

# SKRIPSI

## **ANALISA OPTIMASI PEMASANGAN *UNIFIED POWER FLOW CONTROLLER* (UPFC) MENGGUNAKAN METODE *GENETIC ALGORITHM* UNTUK PERBAIKAN TEGANGAN DI GI. KARANGKATES**



Disusun Oleh :

**Deny Kurniawan**

**NIM : 06.12.915**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
MARET 2010**



SECRET

THE UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE  
OFFICE OF THE ASSISTANT SECRETARY FOR  
FOREIGN AFFAIRS  
WASHINGTON, D. C. 20250

SECRET

RESTRICTED

SECRET

U. S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE

OFFICE OF THE ASSISTANT SECRETARY FOR FOREIGN AFFAIRS

WASHINGTON, D. C. 20250

OFFICE OF THE ASSISTANT SECRETARY FOR FOREIGN AFFAIRS

SECRET

# LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISA OPTIMASI PEMASANGAN *UNIFIED POWER FLOW*  
*CONTROLLER* (UPFC) MENGGUNAKAN METODE *GENETIC ALGORITHM*  
UNTUK PERBAIKAN TEGANGAN DI GI. KARANGKATES**

## SKRIPSI

*Disusun dan Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Energi Listrik Strata Satu (S-1)*

**Disusun Oleh :**

**DENY KURNIAWAN**

**NIM : 0612915**

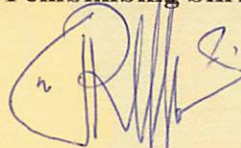
**Diperiksa dan Disetujui,**

**Dosen Pembimbing Skripsi I**



**Ir. Choirul Saleh, MT.**  
**NIP. Y. 101.8800.190**

**Dosen Pembimbing Skripsi II**



**Irrine Budi Sulistiawati, ST, MT.**  
**NIP. 19770615.200501.2.002**



**Mengetahui,**

**Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1**

**Ir. F. Yudi Limpraptono, MT.**  
**NIP.Y.103.9500.274**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2010**

## ABSTRAKSI

### **ANALISA OPTIMASI PEMASANGAN *UNIFIED POWER FLOW CONTROLLER* (UPFC) MENGGUNAKAN METODE *GENETIC ALGORITHM* UNTUK PERBAIKAN TEGANGAN DI GI. KARANGKATES**

**DENY KURNIAWAN**

Jurusan Teknik Elektro S-1, Konsentrasi Teknik Energi Listrik  
Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang  
Jl. Raya Karanglo Km 2 Malang  
E-mail : [deny.dean@hotmail.com](mailto:deny.dean@hotmail.com)

*Kata Kunci* : *FACTS, UPFC, Algoritma Genetika, Penurunan Tegangan.*

Kemajuan di bidang elektronika daya yang sangat cepat memungkinkan penggunaan *Flexible AC Transmission System (FACTS) devices* yang sangat luas dalam sistem tenaga. FACTS dapat di gunakan untuk meningkatkan aliran daya, stabilitas sistem dan mengurangi rugi-rugi pada saluran transmisi. Aliran daya yang optimal dapat dicapai dengan optimasi peralatan FACTS yang tepat dan rating yang sesuai. Optimasi Algoritma Genetika digunakan untuk memilih 3 parameter yaitu lokasi, tipe dan rating. Di Gardu Induk Karangkates pada sistem transmisi 70 KV mengalami penurunan tegangan (*voltage drop*). Salah satu cara untuk memperbaikinya adalah dengan memasang kompensator *Unified Power Flow Controller* (UPFC) dan untuk optimasinya menggunakan metode Algoritma Genetika dengan software MATLAB 7.04. didapatkan bahwa dengan memasang UPFC di bus 70kV Gardu Induk karangkates telah berhasil menjaga tegangan transmisi pada rating 69,762 kV, dan Terjadi pengurangan power losses sebesar 0,12 MW (25,971%).

## **KATA PENGANTAR**

Dengan mengucapkan syukur kehadirat TUHAN YME yang telah memberikan petunjuk, berkah dan rahmat-Nya, dan juga yang telah memberikan kekuatan, kesabaran, bimbingan dan perlindungan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi dengan judul :

**ANALISA OPTIMASI PEMASANGAN *UNIFIED POWER FLOW*  
*CONTROLLER* (UPFC) MENGGUNAKAN METODE *GENETIC*  
*ALGORITHM* UNTUK PERBAIKAN TEGANGAN DI GI.**

### **KARANGKATES**

Pembuatan skripsi ini disusun guna memenuhi syarat akhir kelulusan pendidikan jenjang Strata Satu (S-1) di Institut Teknologi Nasional Malang. Dalam penyusunan skripsi ini penulis banyak mendapat bantuan baik moril maupun materil, saran dan dorongan semangat dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ayahku Bpk. Suyitno dan Ibuku Ibu Dwi Ratnawati.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Abraham Lomi, MSEE selaku rektor ITN Malang
3. Bapak Ir. Sidik Noertjahjono, MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri.
4. Bapak Ir. F. Yudi Limpraptono, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1 ITN Malang.
5. Bapak Ir. Chorul Saleh, MT. selaku Dosen Pembimbing I.
6. Ibu Irrine Budi Sulistiawati, ST, MT. selaku Dosen Pembimbing II.
7. Teman terbaikku sekaligus kekasih Yeni Fitri Handayani, SE

8. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

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

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

Malang, 11 Maret 2010

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>	<b>i</b>
<b>BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI .....</b>	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAKSI .....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penulisan .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Metode Penelitian .....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	5
<b>BAB II TEORI DASAR .....</b>	<b>6</b>
2.1 Sistem Tenaga Listrik .....	6

2.1.1	Sistem Distribusi Tenaga Listrik .....	6
2.1.2	Sistem Transmisi Tenaga Listrik .....	7
2.1.3	Penggolongan Sistem Transmisi .....	9
2.1.3.1	Panjang Saluran .....	9
2.2	Peralatan Kompensasi dalam Sistem Tenaga Listrik .....	15
2.2.1	<i>Unified Power Flow Controller</i> .....	15
2.3	Pemodelan UPFC pada saluran transmisi .....	17
2.3.1	<i>Phase Shifter</i> .....	17
2.3.2	Kompensator Seri .....	19
2.4	Algoritma Genetika.....	19
2.4.1	Istilah-istilah Algoritma Genetika .....	21
2.4.2	Proses Algoritma Genetika .....	22
2.4.3	<i>Elitism</i> .....	25
2.4.4	<i>Crossover</i> (Pindah Silang) .....	26
2.4.5	<i>Mutation</i> .....	27
2.5	Analisis Aliran Daya .....	29
2.5.1	Metode Newton Raphson .....	29
2.5.2	Prosedur Aliran Daya Neweton Raphson .....	32



2.6	Adaptasi Algoritma Genetika ke Masalah Penentuan Lokasi UPFC .....	33
2.6.1	Pengkodean .....	33
2.6.2	Populasi Awal .....	34
2.6.3	Reproduksi, Crossover dan Mutasi .....	35
2.7	Pengkaji Masalah .....	38
2.7.1	Pengguna Optimal dari Jaringan yang sudah ada .....	38
2.7.2	Kemampuan Pembebanan Sistem .....	38
2.7.3	Meminimalisasi Rugi .....	39
2.7.4	<i>Objective Function</i> .....	39
2.8	Algoritma Program .....	41
2.8.1	Algoritma Program Pemecahan Masalah Penentuan Lokasi dan Setting UPFC di Sistem 70 kV Karangates Dengan Menggunakan Algoritma Genetika .....	41
2.8.2	Algoritma Program <i>Fitness</i> .....	42
2.8.3	Flowchart Algoritma Program .....	43
2.8.4	Flowchart Algoritma Sub Routine Program <i>Fitness</i> .....	44
2.9	Daya Sistem Tenaga Listrik .....	45
2.9.1	Daya Aktif .....	45
2.9.2	Daya Reaktif .....	45

2.9.3 Daya Semu .....	45
2.9.4 <i>Power Factor</i> .....	46
2.9.5 Perhitungan Pengaruh Perbaikan Faktor Daya .....	47
<b>BAB III DATA PT. PLN GARDU INDUK KARANGKATES .....</b>	<b>49</b>
3.1 Data Bus Gardu Karangkates .....	49
3.2 Data Peralatan Gardu Induk Turen .....	49
3.3 Data Saluran .....	50
3.4 Data Beban .....	50
3.5 Perhitungan $\cos \phi$ masing – masing trafo .....	51
3.6 Perhitungan Daya Setiap Penyulang .....	51
3.6.1 Beban Pada Malam Hari (Beban Puncak) .....	51
3.6.2 Beban Pada Siang Hari (Beban Rendah) .....	52
<b>BAB IV HASIL DAN ANALISA HASIL .....</b>	<b>54</b>
4.1 Sistem Kelistrikan Gardu Induk Karangkates .....	54
4.2 Software <i>Matlab</i> .....	56
4.3 Flowchart Optimasi UPFC menggunakan GA .....	58
4.4 Hasil dan Analisa Hasil .....	59
4.4.1 Loadflow Analisis sebelum diinjeksi UPFC .....	60

4.4.2 Power Losses sebelum diinjeksi UPFC .....	60
4.4.3 Hasil Optimasi Penempatan UPFC Dengan Algoritma Genetika ..	60
4.5 Rating UPFC Yang Dipakai Sebagai Kompensator Mempunyai Karakteristik .....	61
4.6 Loadflow Analisis Setelah Diinjeksi Dengan UPFC .....	61
4.7 Power Losses Setelah Diinjeksi dengan UPFC .....	62
4.8 Hasil Tampilan Optimasi Penempatan UPFC .....	63
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>65</b>
5.1 Kesimpulan .....	65
5.2 Saran .....	65
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>67</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>68</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Istilah yang digunakan dalam algoritma genetika .....	21
Tabel 3.1	Data Penghantar Terpasang Pada Gardu Karangates .....	50
Tabel 3.2	Tegangan Saluran Transmisi Tanpa Menggunakan Kompensator ...	50
Tabel 3.3	Data Beban Trafo Tertinggi Saat Bulan April 2009 .....	50
Tabel 3.4	Data Beban Penyulang GI Karangates Bulan April 2009 .....	51
Tabel 3.5	Perhitungan Daya Setiap Penyulang Pada GI Karangates .....	53
Tabel 4.1	Jaringan Transmisi Gardu Induk Karangates Menggunakan Kabel Saluran Udara .....	55
Tabel 4.2	Tegangan Saluran Transmisi Tanpa Menggunakan UPFC .....	59
Tabel 4.3	Tegangan Saluran Transmisi Menggunakan UPFC .....	62
Tabel 4.4	Perbandingan Tegangan Sebelum injeksi dan sesudah injeksi menggunakan UPFC .....	62

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Skema Penyaluran Sistem Distribusi Tenaga Listrik .....	7
Gambar 2.2	Rangkaian Ekuivalen Suatu Saluran Transmisi Pendek dimana Resistansi R dan Induktansi L .....	10
Gambar 2.3	Fasor Rangkaian .....	12
Gambar 2.4	Rangkaian Nominal suatu saluran transmisi jarak menengah .....	13
Gambar 2.5	Suatu rangkaian saluran transmisi yang menunjukkan satu fasa dan jalur kembali netral .....	15
Gambar 2.6	<i>Unified Power Flow Controlled (UPFC)</i> .....	16
Gambar 2.7	Rangkaian Ekuivalen Pengontrol Aliran Daya .....	17
Gambar 2.8	Model Injeksi Daya .....	17
Gambar 2.9	Kompensator Seri .....	19
Gambar 2.10	Pembentukan <i>Next Generation</i> dalam Algoritma Genetika .....	25
Gambar 2.11	Ilustrasi operator dengan <i>one point crossover</i> .....	26
Gambar 2.12	Ilustrasi operator dengan <i>two point crossover</i> .....	27
Gambar 2.13	Ilustrasi operator dengan <i>crossover</i> dengan <i>uniform</i> .....	27
Gambar 2.14	Ilustrasi operator mutasi untuk representasi <i>string biner</i> .....	28
Gambar 2.15	Ilustrasi operator mutasi untuk representasi <i>integer</i> .....	28
Gambar 2.16	Contoh Lokasi untuk 5 buah UPFC .....	34
Gambar 2.17	Pengkodean sebuah individu dengan 5 alat FACTS .....	34
Gambar 2.18	Perhitungan <i>Objective Function</i> untuk 4 individu populasi .....	35
Gambar 2.19	Dasar Roulette Wheel digunakan untuk memilih individu untuk reproduksi .....	36
Gambar 2.20	Menunjukkan reproduksi dari dua individu .....	36

Gambar 2.21	Crossover dua buah individu pada posisi lima .....	36
Gambar 2.22	Contoh Mutasi pada posisi dua (line 7) .....	37
Gambar 2.23	Fungsi OVL untuk Branch; dengan $\lambda_{ovl} = 5$ .....	40
Gambar 2.24	Diagram alir <i>objective function</i> .....	41
Gambar 2.25	Flowchart Algoritma Program.....	43
Gambar 2.26	Flowchart Algoritma <i>SubRoutine</i> Program <i>fitness</i> .....	44
Gambar 2.27	Perbaikan Faktor Daya .....	46
Gambar 2.28	Diagram Fasor dan sudut daya beban pada jaringan distribusi ....	48
Gambar 4.1	Single Line Transmisi Sengguruh Karangates .....	55
Gambar 4.2	Tampilan Awal Matlab Versi 7.04 .....	57
Gambar 4.3	Tampilan MATLAB setelah selesai running.....	57
Gambar 4.4	Flowchart optimasi UPFC menggunakan GA .....	58
Gambar 4.5	Hasil optimasi penempatan UPFC menggunakan GA di Gardu Induk Karangates .....	63
Gambar 4.6	Hasil Optimasi menggunakan GA .....	64



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Dengan semakin majunya teknologi dan pembangunan seperti sekarang ini terutama dalam bidang industri yang mempergunakan sistem tenaga listrik, tidak bisa dipungkiri bahwa segala lini kehidupan menuntut agar sistem listrik kita semakin handal. Salah satu bagian yang penting supaya listrik handal adalah pengoperasian saluran transmisi yang terjamin, terkontrol, dan efisien.

Di Gardu Induk Karangates pada sistem transmisi 70 KV mempunyai permasalahan yaitu terjadinya penurunan tegangan dan salah satu cara yang dilakukan untuk memperbaikinya adalah dengan memasang kompensator. Kompensator yang dipilih di sini adalah *Unified Power Flow Controller* (UPFC).

UPFC merupakan pengembangan dari alat kompensator konvensional yang dapat melakukan pengontrolan aliran daya aktif dan reaktif secara fleksibel dalam saluran dan dapat memberikan pengaruh baik terhadap pengaruh untuk kerja sistem sehingga diperoleh kondisi aliran daya yang optimal dilihat dari rugi-rugi daya yang minimum. UPFC dapat dipasang pada ujung pengirim maupun penerima daya, UPFC dikatakan fleksibel karena dapat menggunakan salah satu ataupun kombinasi parameter dasar dari sistem aliran daya yaitu tegangan transmisi, impedansi transmisi, dan selisih sudut fasa transmisi. Hal ini merupakan keuntungan karena dengan pemasangan UPFC yang dapat mengendalikan ketiga parameter tersebut, maka tidak hanya sistem jaringan transmisi akan menjadi lebih baik, tetapi juga akan menjadi lebih murah dan



mudah dalam pemeliharaan dan pengoperasian, dengan kata lain pemasangan satu UPFC sama halnya dengan pemasangan alat TCSC, TCPR dan STATCON secara bersamaan.

*Genetic Algorithm* adalah teknik pencarian global yang dapat mencari berbagai kemungkinan untuk mendapatkan solusi secara simultan. Dengan menggunakan metode tersebut diharapkan mampu menemukan lokasi penempatan yang terbaik serta mampu mendapatkan hasil yang optimal dalam penempatan UPFC pada sistem jaringan tenaga listrik.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Dari latar belakang yang diuraikan diatas, maka permasalahan yang timbul adalah; seberapa besar permasalahan tegangan yang turun dari nilai nominal tegangan sumber dan seberapa besar perbaikannya setelah pemasangan UPFC dengan optimasi menggunakan metode *Genetic Algorithm*

Dari permasalahan diatas maka skripsi ini berjudul:

**“ANALISA OPTIMASI PEMASANGAN *UNIFIED POWER FLOW CONTROLLER* (UPFC) MENGGUNAKAN METODE *GENETIC ALGORITHM* UNTUK PERBAIKAN TEGANGAN DI GL KARANGKATES”**

### **1.3. Tujuan Penulisan**

Tujuan skripsi ini adalah untuk menentukan letak *Unified Power Flow Controller* yang optimal menggunakan metode *Genetic Algorithm* agar diperoleh letak penempatan yang optimal dalam memberikan kompensasi di saluran transmisi sengguruh karangkates sehingga diperoleh profil tegangan yang semakin mendekati nilai nominal tegangan sumber untuk meningkatkan kualitas daya listrik.

### **1.4. Batasan Masalah**

Agar dalam penulisan laporan akhir ini tidak jauh menyimpang dari tujuan yang hendak dicapai maka dalam pembahasan ini perlu diberi batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Studi dilakukan di PT.PLN pada GI karangkates.
2. Menggunakan UPFC untuk memperbaiki penurunan tegangan pada saluran transmisi Sengguruh - Karangkates.
3. Menggunakan metode *Genetic Algorithms* untuk optimasi penempatan dan menentukan rating UPFC.
4. Tidak membahas sistem distribusi pada Gardu induk Karangkates.
5. Tidak membahas sistem proteksi.
6. Tidak membahas sistem control pada UPFC.
7. Rugi – rugi pada UPFC diabaikan.
8. Software yang digunakan untuk simulasi dan perhitungan adalah *Matlab*.

## 1.5. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang dilakukan dalam skripsi ini meliputi :

### 1. Studi Literatur

Yaitu berupa pengumpulan dan pembahasan referensi yang berkaitan dengan pokok pembahasan masalah ini, sehingga membantu dalam memahami dasar dari peralatan yang digunakan dalam sistem dan membantu dalam memahami prinsip dan karakteristik setiap parameter elektronika daya yang digunakan.

### 2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data lapangan yang dipakai dalam objek penelitian yakni data beban puncak pada Gardu Induk Karangates.

- Data kuantitatif yaitu data yang dapat dihitung atau data yang berbentuk angka.
- Data kualitatif yaitu data yang berbentuk diagram. Dalam hal ini adalah single linanya.

### 3. Melakukan analisa kualitas daya dengan menggunakan program simulasi *Matlab* .

### 4. Mengambil kesimpulan dari perbandingan sistem setelah menggunakan UPFC dan sebelum menggunakan UPFC.

## **1.6. Sistematika Penulisan**

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

### **BAB I. PENDAHULUAN**

Pada bab ini Meliputi beberapa uraian tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, metodologi serta sistematika pembahasan.

### **BAB II. TEORI DASAR**

Pada bagian ini berisi mengenai sistem energi listrik secara umum, kestabilan tegangan, *Unified Power Flow Controller* (UPFC), *Genetic Algorithm* (GA) sebagai metode optimasi penempatan UPFC.

### **BAB III. DATA PT. PLN (PERSERO) GARDU INDUK KARANGKATES**

Pada bab ini akan membahas mengenai data lapangan yang berupa data peralatan dan pembebanan yang akan digunakan sebagai inputan sehingga parameter yang digunakan dalam menganalisis performansi sistem dapat dilakukan.

### **BAB IV. HASIL DAN ANALISA HASIL**

Menganalisa tentang hasil simulasi dan menganalisa hasil simulasi.

### **BAB V. PENUTUP**

Berisi kesimpulan dan saran mengenai penulisan laporan akhir ini.



## **BAB II. TEORI DASAR**

### **2.1. Sistem Tenaga Listrik**

Sistem tenaga listrik merupakan suatu sistem yang terpadu yang terbentuk oleh hubungan-hubungan peralatan dan komponen komponen listrik. Sistem tenaga listrik ini mempunyai peranan utama untuk menyalurkan energi listrik yang dibangkitkan oleh generator ke konsumen yang membutuhkan energi listrik tersebut.

Secara garis besar suatu sistem tenaga listrik dapat dikelompokkan menjadi tiga bagian sub sistem yaitu :

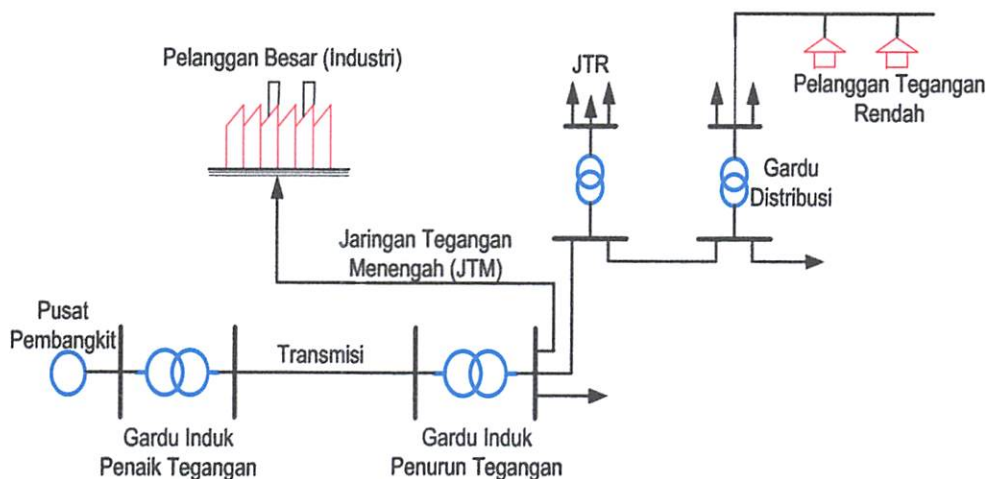
1. Sistem pembangkitan : berperan sebagai sumber daya tenaga listrik dan disebut juga sebagai prodaktor energi.
2. Sistem transmisi atau penyalur : berfungsi sebagai penyalur daya listrik dalam skala besar dari pembangkit ke bagian sistem distribusi.
3. Sistem distribusi dan beban : berfungsi sebagai distributor energi ke konsumen yang memerlukan energi tersebut.

#### **2.1.2 Penyaluran Transmisi dan Distribusi**

Sistem jaringan listrik secara garis besar dapat dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu pusat pembangkit, sistem transmisi dan sistem distribusi. Pada pusat pembangkit terdapat generator yang merupakan sumber tenaga listrik. Tegangan keluar dari generator dinaikkan oleh trafo step-up menjadi tegangan transmisi 70 KV, 150KV ataupun 500KV. Pada gardu induk, tegangan 150 KV diturunkan oleh

trafo step-down menjadi 20 KV dan di turunkan lagi oleh trafo distribusi dari 20 KV menjadi 220 V/ 380 V.

Perbedaan sistem transmisi dan sistem distribusi adalah untuk sistem transmisi digunakan untuk membawa tenaga listrik dari pusat pembangkit tenaga listrik ke gardu induk pusat beban, sedangkan sistem distribusi adalah menyalurkan tenaga listrik dari gardu induk ke konsumen.



Gambar 2.1  
Skema Penyaluran Sistem Distribusi Tenaga Listrik

### 2.1.3 Sistem Transmisi Tenaga Listrik

Tegangan pada generator-generator besar biasanya berkisar antara 13,8KV dan 24 KV, tetapi generator-generator besar yang modern tegangannya bervariasi antara 18 dan 24 KV tegangan-tegangannya dinaikkan ke tingkat-tingkat yang dipakai untuk transmisi yaitu 30 KV, 70 KV dan 150 KV tegangan-tegangannya tinggi standar (high voltage-HV standart). Tegangan-tegangannya Ekstra tinggi (Extra high voltage-UHV) adalah 500 KV sampai 765KV.

Keuntungan dari transmisi dengan tegangan-tegangannya yang lebih tinggi akan menjadi jelas jika kita melihat pada kemampuan transmisi (transmisi capability)

dari suatu saluran transmisi, kemampuan ini biasanya dinyatakan dalam MegaVolt Ampere (MVA). Kemampuan transmisi dari saluran-saluran yang sama panjangnya berubah-ubah kira-kira sebanding dengan kuadrat dari tegangan, kemampuan transmisi dari suatu saluran dengan tegangan tertentu tidak dapat ditetapkan dengan pasti, karena kemampuan ini masih tergantung lagi pada batasan-batasan (limit) thermal dari penghantar, jatuh tegangan (voltage drop) yang diperbolehkan, keandalan dan persyaratan-persyaratan kesetabilan sistem yaitu penjagaan bahwa mesin-mesin pada sistem tersebut tetap berjalan serempak satu terhadap yang lain, kebanyakan faktor-faktor ini masih tergantung juga terhadap panjangnya saluran.

