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

ANALISIS PENINGKATAN *VOLTAGE SECURITY* MELALUI PENGATURAN DAYA REAKTIF DENGAN MENGGUNAKAN *GENETIC ALGORITHMS* PADA SISTEM TRANSMISI 150 kV SUB - SISTEM PAITON DAN BALI

SKRIPSI

Disusun Oleh :
YUDHA KRISNA WIDIANTARA
NIM. 01.12.119

MARET 2006

[illegible]

[illegible]

[illegible]

LEMBAR PERSETUJUAN

ANALISIS PENINGKATAN *VOLTAGE SECURITY* MELALUI PENGATURAN DAYA REAKTIF DENGAN MENGGUNAKAN *GENETIC ALGORITHMS* PADA SISTEM TRANSMISI 150 kV SUB - SISTEM PAITON DAN BALI

SKRIPSI

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

Disusun Oleh :

YUDHA KRISNA WIDIANTARA

NIM 01.12.119

Mengetahui, Ketua Jurusan Teknik Elektro	Diperiksa dan disetujui, Dosen Pembimbing
Ir. F. YUDI LIMPRAPTONO, MT	**Ir. YUSUF ISMAIL NAKHODA, MT**
NIP. P. 1039500274	**NIP. P. 1018800189**

KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2006

Lembar Persembahan

Kupersembahkan skripsi ini special untuk...

ALLAH SWT, atas segala berkat dan rahmat-NYA sehingga dapat menyelesaikan kuliah ini dengan sukses dan lancar. Serta Nabi Muhammad saw, atas segala ajaran-ajaran dan tuntunanya sehingga aku dapat menjalankan ajaranmu tanpa ada keraguan sedikitpun

Ibunda Tercinta
Hanya engkau wanita dimuka bumi ini yang aku kagumi, kesabaranmu tak ada yang bias menandingi. Baktiku untukmu selalu.....

Ayahanda Tercinta
Cucuran keringatmu yang tanpa lelah membuatku bangga, tanpa pengorbananmu tak mungkin aku bisa begini. Saya hanya bias berdo'a semoga selalu diberi kesehatan jasmani dan rohani. Hormatku untukmu.....

Semua Keluargaku
Mbak eli, mbak yuli, mbak harlik, mas panki do'ain aku moga g' lama2 jadi pengangguran.Adik-adik ku tercinta lusi, Linda kamu dapet saingan ,noval kgen.....pgen meluk, Weni mbak Betiy tak minta ya ...). Tawa, canda dan tangisan kalian yang menghiasi hidup ku. I Love U all.....

Betiy cinta'N'sayang qu, yang selalu setia menemaniku dalam suka maupun duka. "thank's for your love"
Maaf ya say, slama ngerjain skripsi nyuekin kamu terus, ga' boleh mbales lo ya.....!! Cepet dislesein TA nya.Doain kkak cepet dapet kerja, biar cita2 kita slama ini tercapai. AMIN.....3x

Thank's For.....

Dosen Pembimbing
Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT. Terima kasih bua....nyak atas bimbingan, dorongan, semangat dan selalu mendampingi dari mulai seminar proposal, seminar hasil, sampai komprehensif. Mohon maaf sering buat bapak sebel and marah....

Temen2 sePerJuaNgan,,,,
Bremy "Brekele" Thanks prend smua bantuanya. G' sia2 perjuangan kita selama ini, tak tunggu wisudamu. Perjuangan kita kan jadi mEmOrY terindah saat di 'MALANG'. Persaudaraan kita t'kan tErPuTuS sampai Disini Prend!. Fahmi Ihsananto Thank's atas bantuannya slama ini Men. Ayo semangat nyari kerja, jangan lama2 jadi pengangguran. Tapi jo lali klo dah kerja inget temen2 ni yang belum dapet kerja. Moga2 kita semua jadi orang sukses!!! Satu pesen q, jangan suka mutungan lagi ya he..he.. Anang macacih coy, atas CAYO2 nya pak SANUSI pancen paling OKEE!!!! Ucok Paiton bali 3 kapasitor lho ya....
Ubet,Krebet,Ulum,Ndok,Iswan n temen2 bimbingan pak Yusuf smuanya Thank's for all...Abas,Budi ojo mrenges ae Eko,Daud,Beniy n temen2 kost depan thank's bantuanya

TEman2 qu...!
Bang ja'I Ayo Semangat kamu pasti bias Cozy, jangan lupa maen ke ngilo-ilo...Cak Samsul ga' papa prend kamu sabar, aq ja sebentar dah lulus he..he...Acil ojo mbojo ae!!Skripsine ndang digarap cel, Acong moga langgeng ma Ita... GusMus Ya A44L...., kadang iyo kadang Gak, muleh yo bingung ora muleh yo bingung
ROMA,eMo..eMo...Jaipong,EmPriit,dEnY,eDwIn,hEnDrO,IrWaN, haDi,diAn ayo smangat mumpung mas ugro lagi sepi TeGuh and Gading I LOVE U Muach..... and temen2ku yang laen yang sempat ketebutin satu persaTu thank's for ALL..!

Mas UGRO Wiseno, ST
Makacih ya mas atas program and bimbingannya sehingga aku mengerti tentang skripsiku sehingga aku bias lu2s. Maaf apabila slama ini slalu merepoti mas, and nuntut programku cepet diselesaikan...

Motor SUPRA 01 AE 4846 TH yang selalu setia menemaniku dari SMA sampai sekarang, Slalu mbantu perjuanganku dalam berbagai hal mulai dari: Nyari cewek hingga dapet calon istri, ke[illegible] kepanasan, bolak-balik PoNoRoGo-mAlAnG kadang kusia2kan, kubuat pelampiasan kemarahan and slalu setia ndampingi aku nyelesaiin skripsiku. Sampai mo masuk UGD....
Malang, qu rindukanmu
Ponorogo, qu tantang dirimu
Maret 2006
YUDHA KRISNA WIDIANTARA, ST

ABSTRAKSI

ANALISIS PENINGKATAN *VOLTAGE SECURITY* MELALUI PENGATURAN DAYA REAKTIF DENGAN MENGGUNAKAN *GENETIC ALGORITHMS* PADA SISTEM TRANSMISI 150 kV SUB - SISTEM PAITON DAN BALI

(Yudha Krisna Widiantara, 01.12.119, Teknik Elektro S-1 ITN Malang)
(Dosen Pembimbing : Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT)

Kata Kunci : *Peningkatan Voltage Security, Genetic Algorithms, Pengaturan Daya Reaktif*

Sistem transmisi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga listrik dari pusat pembangkit ke sistem distribusi, dan menghubungkan dengan sistem daya yang lain melalui interkoneksi. Permasalahan yang dihadapi jaringan transmisi adalah masalah ketidaksetabilan tegangan, yang dapat menyebapkan terjadinya *voltage collapse*. Sehingga perlu perlu adanya langkah awal untuk mengantisipasi hal tersebut. Salah satunya yaitu dengan meningkatkan *voltage security* (keamanan tegangan) melalui pengaturan daya reaktif.

