

# **SKRIPSI**

## **ANALISA OPTIMASI KOORDINASI RELAY ARUS LEBIH MENGUNAKAN METODE NELDER - MEAD SIMPLEX PADA SISTEM INTERKONEKSI SALURAN 70 KV DI UPT MALANG**



**Disusun Oleh :  
DIMAS RISTIYONO BASTIAN  
00.12.088**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK (S-1)**

**NOPEMBER 2008**

NOVEMBER 1968

MANAGEMENT SERVICE CENTER (M-1)  
WISCONSIN DEPARTMENT OF REVENUE  
ADMINISTRATIVE SERVICES DIVISION

NOV 15 1968

STATE OF WISCONSIN

DEPARTMENT OF REVENUE

IN THE MATTER OF

STATE OF WISCONSIN DEPARTMENT OF REVENUE  
ADMINISTRATIVE SERVICES DIVISION - STATE OF WISCONSIN  
ADMINISTRATIVE SERVICES DIVISION

STATE OF WISCONSIN

## LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISA OPTIMASI KOORDINASI RELAY ARUS LEBIH  
MENGUNAKAN METODE NELDER – MEAD SIMPLEX PADA  
SISTEM INTERKONEKSI SALURAN 70 KV DI UPT MALANG**

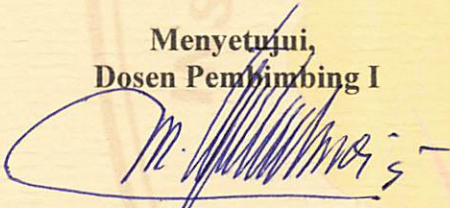
### SKRIPSI

*Disusun Untuk Melengkapi dan Memenuhi Persyaratan  
Guna Mencapai Gelar Sarjana Teknik Elektro Strata Satu (S-1)*

Disusun Oleh :

**DIMAS RISTIYONO BASTIAN  
NIM: 00.12.088**

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing I



**Ir. Teguh Herbasuki, MT**  
NIP.Y.1038900209

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing II



**Irrine Budi S, ST, MT**  
NIP.132314400



Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro

**Ir. F. Yudi Limpraptono, MT**  
NIP.Y.1039500274



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





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

## BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama Mahasiswa : DIMAS RISTIYONO BASTIAN  
N.I.M. : 00.12.088  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik  
Judul Skripsi : ANALISA OPTIMASI KOORDINSI RELAY  
ARUS LEBIH MENGGUNAKAN METODE  
NELDER – MEAD SIMPLEX PADA  
SALURAN INTERKONEKSI SALURAN 70 kV  
DI UPT MALANG

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

Hari : Selasa  
Tanggal : 23 September 2008  
Dengan Nilai : 82.5 (A) *Jf*



Ketua Majelis Penguji

(Ir. Mochtar Asroni, MSME)  
NIP. Y. 101 8100 036

Panitia Ujian Skripsi

Sekretaris Majelis Penguji

(Ir. F. Yudi Limpraptono, MT)  
NIP. Y. 103 9500 274

Anggota Penguji

Penguji Pertama

(Ir. H. Taufik Hidayat, MT)  
NIP. Y. 10187000151

Penguji Kedua

(Bambang Prio H, ST, MT)  
NIP. Y. 1028400082



## ***ABSTRAKSI***

### **ANALISA OPTIMASI KOORDINASI RELAY ARUS LEBIH MENGUNAKAN METODE NELDER – MEAD SIMPLEX PADA SISTEM INTERKONEKSI SALURAN 70 kV DI UPT MALANG**

( Dimas Ristiyono Bastian, NIM 00.12.088, Teknik Elektro / T. Energi Listrik S 1 )  
( Dosen Pembimbing : Ir. Teguh Herbasuki, MT & Irrine Budi S., ST , MT )

**Kata Kunci :** Koordinasi Relay Arus Lebih (OCR), *Time Multiplier Setting (TMS)*,  
*Nelder – Mead Simplex (NMS)*

Tingkat keandalan pada sistem tenaga listrik sangat dipengaruhi oleh koordinasi dari komponen – komponen di dalam sistem tenaga listrik tersebut, salah satunya adalah koordinasi sistem proteksinya. Jika sistem proteksi utama gagal, sistem proteksi cadangan bekerja bertindak sebagai back up di stasiun yang sama atau di saluran yang berdekatan beberapa saat kemudian dengan penundaan menurut persyaratan selektivitas. Koordinasi relay proteksi merupakan salah satu bagian dalam koordinasi sistem proteksi. Salah satu relay proteksi yang digunakan untuk mengamankan suatu saluran adalah relay arus lebih. Koordinasi optimal dari relay arus lebih adalah memperkecil waktu operasi relay dengan tetap tunduk pada batasan koordinasi, lengkung karakteristik relay dan batas dari pengaturan relay. Tujuan dari optimasi koordinasi relay arus lebih adalah untuk mencapai selektivitas tanpa mengorbankan sensitivitas dan waktu pemeriksaan kesalahan serta pengamanan gangguan yang cepat.

Digunakan suatu metode optimisasi nonlinier *Nelder – Mead Simplex* (NMS) untuk memperoleh koordinasi yang optimal dari relay arus lebih dalam sistem tenaga yang terinterkoneksi.

Dari aplikasi metode NMS pada setting waktu koordinasi relay arus lebih pada sistem saluran 70 KV di wilayah kerja UPT Malang diperoleh pengurangan waktu operasi total relay primary sebesar 8.791353 detik dari waktu operasi total relay primary awal sebesar 14.1525 detik menjadi 5.361147 detik setelah optimasi dengan NMS

## **KATA PENGANTAR**

Dengan mengucapkan puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmat dan karunia – Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan dan penyusunan Skripsi ini. Skripsi ini bertujuan untuk memenuhi persyaratan akademik untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di jurusan Teknik Elektro konsentrasi teknik Energi Listrik di Institut Teknologi Nasional Malang.

Atas semua bimbingan, pengarahan, dan bantuan yang telah diberikan sehingga terselesaikanya penyusunan skripsi ini, maka sepatutnya penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Abraham Lomi, MSEE, selaku Rektor ITN Malang
2. Bapak Ir. Mochtar Asroni, MSME, selaku Dekan FTI ITN Malang
3. Bapak Ir. F. Yudi Limpraptono, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S1 ITN Malang
4. Bapak Ir. Yusuf Ismail Nahkoda, MT., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro S 1 ITN Malang
5. Bapak Ir. Teguh Herbasuki, MT., selaku Pembimbing I.
6. Ibu Irrine Budi S., ST, MT., selaku Pembimbing II.

Akhirnya penulis mengharapkan skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi rekan – rekan mahasiswa, khususnya pada jurusan Teknik Elektro S1 konsentrasi Teknik Energi Listrik.

Malang , Nopember 2008

Penyusun

## DAFTAR ISI

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| <b>HALAMAN JUDUL .....</b>      | <b>i</b>   |
| <b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b> | <b>ii</b>  |
| <b>ABSTRAKSI .....</b>          | <b>iii</b> |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>      | <b>iv</b>  |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>          | <b>v</b>   |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>       | <b>x</b>   |
| <b>DAFTAR TABEL.....</b>        | <b>xii</b> |

### **BAB I : PENDAHULUAN**

|   |          |
|---|----------|
| <b>1.1. Latar Belakang .....</b>        | <b>1</b> |
| <b>1.2. Rumusan Masalah .....</b>       | <b>3</b> |
| <b>1.3. Tujuan.....</b>                 | <b>3</b> |
| <b>1.4. Batasan Masalah.....</b>        | <b>4</b> |
| <b>1.5. Metodologi Penelitian .....</b> | <b>4</b> |
| <b>1.6. Sistematika Penulisan.....</b>  | <b>5</b> |



## **BAB II : SISTEM PROTEKSI DAN GANGGUAN PADA SISTEM TENAGA LISTRIK**

|   |    |
|---|----|
| 2.1. Sistem Proteksi.....                             | 7  |
| 2.2. Daerah Pengamanan.....                           | 7  |
| 2.3. Perlindungan Sistem Transmisi.....               | 8  |
| 2.4. Relay Pengaman.....                              | 9  |
| 2.4.1. Fungsi Relay Pengaman.....                     | 10 |
| 2.4.2. Syarat-Syarat Relay Pengaman.....              | 10 |
| 2.4.3. Elemen Dasar Relay Pengaman.....               | 12 |
| 2.4.5. Klasifikasi Relay.....                         | 13 |
| 2.5. Perlindungan Saluran Subtransmisi.....           | 15 |
| 2.6. Gangguan pada sistem tenaga listrik.....         | 18 |
| 2.6.1. Jenis Gangguan Dalam Sistem Tiga Fasa.....     | 18 |
| 2.6.2. Gangguan Hubung Singkat.....                   | 19 |
| 2.6.3. Gangguan Hubung Singkat 3 - Fasa Ke Tanah..... | 20 |
| 2.6.4. Gangguan Hubung Singkat 1 - Fasa Ke Tanah..... | 21 |
| 2.6.5. Gangguan Hubung Singkat Fasa Ke Fasa.....      | 23 |
| 2.6.6. Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa Ke Tanah..... | 25 |
| 2.7. Analisa Gangguan Hubung Singkat.....             | 28 |
| 2.8. Sistem Pengamanan Arus Lebih.....                | 30 |
| 2.8.1. Relay Arus Lebih ( <i>OCR</i> ).....           | 30 |
| 2.8.2. Fungsi Relay Arus Lebih ( <i>OCR</i> ).....    | 31 |
| 2.8.3. Prinsip Kerja Relay Arus Lebih.....            | 31 |

|   |    |
|---|----|
| 2.8.5. Jenis-Jenis Relay Arus Lebih .....   | 32 |
| 2.8.5.1 Relay Arus Lebih Seketika (Instantaneous OCR).....  | 32 |
| 2.8.5.2. Relay Arus Lebih Dengan Karakteristik Waktu Tertentu<br>( <i>Definite Time OCR</i> ) ..... | 33 |
| 2.8.5.3. Relay Arus Lebih Dengan Karakteristik Waktu Terbalik<br>( <i>Inverse Time OCR</i> ).....   | 33 |
| 2.8.5.4. Relay Arus Lebih Dengan IDMT.....  | 35 |

### **BAB III : ANALISA SETTING WAKTU RELAY ARUS LEBIH**

#### **MENGGUNAKAN METODE NELDER – MEAD SIMPLEX**

|   |    |
|---|----|
| 3.1. Koordinasi Relay Arus Lebih.....   | 37 |
| 3.2. Konsep Tingkat Arus/Waktu ( <i>Time / Current Grading</i> ) .....              | 37 |
| 3.3. Metode Tingkat Waktu ( <i>Time Grading</i> ) .....                             | 38 |
| 3.4. Metode Tingkat Arus ( <i>Current Grading</i> ) .....                           | 39 |
| 3.5. Metode Tingkat Arus Dan Waktu ( <i>Time And Current Grading</i> )....          | 40 |
| 3.6. Relay Arus Lebih ( <i>OCR</i> ) Dengan Karakteristik <i>Inverse Time</i> ..... | 41 |
| 3.7. Distribusi Arus Dan Tegangan.....  | 43 |
| 3.7.1. Distribusi Arus Gangguan .....   | 43 |
| 3.7.2 Distribusi Tegangan .....   | 44 |
| 3.8. Metode <i>Nelder – Mead Simplex</i> .....                                      | 45 |
| 3.8.1. <i>Simplex</i> .....   | 45 |
| 3.8.2. Metode <i>Nelder – Mead</i> .....  | 46 |

|   |    |
|---|----|
| 3.9. Metode Nelder – Mead Simplex .....                           | 47 |
| 3.9.1. Inialisasi <i>Nelder – Mead</i> .....                      | 47 |
| 3.9.2. <i>Nelder-Mead: Order</i> .....                            | 48 |
| 3.9.3. <i>Nelder-Mead: Reflect</i> .....                          | 48 |
| 3.9.4. <i>Nelder-Mead: Expand</i> .....                           | 49 |
| 3.9.5. <i>Nelder-Mead: Outside Contract</i> .....                 | 50 |
| 3.9.7. <i>Nelder-Mead: Shrinkage</i> .....                        | 50 |
| 3.9.8. Algoritma Nelder – Mead Simplex .....                      | 51 |
| 3.9.9. Flowchart Nelder – Mead Simplex .....                      | 54 |
| 3.10. Optimasi Koordinasi Relay Arus Lebih .....                  | 54 |
| 3.10.1. Pemodelan Karakteristik Relay Arus Lebih .....            | 54 |
| 3.10.2. Formulasi Masalah .....                                   | 55 |
| 3.10.3. Keadaan Terkendala ( <i>Constraints</i> ) .....           | 56 |
| 3.10.4. Algoritma Pemecahan Masalah .....                         | 57 |
| 3.10.5. Flowchart Penyelesaian Masalah .....                      | 59 |
| 3.11. Data Saluran Transmisi 70KV Pada Wilayah Kerja UPT Malang . | 60 |
| 3.11.1 Data Lapangan 70 KV Di Wilayah Kerja UPT Malang .....      | 61 |

## **BAB IV : PERHITUNGAN OPTIMASI KOORDINASI OCR**

### **MENGGUNAKAN METODE NELDER – MEAD SIMPLEX**

|  |    |
|--|----|
| 4.1. Pemrograman Komputer Untuk Setting Waktu Relay Arus Lebih |    |
| Menggunakan Metode Nelder – Mead Simplex .....                 | 66 |



|   |    |
|---|----|
| 4.2. Analisa Data Hasil Pemrograman .....                 | 68 |
| 4.2.1. Perhitungan Waktu Operasi Awal Dari Tiap OCR ..... | 68 |
| 4.2.2. Perhitungan Dengan Metode NMS .....                | 76 |
| 4.2.3. Langkah Optimasi .....                             | 78 |
| 4.2.4. Analisa Hasil Optimasi.....                        | 83 |

## **BAB V : PENUTUP**

|                      |  |
|----------------------|--|
| 5.1. Kesimpulan..... |  |
| 5.2. Saran.....      |  |

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 2.1 Daerah perlindungan sistem proteksi .....  | 8. |
| Gambar 2.2. diagram blok urutan kerja relay pengaman .....                                      | 12 |
| Gambar 2.3. (a) Rele primer direct acting.....  | 14 |
| (b) Rele primer indirect acting.....  | 14 |
| Gambar 2.4. (a) Relay sekunder direct acting.....   | 14 |
| (b) Relay sekunder indirect acting.....   | 14 |
| Gambar 2.5. ( a )perlindungan sistem radial .....   | 15 |
| ( b )diagram segaris sistem.....  | 15 |
| Gambar 2.6. Hubung singkat tiga fasa .....  | 20 |
| Gambar 2.7. Hubungan jala-jala urutan positif untuk gangguan tiga fasa .....                    | 21 |
| Gambar 2.8. Gangguan satu fasa ke tanah .....   | 22 |
| Gambar 2.9. Hubungan jala-jala urutan untuk hubung singkat satu fasa ke<br>Tanah.....           | 23 |
| Gambar 2.10. Hubung singkat fasa ke fasa.....   | 23 |
| Gambar 2.11. Hubungan jala-jala urutan untuk hubung singkat fasa-fasa .....                     | 25 |
| Gambar 2.12. Gangguan Dua Fasa Ke Tanah.....  | 25 |
| Gambar 2.13. Hubungan jala-jala urutan untuk gangguan hubung singkat dua<br>fasa ke tanah ..... | 27 |
| Gambar 2.14. : Prinsip kerja relay arus lebih.....  | 32 |
| Gambar 2.15. : Karakteristik Relay Arus Lebih Waktu Seketika .....                              | 33 |

|  |    |
|--|----|
| Gambar 2.16. Relay Arus Lebih Waktu Tertentu .....                       | 33 |
| Gambar 2.17. Karakteristik Relay Arus Lebih Waktu Invers .....           | 34 |
| Gambar 2.18. : Kurva Karakteristik Arus Lebih .....                      | 34 |
| Gambar 3.1. Sistem radial dengan pembedaan waktu .....                   | 38 |
| Gambar 3.2. Sistem radial dengan pembedaan arus.....                     | 39 |
| Gambar 3.3. Karakteristik dari <i>OCR</i> tipe <i>inverse time</i> ..... | 42 |
| Gambar 3.4. Ilustrasi ide dasar metode <i>simplex</i> .....              | 46 |
| Gambar 3.5. Order.....   | 48 |
| Gambar 3.6. <i>Reflect</i> .....   | 49 |
| Gambar 3.7. <i>Ekspand</i> .....   | 49 |
| Gambar 3.8. <i>Outside Contract</i> dan <i>Inside Contract</i> .....     | 50 |
| Gambar 3.9. <i>Shrinkage</i> .....                                       | 51 |
| Gambar 3.10. Subsistem 70 KV di wilayah UPT Malang.....                  | 60 |
| Gambar 4.1 Single Line Diagram Sistem 70 kV Di wilayah UPT Malang ....   | 69 |
| Gambar 4.1. Order.....   | 79 |
| Gambar 4.2. <i>Ekspand</i> .....   | 79 |
| Gambar 4.3. <i>Reflect</i> .....   | 80 |
| Gambar 4.4. <i>Shrink</i> .....  | 80 |



## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 2.1 : Macam Gangguan Hubung Singkat Dan Kemungkinan<br>Terjadinya.....  | 27 |
| Tabel 2.2 : Arus Gangguan Hubung Singkat .....  | 29 |
| Tabel 3.1 Daftar Saluran 70Kv Di Wilayah Kerja PT. PLN (PERSERO) UPT<br>Malang.....   | 61 |
| Tabel 3.2 Daftar Daerah Pengaman Serta Pengaman Jarak Pada Saluran<br>70 KV Wilayah Kerja PT. PLN (PERSERO) UPT Malang .....                          | 62 |
| Tabel 3.3 Daftar OCR Saluran 70 KV Diwilayah Kerja PT. PLN (PERSERO)<br>UPT Malang .....  | 63 |
| Tabel 3.4 Daftar Pasangan Primary Dan Backup OCR Saluran 70 KV<br>Di Wilayah Kerja PT. PLN (PERSERO) UPT Malang .....                                 | 64 |
| Tabel 3.5. Daftar Impedansi Urutan Dan Arus Hubung Singkat Maksimum<br>Saluran 70 KV Diwilayah Kerja PT. PLN (PERSERO) UPT Malang<br>Tahun 2007 ..... | 65 |
| Tabel 4.1. Data Setelan Awal OCR.....   | 69 |
| Tabel 4.2. Hasil Perhitungan Untuk Seting <i>Primary Relay</i> .....  | 73 |
| Tabel 4.3. Hasil Perhitungan Untuk Seting <i>Backup Relay</i> .....   | 76 |
| Tabel 4.4 Setelan TMS dan Ip Primary Relay Setelah Optimasi NMS ...   | 81 |
| Tabel 4.5 Setelan TMS dan Ip Backup Relay Setelah Optimasi NMS .....  | 81 |

**Tabel 4.6. Hasil Pengujian Dengan Persamaan Terkendala**

$$TMS_{k \min} \leq TMS_k \leq TMS_{k \max} \dots\dots\dots 82$$

**Tabel 4.7. Hasil Pengujian Dengan Persamaan Terkendala**

$$I_{Pk \min} \leq I_{Pk} \leq I_{Pk \max} \dots\dots\dots 83$$

**Tabel 4.8. Hasil Perhitungan Dengan NMS Untuk Seting *Primary Relay* 87**

**Tabel 4.9. Hasil Perhitungan Dengan NMS Untuk Seting *Backup Relay* 90**

**Tabel 4.10. Hasil Pengujian Dengan Persamaan Terkendala**

$$T_{backup} \geq T_{primary} + CTI \dots\dots\dots 91$$

**Tabel 4.11. Tabel Perbandingan Hasil Dari Perhitungan Awal Dan Dengan Menggunakan NMS ..... 92**

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Tingkat keandalan pada sistem tenaga listrik sangat dipengaruhi oleh koordinasi dari komponen – komponen di dalam sistem tenaga listrik tersebut, salah satunya adalah koordinasi sistem proteksinya. Sistem proteksi melaksanakan fungsi pendeteksian kesalahan dan melokalisir kesalahan secepat mungkin, serta memungkinkan melokalisir hanya komponen atau bagian yang terganggu saja. Jika sistem proteksi utama gagal, sistem proteksi cadangan bekerja bertindak sebagai back up di stasiun yang sama atau di saluran yang berdekatan beberapa saat kemudian dengan penundaan menurut persyaratan selektivitas. Oleh karena itu peralatan proteksi harus bekerja dengan koordinasi yang baik untuk mendapatkan keandalan sistem yang baik.<sup>[4]</sup>

Penentuan waktu tunda dari semua backup relay dikenal sebagai koordinasi relay proteksi. Koordinasi relay proteksi diperlukan untuk memperoleh pemutusan yang selektif. Koordinasi relay proteksi merupakan salah satu bagian dalam koordinasi sistem proteksi. Ada dua aturan tentang relay proteksi, pertama, relay harus trip / 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.<sup>[1]</sup>

Salah satu relay proteksi yang digunakan untuk mengamankan suatu saluran adalah relay arus lebih. Relay ini bekerja berdasarkan pada kenaikan arus

yang melewatinya dan memutuskan saluran dibawahnya sesuai nilai batas arus yang telah ditentukan sebelumnya. Hal ini dilakukan agar peralatan yang berada pada zona pengamanannya tidak rusak akibat dari arus yang melebihi kemampuannya. Selain peralatan tersebut diamankan terhadap kenaikan arus, komponen pengamannya harus bekerja pada jangka waktu yang telah ditentukan.<sup>[5]</sup>

Sasaran koordinasi relay proteksi dalam sistem tenaga yang terinterkoneksi dapat tercapai, yakni tetap selektif tanpa mengorbankan sensitivitas dan waktu pemeriksaan kesalahan serta pengamanan gangguan yang cepat. Koordinasi optimal dari relay arus lebih adalah memperkecil waktu operasi relay dengan tetap tunduk pada batasan koordinasi, lengkung karakteristik relay dan batas dari pengaturan relay.<sup>[1]</sup>

Beberapa cara untuk memperoleh setting waktu koordinasi yang optimal sudah dilakukan, kebanyakan hanya mencari pengaturan pengali waktu ( TMS ) dari relay sedangkan arus kerja dari relay telah diketahui terlebih dahulu. Pada skripsi ini digunakan suatu metode optimisasi nonlinier *Nelder – Mead Simplex* (NMS) untuk memperoleh koordinasi yang optimal dari relay arus lebih dalam sistem tenaga yang terinterkoneksi. Metode *Nelder – Mead Simplex* adalah metode perhitungan yang berbasis metode *Direct Search* yang sebagai fungsi nonlinier yang digunakan untuk memperoleh *setting* waktu koordinasi optimal dari relay arus lebih. Pada algoritma penyelesaian masalah menggunakan metode NMS, arus kerja dan pengaturan pengali waktu (TMS) dari relay diberlakukan sebagai parameter fungsi obyektif untuk memperoleh *setting* waktu koordinasi

yang optimal untuk meningkatkan keandalan sistem proteksi saluran.<sup>[1]</sup>

Metode ini digunakan untuk menentukan koordinasi optimal relay arus lebih pada sistem saluran 70 KV di PT. PLN wilayah kerja UPT Malang yang umumnya untuk memperoleh koordinasi yang optimal hanya menentukan pengaturan pengali waktu (TMS) dengan setting arus diketahui terlebih dahulu.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Tuntutan keandalan sistem proteksi dan pencapaian sasaran koordinasi relay proteksi pada menjadikan koordinasi relay arus lebih sangat penting.

Dari latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya terdapat permasalahan yang perlu untuk dibahas, yaitu :

1. Bagaimana penerapan parameter arus dan waktu sebagai fungsi obyektif untuk menentukan setting waktu untuk menentukan koordinasi relay arus lebih pada sistem 70 KV di PT. PLN wilayah kerja UPT Malang?
2. Apakah dengan metode yang diajukan sasaran koordinasi relay arus lebih dapat diperoleh?

## **1.3. Tujuan**

Tujuan dari pembahasan permasalahan ini adalah sebagai berikut:

1. Menghitung *setting* waktu untuk menentukan koordinasi relay arus lebih pada sistem 70 KV di PT. PLN wilayah kerja UPT Malang dengan metode Nelder – Mead Simplex.

2. Mendapatkan sistem pengamanan yang handal dengan selektivitas tanpa mengorbankan sensitivitas dan waktu pemeriksaan kesalahan dan pengamanan gangguan yang cepat.

#### **1.4. Batasan Masalah**

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

1. Studi kasus *setting* waktu relay arus lebih pada interkoneksi saluran 70 KV di wilayah kerja UPT Malang.
2. Hanya membahas *setting* waktu dan koordinasi pada relay arus lebih.
3. Koordinasi dilakukan antar relay arus lebih pada saluran 70 KV di wilayah kerja UPT Malang..
4. Konstanta CTI (*Coordination Time Interval*) diasumsikan sebesar 0,3 detik.<sup>1</sup>
5. Menggunakan *software* MatLab 7.0.1 untuk simulasi pemecahan masalah.

#### **1.5. Metodologi Penelitian**

Metode yang digunakan 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 yang diteliti

3. Simulasi dan penyelesaian masalah optimasi setting waktu koordinasi relay arus lebih menggunakan metode *Nelder – Mead Simplex (NMS)* yang disimulasikan dengan program MatLab 7.0.1.
4. Menarik kesimpulan apakah metode ini efektif dalam menghasilkan *setting* waktu koordinasi yang optimal.

### **1.6. Sistematika Penulisan**

Dalam laporan skripsi ini penulis menyusun sistematika penulisan sebagai berikut:

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

Berisi latar belakang, tujuan penulisan skripsi, rumusan masalah, batasan masalah, metode pembahasan dan sistematika penulisan laporan.

#### **BAB II : SISTEM PROTEKSI DAN GANGGUAN PADA SISTEM TENAGA LISTRIK**

Berisi mengenai pengertian sistem proteksi pada sistem penyaluran tenaga listrik, penjelasan gangguan yang bisa terjadi pada saluran transmisi, penjelasan mengenai relay pengaman dan penggunaan relay arus lebih .

**BAB III : ANALISA *SETTING* WAKTU RELAY ARUS LEBIH  
MENGUNAKAN METODE NELDER – MEAD SIMPLEX**

Berisi mengenai teori koordinasi relay arus lebih, teori metode Nelder – Mead Simplex serta aplikasinya pada *setting* waktu relay arus lebih dan analisa *setting* waktu relay arus lebih

**BAB IV : PERHITUNGAN OPTIMASI KOORDINASI OCR  
MENGUNAKAN METODE NELDER – MEAD SIMPLEX**

Berisi perhitungan *setting* waktu dan koordinasi relay arus lebih menggunakan metode Nelder – Mead Simplex, menguji metode Nelder – Mead Simplex dengan cara yang biasa dilakukan PLN untuk melakukan *setting* waktu pada relay arus lebih sehingga kita dapat mengetahui kelebihan dari metode Nelder – Mead Simplex.

**BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN**

Merupakan bagian yang memuat intisari dari pembahasan dan saran yang dapat dilakukan.

**DAFTAR PUSTAKA**

Merupakan susunan daftar buku – buku acuan serta literatur yang menunjang pembahasan permasalahan

**LAMPIRAN**

Merupakan bagian penunjang pembahasan masalah, berisikan susunan data – data yang diteliti dan data – data penunjang lainnya



## **BAB II**

### **SISTEM PROTEKSI DAN GANGGUAN PADA SISTEM TENAGA LISTRIK**

#### **2.1. Sistem Proteksi**

Proteksi sistem tenaga adalah pengamanan yang memungkinkan dari proses produksi, penyaluran dan konsumsi tenaga listrik dari pengaruh gangguan dan kejadian yang menempatkan sistem tenaga pada situasi yang berisiko.<sup>[7]</sup>

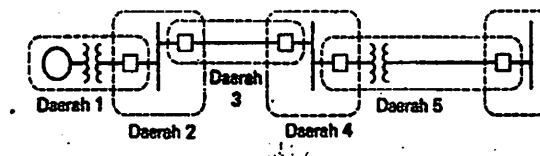
Sistem jaringan transmisi tenaga listrik merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang mempunyai peranan penting dalam menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik dari pusat suplai tenaga listrik ke pusat-pusat atau ke kelompok beban maupun ke pelanggan atau ke konsumen. Sistem transmisi di Indonesia menggunakan sistem transmisi saluran udara. Sistem saluran udara ini mempunyai resiko gangguan yang tinggi sehingga membutuhkan sistem pengamanan yang handal.<sup>[4]</sup>

#### **2.2. Daerah Pengamanan**

Untuk mendapatkan sistem pengamanan yang cukup baik dalam sistem tenaga listrik, sistem tenaga tersebut dibagi dalam beberapa daerah pengamanan yakni dengan pemutusan subsistem 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 2.1 Daerah Perlindungan Sistem Proteksi.<sup>[4]</sup>

### 2.3. 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. Juga karena panjangnya jarak yang harus direntangi oleh saluran transmisi di atas daerah pedesaan yang terbuka, saluran transmisi merupakan sasaran utama dari sebagian besar gangguan yang terjadi pada sistem daya.<sup>[4]</sup>

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.<sup>[4]</sup>

#### **2.4. Relay Pengaman**

Seringkali pemikiran tentang istilah suatu sistem tenaga listrik adalah merupakan komponen tenaga listrik diantaranya stasiun pembangkit yang besar, transformator, saluran tegangan tinggi, dan sebagainya. Sementara itu terdapat suatu unsur dasar lain dari komponen yang lebih diperlukan dan lebih menarik, relay pengaman merupakan salah satu komponen tersebut.

Peranan dari relay pengaman dalam perencanaan dan operasi sistem tenaga listrik adalah sangat penting. Ada tiga aspek yang menunjukkan peranan dari relay pengaman, yaitu :

1. Pada operasi normal
2. Pencegahan terhadap kegagalan listrik
3. Mengurangi efek dari kegagalan listrik

Namun peranan dari relay pengaman ini juga harus didukung pula dengan peralatan sistem tenaga listrik yang lain, untuk dapat bekerja dengan baik dalam memperkecil kerusakan pada peralatan dan gangguan pada pelayanan penyaluran tenaga listrik apabila terjadi kegagalan. Dengan kata lain relay dikatakan “melindungi” berarti relay bekerjasama dengan peralatan yang lain untuk

memperkecil kerusakan dan memperbaiki pelayanan. Oleh karena itu, syarat aplikasi dan kemampuan dari peralatan relay pengaman haruslah dipertimbangkan bersama dengan peralatan yang lainnya.<sup>[6]</sup>

#### **2.4.1. Fungsi Relay Pengaman**

Operasi 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 sistem. Disini fungsi relay pengaman dibutuhkan. Ada dua fungsi utama dari relay pengaman yakni :

1. Melindungi peralatan terhadap gangguan yang terjadi dalam sistem, jangan sampai mengalami kerusakan.
2. Melokalisir gangguan, jangan sampai meluas dalam sistem.

Fungsi lain dari relay pengaman adalah :

1. Sebagai pengindera bagi *circuit breaker* untuk menentukan dengan segera pemutusan atau penutupan pelayanan penyaluran setiap elemen dari sistem tenaga listrik apabila terdapat gangguan atau kondisi kerja yang abnormal.
2. Untuk mengetahui letak dan jenis gangguan. sehingga dalam pengamatan ini dapat dipakai sebagai pedoman perbaikan peralatan yang rusak.<sup>[5]</sup>

#### **2.4.2. Syarat-Syarat Relay Pengaman**

Agar sistem pengamanan dapat bekerja dengan baik, relay pengaman harus memenuhi syarat-syarat.<sup>[7]</sup>

a. Dapat diandalkan ( *Dependability* )

Dapat diandalkan disini adalah kemampuan untuk mendeteksi dan merespon gangguan dengan baik dan pada waktu yang tepat. Operasi yang dapat diandalkan mengharuskan gangguan dapat terdeteksi (*sensitivity*), gangguan yang terdeteksi tersebut berada daerah pengamanan yang diamankan sehingga tidak sampai keluar dari daerah pengamanannya (*selectivity*), dan deteksi serta pembedaan diupayakan dapat dipenuhi dengan cukup cepat.

b. Sensitivitas (*Sensitivity*)

Sensitivitas adalah kemampuan kritis untuk mendeteksi gangguan impedansi tinggi. Terdapat tiga komponen untuk pengukuran ; akurasi, presisi dan resolusi. Komponen ini kualitas yang berdiri sendiri dari suatu pengukuran.

c. Selektifitas (*Selectivity*)

Selektif adalah penting untuk relay dapat membedakan antara beban dan gangguan dan untuk membedakan dengan jelas satu jenis dan atau lokasi gangguan yang lain. Sensitifitas atau kekurangan darinya adalah batasan selektifitas.

d. Cepat (*Speed*)

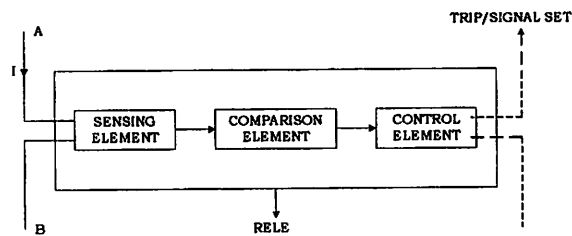
Kecepatan adalah penting untuk membatasi pembukaan dan potensi kerusakan. Waktu untuk mengamankan gangguan pada dasarnya ditentukan oleh dua elemen, yakni, kecepatan dari *circuit breaker* dan waktu yang diperlukan relay untuk melakukan pemutusan.

e. Keamanan (*Security*)

Keamanan yang dimaksud adalah ketentuan dari pemutusan oleh relay. Di dalam pembahasan relay proteksi, ini menyatakan tentang kualitas dari tidak beroperasinya relay unuk gangguan dari luar daerah pengamanan atau tidak beroperasi dibawah kondisi beban berat.<sup>[7]</sup>

### 2.4.3. Elemen Dasar Relay Pengaman

Relay pengaman biasanya dipisahkan menjadi tiga elemen dasar seperti terlihat pada Gambar 2.2 :



Gambar 2.2. 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 .

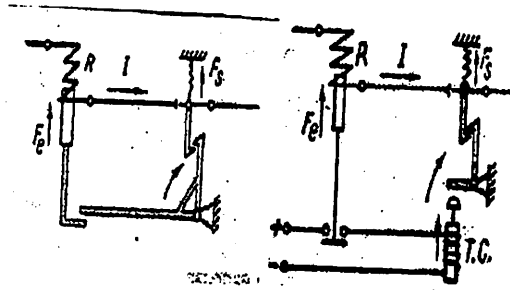
Suatu alat yang bekerja memutuskan aliran yang diamankan baik secara langsung atau tidak langsung.

#### 2.4.5. Klasifikasi Relay

Relay dapat diklasifikasikan dalam beberapa jenis menurut : <sup>[6]</sup>

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.

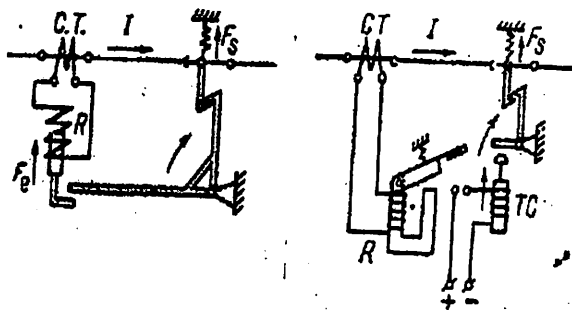


Gambar 2.3. (a) Rele Primer Direct Acting, (b) Rele Primer Indirect Acting

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 2.4.(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

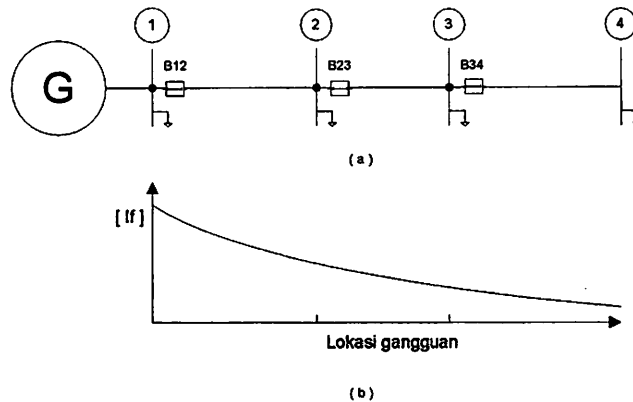
Relay bantu, yaitu relay yang berfungsi untuk membantu relay utama dalam proses pemutusan pada waktu terjadi gangguan setelah dapat mendeteksi gangguan yang terjadi.

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.

## **2.5. Perlindungan Saluran Subtransmisi**

Bentuk sistem perlindungan yang paling sederhana dapat dibuat apabila sistem pembangkitan beban mempunyai sifat radial. Meninjau sistem daya yang diperlihatkan dalam gambar 2.5. (a).



Gambar 2.5. Perlindungan Sistem Radial : ( a ) Diagram Segaris Sistem ;  
 ( b ) Lengkung Kualitatif yang Menunjukkan Arus Gangguan  $I_f$  Untuk  
 Gangguan-Gangguan Sepanjang Saluran <sup>[4]</sup>

Generator pada rel 1 (yang mungkin merupakan rangkaian ekuivalen 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 sistem radial karena saluran transmisinya memancar (*radiate*) dari sumber pembangkitan 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. Jelas 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.

