

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK S1**



**ANALISA PEMILIHAN DAN PENEMPATAN FACTS
DEVICES DENGAN METODE GENETIC ALGORITHM
PADA
SUB SISTEM 150 kV PAITON - BALI**

SKRIPSI

Disusun Oleh :
SYARIFUDDIN AHMADI
Nim. 99.12.044



APRIL 2005

LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISA PEMILIHAN DAN PENEMPATAN *FACTS DEVICES*
DENGAN METODE *GENETIC ALGORITHM* PADA
SUB SISTEM 150 kV PAITON – BALI**

SKRIPSI

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

Disusun Oleh :

SYARIFUDDIN AHMADI

99.12.044

Diperiksa dan disetujui



Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Ir. F. YUDI LIMPRAPTONO, MT
NIP. Y 1039500274

Diperiksa dan Disetujui,

Dosen Pembimbing

Ir. I MADE WARTANA, MT
NIP. 131 991 182

**KOSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته
الحمد لله رب العالمين

*"Skripsi Ini Kupersembahkan Untuk Bapak dan Ibuku Tercinta Yang Telah
Membesarkan dan Mendidikku Dengan Pemih Cinta
dan Kasih Sayang"*

Aku juga ingin ngucapin makasih banyak buat :

- * Special thanks untuk Bapak dan ibuku yang selalu mendoakanku
- * My Lovely "Aniec" yang selalu setia dan sabar mendampingi aku selama ini.
- * "I LOVE YOU"
- * Naila yang selalu ngerepotin, Ula jangan bosen jagain konter terus yall,
- * Keluarga Joyo taMbaksari, Ibu Sunarti yang selalu mendoakan aku, Mas Samsul, Mas Kosim, Mbak Tutik, Mbak Hermin, Mas Khusnul, Mbak Lusi, dan Mas Andik semianya terimakasih telah membantu moril maupun spiritual.
- * Keponakan Aniec, "Daffa" n' "Hazza" yang lucu, kalian selalu menjadi penghibur disaat aku jenuh.
- * Temen-temen seperjuanganku Ruli walaupun kamu gak bisa lulus bareng, moga kamu cepet lulus, fitri, tita sory ngerepotin terus, lia, agus thanks untuk seringnya selama ini, soleh, adi yang katanya bau rokok, arie, ngakan, wayan, puput dan anak-anak elektro ST angkatan '99, khususnya ST 1-2 yang lulus bareng. Selamat "guys" akhirnya kita lulus.
- * Bu Ida, yang selalu memotifasiku, terimakasih bu.
- * Mas Ugra yang banyak membantu programku, terima kasih.
- * Doni, farid, ruli, jefri, n' smua temen"ku moga kalian cepet lulus.
- * Mas Jayeng yang selalu nyempetin ngurusin ujian kita, meskipun mepet-mepet, makasih yal

*"Wahai saudaraku, engkau tidak akan
mendapatkan ilmu kecuali dengan enam perkara:
Kecerdasan, ketamakan terhadap ilmu,
kesungguhan, harta benda (bekal), bergaul dengan
guru, serta waktu yang panjang"*



ABSTRAK

ANALISA PEMILIHAN DAN PENEMPATAN *FACTS DEVICES* DENGAN METODE ALGORITMA GENETIKA PADA SUB SISTEM 150 KV PAITON-BALI

(Syarifuddin Ahmadi, Nim. 9912044, Teknik Elektro S-1/Teknik Energi Listrik)
(Dosen Pembimbing: Ir. I Made Wartana, MT)

Kata Kunci : Peralatan *FACTS*, Biaya Pembangkitan, Biaya Investasi, Algoritma Genetika, Lokasi Optimal, Optimal Aliran Daya, Pembebanan Sistem.

Permintaan akan tenaga listrik yang semakin meningkat, menuntut untuk meningkatkan performa yang lebih baik dari sistem tenaga listrik yang ada, seiring dengannya, terjadi pula perubahan aliran daya yang selalu diperhatikan, permasalahan yang muncul adalah apabila perubahan tersebut tidak dikontrol, maka sejumlah saluran dari sistem transmisi akan terjadi perubahan beban. Hal ini dapat diatasi dengan cara memaksimalkan transfer daya jaringan supaya lebih baik dan lebih efisien.

Skripsi ini menganalisis tentang algoritma genetika untuk mencari lokasi aluran, type, dan setting pada sebuah sistem tenaga. Rugi-rugi daya digunakan dan dimodelkan untuk kasus steady-state. Kasus diambil pada sub sistem 150 kV Paiton-Bali yang terdiri dari 25 bus dan 34 saluran.

Analisis hasil perhitungan *loadflow* jaringan sistem 150 kV Paiton-Bali memberikan hasil pengurangan rugi-rugi daya dari 69.075-j24.263 MVA pada kondisi awal menjadi 51.81-j29.81 MVA, sementara profil tegangan sesuai dengan batasan yang diijinkan PLN (0.95-1.05) pu.

ABSTRACT

Key word : *FACTS* devices, cost function, investment, genetic algorithms, optimum location, optimal power flow, system load ability.

The increasing demand of power system has forced a request for a better performance of the existing power system. Consequently, a shift of power flow needs to be monitored. The emerging problem is when the shift is not controlled, a number of transmission system lines will have load shifts. Maximizing the power transfer network in order to be better and more efficient can solve this problem.

This paper presents a genetic algorithm to seek the optimal location of multi-type *FACTS* devices in power system. The optimizations are performed in three parameters, the location of the devices, their types and their values. The system load ability is applied as measure of power system performance. Power losses are used in analyzing the problem. Multi-type *FACTS* devices are used and modeled for steady state. In this case, the sub system consists of 25 busses and 34-branch network.

A load flow analysis in 150 kV Paiton-Bali power system results in decreasing power losses from 69.075-j24.263 on the first place to 51.81-j29.81 MVA. Meanwhile the voltage levels composed between 0.95 to 1.05 pu.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah atas segala Rahmat dan Hidayah-Nya, serta tak lupa shalawat serta salam semoga tercurahkan bagi junjungan kita Nabi Muhammad SAW beserta keluarganya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan segenap kemampuan, sebagai salah satu syarat guna mencapai gelar Sarjana Teknik Strata Satu Institut Teknologi Nasional Malang.

Dalam proses hingga penyelesaian ini, sangat disadari banyak melibatkan bantuan dari berbagai pihak, baik berupa masukan pengetahuan, motivasi, diskusi dan lain sebagainya. Dalam hal ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Abraham Lomi, MSEE selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak . Ir. Mochtar Asroni, MSME, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak Ir. I Made Wartana, MT selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan banyak masukan, arahan dan bimbingan dalam penelitian dan penulisan skripsi ini.
4. Bapak Ir. S. Yudi Limpraptono, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro SI ITN Malang
5. Ibu Ir. Mimin Mustikawati selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
6. Bapak Soejono, selaku staf Engineering P3B selaku sumber data dan informasi yang telah banyak memberikan banyak masukan pengetahuan, kritik, kemudahan serta semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
ABSTRAKSI.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GRAFIK	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Metodologi Penelitian	4
1.6. Sistematika Penulisan	5
1.7. Relevansi	6
BAB II SISTEM TENAGA LISTRIK	
2.1. Sistem tenaga Listrik.....	7
2.2. Representasi saluran Transmisi	8
2.3. FACTS (Flexible Alternating Current Transmission System).....	9
2.4. Thyristor Controlled Series Capacitor (TCSC).....	10

2.4.1. Karakteristik	10
2.4.2 Prinsip Operasi Dasar	11
2.5. Thyristor Controlled Phase Shifting Transformer (TCPST).....	13
2.5.1. Karakteristik.....	13
2.6. UPFC.....	14
2.7. Static Var Compensator (SVC).....	14
2.7.1. Karakteristik	15

BAB III ANALISIS PEMILIHAN DAN PENEMPATAN *FACTS DEVICES* MENGGUNAKAN METODE ALGORITMA GENETIKA

3.1. Algoritma Genetika.....	16
3.1.1. Istilah-Istilah Algoritma Genetika.....	18
3.1.2. Proses Algoritma Genetika.....	21
3.1.3. Elitism	26
3.2. Crossover (Pindah Silang).....	27
3.3. Mutasi.....	27
3.4. Pemodelan Peralatan FACTS.....	29
3.4.1. TCSC.....	29
3.4.2. TCPST.....	30
3.4.3. SVC	31
3.4.4. UPFC.....	31
3.5. Fungsi Biaya.....	32
3.5.1. Fungsi Biaya Pembangkitan.....	32
3.5.2. Fungsi Biaya Peralatan FACTS	33

3.6. Penempatan Optimal Alat FACTS.....	33
3.7. Adaptasi Algoritma Genetika ke Masalah Pemilihan dan penempatan Peralatan FACTS	35
3.7.1. <i>Encoding</i>	35
3.7.2. <i>Initial Populasi</i>	37
3.7.3. <i>Fitness Calculation</i>	38
3.7.4. <i>Reproduction</i>	39
3.7.5. <i>Crossover</i>	40
3.7.6. <i>Mutasi</i>	41
3.8. Aliran Daya	42
3.8.1. Metode Newton Raphson.....	42
3.8.2. P Aliran Daya Newton Raphson	45
3.9. Algoritma Program.....	46
3.9.1. Algoritma Program Pemecahan Masalah Pemilihan dan Penempatan Lokasi Optimal Peralatan FACTS Pada Sistem 150 kV Paiton-Bali dengan Menggunakan Algoritma Genetika	46
4.5.1.2. Algoritma Perhitungan Sub Routine Program Fitness	47

BAB IV HASIL DAN ANALISIS HASIL

4.1. Sistem Tenaga Listrik Pada Sistem 150kV Paiton-Bali.....	49
4.2. Data Pembangkitan Dan Pembebanan	52
4.3. Data Saluran Transmisi.....	53
4.4. Data Pembangkit Thermal Pada Sub Sistem Paiton- Bali.....	54

4.5. Flowchart Algoritma Program	55
4.5.1. Flowchart Algoritma Program Pemilihan dan Penempatan Lokasi, Type, dan Setting Optimal FACTS Menggunakan Metode Algoritma Genetika.....	55
4.5.2. Flowchart Algoritma Sub-Routine Program <i>Fitness</i>	56
4.6. Hasil dan Analisis Hasil	57
4.6.1. Tampilan Program.....	57
4.6.2. Hasil Perhitungan dan Analisa Data.....	60
4.6.2.1. Hasil Perhitungan Pada Kondisi Awal	60
4.6.2.2. Hasil Penentuan Lokasi 5 Alat FACTS Pada Sistem 150 KV Paiton Bali Dengan Menggunakan Algoritma Genetika.....	63
4.6.2.3. Hasil Perhitungan Pada Kondisi Akhir.....	64
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan.....	66
5.2. Saran.....	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar :	Hal :
2-1. Rangkaian Ekuivalen Saluran Transmisi.....	8
2-2. Dblok Diagram dari Alat FACTS.....	9
2-3. Skema Kompensasi Seri Termasuk Multimodul TCSC.....	11
2-4. Model Kontrol TCSC.....	12
3-1. Konfigurasi Individu dari Alat FACTS.....	21
3-2. Roulette-Wheel.....	25
3-3. Pembentukan <i>Next</i> Generation dalam Algoritma Genetika.....	26
3-4. Ilustrasi Operator Mutasi Untuk Represent String Biner.....	28
3-5. Ilustrasi Operato Mutasi Untuk Represent String Integer.....	28
3-6. Model Matamatika TCSC.....	30
3-7. Model Matamatika TCPST.....	30
3-8. Model Matamatika SVC.....	31
3-9. Model Matamatika UPFC.....	32
3-10. Fungsi Biaya Alat FACTS.....	33
3-11. Konfigurasi Individu dari Alat FACTS.....	35
3-12. Perhitungan Keseluruhan Populasi.....	38
3-13. Seleksi Roulette-Wheel.....	39
3-14. Dua Point Crossover.....	41
4-1. Sistem Jaringan Tenaga Listrik 150 kV Paiton-Bali.....	51
4-2. <i>Flowchart</i> Algoritma Genetika.....	55

4-3.	<i>Flowcart Sub Routine</i> Program Fitness	56
4-4.	Tampilan Utama Program.....	57
4-5.	Tampilan Data File	57
4-6.	Tampilan Data Saluran	58
4-7.	Tampilan Data Pembebanan.....	58
4-8.	Tampilan Hasil Aliran Daya, Rugi-rugi, dan Biaya Pembangkitan Sebelum Pemasangan Alat FACTS menggunakan Newton Raphson	59
4-9.	Tampilan Parameter Algoritma genetika.....	59
4-10.	Hasil Algoritma Genetika Dalam Menentukan Lokasi FACTS, Biaya Pembangkitan, Daya, Pembebanan dan Rugi- rugi.....	60

DAFTAR TABEL

Tabel :	Hal
3-1 Istilah yang Digunakan Dalam Algoritma Genetika.....	18
4-1. Data Pembangkitan dan Pembebanan Sistem 150 kV Paiton-Bali.....	52
4-2. Data Saluran Transmisi.....	53
4-3. Parameter Unit Thermal.....	54
4-4. Persamaan Biaya Pembangkitan Unit Pembangkit Thermal Paiton-Bali.....	54
4-5. Hasil Perhitungan Tegangan, Pembangkitan dan Pembebanan Sebelum Pemasangan Alat <i>FACTS</i> Pada Sistem 150 kV Paiton-Bali Menggunakan Metode <i>NewtonRaphson</i>	61
4-6. Hasil Perhitungan Aliran Daya Pada Tiap Saluran Transmisi 150 kV Paiton - Bali Sebelum Pemasangan Alat <i>FACTS</i> Dengan Menggunakan Metode <i>Newton Raphson</i>	62
4-7. Hasil Perhitungan Daya yang Dibangkitkan dan Biaya Operasional Sebelum Pemasangan Peralatan <i>FACTS</i>	63
4-8. Hasil Penentuan Lokasi 5 Alat <i>FACTS</i> Beserta Setingannya Dengan Menggunakan Metode Algoritma Genetika.....	63
4-9. Hasil Perhitungan Tegangan, Pembangkitan dan Pembebanan sesudah Penggunaan Alat <i>FACTS</i> Pada Jaringan Transmisi 150 kV Paiton-Bali Menggunakan Metode <i>Newton Raphson</i>	65

4.10.	Hasil Perhitungan Aliran Daya Pada Tiap Saluran Transmisi 150 kV Paiton - Bali Sebelum dan Sesudah Pemasangan Alat FACTS Dengan Menggunakan Metode <i>Newton Raphson</i>	66
4.11.	Hasil Perhitungan Daya yang Dibangkitkan dan Biaya Operasional Sebelum dan Setelah Pemasangan Peralatan FACTS.....	68
4.12.	Hasil Perbandingan Rugi-rugi, Biaya Investasi dan Biaya Pembangkitan Dari Pemasangan 10 Pemasangan Alat FACTS.....	69

DAFTAR GRAFIK

Grafik :	Hal :
1. Hasil Perbandingan Total Pembangkitan, Pembebanan dan Rugi-Rugi untuk Daya Aktif Sebelum dan Sesudah Penggunaan Alat FACTS	67
2. Hasil Perhitungan Profil Tegangan Sebelum dan Sesudah Pemasangan Alat FACTS.....	67
3. Hasil Perhitungan Biaya Pembangkitan dan Biaya Investasi sebelum dan Sesudah Pemasangan Peralatan FACTS Pada Sistem 150 KV Paiton- Bali.....	68
4. Hasil Perhitungan Antara Jumlah Pemasangan Peralatan FACTS dengan Rugi-rugi Daya Aktif	69
5. Hasil Perhitungan Antara Jumlah Pemasangan Peralatan FACTS dengan Rugi-rugi Daya Aktif.....	70
6. Hasil Perhitungan Antara Jumlah Pemasangan Peralatan FACTS dengan Biaya Pembangkitan Total.....	70

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pengendalian sistem tenaga listrik bolak-balik (AC) telah dikenal sebagai hal yang kompleks. Hal ini disebabkan oleh perubahan secara terus-menerus antara medan magnet dan medan listrik. Bergeraknya arus listrik pada suatu sistem transmisi tidak hanya dipengaruhi oleh keberadaan tahanan tetapi juga dari induktansi dan kapasitansi disepanjang saluran tersebut. Kombinasi dari ketiga hal inilah yang dikenal dengan istilah impedansi. Selain itu, pada jaringan transmisi AC, daya listrik mengalir dari ujung transmisi dengan voltase fase leading ke ujung lain yang bervoltase fase tertinggal (*lagging*).¹⁶¹

Permintaan akan tenaga listrik yang semakin meningkat, menuntut untuk meningkatkan performansi yang lebih baik dari sistem tenaga listrik yang ada. Seiring dengan hal tersebut, terjadi pula perubahan aliran daya yang harus selalu diperhatikan. Permasalahan yang muncul adalah apabila perubahan tersebut tidak dikontrol, maka sejumlah saluran dari sistem transmisi akan terjadi perubahan daya. Hal diatas dapat diatasi dengan cara memaksimalkan jaringan yang ada agar lebih baik dan jauh lebih efisien dengan cara meningkatkan kapasitas transfer daya. Selama ini untuk pengaturan aliran daya masih banyak menggunakan peralatan kendali mekanik. Peralatan kendali mekanik akan menjadi aus sehingga penggunaanya perlu dibatasi, sebagai contoh trafo yang digunakan mengkompensasi beban yang berubah, hanya dibatasi kurang dari 12 kali

perubahan tapnya dan memakan waktu yang lama. Banyak metode yang digunakan untuk menganalisa pengoptimalan penyaluran daya reaktif untuk mengurangi rugi-rugi daya diantaranya dengan pemasangan kapasitor seri atau shunt, pemasangan tap trafo dan lain-lain.[6]

Teknologi FACTS inilah yang kemudian dikembangkan dengan salah satu tujuan untuk menyediakan peralatan yang fleksibel dalam pengaturan dan pengendalian aliran daya listrik sebagai pengganti peralatan kendali mekanik. Keuntungan peralatan FACTS yaitu waktu reaksi yang cepat dibanding peralatan mekanik, dapat memanfaatkan jaringan transmisi daya listrik secara fleksibel pada tingkat yang dekat dengan batas panas secara aman untuk menghindari kemungkinan terjadinya *overloading*. Dengan demikian peralatan FACTS akan menghemat banyak biaya untuk penambahan penyediaan daya listrik untuk menghindari pembangunan jaringan baru.[6] Alternatif yang akan dibahas dalam makalah ini adalah dengan pemilihan dan penempatan lokasi optimal dari alat FACTS dengan metode Algoritma Genetika, yaitu suatu teknik pencarian yang berusaha menyamai operasi-operasi genetik alamiah. Dari beberapa alat FACTS yang digunakan adalah TCSC, TCPST, UPFC DAN SVC[1]

1.2. Rumusan Masalah

Dari keterangan diatas dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Berapa daya aktif dan daya reaktif yang dihasilkan tiap-tiap pembangkit sebelum dan sesudah dipasang alat FACTS
-

2. Penempatan optimal alat FACTS yang dipasang dan jenis alat FACTS yang digunakan serta berapa nilai dari masing-masing alat tersebut untuk mengurangi rugi-rugi daya.
3. Berapa biaya pembangkitan setelah dipasang alat *FACTS* dan biaya dari pemasangan alat FACTS

Sehubungan dengan itu, maka judul yang dipilih dalam skripsi ini adalah

**ANALISA PEMILIHAN DAN PENEMPATAN OPTIMAL *FACTS*
DEVICES DENGAN METODE *GENETIC ALGORITHM*
PADA SUB SISTEM 150 kV PAJOTON- BALI**

1.3. Tujuan

Skripsi ini bertujuan untuk menentukan lokasi, memilih tipe dan nilai dari masing-masing peralatan *FACTS* yang akan dipasang pada saluran transmisi. Daya optimal yang disalurkan setelah dipasang peralatan *FACTS*. Dari segi ekonomis generator mencari biaya ekonomis pembangkitan setelah dipasang peralatan *FACTS* dan menghitung biaya investasi pemasangan peralatan *FACTS*

1.4. Batasan Masalah

Permasalahan dalam sistem tenaga listrik merupakan permasalahan yang luas, sehingga dalam menganalisa suatu permasalahan perlu adanya pembatasan-pembatasan yang sesuai dengan topik yang dimaksud agar mengarah sesuai dengan tujuan. Dalam skripsi ini batasan-batasan adalah sebagai berikut:

1. Analisa perhitungan menggunakan Algoritma Genetika dalam memilih dan menentukan lokasi optimal alat *FACTS* pada sistem 150 KV Paiton-Bali
-

2. Metode yang digunakan dalam perhitungan aliran daya adalah metode *Newton Raphson* dan tidak membahas metode secara detail.
3. Perhitungan dilakukan dengan program komputer
4. Tidak membahas elektronika daya
5. Peralatan FACTS yang digunakan hanya TCSC, TCPST, UPFC dan SVC
6. Hanya membahas biaya pembangkitan dan biaya pemasangan alat FACTS. Biaya investasi diambil dari jurnal.

1.5. Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam skripsi ini adalah:

1. Studi literatur berupa pengumpulan referensi yang berkaitan dengan pokok bahasan.
 2. Studi lapangan untuk mendapatkan data parameter unit yang dibutuhkan dari obyek penelitian yaitu PT. PLN (Persero) P3B Paiton-Bali.
 - a. Data impedensi saluran jaringan transmisi 150 kV Paiton-Bali
 - b. Data pembangkitan dan pembebanan sistem 150 kV pada saat beban puncak
 - c. Data pembangkitan thermal pada sub sistem Paiton Bali
 3. Melakukan analisa dengan menggunakan bahasa pemrograman Delphi versi 7.0
 - a. Analisa aliran daya pada system 150 KV Paiton-Bali menggunakan metode *Newton Raphson*.
-

- b. Analisa pemilihan dan penentuan lokasi dan besar kapasitas optimal FACTS menggunakan metode Algoritma Genetika
- c. Analisa pengaruh pemasangan alat FACTS pada sistem 150kV Paiton-Bali.

1.6. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika pembahasan pada skripsi ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi sistematika penulisan dan relevansi.

BAB II KAJIAN TEORI

Meliputi landasan teori yang mendukung penempatan peralatan FACTS.

BAB III ANALISIS PEMILIHAN DAN PENEMPATAN *FACTS DEVICES* DENGAN METODE ALGORITMA GENETIKA

Meliputi penjelelasan tentang penempatan peralatan FACTS Perencanaan dan pembuatan alat.

BAB IV ANALISIS HASIL

Meliputi proses perhitungan daya, pembebanan dan rugi-rugi daya. Perhitungan biaya pembangkitan dan biaya investasi.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Meliputi kesimpulan dan saran.

1.7. Relevansi

Penggunaan dari metode GA dalam menganalisa masalah penempatan peralatan FACTS dapat membantu pemerintah khususnya PT.PLN (persero) dalam mengatasi masalah pembangkitan dalam sistem tenaga listrik guna menghasilkan operasi yang handal dan ekonomis khususnya biaya pembangkitan. Maka kami berharap agar metode ini dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan oleh PT. PLN (persero) dalam pemecahan masalah penempatan peralatan FACTS.

BAB II SISTEM TENAGA LISTRIK

2.1. Sistem Tenaga Listrik ¹⁾

Sistem tenaga listrik ada tiga bagian utama yaitu : pusat pembangkit tenaga listrik, saluran transmisi serta sistem distribusi yang berhubungan langsung dengan konsumen. Saluran transmisi merupakan penghubung antara pusat pembangkit melalui hubungan antar sistem yang menuju sistem pada sistem yang lain.

Saluran transmisi mempunyai empat parameter yang mempengaruhi kemampuannya dalam menyalurkan daya listrik. Keempat parameter tersebut yaitu : resistansi (R), induktansi (L), kapasitansi (C), serta konduktansi (G).

Resistansi umumnya tergantung pada jenis penghantar sedangkan konduktansi menyatakan besarnya arus bocor antar penghantar, antar penghantar dengan tanah, tetapi harganya relative kecil maka dapat diabaikan. Induktansi adalah parameter rangkaian yang menghubungkan tegangan yang diimbaskan oleh perubahan fluksi akibat perubahan arus, sedangkan kapasitansi suatu saluran transmisi timbul akibat adanya beda potensial antara penghantar dengan tanah, dalam hal ini kapasitansi menyebabkan penghantar bermuatan seperti yang terjadi pada pelat kapasitor.

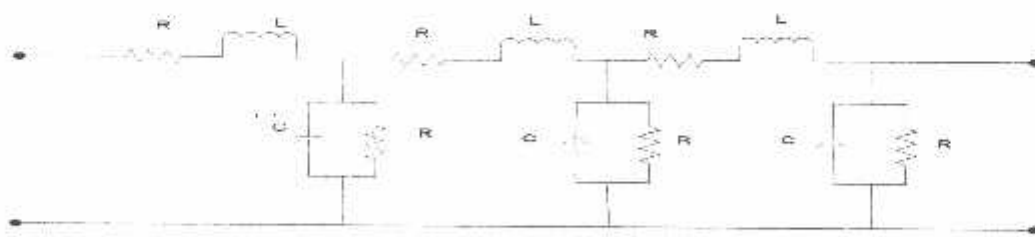
Impedansi seri terbentuk dari resistansi dan induktansi yang terbagi merata sepanjang saluran. Sedangkan konduktansi dan kapasitansi terdapat diantara

penghantar-penghantar dari saluran fasa tunggal atau diantar penghantar dengan netral dari suatu saluran berfasa tiga membentuk admitansi paralel.

2.2. Representasi Saluran Transmisi^[3]

Suatu hal yang perlu diperhatikan didalam perencanaan dan pengoperasian dari suatu sistem transmisi adalah pemeliharaan tegangan dalam batas-batas yang diijinkan pada berbagai titik. Untuk itu perlu diketahui besar tegangan, arus serta daya yang mengalir pada setiap titik sepanjang saluran transmisi tersebut. Sebelum analisa dan perhitungan dapat dilakukan, terlebih dahulu saluran transmisi itu harus dipresentasikan dengan diagram pengganti.

Pada umumnya saluran-saluran transmisi itu adalah tiga fasa. Dalam keadaan tegangan dan arus simetris, maka analisisnya cukup dilakukan berdasarkan satu fasa. Untuk menggambarkan suatu saluran transmisi secara umum kedalam rangkaian ekivalennya, tahanan dan konduktansi dinyatakan sebagai admitansi shunt yang terbagi merata sepanjang saluran transmisi seperti yang terlihat pada gambar 2-1.



Gambar 2-1. Rangkaian Ekivalen Saluran Transmisi

Sumber : Analisis Sistem Tenaga Listrik, William D. Stvenson, Jr.

Keterangan :

R = Tahanan AC per satuan panjang

L = Induktansi saluran terhadap netral per satuan panjang

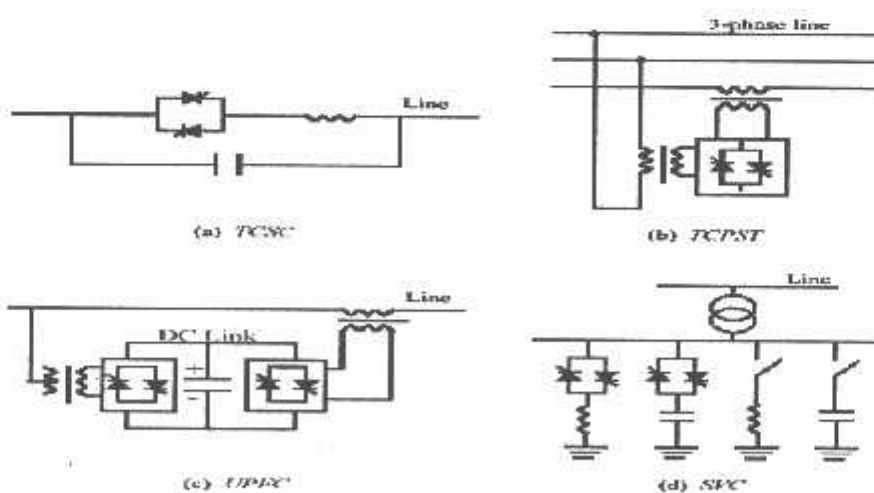
C = Kapasitansi saluran terhadap netral per satuan panjang

G = Konduktansi per satuan panjang

Parameter-parameter saluran transmisi tersebut sangat mempengaruhi besarnya tegangan bus dan aliran daya yang mengalir pada saluran tersebut. Pada saluran udara, konduktansi saluran (G) sangat kecil sehingga didalam perhitungan-perhitungan akan jauh lebih mudah bila diabaikan.

