

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



SKRIPSI

**STUDI KENDALI TERKOORDINASI PERALATAN FACTS
BERBASIS OPTIMAL POWER FLOW (OPF) PADA SALURAN
TRANSMISI 500 KV JAWA-BALI**

Disusun oleh :

**Made Adi Surya Antara
02.12.104**

SEPTEMBER 2006

中華人民共和國農業部
中國農業科學院植物保護研究所
中國農業科學院植物病蟲害研究室
中國農業科學院植物遺傳育種研究室

總報告書

中國農業科學院植物保護研究所植物遺傳育種研究室
植物遺傳育種研究室植物遺傳育種研究室植物遺傳育種研究室
植物遺傳育種研究室植物遺傳育種研究室植物遺傳育種研究室

總報告書

中國農業科學院植物保護研究所植物遺傳育種研究室
植物遺傳育種研究室植物遺傳育種研究室植物遺傳育種研究室

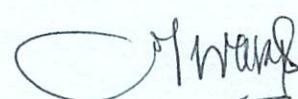
中國農業科學院植物遺傳育種研究室

LEMBAR PERSETUJUAN

STUDI KENDALI TERKOORDINASI PERALATAN FACTS
BERBASIS OPTIMAL POWER FLOW (OPF)
PADA SALURAN TRANSMISI 500 KV JAWA-BALI



Menyetujui,
Dosen Pembimbing


10/10/06

Ir.Made Wartana,MT
NIP. 131 991 182

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

ABSTRAKSI

STUDI KENDALI TERKOORDINASI PERALATAN FACTS BERBASIS OPTIMAL POWER FLOW (OPF) PADA SALURAN TRANSMISI 500 KV JAWA-BALI

Made Adi Surya Antara (02.12.104)
I Made Wartana

Kata Kunci: Sistem Tenaga, Genetik Algoritma, Fmincon, Peralatan FACTS

Peningkatan kapasitas transfer daya suatu transmisi dapat dilakukan dengan teknologi peralatan FACTS (*Flexible AC Transmission System*) yang terdiri dari TCSC(*Thyristor Controlled Series Capacitor*), TCPST(*Thyristor Controlled Phase Shifting Transformer*), dan SVC(*Static Var Compensator*). Dikembangkan dengan tujuan untuk menyediakan peralatan yang fleksibel dalam pengaturan dan pengendalian kapasitas transfer daya jaringan transmisi.

Pada skripsi ini diusulkan suatu kendali terkoordinasi peralatan multi FACTS dimana di dalamnya terdapat dua metode yaitu: metode Genetik Algoritma sebagai penentu lokasi, type, dan settingan peralatan FACTS yang disempurnakan dengan metode *Fmincon*. Dengan kendali terkoordinasi diharapkan agar pemasangan, pemilihan type serta nilai settingan peralatan multi FACTS dapat dilakukan dengan optimal.

Analisa dilakukan dengan bantuan program komputer dengan menggunakan bahasa pemrograman Matlab versi 6.5.1 dan dilakukan pada sistem interkoneksi 500 kV Jawa-Bali yang terdiri dari 20 bus dan 23 saluran. Dimana dari analisa metode Genetik Algoritma didapatkan lokasi, type, dan settingan peralatan FACTS dengan penurunan rugi-rugi sebesar $69.46 - j 961.01$ MVA serta setting terkoordinasi Fmincon dengan penurunan rugi-rugi sebesar $69.27 - j 962.62$ MVA.

ABSTRACTION

COORDINATED CONTROL STUDY OF FACTS DEVICES BASED ON OPTIMAL POWER FLOW (OPF) IN TRANSMISSION LINE 500 KV JAVA-BALI.

(Made Adi Surya Antara (02.12.104)
I Made Wartana

Key Words: Power System, Algorithm Genetic, Fmincon, FACTS Devices

Improvement transfer capacities energy in transmission line can be done by technology FACTS (Flexible AC Transmission System) what consist of TCSC (Thyristor Controlled Series Capacitor), TCPST (Thyristor Controlled Phase Shifting Transformer), and SVC (Static Var Compensator). Is developed to provide flexible equipments in arrangement and controlled transfer capacities energy in transmission line.

At this thesis is proposed coordinated control of FACTS devices where are have two method that are: Algorithm Genetic method as determinant of location, type, and setting of FACTS devices completed with Fmincon method. By coordinated control be expected installation, election of type and also setting value FACTS devices can be done optimally.

Analysis has done by computer program using language program of Matlab version 6.5.1 and has done in system interconnected 500 kV of Jawa-Bali which consist of 20 bus and 23 lines. Where are from analysis Genetik Algorithm method got location, type, and setting value of FACTS devices with losses $69.46 - j 961.01$ MVA and also setting value coordinated Fmincon with losses $69.27 - j 962.62$ MVA.

KATA PENGANTAR

Dengan rahmat Tuhan Yang Maha Esa, dan mengucapkan syukur kehadirat-Nya atas karunia yang dilimpahkan kepada saya sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “STUDI KENDALI TERKOORDINASI PERALATAN FACTS BERBASIS OPTIMAL POWER FLOW (OPF) PADA SALURAN TRANSMISISI 500 KV JAWA-BALI”

Skripsi ini bertujuan untuk memenuhi kurikulum akademik yang harus ditempuh oleh setiap mahasiswa ITN Malang dalam menempuh sekaligus mengakhiri pendidikan pada jenjang S-1 pada Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi Teknik Energi Listrik.

Saya menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, karena itu saran dan kritik membangun sangat saya harapkan.

Atas segala bimbingan, pengarahan dan bantuan yang diberikan, sehingga tersusun skripsi ini, maka penulis menyampaikan terima kasih kepada;

1. Bapak Ir. Made Wartana, MT, selaku Dosen Pembimbing.
2. Bapak Ugro, ST, selaku pembimbing di dalam pembuatan program perhitungan.
3. Ibu Gabrielle Glanzmann, sebagai sumber informasi di dalam pemahaman dan pembahasan jurnal.
4. Ibu dan kakak tercinta atas bantuan dan supportnya.

5. My lover, galint..... thahk's atas segala perhatian dan semangatnya.

6. Teman-teman trima kasih atas supportnya dan diskusinya.

Akhirnya saya mengharapkan skripsi ini berguna dan bermanfaat bagi rekan mahasiswa khususnya Jurusan Teknik Elektro S-1 ITN Malang.

Malang, September 2006

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	ii
ABSTRAKSI.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GRAFIK	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Tujuan.....	4
1.4. Batasan Masalah	4
1.5. Metodologi Penelitian.....	5
1.6. Sistematika Penulisan	6
1.7. Konstribusi Penelitian	7
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
2.1. Pemodelan Sistem tenaga Listrik.....	8
2.2. Sistem Per-Unit.....	9
2.3. Daya Dalam Sistem Tenaga Listrik	9
2.4. Representasi Saluran Transmisi.....	12

2.4.1.	Saluran Transmisi Pendek	14
2.4.2.	Saluran Transmisi Menengah	14
2.4.3.	Saluran Transmisi Panjang	16
2.5.	Type Peralatan FACTS	17
2.5.1.	Thyristor Controlled Series Capacitor (TCSC).....	17
2.5.2.	Thyristor Controlled Phase Shifting Transformer (TCPST).....	21
2.5.3	Static Var Compensator (SVC)	23
2.6.	Genetik Algoritma	24
2.6.1.	Istilah-istilah Algoritma Genetika.....	26
2.6.2.	Proses Algoritma Genetika.....	29
2.7.	Elitism	32
2.8.	Crossover	33
2.9.	Mutasi.....	35

BAB III ANALISIS KENDALI TERKOORDINASI PERALATAN FACTS BERBASIS OPTIMAL POWER FLOW

3.1.	Analisa Aliran Daya.....	38
3.1.1.	Tujuan Analisa Aliran Daya	38
3.1.2.	Klasifikasi Bus.....	38
3.1.3.	Pembentukan Matriks Admitansi.....	39
3.1.4.	Persamaan Aliran Daya	40
3.1.5.	Aliran Daya Melalui Transmisi	41
3.1.6.	Metode Newton Raphson	42
3.2.	Analisis Fmincon	47

3.3. Adaptasi Algoritma Genetika Ke Masalah Penentuan Lokasi, Type,dan Settingan peralatan FACTS.....	50
3.3.1. Pengkodean.....	50
3.3.2. Populasi Awal.....	51
3.3.3. Reproduksi, Crossover, dan Mutasi	52
3.3.4. Objective Function.....	55
3.4. Pengkajian Masalah	55
3.4.1. Penggunaan Optimal Dari Jaringan Yang Sudah Ada	56
3.4.2. Kemampuan Pembebanan Sistem.....	56
3.4.3. Meminimalisasi Rugi Daya	57
3.5. Algoritma Program	58
3.5.1. Algoritma Pemecahan Masalah Secara Umum	58
3.5.2. AlgoritmaSub Routine Program Analisis Penentuan lokasi, type, dan settingan peralatan FACTS pada sistem 500 kV Jawa- Bali dengan menggunakan Genetik Algoritma.....	58
3.5.3. Algoritma Subroutine Program Fitness.....	59
3.5.4. Algoritma Sub Routine Fmincon.....	60

BAB IV HASIL DAN ANALISIS HASIL

4.1. Sistem Tenaga Listrik Pada Sistem 500 kV Jawa-Bali.....	61
4.2. Data Hasil Perhitungan Pembangkitan Dan Pembebanan.....	63
4.3. Data Hasil Perhitungan Saluran Transmisi	64
4.4. Flowchart Algoritma Program.....	65

4.4.1. Flowchart Pemecahan Masalah	65
4.4.2. Flowchart Penentuan Lokasi, Type, dan Settingan peralatan FACTS Dengan Genetik Algoritma.....	66
4.4.3. Flowchart Program Fitness.....	67
4.4.4. Flowchart Subroutine Fmincon	68
4.5. Hasil dan Analisis Hasil	69
4.5.1 Tampilan Program	69
4.5.2 Hasil Perhitungan dan Analisa Data	72
a. Hasil Perhitungan Pada Kondisi Awal.....	72
b. Hasil Penentuan Lokasi peralatan FACTS Pada Sistem 500 kV Jawa-Bali Dengan Genetik Algoritma.....	74
c. Hasil Setting terkoordinasi peralatan FACTS Pada Sistem 500 kV Jawa-Bali Dengan Fmincon	78

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan.....	86
5.2. Saran.....	87

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar :	Hal :
2-1. Representasi Segitiga Daya.....	11
2-2. Rangkaian Ekivalen Saluran Transmisi.....	13
2-3. Rangkaian Setara Saluran Transmisi Pendek	14
2-4. Rangkaian Setara Saluran Transmisi Menengah	15
2-5. Diagram Skema Saluran Transmisi Panjang	16
2-6. TCSC (Thyristor Controlled Series Capacitor).....	17
2-7. Skema kompensasi seri termasuk multimodul TCSC	18
2-8. Model kontrol TCSC	19
2-9. Diagram fasor dan model saluran yang disederhanakan	20
2-10. TCPST (Thyristor Controlled Phase Shifting Transformer).....	21
2-11. Transformator regulasi untuk pengaturan fasa	22
2-12. SVC (Static Var Compensator).....	23
2-13. Roulette-Wheel	32
2-14. Pembentukan next generation dalam algoritma Genetika	33
2-15. Illustrasi operator dengan <i>one point crossover</i>	34
2-16. Illustrasi operator dengan <i>two point crossover</i>	34
2-17. Illustrasi operator <i>crossover uniform</i> dengan <i>crossover</i>	35
2-18. Illustrasi operator mutasi untuk representasi string biner.....	36
2-19. Illustrasi operator mutasi untuk representasi integer	36
3-1. Konfigurasi dari 5 alat FACTS	51

3-2.	Perhitungan obyektif function.....	53
3-3.	Menunjukan reproduksi	53
3-4.	Crossover 2 buah individu pada posisi 3.....	54
3-5.	Mutasi	54
3-6.	Fungsi Ovl dan Vtg	58
4-1.	Diagram Garis Tunggal Sistem Jaringan Tenaga Listrik 500 kV Jawa-Bali	62
4-2.	Flowchart pemecahan masalah	65
4-3.	Flowchart Sub Routine Program Algoritma Genetika.....	66
4-4.	Flowchart sub routine program fitness	67
4-5.	Flowchart sub routine program Fmincon.....	68
4-6.	Tampilan Program utama	69
4-7.	Tampilan Data General.....	69
4-8.	Tampilan Hasil program sebelum proses optimasi.....	70
4-9.	Tampilan Hasil lokasi,type dan settingan dari genetik algoritma.....	70
4-10.	Tampilan hasil program setelah pemasangan peralatan multi FACTS dengan genetik algoritma.....	70
4-11.	Tampilan hasil setting terkoordinasi peralatan FACTS dengan Fmincon ..	71
4-12.	Tampilan hasil program setelah pemasangan peralatan multi FACTS dengan Fmincon.....	71
4-13.	Diagram Garis Tunggal Sistem Jaringan Tenaga Listrik 500 kV Jawa-Bali Setelah penggunaan Alat <i>Multi-Type FACTS</i>	82

DAFTAR TABEL

Tabel :		Hal :
2-1.	Istilah yang digunakan dalam algoritma genetika	26
4-1.	Data Hasil Perhitungan Pembangkitan dan Pembebanan Sistem Interkoneksi 500 kV Jawa-Bali.....	63
4-2.	Data Hasil Perhitungan Saluran Transmisi 500 kV Jawa-Bali.....	64
4-3.	Hasil Perhitungan Tegangan, Pembangkitan dan Pembebanan Sebelum Penggunaan Alat Multi-Type FACTS Pada Saluran 500 kV Jawa-Bali Menggunakan Metode <i>Newton Raphson</i>	72
4-4.	Hasil Perhitungan Aliran Daya Tiap Saluran Transmisi 500 kV Jawa- Bali Menggunakan Metode <i>Newton Raphson</i>	73
4-5.	Hasil Perhitungan Rugi-Rugi Saluran Sebelum Penggunaan Alat Multi-Type FACTS Pada Sistem 500 kV Jawa-Bali Menggunakan Metode <i>NewtonRaphson</i>	74
4-6.	Hasil Penentuan Lokasi, Type, dan Settingan Alat Multi FACTS dengan menggunakan algoritma Genetika	75
4-7.	Hasil Perhitungan Tegangan, Pembangkitan dan Pembebanan sesudah Penggunaan Alat Multi-Type FACTS Pada Saluran 500 kV Jawa-Bali Menggunakan Metode <i>Newton Raphson</i>	75
4-8.	Hasil Perhitungan Aliran Daya Tiap Saluran Transmisi 500 kV Jawa- Bali Menggunakan Metode <i>Newton Raphson</i>	76

4-9. Hasil Perhitungan Rugi-Rugi Saluran Setelah Penggunaan Alat Multi-Type FACTS Pada Sistem 500 kV Jawa-Bali Menggunakan Metode <i>Newton Raphson</i>	76
4-10. Hasil Penentuan Setting Terkoordinasi alat Multi-Type FACTS Dengan Menggunakan <i>Fmincon</i>	78
4-11. Hasil Perhitungan Tegangan, Pembangkitan dan Pembebanan Sesudah Penggunaan Alat Multi FACTS Dengan Setting Terkoordinasi Pada Jaringan Transmisi 500 kV Jawa-Bali Menggunakan Metode <i>Newton Raphson</i>	78
4-12. Hasil Perhitungan Aliran Daya Pada Tiap Saluran Sesudah Penggunaan Alat Multi FACTS Dengan Setting Terkoordinasi Pada Jaringan Transmisi 500 kV Jawa-Bali Menggunakan Metode <i>Newton Raphson</i>	79
4-13. Hasil Perhitungan Rugi-Rugi Saluran Sesudah Penggunaan Alat Multi FACTS Dengan Setting Terkoordinasi Pada Jaringan Transmisi 500 kV Jawa-Bali Menggunakan Metode <i>Newton Raphson</i>	80
4-14. Perbandingan Selisih Rugi-rugi Setelah Optimasi Antara Genetik Algoritma dan <i>Fmincon</i>	81

DAFTAR GRAFIK

Grafik :	Hal :
4-1. Grafik Perbandingan Profile Tegangan Tiap Bus	83
4-2. Perbandingan Total Rugi-Rugi	84
4-3. Hasil Perhitungan Rugi-rugi Saluran Pada Tiap Saluran Untuk Daya Aktif (MW) dan Daya Reaktif (MVAR).....	84

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pengendalian sistem tenaga listrik arus bolak-balik (AC) telah dikenal sebagai hal yang komplek. Ini disebabkan oleh perubahan secara terus menerus antara medan magnet dan medan listrik. Bergeraknya arus listrik pada satu transmisi tidak hanya dipengaruhi oleh keberadaan tahanan tetapi juga dari induktansi dan kapasitansi di sepanjang saluran tersebut. Kombinasi dari ketiga hal inilah yang dikenal dengan istilah impedansi. Selain daripada itu, pada jaringan transmisi listrik AC, daya listrik mengalir dari ujung transmisi dengan tegangan fase mendahului (*leading*) ke ujung saluran lain yang bertegangan fase tertinggal (*lagging*).^[5]

Besarnya daya listrik yang mengalir pada suatu transmisi akan bertambah dengan semakin besarnya perbedaan sudut fasa antara kedua tegangan tersebut. Konsekuensinya, penambahan aliran daya listrik suatu transmisi dengan demikian dapat dilakukan salah satunya dengan cara pengurangan impedansi dari saluran. Selain daripada itu ada hal lain yang merupakan permasalahan pada sistem jaringan transmisi listrik arus bolak-balik (AC) yaitu keberadaan daya reaktif (*reactive power*) yang membawa dampak negatif terhadap sistem jaringan transmisi.

Oleh karena, permintaan akan tenaga listrik yang semakin meningkat, menuntut peningkatan performansi sistem yang lebih baik dari sistem tenaga listrik yang ada. Seiring dengan hal tersebut, terjadi pula perubahan aliran daya yang harus selalu diperhatikan. Permasalahan yang sering muncul adalah apabila perubahan

tersebut tidak dikontrol, maka sejumlah saluran dari sistem transmisi akan terjadi perubahan pembebanan. Hal di atas dapat diatasi dengan cara memaksimalkan jaringan yang ada agar lebih baik dan jauh lebih efisien dengan cara meningkatkan kapasitas transfer dayanya. Peningkatan kapasitas transfer daya suatu transmisi dapat dilakukan dengan tiga cara: menaikkan tegangan, menambah selisih sudut fasa antara dua ujung transmisi, dan pengurangan impedansi dari saluran transmisi.

Teknologi peralatan FACTS (*Flexible AC Transmission System*) inilah yang kemudian dikembangkan dengan salah satu tujuan untuk menyediakan peralatan yang fleksibel dalam pengaturan dan pengendalian ketiga parameter aliran daya listrik tersebut. Dengan pengaturan dan pengendalian yang fleksibel ini maka harapan untuk memaksimalkan kapasitas transfer daya jaringan transmisi dapat tercapai. Peralatan multi FACTS yang digunakan adalah TCSC(*Thyristor Controlled Series Capacitor*), TCPST(*Thyristor Controlled Phase Shifting Transformer*), dan SVC(*Static Var Compensator*).^[1]

Pemasangan alat TCSC, TCPST,dan SVC sebagai alat multi FACTS sangat berguna untuk pengaturan atau pengendalian transmisi daya listrik secara fleksible. Pengaruh pemasangan peralatan multi FACTS tidak terbatas hanya pada salah satu bus atau saluran saja. Merubah tegangan pada bus tertentu atau aliran daya pada suatu saluran juga akan merubah aliran daya pada jaringan sekitarnya. Jika sebuah peralatan FACTS ditempatkan pada disekitar peralatan lainnya maka bisa terjadi saling mempengaruhi yang dapat merusak pengaruh positif pada suatu peralatan tunggal. Koordinasi diperlukan untuk menentukan variabel-variabel sehingga tindakan yang merusak semacam itu dapat dicegah.

Penempatan optimal dari sejumlah peralatan multi FACTS merupakan persoalan analisis yang kompleks. Untuk memecahkan hal tersebut, banyak alternative metode telah dikembangkan, diantaranya menggunakan metode *heuristic* dan menggunakan metode *Genetic Algorithms* (GAs). Penggunaan metode GA secara simultan dapat mengevaluasi banyak titik yang ada dalam ruang lingkup parameter secara sekaligus dan kemudian mengarahkannya menuju *global optimum solution* sehingga dapat menentukan lokasi, tipe dan kapasitas peralatan secara optimal tetapi setting peralatan tidak dapat dilakukan dengan baik.

Koordinasi diperlukan untuk menentukan variable-varibel sedemikian rupa sehingga tindakan-tindakan yang dapat merusak bisa dihindari. Disamping itu ukuran-ukuran bagian-bagian lain dari jaringan terinterkoneksi harus diperhitungkan sedemikian rupa sehingga hal tersebut dapat menghindari saluran-saluran terjadi pembebanan lebih (*overloaded*) atau tegangan-tegangan pada tiap bus dapat dikontrol dengan multi tujuan (*multiple objective*) dengan menentukan setting-setting optimal steady state dari peralatan multi FACTS tersebut.^[1]

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dapat dirumuskan permasalahan bahwa untuk pemasangan peralatan multi FACTS pada saluran transmisi daya AC yang optimal maka timbul persoalan-persoalan sebagai berikut :

1. Perlu adanya kontrol terkoordinasi terhadap peralatan multi FACTS (TCSC, TCPST, dan SVC) sehingga bisa meminimalkan rugi-rugi daya serta memperbaiki profile tegangan.

2. Kelemahan Genetik Algoritma yang tidak dapat melakukan setting terkoordinasi dari peralatan multi FACTS yang dipasang secara optimal.
3. Perlu dianalisis pengaruh pemasangan peralatan multi FACTS (TCSC, TCPST, dan SVC) terhadap peningkatan performa sistem.

1.3. Tujuan Penelitian

Menentukan kendali terkoordinasi peralatan multi FACTS (TCSC, TCPST, dan SVC), adapun metode yang digunakan yaitu: metode Genetik Algoritma untuk menentukan lokasi, type, dan setting serta metode *Fmincon* untuk menentukan setting terkoordinasi peralatan multi FACTS pada saluran transmisi sehingga dapat meningkatkan transfer daya sekaligus meminimalisasi rugi-rugi daya sehingga dapat meningkatkan performa sistem transmisi daya listrik.

1.4. Batasan Masalah

Permasalahan dalam sistem tenaga listrik adalah merupakan permasalahan yang luas, sehingga dalam menganalisa suatu permasalahan perlu diadakan pembatasan-pembatasan yang sesuai dengan permasalahan tersebut.

Didalam penulisan skripsi ini pembatasan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Hanya membahas alat FACTS type TCSC, TCPST, dan SVC serta tidak membahas cara kerja alat tersebut secara spesifik.
2. Secara ekonomis tidak membahas biaya pemasangan peralatan FACTS type TCSC, TCPST, dan SVC.

3. Perhitungan dilakukan dengan program komputer bahasa pemrograman MATLAB.
4. Sistem dalam keadaan mantap.
5. Tidak membahas overload yang terjadi di saluran.
6. Analisis perhitungan menggunakan metode Genetik Algoritma dan *Fmincon*.

1.5. Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam pembahasan skripsi ini adalah :

1. Studi Literatur : Pengumpulan referensi yang berkaitan dengan pokok bahasan skripsi ini.
2. Pengumpulan data lapangan yang dipakai dalam penelitian yakni pada PT. PLN (Persero) P3B Jawa-Bali.
 - a. Data impedansi saluran jaringan transmisi 500 kV Jawa-Bali
 - b. Data pembangkitan dan pembebanan sistem 500 kV Jawa-Bali pada saat beban puncak.
3. Melakukan analisis dengan menggunakan bahasa program Matlab
 - a. Analisis aliran daya pada pada sistem 500 kV Jawa-Bali menggunakan metode *Newton Raphson*.
 - b. Analisis penentuan lokasi, type, dan settingan peralatan multi FACTS menggunakan metode *Algoritma Genetika*
 - c. Analisis settingan terkoordinasi peralatan multi FACTS dengan *Fmincon*.

- d. Analisis pengaruh pemasangan peralatan multi FACTS terhadap system 500 kV Jawa-Bali diantaranya perbaikan profil tegangan, pengurangan rugi-rugi pada saluran.
4. Menarik kesimpulan apakah metode ini cukup efektif dalam menghasilkan perbaikan-perbaikan performa pada sistem.

1.6. Sistimatika Penulisan

Adapun sistimatika pembahasan pada skripsi ini adalah sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Menguraikan latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi penulisan, sistimatika penulisan dan konstribusi penelitian.

BAB II : KAJIAN PUSTAKA

Menguraikan sistem tenaga listrik, Sistem per-unit, Penjelasan tentang teori peralatan multi FACTS, Menguraikan teori Algoritma Genetika.

BAB III : ANALISIS KENDALI TERKOORDINASI PERALATAN MULTI FACTS BERBASIS OPTIMAL POWER FLOW.

Metode aliran daya *Newton Raphson*, Adaptasi Algoritma Genetika ke masalah penentuan lokasi, type, dan settingan peralatan multi FACTS, Setting terkoordinasi peralatan multi FACTS dengan *Fmincon*, dan Algoritma Program.

BAB IV : HASIL DAN ANALISIS HASIL

Sistem Tenaga Listrik Pada Sistem 500 kV Jawa-Bali, Flowchart Algoritma Program, perbandingan profil tegangan, pengurangan rugi-rugi saluran sebelum dan sesudah pemasangan peralatan multi FACTS.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Memuat intisari dan hasil pembahasan, yang berisikan kesimpulan dan saran yang dapat digunakan sebagai pertimbangan untuk pengembangan selanjutnya.

1.7. Konstribusi Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan akan memberikan alternatif kepada pihak PLN untuk mengoptimalkan penentuan lokasi dan kapasitas pemasangan peralatan multi FACTS untuk meningkatkan kapasitas transfer daya pada saluran transmisi 500 kV dengan maksud untuk memperbaiki pelayanan pada masyarakat dengan memanfaatkan jaringan yang ada.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Pemodelan Sistem Tenaga Listrik^[3]

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 dengan 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 tansmisi 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 diantara penghantar dengan netral dari suatu saluran berfasa tiga membentuk admitansi paralel.

2.2. Sistem Per-Unit^[7]

Untuk memudahkan proses perhitungan, dalam sistem tenaga listrik digunakan sistem Per-Unit (pu) :

$$\text{Besaran Per-Unit} = \frac{\text{Besaran sebenarnya}}{\text{Besaran dasar}} \dots \dots \dots \quad (2.1.)$$

- Dengan demikian impedansi per satuan dari suatu elemen rangkaian didefinisikan sebagai berikut :

$$Z = \frac{\text{Impedansi sebenarnya } Z(\Omega)}{\text{Impedansi dasar } Z_d} \dots \dots \dots \quad (2.2.)$$

2.3. Daya Dalam Sistem Tenaga Listrik^[7]

Dalam sistem tenaga listrik, pembangkit-pembangkit tenaga listrik harus mampu menyediakan tenaga listrik sesuai dengan permintaan beban listrik yang ada. Hal yang harus diperhatikan adalah kondisi sistem yang tetap konstan, dalam hal ini tegangan dan frekwensi harus tetap konstan karena berhubungan dengan daya. Daya listrik yang dibangkitkan dikenal dengan istilah:

- Daya aktif (*Active Power*)

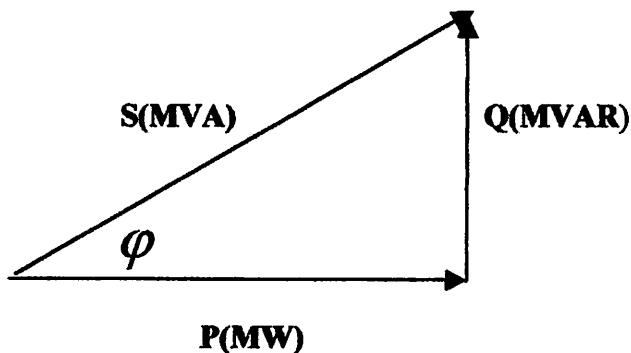
Secara umum daya aktif dinyatakan oleh persamaan :

$$P = [V] [I] \cos \varphi \dots \dots \dots \quad (2.3.)$$

dimana :

V dan I nilai efektifnya.