Skripsi ini menganalisis peningkatan *voltage security* melalui pengaturan daya reaktif dengan menggunakan metode *Genetic Algorithms*. Hasil dari analisa tersebut nantinya dapat digunakan sebagai salah satu acuan dalam meningkatkan *voltage security*, sehingga kemungkinan terjadinya *voltage collapse* dapat dihindari, dan diperoleh perbaikan profil tegangan serta pengurangan rugi-rugi daya secara optimal.

Analisa dilakukan dengan bantuan program komputer dengan menggunakan bahasa pemrograman Matlab versi 6.5.1, dan telah sukses dicoba pada sistem transmisi 150 kV sub sistem Paiton-Bali yang terdiri dari 25 bus. Dimana telah berhasil dilakukan peningkatan *voltage security* dari tingkat berbahaya (*level* 2) dengan nilai Sn: 0,1424 ke tingkat aman (*level* 4) dengan nilai Sn: 0,3721. Selisih peningkatan indek keamanan (Sn) sebesar 0,2297 atau meningkat 62 %. Serta didapatkan perbaikan profil tegangan dan minimalisasi rugi-rugi daya aktif sebesar 2,0724 MW, yaitu dari keadaan awal sebesar 69,3812 MW menjadi 67,3088 MW.

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmat dan karunia-Nya memungkinkan penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul, "ANALISIS PENINGKATAN *VOLTAGE SECURITY* MELALUI PENGATURAN DAYA REAKTIF DENGAN MENGGUNAKAN *GENETIC ALGORITHMS* PADA SISTEM TRANSMISI 150 kV SUB - SISTEM PAITON DAN BALI".

Skripsi ini bertujuan untuk memenuhi kurikulum akademik yang harus ditempuh oleh setiap mehasiswa ITN Malang guna mengakhiri pendidikan pada jenjang strata satu jurusan Teknik Elektro konsentrasi Teknik Energi Listrik di Institut Teknologi Nasional Malang.

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

1. Dr. Ir. Abraham Lomi, MSEE, selaku Rektor ITN Malang.
2. Ir. Mochtar Asroni, MSME, selaku Dekan FTI ITN Malang.
3. Ir. F Yudi Limpraptono, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro (S1) ITN Malang.
4. Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT, selaku Dosen Pembimbing.
5. Kedua orang tuaku yang telah membesarkan, mendidik dan selalu mendoakanku sampai terwujud cita-citaku.
6. Ugro, ST, sebagai *programmer*.

7. Rekan-rekan elektro energi listrik yang saling membantu dan saling mengisi dalam pengerjaan skripsi ini.

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

Malang, Maret 2006

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i

LEMBAR PERSETUJUAN ii

ABSTRAKSI iii

KATA PENGANTAR iv

DAFTAR ISI vi

DAFTAR GAMBAR x

DAFTAR TABEL xii

DAFTAR GRAFIK xiii

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1. Latar Belakang 1

1.2. Rumusan Masalah 2

1.3. Tujuan Pembahasan 2

1.4. Batasan Masalah 3

1.5. Metodologi Penelitian 3

1.6. Sistematika Penulisan 4

1.7. Kontribusi Penelitian 5

BAB II SISTEM TENAGA LISTRIK 6

2.1. Sistem Tenaga Listrik 6

2.2. Saluran Transmisi 7

2.2.1. Saluran Transmisi Pendek 8

2.2.2. Saluran Transmisi Menengah 8

2.2.3. Saluran Transmisi Panjang 10
2.3. Daya Dalam Sistem Tenaga Listrik 11
2.3.1. Daya Aktif (*Active Power*) 11
2.3.2. Daya Reaktif (*Reactive Power*) 11
2.3.3. Daya semu 12
2.4. Sistem Per-Unit 13
2.4.1. Mengubah Dasar Sistem Per-Unit 14
2.5. Pengaruh Daya Reaktif Terhadap Tegangan 15
2.5.1. Pengaturan Dengan Eksitasi Generator 16
2.5.2. Kapasitor Shunt 18
2.6. Analisa Aliran Daya 19
2.6.1. Klasifikasi Bus 19
2.6.2. Metode *Newton Raphson* 20
2.7. Algoritma Genetika 23
2.7.1. Istilah-Istilah Algoritma Genetika 24
2.7.2. Parameter Algoritma Genetika 25
2.7.3. Proses Algoritma Genetika 27
2.7.3.1. Pengkodean atau Representasi 27
2.7.3.2. Fungsi *Fitness* (Fungsi Evaluasi) 27
2.7.3.3. Seleksi 28
2.7.3.4. *Elitism* 30
2.7.3.5. *Crossover* (Pindah Silang) 31
2.7.3.6. *Mutation (Mutasi)* 33

BAB III ANALISIS PENINGKATAN *VOLTAGE SECURITY* MELALUI PENGATURAN DAYA REAKTIF DENGAN MENGGUNAKAN *GENETIC ALGORITHMS* PADA SISTEM TRANSMISI 150 kV SUB SISTEM PAITON DAN BALI 42

3.1. Rincian Pendekatan Yang Diajukan 35

3.2. Pengkodean 36

3.3. *Fitness Function* 37

3.4. Reproduksi 38

3.5. *Crossover* (Pindah Silang) 39

3.6. *Mutation* 40

BAB IV HASIL DAN ANALISA HASIL 42

4.1. Program Komputer Peningkatan *Voltage Security* Melalui Pengaturan Daya Reaktif Dengan Menggunakan *Genetic Algorithms* 42

4.1.1. Algoritma Program 42

4.1.2. *Flowchart* Program 44

4.2. Sistem Transmisi 150 kV Sub – Sistem Paiton Dan Bali 48

4.3. Data Pembangkitan dan Pembebanan Sistem Transmisi150 kV Sub Sistem Paiton dan Bali 51

4.4. Data Saluran Transmisi 150 kV Sub Sistem Paiton dan Bali 52

4.5. Prosedur Pelaksanaan Program Perhitungan 53

4.6. Hasil perhitungan dan Analisa Data 59

4.6.1. Hasil Perhitungan Pada Kondisi Awal 59

4.6.2. Hasil Perhitungan Setelah Peningkatan *Voltage Security* 62

4.6.3. Analisa Perbandingan Hasil Sebelum dan Setelah Peningkatan *Voltage Security* 65

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 70

5.1. Kesimpulan 70

5.2. Saran 71

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Diagram Segaris Suatu Sistem Tenaga listrik 6