2.3. FACTS (Flexible Alternating Current Transmission System)^[1]

Ada empat tipe dari alat FACTS yaitu TCSC (Thyristor Controlled Series Capacitor), TCPST (Thyristor Controlled Phase Shifting Transformer), UPFC (Unified Power Flow Controller) dan SVC (Static Var Compensator).



Gambar 2-2. Blok diagram dari alat FACTS^[7]

(a). TCSC, (b) TCPST, (c) UPFC, (d) SVC

Fungsi dasar dari FACTS pada sistem tenaga adalah untuk mengontrol aliran daya. Hal tersebut dapat terlaksana apabila FACTS dipasang pada tempat yang optimal. FACTS juga bisa digunakan untuk mengoptimalkan aliran daya tanpa adanya batasan dan dapat meminimalkan biaya pembangkitan pada sistem tenaga listrik. Pemilihan tipe dan lokasi penempatan alat FACTS menurut kontribusi akan berpengaruh pada ekonomi pembangkitan dan *economic dispatch*. Aliran daya P_{ij} mengalir pada saluran transmisi $i-j$ adalah fungsi dari impedansi saluran X_{ij} , tegangan magnitud V_i, V_j dan sudut fasa antara sisi pengiriman dan sisi penerimaan tegangan, $\delta_i - \delta_j$ [1]

$$P_{ij} = \frac{V_i V_j}{X_{ij}} (\delta_i - \delta_j) \dots \dots \dots (2.1)$$

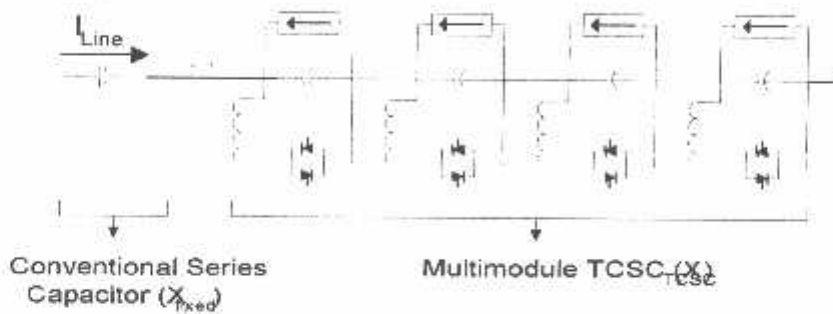
Oleh karena itu FACTS dapat diaplikasikan untuk mengontrol aliran daya dengan memasang parameter pada sistem tenaga dimana aliran daya bisa dioptimasi.

2.4. Thyristor Controlled Series Capacitor (TCSC)^[9]

2.4.1 Karakteristik

Modul TCSC terdiri dari kapasitor seri dan parallel dengan sebuah katup thyristor dan indikator seri. Untuk pengamannya menggunakan metal-oxide varistor (MOV) untuk proteksi tegangan lebih. Sistem kompensasi yang lengkap

dibangun dari deretan modul-modul dan biasanya ditambahkan kapasitor tetap konvensional.



Gambar 2-3. Skema kompensasi seri termasuk multimodul TCSC.

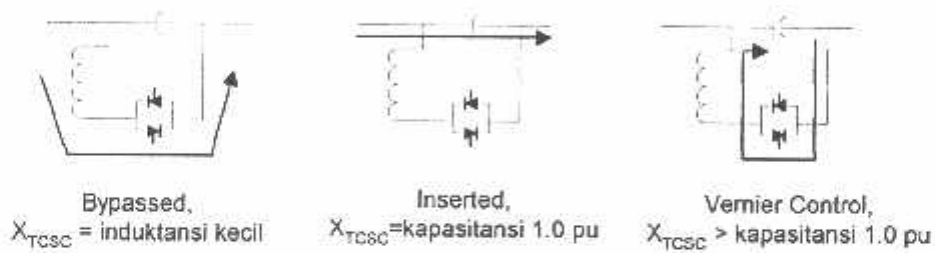
Sumber : Paserba, J.J., Nicholas, W.V., Larsen, E.V Piwko, R.J., A THYRISTOR CONTROLLED SERIES COMPENSATION MODEL FOR SYSTEM STABILITY ANALYSIS, USA : IEEE TPD, Vol 10, no 3, May 1995 PPL-3

Model operasi ekstrem dari modul TCSC adalah bloking thyristor, dimana dalam kasus ini bertindak sebagai kapasitor konvensional (reaktansi netto X_c), atau thyristor bypass yang ekuivalen dengan induktansi kecil (reaktansi netto X_{bypass}). Antara dua mode operasi ini ada control "vernier" yang dapat digunakan untuk meningkatkan reaktansi dalam daerah induktif maupun kapasitif.

2.4.2. Prinsip Operasi Dasar^[9]

Tiap model TCSC dapat beroperasi dalam mode *bypassed* ataupun *inserted*. Ketika kapasitor disisipkan, katup thyristor dapat dikontrol fasanya untuk memvariasikan impedansi frekuensi-dasar dari kapasitor.

Pada mode *bypassed*, thyristor berada pada keadaan konduksi penuh, dan reaktansi netto modul adalah induktansi kecil dari control yang disisipkan seri dengan katup thyristor. Sejumlah arus akan mengalir lewat kapasitor selama mode ini, tetapi arus yang mengalir lewat katup thyristor dan control jauh lebih besar karena jalur/*path* impedansi yang lebih rendah.



Gambar 2-4. Model control TCSC

Sumber : Paserba, J.J., Nicholas, W.V., Larsen, E.V Piwko, R.J., A THYRISTOR CONTROLLED SERIES COMPENSATION MODEL FOR SYSTEM STABILITY ANALYSIS, USA : IEEE TPD, Vol 10, no 3, May 1995 PPL-3

Jika kapasitor disisipkan dengan memblok semua sinyal penggerbangan thyristor, yaitu mode *blocked*, kapasitansi efektif dari modul sama dengan nilai nominalnya. Mode operasi ini secara esensial sama dengan kapasitor seri konvensional.

Sementara kapasitor disisipkan, thyristor dapat digerbangkan di dekat ujung tiap setengah gelombang sedemikian rupa sehingga mensirkulasikan sejumlah arus induktif terkontrol lewat kapasitor, dengan demikian dapat meningkatkan reaktansi kapasitif dari modul. Konsep ini dinamakan vernier. Pada mode ini,

reaktansi sisipan dapat dikontrol dengan cara variabel-kontinyu (vernier) dari nilai minimum kapasitor sendiri sampai nilai maksimum.

Pada modul ini tiap bagian modul dapat di *bypassed/inserted* dengan control vernier. Pada *bypassed modul* (katup thyristor digerbangkan secara kontinyu), impedansi netto modul adalah 0.2 ohm induktif (impedansi netto mode ini adalah kombinasi control... kapasitor dan control). Ketika modul disisipkan, reaktansi kapasitif antara 1.33 – 4 ohm. Level sebenarnya dai nilai ohm efektif ditentukan dari besar arus sirkulasi lewat katup thyristor pada mode control.

2.5 Thyristor Controlled Phase Shifting Transformer (TCPST)

2.5.1. Karakteristik

Penambahan sudut fasa α pada voltase transmisi V dicapai dengan cara menambahkan voltase V_q yang tegak lurus terhadap V . Voltase V_q sendiri dihasilkan dari voltase sekunder dari transformer yang dihubungkan ke dua fasa dari sistim transmisi tiga fasa ini. Penambahan sudut fasa ini.

Walaupun tidak ada tegangan tinggi, selain mekanis phase-shifter dalam perbaikan, dasar yang menggunakan suatu trafo phase-shifting dengan suatu thyristor tap-changer baik menetapkan phase-shifter dengan suatu mekanik tap-changer, penampang pengontrol thyristor juga melengkapi injeksi tegangan. Suatu pengaturan trafo phase-shifting penempatan ditunjukkan di (dalam) Gambar 8. itu menggunakan tiga lilitan transformator tidak serupa, dalam proporsi 1:3:9 dapat menghasilka dengan total 27 langkah hanya menggunakan 12 *switch thyristor*

(dengan perbedaan tiga reteng tegangan) per fasa dengan penempatan *switch* dapat membypass sebuah lilitan atau mengubah polaritas.

2.6. UPFC

UPFC mempunyai dua VSI (*Voltage Source Inverters*) yang terhubung pada sistem yang mengalir dua kopling trafo. UPFC dimodelkan menggunakan dua sumber tegangan \bar{U}_{UPFC} dan \bar{U}_{Shunt} . Dalam kondisi *steady-state* dan analisis dinamis, variabel kontrol \bar{U}_{UPFC} dan \bar{U}_{Shunt} diubah menjadi arus injeksi dituliskan seperti dibawah ini:

2.7. Static Var Compensator

Static VAR Compensator (SVC) adalah suatu peralatan yang mampu membangkitkan dan atau menyerap daya reaktif dari suatu system tenaga listrik. SVC merupakan pembangkit atau penyerap statis yang terhubung shunt dimana keluarannya bervariasi, sehingga dapat mengatur parameter spesifik dari power system. Kata "ststic" menunjukkan bahwa SVC tidak seperti kondensor sinkron, tidak mempunyai bagian yang bergerak. Dengan demikian SVC terdiri dari SVG Static Var Generator atau peralatan penyerap dan peralatan pengontrol yang sesuai.

Jenis SVC

Berikut ini adalah jenis elemen dasar pengatur daya reaktif, yaitu:

1. Saturated Reaktor (SR)
 2. Thyristor Controlled Reaktor
 3. Thyristor-Switched Capasitor (TSC)
-

4. Thyristor-Switched Reactor (TSR)
5. Thyristor Controlled Transformer
6. Self-or line-commutated converter (SCC/LCC)

2.7.1. Karakteristik

V-I Pada SVC menunjukkan memberikan sekitar kemiringan pada tegangan nominal yang dapat juga untuk menyelesaikan pada penempatan operasi normal. Diperoleh oleh arus kapasitif maksimum dan arus induktif pada SVC, tetapi untuk mencapai arus kapasitif maksimum penurunan linear (dan menghasilkan pengkuadratan daya reaktif) dengan sistem sejak SVC menjadi kapasitor tetap. Ketika keluaran kapasitif maksimum telah tercapai, Karena itu, kemampuan bantuan tegangan pada pengontrolan thyristor konvensional SVC mempercepat pembentukan dengan system pengurangan tegangan.

$$\Delta \delta^{k+1} = \delta^k + \Delta \delta^k \dots \dots \dots (2.2)$$

Proses perhitungan akan berulang sampai selisih daya aktif dan reaktif antara yang dijadwalkan dan dihitung, yaitu ΔP dan ΔQ untuk semua simpul mendekati nilai toleransi atau proses perhitungan iterasi mencapai konvergen.

BAB III

ANALISA PEMILIHAN DAN PENEMPATAN *FACTS DEVICES* MENGGUNAKAN METODE *ALGORITMA GENETIKA*

3.1. Algoritma Genetika^[5]

Algoritma Genetika merupakan metode adaptive yang bisa digunakan untuk memecahkan suatu pencarian nilai dalam sebuah masalah optimasi. Algoritma ini didasarkan pada proses genetik 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 (*survive*)”. Dengan meniru proses ini, algoritma genetika dapat digunakan untuk mencari solusi permasalahan-permasalahan dalam 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 komputer, 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 type permasalahan yang akan diselesaikan. Hanya informasi yang telah diberikan dari

eveluasi berupa nilai fitness setiap kromosom dengan nilai fitness terbaik yang bertahan hidup dan selalu diproduksi.^[5]

Sebelum Algoritma Genetika dijalankan, maka sebuah kode yang sesuai (representasi) untuk persoalan harus dirancang. Titik solusi dalam ruang permasalahan dikodekan dalam bentuk kromosom/string yang terdiri dari komponen genetik terkecil yaitu gen. Pemakaian bilangan seperti integer, floating point dan abjad sebagai *allele* (nilai gen) memungkinkan pencrapan 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.

3.1.1. Istilah-Istilah Algoritma Genetika^[8]

Algoritma Genetika menggunakan mekanisme genetika yang ada pada proses alami dan sistem buatan. Istilah-istilah yang digunakan adalah gabungan dari dua disiplin ilmu, yaitu ilmu Biologi dan ilmu komputer. Mitsuo Gen dan Runwei Cheng (1997) menjelaskan istilah-istilah yang digunakan dalam Algoritma Genetika sebagai berikut :

Tabel 3-1
Istilah yang digunakan dalam Algoritma Genetika^[8]

Istilah	Artinya
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 parameter yang digunakan dalam Algoritma Genetika. Parameter tersebut digunakan untuk melihat kesempurnaan dari Algoritma Genetika. Parameter yang digunakan tersebut adalah :

➤ Jumlah Generasi (MAXGEN)

Merupakan jumlah perulangan (*iterasi*) dilakukannya rekombinasi dan seleksi. Jumlah generasi ini mempengaruhi kestabilan *output* dan lama

iterasi (waktu proses Algoritma Genetika). Jumlah generasi yang besar dapat mengarahkan kearah solusi yang optimal, namun akan membutuhkan waktu yang lama. Sedangkan jika jumlah generasinya terlalu sedikit maka solusi akan terjebak pada *local optimum*.

➤ Ukuran Populasi (POPSIZE)

Ukuran populasi mempengaruhi kinerja dan efektivitas dari Algoritma Genetika. Jika ukuran populasi kecil maka populasi tidak menyediakan cukup materi untuk mencakup ruang permasalahan, sehingga pada umumnya kinerja Algoritma Genetika menjadi buruk. Dalam hal ini dibutuhkan ruang yang lebih besar untuk mempersentasikan keseluruhan ruang permasalahan. Selain itu penggunaan populasi yang besar dapat mencegah terjadinya konvergensi pada wilayah local. Zbigniew Michalewics (1990) berpendapat banyak aplikasi Algoritma Genetika mempergunakan populasi pada range 50-100.^[8]

➤ Probabilitas Crossover (P_c)

Probabilitas crossover ini digunakan untuk mengendalikan frekuensi operator *crossover*. Dalam hal ini, dalam populasi terdapat $P_c \times POPSIZE$ struktur (individu) yang melakukan pindah silang. Semakin besar nilai *probabilitas crossover* maka semakin cepat struktur baru yang diperkenalkan dalam populasi. Namun jika *probabilitas crossover* terlalu besar maka struktur dengan nilai fungsi obyektif yang baik dapat hilang dengan lebih cepat dari seleksi. Sebaliknya jika probabilitas terlalu kecil akan menghalangi proses pencarian dalam proses Algoritma Genetika.

Zbigniew Michalewics (1996) berpendapat banyak aplikasi Algoritma Genetika mempergunakan angka probabilitas crossover pada range 0.65 – 1. ^[8]

➤ Probabilitas Mutasi (P_m)

Mutasi digunakan untuk meningkatkan variasi populasi digunakan untuk menentukan tingkat mutasi yang terjadi, karena frekuensi terjadinya mutasi tersebut menjadi $P_m \times \text{POPSIZE} \times N$, dimana N adalah panjang struktur / gen dalam satu individu. Probabilitas mutasi yang rendah akan menyebabkan gen-gen yang berpotensi tidak dicoba. Dan sebaliknya, tingkat mutasi yang tinggi akan menyebabkan keturunan akan semakin mirip dengan induknya. Dalam Algoritma Genetika, mutasi menjalankan aturan penting yaitu : ^[8]

- Mengganti gen-gen yang hilang selama proses seleksi.
- Menyediakan gen-gen yang tidak muncul pada saat inisialisasi awal populasi.

Zbigniew Michalewics (1996) berpendapat banyak aplikasi Algoritma Genetika mempergunakan angka probabilitas mutasi pada daerah range 0.001 – 0.01. ^[8]

➤ Panjang Kromosom ($NVAR$)

Panjang kromosom berbeda-beda sesuai dengan model permasalahan. Titik solusi dalam ruang permasalahan dikodekan dalam bentuk kromosom atau *string* yang terdiri dari komponen genetik terkecil yaitu

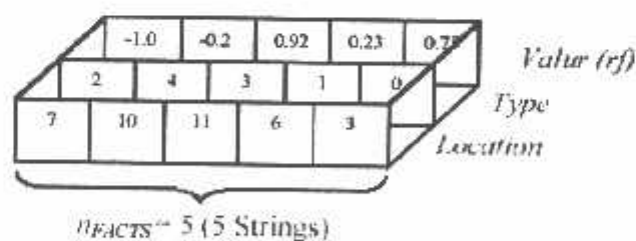
gen. Pengkodean dapat memakai bilangan seperti string biner, integer, floating point dan abjad

3.1.2. Proses Algoritma Genetika^[1]

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 berikutnya.

a. Pengkodean atau Representasi

Langkah pertama kali yang dilakukan dalam penggunaan Algoritma Genetika adalah melakukan pengkodean atau representasi terhadap permasalahan yang akan dilakukan. Sasarannya adalah untuk mendapatkan penempatan yang optimal untuk alat FACTS. Oleh karena itu, untuk mendapatkan konfigurasi alat FACTS diberi simbol oleh tiga parameter: penempatan, jenis dan nilainya. Masing-Masing individu diwakili oleh n_{FACTS} jumlah *strings*, di mana n_{FACTS} adalah banyaknya alat FACTS yang diperlukan untuk dianalisa dalam sistem tenaga, seperti yang digambarkan pada gambar 12.



Gambar 3-1. Konfigurasi individu dari alat FACTS^[1]

Nilai yang pertama dari tiap *string* sesuai dengan penempatan informasi. Nilai itu adalah banyaknya jalur transmisi di mana FACTS akan ditempatkan. Masing-masing *string* mempunyai suatu nilai yang berbeda dalam penempatannya. Dengan kata lain, harus dipastikan bahwa pada satu jalur transmisi hanya ada satu alat FACTS. Lebih dari itu, SVC dipasang hanya pada satu titik jalur transmisi yaitu pada sisi pengiriman. Nilai yang kedua menghadirkan jenis alat FACTS, Nilai-Nilai yang diberikan untuk tiap-tiap alat FACTS adalah: 1 untuk ICPS1, 2 untuk UPFC, 3 untuk TCSC, 4 untuk SVC dan 0 untuk tidak ada FACTS.

Nilai akhir *rf* menyatakan nilai dari tiap-tiap alat FACTS. Nilai ini bervariasi secara terus menerus antar -1 dan $+1$.

Nilai riil dari alat FACTS dikonversi menurut model alat FACTS dengan nilai yang berbeda sebagai berikut:

TCSC bekerja pada batasan antara $-0,7X_{Line}$ dan $0,2 X_{Line}$

X_{Line} adalah reaktansi saluran transmisi penempatan TCSC

Oleh karena itu *rf* dirubah menjadi derajat tingkat kompensasi yang nyata, *rtcsc* dengan persamaan sebagai berikut:

$$rtcsc = rfx0.45 - 0.25 \dots\dots\dots(3.1)$$

UPFC bekerja pada batasan antara -180° sampai 180° . Tegangan yang dimasukkan pada UPFC (U_{upfc}) maksimum adalah $0,1 V_m$ dengan V_m adalah tegangan line penempatan UPFC. Kemudian *rf* diubah menjadi sudut kerja dengan nilai *rupfc* dengan rumus:

$$rupfc = rfx180^\circ \text{ (derajat)} \dots\dots\dots(3.2)$$

TCPST bekerja pada batasan -5° dan 5° . Dan rf diubah dengan rumus

$$rtcpst = rfx5 \text{ (derajat)} \dots \dots \dots (3.3)$$

SVC bekerja pada batasan antara -100Mvar dan 100Mvar . Kemudian nilai kompensasi nyata diubah dengan rumus:

$$rSVC = rfx100 \text{ (Mvar)} \dots \dots \dots (3.4)$$

b. Fungsi *Fitness* (Fungsi Evaluasi)

Setelah pengkodean fungsi obyektif (*fitness*) akan dievaluasi dari tiap-tiap individu dari populasi. *Fitness* adalah suatu ukuran mutu, yang digunakan untuk membandingkan solusi berbeda. Dalam masalah ini, *fitness* digambarkan sebagai berikut:

$$Fitness = m - c_{total} \dots \dots \dots (3.5)$$

Karena Algoritma genetika hanya bisa mencari nilai maksimum positif dari fungsi obyektif, konstanta m pemilihan perubahan fungsi sasaran yang terbaik. Kemudian *reproduksi*, *crossover* dan mutasi diterapkan berturut-turut untuk menghasilkan keturunan. 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 kecil. Hal ini dapat mengakibatkan konvergensi dini (*premature convergence*).

Permasalahan klasik dalam Algoritma Genetika adalah beberapa kromosom dengan nilai *fitness* yang tinggi (tetap bukan nilai optimum)

mendominasi populasi dan mengakibatkan Algoritma Genetika konvergen pada *lokal optimum*. Ketika mencapai konvergen, kemampuan Algoritma Genetika untuk mencari solusi yang lebih baik menghilang. Tukar silang antara kromosom induk yang hampir identik. Dalam hal ini hanya operasi mutasi yang mampu menghasilkan kromosom yang relatif baru dan merupakan cara untuk menghindari kromosom tertentu mendominasi populasi.

c. Seleksi

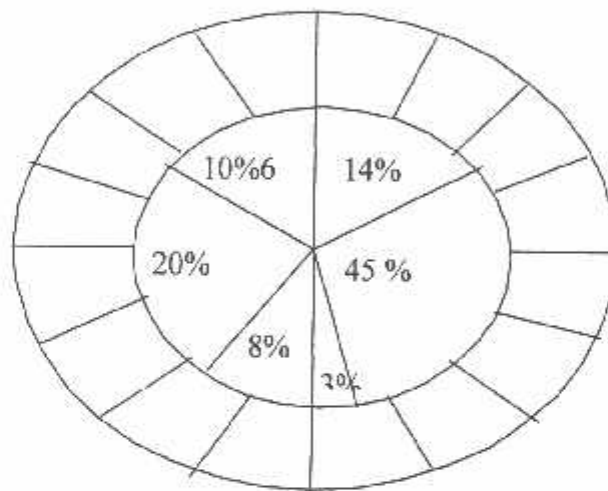
Pada Algoritma Genetika terdapat proses seleksi yaitu proses pemilihan kromosom yang akan di-crossover-kan dengan kromosom dari individu lain. Masalah yang paling mendasar pada proses ini adalah bagaimana proses penyeleksiannya. Menurut teori Darwin proses seleksi individu adalah : "*individu terbaik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

➤ *Roulette Wheel Selection*

Dimana setiap individual memiliki harga fitness sehingga didapatkan probabilitas individual $(f(i) / \sum f(i))$ tersebut dicopykan pada populasi yang baru. Untuk individual yang memiliki probabilitas 20% untuk jumlah populasi 10 maka kemungkinan individual tersebut dapat terpilih sebanyak dua kali. Ilustrasi kerja operator ini dapat digambarkan seperti pada gambar 3-2.

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.



Gambar 3-2. Roulette – Wheel

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

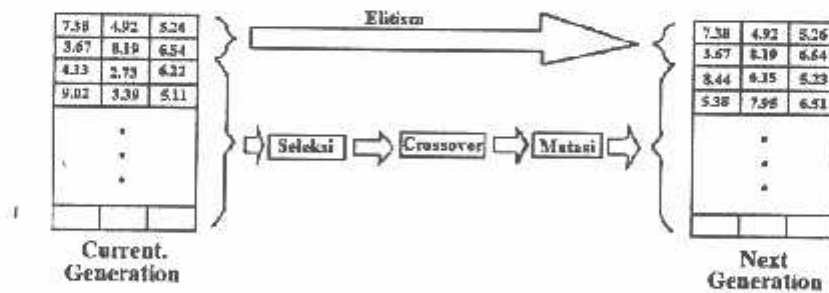
➤ Rank Selection

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 merangking populasi dan kemudian setiap kromosom diberi nilai fitness baru berdasarkan hasil rangking tersebut. Yang pertama akan mempunyai *fitness* 1, yang kedua akan mempunyai fitness 2 dan seterusnya sampai yang terakhir akan mempunyai *fitness* N. Dengan demikian semua kromosom akan mempunyai peluang untuk diseleksi..

3.1.3. 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 solusi terbaik (*best / few best*) yang telah ditemukan. Ilustrasi kerja operator ini dapat digambarkan seperti pada gambar 3-2.



Gambar 3-3. Pembentukan Next Generation dalam Algoritma Genetika

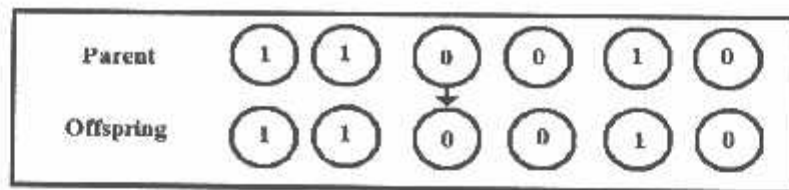
Sumber : Mitsuo Gen, Runwei Cheng, " *Genetic Algorithm And Engineering Design*", (John Wiley & Son, Inc., 1994) p-7

3.2. Crossover (Pindah Silang)

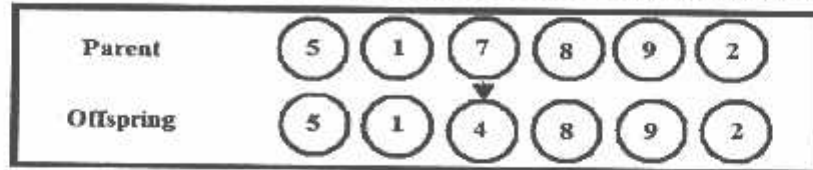
Sasaran *Crossover* yang utama adalah untuk menyusun kembali informasi dua individu berbeda dan menghasilkan satu individu baru. Dua *crossover* diterapkan dan kemungkinan (*pc*) probabilitas *crossover* dipilih 0.95. Pertama, dua poin yang terpotong dipilih yang seragam secara acak sepanjang individu. Unsur-Unsur yang di luar dua poin-poin ini dipenuhi menjadi bagian dari keturunan. Kemudian, dari permulaan posisi penyeberangan jalan kepada kedua, unsur-unsur ke tiga *strings* dari kedua *parents* ditukar.

3.3. 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 3-6. Untuk bentuk representasi integer atau floating point, atau selain string biner, seperti gambar 3-7, 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 3-4. Ilustrasi operator muatsi untuk representasi string biner



Gambar 3-5. 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 2.12 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 $r_3 \leq P_m$ maka gen ke-3 yang bernilai 7 akan bermutasi dengan gen hasil 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 dari 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, P_m . Posisi elemen pada kromosom yang akan mutasi ditentukan secara random. Mutasi dikerjakan dengan cara melakukan perubahan pada elemen tersebut.