Proses Penurunan Tegangan Dari Tegangan Transmisi ke Tegangan Distribusi :

- Penurunan tegangan dari tingkat tegangan transmisi (tegangan ekstra tinggi) 500KV pertama-tama terjadi pada gardu induk pusat beban, dimana tegangan diturunkan ke daerah antara 150 KV dan 70 KV sesuai dengan tegangan saluran transmisinya
- Penurunan tegangan berikutnya terjadi pada stasiun-pembantu distribusi, dimana tegangan diturunkan lagi menjadi 6KV sampai dengan 20 KV. Kebanyakan beban-beban untuk industri dicatu dari sistem primer yang juga mencatu transformator-transformator distribusi, transformator-transformator ini menyediakan tegangan sekunder pada rangkain-rangkaian tiga kawat berfasa tunggal untuk pemakaian dirumah-rumah tempat tinggal.

Saluran transmisi listrik mempunyai empat parameter yang mempengaruhi kemampuannya untuk berfungsi sebagai bagian dari suatu sistem tenaga yaitu:



- Resistansi
- Induktansi
- Konduktansi
- Kapasitansi

Konduktansi antar penghantar-penghantar atau antar penghantar dan tanah menyebabkan terjadinya arus bocor pada isolator-isolator dari saluran atas tiang (over lines) dan yang melalui isolasi dari kabel-kabel karena kebocoran penghantar pada saluran atas tiang sangat kecil sehingga dapat diabaikan, konduktansi antar penghantar pada saluran diatas tiang dianggap sama dengan nol.

Induktansi adalah sifat rangkaian yang menghubungkan tegangan yang diimbaskan oleh perubahan fluk dengan kecepatan perubahan arus.

#### **2.1.4 Penggolongan Sistem Transmisi**

Tenaga listrik dibangkitkan oleh pusat-pusat pembangkit listrik disalurkan melalui kawat-kawat (saluran) transmisi yang selanjutnya diterima oleh pusat beban baik secara langsung maupun melalui saluran penghubung dan gardu-gardu induk.

Terdapat beberapa kategori saluran transmisi yang dapat dibedakan menurut

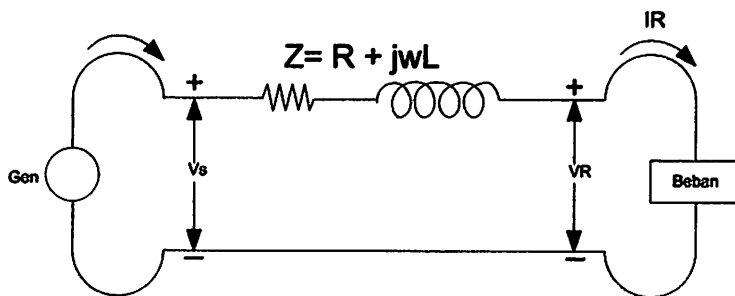
##### **2.1.4.1. Panjang Saluran**

- Saluran Transmisi Pendek (short line) panjangnya  $\pm 50$  mile (80 km)
- Saluran Transmisi Menengah (medium lines) yang panjangnya antara 50 mile – 100 miles.
- Saluran Transmisi Panjang (long lines) yang panjangnya diatas 100 miles.

##### **a. Saluran Transmisi Pendek**

Rangkaian ekivalen suatu transmisi pendek diperlihatkan pada gambar 2.2 yang mana  $I_s$  dan  $I_r$  merupakan arus pada ujung pengirim dan ujung penerima, sedangkan  $V_s$  dan  $V_r$  merupakan tegangan pada ujung pengirim (sending end) dan ujung penerima (receiving end) terhadap netral. Pengaruh perubahan faktor daya dari beban terhadap regulasi tegangan(voltage regulation) suatu saluran adalah paling mudah untuk dimengerti untuk saluran pendek, regulasi tegangan suatu saluran transmisi adalah kenaikan tegangan pada ujung penerima, dinyatakan dalam persentase tegangan beban penuh jika beban penuh dengan faktor daya tertentu dilepaskan sedangkan tegangan pada ujung pengirim dibuat tetap dalam bentuk persamaan:

Rangkaian ekivalen suatu saluran transmisi pendek dimana resistansi ( $R$ ) dan Induktansi ( $L$ ) adalah nilai-nilai untuk keseluruhan panjang saluran



**Gambar 2.2. Rangkaian Ekivalen Suatu Saluran Transmisi Pendek di mana Resistansi  $R$  dan Induktansi  $L$**

Rangkaian ini dapat diselesaikan seperti halnya dengan rangkaian AC seri yang sederhana, karena tidak terdapat cabang paralel, arus pada ujung-ujung pengirim dan penerima akan sama besarnya:

$$I_s = I_r$$

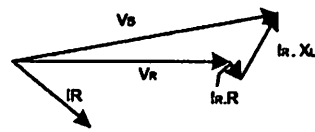
Tegangan pada ujung pengirim:

$$V_s = V_r + I_r.Z$$

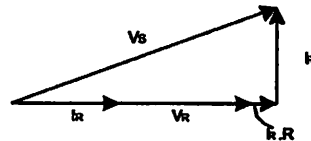
$$\text{Persen Regulasi} = \frac{[V_{R \cdot NL}] - [V_{R \cdot FL}]}{[V_{R \cdot FL}]} \times 100$$

Dimana  $[V_{R \cdot NL}]$  adalah besarnya tegangan pada ujung penerima dalam keadaan tanpa beban dan  $[V_{R \cdot FL}]$  adalah besarnya tegangan pada ujung penerima dengan beban penuh dan  $[Vs]$  konstan. Sesudah beban pada suatu saluran transmisi pendek yang dipresentasikan oleh rangkaian dalam gambar 2.2 dilepaskan tegangan pada ujung penerima akan sama dengan tegangan pada ujung pengirim. Pada gambar 1 dengan beban terhubung, tegangan ujung penerima ditunjukkan dengan  $V_r$ , dan  $[V_r] = [V_{R \cdot FL}]$  tegangan ujung pengirim adalah  $[Vs] = [V_{R \cdot NL}]$ . Diagram fasor pada gambar 1 digambar untuk besar tegangan dan arus penerima yang sama, dan terlihat bahwa diperlukan suatu tegangan ujung pengirim yang lebih besar untuk mempertahankan suatu tegangan penerima tertentu jika arus dan tegangan tersebut sefasa suatu tegangan pengirim yang lebih kecil diperlukan untuk mempertahankan tegangan penerima tertentu jika arus penerima mendahului tegangannya, jatuh tegangan dalam impedansi seri saluran adalah sama untuk semua hal. Karena faktor daya yang berlainan jatuh tegangan ditambahkan ke tegangan ujung penerima dengan sudut-sudut yang berbeda pada setiap keadaan. Regulasi adalah yang terbesar untuk faktor daya yang tertinggal dan paling kecil atau bahkan negatif, untuk faktor daya yang mendahului. Reaktansi induktif suatu saluran transmisi lebih besar daripada resistansinya dan prinsip regulasi yang digambarkan pada gambar 1 adalah benar untuk setiap beban yang dicatu oleh suatu rangkaian yang sebagian besar bersifat induktif. Hubungan antara faktor daya dan regulasi untuk saluran-saluran yang lebih

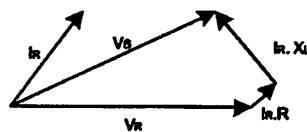
panjang sebenarnya serupa saja dengan saluran yang pendek, tetapi hal ini tidak dapat dibayangkan dengan mudah.



(a) Faktor Daya beban = 70% tertinggal



(b) Faktor Daya beban = 100%



(c) Faktor Daya beban = 70% mendahului

**Gambar 2.3. Fasor rangkaian**

### b. Saluran Transmisi Menengah

Parameter yang ada pada saluran jarak menengah yaitu admitansi shunt yang biasanya merupakan kapasitansi murni dan dimasukkan dalam perhitungan-perhitungan untuk saluran jarak menengah. Jika keseluruhan admitansi shunt saluran dibagi dua sama besar dan ditempatkan masing-masing pada ujung pengirim dan ujung penerima, rangkaian yang terbentuk dinamakan suatu  $\pi$  nominal. Untuk mendapatkan suatu rumus untuk  $V_s$  bahwa arus dalam kapasitansi

pada ujung penerima adalah  $V_r \frac{Y}{2}$ . Dan arus dalam cabang seri adalah  $I_r + V_r \frac{Y}{2}$

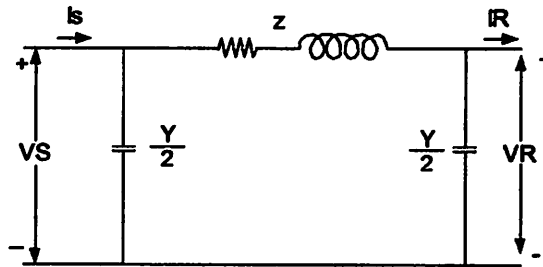
maka:

$$V_s = (V_r \frac{Y}{2} + I_r)Z + V_r$$

$$V_s = (\frac{ZY}{2} + 1)V_r + ZI_r$$

untuk menurunkan  $I_s$  perlu diperhatikan bahwa arus dalam kapasitansi shunt pada ujung pengirim adalah  $V_s \frac{Y}{2}$  yang dengan ditambahkan pada arus dalam cabang seri memberikan

$$I_s = V_s \frac{Y}{2} + V_r \frac{Y}{2} + I_r$$



**Gambar 2.4. Rangkaian Nominal Suatu Saluran Transmisi Jarak Menengah**

### **b.1. Gangguan Pada Jaringan Jarak Menengah**

Yang dimaksud dengan gangguan adalah suatu kejadian yang mengakibatkan terputusnya pasokan tenaga listrik ke daerah-daerah yang dipasok melalui penyulang tersebut. Secara umum gangguan pada jaringan tegangan menengah dapat dibedakan menjadi:

1. Gangguan pada peralatan di jaringan tegangan menengah, gangguan ini bisa disebabkan oleh kerusakan kabel instalasi gardu terminal.
2. Gangguan akibat penyulang lain simpatitik tripping, pada keadaan ini penyulang yang trip lebih dari satu, untuk menentukan penyulang yang terganggu didasarkan pada indikasi rele proteksi yang muncul. Bila indikasi rele yang muncul adalah OC(Over Current) dan EF(Earth Fault)) maka dapat dipastikan penyulang tersebut terganggu. Bila indikasi rele yang muncul EF, maka bisa dikatakan itu adalah simpatitik tripping.

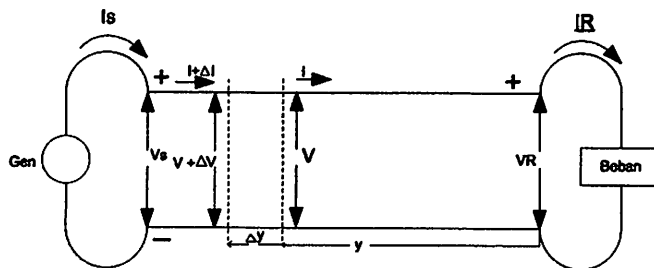
3. Gangguan akibat kesalahan manusia. Gangguan ini bisa diakibatkan oleh kelalian akibat mengoperasikan peralatan tidak sesuai dengan prosedur.
4. Gangguan Temporer gangguan ini bersifat sementara dan biasanya disebabkan oleh dahan-dahan pada pohon atau lain-lain yang sifatnya sementara dan biasanya penyebab ini langsung hilang.

### **c. Saluran Transmisi Panjang.**

Untuk perhitungan saluran yang panjangnya kira-kira lebih dari 150 mil, dimana diperlukan ketelitian yang tinggi, dalam melakukan perhitungan kita harus memperhitungkan parameter-parameter yang ada pada saluran. Gambar 2.5 memperlihatkan satu fasa dan hubungan netral suatu saluran tiga fasa disini memang tidak terlihat parameter terpusat. Diagram yang sama juga mempresentasikan suatu saluran fasa tunggal, jika impedansi seri saluran itu adalah impedansi keseluruhan dari saluran fasa tunggal tersebut dan bukannya impedansi seri per fasa untuk saluran tiga fasa, sedangkan admitansi shunt adalah admitansi shunt antar saluran fasa tunggal itu dan bukannya admitansi ke netral pada saluran tiga fasa.

Analisa suatu unsur yang sangat kecil dalam saluran dan kita hitung beda tegangan dan arus di antara kedua ujung unsur tersebut, misal  $y$  adalah jarak yang diukur dari ujung penerima saluran ke unsur kecil saluran itu, sedangkan  $\Delta y$  adalah panjang unsur itu. Maka  $z \Delta y$  adalah impedansi dari sepanjang unsur saluran itu, dan  $x \Delta y$  adalah admitansi shunt, tegangan terhadap netral pada ujung unsur pada sisi beban adalah  $V$ , dan  $V$  adalah rumus kompleks tegangan rms yang besar dan yang besar dan fasanya berubah dengan jarak sepanjang saluran. Tegangan pada ujung unsur pada sisi generator adalah  $V + \Delta V$ . Kenaikan tegangan

disepanjang unsur saluran dengan arah  $y$  yang meningkat adalah  $\Delta V$  yang merupakan tegangan pada sisi generator dikurangi dengan tegangan pada sisi beban



**Gambar 2.5. Suatu Rangkaian Saluran Transmisi Yang Menunjukkan Satu Fasa dan Jalur Kembali Netral**

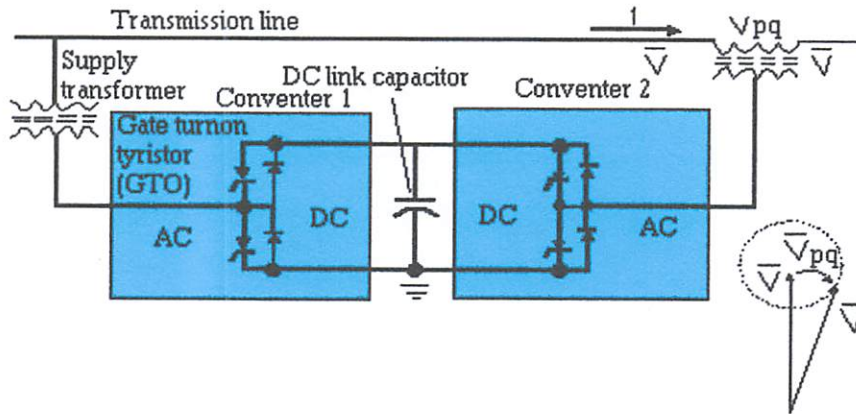
## 2.2. Peralatan Kompensasi dalam Sistem Tenaga Listrik

### 2.2.1. Unified Power Flow Controller (UPFC)

UPFC merupakan susunan khusus dua sumber tegangan sinkron, yang satu terhubung seri dan satunya lagi terhubung shunt. Rangkaian ini berfungsi sebagai konverter daya AC ke AC ideal. Dimana daya aktif dengan beban dapat mengalir dalam dua arah antara terminal-terminal AC kedua inverter dan setiap inverter dapat membangkitkan atau menyerap secara independen daya reaktif pada terminal output ACnya. Susunan ini dapat memberikan efek pengaturan tegangan, impedansi, dan sudut fasa secara bersamaan ataupun salah satunya, parameter-parameter yang dipilih untuk pengaturan dapat diubah tanpa ada perubahan perangkat keras, misalnya kompensasi reaktif seri dapat diganti dengan pengaturan sudut fasa atau sebaliknya.

UPFC menggunakan dua buah inverter bersumber tegangan yang beroperasi dari sebuah common DC link kapasitor. UPFC ini ditunjukkan secara skematik

pada gambar 2.6. inverter 2 dalam susunan tersebut digunakan untuk membangkitkan tegangan  $V_{pq}$  pada frekwensi dasar dengan amplitudo ( $0 \leq \gamma_{pq} \leq V_{max}$ ) dan sudut fasa ( $0 \leq \gamma_{pq} \leq 2\pi$ ) yang berubah-ubah, yang ditambahkan ke tegangan terminal sistem AC oleh transformator kopling seri.



**Gambar 2.6. Unified Power Flow Controller (UPFC)**

Tegangan injeksi ini pada dasarnya dapat dianggap sebagai sumber tegangan AC sinkron. Arus saluran transmisi yang mengalir melalui sumber tegangan ini akan menghasilkan pertukaran daya reaktif antara sumber tegangan tersebut dengan sistem AC. Daya aktif yang ditukarkan pada terminal AC (yaitu pada terminal insetion transformer) diubah menjadi daya DC. Daya DC ini muncul di DC link sebagai permintaan daya positif dan negative. Daya reaktif yang dipertukarkan di terminal AC dibangkitkan secara internal oleh inverter. Rating VA sumber tegangan injeksi (yaitu rating inverter 2) ditentukan oleh hasil perkalian tegangan injeksi dan arus saluran maksimum.

Inverter 1 (terhubung shunt dengan sistem AC melalui transformator kopling) digunakan terutama untuk menyediakan daya aktif inverter 2 pada terminal common DC link. Inverter 2 sendiri dapat membangkitkan atau menyerap daya reaktif pada terminal ACnya. Sehingga dengan control-control



yang tepat inverter ini dapat menyediakan kompensasi daya reaktif untuk saluran transmisi dan melaksanakan pengaturan tegangan secara tak langsung pada terminal input UPFC.

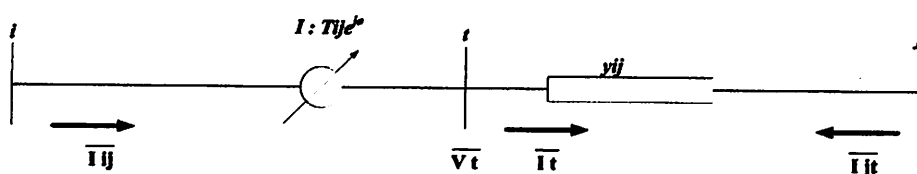
### 2.3. Pemodelan UPFC pada Saluran Transmisi

#### 2.3.1. Phase Shifter

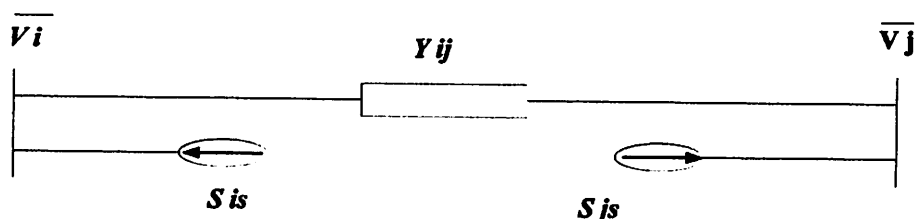
Model injeksi daya yang digunakan untuk mempresentasikan Phase Shifter, tidak sama dengan model phase shifter secara umum, yang mana didasarkan transformator phase shifter, model berdasarkan UPFC yaitu perubahan tap tidak terikat oleh pergeseran fasa, sehingga sudut dan besar tegangan dapat diatur secara terpisah. Rangkaian ekivalennya diberikan pada gambar 2.7

$$\begin{aligned}
 P_{ij} &= V_i^2 T_{ij}^2 g_{ij} - V_i V_j T_{ij} (g_{ij} \cos(\theta_{ij} + \phi) + b_{ij} \sin(\theta_{ij} + \phi)) \\
 Q_{ij} &= -V_i^2 T_{ij}^2 b_{ij} - V_i V_j T_{ij} (g_{ij} \sin(\theta_{ij} + \phi) + b_{ij} \cos(\theta_{ij} + \phi)) \\
 P_{ji} &= V_j^2 g_{ij} - V_i V_j T_{ij} (g_{ij} \cos(\theta_{ij} + \phi) + b_{ij} \sin(\theta_{ij} + \phi)) \\
 Q_{ji} &= V_j^2 b_{ij} + V_i V_j T_{ij} (g_{ij} \sin(\theta_{ij} + \phi) + b_{ij} \cos(\theta_{ij} + \phi))
 \end{aligned} \tag{2.1}$$

Dimana:



Gambar 2.7. Rangkaian ekivalen pengontrol aliran daya



Gambar 2.8. Model injeksi daya

$$\begin{aligned}
y_{ij} &= g_i + jb_{ij} \\
\bar{V}_i &= V_i e^{j\theta_i} \\
\theta_{ij} &= \theta_i - \theta_j
\end{aligned} \tag{2.2}$$

Efek dari penginjeksian daya pada kedua bus percabangan pada gambar 2.8. dan model dasar secara umum penginjeksian daya pada UPFC akan diberikan pada persamaan di bawah ini (dengan nilai  $g_{ij}$  jauh lebih kecil dari nilai  $b_{ij}$ )

$$\begin{aligned}
P_{is} &= b_{ij} V_i V_j (T_{ij} \sin(\theta_{ij} + \phi) - \sin \theta_{ij}) \\
Q_{ij} &= b_{ij} [V_i^2 (V_j (T_{ij}^2 - 1) - V_i V_j (T_{ij} \cos(\theta_{ij} + \phi) - \cos \theta_{ij}))] \\
P_{js} &= -b_{ij} V_i V_j (T_{ij} \sin(\theta_{ij} + \phi) - \sin \theta_{ij}) \\
Q_{is} &= -b_{ij} V_i V_j (T_{ij} \cos(\theta_{ij} + \phi) - \cos \theta_{ij})
\end{aligned} \tag{2.3}$$

Penginjeksian daya pada kedua cabang saluran transmisi pada gambar 2.8 akan digunakan persamaan aliran daya. Oleh karena itu daya yang diinjeksikan ini dapat dianggap sebagai beban atau pembangkitan pada bus I dan j. Diantara tiap literasi persamaannya adalah:

$$\begin{aligned}
0 &= P_{gi} + P_{is} - P_{di} - V_i \sum_{j \in N_i} V_j (G_{ij} \cos \theta_{ij} + B_{ij} \sin \theta_{ij}) \\
& \qquad \qquad \qquad i \in N_{B-1} \\
0 &= Q_{gi} + Q_{is} - Q_{di} - V_i \sum_{j \in N_i} V_j (G_{ij} \sin \theta_{ij} + B_{ij} \cos \theta_{ij}) \\
& \qquad \qquad \qquad i \in N_{PQ}
\end{aligned} \tag{2.4}$$

Dimana:

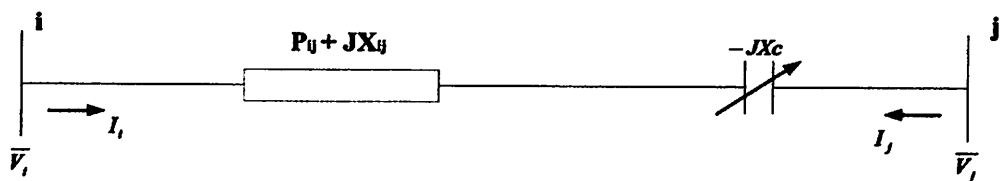
$N_i$  = set dari nomor bus yang berbatasan dengan bus i, termasuk bus i

$N_{B-1}$  = set dari nomor bus total, termasuk slack bus

$N_{PQ}$  = set dari nomor bus PQ

### 2.3.2 Kompensator seri

Pada dasarnya kapasitor seri yang digunakan sebagai kompensator seri adalah untuk mengkompensasi reaktansi induktif dari suatu saluran, sehingga dengan demikian menaikkan limit daya statis atau menaikkan stabilitas saluran. Dengan dipasangnya kapasitor seri pada saluran transmisi maka reaktansi berubah  $X - X_c$ , dimana reaktansi kapasitif dari kapasitor seri. Kompensasi seri yang terlihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.9. Kompensator Seri

### 2.4. Algoritma Genetika

Algoritma Genetika merupakan metode adaptive yang bisa digunakan untuk memecahkan suatu pencarian nilai dalam sebuah masalah optimasi. Algoritma ini didasarkan pada proses genetic yang ada dalam makhluk hidup yaitu perkembangan generasi dalam sebuah populasi yang alami, secara lambat laun mengikuti prinsip seleksi alam “siapa yang kuat, dia yang bertahan” dengan meniru proses ini, algoritma genetika dapat digunakan untuk mencari solusi permasalahan-permasalahan dari dunia nyata.

Algoritma Genetika ditemukan oleh John Holland pada awal tahun 1970 yang dilandasi oleh sifat-sifat evolusi alam. Holland percaya bahwa ini sangat cocok digabungkan dalam sebuah algoritma computer, menghasilkan sebuah teknik penyelesaian untuk permasalahan-permasalahan yang sulit dengan langkah

alami yaitu melalui evolusi. John Holland mulai bekerja dengan algoritma yang dibentuk dari string-string biner 1 dan 0 yang disebut *kromosom*. Seperti halnya alam, algoritma ini menyelesaikan permasalahan-permasalahan dengan menemukan kromosom-kromosom yang baik dengan memanipulasi materi dan sifat (gene) kromosom-kromosom. Algoritma ini tidak mengetahui tipe permasalahan yang akan diselesaikan. Hanya informasi yang telah diberikan dari evaluasi berupa fitness setiap kromosom dengan nilai fitness terbaik yang bertahan hidup dan selalu diproduksi.