P adalah daya rata-rata yang disebut juga daya aktif.



Gambar 2-1. Representasi Segitiga Daya

dimana :

$\cos \varphi$ = Faktor daya

MW = Daya aktif (P)

MVA = Daya semu (S)

MVAR = Daya reaktif (Q)

2.3.1. Daya Reaktif

Kita mengenal dua macam daya reaktif yaitu daya reaktif induktif dan daya reaktif kapasitif, dimana keduanya memiliki tanda yang berlawanan. Daya reaktif kapasitif adalah daya listrik yang dibutuhkan oleh kapasitor, kapasitansi kawat transmisi tegangan tinggi dan lainnya. Daya reaktif ini tidak menghasilkan kerja, tetapi tersimpan dalam bentuk energi magnetis atau energi kapasitif.

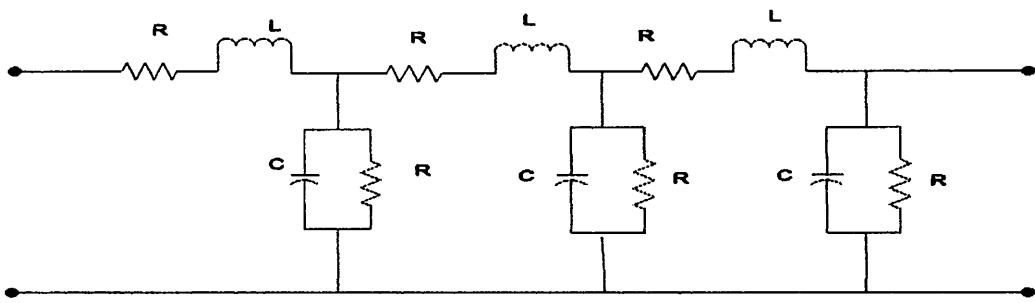
Daya reaktif induktif adalah daya listrik yang dibutuhkan untuk menghasilkan medan magnet yang dibutuhkan oleh alat-alat seperti motor induksi, transformator dan sebagainya. Tanpa daya reaktif induktif ini daya tidak dapat ditransfer kesisi sekunder dalam suatu trafo atau melalui celah udara pada motor-motor induksi.

Keseimbangan daya reaktif dalam pembangkitan juga harus dijaga, karena hal ini akan mempengaruhi harga tegangan yang harus dijaga pada batas-batas tertentu dari harga nominal. Misalkan pada peralihan dari keadaan beban tinggi ke beban rendah ada suatu kecenderungan tegangan sistem akan naik. Hal ini harus diperbaiki dengan mengatur tap trafo, menurunkan penguatan generator atau menghubungkan dengan reaktor atau kapasitor.

2.4. Representasi Saluran Transmisi^[7]

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 analisanya 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 2-2.



Gambar 2-2. 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.

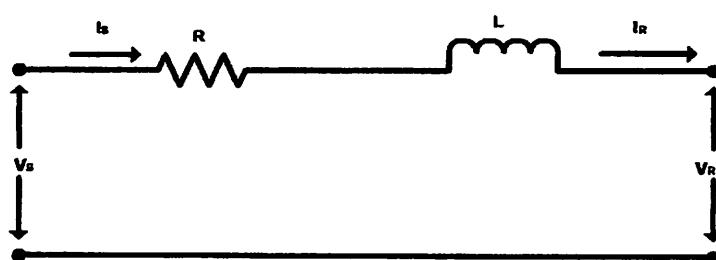
Parameter-parameter saluran transmisi tersebut sangat mempengaruhi besarnya tegangan bus dan aliran daya yang mengalir pada saluran tersebut. Pada saluran udara, konduktansi saluran (G) sangat kecil sehingga didalam perhitungan-perhitungan akan jauh lebih mudah bila diabaikan.

Menurut panjangnya, saluran transmisi dapat diklasifikasikan menjadi 3 golongan, yaitu :

1. Saluran transmisi pendek, adalah saluran yang panjangnya < 80 km.
2. Saluran transmisi menengah, adalah saluran transmisi yang panjangnya 80-240 km.
3. Saluran transmisi panjang, adalah saluran yang panjangnya > 240 km.

2.4.1. Saluran Transmisi Pendek

Rangkaian ekivalen untuk saluran transmisi pendek diperlihatkan pada gambar 2-3, dimana I_S dan I_R merupakan arus pada ujung pengirim dan ujung penerima, sedangkan V_S dan V_R adalah tegangan saluran terhadap netral pada ujung pengirim dan ujung penerima.



Gambar 2-3. Rangkaian Setara Saluran Transmisi Pendek

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

Karena tidak ada cabang pararel (shunt), arus pada ujung – ujung pengirim dan penerima akan sama besar :

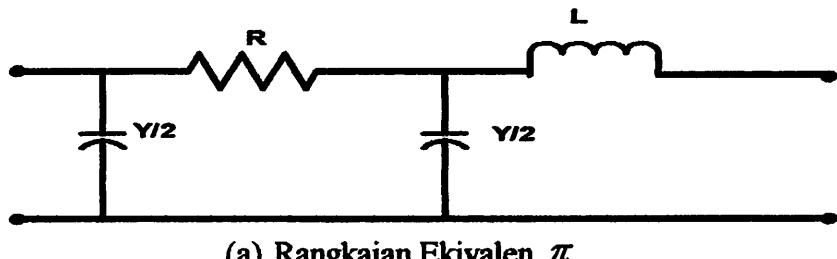
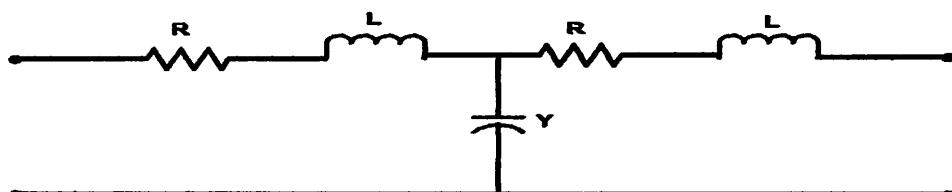
$$I_S = I_R \dots \quad (2.6.)$$

Bila kondisi tegangan pada ujung penerima diketahui, maka tegangan pada ujung sisi kirim adalah :

$$V_S = V_R + I_R Z \dots \quad (2.7.)$$

2.4.2. Saluran Transmisi Menengah

Bertambahnya saluran menyebabkan kapasitansi shunt bertambah besar dan tidak dapat diabaikan. Saluran transmisi jarak menengah pada umumnya digambarkan dengan rangkaian π atau rangkaian T. Dari dua versi ini rangkaian π lebih umum dipakai dari pada rangkaian T.

(a) Rangkaian Ekivalen π 

(b) Rangkaian Ekivalen T

Gambar 2-4. Rangkaian Setara Saluran Transmisi Menengah

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

Untuk rangkaian π berlaku :

$$V_s = \left[\frac{ZY}{2} + 1 \right] V_R + Z I_R \quad \dots \dots \dots \quad (2.8.)$$

$$I_s = \left[\frac{ZY}{4} + 1 \right] Y V_R + \left[\frac{ZY}{2} + 1 \right] I_R \quad \dots \dots \dots \quad (2.9.)$$

Untuk rangkaian T berlaku :

$$V_s = \left[\frac{ZY}{2} + 1 \right] V_R + \left[\frac{ZY}{4} + 1 \right] Z I_R \quad \dots \dots \dots \quad (2.10.)$$

$$I_s = Y V_R + \left[\frac{ZY}{2} + 1 \right] I_R \quad \dots \dots \dots \quad (2.11.)$$

Dimana :

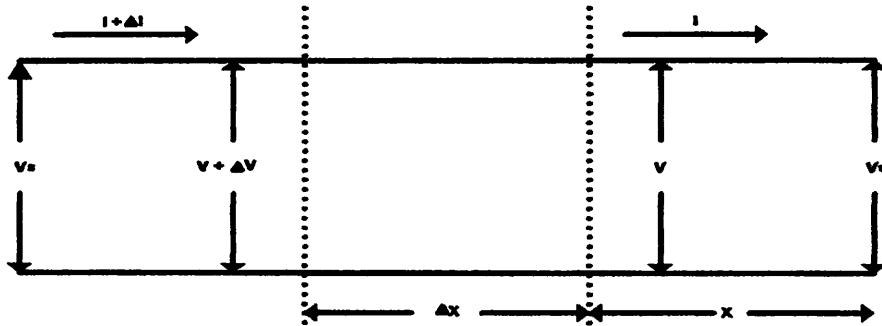
V_s, I_s = Tegangan, Arus sisi kirimV_R, I_R = Tegangan, Arus sisi terima

Z = Impedansi seri total saluran transmisi

Y = Admitansi shunt total saluran

2.4.3. Saluran Transmisi Panjang

Pada saluran panjang parameter-parameter saluran tidak terpusat menjadi satu, melainkan tersebar merata diseluruh panjang saluran.



Gambar 2-5. Diagram Skema Saluran Transmisi Panjang

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

Persamaan tegangan dan arus pada setiap titik sepanjang saluran transmisi dengan jarak x dari ujung sisi terima dapat ditulis sebagai berikut :

$$V = \frac{V_R + I_R Z_C}{2} e^{yx} + \frac{V_G - I_G Z_C}{2} e^{-yx} \quad \dots\dots\dots(2.12.)$$

$$I = \frac{\frac{V_R}{Z_C} + I_R}{2} e^{yx} + \frac{\frac{V_R}{Z_C} - I_R}{2} e^{-yx} \quad \dots\dots\dots(2.13.)$$

Persamaan untuk saluran transmisi panjang dapat ditulis dalam bentuk hiperbola sebagai berikut :

$$V_\infty = V_a \cosh \tau x + I_a Z_C \sinh \tau x \quad \dots\dots\dots(2.14.)$$

$$I_\infty = I_a \cosh \tau x + \frac{V_a}{Z_C} \sinh \tau x \quad \dots\dots\dots(2.15.)$$

Dimana :

$$\tau = \text{Konstanta rambatan pada saluran} = \sqrt{ZY}$$

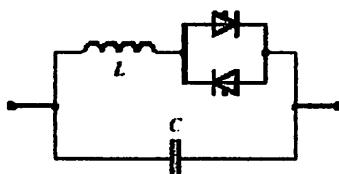
$$Z_C = \text{Impedansi karakteristik saluran} = \sqrt{\frac{Z}{Y}}$$

2.5. Type Peralatan FACTS^[2]

Pada dasarnya, peralatan FACTS adalah kumpulan peralatan yang dibuat dari komponen elektronik *solid state* untuk pengaturan atau pengendalian transmisi daya listrik secara fleksible. Peralatan FACTS ini diharapkan untuk dapat menggantikan peralatan kendali daya listrik mekanik yang saat ini umum dipasang pada jaringan transmisi listrik seperti misalnya pemutus rangkaian (*circuit breakers*), perubah tegangan variabel (*transformer tap changers*), kapasitor muka (*shunt capacitor switches*) dan lainnya^[5].

2.5.1. Thyristor Controlled Series Capacitor (TCSC)

Seperti ditunjukkan pada gambar 2-6, alat TCSC ini bisa memiliki salah satu dari dua kemungkinan karakteristik yaitu induktif dan kapasitif.



Gambar 2-6. TCSC (Thyristor Controlled Series Capacitor)

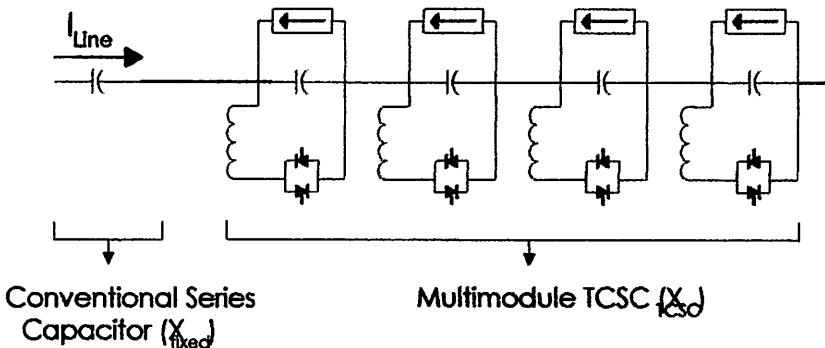
Sumber : S. Gerbex, R. Cherkaoui, A.J. Germond, "OPTIMAL LOCATION OF MULTI-TYPE FACTS DEVICES IN POWER SYSTEM BY MEANS OF GENETIC ALGORITHM

Masing-masing untuk mengurangi atau penambahan reaktansi pada garis XL. Dengan model tiga elemen penghubung paralel yaitu kapasitansi, induktansi dan jenis kabel, dimana TCSC mengijinkan nilai nol. Kapasitansi dan Induktansi merupakan variable dan nilai kapasitansi dan induktansi adalah fungsi reaktansi dari saluran di mana alat ditempatkan. Dimana untuk menghindari resonansi , hanya satu dari tiga elemen yang bisa dihubungkan waktu. Lebih dari itu,tidak mengkompensasi

saluran, nilai maksimum ditetapkan $0,8X$. sedangkan untuk nilai minimumnya adalah $0.X^{[1]}$

a. 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 2-7. Skema kompensasi seri termasuk multimodul TCSC

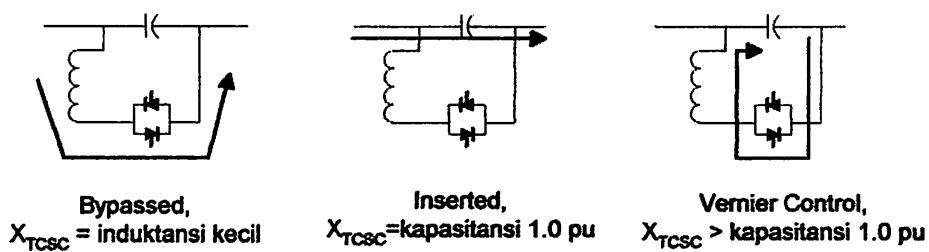
Sumber : Paserba, J.J., Nicholas, W.V., Larsen, E.V Piwko, R.J., A THYRISTOR CONTROLLED SERIES COMPENSATION MODEL FOR SYSTEM STABILITY ANALYSIS, USA : IEEE TPD, Vol 10, no 3, May 1995 PPL-3

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 ekivalen 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.

b. Prinsip Operasi Dasar

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 reaktor yang disisipkan seri dengan katup thyristor. Sejumlah arus akan mengalir lewat kapasitor selama mode ini, tetapi arus yang mengalir lewat katup thyristor dan reaktor jauh lebih besar karena jalur/*path* impedansi yang lebih rendah.



Gambar 2-8. Model kontrol 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 penggerbang 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

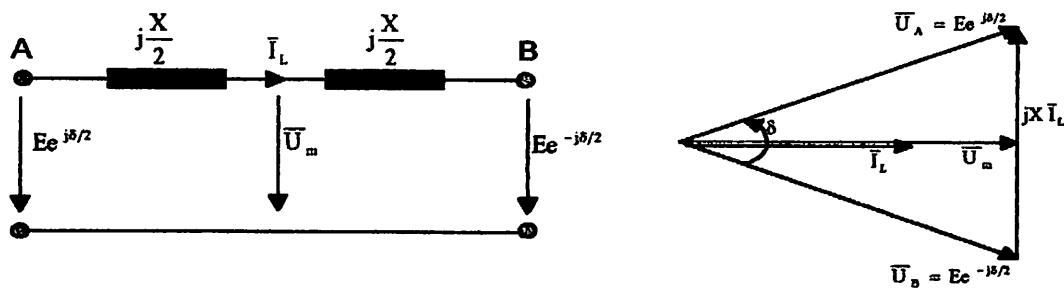
kapasitif dari modul. Konsep ini dinamakan vernier. Pada mode ini, reaktansi sisipan dapat dikontrol dengan cara variabel-kontinyu (vernier) dari nilai minimum kapasitor sendiri sampai nilai maksimum. Pada modul ini tiap bagian modul dapat di *bypassed/inserted* dengan kontrol varnier.

c. Analisa Steady-State Modulasi Daya Dengan Kompensator Seri

◆ Diagram Fasor Dan Persamaan Saluran Transmisi

Suatu saluran transmisi menghubungkan dua bus A dan B. Sumber yang terkoneksi dengan tiap bus dapat berupa mesin tunggal atau jaringan yang lebih besar. Reaktansi efektif saluran dinyatakan dengan X , termasuk reaktansi saluran dan reaktansi kapasitor seri. Untuk penyederhanaan analisa efek *shunt susceptance* diabaikan. Jika reaktansi saluran adalah X_L dan reaktansi kompensasi adalah X_C maka reaktansi total X adalah :

$$X = X_L - X_C \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (2.16)$$

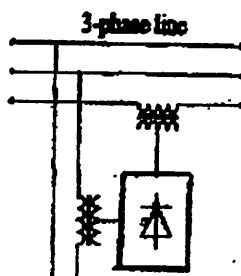


Gambar 2-9. Diagram fasor dan model saluran yang disederhanakan.

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

2.5.2. Thyristor Controlled Phase Shifting Transformer (TCPST)

Pada TCPST di sini adalah untuk menambahkan komponen kuadrat yang berlaku pada tegangan bus dengan cara menambah atau mengurangi sudut fasanya. Alat ini mempunyai model dari phase shifter dengan impedansi seri dalam keadaan nol. Sudut fasanya di setel dengan ring -20^0 sampai $+20^0$. Nilai Nol juga memungkinkan untuk TCPST.^[1]



Gambar 2-10. TCPST (Thyristor-Controlled Phase Shifting Transformer)

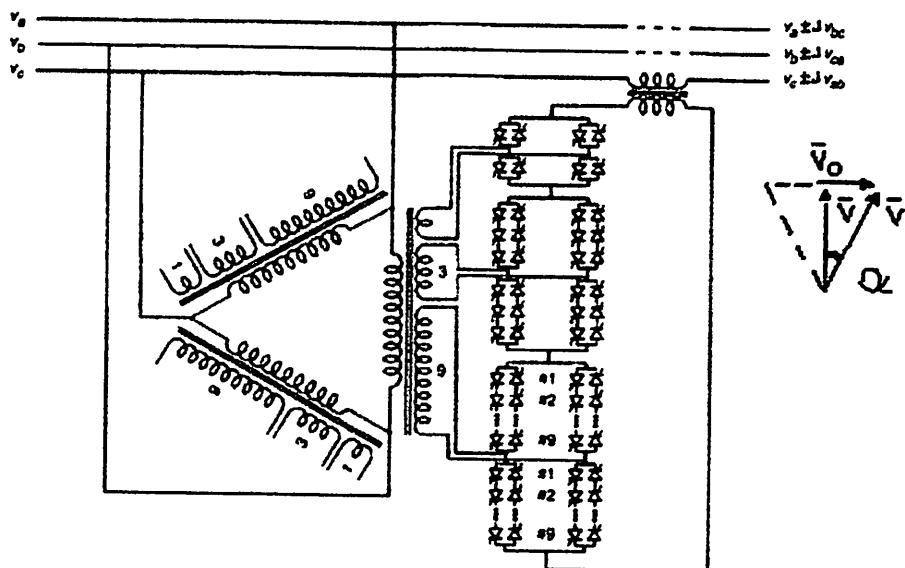
Sumber : S. Gerbex, R. Cherkaoui, A.J. Germond, " OPTIMAL LOCATION OF MULTI-TYPE FACTS DEVICES IN POWER SYSTEM BY MEANS OF GENETIC ALGORITHM ".

Alat ini dinamakan juga sebagai (TCPAR) Thyristor Controlled Phase angle Regulator^[5]. Fungsi dari alat ini tidak lain adalah sebagai pengendali selisih sudut fasa pada voltase dari kedua ujung jaringan transmisi yang sama. Fungsi tersebut dimungkinkan dengan cara penyuntikan voltase secara seri pada jaringan transmisi listrik^[5].

Adanya sudut phasa untuk aliran daya dapat ditentukan dari pengukuran sudut jika memungkinkan untuk pengukuran tegangan. Dengan ini TCPST bisa diberlakukan untuk mengatur sudut transmisi pemeliharaan keseimbangan pada aliran daya pada saluran transmisi, atau untuk pengontrol atau mengendalikan agar untuk peningkatan sementara dan stabilitas dinamis dari sistem. Catatan bahwa sudut

fasa antara injeksi tegangan oleh *phase shifter* dan saluran arus adalah sembarang, ditentukan oleh parameter yang bersangkutan dari keseluruhan tenaga listrik..

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 dalam gambar 2-11. itu menggunakan tiga lilitan transformator tidak serupa, dalam proporsi 1:3:9 dapat menghasilkan dengan total 27 langkah hanya menggunakan 12 switch *thyristor* (dengan perbedaan tiga rating tegangan)per fasa dengan penempatan *switch* dapat membypass sebuah lilitan atau mengubah polaritas.



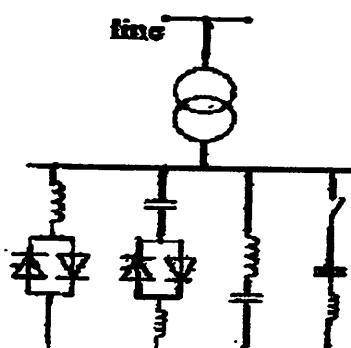
Gambar 2-11. Transformator regulasi untuk pengaturan fasa

Sumber : Konstain Kostov,FACTS, 7 February

2.5.3. Static Var Compensator^[1]

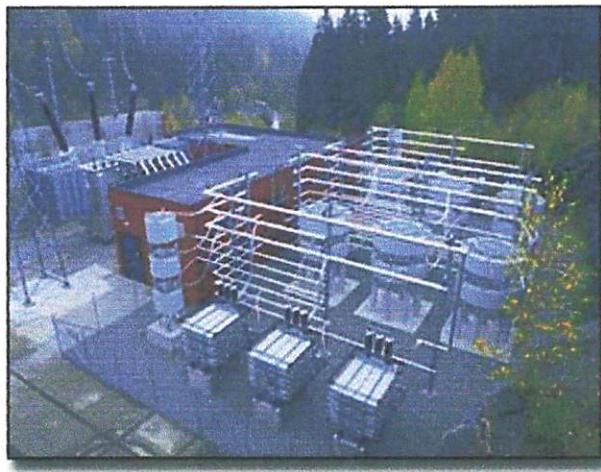
Static VAR Compensator (SVC) adalah suatu peralatan yang mampu membangkitkan dan menyerap daya reaktif dari suatu system tenaga listrik. SVC merupakan pembangkit atau penyerap statis yang terhubung shunt dimana keluarannya bervariasi, sehingga dapat mengatur parameter spesifik dari power system. Kata "static" 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.

Mempunyai dua karakter yaitu induktif dan kapasitif. Induktif adalah untuk menyerap daya reaktif sedangkan pada kapasitif adalah untuk menyuplai daya reaktif. Model SVC dengan dua elemen penghubung parallel kapasitif dan induktif bias memberikan nilai karakteristik oleh injeksi daya reaktif atau menyerap tegangan dari 1 pu nilainya antara 0 sampai dengan 150 MVAR.^[1]



Gambar 2-12. SVC (Static Var Compensator)

Sumber : S. Gerbex, R. Cherkaoui, A.J. Germond, "OPTIMAL LOCATION OF MULTI-TYPE FACTS DEVICES IN POWER SYSTEM BY MEANS OF GENETIC ALGORITHM



Sumber : Provider information impressum@copyright.2006.ABB.

2.6. Algoritma Genetika^[6]

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 mahluk 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.

Algortima 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 *evaluasi* berupa nilai fitness setiap kromosom dengan nilai fitness terbaik yang bertahan hidup dan selalu diproduksi.^[6]

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 penerapan operator genetika yaitu proses produksi (*reproduction*), pindah silang (*crossover*), mutasi (*mutation*) untuk menciptakan himpunan titik-titik solusi. Untuk memeriksa hasil optimasi, kita membutuhkan fungsi *fitness* yang menandakan gambaran hasil (*solution*) yang sudah dikodekan. Selama proses, induk harus digunakan untuk reperoduksi, pindah silang dan mutasi untuk menciptakan keturunan (*offspring*). Jika Algoritma Genetika didesain dengan baik, populasi akan mengalami konvergensi dan akan mendapatkan sebuah solusi yang optimum.

Algoritma Genetika memiliki empat dasar kerja yaitu :

1. Bekerja dengan mengkodekan parameter-parameter permasalahan dan tidak bekerja secara langsung dengan parameter-parameter tersebut.
2. Mencari solusi masalah dari sejumlah populasi kandidat solusi, tidak hanya memproses satu solusi saja.

3. Hanya memperhitungkan fungsi fitness setiap kandidat solusi untuk mendapatkan hasil optimum global.
4. Menggunakan aturan transisi secara probabilistik bukan deterministik.

2.6.1. Istilah-Istilah Algoritma Genetika ^[6]

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 computer. Mitsuo Gen dan Runwei Cheng (1997) menjelaskan istilah-istilah yang digunakan dalam Algortima Genetika sebagai berikut :

Tabel 2-1. Istilah yang digunakan dalam Algortima Genetika^[6]

Istilah	Keterangan
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 Algortima Genetika. Parameter tersebut digunakan untuk melihat kompleksitas dari Algortima Genetika. Parameter yang digunakan tersebut adalah :

a. 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.

b. Ukuran Populasi (POPSIZE)

Ukuran populasi mempengaruhi kinerja dan efektifitas 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 (1996) berpendapat banyak aplikasi Algoritma Genetika mempergunakan populasi pada range 50-100.^[6]

c. Probabilitas Crossover (Pc)

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 Algortima Genetika mempergunakan angka probabilitas crossover pada range $0.6 - 0.8$.^[6]

d. Probabilitas Mutasi (Pm)

Mutasi digunakan untuk meningkatkan variasi populasi digunakan untuk menentukan tingkat mutasi yang terjadi, karena frekuensi terjadinya mutasi tersebut menjadi $Pm \times POPSIZE \times N$, 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 :^[6]

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

Zbigniew Michalewics (1996) berpendapat banyak aplikasi Algortima Genetika mempergunakan anka probabilitas mutasi pada daerah range $0.01 - 0.02$.^[6]

e. Panjang Kromosom (NVAR)

Panjang kromosom berbeda-beda sesuai dengan model permasalahan. Titik solusi dalam ruang permasalahan dikodekan dalam bentuk kromosom/string yang terdiri dari komponen genetik terkecil yaitu gen. Pengkodean dapat memakai bilangan seperti string biner, integer, floating point dan abjad.