3.4. Pemodelan Peralatan FACTS^[8]

3.4.1. TCSC

Untuk memperbaiki rugi-rugi kapasitif atau induktif, dipasang pada reaktansi saluran transmisi. Dalam studi aliran daya, reaktansi TCSC sebagai variabel kontrol yang dipertimbangkan dalam matrik admitansi secara langsung. Fungsi reaktansi pada saluran transmisi dimana TCSC dipasang dirumuskan sebagai berikut:

$$X_y = X_{line} + X_{TCSC} \Rightarrow X_{TCSC} = rt\ csc \cdot X_{line} \dots\dots\dots(3.6)$$

dimana

- X_{line} : reaktansi saluran transmisi
- $rt\ csc$: koefisien tingkat rugi-rugi dari TCSC

Untuk menghindari kelebihan rugi-rugi, ditetapkan daerah kerja dari TCSC antara $-0.7 X_{line}$ dan $0.2 X_{line}$ [1]

Jadi $rt\ csc_{min} = -0.7$ dan $rt\ csc_{mak} = 0.2$

Arus injeksi pada bus i dan bus j dapat dituliskan sebagai berikut:

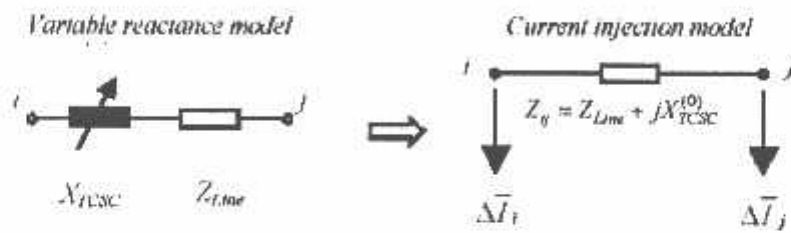
$$\begin{aligned} \Delta \bar{I}_i &= \frac{\bar{U}_i^{(t)} - \bar{U}_j^{(t)}}{Z_y^{(0)}(Z_y^{(0)} + j\Delta X_{TCSC}^{(t)})} \cdot j\Delta X_{TCSC}^{(t)} = \frac{\bar{U}_i^{(t)} - \bar{U}_j^{(t)}}{Z_y^{(0)}Z_y^{(t)}} \cdot j\Delta X_{TCSC}^{(t)} \\ \Delta \bar{I}_j &= \frac{\bar{U}_i^{(t)} - \bar{U}_j^{(t)}}{Z_y^{(0)}(Z_y^{(0)} + j\Delta X_{TCSC}^{(t)})} \cdot j\Delta X_{TCSC}^{(t)} = -\frac{\bar{U}_i^{(t)} - \bar{U}_j^{(t)}}{Z_y^{(0)}Z_y^{(t)}} \cdot j\Delta X_{TCSC}^{(t)} \dots\dots\dots(3.7) \end{aligned}$$

dimana

- $Z_y^{(0)} = Z_{line} + jX_{TCSC}^{(0)}$ = menandakan pengaruh TSCS pada saluran transmisi
- $Z_y^{(t)}$ = menandakan pengaruh TSCS pada saluran transmisi pada waktu t

- $X_{TCSC}^{(0)}, X_{TCSC}^t =$ reaktansi TCSC pada titik operasi awal dan pada waktu t
- $\Delta X_{TCSC}^{(t)} = X_{TCSC}^t - X_{TCSC}^{(0)} =$ menandakan perubahan reaktansi TCSC pada waktu t
- $\bar{U}_i^{(t)}, \bar{U}_j^{(t)} =$ tegangan terminal dari TCSC pada waktu t

Model matematika TCSC untuk analisis dinamik



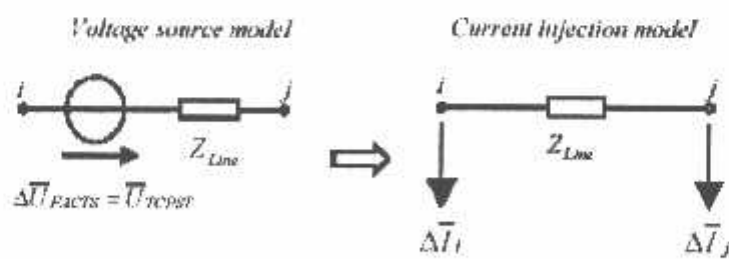
Gambar 3-6. Model Matematika TCSC

3.4.2. TCPST^[8]

Untuk mengatur sudut tegangan antara sisi pengiriman dan sisi penerimaan pada saluran transmisi. Model dari kompensasi seri tegangan sebanding dengan tegangan bus

$$\Delta \bar{U}_{FACTS} = \bar{U}_{TCPST} \dots \dots \dots (3.8)$$

Daerah kerja TCPST antara -0.5° sampai 0.5°



Gambar 3-7. Model matematika TCPST

Arus injeksi pada bus i dan bus j dapat ditulis

$$\Delta \bar{I}_i = -\frac{\bar{U}_{TCPST}}{Z_{Line}}, \quad \Delta \bar{I}_j = \frac{\bar{U}_{TCPST}}{Z_{Line}} \dots\dots\dots(3.9)$$

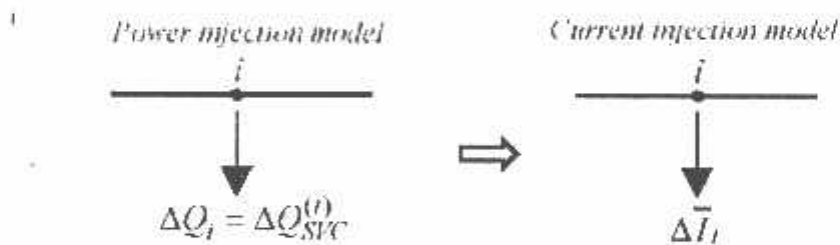
3.4.3. SVC

SVC dioperasikan pada kompensasi induktif dan kapasitif. Dimodelkan pada daya reaktif ideal pada bus i pada waktu t . Arus dan daya injeksi diberikan dengan persamaan berikut:

$$\Delta \bar{I}_i = \frac{Q_{SVC}^{(t)}}{\bar{U}_i^{(t)}} \rightarrow \bar{U}_i^{(t)} = \text{tegangan terminal SVC pada waktu } t \dots\dots\dots(3.10)$$

$$\Delta Q_i = \Delta Q_{SVC}^{(t)} \dots\dots\dots(3.11)$$

model matematika dari SVC digambarkan sebagai berikut.



Gambar 3-8. Model matematika SVC

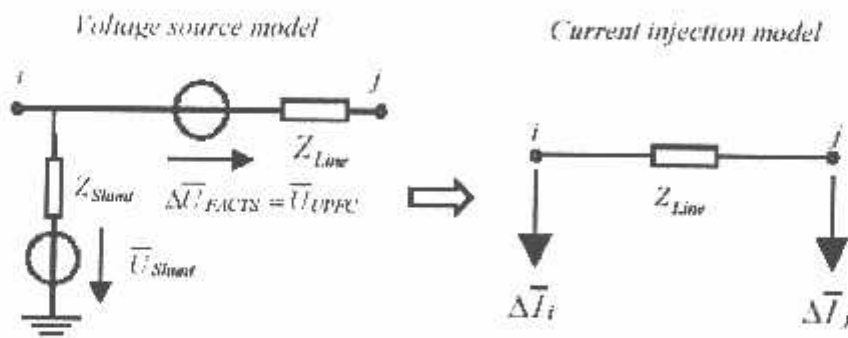
3.4.4. UPFC

UPFC mempunyai dua VSI (*Voltage Source Inverters*) yang terhubung pada sistem yang mengalir dua kopling trafo. UPFC dimodelkan menggunakan dua sumber tegangan \bar{U}_{UPFC} dan \bar{U}_{Sinau} . Dalam kondisi *steady-state* dan analisis

dinamis, variabel kontrol \bar{U}_{UPFC} dan \bar{U}_{shunt} diubah menjadi arus injeksi dituliskan seperti dibawah ini:

$$\Delta \bar{I}_i = \bar{U}_{UPFC} \frac{1}{Z_{Line}} + \frac{\bar{U}_{SHUNT}}{Z_{SHUNT}} \Rightarrow \Delta \bar{I}_j = \frac{\bar{U}_{UPFC}}{Z_{Line}} \dots \dots \dots (3.12)$$

model matematika dari UPFC digambarkan sebagai berikut.



Gambar 3-9. Model matematika UPFC

3.5. Fungsi Biaya^[1]

Fungsi biaya terdiri dari biaya pembangkitan dan biaya investasi dari alat FACTS.

3.5.1. Fungsi Biaya Pembangkitan^[1]

Fungsi biaya pembangkitan atau fungsi biaya bahan bakar $c_2(P_G)$ untuk setiap pembangkit terhadap daya keluaran diekspresikan dalam bentuk fungsi kuadrat, yang dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$c_2(P_G) = \alpha_0 + \alpha_1 P_G + \alpha_2 P_G^2 \dots \dots \dots (3.13)$$

Dimana:

$\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2$ = konstanta koefisien

P_G = Daya keluaran generator

3.5.2. Fungsi Biaya Alat FACTS^[1]

Fungsi biaya investasi dari SVC, TCSC, UPFC adalah sebagai berikut:

Fungsi biaya UPFC:

$$c_{UPFC} = 0.0003s_{FACTS}^2 - 0.2691s_{FACTS} + 188.22 \dots\dots\dots(3.14)$$

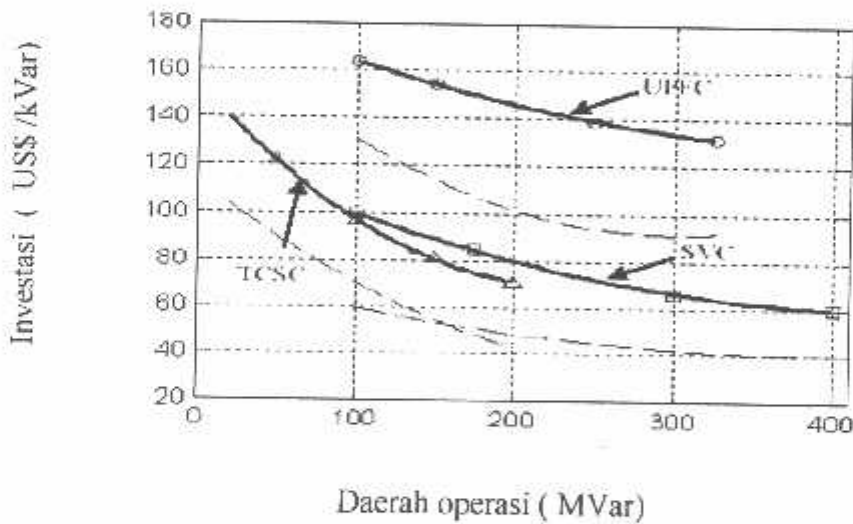
Fungsi biaya TCSC:

$$c_{TCSC} = 0.0015s_{FACTS}^2 - 0.7130s_{FACTS} + 153.75 \dots\dots\dots(3.15)$$

Fungsi biaya SVC:

$$c_{SVC} = 0.0003s_{FACTS}^2 - 0.3051s_{FACTS} + 127.38 \dots\dots\dots(3.16)$$

s_{FACTS} = daerah operasi dari peralatan FACTS (Mvar)



Gambar 3-10. Fungsi biaya FACTS (SVC, TCSC, UPFC)^[1]

3.6. Penempatan Optimal FACTS^[1]

Perumusan dari optimal penempatan alat FACTS dapat dituliskan sebagai berikut:

Min $c_{total} = c_1(f) + c_2(P_G) \dots \dots \dots (3.17)$

s.t. $E(f, g) = 0 \dots \dots \dots (3.18)$

$B_1(f) < b_1, B_2(g) < b_2 \dots \dots \dots (3.19)$

Dimana:

- c_{total} = Biaya keseluruhan fungsi obyektif
- $c_1(f)$ = Biaya investai dari alat FACTS
- $c_2(P_G)$ = Biaya pembangkitan
- $E(f, g)$ = Rumus konvensional aliran daya
- $B_1(f)$ = Perbedaan hambatan
- $B_2(g)$ = urutan konvensional aliran daya
- f = variabel vector dari FACTS
- P_G = keluaran daya aktif generator
- g = status operasi system tenaga

Untuk biaya bahan bakar dalam Rp/jam dan biaya investasi dari alat FACTS dalam Rp. Dalam keadaan normal alat FACTS akan melayani dalam beberapa tahun. Hanya sebagian dari alat ini difungsikan untuk mengatur aliran daya. Untuk evaluasi fungsi biaya selama tiga tahun dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$c_1(f) = \frac{c(f)}{8760 \times 3} \quad (\text{Rp/Jam}) \dots \dots \dots (3.20)$$

Dimana $c(f)$ = Total biaya investasi dari FACTS

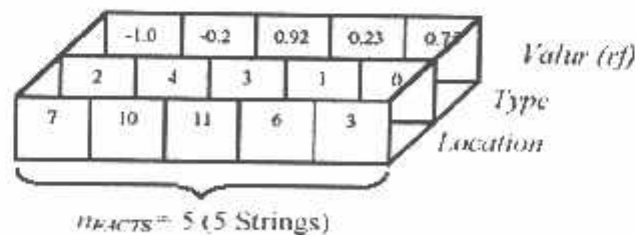
3.7. Adaptasi Algoritma Genetika Ke Masalah Penentuan Lokasi FACTS^[1]

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*),

Dalam menentukan lokasi optimal TCSC pada sistem tenaga tidak hanya mencari lokasinya saja, tetapi kita juga akan menghitung nilai/harganya juga.

3.7.1. Encoding

Sasarannya adalah untuk mendapatkan penempatan yang optimal untuk alat FACTS di dalam persamaan dan ketidaksamaan menghambat. Oleh karena itu, untuk mendapatkan konfigurasi alat FACTS diberi simbol oleh tiga parameter: penempatan, jenis dan nilainya. Masing-Masing individu diwakili oleh n_{FACTS} jumlah *strings*, di mana n_{FACTS} adalah banyaknya alat FACTS yang diperlukan untuk dianalisa dalam sistem tenaga, seperti yang digambarkan pada gambar 12



Gambar 3-11. Konfigurasi individu dari alat FACTS^[1]

Nilai yang pertama dari tiap *string* sesuai dengan penempatan informasi. Nilai itu adalah banyaknya jalur transmisi di mana FACTS akan ditempatkan. Masing-masing *string* mempunyai suatu nilai yang berbeda dalam penempatannya. Dengan kata lain, harus dipastikan bahwa pada satu jalur transmisi hanya ada satu alat FACTS. Lebih dari itu, SVC dipasang hanya pada satu titik jalur transmisi dan dalam simulasi ini pengiriman titik diseleksi.

Nilai yang kedua menghadirkan jenis alat FACTS, Nilai-nilai yang diberikan untuk tiap-tiap alat FACTS adalah: 1 untuk TCSC, 2 untuk TCPST, 3 untuk UPFC, 4 untuk SVC dan 0 untuk tidak ada FACTS.

Nilai akhir *rf* menghadirkan nilai yang dinilai dari tiap alat FACTS. Nilai ini bervariasi secara terus menerus antar - 1 dan + 1.

Nilai riil dari alat FACTS dikonversi menurut model alat FACTS dengan nilai yang berbeda sebagai berikut:

TCSC bekerja pada batasan antara $-0,7X_{Line}$ dan $0,2 X_{Line}$.

X_{Line} adalah reaktansi saluran transmisi penempatan TCSC

Oleh karena itu *rf* diubah menjadi derajat tingkat kompensasi yang nyata, *rtcsc* dengan persamaan sebagai berikut:

$$rtcsc = rf \times 0.45 - 0.25 \dots \dots \dots (3.21)$$

UPFC bekerja pada batasan antara -180° sampai 180° . Tegangan yang dimasukkan ke UPFC (U_{UPFC}) maksimum adalah $0,1 V_m$ dengan V_m adalah tegangan line penempatan UPFC. Kemudian *rf* diubah menjadi sudut kerja dengan nilai *rupfc* dengan rumus:

$$r_{upfc} = r_f \times 180^\circ \text{ (derajat)} \dots \dots \dots (3.22)$$

TCPST bekerja pada batasan -5° dan 5° . Dan r_f diubah dengan rumus

$$r_{tcpst} = r_f \times 5 \text{ (derajat)} \dots \dots \dots (3.23)$$

SVC bekerja pada batasan antara -100MVar dan 100Mvar . Kemudian nilai kompensasi nyata diubah dengan rumus:

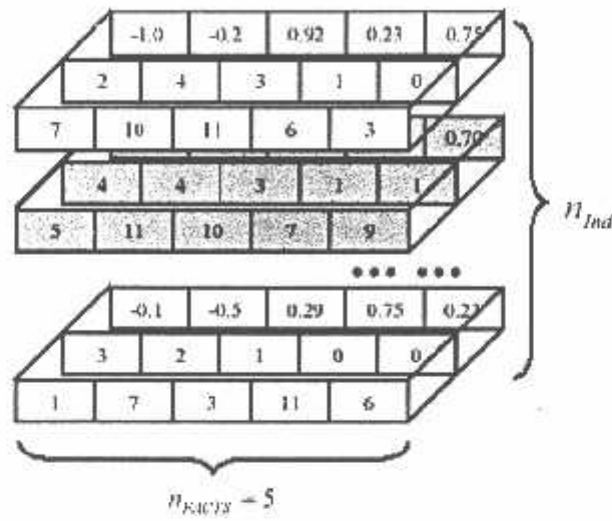
$$r_{SVC} = r_f \times 100 \text{ (Mvar)} \dots \dots \dots (3.24)$$

3.7.2. Initial Population

Populasi awal diturunkan dari parameter berikut:

- n_{FACTS} = Nomor penempatan FACTS
- n_{TYPE} = Tipe dari FACTS
- n_{Lokasi} = Kemungkinan penempatan FACTS
- n_{ind} = Nomor individu dari populasi

Pada gambar 13 dilihat, Pertama, diproduksi satu set n_{FACTS} angka-angka strings. Untuk masing-masing string, dipilih nilai yang pertama secara acak dari penempatan- penempatan yang mungkin n_{Lokasi} . Nilai yang kedua , menghadirkan jenis FACTS, diperoleh secara acak menarik angka-angka di antara alat yang terpilih. Apabila setelah optimisasi tidak ada alat FACTS yang penting pada jalur transmisi ini, nilai yang kedua akan di-set nol. Nilai yang ketiga dari tiap sting, yang berisi kapasitas alat FACTS, secara acak terpilih antara -1 dan 1 . Untuk memperoleh keseluruhan populasi awal, di atas operasi diulangi n_{ind} kali.



Gambar 3-12. Perhitungan keseluruhan populasi^[1]

3.7.3. *Fitness Calculation*

Setelah pengkodean fungsi obyektif (*fitness*) akan dievaluasi dari tiap-tiap individu dari populasi. *Fitness* adalah suatu ukuran mutu, yang digunakan untuk membandingkan solusi berbeda. Dalam masalah ini, *fitness* digambarkan sebagai berikut:

$$Fitness = m - c_{Total} \dots\dots\dots(3.25)$$

Karena Algoritma genetika hanya bisa mencari nilai maksimum positif dari fungsi obyektif, konstanta *m* pemilihan perubahan fungsi sasaran yang terbaik. Kemudian *reproduksi*, *crossover* dan *mutasi* diterapkan berturut-turut untuk menghasilkan keturunan.

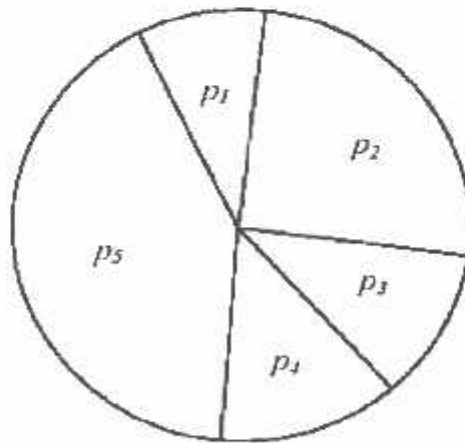
3.7.4. Reproduction

Reproduksi adalah suatu proses [di mana/jika] individu terpilih untuk bergerak ke suatu generasi baru menurut *fitness* mereka. Pemilihan *roulette wheel* yang terpilih dipekerjakan. Kemungkinan dari suatu reproduksi individu adalah sebanding untuk bagian pada *roulette wheel* yang dibiaskan.

$$P_r = \frac{Fitness_r}{\sum_{i=1}^{n_{ind}} Fitness_i} = \frac{Fitness_r}{Fitness_{sum}} \dots \dots \dots (3.26)$$

Dimana :

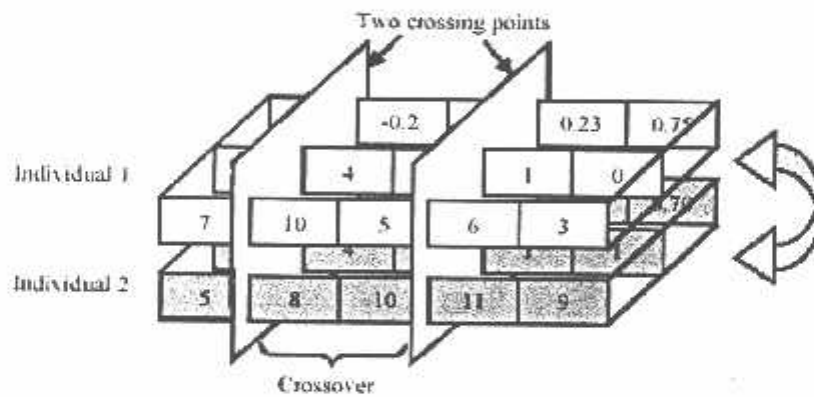
- n_{ind} = nomor individu pada populasi
- $Fitness_r$ = Fitness dari individu ke r
- P_r = Ukuran individu ke- r pada *roulette wheel*
- $Fitness_{sum}$ = Fitness sum pada populasi



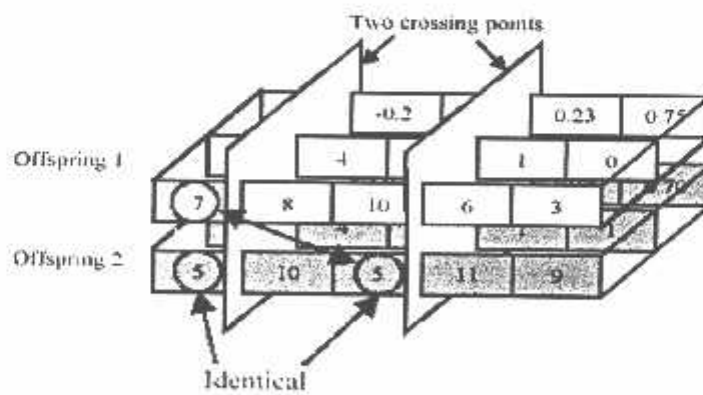
Gambar 3-13. Seleksi *roulette wheel*

3.7.5. Crossover

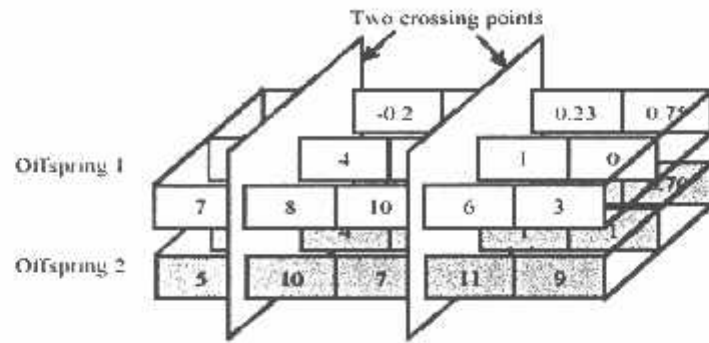
Sasaran *Crossover* yang utama adalah untuk menyusun kembali informasi dua individu berbeda dan menghasilkan satu individu baru. Dua *crossover* diterapkan dan kemungkinan (pc) probabilitas *crossover* dipilih 0.95. Pertama, dua poin yang terpotong dipilih yang seragam secara acak sepanjang individu. Unsur-Unsur yang di luar dua poin-poin ini dipenuhi menjadi bagian dari keturunan. Kemudian, dari permulaan posisi penyeberangan jalan kepada kedua, unsur-unsur ke tiga *strings* dari kedua *parents* ditukar.



(a). individu



(b). *Offspring* sebelum dikoreksi



(c). *Offspring* setelah dikoreksi

Gambar 3-14. Dua poin crossover

3.7.6. Mutation

Mutasi digunakan untuk memperkenalkan beberapa macam tiruan penganeka-ragaman di dalam populasi untuk menghindari premature pemusatan ke jumlah maksimum lokal. Mutasi tidak seragam, yang telah membuktikan supaya berhasil di dalam sejumlah studi, digunakan dalam kripsi ini.

Untuk *parent* ditentukan $X = x_1 x_2 x_3 \dots x_k \dots x_l$, jika gen x_k adalah yang terpilih untuk mutasi dan cakupan x_k adalah $[U_{Min}^k, U_{Max}^k]$ kemudian hasil x_k adalah:

$$x_k = \begin{cases} x_k + \Delta(t, U_{Max}^k - x_k) & \text{if } random(0,1) = 0 \\ x_k - \Delta(t, x_k - U_{Min}^k) & \text{if } random(0,1) = 1 \end{cases} \dots\dots\dots(3.27)$$

Dimana:

$$\Delta(t, y) = y \left(1 - r \left(\frac{1-t}{T} \right)^b \right) \dots\dots\dots(3.28)$$

$\Delta(t, y)$ (y menyatakan $x_k - U_{Min}^k$ dan $U_{Min}^k - x_k$) harga kembali pada batasan $[0, y]$. Kemungkinannya menjadi dekat dengan 0 dan peningkatannya t meningkat (t adalah nomor geberasi). Properti ini memungkinkan operator untuk mencari ruang yang awalnya seragam (ketika t kecil). Menurut persamaan r adalah suatu nilai acak disekitar $[0, 1]$ dan b adalah parameter untuk menentukan derajat ketidakseragaman. Hal ini diterapkan pada simulasi $b=2$. Operasi pemilihan diatas *crossover dan mutasi* diulangi sampai individu yang terbaik ditemukan. Strategi optimasi yang diusulkan diringkas pada gambar 12. Untuk memastikan bahwa hanya ada satu alat FACTS yang dipasang pada tiap-tiap saluran transmisi maka perlu pengaturan penempatan alat FACTS.

3.8. Analisis Aliran Daya

3.8.1. Metode Newton Raphson ^[3]

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 :

$$P_i = \sum_{k=1}^n |V_i V_k Y_{ik}| \cos(\delta_i - \delta_k - \theta_{ik}) \dots \dots \dots (3.29)$$

$$Q_i = \sum_{k=1}^n |V_i V_k Y_{ik}| \sin(\delta_i - \delta_k - \theta_{ik}) \dots \dots \dots (3.30)$$

Kedua persamaan (1) dan (2) di atas akan menghasilkan suatu kumpulan persamaan yang tidak linier untuk setiap simpul sistem tenaga listrik.

Untuk mengetahui magnitudo tegangan ($|V|$) dan sudut fasa (δ) disetiap simpul dapat diselesaikan dengan menggunakan persamaan di atas yang dilinierkan dengan metode Newton Raphson dibawah ini :

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H & N \\ M & L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |V| \end{bmatrix} \dots\dots\dots (3.31)$$

dimana :

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

ΔQ : 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 (3.29) dan (3.30).

Dimana :

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

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

Adapun rumus dari elemen matrik Jacobian adalah :

Untuk H :

$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_k} = |V_i V_k Y_{ik}| \sin(\delta_i - \delta_k - \theta_{ik}) \quad i \neq k \dots\dots\dots(3.32)$$

$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_k} = - \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^n |V_i V_k Y_{ik}| \sin(\delta_i - \delta_k - \theta_{ik}) \dots\dots\dots(3.33)$$

Untuk N :

$$\frac{\partial P_i}{\partial |V_k|} = |V_i V_k Y_{ik}| \cos(\delta_i - \delta_k - \theta_{ik}) \quad i \neq k \dots\dots\dots(3.34)$$

$$\frac{\partial P_i}{\partial |V_k|} = 2|V_i Y_{ii}| \cos \theta_{ii} + \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^n |V_i Y_{ik}| \cos(\delta_i - \delta_k - \theta_{ik}) \dots\dots\dots(3.35)$$

Untuk M :

$$\frac{\partial Q_i}{\partial \delta_k} = |V_i V_k Y_{ik}| \cos(\delta_i - \delta_k - \theta_{ik}) \quad i \neq k \dots\dots\dots(3.36)$$

$$\frac{\partial Q_i}{\partial \delta_k} = - \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^n |V_i V_k Y_{ik}| \cos(\delta_i - \delta_k - \theta_{ik}) \dots\dots\dots(3.37)$$

Untuk L :

$$\frac{\partial Q_i}{\partial |V_k|} = |V_i| |V_k| |Y_{ik}| \sin(\delta_i - \delta_k - \theta_{ik}) \quad i \neq k \dots\dots\dots(3.38)$$

$$\frac{\partial Q_i}{\partial |V_k|} = 2|V_i| |Y_{ii}| \sin \theta_{ii} + \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^n |V_i| |Y_{ik}| \sin(\delta_i - \delta_k - \theta_{ik}) \dots\dots\dots(3.39)$$

Untuk menghitung selisih daya, maka mula-mula ditentukan harga awal tegangan simpul dan sudut fasanya, kemudian daya aktif dan reaktif dihitung dengan menggunakan persamaan (3.29) dan (3.30). Selisih daya antara daya yang telah ditentukan dengan daya hasil perhitungan ini merupakan perubahan daya yang terjadi pada simpul.