Sebelum algoritma dijalankan, maka sebuah kode yang sesuai(representasi) untuk persoalan harus dirancang. Titik solusi dalam ruan permasalahan dikodekan dalam bentuk kromosom/string yang terdiri dari komponen genetic terkecil yaitu gen. pemakaian bilangan seperti integer, floating point dan abjad sebagai allele (nilai gen) memungkinkan penerapan operator genetika yaitu proses produksi (reproduction), pindah silang (crossover), mutasi (mutation) untuk menciptakan himpunan titik-titik solusi. Untuk memeriksa hasil optimasi, kita membutuhkan fungsi fitness yang menandakan gambaran hasil (solution) yang sudah dikodekan. Selama proses, induk harus digunakan untuk reproduksi, pindah silang dan mutasi untuk menciptakan keturunan (offspring). Jika algoritma genetika didesain dengan baik, populasi akan mengalami konvergensi dan akan mendapatkan sebuah solusi yang optimum.

Algoritma genetika memiliki empat dasar kerja yaitu:

1. Bekerja dengan mengkodekan parameter-parameter permasalahan dan tidak bekerja secara langsung dengan parameter-parameter tersebut.

2. Mencari solusi masalah dari sejumlah populasi kandidat solusi, tidak hanya memproses satu solusi saja.
3. Hanya memperhitungkan fungsi fitness setiap kandidat solusi untuk mendapatkan hasil optimum global.
4. Menggunakan aturan transisi secara probabilistik bukan deterministik.

#### 2.4.1. Istilah-Istilah Algoritma Genetika

Algoritma genetika menggunakan mekanisme genetika yang ada pada proses alami dan sistem buatan. Istilah-istilah yang digunakan adalah gabungan dari dua disiplin ilmu, yaitu biologi dan ilmu komputer. Mitsuo gen dan runwei cheng (1997) menjelaskan istilah-istilah yang digunakan dalam algoritma genetika sebagai berikut:

**Tabel 2.1. Istilah yang digunakan dalam algoritma genetika**

<b>Istilah</b>	<b>Keterangan</b>
Kromosom	Individu berupa segmen string yang sudah ditentukan
Gen	Bagian dari string
Loci	Posisi dari gen
Allele	Nilai yang dimasukkan dalam gen
Phenotype	String yang merupakan solusi terakhir
Genotype	Sejumlah string hasil perkawinan yang berpotensi sebagai solusi

Terdapat beberapa penentuan parameter yang digunakan dalam algoritma genetika. Parameter tersebut digunakan untuk melihat kompleksitas dari algoritma genetika, parameter yang digunakan tersebut adalah:

#### **Penentuan Parameter**

Parameter adalah parameter kontrol algoritma genetika, yaitu :

ukuran populasi (popsize), peluang crossover (pc) dan

peluang mutasi (pm).

### **Rekomendasi menentukan nilai parameter :**

1. Untuk permasalahan yang memiliki kawasan solusi cukup besar, De Jong merekomendasikan nilai parameter :

$$(\text{popsize}; \text{pc}; \text{pm}) = (50; 0,6; 0,001)$$

2. Bila rata-rata fitness setiap generasi digunakan sebagai indikator, maka Grefenstette merekomendasikan :

$$(\text{popsize}; \text{pc}; \text{pm}) = (30; 0,95; 0,01)$$

3. Bila fitness dari individu terbaik dipantau pada setiap generasi, maka usulannya adalah :

$$(\text{popsize}; \text{pc}; \text{pm}) = (80; 0,45; 0,01)$$

Ukuran populasi sebaiknya tidak lebih kecil dari 30, untuk sembarang jenis permasalahan

#### **2.4.2 Proses Algoritma Genetika**

Sangat perlu untuk mengetahui proses dalam algoritma genetika. Dibawah ini akan diuraikan mengenai hal itu, dimana uraian ini merupakan penjabaran dari algoritma genetika seperti penjelasan pada bagian berikut:

##### **A. pengkodean**

Langkah pertama kali yang dilakukan dalam penggunaan algoritma genetika adalah melakukan pengkodean atau representasi terhadap permasalahan yang akan dilakukan.

Secara umum algoritma genetika dibentuk serangkaian kromosom yang ditandai dengan  $x_i (i = 1, 2, \dots, N)$ . setiap elemen dalam kromosom ini adalah variabel

string yang disebut gen, berisi nilai-nilai atau allele. Variabel-variabel ini dapat dinyatakan dalam bentuk bilangan biner, bilangan real (*floating point*), integer, abjad. Pengkodean string biner merupakan pendekatan klasik digunakan dalam penelitian algoritma genetika karena sederhana. Meskipun representasi dengan cara ini menyulitkan untuk beberapa permasalahan optimasi, misalnya *graph colouring*. Digunakan teknik pengkodean lain seperti representasi real number (*floating point*), representasi *order-based* (untuk *bin-patching*, *graph colouring*), *embedded list* (untuk permasalahan penjadwalan (*sceduling*), *variable element list* (untuk semi konduktor layout), dan even *LISP S-expressions*.

Selanjutnya beberapa kromosom dibentuk dan berkumpul membentuk populasi. Populasi inilah awal bagi Algoritma Genetika untuk awal melakukan pencarian.

## **B. Fungsi Fitness ( Fungsi Evaluasi)**

Dalam algoritma genetika, sebuah fungsi fitness  $f(x)$  harus dirancang untuk masing-masing permasalahan yang akan diselesaikan. Dengan menggunakan kromosom tertentu, fungsi obyektif atau fungsi evaluasi akan mengevaluasi status masing-masing kromosom. Setiap gen  $x_i (i = 1, 2, \dots, N)$  dipergunakan untuk menghitung  $f_k(x) (k = 1, 2, \dots, \text{POPSIZE})$

Pada permulaan optimasi, biasanya nilai fitness masing-masing individu masih mempunyai rentang yang lebar. Seiring dengan bertambah besar generasi, beberapa kromosom mendominasi populasi dan mengakibatkan rentang nilai fitness semakin mengecil. Hal ini dapat mengakibatkan konvergensi dini (*premature convergence*).

### **C. Seleksi**

Pada Algoritma Genetika terdapat proses seleksi yaitu proses pemilihan kromosom yang akan di-*crossover*-kan dengan kromosom dari individu lain. Masalah yang paling mendasar pada proses ini adalah bagaimana proses penyeleksiannya. Menurut teori Darwin proses seleksi individu adalah : “*individu terbaik akan tetap hidup dan menghasilkan keturunan*”. Pada proses seleksi ini dapat menggunakan banyak metode seperti *rouleete wheel selection*, *rank selection*, *elitism*, dan lain sebagainya.

#### **❖ Roulette Wheel Selection**

Dimana setiap individual memiliki harga fitness sehingga didapatkan probabilitas individual tersebut dicopykan pada populasi yang baru. Untuk individual yang memiliki probabilitas 20% untuk jumlah populasi maka kemungkinan individual tersebut dapat terpilih sebanyak dua kali.

Adapun algoritma dari *roulette-wheel* adalah sebagai berikut :

1. menjumlahkan fitness dari seluruh anggota populasi.
2. membangkitkan nilai  $k$ , suatu nilai random antara 0 dan total fitnessnya.
3. menjumlahkan fitness dari kromosom-kromosom dari populasi mulai 0 hingga total fitness lebih besar atau sama dengan nilai  $k$  lalu ambil kromosom tersebut.

#### **❖ Rank Selection**

Apabila fitness yang dimiliki oleh suatu kromosom dalam populasi berbeda terlalu jauh dari kromosom lainnya maka hal ini dapat menjadi permasalahan. Misalnya bila kromosom terbaik mempunyai fitness yang menyebabkan besarnya

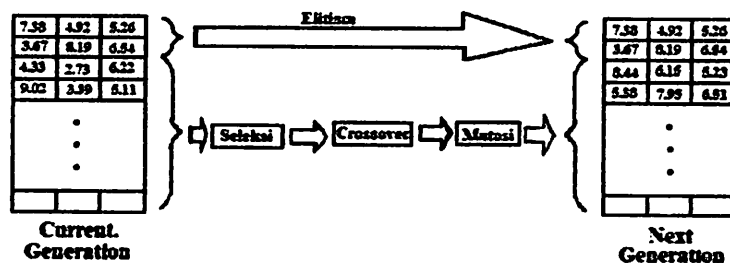


tempat yang dimilikinya dalam roulette wheel sebesar 90% maka kromosom-kromosom yang lain akan mempunyai peluang yang terlalu kecil untuk diseleksi.

Rank selection pertama kali meranking populasi dan kemudian setiap kromosom diberi nilai fitness baru berdasarkan hasil ranking tersebut. Yang pertama akan mempunyai *fitness 1*, yang kedua akan mempunyai *fitness 2* dan seterusnya sampai yang terakhir mempunyai *fitness N*. dengan demikian semua kromosom akan mempunyai peluang untuk diseleksi.

### 2.4.3. Elitism

Selama membuat populasi baru dengan crossover dan mutasi, kemungkinan akan terjadi kehilangan kromosom terbaik (best / few best). Elitism adalah metode yang pertama kali meng-copy-kan kromosom terbaik (best / few best) kedalam populasi baru. Sisanya dikerjakan dengan cara biasa, yaitu melalui seleksi, crossover dan mutasi. Elitism dapat secara cepat meningkatkan performansi dari Algoritma Genetika karena elitism menghindarkan hilangnya hilangnya solusi terbaik (best / few best) yang telah ditemukan. Ilustrasi kerja operator ini dapat digambarkan seperti pada gambar 2.10.



**Gambar 2.10 Pembentukan Next Generation dalam Algoritma Genetika**

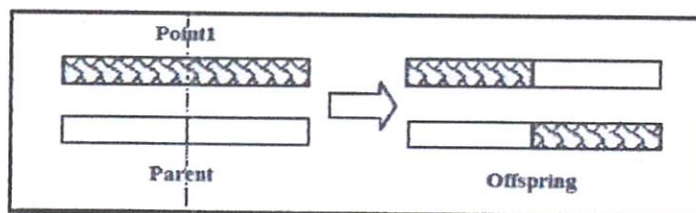
Sumber Mitsuo Gen, Runwei Cheng, "Genetic Algorithm And Engineering Design", (John Wiley & Son, Inc., 1994) p-7

#### 2.4.4. Crossover (Pindah Silang)

Fungsi dari crossover adalah menghasilkan kromosom anak dari kombinasi materi-materi gen dua kromosom induk. Cara kerjanya dengan membangkitkan sebuah nilai random  $r_k$  dimana  $k = 1, 2, \dots, \text{POPSIZE}$ . Probabilitas crossover ( $P_c$ ) ditentukan dan digunakan untuk mengendalikan frekuensi operator crossover. Apabila nilai  $r_k < P_c$  maka kromosom ke- $k$  terpilih untuk mengalami crossover.

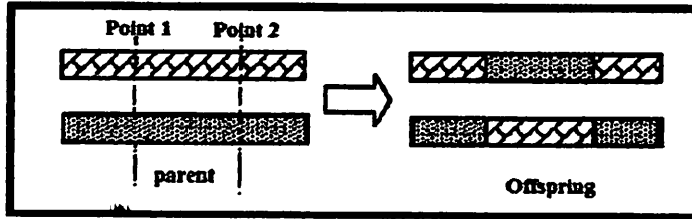
Crossover yang paling sederhana adalah one point crossover. Posisi titik persilangan (point) ditentukan secara random pada range satu sampai panjang kromosom. Kemudian nilai *offspring* diambil dari dua parent tersebut dengan batas titik persilangan tersebut. Ilustrasi kerja operator ini digambarkan seperti pada gambar 2.11.

Kemudian ditingkatkan lagi dengan menggunakan two point crossover. Penentuan posisi titik persilangan sama seperti sama seperti one point crossover sebelumnya. Pemilihan secara random dilakukan 2 kali. Kemudian nilai *offspring* diambil dari dua parent tersebut dengan batas dua titik persilangan tersebut. Ilustrasi kerja operator ini digambarkan seperti pada gambar 2.11.



**Gambar 2.11. Ilustrasi operator dengan *One Point Crossover***

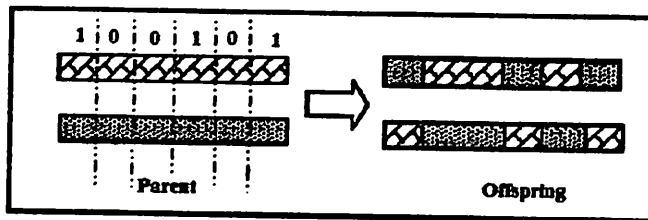
Sumber : Mitsuo Gen, Runwei Cheng. "Genetic Algorithm And Engineering Design", (John Wiley & Son, Inc., 1994) p-7



**Gambar 2.12. Ilustrasi operator dengan *Two Point Crossover***

Sumber Mitsuo Gen, Runwei Cheng, "Genetic Algorithm And Engineering Design", (John Wiley & Son, Inc., 1994 ) p-7

Untuk crossover uniform dibangkitkan suatu nilai random 0 dan 1 sepanjang jumlah kromosom untuk nilai loci. Jika nilai yang dibangkitkan mempunyai nilai 1 maka allele parent 2 dan offspring 2 untuk loci tersebut diambil dari allele parent 1 dan offspring 2 untuk loci tersebut diambil dari allele parent 2. Ilustrasi kerja operator ini digambarkan seperti pada gambar 2.13.



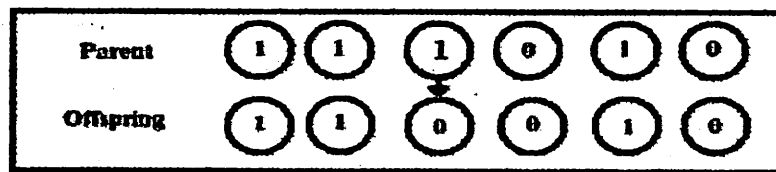
**Gambar 2.13. Ilustrasi operator *crossover* dengan *uniform crossover***

Sumber : Mitsuo Gen, Runwei Cheng *Genetic Algorithm And Engineering Design*", (John Wiley & Son, Inc., 1994) p-7

### 2.4.5. Mutation (Mutasi)

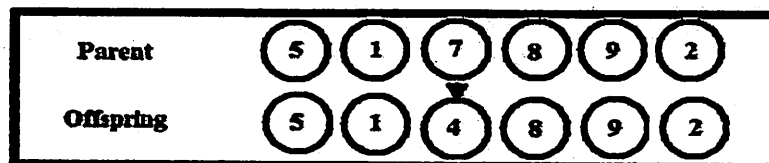
Operator mutasi digunakan untuk memodifikasi satu atau lebih nilai gen dalam satu individu. Cara kerjanya dengan membangkitkan sebuah nilai random  $r_k$  dimana  $k = 1, 2, \dots, NVAR$  (panjang kromosom). Probabilitas mutasi ( $P_m$ ) ditentukan dan digunakan untuk mengendalikan frekuensi operator mutasi. Apabila nilai random  $r_k < P_m$  maka gen ke- $k$  kromosom tersebut terpilih untuk mengalami mutasi. Mutasi dengan mengganti gen 0 dengan 1 atau sebaliknya gen

1 dengan 0. Biasanya disebut flip yaitu membalik nilai ke 1 atau 1 ke 0. Ilustrasi kerja operator untuk representasi string biner digambarkan pada gambar 2.14. Untuk bentuk representasi integer atau floating point, atau selain string biner, seperti gambar 2.14, proses mutasi terjadi apabila nilai  $r_k < P_m$  memenuhi maka gen ke-k digantikan oleh suatu nilai random yang dibangkitkan pada range tertentu sesuai dengan pembentukan populasi awal.



**Gambar 2.14, ilustrasi operator mutasi untuk representasi string biner**

Sumber : Mitsuo Gen, Runwei Cheng, " *Genetic Algorithm And Engineering Design*". (John Wiley & Son. Inc., 1994) p-7



**Gambar 2.15. ilustrasi operator mutasi untuk representasi integer**

Sumber : Mitsuo Gen, Runwei Cheng, " *Genetic Algorithm And Engineering Design*", (John Wiley & Son, Inc., 1994) p-7

Untuk kromosom induk seperti gambar 2.15 diatas yaitu 5-1-7-8-9-2, proses mutasi adalah dibangkitkan sebuah nilai random  $r_k$ , [ $k = 1 \dots NVAR$ ]. Misalkan pada saat  $k = 3$  nilai  $r_3 < P_m$  maka gen ke-3 yang bernilai 7 akan bermutasi dengan gen basil random pada range  $\{1 \dots x\}$  dan diperoleh nilai 4. Maka bentuk kromosom barunya adalah 5-1-4-8-9-2. Dimana x adalah nilai sembarang integer.

Fungsi dan operator mutasi adalah untuk menghindari agar solusi masalah yang diperoleh bukan merupakan solusi optimum lokal. Seperti halnya

pada operator crossover, tipe dan implementasi dari operator mutasi bergantung pada jenis pengkodean dan permasalahan yang dihadapi. Seberapa sering mutasi dilakukan dinyatakan dengan suatu probabilitas mutasi, Prm. Posisi elemen pada kromosom yang akan mutasi ditentukan secara random. Mutasi dikerjakan dengan cara melakukan perubahan pada elemen tersebut.

## 2.5. Analisis Aliran Daya

### 2.5.1. Metode Newton Raphson

Secara matematis persamaan aliran daya dapat diselesaikan dengan menggunakan koordinat rectangular'koordinat polar atau bentuk hybrid. Dalam pembahasan skripsi ini memakai persamaan aliran daya Newton Raphson yang menggunakan koordinat polar.

Persamaan daya aktif dan reaktif pada bus  $i$  adalah :

$$P_i = \sum_{k=1}^n |V_i V_k V_{ik}| \cos(\delta_i - \delta_k - \delta_{ik}) \dots\dots\dots(3.1)$$

$$Q_i = \sum_{k=1}^n |V_i V_k V_{ik}| \sin(\delta_i - \delta_k - \delta_{ik}) \dots\dots\dots(3.2)$$

Kedua persamaan (3.1) dan (3.2) di atas akan menghasilkan suatu kumpulan persamaan yang tidak linier untuk setiap simpul sistem tenaga listrik.

Untuk mengetahui magnitude tegangan ( $|V|$ ) dan sudut fasa ( $\delta$ ) disetiap simpul dapat diselesaikan dengan menggunakan persamaan diatas yang dilinierkan dengan metode Newton Raphson dibawah ini :

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H & N \\ M & L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |V| \end{bmatrix} \dots\dots\dots(3.3)$$

dimana:

$\Delta P$  : Selisih injeksi netto daya aktif dengan jumlah aliran daya aktif tiap saluran yang menghubungkan simpul dengan  $|V|$  yang didapat dari perhitungan iterasi ke-k.

$\Delta Q$  : selisih injeksi netto daya reaktif dengan jumlah aliran daya reaktif tiap saluran yang menghubungkan simpul dengan  $|V|$  yang didapat dari perhitungan iterasi ke-k.

$\Delta \delta$  : Vektor koreksi sudut fasa tegangan

$\Delta |V|$  : Vektor koreksi magnitudo tegangan

H, L, M, N merupakan elemen-elemen off diagonal dan diagonal dari submatrik Jacobian yang dibentuk dengan mendefinisikan persamaan (3.1) dan (3,2)

Dimana:

$$H_{ik} = \frac{\partial P_i}{\partial \delta_k} \qquad N_{ik} = \frac{\partial P_i}{\partial |V_k|}$$

$$M_{ik} = \frac{\partial Q_i}{\partial \delta_k} \qquad L_{ik} = \frac{\partial Q_i}{\partial |V_k|}$$

Adapun rumus dari elemen matrik Jacobian adalah:

Untuk H :

$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_k} = |V_i V_k V_{ik}| \cos(\delta_i - \delta_k - \delta_{ik}) \qquad i \neq k \dots\dots\dots(3.4)$$

$$\frac{\partial Q_i}{\partial \delta_k} = \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^n |V_i V_k V_{ik}| \sin(\delta_i - \delta_k - \delta_{ik}) \dots\dots\dots(3.5)$$

Untuk N :

$$\frac{\partial P_i}{\partial |V_k|} = |V_i V_k V_{ik}| \cos(\delta_i - \delta_k - \delta_{ik}) \qquad i \neq k \dots\dots\dots(3.6)$$

$$\frac{\partial P_i}{\partial |V_k|} = 2|V_i Y_{ii}| \cos \theta_{ii} + \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^n |V_i Y_{ik}| \cos(\delta_i - \delta_k - \delta_{ik}) \dots\dots\dots(3.7)$$

Untuk M :

$$\frac{\partial Q_i}{\partial \delta_k} = |V_i V_k V_{ik}| \cos(\delta_i - \delta_k - \delta_{ik}) \quad i \neq k \dots\dots\dots(3.8)$$

$$\frac{\partial Q_i}{\partial \delta_k} = - \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^n |V_i V_k V_{ik}| \sin(\delta_i - \delta_k - \delta_{ik}) \dots\dots\dots(3.9)$$

Untuk L :

$$\frac{\partial P_i}{\partial |V_k|} = |V_i V_k V_{ik}| \sin(\delta_i - \delta_k - \delta_{ik}) \quad i \neq k \dots\dots\dots(3.10)$$

$$\frac{\partial P_i}{\partial |V_k|} = 2|V_i Y_{ii}| \sin \theta_{ii} + \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^n |V_i Y_{ik}| \sin(\delta_i - \delta_k - \delta_{ik}) \dots\dots\dots(3.11)$$

Untuk menghitung selisih daya, maka mula-mula ditentukan harga awal tegangan simpul dan sudut fasanya, kemudian daya aktif dan reaktif dihitung dengan menggunakan persamaan (3.1) dan (3.2). Selisih daya antara daya yang telah ditentukan dengan daya hasil perhitungan ini merupakan perubahan daya yang terjadi pada simpul.

Magnitude tegangan dengan sudut fasa yang diasumsikan ( $|V|$ ) dan ( $\delta$ ) serta selisih daya yang dihitung ( $\Delta P_i$  dan  $\Delta Q_i$ ) digunakan untuk memperoleh elemen-elemen matrik Jacobian.

Persamaan (3.7) diselesaikan untuk menghitung vektor koreksi magnitude tegangan ( $\Delta |V|$ ) dan sudut fasa tegangan ( $\Delta \delta$ ) yang baru sehingga diperoleh harga magnitude tegangan dan sudut fasa yang baru :

Proses perhitungan akan berulang sampai selisih daya aktif dan reaktif antara yang dijadwalkan dan dihitung, yaitu  $\Delta P$  dan  $\Delta Q$  untuk semua simpul mendekati nilai toleransi atau proses perhitungan iterasi mencapai konvergen

### 2.5.2. Prosedur Aliran Daya Newtown Raphson

1. Tentukan nilai-nilai  $P_{i(\text{ditetapkan})}$  dan  $Q_{i(\text{ditetapkan})}$  yang mengalir kedalam sistem pada setiap rel untuk nilai yang ditentukan atau perkiraan dari besar dan sudut tegangan untuk iterasi pertama atau tegangan yang ditentukan paling akhir untuk iterasi berikutnya.
2. Hitung  $\Delta P$  pada setiap rel.
3. Hitung nilai-nilai Jacobian dengan menggunakan nilai-nilai perkiraan atau yang ditentukan dari besar dan sudut tegangan dalam persamaan untuk turunan parsial yang ditentukan dengan differensiasi persamaan (3.1) dan (3.2).
4. Balikan Jacobian itu dan hitung koreksi-koreksi tegangan  $\delta_k$  dan  $\Delta|V_k|$  pada Setiap rel.
5. Hitung nilai baru dari  $\delta_k$  dan  $|V_k|$  dengan menambahkan  $\delta_k$  dan  $\Delta|V_k|$  pada nilai sebelumnya.
6. Kembalilah ke langkah 1 dan ulangi proses itu dengan menggunakan nilai untuk besar dan sudut tegangan yang ditentukan paling akhir sehingga semua nilai  $\Delta P$  dan  $\Delta Q$  atau semua nilai  $\Delta\delta$  dan  $\Delta|V|$  lebih kecil dari suatu indeks ketetapan yang telah dipilih.