2.6.2. Proses Algoritma Genetika^[6]

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.

Secara umum Algoritma Genetika dibentuk oleh serangkaian kromosom yang ditandai dengan x_i ($i = 1, 2 \dots N$). Setiap elemen dalam kromosom ini adalah variabel string yang disebut gen, berisi nilai-nilai atau allele. Variabel-variabel ini dapat dinyatakan dalam bentuk bilangan biner, bilangan real (*floating point*), integer, abjad. Pengkodean string biner merupakan pendekatan klasik yang digunakan dalam penelitian Algoritma Genetika karena sederhana. Meskipun representasi dengan cara ini menyulitkan untuk beberapa permasalahan optimasi, misalnya permasalahan graph coloring. Digunakan teknik pengkodean yang lain seperti representasi real number (*floating point*), representasi *order-based* (untuk *bin-patching*, *graph coloring*), embedded lists (untuk permasalahan penjadwalan (*scheduling*), *variable element list* (untuk semi konduktor layout), dan even *LISP S-expressions*.

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

b. Fungsi Fitness (Fungsi Evaluasi)

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

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

Permasalahan klasik dalam Algoritma Genetika adalah beberapa kromosom dengan nilai *fitness* yang tinggi (tetapi 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 dicrossover dengan kromosom dari individu lain. Masalah

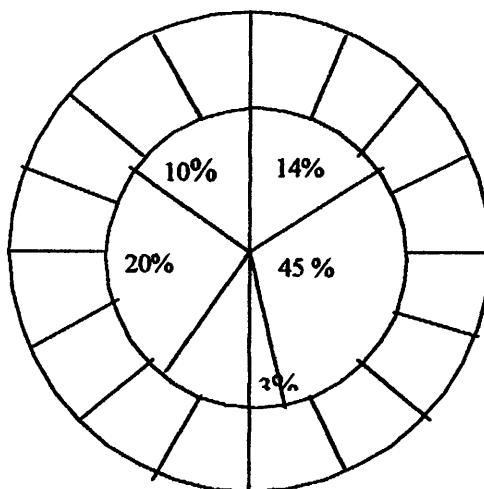
yang paling mendasar pada proses ini adalah bagaimana proses penyeleksianya. Menurut teori Darwin proses seleksi individu adalah : “*individu terbaik akan tetap hidup dan menghasilkan keturunan*”. Pada proses seleksi ini dapat menggunakan banyak metode seperti *roulette wheel selection*, *rank selection*, *elitism* dan lain sebagainya.

➤ *Roulette Wheel Selection*

Dimana setiap individual memiliki harga fitness sehingga didapatkan probabilitas individual $(f(t)/\sum f(t))$ 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. Illustrasi kerja operator ini dapat digambarkan seperti pada gambar 2-13.

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 2-13. Roulette – Wheel

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

➤ *Rank Selection*

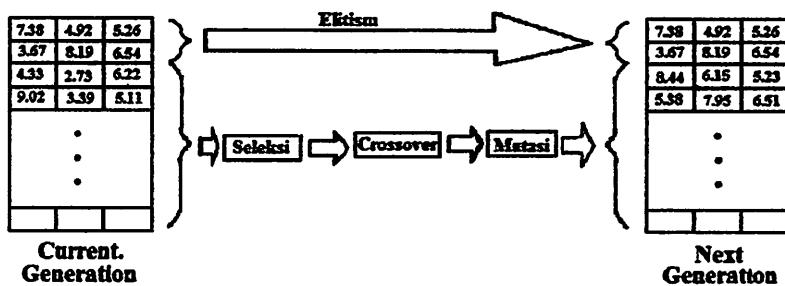
Apabila fitness yang dimiliki oleh suatu kromosom dalam populasi berbeda terlalu jauh dari kromosom lainnya maka hal ini dapat menjadi permasalahan. Misalnya bila kromosom terbaik mempunyai fitness yang menyebabkan besarnya tempat yang dimilikinya dalam *roulette wheel* sebesar 90% maka kromosom-kromosom 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.

2.7. Elitism

Selama membuat populasi baru dengan crossover dan mutasi, kemungkinan akan terjadi kehilangan kromosom terbaik (*best / few best*). Elitism adalah metode

yang pertama kali meng-copy-kan kromosom terbaik (*best / few best*) kedalam populasi baru. Sisanya dikerjakan dengan cara biasa, yaitu melalui seleksi, *crossover* dan mutasi. Elitism dapat secara cepat meningkatkan performansi dari Algoritma Genetika karena *elitism* menghindarkan hilangnya hilangnya solusi terbaik (*best / few best*) yang telah ditemukan. Illustrasi kerja operator ini dapat digambarkan seperti pada gambar 2-14.



Gambar 2-14. Pembentukan Next Generation dalam Algoritma Genetika

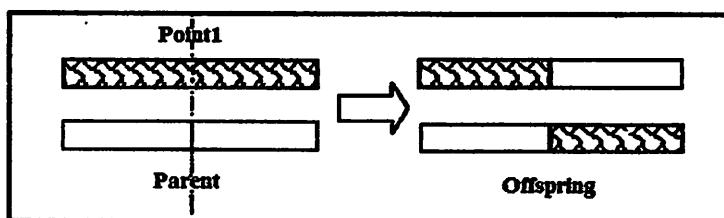
Sumber : Mitsuo Gen, Runwei Cheng, “*Genetic Algorithm And Engineering Design*”, (John Wiley & Son, Inc., 1994) p-7

2.8. Crossover (Pindah Silang)

Fungsi dari *crossover* adalah menghasilkan kromosom anak dari kombinasi materi-materi gen dua kromosom induk. Cara kerjanya dengan membangkitkan sebuah nilai random r_k dimana $k = 1, 2, \dots, POPSIZE$. Probabilitas *crossover* (P_c) ditentukan dan digunakan untuk mengendalikan frekuensi operator *crossover*. Apabila nilai $r_k < P_c$ maka kromosom ke- k terpilih untuk mengalami *crossover*. *Crossover* yang paling sederhana adalah *one point crossover*. Posisi titik persilangan (point) ditentukan secara random pada range satu sampai panjang kromosom. Kemudian nilai *offspring* diambil dari dua parent tersebut dengan batas titik

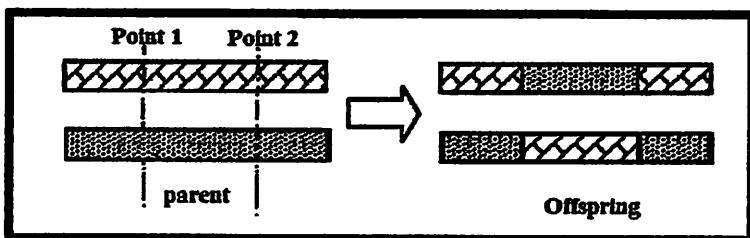
persilangan tersebut. Illustrasi kerja operator ini digambarkan seperti pada gambar 2-15.

Kemudian ditingkatkan lagi dengan menggunakan *two point crossover*. Penentuan posisi titik persilangan sama seperti sama seperti *one point crossover* sebelumnya. Pemilihan secara random dilakukan 2 kali. Kemudian nilai *offspring* diambil dari dua parent tersebut dengan batas dua titik persilangan tersebut. Illustrasi kerja operator ini digambarkan seperti pada gambar 2-16.



Gambar 2-15. Illustrasi operator dengan *One Point Crossover*

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

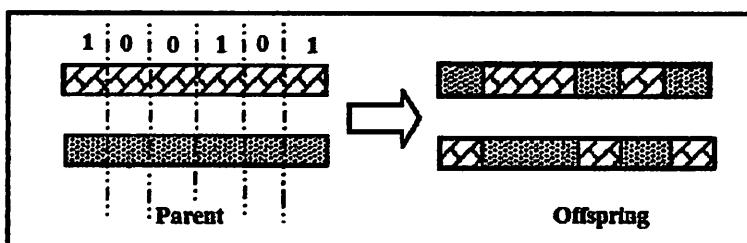


Gambar 2-16. Illustrasi operator dengan *Two Point Crossover*

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

Untuk *crossover uniform* dibangkitkan suatu nilai random 0 dan 1 sepanjang jumlah kromosom untuk nilai loci. Jika nilai yang dibangkitkan mempunyai nilai 1 maka *allele* parent 2 dan offspring 2 untuk loci tersebut diambil dari *allele* parent 1

dan offspring 2 untuk loci tersebut diambil dari allele parent 2. Ilustrasi kerja operator ini digambarkan seperti pada gambar 2-17.

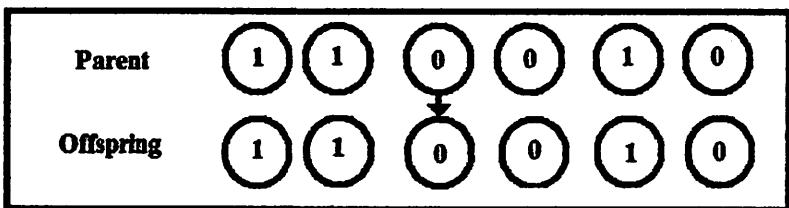


Gambar 2-17. Ilustrasi operator crossover dengan uniform crossover

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

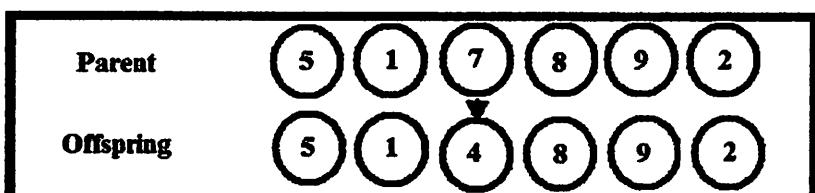
2.9. Mutation (Mutasi)

Operator mutasi digunakan untuk memodifikasi satu atau lebih nilai gen dalam satu individu. Cara kerjanya dengan membangkitkan sebuah nilai random r_k dimana $k = 1, 2, \dots, NVAR$ (panjang kromosom). Probabilitas mutasi (P_m) ditentukan dan digunakan untuk mengendalikan frekuensi operator mutasi. Apabila nilai random r_k , P_m maka gen ke-k kromosom tersebut terpilih untuk mengalami mutasi. Mutasi dengan mengganti gen 0 dengan 1 atau sebaliknya gen 1 dengan 0. Biasanya disebut flip yaitu membalik nilai ke 1 atau 1 ke 0. Ilustrasi kerja operator untuk representasi string biner digambarkan pada gambar 2-18. Untuk bentuk representasi integer atau floating point, atau selain string biner, seperti gambar 2-19, proses mutasi terjadi apabila nilai $r_k < P_m$ memenuhi maka gen ke-k digantikan oleh suatu nilai random yang dibangkitkan pada range tertentu sesuai dengan pembentukan populasi awal.



Gambar 2-18. Ilustrasi operator mutasi untuk representasi string biner

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



Gambar 2-19. 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 2-19 diatas yaitu 5-1-7-8-9-2, proses mutasi adalah dibangkitkan sebuah nilai random r_k , $[k = 1 \dots NVAR]$. Misalkan pada saat $k = 3$ nilai $r_3 < P_m$ maka gen ke-3 yang bernilai 7 akan bermutasi dengan gen 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.

BAB III

ANALISIS KENDALI TERKOORDINASI PERALATAN MULTI FACTS BERBASIS OPTIMAL POWER FLOW

3.1. Analisis Aliran Daya^[7]

3.1.1. Tujuan Analisa

Tujuan mempelajari analisa aliran daya adalah:

1. Untuk mengetahui keadaan tegangan pada setiap bus dari sistem jaringan.
2. Untuk mengetahui besarnya daya aktif dan reaktif yang mengalir pada setiap cabang dari struktur jaringan.
3. Untuk mengetahui besar rugi-rugi daya aktif dan daya reaktif pada setiap cabang dari saluran.

3.1.2. Klasifikasi Bus^[7]

Untuk memperoleh penyelesaian aliran daya pada setiap bus pada sistem tenaga harus ada dua parameter yang diketahui diantara empat parameter yang ada, Oleh karena itu bus–bus yang ada pada sistem tenaga dikategorikan menjadi tiga bus, yaitu:

1. Bus Generator (PV Bus)

Pada bus ini biasanya ada pembangkitan tenaga (generator) dengan pembangkitan daya reaktif berubah dalam batas – batas tertentu. Dapat juga beban dengan kapasitor shunt. Dalam perhitungan, jika batas daya reaktif bus generator terlampaui, maka bus tersebut berubah menjadi bus beban.

Pada bus ini parameter yang diketahui adalah daya aktif P_i dan besar tegangan $|V_i|$, sedangkan daya reaktif Q_i dan sudut fasa tegangan θ dapat diperoleh dari perhitungan studi aliran daya.

2. Bus beban (PQ Bus)

Parameter yang diketahui dalam bus ini adalah daya aktif P_i dan daya reaktif Q_i , sedangkan besar tegangan $|V_i|$ dan sudut fasa tegangan θ dapat diperoleh dari perhitungan studi aliran daya.

3. Bus Berayun (*Slack Bus*)

Parameter yang diketahui didalam bus ini adalah besar tegangan $|V_i|$ dan sudut fasa tegangan θ dengan nilai tetap. Fungsi dari bus ini adalah untuk mencukupi kekurangan daya total sistem karena pembebaran dan rugi–rugi sistem. Hal ini dikarenakan kerugian jala – jala tidak dapat diketahui sebelum rugi – rugi sistem total selesai dihitung.

3.1.3. Pembentukan Matriks Admitansi

suatu rangkaian yang mempunyai n simpul (termasuk simpul referensi) dapat ditulis dalam bentuk persamaan arus sebagai berikut:

$$I_1 = Y_{11}V_1 + Y_{12}V_2 + \dots + Y_{1n}V_n$$

$$I_2 = Y_{21}V_1 + Y_{22}V_2 + \dots + Y_{2n}V_n$$

...

$$I_n = Y_{n1}V_1 + Y_{n2}V_2 + \dots + Y_{nn}V_n$$

Persamaan (3.1a) dapat dinyatakan dalam bentuk polar maupun rektangular secara berturut-turut sebagai berikut:

$$P_i + jQ_i = V_i \sum Y_{im} V_m e^{j(\delta_i - \delta_m - \delta_m)}$$

untuk $i = 1, 2, \dots, n$ (3.3b)

$$P_i + jQ_i = (e_i + jf_i) \sum (G_{im} - jB_{im})(e_m - jf_m)$$

untuk $i = 1, 2, \dots, n$ (3.3c)

Kumpulan persamaan yang ditunjukan oleh persamaan (3.3) menyediakan hubungan matematis yang dibutuhkan untuk studi aliran daya menggunakan komputer digital.

3.1.5. Aliran Daya yang Melalui Transmisi ^[7]

Setelah tegangan kompleks bus diperoleh dengan suatu cara penyelesaian, aliran daya pada saluran transmisi dapat dihitung. Adapun arus yang melalui saluran yang menghubungkan antara bus i dan bus m dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$I_m = y_{im} (V_i - V_m) + y_{io} V_i$$

dengan

y_{im} = admitansi seri kompleks saluran

y_{io} = setengah admitansi shunt saluran

maka daya kompleks yang mengalir dari bus i ke m adalah:

$$\begin{aligned} P_{im} + jQ_{im} &= \bar{V}_i \bar{I}_m^* \\ &= \bar{V}_i [y_{im} (\bar{V}_i - \bar{V}_m)]^* + \bar{V}_i y_{io}^* \bar{V}_i^* \\ &= V_i^2 y_{im}^* - \bar{V}_i \bar{V}_m^* y_{im}^* + V_i^2 y_{io}^* \end{aligned} \quad \dots \dots \dots \quad (3.4)$$

serupa dengan persamaan 3.4, maka aliran daya dari bus m ke bus i adalah:

$$\begin{aligned} P_{im} + jQ_{im} &= \bar{V}_m \left[\bar{Y}_{im} (\bar{V}_m - \bar{V}_i) \right] + \bar{V}_m \bar{Y}_{mo} * \bar{V}_m * \\ &= V_m^2 \bar{Y}_{im} * - \bar{V}_m \bar{V}_{im} * \bar{Y}_{im} * + V_m^2 \bar{Y}_{mo} * \dots \dots \dots \quad (3.5) \end{aligned}$$

3.1.6. Metode *Newton Raphson*^[7]

Metode *Newton Raphson* dibentuk berdasarkan matriks admitansi simpul (Y_{bus}) sehingga merupakan suatu prosedur yang langsung dan sederhana.

Secara matematis persamaan aliran daya *Newton Raphson* dapat diselesaikan dengan menggunakan koordinat rektanguler, koordinat polar atau bentuk hibrid (gabungan antara bentuk kompleks dengan bentuk polar).

Dalam penyelesaian aliran daya dengan *Newton Raphson* bentuk persamaan aliran daya yang dipilih adalah polar, dimana tegangan dinyatakan dalam bentuk polar, yaitu:

$$V_p * = |V_p| e^{-j\delta_p}$$

$$V_q = |V_q| e^{-j\delta_q}$$

$$Y_{pq} * = |Y_{pq}| e^{-j\theta_{pq}}$$

Hubungan antara arus simpul I_p dengan tegangan simpul V_q pada suatu jaringan dengan n simpul dapat dituliskan:

$$I_p = \sum_{q=1}^n Y_{pq} V_{pq} \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (3.6)$$

ΔQ = selisih injeksi bersih daya reaktif dengan penjumlahan 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 magnitude tegangan

H, L, M, N merupakan elemen-elemen *off-diagonal* dan diagonal dari sub matriks jakobian yang dibentuk dengan mendefinisikan persamaan (3.5) dan (3.6), dimana:

$$H_{pq} = \frac{\partial P_p}{\partial \delta_q} \qquad \qquad \qquad N_{pq} = \frac{\partial P_p}{\partial |V_q|}$$

$$M_{pq} = \frac{\partial Q_p}{\partial \delta_q} \qquad \qquad \qquad L_{pq} = \frac{\partial Q_p}{\partial |V_q|}$$

Adapun rumus dari elemen matriks jakobian adalah:

-Untuk H

$$\frac{\partial P_p}{\partial \delta_q} = |V_p V_q Y_{pq}| \sin(\delta_p - \delta_q - \theta_{pq}) \quad \text{dimana } p \neq q \dots \dots \dots (3.13)$$

$$\frac{\partial P_p}{\partial \delta_q} = - \sum_{q=1}^n |V_p V_q Y_{pq}| \sin(\delta_p - \delta_q - \theta_{pq})$$

-Untuk N

$$\frac{\partial P_p}{\partial |V_q|} = |V_p V_q Y_{pq}| \cos(\delta_p - \delta_q - \theta_{pq}) \quad \text{dimana } p \neq q \dots \dots \dots (3.14)$$

8. Jika “ya” hitung daya aktif dan reaktif, tegangan dan sudut fasa tegangan pada setiap bus, serta aliran daya pada saluran dan perhitungan selesai, jika “tidak” lanjutkan ke langkah berikutnya
9. Membentuk elemen matriks Jakobian
10. Menghitung faktor koreksi tegangan dan sudut fasa setiap bus kecuali bus slack dan bus generator
11. Menghitung nilai tegangan dan sudut fasa yang baru
12. Mengganti nilai sudut fasa yang lama dengan sudut fasa yang baru, tegangan yang lama dengan tegangan yang baru
13. Perhitungan dilanjutkan ke langkah 4 dengan nilai iterasi yang baru sampai hasil yang didapatkan konvergen.

3.2. Analisis Fmincon.^[1]

Untuk Perumusan suatu masalah aliran daya yang optimal, maka 3 elemen harus terdefinisikan yaitu: Fungsi objektif $f(x,u)$, pembatas sama $g(x,u)$ dan pembatas tidak sama $h(x,u)$. menghasilkan persamaan

$$\min f(x,u)$$

$$\text{tergantung pada : } g(x,u) = 0$$

$$h(x,u) \leq 0 \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (3.22)$$

Dimana vektor x berisi nilai tegangan dan nilai sudut dari semua bus dan u adalah nilai-nilai untuk alat-alat dan variabel-variabel yang digunakan untuk menetapkan pembatas. ^[1]

* $g(x,u)$:

- *Power flow*: hasil pembatas yang sama dari persamaan aliran daya termasuk injeksi melalui SVC, modifikasi reaktansi jalur melalui TCSC, dan perubahan fasa pada TCPST.

* $h(x,u)$:

- *FACTS Devices*: yang mana menetapkan batasan-batasan setting dari alat FACTS harus diperhatikan.
- *Transmission line* : jalur-jalur seharusnya tidak dibebani lebih dari 90% dari kapasitas transfer yang dimilikinya. Ini ditetapkan dengan persamaan:

$$\begin{aligned} S_i &\leq 0.9 S_i^{\max} + \varepsilon_i, \quad 0 \leq \varepsilon_i \\ S_i &\leq S_i^{\max} + \eta_i, \quad 0 \leq \eta_i \end{aligned} \quad \dots \dots \dots \quad (3.23)$$

Dimana :

S_i adalah aliran daya semu pada saluran i

S_i^{\max} adalah batas kapasitas yang sesuai

η , dan ε , variabel-variabel slack merupakan variabel penalti.

- *Buses* : nilai-nilainya harus berada dalam batas-batas yang diijinkan.

Dengan persamaan:

$$|V_j - V_j^{ref}| \leq V^{\lim} + v_j, \quad 0 \leq v_j \quad \dots \dots \dots \quad (3.24)$$

dimana:

V_j adalah tegangan bus pada bus j

V_j^{ref} adalah nilai referensi yang sesuai.

V^{\lim} adalah jarak atau barisan nilai-nilai tegangan yang dapat diterima dan diperbolehkan.

v_j adalah variabel penalti

* $f(x,u)$:

- *resolve congestions*: ini dilakukan dengan cara menjaga beban pada jalur berada dibawah 90% atau setidaknya dengan cara menghindari beban lebih.
- *improve security*: jika tegangan melebihi nilai-nilai yang dapat diterima maka keamanan jaringannya berbahaya, oleh karena itu penalti variabel slack yang digunakan dapat menjaga nilai tegangan sedekat mungkin dengan nilai referensi.
- *minimize power losses*: dengan cara menjumlahkan kerugian daya aktif dan mengontrolnya pada fungsi objektif.

Jadi fungsi objektif yang lengkap adalah jumlah dari tujuan-tujuan ini masing-masing dibebani oleh suatu faktor yang cocok. Dengan persamaan:

$$f(x,u) = \sum_i \left(a.p_i^{loss} + b.\varepsilon_i + c.\eta_i \right) + \sum_i \left(d.(V_j - V_j^{ref})^2 + e.v_i \right) \dots\dots (3.25)$$

Setting dari pembobotan a,b,c,d,e yang pada waktu yang sama parameter-parameter kontrolnya tergantung pada pentingnya masing-masing tujuan yang ingin diprioritaskan. Batasan koefisien a, b, c, d , dan e yang ditetapkan antara 10-100.

Dimana untuk analisis ini dipakai koefisien dengan pembobotan sebagai berikut:

$$a=100, b=10, c=10, d=10, \text{ dan } e=10.$$

Dengan asumsi lebih mengutamakan penurunan rugi daya aktif.

η_i dan ε_i , variabel-variabel slack yang merupakan variabel penalti untuk analisis ini diberi pembobutan $\eta_i = 10$ dan $\varepsilon_i = 10$.

Dimana:

Nilai	Tujuan
a	Mengurangi rugi daya aktif
b	Menjaga beban pada jalur agar dibawah 90 %
c	Menjaga beban pada jalur agar dibawah 100 %
d	Mengurangi penyimpangan tegangan dari referensi
e	Menjaga tegangan bus dalam batas-batas yang dapat diterima

3.3. Adaptasi Algoritma Genetika ke Masalah Penentuan Lokasi, Type, dan Settingan Peralatan FACTS: TCSC, TCSPT, DAN SVC^[2]

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*).^[2]

Kita akan menentukan lokasi, jenis, dan settingan peralatan multi FACTS (TCSC, TCPST, Dan SVC) pada sistem tenaga.^[2]

3.3.1. Pengkodean

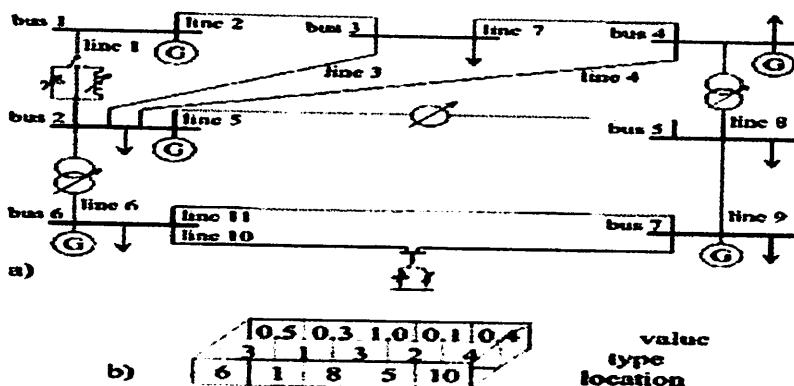
Gambar 3-1 menunjukkan 5 alat FACTS dari 7 bus, 11 cabang jaringan, dan terdiri dari 3 string.^[2]

TCSC berlokasi di cabang 1, nilai kapasitansinya $0,5 X_L$, dimana X_L adalah reaktansi dari saluran. TCPST menghasilkan penggeseran fasa 4^0 dari tegangan pada cabang 5. Dua TCVR berlokasi pada saluran 6 dan 8 tegangannya berturut-turut 1,0

dan 1,1. Terakhir pada SVC diposisikan pada bus 10, dalam hal ini SVC bersifat induktif dan menyerap daya reaktif dari 20 MVAR dari $V=1,0$ p.u.^[2]

Untuk memberikan saluran transmisi dari nb cabang, inisial populasinya adalah generasi dari parameter dibawah ini:

- n_f adalah jumlah alat FACTS untuk lokasi yang optimal. Lokasi untuk tipe alat yang berbeda
- n_v adalah jumlah kemungkinan pengaturan setting untuk suatu alat
- n_i jumlah individu dari populasi



Gambar 3-1. Konfigurasi dari 5 alat FACTS, (a) system tenaga (b) individu.
Sumber : S. Gerbex, R. Cherkaoui, A.J. Germond, " OPTIMAL LOCATION OF MULTI-TYPE FACTS DEVICES IN POWER SYSTEM BY MEANS OF GENETIC ALGORITHM

3.3.2. Populasi Awal

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

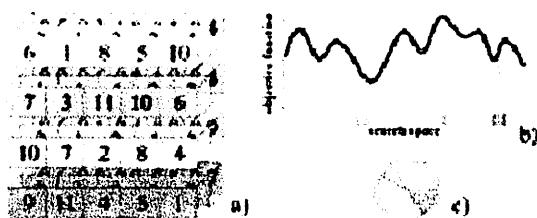
- n_f Jumlah peralatan FACTS untuk penempatan. Berbagai type yang akan ditempatkan.
- n_v jumlah nilai yang memungkinkan setting untuk peralatan
- n_i jumlah individu

Untuk membuat suatu individu dilakukan dalam tiga tahapan. Pertama, set cabang n_F pada jaringan/line dipilih secara acak (random) dan diletakan pada string pertama. Jenis pada cabang tidaklah penting dan perbedaan beberapa individu mengijinkan konfigurasi jenis alat FACTS yang sama. Setelah menggambar cabang dimana peralatan FACTS akan ditempatkan, kemudian tahap dua terdiri dari atribut pada karakteristik dari peralatan. String kedua menunjukkan tipe peralatan diperoleh secara acak (random) menarik angka-angka diantara alat yang terpilih. Begitu juga, jika memutuskan untuk menempatkan jenis alat yang optimal string ini akan mempunyai karakter yang sama. Pengaturan nilai-nilai yang akhirnya secara acak (random) diantara n_v memungkinkan untuk memperoleh keseluruhan populasi awal operasi ini diulangi waktu n_i .