Magnitude tegangan dan sudut fasa yang diasumsikan ($|V|$) dan (δ) serta selisih daya yang dihitung (ΔP_i dan ΔQ_i) digunakan untuk memperoleh elemen-elemen matrik Jacobian.

Persamaan (3.34) 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 :

$$|V^{k+1}| = |V|^k + \Delta |V|^k \dots\dots\dots(3.40)$$

3.8.2. Prosedur Aliran Daya Newton Raphson ^[3]

1. Tentukan nilai-nilai P_i (*ditetapkan*) dan Q_i (*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 ΔP 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 (3.29) dan (3.30).
4. Balikan Jacobian itu dan hitung koreksi-koreksi tegangan $\Delta\delta_k$ dan $\Delta|V_k|$ pada setiap rel.
5. Hitung nilai baru dari δ_k dan $|V_k|$ dengan menambahkan $\Delta\delta$, 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 ΔP dan ΔQ atau semua nilai $\Delta\delta$ dan $\Delta|V|$ lebih kecil dari suatu indeks ketetapan yang telah dipilih.

3.9. Algoritma Program

3.9.1. Algoritma Program Pemecahan Masalah Pemilihan dan Penentuan Lokasi Optimal Peralatan FACTS Pada Sistem 150 kV Paiton- Bali dengan Menggunakan Algoritma Genetika.

1. Memasukkan inputan data beban yang meliputi tegangan, sudut fasa tegangan, daya aktif (P), daya reaktif (Q), dan data impedensi 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 inialisasi calon solusi
5. Menghitung fitness dari kromosom tiap-tiap individu
6. Melakukan proses statistic
7. Melakukan proses seleksi
8. Melakukan proses crossover
9. Melakukan proses mutasi
10. Proses 7,8,9 diulang sampai Offspring sama dengan jumlah populasi
11. menghitung fitness dari offspring
12. Melakukan proses elitism
13. Apakah generasi yang diinginkan sudah terpenuhi (mak Gen)
14. Jika "tidak" maka generasi = Gen+1, kembali ke langkah 7
15. Jika "ya" maka perhitungan berhenti

3.9.2. Algoritma perhitungan program fitness

1. Memasukkan inputan data beban yang meliputi tegangan, sudut phasa tegangan, daya akti P , daya reaktif Q , dan data impedensi saluran.
 2. Melakukan penyetingan (k) antara setingan minimum dan maksimum dimana untuk
 - 2.1. $rTCSC$ antara -0.7 sampai 0.2
 - 2.2. $rTCPST$ antara -5° sampai $+5^\circ$
 - 2.3. $rUPFC$ antara -180 sampai 180
 - 2.4. $rSVC$ antara -100 sampai 100
 3. Mengubah nilai r_f menjadi nilai yang nyata dengan persamaan (17),(18),(19) dan (20).
 4. Melakukan proses loadflow.
 5. Apakah ada pelanggaran tegangan ($0.95 \leq V \leq 1.05$)
 - 5.1.2. Ya, lanjut ke langkah 6
 - 5.1.3. Tidak, langsung kelangkah 10
-

6. Melihat kondisi saluran dimana *Objective function* (obj_c) sama dengan overload (ovl_c) dimana

$$ovl_c \begin{cases} 1 & \text{when } BL \leq 1 \\ \exp\{\lambda ovl(1 - BL)\} & \text{when } BL > 1 \end{cases}$$

7. Kemudian cek apakah $obj_c = 1$
 7.1.2. Jika "ya" lanjut ke langkah 8
 7.1.3. Jika "tidak" ke langkah 10
8. Menghitung *Obyective function* ditambah fungsi biaya investasi dan biaya pembangkitan

$$obj_f = obj_f + c1(f) + c2(PG)$$

BAB IV

HASIL DAN ANALISIS HASIL

4.1. Sistem Tenaga Listrik Pada Sistem 150 kV Paiton-Bali

Sistem tenaga listrik Sub Sistem Paiton-Bali memakai sistem tegangan transmisi 150 kV. Untuk menyelesaikan masalah pengaturan tegangan ini terlebih dahulu harus ditetapkan diagram segaris yang akan dianalisa.

Data jaringan tenaga listrik pada interkoneksi Paiton-Bali yang digunakan adalah data pada tahun 2004. Dalam system kelistrikan tersebut ada 4 pembangkit. Semuanya terinterkoneksi melalui saluran transmisi 150 kV. *Single Line Diagram* sistem interkoneksi Paiton-Bali tersebut ditunjukkan pada gambar 4-1. Jadi data yang digunakan dalam skripsi ini terdiri dari 25 bus dan 34 saluran serta 4 pusat pembangkit. Base yang dipakai pada perhitungan adalah :

- Base tegangan : 150 kV
- Base daya : 100 MVA

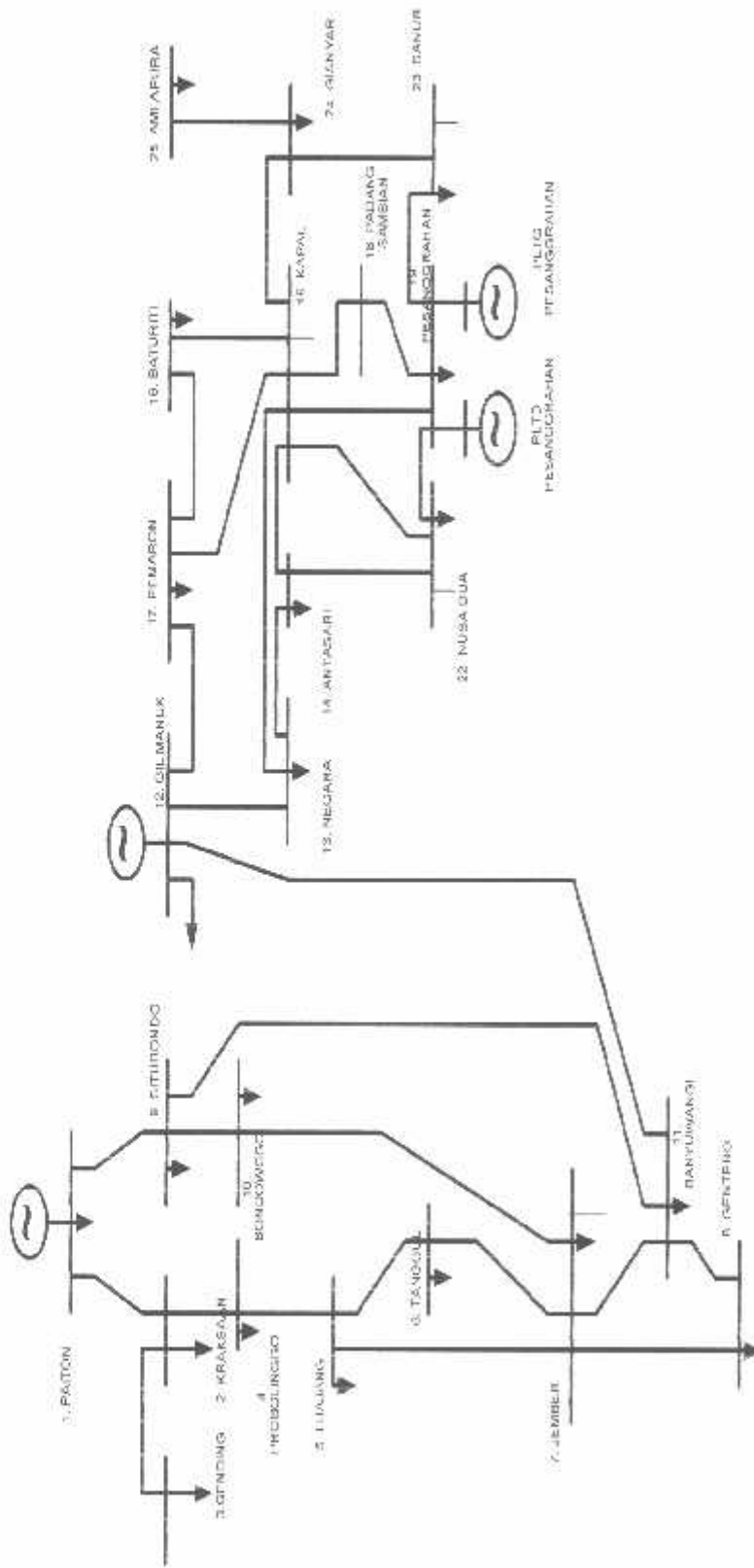
Selanjutnya bus-bus yang ada diklafikasikan sebagai berikut :

- Slack bus (*swing*) : Bus Paiton
- Bus Generator : Bus Paiton1&2, Bus Gilimanuk, Bus Pesanggrahan1 dan Pasanggrahan2
- Bus Beban : Kraksaan, Gending, Probolinggo, Lumajang, Tanggul, Jember, Genteng, Situbondo, Bondowoso, Banyuwangi, Negara, Antasari, Kapal, Baturiti, Pamaron, Padang Sambian,

Pesanggrahan, Nusa Dua, Sanur, Giayar,
Amlapura

Data-data sistem tenaga listrik 150 kV Paiton-Bali dipergunakan untuk menghitung aliran daya dengan metode Newton Raphson dan juga digunakan untuk memilih dan menentukan lokasi dan kapasitas FACTS dengan menggunakan metode Algoritma Genetika

Sistem tenaga listrik pada sub sistem 150 kV Paiton – Bali ditunjukkan pada gambar 4-1:



Gambar 4-1. Sistem Jaringan Tenaga Listrik 150 kV Paiton- Bali Sebelum Pemasangan Perlatan FACTS

4.2. Data Pembangkitan Dan Pembebanan

Tabel 4-1
Data Pembangkitan Dan Pembebanan SubSistem 150 kVPaiton-Bali

No	Nama Bus	Tegangan (pu)	P _{generator} (MW)	Q _{generator} (MVAR)	P _{load} (MW)	Q _{load} (MVAR)	Tipe
1	PAITON	1,034	-	-	39,3	7,9	1
2	KRAKSAN	-	-	-	14	6	3
3	GENDING	-	-	-	18	8,5	3
4	PROBOLINGGO	-	-	-	36,1	16,5	3
5	LUMAJANG	-	-	-	39	16,6	3
6	TANGGUL	-	-	-	22,5	9,7	3
7	JEMBER	-	-	50,0	62,2	30	3
8	GENTENG	-	-	-	41	21,3	3
9	SITUBONDO	-	-	-	23	5,9	3
10	BONDOWOSO	-	-	-	17,2	7	3
11	BANYUWANGI	-	-	-	37,8	18,7	3
12	GILIMANUK	1,003	99,9	51	5,4	2,7	2
13	NEGARA	-	-	-	11,9	4,4	3
14	ANTASARI	-	-	-	6,2	2,9	3
15	KAPAL	-	-	-	63,6	22,8	3
16	BATURITI	-	-	-	4,1	0,8	3
17	PEMARON	-	-	-	23,6	4,3	3
18	PDG SAMBIAN	-	-	-	16,4	7	3
19	PESANGGARAN	-	-	-	73,3	28,9	3
20	PLTD PSGRAN	0,955	2,2	0,6	0	0	2
21	PLTG PSGRAN	0,955	96,7	46,4	0	0	2
22	NUSADUA	-	-	25	45,5	13,6	3
23	SANUR	-	-	25	50,3	13,5	3
24	GIANYAR	-	-	-	35,4	7,9	3
25	AMLAPURA	-	-	-	14,2	3,3	3

SUMBER : PT PLN (Persero) P3B Jawa- Bali

Tipe Bus : 1 = Slack Bus ; 2 = Bus generator ; 3 = Bus Beban

4.3. Data Saluran Transmisi

Tabel 4-2.^[10]
Data Saluran Transmisi 150 kV PT. PLN (persero) UB P3B Region Jawa Timur dan BaliSub Sistem Paiton dan Bali

No	Hubungan Bus	Jumlah Sirkuit	R (pu)	X (pu)	B (pu)
1	1 - 2	2	0,0053	0,0179	0,0065
2	1 - 9	2	0,0048	0,0346	0,0251
3	2 - 3	1	0,0100	0,0340	0,0123
4	2 - 4	2	0,0079	0,0269	0,0097
5	4 - 5	2	0,0135	0,0460	0,0166
6	5 - 6	1	0,0167	0,0571	0,0206
7	5 - 7	1	0,0315	0,1077	0,0389
8	6 - 7	1	0,0148	0,0506	0,0183
9	7 - 8	1	0,0337	0,1151	0,0415
10	7 - 10	2	0,0104	0,0353	0,0128
11	7 - 11	1	0,0430	0,1469	0,0530
12	8 - 11	1	0,0177	0,0604	0,0218
13	9 - 10	2	0,0091	0,0310	0,0112
14	9 - 11	2	0,0966	0,0457	0,0340
15	11 - 12	2	0,0016	0,0035	-
16	12 - 13	2	0,0116	0,00336	0,0124
17	12 - 17	1	0,0399	0,1314	0,0502
18	13 - 14	1	0,0270	0,0783	0,0288
19	13 - 15	1	0,0412	0,1194	0,0439
20	14 - 15	1	0,0142	0,0411	0,0151
21	15 - 16	1	0,0362	0,0693	0,0240
22	15 - 17	1	0,0556	0,1054	0,0369
23	15 - 18	1	0,0105	0,0304	0,0112
24	15 - 19	1	0,0105	0,0304	0,0112
25	15 - 22	1	0,0293	0,0561	0,0195
26	15 - 24	2	0,0059	0,0170	0,0063
27	16 - 17	1	0,0194	0,0371	0,0129
28	18 - 19	1	0,0045	0,0130	0,0048
29	19 - 20	1	0,0020	0,0044	-
30	19 - 21	1	0,0020	0,0056	-
31	19 - 22	1	0,0127	0,0243	0,0084
32	19 - 23	2	0,0037	0,0070	0,0025
33	23 - 24	2	0,0078	0,0149	0,0052
34	24 - 25	2	0,0103	0,0298	0,0110

4.4. Data pembangkitan Thermal Pada Sub Sistem Paiton-Bali

Pada skripsi ini akan membahas pembangkit thermal yang berada pada sistem Paiton dan Bali. Pembangkit thermal yang dibahas dalam skripsi ini adalah PLTU Paiton 1, PLTU Paiton 2, PLTG Gilimanuk, PLTG Pesanggrahan, PLTD Pesanggrahan.

Tabel 4-3.
Parameter Unit Thermal

Nama Pembangkit	A	B	C	Jenis Bahan Bakar	Harga Bahan Bakar Rp/MCal
PLTU paiton 1&2	276.246	58384.905	17350044.31	Batu bara	44.70
PLTG Gilimanuk	188.355772	214074.12	11705797.8	HSD	133.88
PLTD Pesanggrahan	1913.573616	223579.6	11909964.8	HSD	133.88
PLTG Pesanggrahan	15248.932	709162.36	18684292.8	HSD	133.88

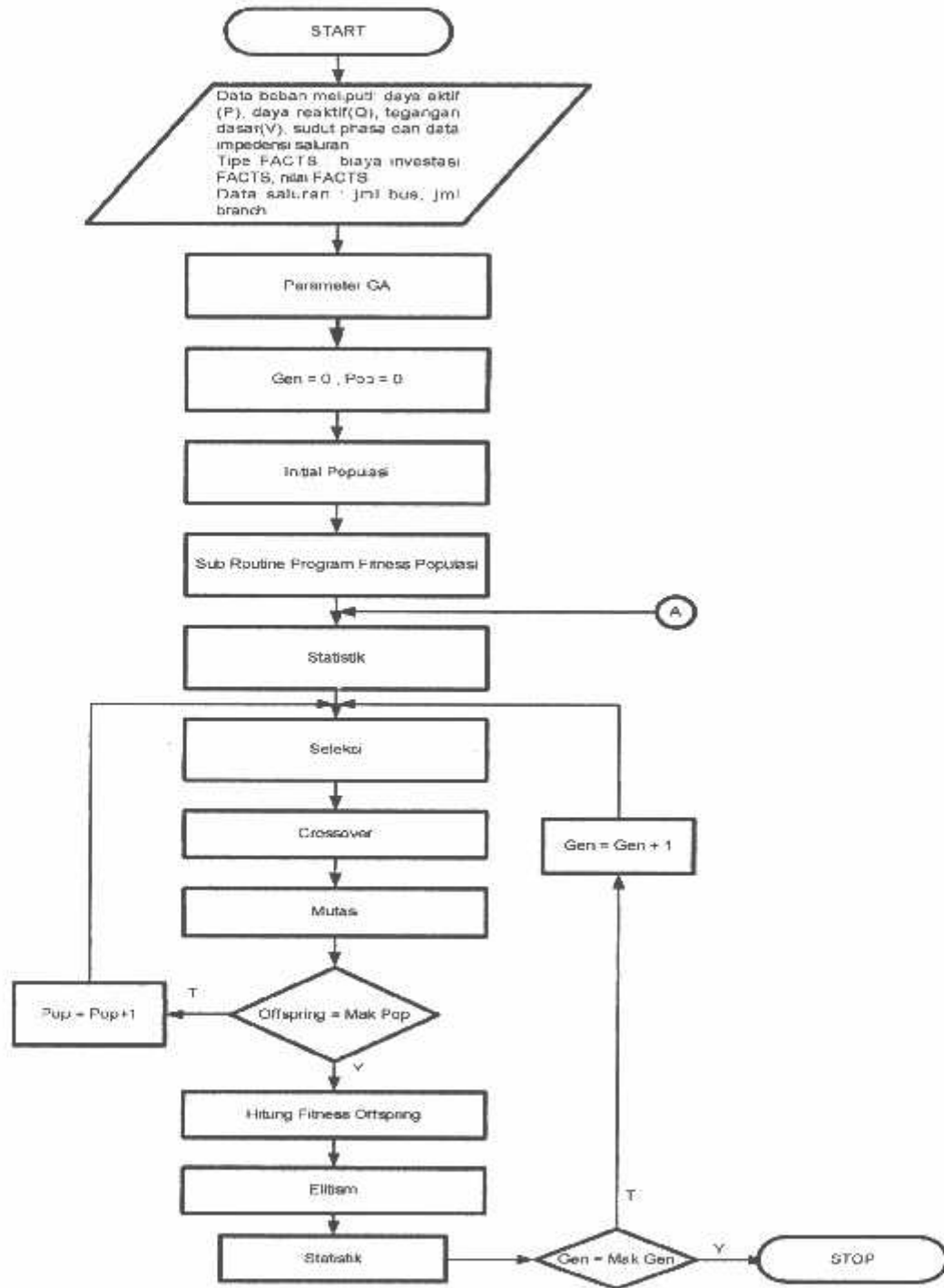
Tabel 4-4.
Persamaan Biaya Pembangkitan Unit Pembangkit Thermal Paiton dan Bali

No	Nama Pembangkit	Persamaan Biaya Pembangkitan
1	PLTU Paiton 1&2	$F = 276.246 P^3 + 58384.905 P + 17350044.31$
2	PLTG Gilimanuk	$F = 188.355772 P^3 + 214074.12 P + 11705797.8$
3	PLTD Pesanggrahan	$F = 1913.573616 P^3 + 223579.6 P + 11909964.8$
4	PLTG Pesanggrahan	$F = 15248.932 P^3 + 709162.36 P + 18684292.8$

4.5. Flowchart Algoritma Program

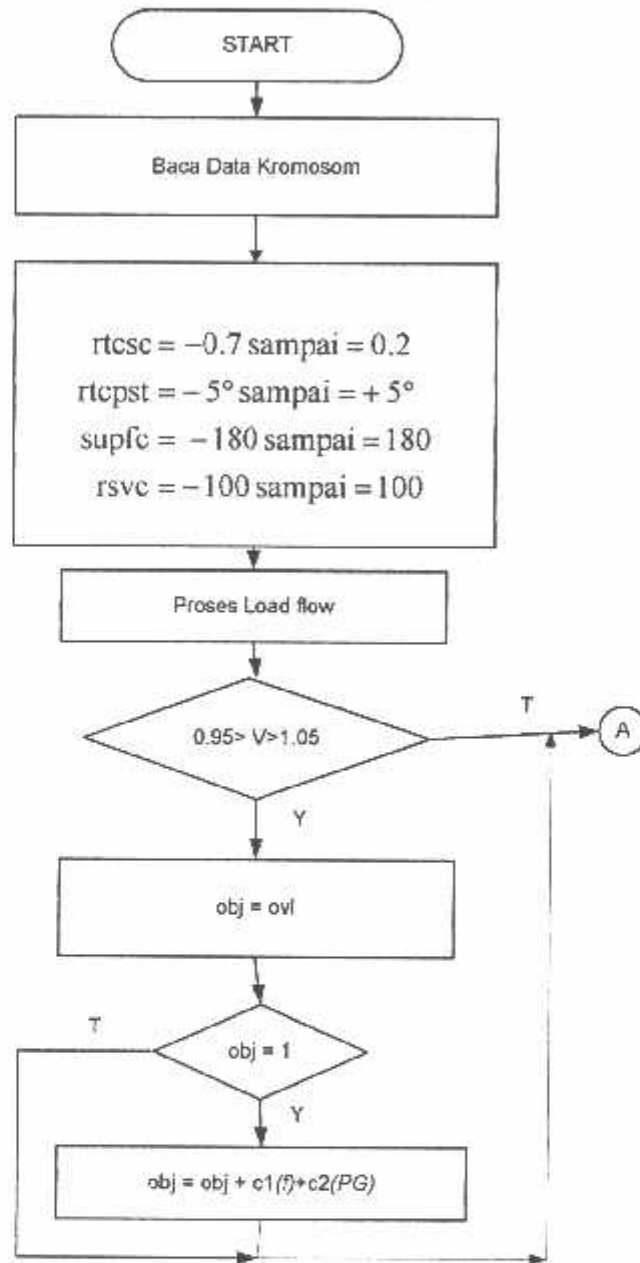
4.5.1. Flowchart Algoritma Pemilihan dan Penempatan Lokasi Optimal

Peralatan FACTS Menggunakan Metode Genetik Algoritma



Gambar 4-2. Flowchart Program Algoritma Genetika

4.5.2. Flowchart Algoritma Sub Routine Program Fitness



Gambar 4-3. Flowchart Algoritma Sub Routine Program Fitness

4.6. Hasil Dan Analisis Hasil

4.6.1. Tampilan Program

Program dalam skripsi ini dijalankan dengan menggunakan bahasa pemrograman Borland Delphi versi 7.0 dan diaplikasikan pada komputer berprosesor Pentium IV 2 GHz, dengan memori 128 Mb. Mengenai jalannya program ikuti prosedur program sebagai berikut :

1. Tampilan utama dari program



Gambar 4-4. Tampilan Program Utama

2. Tekan tombol Open File untuk membuka file yang sudah tersimpan



Gambar 4-5. Tampilan File

3. Kemudian tekan tombol data saluran

Bus	R (ohm/km)	X (ohm/km)	G (MVA)	B (MVAR)	P (MW)	Q (MVAR)	Cap (mu)	Type Bus
1	1.00000	0.00000	570.275	-55.005	73.1	7.9	0	1
2	1.02061	-0.03426	0.000	0.000	14	6	0	3
3	1.01641	0.03946	0.000	0.000	16	8.5	0	3
4	1.00779	-0.07952	0.000	0.000	36.1	16.5	0	3
5	1.00065	-0.14384	0.000	0.000	20	16.6	0	3
6	1.00456	-0.17543	0.000	0.000	22.5	9.7	0	3
7	1.01466	-0.19270	0.000	50.000	62.2	30	0	3
8	0.99217	-0.27429	0.000	0.000	41	21.3	0	3
9	1.05134	-0.19658	0.000	0.000	20	5.9	0	3
10	1.03174	-0.14895	0.000	0.000	17.2	7	0	3
11	0.99883	-0.29044	0.000	0.000	37.8	18.7	0	3
12	1.00000	-0.30432	59.900	193.200	5.4	2.7	0	2
13	3.98452	-0.36198	0.000	0.000	11.9	4.4	0	3
14	0.96692	-0.42719	0.000	0.000	6.2	2.9	0	3
15	0.99999	-0.44444	0.000	50.000	50.0	11.0	0	1

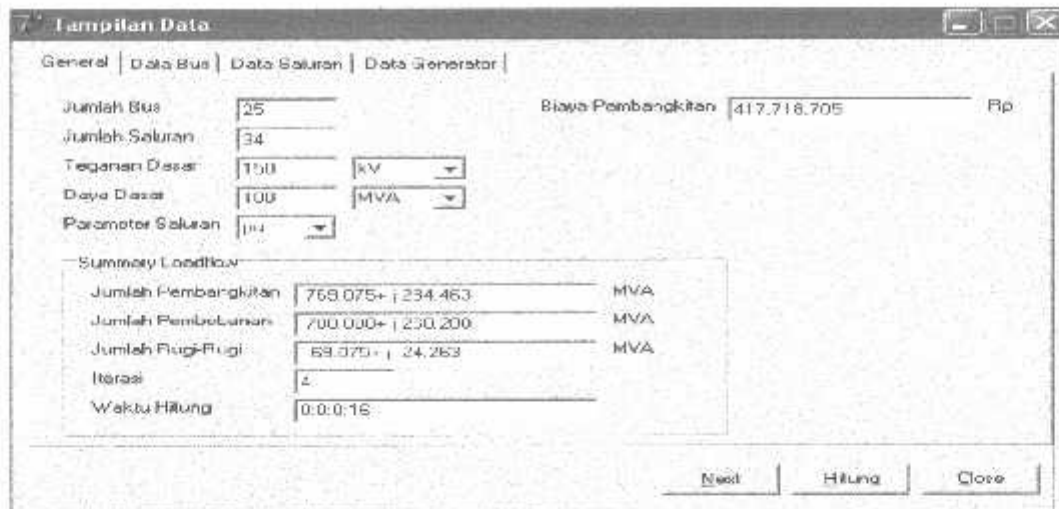
Gambar 4-6. Data Saluran

4. Kemudian tekan tombol data pembebanan

No	Aktif (pu)	Reaktif (MVA)	Aktif (P) (MW)	Reaktif (Q) (MVAR)	Supporter	Type Bus	
1	1	0	0	0	1.32	44	0
2	1	0	500	0	0	0	0
3	1	0	500	0	527	195	U
4	1	0	432	0	0	1	U
5	1	0	2990	0	609	215	U
6	1	0	0	0	1.04	1.5	U
7	1	0	500	0	1.07	27	U
8	1	0	0	0	2.07	511	U
9	1	0	0	0	4.24	219	U
10	1	0	0	0	2.13	204	U
11	1	0	0	0	4.06	150	U
12	1	0	0	0	7.18	490	U
13	1	0	0	0	5.13	234	U

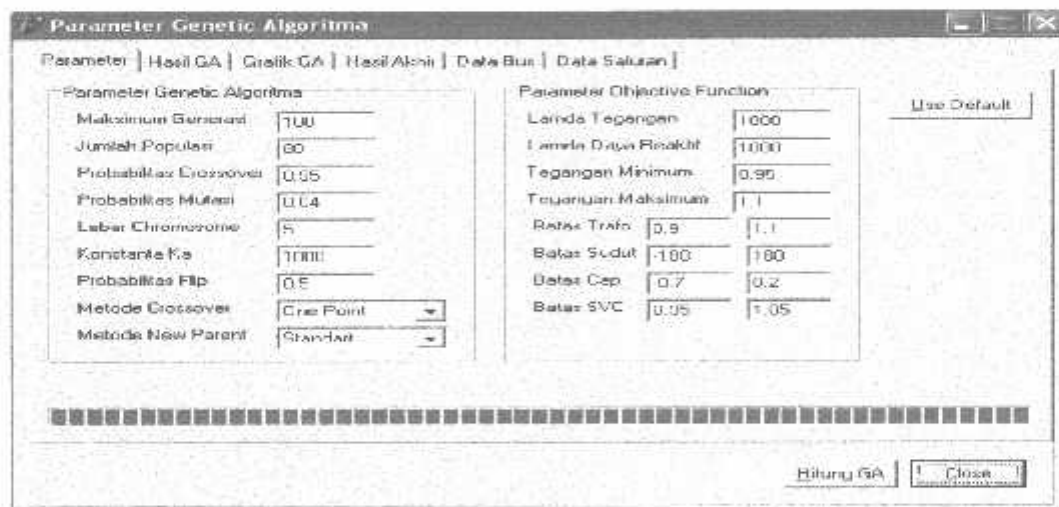
Gambar 4-7. Data Pembebanan

5. Tekan tombol next kemudian tekan tombol hitung *Newton Rhapson* untuk melihat hasil perhitungan aliran daya pada kondisi awal



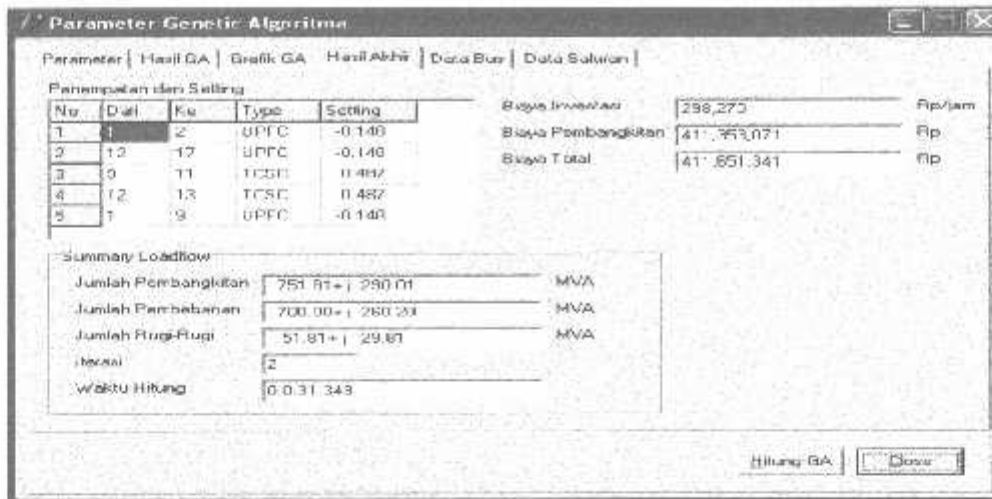
Gambar 4-8. Hasil Perhitungan Aliran Daya, Rugi-rugi dan Biaya Pembangkitan Sebelum Pemasangan Peralatan FACTS Dengan Metode Newton Raphson

- Kemudian pilih tombol parameter GA kemudian tekan tombol Use Default, Kemudian pilih tombol next dilanjutkan tekan tombol Hitung GA.