Relay arus lebih dapat digunakan untuk melindungi sistem transmisi ini. arus gangguan yang ditimbulkan oleh gangguan pada setiap saluran akan tergantung pada lokasi gangguan tersebut, dan karena impedansi jalur gangguan akan bertambah sesuai dengan jarak generator ke gangguan tersebut, maka arus

gangguannya akan berbanding terbalik dengan jarak ini. Arus gangguan  $I_f$  sebagai fungsi dari rel 1 ditunjukkan secara kualitatif dalam gambar 2.2.(b), 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 2.2. (b) untuk tingkat arus gangguan maksimum ( yang timbul bila terjadi gangguan 3-fasa 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 relay pada rel 1, disamping menyediakan perlindungan primer untuk saluran 1-2, juga menyediakan perlindungan bantuan jarak jauh untuk saluran 2-3, relay pada rel 3

hanya perlu menyediakan perlindungan primer untuk saluran 3-4 karena tidak ada saluran lain disebelah kanan saluran 3-4. Bila rele 1 menyediakan bantuan pada saluran 2-3, relay itu harus disetel sedemikian rupa sehingga pada kerjanya akan diperoleh keterlambatan waktu yang cukup, sehingga relay pada rel 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.<sup>[4]</sup>

## **2.6. Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik.**

Pada dasarnya suatu gangguan ialah setiap keadaan sistem yang tidak normal, sehingga gangguan pada umumnya terdiri dari hubung singkat (short – circuit) dan rangkaian terbuka (open – circuit). Pada sistem transmisi gangguan rangkaian terbuka jauh lebih jarang terjadi dibandingkan dengan gangguan – gangguan hubung singkat.<sup>[4]</sup>

### **2.6.1. Jenis Gangguan Dalam Sistem Tiga Phasa**

Dalam sistem tenaga listrik, jenis-jenis gangguan yang mungkin terjadi dalam sistem tiga phasa:

#### **1. Gangguan shunt (hubung singkat)**

Gangguan hubung singkat dalam sistem tiga phasa dibedakan menjadi dua jenis gangguan :

- a. Gangguan hubung singkat tiga phasa simetri, terdiri dari :
  - Gangguan tiga phasa (line-line-line)

- Gangguan tiga fasa ke tanah (line-line-line-ground)
- b. Gangguan hubung singkat tidak simetris, terdiri dari:
  - Satu fasa ke tanah
  - Antar fasa
  - Antar fasa ke tanah
- 2. Gangguan seri (hubungan terbuka)
  - a. Satu saluran terbuka
  - b. Dua saluran terbuka
  - c. Impedansi seri tak imbang
- 3. Gangguan Simultan
  - a. Shunt –shunt
  - b. Shunt-Seri
  - c. Seri-seri

### **2.6.2. Gangguan Hubung Singkat**

Gangguan-gangguan hubung singkat merupakan gangguan tak seimbang, kecuali gangguan tiga fasa. Biasanya gangguan tiga fasa mengakibatkan arus gangguan yang sangat besar, terbesar dari arus-arus gangguan jenis lain. Tetapi dapat juga terjadi arus gangguan satu fasa ketanah lebih besar daripada arus gangguan tiga fasa. Hal ini dapat terjadi bila titik gangguan terjadi di dekat generator yang netralnya ditanahkan langsung.<sup>[6]</sup>

Secara umum tanpa memandang jenis gangguannya, gangguan hubung singkat mempunyai persamaan umum sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_{a1} &= V_f - Z_1 I_{a1} \\ V_{a2} &= -Z_2 I_{a2} \\ V_{a0} &= -Z_0 I_{a0} \end{aligned}$$

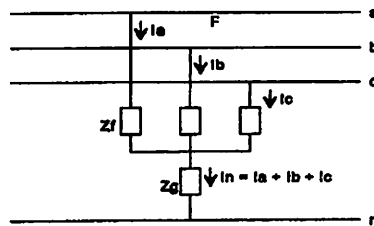
dimana fasa a selalu diambil sebagai referensi

$V_f$  = Tegangan titik gangguan pada keadaan normal (1 pu)

$Z_1, Z_2, Z_0$  = Impedansi urutan positif, negatif dan nol ditinjau dari titik gangguan

### 2.6.3. Gangguan Hubung Singkat 3 - Fasa Ke Tanah

Pada umumnya gangguan tiga fasa adalah gangguan seimbang, tetapi dapat juga dianalisa dengan teori komponen simetris. Gambar 2.6. memperlihatkan gangguan tiga fasa yang terjadi di titik F, dengan impedansi busur  $Z_f$  dan impedansitanah  $Z_g$ . Gambar 2.7. memperlihatkan urutan jala-jala.<sup>[7]</sup>



Gambar 2.6. Hubung Singkat Tiga Fasa

Persamaan keadaan:

$$V_a - V_b = 0 \dots\dots\dots(2.1)$$

$$V_a - V_c = 0 \dots\dots\dots(2.2)$$

$$I_a + I_b + I_c = 0 \dots\dots\dots(2.3)$$

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

$$V_{a0} = \frac{1}{3}(V_a + V_b + V_c) = V_a$$

$$V_{a1} = \frac{1}{3}(V_a + aV_b + a^2V_c) = 0$$

$$V_{a2} = V_{a1} = 0$$

$$I_{a0} = \frac{1}{3}(I_a + I_b + I_c) = 0$$

$$I_{a1} = \frac{1}{3}(I_a + aI_b + a^2I_c) = I_a$$

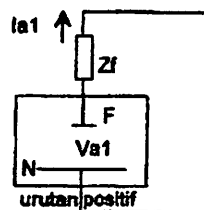
$$I_{a2} = I_{a0} = 0$$

$$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1}$$

Karena impedansi busur  $Z_f$  tidak dapat diabaikan, maka arus gangguan  $I_f$  dapat diperoleh dengan persamaan berikut:

$$V_f = I_{a1}(Z_1 + Z_f)$$

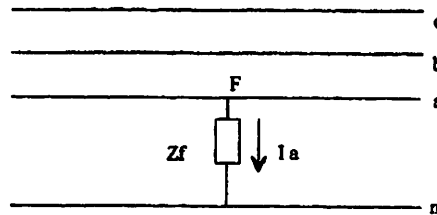
$$I_f = \frac{V_f}{(Z_1 + Z_f)}$$



Gambar 2.7. Hubungan Jala-Jala Urutan Positif Untuk Gangguan Tiga Fasa

#### 2.6.4. Gangguan Hubung Singkat 1 - Fasa Ke Tanah

Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah ini merupakan gangguan yang paling sering terjadi pada saluran transmisi. Gambar 2.8. 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 2.9. memperlihatkan hubungan jala-jala. Untuk analisa dimisalkan gangguan terjadi pada fasa a ke tanah. [7]



Gambar 2.8. Gangguan Satu Fasa Ke Tanah

Persamaan keadaan:

$$I_b = 0 ; I_c = 0$$

$$V_a = I_a Z_f$$

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

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

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

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

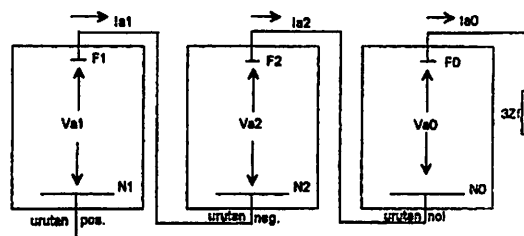


$$\begin{aligned}
V_{a1} &= -V_{a2} - V_{a0} + 3I_{a1}Z_f \\
V_f - I_{a1}Z_1 &= I_{a1}Z_2 + I_{a1}Z_0 + 3I_{a1}Z_f \\
V_f &= I_{a1}(Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3Z_f) \\
I_{a1} &= \frac{V_f}{(Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3Z_f)} \\
I_{a2} &= I_{a1} \\
I_{a0} &= I_{a1}
\end{aligned}$$

Dengan demikian arus gangguan dapat diperoleh dengan persamaan berikut:

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

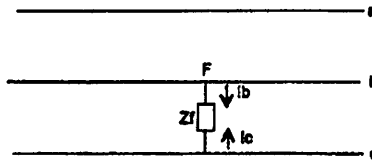
Berdasarkan persamaan 2.4 dan 2.5, hubungan jala-jala urutannya dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.9. Hubungan Jala-Jala Urutan Untuk Hubung Singkat Satu Fasa Ke Tanah

### 2.6.5. Gangguan Hubung Singkat Fasa Ke Fasa

Gangguan hubung singkat fasa ke fasa pada saluran transmisi terjadi umumnya bila dua kawat fasa bersentuhan. Gambar 2.10. menunjukkan gangguan fasa ke fasa pada titik F dengan impedansi gangguan  $Z_f$ . Gambar 2.11. menunjukkan hubungan jala-jala gangguan ini. [7]



Gambar 2.10. 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:

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

atau

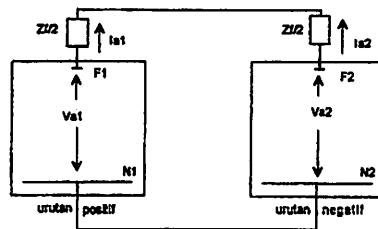
$$\begin{aligned} V_{a1} - V_{a2} &= I_{a1}Z_f \\ V_{a1} &= V_{a2} + I_{a1}Z_f \\ V_{a1} &= V_{a2} + I_{a1}\left(\frac{Z_f}{2} + \frac{Z_f}{2}\right) \\ V_{a1} - I_{a1}\left(\frac{Z_f}{2}\right) &= V_{a2} - I_{a2}\left(\frac{Z_f}{2}\right) \end{aligned} \tag{2.7}$$

$$\begin{aligned} V_{a0} &= 0 \\ V_{a1} &= V_f - I_{a1}Z_1 \\ V_{a2} &= -I_{a2}Z_2 \\ I_{a1} = -I_{a2} &= \frac{V_f}{(Z_1 + Z_2 + Z_f)} \end{aligned}$$

Sehingga arus gangguan adalah:

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

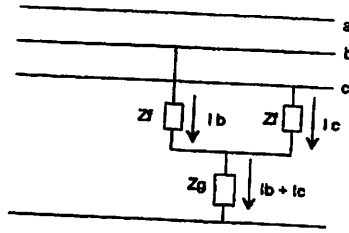
Berdasarkan persamaan 2.6 dan 2.7, hubungan jala-jala urutannya dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.11. Hubungan Jala-Jala Urutan Untuk Hubung Singkat Fasa-Fasa

### 2.6.6. Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa Ke Tanah

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 2.12. 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 2.13. menunjukkan hubungan jala-jala urutan pada gangguan jenis ini. [7]



Gambar 2.12. Gangguan Dua Fasa Ke Tanah

Persamaan keadaan:

$$I_a = 0$$

$$V_b = I_b Z_f + (I_b + I_c) Z_g$$

$$V_c = I_c Z_f + (I_b + I_c) Z_g$$

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

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

Dari persamaan 2.11 diperoleh:

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

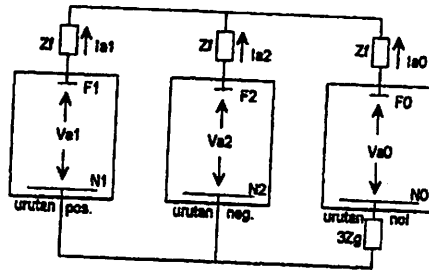
Jadi:

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

Dari persamaan 2.11 dan 2.12

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




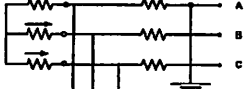

Berdasarkan persamaan 2.8 dan 2.13, jala-jala urutannya dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.13. 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 fase ke fase</p> <p>a. Hubung singkat 2 phasa langsung</p> |   | <p>20 s/d 25</p> |
| <p>b. Hubung singkat dua phasa ke tanah sistem ditanahkan</p>                |   |                  |
| <p>c. Hubung singkat dua phasa ke tanah sistem sistem tak ditanahkan</p>     |   | <p>10 s/d 15</p> |
| <p>Hubung singkat satu phasa ke tanah.</p> <p>a. Sistem tak ditanahkan</p>   |   | <p>65 s/d 70</p> |
| <p>b. Sistem yang di ketanahkan</p>  |  |                  |

Arus besar yang timbul pada saat terjadi gangguan hubung singkat dihasilkan oleh sumber-sumber yaitu generator sinkron, motor sinkron dan motor induksi.

## 2.7. Analisa Gangguan Hubung Singkat

Tujuan dari analisa hubung singkat adalah untuk menentukan arus dan tegangan maksimum dan minimum pada bagian-bagian atau titik-titik tertentu dari suatu sistem tenaga listrik untuk jenis gangguan yang terjadi, sehingga dapat ditentukan pengaman, relay dan pemutus tenaga (PMT) untuk mengamankan sistem dari keadaan tidak normal dalam waktu seminimal mungkin.<sup>[4]</sup>

Hampir semua gangguan yang terjadi pada suatu sistem tenaga listrik adalah gangguan tidak simetris, yang terdiri dari hubung singkat tidak simetris, gangguan tidak simetris melalui impedansi atau penghantar terbuka. Karena setiap gangguan tidak simetris menyebabkan mengalirnya arus tak seimbang dalam sistem, metoda komponen simetris berguna sekali dalam analisis untuk menentukan arus dan tegangan di semua bagian sistem setelah terjadinya gangguan.

Untuk menganalisa gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik digunakan perhitungan komponen simetri. Dengan metode ini komponen-komponen phasor arus dan tegangan yang tidak simetri diuraikan menjadi tiga buah sistem fasor seimbang dan simetri antara lain komponen urutan positif (*positive sequence components*), Komponen urutan negatif (*negative sequence components*), dan Komponen urutan nol (*zero sequence components*).

Besarnya arus hubung singkat pada pada masing-masing jenis gangguan hubung singkat adalah sebagai berikut :

Tabel 2.2 : Arus Gangguan Hubung Singkat

| Jenis gangguan                     | Arus gangguan  |
|------------------------------------|--|
| Hubung singkat tiga phasa          | $I_{1F} = I_F = \frac{E_{a1}}{Z_1}$  |
| Hubung singkat satu phasa ke tanah | $I_{1F} = I_{2F} = I_{0F} = \frac{E_{a1}}{Z_1 + Z_2 + Z_0}$ $I_F = I_{1F} + I_{2F} + I_{0F} = 3I_{0F}$ |

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| Hubung singkat dua<br>phasa          | $I_{1F} = -I_{2F} = \frac{E_{a1}}{Z_1 + Z_2}$   |
| Hubung singkat dua<br>phasa ke tanah | $I_{1F} = \frac{E_{a1}}{Z_1 + Z_2 Z_0 / (Z_2 + Z_0)}$ $I_{2F} = -\frac{Z_0}{Z_2 + Z_0} I_{1F}$ $I_{0F} = -\frac{Z_2}{Z_2 + Z_0} I_{1F}$ |

## 2.8. 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.<sup>[6]</sup>

### 2.8.1. Relay Arus Lebih (OCR)

Relay arus lebih adalah suatu relay yang bekerja berdasarkan adanya kenaikan arus yang melebihi nilai pengamanan tertentu (seting arus atau seting waktu tertentu). Relay arus lebih dibedakan menjadi dua jenis yakni :<sup>[9]</sup>

1. Berdasarkan karakteristik waktu kerja :
  - seketika (instantaneous).
  - Waktu Tunda (time delay):



- Waktu tunda tertentu (definitive time)
  - Waktu tunda bebanding terbalik dengan arus (inverse time).
2. Berdasarkan arah (directional) :
- non-directional (tidak berarah).
  - Directional (berarah).

### **2.8.2. Fungsi Relay Arus Lebih (OCR)**

Relay arus lebih berfungsi sebagai :

- Pengaman gangguan hubung singkat antar fasa maupun fasa ke tanah.
- Pengaman beban lebih
- Pengaman utam atau cadangan.

Pada pelaksanaan di lapangan relay arus lebih digunakan sebagai :

- Pengaman utama saluran subtransmisi
- Pengaman utama untuk trafo tenaga kapasitas kecil, tetapi untuk trafo tenaga berkapasitas besar berfungsi sebagai pengaman cadangan.
- Pengaman untuk generator dengan kapasitas kecil ( $< 5$  MW).
- Pengaman utama untuk motor listrik.

### **2.8.3. Prinsip Kerja Relay Arus Lebih**

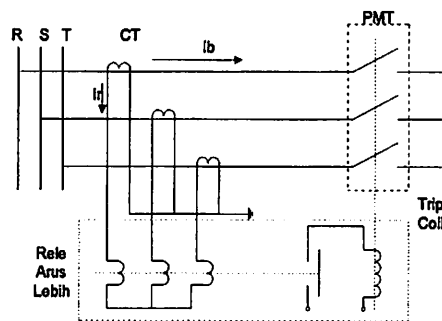
Relay arus lebih adalah relay yang bekerja berdasarkan arus lebih akibat adanya gangguan hubung singkat dan memberikan perintah trip ke PMT sesuai

dengan karakteristik waktunya. Pada gambar (2.14.) diberikan rangkaian relay arus lebih sesaat.

Prinsip kerja relay arus lebih adalah sebagai berikut:

Pada kondisi normal arus beban ( $I_b$ ) mengalir pada SUTT 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.<sup>[4]</sup>



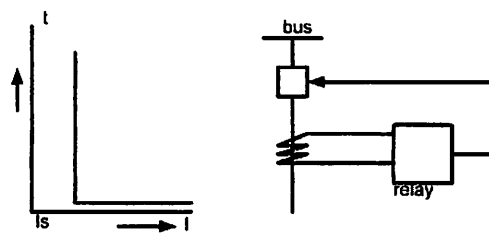
Gambar 2.14. : Prinsip Kerja Relay Arus Lebih

## 2.8.5. Jenis-Jenis Relay Arus Lebih

### 2.8.5.1. 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.<sup>[6]</sup>

Karakteristik relay arus lebih waktu seketika ditunjukkan pada gambar 2.15.

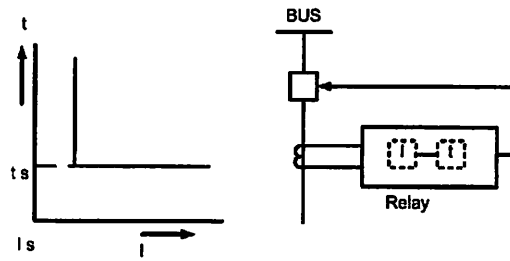


Gambar 2.15. : Karakteristik Relay Arus Lebih Waktu Seketika

### 2.8.5.2. 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 mengerakkan.<sup>[6]</sup>

Karakteristik relay arus lebih waktu tertentu ditunjukkan pada gambar 2.16.

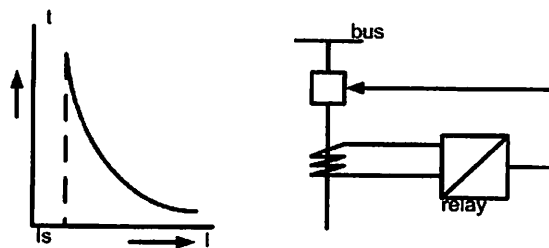


Gambar 2.16. Relay Arus Lebih Waktu Tertentu

### 2.8.5.3. 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.<sup>[6]</sup>

Karakteristik relay arus lebih waktu inverse ditunjukkan pada gambar 2.17.



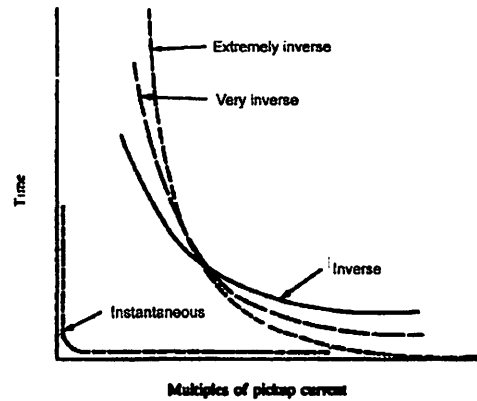
Gambar 2.17. Karakteristik Relay Arus Lebih Waktu Invers

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 2.18.



Gambar 2.18. : 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:

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

Dimana:

I : Arus gangguan

E : Tegangan sistem

$Z_s$  : Impedansi sumber

$Z_1$  : Impedansi daerah yang dilindungi

#### **2.8.5.4. 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.<sup>[6]</sup>

## **BAB III**

### **ANALISA *SETTING* WAKTU RELAY ARUS LEBIH MENGUNAKAN METODE *NELDER – MEAD SIMPLEX***

#### **3.1. Koordinasi Relay Arus Lebih**

Aplikasi relay arus lebih yang tepat memerlukan pengetahuan tentang arus gangguan yang dapat mengalir pada tiap bagian dari suatu jaringan. Setting relay adalah yang pertama menentukan untuk memberikan waktu operasi terpendek pada tingkat gangguan maksimum dan kemudian mengecek untuk melihat jika operasi juga dapat memuaskan pada arus gangguan minimum. Aturan dasar untuk koordinasi relay secara umum dapat dinyatakan sebagai berikut :

- a. Bilamana memungkinkan, gunakan relay dengan karakter operasi yang sama dengan yang lain dalam rangkaian
- b. Pastikan relay terjauh dari sumber mempunyai setting arus yang sama atau kurang dari relay yang ada dibelakangnya, yakni arus primer yang diperlukan untuk relay beroperasi di depan sama atau kurang dari arus primer yang diperlukan untuk operasi relay dibelakangnya.<sup>[8]</sup>

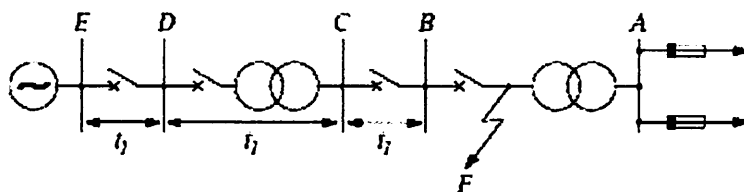
#### **3.2. Konsep Tingkat Arus/Waktu ( *Time / Current Grading* )**

Di antara bermacam – macam metode yang mungkin digunakan untuk mencapai koordinasi relay yang tepat adalah menggunakan waktu atau arus lebih atau kombinasi dari keduanya. Tujuan umum dari ketiga metode tersebut untuk

memberikan perbedaan yang tepat. Dapat dikatakan salah satu mengisolir hanya pada bagian yang mengalami gangguan dari jaringan sistem tenaga listrik, menyisakan sistem yang tidak terganggu.<sup>[8]</sup>

### 3.3. Metode Tingkat Waktu ( *Time Grading* )

Dalam metode ini *setting* waktu yang tepat diberikan pada tiap relay untuk mengontrol *circuit breaker* pada suatu sistem tenaga untuk memastikan CB terdekat dengan gangguan terbuka terlebih dahulu. Ini ditunjukkan seperti pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Sistem Radial Dengan Pembedaan Waktu

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.

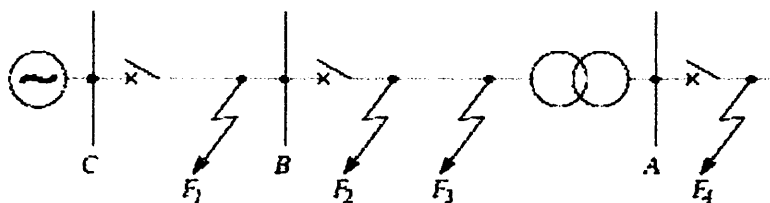
Metode tingkatan waktu mempunyai kelemahan yaitu semakin panjang saluran yang ada maka selisih waktu pemutusan antara relay yang terjauh dengan pembangkit dan relay yang terdekat dengan pembangkit akan semakin besar. Akibatnya waktu pemutusan untuk relay yang terdekat dengan pembangkit akan besar. Hal 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.<sup>[8]</sup>

### 3.4. Metode Tingkat Arus (*Current Grading*)

Pembedaan oleh arus bersandar pada fakta bahwa arus gangguan berubah sesuai dengan lokasi gangguan karena perbedaan nilai impedansi antara sumber dan lokasi gangguan. Oleh karena itu, relay yang mengontrol CB yang bervariasi diatur untuk beroperasi pada nilai kecuraman dari arus yang sesuai sehingga hanya relay yang terdekat dengan gangguan yang membuat CB trip. 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. Seperti pada gambar 3.2.



Gambar 3.2. Sistem Radial Dengan Pembedaan Arus

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 bus cukup besar sehingga perbedaan tingkat gangguan pada tempat yang berbeda cukup besar.<sup>[8]</sup>

### 3.5. Metode Tingkat Arus dan Waktu ( *Time And Current Grading* )

Pada sistem ini biasanya dipergunakan pada relay arus lebih waktu-inverse dan kurva karakteristik yang banyak dipergunakan adalah karakteristik I.D.M.T. (*Inverse Definite Minimum Time*), dimana memungkinkan penggunaan range arus yang besar dan relay dapat disetel pada waktu minimum tertentu sesuai kebutuhan.<sup>[8]</sup>

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

$T_m$  = 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. Relay Arus Lebih (OCR) Dengan Karakteristik *Inverse Time*

Relay ini akan bekerja dengan waktu tunda berbanding terbalik terhadap besar arusnya (*inverse time*). Dimana, semakin besar arus gangguan yang terjadi makin cepat waktu tundanya. Karakteristik dari OCR tipe *inverse time* ini berbeda – beda, tergantung pada pabrik pembuatnya. Menurut standar IEC 60255 untuk relay I.D.M.T standar karakteristik waktunya dibedakan dalam tiga kelompok :<sup>[8]</sup>

- *Standart Inverse*

$$t = TMS \times \frac{0.14}{I_r^{0.002} - 1}$$

- *Very Inverse*

$$t = TMS \times \frac{13.5}{I_r - 1}$$

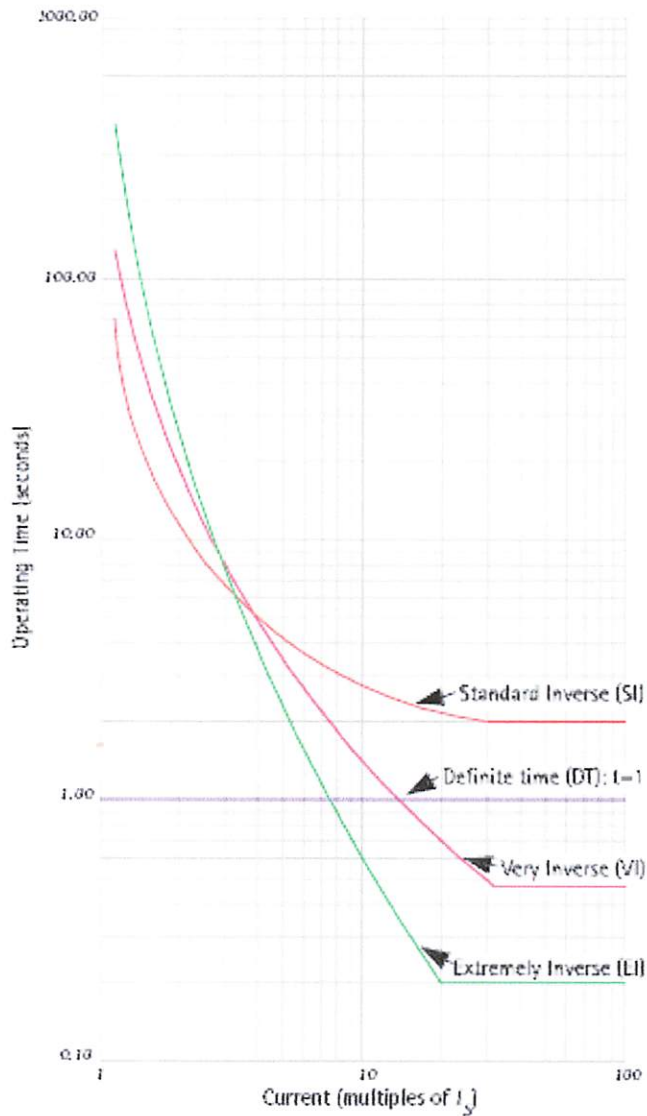
- *Extremely Inverse*

$$t = TMS \times \frac{80}{I_r^2 - 1}$$

Dimana :  $TMS = \text{Time Multiplier Setting}$

$I_r = (I / I_s)$  , dimana  $I_s = \text{Arus setting}$

$TD = \text{Time Dial Setting}$



(a) IEC 60255 characteristics ;  $TMS=1.0$

Gambar 3.3. Karakteristik Dari OCR Tipe Inverse Time

### **3.7. 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.<sup>[4]</sup>

#### **3.7.1. 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 mengkalikan 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 gangguan 3 fasa merupakan perhitungan gangguan shunt : <sup>[6]</sup>

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

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

### 3.7.2 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 :

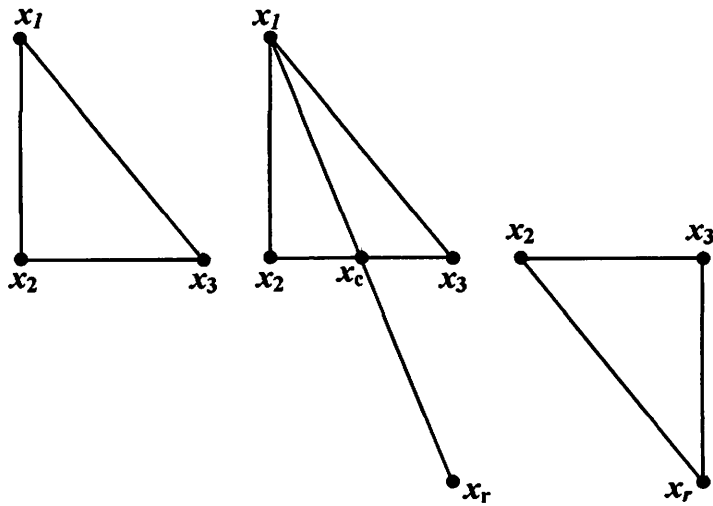
$$\left. \begin{aligned} \bar{V}_1' &= \bar{V} - \bar{I}_1 \left[ \bar{Z}_1 - \sum_i^n C_{1n} \Delta \bar{Z}_{1n} \right] \\ \bar{V}_2' &= -\bar{I}_2 \left[ \bar{Z}_1 - \sum_i^n C_{1n} \Delta \bar{Z}_{1n} \right] \\ \bar{V}_0' &= -\bar{I}_0 \left[ \bar{Z}_0 - \sum_i^n C_{0n} \Delta \bar{Z}_{0n} \right]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

### 3.8. Metode Nelder – Mead Simplex

#### 3.8.1. Simplex

*Simplex* adalah merupakan titik  $n + 1$  yang tidak berubah asal pada  $R^n$ . Skema dari algoritma *simplex* adalah meminimalkan nilai fungsi riil  $f(x)$  untuk  $x \in R^n$  untuk menggantikan titik yang buruk dengan titik yang lebih baik dan mempertimbangkan titik yang terbaik sebagai peminimal yang potensial atau sebagai titik yang optimal. [2]

Pada suatu  $R$  ruang  $n -$  dimensi, suatu *simplex* adalah suatu set dari puncak  $n + 1$ , menjadi segitiga pada  $R^2$  dan tetrahedron pada  $R^3$ . Penekanan *simplex* sampai pada minimum dengan cara membandingkan terus – menerus fungsi nilai pada puncak  $n + 1$  dan mengganti puncak dengan nilai tertinggi dengan mencerminkannya melewati pusat dari posisi *simplex* puncak dan penyusutan. Ide dasar dari metode *simplex* ini dapat di ilustrasikan seperti pada gambar 3.3.



Gambar 3.4. Ilustrasi Ide Dasar Metode *Simplex*

### 3.8.2. Metode *Nelder – Mead*

Metode *Nelder – Mead* (*NM*) mudah dimengerti, walaupun memerlukan penanganan untuk mengimplementasikan dengan tepat. Metode *NM* mencoba untuk meminimalkan nilai skalar fungsi nonlinier dari  $n$  variabel riil hanya menggunakan fungsi nilai, tanpa ada formasi turunan (ekplisit atau implisit). Kebanyakan dari metode *Direct Search*, termasuk metode *NM* mempertahankan pada setiap langkah nondegenerate *simplex* (*simplex* yang tidak turun derajat), gambaran geometri ditetapkan oleh titik (*vertices*)  $n + 1$  (real  $n -$  vektor). Sebagai contoh, suatu *simplex* pada dua dimensi adalah suatu segitiga.

Metode *NM* dapat diaplikasikan untuk peminimal dari fungsi obyektif multivariabel. Dimana metode *Golden Search* maupun metode *Quadratic Approximation* tidak dapat digunakan. Berikut bentuk persamaan dari metode *NM* untuk meminimalkan fungsi obyektif dua variabel :



$$f(x_1, x_2) = x_1^2 - x_1 x_2 - 4x_1 + x_2^2 - x_2 \quad (3.1)$$

Dimana nilai minimum dapat diperoleh dengan suatu langkah analitik, yakni dengan mengatur turunan parsial dari  $f(x_1, x_2)$  dengan menganggap  $x_1$  dan  $x_2$  menuju nol. [2]

### 3.9. Metode Nelder – Mead Simplex

#### 3.9.1. Inialisasi Nelder - Mead

Suatu *simplex* yang tidak berubah asal dituliskan  $\{x_1^{(0)}, \dots, x_{n+1}^{(0)}\}$  sehingga dapat ditulis :

$$f(x_1^{(0)}) \leq f(x_2^{(0)}) \leq \dots \leq f(x_{n+1}^{(0)}) \quad (3.2)$$

Terdapat empat parameter skalar yang harus spesifik untuk menentukan metode *NM* secara komplit, keempat parameter tersebut adalah koefisien dari refleksi ( $\rho$ ), ekspansi ( $\chi$ ), kontraksi ( $\gamma$ ), penyusutan ( $\sigma$ ). Ketentuan parameter yang harus dipenuhi:

\* *reflection* ( $\rho = 1$ ), *expansion* ( $\chi = 2$ ), *contraction* ( $\gamma = 1/2$ ), *shrinkage* ( $\sigma = 1/2$ )

Pendekatan umum yang digunakan sebagai standar algoritma *NMS* untuk setiap kemungkinan *simplex* yang baru adalah

$$\rho > 0, \chi > 1, 0 < \gamma < 1, \text{ dan } 0 < \sigma < 1 \quad (3.3.)$$

Dari perhitungan nantinya akan diperoleh suatu titik *simplex* yang baru menggantikan  $x_{n+1}$  atau menyusutkan seluruh bagian *simplex* untuk mendapatkan titik *simplex* yang terbaik. [3]

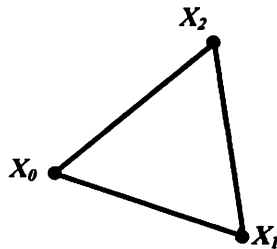
### 3.9.2. Nelder-Mead: Order

Diinisialisasikan suatu non-degenerate *simplex* dari titik (*vertices*)  $n+1$  pada  $R^n$ . Menghitung nilai fungsi dari tiap – tiap titik (*vertex*) dan memasukkan titik (*vertices*)  $n+1$  pada nilai  $f(x_i)$ .

Pada iterasi  $k$  kita mempunyai persamaan:

$$f(x_0^{(k)}) \leq f(x_1^{(k)}) \leq f(x_2^{(k)}) \leq \dots \leq f(x_n^{(k)}) \quad (3.4)$$

dimana,  $k = 1, 2, 3, \dots, n$  dan  $x_i = f(p, q)$



Gambar 3.5. Order

### 3.9.3. Nelder-Mead: Reflect

Hitung  $x_c^k$ , dimana  $x_c^k$  adalah titik pusat (centroid) dari  $n$  titik yang terdapat dalam simplex.

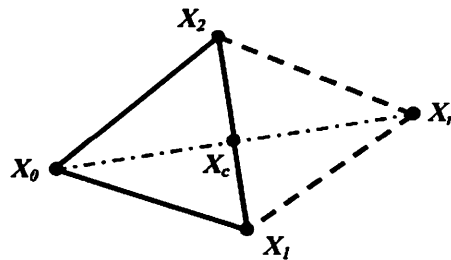
$$x_c^k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^k \quad (3.5)$$

Hitung titik refleksi ( $x_r^k$ ):

$$x_r^k = x_c^k + \rho(x_c^k - x_n^k) \quad (3.5)$$

Dimana,  $\rho > 0$

Hitung  $f_r = f(x_r^k)$ , jika  $f(x_0^{(k)}) \leq f(x_r^{(k)}) < f(x_{n+1}^{(k)})$  maka titik  $x_n^k$  diganti dengan titik  $x_r^k$



Gambar 3.6. *Reflect*

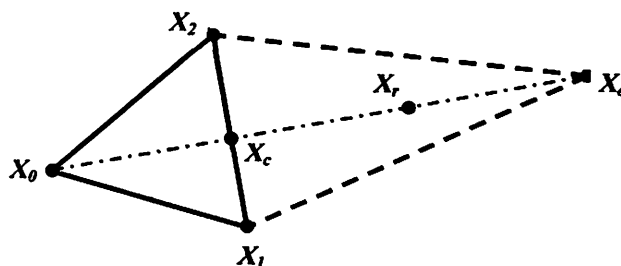
#### 3.9.4. *Nelder-Mead: Expand*

Apabila  $f_r^k < f$ , hitung titik ekspansi ( $x_e^k$ ):

$$x_e^k = x_c^k + \chi(x_r^k - x_c^k) \quad (3.6)$$

Dan evaluasi  $f_e^k = f(x_e^k)$ . Jika  $f_e^k < f_r^k$ , terima  $x_e^k$  dan hentikan iterasi;

Atau jika tidak, terima  $x_r^k$  dan hentikan iterasi.



Gambar 3.7. *Ekspand*

#### 3.9.5. *Nelder-Mead: Outside Contract Dan Inside Contract*

Apabila  $f_n^k \leq f_r^k < f_{n+1}^k$ , hitung kepadatan di luar ( $x_c$ ):

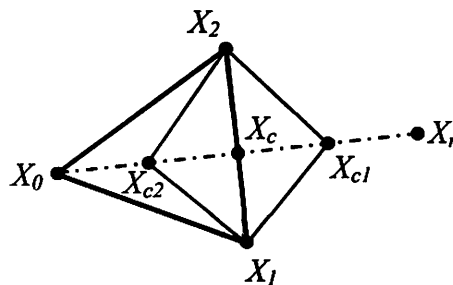
$$x_{cl}^k = x_c^k + \chi(x_r^k - x_c^k) \quad (3.7)$$

Dan evaluasi  $f_{c1}^k = f(x_{c1}^k)$ . Jika  $f_r^k < f_{n+1}^k$  dan  $f_{c1}^k \leq f_r^k$ , terima  $x_{c1}^k$  dan hentikan iterasi atau jika tidak lakukan langkah penyusutan.

Apabila  $f_r \geq f_{n+1}$ , hitung kepadatan di dalam ( $x_{c2}^k$ ):

$$x_{c2}^k = x_c^k + \gamma(x_r^k - x_c^k) \quad (3.8)$$

Dan evaluasi  $f_{c2}^k = f(x_{c2}^k)$ . Jika  $f_{c2}^k < f_n^k$ , terima  $x_{c2}^k$  dan hentikan iterasi atau jika tidak lakukan langkah penyusutan.



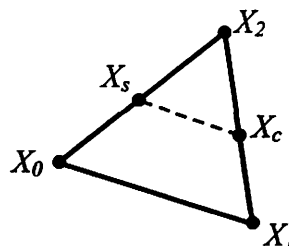
Gambar 3.8. *Outside Contract* dan *Inside Contract*

### 3.9.6. Nelder-Mead: *Shrinkage*

Apabila suatu puncak *simplex* yang baru tidak ditemukan maka dilakukan langkah penyusutan (*shrinkage*), rumuskan sebuah  $n$  puncak baru dengan :

$$s_i^k = x_2^k + \sigma(x_0^k - x_2^k) \quad (3.9)$$

Dan evaluasi  $f$  pada tiap puncak baru. *Simplex* baru akan menjadi  $x_2^k, s_1^k, \dots, s_{n+1}^k$ .



Gambar 3.9. *Shrinkage*

### 3.9.7. Algoritma Nelder – Mead Simplex

1. Mulai

2. Inisialisasi *non-degenerate simplex* dari titik (*vertices*)  $n+1$  pada  $R^n$  dengan fungsi nilai  $f(x_i)$ .

3. Tentukan

$$x_i = f(p, q), \text{ dimana } i=0,1,2,3,\dots,n$$

$$P_i = f(x_i^{(k)}): \text{ Titik } \textit{simplex}$$

$$f_i = f_i^{(k)} : \text{ Nilai fungsi obyektif pada } P_i$$

$$P_h = f(x_h^{(k)}) : \text{ titik } \textit{simplex} \text{ dimana fungsi obyektif diasumsikan mempunyai nilai tertinggi.}$$

$$P_s = f(x_s^{(k)}) : \text{ titik } \textit{simplex} \text{ dimana fungsi obyektif diasumsikan mempunyai nilai tertinggi kedua}$$

$$P_l = f(x_l^{(k)}) : \text{ titik } \textit{simplex} \text{ dimana fungsi obyektif diasumsikan mempunyai nilai terendah}$$

$$P_m = x_c^k : \text{ centroid dari titik } \textit{simplex} \text{ ( tidak mempertimbangkan } P_h)$$

$$\rho : \text{ reflection coefficient} = 1$$

$$\chi : \text{ contraction coefficient} = 1/2$$

$$\gamma : \text{ expansion coefficient} = 2$$

4. Order

$$\text{Tentukan } k \geq 0 ; f_i^{(k)} = f(x_i^{(k)}), k = 1,2,3,\dots,n \text{ dan}$$

masukkan titik (*vertices*)  $n + 1$  untuk memenuhi

$$f(x_0^{(k)}) \leq f(x_1^{(k)}) \leq f(x_2^{(k)}) \leq \dots \leq f(x_n^{(k)})$$

5. Hitung titik pusat (*centroid*)  $x_c^k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^k$

6. *Reflection*

Hitung titik refleksi  $f_r^k = f(x_r^k)$ :

$$x_r^k = x_c^k + \rho(x_c^k - x_n^k), \rho > 0$$

7. Apakah  $f(x_r^k) < f(x_0^{(k)})$ , jika ya lanjut ke langkah 7. Jika tidak apakah  $f(x_r^k) \geq f(x_{n-1}^{(k)})$ , jika ya lanjut ke langkah 9, jika tidak maka  $f(x_0^{(k)}) \leq f(x_r^k) \leq f(x_{n-1}^{(k)})$  terpenuhi dan ganti titik  $x_n^k$  dengan titik  $x_r^k$  dan lanjut pada iterasi selanjutnya.

8. *Expansion*

Hitung  $f_e^k = f(x_e^k)$

$$x_e^k = x_c^k + \chi(x_r^k - x_c^k)$$

9. Apakah  $f(x_e^k) < f(x_r^k)$  jika ya ganti titik  $x_n^k$  dengan titik  $x_e^k$  dan lanjut pada iterasi selanjutnya. Jika tidak ganti titik  $x_n^k$  dengan titik  $x_r^k$  dan lanjut pada iterasi selanjutnya.

10. Apakah  $f(x_r^k) < f(x_n^{(k)})$ , jika ya hitung kontraksi ke luar, jika tidak hitung kontraksi ke dalam.

11. *Out side Contraction*

$$x_{c1}^k = x_c^k + \chi(x_r^k - x_c^k)$$

12. Apakah  $f_{c1}^k \leq f_r^k$ , jika ya ganti  $x_n^k$  dengan  $x_{c1}^k$  dan lanjut ke iterasi selanjutnya. Jika tidak lanjut ke langkah 14.

13. *Inside Contraction*

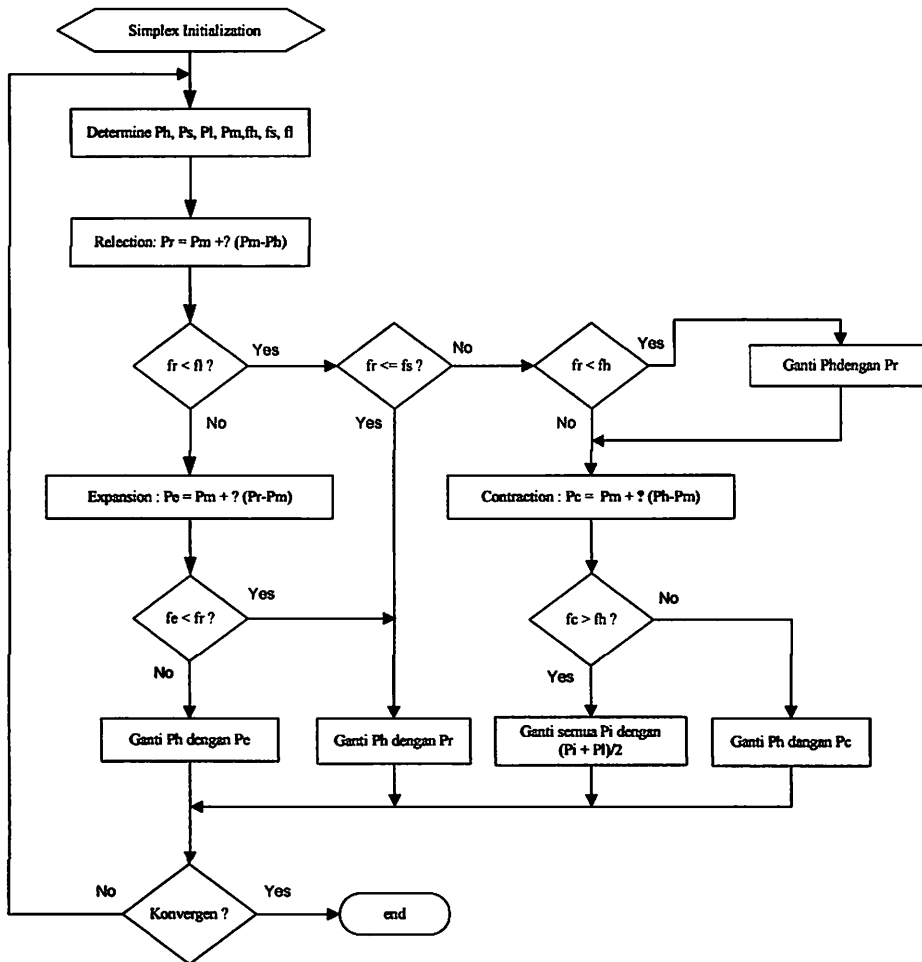
$$x_{c2}^k = x_c^k + \chi(x_r^k - x_c^k)$$

14. Apakah  $f_{c2}^k < f_n^k$ , jika ya ganti  $x_n^k$  dengan  $x_{c2}^k$  dan lanjut ke iterasi selanjutnya. Jika tidak lanjut ke langkah 14.