## **2.6. Adaptasi Algoritma Genetika Ke Masalah Penentuan Lokasi UPFC**

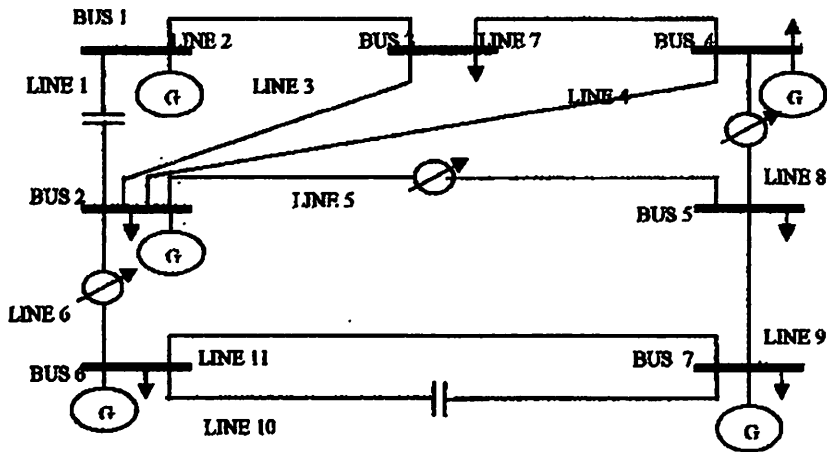
Algoritma Genetika pada mekanisme seleksi alam. Individu dari sebuah populasi dikodekan secara biner, Populasi pertama dibangkitkan secara random. Generasi baru dibuat dengan mengaplikasikan 3 operator berikut terhadap sebuah populasi yaitu : reproduksi, crossover, dan mutasi dimana reproduksi adalah proses yang tergantung pada fungsi tujuan (*objective function*).

Kita akan menentukan lokasi dan setting optimal UPFC pada sistem tenaga. Untuk itu kita tidak hanya mencari lokasinya dan setting UPFC saja, tetapi kita juga akan menghitung nilai/harganya juga.

### **2.6.1. Pengkodean**

Setiap konfigurasi yang memungkinkan ( lokasi, setting , dan nilai ) dari UPFC mewakili satu individu, yang terdiri dari 3 string. Setiap string terdiri atas karakter, dimana masing-masingnya adalah sebuah branch sistem tenaga.

String pertama adalah lokasi UPFC, yang menentukan ada tidaknya UPFC pada branch tersebut. String kedua adalah setting UPFC, yang menentukan apakah UPFC disetting sebagai Phase Shifter atau sebagai Kompensator Seri. String ketiga adalah nilai dari Phase Shifter dan Kompensator Seri. Gambar 2.16 berikut memberi contoh lokasi untuk 5 buah UPFC pada line 1,5,6,8,10 dimana pada line 1 dan 10 UPFC disetting sebagai Kompensator Seri sedangkan pada line 5,6 dan 8 UPFC disetting sebagai Phase Shifter.



**Gambar 2.16. Contoh Lokasi Untuk 5 Buah Upfc**

Dari gambar diatas, maka dapat kita kodekan menjadi sebagai berikut :

		0,5	0,3	1,0	0,1	0,4	value
	2	1	2	2	1		type
6	1	8	5	10			location

**Gambar 2.17. Pengkodean Sebuah Individu Dengan 5 Alat FACTS**

Sumber : Stephen Gerbex, Rachid Cherkaoui, And Alain J. Germond, "OPTIMAL LOCATION OF MULTITYPE FACTS DEVICES IN POWER SYSTEM BY MEANS OF GENETIC ALGORITHMS"

### 2.6.2 Populasi Awal

Untuk sebuah sistem tenaga, populasi awal dibangkitkan dari parameter – parameter berikut :

- $n_F$  Jumlah UPFC untuk penempatan
- Perbedaan setting UPFC pada lokasi
- $n_v$  Jumlah nilai yang memungkinkan untuk peralatan
- $n_l$  Jumlah individu dalam populasi

Untuk membuat suatu individu melalui tiga tahapan pertama. Set cabang  $n_F$  pada jaringan/line dipilih secara acak (random) dan diletakkan pada string pertama. Jenis pada cabang tidaklah penting dan perbedaan beberapa individu

mengijinkan konfigurasi setting alat UPFC yang sama. Setelah menggambar cabang dimana peralatan UPFC akan ditempatkan, kemudian tahap dua terdiri dari atribut pada karakteristik dari peralatan. String kedua menunjukkan setting peralatan diperoleh secara acak (random) menarik angka-angka diantara alat yang terpilih. Begitu juga, jika memutuskan untuk menempatkan jenis setting alat yang optimal string ini akan mempunyai karakter yang sama. Pengaturan nilai-nilai yang akhirnya secara acak (random) diantara  $n_v$  memungkinkan untuk memperoleh keseluruhan populasi awal operasi ini diulangi waktu  $n_i$ .

### 2.6.3 Reproduksi, crossover, dan mutasi

Generasi baru dibuat dari hasil yang diperoleh dari generasi sebelumnya. Untuk setiap individu, pertama kita menghitung dan menormalisasi nilai *objective function*. Semakin tinggi *objective function*nya maka individunya akan semakin baik.

6	1	8	5	10
7	3	11	10	6
10	7	2	8	4
9	11	4	5	1

**Gambar 2.18. Perhitungan Obyectif Function Untuk 4 Individu Populasi**

Sumber :Stephene Gerbex, Rachid Cherkaoui, And Alain J. Germond, "OPTIMAL LOCATION OF MULTI\_TYPE FACTS DEVIDES IN POWER SYSTEM BY MEANS OF GENETIC ALGORITHMS"

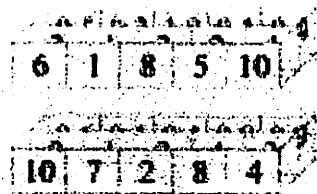
*Reproduksi, crossover, & mutasi* dilakukan secara bergantian. Kemudian 2 individu diambil secara acak. Probabilitas pengembalian 2 individu ini langsung berhubungan dengan nilai *objective function*nya. Penarikan ini dilakukan dengan metode *biased roulette wheel* seperti pada gambar 2.19 berikut :



**Gambar 2.19. Dasar *Roulette Wheel* digunakan untuk memilih individu untuk reproduksi**

Sumber : Stephene Gerbex, Rachid Cherkaoui, And Alain J. Germond, "OPTIMAL LOCATION OF MULTI\_TYPE FACTS DEVIDES IN POWER SYSTEM BY MEANS OF GENETIC ALGORITHMS"

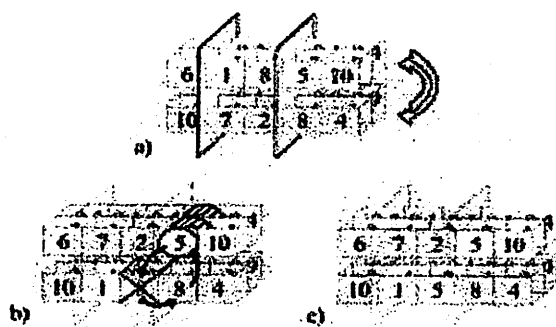
Gambar 2.20 menunjukkan reproduksi dari 2 individu populasi awal



**Gambar 2.20. Menunjukkan reproduksi dari 2 individu**

Sumber : Stephene Gerbex, Rachid Cherkaoui, And Alain J. Germond, "OPTIMAL LOCATION OF MULTI\_TYPE FACTS DEVIDES IN POWER SYSTEM BY MEANS OF GENETIC ALGORITHMS"

Proses crossover dapat dilakukan dengan probabilitas  $P_c$ . Pada proses ini, posisi untuk memotong ketiga string (lokasi, setting, & nilai) untuk kedua individu dipilih secara acak (random). Contohnya digambarkan sebagai berikut :



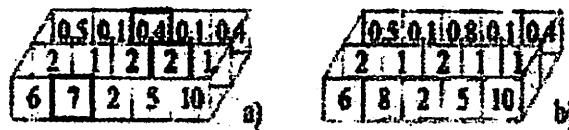
**Gambar 2.21. Crossover 2 buah individu pada posisi 5**

Sumber : Stephene Gerbex, Rachid Cherkaoui, And Alain J.Germond, "OPTIMAL LOCATION OF MULTI\_TYPE FACTS DEVIDES IN POWER SYSTEM BY MEANS OF GENETIC ALGORITHMS"

Proses mutasi dapat terjadi dengan probabilitas  $P_m$ . Untuk setiap individu & setiap posisi, kita ambil secara acak, terlepas apakah ia akan bermutasi atau tidak. Bila terjadi mutasi, UPFC dapat hilang, bertambah atau nilainya berubah.

Bila UPFC ada pada line tempat terjadinya mutasi, penarikan acak yang kedua dilakukan untuk menentukan apakah UPFC akan hilang atau nilainya akan berubah. Pada kemungkinan kasus yang sebaliknya, apabila UPFC tidak terdapat pada line tempat bermutasi terjadi, maka sebuah UPFC akan ditambah dan mempunyai harga/nilai yang diacak.

Gambar berikut menjelaskan kemungkinan terjadinya mutasi apabila terdapat UPFC pada line tempat terjadinya mutasi.



**Gambar 2.22. Contoh mutasi pada posisi 2 (line 7)**

Sumber : Stephene Gerbex, Rachid Cherkaoui, And Alain J.Germond, "OPTIMAL LOCATION OF FACTS DEVIDES AIN POWER SYSTEM USING GENETIC ALGORITHMS"

Selama proses *crossover & mutasi*, jumlah UPFC dapat berubah. Untuk itu sebuah test dilakukan untuk mengetahui apakah jumlah UPFC sesuai dengan yang diinginkan. Apabila tidak, maka individu tersebut akan dibuang.

Langkah-langkah diatas dilakukan berulang kali hingga jumlah individu dari generasi baru sama dengan jumlah pada generasi sebelumnya.

- **Objective Function**

*Objective Function* adalah parameter yang penting dalam Algoritma Genetika. Optimasi yang kita inginkan harus dipresentasikan secara matematis. Pemilihannya harus secara bijaksana.

*Objective Function* yang buruk tidak dapat menghasilkan individu yang Baik, dan tidak dapat mencapai optimasi yang kita inginkan.

## **2.7. Pengkaji Masalah**

Masalah yang dikaji adalah penggunaan optimal dari jaringan yang sudah ada. Biaya dari pemasangan dan pemeliharaan UPFC tidak termasuk dalam perhitungan *Objective Function*.

Kita tidak mencoba untuk menentukan keuntungan dengan pemasangan UPFC, tetapi kita hanya mencoba untuk mencari pengaruhnya terhadap sistem tenaga.

### **2.7.1. Pengguna Optimal Dari Jaringan Yang Sudah Ada**

Pada bahasan ini, kita mencoba untuk menunjukkan beberapa parameter, seperti kemampuan pembebanan & rugi daya, yang dapat membuat sistem menjadi lebih efisien.

### **2.7.2. Kemampuan Pembebanan Sistem**

Dengan memperhatikan kemampuan pembebanan sistem, kita mencoba menentukan nilai daya maksimum yang mampu disuplai tanpa kelebihan beban. Kita akan mencari lokasi dari sejumlah UPFC untuk meningkatkan kapasitas sistem tenaga. Untuk setiap UPFC kita mencari lokasi yang paling tepat dengan harga yang paling baik, dengan tetap menjaga sistem

*overload*. Apabila jumlah UPFC dinaikkan, hasil sebelumnya dengan  $\gamma$  lebih sedikit tidak termasuk dalam perhitungan. Dengan kata lain, UPFC dapat tidak muncul pada satu line, tetapi muncul pada line yang lain apabila jumlah UPFC dinaikkan. Sebuah beban dan daya generator naik dengan promosi yang sama. Rugi-rugi tambahan seiring dengan kenaikan daya yang ditransmisikan, disuplai oleh slack bus. Hanya daya yang dikirimkan ke konsumen yang dimasukkan kedalam perhitungan. Kita tidak memperhitungkan batas daya generator dan hanya mencari seberapa kuat jaringan transmisi mampu mentransfer daya.

*Objective Function* mampu menghilangkan konfigurasi UPFC yang dapat membuat line menjadi *overload*. Penghilangan harus proposional pada sejumlah line yang *overload* dan pada tingkatan *overload*. Bila sebuah konfigurasi mampu menjaga sistem tanpa *overload*, optimasi dilakukan dengan memperhatikan rugi daya, semakin kecil rugi daya maka semakin baik konfigurasi itu.

### **2.7.3. Meminimasi Rugi Daya**

Dalam hal ini, kita mencari lokasi, setting, nilai optimal dari nilai UPFC. Konfigurasi yang dikaji adalah konfigurasi pada sistem. *Objective function* harus menyesuaikan individu yang menyebabkan kerugian daya lebih kecil, menjaga line tanpa *overload*. Perbandingan antara individu didasarkan pada total rugi pada sistem.

### **2.7.4. Objective function**

*Objective function* dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu :

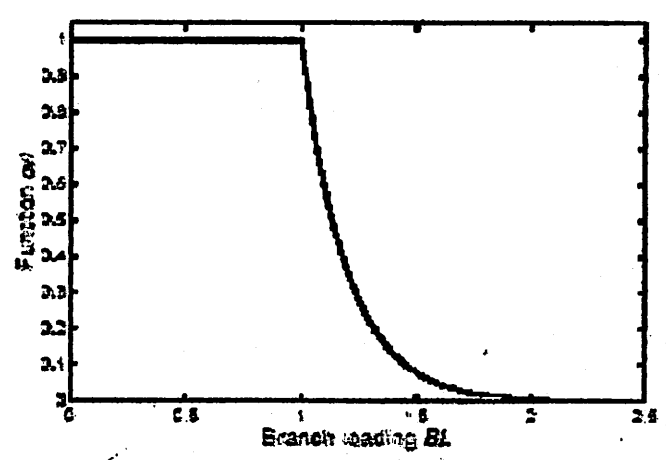
1. Fungsi ovl yang menghilangkan setiap overload line yang ditunjukkan persamaan (3.14) dan digambarkan pada gambar

$$ovl_i = \begin{cases} 1 & \text{when } BL_i \leq 1 \\ \exp[\lambda_{ovl}(1 - BL_i)] & \text{when } BL_i > 1 \end{cases} \dots\dots\dots(3.14)$$

dimana BL<sub>i</sub> adalah pembebanan branch I sehubungan dengan nilai dayanya.

$\lambda_{ovl}$  Adalah koefisien yang dinaikkan untuk mengatur gradient eksponensial.

Dengan cara ini,kita dapat mengontrol reproduksi dengan baik.



**Gambar 2.23. Fungsi ovl untuk branch ;dengan  $\lambda_{ovl} = 5$**

Sumber : Stephene Gerbex, Rachid Cherkaoui,And Alain J.Germond,"OPTIMAL LOCATION OF FACTS DEVIDES AIN POWER SYSTEM USING GENETIC ALGORITHM"

Untuk konfigurasi UPFC,fungsi ovl diambil dari perkalian semua fungsi yang didapat setiap line:

$$ovl_c = \prod_i ovl_i$$

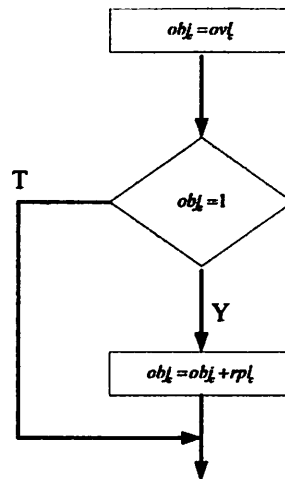
2. Fungsi yang kedua yaitu rplc mencari optimasi rugi daya nyata

$$rplc = \exp \left( -\lambda_{rpl} \sum ri^2 \right) \dots\dots\dots(3.16)$$

Dimana  $\sum ri^2$  adalah total rugi daya nyata dalam per unit dari sistem dan parameter  $\lambda_{rpl}$  mengatur gradient.

Sehingga perhitungan *Objective Function*nya digambarkan sebagai berikut :





**Gambar 2.24. Diagram Alir Objective Function**

Sumber : Stephene Gerbex, Rachid Cherkaoui, And Alain J.Germond, "OPTIMAL LOCATION OF FACTS DEVIDES AIN POWER SYSTEM USING GENETIC ALGORITHMS"

## 2.8. Algoritma Program

### 2.8.1 Algoritma Program Pemecahan Masalah Penentuan Lokasi dan Setting UPFC di Sistem 70 kV Karangates Dengan Menggunakan Algoritma Genetika

1. Memasukkan inputan data beban yang meliputi tegangan, sudut fase tegangan, daya aktif (P), daya reaktif (Q) dan data impedansi saluran.
2. Menentukan parameter inputan Algoritma Genetika yang meliputi jumlah populasi, maksimum generasi, nilai kemungkinan *crossover*, nilai kemungkinan mutasi dan panjang kromosom tiap-tiap individu.
3. Generasi=0, Populasi=0.
4. Melakukan fitness dari kromosom tiap-tiap individu.
5. Melakukan proses statistic
6. Melakukan proses seleksi
7. Melakukan proses crossover

8. Melakukan proses mutasi
9. Prose no.6,7,8 diulang sampai off spring sampai jumlah populasi
10. Menghitung fitness dari off spring
11. Melakukan proses elitism
12. Apakah generasi yang diinginkan sudah terpenuhi (max Gen)
13. Jika “tidak” maka generasi = gen + 1,kembali ke langkah 6
14. Jika “ya” maka perhitungan berhenti.

### 2.8.2. Algoritma Program Fitness

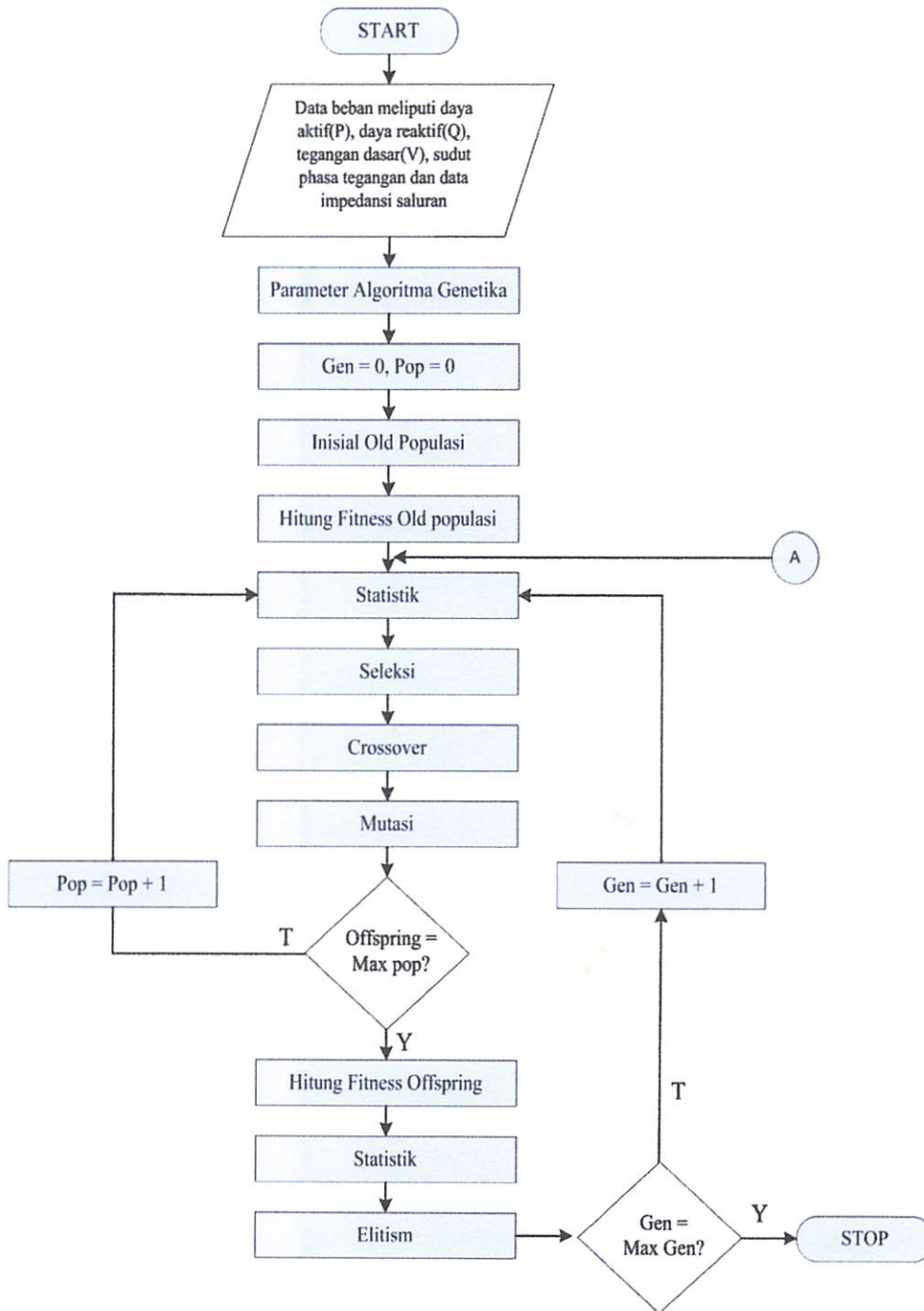
1. Melakukan pembacaan data kromosom
2. Melakukan proses load flow.
3. Melihat kondisi saluran dimana objektif function ( $obj_c$ ) sama dengan over

load line ( $ovl_c$ )dimana :

$$ovl_i = \begin{cases} 1 & \text{when } BL_i \leq 1 \\ \exp[\lambda_{ovl}(1 - BL_i)] & \text{when } BL_i > 1 \end{cases}$$

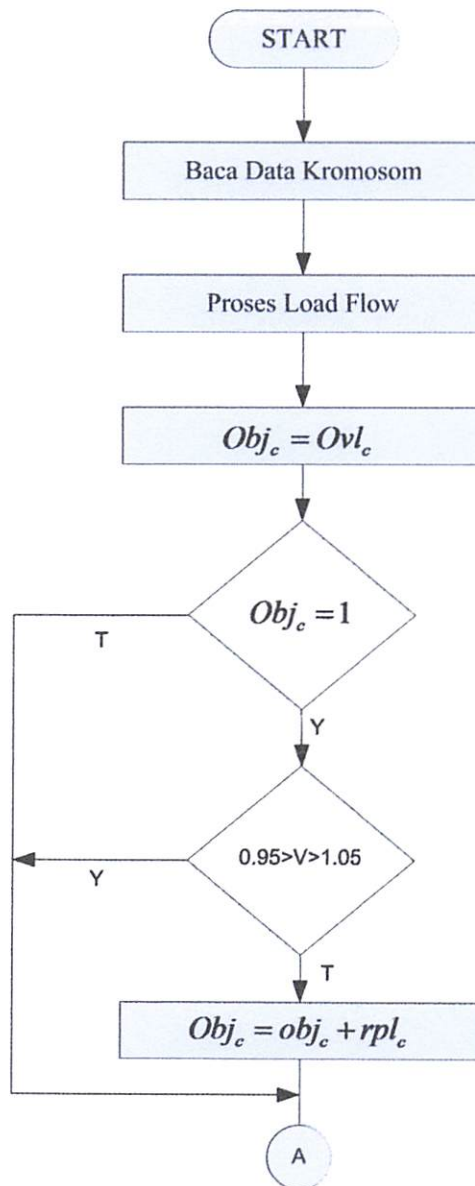
4. Kemudian cek apakah  $obj_c = 1$ 
  - a. Jika “ya” lanjutkan ke langkah 5
  - b. Jika “tidak” lanjutkan ke langkah 7
5. Cek apakah terjadi pelanggaran tegangan
  - a. Jika “ya” lanjutkan ke langkah 7
  - b. Jika “tidak” lanjutkan ke langkah 6
6. Menghitung objektif function ditambah rugi-rugi saluran pada daya aktif ( $rpl_c$ ) dimana :  $\exp(-\lambda rpl \sum ri^2)$
7. Selesai.

### 2.8.3. Flowchart Algoritma Program



Gambar 2.25. Flowchart Algoritma Program

#### 2.8.4. Flowchart Algoritma Sub-Routine Program *Fitness*



Gambar 2.26. Flowchart Algoritma Sub-Routine Program *Fitness*

## **2.9. Daya dalam Sistem Tenaga Listrik**

### **2.9.1. Daya aktif (*Active Power*)**

Secara umum daya aktif dinyatakan oleh persamaan :

$$P = [ V ] [ I ] \cos \theta$$

dimana :

V = tegangan

I = Arus

P = Daya rata-rata yang disebut juga daya aktif.

### **2.9.2. Daya Reaktif (*Reactive Power*)**

Daya reaktif adalah daya yang timbul karena adanya pembentukan medan magnet pada beban-beban induktif (VAR).

Persamaan daya reaktif adalah :

$$Q = [ V ] [ I ] \sin \theta$$

Dua macam daya reaktif yaitu : daya reaktif induktif dan daya reaktif kapasitif, dimana keduanya memiliki tanda yang berlawanan. Daya reaktif kapasitif adalah daya yang dibutuhkan oleh kapasitor yang tidak menghasilkan kerja, tetapi tersimpan dalam bentuk energi magnetis atau energi kapasitif.