Gambar 4-9. Parameter Algoritma Genetika

- Sesudah itu pilih tombol Load flow akhir dan tombol aliran daya



Gambar 4-10. Hasil Algoritma Genetika Dalam Menentukan Lokasi FACTS, Biaya Pembangkitan, Daya pembangkitan dan Rugi-rugi

4.6.2. Hasil Perhitungan

4.6.2.1. Hasil Perhitungan Pada Kondisi Awal

Hasil perhitungan aliran daya untuk perhitungan pada sistem jaringan 150 KV Paiton Bali dibawah ini :

Tabel 4-5
Hasil Perhitungan Tegangan, Pembangkitan Dan Pembebanan Sebelum
Pemasangan Peralatan FACTS Pada Jaringan Transmisi 150 kV
Paiton-Bali Menggunakan Metode Newton Raphson

No	Bus	Tegangan	Sudut	Pembangkitan		Pembebanan	
				P(MW)	Q(Mvar)	P(MW)	Q(Mvar)
1.	1	1.034	0.00000	570.275	-55.005	39.3	7.9
2.	2	1.02061	-0.03426	0.000	0.000	14	6
3.	3	1.01641	-0.03946	0.000	0.000	18	8,5
4.	4	1.00778	-0.07952	0.000	0.000	36.1	16.5
5.	5	1.00085	-0.14384	0.000	0.000	39	16.6
6.	6	1.00456	-0.17543	0.000	0.000	22.5	9.7
7.	7	1.01466	-0.19270	0.000	50.000	62.2	30
8.	8	0.99217	-0.27429	0.000	0.000	41	21.3
9.	9	1.05134	-0.10659	0.000	0.000	23	5,9
10.	10	1.03174	-0.14855	0.000	0.000	17.2	7
11.	11	0.99883	-0.29544	0.000	0.000	37.8	18.7
12.	12	1.003	-0.30432	99.9	193.720	5.4	2.7
13.	13	0.98452	-0.36199	0.000	0.000	11.9	4.4
14.	14	0.96692	-0.42719	0.000	0.000	6.2	2.9
15.	15	0.95965	-0.45935	0.000	50.000	63.8	22.8
16.	16	0.96919	-0.43795	0.000	0.000	4.1	0.8
17.	17	0.97431	-0.42451	0.000	0.000	23.6	4.3
18.	18	0.95476	-0.46677	0.000	0.000	16.4	7
19.	19	0.95420	-0.46789	0.000	0.000	73.3	28.9
20.	20	0.95500	-0.46814	2.200	16.333	0	0
21.	21	0.95500	-0.46150	96.700	-20.585	0	0
22.	22	0.95405	-0.47512	0.000	25.000	45.5	13.6
23.	23	0.95355	-0.47150	0.000	25.000	50.3	13.5
24.	24	0.95440	-0.46988	0.000	0.000	35.4	7.9
25.	25	0.95214	-0.47427	0.000	0.000	14.2	3.3

Tabel 4-6
Hasil Perhitungan Aliran Daya Pada Tiap Saluran Jaringan Transmisi
150kV Paiton-Bali Sebelum Pemasangan Alat FACTS
Dengan Menggunakan Metode Newton Raphson

Saluran		Daya	
Dari	Ke	P(MW)	Q(Mvar)
1	2	207.666	18.631
1	9	323.309	-81.536
2	3	18.036	6.072
2	4	173.474	0.649
4	5	135.091	-21.628
5	6	49.714	-22.221
5	7	43.899	-21.104
6	7	26.734	-29.419
7	8	71.784	-2.553
7	10	-132.965	-8.353
7	11	69.097	-11.115
8	11	29.096	-21.259
9	10	153.956	23.135
9	11	141.381	-140.953
11	12	165.63	-193.461
12	13	169.863	0.165
12	17	89.227	-4.882
13	14	78.416	-5.119
13	15	76.22	-6.304
14	15	70.502	-7.507
15	16	-27.857	-0.564
15	17	-29.46	-0.668
15	18	24.767	5.948
15	19	28.327	6.501
15	22	24.229	-4.661
15	24	59.884	8.571
16	17	-32.263	2.514
18	19	8.291	0.782
19	20	-2.194	-16.32
19	21	-96.486	21.185
19	22	21.541	-11.323
19	23	40.356	-12.527
23	24	-10.016	-0.708
24	25	14.224	1.369

Keterangan:

Total Pembangkitan : $769.075 + j 284.463$ MVA
 Total Pembebanan : $700 + j 260.2$ MVA
 Total Rugi-Rugi Saluran : $69.075 + j 24.263$ MVA

Tabel 4-7
Hasil Perhitungan Daya Yang Dibangkitkan dan Biaya Operasional
Sebelum Pemasangan Peralatan FACTS

NO	Nama Pembangkit	Daya yang Dibangkitkan (MW)	Biaya Operasional (Rp/jam)
1	PLTU Paiton 1 & 2	769,075	Rp.417.718.705,00
2	PLTG Gilimanuk		
3	PLTD Pesanggrahan		
4	PLTG Pesanggrahan		

4.6.2.2. Hasil Penentuan Lokasi 5 Alat FACTS Pada Sistem 150 kV Paiton-Bali Dengan Menggunakan Algoritma Genetika

Hasil penentuan lokasi 5 alat FACTS beserta settingan kapasitasnya dengan metode Algoritma Genetika dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4-8
Hasil Penentuan Lokasi 5 alat FACTS Beserta Settingan Dengan Menggunakan Metode Algoritma Genetika

No	Dari	Ke	Jenis FACTS	Kapasitas TCSC
1	1	2	UPFC	-0.148
2	12	17	UPFC	-0.148
3	9	11	TCSC	0.487
4	12	13	TCSC	0.487
5	1	9	UPFC	-0.148

Keterangan :

1. Alat TCSC dipasang pada saluran dari saluran 9 ke saluran 11 dan saluran 12 ke saluran 13 dengan nilai settingan masing-masing 0,487
2. Alat UPFC dipasang pada saluran dari saluran 1 ke saluran 2, saluran 1 ke saluran 9 dan saluran 12 ke saluran 17 dengan nilai settingan masing-masing -0,148

Untuk mengetahui nilai sebenarnya dari tiap-tiap peralatan FACTS, dapat dihitung dengan persamaan (17), (18).

Untuk UPFC :

$$r_{upfc} = r_{fx}180^\circ$$

$$r_{upfc} = -0,148 \times 180 = -26,64$$

$$\text{Jadi} = -26,64$$

Untuk TCSC :

$$r_{tcsc} = r_{fx}0,45 - 0,25$$

$$r_{tcsc} = 0,487 \times 0,45 - 0,25 = -0,03085$$

$$\text{Jadi} = -0,03085 X_{Line}$$

Untuk Saluran 9-11, dengan $R = 0,0966$ dan $X = 0,0457$,

$$X_{Line} = R - jX$$

$$X_c = -0,00298011 - j0,001409845$$

Untuk Saluran 12-13, dengan $R = 0,0116$ dan $X = 0,00336$,

$$X_{Line} = R + jX$$

$$X_c = -0,00035786 - j0,000103656$$

4.6.2.3. Hasil Perhitungan Pada Kondisi Akhir

Hasil perhitungan aliran daya untuk perhitungan pada sistem jaringan 150 kV dari hasil keluaran program pada kondisi akhir dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

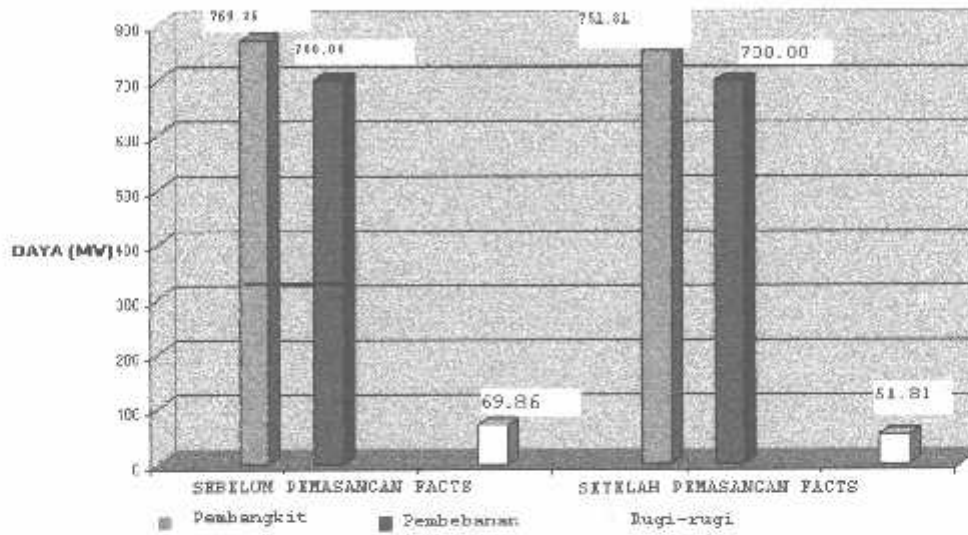
Tabel 4-9
Hasil Perhitungan Tegangan, Pembangkitan Dan Pembebanan Sesudah Pemasangan Alat FACTS Pada Jaringan Transmisi 150 kV Paiton-Bali Dengan Metode Newton Raphson

No	Bus	Tegangan	Sudut	Pembangkitan		Pembebanan	
				P(MW)	Q(Mvar)	P(MW)	Q(Mvar)
1.	1	1.034	0.00000	553.70	-20.30	39.30	7.90
2.	2	1.02019	-0.03306	0.00	0.00	14.00	6.00
3.	3	1.01598	-0.03827	0.00	0.00	18.00	8.50
4.	4	1.00668	-0.07778	0.00	0.00	36.10	16.50
5.	5	0.99852	-0.14127	0.00	0.00	39.00	16.60
6.	6	1.00139	-0.17246	0.00	0.00	22.50	9.78
7.	7	1.01077	0.18935	0.00	50.00	62.20	30.00
8.	8	0.99167	-0.26962	0.00	0.00	41.00	21.30
9.	9	1.04123	-0.10261	0.00	0.00	23.00	5.90
10.	10	1.02451	-0.14502	0.00	0.00	17.20	7.00
11.	11	1.00005	-0.28987	0.00	0.00	37.80	18.70
12.	12	1.00300	-0.29818	99.9	163.24	5.40	2.70
13.	13	0.98412	-0.38582	0.00	0.00	11.90	4.40
14.	14	0.96681	-0.44631	0.00	0.00	6.20	2.90
15.	15	0.95947	-0.47593	0.00	50.00	63.60	22.80
16.	16	0.96905	-0.44971	0.00	0.00	4.10	0.80
17.	17	0.97429	-0.43373	0.00	0.00	23.60	4.30
18.	18	0.95468	-0.48339	0.00	0.00	16.40	7.00
19.	19	0.95417	-0.48453	0.00	0.00	73.30	28.90
20.	20	0.95500	-0.48480	2.20	17.07	0.00	0.00
21.	21	0.95500	-0.47815	96.70	-20.00	0.00	0.00
22.	22	0.95397	-0.49174	0.00	25.00	45.50	13.60
23.	23	0.95348	-0.48812	0.00	25.00	50.30	13.50
24.	24	0.95428	-0.48646	0.00	0.00	35.40	7.90
25.	25	0.95202	-0.49087	0.00	0.00	14.20	3.30

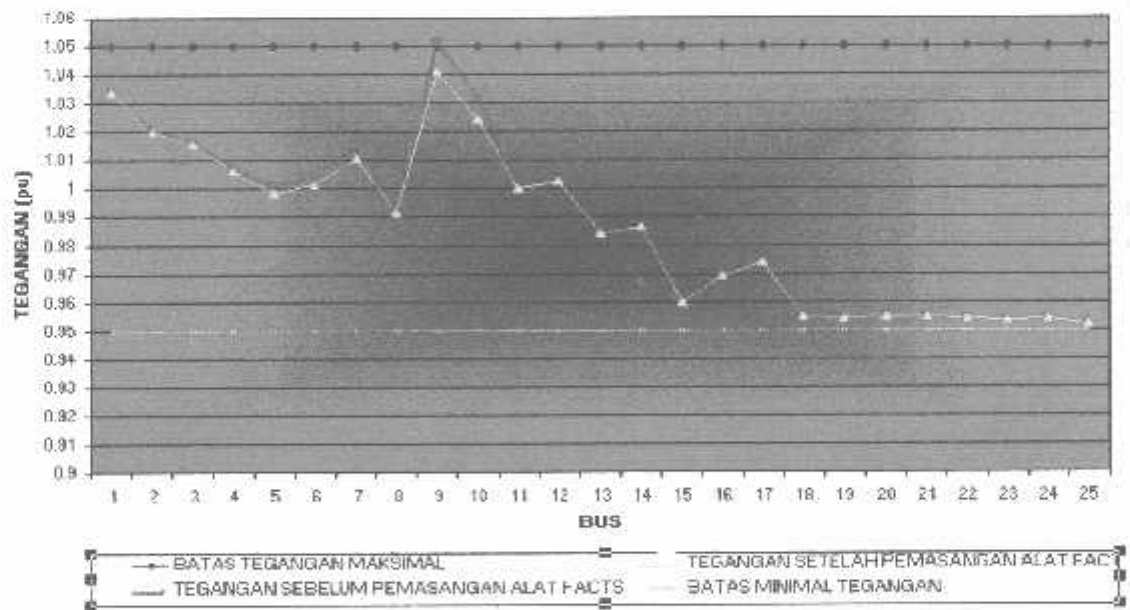
Tabel 4-10
Hasil Perhitungan Aliran Daya Sebelum dan Setelah Pemasangan Peralatan
FACTS Tiap-tiap Saluran Jaringan Transmisi 150 kV Paiton-Bali
Dengan Menggunakan Metode Newton Raphson

Sebelum				Sebelum			
Dari	Ke	P(MW)	Q(Mvar)	Dari	Ke	P(MW)	Q(Mvar)
1	2	207.666	18.631	1	2	201.66	22.75
1	9	323.309	-81.536	1	9	312.05	-50.95
2	3	18.036	6.072	2	3	18.04	6.07
2	4	173.474	0.649	2	4	172.02	3.51
4	5	135.091	-21.628	4	5	133.67	-18.65
5	6	49.714	-22.221	5	6	49.18	-20.60
5	7	43.899	-21.104	5	7	43.08	-19.55
6	7	26.734	-29.419	6	7	26.21	-27.76
7	8	71.784	-2.553	7	8	69.59	-5.04
7	10	-132.965	-8.353	7	10	-129.51	0.38
7	11	69.097	-11.115	7	11	66.52	-14.04
8	11	29.096	-21.259	8	11	26.99	-23.48
9	10	153.956	23.135	9	10	150.33	13.910
9	11	141.381	-140.953	9	11	136.66	-98.49
11	12	165.63	-193.461	11	12	165.62	-8.88
12	13	169.863	0.165	12	13	158.69	-6.59
12	17	89.227	-4.882	12	17	100.00	-6.60
13	14	78.416	-5.119	13	14	73.04	-5.17
13	15	76.22	-6.304	13	15	70.85	-5.17
14	15	70.502	-7.507	14	15	65.36	-5.73
15	16	-27.857	-0.564	15	16	-32.89	-2.16
15	17	-29.46	-0.668	15	17	-34.51	2.11
15	18	24.767	5.948	15	18	24.78	5.62
15	19	28.327	6.501	15	19	28.35	6.03
15	22	24.229	-4.661	15	22	24.21	-4.83
15	24	59.884	8.571	15	24	59.87	8.22
16	17	-32.263	2.514	16	17	-37.42	5.00
18	19	8.291	0.782	18	19	8.31	0.45
19	20	-2.194	-16.32	19	20	-2.19	-17.06
19	21	-96.486	21.185	19	21	-96.49	20.60
19	22	21.541	-11.323	19	22	21.56	-11.16
19	23	40.356	-12.527	19	23	40.37	-12.17
23	24	-10.016	-0.708	23	24	-10.00	-0.35
24	25	14.224	1.369	24	25	14.22	1.37

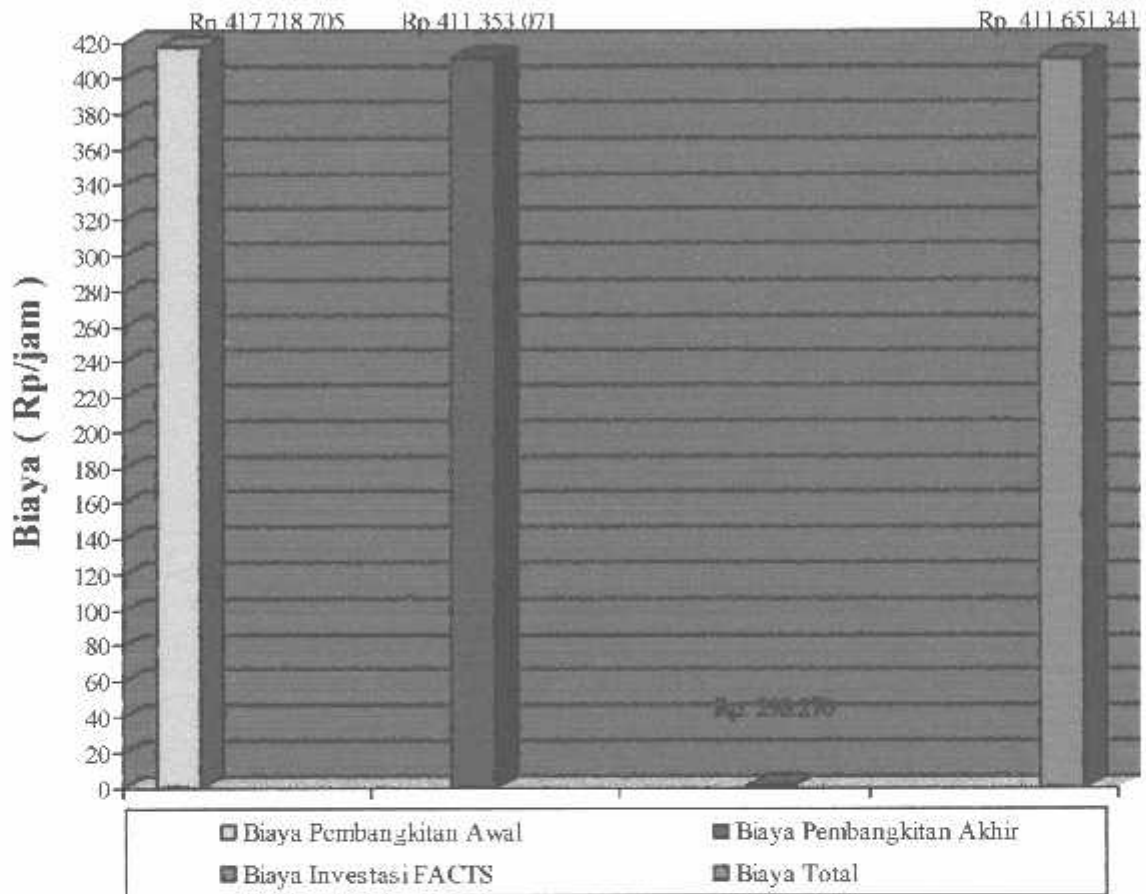
GRAFIK 1
**HASIL PERHITUNGAN DAYA YANG DIBANGKITKAN DAN RUGI-
 RUGI SEBELUM DAN SESUDAH PEMASANGAN PERALATAN**



GRAFIK 2.
**HASIL PERHITUNGAN PROFIL TEGANGAN SEBELUM
 dan SESUDAH PEMASANGAN FACTS**



Grafik 3
Hasil Perhitungan Biaya Pembangkitan, Biaya Investasi Sebelum dan
Sesudah Pemasangan FACTS Pada Sistem 150 KV Paiton Bali



Tabel 4-11
Hasil Perhitungan Daya Yang Dibangkitkan dan Biaya Operasional Sebelum
dan Setelah Pemasangan Peralatan FACTS

NO	Biaya Operasional Sebelum Pemasangan FACTS (Rp/JAM)	Pemasangan peralatan FACTS	Biaya Operasional Setelah Pemasangan FACTS (Rp/jam)
1	Rp. 417.718.705,00	-	Rp. 411.353.071,00
2	-	TCSC dan UPFC	Rp 298.270,00
TOTAL BIAYA	Rp. 417.718.705,00	-	Rp 411.651.341,00

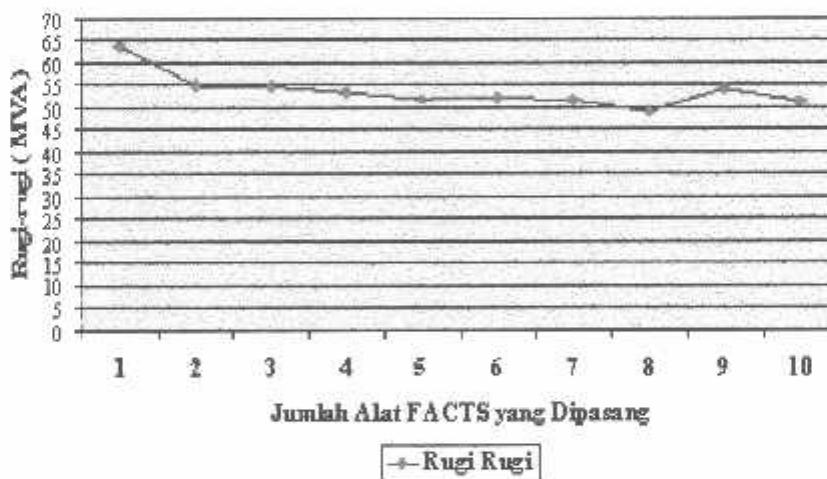
Tabel. 4-12

Hasil Pengaruh Simulasi Pemasangan Alat FACTS

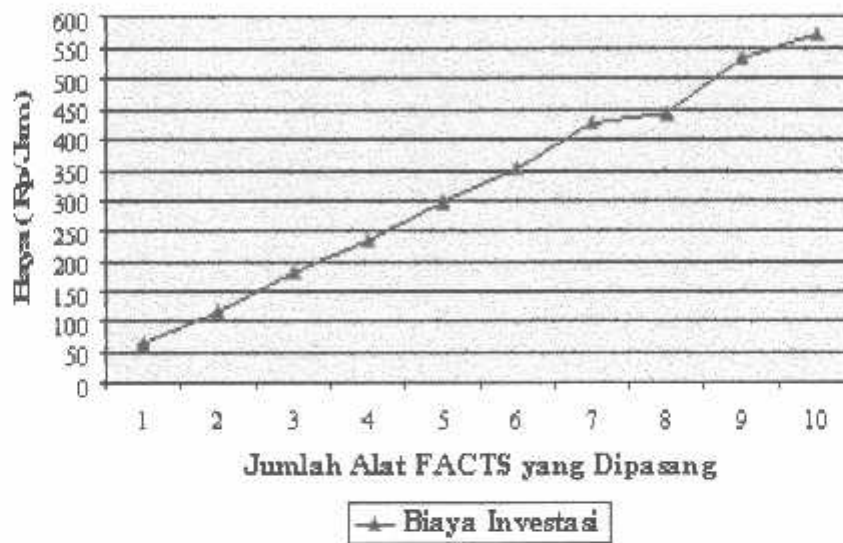
NO	Jumlah Alat	Rugi-rugi (MVA)	Biaya Investasi (Rp/jam)	Biaya Total (Rp/jam)
1	1	63,78	64.459	415.814.275
2	2	54,87	116.887	412.586.234
3	3	54,61	181.343	412.554.300
4	4	53,31	233.857	412.132.415
5	5	51,81	298.270	411.651.341
6	6	51,95	350.685	411.753.456
7	7	51,58	427.507	411.696.108
8	8	48,96	443.569	410.760.948
9	9	53,87	531.953	412.637.052
10	10	51,30	572.052	411.738.293

Grafik 4

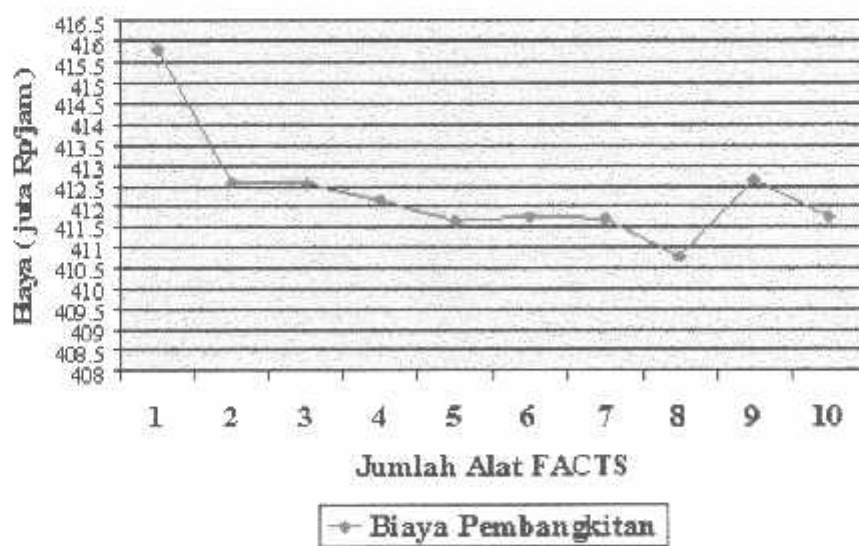
Pengaruh Pemasangan Simulasi Alat FACTS terhadap Rugi-rugi daya