15. Shrink  $s_1^k = x_2^k + \sigma(x_0^k - x_2^k)$

16. Apakah sudah konvergen, jika ya hentikan iterasi. Jika tidak lanjutkan iterasi sampai tercapai konvergen.

### 3.9.8. Flowchart Nelder – Mead Simplex



$P_i$  : *simplex point*

$f_i$  ; Nilai Fungsi Obyektif di  $P_i$

$P_h$  : *simplex point* dimana fungsi obyektif diasumsikan mempunyai nilai terbaik

$P_s$  : *simplex point* dimana fungsi obyektif diasumsikan mempunyai nilai terbaik kedua

$P_l$  ; *simplex point* dimana fungsi obyektif diasumsikan mempunyai nilai terjelek

$P_m$  : *centroid simplex point* (tidak mempertimbangkan  $P_h$ )

$\rho$  : *reflection coefficient* = 1

$\beta$  : *contraction coefficient* = 1/2

$\gamma$  : *expansion coefficient* = 2



### 3.10. Optimasi Koordinasi Relay Arus Lebih

#### 3.10.1. Pemodelan Karakteristik Relay Arus Lebih

Secara umum relay arus lebih terkandung didalamnya unit seketika (*instantaneous*) dan peralatan waktu mundur. Secara umum relay arus lebih merespon fungsi karakteristik seperti dapat ditulis: <sup>[1]</sup>

$$T = f(TMS, I_p, I) \quad (3.11)$$

Dimana,  $T$  : waktu operasi,

$TMS$  : seting waktu multiplier

$I_p$  : arus kerja

$I$  : aliran arus yang melewati relay

Dengan asumsi yang disederhanakan persamaan tersebut diatas dapat dilakukan dengan pendekatan persamaan berikut:

$$T = K_1 \frac{TMS}{\left(\frac{I}{I_p}\right)^{K_2} + K_3} \quad (3.12)$$

Dimana,  $K_1, K_2,$  dan  $K_3$ , adalah konstan bergantung pada spesifikasi peralatan yang dipasang pada jaringan.

#### 3.10.2. Formulasi Masalah

Fungsi obyektif dari waktu operasi relay utama adalah merupakan subyek yang perlu untuk diminimalkan untuk menjaga operasi dari relay pembantu / *backup relay* yang dikoordinasikan. Fungsi obyektif  $J$  yang akan diminimalkan dapat dituliskan sebagai berikut:

$$J = \sum_{i=1}^n T_{ii} \quad (3.13)$$

Dimana  $T_{ii}$  adalah waktu operasi dari relay utama  $R_i$  untuk gangguan terdekat pada relay  $i$ . ini diasumsikan jaringan terdiri dari  $n$  relay.

Waktu operasi dari *backup relay* harus lebih besar dari jumlah waktu operasi relay utama dan batas koordinasi, ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$T_{ji} \geq T_{ii} + CTI \quad (3.14)$$

Dimana,  $T_{ji}$  adalah waktu operasi backup relay  $R_j$  di  $i$  untuk ujung terdekat pada gangguan yang sama, dan  $CTI$  adalah interval waktu koordinasi.<sup>[1]</sup>

### 3.10.3. Keadaan Terkendala (*Constraints*)

Setting arus / *pickup current* ( $I_p$ ) dan seting waktu multiplier ( $TMS$ ) adalah parameter dari optimasi dan merupakan fungsi nonlinear sehingga optimasi yang dilakukan menggunakan optimasi nonlinear.

Keadaan terkendala dari optimasi ini adalah batasan dari variable seperti di bawah ini:

$$TMS_{i \min} \leq TMS_i \leq TMS_{i \max} \quad (3.15)$$

$$I_{p \min} \leq I_{p_i} \leq I_{p \max} \quad (3.16)$$

Dimana,  $TMS_{i \min}$  : batas bawah dari  $TMS$  ke  $i$

$TMS_{i \max}$  : batas atas dari  $TMS$  ke  $i$

$I_{p \min}$  : batas bawah dari  $I_p$  ke  $i$

$I_{p \max}$  : batas atas dari  $I_p$  ke  $i$

Persamaan (11) dioptimasi menggunakan metode *Nelder – Mead Simplex* untuk itu operasi dari *backup relay* terkoordinasi tertinggal sebagaimana mestinya sehingga semua keadaan terkendala dipenuhi.<sup>[1]</sup>

### 3.10.4. Algoritma Pemecahan Masalah

1. Mulai
2. Inputkan data saluran sistem 70 KV, data *single line* saluran, data jumlah *relay overcurrent* pada saluran, data karakteristik *relay*, data pasangan *primary relay* dan *backup relay* dari data *single line* saluran
3. Tentukan nilai  $K1 = 0.14$ ;  $K2 = 0.02$ ;  $K3 = 1$ .
4. Hitung waktu operasi relay secara keseluruhan untuk tiap – tiap relay  $k$  dengan persamaan umum karakteristik OCR *Standart Invers* :

$$T_k = K1 \frac{TMS_k}{\left(\frac{I_k}{I_{Pk}}\right)^{K2} + K3}$$

5. Tentukan variabel CTI,  $TMS_{min}$ ,  $TMS_{max}$ ,  $I_{Pmin}$ ,  $I_{Pmax}$ , sebagai ketentuan batasan terkendala. Dengan nilai :  $CTI = 0.3$ ;  $TMS_{min}=0.1$ ;  $TMS_{max}=10$ ;  $I_{Pmin} = 0.05$ ;  $I_{Pmax} = 10$ .
6. Inputkan data waktu operasi *relay* ( $T_{ii}$ ) untuk asumsi gangguan terdekat relay  $p$ , dimana  $p= 1,2,3,\dots,n$
7. Inputkan variable  $TMS_k$ ,  $I_k$ ,  $I_{Pk}$ , sebagai parameter optimasi, dimana  $k$  adalah indeks relay sampai pada relay ke  $n$  dengan nilai  $k= 1,2,3,\dots,n$
8. Inputkan fungsi obyektif yang akan dioptimasi  $J = \sum_{k=1}^n T_{ik}$ , dimana  $T_{ik}$  adalah nilai waktu operasi *primary relay* ke  $k$
9. Hitung optimasi fungsi obyektif dengan metode *Nelder – Mead Simplex*.

10. Uji hasil optimasi *Nelder – Mead Simplex* dengan formula keadaan terkendala

- $TMS_{k\ min} \leq TMS_k \leq TMS_{k\ max}$

- $IP_{k\ min} \leq IP_k \leq IP_{k\ max}$

Apakah terpenuhi? Jika YA dan lanjut ke langkah 9, jika TIDAK kembali ke langkah 7.

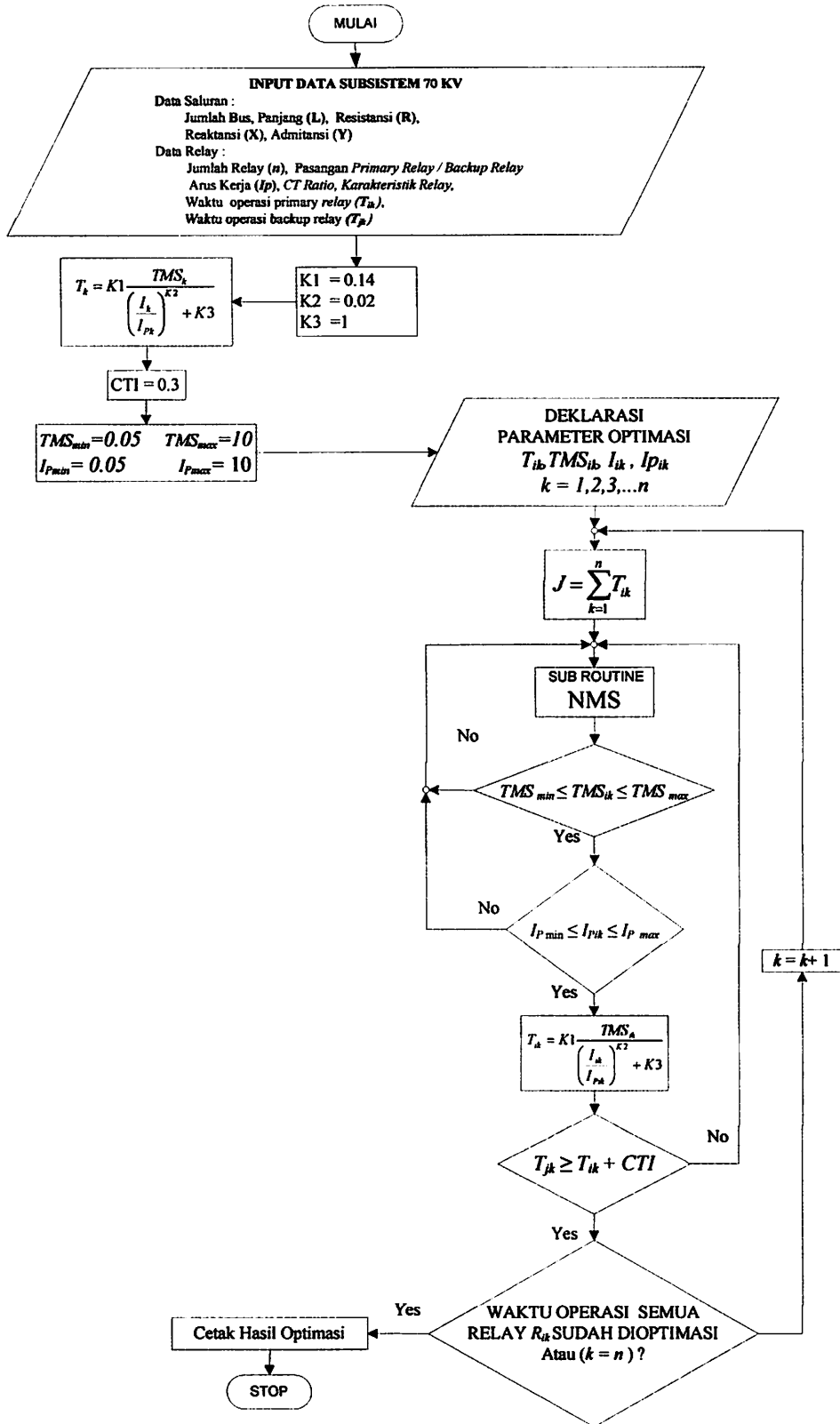
11. Tentukan waktu operasi *backup relay*  $T_{ji}$  untuk gangguan yang sama dengan ketentuan :

$$T_{ji} \geq T_{ii} + CTI, \text{ dimana harga } CTI \text{ diasumsikan sebesar } 0,3 \text{ detik}$$

12. Apakah  $T_{jk} \geq T_{ki} + CTI$  terpenuhi? Jika YA waktu operasi *primary relay* ( $R_i$ ) sudah optimal dan lanjut ke langkah 10 , jika TIDAK ulangi langkah 7.

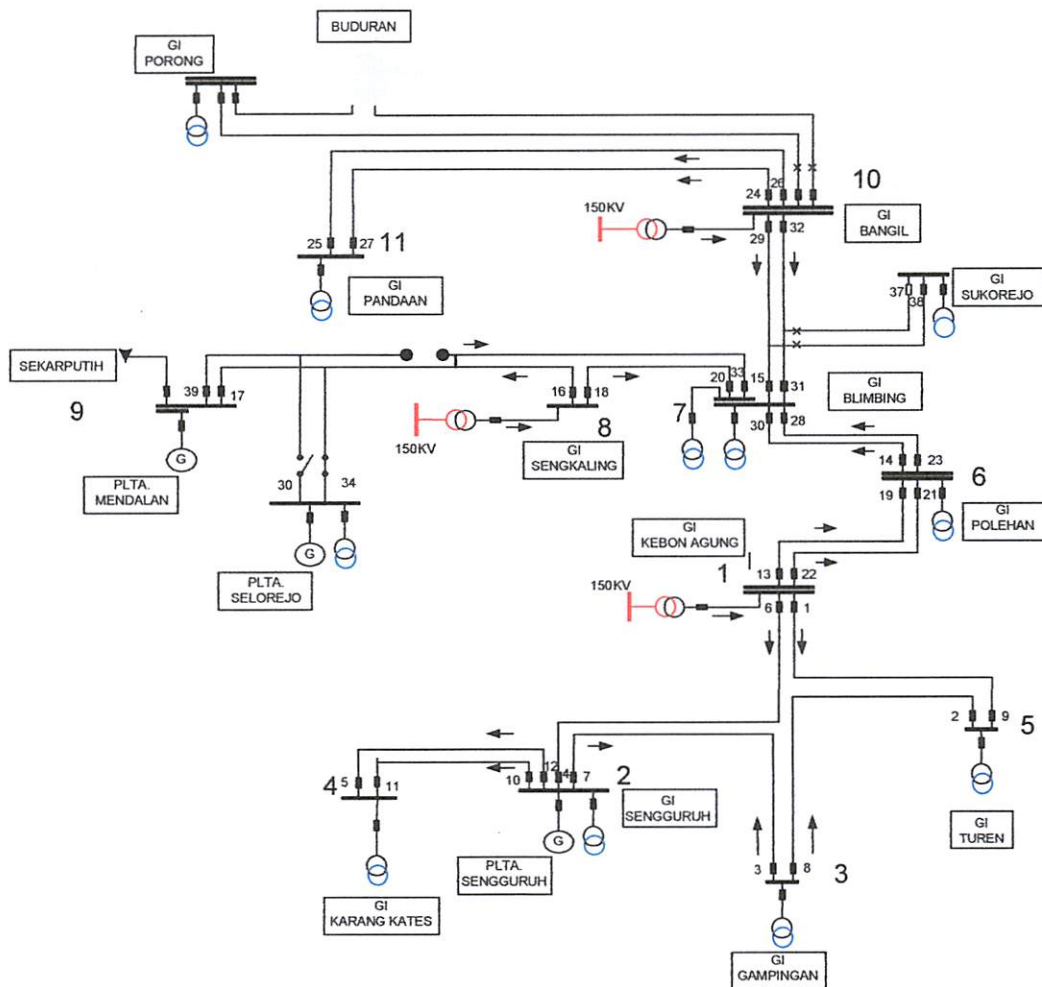
13. Apakah semua waktu operasi relay  $R_i$  sudah dioptimasi ? Jika YA cetak hasil dan stop. Jika TIDAK ulangi langkah 6 sampai semua relay  $R_i$  dioptimasi ( $k= n$ ).

### 3.10.5. Flowchart Penyelesaian Masalah



### 3.11. Data Saluran Transmisi 70KV Pada Wilayah Kerja UPT Malang

Pada wilayah kerja UPT Malang terdapat 2 sistem transmisi, yaitu sistem penyaluran 70 kV dan sistem penyaluran 150 kV yang terhubung melalui beberapa Gardu Induk. Dalam skripsi ini hanya dibahas sistem penyaluran 70 kV. Adapun sistem penyaluran 70 kV di wilayah kerja UPT Malang dapat dilihat pada single line diagram berikut :



Gambar 3.10. Subsistem 70 KV di wilayah UPT Malang

Data saluran 70 KV dan daftar setelan relay penghantar di wilayah kerja PT.

PLN (PERSERO) UPT Malang dapat dilihat pada tabel – tabel berikut ini :

Tabel 3.1 Daftar Saluran 70Kv Di Wilayah Kerja PT. PLN (PERSERO) UPT Malang

| NO | GI/GIS      | PHT             | L (km)    | JENIS            | Impedansi $\Omega$ /km |                | RATIO |           |
|----|-------------|-----------------|-----------|------------------|------------------------|----------------|-------|-----------|
|    |             |                 |           |                  | R $\Omega$ /km         | X $\Omega$ /km | CT    | PT        |
| 1  | KEBONAGUNG  | POLEHAN1        | 11,425    | ACSR ostrich 300 | 0,2175                 | 0,3871         | 400/5 | 66000/110 |
| 2  |             | POLEHAN2        | 11,425    | ACSR ostrich 300 | 0,2175                 | 0,3871         | 400/5 | 66000/110 |
| 3  |             | SENGGURUH       | 25,775    | TACSR 160        | 0,1400                 | 0,4000         | 400/5 | 66000/110 |
| 4  |             | TUREN           | 21,240    | TACSR 160        | 0,1400                 | 0,4000         | 400/5 | 66000/110 |
| 5  | SENGGURUH   | KARANGKATES1    | 12,770    | ACSR pigeon 3/0  | 0,3866                 | 0,3584         | 200/5 | 66000/110 |
| 6  |             | KARANGKATES2    | 12,770    | ACSR pigeon 3/0  | 0,3866                 | 0,3584         | 400/5 | 66000/110 |
| 7  |             | GMPINGAN        | 1,345     | TACSR 160        | 0,1400                 | 0,4000         | 400/5 | 66000/110 |
| 8  |             | KEBONAGUNG      | 25,775    | TACSR 160        | 0,1400                 | 0,4000         | 400/5 | 66000/110 |
| 9  | GAMPINGAN   | TUREN           | 26,100    | TACSR 160        | 0,1400                 | 0,4000         | 300/5 | 66000/110 |
| 10 |             | SENGGURUH       | 1,345     | TACSR 160        | 0,1400                 | 0,4000         | 300/5 | 66000/110 |
| 11 | KARANGKATES | SENGGURUH1      | 12,770    | ACSR pigeon 3/0  | 0,3866                 | 0,3584         | 400/5 | 66000/110 |
| 12 |             | SENGGURUH2      | 12,770    | ACSR pigeon 3/0  | 0,3866                 | 0,3584         | 400/5 | 66000/110 |
| 13 | TUREN       | KEBONAGUNG      | 21,240    | TACSR 160        | 0,1400                 | 0,4000         | 400/5 | 66000/110 |
| 14 |             | GAMPINGAN       | 26,100    | TACSR 160        | 0,1400                 | 0,4000         | 400/5 | 66000/110 |
| 15 | BLIMBING    | SENGKALING1     | 8,610     | ACSR pigeon 3/0  | 0,3866                 | 0,3584         | 400/5 | 66000/110 |
| 16 |             | SENGKALING2/MDL | 28,720    | ACSR pigeon 3/0  | 0,3866                 | 0,3584         | 400/5 | 66000/110 |
| 17 |             | BANGIL1         | 40,410    | ACSR pigeon 3/0  | 0,3866                 | 0,3584         | 400/5 | 66000/110 |
| 18 |             | BANGIL2         | 40,410    | ACSR pigeon 3/0  | 0,3866                 | 0,3584         | 400/5 | 66000/110 |
| 19 |             | POLEHAN1        | 12,182    | ACSR pigeon 3/0  | 0,3866                 | 0,3584         | 400/5 | 66000/110 |
| 20 |             | POLEHAN2        | 12,182    | ACSR pigeon 3/0  | 0,3866                 | 0,3584         | 400/5 | 66000/110 |
| 21 | POLEHAN     | BLIMBING1       | 12,182    | ACSR pigeon 3/0  | 0,3866                 | 0,3584         | 400/5 | 66000/110 |
| 22 |             | BLIMBING2       | 12,182    | ACSR pigeon 3/0  | 0,3866                 | 0,3584         | 400/5 | 66000/110 |
| 23 |             | KEBONAGUNG1     | 11,425    | ACSR ostrich 300 | 0,2175                 | 0,3871         | 400/5 | 66000/110 |
| 24 |             | KEBONAGUNG2     | 11,425    | ACSR ostrich 300 | 0,2175                 | 0,3871         | 400/5 | 66000/110 |
| 25 | SENGKALING  | BLIMBING1       | 8,610     | ACSR pigeon 3/0  | 0,3866                 | 0,3584         | 400/5 | 66000/110 |
| 26 |             | BLIMBING2/MDL   | 9,5/14,99 | ACSR pigeon 3/0  | 0,3866                 | 0,3584         | 400/5 | 66000/110 |

Sumber : PT. PLN (Persero) UPT Malang

Tabel 3.2 Daftar Daerah Pengaman Serta Pengaman Jarak Pada Saluran 70 kV  
Di Wilayah Kerja PT. PLN (PERSERO) UPT Malang

| PABRIK | TIPE     | DISTANCE |   |       |      |       |     |           |   |        |   |       |    |
|--------|----------|----------|---|-------|------|-------|-----|-----------|---|--------|---|-------|----|
|        |          | ZONE1    |   | ZONE2 |      | ZONE3 |     | ZONE4/Z3R |   | OPTION |   | SUDUT |    |
|        |          | OHM      | ▷ | OHM   | ▷    | OHM   | ▷   | OHM       | ▷ | X      | Y | Ph    | N  |
| NISSIN | EXH 31   | 0.45     | 0 | 0.78  | 0.4  | 2.2   | 1   |           |   |        |   | 90    | 90 |
| NISSIN | EXH 31   | 0.45     | 0 | 0.78  | 0.4  | 2.2   | 1   |           |   |        |   | 90    | 90 |
| NISSIN | EXH 31   | 1.087    | 0 | 1.428 | 0.4  | 2     | 0.8 |           |   |        |   | 90    | 90 |
| NISSIN | EXH 31   | 0.877    | 0 | 1.25  | 0.4  | 2.857 | 2   |           |   |        |   | 90    | 90 |
| ASEA   | RAZOA    | 0.112    | 0 | 1.572 | 0.35 | 3.232 | 1.6 |           |   |        |   | 90    | 90 |
| ASEA   | RAZOA    | 1.49     | 0 | 2.48  | 0.4  | 4.48  | 0.8 |           |   |        |   | 90    | 90 |
| ASEA   | RAZOA    | 0.34     | 0 | 0.527 | 0.4  | 6.656 | 0.8 |           |   |        |   | 90    | 90 |
| NISSIN | EXH 31   | 1.11     | 0 | 1.47  | 0.4  | 2.56  | 0.8 |           |   |        |   | 90    | 90 |
| NISSIN | TRL-D11T | 1.11     | 0 | 1.67  | 0.4  | 2.7   | 0.8 |           |   |        |   | 90    | 90 |
| ASEA   | RAZOA    | 0.259    | 0 | 0.382 | 0.4  | 5.12  | 1.6 |           |   |        |   | 90    | 90 |
| ASEA   | RAZOA    | 1.906    | 0 | 2.986 | 0.75 | 6.89  | 1.6 |           |   |        |   | 90    | 90 |
| ASEA   | RAZOA    | 1.906    | 0 | 2.986 | 0.75 | 6.89  | 0.8 |           |   |        |   | 90    | 90 |
| NISSIN | TRL-D11T | 0.892    | 0 | 1.315 | 0.4  | 2.631 | 0.8 |           |   |        |   | 90    | 90 |
| NISSIN | TRL-D11T | 1.136    | 0 | 1.47  | 0.4  | 2     | 1.2 |           |   |        |   | 90    | 90 |
| GEC    | Q'MHO    | 0.749    | 0 | 1.296 | 0.4  | 3.5   | 1.2 | 0.2       | 1 | 0      | 0 | 45    | 65 |
| GEC    | Q'MHO    | 2.419    | 0 | 3.648 | 0.4  | 6.144 | 0.8 | 0.2       | 1 | 0      | 0 | 45    | 65 |
| NISSIN | EXH 31   | 2.27     | 0 | 3.57  | 0.4  | 4.17  | 0.8 |           |   |        |   | 90    | 90 |
| ASEA   | RAZOA    | 1.7      | 0 | 2.47  | 0.4  | 3.02  | 0.7 |           |   |        |   | 90    | 90 |
| NISSIN | EXH 31   | 0.53     | 0 | 1.36  | 0.4  | 4     | 0.7 |           |   |        |   | 90    | 90 |
| NISSIN | EXH 31   | 0.53     | 0 | 1.36  | 0.4  | 4     | 0.7 |           |   |        |   | 90    | 90 |
| NISSIN | EXH 31   | 0.625    | 0 | 2.27  | 0.4  | 4     | 0.7 |           |   |        |   | 90    | 90 |
| NISSIN | EXH 31   | 0.625    | 0 | 2.27  | 0.4  | 4     | 0.7 |           |   |        |   | 90    | 90 |
| NISSIN | EXH 31   | 0.55     | 0 | 1.087 | 0.4  | 9.09  | 0.7 |           |   |        |   | 90    | 90 |
| NISSIN | EXH 31   | 0.55     | 0 | 1.087 | 0.4  | 9.09  | 0.7 |           |   |        |   | 90    | 90 |
| NISSIN | EXH 31   | 0.52     | 0 | 0.78  | 0.4  | 2.77  | 0.7 |           |   |        |   |       |    |
| NISSIN | EXH 31   | 1.136    | 0 | 1.667 | 0.4  | 6.25  | 0.8 |           |   |        |   |       |    |

Sumber : PT. PLN (Persero) UPT Malang



Tabel 3.3 Daftar OCR Saluran 70 kV Di Wilayah Kerja PT. PLN (PERSERO)  
UPT Malang

| NO | GI/GIS      | PHT             | OVER CURRENT |         |           |             | KETERANGAN      |
|----|-------------|-----------------|--------------|---------|-----------|-------------|-----------------|
|    |             |                 | PABRIK       | TIPE    | SET       |             |                 |
|    |             |                 |              |         | I>        | T>          |                 |
| 1  | KEBONAGUNG  | POLEHANI        | SEG          | MRIE-I3 | 6A=480A   | TD.0,38(SI) |                 |
| 2  |             | POLEHAN2        | SEG          | MRIE-I3 | 6A=480A   | TD.0,38(SI) |                 |
| 3  |             | SENGGURUH       | SEG          | MRIE-I3 | 6A=480A   | TD.0,39(SI) |                 |
| 4  |             | TUREN           | SEG          | MRIE-I3 | 6A=480A   | TD.0,39(SI) |                 |
| 5  | SENGGURUH   | KARANGKATES1    | SEG          | MCGG82  | 5A=200A   | TD.0,35(SI) |                 |
| 6  |             | KARANGKATES2    | SEG          | MCGG82  | 6A=480A   | TD.0,43(SI) |                 |
| 7  |             | GMPINGAN        | GEC          | MRIE-I3 | 6A=480A   | TD.0,43(SI) |                 |
| 8  |             | KEBONAGUNG      | GEC          | MRIE-I3 | 6A=480A   | TD.0,43(SI) |                 |
| 9  | GAMPINGAN   | TUREN           | SEG          | MRIE-I3 | 6A=360A   | TD.0,37(SI) |                 |
| 10 |             | SENGGURUH       | SEG          | MRIE-I3 | 6A=360A   | TD.0,37(SI) |                 |
| 11 | KARANGKATES | SENGGURUH1      | GEC          | MCGG82  | 4.5A=360A | TD.0,25(SI) |                 |
| 12 |             | SENGGURUH2      | GEC          | MCGG82  | 4.5A=360A | TD.0,25(SI) |                 |
| 13 | TUREN       | KEBUNAGUNG      | SEC          | MRIE-I3 | 3.9A=312A | 15SEC       | OLS             |
| 14 |             | GAMPINGAN       | SEC          | MRIE-I3 | 3.2A=256A | 15SEC       | OLS             |
| 15 | BLIMBING    | SENGKALING1     | SEC          | MRIE-I3 | 4.6A=368A | TD.0,23(SI) |                 |
| 16 |             | SENGKALING2/MDL | SEC          | MRIE-I3 | 4.6A=368A | TD.0,38(SI) | SETTING S/D MDL |
| 17 |             | BANGIL1         | SEC          | MRIE-I3 | 4.6A=368A | TD.0,38(SI) |                 |
| 18 |             | BANGIL2         | SEC          | MRIE-I3 | 4.6A=368A | TD.0,38(SI) |                 |
| 19 |             | POLEHANI        | SEC          | MRIE-I3 | 4.6A=368A | TD.0,38(SI) |                 |
| 20 |             | POLEHAN2        | SEC          | MRIE-I3 | 4.6A=368A | TD.0,38(SI) |                 |
| 21 | POLEHAN     | BLIMBING1       | SEC          | MRIE-I3 | 6.0A=480A | TD.0,37(SI) |                 |
| 22 |             | BLIMBING2       | SEC          | MRIE-I3 | 6.0A=480A | TD.0,37(SI) |                 |
| 23 |             | KEBONAGUNG1     | SEC          | MRIE-I3 | 4.6A=368A | TD.0,37(SI) |                 |
| 24 |             | KEBONAGUNG2     | SEC          | MRIE-I3 | 4.6A=368A | TD.0,37(SI) |                 |
| 25 | SENGKALING  | BLIMBING1       | SEC          | MRIE-I3 | 4.6A=368A | TD.0,24(SI) |                 |
| 26 |             | BLIMBING2/MDL   | SEC          | MRIE-I3 | 4.6A=368A | TD.0,24(SI) |                 |

Sumber : PT. PLN (Persero) UPT Malang

Tabel 3.4 Daftar Pasangan Primary dan Backup OCR Saluran 70 kV Di Wilayah Kerja PT. PLN (PERSERO) UPT Malang

| No | Bus  |    | Prim | Bus  |    | Backup | Seting OCR |     |      |     |     |
|----|------|----|------|------|----|--------|------------|-----|------|-----|-----|
|    | From | To |      | From | To |        | TMS        | Ip  | TMSb | Ipb | CTR |
| 1  | 1    | 2  | 6    | 1    | 2  | 4      | 0.39       | 6   | 0.43 | 6   | 80  |
| 2  | 1    | 5  | 1    | 1    | 5  | 9      | 0.39       | 6   | 15   | 3.9 | 80  |
| 3  | 1    | 6  | 21   | 1    | 6  | 22     | 0.37       | 4.6 | 0.38 | 6   | 80  |
| 4  | 1    | 6  | 19   | 1    | 6  | 13     | 0.37       | 4.6 | 0.38 | 6   | 80  |
| 5  | 2    | 3  | 3    | 2    | 3  | 7      | 0.37       | 6   | 0.43 | 6   | 80  |
| 6  | 2    | 4  | 5    | 2    | 4  | 12     | 0.25       | 4.5 | 0.43 | 5   | 80  |
| 7  | 2    | 4  | 11   | 2    | 4  | 10     | 0.25       | 4.5 | 0.35 | 6   | 80  |
| 8  | 3    | 5  | 8    | 3    | 5  | 2      | 0.37       | 6   | 15   | 3.2 | 80  |
| 9  | 6    | 7  | 23   | 6    | 7  | 28     | 0.37       | 6   | 0.38 | 4.6 | 80  |
| 10 | 6    | 7  | 14   | 6    | 7  | 30     | 0.37       | 6   | 0.38 | 4.6 | 80  |
| 11 | 10   | 7  | 29   | 10   | 7  | 15     | 0.35       | 4.6 | 0.38 | 4.6 | 80  |
| 12 | 10   | 7  | 32   | 10   | 7  | 31     | 0.35       | 4.6 | 0.38 | 4.6 | 80  |
| 13 | 8    | 7  | 16   | 8    | 7  | 33     | 0.24       | 4.6 | 0.38 | 4.6 | 80  |
| 14 | 8    | 7  | 20   | 8    | 7  | 18     | 0.23       | 4.6 | 0.24 | 5   | 80  |
| 15 | 8    | 9  | 16   | 8    | 9  | 17     | 0.24       | 5   | 0.38 | 5   | 80  |
| 16 | 10   | 11 | 25   | 10   | 11 | 26     | 0.24       | 1.8 | 0.35 | 1.8 | 160 |
| 17 | 10   | 11 | 27   | 10   | 11 | 24     | 0.24       | 1.8 | 0.35 | 1.8 | 160 |

Sumber : PT. PLN (Persero) UPT Malang

Dari data tabel 3.4 akan dihitung jumlah waktu operasi total dari semua *primary* OCR dan *backup* OCR yang terpasang pada saluran.

Digunakan rumus *standart invers* untuk perhitungan waktu operasi tiap OCR karena semua OCR menggunakan karakteristik *standart invers*.

$$T_k = K1 \frac{TMS_k}{\left(\frac{I_k}{I_{Pk}}\right)^{K2}} + K3$$

Untuk nilai arus hubung singkat menggunakan data arus hubung singkat pada table 3.5.

Tabel 3.5. Daftar Impedansi Urutan dan Arus Hubung Singkat Maksimum Saluran 70 kV Di Wilayah Kerja PT. PLN (PERSERO) UPT Malang Tahun 2007

| NO | BUS  | GI            | TEG  | Imp. Urutan Positif |           | Imp. Urutan Negatif |           | Imp. Urutan Nol |           | Arus Hub. Singkat Max. |          |
|----|------|---------------|------|---------------------|-----------|---------------------|-----------|-----------------|-----------|------------------------|----------|
|    |      |               | (KV) | R1 (pu)             | X1 (pu)   | R2 (pu)             | X2 (pu)   | R0 (pu)         | X0 (pu)   | 1ph(kA)                | 3ph (kA) |
| 1  | 4-I  | BANGIL 4      | 70   | 0.0049087           | 0.1261422 | 0.00468046          | 0.1260452 | 12.2552         | 0.1515221 | 0.2216887              | 7.181504 |
| 2  | 4-II | BANGIL 4      | 70   | 0                   | 0         | 0                   | 0         | 0               | 0         | 0                      | 0        |
| 3  | 4-I  | BLIMBING 4    | 70   | 0.1627046           | 0.2716116 | 0.1624764           | 0.2715146 | 12.47422        | 0.5879303 | 0.2117242              | 2.856002 |
| 4  | 4-II | BLIMBING 4    | 70   | 0.0736881           | 0.1780604 | 0.0721747           | 0.1783684 | 1.90758         | 0.5807438 | 1.202552               | 4.688823 |
| 5  | 4-I  | KARANGKATES 4 | 70   | 0.0842514           | 0.2427757 | 0.08157986          | 0.2434162 | 6.22131         | 0.3341533 | 0.4222663              | 3.521232 |
| 6  | 4-II | KARANGKATES 4 | 70   | 0.0842514           | 0.2427757 | 0.08157986          | 0.2434162 | 6.22131         | 0.3341533 | 0.4222663              | 3.521232 |
| 7  | 4-I  | KEBONAGUNG 4  | 70   | 0.0070383           | 0.1073078 | 0.00618048          | 0.1072775 | 6.15248         | 0.1947287 | 0.4400369              | 8.424687 |
| 8  | 4-II | KEBONAGUNG 4  | 70   | 0.0070383           | 0.1073078 | 0.00618048          | 0.1072775 | 6.15248         | 0.1947287 | 0.4400369              | 8.424687 |
| 9  | 4-I  | MENDALAN      | 70   | 0.0696008           | 0.1284528 | 0.06858012          | 0.1296373 | 1.72046         | 0.2723132 | 1.403909               | 6.168495 |
| 10 | 4-II | MENDALAN      | 70   | 0.167786            | 0.2668289 | 0.1658476           | 0.2698967 | 1.96134         | 0.6795166 | 1.045738               | 2.868466 |
| 11 | 4-I  | PANDAAN 4     | 70   | 0.0264368           | 0.1644572 | 0.02620853          | 0.1643602 | 12.29157        | 0.2664671 | 0.2201266              | 5.435827 |
| 12 | 4-II | PANDAAN 4     | 70   | 0.0264368           | 0.1644572 | 0.02620853          | 0.1643602 | 12.29157        | 0.2664671 | 0.2201266              | 5.435827 |
| 13 | 4-I  | POLEHAN 4     | 70   | 0.0323948           | 0.1524366 | 0.03153699          | 0.1524062 | 6.19532         | 0.3301149 | 0.4322045              | 5.805466 |
| 14 | 4-II | POLEHAN 4     | 70   | 0.0323948           | 0.1524366 | 0.03153699          | 0.1524062 | 6.19532         | 0.3301149 | 0.4322045              | 5.805466 |
| 15 | 4-I  | PORONG 4      | 70   | 0.0736415           | 0.340224  | 0.07351977          | 0.3401706 | 12.36863        | 0.6050353 | 0.2162261              | 2.603043 |
| 16 | 4-I  | SENGGURUH 4   | 70   | 0.0338671           | 0.1963273 | 0.03119562          | 0.1969678 | 6.15174         | 0.1948082 | 0.4354666              | 4.545778 |
| 17 | 4-I  | SENGKALING 4  | 70   | 0.038071            | 0.1452441 | 0.03720041          | 0.1455517 | 1.85821         | 0.4823627 | 1.303526               | 6.021091 |
| 18 | 4-I  | TUREN 4       | 70   | 0.0434438           | 0.2140477 | 0.04195896          | 0.214212  | 6.19666         | 0.3868879 | 0.4292512              | 4.146037 |
| 19 | 4-I  | GAMPINGAN 4   | 70   | 0.0367951           | 0.2010959 | 0.03418883          | 0.2016941 | 6.15763         | 0.2151854 | 0.4344242              | 4.429753 |

Sumber : PT. PLN (Persero) UPT Malang

## **BAB IV**

### **PERHITUNGAN OPTIMASI KOORDINASI OCR MENGUNAKAN METODE NELDER – MEAD SIMPLEX**

Koordinasi relay arus lebih pada sistem jaringan diperlukan untuk mengamankan jaringan beserta peralatannya apabila terjadi gangguan pada salah satu daerah pengamanan. Selain sebagai pengaman fungsi utama dari relay arus lebih adalah sebagai pengindera pengirim sinyal untuk peralatan proteksi seperti CB dan PMT. Koordinasi relay bertujuan untuk menentukan setting waktu kerja relay apabila primary relay tidak dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan. Koordinasi relay diharapkan dapat bekerja optimal setiap kali terjadi gangguan di daerah pengamanannya serta tidak meninggalkan selektifitas dan sensitifitas relay terhadap gangguan. Evaluasi mengenai setting arus dan setting waktu kerja pada relay arus lebih perlu dilakukan dalam menentukan setting koordinasi relay arus lebih yang optimal serta pengamanannya terhadap sistem. [9]

Relay pengaman yang akan dianalisa dan dikoordinasikan di sini adalah rele arus lebih yang digunakan untuk mengamankan sistem interkoneksi 70 KV di wilayah kerja UPT Malang.

#### **4.1. Pemrograman Komputer Untuk Setting Waktu Relay Arus Lebih Menggunakan Metode Nelder – Mead Simplex**

Pemrograman komputer untuk perhitungan setting peralatan pengaman dalam suatu sistem jaringan baik tegangan tinggi maupun tegangan rendah sangat

diperlukan. Mengingat luasnya sistem jaringan tenaga listrik yang ada sekarang ini, maka peralatan proteksi yang digunakan juga sangat banyak. Dapat dibayangkan bila kita menghitung setting peralatan proteksi dalam suatu jaringan yang luas secara manual maka akan membutuhkan waktu yang cukup lama. Disini pemrograman komputer berperan penting untuk membantu melakukan perhitungan setting peralatan proteksi.

Dalam skripsi ini memfokuskan pemrograman komputer untuk perhitungan setting waktu relay arus lebih (OCR) guna memperoleh koordinasi yang optimal dari relay arus lebih yang dipasang pada suatu sistem jaringan untuk mengisolir suatu gangguan.

Sasaran dari koordinasi relay proteksi dalam suatu sistem tenaga yang terinterkoneksi adalah untuk mencapai selektivitas tanpa mengorbankan sensitivitas dan waktu pemeriksaan kesalahan serta pengamanan gangguan yang cepat. Beberapa algoritma pemrograman yang telah diusulkan sebelumnya kebanyakan hanya memberikan solusi mencari pengaturan pengali waktu ( *TMS* ) dari relay dengan mengetahui terlebih dahulu arus kerja dari relay. Pada studi kasus ini ini diusulkan suatu optimisasi nonlinier yang berbasis *Direct Search Method* menggunakan algoritma *Nelder – Mead Simplex (NMS)* sebagai langkah untuk memperoleh koordinasi relay arus lebih yang optimal dalam sistem tenaga yang terinterkoneksi. Pada algoritma *NMS*, arus kerja dan pengaturan pengali waktu (*TMS*) dari relay diberlakukan sebagai parameter optimisasi.

Sistem jaringan yang dianalisa adalah sistem interkoneksi jaringan 70 kV di wilayah kerja UPT Malang. Untuk melakukan analisa perhitungan diperlukan

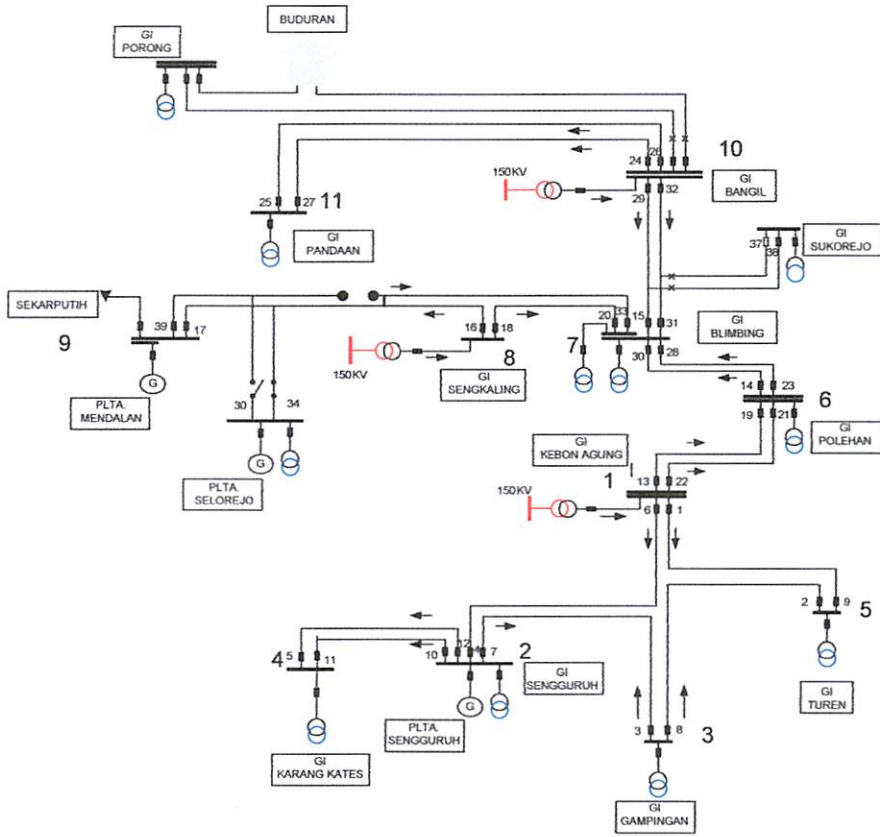
data – data lapangan yang nantinya digunakan sebagai parameter – parameter untuk perhitungan setting relay arus lebih, diantaranya : single line jaringan, data penghantar, daftar setelan relay arus lebih pada saluran, data arus hubung singkat maksimum pada saluran, data setelan relay pada trafo tenaga, laporan bulanan pembebanan pada saluran 70 KV dan laporan bulanan beban puncak trafo tenaga pada gardu induk.

## **4.2. Analisa Data Hasil Pemrograman.**

### **4.2.1. Perhitungan Waktu Operasi Awal Dari Tiap OCR**

Pada sistem 70 Kv di wilayah kerja UPT Malang terdapat 11 bus aktif, 17 saluran aktif, 33 *relay overcurrent*. Semua OCR menggunakan karakteristik *standart invers* dan tipe DOCR.