Gambar 2.2. Rangkaian Setara Saluran Transmisi 7

Gambar 2.3. Rangkaian Setara Saluran Transmisi Pendek 8

Gambar 2.4. Rangkaian Setara Saluran Transmisi Menengah 9

Gambar 2.5. Diagram Skema Saluran Transmisi Panjang 10

Gambar 2.6. Representasi Segitiga Daya 12

Gambar 2.7. Diagram Fasor Penguatan Generator 17

Gambar 2.8. Rangkaian Kapasitor Shunt 18

Gambar 2.9. Pembentukan *Next Generation* Dalam *Genetic Algorithms* 30

Gambar 2.10. Ilustrasi Operator Dengan *One Point Crossover* 31

Gambar 2.11. Ilustrasi Operator Dengan *Two Point Crossover* 32

Gambar 2.12. Ilustrasi Operator *Crossover* Dengan *Uniform Crossover* 32

Gambar 2.13. Ilustrasi Operator Mutasi Untuk Representasi String Biner 33

Gambar 3.1. Struktur Kromosom *Genetic Algorithms* 36

Gambar 3.2. *Uniform Crossover* 40

Gambar 3.3. Operator Mutasi 41

Gambar 4.1. *Flowchart* Peningkatan *Voltage Security* Menggunkan *Genetic Algorithms* 45

Gambar 4.2. *Flowchart Sub-Routine* Program *Fitness* 46

Gambar 4.3. *Flowchart Sub-Routine* Program Aliran Daya Metode Newton Raphon .....

Gambar 4.4. Diagram Segaris Jaringan Sistem Transmisi 150 kV Sub-Sistem Paiton-Bali 49
Gambar 4.5. Tampilan Utama Program 53
Gambar 4.6. Tampilan Data 54
Gambar 4.7. Tampilan Menjalankan Program 54
Gambar 4.8. Hasil Perhitungan Aliran Daya Sebelum Peningkatan *Voltage Security* 55
Gambar 4.9. Nilai Indek Keamanan (Sn) Sebelum Peningkatan *Voltage Security* 56
Gambar 4.10. Hasil Perhitungan Aliran Daya Setelah Peningkatan *Voltage Security* 57
Gambar 4.11. Nilai Indek Keamanan (Sn) Sebelum Peningkatan *Voltage Security* 58
Gambar 4.12. Grafik Performa *Genetic Algorithms* 58

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Penomoran Bus Sistem Transmisi 150 kV Sub Sistem Paiton Dan Bali 50

Tabel 4.2. Hasil Perhitungan Pembangkitan dan Pembebanan Sistem Transmisi 150 kV Sub Sistem Paiton dan Bali 51

Tabel 4.3. Hasil Perhitungan Saluran Transmisi 150 kV Sub Sistem Paiton Dan Bali 52

Tabel 4.4. Hasil Perhitungan Tegangan, Sudut Tegangan, Pembangkitan Dan Pembebanan Sebelum Peneningkatan *Voltage Security* Dengan Menggunakan Metode Newton-Rapshon 59

Tabel 4.5. Hasil Perhitungan Aliran Daya Antar Saluran Sebelum Peneningkatan *Voltage Security* Dengan Menggunakan Metode Newton-Rapshon 60

Tabel 4.6. Rugi Daya Antar Saluran Sebelum Peningkatan *Voltage Security* 61

Tabel 4.7. Hasil Perhitungan Tegangan, Sudut Tegangan, Pembangkitan Dan Pembebanan Setelah Peneningkatan *Voltage Security* Dengan Menggunakan Metode Newton-Rapshon 62

Tabel 4.8. Hasil Perhitungan Aliran Daya Antar Saluran Setelah Peneningkatan *Voltage Security* Dengan Menggunakan Metode Newton-Rapshon 63

Tabel 4.9. Rugi Daya Antar Saluran Setelah Peneningkatan *Voltage Security* 64

Tabel 4.10. Perbandingan Tegangan Sebelum Dan Setelah Peningkatan *Voltage Security* 65

Tabel 4.11. Perbandingan Rugi-rugi Antar Saluran Sebelum Dan Setelah Peningkatan *Voltage Security* 67

Tabel 4.12. Selisih Rugi-rugi Daya Antar Saluran Sebelum Dan Setelah Peningkatan *Voltage Security* 68

Tabel 4.13. Perbandingan Nilai Setting Sebelum Dan Setelah Peningkatan *Voltage Security* 69

Tabel 4.14. Perbandingan Kondisi Sebelum Dan Setelah Peningkatan *Voltage Security* 69

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.4. Perbandingan Tegangan Sebelum Dan Setelah Peningkatan *Voltage Security* 66

Grafik 4.5. Perbandingan Pembangkitan, Pembebanan, Rugi-Rugi, Sn, Sebelum Dan Setelah Peningkatan *Voltage Security* 69

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan penduduk dan perkembangan industri yang semakin pesat menyebabkan semakin luas dan besarnya kebutuhan akan pemakaian energi listrik. Dengan bervariasinya beban, kebutuhan daya reaktif dari sistem transmisi tentu akan bervariasi. Pengaturan daya reaktif secara efektif dapat menjaga tegangan pada tingkat yang aman dan dapat mengurangi keseluruhan kerugian daya dari sistem.

Permasalahan yang dihadapi jaringan transmisi adalah masalah ketidaksetabilan tegangan, yang dapat menyebapkan terjadinya *voltage collapse*. Sehingga perlu perlu adanya langkah awal untuk mengantisipasi hal tersebut. Salah satunya yaitu dengan meningkatkan *voltage security* (keamanan tegangan) melalui pengaturan daya reaktif. *Genetic Algorithms* (GA) dapat menyediakan banyak solusi-solusi optimal, sehingga memungkinkan operator untuk mengantisipasi terjadinya *voltage collapse* dengan cara praktis dan fleksibel.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang ditimbulkan adalah bagaimana meningkatan *voltage security* melalui pengaturan daya reaktif dengan menggunakan *Genetic Algorithms*. Berdasarkan pada latar belakang dan perumusan masalah tersebut diatas skripsi ini mengambil judul :

"ANALISIS PENINGKATAN *VOLTAGE SECURITY* MELALUI PENGATURAN DAYA REAKTIF DENGAN MENGGUNAKAN *GENETIC ALGORITHMS* PADA SISTEM TRANSMISI 150 kV SUB - SISTEM PAITON DAN BALI"

1.3. Tujuan Pembahasan

Berdasarkan permasalahan yang telah dikemukakan diatas, maka skripsi ini bertujuan untuk menganalisis peningkatkan *voltage security* melalui pengaturan daya reaktif, menganalisis profil tegangan dan rugi-rugi daya setelah peningkatkan *voltage security*, menentukan nilai setting dari kapasitor dan tegangan terminal generator pada sistem transmisi 150 kV sub-sistem Paiton dan Bali dengan menggunakan metode *Genetic Algorithms*.