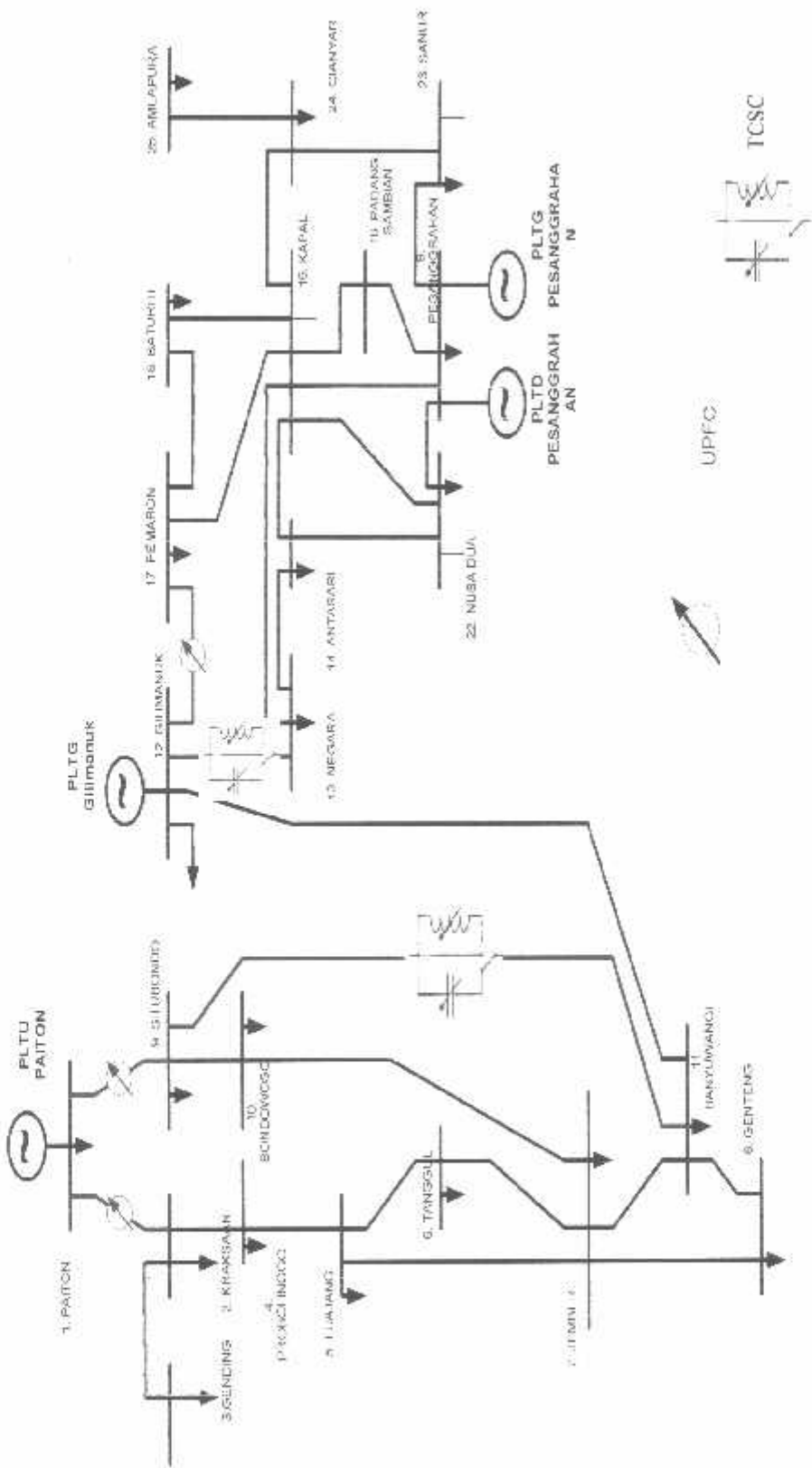


Grafik 5
Pengaruh Simulasi Pemasangan Alat FACTS terhadap Biaya Investasi Alat FACTS



Grafik 6
Pengaruh Simulasi Pemasangan Alat FACTS terhadap Biaya Pembangkitan





Gambar 4-11. Sistem Jaringan Tenaga Listrik 150 kV Paiton- Bali Sesudah Pemasangan Peralatan FACTS

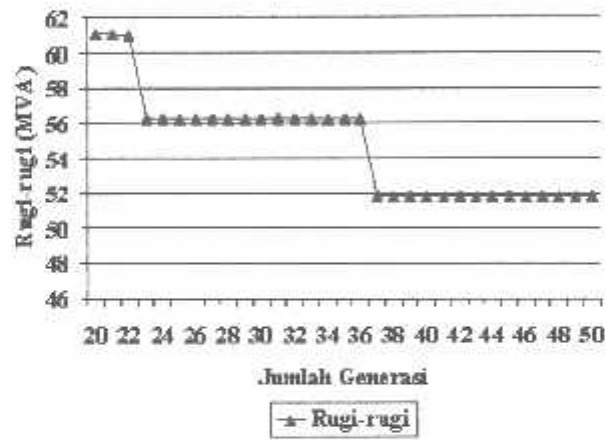
Tabel 4-13

Pengaruh Simulasi Perubahan Generasi pada Parameter Genetik Algoritma

Jumlah Generasi Maksimum	Rugi- rugi (MVA)
20	61,10
21	61,00
22	60,94
23-36	56,25
37-100	51,81

Grafik 7

Pengaruh Simulasi Perubahan Generasi Pada Parameter Algoritma
Genetika terhadap Rugi-rugi



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Setelah melakukan analisis dari uji coba program dengan menggunakan metode Algoritma Genetika dalam memilih dan menentukan lokasi peralatan FACTS pada sistem 150 kV Paiton -Bali maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Metode pemilihan dan penentuan lokasi dan kapasitas yang telah dikembangkan pada sistem 150 kV Paiton-Bali ternyata telah berhasil mereduksi rugi-rugi saluran sebesar 17,205 MVA yaitu dari 69,075 MVA pada kondisi awal menjadi 51,87 MVA pada kondisi akhir sehingga secara tidak langsung meningkatkan kapasitas transfer dayanya.
2. Berdasarkan hasil program dengan menggunakan metode Algoritma Genetika, lokasi pemasangan alat FACTS dilakukan pada saluran Paiton – Kraksaan dipasang alat UPFC dengan nilai seting -0,148, saluran Paiton – Situbondo dipasang alat UPFC dengan nilai seting -0,148 saluran Cilimanuk - Pamaran dipasang alat UPFC dengan nilai seting -0,148. Saluran Situbondo Banyuwangi dipasang alat TCSC dengan seting 0,487 dan saluran Cilimanuk - Negara dipasang alat TCSC dengan seting 0,487.
3. Nilai sudut Phasa (δ) pada saluran 1-2, 12-17, dan 1-9 dihasilkan $-26,64^\circ$ dan nilai X_c pada saluran 9-11 = $-0,00298011 - j0,001409845$ pu, pada saluran 12-13 = $-0,00035786 - j0,000103656$ pu.

4. Dengan pemasangan 5 alat FACTS pada sistem 150 kV Paiton-Bali disamping mereduksi rugi-rugi saluran juga mampu memperbaiki profil tegangan khususnya pada bus 9, bus 10 dan bus 11 sehingga semua tegangan setelah pemasangan FACTS menjadi lebih baik sesuai dengan standard PLN.
5. Setelah dilakukan pemasangan pada saluran 1-2, 1-9, 9-11, 12-13 dan 12-17, pada system 150 kV Paiton-Bali, untuk melayani beban sebesar 700,00 MW menghasilkan biaya operasi pembangkitan yang lebih optimum. Biaya pembangkitan sebelum pemasangan peralatan FACTS adalah sebesar Rp. 417.718.705,-/jam sedangkan besarnya biaya pembangkitan setelah pemasangan peralatan FACTS, yaitu biaya pembangkitan ditambah biaya investasi sebesar Rp. 411.651.341 ,-/jam. Jadi selisih antara biaya pembangkitan sebelum dengan sesudah pemasangan peralatan FACTS adalah sebesar Rp.6.057.364,-/jam, atau terjadi optimasi biaya sebesar 1,45 %.

5.2. Saran

Algoritma Genetika perlu dikembangkan untuk menghitung pengaruh kondisi pembebanan saluran dalam keadaan normal maupun setelah pemasangan alat FACTS.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. L.J.Cai , I.Erlich, “ *Optimal Choice and Allocation of FACTS Devices using Genetic Algorithm*”, Member IEEE.
 - [2]. Klaus Nabur and Donal O’Leary, “ For Cost Effective and Reliable Transmission of Electrical Energy ,”
 - [3]. Stevenson, Jr. WD. , “ Analisis Sistem Tenaga Listrik “, Edisi -4 Erlangga, 1994.
 - [4]. John J. Paserba “ How FACTS Controllers Benefit AC Transmission System “, Fellow, IEEE.
 - [5]. Sri Kusumadewi, “ Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasi)”, Edisi-1 Graha Ilmu, Yogyakarta, 2003
 - [6]. Taufik, Msc, “ FACTS seagai Teknologi Transmisi Listrik Masa Depan “ Edisi-15 Elektro Indonesia, November 1998
 - [7]. S. Gurbex, R. Cherkaoui, and A.J. Germond, “ Optimal location of FACTS devices in a power system using genetic algorithm,” IEEE Trans. Power System, vol.16, pp. 537-544, August 2001.
 - [8]. Mitsuo Gen, Runwei Cheng, “ *Genetic Algorithm And Engineering Design*”, (John Wiley & Son, Inc., 1994) p-7
 - [9]. Lijun Cai ,” Robust Coordinated Control of FACTS Devices in Large Power Systems “, Logos Verlag Berlin, 2004
-

LAMPIRAN



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

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama Mahasiswa : Syarifuddin Ahmadi
NIM : 99.12.044
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
Judul Skripsi : ANALISA PEMILIHAN DAN PENEMPATAN *FACTS
DEVICES* DENGAN METODE *GENETIC ALGORITHM*
PADA SUB SISTEM 150 kV PAITON- BALI

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

Hari : Rabu

Tanggal : 30 Maret 2005

Dengan Nilai : 77 (B) *8*



Ir. Mochtar Asroni, MSME
Ketua

Panitia Ujian Skripsi

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
Sekertaris

Anggota Penguji

Ir. Widodo Pudji Mulyanto, MT
Penguji Pertama

Ir. Taufik Hidayat, MT
Penguji Kedua



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK

FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI

Dari hasil ujian Komprehensif jenjang Strata Satu (S-1) Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi Teknik Energi Listrik yang diselenggarakan pada:

Hari : Rabu

Tanggal : 30-03-2005

Telah dilaksanakan perbaikan Skripsi oleh saudara:

Nama : Syarifuddin Ahmadi

NIM : 99.12.044

Masa Bimbingan : 13 Oktober 2004 s/d 13 April 2005

Judul Skripsi : ANALISA PEMILIHAN DAN PENEMPATAN *FACTS DEVICES* DENGAN METODE *GENETIC ALGORITHM* PADA SUB SISTEM 150 kV PAITON- BALI

No.	Tanggal	Uraian	Paraf Dosen Penguji
1	30-03-2005	Letak yang Optimal	
2	30-03-2005	Besarnya X_c	
3	30-03-2005	Besarnya Sudut Daya (sudut phasa)	
4	30-03-2005	Hasil Training	

Disetujui Oleh:

(Ir. Widodo Pudi Mulyanto, MT)
Penguji Pertama


(Ir. Taufik Hidayat, MT)
Penguji Kedua

Mengetahui
Dosen Pembimbing

(Ir. I. Made Wartana, MT)
NIP. 131 991 182



LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

1. Nama : Syarifuddin Ahmadi
2. NIM : 99.12.044
3. Jurusan : Teknik Elektro S1
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik S-1
5. Judul Skripsi : ANALISA PEMILIHAN DAN PENEMPATAN *FACTS DEVICES* DENGAN METODE *GENETIC ALGORITHM* PADA SUB SISTEM 150 kV PAITON- BALI
6. Tanggal Pengajuan Skripsi : 13 Oktober 2004
7. Selesai Pengajuan Skripsi : 13 April 2005
8. Dosen Pembimbing : Ir. I. Made Wartana, MT
9. Telah dievaluasi dengan nilai : 80 (A) 

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

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

Diperiksa dan Disetujui,
Dosen Pembimbing

Ir. I. Made Wartana, MT
NIP. 131 991 182



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : SYARIFUDDIN AHMADI
Nim : 99.12.044
Masa Bimbingan : 13 Oktober 2004 -13 April 2005
Judul Skripsi : ANALISA PEMILIHAN DAN PENEMPATAN
FACTS DEVICES DENGAN METODE *GENETIC ALGORITHM* PADA
SUB SISTEM 150 KV PAITON- BALI

NO	Tanggal	Uraian	Parap Pembimbing
1	07-03-2005	Perbaikan tata tulis awal, power point, Apa Dasar Pemikihan dan Penemptan Alat FACTS	
2	8-03-2005	Sempurnakan Latar Belakang	
3	22-03-2005	Latar Belakang, Rumusan Masalah, Tujuan	
4	23-03-2005	Flowchart Dipelajari, Belum berhubungan satu sama lain	
5	26-03-2005	Pelajari, ACC Seminar	
6	29-03-2005	Revisi Tata Tulis, ACC Diujikan	
7			
8			
9			
10			

Malang, April 2005
Dosen Pembimbing

Ir.I. MadeWartana, MT
NIP. 131 991 182

Form. S-4b



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

Juningrat No. 45 Taman Sidoarjo 61257

ipon : (031) 7882113, 7882114
simile : (031) 7882578, 7881024

Kotak Pos : 4119 SBS
Bank : Bank Mandiri

Nomor : ~~2008~~ / 334/ RJTB/ 2004.
Surat Sdr. No. : ITN-058/III.TA/2/2004,
ITN-039/III.TA/2/2004.
Lampiran : 1 (satu) lampiran.
Perihal : Ijin Survey/ Pengambilan Data.

30 NOV 2004

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Teknik,
Institut Teknologi Nasional Malang
Di
MALANG

Menunjuk surat Saudara nomor : ITN-058/III.TA/2/2004 tanggal 18 September 2004, ITN-039/III.TA/2/2004 tanggal 14 September 2004 perihal : Survey/ Permintaan Data, dengan ini diberitahukan bahwa kami tidak keberatan untuk memberikan ijin kepada Mahasiswa Saudara, bernama :

- **JEFFRI ERIK APRIYANDI** NIM : 97.12.086.
- **RULLY PRAMADHANA** NIM : 99.12.019.
- **SYARIFUDDIN AHMADI** NIM : 99.12.044.

Untuk melakukan Praktek Kerja pada PT. PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali Bidang OPHAR, 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. Buku Laporan Kerja Praktek Mahasiswa tersebut agar dikirimkan kepada PT. PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali 1 (satu) buah.
5. Untuk informasi lebih lanjut dapat menghubungi PT. PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali Cq. Bidang Enjiniring.

Demikian harap maklum dan terima kasih atas perhatian saudara.



Tembusan Yth. :

1. M.SDM PLN P3B.
2. Sdr. Jeffri Erik Apriyandi.
3. Sdr. Rully Pramadhana.
4. Sdr. Syarifuddin Ahmadi.

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

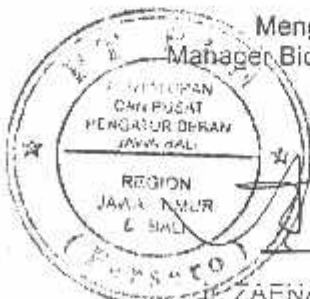
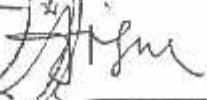
SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya :

Nama : SYARIFUDDIN AHMADI
Pria / Wanita : PRIA
Tempat / Tanggal Lahir : MALANG, 4 MARET 1980
Alamat : JL. JOYOTAMBAKSAH g Malang
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 mungkin 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. PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali yang berwenang;
4. Saya sanggup tidak membocorkan hal-hal yang bersifat rahasia Perusahaan PT. PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali dan bahan-bahan yang saya peroleh dalam training/ praktek kerja/ riset ini, 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 ini kepada PT. PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali setelah saya presentasikan kepada Manager Bidang Enjiniring PT. PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali mengenai tugas training/ praktek kerja / riset ini;
7. Saya tunduk dan akan mentaati semua peraturan yang berlaku di PT. PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali, dan saya sanggup tidak meninggalkan tugas kedinasan selama saya training/ praktek kerja/ riset ini.

Mengetahui
Manager Bidang SDMAD,


Zaenal Arifin

Surabaya, 11-10-2004
Yang membuat pernyataan,

Syarifuddin A.

DATA KARAKTERISTIK TRANSMISI UPT & SRB

Seri	Daftar	No. Sirkuit	Teg (kV)	Jarak (km)	Jenis	Tipe C		Lans WT		R	K	θ	L	C	RVA
						Dist	Co	Dist	Fe						

159111x(A) x 1,7211000
 141150x(V) x 0,1975
 131147110
 113116110
 151
 14
 151

6. UPT Probolinggo

1	PITON7	GRAT17	1	500	55.433	GANNET	4x392.8	2800	2000	2000						0.0008	0.0090	0.8134	2.209.20
1	PITON7	GRAT17	2	500	55.433	GANNET	4x392.8	2800	2000	2000						0.0008	0.0090	0.8134	2.209.20
1	BNGIL5	GDTANS	1	150	16.805	ACSR, AW	330 mm ²	740	1000	1000	1250	1500	0.1172	0.4003	2.8530	0.0068	0.0799	0.0108	192.2520
1	BNGIL5	GDTANS	2	150	16.805	ACSR, AW	330 mm ²	740	1000	1000	1250	1500	0.1172	0.4003	2.8530	0.0068	0.0799	0.0108	192.2520
1	BNGIL5	BDRANS	1	150	9.800	ACSR, AW	330 mm ²	740	1000	1000	1600	1600	0.1172	0.4003	2.8530	0.0051	0.0174	0.0063	192.2520
1	BNGIL5	WAR 15	1	150	9.800	ACSR, AW	330 mm ²	740	1000	1000	1600	1600	0.1172	0.4003	2.8530	0.0051	0.0174	0.0063	192.2520
1	BNGIL5	PIER 1	1	150	5.150	ACSR, ZEBRA	2 x 435 mm ²	1620	2000	1000	1250	1750	0.0387	0.2807	4.0230	0.0064	0.0064	0.0047	420.8760
1	BNGIL5	PIER 2	2	150	5.150	ACSR, ZEBRA	2 x 435 mm ²	1620	2000	1000	1250	1750	0.0387	0.2807	4.0230	0.0064	0.0064	0.0047	420.8760
1	BNGIL5	BCKROS	1	150	6.200	ACSR, ZEBRA	2 x 435 mm ²	1620	1000	1000	1250	1750	0.0387	0.2807	4.0230	0.0077	0.0077	0.0056	420.8760
1	BNGIL5	BCKROS	2	150	6.200	ACSR, ZEBRA	2 x 435 mm ²	1620	1000	1000	1250	1750	0.0387	0.2807	4.0230	0.0077	0.0077	0.0056	420.8760
1	BNGIL5	PNMANS	1	150	27.770	ACSR, AW	330 mm ²	740	1000	1000	1250	1500	0.1172	0.4003	2.8530	0.0145	0.0494	0.0178	192.2520
1	BNGIL5	LWANGS	1	150	34.660	ACSR, AW	330 mm ²	740	1000	1000	1250	1500	0.1172	0.4003	2.8530	0.0181	0.0617	0.0223	192.2520
1	GDTANS	RJOSOS	1	150	10.487	ACSR, AW	330 mm ²	740	1000	800	1250	1750	0.1172	0.4003	2.8530	0.0055	0.0187	0.0067	192.2520
1	GDTANS	RJOSOS	2	150	10.487	ACSR, AW	330 mm ²	740	1000	800	1250	1750	0.1172	0.4003	2.8530	0.0041	0.0180	0.0070	192.2520
1	PIER5	GRAT15	1	150	31.935	TACSR	410 mm ²	1620	1000	1000	1250	2000	0.0387	0.2807	4.0230	0.0055	0.0398	0.0289	420.8760
1	PIER5	GRAT15	2	150	31.935	TACSR	410 mm ²	1620	1000	1000	1250	2000	0.0387	0.2807	4.0230	0.0055	0.0398	0.0289	420.8760
1	PBLG05	GDTANS	1	150	33.827	ACSR, AW	330 mm ²	740	800	1000	1250	1250	0.1172	0.4003	2.8530	0.0176	0.0602	0.0217	192.2520
1	PBLG05	GDTANS	2	150	33.827	ACSR, AW	330 mm ²	740	800	1000	1250	1250	0.1172	0.4003	2.8530	0.0176	0.0602	0.0217	192.2520
1	PBLG05	LJANGS	1	150	51.692	ACSR, AW	330 mm ²	740	500	600	800	800	0.1172	0.4003	2.8530	0.0269	0.0920	0.0332	192.2520
1	PBLG05	LJANGS	2	150	51.692	ACSR, AW	330 mm ²	740	600	600	800	800	0.1172	0.4003	2.8530	0.0269	0.0920	0.0332	192.2520
1	KRSANS	PBLG05	1	150	30.239	ACSR, AW	330 mm ²	740	1000	1000	1250	1250	0.1172	0.4003	2.8530	0.0158	0.0538	0.0194	192.2520
1	KRSANS	PBLG05	2	150	30.239	ACSR, AW	330 mm ²	740	1000	1000	1250	1250	0.1172	0.4003	2.8530	0.0158	0.0538	0.0194	192.2520
1	KRSANS	GOINGS	1	150	19.137	ACSR, AW	330 mm ²	740	1000	400	1250	1250	0.1172	0.4003	2.8530	0.0100	0.0340	0.0123	192.2520
1	PITONS	KRSANS	1	150	20.204	ACSR, AW	330 mm ²	740	1000	1000	1250	1250	0.1172	0.4003	2.8530	0.0105	0.0359	0.0130	192.2520

DATA KARAKTERISTIK TRANSMISI UPT & SRB

Jml. Saluran	Dst	Kc	No. Salin	Teg. (kV)	Jarak (Km)	Inta Pengantar	Ilom (Amp)	Tap. Di	Tap. Di	Tap. WI	K	X	B	R ₀₀	X ₀₀	G ₀₀	B ₀₀	Capas (kVA)
						jenis		Dist	Dist	Dist	#/km-km	(Ohm/km)	(kg-S+cm)	(Ohm)	(Ohm)	(Ohm)	(Ohm)	(kVA)

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30

6. UPT Probolinggo

1	PITONS	KRSANS	2	150	20.204	ACSR AW	330 mm ²	740	1000	1250	1250	0.1172	0.4003	2.8530	0.0105	0.0359	0.0130	192.2520
1	PITONS	STBDO5	1	150	55.433	ACSR ZEBRA	2 x 435 mm ²	1500	2000	2000	1250	0.0387	0.2807	4.0230	0.0095	0.0692	0.0502	415.6800
1	PITONS	STBDO5	2	150	55.433	ACSR ZEBRA	2 x 435 mm ²	1500	2000	2000	1250	0.0387	0.2807	4.0230	0.0095	0.0692	0.0502	415.6800
1	BNGIL4	GOTANA	1	70	4.452	ACSR OSTRICH	300 MCM	440							#DIV/0!	#DIV/0!		53.3456
1	BNGIL4	GDTANA	2	70	4.452	ACSR OSTRICH	300 MCM	400							#DIV/0!	#DIV/0!		48.4960
1	BNGIL4	PDAANA	1	70	9.700	ACSR OSTRICH	300 MCM	440	250	400		0.2180	0.3850	2.972	0.0432	0.0762	0.0014	53.3456
1	BNGIL4	PDAANA	2	70	9.700	ACSR OSTRICH	300 MCM	440	250	400	800	0.2180	0.3850	2.972	0.0432	0.0762	0.0014	53.3456
1	BNGIL4	BORANA	1	70	11.700	ACSR PIPER	300 MCM	440	400	400	400	0.2180	0.3850	2.972	0.0521	0.0919	0.0017	53.3456
1	BNGIL4	PRONG4	1	70	11.700	ACSR PIPER	300 MCM	440	400	400	400	0.2180	0.3850	2.972	0.0521	0.0919	0.0017	53.3456
1	BNGIL4	BLENG4	1	70	40.000	ACSR PIGEON	30 AWG	300	200	200	800	0.3053	0.3584	3.202	0.2492	0.2926	0.0063	36.3720
1	BNGIL4	BLENG4	2	70	40.000	ACSR PIGEON	30 AWG	300	200	200	800	0.3053	0.3584	3.202	0.2492	0.2926	0.0063	36.3720

Modifikasi TL Bay Grati - Pier 1 srikt menjadi (Grati - Gdtan - Pier) dan Probolinggo - Gondangwetan 1 srikt menjadi (Pblgo - Grati - Gdtan)

1	GRATIS	GOTANS	1	150	10.743	TACSR	410 mm ²	2800	1000	1000	1250	0.0387	0.2807	4.0230	0.0018	0.0134	0.0097	727.4400
1	GRATIS	GOTA/15	2	150	10.743	TACSR	410 mm ²	2800	1000	1000	1250	0.0387	0.2807	4.0230	0.0018	0.0134	0.0097	727.4400
1	GOTANS	PIERS	1	150	21.183	TACSR	410 mm ²	2800	1000	1000	1250	0.0387	0.2807	4.0230	0.0036	0.0264	0.0192	727.4400
1	GOTANS	PIERS	2	150	21.183	TACSR	410 mm ²	2800	1000	1000	1250	0.0387	0.2807	4.0230	0.0036	0.0264	0.0192	727.4400

DAFTAR KAWASAN PENYALURAN TENAGA DI SUB DAERAH

Daerah	No. Smpj	No. Smpj	Jeg (kV)	Jarak (km)	Data Penohantar	Jenis	I (Amp)		Tap. Cl		I p n Wt		R (Ohm/km)	X (Ohm/km)	E (kV/km)	R pu (Ohm)	X pu (Ohm)	E pu (Ohm)	Daya (kVA)
							Dari	Ke	Dari	Ke	Dari	Ke							

$$I = \frac{1000 \times \text{Daya}}{\sqrt{3} \times V \times \text{PF}}$$

$$R_{pu} = \frac{R}{E}$$

$$X_{pu} = \frac{X}{E}$$

$$E_{pu} = \frac{E}{E}$$

(1) (2) (3) (4) (5)