Mengacu pada flowchart penyelesaian masalah sebagai langkah awal adalah menghitung waktu operasional dari semua OCR sesuai data single line menggunakan persamaan untuk karakteristik *standart invers*. Dari data tabel 3.3 dan tabel 3.4 data dikelompokkan menurut nomor urut relay dan data pasangan relay dan diperoleh pengelompokan data sebagai berikut:



Gambar 4.1 Single Line Diagram Sistem 70 kV Di wilayah UPT Malang

Tabel 4.1. Data Setelan Awal OCR

| No | Bus  |    | Prim | Bus  |    | Backup | Seting OCR |     |      |     |     |
|----|------|----|------|------|----|--------|------------|-----|------|-----|-----|
|    | From | To |      | From | To |        | TMS        | Ip  | TMSb | Ipb | CTR |
| 1  | 1    | 2  | 6    | 1    | 2  | 4      | 0.39       | 6   | 0.43 | 6   | 80  |
| 2  | 1    | 5  | 1    | 1    | 5  | 9      | 0.39       | 6   | 15   | 3.9 | 80  |
| 3  | 1    | 6  | 21   | 1    | 6  | 22     | 0.37       | 4.6 | 0.38 | 6   | 80  |
| 4  | 1    | 6  | 19   | 1    | 6  | 13     | 0.37       | 4.6 | 0.38 | 6   | 80  |
| 5  | 2    | 3  | 3    | 2    | 3  | 7      | 0.37       | 6   | 0.43 | 6   | 80  |
| 6  | 2    | 4  | 5    | 2    | 4  | 12     | 0.25       | 4.5 | 0.43 | 5   | 80  |
| 7  | 2    | 4  | 11   | 2    | 4  | 10     | 0.25       | 4.5 | 0.35 | 6   | 80  |
| 8  | 3    | 5  | 8    | 3    | 5  | 2      | 0.37       | 6   | 15   | 3.2 | 80  |
| 9  | 6    | 7  | 23   | 6    | 7  | 28     | 0.37       | 6   | 0.38 | 4.6 | 80  |
| 10 | 6    | 7  | 14   | 6    | 7  | 30     | 0.37       | 6   | 0.38 | 4.6 | 80  |
| 11 | 10   | 7  | 29   | 10   | 7  | 15     | 0.35       | 4.6 | 0.38 | 4.6 | 80  |
| 12 | 10   | 7  | 32   | 10   | 7  | 31     | 0.35       | 4.6 | 0.38 | 4.6 | 80  |
| 13 | 8    | 7  | 16   | 8    | 7  | 33     | 0.24       | 4.6 | 0.38 | 4.6 | 80  |
| 14 | 8    | 7  | 20   | 8    | 7  | 18     | 0.23       | 4.6 | 0.24 | 5   | 80  |
| 15 | 8    | 9  | 16   | 8    | 9  | 17     | 0.24       | 5   | 0.38 | 5   | 80  |
| 16 | 10   | 11 | 25   | 10   | 11 | 26     | 0.24       | 1.8 | 0.35 | 1.8 | 160 |
| 17 | 10   | 11 | 27   | 10   | 11 | 24     | 0.24       | 1.8 | 0.35 | 1.8 | 160 |

Dari data setting pada relay dihitung waktu operasi untuk masing – masing relay dengan persamaan karakteristik OCR *Standart Invers* :

$$T_{OCR} = TMS \times \frac{0.14}{I_r^{0.002} - 1} \quad (4.1)$$

Pada analisa perhitungan diasumsikan gangguan yang terjadi adalah gangguan hubung singkat 3 fasa simetris maximum dengan arus beban sama dengan arus nominal saluran ( $I_b = I_N$ ) dengan mengacu pada data tabel 3.3 dan tabel 3.5.

Sesuai dengan data pasangan relay pada tabel 3.4 pada halaman 64, maka waktu operasi untuk relay primary dapat dihitung sebagai berikut :

Untuk relay no 6 :

$$T_{OCR} = TMS \times \frac{0.14}{\left(\frac{I_{hs3\Phi}}{CTR \times I_p}\right)^{0.002} - 1} = 0.39 \times \frac{0.14}{\left(\frac{8424.678}{80 \times 6}\right)^{0.002} - 1} = 0.925795 \text{ detik}$$

Hasil akhir secara keseluruhan untuk perhitungan waktu operasi *primary relay* dengan menggunakan rumus karakteristik *standart invers* dapat dilihat pada tabel 4.2. :

Tabel 4.2. Hasil Perhitungan Untuk Setting *Primary Relay*

| SETELAN OCR AWAL |      |        |        |          |
|------------------|------|--------|--------|----------|
| No               | Rpri | TMSpri | Ippri  | Tocr Pri |
| 1                | 6    | 0.3900 | 6.0000 | 0.925795 |
| 2                | 1    | 0.3900 | 6.0000 | 0.925795 |
| 3                | 21   | 0.3700 | 4.6000 | 0.913264 |
| 4                | 19   | 0.3700 | 4.6000 | 0.913264 |
| 5                | 3    | 0.3700 | 6.0000 | 1.139744 |
| 6                | 5    | 0.2500 | 4.5000 | 0.750021 |
| 7                | 11   | 0.2500 | 4.5000 | 0.750021 |
| 8                | 8    | 0.3700 | 6.0000 | 1.139744 |
| 9                | 23   | 0.3700 | 6.0000 | 1.013320 |
| 10               | 14   | 0.3700 | 6.0000 | 1.013320 |
| 11               | 29   | 0.3500 | 4.6000 | 0.800331 |
| 12               | 32   | 0.3500 | 4.6000 | 0.800331 |
| 13               | 16   | 0.2400 | 4.6000 | 0.584443 |
| 14               | 20   | 0.2300 | 4.6000 | 0.769723 |
| 15               | 16   | 0.2400 | 5.0000 | 0.602922 |
| 16               | 25   | 0.2400 | 1.8000 | 0.555220 |
| 17               | 27   | 0.2400 | 1.8000 | 0.555220 |



Dimana,  $R_{pri}$  = Nomor primary relay pada jaringan sesuai dengan data pasangan relay pada tabel 3.4. pada halaman 64.

$TMS_{pri}$  = Time Multiplier Setting primary relay.

$I_{ppri}$  = Plug setting arus pickup primary relay

$T_{OCR\ pri}$  = waktu operasi primary relay menggunakan perhitungan rumus karakteristik standart invers

Nilai total waktu operasi Primary relay adalah jumlah keseluruhan waktu operasi primary relay pada tabel 4.2

$$T_{OP} = \sum_{k=1}^n T_{ik} = 14.1525 \text{ detik}$$

Dimana  $T_{op}$  = Jumlah waktu operasi total dari primary relay

$T_{ik}$  =  $T_{ocr}$  primary relay

$i$  = Menunjukkan primary relay

$k$  = menunjukkan nomer relay

Untuk waktu operasi backup relay sesuai data pasangan relay pada tabel 3.4, maka waktu operasi untuk relay backup dapat dihitung sebagai berikut :

Untuk relay no 4 :

$$T_{OCR} = TMS \times \frac{0.14}{\left( \frac{I_{hs} 3\Phi}{CTR \times I_p} \right)^{0.002} - 1} = 0.43 \times \frac{0.14}{\left( \frac{4545.778}{80 \times 6} \right)^{0.002} - 1} = 1.308993 \text{ detik}$$

Hasil akhir secara keseluruhan untuk perhitungan waktu operasi *backup relay* dengan menggunakan rumus karakteristik *standart invers* dapat dilihat pada tabel 4.3. :

Tabel 4.3. Hasil Perhitungan Untuk Seting *Backup Relay*

| Setelan OCR Awal |       |         |        |           |
|------------------|-------|---------|--------|-----------|
| No               | Rback | TMSback | Ipback | ToCr back |
| 1                | 4     | 0.4300  | 6.0000 | 1.308993  |
| 2                | 9     | 15.0000 | 3.9000 | 39.548097 |
| 3                | 22    | 0.3800  | 6.0000 | 1.140703  |
| 4                | 13    | 0.3800  | 6.0000 | 1.140703  |
| 5                | 7     | 0.4300  | 6.0000 | 1.157133  |
| 6                | 12    | 0.4300  | 5.0000 | 0.933834  |
| 7                | 10    | 0.3500  | 6.0000 | 1.065460  |
| 8                | 2     | 15.0000 | 3.2000 | 36.665366 |
| 9                | 28    | 0.3800  | 4.6000 | 0.823290  |
| 10               | 30    | 0.3800  | 4.6000 | 0.823290  |
| 11               | 15    | 0.3800  | 4.6000 | 1.018872  |
| 12               | 31    | 0.3800  | 4.6000 | 1.018872  |
| 13               | 33    | 0.3800  | 4.6000 | 1.271716  |
| 14               | 18    | 0.2400  | 5.0000 | 0.602922  |
| 15               | 17    | 0.3800  | 5.0000 | 1.323782  |
| 16               | 26    | 0.3500  | 1.8000 | 0.737507  |
| 17               | 24    | 0.3500  | 1.8000 | 0.737507  |

Dimana, Rback = Nomor backup relay pada jaringan sesuai dengan data pasangan relay pada tabel 3.4. pada halaman 64.

TMSback = Time Multiplier Setting backup relay.

Ipback = Plug setting arus pickup backup relay

T<sub>OCR back</sub> = Waktu operasi backup relay menggunakan perhitungan rumus karakteristik standart invers

Nilai total waktu operasi primary relay adalah jumlah keseluruhan waktu operasi backup relay pada tabel 4.3

$$T_{OP} = \sum_{k=1}^n T_{jk} = 91.318 \text{ detik}$$

Dimana T<sub>op</sub> = Jumlah waktu operasi total dari backup relay

T<sub>jk</sub> = T<sub>ocr</sub> backup relay

j = Menunjukkan backup relay

k = menunjukkan nomer relay

#### 4.2.2. Perhitungan Dengan Metode NMS

Pemrograman komputer untuk perhitungan setting waktu OCR ini dijalankan menggunakan software MatLab seri 7.0.1. pada komputer dengan spesifikasi : Prosesor Intel Celeron 2,26 Gb, RAM 256 MB dengan waktu perhitungan berkisar kurang lebih 40.2344 detik.

Dalam perhitungan menggunakan metode NMS digunakan *script program fminsearch* yang merupakan MatLab Toolbox, dimana didalamnya menggunakan algoritma NMS untuk mencari solusi optimum dari fungsi obyektif yang akan dicari dalam proses perhitungan. Fungsi obyektif pada masalah ini adalah

$$J = \sum_{k=1}^n T_{ik}$$

Dimana : J = Nilai minimum fungsi obyektif

$T_{ik}$  = waktu operasi relay untuk gangguan di dekat relay tersebut, dimana

$k = 1, 2, 3, \dots, n$

$n$  = jumlah relay

penyelesaian persamaan fungsi obyektif mengacu pada batasan

$$T_{jk} \geq T_{ik} + CTI \quad [1]$$

Dimana  $T_{jk}$  adalah waktu operasi relay back untuk ujung gangguan terdekat pada gangguan yang sama yang dideteksi relay primary dan CTI adalah interval waktu koordinasi untuk pasangan relay primary dan relay backup untuk mengatasi gangguan dimana nilai CTI diasumsikan sebesar 0.3 detik.

### 4.2.3. Langkah Optimasi

Untuk inialisasi simplex kita ubah fungsi obyektif  $J = \sum_{k=1}^n T_{ik}$  ke bentuk

persamaan optimasi menjadi:

$$\min J = T_{i1} + T_{i2} + T_{i3} + \dots + T_{in}$$

dimana  $T_{ik} = T_{OCR} = TMS \times \frac{0.14}{I_r^{0.002} - 1}$  dan  $I_r = (I_{hs} \text{ 3phasa} / I_p * CTR)$

Parameter TMS dan  $I_p$  diberlakukan sebagai parameter optimasi yang dicari terlebih dahulu nilai optimalnya sehingga jika nilai TMS dan  $I_p$  memenuhi persamaan batasan terkendala maka waktu operasional  $T_{ik}$  akan optimal.

Dimana batasan terkendala untuk TMS dan  $I_p$  <sup>[1]</sup>

- $TMS_{k \min} \leq TMS_k \leq TMS_{k \max}$
- $I_{Pk \min} \leq I_{Pk} \leq I_{Pk \max}$

Dalam

Pada Script *fminsearch* didalamnya mempunyai beberapa ketentuan untuk metode NMS yakni syarat pembentukan segitiga simplex

Rho = 1; Chi = 2; Psi = 0.5; Sigma = 0.5

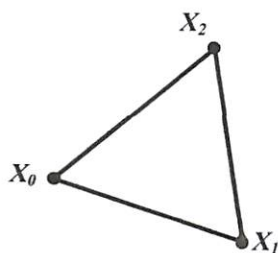
$$f(x_0^{(0)}) \leq f(x_1^{(0)}) \leq f(x_2^{(0)}) \leq \dots \leq f(x_n^{(0)})$$

dimana,  $k = 1, 2, 3, \dots, n$  dan  $X_i = f(TMS, I_p, I) = (K1 * TMS_k) / ((I / I_{pk})^{K2} - K3)$

Dengan ketentuan pembentukan segitiga simplex yang digunakan *fminsearch* yakni:

usual delta = 0,05

Untuk  $j = 1$  sampai  $k$ , dimana  $j = T$  relay untuk index relay ke  $k$ ,  
 $k = 1, 2, 3, \dots, n$ , maka  $y(j) = (1 + \text{usual delta}) * y(j)$ , diperoleh nilai untuk  
 inisial simplex  $f(X_j, X_{j+1}) = 1.44291b$



Gambar 4.1. Order

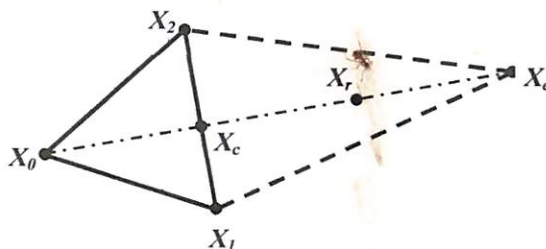
Kemudian di segitiga simplex tersebut di expand

$f_r^k < f$ , hitung titik ekspansi ( $x_e^k$ ):

$$x_e^k = x_c^k + \chi(x_r^k - x_c^k) \tag{3.7}$$

Dan evaluasi  $f_e^k = f(x_e^k)$ . Jika  $f_e^k < f_r^k$ , terima  $x_e^k$  dan hentikan iterasi;

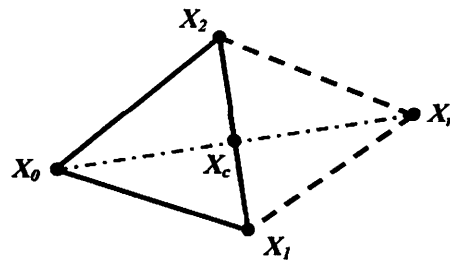
Atau jika tidak, terima  $x_r^k$  dan hentikan iterasi.



Gambar 4.2. Ekspand

Dengan nilai  $f(x_e^k) = f_e^k = 1.43894$

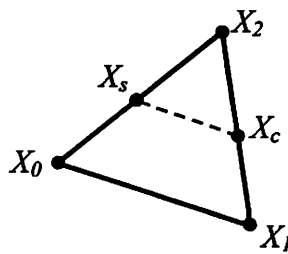
Untuk memperoleh nilai minimum yang lebih baik segitiga simplex ekspansi di  
 refleksikan menjadi



Gambar 4.3. *Reflect*

Dengan nilai yang didapatkan untuk  $f_r = f(x_r^k) = 1.43894$

Langkah expand dan reflect ini dilakukan sampai pada iterasi ke 1919, dengan nilai untuk expand  $= f(x_e^k) = f_e^k = 0.0249446$ . Kemudian dilakukan langkah shrink untuk memperoleh segitiga simplex yang baru untuk memenuhi nilai minimum



Gambar 4.4. *Shrink*

Dengan nilai  $s_j^k = -6.6159e-007$  pada iterasi ke 1931. Langkah – langkah tersebut dilakukan berulang – ulang oleh MatLab untuk menemukan solusi minimum ,yang terbaik dengan batasan – batasan umum (default) yang yang digunakan oleh Matlab.

Iterasi dihentikan pada saat proses reflect pada iterasi ke 7203 karena fungsi evaluasi telah mencapai nilai batas maximum yakni 13600 dengan nilai minimal yang dihasilkan untuk  $f(X_j, X_{j+1}) = -4.510164$ .

Pada  $f(X_j, X_{j+1}) = -4.510164$  diperoleh nilai TMS dan Ip yang baru untuk tiap kasus pada relay. Dari perhitungan tersebut diperoleh nilai TMS dan Ip untuk masing relay seperti pada tabel berikut:

Tabel 4.4 Setelan TMS dan Ip Primary Relay Setelah Optimasi NMS

| SETELAN OCR Dengan NMS |       |         |        |
|------------------------|-------|---------|--------|
| No                     | Rprim | TMSprim | Ipprim |
| 1                      | 6     | 0.1249  | 7.8225 |
| 2                      | 1     | 0.1230  | 7.8225 |
| 3                      | 21    | 0.1849  | 4.6200 |
| 4                      | 19    | 0.1487  | 4.6200 |
| 5                      | 3     | 0.1350  | 7.8225 |
| 6                      | 5     | 0.1367  | 3.1500 |
| 7                      | 11    | 0.0723  | 3.1500 |
| 8                      | 8     | 0.1241  | 7.8225 |
| 9                      | 23    | 0.1746  | 3.1500 |
| 10                     | 14    | 0.1667  | 3.1500 |
| 11                     | 29    | 0.1501  | 2.9085 |
| 12                     | 32    | 0.1450  | 2.9085 |
| 13                     | 16    | 0.1199  | 3.1500 |
| 14                     | 20    | 0.0745  | 3.1500 |
| 15                     | 16    | 0.1134  | 3.1500 |
| 16                     | 25    | 0.0769  | 2.3100 |
| 17                     | 27    | 0.0848  | 2.3100 |

Tabel 4.5 Setelan TMS dan Ip Backup Relay Setelah Optimasi NMS

| Setelan OCR Dengan NMS |         |        |        |
|------------------------|---------|--------|--------|
| No                     | Rbackup | TMSb   | Ipb    |
| 1                      | 4       | 0.3502 | 7.8225 |
| 2                      | 9       | 4.8738 | 7.8225 |
| 3                      | 22      | 0.3808 | 3.1500 |
| 4                      | 13      | 0.3820 | 3.1500 |
| 5                      | 7       | 0.3532 | 7.8225 |
| 6                      | 12      | 0.2200 | 3.1500 |
| 7                      | 10      | 0.3848 | 3.1500 |
| 8                      | 2       | 4.5936 | 7.8225 |
| 9                      | 28      | 0.3686 | 4.6200 |
| 10                     | 30      | 0.3766 | 4.6200 |
| 11                     | 15      | 0.4004 | 2.9085 |
| 12                     | 31      | 0.3580 | 2.9085 |
| 13                     | 33      | 0.3612 | 3.1500 |
| 14                     | 18      | 0.2593 | 3.1500 |
| 15                     | 17      | 0.3698 | 3.1500 |
| 16                     | 26      | 0.3500 | 2.3100 |
| 17                     | 24      | 0.3410 | 2.3100 |

Dari kedua tabel hasil optimasi TMS dan Ip untuk relay primary diuji dengan persamaan terkendala seperti berikut :

- a. Untuk persamaan terkendala  $TMS_{k\ min} \leq TMS_k \leq TMS_{k\ max}$  , diperoleh hasil pengujian yang ditunjukkan pada tabel 4.6. dengan nilai TMSmin = 0.05 dan TMSmax = 10

Tabel 4.6. Hasil Pengujian Dengan Persamaan Terkendala

$$TMS_{k\ min} \leq TMS_k \leq TMS_{k\ max} \quad [1]$$

| Pasangan Relay |        | TMSmin | TMSp   | TMSmax | Keterangan |
|----------------|--------|--------|--------|--------|------------|
| Prim           | Backup |        |        |        |            |
| 6              | 4      | 0.05   | 0.1249 | 10     | Terpenuhi  |
| 1              | 9      | 0.05   | 0.1230 | 10     | Terpenuhi  |
| 21             | 22     | 0.05   | 0.1849 | 10     | Terpenuhi  |
| 19             | 13     | 0.05   | 0.1487 | 10     | Terpenuhi  |
| 3              | 7      | 0.05   | 0.1350 | 10     | Terpenuhi  |
| 5              | 12     | 0.05   | 0.1367 | 10     | Terpenuhi  |
| 11             | 10     | 0.05   | 0.0723 | 10     | Terpenuhi  |
| 8              | 2      | 0.05   | 0.1241 | 10     | Terpenuhi  |
| 23             | 28     | 0.05   | 0.1746 | 10     | Terpenuhi  |
| 14             | 30     | 0.05   | 0.1667 | 10     | Terpenuhi  |
| 29             | 15     | 0.05   | 0.1501 | 10     | Terpenuhi  |
| 32             | 31     | 0.05   | 0.1450 | 10     | Terpenuhi  |
| 16             | 33     | 0.05   | 0.1199 | 10     | Terpenuhi  |
| 20             | 18     | 0.05   | 0.0745 | 10     | Terpenuhi  |
| 16             | 17     | 0.05   | 0.1134 | 10     | Terpenuhi  |
| 25             | 26     | 0.05   | 0.0769 | 10     | Terpenuhi  |
| 27             | 24     | 0.05   | 0.0848 | 10     | Terpenuhi  |

- b. Untuk persamaan terkendala  $Ip_{k\ min} \leq Ip_k \leq Ip_{k\ max}$ , diperoleh hasil pengujian yang ditunjukkan pada tabel 4.7. dengan nilai Ipmn = 0.05 dan Ipmax = 10



Tabel 4.7. Hasil Pengujian Dengan Persamaan Terkendala

$$I_{Pk \min} \leq I_{Pk} \leq I_{Pk \max} \quad [1]$$

| Pasangan Relay |        | I <sub>pmin</sub> | I <sub>pp</sub> | I <sub>pmax</sub> | Keterangan |
|----------------|--------|-------------------|-----------------|-------------------|------------|
| Prim           | Backup |                   |                 |                   |            |
| 6              | 4      | 0.5               | 7.8225          | 10                | Terpenuhi  |
| 1              | 9      | 0.5               | 7.8225          | 10                | Terpenuhi  |
| 21             | 22     | 0.5               | 4.6200          | 10                | Terpenuhi  |
| 19             | 13     | 0.5               | 4.6200          | 10                | Terpenuhi  |
| 3              | 7      | 0.5               | 7.8225          | 10                | Terpenuhi  |
| 5              | 12     | 0.5               | 3.1500          | 10                | Terpenuhi  |
| 11             | 10     | 0.5               | 3.1500          | 10                | Terpenuhi  |
| 8              | 2      | 0.5               | 7.8225          | 10                | Terpenuhi  |
| 23             | 28     | 0.5               | 3.1500          | 10                | Terpenuhi  |
| 14             | 30     | 0.5               | 3.1500          | 10                | Terpenuhi  |
| 29             | 15     | 0.5               | 2.9085          | 10                | Terpenuhi  |
| 32             | 31     | 0.5               | 2.9085          | 10                | Terpenuhi  |
| 16             | 33     | 0.5               | 3.1500          | 10                | Terpenuhi  |
| 20             | 18     | 0.5               | 3.1500          | 10                | Terpenuhi  |
| 16             | 17     | 0.5               | 3.1500          | 10                | Terpenuhi  |
| 25             | 26     | 0.5               | 2.3100          | 10                | Terpenuhi  |
| 27             | 24     | 0.5               | 2.3100          | 10                | Terpenuhi  |

Hasil pengujian pada tabel dan tabel menunjukkan bahwa hasil optimasi TMS dan I<sub>p</sub> untuk relay primary memenuhi syarat terkendala untuk setelan TMS dan I<sub>p</sub> yang optimal.

#### 4.2.4. Analisa Hasil Optimasi

Sesuai dengan data pasangan relay pada tabel 3.4, maka waktu operasi untuk relay primary setelah TMS dan I<sub>p</sub> optimasi dapat dihitung sebagai berikut :

Untuk relay no 6 :

$$T_{OCR} = TMS \times \frac{0.14}{\left( \frac{I_{hs} 3\Phi}{CTR \times I_p} \right)^{0.002} - 1} = 0.1249 \times \frac{0.14}{\left( \frac{8424.678}{80 \times 7.8225} \right)^{0.002} - 1} = 0.327522 \text{ detik}$$

Hasil akhir secara keseluruhan untuk perhitungan waktu operasi *primary relay* dengan menggunakan rumus karakteristik *standart invers* dapat dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4.8. Hasil Perhitungan Setelah Optimasi NMS Untuk Seting *Primary Relay*

| SETELAN OCR Dengan NMS |       |         |        |          |
|------------------------|-------|---------|--------|----------|
| No                     | Rprim | TMSprim | Ipprim | TocrPrim |
| 1                      | 6     | 0.1249  | 7.8225 | 0.327552 |
| 2                      | 1     | 0.1230  | 7.8225 | 0.322517 |
| 3                      | 21    | 0.1849  | 4.6200 | 0.457026 |
| 4                      | 19    | 0.1487  | 4.6200 | 0.367567 |
| 5                      | 3     | 0.1350  | 7.8225 | 0.473404 |
| 6                      | 5     | 0.1367  | 3.1500 | 0.353405 |
| 7                      | 11    | 0.0723  | 3.1500 | 0.186876 |
| 8                      | 8     | 0.1241  | 7.8225 | 0.435138 |
| 9                      | 23    | 0.1746  | 3.1500 | 0.377569 |
| 10                     | 14    | 0.1667  | 3.1500 | 0.360411 |
| 11                     | 29    | 0.1501  | 2.9085 | 0.296012 |
| 12                     | 32    | 0.1450  | 2.9085 | 0.285973 |
| 13                     | 16    | 0.1199  | 3.1500 | 0.256079 |
| 14                     | 20    | 0.0745  | 3.1500 | 0.209520 |
| 15                     | 16    | 0.1134  | 3.1500 | 0.242253 |
| 16                     | 25    | 0.0769  | 2.3100 | 0.194839 |
| 17                     | 27    | 0.0848  | 2.3100 | 0.215005 |

Dimana, Rprim = Nomor *primary relay* pada jaringan sesuai dengan data pasangan relay pada tabel 3.4. pada halaman 64.

TMSprim = Time Multiplier Setting *primary relay*.

Ipprim = Plug setting arus pickup *primary relay*

T<sub>OCR prim</sub> = Waktu operasi *primary relay* menggunakan perhitungan rumus karakteristik standart invers

Nilai total waktu T Objective Function Primary relay adalah jumlah keseluruhan waktu operasi *primary relay* pada tabel 4.8:

$$J = \sum_{k=1}^n Tik = 5.361147 \text{ detik}$$

Dimana J = Jumlah waktu operasi total dari *primary relay*

$$T_{jk} = T_{ocr} \text{ primary relay}$$

j = Menunjukkan *primary relay*

k = menunjukkan nomer relay

Sesuai dengan data pasangan relay pada tabel 3.4, maka waktu operasi untuk relay backup setelah TMS dan  $I_p$  dioptimasi dapat dihitung sebagai berikut:

Untuk relay no 4 :

$$T_{OCR} = TMS \times \frac{0.14}{\left( \frac{I_{hs} 3\Phi}{CTR \times I_p} \right)^{0.002} - 1} = 0.3502 \times \frac{0.14}{\left( \frac{4545.778}{80 \times 7.8225} \right)^{0.002} - 1} = 1.308993 \text{ detik}$$

Hasil akhir secara keseluruhan untuk perhitungan waktu operasi *backup relay* dengan menggunakan rumus karakteristik *standart invers* dapat dilihat pada tabel 4.9. :

Tabel 4.9. Hasil Perhitungan Setelah Optimasi NMS Untuk Seting *Backup Relay*

| Setelan OCR Dengan NMS |       |         |        |            |
|------------------------|-------|---------|--------|------------|
| No                     | Rback | TMSback | Ipback | To cr back |
| 1                      | 4     | 0.3502  | 7.8225 | 1.318623   |
| 2                      | 9     | 4.8738  | 7.8225 | 13.184073  |
| 3                      | 22    | 0.3808  | 3.1500 | 1.223368   |
| 4                      | 13    | 0.3820  | 3.1500 | 1.225958   |
| 5                      | 7     | 0.3532  | 7.8225 | 1.476833   |
| 6                      | 12    | 0.2200  | 3.1500 | 0.847194   |
| 7                      | 10    | 0.3848  | 3.1500 | 1.394635   |
| 8                      | 2     | 4.5936  | 7.8225 | 16.510849  |
| 9                      | 28    | 0.3686  | 4.6200 | 1.311187   |
| 10                     | 30    | 0.3766  | 4.6200 | 1.331044   |
| 11                     | 15    | 0.4004  | 2.9085 | 1.189449   |
| 12                     | 31    | 0.3580  | 2.9085 | 1.105962   |
| 13                     | 33    | 0.3612  | 3.1500 | 1.171627   |
| 14                     | 18    | 0.2593  | 3.1500 | 1.129637   |
| 15                     | 17    | 0.3698  | 3.1500 | 1.190119   |
| 16                     | 26    | 0.3500  | 2.3100 | 1.287141   |
| 17                     | 24    | 0.3410  | 2.3100 | 1.264209   |

Dimana,  $R_{back}$  = Nomor backup relay pada jaringan sesuai dengan data pasangan relay pada tabel 3.4. pada halaman 64.

$TMS_{back}$  = Time Multiplier Setting backup relay.

$I_{pback}$  = Plug setting arus pickup backup relay

$T_{OCR\ back}$  = Waktu operasi backup relay menggunakan perhitungan rumus karakteristik standart invers

Nilai total waktu operasi  $T$  *Objective Function* Backup relay adalah jumlah keseluruhan waktu operasi backup relay pada tabel 4.9

$$J = \sum_{k=1}^n T_{jk} = 48.161908 \text{ detik}$$

Dimana  $J$  = Jumlah waktu operasi total dari backup relay

$T_{jk}$  =  $T_{ocr}$  backup relay

$j$  = Menunjukkan backup relay

$k$  = menunjukkan nomer relay

Dari hasil perhitungan waktu operasi relay primary dan backup diuji dengan persamaan terkendala untuk pasangan relay  $T_{backup} \geq T_{primary} + CTI$  [1] dengan nilai  $CTI = 0.3$  untuk memperoleh koordinasi yang optimal.

Untuk pasangan primary relay 6 - backup relay 4 :

$$\begin{aligned} T_{backup} \geq T_{primary} + CTI &= 1.318623 \geq 0.327552 + 0.3 \\ &= 1.318623 \geq 0.627552 \end{aligned}$$

Maka dari hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai waktu operasi dari pasangan relay memenuhi persyaratan terkendala  $T_{backup} \geq T_{primary} + CTI$

Untuk pasangan relay secara keseluruhan pengujian dilakukan mengacu pada data pasangan primary – backup relay pada tabel 3.4 pada halaman 64, maka diperoleh hasil pengujian untuk tiap - tiap pasangan relay yang dapat dilihat pada tabel 4.10.

Tabel 4.10. Hasil Pengujian Dengan Persamaan Terkendala  
 $T_{backup} \geq T_{primary} + CTI$

| Pasangan Relay |        | CTI | Tocr Prim | Tocr Back | Keterangan |
|----------------|--------|-----|-----------|-----------|------------|
| Prim           | Backup |     |           |           |            |
| 6              | 4      | 0.3 | 0.327552  | 1.318623  | Terpenuhi  |
| 1              | 9      | 0.3 | 0.322517  | 13.184073 | Terpenuhi  |
| 21             | 22     | 0.3 | 0.457026  | 1.223368  | Terpenuhi  |
| 19             | 13     | 0.3 | 0.367567  | 1.225958  | Terpenuhi  |
| 3              | 7      | 0.3 | 0.473404  | 1.476833  | Terpenuhi  |
| 5              | 12     | 0.3 | 0.353405  | 0.847194  | Terpenuhi  |
| 11             | 10     | 0.3 | 0.186876  | 1.394635  | Terpenuhi  |
| 8              | 2      | 0.3 | 0.435138  | 16.510849 | Terpenuhi  |
| 23             | 28     | 0.3 | 0.377569  | 1.311187  | Terpenuhi  |
| 14             | 30     | 0.3 | 0.360411  | 1.331044  | Terpenuhi  |
| 29             | 15     | 0.3 | 0.296012  | 1.189449  | Terpenuhi  |
| 32             | 31     | 0.3 | 0.285973  | 1.105962  | Terpenuhi  |
| 16             | 33     | 0.3 | 0.256079  | 1.171627  | Terpenuhi  |
| 20             | 18     | 0.3 | 0.209520  | 1.129637  | Terpenuhi  |
| 16             | 17     | 0.3 | 0.242253  | 1.190119  | Terpenuhi  |
| 25             | 26     | 0.3 | 0.194839  | 1.287141  | Terpenuhi  |
| 27             | 24     | 0.3 | 0.215005  | 1.264209  | Terpenuhi  |

Dari pengujian dengan persamaan terkendala dapat dilihat bahwa nilai waktu operasi dari relay primary dan backup setelah dioptimasi menggunakan metode NMS memenuhi batasan untuk koordinasi relay primary dan backup yang optimal, dimana relay bekerja lebih cepat dengan nilai arus gangguan yang sama yang digunakan pada setting awal sebelum optimasi.

Berikut tabel perbandingan antara setting awal sebelum optimasi dan sesudah optimasi menggunakan metode NMS :

Tabel 4.11. Tabel Perbandingan Hasil Dari Perhitungan Awal dan Dengan Menggunakan NMS

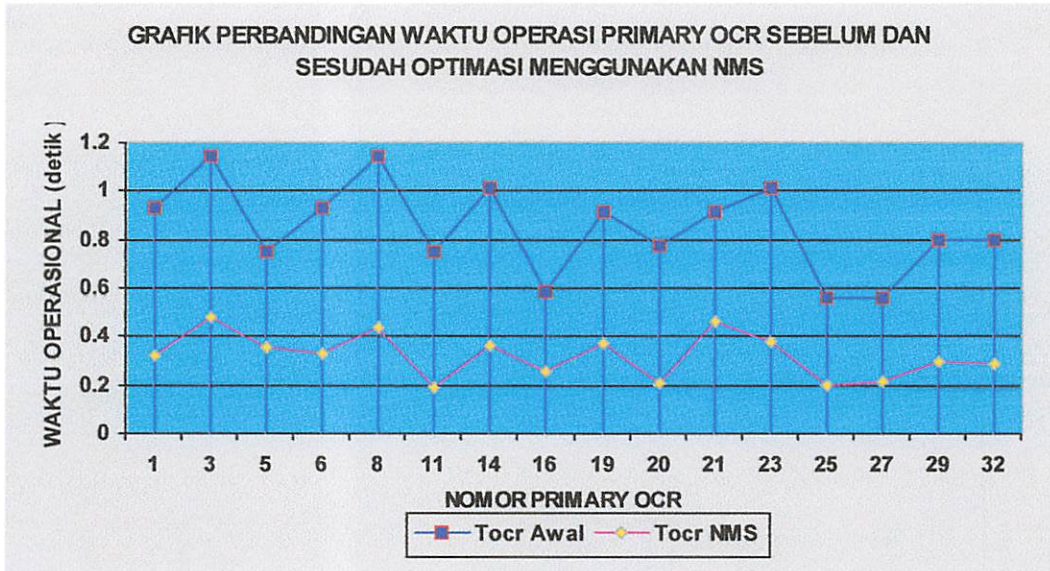
| No | Pasangan Relay |      | Seting OCR Awal |       |          |        |     |           | Seting OCR Dengan NMS |        |          |        |        |           |
|----|----------------|------|-----------------|-------|----------|--------|-----|-----------|-----------------------|--------|----------|--------|--------|-----------|
|    |                |      | Prim            |       |          | Backup |     |           | Prim                  |        |          | Backup |        |           |
|    | Prim           | Back | TMSp            | Ippri | TocrP    | TMSb   | Ipb | Tocr B    | TMSp                  | Ipp    | TocrP    | TMSb   | Ipb    | Tocr B    |
| 1  | 6              | 4    | 0.39            | 6     | 0.925795 | 0.43   | 6   | 1.308993  | 0.1249                | 7.8225 | 0.327552 | 0.3502 | 7.8225 | 1.318623  |
| 2  | 1              | 9    | 0.39            | 6     | 0.925795 | 15     | 3.9 | 39.548097 | 0.1230                | 7.8225 | 0.322517 | 4.8738 | 7.8225 | 13.184073 |
| 3  | 21             | 22   | 0.37            | 4.6   | 0.913264 | 0.38   | 6   | 1.140703  | 0.1849                | 4.6200 | 0.457026 | 0.3808 | 3.1500 | 1.223368  |
| 4  | 19             | 13   | 0.37            | 4.6   | 0.913264 | 0.38   | 6   | 1.140703  | 0.1487                | 4.6200 | 0.367567 | 0.3820 | 3.1500 | 1.225958  |
| 5  | 3              | 7    | 0.37            | 6     | 1.139744 | 0.43   | 6   | 1.157133  | 0.1350                | 7.8225 | 0.473404 | 0.3532 | 7.8225 | 1.476833  |
| 6  | 5              | 12   | 0.25            | 4.5   | 0.750021 | 0.43   | 5   | 0.933834  | 0.1367                | 3.1500 | 0.353405 | 0.2200 | 3.1500 | 0.847194  |
| 7  | 11             | 10   | 0.25            | 4.5   | 0.750021 | 0.35   | 6   | 1.065460  | 0.0723                | 3.1500 | 0.186876 | 0.3848 | 3.1500 | 1.394635  |
| 8  | 8              | 2    | 0.37            | 6     | 1.139744 | 15     | 3.2 | 36.665366 | 0.1241                | 7.8225 | 0.435138 | 4.5936 | 7.8225 | 16.510849 |
| 9  | 23             | 28   | 0.37            | 6     | 1.013320 | 0.38   | 4.6 | 0.823290  | 0.1746                | 3.1500 | 0.377569 | 0.3686 | 4.6200 | 1.311187  |
| 10 | 14             | 30   | 0.37            | 6     | 1.013320 | 0.38   | 4.6 | 0.823290  | 0.1667                | 3.1500 | 0.360411 | 0.3766 | 4.6200 | 1.331044  |
| 11 | 29             | 15   | 0.35            | 4.6   | 0.800331 | 0.38   | 4.6 | 1.018872  | 0.1501                | 2.9085 | 0.296012 | 0.4004 | 2.9085 | 1.189449  |
| 12 | 32             | 31   | 0.35            | 4.6   | 0.800331 | 0.38   | 4.6 | 1.018872  | 0.1450                | 2.9085 | 0.285973 | 0.3580 | 2.9085 | 1.105962  |
| 13 | 16             | 33   | 0.24            | 4.6   | 0.584443 | 0.38   | 4.6 | 1.271716  | 0.1199                | 3.1500 | 0.256079 | 0.3612 | 3.1500 | 1.171627  |
| 14 | 20             | 18   | 0.23            | 4.6   | 0.769723 | 0.24   | 5   | 0.602922  | 0.0745                | 3.1500 | 0.209520 | 0.2593 | 3.1500 | 1.129637  |
| 15 | 16             | 17   | 0.24            | 5     | 0.602922 | 0.38   | 5   | 1.323782  | 0.1134                | 3.1500 | 0.242253 | 0.3698 | 3.1500 | 1.190119  |
| 16 | 25             | 26   | 0.24            | 1.8   | 0.555220 | 0.35   | 1.8 | 0.737507  | 0.0769                | 2.3100 | 0.194839 | 0.3500 | 2.3100 | 1.287141  |
| 17 | 27             | 24   | 0.24            | 1.8   | 0.555220 | 0.35   | 1.8 | 0.737507  | 0.0848                | 2.3100 | 0.215005 | 0.3410 | 2.3100 | 1.264209  |

Dari tabel 4.11, perbandingan dan perhitungan nilai waktu operasi total dari Primary Relay OCR sebesar sebelum optimasi dan sesudah optimasi dengan NMS diperoleh pengurangan waktu operasional relay yakni sebesar  $\Delta T$ :

$$\Delta T = (T_{OP} = \sum_{k=1}^n Tik) - (J = \sum_{k=1}^n Tik)$$

$$\Delta T = 14.1525 - 5.361147 \text{detik}$$

$$\Delta T = 8.791353 \text{detik}$$



Grafik 4.1. Perbandingan Waktu Operasi Primary OCR Sebelum dan Sesudah Optimasi NMS

Dengan membandingkan hasil proses perhitungan setting awal dengan menggunakan program komputer dapat dilihat bahwa terjadi pengurangan waktu kerja dari operasi relay arus lebih ( OCR ) yang diprosentasekan sebesar :

$$\frac{\text{TOCR awal} - \text{TOCR NMS}}{\text{TOCR awal}} \times 100\% = \frac{14.1525 - 5.361147}{14.1525} \times 100\% = 62.11\%$$

Ini dapat diartikan optimasi koordinasi relay menggunakan metode NMS dapat memberikan nilai waktu koordinasi yang optimal, ini dapat dilihat dengan terpeenuhinya pengurangan waktu operasi pada primary relay sebesar. <sup>[1]</sup>

## 5.2. Saran

Untuk menentukan setting TMS perlu adanya data – data yang lengkap untuk mempermudah running program menggunakan metode NMS. Karena metode NMS yang terdapat di dalam *fminsearch* (*MatLab Toolbox*) sangat peka terhadap variabel inputan yang mempunyai nama yang sama.