Daya reaktif induktif adalah daya listrik yang dibutuhkan untuk menghasilkan medan magnet yang dibutuhkan oleh alat-alat seperti motor induksi, transformator dan sebagainya.

### **2.9.3. Daya Semu (*Apparent Power*)**

Daya semu merupakan penjumlahan secara vektoris antara daya aktif dan daya reaktif.

#### 2.9.4. Power Factor

##### Perbaikan Faktor Daya dan Kapasitas Sistem

Manfaat terbesar yang diperoleh dari perbaikan faktor daya berasal dari pengurangan daya reaktif dalam sistem. Hal ini menghasilkan pengurangan biaya pemakaian daya yang lebih rendah, kenaikan kapasitas sistem, perbaikan tegangan dan pengurangan rugi daya dalam sistem. Satu-satunya cara untuk memperbaiki faktor daya adalah mengurangi daya reaktif pada jaringan. Jika komponen daya reaktif dapat dikurangi, maka total arus akan berkurang, sedang komponen daya aktif tidak berubah, maka faktor daya akan lebih besar sebagai akibat berkurangnya daya reaktif. Faktor daya akan mencapai 100% jika komponen daya reaktif sama dengan nol (0).

Dengan menambahkan kapasitor, daya reaktif komponen  $Q$  akan berkurang, gambar 2.27 menunjukkan perbaikan faktor daya pada sistem, kapasitor mensuplai daya reaktif ke beban.



Gambar 2.27

##### Perbaikan Faktor Daya

Diasumsikan bahwa beban disuplai oleh daya nyata  $P$ , daya reaktif (*lagging*)  $Q$ , dan daya semu  $S$ , pada faktor daya tertinggal  $\cos \theta_1$

$$\cos \theta_1 = \frac{P}{S_1} \dots\dots\dots(2.8)$$

Bila suatu kapasitor  $Q_c$  kVAR dipasang pada beban, faktor daya dapat diperbaiki dari  $\cos \theta_1$  menjadi  $\cos \theta_2$  dimana:

$$\begin{aligned} \cos \theta_2 &= \frac{P}{S_2} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \\ &= \frac{P}{\sqrt{P^2 + (Q_1 - Q_c)^2}} \dots\dots\dots(2.9) \end{aligned}$$

Sehingga daya semu dan daya reaktif berkurang dari  $S_1$  (kVA) ke  $S_2$  (kVA) dan dari  $Q_1$  (kVAR) ke  $Q_2$  (kVAR) sehingga kapasitas beban akan meningkat. Dengan demikian dapat diambil kesimpulan bahwa persentase pengurangan rugi daya jaringan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

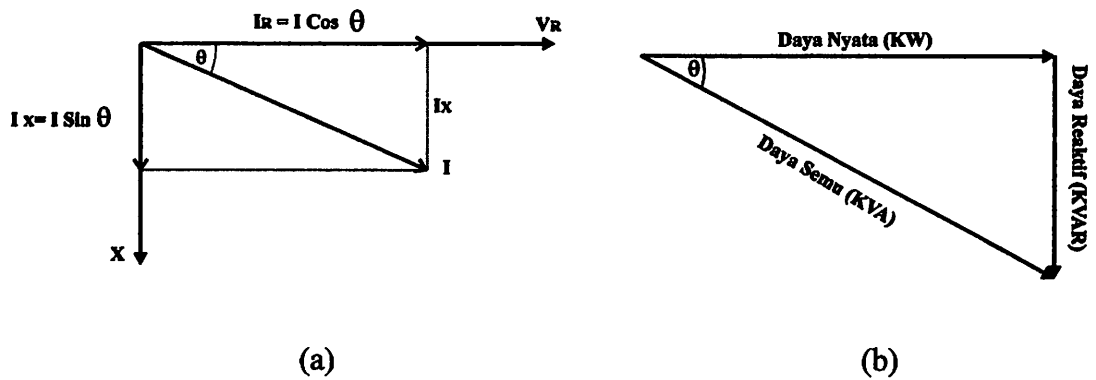
$$\% \text{ Rugi daya} = 100 \left( \frac{\text{Faktor daya mula} - \text{mula}(\cos \theta_1)}{\text{Faktor daya baru}(\cos \theta_2)} \right) \dots\dots\dots(2.10)$$

% Pengurangan rugi daya

$$= 100 \left( 1 - \left( \frac{\text{Faktor daya mula} - \text{mula}(\cos \theta_1)}{\text{Faktor daya baru}(\cos \theta_2)} \right)^2 \right) \dots\dots\dots (2.11)$$

**2.9.5. Perhitungan Pengaruh Perbaikan Faktor Daya**

Diagram fasor dari dua komponen arus nyata, arus aktif dan arus reaktif dapat dilihat pada gambar 2-28 berikut:



Gambar 2-28

**Diagram Fasor dan Sudut Daya Beban pada Jaringan Distribusi <sup>[3]</sup>**

Penjumlahan secara vektor dari arus aktif dan reaktif menghasilkan arus-arus total yang dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$\begin{aligned}
 I = \text{Arus Semu} &= \sqrt{(\text{ arus aktif})^2 + (\text{ arus reaktif})^2} \\
 &= \sqrt{(I \cos \theta)^2 + (I \sin \theta)^2}
 \end{aligned}$$

Pada suatu tegangan V, daya aktif, daya reaktif dan daya semu adalah sebanding dengan arus, dimana hubungannya dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\text{Daya semu (kVA)} = \sqrt{(\text{Daya aktif})^2 + (\text{Daya reaktif})^2}$$

$$(VI) = \sqrt{(VI \cos \theta)^2 + (VI \sin \theta)^2}$$

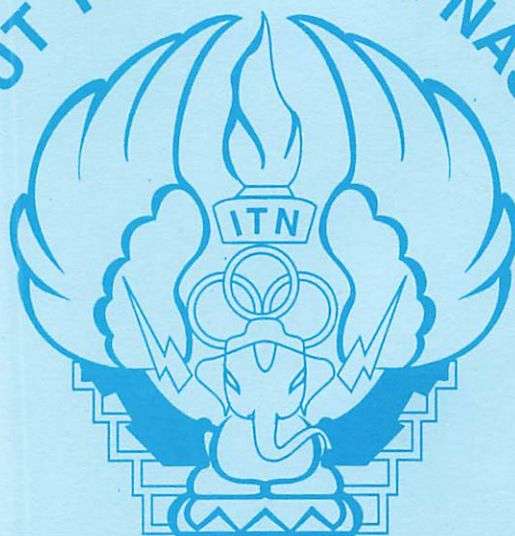
$$\text{Faktor daya} = \frac{\text{Daya aktif}}{\text{Daya semu}} = \frac{KW}{KVA}$$

$$\text{Daya aktif} = \text{Daya semu} \times \text{Faktor daya}$$

$$kW = kVA \times \text{Faktor daya} = kW = kVA \cos \theta$$



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
MALANG



MALANG

## **BAB III**

### **DATA PT.PLN (PERSERO) GARDU INDUK KARANGKATES**

Pada bab ini akan membahas tentang proses pengolahan data lapangan sebagai inputan, dimana data tersebut diperoleh dari survey pada PT. PLN (Persero) Gardu Induk Karangates.

Proses pengolahan data lapangan dilakukan agar parameter yang digunakan dalam menganalisis performansi sistem tenaga listrik dapat dilakukan. Data lapangan di sini meliputi data peralatan yang terdapat dalam Gardu Induk Karangates, data saluran transmisi, tegangan tiap saluran, pembebanan dan data saluran ke tiap beban (penyulang). Sedangkan data yang di analisis pada skripsi ini dititik beratkan pada saat terjadi beban puncak pada bulan April 2009.

#### **3.1. Data Bus Gardu Induk Karangates**

Pada Gardu Induk Karangates mempunyai 1 buah bus transmisi 70 kV, dan 1 buah bus distribusi primer 20 kV (bus 20 kV ; Nissin, Merlin Gerlin, Gold Star).

#### **3.2. Data Peralatan Gardu Induk Karangates**

Peralatan di Gardu Induk Karangates terdapat satu buah transformator :

➤ Trafo I TAKAOKA

$P = 20 \text{ MVA}$

$E = 70/20 \text{ kV}$

$I = 165 / 577 \text{ A}$

$X = 10,2 \%$

### 3.3. Data Saluran Karangates

Tabel 3.1  
Data Penghantar Terpasang Pada Gardu Induk Karangates

Dari	Ke	Data Penghantar				I Nom (Amp)
		Teg (kV)	Jarak (km)	Jenis		
Sengguruh	Karangates	70	12,770	TACSR	160 mm	400
Karangates	Kalipare	20	0,118621	TRF	150 mm	304
Karangates	Sumber Pucung	20	0,061465	TRF	150 mm	304
Karangates	Olak - Alen	20	0,067561	TRF	150 mm	304

### 3.4. Data Beban

Data beban yang akan di Analisa dalam penulisan skripsi adalah data beban puncak yang terjadi dalam bulan April 2009.

Tabel 3.2  
Tegangan Saluran Transmisi Tanpa Menggunakan Kompensator

Tegangan Bus GI.Karangates (kV)	Tegangan Bus GI.Karangates (pu)
Sengguruh-Karangates	Sengguruh-Karangates
67,095	0,9585

Tabel 3.3  
Data Beban Trafo Pada Tertinggi Saat Bulan April 2009

Trafo I			
V (kV)	I (AMP)	P (MW)	Q (MVAR)
20,6	430	12,9	8

**Tabel 3.4**  
**Data Beban Penyulang GI Karangates Bulan April 2009**

NO	PENYULANG	TEG (kV)	I Nom (Amp)	I Set (Amp)	BEBAN		PROSENTASE I NOM	
					SIANG	MALAM	SIANG	MALAM
1	P. KALIPARE	20	304	300	45	141	14,8	46,4
2	P. OLAK ALEN	20	304	300	24	69	7,9	22,7
3	P. SMBR PUCUNG	20	304	300	66	161	21,7	53,0

**3.5. Perhitungan Cos φ masing – masing trafo**

➤ Trafo 1 :

Diket :            V = 20,6 kV                    P = 12,9 MW

                      I = 430 A                            Q = 8 MVAR

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$S = \sqrt{(12,9^2 + 8^2)}$$

$$= 20,523 \text{ MVA}$$

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{12,9}{15,523}$$

$$\cos \varphi = 0,849 = 0,85$$

$$\varphi = \arccos 0,85 = 23,07$$

$$\sin \varphi = 0,53$$

**3.6. Perhitungan Daya Setiap Penyulang**

**3.6.1. Beban Pada Malam Hari (Beban Puncak)**

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi \qquad Q = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \sin \varphi$$

➤ Trafo 1 :    Cos φ = 0,85    Sin φ = 0,53

1) Penyulang KALIPARE

$$P = \sqrt{3} \times 20000 \times 141 \times 0,85$$

$$= 4,15 \text{ MW}$$

$$Q = \sqrt{3} \times 20000 \times 141 \times 0,53$$

$$= 2,58 \text{ MVAR}$$

2) Penyulang OLAK-ALEN

$$P = \sqrt{3} \times 20000 \times 69 \times 0,85$$

$$= 2,03 \text{ MW}$$

$$Q = \sqrt{3} \times 20000 \times 69 \times 0,53$$

$$= 1,26 \text{ MVAR}$$

3) Penyulang SUMBER PUCUNG

$$P = \sqrt{3} \times 20000 \times 161 \times 0,85$$

$$= 4,74 \text{ MW}$$

$$Q = \sqrt{3} \times 20000 \times 161 \times 0,53$$

$$= 2,95 \text{ MVAR}$$

**3.6.2. Beban Pada Siang Hari (Beban Rendah)**

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi \qquad Q = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \sin \varphi$$

➤ Trafo 1 :  $\cos \varphi = 0,85$   $\sin \varphi = 0,53$

4) Penyulang KALIPARE

$$P = \sqrt{3} \times 20000 \times 42 \times 0,85$$

$$= 1,32 \text{ MW}$$

$$Q = \sqrt{3} \times 20000 \times 45 \times 0,53$$

$$= 0,826 \text{ MVAR}$$

5) Penyulang OLAK-ALEN

$$P = \sqrt{3} \times 20000 \times 24 \times 0,85$$

$$= 0,70 \text{ MW}$$

$$Q = \sqrt{3} \times 20000 \times 24 \times 0,53$$

$$= 0,44 \text{ MVAR}$$

6) Penyulang SUMBER PUCUNG

$$P = \sqrt{3} \times 20000 \times 66 \times 0,85$$

$$= 1,94 \text{ MW}$$

$$Q = \sqrt{3} \times 20000 \times 66 \times 0,53$$

$$= 1,21 \text{ MVAR}$$

Tabel 3.5  
Perhitungan Daya Setiap Penyulang Pada GI Karangates

Penyulang	Siang		Malam	
	P (MW)	Q (MVAR)	P (MW)	Q (MVAR)
KALIPARE	1,32	0,82	4,15	2,58
OLAK-ALEN	0,70	0,44	2,03	1,26
SUMBER PUCUNG	1,94	1,21	4,74	2,95



## **BAB IV. HASIL DAN ANALISA HASIL**

### **4.1 Sistem Kelistrikan Gardu Induk Karangates**

Pada wilayah GI. Karangates, beberapa hal yang menjadi kendala dalam penyaluran energi listrik adalah pertumbuhan beban, menyebabkan jaringan listrik pada beberapa titik berada jauh di atas thermal sedangkan pada titik yang lain dalam keadaan overload. Keadaan ini menyebabkan batas kestabilan sistem tenaga menjadi sempit dan rentan terhadap gangguan.

Kemampuan sistem transmisi untuk mentransfer daya listrik menjadi rendah, untuk melakukan analisis penerapan optimasi penempatan *Unified Power Flow Controller* (UPFC) sebagai tinjau ulang terhadap sistem kelistrikan yang lama dengan suatu konsep yang dapat menyebabkan suatu sistem transmisi di GI. Karangates bekerja pada batas optimal tanpa mengurangi keamanan dan kestabilan sistem.

Pada penulisan skripsi ini penulis menggunakan data dari PT. PLN (Persero) Gardu Induk Karangates yang terdiri dari 1 bus 70 kv, 1 bus 20 kv dan 3 penyulang.

Bus pada sistem 70 kV terdiri dari :

- 1) Bus 1 : Bus 70 kV

Bus pada sistem 20 kV terdiri dari :

- 2) Bus 1 : Bus 20 kV MERLIN GERLIN

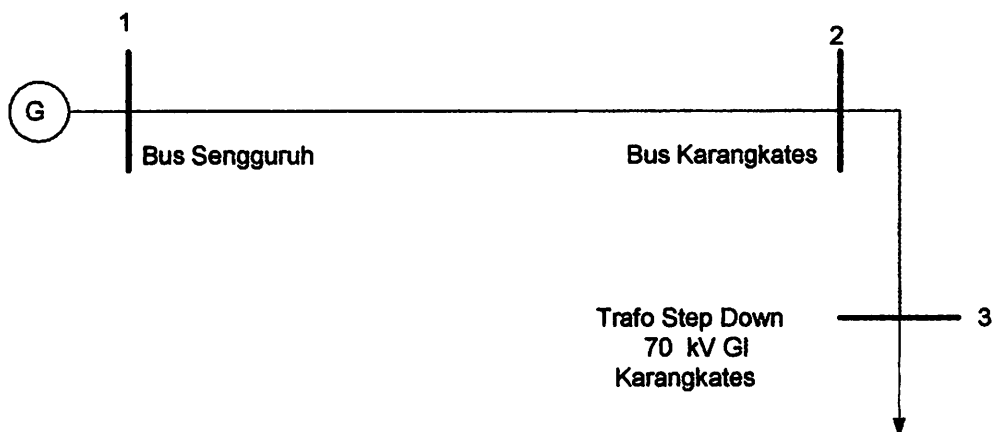


Penyulang :

- 1) Kalipare
- 2) Sumber Pucung
- 3) Olak-Alen

Tabel 4.1  
Jaringan Transmisi Gardu Induk Karangates Menggunakan Kabel Saluran Udara

Dari	Ke	Data Penghantar		Impedansi Saluran $\Omega/\text{km}$
		Jenis		
Bus Sengguruh	Bus Karangates	TACSR	160 mm	$0,03 + j 0,05$
Bus Karangates	Trafo GI Karangates	TRF	150 mm	$0,08 + j 0,004$



Gambar 4.1 Single Line Transmisi Sengguruh Karangates

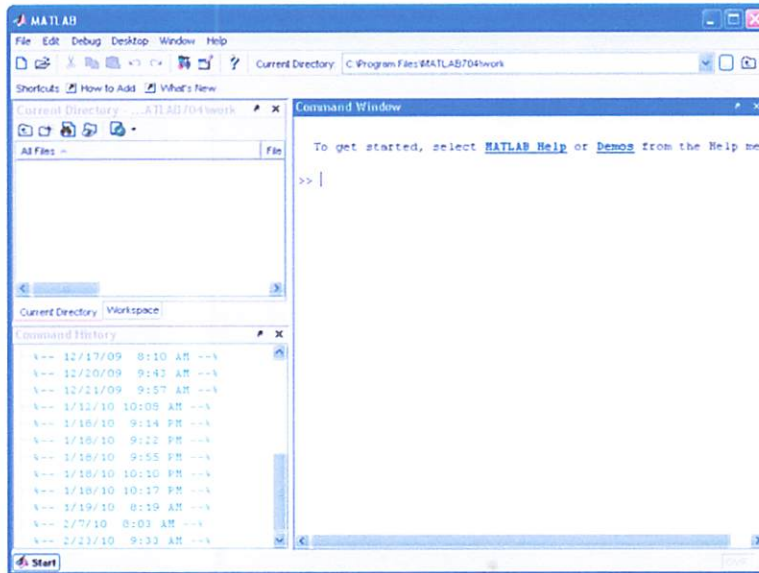
## 4.2. *Software* MATLAB

Untuk simulasi optimasi penempatan lokasi UPFC menggunakan metode GA digunakan *software* MATLAB 7.0.4.

MATLAB adalah sebuah program untuk menyelesaikan perhitungan ilmiah maupun teknik secara numeris. Matlab dikendalikan dengan perintah-perintah (*commands*) dan karenanya bersifat dapat deprogram. MATLAB menggunakan teknik-teknik khusus berbasis matriks untuk menyelesaikan persoalan. Dengan cara ini banyak kemudahan yang diperoleh pemakai, selain cara pemrogramannya yang tidak rumit, solusi masalah yang dinyatakan MATLAB adalah mirip dengan apa yang dituliskan secara matematis.

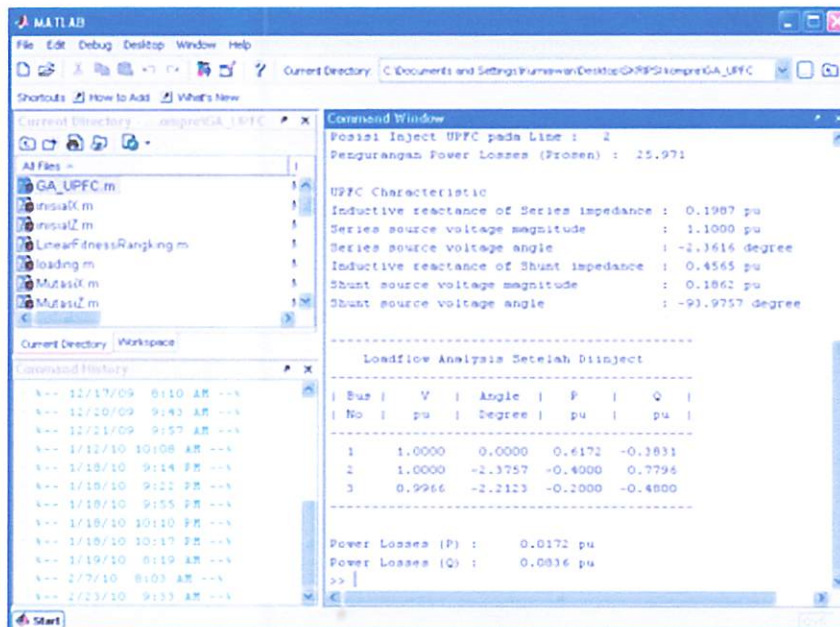
Ada banyak aplikasi yang dikembangkan oleh para pemakainya, mulai dari pemrosesan sinyal, kontrol otomatis sampai dengan saraf tiruan. *The Matwork Inc.* yaitu perusahaan yang *me-release* MATLAB menyediakan berbagai versi dari MATLAB untuk berbagai jenis komputer. Sebagai analisis pada pembuatan skripsi ini digunakan MATLAB versi 7.0.4.

MATLAB secara default adalah *case sensitive*, yaitu membedakan pemakaian antara huruf kapital dan huruf kecil. Pada umumnya perintah-perintah MATLAB ditulis dengan huruf kecil (*lower case*).



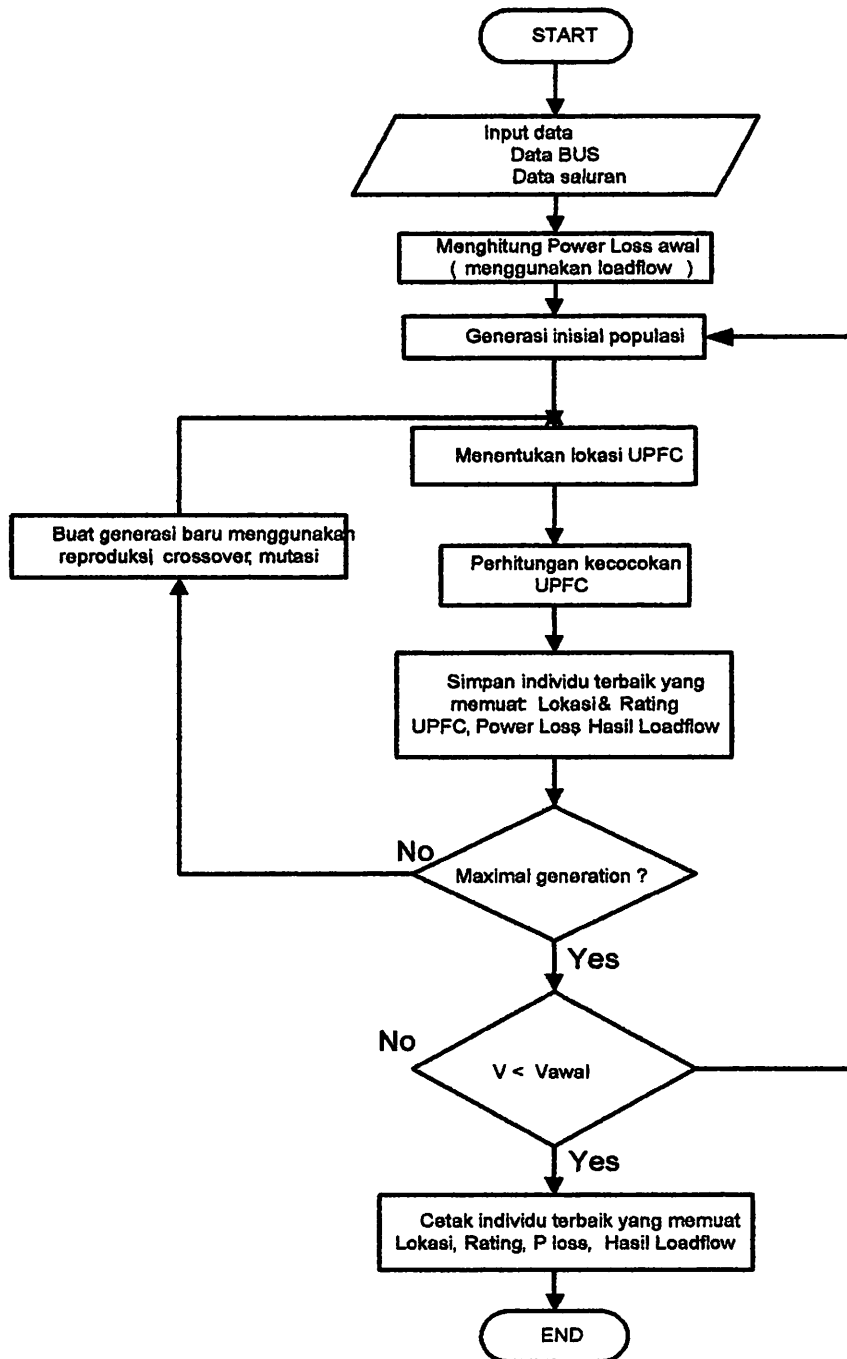
Gambar 4.2. Tampilan Awal MATLAB Versi 7.0.4.