Sub Region Bali

1	GLNUKS	CHGLNUK	1	150	1.720	ACSR HAWK	477 MCM	645	800	800	800	0.1370	0.3956	2.8520	0.0010	0.0030	0.0011	167.5710
1	GLNUKS	CHGLNUK	2	150	1.720	ACSR HAWK	477 MCM	645	800	900	800	0.1370	0.3956	2.8520	0.0010	0.0030	0.0011	167.5710
1	CHGLNUK	CHKTPNG	1	150	4.471	OFC	3 x 300 mm ²	452	800	800	800	0.1613	0.3482	0.0032	0.0069	0.0032	0.0069	120.0276
1	CHGLNUK	CHKTPNG	2	150	4.389	OFC	3 x 300 mm ²	452	800	800	800	0.1643	0.3548	0.0032	0.0069	0.0032	0.0069	120.0276
1	CHKTPNG	BWNGIS	1	150	7.990	ACSR HAWK	477 MCM	645	800	900	830	0.1370	0.3966	2.8520	0.0049	0.0141	0.0052	167.5710
1	CHKTPNG	BWNGIS	2	150	7.990	ACSR HAWK	477 MCM	645	800	800	800	0.1370	0.3966	2.8520	0.0049	0.0141	0.0052	167.5710
1	GLNUKS	NGARAS	1	150	38.040	ACSR HAWK	477 MCM	645	800	800	830	0.1370	0.3966	2.8520	0.0232	0.0671	0.0247	167.5710
1	GLNUKS	NGARAS	2	150	38.040	ACSR HAWK	477 MCM	645	800	800	830	0.1370	0.3966	2.8520	0.0232	0.0671	0.0247	167.5710
1	GLNUKS	PMRONS	1	150	75.900	ACSR HAWK	477 MCM	1290	800	800	1250	0.1183	0.3895	2.9360	0.0399	0.1314	0.0502	335.1420
1	NGARAS	KAPALS	1	150	67.710	ACSR HAWK	477 MCM	645	800	800	830	0.1370	0.3966	2.8520	0.0412	0.1194	0.0439	167.5710
1	NGARAS	ASARIS	1	150	44.400	ACSR HAWK	477 MCM	645	900	800	830	0.1270	0.3966	2.6620	0.0270	0.0783	0.0288	167.5710
1	KAPALS	ANSRIS	1	150	23.310	ACSR HAWK	477 MCM	645	800	800	830	0.1370	0.3966	2.8520	0.0142	0.0411	0.0151	167.5710
1	KAPALS	PMRONS	1	150	58.580	ACSR PARTRIDGE	135 MCM	400	400	400	830	0.2136	0.4048	2.7970	0.0556	0.1054	0.0369	103.9200
1	KAPALS	GRYARS	1	150	19.210	ACSR HAWK	477 MCM	645	800	800	830	0.1370	0.3966	2.8520	0.0117	0.0339	0.0125	167.5710
1	KAPALS	GRYARS	2	150	19.210	ACSR HAWK	477 MCM	645	800	800	830	0.1370	0.3966	2.8520	0.0117	0.0339	0.0125	167.5710
1	KAPALS	NSDUAS	1	150	30.910	ACSR PARTRIDGE	135 mm ²	400	400	400	830	0.2136	0.4084	2.7570	0.0293	0.0561	0.0155	103.9200
1	KAPALS	PGRANS	1	150	17.220	ACSR HAWK	477 mm ²	645	1000	1000	830	0.1370	0.3966	2.8520	0.0105	0.0304	0.0112	167.5710
1	KAPALS	GRITIS	1	150	38.170	ACSR PARTRIDGE	135 mm ²	400	800	800	1250	0.2136	0.4084	2.7970	0.0362	0.0693	0.0240	103.9200
1	GRYARS	SANURS	1	150	16.500	ACSR PARTRIDGE	135 mm ²	400	200	1000	830	0.2136	0.4084	2.7970	0.0157	0.0299	0.0104	103.9200
1	GRYARS	SANURS	2	150	16.380	ACSR PARTRIDGE	135 mm ²	400	800	1000	830	0.2136	0.4084	2.7970	0.0156	0.0297	0.0103	103.9200
1	GRYARS	AMPZAS	1	150	33.750	ACSR HAWK	477 MCM	645	400	900	830	0.1370	0.3966	2.8520	0.0296	0.0595	0.0219	167.5710
1	GRYARS	AMPZAS	2	150	33.760	ACSR HAWK	477 MCM	645	1000	1000	830	0.1370	0.3966	2.8520	0.0296	0.0595	0.0219	167.5710
1	SANURS	PGRANS	1	150	7.740	ACSR PARTRIDGE	135 mm ²	400	400	400	830	0.2136	0.4084	2.7970	0.0073	0.0140	0.0049	103.9200
1	SANURS	PGRANS	2	150	7.750	ACSR PARTRIDGE	135 mm ²	400	1000	1000	830	0.2136	0.4084	2.7970	0.0074	0.0141	0.0049	103.9200

Formula dicetak, ref 6/26-03

Unit Sifat	Dati	Rc	No. Sifat	Data Penghantar		Jenis	Itom (Amp)	Tinggi		A (mm)	E (mm)	I _{pu} (A/cm ²)	X _{pu} (cm)	E _{pu} (cm)	Daya (VA)
				Area (mm ²)	Reg (kV)			Depi	Ke						

$$I(9)=11 \times A \times 1,732/1000$$

$$I(9)=20,71 \times A \times 10^{-3}$$

$$I(9)=17,110$$

$$I(9)=6,110$$

$$45$$

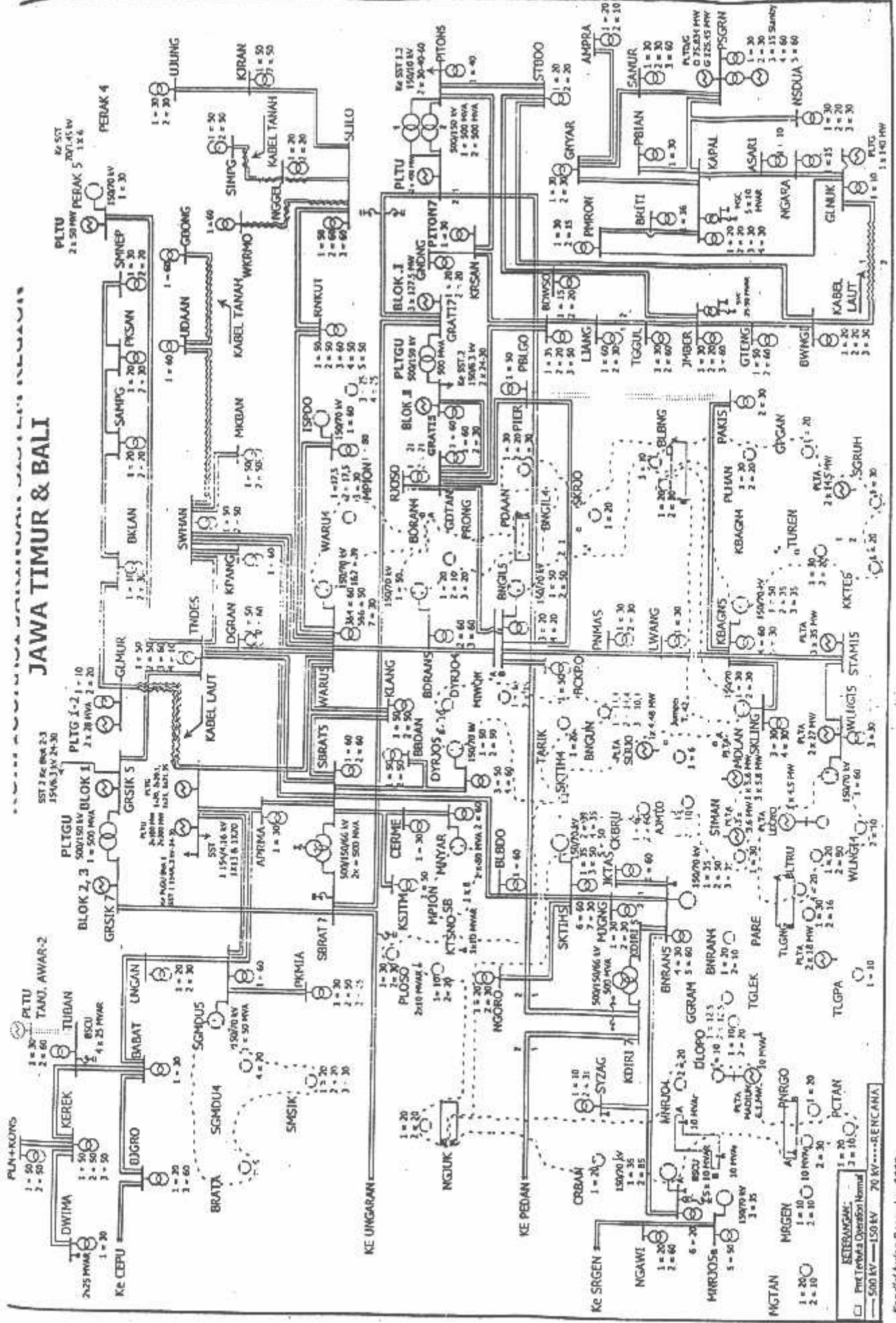
$$45$$

$$70$$

Sub Region Bali

1	NSOUAS	PGRANS	150	13.410	ACSR. PARTRIDGE	135 mm ²	400	2.00	200	830	830	0.2136	0.4084	2.7970	0.0127	0.0243	0.0084	103.9200	
1	BRITIS	PMRONS	150	20.430	ACSR. PARTRIDGE	135 mm ²	400	300	200	830	830	0.2136	0.4064	2.7970	0.0194	0.0371	0.0129	103.9200	
Pembangunan / Proyek																			
1	KAPALS	PBIANS	150	17.220	ACSR. HAWK	477 mm ²	645	1000	1000	830	830	0.1370	0.3966	2.8620	0.0105	0.0304	0.0112	167.5710	
1	PBIANS	PGRNS	150	7.400	ACSR. HAWK	477 mm ²	645	1000	1000	830	830	0.1370	0.3966	2.8870	0.0045	0.0130	0.0048	167.5710	
1	KAPALS	UBUDS	150	16.730	ACSR. PARTRIDGE	135 mm ²	400	800	800	1250	1250	0.2136	0.4084	2.7970	0.0159	0.0304	0.0105	103.9200	
1	UBUDS	BRITIS	150	29.440	ACSR. PARTRIDGE	135 mm ²	400	800	800	1250	1250	0.2136	0.4064	2.7970	0.0279	0.0534	0.0185	103.9200	
Informasi																			
1	KAPALS	UBUDS	150	22.500	ACSR. PARTRIDGE	135 mm ²	400	800	800	1250	1250	0.2136	0.4084	2.7970	0.0214	0.0408	0.0142	103.9200	
1	UBUDS	BRITIS	150	25.670	ACSR. PARTRIDGE	135 mm ²	400	800	800	1250	1250	0.2136	0.4084	2.7970	0.0244	0.0466	0.0162	103.9200	
Rencana Up-rating																			
1	KAPALS	UBUDS	150	22.560	TACSR	160 mm ²	734	400	400	830	830	0.2260	0.3900	2.9600	0.0220	0.0390	0.0150	190.6932	
1	UBUDS	BRITIS	150	25.670	TACSR	160 mm ²	734	400	400	830	830	0.2200	0.3900	2.9600	0.0251	0.0445	0.0171	190.6932	
1	BRITIS	PMRONS	150	20.430	TACSR	160 mm ²	734	800	200	830	830	0.2100	0.3900	2.9600	0.0200	0.0354	0.0136	190.6932	
1	BRITIS	PMRONS	2	20.430	TACSR	160 mm ²	734	800	200	830	830	0.2200	0.3900	2.9600	0.0200	0.0354	0.0136	190.6932	
1	KAPALS	PMRONS	150	58.560	TACSR	160 mm ²	734	400	400	830	830	0.2200	0.3900	2.9600	0.0573	0.1015	0.0390	190.6932	
1	KAPALS	BRITIS	150	38.170	TACSR	160 mm ²	734	800	800	1250	1250	0.2200	0.3900	2.9600	0.0373	0.0652	0.0254	190.6932	

JAWA TIMUR & BALI



LEGENDA:
 [Symbol] Pem. Tenaga Operasi Normal
 [Symbol] 500 KV
 [Symbol] 150 KV
 [Symbol] 70 KV
 [Symbol] BENCANA

Tampilan Training 20 Generasi Pada Parameter Algoritma Genetika dan Rugi rugi

Parameter Genetic Algorithm

Parameter | Hasil GA | Grafik GA | Hasil Akhir | Data Bus | Data Saluran

Parameter Genetic Algorithm		Parameter Objective Function	
Maksimum Generasi	20	Lamda Tegangan	1000
Jumlah Populasi	80	Lamda Daya Reaktif	1000
Probabilitas Crossover	0.95	Tegangan Minimum	0.95
Probabilitas Mutasi	0.04	Tegangan Maksimum	1.1
Lebar Chromosome	5	Batas Trafo	0.97 1.03
Konstanta Ka	1000	Batas Sudut	-180 180
Probabilitas Flip	0.5	Batas Cap	-0.7 0.2
Metode Crossover	One Point	Batas SVC	0.95 1.05
Metode New Parent	Standart		

Use Default

Hitung GA Close

Parameter Genetic Algorithm

Parameter | Hasil GA | Grafik GA | Hasil Akhir | Data Bus | Data Saluran

Penempatan dan Setting

No	Dari	Ke	Type	Setting
1	1	2	UPFC	-0.168
2	13	15	UPFC	-0.168
3	5	6	UPFC	-0.168
4	1	9	UPFC	-0.168
5	12	17	UPFC	-0.168

Biaya Investasi	322.298	Rp/jam
Biaya Pembangkitan	414.758.148	Rp
Biaya Total	415.080.446	Rp

Summary Loadflow

Jumlah Pembangkitan	761.10+ j 286.36	MVA
Jumlah Pembebanan	700.00+ j 260.20	MVA
Jumlah Rugi-Rugi	61.10+ j 26.16	MVA
Iterasi	1	
Waktu Hitung	0.0:7:719	

Hitung GA Close

Tampilan Training 21 Generasi Pada Parameter Algoritma Genetika dan Rugi rugi

Parameter Genetic Algorithm

Parameter | Hasil GA | Grafik GA | Hasil Akhir | Data Bus | Data Saluran

Parameter Genetic Algorithm		Parameter Objective Function	
Maksimum Generasi	21	Lamda Tegangan	1000
Jumlah Populasi	60	Lamda Daya Reaktif	1000
Probabilitas Crossover	0.95	Tegangan Minimum	0.95
Probabilitas Mutasi	0.04	Tegangan Maksimum	1.1
Lebar Chromosome	5	Batas Trafo	0.97 1.03
Konstanta Ka	1000	Batas Sudut	-180 180
Probabilitas Flip	0.5	Batas Cap	-0.7 0.2
Metode Crossover	One Point	Batas SVC	0.95 1.05
Metode New Parent	Standart		

[Use Default](#)

Parameter Genetic Algorithm

Parameter | Hasil GA | Grafik GA | Hasil Akhir | Data Bus | Data Saluran

Perempatan dan Setting

No	Dari	Ke	Type	Setting
1	7	2	UPFC	-0.169
2	1	9	UPFC	-0.169
3	15	22	UPFC	-0.169
4	19	20	UPFC	-0.169
5	8	11	UPFC	-0.169

Biaya Investasi	322.296	Rp/jam
Biaya Pembangunan	414.721.679	Rp
Biaya Total	415.043.975	Rp

Summary Loadflow

Jumlah Pembangkitan	761.00+j 288.34	MVA
Jumlah Pembebanan	700.00+j 260.20	MVA
Jumlah Rugi-Rugi	61.00+j 26.14	MVA
Iterasi	1	
Waktu Hitung	0:0:7.984	

Tampilan Training 22 Generasi Pada Parameter Algoritma Genetika dan Rugi rugi

Parameter Genetic Algoritma

Parameter | Hasil GA | Grafik GA | Hasil Akhir | Data Bus | Data Saluran

Parameter Genetic Algorithms		Parameter Objective Function	
Maksimum Generasi	22	Lamda Tegangan	1000
Jumlah Populasi	80	Lamda Daya Reaktif	1000
Probabilitas Crossover	0.95	Tegangan Minimum	0.95
Probabilitas Mutasi	0.04	Tegangan Maksimum	1.1
Lebar Chromosome	5	Batas Trafu	0.97 1.03
Konstanta Ka	1000	Batas Sudut	-180 180
Probabilitas Flip	0.5	Batas Cap	-0.7 0.2
Metode Crossover	One Point	Batas SVL	0.95 1.05
Metode New Parent	Standat		

Use Default

Hitung GA Close

Parameter Genetic Algoritma

Parameter | Hasil GA | Grafik GA | Hasil Akhir | Data Bus | Data Saluran

Penempatan dan Setting

No	Dari	Ke	Type	Setting
1	1	2	UPFC	-0.171
2	1	9	UPFC	-0.171
3	15	24	UPFC	-0.171
4	11	12	UPFC	-0.171
5	5	7	UPFC	-0.171

Biaya Investasi	322.296	Rp/jam
Biaya Pembangkitan	414.699.763	Rp
Biaya Total	415.022.059	Rp

Summary Loadflow

Jumlah Pembangkitan	760.94- 286.40	MVA
Jumlah Pembebanan	700.00- 260.20	MVA
Jumlah Rugi-Rugi	60.94+ 26.20	MVA
Iterasi	2	
Waktu Hitung	0:08:390	

Hitung GA Close

Tampilan Training 23 Generasi Pada Parameter Algoritma Genetika dan Rugi rugi

7 Parameter Genetic Algoritma

Parameter | Hasil GA | Grafik GA | Hasil Akhir | Data Bus | Data Saluran

Parameter Genetic Algoritma		Parameter Objective Function	
Maksimum Generasi	23	Lambda Tegangan	1000
Jumlah Populasi	80	Lambda Daya Reaktif	1000
Probabilitas Crossover	0.95	Tegangan Minimum	0.95
Probabilitas Mutasi	0.04	Tegangan Maksimum	1.1
Lebar Chromosome	5	Batas Tralo	0.97 1.03
Konstanta Ka	1000	Batas Sudut	-180 180
Probabilitas Flip	0.5	Batas Cap	0.7 0.2
Metode Crossover	One Point	Batas SVC	0.95 1.05
Metode New Parent	Standart		

Use Default

Hitung GA Close

7 Parameter Genetic Algoritma

Parameter | Hasil GA | Grafik GA | Hasil Akhir | Data Bus | Data Saluran

Penempatan dan Setting					Biaya Investasi	
No	Dari	Ke	Type	Setting		Rp/jem
1	1	2	UPFC	-0.112	274.432	
2	13	14	TCSC	0.444	412.972.594	Rp
3	11	12	TCSC	0.444		
4	9	11	TCSC	0.444		
5	15	24	TCSC	0.444		

Biaya Total	413.247.026	Rp
-------------	-------------	----

Summary Loadflow		
Jumlah Pembangkitan	756.25+ 286.73	MVA
Jumlah Pembebanan	700.00+ 260.20	MVA
Jumlah Rugi-Rugi	56.25+ 26.53	MVA
Iterasi	3	
Waktu Hitung	0:0:8.734	

Hitung GA Close

Tampilan Training 30 Generasi Pada Parameter Algoritma Genetika dan Rugi rugi

Parameter Genetic Algoritma

Parameter | Hasil GA | Grafik GA | Hasil Akhir | Data Bus | Data Saluran

Parameter Genetic Algoritma		Parameter Objective Function	
Maksimum Generasi	30	Lamda Tegangan	1000
Jumlah Populasi	80	Lamda Daya Reaktif	1000
Probabilitas Crossover	0.95	Tegangan Minimum	0.95
Probabilitas Mutasi	0.04	Tegangan Maksimum	1.1
Lebar Chromosome	5	Batas Trafo	0.97 1.03
Konstanta Ka	1000	Batas Sudut	-180 180
Probabilitas Flip	0.5	Batas Cap	-0.7 0.2
Metode Crossover	One Point	Batas SVC	0.95 1.05
Metode New Parent	Standart		

Use Default

Hitung GA Close

Parameter Genetic Algoritma

Parameter | Hasil GA | Grafik GA | Hasil Akhir | Data Bus | Data Saluran

Penempatan dan Setting				
No	Dari	Ke	Type	Setting
1	1	2	UPFC	-0.112
2	13	14	TCSC	0.444
3	11	12	TCSC	0.444
4	9	11	TCSC	0.444
5	15	24	TCSC	0.444

Biaya Investasi	274,132	Rp/jam
Biaya Pembangkitan	412,972,594	Rp
Biaya Total	413,247,026	Rp

Summary Loadflow		
Jumlah Pembangkitan	756.25+ 286.73	MVA
Jumlah Pembebanan	700.00+ 260.20	MVA
Jumlah Rugi-Rugi	56.25+ 26.53	MVA
Iterasi	3	
Waktu Hitung	0:0:11:187	

Hitung GA Close

Tampilan Training 36 Generasi Pada Parameter Algoritma Genetika dan Rugi rugi

7 Parameter Genetic Algoritma

Parameter | Hasil GA | Grafik GA | Hasil Akhir | Data Bus | Data Saluran

Parameter Genetic Algoritma		Parameter Objective Function	
Maksimum Generasi	36	Landa Tegangan	1000
Jumlah Populasi	80	Landa Daya Reaktif	1000
Probabilitas Crossover	0.95	Tegangan Minimum	0.95
Probabilitas Mutasi	0.04	Tegangan Maksimum	1.1
Lebar Chromosome	5	Batas Trafo	0.97 1.03
Konstanta Ka	1000	Batas Sudut	180 180
Probabilitas Flip	0.5	Batas Cap	-0.7 0.2
Metode Crossover	One Point	Batas SVC	0.95 1.05
Metode New Parent	Standart		

Use Default

Hitung GA Close

7 Parameter Genetic Algoritma

Parameter | Hasil GA | Grafik GA | Hasil Akhir | Data Bus | Data Saluran

Penempatan dan Setting

No	Dari	Ke	Type	Setting
1	1	2	UPFC	-0.112
2	13	14	TCSC	0.444
3	11	12	TCSC	0.444
4	9	11	TCSC	0.444
5	15	24	TCSC	0.444

Biaya Investasi	274.432	Rp/jam
Biaya Pembangkitan	412.972.594	Hp
Biaya Total	413.247.026	Rp

Summary Loadflow

Jumlah Pembangkitan	756.25+ 286.73	MVA
Jumlah Pembebanan	700.00+ 260.20	MVA
Jumlah Rugi-Rugi	56.25+ 26.53	MVA
Iterasi	3	
Waktu Hitung	0:0:13.328	

Hitung GA Close

Tampilan Training 37-100 Generasi Pada Parameter Algoritma Genetika dan Rugi rugi

7.1 Parameter Genetic Algorithm

Parameter | Hasil GA | Grafik GA | Hasil Akhir | Data Bus | Data Saluran

Parameter Genetic Algorithm		Parameter Objective Function	
Maksimum Generasi	37	Landa Tegangan	1000
Jumlah Populasi	80	Landa Daya Reaktif	1000
Probabilitas Crossover	0.95	Tegangan Minimum	0.95
Probabilitas Mutasi	0.04	Tegangan Maksimum	1.1
Lebar Chromosome	5	Batas Trafo	0.97 1.03
Konstanta Ka	1000	Batas Sudut	-180 180
Probabilitas Fip	0.5	Batas Cap	-0.7 0.2
Metode Crossover	One Point	Batas SVC	0.95 1.05
Metode New Parent	Standart		

Use Default

Hitung GA Close

7.1 Parameter Genetic Algorithm

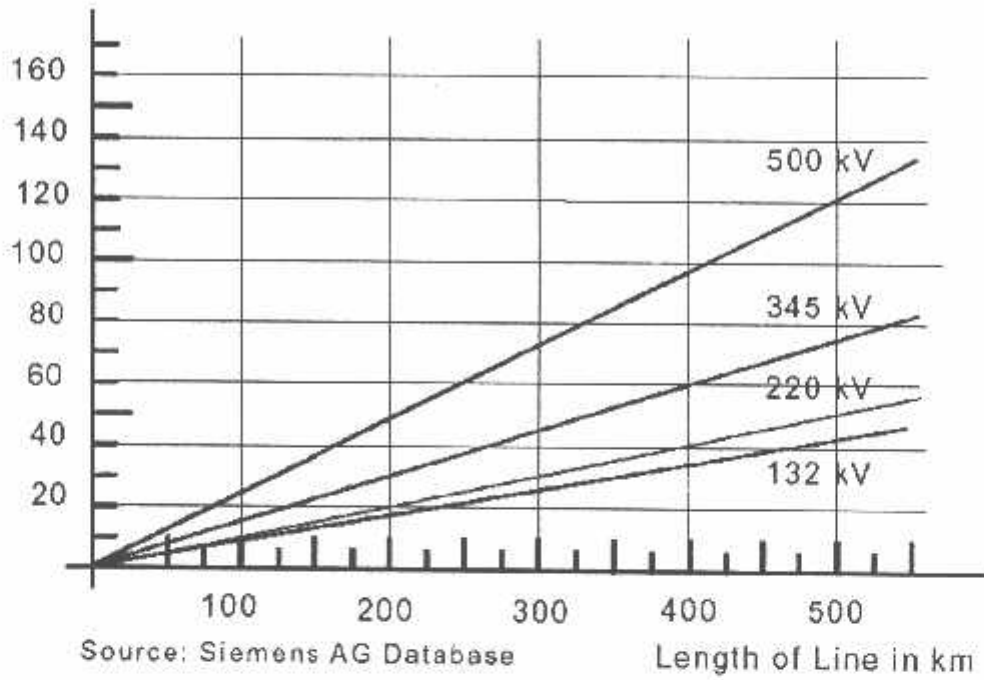
Parameter | Hasil GA | Grafik GA | Hasil Akhir | Data Bus | Data Saluran

Perempatan dan Setting					Biaya Investasi	
No	Dari	Ke	Type	Setting		
1	1	2	LFPC	-0.148	298.270	Rp/jam
2	12	17	UPFC	-0.148	411.353.071	Rp
3	9	11	TCSC	0.487	Biaya Total	411.651.341 Rp
4	12	13	TCSC	0.487		
5	1	9	UPFC	-0.148		

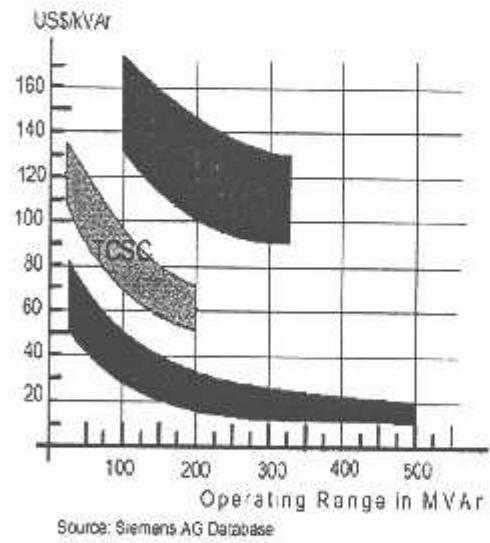
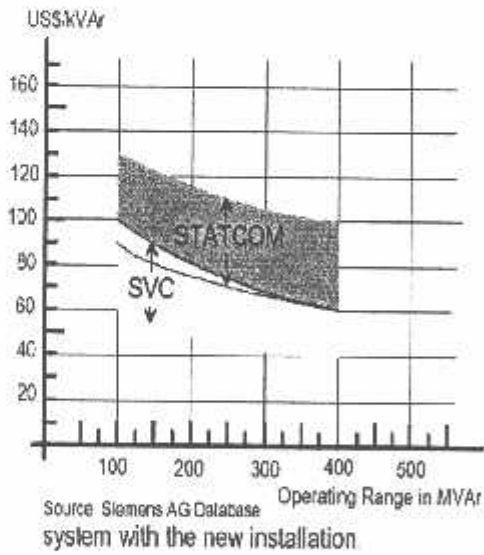
Summary Loadflow		
Jumlah Pembangkitan	751.81+ j 290.01	MVA
Jumlah Pembebanan	700.00+ j 260.20	MVA
Jumlah Rugi-Rugi	51.81+ j 29.81	MVA
Iterasi	2	
Waktu Hitung	0.0:13:828	