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Dari proses pengolahan data dan analisa perhitungan dapat disimpulkan bahwa:

1. Dari perbandingan antara hasil perhitungan awal dengan hasil perhitungan menggunakan metode NMS dapat dilihat bahwa terdapat pengurangan total waktu operasi relay arus lebih ( OCR ) untuk relay primary sebesar 62.11% yakni  $\Delta T = 8.791353$  detik, ini mengindikasikan tiap – tiap relay primary bekerja lebih cepat setelah dilakukan optimasi dengan menggunakan metode Nelder – Mead Simplex ini berarti memungkinkan relay dapat lebih cepat untuk mengamankan gangguan.
2. Dengan memperhitungkan faktor terkendala dan asumsi CTI sebesar 0.3 detik, perhitungan setting waktu koordinasi antara relay primary dan relay backup menggunakan metode Nelder – Mead Simplex memperoleh setting waktu koordinasi yang optimal dan aman karena masih di dalam batasan faktor terkendala.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Javad Sadeh, “*Optimal Coordination of Overcurrent Relays in An Interconnected Power System*”, 15<sup>th</sup> PSCC, 22 – 26 August, Liege, 2005.
- [2] J. C. Lagarias, J. A. Reeds, M. H. Wright, P. E. Wright, “*Converges Properties of the Nelder – Mead Simplex Algorithm in Low Dimension*”, Technical Report 96-4-07 Computing Sciences Research Center, Bell Laboratories, Murray Hill, New Jersey, May , 1997.
- [3] Mason Macklem, “*A History of “Direct Search” Methods*” , Department of Mathematics Simon Fraser University, <http://www.cecm.sfu.ca/~msmackle> May 1, 2003.
- [4] Stevenson, William D., Jr., “ *Analisa Sistem Tenaga Listrik* ”, Edisi Keempat, Alih Bahasa Ir. Kamal Idris, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1984.
- [5] Ir. Djiteng Marsudi, “ *Operasi Sistem Tenaga Listrik* ”, Balai Penerbit dan Humas ISTN, 1990
- [6] C.Russel Mason, “ *The Art & Science Of Protective Relaying*”, *General Electric, 2002.*
- [7] Richard W. Wall , “ *Power System Protection*”, *E-Book*, 2005
- [8] “*Network Protection & Automation Guide*”, *E-Book*, General Electric, 2003.

# LAMPIRAN







## LEMBAR PERSEMBAHAN



Papaku, Sugeng Basuki dan Mamaku, Sulistyaningsih, Syukur pada ALLAH di dalam Yesus Kristus yang oleh karena-Nya, saya dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini setelah sekian lama penantian dengan seluruh jerih payah usaha dan doa akhirnya dapat kupersembahkan sebuah karya sebagai bukti akan janji untuk berhasil dan mewujudkan impian serta cita-cita.

Para pembimbingku Bapak Ir. Teguh Herbasuki, M5 dan ibu Irine Budi S, S5, M5, Terima kasih atas segala bimbingan serta kritik dan saran yang diberikan semoga Tuhan senantiasa memberikan karunia untuk tetap berkarya sebagai pendidik.

Skripsi ini juga aku persembahkan untuk Joesoep Wartono (Alm), Purijati (Alm), Hj. Soetomanah (Alm), Mbah Kung lan Eyang Putri kulo tepati janji, kula sakmeniko putune sampun lulus kuliah kantung pados pendamelan lan nutukaken cita-cita.

Adik-adikku skripsi ini kupersembahkan untuk kalian, Emmy Wahyu Lukitaningtyas, tetap semangat dan berjuang ya, karena mas yakin kamu pasti bias hidup memang penuh perjuangan jadi tetap semangat serta sabar dan tetap berdoa karena Yesus Kristus tidak akan pernah meninggalkan kita .

Juni Lestari (Alm), mas dah lulus de' trimakasih dah temeni mas n kasih semangat mas y. Tuhan Yesus Kristus senantiasa memberkatimu.

Riky Wismasanti Rahajeng, sekolah yang rajin jadi kamu bias lebih sukses daripada mas dan doakan mas dapat cepat sukses dan dapat segera Bantu kamu untuk mewujudkan cita-citamu.

Untukmu seseorang yang senantiasa dihatikku, Wiwit Rahayu, trimakasih telah menjadi Jeliatiku yang setia menemaniku dalam suka dan duka serta tetap memberiku semangat dalam kesedihanmu semoga apa yang kupersembahkan ini dapat membuatmu turut berbangga. Semoga Tuhan mendengar doa kita berdua dan memberikan rencana yang terbaik bagi kita berdua. Amin

Untuk sahabatku Imung Yanuar Affandi sukses buatmu dan " Hidup tidak senantiasa seperti apa yang dibayangkan tetapi akan menyenangkan bila dijalani dengan keteguhan iman dan kasih sayang." Thank's for your advices.

Dan kawan-kawan seperjuangan, Sigit Kaltim, Samsi Umar, Mardiyono, Emy DR, Agus Bima, selamat dan sukses buat kalian, "Jadi yang terakhir belum tentu kalah". 2000 gitu loh

Teman-temanku yang senantiasa membantuku dan jadi penghiburanku, Afan SF n Gaguk SE, selamat ya!! Galuh "Brewok", Anas, Anggre "Bogel", Dika, Bayu, Heddy "Semar", Bang BC, kapan nyusul nih? n buat Pak Dhe Dwi rejeki jangan disia-siakan

Dan tentunya buat Mas Oyik n Mbak Rivin, makasih buat tempat bernaunginya ya meski kadang telat.....

("Berbahagialah orang yang mendapat hikmat, orang yang memperoleh kepandaian, karena keuntungannya melebihi keuntungan perak dan hasilnya melebihi emas")

Amsal 2 : 13-14







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

## PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Dari hasil ujian skripsi Jurusan Teknik Elektro jenjang Strata Satu (S -1)  
yang diselenggarakan pada :

Hari : Selasa  
Tanggal : 23 September 2008

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

Nama Mahasiswa : DIMAS RISTIYONO BASTIAN  
N.I.M. : 00.12.088  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik  
Judul Skripsi : ANALISA OPTIMASI KOORDINSI RELAY  
ARUS LEBIH MENGGUNAKAN METODE  
NELDER – MEAD SIMPLEX PADA  
SALURAN INTERKONEKSI SALURAN 70 kV  
DI UPT MALANG

Perbaikan meliputi :

| No. | Materi Perbaikan                                   | Paraf |
|-----|--|-------|
| 1.  | Kesimpulan diperbaiki disesuaikan dengan tujuan    |       |
| 2.  | Latar belakang dilengkapi daftar pustaka penunjang |       |

### Anggota Penguji

Penguji Pertama

Ir. H. Taufik Hidayat, MT  
NIP. Y. 1018700015 1

Penguji Kedua

Bambang Prio H, ST, MT  
NIP. Y. 1028400082

### Dosen Pembimbing

Dosen Pembimbing I

Ir. Teguh Herbasuki, MT  
NIP. Y. 1038900209

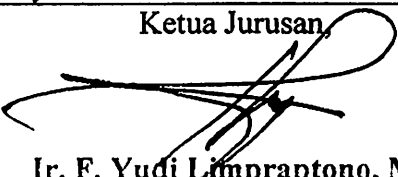
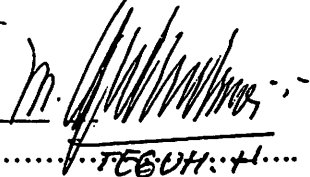
Dosen Pembimbing II

Irrine Budi S, ST, MT  
NIP. 132314400



**LEMBAR PENGAJUAN JUDUL SKRIPSI  
 JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1**

Konsentrasi: Teknik Energi Listrik/~~Teknik Elektronika~~ \*)

|    |   |   |  |               |
|----|---|---|--|---------------|
| 1. | Nama Mahasiswa : <b>Dimas Ristiyono Bastian</b>   |   | Nim : 00 12 088  |               |
| 2. | Waktu Pengajuan :   | Tanggal   | Bulan<br>2   | Tahun<br>2007 |
| 3. | Spesifikasi Judul ( berilah tanda silang )  |   |  |               |
|    | a. Sistem Tenaga Elektrik<br>b. Energi & Konversi Energi<br>c. Tegangan Tinggi & Pengukuran<br>d. Sistem Kendali Industri |   | e. Elektronika & Komponen<br>f. Elektronika Digital & Komputer<br>g. Elektronika Komunikasi<br>h. Lainnya .....  |               |
| 4. | Konsultasikan judul sesuai materi bidang ilmu kepada Dosen *  |   | Ketua Jurusan<br><br><b>Ir. F. Yudi Limpraptono, MT</b><br>Nip.Y. 1039500274 |               |
| 5. | Judul yang diajukan mahasiswa   | <b>ANALISA OPTIMASI KOORDINASI RELAY ARUS LEBIH DENGAN MENGGUNAKAN METODE NELDER – MEAD SIMPLEX PADA SISTEM INTERKONEKSI SALURAN SUB TRANSMISI 70 KV</b>                      |  |               |
| 6. | Perubahan Judul yang disetujui Dosen sesuai materi bidang ilmu  | <i>Analisa Optimasi koordinasi Relay Arus Lebih Menggunakan metode Nelder - Mead Simplex pada Sistem Interkoneksi Saluran 70 KV</i><br><i>D. S. I. Kebon Agung UPT Malang</i> |  |               |
| 7. | <b>Cacatan:</b> .....<br>.....<br>.....<br>.....  |   |  |               |
|    | Persetujuan Judul Skripsi yang dikonsultasikan kepada Dosen sesuai materi bidang ilmu                                     |   | Disetujui, 09-09-2007<br>Dosen<br><br>.....<br><b>TEGUH: +1</b>            |               |

**Perhatian :**

1. Formulir Pengajuan ini harap dikembalikan ke Jurusan paling lambat *satu minggu* setelah disetujui Kelompok Dosen Keahlian dengan dilampirkan Proposal Skripsi beserta persyaratan Skripsi sesuai **Form. S-1**.
2. \*) coret yang tidak perlu  
 \*\*) dilingkari a, b, c,..... atau g. sesuai bidang keahlian



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
Jln. RAYA KARANGLO KM 2  
MALANG

Malang, Juli 2007

Lampiran : 1 ( satu ) berkas  
**Pembimbing Skripsi**

Kepada : Yth. Bapak. Ir. Teguh Herbasuki, MT

Dosen Jurusan Elektro/ T.Energi Listrik  
Institut Teknologi Nasional Malang  
di-  
Malang

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Dimas Ristiyono Bastian  
Nim : 00.12.088  
Semester : XIV ( empat belas )  
Jurusan : Teknik Elektro  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik S-I

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

**ANALISA OPTIMASI KOORDINASI RELAY ARUS  
LEBIH MENGGUNAKAN METODE *NELDER – MEAD*  
SIMPLEX PADA SISTEM INTERKONEKSI SALURAN  
70 KV DI UPT MALANG**


Adapun Tugas tersebut sebagai salah satu syarat untuk menempuh Ujian Akhir Sarjana Teknik.  
Demikian permohonan kami, atas kesediaan Bapak kami ucapkan terimakasih.

Mengetahui,  
Ketua Jurusan  
Teknik Elektro S-I

Malang, Juli 2007

Hormat kami,

  
**Ir. F. Yudi Limpraptono, MT**  
NIP. Y. 1039500274

  
**Dimas Ristiyono Bastian**  
Nim : 00.12.088

\*) coret yang tidak perlu

Form S – 3a



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
Jln. RAYA KARANGLO KM 2  
MALANG

## PERNYATAAN KESEDIAAN DALAM PEMBIMBINGAN SKRIPSI

Sesuai dengan Permohonan Mahasiswa :

Nama : Dimas Ristiyono Bastian  
Nim : 00.12.088  
Semester : XIV ( empat belas )  
Jurusan : Teknik Elektro  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik S-I

Dengan ini menyatakan bersedia / ~~tidak bersedia~~\*) Membimbing Skripsi dari mahasiswa tersebut dengan judul :

### **ANALISA OPTIMASI KOORDINASI RELAY ARUS LEBIH MENGGUNAKAN METODE NELDER – MEAD SIMPLEX PADA SISTEM INTERKONEKSI SALURAN 70 KV DI UPT MALANG**

Demikian surat pernyataan ini kami buat agar dapat dipergunakan seperlunya.

Malang, Juli 2007  
Yang Membuat Pernyataan,

**Ir. Teguh Herbasuki, MT**

NIP.Y. 1038900209

Catatan :

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

\*)Coret yang tidak perlu





INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
Jln. RAYA KARANGLO KM 2  
MALANG

Malang, Juli 2007

Lampiran : 1 ( satu ) berkas  
**Pembimbing Skripsi**

Kepada : Yth. Ibu. Irrine Budi S, ST, MT

Dosen Jurusan Elektro/ T.Energi Listrik  
Institut Teknologi Nasional Malang  
di-  
Malang

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Dimas Ristiyono Bastian  
Nim : 00.12.088  
Semester : XIV ( empat belas )  
Jurusan : Teknik Elektro  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik S-I

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

**ANALISA OPTIMASI KOORDINASI RELAY ARUS  
LEBIH MENGGUNAKAN METODE *NELDER – MEAD*  
SIMPLEX PADA SISTEM INTERKONEKSI SALURAN  
70 KV DI UPT MAANG**

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

Demikian permohonan kami, atas kesediaan Ibu kami ucapkan terimakasih.

Mengetahui,  
Ketua Jurusan  
Teknik Elektro S-I

**Ir. F. Yudi Lampraptono, MT**  
NIP. Y. 1039500274

\*) coret yang tidak perlu

Malang, Juli 2007

Hormat kami,

**Dimas Ristiyono Bastian**  
Nim : 00.12.088



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
Jln. RAYA KARANGLO KM 2  
MALANG

## PERNYATAAN KESEDIAAN DALAM PEMBIMBINGAN SKRIPSI

Sesuai dengan Permohonan Mahasiswa/i :

Nama : Dimas Ristiyono Bastian  
Nim : 00.12.088  
Semester : XIV ( empat belas )  
Jurusan : Teknik Elektro  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik S-I

Dengan ini menyatakan **bersedia / tidak bersedia**\*) Membimbing Skripsi dari mahasiswa tersebut dengan judul :

### **ANALISA OPTIMASI KOORDINASI RELAY ARUS LEBIH MENGGUNAKAN METODE *NELDER – MEAD* SIMPLEX PADA SISTEM INTERKONEKSI SALURAN 70 KV DI UPT MALANG**

Demikian surat pernyataan ini kami buat agar dapat dipergunakan seperlunya.

Malang, Juli 2007  
Yang Membuat Pernyataan,

**Irrine Budi S. ST, MT**

NIP. Y. 132314400

**Catatan** :

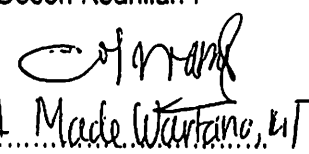
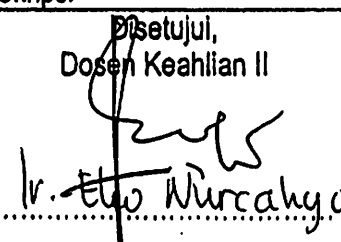

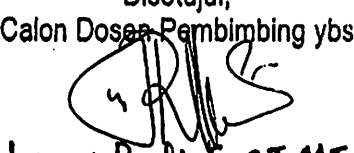
Setelah disetujui agar formulir ini  
Diserahkan mahasiswa yang bersangkutan  
Kepada Jurusan untuk diproses lebih lanjut.

\*)Coret yang tidak perlu



## BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik/~~Teknik Elektronika~~\*)

|    |  |   |  |        |
|----|--|---|--|--------|
| 1. | Nama Mahasiswa: <b>DIMAS RUSTIYONG BASTIAN</b>   |   | Nim: <b>00.12088</b>   |        |
| 2. | Keterangan   | Tanggal   | Waktu  | Tempat |
|    | Pelaksanaan  | <b>05-11-2007</b>   |  | Ruang: |
| 3. | Spesifikasi Judul (berilah tanda silang)**)  |   |  |        |
|    | a. Sistem Tenaga Elektrik<br>b. Energi & Konversi Energi<br>c. Tegangan Tinggi & Pengukuran<br>d. Sistem Kendali Industri  | e. Elektronika & Komponen<br>f. Elektronika Digital & Komputer<br>g. Elektronika Komunikasi<br>h. lainnya .....                                     |  |        |
| 4. | Judul Proposal yang diseminarkan Mahasiswa   | <b>Analisa Optimalisasi Koordinasi Relay Arus Lebih Menggunakan Metode Meeher-Mead Simplex Pada Sistem Interkoneksi Saluran 70Kv di UET Malang.</b> |  |        |
| 5. | Perubahan Judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian  | .....<br>.....<br>.....   |  |        |
| 6. | Catatan: .....   |   |  |        |
| 7. | Catatan: .....   |   |  |        |
|    | Persetujuan Judul Skripsi  |   |  |        |
|    | Disetujui,<br>Dosen Keahlian I<br><br><br>Ir. I Made Wartana, MT                          |   | Disetujui,<br>Dosen Keahlian II<br><br><br>Ir. Eto Wircahyo                              |        |
|    | Mengetahui,<br>Ketua Jurusan<br><br><br>Ir. F. Yudi Limpraptono, MT<br>NIP. P. 1039500274 |   | Disetujui,<br>Calon Dosen Pembimbing ybs<br><br><br>Ir. Budi S, ST, MT<br>NIP. 132314400 |        |

Perhatian:

1. Keterangan: \*) Coret yang tidak perlu

\*\*) dilingkari a, b, c, .....atau g sesuai bidang keahlian



### FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : DIMAS RISTIYONO BASTIAN  
Nim : 00.12.088  
Masa Bimbingan : 05 NOPEMBER 2007 s/d 05 MEI 2008  
Judul Skripsi : Analisa Optimasi Koordinasi Relay Arus Lebih  
Menggunakan Metode Nelder - Mead Simplex Pada  
Sistem Interkoneksi Saluran 70 KV Di UPT Malang

| No | Tanggal | Uraian  | Paraf : Pembimbing |
|----|---------|---|--------------------|
| 1  | 14/0108 | Konsultasi bab I & II                                       |                    |
| 2  | 23/0108 | Revisi latar blk & Tujuan                                   |                    |
| 3  | 25/0108 | Konsultasi bab III  |                    |
| 4  | 18/0208 | Revisi bab I  |                    |
| 5  | 26/0208 | Konsultasi bab IV & V                                       |                    |
| 6  | 27/0808 | Revisi bab IV & V (hasil sbkm & usmtah menggunakan Nelder). |                    |
| 7  |         |   |                    |
| 8  | 12/0908 | Acc seminar.  |                    |
| 9  | 18/0908 | Revisi tujuan & kesimpulan.                                 |                    |
| 10 | 22/0908 | Acc ujian   |                    |

Malang,  
Dosen Pembimbing,

(Ir. Teguh Herbasuki, MT)  
NIP.Y. 1038900209



### FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

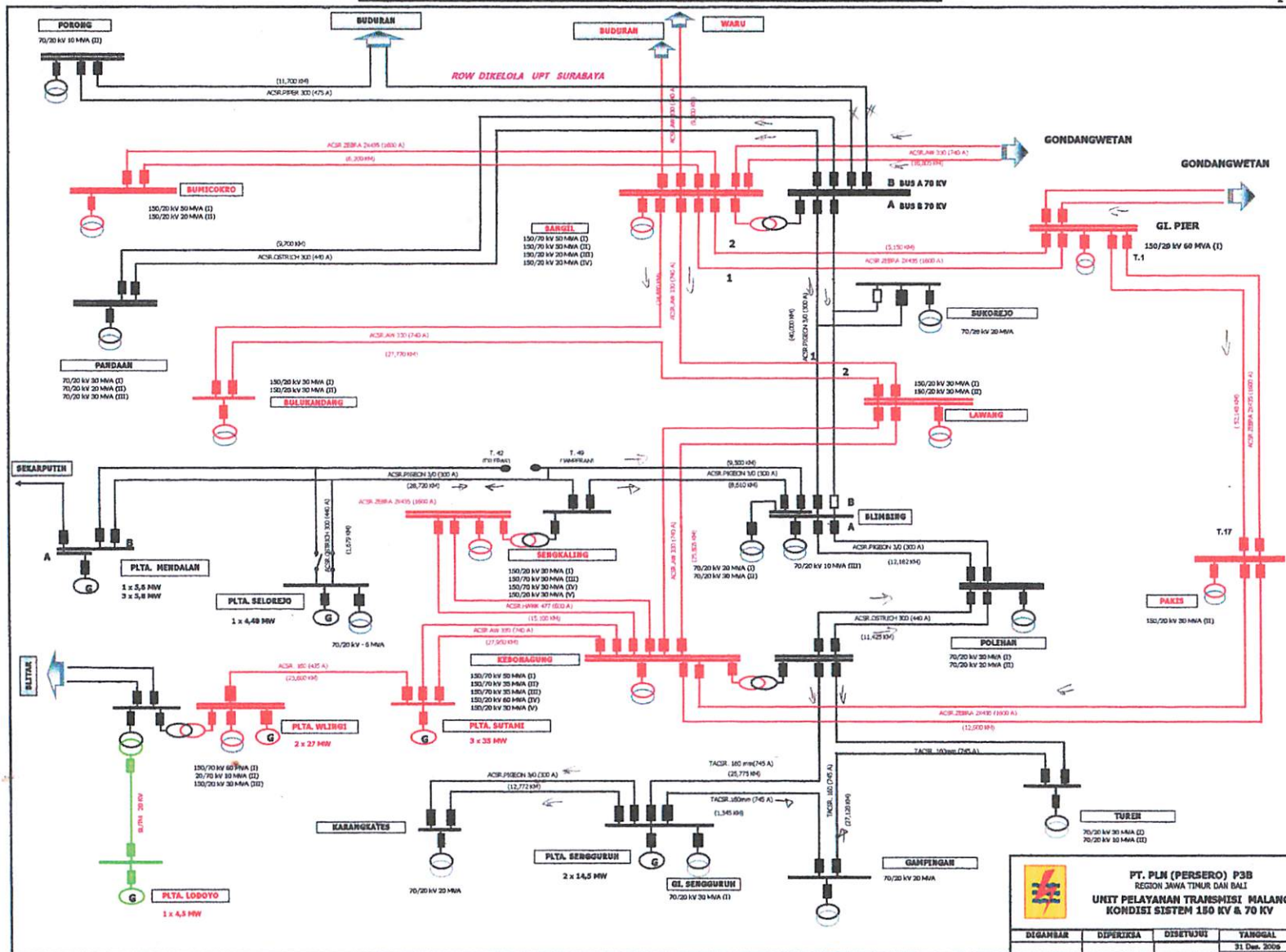
Nama : DIMAS RISTIYONO BASTIAN  
Nim : 00.12.088  
Masa Bimbingan : 05 NOPEMBER 2007 s/d 05 MEI 2008  
Judul Skripsi : Analisa Optimasi Koordinasi Relay Arus Lebih  
Menggunakan Metode Nelder - Mead Simplex Pada  
Sistem Interkoneksi Saluran 70 KV Di UPT Malang

| No | Tanggal | Uraian  | Paraf Pembimbing |
|----|---------|---|------------------|
| 1  | 21/01   | Bab - I = kenapa hrs di UPT Mlg? batasan masalah koordinasi di pergilas e. kenapa 0,35? |                  |
| 2  | 19/02   | Akt Bab I<br>Daftar Pustaka harus silulu dirubikan                                      |                  |
| 3  | 18/02   | Fluodient macil saludu! Beberapa literangas, ghr fasor kem adu!                         |                  |
| 4  | 12/02   | Metode nelder simplex di kumpul survey bgn?   |                  |
| 5  | 29/3    | Verbandingn mobil d berzapani dgn grafis  |                  |
| 6  |         |   |                  |
| 7  |         |   |                  |
| 8  |         |   |                  |
| 9  |         |   |                  |
| 10 |         |   |                  |

Malang,  
Dosen Pembimbing,

(Irrine Budi S, ST, MT)  
NIP. 132314400

# SINGLE LINE WILAYAH KERJA UPT MALANG



**PT. PLN (PERSERO) P3B**  
 REGION JAWA TIMUR DAN BALI  
**UNIT PELAYANAN TRANSMISI MALANG**  
 KONDISI SISTEM 150 KV & 70 KV

| DIGAMBAR | DIPERIKSA | DIBETUJUI | TANGGAL      |
|----------|-----------|-----------|--------------|
|          |           |           | 31 Des. 2009 |

LAPORAN BULANAN PEMBEBANAN TRANSMISI  
 BULAN : DESEMBER 2007

| No. | GARDU INDUK - JURUSAN                 | TRANSMISI TERPASANG |            |             |           | SETT. OCR. | RATIO CT | BEBAN TERTINGGI |  |       |      | KETERANGAN |      |       |          |
|-----|---------------------------------------|---------------------|------------|-------------|-----------|------------|----------|-----------------|--|-------|------|------------|------|-------|----------|
|     |                                       | TEG. (KV)           | ROUTE (KM) | JENIS       | MM2 / MCM |            |          | NOM. (AMP)      | TGL  | JAM   | AMP. |            | MW   | MVAR  | I Nom. % |
| 18  | SENGKALING - BLJMBING I               | 70                  | 8,610      | ACSR.PIGEON | 3/0       | 300        | 400      | 400             | 11   | 14.00 | 195  | 21,0       | 10,0 | 65,00 |          |
| 19  | SENGKALING - BLJMBING II (+ Sedorejo) | 70                  | 9,500      | ACSR.PIGEON | 3/0       | 300        | 400      | 400             | 11   | 10.00 | 200  | 21,1       | 10,0 | 66,67 |          |
| 20  | POLEHAN - BLJMBING I                  | 70                  | 12,182     | ACSR.PIGEON | 3/0       | 300        | 372      | 400             | 1  | 17.00 | 50   | 6,2        | 2,0  | 16,67 |          |
| 21  | POLEHAN - BLJMBING II                 | 70                  | 12,182     | ACSR.PIGEON | 3/0       | 300        | 372      | 400             | 28   | 15.60 | 95   | 10,0       | 6,0  | 31,67 |          |
| 22  | PORONG - BANGIL                       | 70                  | 11,700     | ACSR.PIPER  | 300       | 475        | 500      | 500             | PMT POSISI DILEPAS ( PENGAMANAN LUMPUR LAPINDO ) |       |      |            |      |       |          |
| 23  | PORONG - BUDURAN                      | 70                  | 11,700     | ACSR.PIPER  | 300       | 475        | 320      | 400             | RELOKASI KE UFT KEDIRI                           |       |      |            |      |       |          |
| 24  | BULUKANDANG - LAWANG                  | 150                 | 20,910     | ACSR.LAW    | 330       | 740        | 900      | 1000            | 7  | 10.00 | 362  | 84,0       | 32,0 | 48,92 |          |
| 25  | BANGIL - GONDANGWETAN I               | 150                 | 16,810     | ACSR.LAW    | 330       | 740        | 900      | 1000            | 3  | 17.00 | 310  | 78,0       | 19,0 | 41,89 |          |
| 26  | BANGIL - GONDANGWETAN II              | 150                 | 16,810     | ACSR.LAW    | 330       | 740        | 900      | 1000            | 3  | 17.00 | 310  | 78,0       | 19,0 | 41,89 |          |
| 27  | BANGIL - BUDURAN                      | 150                 | 26,750     | ACSR.LAW    | 330       | 740        | 800      | 1000            | PMT POSISI DILEPAS ( PENGAMANAN LUMPUR LAPINDO ) |       |      |            |      |       |          |
| 28  | BANGIL - WARU                         | 150                 | 31,550     | ACSR.LAW    | 330       | 740        | 800      | 1000            | PMT POSISI DILEPAS ( PENGAMANAN LUMPUR LAPINDO ) |       |      |            |      |       |          |
| 29  | BANGIL - LAWANG                       | 150                 | 21,407     | ACSR.LAW    | 330       | 740        | 900      | 1000            | 3  | 18.00 | 310  | 75,0       | 10,0 | 41,89 |          |
| 30  | BANGIL - BULUKANDANG                  | 150                 | 27,770     | ACSR.LAW    | 330       | 740        | 900      | 1000            | 3  | 18.00 | 245  | 60,0       | 6,0  | 33,11 |          |

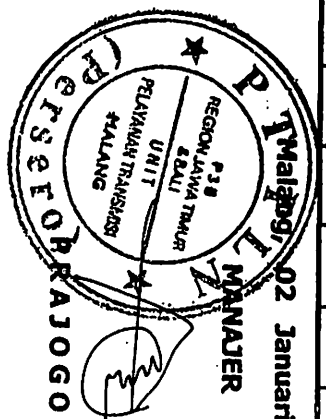


PT. PLN (PERSERO) P3B  
REGION JAWA TIMUR DAN BALI  
UNIT PELAYANAN TRANSMISI MALANG

LAPORAN BULANAN PEMBEBANAN TRANSMISI  
BULAN : DESEMBER 2007

| No. | GARDU INDUK - JURUSAN  | TRANSMISI TERPASANG |            |              |           |            |           | BEBAN TERTINGGI |     |       |      |       |      |           | KETERANGAN |
|-----|------------------------|---------------------|------------|--------------|-----------|------------|-----------|-----------------|-----|-------|------|-------|------|-----------|------------|
|     |                        | TEG. (KV)           | ROUTE (KM) | JENIS        | MM2 / MCM | NOM. (AMP) | SETT. OCR | RATIO CT        | TGL | JAM   | AMP. | MW    | MVAR | I Norm. % |            |
| 31  | BANGIL - PIER I        | 150                 | 5,150      | ACSR ZEBRA   | 2 X 435   | 1990       | 1000      | 1000            | 28  | 10,00 | 320  | 70,0  | 24,0 | 16,08     |            |
| 32  | SANGIL - PIER II       | 150                 | 5,150      | ACSR ZEBRA   | 2 X 435   | 1990       | 1000      | 1000            | 22  | 10,00 | 320  | 70,0  | 24,0 | 16,08     |            |
| 33  | BANGIL - BUMICOKRO I   | 150                 | 6,200      | ACSR ZEBRA   | 2 X 435   | 1990       | 1000      | 1000            | 11  | 10,00 | 113  | 25,0  | 15,0 | 5,68      |            |
| 34  | BANGIL - BUMICOKRO II  | 150                 | 6,200      | ACSR ZEBRA   | 2 X 435   | 1990       | 1000      | 1000            | 11  | 10,00 | 113  | 25,0  | 15,0 | 5,68      |            |
| 35  | BANGIL - PANDAAN I     | 70                  | 9,700      | ACSR OSTRICH | 300       | 440        | 300       | 400             | 17  | 10,00 | 187  | 18,7  | 9,3  | 42,50     |            |
| 36  | BANGIL - PANDAAN II    | 70                  | 9,700      | ACSR OSTRICH | 300       | 440        | 300       | 400             | 17  | 10,00 | 187  | 18,7  | 9,3  | 42,50     |            |
| 37  | BANGIL - BUDURAN       | 70                  | 26,750     | ACSR PIPER   | 300       | 396        |           | 400             |     |       |      |       |      |           |            |
| 38  | BANGIL - PORONG        | 70                  | 15,050     | ACSR PIPER   | 300       | 396        |           | 400             |     |       |      |       |      |           |            |
| 39  | BANGIL - BLIMBING I    | 70                  | 40,000     | ACSR PIGEON  | 3/0       | 277        |           | 400             |     |       |      |       |      |           |            |
| 40  | BANGIL - BLIMBING II   | 70                  | 40,000     | ACSR PIGEON  | 3/0       | 277        |           | 400             |     |       |      |       |      |           |            |
| 41  | PIER - GONDANGMETAN I  | 150                 | 11,660     | ACSR ZEBRA   | 2 X 435   | 1990       | 2000      | 2000            | 3   | 17,00 | 530  | 118,0 | 59,0 | 26,63     |            |
| 42  | PIER - GONDANGMETAN II | 150                 | 11,660     | ACSR ZEBRA   | 2 X 435   | 1990       | 2000      | 2000            | 3   | 17,00 | 530  | 118,0 | 59,0 | 26,63     |            |
| 43  | PIER - PAKS I          | 150                 | 52,148     | ACSR ZEBRA   | 2 X 435   | 1990       | 2000      | 2000            | 6   | 18,00 | 240  | 50,0  | 28,0 | 12,06     |            |
| 44  | PIER - PAKS II         | 150                 | 52,148     | ACSR ZEBRA   | 2 X 435   | 1990       | 2000      | 2000            | 6   | 18,00 | 240  | 50,0  | 28,0 | 12,06     |            |
| 45  | WILINGI - BLITAR I     | 70                  |            | ACSR HAWK    | 477       | 500        |           |                 | 27  | 19,00 | 232  | 20,5  | 12,5 | 39,67     |            |
| 46  | WILINGI - BLITAR II    | 70                  |            | ACSR HAWK    | 477       | 600        |           |                 | 27  | 19,00 | 232  | 20,5  | 12,5 | 39,67     |            |

\*ETERANGAN :



02 Januari 2008



LAPORAN BULANAN PEMBEBANAN TRANSMISI  
 BULAN : DESEMBER 2007

| No. | GARDU INDUK - JURUSAN          | TRANSMISI TERPASANG |            |              |           |            | BEBAN TERTINGGI |          |      |       |      | KETERANGAN |      |       |
|-----|--------------------------------|---------------------|------------|--------------|-----------|------------|-----------------|----------|------|-------|------|------------|------|-------|
|     |                                | TEG. (KV)           | ROUTE (KM) | JENIS        | MM2 / MCM | NOM. (AMP) | SETT. OCR.      | RATIO CT | TGL. | JAM   | AMP. |            | MW   | MVAR  |
| 1   | KEBONAGUNG - LAWANG I          | 150                 | 25,805     | ACSR.AW      | 330       | 740        | 1100            | 800      | 25   | 19.00 | 210  | 45,0       | 15,0 | 28,38 |
| 2   | KEBONAGUNG - LAWANG II         | 150                 | 25,805     | ACSR.AW      | 330       | 740        | 1100            | 800      | 25   | 19.00 | 210  | 45,0       | 15,0 | 28,38 |
| 3   | KEBONAGUNG - SENGKALING I      | 150                 | 15,100     | ACSR.HAWK    | 477       | 600        | 750             | 1000     | 1    | 18.00 | 140  | 30,0       | 4,0  | 23,33 |
| 4   | KEBONAGUNG - SENGKALING II     | 150                 | 15,100     | ACSR.HAWK    | 477       | 600        | 750             | 1000     | 1    | 18.00 | 140  | 30,0       | 4,0  | 23,33 |
| 5   | KEBONAGUNG - PAKS I            | 150                 | 12,900     | ACSR.ZEBRA   | 2x435     | 1600       | 1800            | 2000     | 31   | 18.00 | 200  | 50,0       | 16,0 | 12,50 |
| 6   | KEBONAGUNG - PAKS II           | 150                 | 12,900     | ACSR.ZEBRA   | 2x435     | 1600       | 1800            | 2000     | 31   | 18.00 | 200  | 50,0       | 16,0 | 12,50 |
| 7   | KEBONAGUNG - POLEHAN I         | 70                  | 11,425     | ACSR.OSTRICH | 300       | 440        | 480             | 400      | 17   | 19.00 | 155  | 16,1       | 9,1  | 35,23 |
| 8   | KEBONAGUNG - POLEHAN II        | 70                  | 11,425     | ACSR.OSTRICH | 300       | 440        | 480             | 400      | 17   | 19.00 | 155  | 16,1       | 9,1  | 35,23 |
| 9   | KEBONAGUNG - TUREN             | 70                  | 21,240     | TACSR        | 160       | 745        | 480             | 400      | 26   | 19.00 | 300  | 30,0       | 14,0 | 40,27 |
| 10  | KEBONAGUNG - SENGURUH          | 70                  | 25,775     | TACSR        | 160       | 745        | 480             | 400      | 19   | 20.00 | 315  | 34,0       | 14,0 | 42,28 |
| 11  | TUREN - GAMPINGAN              | 70                  | 26,080     | TACSR        | 160       | 745        | 480             | 400      | 7    | 16.00 | 120  | -          | -    | 16,11 |
|     | GAMPINGAN - TUREN              | 70                  |            | TACSR        | 160       | 745        | 360             | 300      |      |       |      |            |      |       |
| 12  | PLTA SENGURUH - GAMPINGAN      | 70                  | 1,345      | TACSR        | 160       | 745        | 480             | 400      | 20   | 18.00 | 155  | 15,0       | 6,0  | 20,81 |
|     | GAMPINGAN - SENGURUH           | 70                  |            | TACSR        | 160       | 745        | 360             | 300      |      |       |      |            |      |       |
| 13  | PLTA SENGURUH - KARANGKATES I  | 70                  | 12,772     | ACSR.PIGEON  | 3/0       | 300        | 200             | 200      | 3    | 19.00 | 110  | 10,5       | 4,0  | 36,67 |
| 14  | PLTA SENGURUH - KARANGKATES II | 70                  | 12,772     | ACSR.PIGEON  | 3/0       | 300        | 480             | 400      | 3    | 19.00 | 110  | 10,5       | 4,0  | 36,67 |
| 15  | PLTA SUTAMI - KEBONAGUNG I     | 150                 | 27,950     | ACSR.AW      | 330       | 740        | 448             | 800      | 31   | 18.00 | 562  | 138,0      | 25,2 | 75,95 |
| 16  | PLTA SUTAMI - KEBONAGUNG II    | 150                 | 27,950     | ACSR.AW      | 330       | 740        | 448             | 800      | 31   | 18.00 | 562  | 138,0      | 25,2 | 75,95 |
| 17  | PLTA SUTAMI - PLTA WLINGI      | 150                 | 23,600     | ACSR         | 160       | 435        | 180             | 600      | 26   | 18.00 | 255  | 60,0       | 10,0 | 58,62 |

**ARUS HUBUNG SINGKAT MAXIMUM SISTEM 70 KV JAWA BALI TAHUN 2007**

| No. | BUS  | GI              | Teg<br>(kV) | Imp.urutan positif |            | Imp.urutan negatif |            | Imp.urutan nol |            | Arus hub singkat Max |           |
|-----|------|-----------------|-------------|--------------------|------------|--------------------|------------|----------------|------------|----------------------|-----------|
|     |      |                 |             | R1(pu)             | X1(pu)     | R2(pu)             | X2(pu)     | Ro(pu)         | Xo(pu)     | 1ph. (kA)            | 3ph. (kA) |
| 1   | 4-I  | AJINOMOTO4      | 70          | 0.02222342         | 0.0773595  | 0.02208566         | 0.07726724 | 1.745512       | 0.3753382  | 1.453558             | 11.19036  |
| 2   | 4-I  | ARJAWINANGUN4   | 70          | 0.03137604         | 0.215738   | 0.02900809         | 0.1101556  | 4.550504       | 0.2731889  | 0.5846135            | 4.155842  |
| 3   | 4-II | ARJAWINANGUN4   | 70          | 0.0569889          | 0.2568376  | 0.056612           | 0.2534265  | 2.553975       | 0.4890121  | 0.9535657            | 3.442688  |
| 4   | I-5  | ASPEC           | 70          | 0.02891341         | 0.1788428  | 0.02886944         | 0.1786906  | 7.63918        | 0.2779529  | 0.3521419            | 4.998655  |
| 5   | B1   | BABAKAN4        | 70          | 0.06486073         | 0.2427482  | 0.06249278         | 0.1371658  | 4.595468       | 0.3542195  | 0.568748             | 3.603138  |
| 6   | 4-I  | BANARAN4        | 70          | 0.00474174         | 0.09408315 | 0.00440598         | 0.09387412 | 6.216114       | 0.3219072  | 0.4353332            | 9.618261  |
| 7   | 4-II | BANARAN4        | 70          | 0.00474174         | 0.09408315 | 0.00440598         | 0.09387412 | 6.216114       | 0.3219072  | 0.4353332            | 9.618261  |
| 8   | 4-IA | BANDUNG TIMUR 4 | 70          | 0.01292217         | 0.1339616  | 0.01289136         | 0.1336206  | 3.39719        | 0.1775026  | 0.7871256            | 6.730719  |
| 9   | 4-IB | BANDUNG TIMUR 4 | 70          | 0.01292217         | 0.1339616  | 0.01289136         | 0.1336206  | 3.39719        | 0.1775026  | 0.7871256            | 6.730719  |
| 10  | 4-I  | BANGIL4         | 70          | 0.00490869         | 0.1261422  | 0.00468046         | 0.1260452  | 12.2552        | 0.1515221  | 0.2216887            | 7.181504  |
| 11  | 4-II | BANGIL4         | 70          | 0                  | 0          | 0                  | 0          | 0              | 0          | 0                    | 0         |
| 12  | 4-I  | BANGUN4         | 70          | 0.06064255         | 0.2164559  | 0.06052771         | 0.2163975  | 12.34622       | 0.4314799  | 0.2176838            | 4.026036  |
| 13  | 4-I  | BANJAR4         | 70          | 0.02955457         | 0.4446883  | 0.02961265         | 0.4445685  | 3.826353       | 0.237496   | 0.6718031            | 2.035096  |
| 14  | 4-II | BANJAR4         | 70          | 0.02955457         | 0.4446883  | 0.02961265         | 0.4445685  | 3.826353       | 0.237496   | 0.6718031            | 2.035096  |
| 15  | 4-I  | BARATA4         | 70          | 0.00447212         | 0.2133669  | 0.00429705         | 0.2133406  | 12.25085       | 0.2296505  | 0.2215851            | 4.250154  |
| 16  | 4-I  | BLIMBING4       | 70          | 0.1627046          | 0.2716116  | 0.1624764          | 0.2715146  | 12.47422       | 0.5879303  | 0.2117242            | 2.856002  |
| 17  | 4-II | BLIMBING4       | 70          | 0.07368813         | 0.1780604  | 0.07281747         | 0.1783684  | 1.907578       | 0.5807438  | 1.202552             | 4.688823  |
| 18  | 4-I  | BLITAR4         | 70          | 0.04891337         | 0.3086893  | 0.0468882          | 0.3090791  | 12.29242       | 0.3981574  | 0.2188658            | 2.899847  |
| 19  | 4-II | BLITAR4         | 70          | 0.04891337         | 0.3086893  | 0.0468882          | 0.3090791  | 12.29242       | 0.3981574  | 0.2188658            | 2.899847  |
| 20  | I-4  | BOGORBARU4      | 70          | 0.00493936         | 0.08022361 | 0.00416411         | 0.07837538 | 1.259145       | 0.1630826  | 2.070838             | 11.26663  |
| 21  | II-4 | BOGORBARU4      | 70          | 0.00493936         | 0.08022361 | 0.00416411         | 0.07837538 | 1.259145       | 0.1630826  | 2.070838             | 11.26663  |
| 22  | 4-I  | BUDURAN4        | 70          | 0.00668436         | 0.2216976  | 0.00656262         | 0.2216442  | 12.2556        | 0.249456   | 0.2213829            | 4.089187  |
| 23  | 4-II | BUDURAN4        | 70          | 0.01347503         | 0.1806808  | 0.0133533          | 0.1806274  | 12.27041       | 0.2481119  | 0.2209528            | 5.002956  |
| 24  | I-4  | BUNAR           | 70          | 0.09973539         | 0.2338194  | 0.09859184         | 0.2324421  | 1.337335       | 0.3978881  | 1.539962             | 3.557767  |
| 25  | II-4 | BUNAR           | 70          | 0.09973539         | 0.2338194  | 0.09859184         | 0.2324421  | 1.337335       | 0.3978881  | 1.539962             | 3.557767  |
| 26  | 4-I  | CANGKRING4      | 70          | 0.00673267         | 0.1048418  | 0.00456535         | 0.03663357 | 3.377631       | 0.06801911 | 0.8001727            | 8.623515  |
| 27  | 4-II | CANGKRING4      | 70          | 0.00673267         | 0.1048418  | 0.00456535         | 0.03663357 | 3.377631       | 0.06801911 | 0.8001727            | 8.623515  |
| 28  | 4-I  | CARUBAN4        | 70          | 0.05798311         | 0.1582125  | 0.0577493          | 0.1581369  | 1.893347       | 0.6742251  | 1.21211              | 5.361578  |
| 29  | I-4  | CAWANG4         | 70          | 0.0010332          | 0.078171   | 0.00098452         | 0.07820769 | 2.473664       | 0.07011764 | 1.092161             | 11.59719  |
| 30  | II-4 | CAWANG4         | 70          | 0.0010332          | 0.078171   | 0.00098452         | 0.07820769 | 2.473664       | 0.07011764 | 1.092161             | 11.59719  |
| 31  | 4-I  | CIANJUR4        | 70          | 0.02982932         | 0.3038001  | 0.0291716          | 0.3018393  | 3.856475       | 0.4765456  | 0.6690453            | 2.970089  |
| 32  | 4-II | CIANJUR4        | 70          | 0.02982932         | 0.3038001  | 0.0291716          | 0.3018393  | 3.856475       | 0.4765456  | 0.6690453            | 2.970089  |