1.4. Batasan Masalah

Agar diperoleh pembahasan yang jelas serta terarah dan menghindari pembahasan terlalu luas, maka perlu diadakan pembatasan-pembatasan masalah sebagai berikut :

1. Analisis dilakukan pada saluran transmisi 150 kV Sub-Sistem Paiton Bali dengan menggunakan metode *Genetic Algorithms* (GA).
2. Analisa dilakukan dengan asumsi bahwa sistem berada pada operasi normal.
3. Tidak membahas masalah ekonomis.
4. Tidak membahas masalah transformator dan penempatan peralatan kontrol.
5. Tidak membahas masalah perhitungan aliran daya *Newton Raphson* secara mendetail.

1.5. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam pembahasan skripsi ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Studi literatur berupa pengumpulan referensi yang berkaitan dengan pokok bahasan skripsi ini.
2. Pengambilan data lapangan yang dipakai dalam obyek penelitian. Yaitu data saluran dan data pembebanan puncak pada sistem taransmisi 150 kV sub - sistem Paiton dan Bali.

3. Melakukan analisis dengan menggunakan bahasa pemrograman Matlab Versi 6.5.1.
   - Analisis aliran daya pada sistem transmisi 150 kV sub-sistem Paiton dan Bali.
   - Analisis pengaturan daya reaktif terhadap sistem transmisi 150 kV sub-sistem Paiton dan Bali untuk meningkatkan *voltage security.*
4. Menarik kesimpulan apakah metode ini cukup efektif dalam menghasilkan perbaikan-perbaikan pada sistem.

1.6. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika pembahasan pada skripsi ini adalah sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Menguraikan tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan pembahasan, batasan masalah, metode penelitian, sistematika penulisan, kontribusi penelitian.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Menguraikan tentang sistem tenaga listrik, saluran transmisi, daya dalam sistem tenaga listrik, pengaturan daya reaktif dan tegangan, eksitasi generator, kapasitor shunt, besaran per satuan, aliran daya, metode *Genetic Algorithms* (Algoritma Genetika).

BAB III : ANALISIS PENINGKATAN *VOLTAGE SECURITY* MELALUI PENGATURAN DAYA REAKTIF DENGAN MENGGUNAKAN *GENETIC ALGORITHMS*

Menguraikan tentang rincian dari pendekatan yang diajukan, pengkodean, *fitness function, reproduksi, crossover, mutation.*

BAB IV : HASIL DAN ANALISA HASIL

Menguraikan tentang algoritma program, sistem transmisi 150 kV sub sistem Paiton dan Bali, peningkatan *voltage security*, perbandingan profil tegangan, rugi-rugi saluran sebelum dan sesudah peningkatan *voltage security.*

BAB V PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan akhir dan saran.

1.7. Kontribusi

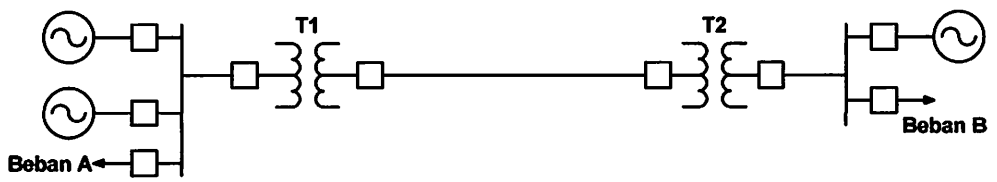
Adapun kontribusinya adalah diharapkan nantinya bisa menjadi masukan bagi PT. PLN Persero, dalam meningkatkan *Voltage Security* melalui pengaturan daya reaktif, pada saluran transmisi 150 kV sub sistem Paiton – Bali dengan menggunakan *Genetic Algorithms.* Sehingga kemungkinan terjadinya *voltage collapse* dapat dihindari.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Tenaga Listrik

Suatu sistem tenaga listrik merupakan hubungan antara tiga bagian utama, yaitu sistem pembangkit, sistem transmisi, dan beban. Saluran transmisi merupakan mata rantai penghubung antara stasiun pembangkit dengan sistem distribusi, dan menghubungkan dengan sistem-sistem daya lain melalui *interkoneksi.*

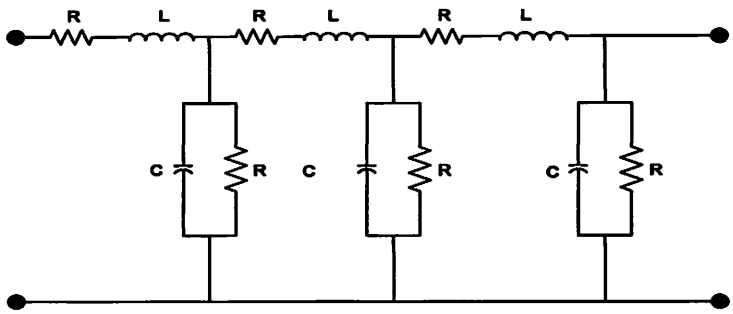
Dalam menganalisa suatu sistem tenaga listrik, yang sangat penting adalah mengetahui karakteristik masing-masing komponen sistem tenaga listrik. Dalam hal ini biasanya komponen-komponen sistem tersebut biasanya digambarkan dalam bentuk rangkaian setaranya. Diagram sistem tenaga listrik secara sederhana ini disebut dengan diagram segaris (*One Line Diagram*). Pembuatan diagram segaris ini dimaksudkan untuk memberikan gambaran yang ringkas dari suatu sistem tenaga listrik. Gambar 2.1 menunjukan contoh diagram segaris sistem tenaga listrik yang sederhana.



Gambar 2.1.[8]
Diagram Segaris Suatu Sistem Tenaga listrik

2.2. Saluran Transmisi

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). Parameter-parameter tersebut sangat berpengaruh terhadap tegangan bus dan aliran daya yang mengalir pada saluran tersebut. Nilai-nilai dari parameter-paremeter sangat tergantung pada panjang saluran.



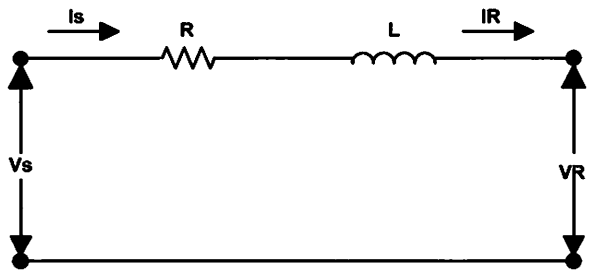
Gambar 2.2.[4]
Rangkaian Setara Saluran Transmisi

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

1. Saluran transmisi pendek, adalah saluran transmisi yang panjangnya kurang dari 80 km.
2. Saluran transmisi menengah, adalah saluran transmisi yang panjangnya antara 80 – 240 km.
3. Saluran transmisi panjang, adalah saluran transmisi yang panjangnya lebih dari 240 km.