3.3.3. Reproduksi, crossover & mutasi

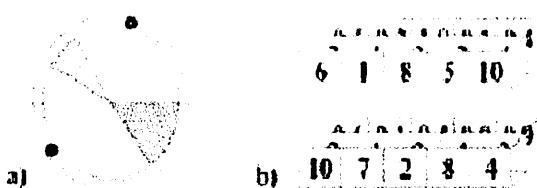
Generasi baru dibuat dari hasil yang diperoleh dari generasi sebelumnya. Suatu *roulette wheel* diciptakan dari nilai yang diperoleh pada *objective function* dari arus populasi dapat dilihat pada gambar 3-2. Setelah itu operator dari reproduksi, crossover, dan mutasi diterapkan berturut-turut untuk menghasilkan *offspring*.

Reproduksi, crossover & mutasi dilakukan secara bergantian. Kemudian 2 individu diambil secara acak. Probabilitas pengambilan 2 individu ini langsung berhubungan dengan nilai *objective functionnya*. Penarikan ini dilakukan dengan metode *biased roulette wheel* seperti pada gambar 3-3 berikut:



Gambar 3-2. Perhitungan Obyektif Function a) populasi. (b) Objective function. (c) roulette wheel

Sumber : S. Gerbex, R. Cherkaoui, A.J. Germond, " OPTIMAL LOCATION OF MULTI-TYPE FACTS DEVICES IN POWER SYSTEM BY MEANS OF GENETIC ALGORITHM "

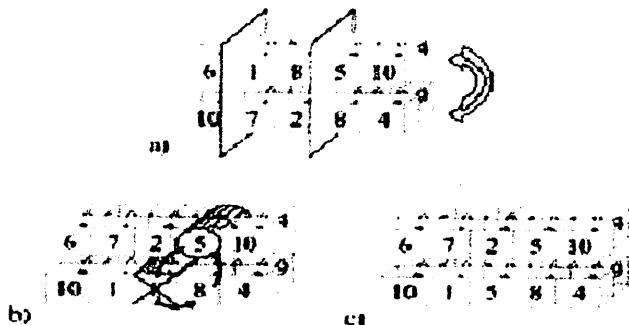


Gambar 3-3. Menunjukkan reproduksi (a). pengambilan dasar roulet wheel. (b) pemilihan individu

Sumber : S. Gerbex, R. Cherkaoui, A.J. Germond, " OPTIMAL LOCATION OF MULTI-TYPE FACTS DEVICES IN POWER SYSTEM BY MEANS OF GENETIC ALGORITHM "

Proses *crossover* dapat dilakukan dengan probabilitas P_c . Pada proses ini, posisi untuk memotong kedua string (lokasi & nilai) untuk kedua individu dipilih secara acak (*random*).

Pada kasus dimana pada string I menempati posisi pada bagian pengamanan dari orang tua, ini disatukan oleh elemen yang bersesuaian pada posisi yang sama pada orang tua yang lain. Algoritma ini diulang sampai sampai sebuah elemen tidak terdapat lagi pada string yang dicapai. Gambar 3-4 menunjukkan sebuah crossover antara dua individu. Koreksi harus diaplikasikan pada offspring kedua, elemen kedelapan telah muncul pada posisi 3 digantikan oleh elemen 4 dari orang tua satu yang bersesuaian dengan elemen 5.



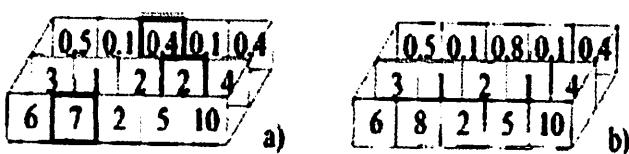
Gambar 3-4. Crossover 2 buah individu pada posisi 3

Sumber : S. Gerbex, R. Cherkaoui, A.J. Germond, " OPTIMAL LOCATION OF MULTI-TYPE FACTS DEVICES IN POWER SYSTEM BY MEANS OF GENETIC ALGORITHM"

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

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

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



Gambar 3-5. Mutasi. (a) Sebelum mutasi. (b) Setelah mutasi

Sumber : S. Gerbex, R. Cherkaoui, A.J. Germond, " OPTIMAL LOCATION OF MULTI-TYPE FACTS DEVICES IN POWER SYSTEM BY MEANS OF GENETIC ALGORITHM"

Operasi pemilihan *crossover* dan *mutasi* semuanya di ulangi sampai banyaknya *offspring* yang diciptakan. *Objective function* adalah untuk menghitung tiap-tiap *offspring* dan n_i individu terbaik diantara jumlah pengumpulan, para orang tua dan *offspring*, disimpan untuk menyusun generasi yang baru. Melalui ini *Objective function* dari individu terbaik untuk generasi baru akan sama atau menjadi lebih tinggi dengan *Objective function* dari individu terbaik dari generasi yang sebelumnya. Serupa, *fitness rata-rata* dari populasi akan sama atau atau lebih tinggi dibanding rata-rata fitnes dari generasi sebelumnya. Begitu *fitness* dari keseluruhan populasi dan *fitness* dari individu terbaik meningkatkan untuk masing-masing generasi.

3.3.4. Objective Function^[2]

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

Objective function yang buruk tidak dapat menghasilkan individu yang baik, dan tidak dapat mencapai optimasi yang kita inginkan.

3.4. Pengkajian Masalah^[2]

Masalah yang dikaji adalah penggunaan optimal dari jaringan yang sudah ada. Biaya dari pemasangan dan pemeliharaan peralatan FACTS tidak termasuk dalam perhitungan *objective function*.

Analisis ini tidak mencoba untuk menentukan keuntungan dengan pemasangan peralatan FACTS, tetapi hanya mencoba untuk mencari pengaruh pemasangan peralatan FACTS terhadap sistem tenaga.

3.4.1. Penggunaan Optimal Dari Jaringan Yang Sudah Ada

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

3.4.2. Kemampuan Pembebanan Sistem

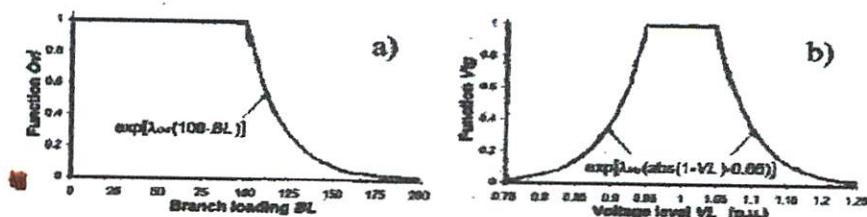
Dengan memperhatikan kemampuan pembebanan sistem, kita mencoba menentukan nilai daya maksimum yang mampu disuplai tanpa kelebihan beban. Kita akan mencari lokasi dari sejumlah peralatan FACTS untuk meningkatkan kapasitas sistem tenaga. Untuk setiap peralatan FACTS kita mencari lokasi yang paling tepat dengan settingan yang paling baik, dengan tetap menjaga tegangan dalam batas yang diijinkan serta menghindari sistem dari overload.

Apabila jumlah peralatan FACTS dinaikkan, hasil sebelumnya dengan yang lebih sedikit tidak termasuk dalam perhitungan. Dengan kata lain, peralatan FACTS tidak muncul pada satu line, tetapi muncul pada line yang lain apabila jumlah peralatan FACTS dinaikkan.

Sebuah beban dan daya generator naik dengan proporsi yang sama. Rugi-rugi tambahan seiring dengan kenaikan daya yang ditransmisikan, disuplai oleh slack bus. Hanya daya yang terkirim ke konsumen yang dimasukkan kedalam perhitungan. Kita tidak memperhitungkan batas daya generator dan hanya mencari seberapa kuat jaringan transmisi mampu mentransfer daya.

Objective function mampu menghilangkan konfigurasi FACTS yang dapat membuat line menjadi *overload* serta dapat membuat tegangan pada sistem berada dalam batas-batas yang diijinkan. Bila sebuah konfigurasi mampu menjaga sistem

fungsi Ovl dan Vtg dipresentasikan sesuai gambar dibawah ini:



Gambar 3-6. Fungsi Ovl dan Vtg

Sumber : S. Gerbex, R. Cherkaoui, A.J. Germond, " OPTIMAL LOCATION OF MULTI-TYPE FACTS DEVICES IN POWER SYSTEM BY MEANS OF GENETIC ALGORITHM

3.5. Algoritma Program

3.5.1. Algoritma Pemecahan Masalah Secara Umum

1. Memasukan inputan data beban meliputi tegangan, sudut phasa tegangan, daya aktif(p), daya reaktif (Q) dan data impedansi saluran
2. Melakukan proses aliran daya menggunakan Metode *Newton Rapson*.
3. Kemudian cek apakah ada pelanggaran tegangan.
 - a. Ya, lanjutkan ke langkah 4.
 - b. Tidak, langsung ke langkah 6
4. Melakukan proses optimasi Algoritma Genetika, dilanjutkan ke langkah 5.
5. Melakukan proses optimasi Fmincon.
6. Cetak hasil.

3.5.2. Algoritma Sub Routine Program Analisis Penentuan Lokasi, type, dan Setting Peralatan FACTS Pada Sistem 500 kV Jawa-Bali Dengan Menggunakan Algoritma Genetika

1. Memasukkan inputan data beban yang meliputi tegangan, sudut phasa tegangan, daya aktif (P), daya reaktif (Q) dan data impedansi saluran.

2. Menetukan parameter inputan Algoritma Genetika yang meliputi jumlah populasi, maksimum generasi, nilai kemungkinan crossover, nilai kemungkinan mutasi dan panjang kromosom tiap-tiap individu.
3. Generasi = 0, Populasi = 0.
4. Melakukan *fitness* dari kromosom tiap-tiap individu.
5. Melakukan proses statistik.
6. Melakukan proses seleksi.
7. Melakukan proses crossover.
8. Melakukan proses mutasi.
9. Proses no. 6,7,8 diulang sampai *offspring* sama dengan jumlah populasi.
 - a. Ya, lanjutkan ke langkah 10
 - b. Tidak, hitung $pop+1$ kembali ke langkah 5
10. Menghitung *fitness* dari *offspring*.
11. Melakukan proses *elitism*.
12. Apakah generasi yang diinginkan sudah terpenuhi (max Gen).
13. Jika “ tidak ” maka generasi = gen + 1, kembali ke langkah 5.
14. Jika “ Ya ” maka perhitungan berhenti.

3.5.3. Algoritma Sub Routine Program Fitness

1. Memasukkan inputan data beban meliputi tegangan, sudut phasa tegangan, daya aktif (P), daya reaktif (Q), dan data impedansi saluran.
2. Baca data kromosom.
3. Kemudian cek apakah $Ovl \leq 100\%$

- a. Jika “ Ya” lanjutkan ke langkah 4
 - b. Jika “ Tidak “ kembali ke statistik algoritma genetika
4. Cek apakah terjadi pelanggaran tegangan
 - a. Jika ‘ya’ lanjutkan ke langkah 5
 - b. Jika “tidak” kembali ke statistik algoritma genetika
 5. Menghitung *objective function* sama dengan *overload line* ditambah dengan V_{tg} sesuai persamaan (3.26).

3.5.4. Algoritma Sub Routine Program Fmincon

1. Masukan Initial setting awal SVC, TCSC, and TCPST.
2. Masukan data batas atas(up bound) dan data batas bawah(lower bound) dari settingan alat.
3. Masukan fungsi batasan sesuai persamaan (3.23.) dan (3.24.).
4. Menghitung objektif function sesuai persamaan (3.25.).
5. Stop

BAB IV

HASIL DAN ANALISIS HASIL

4.1. Sistem Tenaga Listrik pada Sistem 500 kV Jawa – Bali

Sistem Tenaga Listrik Jawa–Bali memakai Saluran Udara Tegangan Extra Tinggi (SUTET) 500 kV. Untuk menyelesaikan masalah pengaturan tegangan ini terlebih dahulu harus ditetapkan diagram segaris (*single line*) yang akan dianalisa. Data jaringan tenaga listrik pada interkoneksi Jawa – Bali yang digunakan adalah data pada tahun 2004. Sistem kelistrikan ini, terdiri dari 20 bus dan 23 saluran yang semuanya terinterkoneksi melalui saluran transmisi 500 kV.

Base yang dipakai pada perhitungan adalah :

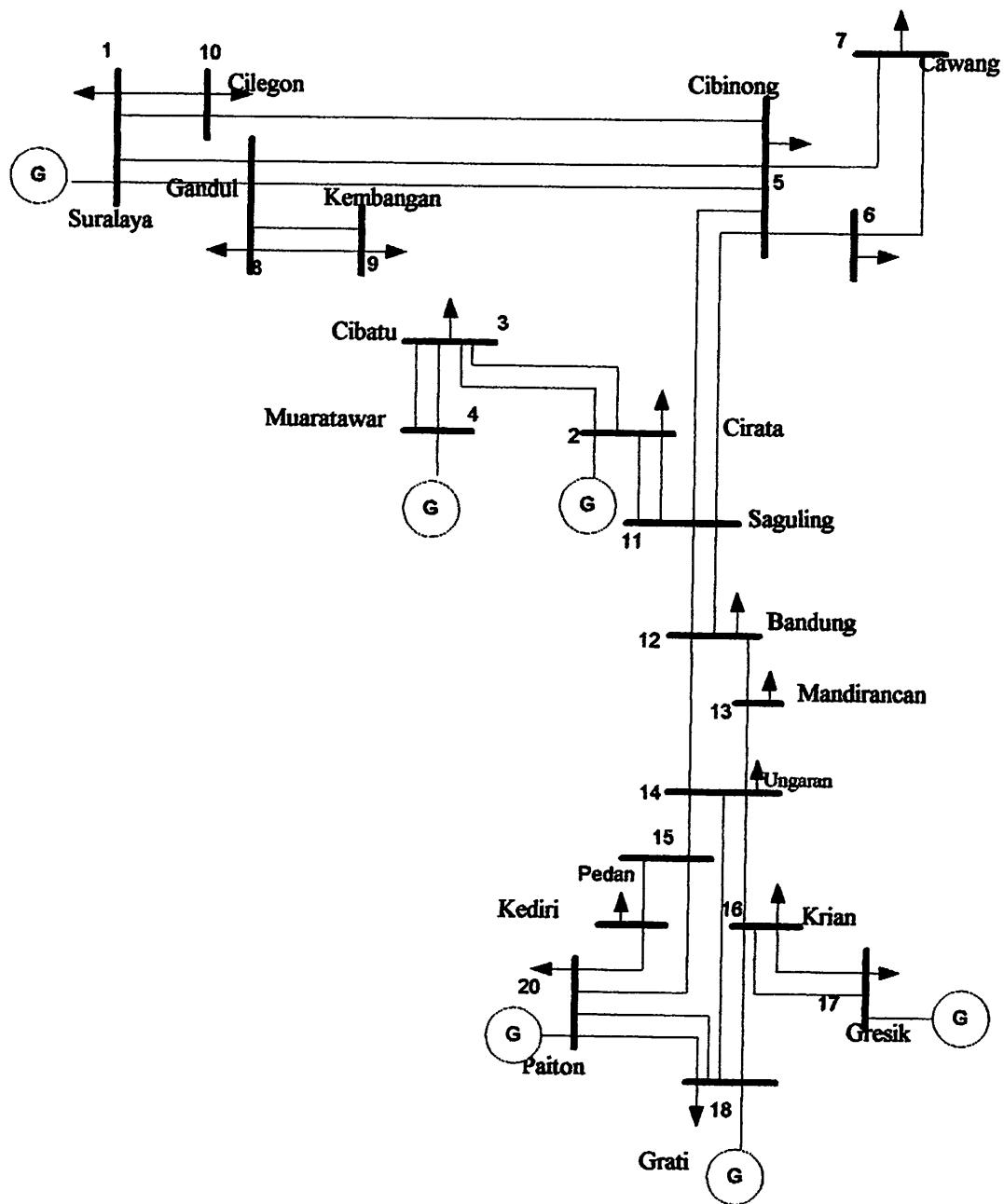
- *Base Tegangan* : 500 kV
- *Base Daya* : 100 MVA

Selanjutnya bus – bus yang ada diklasifikasikan sebagai berikut :

- *Bus Slack* : Bus Suralaya.
- *Bus Generator* : Bus Cirata, Bus Muaratawar, Bus Saguling, Bus Paiton, Bus Grati, Bus Gresik.
- *Bus Beban* : Bus Krian, Bus Gandul, Bus Cibatu, Bus Cibinong Bus Bandung, Bus Kembangan, , Bus Cilegon, Bus Bekasi, Bus Cawang, Bus Pedan Bus Kediri, Bus Ungaran, dan Bus Mandiracan.

Data-data sistem tenaga listrik 500 kV Jawa-Bali dipergunakan untuk menghitung aliran daya dengan metode *Newton Raphson* dan juga digunakan untuk

menentukan lokasi penempatan alat, type alat dan setting peralatan Multi FACTS dengan metode Algoritma Genetika serta setting terkoordinasi dengan *Fmincon*.



Gambar 4-1. Diagram Garis Tunggal Sistem Jaringan Tenaga Listrik 500 kV Jawa – Bali
 Sumber : PLN (Persero) P3B Jawa-Bali

4.2. Data Hasil Perhitungan Pembangkitan dan Pembebanan

Tabel 4-1. Data Hasil Perhitungan Pembangkitan dan Pembebanan Sistem Interkoneksi 500 kV Jawa-Bali

No	Bus	Jenis	Pembangkitan			Pembebanan	
			P (MW)	Q (MVAR)		P (MW)	Q (MVAR)
				Qmin	Qmax		
1	Suralaya	Swing	0	0	0	196	58
2	Cirata	Generator	650	-30	550	561	295
3	Cibatu	Beban	0	0	0	669	307
4	MuaraTawar	Generator	477	-72	300	0	0
5	Cibinong	Beban	0	0	0	549	152
6	Bekasi	Beban	0	0	0	543	82
7	Cawang	Beban	0	0	0	597	256
8	Gandul	Beban	0	0	0	706	168
9	Kembangan	Beban	0	0	0	638	245
10	Cilegon	Beban	0	0	0	386	51
11	Saguling	Generator	700	-133	960	0	0
12	Bandung	Beban	0	0	0	631	323
13	Mandiracan	Beban	0	0	0	314	184
14	Ungaran	Beban	0	0	0	470	218
15	Pedan	Beban	0	0	0	303	86
16	Krian	Beban	0	0	0	333	150
17	Gresik	Generator	454	-55	630	176	184
18	Grati	Generator	60	-45	335	182	156
19	Kediri	Beban	0	0	0	318	16
20	Paiton	Generator	2400	-180	1067	491	79

Sumber : PT.PLN (Persero) P3B Jawa-Bali

4.3. Data Hasil Perhitungan Saluran Transmisi

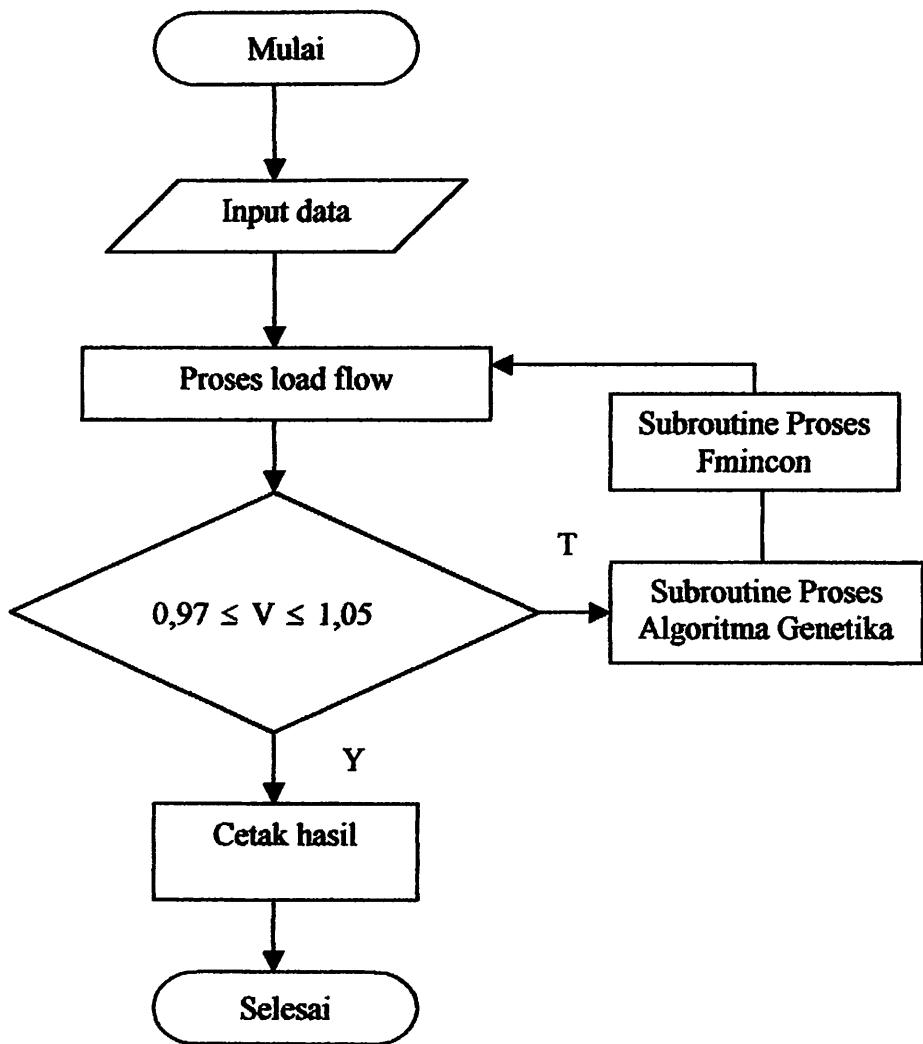
Tabel 4-2. Data Hasil Perhitungan Saluran Transmisi 500 kV Jawa-Bali

No	Dari-Ke	Saluran	R (pu)	X (pu)	B (pu)	Jarak (km)
1	1 – 10	Suralaya – Cilegon	0.0002	0.0007	0.63150	12.48
2	1 – 8	Suralaya – Gandul	0.0006	0.0062	0.56950	111.48
3	10 – 5	Cilegon – Cibinong	0.0013	0.0146	0.32962	130.81
4	8 – 5	Gandul – Cibinong	0.0001	0.0016	0.10735	30.143
5	8 – 9	Gandul – Kembangan	0.0001	0.0011	0.15255	21.271
6	5 – 7	Cibinong – Cawang	0.0004	0.0047	0.13735	83.796
7	5 – 6	Cibinong – Bekasi	0.0004	0.0042	0.95555	37.9
8	5 – 11	Cibinong – Saguling	0.0001	0.0018	0.40895	16.84
9	6 – 7	Bekasi – Cawang	0.0006	0.0061	0.04232	54.5
10	11 – 2	Saguling – Crata	0.0001	0.0021	0.31785	37.515
11	11 – 12	Saguling – Bandung	0.0002	0.0027	0.27990	48.158
12	2 – 3	Crata – Cibatu	0.0002	0.0026	0.23665	46.757
13	3 – 4	Cibatu – Muaratawar	0.0001	0.0014	0.48550	25.166
14	12 – 14	Bandung – Ungaran	0.0011	0.0133	0.86385	119.167
15	12 – 13	Bandung – Mandiracan	0.0040	0.0386	0.30062	342.86
16	14 – 13	Ungaran – Mandiracan	0.0026	0.0251	0.54890	223.68
17	14 – 15	Ungaran – Pedan	0.0007	0.0084	0.18900	75
18	14 – 16	Ungaran – Krian	0.0014	0.0142	1.26555	252.4
19	15 – 19	Pedan – Kediri	0.0020	0.0230	0.51175	205
20	19 – 20	Kediri – Paiton	0.0003	0.0044	0.53947	205
21	20 – 18	Paiton – Grati	0.0001	0.0012	0.44960	88.363
22	18 – 16	Grati – Krian	0.0010	0.0115	0.40190	79.41
23	16 - 17	Krian – Gresik	0.0004	0.0049	0.12045	23

