :	MCGG.22	:	KCEU 110
No Seri ( R ):	452107.E	:	452360.E
No Seri ( T ):	452097.E	:	
Ratio CT :	400/5.	:	200/5.

DATA SETING

I > :	4(320)	A	I <sub>o</sub> :	2	A
t > (TD) :	0.075 St	curve	t <sub>o</sub> :	1	sec
I > > :	3 x I <sub>s</sub>	A	V <sub>o</sub> :	5	V
t > > :	Inst	sec	Sudut :	45	deg
I <sub>o</sub> :		A	I <sub>o</sub> > > :	5	A
t <sub>o</sub> :		sec	t <sub>o</sub> > > :	5	sec

PENGUJIAN ARUS KERJA

Tap ( A ) %	Phasa	Pick Up	110%	150%	200%	300%	400%	Instant
<b>OCR</b>	R	4.24	5.607	1.292	0.809	0.508	0.135	0.095
	S							
	T	4.26	5.214	1.336	0.786	0.515	0.134	0.093
<b>Earth Fault</b>	I <sub>o</sub>	5.23	5.206					
Tap ( A ) %		Pick Up	110%	150%	200%			
<b>DGR</b>	I <sub>o</sub> >	2.07	1.084		1.082			
	V <sub>o</sub>	5.09						
	I <sub>o</sub> > >							
	Sudut Kerja :							

RECLOSER

Pabrik :	GEC	Reclose 1 :	60 detik
Type :	MVTR.51	Reclose 2 :	..... detik
No Seri :	452466.E	Reclaim :	180 detik
		Dioperasikan:	OCR USE / UN USE DGR USE / UN USE

CATATAN : .....

Mengetahui

Petugas Penguji

Binuri      Suyanto

PT. PLN (PERSERO)  
DISTRIBUSI JAWA TIMUR  
APD SURABAYA

Gardu Induk : Kebon Agung  
Penyulang : Klayatan  
MV Cell 20 kV : Merlin gerin  
Trafo : 4-60MVA  
Tanggal : 14-Nov-06

**PENGUJIAN RELE  
ARUS LEBIH ( 51 ) DAN GANGGUAN TANAH ( 67 )**

DATA RELE TLRPASANG

	<b>OCR</b>		<b>DGR</b>
Pabrik :	ABB	:	ABB
Type :	SPAJ 140C	:	SPAS 120C
No Seri ( R ):	14588	:	503935
No Seri ( T ):		:	
Ratio CT :	400/5.	:	400/5.

DATA SETING

I >	4(320)	A	Io	2	A
t > (TD)	0.05 SI	curve	to	1	sec
I > >	3 x Is	A	Vo	5	V
t > >	Inst	sec	Sudut	-	deg
Io		A	Io > >	-	A
to		sec	to > >	-	sec

PENGUJIAN ARTIS KERJA

Tap ( A ) %	Phasa	Pick Up	110%	150%	200%	300%	400%	Instant
<b>OCR</b>	R	4.01	3.062	0.847	0.506	0.043		
	S							
	T	4.05	3.072	0.866	0.499	0.05		
Earth Fault	Io							
Tap ( A ) %		Pick Up	110%	150%	200%			
<b>DGR</b>	Io >	2.09	0.204		0.122			
	Vo	5.0						
	Io > >							
	Sudut Kerja :							

RECLOSER

Pabrik :	NISSIN	Reclose 1 :	60... detik
Type :	SRR-Z	Reclose 2 :	..... detik
No Seri :	553487	Reclaim :	180... detik
		Dioperasikan:	OCR USE / UN USE DGR USE / UN USE

CATATAN

Mengetahui

Petugas Penguji

Binuri

Suyanto

**PENGUJIAN RELE  
ARUS LEBIH ( 51 ) DAN GANGGUAN TANAH ( 67 )**

DATA RELE TERPASANG

<b>OCR</b>	<b>DGR</b>
Pabrik : ABB	: ABB
Type : SPAJ 140C	: SPAS 120C
No Seri ( R ) : -	: -
No Seri ( T ) : -	: -
Ratio CT : 400/5	: 400/5

DATA SETING

I > : 4(320)	A	Io : 2	A	
t > (TD) : 0.05 SI	curve	to : 1	sec	
I >> : 3 x Is	A	Vo : 5	V	
t >> : Inst	sec	Sudut : -	deg	
Io : -	A	Io >> : -	A	
to : -	sec	to >> : -	sec	

PENGUJIAN ARUS KERJA

Tap ( A ) %	Phasa	Pick Up	110%	150%	200%	300%	400%	Instant
<b>OCR</b>	R	4.01	3.081	0.837	0.502	0.031		
	S							
	T	4.01	3.072	0.844	0.499	0.030		
Earth Fault	Io							
Tap ( A ) %		Pick Up	110%	150%	200%			
<b>DGR</b>	Io >	2.09	0.204		0.122			
	Vo	5.0						
	Io >>							
	Sudut Kerja :							

RECLOSER

Pabrik : NISSIN	Reclose 1 : 60 detik
Type : SRR-Z	Reclose 2 : ..... detik
No Seri : -	Reclaim : 180 detik
	Dioperasikan: OCR USE / UN USE
	DGR USE / UN USE

CATATAN : .....