2.2.1. Saluran Transmisi Pendek

Rangkaian ekivalen untuk saluran transmisi pendek diperlihatkan pada gambar 2.3. Dimana I_S dan I_g 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.[8]
Rangkaian Setara Saluran Transmisi Pendek

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

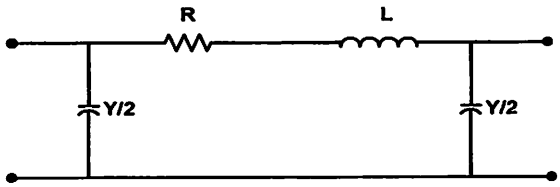
$$I_S = I_R \quad \text{.....(2.1.)}$$

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

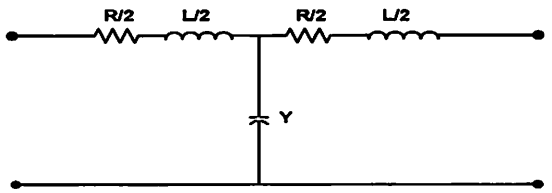
$$V_S = V_R + I_R.Z \quad \text{.....(2.2.)}$$

2.2.2. Saluran Transmisi Menengah

Bertambahnya saluran menyebapkan 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

Gambara 2.4.[8]
Rangkaian Setara Saluran Transmisi Menengah

Untuk rangkaian π belaku:

$$V_S = \left[\frac{ZY}{2} + 1\right] V_R + ZI_R \quad \text{.....(2.3.)}$$

$$I_S = \left[\frac{ZY}{4} + 1\right] YV_R + \left[\frac{ZY}{2} + 1\right] I_R \quad \text{.....(2.4.)}$$

Untuk rangkaian T berlaku:

$$V_S = \left[\frac{ZY}{2} + 1\right] V_R + \left[\frac{ZY}{4} + 1\right] ZI_R \quad \text{.....(2.5.)}$$

$$I_s = YV_R + \left[\frac{ZY}{2} + 1\right] I_R \quad \text{.....(2.6.)}$$

Dimana: V_S, I_S = tegangan, arus sisi kirim

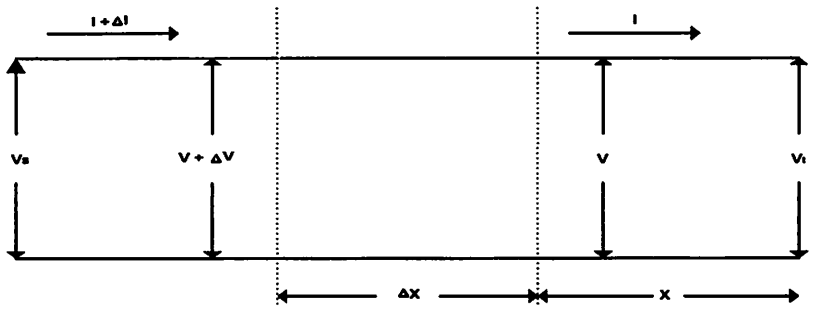
V_R, I_R = tegangan, arus sisis terima

Z = impedansi seri total saluran transmisi

Y = admitansi shunt total saluran

2.2.3. Saluran Transmisi Panjang

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



Gambar 2.5.[8]
Diagram Skema Saluran Transmisi Panjang

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

$$V = \frac{V_R + I_R Z_C}{2} e^{YX} + \frac{V_g - I_g Z_C}{2} e^{-YX} \quad \text{.....(2.7.)}$$

$$I = \frac{\frac{V_R}{Z_C} + I_R}{2} e^{YX} + \frac{\frac{V_R}{Z_C} - I_R}{2} e^{-YX} \quad \text{.....(2.8.)}$$

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

$$V(x) = V_R \, Cosh\, \tau x + I_R \, Z_C \, Sinh\, \tau x \quad \text{.....(2.9.)}$$

$$I(x) = I_R \, Cosh\, \tau x + \left(\frac{V_R}{Z_C}\right) Sinh\, \tau x \quad \text{.....(2.10.)}$$

Dimana: τ = konstanta rambatan pada saluran = $\sqrt{z\,y}$

Z_C = impedansi karakteristik saluran = $\sqrt{z/y}$

2.3. Daya Dalam Sistem Tenaga Listrik

Dalam sistem tenaga listrik, pembangkit-pembangkit tenaga listrik harus mampu menyediakan tenaga listrik kepada pelanggan sesuai dengan permintaan beban listrik yang ada. Dan hal ini yang harus diperhatikan adalah sistem yang tetap konstan, dalam hal ini tegangan dan frekuensi harus tetap konstan karena berhubungan dengan daya.

2.3.1. Daya Aktif (*Active Power*)

Secara umum daya aktif dinyatakan oleh persamaan:

$$P = [\,V\,]\,[\,I\,]\cos\varphi \quad \text{.....(2.11.)}$$

Dimana: V dan I nilai efektinya

2.3.2. Daya Reaktif (*Reaktif Power*)

Daya reaktif adalah daya yang timbul karena adanya pembentukan medan megnet pada beban-beban induktif .

$$Q = [\,V\,]\,[\,I\,]\sin\varphi \quad \text{.....(2.12.)}$$

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 yang dibutuhkan oleh kapasitor yang tidak menghasilkan kerja, tetapi tersimpan dalam bentuk energi magnetis atau energi kapasitif. Daya reaktif induktif adalah daya listrik yang dibutuhkan untuk menghasilkan medan magnet yang dibutuhkan oleh alat–alat seperti motor induksi, transformator dan sebagainya.

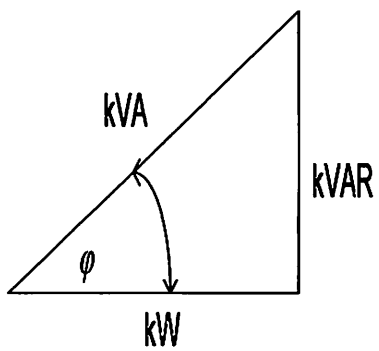
2.3.3. Daya Semu (*Apparent Power*)

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

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad \text{.....(2.13.)}$$

Selain diatas juga dikenal istilah factor daya / *Power Faktor* adalah perbandingan antara daya aktif dan daya semu, yang dirumuskan sebagai berikut:

$$Cos\,\varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \frac{kW}{kVA} \quad \text{.....(2.14.)}$$



Gambar 2.6.[8]
Representasi Segitiga Daya

Dimana : Cos φ = Faktor daya

KW = Daya aktif

KVA = Daya semu

KVAR = Daya reaktif

2.4. Sistem Per-Unit [8]

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

$$\text{Besaran Per-Unit} = \frac{\text{Besaran sebenarnya}}{\text{Besaran dasar}} \quad \text{.....(2.15.)}$$

Rumus–rumus yang digunakan untuk penentuan arus dasar dan impedansi dasar adalah :