Tampilan matlab program setelah di *running* (*loadflow analysis* setelah diinject)



Gambar 4.3. Tampilan MATLAB setelah selesai running

### 4.3. Flowchart Optimasi UPFC menggunakan GA



Gambar 4.4. Flowchart optimasi UPFC menggunakan GA

#### 4.4 Hasil dan Analisa Hasil

Optimasi penempatan UPFC (*Unified Power Flow Controller*) pada sistem kelistrikan GI. Karangates, dilakukan dengan menggunakan data-data yang diperoleh dari Gardu Induk Karangates Malang. Proses perhitungan dimulai dengan memasukkan data saluran, dan data bus, pembebanan pada program komputer (Matlab) kemudian menentukan dimanakah UPFC ini akan dipasang, menentukan rating UPFC yang dipasang dan Perbaikan Power Losses. Proses pengolahan data lapangan dilakukan agar parameter yang digunakan dalam menganalisis performansi sistem tenaga listrik dapat dilakukan. data yang di analisis pada skripsi ini dititik beratkan pada saat terjadi beban puncak pada bulan April 2009

Selanjutya *node-node* yang ada diklasifikasikan, yaitu busbar GI. Sengguruh diasumsikan sebagai *load bus*, sedangkan *node-node* yang lain sepanjang saluran dipandang sebagai *slack bus* yaitu bus 70 kV GI. Karangates dan dari bus GI menuju trafo.

Tabel 4.2  
Tegangan Saluran Transmisi Tanpa Menggunakan UPFC

Tegangan Saluran Transmisi (kV)	Tegangan Saluran Transmisi (pu)
Bus Gardu Induk Karangates	Bus Gardu Induk Karangates
66,598	0,9514

Dari tabel 4.2 diketahui bahwa tegangan pada sistem transmisi 70 kV (Sengguruh-

Karangkates) adalah 66,598. Diubah dalam bentuk pu :  $\frac{67,095}{70} = 0,9585 pu$ .

#### 4.4.1 Loadflow Analisis Sebelum diinjeksi dengan UPFC

---

Bus	V	Angle	P	Q
No	pu	Degree	pu	pu
1	1.0000	0.0000	0.6232	0.4294
2	0.9585	-1.0388	-0.0000	-0.0000
3	0.9514	-0.9496	-0.6000	-0.5000

---

#### 4.4.2 Power Losses Sebelum Diinjeksi dengan UPFC

Power Losses (P) : 0.0232 pu

Power Losses (Q) : 0.0706 pu

#### 4.4.3 Hasil optimasi penempatan UPFC dengan Algoritma Genetika yaitu :

Fitness Terbaik : 1.0000

Posisi Inject UPFC pada Line : 2 yaitu pada bus 70 kV Gardu Induk  
Karangkates

Pengurangan Power Losses (Prosen) : 25.971

**4.5 Rating UPFC yang dipakai sebagai kompensator mempunyai karakteristik :**

Inductive reactance of Series impedance : 0.1987 pu

Series source voltage magnitude : 1.1000 pu

Series source voltage angle : -2.3616 degree

Inductive reactance of Shunt impedance : 0.4565 pu

Shunt source voltage magnitude : 0.1862 pu

Shunt source voltage angle : -93.9757 degree

**4.6 Loadflow Analysis Setelah diinjeksi dengan UPFC**

---

**Loadflow Analysis Setelah Diinject**

---

<b>  Bus  </b>	<b>V</b>	<b>  Angle  </b>	<b>P</b>	<b>  Q  </b>
<b>  No  </b>	<b>pu</b>	<b>Degree</b>	<b>pu</b>	<b>pu</b>
<b>1</b>	<b>1.0000</b>	<b>0.0000</b>	<b>0.6172</b>	<b>-0.3831</b>
<b>2</b>	<b>1.0000</b>	<b>-2.3757</b>	<b>-0.4000</b>	<b>0.7796</b>
<b>3</b>	<b>0.9966</b>	<b>-2.2123</b>	<b>-0.2000</b>	<b>-0.4800</b>

---

#### 4.7 Power Losses Setelah Diinjeksi dengan UPFC

Power Losses (P) : 0.0172 pu

Power Losses (Q) : 0.0836 pu

Tabel 4.3  
Tegangan Sistem Menggunakan UPFC

Tegangan Sistem Transmisi (kV)	Tegangan Sistem Transmisi (pu)
Bus Gardu Induk Karangates	Bus Gardu Induk Karangates
69,762	0,9966

Dari tabel 4.2 diketahui bahwa tegangan pada sistem transmisi 70 kV (Sengguruh-Karangates) berhasil menjaga tegangan dari 66,598 kV menjadi

69,762 kV dan dalam bentuk pu :  $\frac{69,762}{70} = 0,9966 pu$ .

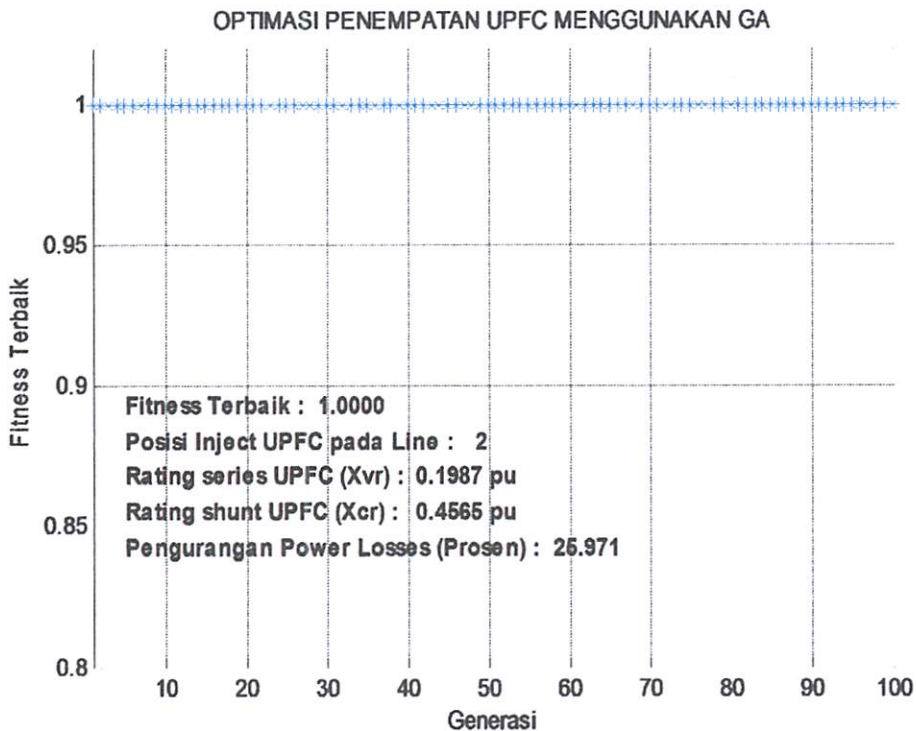
Tabel 4.4  
Perbandingan tegangan sebelum injeksi dan sesudah injeksi UPFC

Sebelum Injeksi UPFC		Sesudah Injeksi UPFC	
Bus Gardu Induk Karangates (kV)	Bus Gardu Induk Karangates (pu)	Bus Gardu Induk Karangates (kV)	Bus Gardu Induk Karangates (pu)
66,598	0,9514	69,762	0,9966

Dapat kita lihat perbandingan tegangan sebelum injeksi UPFC sebesar 66,598 kV dan Setelah diinjeksi menggunakan UPFC terjadi perbaikan tegangan menjadi sebesar 69,762 kV.



#### 4.8 Hasil Tampilan Optimasi Penempatan UPFC



Gambar 4.5 Hasil Optimasi Penempatan UPFC menggunakan GA di Gardu Induk Karangates

#### **Kasus : Single type devices**

Untuk optimasi single type, dilakukan dalam satu tahap, yaitu dengan hanya menggunakan UPFC. Hasil optimasi menggunakan GA, menunjukkan bahwa untuk penempatan 1 buah UPFC berada pada bus 70 KV (di line 2). Hal ini diperlihatkan pada gambar 4.5.

Pengurangan Power Losses setelah diinject sebesar :

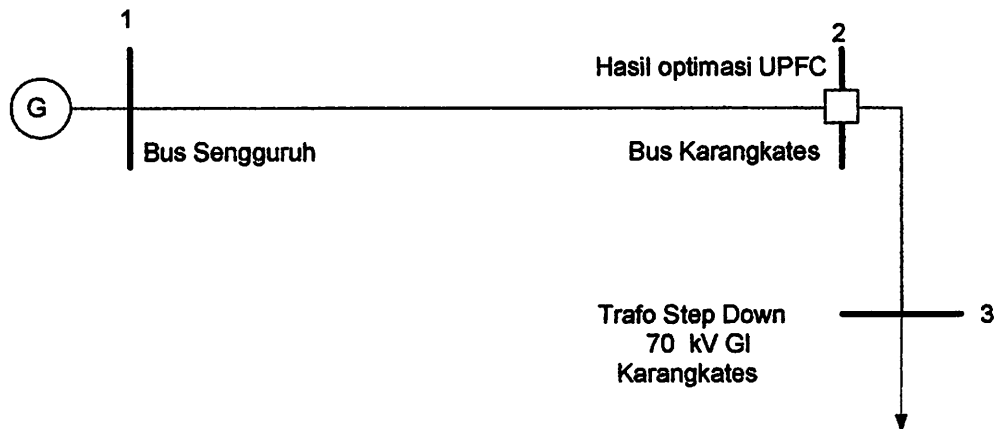
Power Losses (P) awal : 0.0232 pu

Power Losses (P) setelah diinject : 0.0172 pu

Jadi :

$$0,0232 \text{ pu} - 0,0172 \text{ pu} = 0,006 \text{ pu}$$

$$0,006 \text{ pu} \times 20 \text{ MVA} = 0,12 \text{ MW}$$



Gambar 4.6 Hasil optimasi menggunakan GA

Hasil Lokasi Optimasi penempatan di sistem kelistrikan GI.Karangates berada pada sistem 70 KV dengan menggunakan 1 buah UPFC dengan konfigurasi sebagai berikut :

Pada Sistem 70 Kv ( di bus 2 ) ditempatkan UPFC dengan rating

- Inductive reactance of Series impedance : 0.1987 pu
- Inductive reactance of Shunt impedance : 0.4565 pu

Dari proses optimasi yang dilakukan secara berulang menggunakan metode algoritma genetika didapatkan hasil yang diinginkan dengan nilai fitness terbaik yaitu 1.



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Setelah melakukan simulasi dan analisis hasil simulasi menunjukkan bahwa pemilihan lokasi UPFC (*Unified Power Flow Controller*) untuk perbaikan kualitas tegangan dengan menggunakan metode *Genetic Algorithm* (GA) yang diimplementasikan pada sistem di Gardu Induk Karangates pada bus 70 kV dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pemasangan UPFC yang terbaik hasil dari analisa terletak pada bus 2 (bus 70 kV Gardu Induk Karangates),
2. Hasil pemasangan UPFC tersebut dapat meningkatkan tegangan pada saluran transmisi Sengguruh ke Gardu Induk Karangates yaitu dari 67,095 kV (0,9514 pu) menjadi 69,762 kV (0,9966 pu).
3. Pengurangan power lossesnya sebesar 0,006 pu atau 0,12 MW.
4. Rating UPFC yang dipakai sebagai kompensator:

Rating series UPFC( $X_{vr}$ ) : 0,1987 pu

Rating shunt UPFC( $X_{cr}$ ) : 0,4565 pu

#### **5.2. Saran**

1. Bahwa sistem tenaga di Indonesia khususnya di daerah malang, masih sangat perlu untuk meningkatkan kualitas daya elektrik seperti yang dijabarkan dalam skripsi ini. Yaitu penggunaan UPFC (*Unified Power Flow Controller*) untuk

meningkatkan performansi sistem agar kualitas tegangan yang digunakan oleh masyarakat terjamin keandalannya.

2. Pada Sistem Distribusi di Gardu Induk Karangates juga mempunyai masalah penurunan tegangan khususnya di Penyulang Kalipare sehingga bisa dikaji lebih lanjut.
3. Penggunaan UPFC akan lebih optimal bila digunakan dalam sistem transmisi yang menggunakan banyak bus.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Hadi Saadat, "*Power System Analysis*", McGRAW-Hill International Editions, Milwaukee School of Engineering, 1999.
- [2]. Joelianto Gatot, 2000, "Saluran Transmisi Tenaga Listrik" Buku Ajar, Politeknik Negeri Malang, 2000.
- [3]. Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT, Komputasi Cerdas, Algoritma Genetika, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri ITN.
- [4]. Agus Sugiyanto, "Analisis Penggunaan UPFC Pada Saluran Transmisi 500 kV Jawa-Bali dengan Metode Algoritma Genetika", Jurusan Teknik Elektro, ITN, 2005.
- [5]. Umar, Adi Soeprijanto, Mauridhi Hery Purnomo, 2008, Optimasi Penempatan Multi *FACTS Devices* Pada Sistem Kelistrikan Sulawesi Selatan Menggunakan Algoritma Genetika, Universitas Khairun Ternate, Email : [umar@elect-eng.its.ac.id](mailto:umar@elect-eng.its.ac.id), [umarmh@yahoo.com](mailto:umarmh@yahoo.com), 21 Juni 2008.
- [6]. Hasyim Asy'ari, Jatmiko, Ivan Bachtiar " *Perbaikan Tegangan untuk Konsumen*", UNMUH Surakarta, 2006.
- [7]. Emmy Hosea dan Yusak Tanoto, "*Perbandingan Analisa Aliran Daya dengan Menggunakan Metode Algoritma Genetika dan Metode Newton-Raphson*", Jurnal Teknik Elektro, Vol. 4, No. 2, pp. 63-69, 2004.
- [8]. L.J. Cai, Student Member IEEE, "*Optimal Choice and Allocation Devices using Genetic Algorithms*", 2004.
- [9]. C.R. Fuerte-Esquivel, E. Acha, and H. Ambriz-Perez, " *A Comprehensive Newton-Raphson UPFC Model for the Quadratic Power Flow Solution of Practical Power Networks* ", IEEE, 2000.
- [10]. <http://www.elektroindonesia.com/>





# *LAMPIRAN*



**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : Deny Kurniawan  
NIM : 06.12.915  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik  
Judul Skripsi : ANALISA OPTIMASI PEMASANGAN *UNIFIED POWER FLOW  
CONTROLLER (UPFC)* MENGGUNAKAN METODE *GENETIC  
ALGORITHM* UNTUK PERBAIKAN TEGANGAN DI GI.  
KARANGKATES

Dipertahankan di hadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada :  
Hari : Rabu  
Tanggal : 10 Februari 2010  
Dengan Nilai : 79,45 (B+) *BY*

**Panitia Ujian Skripsi**



**Ir. H. Sidik Noertjahjono, MT.**  
NIP.Y.102.8700.163

**Sekretaris Majelis Penguji**

**Ir. F. Yudi Limpraptono, MT.**  
NIP.Y.103.9500.274

**Anggota Penguji**

**Penguji I**

**Ir. Eko Nurcahyo**  
NIP.Y.102.8700.172

**Penguji II**

**Ir. M. Abdul Hamid, MT**  
NIP.Y.101.8800.188

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**  
**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**REKORD ACARA UJIAN SKRIPSI**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : Dedy Kambingan  
 NIM : 0612012  
 Jurusan : Teknik Elektro 2-1  
 Konsentrasi : Teknik Energi Listrik  
 Judul Skripsi : ANALISA OPTIMASI PEMASANGAN UPAVED KONTAKTOR  
 (DAYKOWAAR (UPCO) MENGGUNAKAN METODEAN CAWAK)  
 WAKTUWAWA : UNTUK PERBARIKAN TEADANGAN DI GI  
 KARANGKATER

Diberitahkannya di hadapan Majelis Penguji Skripsi terjemang Statuta pada (2-1) pada  
 Hari : Rabu  
 Tanggal : 10 Februari 2010  
 Dengan Nilai : 79,12 (B)

Panitia Ujian Skripsi

Sekretaris Majelis Penguji

Ketua Majelis Penguji

Dr. H. Yudi Imanjationo, MT.  
 NIP. 1.103.2500.274

Dr. H. Sidiq Zaccabiano, MT.  
 NIP. 1.103.2700.173

Anggota Penguji

Pengaji II

Pengaji I

Dr. M. Abdul Hamid, MT.  
 NIP. 1.103.2500.192

Dr. Eko Nurcahyo  
 NIP. 1.103.2700.173



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

### FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI

Nama : Deny Kurniawan  
NIM : 06.12.915  
Masa Bimbingan : 11 Agustus 2009 s/d 11 Februari 2010  
Judul Skripsi : ANALISA OPTIMASI PEMASANGAN UNIFIED  
POWER FLOW CONTROLLER (UPFC)  
MENGUNAKAN METODE GENETIC ALGORITHM  
UNTUK PERBAIKAN TEGANGAN DI GI.  
KARANGKATES

No.	Tanggal	Uraian	Paraf Penguji
1.		Flowchart diperbaiki	
2.		Powerloss dihitung dalam pu dan persen	
3.		Kesimpulan	
4.		Gambar rangkaian dari line diubah menjadi bus	
5.		Validasi program	
6.		Perbandingan penempatan kapasitor	
7.		Daftar inputan pada program ditampilkan	

Disetujui :

Penguji I

(Ir. Eko Nurcahyo)  
NIP.Y.1028700172

Penguji II

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

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I

(Ir. Choirul Saleh, MT.)  
NIP. Y. 1018800190

Dosen Pembimbing II

(Irrine Budi Sulistiawati, ST. MT)  
NIP. 19770615.200501.2.002



**FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI**

Nama : Doni Kusnawan  
 NIM : 0812012  
 Masa Bimbingan : 11 Agustus 2009 s.d 11 Februari 2010  
 Judul Skripsi : ANALISIS OPTIMALISASI PERALANGAN (LAMPYAD) PADA SISTEM PENYALURAN TENAGA LISTRIK (PSE) PADA SISTEM PERALANGAN TENAGA LISTRIK PERBANKAN LINGGARAN DI GR. KARANGMAYAS

No.	Tanggal	Uraian	Perbaikan
1.		Penyebutan diperbaiki	
2.		Perbaikan ditinjau dalam penulisan	
3.		Kesimpulan	
4.		Gambar yang ada dan tidak ditinjau	
5.		Validasi program	
6.		Perbandingan parameter kapasitor	
7.		Daftar rujukan pada program ditambahkan	

Disetujui :

Profil II

(Dr. H. Abdul Hamid, MT)  
 NIP. 71018800188

Profil I

(Dr. Choirul Bahri, MT)  
 NIP. 71038700172

Mengetahui

Dosen Pembimbing II

Dosen Pembimbing I

(Fatin Luthi Endangmah, ST, MT)  
 NIP. 197706127005012002

(Dr. Choirul Bahri, MT)  
 NIP. 71018800188



**PT PLN (PERSERO)**  
**PENYALURAN DAN PUSAT PENGATUR BEBAN JAWA BALI**  
**REGION JAWA TIMUR & BALI**

Jalan Suningrat No. 45 Taman Sidoarjo 61257

Telepon : (031) 7882113, 7882114

Botak Pos : 4119 SBS

Facsimile : (031) 7882578, 7881024

E-mail : region4@pln-jawa-bali.co.id

Website : www.pln-jawa-bali.co.id

Nomor : *071* /330 /RJTB/ 2009  
 Surat Sdr. No. : ITN-481/III.TA-2/2/09  
 Lampiran : 1 (satu) lampiran.  
 Perihal : Ijin Survey

**23 APR 2009**

Kepada Yth.

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
 FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
 DI

**MALANG**

Menunjuk surat Saudara nomor : ITN-481/III.TA-2/2/09 tanggal : 8 April 2009 perihal : Ijin Survey, dengan ini diberitahukan bahwa kami tidak keberatan untuk memberikan ijin kepada Mahasiswa Saudara, bernama :

N A M A	N.I.M
➤ Deny Kurniawan	06.12.915
➤ Ganjar Widodo	08.12.905

Melakukan Survey data untuk penyusunan Skripsi di PT. PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali UPT Malang, dengan persyaratan sebagai berikut :

1. Mahasiswa tersebut diatas supaya mengisi dan menanda tangani Surat Pernyataan 1 (satu) lembar bermeterai Rp. 6.000,-
2. Mahasiswa yang bersangkutan agar mematuhi peraturan/ketentuan yang berlaku di PT. PLN (PERSERO) sehingga faktor-faktor kerahasiaan harus-benar-benar diutamakan.
3. Semua biaya perjalanan, penginapan, makan dan lain sebagainya tidak menjadi tanggungan PT. PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali.
4. Mengirim 1(satu) buah buku skripsi tsb. kepada PT. PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali.
5. Untuk informasi lebih lanjut dapat menghubungi PT. PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali Cq. Bidang SDM & ADMINISTRASI.

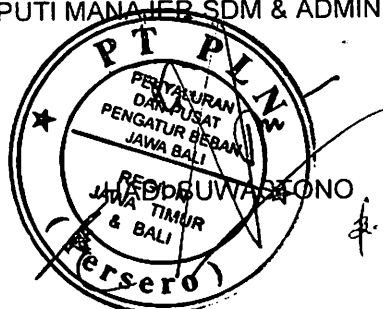
Demikian harap maklum dan terima kasih atas perhatian saudara.