Mengetahui

Petugas Penguji

Binuri                      Suyanto



**PENGUJIAN RELE  
ARUS LEBIH ( 51 ) DAN GANGGUAN TANAH ( 67 )**

DATA RELE TLRPASANG

<b>OCR</b>	<b>DGR</b>
Pabrik : ABB	: ABB
Type : SPAJ 140C	: SPAS 120C
No Seri ( R ): -	:
No Seri ( T ): -	:
Ratio CT : 400/5	: 400/5

DATA SETING

I > : 4(320)	A	Io : 2	A
t > (TD) : 0.05 SI	curve	to : 1	sec
I >> : 3 x Is	A	Vo : 5	V
t >> : Inst	sec	Sudut : -	deg
Io : -	A	Io >> : -	A
to : -	sec	to >> : -	sec

PENCUIJIAN ARUS KERJA

Tap ( A ) %	Phasa	Pick Up	110%	150%	200%	300%	400%	Instant
<b>OCR</b>	R	4.01	3.073	0.847	0.503	0.040		
	S							
	T	4.01	3.070	0.850	0.500	0.030		
Earth Fault	Io							
Tap ( A ) %		Pick Up	110%	150%	200%			
<b>DGR</b>	Io >	2.09	0.204		0.122			
	Vo	5.0						
	Io >>							
	Sudut Kerja :							

RECLOSER

Pabrik : NISSIN	Reclose 1 : 60 detik
Type : SRR-2	Reclose 2 : ..... detik
No Seri : -	Reclaim : 180 detik
	Dioperasikan: OCR USE / UN USE
	DGR USE / UN USE

CATATAN : .....

Mengetahui

Petugas Penguji

Binuri

Suyanto

**PENGUJIAN RELE  
ARUS LEBIH ( 51 ) DAN GANGGUAN TANAH ( 67 )**

DATA RELE TERPASANG

OCR		DGR	
Pabrik :	SEL	:	GEC
Type :	551	:	EGR-EC
No Seri ( R ):		:	503933
No Seri ( T ):		:	
Ratio CT :	400/5	:	400/5.

DATA SETING

I >	4(320)	A	I <sub>o</sub>	2	A
t > (TD)	0.05 SI	curve	to	1	sec
I > >	3 x I <sub>s</sub>	A	V <sub>o</sub>	5	V
t > >	Inst	sec	Sudut		deg
I <sub>o</sub>		A	I <sub>o</sub> > >		A
to		sec	to > >		sec

PENGUJIAN ARUS KERJA

Tap ( A ) %	Phasa	Pick Up	110%	150%	200%	300%	400%	Instant
OCR	R	4.01	3.115	0.852	0.509	0.036		
	S							
	T	4.01	2.870	0.839	0.505	0.030		
Earth Fault	I <sub>o</sub>							
Tap ( A ) %		Pick Up	110%	150%	200%			
DGR	I <sub>o</sub> >	2.0	0.196		0.116			
	V <sub>o</sub>	5.0						
	I <sub>o</sub> > >							
	Sudut Kerja							

RECLOSER

Pabrik :	SEL	Reclose 1 :	60 detik
Type :	551	Reclose 2 :	..... detik
No Seri :		Reclaim :	180 detik
		Dioperasikan:	OCR USE / UN USE DGR USE / UN USE

CATATAN : .....

Mengetahui

Petugas Penguji

Binuri

Suyanto

**PENGUJIAN RELE  
ARUS LEBIH ( 51 ) DAN GANGGUAN TANAH ( 67 )**

DATA RELE TERPASANG

<b>OCR</b>		<b>DGR</b>	
Pabrik :	SEL	:	NISSIN
Type :	551	:	EGR-EC
No Seri ( R ):		:	503935
No Seri ( T ):		:	
Ratio CT :	400/5	:	400/5

DATA SETING

I >	: 4(320)	A	Io	: 2	A
t > (TD)	: 0.05 SI	curve	to	: 1	sec
I >>	: 3 x Is	A	Vo	: 5	V
t >>	: Inst	sec	Sudut	:	deg
Io	:	A	Io >>	:	A
to	:	sec	to >>	:	sec