- Untuk data 1 phasa

Arus dasar

$$I_d = \frac{\text{kVA dasar 1 fasa}}{\text{kV dasar L - N}} \quad \text{.....(2.16.)}$$

Impedansi dasar

$$Z_d = \frac{(\text{kV dasar L - N})^2 \times 10^{-3}}{\text{kVA dasar1 fasa}} \quad \text{.....(2.17.)}$$

$$Z_d = \frac{(\text{kV dasar L - N})^2}{\text{MVA dasar 1 fasa}} \quad \text{.....(2.18.)}$$

- Untuk data 3 fasa

Arus dasar

$$I_d = \frac{\text{kVA dasar 3 fasa}}{\sqrt{3}\ \text{kV dasar L - L}} \quad \text{.....(2.19.)}$$

Impedansi dasar

$$Z_d = \frac{(\text{kV dasar L - L})^2 \times 10^{-3}}{\text{kVA dasar3 fasa}} \quad \text{.....(2.20.)}$$

$$Z_d = \frac{(\text{kV dasar L - L})^2}{\text{MVA dasar 3 fasa}} \quad \text{.....(2.21.)}$$

Dalam persamaan di atas nilai–nilai besaran diberikan untuk rangkaian satu fasa. Jadi tegangannya adalah tegangan antara fasa dengan tanah dan daya setiap fasa.

Setelah besaran–besaran dasar telah ditentukan maka besaran – besaran itu dinormalisasikan terhadap besaran dasar. Dengan demikian impedansi per satuan dari suatu elemen rangkaian didefinisikan sebagai berikut :

$$Z = \frac{\text{Impedansi sebenarnya Z } (\Omega)}{\text{Impedansi dasar } Z_d} \quad \text{.....(2.22.)}$$

2.4.1. Mengubah Dasar Sistem Per-Unit

Kadang-kadang impedansi per-unit untuk suatu komponen dari suatu sistem dinyatakan menurut dasar yang berbeda dengan dasar yang dipilih untuk bagian dari sistem dimana komponen tersebut berada. Karena semua impedansi dalam bagian manapun dari suatu sistem harus dinyatakan dengan dasar impedansi yang sama, maka dalam perhitungannya kita perlu mempunyai cara untuk dapat mengubah impedansi per-unit dari suatu dasar ke dasar yang lain. Dengan mensubstitusikan impedansi dasar yang diberikan dalam persamaan (2.18.) dan (2.21.) ke dalam persamaan (2.22.) maka diperoleh:

$$Z_u = \frac{(\text{Impedansi sebenarnya, } \Omega) \cdot (\text{MVA dasar})}{(\text{Tegangan dasar, kV})^2} \quad \text{.....(2.23.)}$$

Persamaan (2.23.) memperlihatkan bahwa impedansi per-unit berbanding lurus dengan MVA dasar serta berbanding terbalik dengan kuadrat tegangan dasar.

Untuk mengubah dari impedansi per-unit menurut suatu dasar yang diberikan menjadi impedansi per-unit menurut suatu dasar yang baru, dapat dipakai persamaan berikut:

$$Z_{baru}\,\text{per-unit} = Z_{\text{diberikan}}\,\text{per-unit}\left(\frac{kV_{\text{diberikan}}\,\text{dasar}}{kV_{\text{baru}}\,\text{dasar}}\right)^2 \times \left(\frac{MVA_{\text{baru}}\,\text{dasar}}{MVA_{\text{diberikan}}\,\text{dasar}}\right) \quad \text{..... (2.24.)}$$

Persamaan ini tidak ada hubungannya dengan pemindahan nilai impedansi dalam ohm dari salah satu sisi transformator ke sisi yang lain.

2.5. Pengaturan Daya Reaktif Dan Tegangan [4]

Pengontrolan tegangan pada dasarnya adalah pengontrolan aliran daya reaktif pada saluran dan simpul, sehingga untuk mempertahankan tegangan di dalam batas-batas yang diinginkan, maka perlu keseimbangan daya reaktif pada simpul tersebut. Sebagaimana diketahui masalah-masalah tegangan dapat diakibatkan oleh pelanggaran batas atas maupun batas bawah. Jika ada terlalu banyak beban reaktif induktif, misalnya pada daerah industri, maka tegangan simpul terlalu rendah. Sebaliknya pada saat beban ringan, maka akan ada kelebihan daya reaktif pada saluran sehingga tegangan simpul terlalu tinggi

Dengan menginjeksikan daya reaktif ke dalam sistem, pengontrolan akan mengontrol baik pembangkitan mauupun aliran daya reaktif. Dengan cara ini profil tegangan simpul yang diinginkan dapat diperoleh. Karena daya reaktif tidak dapat ditransmisikan melalui saluran yang panjang (jauh), pengontrolan daya reaktif terhadap tegangan harus dilakukan dengan mengubah peralatan kusus yang disebar pada seluruh sistem.

Tindakan kontrol (pengaturan) yang digunakan untuk mengatur daya reaktif dan tegangan adalah :

1. Perubahan tegangan terminal generator

   Dengan mengubah eksitasi generator akan merubah daya reaktif yang diinjeksikan. Sehingga akan merubah tegangan simpul generator maupun simpul beban.

2. Kompensasi daya reaktif

   Tindakan ini mencatu daya reaktif sejumlah tertentu pada saluran transmisi dan simpul beban, sehingga menambah tegangan simpul beban yang terdekat. Biasanya semakin dekat simpul itu terhadap kapasitor kompensasi maka bertambah pula tegangan yang ditambahkan.

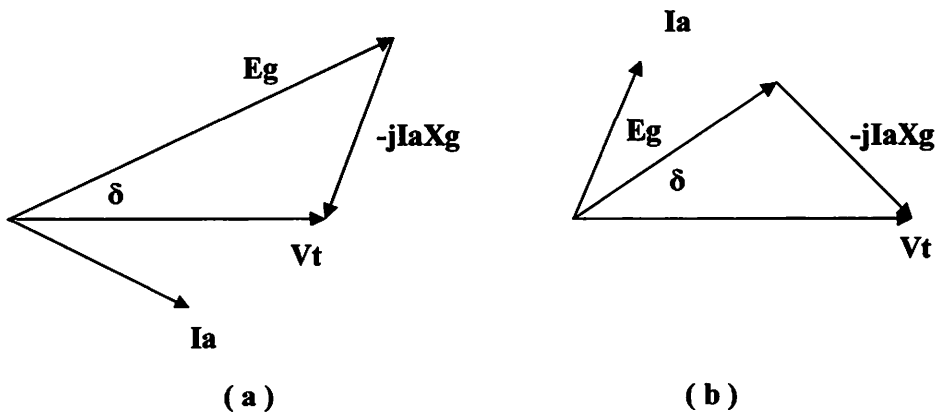
2.5.1. Pengaturan Eksitasi Generator

Pengaturan eksitasi generator mempunyai fungsi utama mengatur tegangan pada sisi terima didalam suatu harga yang telah ditetapkan dengan mengirimkan sejumlah daya reaktif. Tegangan terminal generator dapat berubah sesuai dengan perubahan eksitasi generator.