**ARUS HUBUNG SINGKAT MAXIMUM SISTEM 70 KV JAWA BALI TAHUN 2007**

| No. | BUS  | GI            | Teg<br>(kV) | Imp.urutan positif |            | Imp.urutan negatif |            | Imp.urutan nol |            | Arus hub singkat Max |           |
|-----|------|---------------|-------------|--------------------|------------|--------------------|------------|----------------|------------|----------------------|-----------|
|     |      |               |             | R1(pu)             | X1(pu)     | R2(pu)             | X2(pu)     | Ro(pu)         | Xo(pu)     | 1ph. (kA)            | 3ph. (kA) |
| 33  | I-4  | CIAWI4        | 70          | 0.02006589         | 0.1070003  | 0.01929064         | 0.1051521  | 1.28468        | 0.2434128  | 1.93583              | 8.303711  |
| 34  | II-4 | CIAWI4        | 70          | 0.02006589         | 0.1070003  | 0.01929064         | 0.1051521  | 1.28468        | 0.2434128  | 1.93583              | 8.303711  |
| 35  | I-4  | CIBADAK4      | 70          | 0.00848892         | 0.2084433  | 0.0056036          | 0.2033971  | 1.508042       | 0.1971211  | 1.65447              | 4.34703   |
| 36  | II-4 | CIBADAK4      | 70          | 0.00848892         | 0.2084433  | 0.0056036          | 0.2033971  | 1.508042       | 0.1971211  | 1.65447              | 4.34703   |
| 37  | I-4  | CIBINONG4     | 70          | 0.00224596         | 0.2079338  | 0.00220199         | 0.2077817  | 7.592272       | 0.2053119  | 0.3568085            | 4.362311  |
| 38  | II-4 | CIBINONG4     | 70          | 0.00159708         | 0.1282866  | 0.00155312         | 0.1281345  | 7.592272       | 0.1262845  | 0.3576051            | 7.069327  |
| 39  | 4-I  | CIGANEA       | 70          | 0.01222554         | 0.08574183 | 0.01200622         | 0.08576544 | 48614460       | 8.034818   | 0                    | 10.43786  |
| 40  | 4-II | CIGANEA       | 70          | 0.01222554         | 0.08574183 | 0.01200622         | 0.08576544 | 48614460       | 8.034818   | 0                    | 10.43786  |
| 41  | 4-I  | CIGERELENG4   | 70          | 0.00991378         | 0.1316177  | 0.00988738         | 0.1312939  | 3.401567       | 0.1865136  | 0.7873672            | 6.864925  |
| 42  | 4-II | CIGERELENG4   | 70          | 0.00921787         | 0.08959627 | 0.00850478         | 0.08924083 | 0.498624       | 0.3138965  | 3.789931             | 10.04713  |
| 43  | 4-I  | CIKALONG4     | 70          | 0.01803381         | 0.1041122  | 0.01521489         | 0.1046039  | 0.3851542      | 0.05649488 | 5.437517             | 8.556684  |
| 44  | 4-II | CIKALONG4     | 70          | 0.01803381         | 0.1041122  | 0.01521489         | 0.1046039  | 0.3851542      | 0.05649488 | 5.437517             | 8.556684  |
| 45  | I-4  | CILEUNGS      | 70          | 0.02695626         | 0.173177   | 0.0269123          | 0.1730249  | 7.63508        | 0.2609558  | 0.3526103            | 5.167011  |
| 46  | II-4 | CILEUNGS      | 70          | 0.02695626         | 0.173177   | 0.0269123          | 0.1730249  | 7.63508        | 0.2609558  | 0.3526103            | 5.167011  |
| 47  | 4-I  | CIRATA4       | 70          | 0.00807057         | 0.1195624  | 0.00800929         | 0.1195518  | 53792365       | 10.99071   | 0                    | 7.561218  |
| 48  | 4-I  | CIWI KIMIA4   | 70          | 0.01723026         | 0.06837814 | 0.0170925          | 0.06828587 | 1.73706        | 0.3483941  | 1.477229             | 12.77085  |
| 49  | 4-I  | CURUG4        | 70          | 0.05643427         | 0.1762574  | 0.05620478         | 0.1762608  | 42087536       | 1.101292   | 0                    | 4.88554   |
| 50  | I-4  | DEPOK         | 70          | 0.04699749         | 0.141421   | 0.0469488          | 0.1414577  | 2.543199       | 0.2598676  | 1.008664             | 6.061288  |
| 51  | II-4 | DEPOK         | 70          | 0.05372212         | 0.1726033  | 0.05292317         | 0.1707897  | 1.332068       | 0.4166703  | 1.667196             | 5.001806  |
| 52  | 4-I  | DOLOPO4       | 70          | 0.05127357         | 0.1812916  | 0.05055463         | 0.1815681  | 2.007013       | 0.8396545  | 1.118734             | 4.801144  |
| 53  | 4-I  | DRIYOREJO4    | 70          | 0.00390913         | 0.1158805  | 0.00379429         | 0.1158222  | 12.25043       | 0.1297538  | 0.2218327            | 7.819012  |
| 54  | I-4  | GAMBIR LAMA   | 70          | 0                  | 0          | 0                  | 0          | 0              | 0          | 0                    | 0         |
| 55  | II-4 | GAMBIR LAMA   | 70          | 0.01152717         | 0.1436714  | 0.01141665         | 0.1442132  | 2.502924       | 0.17513    | 1.057428             | 6.286887  |
| 56  | 4-I  | GAMPINGAN4    | 70          | 0.03679508         | 0.2010959  | 0.03418883         | 0.2016941  | 6.157634       | 0.2151854  | 0.4344242            | 4.429753  |
| 57  | I-4  | GANDARIA      | 70          | 0.02134137         | 0.1168894  | 0.02129268         | 0.1169261  | 2.508206       | 0.1862727  | 1.050382             | 7.610957  |
| 58  | II-4 | GANDARIA      | 70          | 0.02843474         | 0.2545438  | 0.02839077         | 0.2543917  | 7.636522       | 0.3451419  | 0.3513491            | 3.539003  |
| 59  | 4-I  | GUDANG GARAM5 | 70          | 0.01572771         | 0.1136357  | 0.01539195         | 0.1134266  | 6.234677       | 0.3805647  | 0.4319428            | 7.888131  |
| 60  | 4-I  | INDBHARAT4    | 70          | 0.04850006         | 0.1834551  | 0.04843831         | 0.1834449  | 53792365       | 11.14505   | 0                    | 4.767807  |
| 61  | 4-I  | INDORAMA4     | 70          | 0.01239805         | 0.08688015 | 0.01220115         | 0.08688997 | 48614460       | 8.030508   | 0                    | 10.30142  |
| 62  | 4-II | INDORAMA4     | 70          | 0.01239805         | 0.08688015 | 0.01220115         | 0.08688997 | 48614460       | 8.030508   | 0                    | 10.30142  |
| 63  | B1   | INDRAMAYU4    | 70          | 0.1265796          | 0.3181418  | 0.1244123          | 0.2499336  | 3.580131       | 0.7079191  | 0.6730723            | 2.643869  |
| 64  | 4-I  | JATIBARANG4   | 70          | 0.09328879         | 0.2588918  | 0.09112148         | 0.1906836  | 3.523881       | 0.5301691  | 0.7085323            | 3.288558  |
| 65  | 4-II | JATIBARANG4   | 70          | 0.00594298         | 0.1659876  | 0.00556608         | 0.1625765  | 2.467725       | 0.2164621  | 1.069713             | 5.459546  |

**ARUS HUBUNG SINGKAT MAXIMUM SISTEM 70 KV JAWA BALI TAHUN 2007**

| No. | BUS   | GI                 | Teg<br>(kV) | Imp.urutan positif |            | Imp.urutan negatif |            | Imp.urutan nol |            | Arus hub singkat Max |           |
|-----|-------|--------------------|-------------|--------------------|------------|--------------------|------------|----------------|------------|----------------------|-----------|
|     |       |                    |             | R1(pu)             | X1(pu)     | R2(pu)             | X2(pu)     | Ro(pu)         | Xo(pu)     | 1ph. (kA)            | 3ph. (kA) |
| 66  | 4-I   | JATILUHUR4         | 70          | 0.00756044         | 0.07970896 | 0.00728618         | 0.07976971 | 48614460       | 8.046442   | 0                    | 11.30053  |
| 67  | 4-I   | KADIPATEN4         | 70          | 0.0679215          | 0.2875037  | 0.06240681         | 0.2889221  | 0.8648164      | 0.1898419  | 2.158725             | 3.066184  |
| 68  | 4-II  | KADIPATEN4         | 70          | 0.1223667          | 0.3722983  | 0.1219897          | 0.3688873  | 2.664338       | 0.8353942  | 0.8213331            | 2.3113    |
| 69  | 4-I   | KARANGKATES4       | 70          | 0.08425135         | 0.2427757  | 0.08157986         | 0.2434162  | 6.221312       | 0.3341533  | 0.4222663            | 3.521232  |
| 70  | 4-II  | KARANGKATES4       | 70          | 0.08425135         | 0.2427757  | 0.08157986         | 0.2434162  | 6.221312       | 0.3341533  | 0.4222663            | 3.521232  |
| 71  | 4-I   | KEBONAGUNG4        | 70          | 0.00703825         | 0.1073078  | 0.00618048         | 0.1072775  | 6.152477       | 0.1947287  | 0.4400369            | 8.424687  |
| 72  | 4-II  | KEBONAGUNG4        | 70          | 0.00703825         | 0.1073078  | 0.00618048         | 0.1072775  | 6.152477       | 0.1947287  | 0.4400369            | 8.424687  |
| 73  | I-4   | KEDUNGBADAK        | 70          | 0.00961191         | 0.08850533 | 0.00881296         | 0.08669176 | 1.257039       | 0.1643764  | 2.052928             | 10.16325  |
| 74  | II-4  | KEDUNGBADAK        | 70          | 0.00961191         | 0.08850533 | 0.00881296         | 0.08669176 | 1.257039       | 0.1643764  | 2.052928             | 10.16325  |
| 75  | 4-I   | KERTOSONO4         | 70          | 0.01783539         | 0.0848185  | 0.01771632         | 0.0846987  | 1.792321       | 0.4434832  | 1.407536             | 10.41441  |
| 76  | 4-II  | KERTOSONO4         | 70          | 0.05246752         | 0.1294785  | 0.0523304          | 0.1293746  | 1.798695       | 0.4977682  | 1.325089             | 6.458122  |
| 77  | 4-I   | KOSAMBI BARU4      | 70          | 0.00304652         | 0.08197167 | 0.00281703         | 0.0819751  | 42087536       | 0.8210542  | 0                    | 11.04677  |
| 78  | 4-IA  | KOSAMBI BARU4      | 70          | 0.00304658         | 0.08197129 | 0.00281697         | 0.08197473 | 42087536       | 0.8210539  | 0                    | 11.04677  |
| 79  | 4-II  | KOSAMBI BARU4      | 70          | 0.06049809         | 0.2046938  | 0.06043628         | 0.2046836  | 53792365       | 11.20535   | 0                    | 4.238876  |
| 80  | 4-IIB | KOSAMBI BARU4      | 70          | 0                  | 0          | 0                  | 0          | 0              | 0          | 0                    | 0         |
| 81  | I-4   | KRACAK             | 70          | 0.04348021         | 0.1566967  | 0.04233665         | 0.1553194  | 1.248784       | 0.1665202  | 1.911957             | 5.560078  |
| 82  | II-4  | KRACAK             | 70          | 0.04348021         | 0.1566967  | 0.04233665         | 0.1553194  | 1.248784       | 0.1665202  | 1.911957             | 5.560078  |
| 83  | 2-I   | KUNINGAN4          | 70          | 0.06468165         | 0.2032091  | 0.06251433         | 0.1350009  | 3.473845       | 0.3631211  | 0.7406827            | 4.241879  |
| 84  | 4-I   | LAMAJAN4           | 70          | 0.0210699          | 0.1086937  | 0.01808203         | 0.109333   | 0.386308       | 0.05934032 | 5.305371             | 8.164471  |
| 85  | 4-II  | LAMAJAN4           | 70          | 0.0210699          | 0.1086937  | 0.01808203         | 0.109333   | 0.386308       | 0.05934032 | 5.305371             | 8.164471  |
| 86  | I-4   | LEMBUR SITU        | 70          | 0.08669933         | 0.2929097  | 0.08344728         | 0.2884453  | 1.585586       | 0.3498598  | 1.365807             | 2.964365  |
| 87  | II-4  | LEMBUR SITU        | 70          | 0.1017375          | 0.4317801  | 0.1010798          | 0.4298193  | 3.977975       | 0.8604856  | 0.6012049            | 2.043037  |
| 88  | 4-I   | MAGETAN4           | 70          | 0.1142091          | 0.540963   | 0.1141602          | 0.5409654  | 36.9426        | 1.047483   | 0.0730918            | 1.639696  |
| 89  | 4-II  | MAGETAN4           | 70          | 0.1142091          | 0.540963   | 0.1141602          | 0.5409654  | 36.9426        | 1.047483   | 0.0730918            | 1.639696  |
| 90  | B1    | MAJALAYA4          | 70          | 0.0432199          | 0.1943115  | 0.0431935          | 0.1939878  | 3.459362       | 0.3745953  | 0.7492062            | 4.547392  |
| 91  | 4-I   | MALANGBONG4        | 70          | 0.08481822         | 0.3322053  | 0.0848763          | 0.3320854  | 3.934065       | 0.6164255  | 0.6322686            | 2.642215  |
| 92  | 4-II  | MALANGBONG4        | 70          | 0.08481822         | 0.3322053  | 0.0848763          | 0.3320854  | 3.934065       | 0.6164255  | 0.6322686            | 2.642215  |
| 93  | 4-I   | MANISREJO4         | 70          | 0.02321415         | 0.1194011  | 0.02288267         | 0.1193613  | 1.927274       | 0.6775583  | 1.247789             | 7.433993  |
| 94  | 4-II  | MANISREJO4         | 70          | 0.03130807         | 0.3937253  | 0.03125913         | 0.3937277  | 36.80258       | 0.6057704  | 0.0737662            | 2.296087  |
| 95  | 4-I   | MANYAR4            | 70          | 0.00453042         | 0.21617    | 0.00441558         | 0.2161117  | 12.25202       | 0.2325369  | 0.2215527            | 4.195058  |
| 96  | 4-I   | MASPION STEEL BAR4 | 70          | 0.01080348         | 0.2272745  | 0.01068864         | 0.2272162  | 12.26261       | 0.2658503  | 0.2210807            | 3.985574  |
| 97  | 4-I   | MASPION4           | 70          | 0.0119199          | 0.1761448  | 0.01179816         | 0.1760914  | 12.26715       | 0.2345038  | 0.2210867            | 5.134575  |
| 98  | 4-I   | MENDALAN           | 70          | 0.06960076         | 0.1284528  | 0.06858012         | 0.1296373  | 1.720456       | 0.2723132  | 1.403909             | 6.168495  |



LAPORAN BEBAN PUNCAK TRAFKO DI GARDU INDUK  
 BULAN : DESEMBER 2007

| NO. | GARDU INDUK     | TRAFO |             |            | ARUS NOM. (AMP) | OCR SETT.  |     | BEBAN TERTINGGI           |       |       |      |      | TEMPERATUR WINDING |         |     | BEBAN TERNAH DICAPAI |            |       | KET.  |     |     |  |
|-----|-----------------|-------|-------------|------------|-----------------|------------|-----|---------------------------|-------|-------|------|------|--------------------|---------|-----|----------------------|------------|-------|-------|-----|-----|--|
|     |                 | NO.   | MERK        | DAYA (MVA) |                 | RATIO (KV) | A   | KV                        | TGL   | JAM   | AMP  | MW   | M.AR               | I Nom % | OIL | LV                   | HV         | TGL   |       | JAM | AMP |  |
|     |                 |       |             |            |                 |            |     |                           |       |       |      |      |                    |         |     |                      |            |       |       |     |     |  |
| 1   | KEBONAGUNG      | I     | FUJI        | 50         | 150/70          | 600        | 70  | 19                        | 20.00 | 370   | 37,0 | 19,0 | 89,81              | 63      | -   | 73                   | 11-01-2007 | 19.00 | 400   |     |     |  |
| 2   | KEBONAGUNG      | II    | MEIDENSHA   | 35         | 150/70          | 320        | 70  | 19                        | 20.00 | 250   | 25,0 | 13,0 | 86,51              | 59      | -   | 69                   | 11-01-2007 | 19.00 | 272   |     |     |  |
| 3   | KEBONAGUNG      | III   | POUWELLS    | 35         | 150/70          | 340        | 70  | 19                        | 20.00 | 252   | 24,5 | 14,0 | 87,29              | 55      | -   | 72                   | 11-01-2007 | 19.00 | 272   |     |     |  |
| 4   | KEBONAGUNG      | IV    | UNINDO      | 60         | 150/20          | 2000       | 20  | 3                         | 18.00 | 1.003 | 32,2 | 13,2 | 57,91              | 55      | -   | 55                   | 13-02-2007 | 19.00 | 1.063 |     |     |  |
| 5   | KEBONAGUNG      | V     | TELK        | 30         | 150/20          | 1100       | 20  | 18                        | 20.00 | 330   | 10,0 | 4,2  | 38,11              | 40      | -   | 44                   | 08-01-2007 | 19.00 | 450   |     |     |  |
| 6   | TUREN           | I     | ALSTHOM     | 30         | 70/20           | 1000       | 20  | 4                         | 18.00 | 630   | 22,0 | 4,6  | 72,75              | 50      | -   | -                    | 27-04-2007 | 18.00 | 700   |     |     |  |
| 7   | TUREN           |       | XIAN        | 10         | 70/20           | 350        | 20  | Dibebaskan dari Instalasi |       |       |      |      |                    |         |     |                      |            |       |       |     |     |  |
| 8   | TUREN           | II    | ASEA        | 20         | 70/20           | 700        | 20  | 12                        | 19.00 | 330   | 10,4 | 4,6  | 57,19              | 50      | -   | 55                   | 09-04-2007 | 18.00 | 420   |     |     |  |
| 9   | KARANGKATES     | I     | TAKAOKA     | 20         | 70/20           | 500        | 20  | 8                         | 19.00 | 390   | 11,8 | 7,2  | 67,59              | 48      | -   | -                    | 12-10-2007 | 19.00 | 410   |     |     |  |
| 10  | GAMPINGAN       | I     | UNINDO      | 20         | 70/20           | 165        | 129 | 20                        | 18.00 | 115   | 11,2 | 4,4  | 69,70              | -       | -   | -                    | 20-05-2007 | 18.00 | 135   | KTT |     |  |
| 11  | PLTA. SUTAMI    |       |             |            |                 |            |     |                           |       |       |      |      |                    |         |     |                      |            |       |       |     |     |  |
| 12  | PLTA. SENGGURUH | I     | ELIN        | 6          | 70/20           | 75         | 70  | Dibebaskan dari Instalasi |       |       |      |      |                    |         |     |                      |            |       |       |     |     |  |
| 13  | PLTA. SENGGURUH | II    | XIAN        | 30         | 70/20           | 1000       | 20  | 4                         | 19.00 | 460   | 15   | 6    | 53,12              | 42      | 52  | 53                   | 06-10-2007 | 19.00 | 480   |     |     |  |
| 14  | BLIMBING        | I     | UNINDO      | 20         | 70/20           | 800        | 20  | 25                        | 18.00 | 540   | 18,3 | 8,2  | 93,59              | 59      | 60  | 59                   | 25-12-2007 | 18.00 | 540   |     |     |  |
| 15  | BLIMBING        | II    | PASTI       | 30         | 70/20           | 866        | 20  | 3                         | 17.00 | 665   | 21,7 | 9,6  | 76,79              | 55      | 64  | 63                   | 24-10-2007 | 18.00 | 730   |     |     |  |
| 16  | BLIMBING        | III   | TAKAOKA     | 10         | 70/20           | 300        | 20  | 28                        | 10.00 | 180   | 6,3  | 1,8  | 62,50              | 49      | -   | -                    | 22-06-2007 | 16.00 | 192   |     |     |  |
| 17  | POLEHAN         | I     | UNINDO      | 30         | 70/20           | 1000       | 20  | 26                        | 19.00 | 620   | 19,7 | 11,5 | 71,59              | 52      | 60  | -                    | 27-04-2007 | 18.00 | 720   |     |     |  |
| 18  | POLEHAN         | II    | TAKAOKA     | 20         | 70/20           | 800        | 20  | 3                         | 18.00 | 435   | 13,5 | 6,0  | 75,39              | 48      | -   | -                    | 10-07-2007 | 10.00 | 500   |     |     |  |
| 19  | POLEHAN         |       | ENERGOINVES | 4          | 20/6            |            |     | Dibebaskan dari Instalasi |       |       |      |      |                    |         |     |                      |            |       |       |     |     |  |



**LAPORAN BEBAN PUNCAK TRAFODI GARDU INDUK  
 BULAN : DESEMBER 2007**

| NO. | GARDU INDUK    | TRAFO |           |            | ARUS       |            | OCR  |    | BEBAN TERINGGI |       |     |      | TEMPERATUR |         |     | BEBAN PERNAH DICAPAI |    |            | KET.  |     |     |
|-----|----------------|-------|-----------|------------|------------|------------|------|----|----------------|-------|-----|------|------------|---------|-----|----------------------|----|------------|-------|-----|-----|
|     |                | NO.   | MERK      | DAYA (MVA) | RATIO (KV) | NOM. (AMP) | A    | KV | TGL            | JAM   | AMP | MW   | MVAR       | J Nom % | OIL | WINDING              |    | TGL        |       | JAM | AMP |
|     |                |       |           |            |            |            |      |    |                |       |     |      |            |         |     | LV                   | HV |            |       |     |     |
| 20  | SENGKALING     | I     | XIAN      | 30         | 150/70     | 247,4      | 300  | 70 | 25             | 19.00 | 173 | 17,5 | 10,8       | 65,92   | 51  | 60                   | 57 | 23-10-2007 | 19.00 | 216 |     |
| 21  | SENGKALING     | II    | XIAN      | 30         | 150/70     | 247,4      | 300  | 70 | 25             | 19.00 | 173 | 17,6 | 10,8       | 69,92   | 52  | 58                   | 51 | 23-10-2007 | 19.00 | 216 |     |
| 22  | SENGKALING     | III   | UNINDO    | 30         | 150/20     | 866        | 1100 | 20 | 16             | 19.00 | 617 | 19,6 | 10,2       | 71,25   | 52  | 57                   | -  | 13-03-2007 | 19.00 | 757 |     |
| 23  | SENGKALING     | IV    | TELK      | 30         | 150/20     | 866        | 1100 | 20 | 1              | 19.00 | 633 | 20,5 | 9,1        | 73,09   | 50  | 62                   | 58 | 24-08-2007 | 19.00 | 726 |     |
| 24  | LAWANG         | I     | HYUNDAI   | 30         | 150/20     | 866        | 1000 | 20 | 19             | 19.00 | 660 | 21,0 | 7,7        | 76,21   | -   | 48                   | 49 | 19-12-2007 | 19.00 | 660 |     |
| 25  | LAWANG         | II    | ASEA      | 30         | 150/20     | 866        | 1000 | 20 | 11             | 17.00 | 310 | 9,5  | 3,6        | 35,80   | 59  | 55                   | 57 | 16-11-2007 | 08.00 | 320 |     |
| 26  | PAKIS          | I     | TELK      | 30         | 150/20     | 866        | 1100 | 20 | 4              | 19.00 | 798 | 25,9 | 9,8        | 92,15   | 51  | 67                   | 67 | 04-12-2007 | 19.00 | 96  |     |
| 27  | PLTA. SELOREJO | I     | POUNWELLS | 6          | 70/20      | 173        | 50   | 70 | 8              | 19.00 | 107 | 3,21 | -          | 61,85   | 41  | -                    | -  | 05-10-2007 | 19.00 | 109 |     |
| 28  | PANDAAN        | I     | UNINDO    | 30         | 70/20      | 866        | 1000 | 20 | 5              | 08.00 | 425 | 13,0 | 4,0        | 49,08   | 57  | -                    | -  | 22-11-2007 | 19.00 | 430 |     |
| 29  | PANDAAN        | II    | UNINDO    | 20         | 70/20      | 577        | 600  | 20 | 8              | 10.00 | 460 | 16,1 | 5,4        | 79,72   | 53  | 54                   | -  | 20-07-2007 | 19.00 | 470 |     |
| 30  | PANDAAN        | III   | XIAN      | 30         | 70/20      | 866        | 1000 | 20 | 4              | 10.00 | 700 | 19,5 | 7,5        | 80,83   | 52  | 74                   | 68 | 13-11-2007 | 14.00 | 750 |     |
| 31  | PORONG         | I     | UNINDO    | 20         | 70/20      | 577        | 720  | 20 | 4              | 10.00 | 700 | 19,5 | 7,5        | 80,83   | 52  | 74                   | 68 | 13-11-2007 | 14.00 | 750 |     |
| 32  | PORONG         | II    | OSAKA     | 10         | 70/20      | 289        | 480  | 20 | 5              | 08.00 | 425 | 13,0 | 4,0        | 49,08   | 57  | -                    | -  | 22-11-2007 | 19.00 | 430 |     |
| 33  | PORONG         | III   | XIAN      | 20         | 70/20      | 577        | 700  | 20 | 8              | 10.00 | 460 | 16,1 | 5,4        | 79,72   | 53  | 54                   | -  | 20-07-2007 | 19.00 | 470 |     |
| 34  | SUKOREJO       | I     | PASTI     | 20         | 70/20      | 577        | 800  | 20 | 7              | 18.00 | 505 | 14,8 | 4,8        | 87,52   | 54  | 61                   | -  | 07-12-2007 | 18.00 | 505 |     |
| 35  | BULUKANDANG    | I     | XIAN      | 30         | 150/20     | 866        | 1100 | 20 | 21             | 17.00 | 402 | 12,8 | 6,1        | 46,42   | 48  | 56                   | 59 | 24-04-2007 | 19.00 | 683 |     |
| 36  | BULUKANDANG    | II    | TELK      | 30         | 150/20     | 866        | 1000 | 20 | 27             | 11.00 | 486 | 15,6 | 7,4        | 56,12   | 47  | 44                   | 54 | 27-12-2007 | 11.00 | 486 |     |

Tanggal 30 Agustus 2006 Relokasi Ke Gl. Buduran

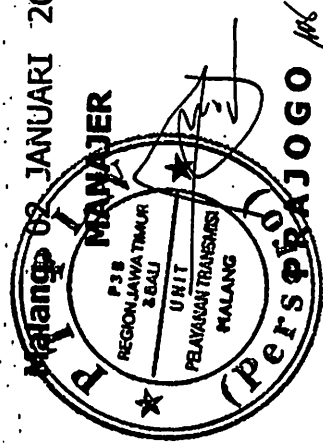
Tanggal 5 Januari 2007 dilepas dari Tegangan akan di Relokasi

Tanggal 13 September 2006 Relokasi Ke Gl. Tarik

LAPORAN BEBAN PUNCAK TRAFKO DI GARDU INDUK  
 BULAN : DESEMBER 2007

| NO. | GARDU INDUK | TRAFO |              |            | ARUS NOM. (AMP) | OCR SETT.  |      | BEBAN TERTINGGI |     |       |       | TEMPERATUR WINDING |      |         | BEBAN PERNAH DICAPAI |    |    | KET.       |       |       |     |
|-----|-------------|-------|--------------|------------|-----------------|------------|------|-----------------|-----|-------|-------|--------------------|------|---------|----------------------|----|----|------------|-------|-------|-----|
|     |             | NO.   | MERK         | DAYA (MVA) |                 | RATIO (KV) | A    | KV              | TGL | JAM   | AMP   | MW                 | MVAR | I Nom % | OIL                  | LV | HV |            | TGL   | JAM   | AMP |
|     |             |       |              |            |                 |            |      |                 |     |       |       |                    |      |         |                      |    |    |            |       |       |     |
| 37  | BANGIL      | I     | MEIDENSHA    | 50         | 150/70          | 193        | 400  | 150             | 7   | 19.00 | 152   | 33,5               | 15,0 | 78,76   | 72                   | -  | 72 | 04-10-2007 | 20.00 | 165   |     |
| 38  | BANGIL      | II    | MEIDENSHA    | 50         | 150/70          | 193        | 400  | 150             | 7   | 19.00 | 152   | 33,5               | 15,0 | 78,76   | 72                   | -  | 72 | 04-10-2007 | 20.00 | 165   |     |
| 39  | BANGIL      | III   | UNINDO       | 20         | 150/20          | 577        | 500  | 20              | 11  | 18.00 | 477   | 14,8               | 6,5  | 82,67   | 63                   | -  | 64 | 19-11-2007 | 18.00 | 484   |     |
| 40  | BANGIL      | IV    | UNINDO       | 20         | 150/20          | 577        | 500  | 20              | 11  | 14.00 | 555   | 17,2               | 6,6  | 96,19   | 56                   | -  | 66 | 11-12-2007 | 14.00 | 555   |     |
| 41  | PIER        | I     | XIAN         | 50         | 150/20          | 1.443      | 1600 | 20              | 12  | 14.00 | 630   | 20,7               | 11,0 | 43,66   | 50                   | 56 | 58 | 12-14-2007 | 14.00 | 630   |     |
| 42  | BUMI COKRO  | I     | XIAN         | 50         | 150/20          | 1.443      | 1800 | 20              | 18  | 10.00 | 1.284 | 39,2               | 14,8 | 88,98   | 49                   | 77 | 56 | 29-11-2007 | 10.00 | 1.307 |     |
| 43  | BUMI COKRO  | II    | FUJI (MOBIL) | 20         | 150/20          | 577        |      | 20              | 6   | 14.00 | 474   | 15,6               | 6,3  | 82,15   | 77                   | -  | -  | 29-05-2007 | 10.00 | 530   |     |
| 44  | WLINGI      | I     | XIAN         | 60         | 150/70          | 494        |      | 70              | 7   | 19.00 | 450   | 47,0               | 27,5 | 91,09   | 60                   | 70 | 75 | 07-12-2007 | 19.00 | 450   |     |
| 45  | WLINGI      | II    | OSAKA        | 10         | 20/70           | 289        |      | 20              | 25  | 19.00 | 125   | 3,9                | 0,0  | 43,25   | -                    | 74 | 70 | 24-12-2007 | 19.00 | 125   |     |
| 46  | WLINGI      | III   | MEIDEN       | 30         | 150/20          | 866        |      | 20              | 19  | 19.00 | 790   | 24,8               | 10,2 | 91,22   | 45                   | -  | -  | 12-10-2007 | 12.00 | 840   |     |

Malang 02 JANUARI 2008

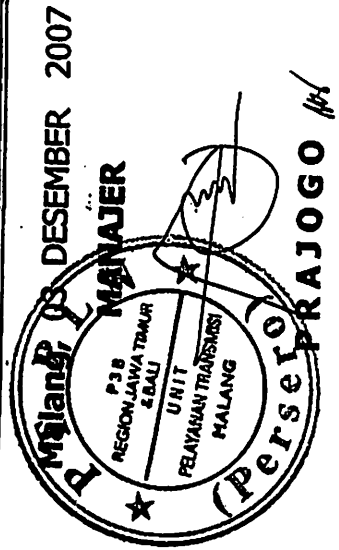






LAPORAN BEBAN TRAFKO > 80 % I NOMINAL GARDU INDUK  
 BULAN : DESEMBER 2007

| NO. | GARDU INDUK | TRAFO |                |            |            | ARUS NOM. (AMP) |      | OCR SETT. |     | BEBAN TERTINGGI |       |      |        | TEMPERATUR |         |    | BEBAN PERNAH DICAPAI |       |       | KET. |
|-----|-------------|-------|----------------|------------|------------|-----------------|------|-----------|-----|-----------------|-------|------|--------|------------|---------|----|----------------------|-------|-------|------|
|     |             | NO.   | MERK           | DAYA (MVA) | RATIO (KV) | A               | KV   | TGL       | JAM | AMP             | MW    | MVAR | % Norm | OIL        | WINDING |    | TGL                  | JAM   | AMP   |      |
|     |             |       |                |            |            |                 |      |           |     |                 |       |      |        |            | LV      | HV |                      |       |       |      |
| 1   | KEBONAGUNG  | I     | FUJI           | 50         | 150/70     | 412             | 600  | 70        | 19  | 20,00           | 370   | 19,0 | 89,81  | 63         | -       | 73 | 11-01-2007           | 19,00 | 400   |      |
| 2   | KEBONAGUNG  | II    | MEIDENSHA      | 35         | 150/70     | 289             | 320  | 70        | 19  | 20,00           | 250   | 13,0 | 86,51  | 59         | -       | 69 | 11-01-2007           | 19,00 | 272   |      |
| 3   | KEBONAGUNG  | III   | POUWELLS       | 35         | 150/70     | 288,7           | 340  | 70        | 19  | 20,00           | 252   | 14,0 | 87,29  | 55         | -       | 72 | 11-01-2007           | 19,00 | 272   |      |
| 4   | BLIMBING    | I     | UNINDO         | 20         | 70/20      | 577             | 800  | 20        | 25  | 18,00           | 540   | 8,2  | 93,59  | 59         | 60      | 59 | 25-12-2007           | 18,00 | 540   |      |
| 5   | PAKIS       | I     | TELK           | 30         | 150/20     | 866             | 1100 | 20        | 4   | 19,00           | 798   | 25,9 | 92,15  | 51         | 67      | 67 | 04-12-2007           | 19,00 | 798   |      |
| 6   | PANDAAN     | III   | XIAN           | 30         | 70/20      | 866             | 1000 | 20        | 4   | 10,00           | 700   | 19,5 | 80,83  | 52         | 74      | 68 | 13-11-2007           | 14,00 | 750   |      |
| 7   | SUKOREJO    | I     | PASTI          | 20         | 70/20      | 577             | 800  | 20        | 7   | 18,00           | 505   | 14,8 | 87,52  | 54         | 61      | -  | 07-12-2007           | 18,00 | 505   |      |
| 8   | BANGIL      | III   | UNINDO         | 20         | 150/20     | 577             | 500  | 20        | 11  | 18,00           | 477   | 14,8 | 82,67  | 63         | -       | 64 | 19-11-2007           | 18,00 | 484   |      |
| 9   | BANGIL      | IV    | UNINDO         | 20         | 150/20     | 577             | 500  | 20        | 11  | 14,00           | 555   | 17,2 | 96,19  | 66         | -       | 66 | 11-12-2007           | 14,00 | 555   |      |
| 10  | BUMI COKRO  | I     | XIAN           | 50         | 150/20     | 1.443           | 1800 | 20        | 18  | 10,00           | 1.284 | 14,8 | 88,98  | 49         | 77      | 56 | 29-11-2007           | 10,00 | 1.307 |      |
| 11  | BUMI COKRO  | II    | FUJI ( MOBIL ) | 20         | 150/20     | 577             |      | 20        | 6   | 14,00           | 474   | 15,6 | 82,15  | 77         | -       | -  | 29-05-2007           | 10,00 | 530   |      |
| 12  | WILINGI     | I     | XIAN           | 60         | 150/70     | 494             |      | 70        | 7   | 19,00           | 450   | 47,0 | 91,09  | 60         | 70      | 75 | 07-12-2007           | 19,00 | 450   |      |
| 13  | WILINGI     | III   | MEIDEN         | 30         | 150/20     | 866             |      | 20        | 19  | 19,00           | 790   | 24,8 | 91,72  | 45         | -       | -  | 12-10-2007           | 12,00 | 840   |      |



DESEMBER 2007

MANAJER

PERSEPRAJOGO

**ARUS HUBUNG SINGKAT MAXIMUM SISTEM 70 KV JAWA BALI TAHUN 2007**

| No. | BUS  | GI                | Teg<br>(kV) | Imp.urutan positif |            | Imp.urutan negatif |            | Imp.urutan nol |            | Arus hub singkat Max |           |
|-----|------|-------------------|-------------|--------------------|------------|--------------------|------------|----------------|------------|----------------------|-----------|
|     |      |                   |             | R1(pu)             | X1(pu)     | R2(pu)             | X2(pu)     | Ro(pu)         | Xo(pu)     | 1ph. (kA)            | 3ph. (kA) |
| 99  | 4-II | MENDALAN          | 70          | 0.167786           | 0.2668289  | 0.1658476          | 0.2698967  | 1.961343       | 0.6795166  | 1.045738             | 2.868466  |
| 100 | I-4  | MENES(1)          | 70          | 0.1731061          | 0.4893873  | 0.1729861          | 0.4898775  | 2.767722       | 1.237553   | 0.711151             | 1.745462  |
| 101 | II-4 | MENES(1)          | 70          | 0.1731061          | 0.4893873  | 0.1729861          | 0.4898775  | 2.767722       | 1.237553   | 0.711151             | 1.745462  |
| 102 | 4-I  | MIWON4            | 70          | 0.00717878         | 0.1216684  | 0.00706394         | 0.12161    | 12.25595       | 0.1471174  | 0.221599             | 7.435548  |
| 103 | 4-I  | MRANGGEN4         | 70          | 0.08217644         | 0.4842593  | 0.0821275          | 0.4842617  | 36.88853       | 0.8773724  | 0.0733541            | 1.845805  |
| 104 | 4-II | MRANGGEN4         | 70          | 0.08217644         | 0.4842593  | 0.0821275          | 0.4842617  | 36.88853       | 0.8773724  | 0.0733541            | 1.845805  |
| 105 | 4-I  | NGANJUK4          | 70          | 0.03885967         | 0.112897   | 0.03869232         | 0.112798   | 1.810845       | 0.4821281  | 1.345805             | 7.555664  |
| 106 | 4-II | NGANJUK4          | 70          | 0.03885967         | 0.112897   | 0.03869232         | 0.112798   | 1.810845       | 0.4821281  | 1.345805             | 7.555664  |
| 107 | 4-I  | PACITAN4          | 70          | 0.215574           | 0.4678674  | 0.2150087          | 0.468012   | 2.270229       | 1.705103   | 0.7197019            | 1.758264  |
| 108 | 4-II | PACITAN4          | 70          | 0.215574           | 0.4678674  | 0.2150087          | 0.468012   | 2.270229       | 1.705103   | 0.7197019            | 1.758264  |
| 109 | 2-I  | PAMEUNGPEUK4      | 70          | 0.1710136          | 0.3755591  | 0.1680257          | 0.3761983  | 0.6396611      | 0.8599362  | 1.441045             | 2.194045  |
| 110 | 4-I  | PANDAAN4          | 70          | 0.02643676         | 0.1644572  | 0.02620853         | 0.1643602  | 12.29157       | 0.2664671  | 0.2201266            | 5.435827  |
| 111 | 4-II | PANDAAN4          | 70          | 0.02643676         | 0.1644572  | 0.02620853         | 0.1643602  | 12.29157       | 0.2664671  | 0.2201266            | 5.435827  |
| 112 | B1   | PANGANDARAN4      | 70          | 0.1275405          | 0.6190808  | 0.1275986          | 0.618961   | 3.991916       | 0.7606735  | 0.5791788            | 1.434418  |
| 113 | 4-I  | PARAKAN4          | 70          | 0.04567661         | 0.248218   | 0.04016191         | 0.2496364  | 0.8272654      | 0.07198474 | 2.516629             | 3.589389  |
| 114 | 4-II | PARAKAN4          | 70          | 0.1442121          | 0.4370981  | 0.1442702          | 0.4369783  | 4.034326       | 0.9311041  | 0.5803106            | 1.96839   |
| 115 | 4-I  | PARE4             | 70          | 0.06723286         | 0.1516927  | 0.0668971          | 0.1514836  | 6.302852       | 0.4947357  | 0.4192327            | 5.440482  |
| 116 | I-4  | PELABUHAN RATU    | 70          | 0.1355369          | 0.4346546  | 0.1322848          | 0.4301902  | 1.687382       | 0.7750944  | 1.064615             | 1.990016  |
| 117 | 4-I  | PINDODELI4        | 70          | 0.08335045         | 0.2241247  | 0.08312127         | 0.2241281  | 42087536       | 1.243564   | 0                    | 3.782781  |
| 118 | 4-I  | PLOSO4            | 70          | 0.07638226         | 0.1783782  | 0.07625501         | 0.178266   | 1.859999       | 0.6762826  | 1.20026              | 4.656072  |
| 119 | 4-II | PLOSO4            | 70          | 0.07638226         | 0.1783782  | 0.07625501         | 0.178266   | 1.859999       | 0.6762826  | 1.20026              | 4.656072  |
| 120 | 4-I  | PLTA TULUNGAGUNG4 | 70          | 0.06893388         | 0.2672567  | 0.06317125         | 0.2698077  | 6.213236       | 0.3229413  | 0.4246551            | 3.281004  |
| 121 | 4-I  | POLEHAN4          | 70          | 0.03239476         | 0.1524366  | 0.03153699         | 0.1524062  | 6.195321       | 0.3301149  | 0.4322045            | 5.805466  |
| 122 | 4-II | POLEHAN4          | 70          | 0.03239476         | 0.1524366  | 0.03153699         | 0.1524062  | 6.195321       | 0.3301149  | 0.4322045            | 5.805466  |
| 123 | I-4  | PONCOL            | 70          | 0.01795163         | 0.1722263  | 0.01784745         | 0.1722274  | 0.7679185      | 0.2418528  | 2.722344             | 5.232725  |
| 124 | II-4 | PONCOL            | 70          | 0.01795163         | 0.1722263  | 0.01784745         | 0.1722274  | 0.7679185      | 0.2418528  | 2.722344             | 5.232725  |
| 125 | 4-I  | PONOROGO4         | 70          | 0.07748818         | 0.2221063  | 0.0769228          | 0.2222509  | 2.036911       | 0.9678195  | 1.041999             | 3.84572   |
| 126 | 4-II | PONOROGO4         | 70          | 0.1777206          | 0.4234786  | 0.1743895          | 0.4246484  | 6.385153       | 0.8951568  | 0.3907774            | 1.97209   |
| 127 | 4-I  | PORONG4           | 70          | 0.0736415          | 0.340224   | 0.07351977         | 0.3401706  | 12.36863       | 0.6050353  | 0.2162261            | 2.603043  |
| 128 | I-4  | PRIOK TIMUR4      | 70          | 0.00248451         | 0.09301055 | 0.00085965         | 0.09552854 | 3.087688       | 3.466334   | 0.5681454            | 9.742903  |
| 129 | II-4 | PRIOK TIMUR4      | 70          | 0.00248451         | 0.09301055 | 0.00085965         | 0.09552854 | 3.087688       | 3.466334   | 0.5681454            | 9.742903  |
| 130 | B1   | PT.SEMEN          | 70          | 0.01407244         | 0.1525671  | 0.01402847         | 0.1524149  | 12.14648       | 0.1989111  | 0.2232604            | 5.913771  |
| 131 | I-4  | PULOGADUNG        | 70          | 0.00183432         | 0.1287683  | 0.00172379         | 0.1293102  | 2.475629       | 0.1304209  | 1.082013             | 7.042524  |