*gpr Al. KPA, TRN & PLH*

*hasiswa tsb melaksanakan TA di Al. di maksud survey data Flow list ke UPT gpr PLH & TRN di bantu sepenuhnya.*

*27/4-09*

DEPUTI MANAJER SDM & ADMINISTRASI,



Tembusan Yth. :

1. MBSDM PLN P3B JB
  2. M,UPT Malang PLN P3B RJTB
- Sdr. Deny Kurniawan. Cs.

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya :

Nama : Deny Kurniawan  
Pria/ Wanita : Pria  
Tempat / Tanggal lahir : Klaten , 2 Juni 1985  
Alamat / No. telepon : Jl. Sunan Ampel III / 5 Malang  
(0391) 5602 02  
Pekerjaan : Mahasiswa

Dengan ini saya menerangkan bahwa :

1. Saya bersedia dan setuju menanggung semua akibat yang ditimbulkan karena kesalahan maupun kelalaian saya dan semua akibat lainnya yang terjadi pada instalasi peralatan milik PLN selama melakukan Training/ Praktek Kerja/ Riset pada PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali, yang telah mendapat ijin dari PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali .
2. Saya atas peringatan pertama akan membayar sepenuhnya, semua biaya yang langsung menimbulkan kerugian atau kecelakaan , karena kelalaian saya ;
3. Saya akan segera mematuhi semua petunjuk –petunjuk yang diberikan oleh Petugas PT PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali ;
4. Saya sanggup tidak membocorkan hal – hal yang bersifat rahasia perusahaan PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali dan bahan yang saya peroleh dalam Training/ Praktek Kerja/ Riset, dan tidak saya pergunakan untuk hal – hal yang dapat merugikan PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali
5. Saya sanggup menanggung sendiri segala sesuatu untuk keperluan Training/ Praktek Kerja/ Riset termasuk biaya perjalanan , penginapan makan dan sebagainya ;
6. Saya sanggup menyerahkan 1 (satu) buah buku laporan Training/ Praktek Kerja/ Riset kepada PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali, setelah saya presentasikan kepada Manager Bidang SDMAD PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali mengenai tugas Training/ Praktek Kerja/ Riset.
7. Saya tunduk dan akan mentaati semua peraturan yang berlaku di PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali selama Kunjungan/Training/ Praktek Kerja/ Survey Data

Surabaya, 15 - 04 - 2009  
Yang membuat pernyataan


Deny kurniawan

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya :

Nama : Ganjar Widodo  
Pria/Wanita : Pria  
Tempat / Tanggal lahir : Banyuwangi , 5 Juli 1983  
Alamat / No. telepon : Jl. MT. Haryono No. 109  
MALANG - JATIM  
Pekerjaan : Mahasiswa

Dengan ini saya menerangkan bahwa :

1. Saya bersedia dan setuju menanggung semua akibat yang ditimbulkan karena kesalahan maupun kelalaian saya dan semua akibat lainnya yang terjadi pada instalasi peralatan milik PLN selama melakukan Training/ Praktek Kerja/ Riset pada PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali, yang telah mendapat ijin dari PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali ;
2. Saya atas peringatan pertama akan membayar sepenuhnya, semua biaya yang langsung menimbulkan kerugian atau kecelakaan , karena kelalaian saya ;
3. Saya akan segera mematuhi semua petunjuk -petunjuk yang diberikan oleh Petugas PT PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali ;
4. Saya sanggup tidak membocorkan hal - hal yang bersifat rahasia perusahaan PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali dan bahan yang saya peroleh dalam Training/ Praktek Kerja/ Riset, dan tidak saya pergunakan untuk hal - hal yang dapat merugikan PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali
5. Saya sanggup menanggung sendiri segala sesuatu untuk keperluan Training/ Praktek Kerja/ Riset termasuk biaya perjalanan , penginapan makan dan sebagainya ;
6. Saya sanggup menyerahkan 1 (satu) buah buku laporan Training/ Praktek Kerja/ Riset kepada PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali, setelah saya presentasikan kepada Manager Bidang SDMAD PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali mengenai tugas Training/ Praktek Kerja/ Riset.
7. Saya tunduk dan akan mentaati semua peraturan yang berlaku di PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali selama Kunjungan/Training/Praktek Kerja/ Survey Data

Surabaya, 15 April 2009  
Yang membuat pernyataan


(Ganjar Widodo)





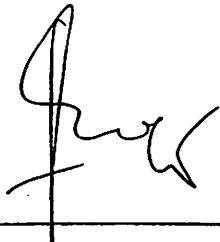
### Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Janjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T. Energi Listrik / T. Elektronika / T. Infokom, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

NIM : 0612915  
Perbaikan meliputi : 1-2018

- Validasi Program. ✓
- Perb. penempatan Kapasitor.
- Data inputan pd program di lengkapi ✓

Malang,

(  )



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

### Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Janjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T. Energi Listrik / T. Elektronika / T. Infokom, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

NAMA : Dany Kurniawan  
NIM : 0612915  
Perbaikan meliputi :


- Flow chart. ✓

- Powerloss dihitung Am per  
dan proses ✓

- Kesimpulan. ✓

- Gambar rangk. ⇒ Line → Bus ✓

Malang, 10-02-2010

(  )

**LISTING PROGRAM ANALISA OPTIMASI PEMASANGAN UNIFIED POWER FLOW CONTROLLER (UPFC) MENGGUNAKAN METODE GENETICAL ALGORITHM UNTUK PERBAIKAN TEGANGAN DI GI. KARANGKATES**

```

clear all;
nUPFC = 1;
nBus = 3;
nLine = 2;

%Parameter GA
UkPop=20;           %Ukuran populasi
MaxGen=100;        %maksimum generasi
Psilang=0.9;       %Peluang Pindah Silang
PmutX=0.05;        %Peluang Mutasi Lokasi
PmutZ=0.05;        %Peluang Mutasi rating

Bf=0.25;           %Batas atas figure
SL=1;              %Inisialisasi Sistem Loadability
ulang=0;
coba=0;

%Inisialisasi Grafis
hfig=figure;
hold on
title('OPTIMASI PENEMPATAN UPFC MENGGUNAKAN GA');
set(hfig, 'Position', [250,200,600,400]);
set(hfig, 'DoubleBuffer', 'on');
axis([1 MaxGen 0.8 1.02]);
hbestplot = plot(1:MaxGen, zeros(1,MaxGen), '*');
htext1 = text(0.05*MaxGen,0.45*Bf+0.78,sprintf('Fitness Terbaik :
%7.4f', 0.0), 'FontWeight', 'bold');
htext2 = text(0.05*MaxGen,0.40*Bf+0.78,sprintf('Posisi Inject UPFC
pada Line : '), 'FontWeight', 'bold');
htext21 = text(0.45*MaxGen,0.40*Bf+0.78,sprintf('%5.4f',
0.0), 'FontWeight', 'bold');
htext4 = text(0.05*MaxGen,0.35*Bf+0.78,sprintf('Rating series UPFC
(Xvr) : '), 'FontWeight', 'bold');
htext41 = text(0.4*MaxGen,0.35*Bf+0.78,sprintf('%5.4f pu',
0.0), 'FontWeight', 'bold');
htext5 = text(0.05*MaxGen,0.30*Bf+0.78,sprintf('Rating shunt UPFC
(Xcr) : '), 'FontWeight', 'bold');
htext51 = text(0.4*MaxGen,0.30*Bf+0.78,sprintf('%5.4f pu',
0.0), 'FontWeight', 'bold');
htext6 = text(0.05*MaxGen,0.25*Bf+0.78,sprintf('Pengurangan Power
Losses (Prosen) : '), 'FontWeight', 'bold');
xlabel('Generasi');
ylabel('Fitness Terbaik');
hold off
drawnow;

%Mendapatkan Power Loss awal
awal_x = fix(random('unif',1,nLine+1,1,nUPFC));
awal_zcr = random('unif',0,1,1,nUPFC);
awal_zvr = random('unif',0,1,1,nUPFC);

```

```

[VM,VA,Pbus,Qbus,Ploss,Qloss] =
NRaphson(awal_x,awal_zcr,awal_zvr,nUPFC);
fprintf('\n');
disp('-----');
disp('      Loadflow Analysis Sebelum Diinject');
disp('-----');
disp('| Bus |      V      | Angle |      P      |      Q      |');
disp('| No |      pu      | Degree |      pu      |      pu      |');
disp('-----');
for m = 1:nBus
    fprintf('%3g', m); fprintf('      %8.4f ', VM(m)); fprintf('
%8.4f', VA(m));
        fprintf(' %8.4f', Pbus(m)); fprintf(' %8.4f',
Qbus(m));fprintf('\n');
end
disp('-----');
fprintf('\n');
fprintf('Power Losses (P) : %10.4f pu', Ploss); fprintf('\n');
fprintf('Power Losses (Q) : %10.4f pu', abs(Qloss));
fprintf('\n');
Ploss_awal = Ploss;
QLoss_awal = Qloss;
Plo=Ploss_awal;
QLo=QLoss_awal;

%Inisialisasi Nilai terbaik
terFit=zeros(1,MaxGen);
fterbaik=zeros(1,MaxGen);
terX=fix(random('unif',1,nLine+1,1,nUPFC));
terZc=random('unif',-1,1,1,nUPFC);
terZv=random('unif',-1,1,1,nUPFC);

MaxF=1;
while MaxF==1,
    %Inisialisasi Populasi
    populasiZc=inisialZ(nUPFC,UkPop);
    populasiZv=inisialZ(nUPFC,UkPop);
    populasiX=inisialX(nUPFC,UkPop,nBus,nLine);

    %Looping iterasi
    for Generasi=1:MaxGen
        x=populasiX(1,:);
        zc=populasiZc(1,:);
        zv=populasiZv(1,:);

[Fitness,VM,VA,Pbus,Qbus,Ploss,Qloss,PUPFC_cr,QUPFC_cr,Vcr,Tcr,...
PUPFC_vr,QUPFC_vr,Vvr,Tvr] = loading(x,zc,zv,nUPFC,nBus);
        BestV = VM;
        BestDel = VA;
        BestP = Pbus;
        BestQ = Qbus;
        Ploss = Ploss;
        QLoss = Qloss;
        BestX = x;
        BestZc = zc;
        BestZv = zv;

```

```

Besta = Vcr;
Bestb = Tcr;
Bestc = Vvr;
Bestd = Tvr;
MaxF = Fitness(1);
MinF = Fitness(1);
IndeksIndividuTerbaik = 1;
for ii=2:UkPop
    x=populasiX(ii,:);
    zc=populasiZc(ii,:);
    zv=populasiZv(ii,:);

[Fitness(ii), VM, VA, Pbus, Qbus, Ploss, Qloss, PUPFC_cr, QUPFC_cr, Vcr, Tcr
, ...
    PUPFC_vr, QUPFC_vr, Vvr, Tvr] =
loading(x, zc, zv, nUPFC, nBus);
    if (Fitness(ii) > MaxF),
        MaxF= Fitness(ii);
        IndeksIndividuTerbaik=ii;
        BestV = VM;
        BestDel = VA;
        BestP = Pbus;
        BestQ = Qbus;
        PLoss = Ploss;
        QLoss = Qloss;
        BestX = x;
        BestZc = zc;
        BestZv = zv;
        Besta = Vcr;
        Bestb = Tcr;
        Bestc = Vvr;
        Bestd = Tvr;
    end
    if (Fitness(ii) < MinF),
        MinF = Fitness(ii);
    end
end
%Penyimpanan nilai fitenss terbaik
terFit(1,Generasi)=MaxF;

%Ellitisme
TemPopulasiX = populasiX;
TemPopulasiZc = populasiZc;
TemPopulasiZv = populasiZv;
if mod (UkPop, 2) ==0
    IterasiMulai = 3;
    TemPopulasiX(1,:) = populasiX(IndeksIndividuTerbaik,:);
    TemPopulasiZc(1,:) = populasiZc(IndeksIndividuTerbaik,:);
    TemPopulasiZv(1,:) = populasiZv(IndeksIndividuTerbaik,:);
    TemPopulasiX(2,:) = populasiX(IndeksIndividuTerbaik,:);
    TemPopulasiZc(2,:) = populasiZc(IndeksIndividuTerbaik,:);
    TemPopulasiZv(2,:) = populasiZv(IndeksIndividuTerbaik,:);
else
    IterasiMulai = 2;
    TemPopulasiX(1,:) = populasiX(IndeksIndividuTerbaik,:);
    TemPopulasiZc(1,:) = populasiZc(IndeksIndividuTerbaik,:);

```

```

        TemPopulasiZv(1,:) = populasiZv(IndeksIndividuTerbaik,:);
    end

    %Linear Fitness Ranking
    LinearFitness =
    LinearFitnessRangking(UkPop, Fitness, MaxF, MinF);

    for jj=IterasiMulai:2:UkPop,
        IP1 = RouletteWheel(UkPop, LinearFitness);
        IP2 = RouletteWheel(UkPop, LinearFitness);
        if (rand < Psilang),
            TP = 1+fix(rand*(nUPFC-1));
            AnakX =
            PindahSilangX(populasiX(IP1,:), populasiX(IP2,:), nUPFC, TP);
            AnakZc =
            PindahSilangZ(populasiZc(IP1,:), populasiZc(IP2,:), nUPFC, TP);
            AnakZv =
            PindahSilangZv(populasiZv(IP1,:), populasiZv(IP2,:), nUPFC, TP);

            %Koreksi
            AnakX(1,:)=valid(AnakX(1,:), nUPFC, nBus, nLine);
            AnakX(2,:)=valid(AnakX(2,:), nUPFC, nBus, nLine);

            TemPopulasiX(jj,:) = AnakX(1,:);
            TemPopulasiX(jj+1,:) = AnakX(2,:);
            TemPopulasiZc(jj,:) = AnakZc(1,:);
            TemPopulasiZc(jj+1,:) = AnakZc(2,:);
            TemPopulasiZv(jj,:) = AnakZv(1,:);
            TemPopulasiZv(jj+1,:) = AnakZv(2,:);
        else
            TemPopulasiX(jj,:) = populasiX(IP1,:);
            TemPopulasiX(jj+1,:) = populasiX(IP2,:);
            TemPopulasiZc(jj,:) = populasiZc(IP1,:);
            TemPopulasiZc(jj+1,:) = populasiZc(IP2,:);
            TemPopulasiZv(jj,:) = populasiZv(IP1,:);
            TemPopulasiZv(jj+1,:) = populasiZv(IP2,:);
        end
    end

    %Mutasi
    for kk=IterasiMulai:UkPop

        TemPopulasiX(kk,:) = MutasiX(TemPopulasiX(kk,:), PmutX, nUPFC, nBus, nLine);

        TemPopulasiZc(kk,:) = MutasiZ(TemPopulasiZc(kk,:), PmutZ, nUPFC);

        TemPopulasiZv(kk,:) = MutasiZv(TemPopulasiZv(kk,:), PmutZ, nUPFC);
    end
    populasiX=TemPopulasiX;
    populasiZc=TemPopulasiZc;
    populasiZv=TemPopulasiZv;
end

if (MaxF==1) & ((Ploss < Ploss_awal)),
    ulang=ulang+1;

```

```

    fterbaik=terFit;
    terV = BestV;
    terDel = BestDel;
    terP = BestP;
    terQ = BestQ;
    terPL = Ploss;
    terQL = Qloss;
    terX = BestX;
    terZc = BestZc;
    terZv = BestZv;
    tera = Besta;
    terb = Bestb;
    terc = Bestc;
    terd = Bestd;
end;
coba=coba+1;
if (coba>10)|(ulang>0)
    break
end
if (ulang==0) & (MaxF<1)
    MaxF=1;
end
end

SL=((Plo-Ploss)/Plo)*100;
fprintf('\n');
disp('Hasil optimasi penempatan UPFC dengan algoritma genetika');
fprintf('Fitness Terbaik : %7.4f', fterbaik(MaxGen));
fprintf('\n');
fprintf('Posisi Inject UPFC pada Line : %3g', terX);
fprintf('\n');
fprintf('Pengurangan Power Losses (Prosen) : %7.3f ' , SL);
fprintf('\n');
fprintf('\n');
disp('UPFC Characteristic');
fprintf('Inductive reactance of Series impedance : %7.4f pu',
terZv); fprintf('\n');
fprintf('Series source voltage magnitude           : %7.4f pu',
terc); fprintf('\n');
fprintf('Series source voltage angle                   : %7.4f degree',
terd); fprintf('\n');
fprintf('Inductive reactance of Shunt impedance       : %7.4f pu',
terZc); fprintf('\n');
fprintf('Shunt source voltage magnitude                : %7.4f pu',
tera); fprintf('\n');
fprintf('Shunt source voltage angle                    : %7.4f degree',
terb); fprintf('\n');
fprintf('\n');
disp('-----');
disp('    Loadflow Analysis Setelah Diinject');
disp('-----');
disp('| Bus |    V | Angle |    P |    Q |');
disp('| No |    pu | Degree |    pu |    pu |');
disp('-----');
for m = 1:nBus

```

```

        fprintf('%3g', m); fprintf(' %8.4f ', terV(m)); fprintf('
%8.4f', terDel(m));
        fprintf(' %8.4f', terP(m)); fprintf(' %8.4f',
terQ(m));fprintf('\n');
end
disp('-----');
fprintf('\n');
fprintf('Power Losses (P) : %10.4f pu', Ploss); fprintf('\n');
fprintf('Power Losses (Q) : %10.4f pu', abs(Qloss));
fprintf('\n');

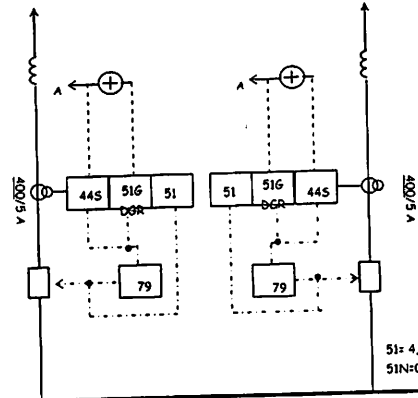
%Penanganan grafis 2D
grid on;
set(htext1,'String',sprintf('Fitness Terbaik : %7.4f',
fterbaik(MaxGen)));
set(htext21,'String',sprintf('%5g', terX));
set(htext41,'String',sprintf('%7.4f pu', terZv));
set(htext51,'String',sprintf('%7.4f pu', terZc));
set(htext6,'String',sprintf('Pengurangan Power Losses (Prosen) :
%7.3f', SL));
plotvector = get(hbestplot,'YData');
for i=1:MaxGen
    plotvector(i) = fterbaik(i);
    set(hbestplot,'YData',plotvector);
    drawnow;
end

```



SENGGURUH 1

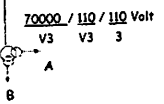
SENGGURUH 2



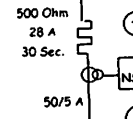
51: 4,5 A = 360 A - TD. 0,25 (SI)  
51N=0,75A=60 A - TD. 0,15 (SI)

51: 4,5 A = 360 A - TD. 0,25 (SI)  
51N=0,75A=60 A - TD. 0,15 (SI)

BUS 70 KV



N551 = 0,75A=7,5A - TD. 0,175 (LTI) (Sek)  
T2 = T1 - 3 Sec (Pri)



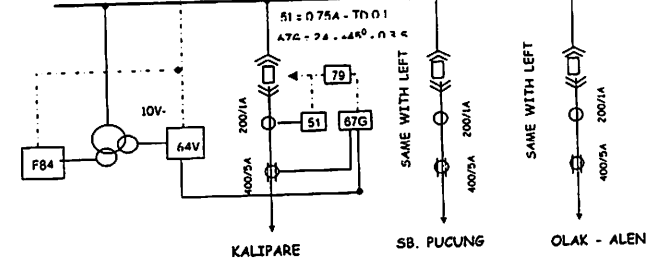
P51=2,5A=200A - TD. 0,28 (SI)  
Inst = 8 x Is = 4In= 20 A = 1600A

**TRAFU 1 TAKAOKA**  
P = 20 MVA  
E = 70/20 KV  
I = 165 / 577 A  
X = 10,2 %  
Vektor = YNyn0(D)

I<sub>p</sub> = 3,5A  
I<sub>s</sub> = 5,0A  
OC = 1500%


S51 = 0,75A=750A - TD.0,15 (SI)  
Inst = 3xIs = 3,0In= 3000A - T= 0,4 Sec

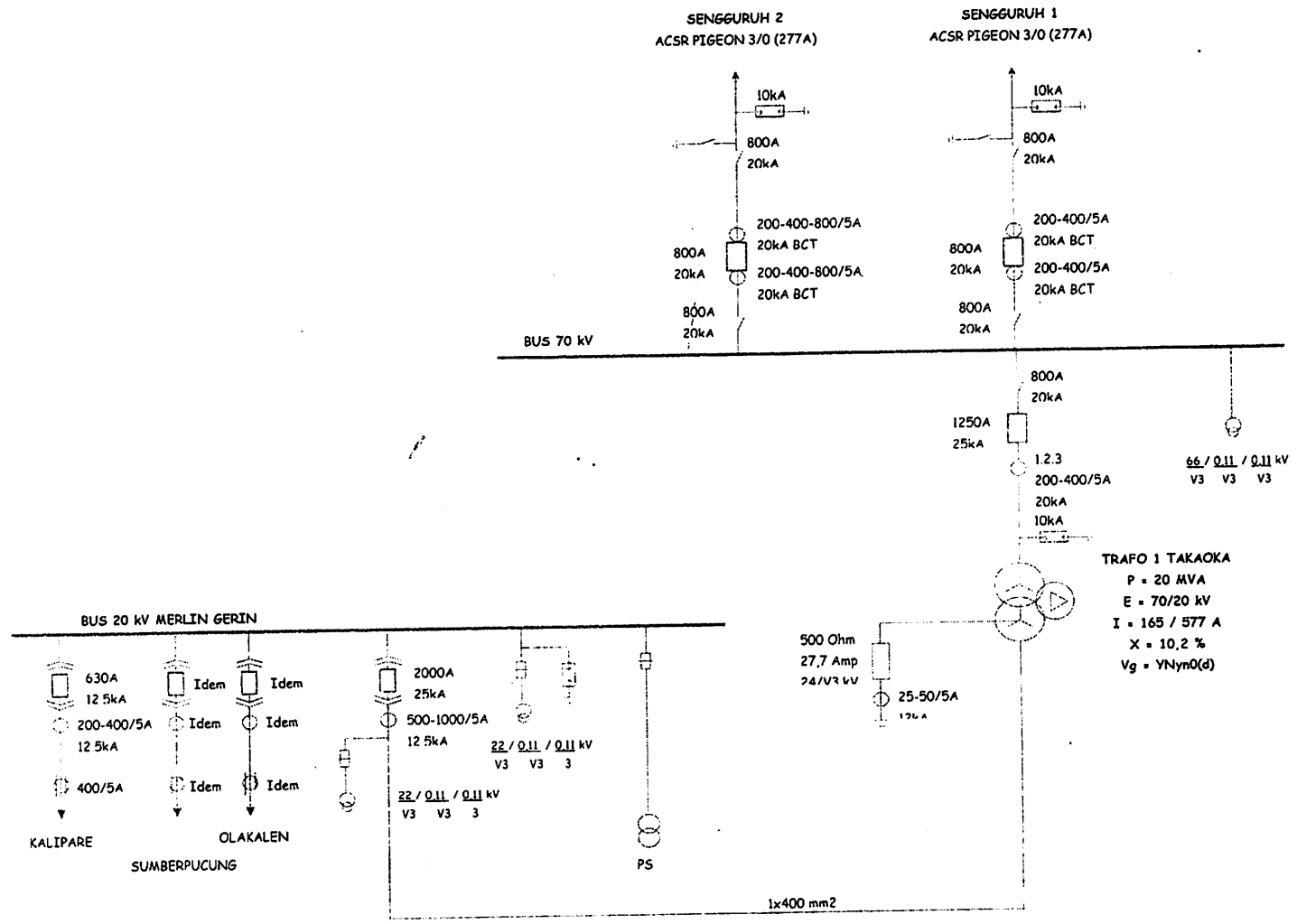
Alarm ← BUS 20 Kv MERLIN GERIN




V<sub>1</sub> = 110V-30 Sec  
V<sub>2</sub> = 90V - 30 Sec

22000 / 110 / 110 VOLT  
V3 V3 3

 PT. PLN (PERSERO) P3B REGION JAWA TIMUR DAN BALI UPT MALANG		<b>SISTEM PROTEKSI</b> <b>GI. KARANGKATES</b>	
Digambar : JU. Prot Meter & Scadatel	Diperiksa : ASMAN OPHAR	Disetujui : MANAGER UPT	Tanggal : 01 Januari 2006



 PT. PLN (PERSERO) P3B REGION JAWA TIMUR DAN BALI UPT MALANG	<b>SINGLE LINE DIAGRAM</b> <b>GI. KARANGKATES</b>	
	Digambar : JU. Prot Meter & Scadatel	Diperiksa : ASMAN OPHAR
		Tanggal : 01 Januari 2006

## DAFTAR PERALATAN TERPASANG DAN BANGHAL

RDU INDUK : KARANGKATES

No.	Nama Peralatan	Sat	JUMLAH			No.	Nama Peralatan	Sat	JUMLAH
			150 kv	70 kv	20 kv				
	Bus Bar	Bus		1		8	Rectifier Proteksi 110 V	Set	1
	T / L Bay	Bay		2		9	Rectifier PLC 24 V	Set	
	T / R Bay	Bay		1		10	Rectifier PLC 48 V	Set	
	Kopel Bay	Bay				11	Rectifier Scada 48 V	Set	
	Bus Tie Bay	Bay				12	AC Split	Bh	2
	Trafo	Bh		1		13	AC Window	Bh	
	Daya Trafo	MVA		20		14	Motor Pompa " Watertorn "	Bh	
	NGR	Bh		1		15	Motor Pompa air Kabel Duck	Bh	
	PMT	Set		3		16	Lampu Mercury 400 W	Bh	2
	PMS	Set		5		17	Lampu Mercury 250 W	Bh	4
	CT / BCT	Bh		1 / 12		18	Lampu TL 40 W	Bh	29
	PT/CVT	Bh		3		19	Lampu TL 20 W	Bh	1
	LA	Bh		9		20	Lampu SL / Dop	Bh	6
	Isolator	Bh		180		21	Lampu Indikator 110/140 V 3 W	Bh	10
	Serandang Post	Set		10		22	Lampu Indikator 18 V 0,11 A	Bh	46
	Serandang Beam	Set		7		23	Lampu Indikator 60 V 20 MA	Bh	15
	KWH Meter	Bh				24	Lampu Mercury 250 W	Bh	
	Ampere Meter	Bh		7		25	Lampu TL 20 W	Bh	1
	kV Meter / kV 0	Bh		2					
	MW Meter	Bh		4			<b>BANGHAL</b>		
	MVAR Meter	Bh		4		1	Luas Gedung GI	m2	206,04
	Distance Ry.	Bh		2		2	Luas Switch Yard	m2	716,6
	OCR	Bh		3		3	Luas aspal halaman GI	m2	394
	GFR	Bh		1		4	Luas aspal Switch Yard	m2	
	DOCR ( 67 G )	Bh				5	Luas rumput halaman GI	m2	
	Diff. Ry.	Bh		3		6	Luas rumput halaman Switch Yard	m2	670,1
	Ref. Ry.	Bh				7	Luas Kusen ( Cat kayu )	m2	24,5
	UFR	Bh		2		8	Luas Lisplang ( Cat kayu/besi )	m2	12,72
	UVR	Bh		1		9	Luas Lisplang Cat tembok	m2	
	RECLOSER	Bh		2		10	Luas tembok GI	m2	470,31
	DEF ( DGR )	Bh				11	Luas tembok pagar	m2	
	Panel Kontrol	Pnl		3		12	Luas Bordes GI	m2	19,28
	Panel Relay	Pnl		22		13	Luas Bordes Switch Yard	m2	45,94
	Panel AC/DC/Lain2	Pnl		1		14	Luas pagar Harmonika	m2	2,27
	SUTT 150 KV	Twr				15	Luas pagar BRC /Besi Siku	m2	112,75
	SUTT 70 KV	Twr		22		16	Saluran air uk. 0,2 X 0,25	m	12,6
	Insulator Bus Bar	Gw		3		17	Saluran air uk. 0,4 X 0,4	m	18,56
						18	Saluran air uk. 0,5 X 0,5	m	24,1
						19	Kabel Duck uk. 300 X 250, 400	m	40
						20	Kabel Duck uk. 400 X 400, 500	m	42
						21	Kabel Duck uk. .... X .....	m	
						22	Tiang Mercury	Bh	4
						23	Luas Plafon ( Cat tembok )	m2	254,5
						24	Luas Lis Plafon ( Cat kayu )	m2	4,57
						25	Luas atap seng	m2	
						26	Luas atap asbes	m2	322
No.	Nama Peralatan	Sat	JUMLAH						
1	Kabel Incoming 400 mm2	m	3 x 35	105					
2	Kabel Incoming 800 mm2	m							
3	Battery Proteksi 110 V	Set	1	82					
4	Battery PLC 24 V	Set							
5	Battery PLC 48 V	Set							
6	Battery Scada 48 V	Set							
7	Battery Radio 12 V	Bh							