Sumber : PT.PLN (Persero) P3B Jawa-Bali

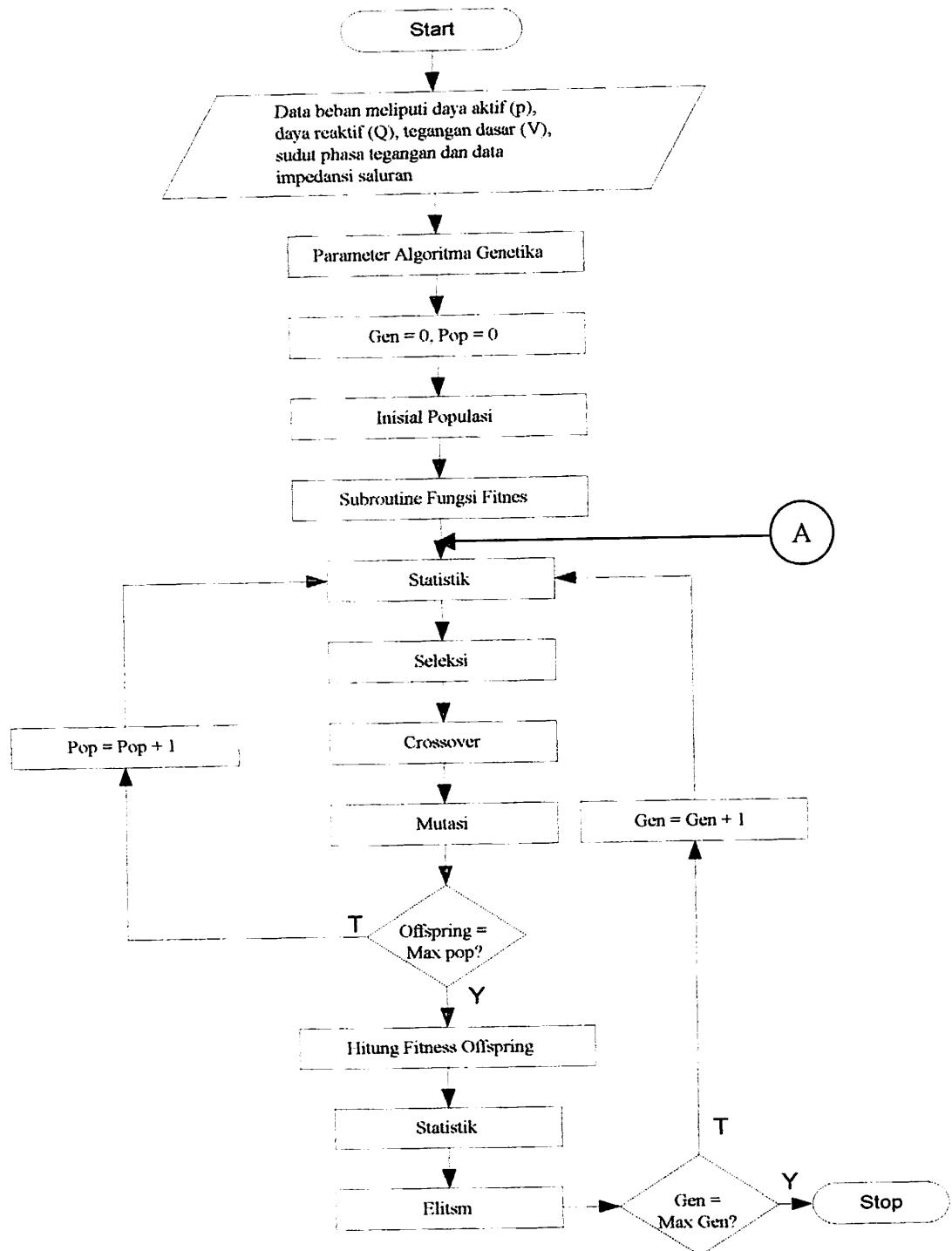
4.4. Flowchart Algoritma Program

4.4.1. Flowchart Pemecahan Masalah



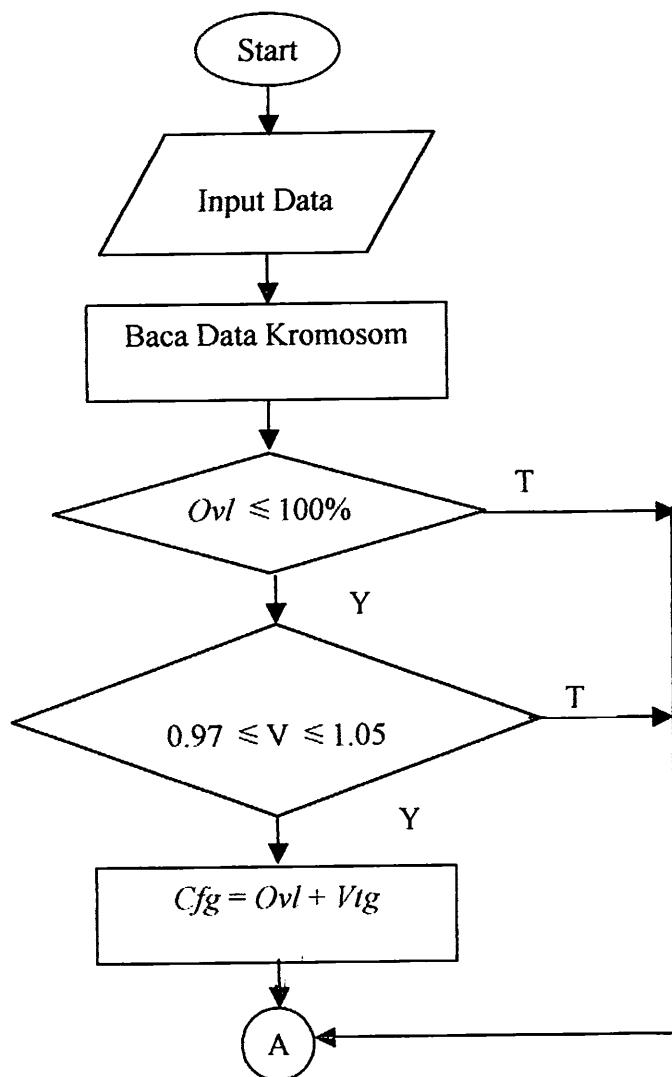
Gambar 4-2. Flowchart Pemecahan Masalah

4.4.2. Flowchart Subroutine Program Analisis Penentuan Lokasi, Type, Dan Setting Peralatan Multi FACTS Di Sistem 500 kV Jawa-Bali Dengan Metode Algoritma Genetika



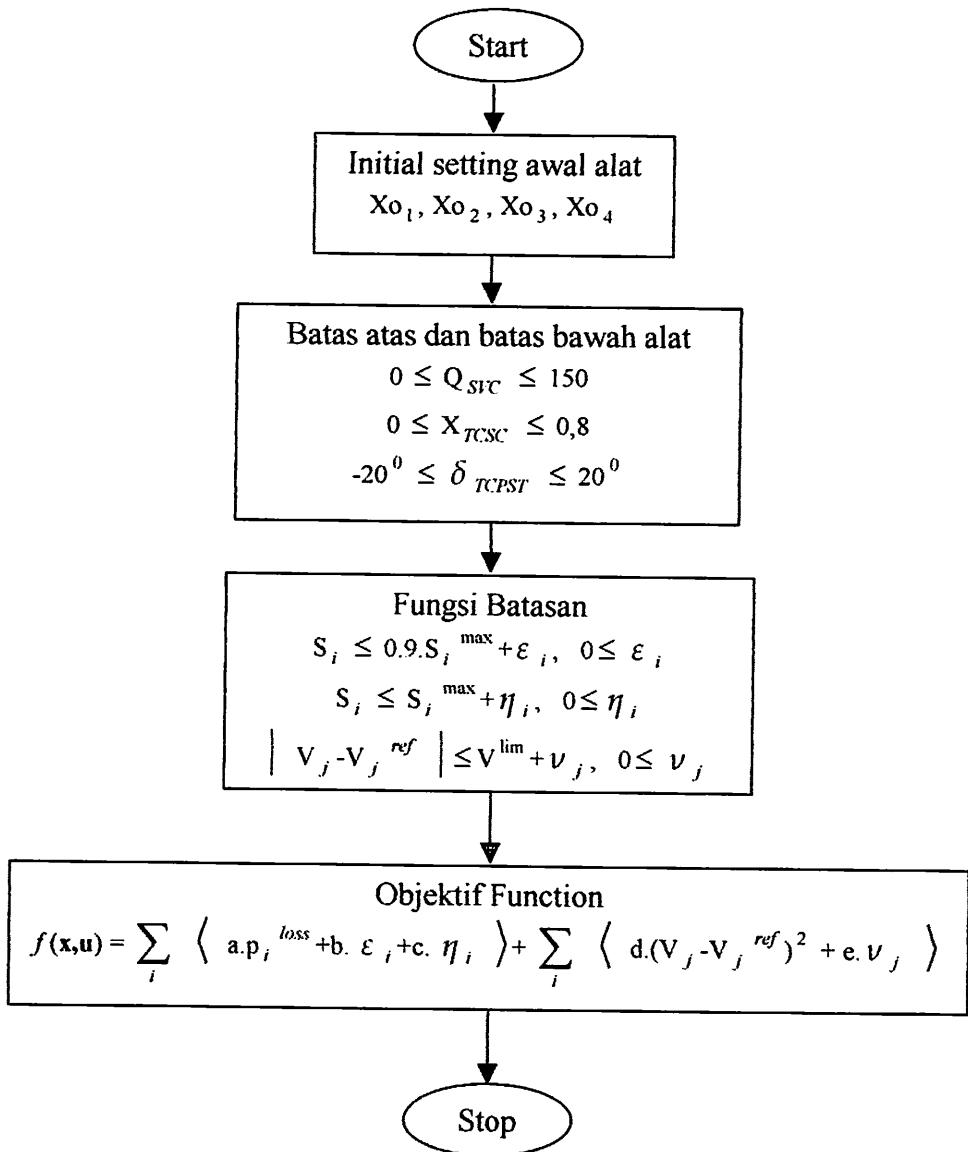
Gambar 4-3. Flowchart Subroutine Program Algoritma Genetika

4.4.3. Flowchart Sub Routine Program Fitnes



Gambar 4-4. Flowchart Sub Routine Program Fitnes

4.4.4. Flow Chart Sub Routine Program Fmincon



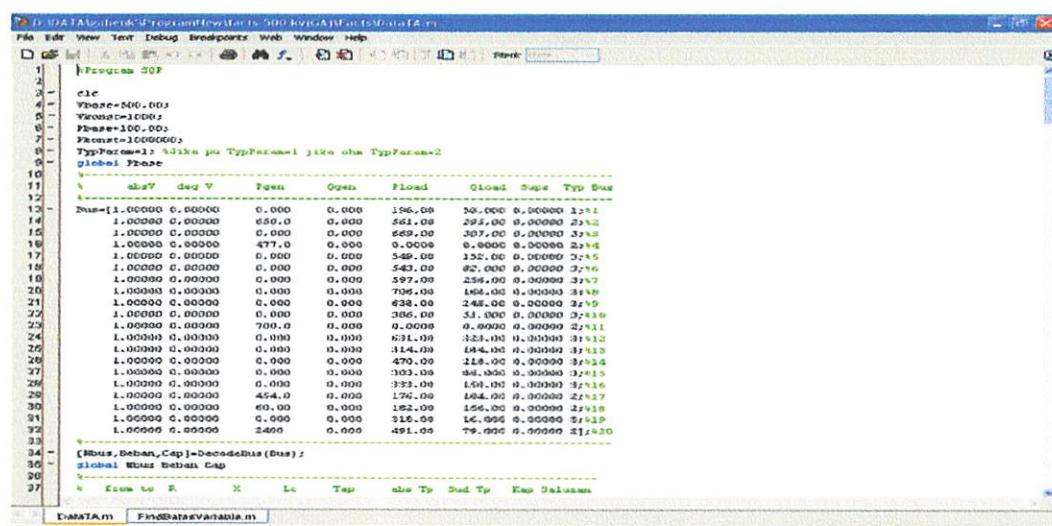
Gambar 4-5. Flow Chart Sub Routine Program Fmincon

4.5. Hasil Dan Analisis Hasil

4.5.1. Tampilan Program

Program dalam skripsi ini dijalankan dengan menggunakan bahasa pemrograman MATLAB versi 6.5.1. Mengenai jalannya program dapat dilakukan sebagai berikut :

1. Tampilan utama dari program



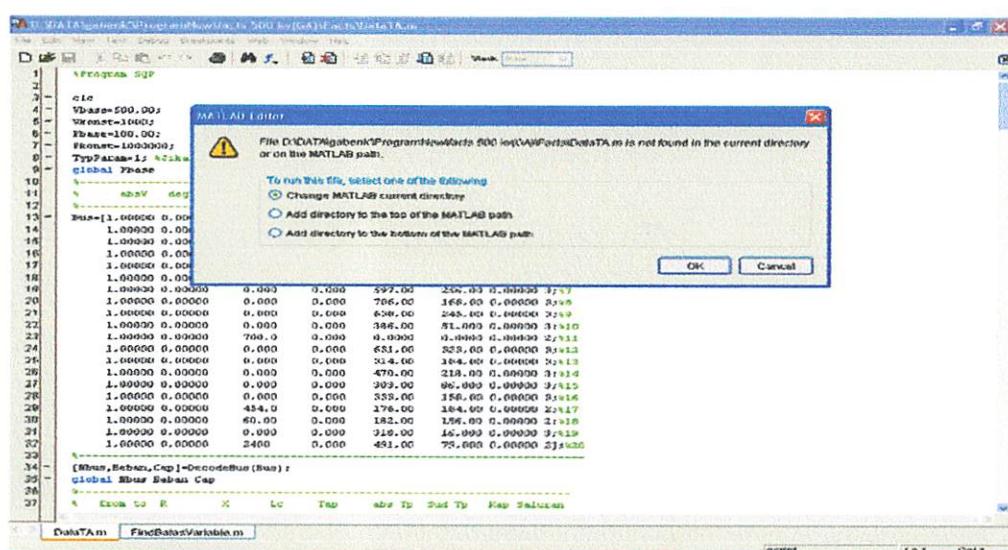
```

1 D:\DATA\Angaben\Program\NewData.m
2 File Edit View Test Debug Breakpoints Web Window Help
3 
4 %Program SIP
5 
6 clc
7 Bus=500.00;
8 Vsource=1000;
9 Phase=100.00;
10 Pkone=1000000;
11 TypParam=12; %like pu TypParam=1 jika ada TypParam=2
12 global Phase
13 
14 % absV deg V
15 % Bus Open Short Ground Segs Type Bus
16 
17 Bus=[1.00000 0.00000 0.000 0.000 196.00 306.00 0.00000 3x1x1
18 1.00000 0.00000 650.0 0.000 561.00 295.00 0.00000 2x1x2
19 1.00000 0.00000 0.000 0.000 669.00 307.00 0.00000 3x1x2
20 1.00000 0.00000 0.000 0.000 5.00000 5.00000 0.00000 3x1x2
21 1.00000 0.00000 0.000 0.000 638.00 248.00 0.00000 3x1x2
22 1.00000 0.00000 0.000 0.000 500.00 5.00000 0.00000 3x1x2
23 1.00000 0.00000 700.0 0.000 0.00000 0.00000 0.00000 3x1x1
24 1.00000 0.00000 0.000 0.000 631.00 323.00 0.00000 3x1x2
25 1.00000 0.00000 0.000 0.000 314.00 104.00 0.00000 3x1x2
26 1.00000 0.00000 0.000 0.000 470.00 118.00 0.00000 3x1x2
27 1.00000 0.00000 0.000 0.000 303.00 98.00 0.00000 3x1x2
28 1.00000 0.00000 0.000 0.000 383.00 105.00 0.00000 3x1x2
29 1.00000 0.00000 654.0 0.000 178.00 104.00 0.00000 2x1x2
30 1.00000 0.00000 60.00 0.000 182.00 156.00 0.00000 2x1x2
31 1.00000 0.00000 0.000 0.000 316.00 16.000 0.00000 3x1x2
32 1.00000 0.00000 2400.0 0.000 491.00 79.000 0.00000 3x1x20
33 
34 %Bus,Balans,Cap]=Decodetibus(Bus);
35 %global Bus,Balans,Cap
36 
37 % End to R X Lc Tap absTp StdTp KapSalvans

```

Gambar 4-6. Tampilan Program Utama

2. Pilih Data TA, kemudian tekan F5



The screenshot shows the same MATLAB Editor window as in Figure 4-6. A warning dialog box is overlaid on the editor. The dialog box contains the following text:

```

File D:\DATA\Angaben\Program\NewData.m
is not found in the current directory
or on the MATLAB path.

To run this file, select one of the following:
 Change MATLAB current directory
 Add directory to the top of the MATLAB path
 Add directory to the bottom of the MATLAB path

```

Buttons for "OK" and "Cancel" are visible at the bottom of the dialog.

Gambar 4-7. Tampilan Data General

Line No.	Name	Type	Setting	Value
1	N	Real	Max	4.0
2	M	Real	Min	-1.0
3	B	Real	Max	1.0
4	A	Real	Min	-1.0
5	C	Real	Max	1.0
6	D	Real	Min	-1.0
7	E	Real	Max	1.0
8	F	Real	Min	-1.0
9	G	Real	Max	1.0
10	H	Real	Min	-1.0
11	I	Real	Max	1.0
12	J	Real	Min	-1.0
13	K	Real	Max	1.0
14	L	Real	Min	-1.0
15	M	Real	Max	1.0
16	N	Real	Min	-1.0
17	O	Real	Max	1.0
18	P	Real	Min	-1.0
19	Q	Real	Max	1.0
20	R	Real	Min	-1.0
21	S	Real	Max	1.0
22	T	Real	Min	-1.0
23	U	Real	Max	1.0
24	V	Real	Min	-1.0
25	W	Real	Max	1.0
26	X	Real	Min	-1.0
27	Y	Real	Max	1.0
28	Z	Real	Min	-1.0

Gambar 4-8. Tampilan Hasil Program Sebelum proses optimasi

Line No.	Name	Type	Setting	Value
1	N	Real	Max	4.0
2	M	Real	Min	-1.0
3	B	Real	Max	1.0
4	A	Real	Min	-1.0
5	C	Real	Max	1.0
6	D	Real	Min	-1.0
7	E	Real	Max	1.0
8	F	Real	Min	-1.0
9	G	Real	Max	1.0
10	H	Real	Min	-1.0
11	I	Real	Max	1.0
12	J	Real	Min	-1.0
13	K	Real	Max	1.0
14	L	Real	Min	-1.0
15	M	Real	Max	1.0
16	N	Real	Min	-1.0
17	O	Real	Max	1.0
18	P	Real	Min	-1.0
19	Q	Real	Max	1.0
20	R	Real	Min	-1.0
21	S	Real	Max	1.0
22	T	Real	Min	-1.0
23	U	Real	Max	1.0
24	V	Real	Min	-1.0
25	W	Real	Max	1.0
26	X	Real	Min	-1.0
27	Y	Real	Max	1.0
28	Z	Real	Min	-1.0

Gambar 4-9. Tampilan Hasil lokasi,type, dan settingan dari Genetik Algoritma

Line No.	Name	Type	Setting	Value
1	N	Real	Max	4.0
2	M	Real	Min	-1.0
3	B	Real	Max	1.0
4	A	Real	Min	-1.0
5	C	Real	Max	1.0
6	D	Real	Min	-1.0
7	E	Real	Max	1.0
8	F	Real	Min	-1.0
9	G	Real	Max	1.0
10	H	Real	Min	-1.0
11	I	Real	Max	1.0
12	J	Real	Min	-1.0
13	K	Real	Max	1.0
14	L	Real	Min	-1.0
15	M	Real	Max	1.0
16	N	Real	Min	-1.0
17	O	Real	Max	1.0
18	P	Real	Min	-1.0
19	Q	Real	Max	1.0
20	R	Real	Min	-1.0
21	S	Real	Max	1.0
22	T	Real	Min	-1.0
23	U	Real	Max	1.0
24	V	Real	Min	-1.0
25	W	Real	Max	1.0
26	X	Real	Min	-1.0
27	Y	Real	Max	1.0
28	Z	Real	Min	-1.0

Gambar 4-10. Tampilan hasil program setelah pemasangan peralatan multi FACTS dengan Genetik Algoritma



```

MATLAB
File Edit View Web Window Help
Current Directory: D:\DATA\igabens\Programflow\FACTS 600 kV\GAYFacts
x =
150.0000
150.0000
-1.2499
150.0000

cval =
6.9271e+000

exiflag =
1

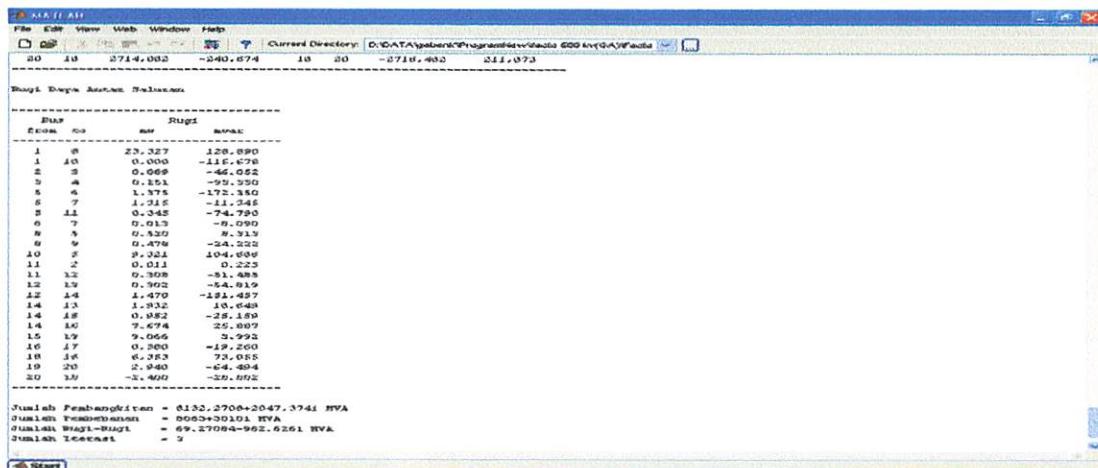
output =
iterations: 17
funcCount: 110
stepPrimer: 1
algorithm: 'medium-scale: SQP, Quasi-Newton, line-search'
firstorderOpt: 0
cyberIterations: {}

lambda =
lower: [4xi double]
upper: [4xi double]
eqlin: [6xi double]
eqnonlin: [6xi double]
ineqlin: [6xi double]
ineqnonlin: [6xi double]

Start

```

Gambar 4-11. Tampilan hasil settingan t erkoordinasi peralatan FACTS dengan Fmincon



	Rug1	Rug2	Rug3	Rug4
1	0	22.327	128.890	
1	10	0.000	-115.678	
2	0	0.000	-120.352	
2	0	0.151	-120.350	
5	6	1.375	-172.350	
6	7	1.315	-11.345	
8	12	0.128	-78.000	
9	7	0.013	-8.090	
9	5	0.420	8.313	
9	9	0.479	-34.323	
10	2	0.014	104.000	
11	2	0.011	0.223	
11	12	0.303	-81.485	
12	13	0.302	-54.019	
12	14	1.479	-10.657	
14	13	1.932	15.649	
14	18	0.982	-28.189	
14	16	0.44	28.097	
15	19	0.066	3.993	
16	17	0.068	-19.260	
18	14	6.353	73.085	
18	20	1.04	-48.034	
20	19	-8.400	-28.002	

```

Jumlah Pemampatan = 6132.27084-2047.3741 RVA
Jumlah Resisten = 6063+30101 RVA
Jumlah Rugi-Rugi = 69.27084-962.6261 RVA
Jumlah Teestat = 2

```

Gambar 4-12. Tampilan hasil program setelah pemasangan peralatan FACTS dengan Fmincon

4.5.2. Hasil Perhitungan dan Analisa Data

A. Hasil Perhitungan Pada Kondisi Awal

Tabel 4-3. Hasil Perhitungan Tegangan, Pembangkitan dan Pembebanan Sebelum Penggunaan Alat Multi FACTS Pada Jaringan Transmisi 500 kV Jawa-Bali Menggunakan Metode Newton Raphson

No	Bus	Tegangan	Sudut	Pembangkitan		Pembebanan	
				P (MW)	Q (Mvar)	P (MW)	Q (Mvar)
1	1	1.00000	0.00000	3392.601	166.547	196.000	58.000
2	2	1.00000	-0.13129	650.000	330.592	561.000	295.000
3	3	0.99739	-0.13613	0.000	0.000	669.000	307.000
4	4	1.00000	-0.12959	477.000	105.274	0.000	0.000
5	5	0.98817	-0.13319	0.000	0.000	549.000	152.000
6	6	0.98281	-0.15798	0.000	0.000	543.000	82.000
7	7	0.97776	-0.15980	0.000	0.000	597.000	256.000
8	8	0.98288	-0.12299	0.000	0.000	706.000	168.000
9	9	0.97961	-0.13004	0.000	0.000	638.000	245.000
10	10	0.99988	-0.00862	0.000	0.000	386.000	51.000
11	11	1.00000	-0.12911	700.000	953.780	0.000	0.000
12	12	0.98812	-0.13748	0.000	0.000	631.000	323.000
13	13	0.95553	-0.15663	0.000	0.000	314.000	184.000
14	14	0.97328	-0.08745	0.000	0.000	470.000	218.000
15	15	0.97316	-0.05864	0.000	0.000	303.000	86.000
16	16	0.98989	0.02489	0.000	0.000	333.000	150.000
17	17	1.00000	0.03791	454.000	357.349	176.000	184.000
18	18	1.00000	0.12104	60.000	211.230	182.000	156.000
19	19	0.99612	0.09050	0.000	0.000	318.000	16.000
20	20	1.00000	0.13257	2400.000	-50.873	491.000	79.000

Tabel 4-4. Hasil Perhitungan Aliran Daya Pada Tiap Saluran Jaringan Transmisi 500 kV Jawa-Bali Sebelum Penggunaan Alat Multi FACTS Dengan Menggunakan Metode Newton Rhapson

Saluran		Daya		Saluran		Daya	
dari	Ke	P (MW)	Q (Mvar)	Dari	Ke	P (MW)	Q (Mvar)
1	8	1964.694	148.883	8	1	-1941.280	-18.901
1	10	1231.907	-40.337	10	1	-1231.907	-75.321
2	3	192.340	62.343	3	2	-192.251	-108.396
3	4	-476.749	-198.604	3	4	77.000	105.274
5	6	580.693	-15.217	6	5	-579.287	-155.623
5	7	562.184	164.908	7	5	-560.759	-174.708
5	11	-259.019	-674.390	11	5	259.500	602.219
6	7	36.287	73.623	7	6	-36.241	-81.292
8	5	596.800	-359.626	5	8	-596.298	367.667
8	9	638.479	220.898	9	8	-638.000	-245.000
10	5	845.907	57.275	5	10	-836.560	47.701
11	2	103.351	-4.809	2	11	-103.340	5.034
11	12	337.149	388.155	12	11	-336.575	-435.729
12	13	54.945	48.848	13	12	-54.571	-102.037
12	14	-349.370	63.882	14	12	350.993	-210.438
14	13	261.374	50.628	13	14	-259.429	-31.847
14	15	-322.124	15.062	15	14	322.898	-41.567
14	16	-760.243	-21.257	16	14	768.785	56.723
15	19	-625.898	-44.433	19	15	634.172	40.335
16	17	-277.553	-191.726	17	16	278.000	173.349
18	16	831.171	55.416	16	18	-824.232	24.384
19	20	-952.172	-56.416	20	19	954.913	-10.939
20	18	954.087	-73.975	18	20	-953.171	84.964

Tabel 4-5. Hasil Perhitungan Rugi-Rugi Saluran Sebelum Penggunaan Alat Multi FACTS Dengan Menggunakan Metode Newton Rhapson

No	Saluran		Rugi-Rugi Saluran	
	Dari	Ke	P (MW)	Q (Mvar)
1	1	8	23.414	129.982
2	1	10	0.014	-115.658
3	2	3	0.089	-46.052
4	3	4	0.251	-93.330
5	5	6	1.406	-170.839
6	5	7	1.425	-9.800
7	5	11	0.481	-72.172
8	6	7	0.046	-7.669
9	8	5	0.503	8.041
10	8	9	0.479	-24.102
11	10	5	9.347	104.976
12	11	2	0.011	0.225
13	11	12	0.574	-47.574
14	12	13	0.374	-53.189
15	12	14	1.623	-146.556
16	14	13	1.945	187-.781
17	14	15	0.775	-26.505
18	14	16	8.542	35.467
19	15	19	8.274	-4.098
20	16	17	0.447	-18.377
21	18	16	6.939	79.800
22	19	20	2.741	-67.273
23	20	18	0.916	10.989

Keterangan :

Total Pembangkitan : $8133.6012 + j 2073.8987$ MVA

Total Pembebanan : $8063.000 + j 3010.000$ MVA

Total Rugi-Rugi Saluran : $70.60119 - j 936.1013$ MVA

B. Hasil Penentuan Lokasi, Type, dan Settingan Alat Multi FACTS Pada Sistem 500 kV Jawa Bali Dengan Menggunakan Algoritma Genetika

Hasil penentuan lokasi, type, beserta settingan alat Multi FACTS dengan metode Algoritma Genetika dapat dilihat pada table dibawah ini:

Tabel 4-6. Hasil Penentuan Lokasi, Type dan Settingan Alat Multi FACTS Dengan Menggunakan Metode Algoritma Genetika

Type	Posisi	Setting
3	7	105.000
3	12	135.000
2	21	-11.000
3	14	147.000

*Catatan: Type 2 = TCPST

Type 3 = SVC

Keterangan:

1. Alat SVC dipasang pada bus 7 dengan nilai settingan 105 MVAR
2. Alat SVC dipasang pada bus 12 dengan nilai settingan 135 MVAR
3. Alat TCPST dipasang pada saluran 21 (dari saluran 20 ke saluran 18) dengan nilai settingan -11.000°
4. Alat SVC dipasang pada bus 14 dengan nilai settingan 147 MVAR