Jika suatu generator dihubungkan kesuatu sistem tenaga yang sangat besar, maka tegangan terminal generator V_1 relatif konstan meskipun ada perubahan eksitasi pada generator. Simpul tempat generator itu dihubungkan disebut yang tak terhingga (*infinitive bus*). Jika masukan daya aktif ke sistem $P = |Vt|\,|Ia| \cos\theta$ konstan dan dengan mengubah-ubah eksitasi untuk mengubah $|Eg|$ yang tinggi dan rendah, diagram phasornya dapat dilihat pada gambar di bawah ini. Sudut δ

dinamakan sudut daya dari generator, eksitasi yang normal didefinisikan sebagai berikut:

$$|Eg| \cos \delta = Vt \quad \text{.....(2.25.)}$$



Gambar 2.7.[8]
Diagram Fasor Penguatan Generator

Untuk keadaan pada gambar 2.10 (a) generator terlalu diperkuat (*over exited*) dan mencatu arus tertinggal (*lagging*) ke sistem. Seperti sebuah kapasitor, generator ini mencatu daya reaktif ke sistem. Gambar 2-10 (b) adalah generator yang kurang diperkuat (*under exited*) yang mencatu arus mendahului (*leading*) ke sistem, generator ini menyerap daya reaktif dari sistem.

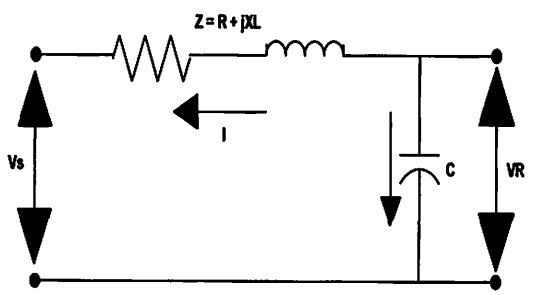
Kemampuan generator untuk membangkitkan daya reaktif dibatasi oleh *rating thermal* dari stator dan rotor serta output dari exiternya. Sedangkan kemampuan generator untuk menyerap daya reaktif dari sistem dibatasi oleh persoalan stabilitas.

2.5.2. Kapasitor Shunt

Rendahnya faktor daya beban akan mengakibatkan naiknya kebutuhan daya reaktif dan arus saluran. Karena itu diperlukan peralatan yang dapat mengkompensasi kebutuhan daya reaktif, baik *lagging* maupun *leading*. Kapasitor *shunt* digunakan untuk sirkit dengan faktor daya *lagging* sedangkan reaktor *shunt* untuk sirkit dengan faktor daya *leading*.

Secara sederhana kapasitor terdiri dari dua plat logam yang dipisahkan oleh suatu bahan dielektrik dan mempunyai sifat menyimpan muatan listrik. Dimana dalam membangkitkan daya reaktif pada sistem tenaga, kapasitor daya digunakan untuk memperbaiki faktor daya dan memperbaiki profil tegangan, sehingga meningkatkan kapasitas sistem dan mengurangi rugi-rugi saluran.

Kapasitor shunt adalah kapasitor yang dihubungkan secara parallel dengan penyulang (*line*). Kapasitor shunt marupakan sumber daya reaktif untuk mengimbangi komponen reaktif yang diperlukan oleh beban.



Gambar 2.8.[4]
Rangkaian Kapasitor Shunt

2.6. Analisa Aliran Daya

Dalam melayani beban yang dibutuhkan oleh konsumen dan pengoperasian tenaga listrik perlu dilakukan penganalisaan aliran daya, sehingga sistem yang dioperasikan dapat memenuhi persyaratan teknis. Dalam analisa aliran daya dilakukan perhitungan terhadap tegangan, arus, daya aktif dan reaktif, yang terdapat dalam berbagai titik dalam jala–jala jaringan transmisi tenaga listrik. Kegunaan studi analisa aliran daya antara lain:

1. Mencari harga *magnitude* tegangan $|v|$ dan sudut fasa tegangan δ bus beban.
2. Mencari daya reaktif Q dan sudut fasa tegangan δ dari generator bus.
3. Untuk mendapatkan daya aktif dan daya reaktif pada bus slack.
4. Untuk menentukan daya yang mengalir disetiap saluran jaringan tenaga listrik.

2.6.1. Klasifikasi Bus [3]

Pada setiap bus dari jaringan terdapat parameter – parameter yaitu : daya aktif (P), daya reaktif (Q), besar tegangan $|v|$ dan sudut fasa tegangan δ. Dengan melihat parameter diatas, setiap bus dapat diklasifikasikan menjadi 3 bagian:

1. Bus Beban (*Load Bus*) (PQ)

Pada bus ini hanya terdapat kebutuhan daya untuk beban untuk beban dimana P daya aktif dan Q daya reaktif diketahui, sementara $|v|$ dan δ berubah – ubah menurut kebutuhan. Oleh karena itu, $|v|$ dan δ harus ditentukan (dicari).

2. Bus Generator (PV)

Pada bus ini hanya terdapat daya pembangkitan dimana $|v|$ diatur menggunakan regulator tegangan dan P diatur dengan *governor*. Sehingga untuk bus ini P dan $|v|$ diketahui. Sementara Q (daya reaktif) dan δ (sudut fasa) dicari.

3. Bus *Slack*

Pada bus ini $|v|$ dan δ sudah ditentukan besarnya sementara P dan Q dihitung. Biasanya nilai $|v|$ adalah 1 pu, sedangkan sudut fasa tegangan δ berharga nol, karena itu fasor tegangan dari bus dipakai sebagai referensi.

2.6.2. Metode Newton – Rapshon [8]

Metode yang umum dan banyak dipakai untuk mendapatkan penyeleseian aliran daya adalah metode Newton-Rapshon. Metode Newton-Rapshon dibentuk berdasarkan matriks admitansi simpul (Y_{bus}), satu prosedur yang langsung dan sederhana. Pada admitansi simpul diagonal elemenya (Y_{pp}) adalah admitansi dari semua elemen-elemen jaringan yang terhubung dengan simpul p tersebut. Untuk elemen bukan diagonal (Y_{pq}) adalah sama dengan negatif admitansi dari elemen jaringan yang menghubungkan dengan simpul p dan simpul q.

Karena pada jaringan sistem tenaga listrik tidak semua simpul saling berhubungan satu dengan yang lain, maka Y_{bus} akan memebentuk matriks yang terdiri dari elemen-elemen yang mempunyai nilai $\neq 0$ (diantara simpul-simpul tersebut mempunyai hubungan saluran transmisi) dan elemen-elemen yang bernilai = 0 (diantara simpul-simpul tersebut tidak mempunyai hubungan transmisi).