# DATA BEBAN PENYULANG

BULAN : APRIL 2009

NO	GARDU INDUK MERK TRAFO PENYULANG	TEG	I Nom (Amp)	I Set (Amp)	BEBAN		PROSENTASE I NOM	
					SIANG	MALAM	SIANG	MALAM
	Trafo II / 30 MVA ASEA		866	1.000	199	169	23,0	19,5
47	P. PATAL	20	304	300	39	41	12,8	13,5
48	P. NEW MINATEX	20	304	300	29	29	9,5	9,5
49	P. SIDOBANGUN	20	385	300	92	81	23,9	21,0
50	P. MOLINDO	20	304	300	39	18	12,8	5,9
	SUB JUMLAH VII							
VIII.	GI. KARANG KATES							
	Trafo I / 20 MVA TAKAOKA	70 / 20 KV	577	750	135	371	23,4	64,3
51	P. KALIPARE	20	304	300	45	141	14,8	46,4
52	P. OLAK ALEN	20	304	300	24	69	7,9	22,7
53	P. SMBR PUCUNG	20	304	300	66	161	21,7	53,0
	SUB JUMLAH VIII				99	212		
IX.	GI. TUREN							
	Trafo I / 30 MVA ALSTOM	70 / 20 KV	866	1000	251	675	29,0	77,9
54	P. DAMPIT	20	304	320	48	111	15,8	36,5
55	P. BAKALAN	20	304	320	9	13	3,0	4,3
56	P. SMBR MANJING	20	304	300	74	210	24,3	69,1
57	P. BANTUR	20	436	300	19	49	4,4	11,2
58	P. PINDAD II	20	225	320	11	11	4,9	4,9
59	P. WAJAK	20	304	300	30	79	9,9	26,0
60	P. TIRTOYUDO	20	304	300	60	202	19,7	66,4
	Trafo II / 20 MVA XIAN	70 / 20 KV	577	650	111	286	19,2	49,6
61	P. BOKOR	20	436	320	27	62	6,2	14,2
62	P. GONDANG LEGI	20	304	320	84	224	27,6	73,7
63	P. PINDAD I	20	304	100	0	0	0,0	0,0
	SUB JUMLAH IX							
X.	GI. SENGGURUH							
	Trafo I / 30 MVA TELK	70 / 20 KV	866	1000	176	427	20,3	49,3
64	P. KEPANJEN	20	300	320	65	125	21,7	41,7
65	P. PAGAK	20	300	320	33	104	11,0	34,7
66	P. PROYEK	20	300	320	2	2	0,7	0,7
67	P. GUNUNG KAWI	20	300	320	44	99	14,7	33,0
68	P. REJOYOSO	20	300	320	32	97	10,7	32,3
	SUB JUMLAH X							
XI.	GI. SELOREJO							
	Trafo I / 6 MVA PAUWELS	70 / 20 KV	173	1000	62	104	35,8	60,1
69	P. NGANTANG	20	304	200	34	70	11,2	23,0
70	P. SIDODADI	20	304	200	28	34	9,2	11,2
	SUB JUMLAH XI							
<b>TOTAL</b>								

$P = V \times I$   
 $2 \cdot 820 \cdot 000 \text{ W}$   
 $1 \cdot 380 \cdot 000 \text{ W}$   
 $3 \cdot 220 \cdot 000 \text{ W}$

## PANJANG JTM

Certificate No.:

BULAN : APRIL 2009

NO	GARDU INDUK TRAFO PENYULANG	TEG	PANJANG PENYULANG		PANJANG JTM (ms)	WILAYAH KERJA
			SKTM	SUTM		
49	P. SIDOBANGUN	20	923	9.065	9.988	P. Khusus/LWG/SGS
50	P. MOLINDO	20	864	2.425	3.289	LWG
	SUB JUMLAH VII		4.580	100.740	105.320	
<b>VIII.</b>	<b>GI. KARANG KATES</b>					
	Trafo I / 20 MVA	70 / 20 KV				
51	P. KALIPARE	20	164	118.457	118.621	KPJ
52	P. OLAK ALEN	20	239	67.561	67.800	KPJ
53	P. SMBR PUCUNG	20	219	61.465	61.684	KPJ
	SUB JUMLAH VIII		622	247.483	248.105	
<b>IX.</b>	<b>GI. TUREN</b>					
	Trafo I / 30 MVA	70 / 20 KV				
54	P. DAMPIT	20	155	88.640	88.795	GDL
55	P. BAKALAN	20	85	77.141	77.226	GDL / BLW
56	P. SMBR MANJING	20	200	186.392	186.592	GDL
57	P. BANTUR	20	165	118.331	118.496	GDL
58	P. PINDAD II	20	115	0	115	P. Khusus / GDL
59	P. WAJAK	20	0	0	0	BLLW
60	P. TIRTOYUDO	20	105	276.736	276.841	GDL
	Trafo II / 20 MVA	70 / 20 KV				
61	P. BOKOR	20	55	77.755	77.810	GDL / BLW / TMP
62	P. GONDANG LEGI	20	155	105.408	105.563	GDL
63	P. PINDAD I	20	115	0	115	P. Khusus / GDL
	SUB JUMLAH IX		1.150	930.403	931.553	
<b>X.</b>	<b>GI. SENGGURUH</b>					
	Trafo I / 30 MVA	70 / 20 KV				
64	P. KEPANJEN	20	127	22.625	22.752	KPJ
65	P. PAGAK	20	124	98.100	98.224	KPJ
66	P. PROYEK	20	163	307	470	P. Khusus / KPJ
67	P. REJOYOSO	20				GDL
68	P. GUNUNG KAWI	20				KPJ
	SUB JUMLAH X		414	121.032	121.446	
<b>XI.</b>	<b>GI. SELOREJO</b>					
	Trafo I / 6 MVA	70 / 20 KV				
69	P. NGANTANG	20	80	39.704	39.784	NGT
70	P. SIDODADI	20	60	15.836	15.896	NGT / Pemak. Proyek
	SUB JUMLAH XI		140	55.540	55.680	
<b>TOTAL</b>			<b>24.355</b>	<b>2.638.577</b>	<b>2.662.931</b>	

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

LAPORAN PENYALURAN ENERGI & BEBAN PUNCAK TRAFO  
 BULAN : APRIL 2009

Formulir 12/RB6

NO.	GARDU INDUK	NOMOR URUT TRAFO	DAYA (MVA)	TEG (KV)	KWH			BEBAN TERTINGGI				BEBAN PERNAH DICAPAI			
					TRAFO	PS MURNI	KE PLN DISTRIBUSI	TGL	JAM	MW	MVAR	TGL-BL-TH	JAM	MW	MVAR
1	KARANGKATES	I	20	70/20				24	19.00	12,9	8	02/05/2002	19.00	13,5	8,4

Keterangan :

\* KWH ke PLN Distribusi = KWH Trafo - KWH PS

Supervisor Gardu Induk  
 KARANGKATES

AGUS SUSIANTO

**BEBAN TRAF0 DISTRIBUSI PADA SAAT TERTINGGI GARDU INDUK**  
 BULAN : APRIL 2009

GARDU INDUK	TEG. NOM. (KV)	WAKTU		TRAFO 1												TOTAL			
		Tgl	Jam	Kv	AMP	MW	MVAR									Kv	AMP	MW	MVAR
KARANGKATES	70	24	19.00	20,6	430	12,9	8									20,6	430	12,9	8

**KETERANGAN :**

- Untuk menentukan saat terjadinya Tertinggi Gardu Induk ( Peak GI ) dicari MW yang paling besar
- Gardu Induk yang terpasang satu Trafo, Peak GI = Tertinggi Trafo
- Sedang untuk GI yang lebih dari satu Trafo, tanggal & jam harus sama dan dicari Total MW ang paling besar

Malang, 1 MEI 2009

**SUPERVISOR GARDU INDUK**

**AGUS SUSIANTO**

LAPORAN BULANAN PEMBEBANAN TRANSMISI  
 BULAN : APRIL 2009

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. %	
1	PLTA. SUTAMI - KEBONAGUNG 1	150	27,950	ACSR.AW	330	740	*)	800	30	07.00	255	77	32,8	34,5%	Ops Th 1975
2	PLTA. SUTAMI - KEBONAGUNG 2	150	27,950	ACSR.AW	330	740	*)	800	30	07.00	255	77	32,8	34,5%	Ops Th 1975
3	PLTA. SUTAMI - PLTA. WLINGI	150	23,600	ACSR	160	435	*)	300	27	19.00	314	68	29	72,2%	Ops Th 1975

LAPORAN BULANAN PEMBEBANAN TRANSMISI > 50% I NOMINAL  
 BULAN : MARET 2009

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. %	
1	PLTA. SUTAMI - KEBONAGUNG 1	150	27,950	ACSR.AW	330	740	*)	800							Ops Th 1975
2	PLTA. SUTAMI - KEBONAGUNG 2	150	27,950	ACSR.AW	330	740	*)	800							Ops Th 1975
3	PLTA. SUTAMI - PLTA. WLINGI	150	23,600	ACSR	160	435	*)	300	27	19.00	314	68	29	72,2%	Ops Th 1975

Keterangan :  
 \*) Tidak terpasang OCR.

Supervisor Gardu Induk  
 KKT/STM

AGUS SUSIANTO



LAPORAN BEBAN PUNCAK TRAFU DI GARDU INDUK  
 BULAN : APRIL 2009

NO.	GARDU INDUK	TRAFO				ARUS NOM. (AMP)	OCR SETT.		BEBAN TERTINGGI						TEMPERATUR		JUMLAH OLTC	KETERANGAN	
		NO.	MERK	DAYA (MVA)	RATIO (Kv)		A	Kv	TGL.	JAM	AMP	MW	MVAR	I Nom %	OIL	WINDING			
																LV			HV
1	KARANGKATES	1	TAKAOKA	20	70/20	577	800	70	24	19.00	430	12,9	8	74,52%	51			8	Operasi tgl. 05-08-2000

LAPORAN BEBAN TRAFU > 80% I NOMINAL GARDU INDUK  
 BULAN : APRIL 2009

NO.	GARDU INDUK	TRAFO				ARUS NOM. (AMP)	OCR SETT.		BEBAN TERTINGGI						TEMPERATUR		JUMLAH OLTC	KETERANGAN	
		NO.	MERK	DAYA (MVA)	RATIO (Kv)		A	Kv	TGL.	JAM	AMP	MW	MVAR	I Nom %	OIL	WINDING			
																LV			HV
1	KARANGKATES	1	TAKAOKA	20	70/20	577	800	70											Operasi tgl. 05-08-2000

Supervisor Gardu Induk  
 KARANGKATES

AGUS SUSIANTO



PT. PLN (PERSERO) P3B  
REGION JAWA TIMUR DAN BALI  
UPT MALANG

## SETELAN RELE PENGAMAN T/L 70 KV

GARDU INDUK : KARANGKATES  
PENGHANTAR : SENGGURUH 1 & 2

No.	DATA	SETELAN	RANGE
1	<b>DISTANCE RELAY (44)</b> ASEA/ RAZOA No. 1L:  L : 12,77 KM- Z1 : 0.3866 + j 0,3584 Zo : 0.5366 + j 1.0752 CT : 400 / 5 A PT : 66 / 0,11 KV	R 1 : 1,906 Ω R 2 : 2,986 Ω R 3 : 6,890 Ω X 1 : 0,476 Ω X 2 : 0,746 Ω X 3 : 1,723 Ω T1 : inst S T2 : 0.750 S T3 : 1,6 S	P1 : 47; a : 14 P2 : 30 ; b : 56 P3 : 13; z : 4 PS : 5 ; F : 0 Kn : 0,8 ; INs : 3x0,2 In
2	<b>OVER CURRENT RELAY (51)</b> GEC-MCGG82 No. II 683955 D No. 2 L 683954 D	I> : 4,5A = 360 A I> : 0,25 SI IN> : 0,75A = 60 A T> : 0,15 SI	0,05 - 2,4 x In A 0,025 - 1 Sec 0,05 - 2,4 x In A 0,025 - 1 Sec
3	<b>RECLOSE RELAY (79)</b> GEC-MVTR51 No. 1L / II L :	<b>RECLOSING PROGRAM</b> Reclose : 3 Sec Reclaim Time : 40 Sec Close pulse Time : 0,2 Sec	



**DAFTAR SETELAN RELE TRAFU TENAGA**

UPT : MALANG  
 GARDU INDUK : KARANGKATES

No.	PERALATAN TERPASANG	RATIO CT RATIO PT	SETELAN	RANGE	
1.	<b>TRAFU I TAKAOKA</b> P : 20 MVA E : 70 / 20 kV I : 165 / 577 A Z : 10,2 % Vg : YNyn0(D)				
1.1	87	NISSIN / EAH - H2 S/N : R - S - T -	( 70 kV Side )  400 / 5 A  ( 20 kV Side ) BCT TRAFU 1000 / 5 A	Is = 35 % P = 3,2 A S = 4,5 A OC = 1500 %	35 - 50 % 2,3 - 8,7 2,3 - 8,7 1000 - 2000 %
1.1	TP51	ABB / SPAJ 140C In : 5 A S/N : 36305	400 / 5 A	I> = 2,5 A : 200 A T> = TD.0,32 (SI) IO> = 1,65 A : 132 A TO> = 0,45 (SI) I>> = Inf.	2 - 5 A 0 ~ 10 2 - 5 A 0 ~ 10
1.2	TS51	ABB / SPAJ 140C In : 5 A S/N : 12404	1000 / 1 A	I> = 0,5 A : 500 A T> = TD.0,15 (SI)	2 - 5 A 0 ~ 10 2 - 5 A 0 ~ 10
1.3	NS51	GEC / MCGG22 In : 5 A S/N : 452599 E	50 / 5 A	IO> = 1,0 A : 10 A T = TD.1 (D8) T2 = 12 Sec	0,05 - 2,4 x In 0,025 - 1
1.4	64V	NISSIN / CVH1 - E2 Vn : 63 Volt S/N : 609529	22000/V3 ; 110/V3 ; 110/3 Volt	V = 15 Volt	15 - 20 - 25 - 30 - 35 - 40
1.5	64VT	NISSIN / ETR-2VA S/N : 602713		0,1 Sec	0,5 - 5,0 Sec
1.6	F84	NISSIN / EVR - BT1 Vn : 110 Volt S/N : 601906	22000/V3 ; 110/V3 ; 110/3 Volt	UV = 90 Volt OV = 110 Volt T = 3 Sec	UV : 85 ~ 95 Volt OV : 105 ~ 115 Volt T : 3 ~ 30 Sec



<b>Gardu Induk</b> :	<b>Karangkates</b>
<b>T/R Bay ( Dist )</b> :	<b>TRAFO I 70/20 KV - 20 MVA</b>

TRAFO		PMT	
No. Trafo	: I	Merk	: MERLIN GERLIN
Merk	: TAKAOKA	Type	: PFA 1
Type	: STRODL CL - 2 C	No. Seri	: 4742
No. Seri	: 8745308	Arus	: 1250 A
Vektor grup	: Yy0	Breaking current	: 25 KA
Arus	: 165 / 577 A	Jenis PMT	: GCB
Teg. Kerja	: 70/20 KV	Jenis Gas	: SF6
Daya	: 20 MVA	Tegangan	: 72,5 KV
Impedansi	: 10,2 %	Berat	: -
Jenis Minyak	: DIALA B	Thn Buatan	: 1985
Jumlah Minyak	: 12000 Lt	Thn Operasi	: 5 Agustus 2000
Berat	: 40.000 Kg		
Thn Buatan	: 1983		
Thn Operasi	: 5 Agustus 2000		
Ex. Trafo GI Blimbing			
PMS BUS A		PMS BUS B	
Merk	: ping ding shan	Merk	:
Type	: CJ 7	Type	:
No. Seri	: 95 - 183	No. Seri	:
Arus	: -	Arus	:
Arus HS	: -	Arus HS	:
Tegangan	: 70 KV	Tegangan	:
Thn Buatan	: -	Thn Buatan	:
Thn Operasi	: 5 Agustus 2000	Thn Operasi	:
L A		C T	
Merk	: ASEA	Merk	: ASEA
Type	: XAR 72A3 / 84	Type	: IMBD 72 A3
No. Seri	: 536599 - 5365600 - 53656002	No. Seri	: 7429066 - 7429067 - 7429068
Arus	: -	Rated Current	: 400 - 200 / 5 A
Tegangan	: 84 KV	Burden	: 40 / 25 VA
Burden	: -	Class	: 1.0
Insulation	: -	Thn Buatan	: -
Class	: -	Thn Operasi	: 5 Agustus 2000
Thn Buatan	: 1985	BCT Primer	: 300/ 5 A, 40 VA, CLS 1.0
Thn Operasi	: 5 Agustus 2000	BCT Sekunder	: 1000-500/ 5 A, 40 VA CLS 1.0
NGR		NCT 20 KV	
Merk	: TELEMA SPA	Merk	: ASEA
Type	: -	Type	: IHBYC 24 A1
No. Seri	: CO 7979	No. Seri	: 6676573
Arus	: -	Arus	: 25 - 50 A
Rated Teg.	: 24 / V3 KV	P1 - P2	: 5 A
Rated Current	: 27,7 A	S1 - S2	: 24 KV
Rated Time	: 30 Sec:	Burden	: 15 VA
Resistansi	: 500 Ohm	Class	: 1.0
Thn Buatan	: 1994	Thn Buatan	: -
Thn Operasi	: 2000	Thn Operasi	: -



Gardu Induk	: Karangates
T/L Bay	: 70 kV Line Sengguruh I

PMT		PMS LINE	
Merk	: NISSIN ELECTRIC	Merk	: ASEA
Type	: SO - 21	Type	: LA 555 012 - A
No. Seri	: 80 - 1246	No. Seri	: 7425 326
Arus	: 800 A	Arus	: -
Breaking current	: 20 KA	Arus HS	: -
Jenis PMT	: OCB	Tegangan	: 70 KV
Jenis Gas	: -	Thn Buatn	: 1987
Tegangan	: 72 KV	Thn Operasi	: 22 Agustus 2001
Berat	: 4800 Kg		
Thn Buatn	: 1980		
Thn Operasi	: 21 Nopember 2000		
PMS BUS A.		PMS BUS B	
Merk	: ASEA	Merk	:
Type	: LA 555 012 - A	Type	:
No. Seri	: 7425 327	No. Seri	:
Arus	: -	Arus	:
Arus HS	: -	Arus HS	:
Tegangan	: 70 KV	Tegangan	:
Thn Buatn	: -	Thn Buatn	:
Thn Operasi	: 22 Agustus 2001	Thn Operasi	:
L A		C T	
Merk	: BOWTHORPE EMBRIGATON ENG	Merk	: NISSIN ELECTRIC
Type	: IMB75	Type	: BCT - 725 AS
No. Seri	: 87218 - 87217 - 87216	No. Seri	: 09634 - 09632 - 09630
Arus	: -	Rated Current	: 800 - 400 - 200 / 5 A
Tegangan	: 75 KV	Burden	: 40/40/25 VA
Burden	: -	Class	: 1.0
Insulation	: -	Thn Buatn	: 1980
Class	: -	Thn Operasi	: 1980
Thn Buatn	: -		
Thn Operasi	: 05 Agustus 2000		
PT		KETERANGAN :	
Merk	: PASSONIVILLA MILAO ITALI		
Type	: C2, VT 73/5		
No. Seri	: 88015 - 88012 - 88011		
Rated Teg. Prim.	: 66/V3 KV		
Rated Teg. Sek.	: 110/V3 KV		
Burden	: 1000 VA		
Insulation	: 73/140/325 KV		
Class	: 0,5 3 P		
Thn Buatn	: 1993		
Thn Operasi	: 2000		
Berat	: 430 Kg		



Gardu Induk	: Karangates
T/L Bay	: 70 kV Line Sengguruh II

PMT		PMS LINE	
Merk	: NISSIN ELECTRIC	Merk	: MESA - MESA GATICA
Type	: SO - 21	Type	: AE - 85
No. Seri	: 76 - 1375	No. Seri	: B - 96 - 0187
Arus	: 800 A	Arus	: -
Breaking current	: 20 KA	Arus HS	: -
Jenis PMT	: OCB	Tegangan	: 70 KV
Jenis Gas	: -	Thn Buatn	: 1996
Tegangan	: 72 KV	Thn Operasi	: 2000
Berat	: 4500 Kg		
Thn Buatn	: 1976		
Thn Operasi	: 1984		
PMS BUS A		PMS BUS B	
Merk	: ASEA	Merk	:
Type	: LA.555.012 - A	Type	:
No. Seri	: 7425 392	No. Seri	:
Arus	: -	Arus	:
Arus HS	: -	Arus HS	:
Tegangan	: 70 KV	Tegangan	:
Thn Buatn	: 1987	Thn Buatn	:
Thn Operasi	: 15 Desember 2000	Thn Operasi	:
Keterangan Ex. GI Sengkaing			
L A		C T	
Merk	: MEIDENSHA ELECTRIC	Merk	: NISSIN ELECTRIC
Type	: VSM 84 K	Type	: BCT 725 A
No. Seri	: 54214321 - 54214325 - 54214322	No. Seri	: 87720
Arus	: 10 KA	Rated Current	: 400 - 200 / 5 A
Tegangan	: 84 KV	Burden S1 / S2	: 40 VA
Burden	: -	Class	: 1.0
Insulation	: -	Thn Buatn	: 1976
Class	: -	Thn Operasi	: 1984
Thn Buatn	: 1974		
Thn Operasi	: 1998		
Berat	: 145 Kg		
PT/CVT		KETERANGAN :	
Merk	:		
Type	:		
No. Seri	:		
Rated Teg. Prim.	:		
Rated Teg. Sek.	:		
Burden	:		
Insulation	:		
Class	:		
Thn Buatn	:		
Thn Operasi	:		



Gardu Induk : Karangates

PROTEKSI I			
BATTERY		RECTIFIER	
Merk	: ALCAD	Merk	: SAFT NIFE
Type	: 125 UHP	Type	: 110 TPR 40
No. Seri	: -	No. Seri	: 5858
Kapasitas	: 125 AH	Teg. Input	: 380 V AC
Jumlah Sel	: 81	Teg. Output	: 110 V DC
Jenis Electrolit	: ALKALINE	Arus Input	: 12 A
Teg. Kerja	: 110 V	Arus Output	: 40 A
Thn Buatan	: -	Thn Buatan	: 1994
Thn Operasi	: 1993	Thn Operasi	: -

PROTEKSI II			
BATTERY		RECTIFIER	
Merk	:	Merk	:
Type	:	Type	:
No. Seri	:	No. Seri	:
Kapasitas	:	Teg. Input	:
Jumlah Sel	:	Teg. Output	:
Jenis Electrolit	:	Arus Input	:
Teg. Kerja	:	Arus Output	:
Thn Buatan	:	Thn Buatan	:
Thn Operasi	:	Thn Operasi	:

PLC			
BATTERY		RECTIFIER	
Merk	: YUASA	Merk	: YUASA
Type	: HS 100	Type	: GMT-24-50V
No. Seri	:	No. Seri	: 797231
Kapasitas	: 2X100 AH	Teg. Input	: 380V
Jumlah Sel	: 26 SEL	Teg. Output	: 24V,FLT=28.4V,EQ=30,4V
Jenis Electrolit	: ASAM	Arus Input	:
Teg. Kerja	: 24V,FLT=26.2V,EQ=27,6V	Arus Output	: 50 A
Thn Buatan	: -	Thn Buatan	: 1984
Thn Operasi	: 1987	Thn Operasi	: 1984

SCADA			
BATTERY		RECTIFIER	
Merk	:	Merk	:
Type	:	Type	:
No. Seri	:	No. Seri	:
Kapasitas	:	Teg. Input	:
Jumlah Sel	:	Teg. Output	:
Jenis Electrolit	:	Arus Input	:
Teg. Kerja	:	Arus Output	:
Thn Buatan	:	Thn Buatan	:
Thn Operasi	:	Thn Operasi	:

KETERANGAN :