**ARUS HUBUNG SINGKAT MAXIMUM SISTEM 70 KV JAWA BALI TAHUN 2007**

| No. | BUS  | GI               | Teg  | Imp.urutan positif |            | Imp.urutan negatif |            | Imp.urutan nol |            | Arus hub singkat Max |           |
|-----|------|------------------|------|--------------------|------------|--------------------|------------|----------------|------------|----------------------|-----------|
|     |      |                  | (kV) | R1(pu)             | X1(pu)     | R2(pu)             | X2(pu)     | Ro(pu)         | Xo(pu)     | 1ph. (kA)            | 3ph. (kA) |
| 132 | II-4 | PULOGADUNG       | 70   | 0                  | 0          | 0                  | 0          | 0              | 0          | 0                    | 0         |
| 133 | 4-I  | PURWAKARTA4      | 70   | 0.00483455         | 0.1061592  | 0.00477275         | 0.1061489  | 53792365       | 10.92345   | 0                    | 8.528403  |
| 134 | 4-II | PURWAKARTA4      | 70   | 0.00967776         | 0.08646493 | 0.00951795         | 0.0864544  | 48614460       | 8.024348   | 0                    | 10.3978   |
| 135 | I-4  | RANGKAS BITUNG   | 70   | 0.05849956         | 0.2854141  | 0.05837959         | 0.2859043  | 2.574077       | 0.6256338  | 0.9224075            | 3.109582  |
| 136 | II-4 | RANGKAS BITUNG   | 70   | 0.05849956         | 0.2854141  | 0.05837959         | 0.2859043  | 2.574077       | 0.6256338  | 0.9224075            | 3.109582  |
| 137 | 4-I  | RENGASDENGKLOK4  | 70   | 0.1470542          | 0.3587438  | 0.1469924          | 0.3587336  | 53792365       | 11.65656   | 0                    | 2.335346  |
| 138 | 4-II | RENGASDENGKLOK4  | 70   | 0.1470542          | 0.3587438  | 0.1469924          | 0.3587336  | 53792365       | 11.65656   | 0                    | 2.335346  |
| 139 | I    | SAKETI           | 70   | 0.1524018          | 0.4525385  | 0.1522818          | 0.4530287  | 2.732739       | 1.127007   | 0.7436894            | 1.897381  |
| 140 | II   | SAKETI           | 70   | 0.1524018          | 0.4525385  | 0.1522818          | 0.4530287  | 2.732739       | 1.127007   | 0.7436894            | 1.897381  |
| 141 | B1   | SANTOSA4         | 70   | 0.07498971         | 0.2046586  | 0.07200184         | 0.2052979  | 0.4774138      | 0.3472349  | 2.762276             | 4.148914  |
| 142 | 4-I  | SEGOROMADU4      | 70   | 0.00336243         | 0.2113919  | 0.00318736         | 0.2113656  | 12.24898       | 0.2237255  | 0.2216683            | 4.290459  |
| 143 | 4-II | SEGOROMADU4      | 70   | 0.00336243         | 0.2113919  | 0.00318736         | 0.2113656  | 12.24898       | 0.2237255  | 0.2216683            | 4.290459  |
| 144 | 4-I  | SEKARPUTIH4      | 70   | 0.00735353         | 0.0508945  | 0.00721576         | 0.05080224 | 1.720387       | 0.2959432  | 1.524038             | 17.53024  |
| 145 | 4-II | SEKARPUTIH4      | 70   | 0.00735353         | 0.0508945  | 0.00721576         | 0.05080224 | 1.720387       | 0.2959432  | 1.524038             | 17.53024  |
| 146 | 4-I  | SELOREJO4        | 70   | 0.06756426         | 0.1439953  | 0.06655404         | 0.1451891  | 1.769673       | 0.335937   | 1.354387             | 5.672674  |
| 147 | I-4  | SEMEN            | 70   | 0.00234693         | 0.1319885  | 0.00230296         | 0.1318364  | 12.12496       | 0.1371754  | 0.2241571            | 6.870022  |
| 148 | II-4 | SEMEN            | 70   | 0.00234693         | 0.1319885  | 0.00230296         | 0.1318364  | 12.12496       | 0.1371754  | 0.2241571            | 6.870022  |
| 149 | 4-I  | SEMEN GRESIK4    | 70   | 0.00802314         | 0.2196869  | 0.00784807         | 0.2196606  | 12.25685       | 0.2486105  | 0.2213182            | 4.125481  |
| 150 | 4-I  | SEMEN PALIMANAN4 | 70   | 0.04136328         | 0.233513   | 0.03899533         | 0.1279306  | 4.567379       | 0.3265139  | 0.5785593            | 3.81986   |
| 151 | 4-II | SEMEN PALIMANAN4 | 70   | 0.04136328         | 0.233513   | 0.03899533         | 0.1279306  | 4.567379       | 0.3265139  | 0.5785593            | 3.81986   |
| 152 | 4-I  | SENGGURUH4       | 70   | 0.03386711         | 0.1963273  | 0.03119562         | 0.1969678  | 6.151379       | 0.1948082  | 0.4354666            | 4.545778  |
| 153 | 4-I  | SENGKALING4      | 70   | 0.03807098         | 0.1452441  | 0.03720041         | 0.1455517  | 1.858213       | 0.4823627  | 1.303526             | 6.021091  |
| 154 | I-4  | SERANG           | 70   | 0.00319921         | 0.1253256  | 0.00307924         | 0.1258158  | 2.458229       | 0.1453684  | 1.087741             | 7.23294   |
| 155 | II-4 | SERANG           | 70   | 0.00319921         | 0.1253256  | 0.00307924         | 0.1258158  | 2.458229       | 0.1453684  | 1.087741             | 7.23294   |
| 156 | 4-I  | SIMAN4           | 70   | 0.08333191         | 0.1394608  | 0.08231099         | 0.140717   | 1.731491       | 0.2966881  | 1.36859              | 5.548441  |
| 157 | 4-I  | SOUTH PASIFIC4   | 70   | 0.04553107         | 0.1781995  | 0.04546929         | 0.1781893  | 53792365       | 11.12998   | 0                    | 4.919022  |
| 158 | 4-I  | SUBANG4          | 70   | 0.07354686         | 0.2284511  | 0.07348493         | 0.2284409  | 53792365       | 11.28164   | 0                    | 3.770352  |
| 159 | 4-II | SUBANG4          | 70   | 0.07354687         | 0.2284511  | 0.07348492         | 0.2284409  | 53792365       | 11.28164   | 0                    | 3.770352  |
| 160 | 4-I  | SUKOREJO4        | 70   | 0.1353655          | 0.2464081  | 0.1351373          | 0.2463111  | 12.43627       | 0.5123199  | 0.2134312            | 3.215766  |
| 161 | B1   | SUMADRA4(1)      | 70   | 0.1025455          | 0.2537016  | 0.09955762         | 0.2543408  | 0.5239736      | 0.4943637  | 2.19262              | 3.306196  |
| 162 | 4-I  | SUMEDANG4        | 70   | 0.03797625         | 0.2205801  | 0.03464126         | 0.2207758  | 0.8978876      | 0.2702193  | 2.252464             | 4.047026  |
| 163 | 4-II | SUMEDANG4        | 70   | 0.03797625         | 0.2205801  | 0.03464126         | 0.2207758  | 0.8978876      | 0.2702193  | 2.252464             | 4.047026  |
| 164 | 4-I  | SUNYARAGI4       | 70   | 0.00271787         | 0.1321482  | 0.00034993         | 0.02656583 | 4.490468       | 0.02241955 | 0.6043996            | 6.861064  |

**ARUS HUBUNG SINGKAT MAXIMUM SISTEM 70 KV JAWA BALI TAHUN 2007**

| No. | BUS  | GI             | Teg<br>(kV) | Imp.urutan positif |            | Imp.urutan negatif |            | Imp.urutan nol |            | Arus hub singkat Max |           |
|-----|------|----------------|-------------|--------------------|------------|--------------------|------------|----------------|------------|----------------------|-----------|
|     |      |                |             | R1(pu)             | X1(pu)     | R2(pu)             | X2(pu)     | Ro(pu)         | Xo(pu)     | 1ph. (kA)            | 3ph. (kA) |
| 165 | 4-II | SUNYARAGI4     | 70          | 0.00253879         | 0.09260912 | 0.00037148         | 0.02440092 | 3.368845       | 0.03132115 | 0.8049947            | 9.784754  |
| 166 | I-4  | TAMBUN4        | 70          | 0.00375775         | 0.1451651  | 0.00365357         | 0.1451661  | 0.7437756      | 0.1606691  | 3.08793              | 6.244901  |
| 167 | II-4 | TAMBUN4        | 70          | 0.00375775         | 0.1451651  | 0.00365357         | 0.1451661  | 0.7437756      | 0.1606691  | 3.08793              | 6.244901  |
| 168 | 4-I  | TARIK4         | 70          | 0.04532878         | 0.1892009  | 0.04521393         | 0.1891425  | 12.32035       | 0.3497149  | 0.2188229            | 4.65167   |
| 169 | 4-II | TARIK4         | 70          | 0                  | 0          | 0                  | 0          | 0              | 0          | 0                    | 0         |
| 170 | 4-I  | TASIKMALAYA4   | 70          | 0.00492026         | 0.1900053  | 0.00497834         | 0.1898854  | 3.799065       | 0.1898256  | 0.7056051            | 4.771743  |
| 171 | 4-II | TASIKMALAYA4   | 70          | 0.00492026         | 0.1900053  | 0.00497834         | 0.1898854  | 3.799065       | 0.1898256  | 0.7056051            | 4.771743  |
| 172 | I-4  | TOYOGIRI       | 70          | 0.01467612         | 0.1659815  | 0.01457194         | 0.1659825  | 0.7623471      | 0.2231181  | 2.800666             | 5.438547  |
| 173 | 4-I  | TRENGGALEK4    | 70          | 0.1351577          | 0.3325377  | 0.1330648          | 0.3330548  | 6.32884        | 0.7202122  | 0.4034058            | 2.52208   |
| 174 | 4-II | TRENGGALEK4    | 70          | 0.1295199          | 0.3603905  | 0.1246614          | 0.3624175  | 6.30673        | 0.6315629  | 0.4059204            | 2.364806  |
| 175 | 4-I  | TULUNGAGUNG4   | 70          | 0.1181583          | 0.4319293  | 0.1161331          | 0.4323191  | 12.40942       | 0.7678774  | 0.2133956            | 2.023599  |
| 176 | 4-II | TULUNGAGUNG4   | 70          | 0.04963574         | 0.1740945  | 0.04824765         | 0.1742719  | 6.206773       | 0.3288407  | 0.4288309            | 4.995889  |
| 177 | 4-I  | TUREN4         | 70          | 0.04344375         | 0.2140477  | 0.04195896         | 0.214212   | 6.196656       | 0.3868879  | 0.4292512            | 4.146037  |
| 178 | I-4  | UBRUG          | 70          | 0.02279198         | 0.2339946  | 0.01953993         | 0.2295302  | 1.496882       | 0.1731145  | 1.628511             | 3.855637  |
| 179 | II-4 | UBRUG          | 70          | 0.02279198         | 0.2339946  | 0.01953993         | 0.2295302  | 1.496882       | 0.1731145  | 1.628511             | 3.855637  |
| 180 | 4-I  | UJUNG BERUNG 4 | 70          | 0.00968979         | 0.17351    | 0.0081906          | 0.1728996  | 0.9963037      | 0.4736503  | 2.079267             | 5.216981  |
| 181 | 4-II | UJUNG BERUNG 4 | 70          | 0.01006968         | 0.1316996  | 0.01003431         | 0.1313437  | 3.394854       | 0.1686107  | 0.7893367            | 6.859951  |
| 182 | 4-I  | WARU4          | 70          | 0.00290646         | 0.1498545  | 0.00278473         | 0.1498011  | 12.24827       | 0.155633   | 0.2218516            | 6.051008  |
| 183 | 4-II | WARU4          | 70          | 0.00290646         | 0.1498545  | 0.00278473         | 0.1498011  | 12.24827       | 0.155633   | 0.2218516            | 6.051008  |
| 184 | 4-I  | WLINGI4        | 70          | 0.02287996         | 0.2623558  | 0.02085478         | 0.2627456  | 12.24843       | 0.259157   | 0.2208663            | 3.44265   |



DAFTAR SETELAN RELE TRAFU TENAGA

UPT : MALANG

GI : KEBONAGUNG

| No. | PERALATAN TERPASANG  | RATIO CT<br>RATIO PT   | SETELAN   | RANGE  |
|-----|--|--|---|--|
| 1.  | TRAFO I FUJI ELECTRIC<br>P : 50 MVA<br>E : 150 / 70 kV<br>I : 206 / 412 A<br>Z : 10 %<br>Vg : Ynyn0(d) |  |   |  |
| 1.1 | T87<br>NISSIN / DTH31<br>In : 1 A<br>S/N : 032290 W  | ( 150 kV Side )<br>150 - *300 / 1 A<br>( 70 kV Side )<br>300 - *600 / 1 A<br>ACT (150kV side)<br>CT side<br>Relay side<br>ACT (70kV side)<br>CT side<br>Relay side | Is = 30 %<br>1 / V3<br>V3 / 1<br>1 / V3<br>V3 / 1   | 15 - 30 - 45 %   |
| 1.2 | TP51<br>GEC / CDG31<br>In : 1 A<br>S/N : 035084 W  | 300 / 1 A  | I> = 1 A : 300 A<br>I>> = Inf.<br>T> = TD,0,25 (SI) | 0,5-0,75-1,0-1,25-1,5-1,75-2,0 A                           |
| 1.3 | TS51<br>(67R - 67T)<br>GEC / CDD21<br>In : 1 A<br>S/N (R) : 035225 W<br>(T) : 035226 W                 | 600 / 1 A  | I> = 1 A : 600 A<br>I>> = Inf.<br>T> = TD,0,2 (SI)  | 0,5-0,75-1,0-1,25-1,5-1,75-2,0 A                           |
| 1.4 | TS51<br>(67G)<br>GEC / CDD21<br>In : 1 A   | 300 - *600 / 1 A   | I> = 0,2 A : 120 A<br>T> = TD,0,2 (SI)              | 0,2 - 0,8 x In   |
| 1.5 | 51SE<br>GEC / CAU<br>In : 1 A  | *300 - 600 / 1 A   | I> = 0,2 A : 60 A<br>T1 = 5 Sec<br>T2 = 10 Sec      | 0,2 - 0,8 x In   |
| 1.6 | 64R<br>GEC / CAG14<br>In : 1 A   | 300 - *600 / 1 A   | I> = 0,2 A : 120 A                                  | 0,1-0,15-0,2-0,3-0,35-0,4                                  |
| 1.7 | 64VT<br>NISSIN / ETR-2VA<br>S/N : 252313   |  | 0,5 Sec   | 0,5 - 5,0 Sec  |
| 1.8 | F84<br>NISSIN / EVR - BT1<br>Vn : 110 Volt<br>S/N : 252284   | 22000/V3 ; 110/V3 ; 110/3 Volt   | UV = 90 Volt<br>OV = 110 Volt<br>T = 10 Sec         | UV : 85 ~ 95 Volt<br>OV : 105 ~ 115 Volt<br>T : 3 ~ 30 Sec |



PT. PLN (PERSERO) UBS - P3B  
REGION JAWA TIMUR DAN BALI  
UNIT PELAYANAN TRANSMISI MALANG

### DAFTAR SETELAN RELE TRAFU TENAGA

UPT : MALANG

GI : SENGKALING

| No. | PERALATAN TERPASANG   | RATIO CT<br>RATIO PT   | SETELAN  | RANGE   |  |
|-----|---|--|--|---|--|
| 2.  | TRAFO II IBT XIAN<br>P : 30 MVA<br>E : 150 / 70 kV<br>I : 115,5 / 247,5 A<br>Z : 10,66 %<br>Vg : YNyn0(D) |  |  |   |  |
| 2.1 | T87   | GEC - MBCH 12<br>In = 5 (A)<br>S/N : R - 353008 E<br>S - 353013 E<br>T - 353002 E  | ( 150 kV side )<br>300/5A<br>( 20 kV side )<br>400/5A<br>ICT (150kV side)<br>CT side<br>Relay side<br>ICT (20kV side)<br>CT side<br>Relay side | Is = 30%xIn (=1,5A)<br><br><br>25 (turn)<br>43 (turn)<br><br>34 (turn)<br>43 (turn)                             | 10 - 20 - 30 - 40 - 50 (%)x In<br><br><br>1 to 44 (turn) 1 turn step<br>18-25-43 (turn)<br><br>1 to 44 (turn) 1 turn step<br>18-25-43 (turn) |
| 2.2 | TP51  | GEC - MCGG52<br>In = 5 (A)<br>S/N : 352650 E                                       | 300/5A   | Is = 50%xIn (=2,5A)<br>I>> = 11 x I> ; T> = 0,375 (SI)<br>Io> = 10 %X In (0,5 A)<br>Io>> = ~ ; To> = 0,625 (D8) | (5 to 240%)xIn 5% step<br>SI,VI,EI,LT,D2,D4,D8<br>0.05 to 1.0 0.025 step<br>(1 to 31)xIs Is step Inf   |
| 2.3 | TS51  | GEC - MCGG52<br>In = 5 (A)<br>S/N : 352654 E                                       | 400/5A   | Is = 70%xIn (=3.75 A)<br>T> = 0,4 (SI)<br>Io > = 15 %xIn (0,75 A)<br>To> = 0,375 (D8)                           | (5 to 240%)xIn 5% step<br>SI,VI,EI,LT,D2,D4,D8<br>0.05 to 1.0 0.025 step<br>(1 to 31)xIs Is step Inf   |
| 2.4 | NS51G   | GEC - MCGG22<br>In = 5 (A)<br>S/N : 352723 E<br><br>Tidak dioperasikan diganti 64V | 300/5A   | Is = 10%xIn (=0,5A)<br>IDMT = LTI<br>TM = 0,35<br>Iinst = Inf   | (5 to 240%)xIn 5% step<br>SI,VI,EI,LT,D2,D4,D8<br>0.05 to 1.0 0.025 step<br>(1 to 31)xIs Is step Inf   |
| 2.5 | 64 REF  | GEC - MCAG14<br>In = 5 (A)<br>S/N : 353100 E                                       | 300/5A , 400/5A  | I> = 0,75 A   | 0,5 - 2 A  |
| 2.6 |   | GEC - METI31<br>In = 5 (A)<br>S/N : 353396 E                                       |  | Tidak Operasi   | + 45 ~ 60  |
| 2.7 | 64V   | NISSIN<br>EER - IT<br>S/N :  | 66000/V3 ; 110/V3 ; 110/3 Volt   | Vo = 10 Volt<br>T> = 5 Sec ( Trip trafo 2 )   | 5 - 60 Volt  |



**PT. PLN (PERSERO) UBS - P3B**  
**REGION JAWA TIMUR DAN BALI**  
**UNIT PELAYANAN TRANSMISI MALANG**

**DAFTAR SETELAN RELE TRAFU TENAGA**

UPT : MALANG

G I : SENGKALING

| No. | PERALATAN TERPASANG |                    | RATIO CT<br>RATIO PT | SETELAN                         | RANGE                          |
|-----|---------------------|--------------------|----------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| 1.  | TRAFO I IBT XIAN    |                    |                      |                                 |                                |
|     | P : 30 MVA          |                    |                      |                                 |                                |
|     | E : 150 / 70 kV     |                    |                      |                                 |                                |
|     | I : 115,5 / 247,5 A |                    |                      |                                 |                                |
|     | Z : 10,6 %          |                    |                      |                                 |                                |
|     | Vg : YNyn0(D)       |                    |                      |                                 |                                |
| 1.1 | T87                 | GEC - MBCH 12      | ( 150 kV side )      | Is = 30%xIn (=1,5A)             | 10 - 20 - 30 - 40 - 50 (%)x In |
|     |                     | In = 5 (A)         | 300/5A               |                                 |                                |
|     |                     | S/N : R - 353009 E | ( 70 kV side )       |                                 |                                |
|     |                     | S - 353004 E       | 400/5A               |                                 |                                |
|     |                     | T - 353003 E       | ICT (150kV side)     |                                 |                                |
|     |                     |                    | CT side              | 25 (turn)                       | 1 to 44 (turn) 1 turn step     |
|     |                     |                    | Relay side           | 43 (turn)                       | 18-25-43 (turn)                |
|     |                     |                    | ICT (70kV side)      |                                 |                                |
|     |                     |                    | CT side              | 34 (turn)                       | 1 to 44 (turn) 1 turn step     |
|     |                     |                    | Relay side           | 43 (turn)                       | 18-25-43 (turn)                |
| 1.2 | TP51                | GEC - MCGG52       | 300/5A               | Is = 50%xIn (=2,5A)             | (5 to 240%)xIn 5% step         |
|     |                     | In = 5 (A)         |                      | I>> = 11 x I> ; T> = 0,375 (SI) | SI,VI,EI,LT,D2,D4,D8           |
|     |                     | S/N : 352651 E     |                      | Io> = 10 %X In (0,5 A)          | 0.05 to 1.0 0.025 step         |
|     |                     |                    |                      | Io>> = ~ ; To> = 0,625 (D8)     | (1 to 31)xIs Is step Inf       |
| 1.3 | TS51                | GEC - MCGG52       | 400/5A               | Is = 70%xIn (=3.75 A)           | (5 to 240%)xIn 5% step         |
|     |                     | In = 5 (A)         |                      | T> = 0,4 (SI)                   | SI,VI,EI,LT,D2,D4,D8           |
|     |                     | S/N : 352661 E     |                      | Io > = 15 %xIn (0,75 A)         | 0.05 to 1.0 0.025 step         |
|     |                     |                    |                      | To> = 0,375 (D8)                | (1 to 31)xIs Is step Inf       |
| 1.4 | NP51G               | GEC - MCGG22       | 300/5A               | Is = 10%xIn (=0,5A)             | (5 to 240%)xIn 5% step         |
|     |                     | In = 5 (A)         |                      | IDMT = LTI                      | SI,VI,EI,LT,D2,D4,D8           |
|     |                     | S/N : 352713 E     |                      | TM = 0,35                       | 0.05 to 1.0 0.025 step         |
|     |                     |                    |                      | Inst = Inf                      | (1 to 31)xIs Is step Inf       |
| 1.5 | 64 REF              | GEC - MCAG14       | 300/5A               | I> = 0,75 A                     |                                |
|     |                     | In = 5 (A)         |                      |                                 |                                |
|     |                     | S/N : 353105 E     |                      |                                 |                                |

DAFTAR SETELAN RELAY TRAF0 DISTRIBUSI 150/70 KV  
 WILAYAH UPT MALANG

GARDU INDUK : BANGIL

| No. | PERALATAN TERPASANG  | RATIO CT<br>RATIO PT   | SETELAN   | RANGE   |
|-----|--|--|---|---|
| 2   | TRAF0 II IBT MAIDENSHA<br>P = 50 MVA<br>E = 150/70 kV<br>I = 192.4/412.4A<br>Z = 13.05 %<br>Vg = YNyn0D  |  |   |   |
| 2.1 | T87<br>GEC-MBCH 12<br>In = 5 A<br>S/N : R-608080 B<br>S-608071 B<br>T-608074 B   | (150 kV side)<br>400/5 A<br>(70 kV side)<br>400/5 A<br>ICT(150kV side)<br>CT side<br>Relay side<br>ICT(70kV side)<br>CT side<br>Relay side | Is = 0,4 X In = 2 A<br>25 turn<br>43 turn<br>34 turn<br>43 turn | 10-20-30-40-50% xIn<br>1 to 44 turn 1 turn step<br>18-25-43 turn<br>1 to 44 turn 1 turn step<br>18-25-43 turn |
| 2.2 | TP51<br>F5051<br>GEC-MCGG62<br>In = 5 A<br>S/N : 608113 B  | 200/5 A  | I>=5A=200A<br>T> = 0,4 (SI)<br>I>>=14xI>                        | 5 to 240% xIn 5% step<br>0.05 to 1.0 0.025 step<br>SI,VI,EI,LT,D2,D4,D8<br>1 to 31 xIs Is step Inf            |
| 2.3 | TS51<br>S5051<br>GEC-MCGG62<br>In = 5 A<br>S/N : 608111 B  | 400/5 A  | I>=5A=400 A<br>T>= 0.375 (SI)<br>I>>= Block                     | 5 to 240% xIn 5% step<br>0.05 to 1.0 0.025 step<br>SI,VI,EI,LT,D2,D4,D8<br>1 to 31 xIs Is step Inf            |
| 2.4 | 87REF<br>GEC-MCAG14<br>Rex = 47 Ohm<br>S/N : 608102 B  | 200/5 A  | Io>=0,5A=20A<br>To> = Inst                                      | 0.5-2 A   |
| 2.5 | F51N<br>GEC-MCGG22<br>In = 5 A<br>S/N : 613849 B   | 400/5 A  | Io>=0,5=40A<br>To> = 0,625 (D8)                                 | 5 to 240% xIn 5% step<br>0.05 to 1.0 0.025 step<br>SI,VI,EI,LT,D2,D4,D8                                       |
| 2.6 | 64 V<br>NISSIN - CVH1 - F1<br>Vn = 110 V<br>S/N : 504233<br>F64VT<br>GECMVT14<br>S/N : 608266 B  | 66KV/110/V3/110/3V   | V > = 25 V<br>T= 8 Sec  | 15-20-25-30-35-40 V<br>0.1 - 9.9 Sec  |
| 2.7 | F50BF1<br>GEC-MCT114<br>S/N : 608019 B<br>F50BFT1<br>GECMVT14<br>S/N : 608272 B<br>F50BF2<br>GEC-MCT114<br>S/N : 608028 B<br>F50BFT2<br>GECMVT14<br>S/N : 608268 B | 200/5 A<br>200/5 A   | Is=1.0A=40A<br>T=0.6 Sec<br>Is=1.0A=40A<br>T=0.6 Sec            | 0.25-4A<br>0.1 - 9.9 Sec<br>0.25-4A<br>0.1 - 9.9 Sec  |



DAFTAR SETELAN RELAY TRAF0 DISTRIBUSI 150/20 KV  
 WILAYAH UPT MALANG

GARDU INDUK : BANGIL

Halaman : 1

| No. | PERALATAN TERPASANG  | RATIO CT<br>RATIO PT   | SETELAN  | RANGE  |
|-----|--|--|--|--|
| 1   | TRAFO I IBT MAIDENSHA<br>P = 50 MVA<br>E = 150/70 kV<br>I = 192.4/412.4A<br>Z = 13.05 %<br>Vg = YNyn0D   |  |  |  |
| 1.1 | T87<br>GEC-MBCH 12<br>In = 5 A<br>S/N : R-608073 B<br>S-608078 B<br>T-608079 B   | (150 kV side)<br>400/5 A<br>(70 kV side)<br>400/5 A<br>ICT(150kV side)<br>CT side<br>Relay side<br>ICT(70kV side)<br>CT side<br>Relay side | Is = 0,4 X In (=2 A)<br><br>25 turn<br>43 turn<br><br>34 turn<br>43 turn | 10-20-30-40-50%xIn<br><br>1 to 44 turn 1 turn step<br>18-25-43 turn<br><br>1 to 44 turn 1 turn step<br>18-25-43 turn |
| 1.2 | TP51<br>F5051<br>GEC-MCGG62<br>In = 5 A<br>S/N : 608110 B  | 200/5 A  | I>=5.0A=200A<br>T> = 0.4 (SI)<br><br>I>>=14xI>                           | 5 to 240%xIn 5% step<br>0.05 to 1.0 0.025 step<br>SI,VI,EI,LT,D2,D4,D8<br>1 to 31 xIs Is step Inf                    |
| 1.3 | TS51<br>S5051<br>GEC-MCGG62<br>In = 5 A<br>S/N : 608112 B  | 400/5 A  | I>=5.0A=400A<br>T>= 0.375 (SI)<br><br>I>>= Block                         | 5 to 240%xIn 5% step<br>0.05 to 1.0 0.025 step<br>SI,VI,EI,LT,D2,D4,D8<br>1 to 31 xIs Is step Inf                    |
| 1.4 | 87REF<br>GEC-MCAG14<br>Rex = 47 Ohm<br>S/N : 608103 B  | 200/5 A  | Io>=0.5A=20A<br>To> = Inst   | 0.5-2 A  |
| 1.5 | F51N<br>GEC-MCGG22<br>In = 5 A<br>S/N : 613848 B   | 400/5 A  | Io>=0.5=40A<br>To> = 0,625 (D8)  | 5 to 240%xIn 5% step<br>0.05 to 1.0 0.025 step<br>SI,VI,EI,LT,D2,D4,D8   |
| 1.6 | 64V<br>NISSIN - CVH1 - F1<br>Vn = 110 V<br>S/N : 504246<br><br>F64VT<br>GECMVT14<br>S/N : 608271 B   | 66 KV /110/V3/110/3  | V > = 25 V<br><br>T= 8 Sec   | 15-20-25-30-35-40 V<br><br>0.1- 9.9 Sec  |
| 1.7 | F50BF1<br>GEC-MCTI14<br>S/N : 608020 B<br><br>F50BFT1<br>GECMVT14<br>S/N : 608260 B<br><br>F50BF2<br>GEC-MCTI14<br>S/N : 608005 B<br><br>F50BFT2<br>GECMVT14<br>S/N : 608264 B | 200/5 A<br><br>200/5 A   | Is=1.0A=40A<br><br>T=0.6 Sec<br>Is=1.0A=40A<br><br>T=0.6 Sec             | 0.25-4A<br><br>0.1- 9.9 Sec<br>0.25-4A<br><br>0.1- 9.9 Sec   |



**DAFTAR SETELAN RELE TRAFU TENAGA**

UPT : MALANG

GI : KEBONAGUNG

| No. | PERALATAN TERPASANG   | RATIO CT<br>RATIO PT  | SETELAN  | RANGE  |
|-----|---|---|--|--|
| 4.  | <b>TRAFO IV UNINDO</b><br>P : 60 MVA<br>E : 150 / 20 kV<br>I : 230,9 / 1732 A<br>Z : 12,39 %<br>Vg : YNyn0(D11) |   |  |  |
| 4.1 | T87<br>ASEA / RADSB<br>In : 5 A<br>S/N :  | ( 150 kV Side )<br>400 / 5 A<br>( 20 kV Side )<br>2000 / 5 A<br>ACT (150kV side)<br>CT side<br>Relay side<br>ACT (20kV side)<br>CT side<br>Relay side | Isu = 0,35 x In<br>Isr = 13 x In<br>25 ( turn )<br>43 ( turn )<br>34 ( turn )<br>43 ( turn ) | 0,2 - 0,25 - 0,35 - 0,5 x In<br>8 - 13 - 20 x In<br>1 to 44 ( turn ) 1 turn step<br>18 - 25 - 43 ( turn )<br>1 to 44 ( turn ) 1 turn step<br>18 - 25 - 43 ( turn ) |
| 4.2 | TP51<br>ASEA / RACID<br>In : 5 A<br>S/N :   | 400 / 5 A   | I> = 0,65=3,25 A : 260 A<br>T> = TD.0,28 (SI)<br>I>> = 8xIs=28A=2240A                        | ( 5 to 240 % ) x In 5% step<br>SI, VI, EI, LT, D2, D4, D8<br>( 0,05 to 1,0 ) 0,025 step<br>( 1 to 31 ) x Is Is step Inf  |
| 4.3 | TSS1<br>ASEA / RACID<br>In : 5 A<br>S/N :   | 2000 / 5 A  | I> = 1 = 5 A = 2000 A<br>T> = 0,175 (SI)<br>I>> = 4xIs=20A=8000 A<br>T>> = 0,4 Sec           | ( 5 to 240 % ) x In 5% step<br>SI, VI, EI, LT, D2, D4, D8<br>( 5 to 240 % ) x In 5% step<br>SI, VI, EI, LT, D2, D4, D8   |
| 4.4 | NS51<br>GEC / MCGG22<br>In : 5 A<br>S/N :   | 50 / 5 A  | IO> = 0,75 A : 7,5 A<br>TO1> = TD.0,175 (LTI)<br>TO2 = TO1+ 3 Sec                            | ( 5 to 240 % ) x In 5% step<br>( 0,05 to 1,0 ) 0,025 Step<br>SI, VI, EI, LT, D2, D4, D8  |
| 4.5 | 64V<br>ASEA / RXEG21<br>Vn : 110 V<br>S/N :   | 22000/V3 ; 110/V3 ; 110/3 Volt  | OV = 20 Volt<br>T = 5 Sec  | 20 - 60 Volt<br>0 - 99 Sec   |
| 4.6 | F84U<br>ASEA / RXEG21<br>Vn : 110 V<br>S/N :  | 22000/V3 ; 110/V3 ; 110/3 Volt  | VU = 90 Volt<br>T = 15 Sec   | 40 - 120 Volt<br>0 - 30 Sec  |
| 4.7 | F84O<br>ASEA / RXEG21<br>Vn : 110 V<br>S/N :  | 22000/V3 ; 110/V3 ; 110/3 Volt  | VO = 110 Volt<br>T = 15 Sec  | 40 - 120 Volt<br>0 - 30 Sec  |
| 4.8 | GPI<br>ASEA / RXEG21<br>Vn : 110 V<br>S/N :   | 22000/V3 ; 110/V3 ; 110/3 Volt  | V = 20 x 2,25 Volt   | 40 - 120 Volt<br>0 - 30 Sec  |



DAFTAR SETELAN RELE TRAFU TENAGA

PT : MALANG

G I : KEBONAGUNG

| PERALATAN TERPASANG       |                  | RATIO CT<br>RATIO PT           | SETELAN                     | RANGE                         |
|---------------------------|------------------|--------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| <b>TRAFO II MEIDENSHA</b> |                  |                                |                             |                               |
| P : 35 MVA                |                  |                                |                             |                               |
| E : 150 / 70 kV           |                  |                                |                             |                               |
| I : 144,3 / 289 A         |                  |                                |                             |                               |
| Z : 10,17 %               |                  |                                |                             |                               |
| Vg : YNyn0(D)             |                  |                                |                             |                               |
| T87                       | MEIDENSHA/NTD06  | ( 150 kV Side )                | Is = 50 %                   | 25 - 35 - 50 %                |
|                           | In : 5 A         | *200 - 400 / 5 A               |                             |                               |
|                           | S/N :            | ( 70 kV Side )                 |                             |                               |
|                           |                  | *400 - 800 / 5 A               |                             |                               |
| TP51                      | MEIDENSHA/KIOC6P | 200 / 5 A                      | I> = 4 A : 160 A            | 2 - 2,5 - 3 - 4 - 5 - 6 - 8 A |
|                           | In : 5 A         |                                | I>> = 14 x Is               | TD 0 - 10                     |
|                           | S/N :            |                                | T> = TD.5 (SI)              | 20 - 30 - 40 - 60 - 80 A      |
| TSS1                      | MEIDENSHA/KIOC6P | 400 / 5 A                      | I> = 4 A : 320 A            | 2 - 2,5 - 3 - 4 - 5 - 6 - 8 A |
|                           | In : 5 A         |                                | I>> = Inf.                  | TD 0 - 10                     |
|                           | S/N :            |                                | T> = TD.3 (SI)              | 20 - 30 - 40 - 60 - 80 A      |
| NP51                      | MEIDENSHA/KIOQH  | 200 / 5 A                      | I> = 0,7 A : 28 A           | 2 - 2,5 - 3 - 4 - 5 - 6 - 8 A |
|                           | In : 5 A         |                                | I>> = Inf.                  | TD 0 - 10                     |
|                           | S/N :            |                                | T> =                        |                               |
| NP51T                     | NISSIN / ETR     |                                | T> = 1,5 Sec                | 0,2 - 2 Sec                   |
| <b>TRAFO III PAUWELS</b>  |                  |                                |                             |                               |
| P : 35 MVA                |                  |                                |                             |                               |
| E : 150 / 70 kV           |                  |                                |                             |                               |
| I : 144,3 / 289 A         |                  |                                |                             |                               |
| Z : 10,14 %               |                  |                                |                             |                               |
| Vg : YNyn0(D5)            |                  |                                |                             |                               |
| T87                       | ABB / SPAD330C   | ( 150 kV Side )                | Is = 30 %                   | 15 - 30 - 45 %                |
|                           | In : 5 A         | 200 - *400 / 5 A               |                             |                               |
|                           | S/N :            | ( 70 kV Side )                 |                             |                               |
|                           |                  | 400 - *800 / 5 A               |                             |                               |
| TP51                      | ABB / SPAJ 140C  | 400 / 5 A                      | I> = 2 A : 160 A            | 2 - 5 A                       |
|                           | In : 5 A         |                                | T> = TD.0,25 (SI)           | 0 ~ 10                        |
|                           | S/N :            |                                | IO> = 0,5 A : 40 A          | 2 - 5 A                       |
|                           |                  |                                | TO> = 2 (Definite)          | 0 ~ 10                        |
|                           |                  |                                | I>> = 16A=1280A             |                               |
|                           |                  |                                | T>> = 0,1 sec               |                               |
| TSS1                      | ABB / SPAJ 140C  | 400 / 5 A                      | I> = 4,25 A : 340A          | 2 - 5 A                       |
|                           | In : 5 A         |                                | T> = TD.0,2 (SI)            | 0 ~ 10                        |
|                           | S/N :            |                                | IO> = 4,0 A : 320 A         | 2 - 5 A                       |
|                           |                  |                                | TO> = 0,3 (SI)              | 0 ~ 10                        |
|                           |                  |                                | I>> = Inf.                  |                               |
| 51G                       | ABB / IKT941     | 400 / 5 A                      | IO> = 1,0 A : 80 A          | 0 - 99 X 0,1 In               |
|                           | In : 5 A         |                                | TO> = 9,9 Sec               | 0 - 99 X 0,1 Sec              |
|                           | S/N :            |                                |                             |                               |
| 64V                       | ABB / UKT 911    | 70000/V3 ; 110/V3 ; 110/3 Volt | VO = 13 X 0,02 UN = 26 Volt | 0 - 99 X 0,02 UN (100/200 V)  |
|                           | Vn : 110 Volt    |                                | T = 50 X 0,1 Sec = 5 Sec    | 0 - 99 0,1 Sec                |
|                           | S/N :            |                                |                             |                               |
| 27                        | ABB / UKT 911    | 70000/V3 ; 110/V3 ; 110/3 Volt | VO = 35 X 0,02 UN = 70 Volt | 0 - 99 X 0,02 UN (100/200 V)  |
|                           | Vn : 110 Volt    |                                | T = 99 X 0,1 Sec = 9,9 Sec  | 0 - 99 0,1 Sec                |
|                           | S/N :            |                                |                             |                               |





%Program Gangguan

clc  
mulai=cputime;