Hitung GA Close

Data Biaya per KM
Mill. US\$



Data Biaya Investasi Peralatan FACTS



```
UParamGA;
```

```
interface
```

```
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs, ExtCtrls, TeEngine, Series, TeeProcs, Chart, Grids, ComCtrls,
  StdCtrls;
```

```
type
```

```
frmParamGA = class(TForm)
  PageControl1: TPageControl;
  TabSheet1: TTabSheet;
  btnUseDefault: TButton;
  GroupBox1: TGroupBox;
  Label1: TLabel;
  Label2: TLabel;
  lblPcross: TLabel;
  lblLengthChrom: TLabel;
  edtLengthChrom: TEdit;
  edtPCrossover: TEdit;
  edtPopSize: TEdit;
  edtMaxGen: TEdit;
  GroupBox2: TGroupBox;
  Label4: TLabel;
  Label5: TLabel;
  Label6: TLabel;
  Label7: TLabel;
  edtLandaV: TEdit;
  edtVmax: TEdit;
  edtVmin: TEdit;
  edtLandaQ: TEdit;
  pbGen: TProgressBar;
  TabSheet2: TTabSheet;
  fgHasilGA: TStringGrid;
  TabSheet3: TTabSheet;
  Chart1: TChart;
  Series1: TLineSeries;
  Series2: TLineSeries;
  Series3: TLineSeries;
  TabSheet4: TTabSheet;
  Label8: TLabel;
  fgUpfc: TStringGrid;
  Panel1: TPanel;
  btnClose: TButton;
  btnHitungGA: TButton;
  Label3: TLabel;
  edtPMutasi: TEdit;
  Label10: TLabel;
  edtKonstKa: TEdit;
  cmbMCross: TComboBox;
  cmbMNewParent: TComboBox;
  Label11: TLabel;
  Label12: TLabel;
  Label9: TLabel;
  edtTapMin: TEdit;
  edtTapMax: TEdit;
  Label13: TLabel;
  edtSudMin: TEdit;
  edtSudMax: TEdit;
  Label14: TLabel;
  edtCapMin: TEdit;
  edtCapMax: TEdit;
  lblPflip: TLabel;
  edtPflip: TEdit;
  TabSheet5: TTabSheet;
  TabSheet6: TTabSheet;
  fgBus: TStringGrid;
  fgBranch: TStringGrid;
  GroupBox3: TGroupBox;
  Label15: TLabel;
  Label16: TLabel;
  Label17: TLabel;
  Label18: TLabel;
```

```

Label19: TLabel;
lblGen: TLabel;
lblLoad: TLabel;
lblLoss: TLabel;
edtSumGen: TEdit;
edtSumLoad: TEdit;
edtSumLoss: TEdit;
edtIterasi: TEdit;
edtTime: TEdit;
Label20: TLabel;
edtSVSMin: TEdit;
edtSVSMax: TEdit;
Label21: TLabel;
Label22: TLabel;
edtCostInv: TEdit;
edtCostGen: TEdit;
Label23: TLabel;
Label24: TLabel;
Label26: TLabel;
Label25: TLabel;
edtTotal: TEdit;
Label27: TLabel;
procedure FormCreate(Sender: TObject);
procedure btnUseDefaultClick(Sender: TObject);
procedure btnCloseClick(Sender: TObject);
procedure btnHitungGAClick(Sender: TObject);
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;

zmParamGA: TfrmParamGA;

implementation

uses uUtils, uSimpleGA, uLoadflow, uObjFunc;

{$R *.dfm}

procedure TfrmParamGA.FormCreate(Sender: TObject);
in
mbMCross.Text:='One Point';
mbMNewParent.Text:='Standart';
gUpfc.Cells[0,0]:='No';
gUpfc.Cells[1,0]:='Dari';
gUpfc.Cells[2,0]:='Ke';
gUpfc.Cells[3,0]:='Type';
gUpfc.Cells[4,0]:='Setting';
cHasilGA.Cells[0,0]:='Gen';
cHasilGA.Cells[1,0]:='Minimum';
cHasilGA.Cells[2,0]:='Avarage';
cHasilGA.Cells[3,0]:='Maximum';
;

procedure TfrmParamGA.btnUseDefaultClick(Sender: TObject);
in
itMaxGen.Text:='100';
itPopSize.Text:='80';
itLengthChrom.Text:='5';
itPCrossover.Text:='0.95';
itPMutasi.Text:='0.04';
itKonstKa.Text:='1000';
itPflip.Text:='0.5';
itLamdaV.Text:='1000';
dtLamdaQ.Text:='1000';
dtVmin.Text:='0.95';
dtVmax.Text:='1.1';
dtTapMin.Text:='0.97';
dtTapMax.Text:='1.03';
dtSudMin.Text:='-180';
dtSudMax.Text:='180';
itCapMin.Text:='0.7';

```

```

tCapMax.Text:='0.2';
tSVSMin.Text:='0.95';
tSVSMax.Text:='1.05';
mHitungGA.Enabled:=true;

```

```

procedure TFormParamGA.btnCloseClick(Sender: TObject);

```

```

in
close;
;

```

```

procedure TFormParamGA.btnHitungGAClick(Sender: TObject);

```

```

ga:TSimpleGATCSCL;
i,MaxGen,PopSize,LengthChrom,Ngen,Nbranch:integer;
LamdaV,LamdaQ,pcross,pmutasi,Ka,pflip,phi,CostInv,CostGen:double;
Lokasi,TypeAlat:iArr1;
Min,Avg,Max,Setting:dArr1;
BatasV,BatasSud,BatasCap,BatasTap,BatasSVS:TBatas;
BatasQ:TBatasArr1;
mCross:TCrossover;
mNewParent:TNewParent;
BestChrom:TChromTCSCL;
mulai,selesai,selang:TDateTime;
jam,menit,detik,mdetik:word;
in
gGen:=high(gGen)+1;
etLength(BatasQ,Ngen);
for i:=0 to Ngen-1 do
begin
BatasQ[i].min:=gGen[i,1];
BatasQ[i].max:=gGen[i,2];
end;
atasV.min:=StrToFloat(edtVmin.Text);
atasV.max:=StrToFloat(edtVmax.Text);
lamdaV:=StrToFloat(edtLamdaV.Text);
lamdaQ:=StrToFloat(edtLamdaQ.Text);
hi:=4*arctan(1);
atasSud.min:=StrToFloat(edtSudMin.Text)*phi/180;
atasSud.max:=StrToFloat(edtSudMax.Text)*phi/180;
atasCap.min:=StrToFloat(edtCapMin.Text);
atasCap.max:=StrToFloat(edtCapMax.Text);
atasTap.min:=StrToFloat(edtTapMin.Text);
atasTap.max:=StrToFloat(edtTapMax.Text);
atasSVS.min:=StrToFloat(edtSVSMin.Text);
atasSVS.max:=StrToFloat(edtSVSMax.Text);
lengthChrom:=StrToInt(edtLengthChrom.Text);
branch:=high(gBranch)+1;
ObjFunc:=TObjFunc.Create(LengthChrom,Nbranch,BatasV,BatasSud,
BatasCap,BatasTap,BatasSVS,BatasQ,LamdaV,LamdaQ);
axGen:=StrToInt(edtMaxGen.Text);
cGen.Max:=MaxGen;
cpSize:=StrToInt(edtPopSize.Text);
cross:=StrToFloat(edtPCrossover.Text);
mutasi:=StrToFloat(edtPMutasi.Text);
a:=StrToFloat(edtKonstKa.Text);
flip:=StrToFloat(edtPFlip.Text);
Cross:=crOne;
NewParent:=prStandart;
if cmbMCross.Text='One Point' then
begin
mCross:=crOne;
id
else if cmbMCross.Text='Two Point' then
begin
mCross:=crTwo;
id
else if cmbMCross.Text='Multi Point' then
begin
mCross:=crMulti;
end;
if cmbMNewParent.Text='Standart' then
begin
mNewParent:=prStandart;
end;

```

```

se if cmNewParent.Text='Replikasi' then
gin
mNewParent:=prReplikasi;
d
se if cmNewParent.Text='Elitism' then
gin
mNewParent:=prElitism;
d;
i:=TSimpleGATCSC1.Create(MaxGen,PopSize,LengthChrom,pcross,
    pmutasi,Ka,pflip,mCross,mNewParent);
ilai:=time;
estChrom:=ga.BestChrom;
eiesai:=time;
elang:=selesai-mulai;
ecodeTime(selang,jam,menit,detik,mdetik);
dtTime.Text:=IntToStr(jam)+':'+IntToStr(menit)+':'+
    IntToStr(detik)+':'+IntToStr(mdetik);
ObjFunc.doHitungAkhir(BestChrom,Lokasi,TypeAlat,Setting,CostInv,
    ostGen);
dtCostGen.Text:=FormatFloat('#,##0',CostGen);
dtCostInv.Text:=FormatFloat('#,##0',CostInv*9000);
dtTotal.Text:=FormatFloat('#,##0',CostGen+CostInv*9000);
gUpfc.RowCount:=high(Lokasi)+2;
or i:=0 to high(Lokasi) do
begin
    fgUpfc.Cells[0,i+1]:=IntToStr(i+1);
    fgUpfc.Cells[1,i+1]:=FloatToStr(gBranch[Lokasi[i],0]);
    fgUpfc.Cells[2,i+1]:=FloatToStr(gBranch[Lokasi[i],1]);
    if TypeAlat[i]=1 then
    begin
        fgUpfc.Cells[3,i+1]:='TCPST';
    end
    else if TypeAlat[i]=2 then
    begin
        fgUpfc.Cells[3,i+1]:='UPFC';
    end
    else if TypeAlat[i]=3 then
    begin
        fgUpfc.Cells[3,i+1]:='TCSC';
    end
    else if TypeAlat[i]=4 then
    begin
        fgUpfc.Cells[3,i+1]:='SVC';
    end;
    fgUpfc.Cells[4,i+1]:=RealToStr(Setting[i],3);
end;
in:=ga.Min;
avg:=ga.Avg;
max:=ga.Max;
gHasilGA.RowCount:=ga.MaxGen+1;
eries1.Clear;
eries2.Clear;
eries3.Clear;
or i:=0 to ga.MaxGen-1 do
begin
    fgHasilGA.Cells[0,i+1]:=IntToStr(i+1);
    fgHasilGA.Cells[1,i+1]:=RealToStr(Min[i],5);
    fgHasilGA.Cells[2,i+1]:=RealToStr(Avg[i],5);
    fgHasilGA.Cells[3,i+1]:=RealToStr(Max[i],5);
    Series1.Add(Min[i],IntToStr(i+1));
    Series2.Add(Avg[i],IntToStr(i+1));
    Series3.Add(Max[i],IntToStr(i+1));
end;
ObjFunc.doHitungLoadflow(BestChrom,gBus,gBranch);
gBus.RowCount:=high(gBus)+2;
gBus.Cells[0,0]:='Bus';
gBus.Cells[1,0]:='absV (pu)';
gBus.Cells[2,0]:='sudV (deg)';
gBranch.Cells[0,0]:='No';
gBranch.Cells[1,0]:='Dari';
gBranch.Cells[2,0]:='Ke';
gBranch.Cells[5,0]:='Arus re (A)';
gBranch.Cells[6,0]:='Arus im (A)';
gBranch.Cells[7,0]:='Dari';

```

```

jBranch.Cells[0,0]:='Ke';
jBranch.Cells[11,0]:='Arus re (A)';
jBranch.Cells[12,0]:='Arus im (A)';
? gGeneral.PKonst=1 then
begin
fgBus.Cells[3,0]:='Pg (W)';
fgBus.Cells[4,0]:='Qg (VAR)';
fgBus.Cells[5,0]:='PL (W)';
fgBus.Cells[6,0]:='QL (VAR)';
lblGen.Caption:='VA';
lblLoad.Caption:='-VA';
lblLoss.Caption:='VA';
fgBranch.Cells[3,0]:='P (W)';
fgBranch.Cells[4,0]:='Q (VAR)';
fgBranch.Cells[9,0]:='P (W)';
fgBranch.Cells[10,0]:='Q (VAR)';
and
else if gGeneral.PKonst=1000 then
begin
fgBus.Cells[3,0]:='Pg (kW)';
fgBus.Cells[4,0]:='Qg (kVAR)';
fgBus.Cells[5,0]:='PL (kW)';
fgBus.Cells[6,0]:='QL (kVAR)';
lblGen.Caption:='kVA';
lblLoad.Caption:='kVA';
lblLoss.Caption:='kVA';
fgBranch.Cells[3,0]:='P (kW)';
fgBranch.Cells[4,0]:='Q (kVAR)';
fgBranch.Cells[9,0]:='P (kW)';
fgBranch.Cells[10,0]:='Q (kVAR)';
and
else if gGeneral.PKonst=1000000 then
begin
fgBus.Cells[3,0]:='Pg (MW)';
fgBus.Cells[4,0]:='Qg (MVAR)';
fgBus.Cells[5,0]:='PL (MW)';
fgBus.Cells[6,0]:='QL (MVAR)';
lblGen.Caption:='MVA';
lblLoad.Caption:='MVA';
lblLoss.Caption:='MVA';
fgBranch.Cells[3,0]:='P (MW)';
fgBranch.Cells[4,0]:='Q (MVAR)';
fgBranch.Cells[9,0]:='P (MW)';
fgBranch.Cells[10,0]:='Q (MVAR)';
and;
fgBus.Cells[7,0]:='Cap (pu)';
fgBus.Cells[8,0]:='Type Bus';
for i:=0 to high(gBus) do
begin
fgBus.Cells[0,i+1]:=IntToStr(i-1);
fgBus.Cells[1,i+1]:=RealToStr(gBus[i,0],5);
fgBus.Cells[2,i+1]:=RealToStr(gBus[i,1],5);
fgBus.Cells[3,i+1]:=RealToStr(gBus[i,2],2);
fgBus.Cells[4,i+1]:=RealToStr(gBus[i,3],2);
fgBus.Cells[5,i+1]:=RealToStr(gBus[i,4],2);
fgBus.Cells[6,i+1]:=RealToStr(gBus[i,5],2);
fgBus.Cells[7,i+1]:=RealToStr(gBus[i,6],5);
fgBus.Cells[8,i+1]:=RealToStr(gBus[i,7],0);
end;
gBranch.RowCount:=high(gBranch)+2;
for i:=0 to high(gBranch) do
begin
fgBranch.Cells[0,i+1]:=IntToStr(i+1);
fgBranch.Cells[1,i+1]:=RealToStr(gBranch[i,0],0);
fgBranch.Cells[2,i+1]:=RealToStr(gBranch[i,1],0);
fgBranch.Cells[3,i+1]:=RealToStr(gBranch[i,9],2);
fgBranch.Cells[4,i+1]:=RealToStr(gBranch[i,10],2);
fgBranch.Cells[5,i+1]:=RealToStr(gBranch[i,13],2);
fgBranch.Cells[6,i+1]:=RealToStr(gBranch[i,14],2);
fgBranch.Cells[7,i+1]:=RealToStr(gBranch[i,1],0);
fgBranch.Cells[8,i+1]:=RealToStr(gBranch[i,0],0);
fgBranch.Cells[9,i+1]:=RealToStr(gBranch[i,11],2);
fgBranch.Cells[10,i+1]:=RealToStr(gBranch[i,12],2);
fgBranch.Cells[11,i+1]:=RealToStr(gBranch[i,15],2);

```

```
fgBranch.Cells[12,i+1]:=RealToStr(gBranch[i,16],2);  
id;  
itSumGen.Text:=gGeneral.sumGen.toStringJ(2);  
itSumLoad.Text:=gGeneral.sumLoad.toStringJ(2);  
itSumLoss.Text:=gGeneral.sumLoss.toStringJ(2);  
itIterasi.Text:=IntToStr(gGeneral.Iterasi);  
a.Free;  
ObjFunc.Free;  
;  
l.
```

```

ObjFunc;

ice

utils, uLoadflow, uNewtonPolar, SysUtils;

Func=class
ate
Lokasi, FNgen, FNbranch: integer;
lamdaV, FLamdaQ: double;
atasV, FSud, FCap, FTap, FSVS: TBatas;
atasQ: TBatasArr1;
function getBatasV: TBatas;
function getBatasQ: TBatasArr1;
function getSud: TBatas;
function getCap: TBatas;
function getTap: TBatas;
function getSVS: TBatas;
procedure setBatasV(const rBatasV: TBatas);
procedure setBatasQ(const rBatasQ: TBatasArr1);
procedure setSud(const rSud: TBatas);
procedure setCap(const rCap: TBatas);
procedure setTap(const rTap: TBatas);
procedure setSVS(const rSVS: TBatas);
function ChromToLokasi(const rChrom: TChromTCSC1; iArr1:
integer): integer;
procedure UbahLokasi(var rLokasi: iArr1);
procedure LokasiToChrom(const rLokasi: iArr1;
var rChrom: TChromTCSC1);
procedure UpdateChrom(var rChrom: TChromTCSC1);
procedure DecodeChrom(const rChrom: TChromTCSC1;
const rBus, rBranch: dArr2;
var rLBus, rLBranch: dArr2);
function FindConstV(const rBus: dArr2): integer;
function FindConstCapSal(const rBranch: dArr2): double;
function isSameLokasi(const rStart: integer;
var rLokasi: iArr1): boolean;
function FindCostGen(const rNo: integer;
const rPgen: double): double;
ic
constructor Create; overload;
constructor Create(const rNLokasi, rNbranch: integer;
const rBatasV, rSud, rCap, rTap, rSVS: TBatas;
const rBatasQ: TBatasArr1;
const rLamdaV, rLamdaQ: double); overload;
function doHitung(var rChrom: TChromTCSC1): double;
function doHitungAwal: double;
procedure doHitungAkhir(const rChrom: TChromTCSC1;
var rLokasi, rTypeAlat: iArr1;
var rSetting: dArr1;
var rCostInv, rCostGen: double);
procedure doHitungLoadflow(const rChrom: TChromTCSC1;
var rBus, rBranch: dArr2);
property NLokasi: integer read FNLokasi write FNLokasi;
property BatasV: TBatas read getBatasV write setBatasV;
property BatasQ: TBatasArr1 read getBatasQ write setBatasQ;
property LamdaV: double read FLamdaV write FLamdaV;
property LamdaQ: double read FLamdaQ write FLamdaQ;
property Sud: TBatas read getSud write setSud;
property Cap: TBatas read getCap write setCap;
property Tap: TBatas read getTap write setTap;
property SVS: TBatas read getSVS write setSVS;
property Nbranch: integer read FNbranch write FNbranch;

ObjFunc: TObjFunc;

implementation

{Func}

constructor
TObjFunc.Create;
i: double;

```

```

      uted Create;
      4*arctan(1);
      sV.min:=0.95;
      sV.max:=1.05;
      asi:=1;
      aV:=1000;
      aQ:=1000;
      min:=-30*phi/180;
      max:=30*phi/180;
      .min:=0;
      .max:=0.8;
      .min:=0.97;
      .max:=1.03;
      .min:=0.95;
      .max:=1.05;

vector TObjFunc.Create(const rNLokasi, rNbranch:integer;
      const rBatasV, rSud, rCap, rTap, rSVS:TBatas;
      const rBatasQ:TBatasArr1;
      const rLamdaV, rLamdaQ:double);
integer;
i:double;

writed Create;
=4*arctan(1);
kasi:=rNLokasi;
branch:=rNbranch;
n:=high(rBatasQ)+1;
length(FBatasQ, FNqen);
i:=0 to FNqen-1 do
n
  atasQ[i].min:=rBatasQ[i].min;
  atasQ[i].max:=rBatasQ[i].max;

  asV.min:=rBatasV.min;
  asV.max:=rBatasV.max;
  .min:=-rSud.min*phi/180;
  .max:=rSud.max*phi/180;
  .min:=rCap.min;
  .max:=rCap.max;
  .min:=rTap.min;
  .max:=rTap.max;
  .min:=rSVS.min;
  .max:=rSVS.max;
  ndaV:=rLamdaV;
  ndaQ:=rLamdaQ;

i accessing
.on TObjFunc.getBatasQ:TBatasArr1;
integer;

length(result, FNLokasi);
i:=0 to FNLokasi-1 do
n
  sult[i].min:=FBatasQ[i].min;
  sult[i].max:=FBatasQ[i].max;

.on TObjFunc.getBatasV:TBatas;

ilt.min:=FBatasV.min;
ilt.max:=FBatasV.max;

.on TObjFunc.getSud:TBatas;

ilt.min:=FSud.min;
ilt.max:=FSud.max;

```

```
r TObjFunc.getCap:TBatas;

t.min:=FCap.min;
t.max:=FCap.max;

n TObjFunc.getTap:TBatas;

t.min:=FTap.min;
t.max:=FTap.max;

on TObjFunc.getSVS:TBatas;

lt.min:=FSVS.min;
lt.max:=FSVS.max;

ure TObjFunc.setBatasQ(const rBatasQ:TBatasArr1);
integer;

lokasi:=high(rBatasQ)+1;
length(FBatasQ, FNlokasi);
i:=0 to FNlokasi-1 do
.n
BatasQ[i].min:=rBatasQ[i].min;
BatasQ[i].max:=rBatasQ[i].max;

ure TObjFunc.setBatasV(const rBatasV:TBatas);

asV.min:=rBatasV.min;
asV.max:=rBatasV.max;

ure TObjFunc.setSud(const rSud:TBatas);

.min:=rSud.min;
.max:=rSud.max;

ure TObjFunc.setCap(const rCap:TBatas);

.min:=rCap.min;
.max:=rCap.max;

ure TObjFunc.setTap(const rTap:TBatas);

.min:=rTap.min;
.max:=rTap.max;

ure TObjFunc.setSVS(const rSVS:TBatas);

.min:=rSVS.min;
.max:=rSVS.max;

processing
on TObjFunc.isSameLokasi(const rStart:integer;
var rLokasi:iArr1):boolean;
integer;

lt:=true;
i:=rStart-1 downto 0 do
.n
if rLokasi[rStart]=rLokasi[i] then
egin
result:=false;
break;
end;
id;
```

```

in TObjFunc.ChromToLokasi(const rChrom:TChromTCSC1):iArr1;
integer;

length(result,high(rChrom)+1);
for i:=0 to high(rChrom) do
begin
    result[i]:=round(GetBatasToReal(rChrom[i].Lokasi,0,(FNbranch-1)));
end;

procedure TObjFunc.UbahLokasi(var rLokasi:iArr1);
integer;

    i:=1 to high(rLokasi) do
begin
    if isSameLokasi(i,rLokasi)=false then
begin
        repeat
            rLokasi[i]:=round(GetBatasToReal(random,0,(FNbranch-1)));
        until isSameLokasi(i,rLokasi)=true;
    end;
end;

procedure TObjFunc.LokasiToChrom(const rLokasi:iArr1;
    var rChrom:TChromTCSC1);
integer;

    i:=0 to high(rChrom) do
begin
    rChrom[i].Lokasi:=GetRealToBatas(rLokasi[i],0,(FNbranch-1));
end;

procedure TObjFunc.UpdateChrom(var rChrom:TChromTCSC1);
    rLokasi:iArr1;

    rLokasi:=ChromToLokasi(rChrom);
    rLokasi:=UbahLokasi(rLokasi);
    rChrom:=LokasiToChrom(rLokasi,rChrom);

procedure TObjFunc.DeccodeChrom(const rChrom:TChromTCSC1;
    const rBus,rBranch:dArr2;
    var rLBus,rLBranch:dArr2);
    pos,j,typ:integer;
    phi:double;

    phi:=4*arctan(1);
    length(rLBus,high(rBus)+1,high(rBus[0])+1);
    i:=0 to high(rBus) do
begin
    for j:=0 to high(rBus[0]) do
begin
        rLBus[i,j]:=rBus[i,j];
    end;
end;

    length(rLBranch,high(rBranch)+1,high(rBranch[0])+1);
    i:=0 to high(rBranch) do
begin
    for j:=0 to high(rBranch[0]) do
begin
        rLBranch[i,j]:=rBranch[i,j];
    end;
end;

    i:=0 to high(rChrom) do
begin
    rLBus:=round(GetBatasToReal(rChrom[i].Lokasi,0,(FNbranch-1)));
    rLBranch:=round(GetBatasToReal(rChrom[i].TypeAlat,1,4));
    if typ=1 then
begin
        rLBranch[pos,5]:=0.0;
end;
end;

```

```

LBranch[pcs,6]:=1.0;
LBranch[pcs,7]:=GetBatasToReal(rChrom[i].Setting,FSud.min,
                               FSud.max)*phi/180;

e if typ=2 then
in
rLBranch[pcs,5]:=-0.0;
rLBranch[pcs,6]:=1.0;
rLBranch[pcs,7]:=GetBatasToReal(rChrom[i].Setting,FSud.min,
                               FSud.max)*phi/180;
d
se if typ=3 then
gin
dX:=GetBatasToReal(rChrom[i].Setting,FCap.min,FCap.max);
rLBranch[pcs,3]:=rLBranch[pcs,3]*(1-dX);
id
lse if typ=4 then
gin
rLBus[round(rLBranch[pcs,0])-1,3]:=GetBatasToReal(rChrom[i].Setting,
                                                  FSVS.min,FSVS.max);
if rLBus[round(rLBranch[pcs,0])-1,7]=3 then
begin
rLBus[round(rLBranch[pcs,0])-1,7]:=2;
end;
id;
;

lon TObjFunc.FindConstV(const rBus:dArr2):integer;
integer;

ilt:=0;
i:=0 to high(rBus) do
n
? rBus[i,0]>FBatasV.max then
gin
inc(result);
id;
? rBus[i,0]<FBatasV.min then
gin
inc(result);
id;
;

lon TObjFunc.FindConstCapSal(const rBranch:dArr2):double;
integer;
dsCap:double;

ilt:=0.0;
i:=0 to high(rBranch) do
n
? rBranch[i,9]<0 then
gin
absCap:=sqrt(sqr(rBranch[i,11])+sqr(rBranch[i,12]));
id
se
gin
absCap:=sqrt(sqr(rBranch[i,9])+sqr(rBranch[i,10]));
d;
absCap>rBranch[i,8] then
gin
result:=result+abs(absCap-rBranch[i,8]);
d;

lon TObjFunc.FindCostGen(const rNo:integer;
                        const rPgen:double):double;

ilt:=0;
?Pgen>0 then
n
result:=gGen[rNo,3]*sqr(rPgen)+gGen[rNo,4]*rPgen+gGen[rNo,5];

```

```

: TObjectFunc.doHitung(var rChrom:TChromTCSC1):double;
  tv:integer;
  tCapSal:double;
  s, LBranch:dArr2;

Lokasi<>(high(rChrom)+1) then

se Exception.Create('Array chrom tidak sama!');

deChrom(rChrom);
deChrom(rChrom, gBus, gBranch, LBus, LBranch);
onPolar(LBus, LBranch, gGeneral);
tv:=FindConstV(LBus);
tCapSal:=FindConstCapSal(LBranch);
date data disini
lt:=gGeneral.sumLoss.Real+FLamdaV*constV+FLamdaQ*constCapSal;

on TObjectFunc.doHitungAwal:double;
sa:integer;

lt:=0;
0;
i:=0 to high(gBus) do
  n
  gBus[i,7]<>3 then
gin
result:=result+(gGen[sa,3]*sqr(gBus[i,2])+gGen[sa,4]*gBus[i,2]+
  gGen[sa,5]);
inc(sa);
i;

re TObjectFunc.doHitungAkhir(const rChrom:TChromTCSC1;
  var rLokasi,rTypeAlat:iArr1;
  var rSetting:dArr1;
  var rCostInv,rCostGen:double);
sa:integer;
, dxs, phi, a, b, Q:double;
us, LBranch:dArr2;

=4*arctan(1);
NLokasi<>(high(rChrom)+1) then
  n
  ise Exception.Create('Array chrom tidak sama!');

deChrom(rChrom, gBus, gBranch, LBus, LBranch);
onPolar(LBus, LBranch, gGeneral);
0;
tGen:=0;
i:=0 to high(LBus) do
  n
  LBus[i,7]<>3 then
gin
CostGen:=rCostGen+(gGen[sa,3]*sqr(LBus[i,2])+gGen[sa,4]*LBus[i,2]+
  gGen[sa,5]);
inc(sa);
i;

ength(rLokasi, FNlokasi);
ength(rTypeAlat, FNlokasi);
ength(rSetting, FNlokasi);
i:=0 to high(rChrom) do
  n
  lokasi[i]:=-round(GetBatasToReal(rChrom[i].Lokasi, 0, (FNbranch-1)));
  typeAlat[i]:=round(GetBatasToReal(rChrom[i].TypeAlat, 1, 4));
  rTypeAlat[i]=1 then
gin
rSetting[i]:=GetBatasToReal(rChrom[i].Setting, FSud.min,
  FSud.max);

```