Tabel 4-7. Hasil Perhitungan Tegangan, Pembangkitan dan Pembebanan Sesudah Penggunaan Alat Multi FACTS Pada Jaringan Transmisi 500 kV Jawa-Bali Menggunakan Metode Newton Raphson

No	Bus	Tegangan	Sudut	Pembangkitan		Pembebanan	
				P (MW)	Q (Mvar)	P (MW)	Q (Mvar)
1	1	1.00000	0.00000	3391.458	137.802	196.000	58.000
2	2	1.00000	-0.13109	650.000	330.592	561.000	295.000
3	3	0.99739	-0.13096	0.000	0.000	669.000	307.000
4	4	1.00000	-0.13580	477.000	105.274	0.000	0.000
5	5	0.98965	-0.12926	0.000	0.000	549.000	152.000
6	6	0.98573	-0.13746	0.000	0.000	543.000	82.000
7	7	0.98275	-0.15061	0.000	105.224	597.000	256.000
8	8	0.98406	-0.12287	0.000	0.000	706.000	168.000
9	9	0.98080	-0.12985	0.000	0.000	638.000	245.000
10	10	0.99995	-0.00840	0.000	0.000	386.000	51.000
11	11	1.00000	-0.12913	700.000	672.681	0.000	0.000
12	12	0.99350	-0.13760	0.000	134.547	631.000	323.000
13	13	0.96539	-0.15665	0.000	0.000	314.000	184.000
14	14	0.98518	-0.09020	0.000	146.988	470.000	218.000
15	15	0.98241	-0.06217	0.000	0.000	303.000	86.000
16	16	0.99223	0.01545	0.000	0.00	333.000	150.000
17	17	1.00000	0.02706	454.000	309.662	176.000	184.000
18	18	1.00000	0.11281	60.000	190.867	182.000	156.000
19	19	0.99761	0.08302	0.000	0.000	318.000	16.000

20	20	1.00000	0.12450	2400.000	-84.645	491.000	79.000
----	----	---------	---------	----------	---------	---------	--------

Tabel 4-8. Hasil Perhitungan Aliran Daya Pada Tiap Saluran Jaringan Transmisi 500 kV Jawa-Bali Setelah Menggunakan Alat Multi FACTS Dengan Menggunakan Metode Newton Rapson

Saluran		Daya		Saluran		Daya	
dari	Ke	P (MW)	Q (Mvar)	Dari	Ke	P (MW)	Q (Mvar)
1	8	1963.817	129.792	8	1	-1940.468	-0.621
1	10	1231.641	-49.990	10	1	-1231.641	-65.683
2	3	192.340	62.343	3	2	-192.251	-108.396
3	4	-476.749	-198.604	4	3	477.000	105.274
5	6	580.054	-49.392	6	5	-578.671	-122.531
5	7	562.687	91.253	7	5	-561.349	-102.251
5	11	-259.950	-594.195	11	5	260.333	520.133
6	7	35.671	40.531	7	6	-35.651	-48.525
8	5	595.990	-377.797	5	8	-595.475	386.024
8	9	638.478	220.814	9	8	-638.000	-245.000
10	5	845.641	47.642	5	10	-836.314	57.107
11	2	103.351	-4.809	2	11	-103.340	5.034
11	12	3363.316	189.142	12	11	-335.996	-240.432
12	13	54.180	37.528	13	12	-53.878	-92.303
12	14	-349.185	14.451	14	12	350.654	-165.792
14	13	262.055	59.206	13	14	-260.121	-40.541
14	15	-323.170	45.825	15	14	323.953	-73.015
14	16	-759.540	43.024	16	14	767.929	-9.846
15	19	-626.953	-12.985	19	15	635.126	6.653
16	17	-277.615	-144.849	17	16	278.000	125.662
18	16	830.219	35.144	16	18	-823.314	44.263
19	20	-953.126	-22.653	20	19	955.867	-44.778
20	18	953.133	-73.906	18	20	-952.219	84.873

Tabel 4-9. Hasil Perhitungan Rugi-Rugi Saluran Sesudah Penggunaan Alat Multi FACTS Pada Saluran Transmisi 500 kV Jawa-Bali Menggunakan Metode Newton Raphson

No	Saluran		Rugi-Rugi Saluran	
	Dari	Ke	P (MW)	Q (Mvar)
1	1	8	23.349	129.171
2	1	10	0.008	-115.673
3	2	3	0.089	-46.052
4	3	4	0.251	-93.330
5	5	6	1.382	-171.923
6	5	7	1.338	-10.998
7	5	11	0.383	-74.062
8	6	7	0.020	-7.994
9	8	5	0.514	8.227
10	8	9	0.478	-24.186

11	10	5	9.327	104.749
12	11	2	0.011	0.225
13	11	12	0.321	-51.291
14	12	13	0.302	-54.776
15	12	14	1.470	-151.341
16	14	13	1.934	18.666
17	14	15	0.783	-27.190
18	14	16	8.390	33.178
19	15	19	8.173	-6.332
20	16	17	0.385	-19.187
21	18	16	6.905	79.407
22	19	20	2.741	-67.431
23	20	18	0.914	10.967

Keterangan :

Total Pembangkitan : $8132.4578 + j 2048.9922$ MVA

Total Pembebanan : $8063.000 + j 3010.000$ MVA

Total Rugi-Rugi Saluran : $69.45782 - j 961.0078$ MVA

Berdasarkan perhitungan program data 20 bus dan 23 saluran sistem Jawa-Bali, ternyata metode Algoritma Genetika mempunyai kemampuan dalam menghasilkan perhitungan aliran daya beserta rugi-rugi saluran. Pada hasil perhitungan total rugi-rugi saluran pada kondisi awal adalah $70.60119 - j 936.1013$ MVA tetapi setelah melakukan optimasi menggunakan metode Algoritma Genetika ternyata pada kondisi akhir terjadi penurunan total rugi-rugi saluran menjadi $69.45782 - j 961.0078$ MVA.

Setelah melakukan proses optimasi dengan Genetik Algoritma dilanjutkan dengan proses optimasi dengan *Fmincon*.

c. Hasil Penentuan Setting Terkoordinasi Alat Multi FACTS Pada Sistem 500

kV Jawa Bali Dengan Menggunakan Fmincon.

Hasil penentuan setting terkoordinasi alat Multi FACTS dengan *Fmincon* dapat dilihat pada table dibawah ini:

Tabel 4-10. Hasil Penentuan Setting Terkoordinasi alat Multi-Type FACTS Dengan Menggunakan Fmincon

Type	Posisi	Setting
3	7	150.000
3	12	150.000
2	21	-1.2477
3	14	150.000

*Catatan: Type 2 = TCPST
Type 3 = SVC

Keterangan:

1. Alat SVC dipasang pada bus 7 dengan nilai settingan 150 MVAR
2. Alat SVC dipasang pada bus 12 dengan nilai settingan 150 MVAR
3. Alat TCPST dipasang pada saluran 21 (dari saluran 20 ke saluran 18) dengan nilai settingan -1.2477°
4. Alat SVC dipasang pada bus 14 dengan nilai settingan 150 MVAR

Tabel 4-11. Hasil Perhitungan Tegangan, Pembangkitan dan Pembebanan Sesudah Penggunaan Alat Multi FACTS Dengan Setting Terkoordinasi Pada Jaringan Transmisi 500 kV Jawa-Bali Menggunakan Metode Newton Raphson

No	Bus	Tegangan	Sudut	Pembangkitan		Pembebanan	
				P (MW)	Q (Mvar)	P (MW)	Q (Mvar)
1	1	1.00000	0.00000	3391.271	125.689	196.000	58.000
2	2	1.00000	-0.13102	650.000	330.592	561.000	295.000
3	3	0.99739	-0.13586	0.000	0.000	669.000	307.000
4	4	1.00000	-0.12932	477.000	105.274	0.000	0.000
5	5	0.99027	-0.13305	0.000	0.000	549.000	152.000
6	6	0.98697	-0.15784	0.000	0.000	543.000	82.000
7	7	0.98486	-0.15988	0.000	150.000	597.000	256.000
8	8	0.98456	-0.12287	0.000	0.000	706.000	168.000

9	9	0.98131	-0.12990	0.000	0.000	638.000	245.000
10	10	0.99997	-0.00862	0.000	0.000	386.000	51.000
11	11	1.00000	-0.12885	700.000	623.039	0.000	0.000
12	12	0.99391	-0.13757	0.000	150.000	631.000	323.000
13	13	0.96576	-0.15655	0.000	0.000	314.000	184.000
14	14	0.98551	-0.08900	0.000	150.000	470.000	218.000
15	15	0.98218	-0.05757	0.000	0.000	303.000	86.000
16	16	0.99247	0.01762	0.000	0.00	333.000	150.000
17	17	1.00000	0.03081	454.000	304.640	176.000	184.000
18	18	1.00000	0.13146	60.000	185.268	182.000	156.000
19	19	0.99735	0.09891	0.000	0.000	318.000	16.000
20	20	1.00000	0.14256	2400.000	-77.122	491.000	79.000

Tabel 4-12. Hasil Perhitungan Aliran Daya Pada Tiap Saluran Sesudah Penggunaan Alat Multi FACTS Dengan Setting Terkoordinasi Pada Jaringan Transmisi 500 kV Jawa-Bali Menggunakan Metode Newton Raphson

Saluran		Daya		Saluran		Daya	
dari	Ke	P (MW)	Q (Mvar)	Dari	Ke	P (MW)	Q (Mvar)
1	8	1963.642	121.748	8	1	-1940.315	7.142
1	10	1231.629	-54.059	10	1	-1231.629	-61.619
2	3	192.340	62.343	3	2	-192.251	-108.396
3	4	-476.749	-198.604	4	3	477.000	105.278
5	6	579.790	-63.859	6	5	-578.415	-108.492
5	7	562.913	60.073	7	5	-61.598	-71.418
5	11	-260.078	-560.296	11	5	260.423	485.506
6	7	35.415	26.492	7	6	-35.402	-34.582
8	5	595.837	-385.514	5	8	-595.317	393.827
8	9	638.478	220.778	9	8	-638.000	-245.000
10	5	845.629	43.579	5	10	-836.308	61.106
11	2	103.351	-4.809	2	11	-103.340	5.034
11	12	336.227	174.126	12	11	-335.919	-225.611
12	13	54.172	37.607	13	12	-53.870	-92.426
12	14	-349.254	15.005	14	12	350.724	-166.462
14	13	262.061	59.027	13	14	-260.130	-40.379
14	15	-355.934	56.093	15	14	356.887	-81.245
14	16	-726.851	36.652	16	14	734.523	-10.787
15	19	-659.887	-4.755	19	15	668.957	8.780
16	17	-277.620	-139.900	17	16	278.000	120.640
18	16	984.001	14.375	16	18	-975.185	54.354
19	20	-986.957	-24.780	20	19	989.897	-39.705
20	18	919.103	-71.457	18	20	-918.253	81.656

Tabel 4-13. Hasil Perhitungan Rugi-Rugi Saluran Sesudah Penggunaan Alat Multi FACTS Dengan Setting Terkoordinasi Pada Jaringan Transmisi 500 kV Jawa-Bali Menggunakan Metode Newton Raphson

No	Saluran		Rugi-Rugi Saluran	
	Dari	Ke	P (MW)	Q (Mvar)
1	1	8	23.327	128.890
2	1	10	0.006	-115.678
3	2	3	0.089	-46.052
4	3	4	0.251	-93.330
5	5	6	1.375	-172.350
6	5	7	1.315	-11.345
7	5	11	0.345	-74.790
8	6	7	0.013	-8.090
9	8	5	0.520	8.313
10	8	9	0.478	-24.22
11	10	5	9.321	104.686
12	11	2	0.011	0.225
13	11	12	0.308	-51.485
14	12	13	0.302	-54.819
15	12	14	1.470	-151.457
16	14	13	1.932	18.649
17	14	15	0.953	-25.152
18	14	16	7.672	25.865
19	15	19	9.069	4.025
20	16	17	0.380	-19.260
21	18	16	8.816	68.729
22	19	20	2.940	-64.484
23	20	18	0.850	10.198

Keterangan :

Total Pembangkitan : $8132.2708 + j 2047.3796$ MVA

Total Pembebanan : $8063.000 + j 3010.000$ MVA

Total Rugi-Rugi Saluran : $69.27084 - j 962.6204$ MVA

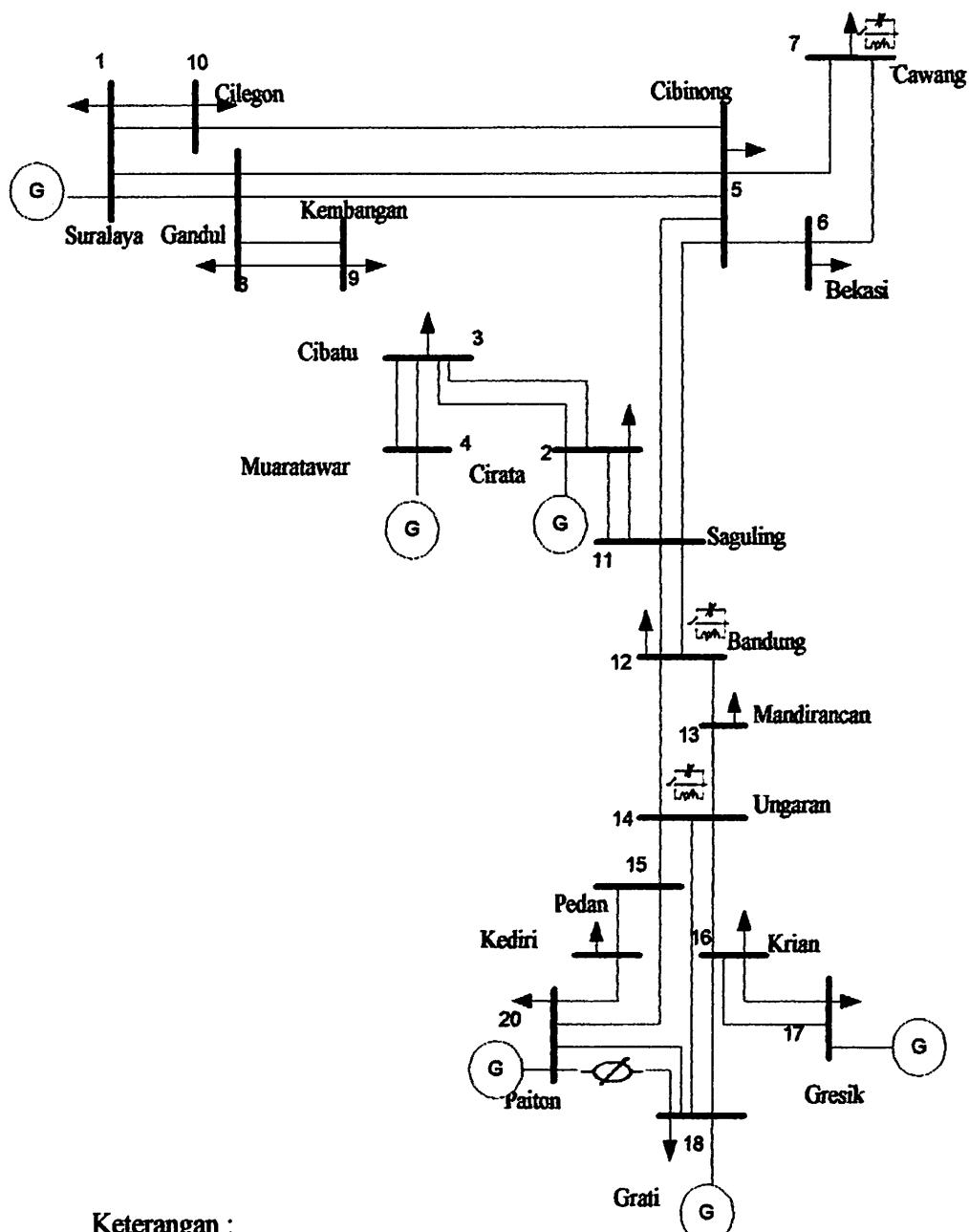
Berdasarkan perhitungan ternyata metode Fmincon mempunyai kemampuan dalam menghasilkan perhitungan aliran daya beserta rugi-rugi saluran. Pada hasil perhitungan total rugi-rugi saluran pada kondisi awal adalah $70.60119 - j 936.1013$ MVA tetapi setelah melakukan optimasi menggunakan metode Fmincon ternyata

pada kondisi akhir terjadi penurunan total rugi-rugi saluran menjadi $69.27084 - j 962.6204$ MVA.

Tabel 4-14. Perbandingan Selisih Rugi-rugi Setelah Optimasi Antara Genetik Algoritma dan Fmincon

Metode	Rugi-rugi sebelum proses optimasi	Rugi-rugi setelah proses optimasi	Selisih
Genetik Algoritma	$70.60 - j 936.10$ MVA	$69.46 - j 961.01$ MVA	$1.14 + j 24.91$ MVA
<i>Fmincon</i>	$70.60 - j 936.10$ MVA	$69.27 - j 962.62$ MVA	$1.33 + j 26.52$ MVA

Berdasarkan perhitungan program data 20 bus dan 23 saluran sistem 500 kV Jawa-Bali, dengan dua proses optimasi yang telah dilakukan ternyata *Fmincon* mempunyai kemampuan dalam menghasilkan penurunan rugi-rugi saluran lebih baik daripada Genetik Algoritma. Pada hasil perhitungan total rugi-rugi saluran pada kondisi awal adalah $70.60119 - j 936.1013$ MVA setelah melakukan optimasi menggunakan metode Algoritma Genetika ternyata pada kondisi akhir terjadi penurunan total rugi-rugi saluran menjadi $69.46 - j 961.01$ MVA sehingga didapat selisih penurunan rugi-rugi sebesar $1.14 + j 24.91$ MVA, untuk *Fmincon* kondisi akhir terjadi penurunan total rugi-rugi saluran menjadi $69.27 - j 962.62$ MVA sehingga didapat selisih penurunan rugi-rugi sebesar $1.33 + j 26.52$ MVA.



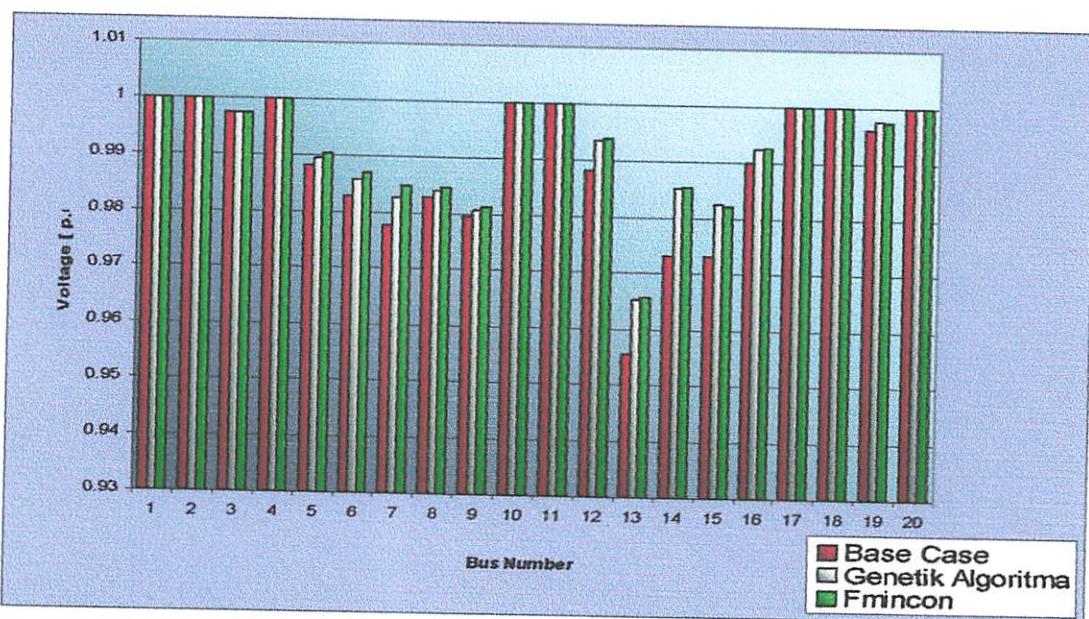
Keterangan :

: SVC

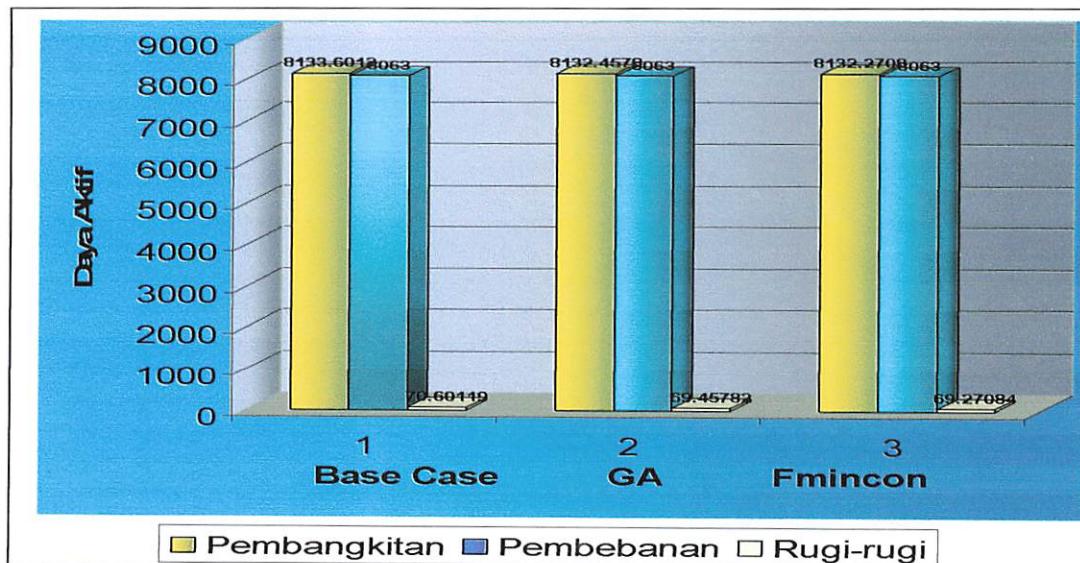
: TCPST

Gambar 4-13. Diagram Garis Tunggal Sistem Jaringan Tenaga Listrik 500 kV Jawa-Bali Setelah Penggunaan Alat Multi FACTS

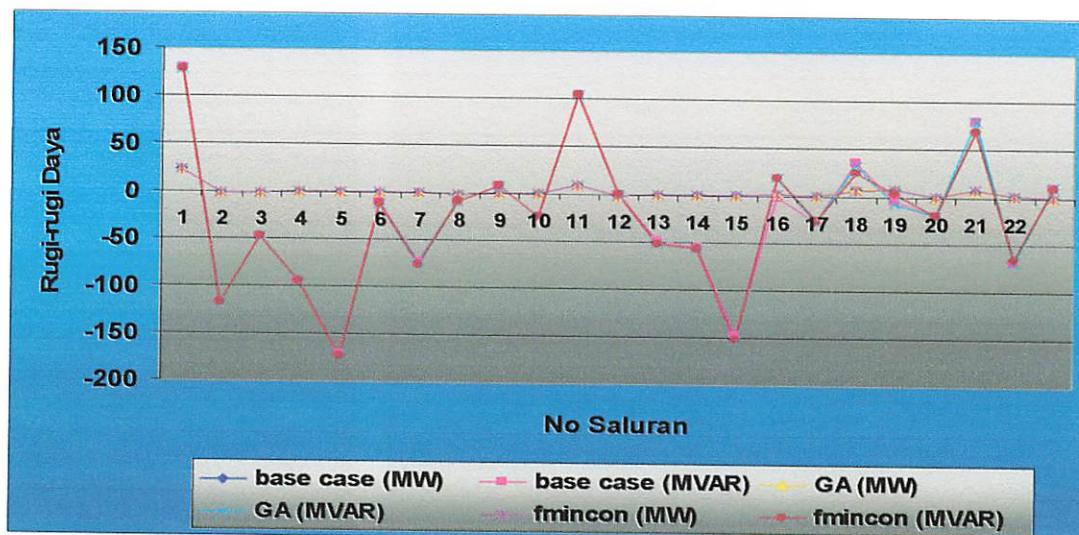
Grafik 4-1. Grafik Perbandingan Profile Tegangan Tiap Bus



Dari tampilan grafik perbandingan profile tegangan dapat diketahui kenaikan profile tegangan setelah melakukan proses optimasi dengan *Fmincon* lebih baik daripada optimasi dengan Genetik Algoritma . Kenaikan profile tegangan tiap bus dari *Fmincon* terhadap Genetik Algoritma dapat dilihat pada Bus 5, bus 6, bus 7, bus 8, bus 9, bus 12 dan bus 13. Nilai ekstrim yang tampak pada perubahan profil tegangan yaitu pada bus 5 sebesar 0.98965 pu menjadi 0.99027 pu, bus 6 sebesar 0.98573 pu menjadi 0.98697 pu, bus 7 sebesar 0.98275 pu menjadi 0.98486 pu, bus 8 sebesar 0.98406 pu menjadi 0.98456 pu, bus 9 sebesar 0.98080 pu menjadi 0.98131 pu, bus 12 sebesar 0.99350 pu menjadi 0.99391 pu, dan bus 13 sebesar 0.96539 pu menjadi 0.96576 pu sehingga semua tegangan yang ada pada sistem menjadi lebih baik sesuai dengan standart PLN.

Grafik 4-2. Perbandingan Total Rugi-Rugi

Dari tampilan grafik perbandingan total rugi-rugi diketahui hasil total rugi-rugi saluran awal sebesar $70.60119 - j 936.1013$ MVA, total rugi-rugi saluran untuk Genetik Algoritma sebesar $69.46 - j 961.01$ MVA, dan total rugi-rugi saluran untuk *Fmincon* sebesar $69.27 - j 962.62$ MVA.

Grafik 4-3. Hasil Perhitungan Rugi-rugi Saluran Pada Tiap Saluran Untuk Daya Aktif (MW) dan Daya Reaktif (MVAR)

Dari tampilan hasil perhitungan rugi-rugi saluran pada tiap saluran untuk daya aktif (MW) dan daya reaktif (MVAR) diketahui nilai ekstrim yang tampak pada penurunan daya aktif yaitu pada saluran 1-8 sebesar 23.414 MW menjadi 23.349 MW untuk proses Genetik Algoritma dan menjadi 23.327 MW untuk proses *Fmincon*. Pada saluran 5-7 sebesar 1.425 MW menjadi 1.338 MW untuk proses Genetik Algoritma dan menjadi 1.315 MW untuk proses *Fmincon*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Setelah melakukan analisis dari uji coba program dengan menggunakan metode Algoritma Genetika dan *Fmincon* dalam menentukan kontrol terkoordinasi Multi-Type FACTS di system 500 kV Jawa-Bali maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Metode penentuan kontrol terkoordinasi Multi-Type FACTS yang telah dikembangkan pada system 500 kV Jawa-Bali ternyata telah berhasil mereduksi rugi-rugi saluran sebesar $1.14337 + j 24.9065$ MVA (Genetik Algoritma), $1.33035 + j 26.5191$ MVA (*Fmincon*) sehingga secara tidak langsung kapasitas transfer dayanya dapat ditingkatkan.
2. Berdasarkan hasil perhitungan ternyata total rugi-rugi saluran dapat diturunkan dari pada kondisi awal $70.60119 - j 936.1013$ MVA menjadi $69.45782 - j 961.0078$ MVA (Genetik Algoritma) dan $69.27084 - j 962.6204$ MVA (*Fmincon*) pada kondisi akhir.
3. Hasil penurunan rugi-rugi saluran didapatkan lebih baik dengan menggunakan *Fmincon* daripada dengan Genetik Algoritma dengan selisih rugi saluran sebesar $0.19 + j 1.6125$ MVA.
4. Settingan terkoordinasi dengan *Fmincon* mampu memperbaiki profile tegangan dibandingkan dengan Genetik Algoritma untuk tiap bus yaitu bus 5 sebesar 0.98965 pu menjadi 0.99027 pu, bus 6 sebesar 0.98573 pu menjadi 0.98697 pu, bus 7 sebesar 0.98275 pu menjadi 0.98486 pu, bus 8 sebesar 0.98406 pu menjadi 0.98456 pu, bus 9 sebesar 0.98080 pu menjadi 0.98131 pu, bus 12 sebesar 0.99350 pu menjadi 0.99391 pu dan bus 13 sebesar 0.96539 pu menjadi 0.96576 pu.