%Data Saluran

```
%-----
%from to R0 X0 Lc0 R1 X1 Lc1 R2 X2 Lc2 Jml Sal
%-----
DataSal=[...
1 2 6.1525 0.1947 0.0000 0.0070 0.1073 0.0000 0.0062 0.1073 0.0000 1;
1 5 6.1525 0.1947 0.0000 0.0070 0.1073 0.0000 0.0062 0.1073 0.0000 1;
1 6 6.1525 0.1947 0.0000 0.0070 0.1073 0.0000 0.0062 0.1073 0.0000 2;
2 3 6.1517 0.1948 0.0000 0.0339 0.1963 0.0000 0.0312 0.1970 0.0000 1;
2 4 6.2213 0.3342 0.0000 0.0843 0.2428 0.0000 0.0816 0.2434 0.0000 2;
3 5 6.1576 0.2152 0.0000 0.0368 0.2011 0.0000 0.0342 0.2017 0.0000 1;
6 7 6.1953 0.3301 0.0000 0.0324 0.1524 0.0000 0.0315 0.1524 0.0000 2;
8 7 12.4742 0.5879 0.0000 0.1627 0.2716 0.0000 0.1625 0.2715 0.0000 1;
9 7 1.7205 0.2723 0.0000 0.0696 0.1285 0.0000 0.0686 0.1296 0.0000 1;
10 7 1.9076 0.5807 0.0000 0.0737 0.1781 0.0000 0.0722 0.1784 0.0000 2;
8 9 1.8582 0.4824 0.0000 0.0381 0.1452 0.0000 0.0372 0.1456 0.0000 1;
10 11 12.2916 0.2665 0.0000 0.0264 0.1645 0.0000 0.0262 0.1644 0.0000 2];
```

```
%-----
%
% global Relpas;
%-----
% CASE PRIMARY BACKUP
%no from to p from to b TMSp lpp TMSb lpb CTRp CTRbinom
%-----
```

```
Relpas=[...
1 1 2 6 1 2 4 0.39 6 0.43 6 80 80 745;
2 1 5 1 1 5 9 0.39 6 15 3.9 80 80 745;
3 1 6 21 1 6 22 0.37 4.6 0.38 6 80 80 440;
4 1 6 19 1 6 13 0.37 4.6 0.38 6 80 80 440;
5 2 3 3 2 3 7 0.37 6 0.43 6 80 60 745;
6 2 4 5 2 4 12 0.25 4.5 0.43 5 80 40 300;
7 2 4 11 2 4 10 0.25 4.5 0.35 6 80 80 300;
8 3 5 8 3 5 2 0.37 6 15 3.2 80 80 745;
9 6 7 23 6 7 28 0.37 6 0.38 4.6 80 80 300;
10 6 7 14 6 7 30 0.37 6 0.38 4.6 80 80 300;
11 10 7 29 10 7 15 0.35 4.6 0.38 4.6 80 80 277;
12 10 7 32 10 7 31 0.35 4.6 0.38 4.6 80 80 277;
13 8 7 16 8 7 33 0.24 4.6 0.38 4.6 80 80 300;
14 8 7 20 8 7 18 0.23 4.6 0.24 5 80 80 300;
15 8 9 16 8 9 17 0.24 5 0.38 5 80 80 300;
16 10 11 25 10 11 26 0.24 1.8 0.35 1.8 160 160 440;
17 10 11 27 10 11 24 0.24 1.8 0.35 1.8 160 160 440];
```

```
%-----
%
% Rele NR TMS PS CTR PS lhs Inom Ip TMS
Nrel=[...
```

```
1 6 0.39 6 80 8424.687 745;
2 1 0.39 6 80 8424.687 745;
3 21 0.37 4.6 80 5805.466 440;
4 19 0.37 4.6 80 5805.466 440;
5 3 0.37 6 80 4429.753 745;
6 5 0.25 4.5 80 3521.232 300;
7 11 0.25 4.5 80 3521.232 300;
8 8 0.37 6 80 4429.753 745;
9 23 0.37 4.65 80 5805.466 300;
10 14 0.37 4.65 80 5805.466 300;
11 29 0.35 4.6 80 7181.504 277;
12 32 0.35 4.6 80 7181.504 277;
13 16 0.24 4.6 80 6021.091 300;
14 20 0.23 4.6 80 2856.002 300;
15 16 0.24 4.6 80 6021.091 300;
16 25 0.24 1.8 160 5435.827 440;
17 27 0.24 1.8 160 5435.827 440;
18 4 0.43 6 80 4545.778 745;
19 9 15 3.9 80 4146.037 745;
20 28 0.38 4.65 80 4688.823 300;
21 30 0.38 4.65 80 4688.823 300;
22 7 0.43 6 60 4545.778 745;
23 12 0.43 5 40 4545.778 300;
24 10 0.35 6 80 4545.778 300;
25 2 15 3.2 80 4146.037 745;
26 22 0.38 6 80 8424.687 440;
```

```

27 13 0.38 6 80 8424.687 440;
28 15 0.38 4.6 80 4688.823 277;
29 31 0.38 4.6 80 4688.823 277;
30 33 0.38 4.6 80 2856.002 300;
31 18 0.24 4.6 80 6021.091 300;
32 17 0.38 5 80 2868.466 300;
33 26 0.35 1.8 160 7181.504 440;
34 24 0.35 1.8 160 7181.504 440];
%-----
%-----
Vbase=70;
KonstV=1000;
Pbase=100;
KonstP=1000000;
Zbase=(Vbase*KonstV)^2/(Pbase*KonstP);
Ibase=((Vbase*KonstV)/sqrt(3))/Zbase;
Nbus=11;
[Z0,Lc0,Z1,Lc1,Z2,Lc2,Jm1]=DecodeSaluran(Nbus,DataSal,Zbase);
jarak=0.5;
typfault=2;
Nf=5;
zf=0.1;
for i=1:Nbus+1
    vs(i)=complex(1,0);
end
global nr Nrelay;
nr=17;
Nrelay=34;
global Ihs IhsP IhsB
Ihs=Nrel(:,6);
IhsP=zeros(nr,1);
IhsB=zeros(nr,1);
for i=1:nr
    IhsP(i)=Ihs(i);
    IhsB(i)=Ihs(nr+i);
end
global irp irb;
[irp,irb]=BuatArusRelay(Relpas,Nbus,Z0,Z1,Z2,Lc0,Lc1,Lc2,typfault,zf,vs,Jm1,Ibase);
global K1 K2 K3;
K1=0.14;
K2=0.02;
K3=1.0;
TMS=0.6;
Ip=1;
I=0;
[tmsp,ipp,Tpawal]=PrimRel(Relpas);
H1=sum(Tpawal);
disp(['T Operasi Primer Awal = ' num2str(H1) ' detik']);
disp(['-----']);
[tmsb,ipb,Tbawal]=BackRel(Relpas);
H2=sum(Tbawal);
disp(['T Operasi Backup Awal = ' num2str(H2) ' detik']);
disp(['-----']);
global CTI;
CTI=0.3;
global pinT;
pinT=0.05;
TMSub=zeros(Nrelay,1);
TMSIb=zeros(Nrelay,1);
Ipub=zeros(Nrelay,1);
Iplb=zeros(Nrelay,1);
TMSx=zeros(Nrelay,1);
Ipx=zeros(Nrelay,1);
for i=1:Nrelay
    tmsa(i)=Nrel(i,3);
    Ipa(i)=Nrel(i,4);
    I1=Ihs;
    Ta(i)=(K1*tmsa(i))/(((I1(i)/Ipa(i))^K2)-K3);
    Tawal=abs(Ta);
    TMSub(i)=10;
    TMSIb(i)=0.05;
    Ipub(i)=10;
    Iplb(i)=0.05;
    ax(i)=Tawal(i);
    bx(i)=Tawal(i);
end
ub=zeros(Nrelay*2,1);

```

```

lb=zeros(Nrelay*2,1);
x0=zeros(Nrelay*2,1);
for i=1:Nrelay
    ub(i)=TMSub(i);
    ub(i+nr)=Ipub(i);
    lb(i)=TMSlb(i);
    lb(i+nr)=Iplb(i);
    x0(i)=ax(i);
    x0(Nrelay+i)=bx(i);
end
inbounds = [0 0; 1 1];
tform = maketform('affine',[2 0 0; .5 3 0; 0 0 1]);
outbounds = findbounds(tform, inbounds);
options = optimset('LargeScale','off');
[X,fval,exiflag,output]=fminsearch(@ObjfuncT,x0,options);
[TMSp,Ipp,TMSb,Ipb]=Hasil(Relpas,Nrel,X);
%-----
[J]=PrimRel_NMS(Relpas,TMSp,Ipp);
fprintf('T Objective Function Primary= %5f\n    detik',(J));
disp(' ');
disp(['-----']);
disp(' ');
[W]=BackRel_NMS(Relpas,TMSb,Ipb);
fprintf('T Objective Function Backup= %5f\n    detik',(W));
disp(' ');
disp(['-----']);
d=exiflag;
disp(['ExitFlag = ' num2str(d)]);
disp(output);
fprintf('\nNumber of iterations: %g\nNumber of function evaluations: %g\n', output.iterations, output.funcCount);
fprintf('Sum of squared residuals at solution: %g\n',fval^2);
selesai=cputime;
selang=selesai-mulai;
disp(['Waktu Hitung = ' num2str(selang) ' detik']);

```



```
function [Y,mt]=Admitansi(N,Z,Zpp,Jml)
Ypp=1/Zpp;
mt=zeros(N,N);
for i=1:N
    for j=1:N
        x=imag(Z(i,j));
        if x~=0
            Zt(i,j)=Z(i,j);
            Zt(j,i)=Z(i,j);
            mt(i,j)=1;
            mt(j,i)=1;
        end
    end
end
for i=1:N
    for j=1:N
        tmp=imag(Zt(i,j));
        if tmp~=0
            if Jml(i,j)==2
                C(i,j)=1/Zt(i,j)+1/Zt(i,j);
            elseif Jml(i,j)==1
                C(i,j)=1/Zt(i,j);
            end
        end
    end
end
for i=1:N
    for j=1:N
        if j==i
            sum=0;
            for k=1:N
                sum=sum+C(j,k);
            end
            if (i==2) | (i==9)
                Y(i,j)=sum+Ypp;
            else
                Y(i,j)=sum;
            end
        else
            Y(i,j)=C(i,j);
        end
    end
end
end
```

```
function [Z0,Lc0,Z1,Lc1,Z2,Lc2,Jml]=DecodeSaluran(Nbus,DataSal,Zbase)
x=DataSal(:,1);
ndat=length(x);
Jml=zeros(Nbus,Nbus);
Lc0=zeros(Nbus,Nbus);
Lc1=zeros(Nbus,Nbus);
Lc2=zeros(Nbus,Nbus);
for i=1:Nbus
    for j=1:Nbus
        Z0(i,j)=complex(0,0);
        Z1(i,j)=complex(0,0);
        Z2(i,j)=complex(0,0);
    end
end
for i=1:ndat
    from=round(DataSal(i,1));
    to=round(DataSal(i,2));
    Z0(from,to)=3*complex(DataSal(i,6),DataSal(i,7))/Zbase;
    Z0(to,from)=Z0(from,to)/Zbase;
    Lc0(from,to)=3*0.5*DataSal(i,8)/Zbase;
    Lc0(to,from)=Lc0(from,to);
    Z1(from,to)=complex(DataSal(i,6),DataSal(i,7))/Zbase;
    Z1(to,from)=Z1(from,to)/Zbase;
    Lc1(from,to)=0.5*DataSal(i,8)/Zbase;
    Lc1(to,from)=Lc1(from,to);
    Z2(from,to)=complex(DataSal(i,9),DataSal(i,10))/Zbase;
    Z2(to,from)=Z2(from,to)/Zbase;
    Lc2(from,to)=0.5*DataSal(i,11)/Zbase;
    Lc2(to,from)=Lc2(from,to);
    Jml(from,to)=round(DataSal(i,12));
    Jml(to,from)=round(DataSal(i,12));
end
```

```
function [irp,irb,la]=BuatArusRelay(Relpas,Nbus,Z0,Z1,Z2,Lc0,Lc1,Lc2,typfault_zf,vs,Jml,lbase)
```

```
x=Relpas(:,1);
ndat=length(x);
jarak=0.5;
irp=zeros(ndat,1);
irb=zeros(ndat,1);
for i=1:ndat
    Nf=round(Relpas(i,2));
    busfrom=Relpas(i,2);
    busto=Relpas(i,3);
    [Ic]=Gangguan(Nbus,Z0,Z1,Z2,Lc0,Lc1,Lc2,busfrom,busto,jarak,...
        typfault_zf,vs,Jml,Nf);
    pdr=round(Relpas(i,2));
    pke=round(Relpas(i,3));
    icp=Ic(pdr,pke);
    if Jml(pdr,pke)==1
        irp(i)=abs(icp);
    elseif Jml(pdr,pke)==2
        irp(i)=0.5*abs(icp);
    end
    irp(i)=irp(i)*lbase;
    bdr=round(Relpas(i,5));
    bke=round(Relpas(i,6));
    icb=Ic(bdr,bke);
    if Jml(bdr,bke)==1
        irb(i)=abs(icb);
    elseif Jml(bdr,bke)==2
        irb(i)=0.5*abs(icb);
    end
    irb(i)=irb(i)*lbase;
end
global Nrelay;
la=zeros(Nrelay,1);
for i=1:ndat
    norelay1=round(Relpas(i,4));
    norelay2=round(Relpas(i,7));
    if la(norelay1)==0
        la(norelay1)=irp(i);
    else
        if la(norelay1)>irp(i)
            la(norelay1)=irp(i);
        end
    end
    if la(norelay2)==0
        la(norelay2)=irb(i);
    else
        if la(norelay2)>irb(i)
            la(norelay2)=irb(i);
        end
    end
end
end
```



```
function [tmsb,ipb,Tbawal]=BackRel(Relpas)
global K1 K2 K3 lhsb
disp('-----');
disp([' Backup Relay   TMS   Ip   Tocr ']);
disp([' Number           ']);
disp('=====');
m=Relpas(:,1);
Brel=length(m);
for k=1:Brel
    ipb=zeros(Brel,1);
    tmsb=zeros(Brel,1);
    NR2=zeros(Brel,1);
    CTR=zeros(Brel,1);
    l2(k)=lhsb(k);
    tmsb(k)=Relpas(k,10);
    ipb(k)=Relpas(k,11);
    NR2(k)=Relpas(k,7);
    CTR(k)=Relpas(k,13);
    Tb(k)=(K1*tmsb(k)/(((l2(k)/(CTR(k)*ipb(k)))^K2)-K3);
    Tbawal=abs(Tb');
    Tset2=[k NR2(k) abs(tmsb(k)) abs(ipb(k)) Tbawal(k)];
    fprintf('%3.0f %5.0f %8.4f %8.4f %10f \n ',Tset2);
end
disp('=====');
```

```

function [Ic]=Gangguan(nbus,z0,z1,z2,lc0,lc1,lc2,busfrom,busto,jarak, ...
    typfault,zf,vs,Jml,N)
Zpp=complex(0,0.025);
[Ya,mt]=Admitansi(nbus,z0,Zpp,Jml);
Z0=inv(Ya);
[Ya,mt]=Admitansi(nbus,z1,Zpp,Jml);
Z1=inv(Ya);
[Ya,mt]=Admitansi(nbus,z2,Zpp,Jml);
Z2=inv(Ya);
a=complex(-0.5,0.866);
a2=complex(-0.5,-0.866);
matA=[1 1 1;
    1 a2 a;
    1 a a2];
If(1)=complex(0,0);
If(2)=complex(0,0);
If(3)=complex(0,0);
if typfault==1 %gangguan tiga fasa seimbang
    If012(1)=complex(0,0);
    If012(2)=vs(N)/(Z1(N,N)+zf);
    If012(3)=complex(0,0);
elseif typfault==2 %gangguan satu fasa ke tanah
    If012(1)=vs(N)/(Z1(N,N)+Z2(N,N)+Z0(N,N)+3*zf);
    If012(2)=If012(1);
    If012(3)=If012(1);
elseif typfault==3 %gangguan fasa ke fasa
    If012(1)=complex(0,0);
    If012(2)=vs(N)/(Z1(N,N)+Z2(N,N)+zf);
    If012(3)=-If012(2);
elseif typfault==4 %gangguan dua fasa ke tanah
    If012(1)=vs(N)/(Z1(N,N)+Z2(N,N)*(Z0(N,N)+3*zf)/(Z2(N,N)+Z0(N,N)+3*zf));
    If012(2)=-vs(N)-Z1(N,N)*If012(1)/Z2(N,N);
    If012(3)=-vs(N)-Z1(N,N)*If012(1)/(Z0(N,N)+3*zf);
end
[Ic]=HitungTegFault(mt,If012,vs,Z0,Z1,Z2,z0,z1,z2,typfault,matA,N);

function [znew,lcnew,jmlnew]=BuatJaringanBaru(nbus,z,lc,busfrom,busto,jarak,jml)
jmlnew=zeros(nbus+1,nbus+1);
for i=1:nbus
    for j=1:nbus
        znew(i,j)=complex(real(z(i,j)),imag(z(i,j)));
        lcnew(i,j)=complex(real(lc(i,j)),imag(lc(i,j)));
        jmlnew(i,j)=jml(i,j);
    end
end
for i=1:nbus
    if i==busfrom
        for j=1:nbus
            if j==busto
                r1=real(znew(i,j))*jarak;
                r2=real(znew(i,j))*(1-jarak);
                x1=imag(znew(i,j))*jarak;
                x2=imag(znew(i,j))*(1-jarak);
                lc1=lc(i,j)*jarak;
                lc2=lc(i,j)*(1-jarak);
                znew(i,j)=complex(0,0);
                znew(i,nbus+1)=complex(r1,x1);
                znew(j,nbus+1)=complex(r2,x2);
                znew(nbus+1,i)=znew(i,nbus+1);
                znew(nbus+1,j)=znew(j,nbus+1);
                lcnew(i,j)=0;
                lcnew(i,nbus+1)=lc1;
                lcnew(j,nbus+1)=lc2;
                lcnew(nbus+1,i)=lcnew(i,nbus+1);
                lcnew(nbus+1,j)=lcnew(j,nbus+1);
                jmlnew(i,j)=jml(i,j);
                jmlnew(i,nbus+1)=jml(i,j);
                jmlnew(j,nbus+1)=jml(i,j);
            end
        end
    end
end
end

function [Ic]=HitungTegFault(mt,If012,vs,Z0,Z1,Z2,z0,z1,z2,typfault,a,Nf)
x=mt(:,1);
N=length(x);
for i=1:N

```

```

if typfault==1 %gangguan tiga fasa seimbang
    V(i,1)=complex(0,0);
    V(i,2)=vs(i)-Z1(i,Nf)*If012(2);
    V(i,3)=complex(0,0);
elseif typfault==2 %gangguan satu fasa ke tanah
    V(i,1)=0-Z0(i,Nf)*If012(1);
    V(i,2)=vs(i)-Z1(i,Nf)*If012(2);
    V(i,3)=0-Z2(i,Nf)*If012(3);
elseif typfault==3 %gangguan fasa ke fasa
    V(i,1)=complex(0,0);
    V(i,2)=vs(i)-Z1(i,Nf)*If012(2);
    V(i,3)=0-Z2(i,Nf)*If012(3);
elseif typfault==4 %gangguan dua fasa ke tanah
    V(i,1)=0-Z0(i,Nf)*If012(1);
    V(i,2)=vs(i)-Z1(i,Nf)*If012(2);
    V(i,3)=0-Z2(i,Nf)*If012(3);
end
end
for i=1:N
    for j=1:N
        if mt(i,j)==1
            if typfault==1 %gangguan tiga fasa seimbang
                Ib(1)=complex(0,0);
                Ib(2)=(V(i,2)-V(j,2))/z1(i,j);
                Ib(3)=complex(0,0);
            elseif typfault==2 %gangguan satu fasa ke tanah
                Ib(1)=(V(i,1)-V(j,1))/z0(i,j);
                Ib(2)=(V(i,2)-V(j,2))/z1(i,j);
                Ib(3)=(V(i,3)-V(j,3))/z2(i,j);
            elseif typfault==3 %gangguan fasa ke fasa
                Ib(1)=complex(0,0);
                Ib(2)=(V(i,2)-V(j,2))/z1(i,j);
                Ib(3)=(V(i,3)-V(j,3))/z2(i,j);
            elseif typfault==4 %gangguan dua fasa ke tanah
                Ib(1)=(V(i,1)-V(j,1))/z0(i,j);
                Ib(2)=(V(i,2)-V(j,2))/z1(i,j);
                Ib(3)=(V(i,3)-V(j,3))/z2(i,j);
            end
            Itmp=a*Ib';
            Ic(i,j,1)=Itmp(1);
            Ic(i,j,2)=Itmp(2);
            Ic(i,j,3)=Itmp(3);
        end
    end
end
end

```

```
function [f]=ObjfuncT(chrom)
global Nrelay Ihs;
TMS=zeros(Nrelay,1);
Ip=zeros(Nrelay,1);
for i=1:Nrelay
    TMS(i)=chrom(i);
    Ip(i)=chrom(Nrelay+i);
end
T=zeros(Nrelay,1);
for i=1:Nrelay
    T(i)=TinteRelay(TMS(i),Ip(i),Ihs(i));
end
%hitung constraint-----
global Relpas CTI pinT;
x=Relpas(:,1);
Npas=length(x);
c=zeros(Npas,1);
conT=0;
for i=1:Npas
    pri=round(Relpas(i,4));
    bac=round(Relpas(i,7));
    dt=T(pri)+CTI;
    if T(bac)<dt
        dTpb=dt-T(bac);
        conT=conT+dTpb;
    end
end
%-----
f=0;
for i=1:Nrelay
    f=f+T(i);
end
f=f+pinT;
```



```

function [TMSp,Ipp,TMSb,Ipb]=Hsil(Relpas,Nrel,a)
global Ihsb Ihsb Nrelay
for i=1:Nrelay
    o(i)=abs(a(i));
    a1(i)=abs(a(Nrelay+i));
    Ib(i)=Nrel(i,7);
end
d=Relpas(:,1);
Hsl=length(d);
TMSp=zeros(Hsl,1);
Ipp=zeros(Hsl,1);
TMSb=zeros(Hsl,1);
TP=zeros(Hsl,1);
TB=zeros(Hsl,1);
Ipb=zeros(Hsl,1);
for i=1:Hsl
    norelay1=round(Relpas(i,4));
    norelay2=round(Relpas(i,7));
    TP(i)=a1(i);
    TB(i)=a1(Hsl+i);
    Ibmaxp(i)=Ib(i);
    Ibmaxb(i)=Ib(Hsl+i);
end
TMS1=zeros(Hsl,1);
Ip1=zeros(Hsl,1);
TMS2=zeros(Hsl,1);
Ip2=zeros(Hsl,1);

for c=1:Hsl
    Ibmax(c)=Ibmaxp(c);
    CTR(c)=Relpas(c,12);
    IP1(c)=(1.05*((Ibmax(c))*0.8))/CTR(c);
    TMS1(c)=((TP(c))*(((Ihsb(c))/(IP1(c)*CTR(c)))^0.02)-1))/0.14;
    Ipp(c)=IP1(c);
    TMSp(c)=TMS1(c);
end

for c=1:Hsl
    Ibmax(c)=Ibmaxb(c);
    CTR(c)=Relpas(c,12);
    IP2(c)=(1.05*((Ibmax(c))*0.8))/CTR(c);
    TMS2(c)=(((TB(c))*(((Ihsb(c))/(IP2(c)*CTR(c)))^0.02)-1))/0.14);
    Ipb(c)=IP2(c);
    TMSb(c)=TMS2(c)+0.22;
end

```

```

function [J]=PrimRel_NMS(Relpas,TMSp,Ipp)
global K1 K2 K3 Ihsp
n=Relpas(:,1);
Prel=length(n);
disp(['-----']);
disp(['XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX']);
disp('          SETELAN OCR DENGAN NMS          ');
disp(['-----']);
disp([' Primary Relay   TMS   Ip   Tocr ']);
disp([' Number           ']);
disp(['-----']);
for b=1:Prel
    ipp=zeros(Prel,1);
    tmsp=zeros(Prel,1);
    NR1=zeros(Prel,1);
    CTR=zeros(Prel,1);
    I1=zeros(Prel,1);
    I1(b)=Ihsp(b);
    NR1(b)=Relpas(b,4);
    tmsp(b)=TMSp(b);
    ipp(b)=Ipp(b);
    CTR(b)=Relpas(b,12);
    Tp(b)=(K1*tmsp(b)/((((I1(b))/(CTR(b)*ipp(b)))^K2)-K3);
    Tocrp=abs(Tp);
    Tset1=[b NR1(b) abs(tmsp(b)) abs(ipp(b)) Tocrp(b)];
    fprintf('%3.0f %4.0f %8.4f %8.4f %10f\n ',Tset1);
end
disp(['-----']);
J=sum(Tocrp);

```

```
function [W]=BackRel_NMS(Relpas,TMSb,Ipb)
global K1 K2 K3 Ihsp
disp('-----');
disp(' Backup Relay   TMS   Ip   Tocr ');
disp(' Number           ');
disp('-----');
m=Relpas(:,1);
Brel=length(m);
for k=1:Brel
    ipb=zeros(Brel,1);
    tmsb=zeros(Brel,1);
    NR2=zeros(Brel,1);
    CTR=zeros(Brel,1);
    I2=zeros(Brel,1);
    I2(k)=Ihsp(k);
    tmsb(k)=TMSb(k);
    ipb(k)=Ipb(k);
    NR2(k)=Relpas(k,7);
    CTR(k)=Relpas(k,13);
    Tb(k)=((K1*tmsb(k))/(((I2(k)/(CTR(k)*ipb(k)))^K2)-K3))+0.4;
    Tocrb=(abs(Tb));
    Tset2=[k NR2(k) abs(tmsb(k)) abs(ipb(k)) Tocrb(k)];
    fprintf('%3.0f %4.0f  %8.4f %8.4f %10f\n ',Tset2);
end
disp('-----');
W=sum(Tocrb);
```

```

function [x,fval,exitflag,output] = fminsearch(funfcn,x,options,varargin)
%FMINSEARCH Multidimensional unconstrained nonlinear minimization (Nelder-Mead).
% X = FMINSEARCH(FUN,X0) starts at X0 and attempts to find a local minimizer
% X of the function FUN. FUN accepts input X and returns a scalar function
% value F evaluated at X. X0 can be a scalar, vector or matrix.
%
% X = FMINSEARCH(FUN,X0,OPTIONS) minimizes with the default optimization
% parameters replaced by values in the structure OPTIONS, created
% with the OPTIMSET function. See OPTIMSET for details. FMINSEARCH uses
% these options: Display, TolX, TolFun, MaxFunEvals, MaxIter, FunValCheck,
% and OutputFcn.
%
% [X,FVAL]= FMINSEARCH(...) returns the value of the objective function,
% described in FUN, at X.
%
% [X,FVAL,EXITFLAG] = FMINSEARCH(...) returns an EXITFLAG that describes
% the exit condition of FMINSEARCH. Possible values of EXITFLAG and the
% corresponding exit conditions are
%
% 1 FMINSEARCH converged to a solution X.
% 0 Maximum number of function evaluations or iterations reached.
% -1 Algorithm terminated by the output function.
%
% [X,FVAL,EXITFLAG,OUTPUT] = FMINSEARCH(...) returns a structure
% OUTPUT with the number of iterations taken in OUTPUT.iterations, the
% number of function evaluations in OUTPUT.funcCount, the algorithm name
% in OUTPUT.algorithm, and the exit message in OUTPUT.message.
%
% Examples
% FUN can be specified using @:
%   X = fminsearch(@sin,3)
% finds a minimum of the SIN function near 3.
% In this case, SIN is a function that returns a scalar function value
% SIN evaluated at X.
%
% FUN can also be an anonymous function:
%   X = fminsearch(@(x) norm(x),[1;2;3])
% returns a point near the minimizer [0;0;0].
%
% If FUN is parameterized, you can use anonymous functions to capture the
% problem-dependent parameters. Suppose you want to optimize the objective
% given in the function MYFUN, which is parameterized by its second argument A.
% Here MYFUN is an M-file function such as
%
% function F = myfun(x,a)
%   f = x(1)^2 + a*x(2)^2;
%
% To optimize for a specific value of A, first assign the value to A. Then
% create a one-argument anonymous function that captures that value of A
% and calls MYFUN with two arguments. Finally, pass this anonymous function
% to FMINSEARCH:
%
% a = 1.5; % define parameter first
% x = fminsearch(@(x) myfun(x,a),[0.3;1])
%
% FMINSEARCH uses the Nelder-Mead simplex (direct search) method.
%
% See also OPTIMSET, FMINBND, FUNCTION_HANDLE.
%
% Reference: Jeffrey C. Lagarias, James A. Reeds, Margaret H. Wright,
% Paul E. Wright, "Convergence Properties of the Nelder-Mead Simplex
% Method in Low Dimensions", SIAM Journal of Optimization, 9(1):
% p.112-147, 1998.
%
% Copyright 1984-2004 The MathWorks, Inc.
% $Revision: 1.21.4.7 $ $Date: 2004/07/28 04:25:44 $
defaultopt = struct('Display','notify','MaxIter',400*'numberOfVariables',...
'MaxFunEvals',400*'numberOfVariables','TolX',1e-4,'TolFun',1e-4,...
'FunValCheck','off','OutputFcn',[]);
% If just 'defaults' passed in, return the default options in X
if nargin==1 && narginout <= 1 && isequal(funfcn,'defaults')
    x = defaultopt;
    return
end
if nargin < 2,
    error('MATLAB:fminsearch:NotEnoughInputs',...
'FMINSEARCH requires at least two input arguments');

```

```

end
if nargin<3, options = []; end
% Check for non-double inputs
if ~isa(x,'double')
    error('MATLAB:fmsearch:NonDoubleInput', ...
        'FMINSEARCH only accepts inputs of data type double. ')
end
n = numel(x);
numberOfVariables = n;
printtype = optimget(options,'Display',defaultopt,'fast');
tolx = optimget(options,'TolX',defaultopt,'fast');
tolf = optimget(options,'TolFun',defaultopt,'fast');
maxfun = optimget(options,'MaxFunEvals',defaultopt,'fast');
maxiter = optimget(options,'MaxIter',defaultopt,'fast');
funValCheck = strcmp(optimget(options,'FunValCheck',defaultopt,'fast'),'on');
% In case the defaults were gathered from calling: optimset('fmsearch'):
if ischar(maxfun)
    if isequal(lower(maxfun),'400*numberOfvariables')
        maxfun = 400*numberOfVariables;
    else
        error('MATLAB:fmsearch:OptMaxFunEvalsNotInteger', ...
            'Option "MaxFunEvals" must be an integer value if not the default. ')
    end
end
if ischar(maxiter)
    if isequal(lower(maxiter),'400*numberOfvariables')
        maxiter = 400*numberOfVariables;
    else
        error('MATLAB:fmsearch:OptMaxIterNotInteger', ...
            'Option "MaxIter" must be an integer value if not the default. ')
    end
end
switch printtype
    case 'notify'
        prnt = 1;
    case { 'none', 'off' }
        prnt = 0;
    case 'iter'
        prnt = 3;
    case 'final'
        prnt = 2;
    case 'simplex'
        prnt = 4;
    otherwise
        prnt = 1;
end
% Handle the output
outputfcn = optimget(options,'OutputFcn',defaultopt,'fast');
if isempty(outputfcn)
    haveoutputfcn = false;
else
    haveoutputfcn = true;
    xOutputfcn = x; % Last x passed to outputfcn; has the input x's shape
    % Convert to function handle as needed.
    outputfcn = fcnchk(outputfcn,length(varargin));
end
header = 'Iteration Func-count min f(x) Procedure';
% Convert to function handle as needed.
funfcn = fcnchk(funfcn,length(varargin));
% Add a wrapper function to check for Inf/NaN/complex values
if funValCheck
    % Add a wrapper function, CHECKFUN, to check for NaN/complex values without
    % having to change the calls that look like this:
    % f = funfcn(x,varargin{:});
    % x is the first argument to CHECKFUN, then the user's function,
    % then the elements of varargin. To accomplish this we need to add the
    % user's function to the beginning of varargin, and change funfcn to be
    % CHECKFUN.
    varargin = {funfcn, varargin{:}};
    funfcn = @checkfun;
end
n = numel(x);
% Initialize parameters
rho = 1; chi = 2; psi = 0.5; sigma = 0.5;
onesn = ones(1,n);
two2np1 = 2:n+1;
one2n = 1:n;

```

```

% Set up a simplex near the initial guess.
xin = x(:); % Force xin to be a column vector
v = zeros(n,n+1); fv = zeros(1,n+1);
v(:,1) = xin; % Place input guess in the simplex! (credit L.Pfeffer at Stanford)
x(:) = xin; % Change x to the form expected by funfcn
fv(:,1) = funfcn(x,varargin{:});
func_evals = 1;
itercount = 0;
how = "";
% Initialize the output function.
if haveoutputfcn
    [xOutputfcn, optimValues, stop] = callOutputFcn(outputfcn,x,xOutputfcn,'init',itercount, ...
        func_evals, how, fv(:,1),varargin{:});
    if stop
        [x,fval,exitflag,output] = cleanUpInterrupt(xOutputfcn,optimValues);
        if prnt > 0
            disp(output.message)
        end
        return;
    end
end
% Print out initial f(x) as 0th iteration
if prnt == 3
    disp('')
    disp(header)
    disp(sprintf('%5.0f %5.0f %12.6g %s', itercount, func_evals, fv(1), how));
elseif prnt == 4
    clc
    formatsave = get(0,{'format','formatspacing'});
    format compact
    format short e
    disp('')
    disp(how)
    v
    fv
    func_evals
end
% OutputFcn call
if haveoutputfcn
    [xOutputfcn, optimValues, stop] = callOutputFcn(outputfcn,x,xOutputfcn,'iter',itercount, ...
        func_evals, how, fv(:,1),varargin{:});
    if stop % Stop per user request.
        [x,fval,exitflag,output] = cleanUpInterrupt(xOutputfcn,optimValues);
        if prnt > 0
            disp(output.message)
        end
        return;
    end
end
% Following improvement suggested by L.Pfeffer at Stanford
usual_delta = 0.05; % 5 percent deltas for non-zero terms
zero_term_delta = 0.00025; % Even smaller delta for zero elements of x
for j = 1:n
    y = xin;
    if y(j) ~= 0
        y(j) = (1 + usual_delta)*y(j);
    else
        y(j) = zero_term_delta;
    end
    v(:,j+1) = y;
    x(:) = y; f = funfcn(x,varargin{:});
    fv(1,j+1) = f;
end
% sort so v(1,:) has the lowest function value
[fv,j] = sort(fv);
v = v(:,j);
how = 'initial simplex';
itercount = itercount + 1;
func_evals = n+1;
if prnt == 3
    disp(sprintf('%5.0f %5.0f %12.6g %s', itercount, func_evals, fv(1), how))
elseif prnt == 4
    disp('')
    disp(how)
    v
    fv
    func_evals
end

```

```

end
% OutputFcn call
if haveoutputfcn
    [xOutputfcn, optimValues, stop] = callOutputFcn(outputfcn,x,xOutputfcn,'iter',itercount, ...
        func_evals, how, fv(:,1),varargin{:});
    if stop % Stop per user request.
        [x,fval,exitflag,output] = cleanUpInterrupt(xOutputfcn,optimValues);
        if prmt > 0
            disp(output.message)
        end
        return;
    end
end
end
exitflag = 1;
% Main algorithm
% Iterate until the diameter of the simplex is less than tolx
% AND the function values differ from the min by less than tolf,
% or the max function evaluations are exceeded. (Cannot use OR instead of
% AND.)
while func_evals < maxfun && itercount < maxiter
    if max(abs(fv(1)-fv(two2np1))) <= tolf && ...
        max(max(abs(v(:,two2np1)-v(:,onesn)))) <= tolx
        break
    end
    % Compute the reflection point
    % xbar = average of the n (NOT n+1) best points
    xbar = sum(v(:,one2n), 2)/n;
    xr = (1 + rho)*xbar - rho*v(:,end);
    x(:) = xr; fxr = funfcn(x,varargin{:});
    func_evals = func_evals+1;
    if fxr < fv(:,1)
        % Calculate the expansion point
        xe = (1 + rho*chi)*xbar - rho*chi*v(:,end);
        x(:) = xe; fxe = funfcn(x,varargin{:});
        func_evals = func_evals+1;
        if fxe < fxr
            v(:,end) = xe;
            fv(:,end) = fxe;
            how = 'expand';
        else
            v(:,end) = xr;
            fv(:,end) = fxr;
            how = 'reflect';
        end
    else % fv(:,1) <= fxr
        if fxr < fv(:,n)
            v(:,end) = xr;
            fv(:,end) = fxr;
            how = 'reflect';
        else % fxr >= fv(:,n)
            % Perform contraction
            if fxr < fv(:,end)
                % Perform an outside contraction
                xc = (1 + psi*rho)*xbar - psi*rho*v(:,end);
                x(:) = xc; fxc = funfcn(x,varargin{:});
                func_evals = func_evals+1;
                if fxc <= fxr
                    v(:,end) = xc;
                    fv(:,end) = fxc;
                    how = 'contract outside';
                else
                    % perform a shrink
                    how = 'shrink';
                end
            else
                % Perform an inside contraction
                xcc = (1-psi)*xbar + psi*v(:,end);
                x(:) = xcc; fxcc = funfcn(x,varargin{:});
                func_evals = func_evals+1;

                if fxcc < fv(:,end)
                    v(:,end) = xcc;
                    fv(:,end) = fxcc;
                    how = 'contract inside';
                else
                    % perform a shrink
                    how = 'shrink';
                end
            end
        end
    end
end

```

```

        end
    end
    if strcmp(how,'shrink')
        for j=two2np1
            v(:,j)=v(:,1)+sigma*(v(:,j) - v(:,1));
            x(:,j) = v(:,j); fv(:,j) = funcfn(x,varargin{:});
        end
        func_evals = func_evals + n;
    end
end
end
[fv,j] = sort(fv);
v = v(:,j);
itercount = itercount + 1;
if prmt == 3
    disp(sprintf(' %5.0f    %5.0f    %12.6g    %s', itercount, func_evals, fv(1), how))
elseif prmt == 4
    disp(' ')
    disp(how)
    v
    fv
    func_evals
end
% OutputFcn call
if haveoutputfcn
    [xOutputfcn, optimValues, stop] = callOutputFcn(outputfcn,x,xOutputfcn,'iter',itercount, ...
        func_evals, how, fv(:,1),varargin{:});
    if stop % Stop per user request.
        [x,fval,exitflag,output] = cleanUpInterrupt(xOutputfcn,optimValues);
        if prmt > 0
            disp(output.message)
        end
        return;
    end
end
end % while
x(:,1) = v(:,1);
if prmt == 4,
    % reset format
    set(0,{'format','formatspacing'},formatsave);
end
output.iterations = itercount;
output.funcCount = func_evals;
output.algorithm = 'Nelder-Mead simplex direct search';
fval = min(fv);
% OutputFcn call
if haveoutputfcn
    callOutputFcn(outputfcn,x,xOutputfcn,'done',itercount, func_evals, how, f, varargin{:});
end
if func_evals >= maxfun
    msg = sprintf(['Exiting: Maximum number of function evaluations has been exceeded\n' ...
        ' - increase MaxFunEvals option.\n' ...
        ' Current function value: %f\n'], fval);
    if prmt > 0
        disp(' ')
        disp(msg)
    end
    exitflag = 0;
elseif itercount >= maxiter
    msg = sprintf(['Exiting: Maximum number of iterations has been exceeded\n' ...
        ' - increase MaxIter option.\n' ...
        ' Current function value: %f\n'], fval);
    if prmt > 0
        disp(' ')
        disp(msg)
    end
    exitflag = 0;
else
    msg = ...
        sprintf(['Optimization terminated:\n', ...
            ' the current x satisfies the termination criteria using OPTIONS.TolX of %e\n' ...
            ' and F(X) satisfies the convergence criteria using OPTIONS.TolFun of %e\n'], ...
            tolX, tolF);
    if prmt > 1
        disp(' ')
        disp(msg)
    end
end

```



```

    exitflag = 1;
end

output.message = msg;
%-----
function [xOutputFcn, optimValues, stop] = callOutputFcn(outputFcn,x,xOutputFcn,state,iter, ...
    numf,how,f,varargin)
% CALLOUTPUTFCN assigns values to the struct OptimValues and then calls the
% outputFcn.
% state - can have the values 'init','iter', or 'done'.
% We do not handle the case 'interrupt' because we do not want to update
% xOutputFcn or optimValues (since the values could be inconsistent) before calling
% the outputFcn; in that case the outputFcn is called directly rather than
% calling it inside callOutputFcn.
% For the 'done' state we do not check the value of 'stop' because the
% optimization is already done.
optimValues.iteration = iter;
optimValues.funccount = numf;
optimValues.fval = f;
optimValues.procedure = how;
xOutputFcn(:) = x; % Set x to have user expected size
switch state
    case {'iter','init'}
        stop = outputFcn(xOutputFcn,optimValues,state,varargin{:});
    case 'done'
        stop = false;
        outputFcn(xOutputFcn,optimValues,state,varargin{:});
    otherwise
        error('MATLAB:fmsearch:InvalidState', ...
            'Unknown state in CALLOUTPUTFCN.')
end
%-----
function [x,FVAL,EXITFLAG,OUTPUT] = cleanUpInterrupt(xOutputFcn,optimValues)
% CLEANUPINTERRUPT updates or sets all the output arguments of FMINBND when the optimization
% is interrupted.
x = xOutputFcn;
FVAL = optimValues.fval;
EXITFLAG = -1;
OUTPUT.iterations = optimValues.iteration;
OUTPUT.funcCount = optimValues.funccount;
OUTPUT.algorithm = 'golden section search, parabolic interpolation';
OUTPUT.message = 'Optimization terminated prematurely by user.';
%-----
function f = checkfun(x,userfcn,varargin)
% CHECKFUN checks for complex or NaN results from userfcn.
f = userfcn(x,varargin{:});
% Note: we do not check for Inf as FMINSEARCH handles it naturally.
if isnan(f)
    error('MATLAB:fmsearch:checkfun:NaNFval', ...
        'User function "%s" returned NaN when evaluated at %g;\n FMINSEARCH cannot continue.', ...
        localChar(userfcn), x);
elseif ~isreal(f)
    error('MATLAB:fmsearch:checkfun:ComplexFval', ...
        'User function "%s" returned a complex value when evaluated at %g;\n FMINSEARCH cannot continue.', ...
        localChar(userfcn),x);
end
%-----
function strfcn = localChar(fcn)
% Convert the fcn to a string for printing
if ischar(fcn)
    strfcn = fcn;
elseif isa(fcn,'inline')
    strfcn = char(fcn);
elseif isa(fcn,'function_handle')
    strfcn = func2str(fcn);
else
    try
        strfcn = char(fcn);
    catch
        strfcn = '(name not printable)';
    end
end
end

```