PENGUJIAN ARUS KERJA

Tap ( A ) %	Phasa	Pick Up	110%	150%	200%	300%	400%	Instant
<b>OCR</b>	R	4.01	3.082	0.847	0.506	0.043		
	S							
	T	4.05	3.072	0.866	0.499	0.051		
<b>Earth Fault</b>	Io							
<b>Tap ( A ) %</b>		<b>Pick Up</b>	<b>110%</b>	<b>150%</b>	<b>200%</b>			
<b>DGR</b>	Io >	2.09	0.204		0.122			
	Vo	5.0						
	Io >>							
	Sudut Kerja :							

RECLOSER

Pabrik :	SEL	Reclose 1 :	60 detik
Type :	551	Reclose 2 :	..... detik
No Seri :		Reclaim :	180 detik
		Dioperasikan:	OCR USE / UN USE DGR USE / UN USE

CATATAN :

Mengetahui

Petugas Penguji

Binuri

Suyanto

PT. PLN (PERSERO)  
DISTRIBUSI JAWA TIMUR  
APD SURABAYA

Gardu Induk : Kebon Agung  
Penyulang : Wagir  
MV Cell 20 kV : Hyundai  
Trafo : 4-60MVA  
Tanggal : 14-Nov-06

**PENGUJIAN RELE  
ARUS LEBIH ( 51 ) DAN GANGGUAN TANAH ( 67 )**

DATA RELE TERPASANG

<b>OCR</b>	<b>DGR</b>
Pabrik : SEL	: NISSIN
Type : 551	: EGR-EC
No Seri ( R ):	: 503939
No Seri ( T ):	:
Ratio CT : 400/5.	: 400/5.

DATA SETING

I > : 4(320) A	Io : 2 A
t > (TD) : 0.05 S curve	to : 1 sec
I > > : 3 x Is A	Vo : 5 V
t > > : Inst sec	Sudut : - deg
Io : A	Io > > : - A
to : sec	to > > : - sec

PENGUJIAN ARUS KERJA

Tap ( A ) %	Phasa	Pick Up	110%	150%	200%	300%	400%	Instant
<b>OCR</b>	R	4.02	3.065	0.826	0.502	0.032		
	S							
	T	4.04	3.061	0.842	0.498	0.034		
Earth Fault	Io							
Tap ( A ) %		Pick Up	110%	150%	200%			
<b>DGR</b>	Io >	2.0	0.176		0.116			
	Vo	5.1						
	Io > >							
	Sudut Kerja :							

RECLOSER

Pabrik : SEL	Reclose 1 : 60 detik
Type : 551	Reclose 2 : ..... detik
No Seri :	Reclaim : 180 detik
	Dioperasikan: OCR USE / UN USE
	DGR USE / UN USE

CATATAN :

Mengetahui

Petugas Penguji

Binuri

Suyanto

PL PLN (PERSERO)  
DISTRIBUSI JAWA TIMUR  
APD SURABAYA

Gardu Induk : Kebon Agung  
Penyulang : Bumiayu  
MV Cell 20 kV : Hyundai  
Trafo : 4-60MVA  
Tanggal : 14-Nov-06

**PENGUJIAN RELE  
ARUS LEBIH ( 51 ) DAN GANGGUAN TANAH ( 67 )**

DATA RELE TERPASANG

<b>OCR</b>		<b>DGR</b>	
Pabrik :	SEL	:	NISSIN
Type :	551	:	EGR-EC
No Seri ( R ) :		:	503937
No Seri ( T ) :		:	
Ratio C.T :	400/5	:	400/5

DATA SETING

I > :	5(400)	A	Io :	2	A
t > (TD) :	0.05 SI	curve	to :	1	sec
I >> :	3 x Is	A	Vo :	5	V
t >> :	Inst	sec	Sudut :	-	deg
Io :		A	Io >> :	-	A
to :		sec	to >> :	-	sec

PENGUJIAN ARUS KERJA

Tap ( A ) %	Phasa	Pick Up	110%	150%	200%	300%	400%	Instant
<b>OCR</b>	R	5.1	3.463	0.885	0.517	0.035		
	S							
	T	5.1	3.115	0.864	0.521	0.040		
Earth Fault	Io							
Tap ( A ) %		Pick Up	110%	150%	200%			
<b>DGR</b>	Io >	2.0	0.188		0.126			
	Vo	5.4						
	Io >>							
	Sudut Kerja :							

RECLOSER

Pabrik :	SEL	Reclose 1 :	60	detik
Type :	551	Reclose 2 :		detik
No Seri :		Reclaim :	160	detik
		Dioperasikan:	OCR	USE / UN USE
			DGR	USE / UN USE

CATATAN : .....

Mengetahui

Petugas Penguji

Binuri      Suyanto