5. Berdasarkan hasil program dengan menggunakan *Fmincon* Pemasangan 4 alat Multi-Type FACTS dilakukan pada Bus 7 dengan settingan 150 MVAR(SVC), Bus 12 dengan settingan 150 MVAR(SVC) dan Bus 14 dengan settingan 150 MVAR(SVC) serta pada saluran no 21 (saluran 20 ke saluran 18) dengan settingan -1.2477^0 untuk TCPST.

5.2. Saran

Penelitian belum sampai menghitung faktor ekonomi setelah pemasangan alat multi FACTS karena keterbatasan waktu dan biaya. Untuk menciptakan hasil yang lebih baik dan realistik penelitian ini perlu dilanjutkan untuk perhitungan faktor ekonominya.



DAFTAR PUSTAKA

- [1]. G.Glazmann,G.Andersson," *Coordinated control of FACTS Device based on Optimal Power Flow*". Electric Power System Research.
- [2]. Stephene Gerbex, Rachid Cherkaoui, And Alain J. Germond," *Optimal Location of Multi_Type FACTS Devices in Power System by Means of Genetic Algorithms*,"IEEE Trans on power system,vol.16.No 3, Agust 2001.
- [3]. L.J. Nagrath, D.P. Kothari, " *Modern Power System Analysis*". Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited New Delhi.
- [4]. M.A. Pai," *Computer Techniques In Power System Analysis*". Indian Institute of Technology, Kanpur.
- [5]. Taufik, M.Sc," *FACTS Sebagai Teknologi Transmisi Listrik Masa Depan*"www.elektroindonesia.com," Edisi ke Lima Belas, November 1998
- [6]. Son Kuswadi, " *Control Intelegent*," Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- [7]. Stevenson, William D., Jr, " *Analisa sistem Tenaga Listrik*", Penerbit Erlangga edisi keempat, 1996.
- [8]. Mitsuo Gen, Runwei Cheng, " *Genetic Algorithm And Engineering Design*", (John Wiley & Son, Inc., 1994) p-7



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

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

1. Nama : MADE ADI SURYA ANTARA
2. NIM : 02.12.104
3. Jurusan : Teknik Elektro S-1
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi : STUDI KENDALI TERKOORDINASI PERALATAN FACTS BERBASIS OPTIMAL POWER FLOW (OPF) PADA SALURAN TRANSMISI 500 KV JAWA-BALI

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

Hari : Sabtu
Tanggal : 23 September 2006
Dengan Nilai : 82,5 (A)

Panitia Ujian Skripsi



Ir. Mochtar Asroni, MSME
Ketua



Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
Sekretaris

Anggota Penguji

I Nakhoda, MT
Penguji Pertama

Irrine Budi S., ST, MT
Penguji Kedua





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

LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

1. Nama : MADE ADI SURYA ANTARA
2. NIM : 02.12.104
3. Jurusan : TEKNIK ELEKTRO S-1
4. Konsentrasi : TEKNIK ENERGI LISTRIK
5. Judul Skripsi :

STUDI KENDALI TERKOORDINASI PERALATAN FACTS BERBASIS OPTIMAL POWER FLOW (OPF) PADA SALURAN TRANSMISI 500 KV JAWA BALI

6. Tanggal Mengajukan Skripsi : 2 Juni 2006
7. Tanggal Menyelesaikan Skripsi : 2 November 2006
8. Dosen Pembimbing : Ir. I Made Wartana, MT
10. Telah dievaluasi dengan nilai : 90 %

Malang, September 2006

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Impraptono, MT
NIP. 39500 274

Disetujui
Dosen Pembimbing

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





PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

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

Hari : Sabtu
Tanggal : 23 September 2006

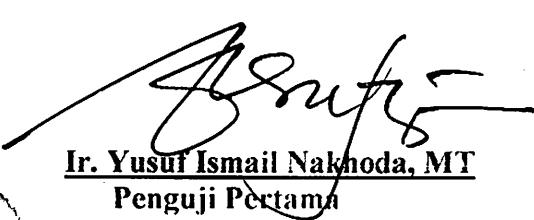
Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

1. Nama : Made Adi Surya Antara
2. NIM : 02.12.104
3. Jurusan : Teknik Elektro
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi : STUDI KENDALI TERKOORDINASI PERALATAN FACTS BERBASIS OPTIMAL POWER FLOW(OPF)
PADA SALURAN TRANSMISI 500 KV JAWA-BALI

Perbaikan meliputi :

No	Materi Perbaikan	Ket
1	Abstraksi	
2	Tujuan diperjelas menggunakan metode apa ?	
3	Batasan masalah dilengkapi metode yang digunakan.	

Anggota Pengaji,


Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
Pengaji Pertama


Irrine Budi S., ST, MT
Pengaji Kedua

Dosen Pembimbing,


Ir. Made Wartana, MT



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Made Adi Surya Antara
Nim : 02.12.104
Masa Bimbingan : 2 Juni 2006 s/d 2 November 2006
Judul Skripsi : **STUDI KENDALI TERKOORDINASI PERALATAN FACTS BERBASIS OPTIMAL POWER FLOW (OPF) PADA SALURAN TRANSMISI 500 KV JAWA-BALI**

Tanggal	Uraian	Parap Pembimbing
3-7-2006	Buat ringkasan dalam bentuk seminar hasil	✓
6-7-2006	Sempurnakan flowchart dan tujuan hasil dari analisis	✓
10-7-2006	Tampilkan grafik profile tegangan	✓
13-7-2006	Check batas Qmax hasil dengan data	✓
14-7-2006	Tampilkan gambar single line setelah pemasangan alat	✓
17-7-2006	Masukan hasil validasi, perbaiki tata tulis, diringkas jumlah halaman	✓
21-7-2006	Acc daftar seminar hasil dan buat power point	✓
27-7-2006	Revisi sistematika penulisan	✓
29-7-2006	Flowchart disempurnakan	✓
2006	Acc daftar kompre	✓

Malang, September 2006
Dosen Pembimbing,


Ir.I Made Wartana, MT



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Malang, 25 februari 2006

Lampiran : 1 (Satu) Berkas
Perihal : **Kesediaan Sebagai
Dosen Pembimbing**

Kepada : Yth. Bapak/Ibu. Ir. Md. Wartana, MT.
Dosen Jurusan Elektro S-1/ T.Energi Listrik
Institut Teknologi Nasional Malang
di-
Malang

Yang bertandatangan di bawah ini :

• Nama : Md.Adi Surya Antara
Nim : 02.12.104
Semester : VIII(Delapan)
Jurusan : TEKNIK ELEKTRO
Konsentrasi : ENERGI LISTRIK S-1

Dengan ini mengajukan permohonan, kiranya Bapak/Ibu bersedia menjadi Dosen Pembimbing Utama atau pendamping dari 1 atau 2 dosen pembimbing, untuk penyusunan Skripsi dengan judul :

**STUDI KENDALI TERKOORDINASI PERALATAN FACTS
BERBASIS OPTIMAL POWER FLOW (OPF) PADA SALURAN
TRANSMISI JAWA-BALI**

Seperti proposal terlampir.

Adapun Tugas tersebut sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sajana Teknik pada jurusan Teknik Elektro.

Demikian permohonan kami, atas kesediaan Bapak / ibu kami ucapan terimakasih.

Mengetahui,
Ketua Jurusan
Teknik Elektro

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
Nip.P.1039500274

Malang, 25 februari 2006

Pemohon,

Md. Adi Surya A.
Nim : 02.12.104

Form S-3a



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

PERNYATAAN KESEDIAAN SEBAGAI DOSEN PEMBIMBING SKRIPSI

Sesuai dengan Permohonan Mahasiswa :

Nama : Md.Adi Surya Antara
Nim : 02.12.104
Semester : VIII (Delapan)
Jurusan : TEKNIK ELEKTRO
Konsentrasi : ENERGI LISTRIK S-1

Dengan ini menyatakan **bersedia / tidak bersedia** " menjadi Dosen Pembimbing Utama / Pendamping ", untuk penyusunan Skripsi Mahasiswa tersebut dengan judul :

**STUDI KENDALI TERKOORDINASI PERALATAN FACTS
BERBASIS OPTIMAL POWER FLOW (OPF) PADA SALURAN
TRANSMISI JAWA-BALI**

Demikian pernyataan ini kami buat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Malang, februari 2006
Yang Membuat Pernyataan,

Ir.Md. Wartana, MT.

Catatan :

1. Setelah disetujui agar formulir ini diserahkan mahasiswa/I yang bersangkutan kepada jurusan untuk diproses lebih lanjut.
2. " Coret yang tidak perlu

Form. S - 3b



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

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

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

Malang, 8 Juni 2006

Nomor : ITN-1415/I.TA/2/06
Lampiran : satu lembar
Perihal : **BIMBINGAN SKRIPSI**

Kepada : Yth. Sdr. Ir. I MADE WARTANA, MT
Dosen Institut Teknologi Nasional
di –
Malang

Dengan Hormat,
Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam proposal skripsi
melalui seminar proposal yang telah dilakukan untuk mahasiswa :

Nama	: MD ADI SURYA ANTARA
Nim	: 0212104
Fakultas	: Teknologi Industri
Jurusan	: Teknik Elektro
Konsentrasi	: T. Energi Listrik (S-1)

Dengan ini pembimbingan skripsi tersebut kami serahkan sepenuhnya
kepada saudara/I selama masa waktu **6 (enam) bulan** terhitung mulai
tanggal:

02 Juni 2006 s/d 02 Nov. 2006

Adapun tugas tersebut merupakan salah satu syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Teknik, Jurusan Teknik Elektro.

Demikian atas perhatian serta kerjasama yang baik kami ucapkan terima
kasih



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

Tindasan :

1. Mahasiswa yang bersangkutan
2. Arsip.

Form. S-4a



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2
M A L A N G

PERMOHONAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

N a m a : Md. Adi Surya A .
N I M : 02.12.104
S e m e s t e r : VII
F a k u l t a s : Teknologi Industri
J u r u s a n : Teknik Elektro S-I
K o n s e n t r a s i : Teknik Energi Listrik
A l a m a t :

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

Adapun persyaratan-persyaratan pengambilan *SKRIPSI* adalah sebagai berikut :

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

Demikian permohonan ini untuk mendapatkan penyelesaian lebih lanjut dan atas perhatiannya kami ucapkan terimakasih.

Telah diteliti kebenaran data tersebut diatas
Recording Teknik Elektro

Malang, 2006

Pemohon

fm-



*** LAMPIRAN ***

DATA SALURAN JURNAL

No	Dari-Ke	X (pu)	R (pu)	B (pu)
1	1-2	0.06	0.006	0.04
2	2-3	0.04	0.004	0.04
3	1-4	0.06	0.006	0.06
4	3-4	0.05	0.005	0.04
5	4-5	0.04	0.004	0.04
6	1-6	0.09	0.009	0.06
7	5-6	0.04	0.004	0.06
8	5-8	0.04	0.004	0.06
9	7-8	0.06	0.006	0.06
10	6-7	0.06	0.006	0.06

DATA PEMBANGKITAN DAN PEMBEBANAN JURNAL

No	Bus	Type	Generation		Load	
			P(Mw)	Q(Mvar)	P(Mw)	Q(Mvar)
1	1	Slack	0	0	-	-
2	2	PV	2000	300	-	-
3	3	PV	1200	200	500	150
4	4	-	-	-	-	-
5	5	-	-	-	-	-
6	6	PQ	-	-	1500	250
7	7	PQ	-	-	1600	300
8	8	PV	800	200	1200	250

Validasi Untuk Base Case

Hasil Perhitungan Tegangan, Pembangkitan dan Pembebanan Sebelum Penggunaan Alat Multi-Type FACTS Pada Data Journal Menggunakan Metode Newton Raphson

No	Bus	Tegangan	Sudut	Pembangkitan		Pembebanan	
				P (MW)	Q (Mvar)	P (MW)	Q (Mvar)
1	1	1.00000	0.00000	880.497	48.300	0.000	0.000
2	2	1.01920	0.07085	2000.000	300.000	0.000	0.000
3	3	1.01123	0.04138	1200.000	200.000	500.000	150.000
4	4	0.99441	-0.03059	0.000	0.000	0.000	0.000
5	5	0.97718	-0.11049	0.000	0.000	0.000	0.000
6	6	0.96763	-0.14517	0.000	0.000	1500.000	250.000
7	7	0.95555	-0.20249	0.000	0.000	1600.000	300.000
8	8	0.96805	-0.15720	800.000	200.000	1200.000	250.000

Hasil Perhitungan Aliran Daya Pada Tiap Saluran Pada Sistem Journal Sebelum Penggunaan Alat Multi-Type FACTS Dengan Menggunakan Metode Newton Raphson

Saluran		Daya		Saluran		Daya	
dari	Ke	P (MW)	Q (Mvar)	Dari	Ke	P (MW)	Q (Mvar)
1	2	-1218.018	-195.566	2	1	1227.065	204.482
1	4	511.828	-10.204	4	1	-510.242	-93.259
1	6	1586.687	254.071	6	1	-1563.141	-134.790
2	3	772.935	95.518	3	2	-770.562	-154.243
3	4	1470.562	204.243	4	3	-1459.694	-176.021
4	5	1969.934	269.282	5	4	-1953.850	-186.195
5	6	835.893	106.535	6	5	-832.854	-189.612
5	8	1117.953	79.662	8	5	-1112.639	-140.041
6	7	895.995	74.405	7	6	-890.741	-132.831
7	8	-709.251	-167.168	8	7	712.639	90.042

Hasil Perhitungan Rugi-Rugi Saluran Sebelum Penggunaan Alat Multi-Type FACTS Dengan Menggunakan Metode Newton Raphson Raphson

No	Saluran		Rugi-Rugi Saluran	
	Dari	Ke	P (MW)	Q (Mvar)
1	1	2	9.047	8.916
2	1	4	1.587	-103.464
3	1	6	23.546	119.281
4	2	3	2.373	-58.725
5	3	4	10.868	28.222
6	4	5	16.083	83.086
7	5	6	3.039	-83.077
8	5	8	5.314	-60.379
9	6	7	5.254	-58.425
10	7	8	3.389	-77.126

Keterangan :

Total Pembangkitan : $4880.4971 + j 748.30017$ MVA

Total Pembebanan : $4800 + j 950$ MVA

Total Rugi-Rugi Saluran : $80.49712 - j 201.6698$ MVA

Keterangan Validasi	Hasil Simulasi Jurnal	Hasil Simulasi Program	Error
Rugi-rugi Saluran	81.03 MW	80.497 MW	0.0066

Validasi Setelah Pemasangan Alat FACTS

Type	Posisi	Setting jurnal	Setting program
3	7	150	150
2	6	0.024	0.002

Catatan: Type 2 = TCPST

Type 3 = SVC

Hasil Perhitungan Tegangan, Pembangkitan dan Pembebanan Setelah Penggunaan Alat Multi-Type FACTS Dengan Setting Dari Program Menggunakan Metode Newton Raphson

No	Bus	Tegangan	Sudut	Pembangkitan		Pembebanan	
				P (MW)	Q (Mvar)	P (MW)	Q (Mvar)
1	1	1.00000	0.00000	878.694	-128.165	0.000	0.000
2	2	1.02070	0.07047	2000.000	300.000	0.000	0.000
3	3	1.01374	0.04093	1200.000	200.000	500.000	150.000
4	4	0.99818	-0.03081	0.000	0.000	0.000	0.000
5	5	0.98445	-0.11024	0.000	0.000	0.000	0.000
6	6	0.97558	-0.14449	0.000	0.000	1500.000	250.000
7	7	0.96944	-0.20106	0.000	150.000	1600.000	300.000
8	8	0.97803	-0.15643	800.000	200.000	1200.000	250.000

Hasil Perhitungan Aliran Daya Pada Tiap Saluran Pada Sistem Journal Setelah Penggunaan Alat Multi-Type FACTS Dengan Setting Dari Program Menggunakan Metode Newton Rhapson

Saluran		Daya		Saluran		Daya	
dari	Ke	P (MW)	Q (Mvar)	Dari	Ke	P (MW)	Q (Mvar)
1	2	-1215.889	-221.205	2	1	1224.956	230.205
1	4	511.200	-72.949	4	1	-509.631	-31.144
1	6	1583.382	165.989	6	1	-1560.366	-52.750
2	3	775.044	69.795	3	2	-722.690	-129.034
3	4	1472.690	179.035	4	3	-1461.902	-152.116
4	5	1971.532	183.261	5	4	-1955.728	-103.839
5	6	837.066	90.389	6	5	-834.083	-175.813
5	8	1118.659	13.451	8	5	-1113.473	-77.130
6	7	894.815	-21.472	7	6	-889.759	-41.465
7	8	-710.236	-108.534	8	7	713.473	27.131

**Hasil Perhitungan Rugi-Rugi Saluran Setelah Penggunaan Alat Multi-Type
FACTS Dengan Setting Dari Program Menggunakan Metode Newton Raphson
Raphson**

No	Saluran		Rugi-Rugi Saluran	
	Dari	Ke	P (MW)	Q (Mvar)
1	1	2	9.047	9.000
2	1	4	1.569	-104.093
3	1	6	23.016	113.240
4	2	3	2.354	-59.240
5	3	4	10.788	26.918
6	4	5	15.804	79.422
7	5	6	2.938	-85.423
8	5	8	5.186	-63.679
9	6	7	5.056	-62.937
10	7	8	3.238	-81.404

Keterangan :

Total Pembangkitan : $4878.694 + j 721.83489$ MVA

Total Pembebanan : $4800 + j 950$ MVA

Total Rugi-Rugi Saluran : $78.69399 - j 228.1651$ MVA

Keterangan Validasi	Hasil Simulasi Jurnal	Hasil Simulasi Program	Error
Rugi-rugi Saluran	78.96 MW	78.69399 MW	0.00337

im SQP

600.00;
 -1000;
 .00.00;
 -1000000;
 im=1; %Jika pu TypParam=1 jika ohm TypParam=2
 Pbase

absV	deg V	Pgen	Qgen	Pload	Qload	Sups	Typ	Bus
00000 0.00000		0.000	0.000	196.00	58.000 0.00000	1;§1		
00000 0.00000		650.0	0.000	561.00	295.00 0.00000	2;§2		
00000 0.00000		0.000	0.000	669.00	307.00 0.00000	3;§3		
00000 0.00000		477.0	0.000	0.0000	0.0000 0.00000	2;§4		
00000 0.00000		0.000	0.000	549.00	152.00 0.00000	3;§5		
00000 0.00000		0.000	0.000	543.00	82.000 0.00000	3;§6		
00000 0.00000		0.000	0.000	597.00	256.00 0.00000	3;§7		
00000 0.00000		0.000	0.000	706.00	168.00 0.00000	3;§8		
00000 0.00000		0.000	0.000	638.00	245.00 0.00000	3;§9		
00000 0.00000		0.000	0.000	386.00	51.000 0.00000	3;§10		
00000 0.00000		700.0	0.000	0.0000	0.0000 0.00000	2;§11		
00000 0.00000		0.000	0.000	631.00	323.00 0.00000	3;§12		
00000 0.00000		0.000	0.000	314.00	184.00 0.00000	3;§13		
00000 0.00000		0.000	0.000	470.00	218.00 0.00000	3;§14		
00000 0.00000		0.000	0.000	303.00	86.000 0.00000	3;§15		
00000 0.00000		0.000	0.000	333.00	150.00 0.00000	3;§16		
00000 0.00000		454.0	0.000	176.00	184.00 0.00000	2;§17		
00000 0.00000		60.00	0.000	182.00	156.00 0.00000	2;§18		
00000 0.00000		0.000	0.000	318.00	16.000 0.00000	3;§19		
00000 0.00000		2400	0.000	491.00	79.000 0.00000	2];§20		

Beban,Cap]=DecodeBus (Bus);

Nbus Beban Cap

om to R	X	Lc	Tap	abs Tp	Sud Tp	Kap Saluran
10 0.0000 0.0007 0.63150 0.00000 0.00000 0.00000 20000;						
8 0.0006 0.0062 0.56950 0.00000 0.00000 0.00000 20000;						
5 0.0013 0.0146 0.32962 0.00000 0.00000 0.00000 20000;						
5 0.0001 0.0016 0.10735 0.00000 0.00000 0.00000 20000;						
9 0.0001 0.0011 0.15255 0.00000 0.00000 0.00000 20000;						
7 0.0004 0.0047 0.13735 0.00000 0.00000 0.00000 20000;						
6 0.0004 0.0042 0.95555 0.00000 0.00000 0.00000 20000;						
11 0.0001 0.0018 0.40895 0.00000 0.00000 0.00000 20000;						
7 0.0006 0.0061 0.04232 0.00000 0.00000 0.00000 20000;						
2 0.0001 0.0021 0.31785 0.00000 0.00000 0.00000 20000;						
12 0.0002 0.0027 0.27990 0.00000 0.00000 0.00000 20000;						
3 0.0002 0.0026 0.23665 0.00000 0.00000 0.00000 20000;						
4 0.0001 0.0014 0.48550 0.00000 0.00000 0.00000 20000;						
14 0.0011 0.0133 0.86385 0.00000 0.00000 0.00000 20000;						
13 0.0040 0.0386 0.30062 0.00000 0.00000 0.00000 20000;						
13 0.0026 0.0251 0.54890 0.00000 0.00000 0.00000 20000;						
15 0.0007 0.0084 0.18900 0.00000 0.00000 0.00000 20000;						
16 0.0014 0.0142 0.26555 0.00000 0.00000 0.00000 20000;						
19 0.0020 0.0230 0.51175 0.00000 0.00000 0.00000 20000;						
20 0.0003 0.0044 0.53947 0.00000 0.00000 0.00000 20000;						
18 0.0001 0.0012 0.44960 0.00000 0.00000 0.00000 20000;						
16 0.0010 0.0115 0.40190 0.00000 0.00000 0.00000 20000;						
17 0.0004 0.0049 0.12045 0.00000 0.00000 0.00000 20000];						

Lc, Tr, Ts, CapSal]=DecodeSaluran(Nbus, Sal);
Nsal Z Lc Tr Ts CapSal

s	Qmin	Qmax	a	b	c	var	fix	Pmin	Pmax
-900.0	900.0	6.180000	1306.150	388144.168	0.73	5.10	150.0	4000.0;	
-30.0	250.0	1.406900	1599.000	87435.000	1.03	7.20	50.0	800.8;	
-72.0	300.0	14.293200	1670.000	88960.000	1.03	7.20	21.0	700.0;	
-133.0	400.0	113.900000	5297.000	139560.000	1.03	7.20	15.0	1000.5;	
-55.0	630.0	113.900000	5297.000	139560.000	1.03	7.20	15.0	600.5;	
-45.0	335.0	113.900000	5297.000	139560.000	1.03	7.20	15.0	125.5;	
-180.0	1067.0	113.900000	5297.000	139560.000	1.03	7.20	150.0	3000.5];	

Gen
s(Nbus, Nbus);
Nbus
j=1:Nbus
Ts(i,j)=complex(0,0);

outime;
Alir,Sg,SL,SumG,SumL,Rr,RugiS]=NewtonPolar(Nbus,Z,Lc,Tr,Ts,Cap,Beban,Pbase);
(V);
=cputime;
selesai-mulai;
'');
Hasil Perhitungan Aliran Daya']);
Dengan Metode Newton-Raphson']);
'');
Jumlah Bus = ' num2Str(Nbus));
Jumlah iterasi = ' num2Str(ite));
Waktu Hitung = ' num2Str(selang) ' detik');
'');

Bus	Tegangan	Pembangkitan	Pembebanan		
	(pu)	mw	mvar	mw	mvar

Nbus' real(V) imag(V) real(Sg) imag(Sg) real(SL) imag(SL)];
('%.5.0f %.8.5f %.8.5f %.8.3f %.8.3f %.8.3f %.8.3f\n',Sa');

');
Aliran Daya Antar Saluran']);
'');

-----');
Bus Daya Bus Daya ']);
from to mw mvar from to mw mvar ']);
-----');
Nbus
j=1:Nbus
=imag(RugiS(i,j));
if x~=0
S=[i j real(Alir(i,j)) imag(Alir(i,j)) j i real(Alir(j,i)) imag(Alir(j,i))];
fprintf(' %.0f %.0f %.8.3f %.8.3f %.3.0f %.3.0f %.8.3f %.8.3f\n',

```
nd

-----'']);
');

Rugi Daya Antar Saluran']);
');

-----'']);
Bus      Rugi      '']);
from    to      mw      mvar      '']);
-----'']);

:Nbus
j=1:Nbus
=imag(Z(i,j));
% x~=0
S=[i j real(RugiS(i,j)) imag(RugiS(i,j))];
fprintf(' %3.0f  %3.0f  %8.3f  %8.3f\n',S);
nd

-----'']);
');

Jumlah Pembangkitan = ' num2Str(SumG) ' MVA']);
Jumlah Pembebanan = ' num2Str(SumL) ' MVA']);
Jumlah Rugi-Rugi = ' num2Str(Rr) ' MVA']);
Jumlah Iterasi = ' num2Str(ite)');
');

50;
=50;
0.85;
=0.005;
min=0.97;
max=1.05;
0000; } →
0000; }
00; } →
;

chrom(1).min=0;
chrom(1).max=0.8;
chrom(2).min=-20;
chrom(2).max=20;
chrom(3).min=0;
chrom(3).max=150;
Avg,aMax,BestChrom]=Genetic(MaxGen,PopSize,Length,Nbus,Nsal,...
Pcross,Pmutasi,BatasChrom,BatasV,lmdV,lmdQ,Ka);
;

ASIL GENETIC ALGORITHM');
-----');
Type  Posisi  Setting ');
-----');

Length
round(BestChrom(i).typ) round(BestChrom(i).pos) round(BestChrom(i).set)];
lntf(' %3.0f  %3.0f  %8.3f\n',S);

-----');
(MaxGen,1);
MaxGen
=i;
```

```
aMin,t,aAvg,t,aMax);  
'Generasi');  
'Fitness');
```

```
Alir,Sg,SL,SumG,SumL,Rr,RugiS]=HitungFitnessAkhir(BestChrom,Length,BatasV,lmdv,1  
=cputime;  
selesai-mulai;  
'');  
Hasil Perhitungan Aliran Daya']);  
Dengan Metode Newton-Raphson');  
'');  
Jumlah Bus = ' num2Str(Nbus));  
Jumlah iterasi = ' num2Str(ite));  
Waktu Hitung = ' num2Str(selang) ' detik');  
'');
```

Bus	Tegangan	Pembangkitan	Pembebanan		
	(pu)	mw	mvar	mw	mvar

```
Nbus)' real(V) imag(V) real(Sg) imag(Sg) real(SL) imag(SL));  
('$5.0f $8.5f $8.5f $8.3f $8.3f $8.3f $8.3f\n',Sa');
```

```
');  
Aliran Daya Antar Saluran']);  
'');
```

```
Bus Daya Bus Daya  
from to mw mvar from to mw mvar  
');  
:Nbus  
j=1:Nbus  
=imag(RugiS(i,j));  
f x~=0  
S=[i j real(Alir(i,j)) imag(Alir(i,j)) j i real(Alir(j,i)) imag(Alir(j,i))];  
fprintf(' $3.0f $3.0f $8.3f $8.3f $3.0f $3.0f $8.3f $8.3f\n',  
nd
```

```
');  
Rugi Daya Antar Saluran']);  
'');
```

```
Bus Rugi  
from to mw mvar  
');  
:Nbus  
j=1:Nbus  
=imag(Z(i,j));  
f x~=0  
S=[i j real(RugiS(i,j)) imag(RugiS(i,j))];  
fprintf(' $3.0f $3.0f $8.3f $8.3f\n',S');
```

nd

```
'});  
Jumlah Pembangkitan = ' num2Str(SumG) ' MVA']);  
Jumlah Pembebanan = ' num2Str(SumL) ' MVA']);  
Jumlah Rugi-Rugi = ' num2Str(Rr) ' MVA']);  
Jumlah Iterasi = ' num2Str(ite));  
');  
  
min=0.95;  
max=1.05;  
BatasV  
lb,x0,Lokasi]=FindBatasVariable;  
Lokasi  
=10;c=10;d=10;e=10;ei=10;ni=10;  
a b c d e ei ni  
= optimset('LargeScale','off');  
exiflag,output,lambda]=fmincon(@Objfunc,x0,[],[],[],lb,ub,[],options)  
exiflag,output,lambda]=fmincon(@Objfunc,x0,[1],[1,1,1,1,1,1],lb,ub,@Confunc,options)  
Alir,Sg,SL,SumG,SumL,Rr,RugiS,Ploss]=HitungObjfunc(x);  
(V);  
)  
  
Hasil Perhitungan Aliran Daya']);  
Dengan Metode Newton-Raphson Setelah Optimasi dengan function fmincon  
);  
Jumlah Bus = ' num2Str(Nbus));  
Jumlah iterasi = ' num2Str(ite));  
Waktu Hitung = ' num2Str(selang) ' detik');  
);  
  
Bus , Tegangan Pembangkitan Pembebanan  
(pu) mw mvar mw mvar  
  
bus)' real(V) imag(V) real(Sg) imag(Sg) real(SL) imag(SL)];  
'85.0f 88.5f 88.5f 88.3f 88.3f 88.3f 88.3f\n',Sa');  
);  
liran Daya Antar Saluran');  
);  
  
Bus Daya Bus Daya  
from to mw mvar from to mw mvar  
');  
Nbus  
=1:Nbus  
imag(RugiS(i,j));  
x~=0 .  
S=[i j real(Alir(i,j)) imag(Alir(i,j)) j i real(Alir(j,i)) imag(Alir(j,i))];  
fprintf(' 83.0f 83.0f 88.3f 88.3f 83.0f 83.0f 88.3f 88.3f\n',  
d
```

```
'});  
Rugi Daya Antar Saluran']);  
');  
  
'']);  
Bus from to Rugi mw mvar '']);  
');  
:Nbus  
j=1:Nbus  
=imag(Z(i,j));  
f x~=0  
S=[i j real(RugiS(i,j)) imag(RugiS(i,j))];  
fprintf(' %3.0f %3.0f %8.3f %8.3f\n',S);  
nd  
  
'']);  
');  
Jumlah Pembangkitan = ' num2Str(SumG) ' MVA']);  
Jumlah Pembebanan = ' num2Str(SumL) ' MVA']);  
Jumlah Rugi-Rugi = ' num2Str(Rr) ' MVA']);  
Jumlah Iterasi = ' num2Str(ite));  
'');
```

```
n [sa,lb,ub,x0,Lokasi]=FindBatasVariable
'entukan banyaknya FACTS yang dipakai
s(sa,1);
s(sa,1);
s(sa,1);
;
;
20;
';
50;
50;
0;
50;
';
';
';
';
Type
TCST
TCSPT
SVC
1).dari=7;
1).ke=0;
1).type=3;
2).dari=12;
2).ke=0;
2).type=3;
3).dari=18;
3).ke=16;
3).type=2;
4).dari=14;
4).ke=0;
4).type=3;
```

```
n [dari,ke]=CariNoSaluran(No,Nbus,Z)
```

```
:Nbus
j=1:Nbus
x=imag(Z(i,j));
if x~=0
    sa=sa+1;
    if sa==No
        dari=i;
        ke=j;
        break;
    end
end
```

```
on [ei,ni]=FindConstSaluran(Nbus,Alir,CapSal)
```

```
:Nbus
: j=1:Nbus
absS=abs(Alir(i,j));
kap=0.9*CapSal(i,j);
if absS>kap
    ei=ei+1;
elseif absS>CapSal(i,j)
    ni=ni+1;
end
```

nber 10, 2006

10:45:48 AM

```
on [dV,vi]=FindConstTegangan(Nbus,V)
```

```
BatasV
```

```
1:Nbus
```

```
sV=real(V(i));  
=dV+abs(absV-1.0);  
absV>BatasV.max  
vi=vi+1;  
seif absV<BatasV.min  
vi=vi+1;  
1
```

```
n [Fitness]=HitungFitness(Length,chrom,BatasV,lmdV,lmdQ)
Nbus Lc Cap Tr Pbase
ew,ZNew,TsNew]=UpdateData(Length,chrom);
Alir,Sg,SL,SumG,SumL,Rr,RugiS]=NewtonPolar(Nbus,ZNew,Lc,Tr,TsNew, ...
Cap,BebanNew,Pbase);
real(Rr);
ngDeltaV(Nbus,V,BatasV);
ngDeltaQgen(Nbus,Sg);
=Ploss+lmdV*dV+lmdQ*dQ;

n [BebanNew,ZNew,TsNew]=UpdateData(Length,chrom)
Nbus Beban Z Tr Ts
(1,:);
ngth(X);
w=zeros(Nbus,cols);
:Nbus
j=1:cols
BebanNew(i,j)=Beban(i,j);

ros(Nbus,Nbus);
eros(Nbus,Nbus);
:Nbus
j=1:Nbus
re=real(Z(i,j));
im=imag(Z(i,j));
ZNew(i,j)=complex(re,im);
re=real(Ts(i,j));
im=imag(Ts(i,j));
TsNew(i,j)=complex(re,im);

:Length
chrom(i).typ==1
no=chrom(i).pos;
sa=0;
for j=1:Nbus
    for k=1:Nbus
        im=imag(ZNew(j,k));
        if im~=0
            sa=sa+1;
            if sa==no
                im=im*(1-chrom(i).set);
                re=real(ZNew(j,k));
                ZNew(j,k)=complex(re,im);
                break;
            end
        end
    end
end
eif chrom(i).typ==2
no=chrom(i).pos;
sa=0;
for j=1:Nbus
    for k=1:Nbus
        im=imag(ZNew(j,k));
        if im~=0
            sa=sa+1;
            if sa==no
                im=chrom(i).set*180/pi;
                re=1;
```

```
TsNew(j,k)=complex(re,im);  
break;  
end  
end  
end  
e  
no=round(chrom(i).pos);  
BebanNew(no,4)=chrom(i).set;
```

```
n [dV]=HitungDeltaV(Nbus,V,BatasV)
```

```
:Nbus  
real(V(i))>BatasV.max  
dV=dV+(real(V(i))-BatasV.max));  
  
real(V(i))<BatasV.min  
dV=dV+(BatasV.min-real(V(i))));
```

```
n [dQgen]=HitungDeltaQgen(Nbus,Sg)  
Beban  
;  
:Nbus  
Beban(i,7)~=3  
q=HitungBatasQgen(i,imag(Sg(i)));  
dQgen=dQgen+q;
```

```
n [V,ite,Alir,Sg,SL,SumG,SumL,Rr,RugiS]=HitungFitnessAkhir(chrom,Length,BatasV,1,Q)
Nbus Lc Cap Tr Pbase
new,ZNew,TsNew]=UpdateData(Length,chrom);
Alir,Sg,SL,SumG,SumL,Rr,RugiS]=NewtonPolar(Nbus,ZNew,Lc,Tr,TsNew, ...
Cap,BebanNew,Pbase);

n [BebanNew,ZNew,TsNew]=UpdateData(Length,chrom)
Nbus Beban Z Tr Ts
(1,:);
length(X);
w=zeros(Nbus,cols);
:Nbus
j=1:cols
BebanNew(i,j)=Beban(i,j);
l

eros(Nbus,Nbus);
eros(Nbus,Nbus);
:Nbus
j=1:Nbus
re=real(Z(i,j));
im=imag(Z(i,j));
ZNew(i,j)=complex(re,im);
re=real(Ts(i,j));
im=imag(Ts(i,j));
TsNew(i,j)=complex(re,im);

:Length
chrom(i).typ==1
no=chrom(i).pos;
sa=0;
for j=1:Nbus
    for k=1:Nbus
        im=imag(ZNew(j,k));
        if im~=0
            sa=sa+1;
            if sa==no
                im=im*(1-chrom(i).set);
                re=real(ZNew(j,k));
                ZNew(j,k)=complex(re,im);
                break;
            end
        end
    end
end
eif chrom(i).typ==2
no=chrom(i).pos;
sa=0;
for j=1:Nbus
    for k=1:Nbus
        im=imag(ZNew(j,k));
        if im~=0
            sa=sa+1;
            if sa==no
                im=chrom(i).set*180/pi;
                re=1;
                TsNew(j,k)=complex(re,im);
                break;
            end
        end
    end
end
```

```
    end
end
se
no=round(chrom(i).pos);
q0=BebanNew(no, 4);
BebanNew(no, 4)=q0+chrom(i).set;
i

on [dV]=HitungDeltaV(Nbus,V,BatasV)

l:Nbus
real(V(i))>BatasV.max
dV=dV+(real(V(i))-BatasV.max));
i
real(V(i))<BatasV.min
dV=dV+(BatasV.min-real(V(i)));
i

on [dQgen]=HitungDeltaQgen(Nbus,Sg)
Beban
);
l:Nbus
Beban(i,7)~=3
q=HitungBatasQgen(i,imag(Sg(i)));
dQgen=dQgen+q;
i
```

```
on [V,ite,Alir,Sg,SL,SumG,SumL,Rr,RugiS,Ploss]=HitungObjfunc(chrom)
Nbus Lc Tr Cap Pbase BatasV CapSal Lokasi
'snew,BebanNew]=UpdateSaluran(Nbus,Lokasi,chrom);
Alir,Sg,SL,SumG,SumL,Rr,RugiS}=NewtonPolar(Nbus,Znew,Lc,Tr,Tsnew,Cap,BebanNew,Pb
real(Rr);
```

```
on [V,ite,Alir,Sg,SL,SumG,SumL,Rr,RugiS,Jq]=NewtonPolar(N,z,Lc,Tr,...  
Ts,Cap,Beban,Pbase)  
low Metode Newton Raphson Polar  
ight (c) 2002 by Ugro Sofware  
  
Data-----  
  
[SL,TypeBus]=BacaData(N,Beban,Pbase);  
mitansi(N,z,Lc,Tr,Ts,Cap);  
1:15  
S]=PowerMismatch(N,Y,Lc,Sg,SL,TypeBus,V);  
ek]=CekKonvergen(N,dS,TypeBus);  
Cek==1  
break;  
i  
q]=Jaqobian(N,V,Y,TypeBus);  
]=UpdateTegangan(N,V,Jq,dS,TypeBus);  
e=ite+1;  
  
olahRectangular(N,V);  
=AlirDaya(N,Vr,Y,Lc,Pbase);  
aya(N,Vr,TypeBus,Sg,SL,Y,Pbase,Alir);  
se*SL;  
SumL,Rr]=RugiRugi(N,Sg,SL);  
]=RugiSaluran(N,z,Alir);  
  
on [V,Sg,SL,TypeBus]=BacaData(N,Beban,Pbase)  
s(N,1);  
os(N,1);  
os(N,1);  
s=zeros(N,1);  
l:N  
i)=complex(Beban(i,1),Beban(i,2));  
(i)=complex(Beban(i,3)/Pbase,Beban(i,4)/Pbase);  
(i)=complex(Beban(i,5)/Pbase,Beban(i,6)/Pbase);  
peBus(i)=Beban(i,7);  
  
on [Y]=Admitansi(N,z,Lc,Tr,Ts,Cap)  
s(N,N);  
s(N,N);  
l:N  
j=1:N  
ka=imag(z(i,j));  
if xa~=0  
 z(j,i)=z(i,j);  
 Lc(j,i)=Lc(i,j);  
end  
  
l:N  
j=1:N  
ka=imag(z(i,j));  
if xa~=0  
 C(i,j)=1/z(i,j);  
end  
  
l:N  
j=1:N  
if i==j
```

```
sumA=0;
sumB=0;
for k=1:N
    if i~=k
        sumA=sumA+real(C(i,k));
        sumB=sumB+imag(C(i,k))+Lc(i,k);
    end
end
if Cap(i)~=0
    sumB=sumB+Cap(i);
end
Y(i,j)=complex(sumA,sumB);
else
    Y(i,j)=complex(-real(C(i,j)), -imag(C(i,j)));
end

:N
j=1:N
if Tr(i,j)~=0
    Tr(i,j)=1/Tr(i,j);
    Y(i,i)=Y(i,i)-C(i,j);
    Y(i,i)=Y(i,i)+C(i,j)*Tr(i,j)^2;
    Y(i,j)=Tr(i,j)*Y(i,j);
    Y(j,i)=Y(i,j);
end

:N
j=1:N
ax=real(Ts(i,j));
if ax~=0
    ax=real(Ts(i,j))*cos(imag(Ts(i,j)));
    bx=real(Ts(i,j))*sin(imag(Ts(i,j)));
    ts=complex(ax,bx);
    Y(i,j)=-C(i,j)/ts;
    Y(j,i)=-C(i,j)/conj(ts);
    Y(i,i)=Y(i,i)-C(i,j);
    Y(i,i)=Y(i,i)+C(i,j)/(ax^2+bx^2);
end

:N
Cap(i)~=0
re=real(Y(i,i));
im=imag(Y(i,i))+Cap(i);
Y(i,i)=complex(re,im);

n [dS]=PowerMismatch(N,Y,Lc,Sg,SL,TypBus,V)
ini untuk menghitung selisih daya

:N
TypBus(i)==2
PV=PV+1;

-1-PV;
s(n,1);
```

```
s(N,1);
s(N,1);

:N
TypBus(i)~=1
sum1=0;
for j=1:N
    Gij=real(Y(i,j));
    Bij=imag(Y(i,j));
    Ui=real(V(i));
    Uj=real(V(j));
    dij=imag(V(i))-imag(V(j));
    sum1=sum1+Ui*Uj*(Gij*cos(dij)+Bij*sin(dij));
end
Pc(i)=sum1;

TypBus(i)==3
sum2=0;
for j=1:N
    Gij=real(Y(i,j));
    Bij=imag(Y(i,j));
    Ui=real(V(i));
    Uj=real(V(j));
    dij=imag(V(i))-imag(V(j));
    sum2=sum2+Ui*Uj*(Gij*sin(dij)-Bij*cos(dij));
end
Qc(i)=sum2;

:N
TypBus(i)~=1
sp=sp+1;
dS(sp)=real(Sg(i))-real(SL(i))-Pc(i);

TypBus(i)==3
sq=sq+1;
dS(sq)=imag(Sg(i))-imag(SL(i))-Qc(i);

[Jq]=Jaqobian(N,V,Y,TypBus)

:N
TypBus(i)==2
PV=PV+1;

-N-1-PV;
:(NJq,NJq);
ukan Jaqobian H

:N
TypBus(i)~=1
row=row+1;
col=0;
for j=1:N
    if TypBus(j)~=1
        col=col+1;
```

```
Ui=real(V(i));
di=imag(V(i));
Uj=real(V(j));
dj=imag(V(j));
Gij=real(Y(i,j));
Bij=imag(Y(i,j));
if j==i
    sum=0;
    for k=1:N
        Uk=real(V(k));
        dk=imag(V(k));
        Gjk=real(Y(j,k));
        Bjk=imag(Y(j,k));
        sum=sum+((Gjk*sin(dj-dk)-Bjk*cos(dj-dk))*Uk);
    end
    Qj=sum*Uj;
    Jq(row,col)=-Qj-Bij*Uj^2;
else
    Jq(row,col)=Ui*Uj*(Gij*sin(di-dj)-Bij*cos(di-dj));
end
end
end
```

tukan Jaqobian L

```
;;
:N
TypBus(i)==3
row=row+1;
col=N-1;
for j=1:N
    if TypBus(j)==3
        col=col+1;
        Ui=real(V(i));
        di=imag(V(i));
        Uj=real(V(j));
        dj=imag(V(j));
        Gij=real(Y(i,j));
        Bij=imag(Y(i,j));
        if j==i
            sum=0;
            for k=1:N
                Uk=real(V(k));
                dk=imag(V(k));
                Gjk=real(Y(j,k));
                Bjk=imag(Y(j,k));
                sum=sum+((Gjk*sin(dj-dk)-Bjk*cos(dj-dk))*Uk);
            end
            Qj=sum*Uj;
            Jq(row,col)=Qj-Bij*Uj^2;
        else
            Jq(row,col)=Ui*Uj*(Gij*sin(di-dj)-Bij*cos(di-dj));
        end
    end
end
```

tukan Jaqobian N

```
;;
:N
TypBus(i)~1
```

```
row=row+1;
col=N-1;
for j=1:N
    if TypBus(j)==3
        col=col+1;
        Ui=real(V(i));
        di=imag(V(i));
        Uj=real(V(j));
        dj=imag(V(j));
        Gij=real(Y(i,j));
        Bij=imag(Y(i,j));
        if j==i
            sum=0;
            for k=1:N
                Uk=real(V(k));
                dk=imag(V(k));
                Gjk=real(Y(j,k));
                Bjk=imag(Y(j,k));
                sum=sum+((Gjk*cos(dj-dk)+Bjk*sin(dj-dk))*Uk);
            end
            Pj=sum*Uj;
            Jq(row,col)=Pj+Gij*Uj^2;
        else
            Jq(row,col)=Ui*Uj*(Gij*cos(di-dj)+Bij*sin(di-dj));
        end
    end
end
i
```

ntukan Jacobian M

```
l;
l:N
TypBus(i)==3
row=row+1;
col=0;
for j=1:N
    if TypBus(j)~==1
        col=col+1;
        Ui=real(V(i));
        di=imag(V(i));
        Uj=real(V(j));
        dj=imag(V(j));
        Gij=real(Y(i,j));
        Bij=imag(Y(i,j));
        if j==i
            sum=0;
            for k=1:N
                Uk=real(V(k));
                dk=imag(V(k));
                Gjk=real(Y(j,k));
                Bjk=imag(Y(j,k));
                sum=sum+((Gjk*cos(dj-dk)+Bjk*sin(dj-dk))*Uk);
            end
            Pj=sum*Uj;
            Jq(row,col)=Pj-Gij*Uj^2;
        else
            Jq(row,col)=-Ui*Uj*(Gij*cos(di-dj)+Bij*sin(di-dj));
        end
    end
end
```

```
n [V]=UpdateTegangan(N,V,Jq,dS,TypeBus)

:N
TypeBus(i)==2
PV=PV+1;

-1-PV;
s(n,1);
S;

:N
TypeBus(i)~=1
sp=sp+1;
V(i)=complex(real(V(i)),imag(V(i))+dV(sp));

:N
TypeBus(i)==3
sq=sq+1;
dt=dV(sq)*real(V(i));
V(i)=complex(real(V(i))+dt,imag(V(i)));

n [Cek]=CekKonvergen(N,dS,TypeBus)

:N
TypeBus(i)==2
PV=PV+1;

-1-PV;
001;
:n
abs(dS(i))>Tol
Cek=0;

n [Vr]=UbahRectangular(N,V)
s(N,1);
:N
al=real(V(i))*cos(imag(V(i)));
ag=real(V(i))*sin(imag(V(i)));
i=complex(Vreal,Vimag);

n [Alir]=AlirDaya(N,V,Y,Lc,Pbase)
ros(N,N);
:N
j=1:N
c(j,i)=Lc(i,j);

:N
```

```
j=1:N
if j~=i
  Yx=imag(Y(i,j));
  if Yx~=0
    Ys=complex(-real(Y(i,j)), -imag(Y(i,j)));
    Ls=complex(0, Lc(i,j));
    Al=conj(V(i))*(V(i)-V(j))*Ys+conj(V(i))*V(i)*Ls;
    Alir(i,j)=complex(real(Al)*Pbase, -imag(Al)*Pbase);
  end
end

on [Sg]=Daya(N,V,Typ,Sg,SL,Y,Pbase,Alir)
1:N
=0;
Typ(i)==1
for j=1:N
  Al=imag(Y(i,j));
  if Al~=0
    sum=sum+Alir(i,j);
  end
end
Sg(i)=sum+SL(i)*Pbase;

=0;
Typ(i)==2
for j=1:N
  sum=sum+(imag(V(i))*(real(V(j))*real(Y(i,j))+imag(V(j))*...
    -imag(Y(i,j)))-real(V(i))*(imag(V(j))*real(Y(i,j))-...
    real(V(j))*-imag(Y(i,j))));
end
Sg(i)=complex(real(Sg(i))*Pbase, (sum+imag(SL(i)))*Pbase);

Typ(i)==3
Cap=imag(Sg(i));
if Cap~=0
  Sg(i)=Pbase*Sg(i);
end

.on [SumG, SumL, Rr]=RugiRugi(N, Sg, SL)
os(N, 1);
i+0i;
i+0i;
1:N
mG=SumG+Sg(i);
mL=SumL+SL(i);

G-SumL;

.on [RugiS]=RugiSaluran(N, z, Alir)
zeros(N, N);
1:N
j=1:N
Xa=imag(z(i,j));
if Xa~=0
  RugiS(i,j)=Alir(i,j)+Alir(j,i);
end
end
```


am untuk mencari no saluran

rogram

```
0.00;
1000;
0.00;
1000000;
n=1; %Jika pu TypParam=1 jika ohm TypParam=2
Pbase
```

absV	deg V	Pgen	Qgen	Pload	Qload	Sups	Typ	Bus
00000 0.00000		0.000	0.000	196.00	58.000 0.00000	1;	\$1	
00000 0.00000		650.0	0.000	561.00	295.00 0.00000	2;	\$2	
00000 0.00000		0.000	0.000	669.00	307.00 0.00000	3;	\$3	
00000 0.00000		477.0	0.000	0.0000	0.0000 0.00000	2;	\$4	
00000 0.00000		0.000	0.000	549.00	152.00 0.00000	3;	\$5	
00000 0.00000		0.000	0.000	543.00	82.000 0.00000	3;	\$6	
00000 0.00000		0.000	0.000	597.00	256.00 0.00000	3;	\$7	
00000 0.00000		0.000	0.000	706.00	168.00 0.00000	3;	\$8	
00000 0.00000		0.000	0.000	638.00	245.00 0.00000	3;	\$9	
00000 0.00000		0.000	0.000	386.00	51.000 0.00000	3;	\$10	
00000 0.00000		700.0	0.000	0.0000	0.0000 0.00000	2;	\$11	
00000 0.00000		0.000	0.000	631.00	323.00 0.00000	3;	\$12	
00000 0.00000		0.000	0.000	314.00	184.00 0.00000	3;	\$13	
00000 0.00000		0.000	0.000	470.00	218.00 0.00000	3;	\$14	
00000 0.00000		0.000	0.000	303.00	86.000 0.00000	3;	\$15	
00000 0.00000		0.000	0.000	333.00	150.00 0.00000	3;	\$16	
00000 0.00000		454.0	0.000	176.00	184.00 0.00000	2;	\$17	
00000 0.00000		60.00	0.000	182.00	156.00 0.00000	2;	\$18	
00000 0.00000		0.000	0.000	318.00	16.000 0.00000	3;	\$19	
00000 0.00000		2400	0.000	491.00	79.000 0.00000	2];	\$20	

eban,Cap]=DecodeBus(Bus);

\bus Beban Cap

n	to	R	X	Lc	Tap	abs Tp	Sud Tp	Kap	Saluran
10	0.0000	0.0007	0.63150	0.00000	0.00000	0.00000	20000;		
8	0.0006	0.0062	0.56950	0.00000	0.00000	0.00000	20000;		
5	0.0013	0.0146	0.32962	0.00000	0.00000	0.00000	20000;		
5	0.0001	0.0016	0.10735	0.00000	0.00000	0.00000	20000;		
9	0.0001	0.0011	0.15255	0.00000	0.00000	0.00000	20000;		
7	0.0004	0.0047	0.13735	0.00000	0.00000	0.00000	20000;		
6	0.0004	0.0042	0.95555	0.00000	0.00000	0.00000	20000;		
11	0.0001	0.0018	0.40895	0.00000	0.00000	0.00000	20000;		
7	0.0006	0.0061	0.04232	0.00000	0.00000	0.00000	20000;		
2	0.0001	0.0021	0.31785	0.00000	0.00000	0.00000	20000;		
12	0.0002	0.0027	0.27990	0.00000	0.00000	0.00000	20000;		
3	0.0002	0.0026	0.23665	0.00000	0.00000	0.00000	20000;		
4	0.0001	0.0014	0.48550	0.00000	0.00000	0.00000	20000;		
14	0.0011	0.0133	0.86385	0.00000	0.00000	0.00000	20000;		
13	0.0040	0.0386	0.30062	0.00000	0.00000	0.00000	20000;		
13	0.0026	0.0251	0.54890	0.00000	0.00000	0.00000	20000;		
15	0.0007	0.0084	0.18900	0.00000	0.00000	0.00000	20000;		
16	0.0014	0.0142	0.26555	0.00000	0.00000	0.00000	20000;		
19	0.0020	0.0230	0.51175	0.00000	0.00000	0.00000	20000;		
20	0.0003	0.0044	0.53947	0.00000	0.00000	0.00000	20000;		
18	0.0001	0.0012	0.44960	0.00000	0.00000	0.00000	20000;		
16	0.0010	0.0115	0.40190	0.00000	0.00000	0.00000	20000;		

5 17 0.0004 0.0049 0.12045 0.00000 0.00000 0.00000 20000];

```
Z,Lc,Tr,Ts,CapSal]=DecodeSaluran(Nbus,Sal);
Nsal Z Lc Tr Ts CapSal
[e]=CariNoSaluran(7,Nbus,Z)
[e]=CariNoSaluran(12,Nbus,Z)
[e]=CariNoSaluran(21,Nbus,Z)
[e]=CariNoSaluran(14,Nbus,Z)
```