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

$$Ip = \sum_{q=1}^{n} Y_{pq} . V_q \quad \text{.....(2.26.)}$$

Injeksi daya pada simpul P adalah:

$$S_p = P_p + jQ_p = V_p I^*_p \quad \text{.....(2.27.)}$$

$$= V_p \sum_{q=1}^{n} Y_{pq}^* V_q^* \quad \text{.....(2.28.)}$$

Dengan memisahkan bagian riil dan bagian imajiner maka diperoleh:

$$P_p = \sum_{q=1}^{n} \left| V_p V_q Y_{pq} \right| \cos\left(\delta_{pq} + \delta_q - \theta_p\right) \quad \text{.....(2.29.)}$$

$$Q_p = \sum_{q=1}^{n} \left| V_p V_q Y_{pq} \right| \sin\left(\delta_{pq} + \delta_q - \theta_p\right) \quad \text{.....(2.30.)}$$

Kedua persamaan diatas akan menghasilkan suatu kumpulan persamaan serempak (simultan) yang tidak linier untuk setiap sistem tenaga listrik.

Untuk mengetahui magnitude tegangan $|V|$ dan sudut phasa δ, setiap simpul dapat diseleseikan dengan persamaan aliran daya (2.29.) dan (2.30.), yang dilinierkan dengan metode Newton-Rapshon seperti persamaan dibawah ini: [3]

$$\begin{bmatrix} \Delta P_1 \\ \cdots \\ \Delta P_n \\ \cdots \\ \Delta Q_1 \\ \cdots \\ \Delta Q_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial P_1}{\partial \delta_1} & \cdots & \frac{\partial P_1}{\partial \delta_n} & \frac{\partial P_1}{\partial |V_1|} & \cdots & \frac{\partial P_1}{\partial |V_n|} \\ \cdots & & \cdots & \cdots & & \cdots \\ \frac{\partial P_n}{\partial \delta_1} & \cdots & \frac{\partial P_n}{\partial \delta_n} & \frac{\partial P_n}{\partial |V_1|} & \cdots & \frac{\partial P_n}{\partial |V_n|} \\ \cdots & & \cdots & \cdots & & \cdots \\ \frac{\partial Q_1}{\partial \delta_1} & \cdots & \frac{\partial Q_1}{\partial \delta_n} & \frac{\partial Q_1}{\partial |V_1|} & \cdots & \frac{\partial Q_1}{\partial |V_n|} \\ \cdots & & \cdots & \cdots & & \cdots \\ \frac{\partial Q_n}{\partial \delta_1} & \cdots & \frac{\partial Q_n}{\partial \delta_n} & \frac{\partial Q_n}{\partial |V_1|} & \cdots & \frac{\partial Q_n}{\partial |V_n|} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta_1 \\ \cdots \\ \Delta \delta_n \\ \cdots \\ \Delta V_1 \\ \cdots \\ \Delta V_n \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix}\Delta P\\ \Delta Q\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}J_1 & J_2\\ J_3 & J_4\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\Delta\delta\\ \Delta|v|\end{bmatrix} \quad \text{.....(3.31.)}$$

Dimana:

ΔP = Selisih injeksi netto daya aktif dengan penjumlahan aliran daya aktif setiap transmisi, yang menghubungkan simpul dengan $|V|$ yang didapat dari perhitungan iterasi ke- k.

ΔQ = Selisih injeksi netto daya reaktif dengan penjumlahan aliran daya reaktif setiap transmisi, yang menghubungkan simpul dengan $|V|$ yang didapat dari perhitungan iterasi per- k.

$\Delta\delta$ = Vektor koreksi sudut phasa tegangan.

$\Delta|V|$ = Vektor koreksi magnetude tegangan.

Untuk menghitung selisih daya, maka mula-mula ditentukan harga awal dari tegangan simpul dan sudut phasanya. Kemudian daya aktif dan daya reaktif dihitung dengan menggunakan persamaan (2.29.) dan (2.30.). Selisih daya antara daya yang ditentukan dengan daya hasil perhitungan ini, merupakan peribahan daya yang terjadi pada simpul.

$$\Delta P = P_q - P_L - P_p \quad \text{.....(2.32)}$$

$$\Delta Q = Q_q - Q_L - Q_p \quad \text{.....(2.33)}$$

Magnitude tegangan dan sudut phasa yang diasumsikan ($|Vp|$ dan ΔQ_p) serta selisih daya yang dihitung (ΔP_p dan ΔQ_p) diigunakan untuk memperoleh elemen- elemen matriks jaqobian. Persamaan (2.31.) diseleseikan untuk menghitung vektor koreksi magnitude tagangan ($\Delta|V|$) dan sudut phasa tegangan

(Δδ) yang baru. Sehingga diperoleh harga magnitude tegangan dan sudut phasa yang baru:

$$|V|^{k+1} = |V|^{k} + \Delta|V|^{k}$$

$$\delta^{k+1} = \delta^{k} + \Delta\delta^{k}$$

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

2.7. Genetic Algorithms [4]

Genetic Algorithms merupakan metode pemecahan masalah yang meniru prinsip *evolusi* alam. Yang bisa digunakan untuk memecahkan suatu pencarian nilai dalam sebuah masalah optimasi. Algoritma ini didasarkan pada proses genetik yang ada dalam makluk hidup yaitu perkembangan generasi dalam sebuah populasi alami, secara lambat laun mengikuti prinsip seleksi alam " siapa yang kuat, dia yang bertahan (*survive*) ". Dengan meniru proses ini, *Genetic Algorithms* dapat digunakan untuk mencari solusi permasalahan-permasalahan dalam dunia nyata.

Genetic Algorithms bekerja dengan populasi *string* dengan melakukan proses pencarian nilai optimal secara paralel, dan juga melakukan proses recombinasi antar individu dengan menggunakan operator genetika. Operator-operator genetika tersebut meliputi:

Reproduksi: merupakan proses pembentukan individu lama (induk) menjadi individu baru.

Crossover : merupakan pertukaran silang gen-gen antar individu-individu yang berpasangan.

Mutasi : merupakan perubahan gen dalam suatu individu itu sendiri.

Algoritma genetika bekerja dengan suatu *set string* sebagai calon solusi dengan jumlah yang konstan. Populasi ini kemudian berkembang dari satu generasi ke generasi baru melalui aplikasi operasi genetika. Setiap langkah iterasi yang disebut generasi individu dalam populasi saat itu, akan dievaluasi dan diseleksi untuk menentukan populasi pada generasi selanjutnya.

2.7.1. Istilah – Istilah Dalam *Genetic Algorithms* [4]

Genetic Algorithms merupakan mekanisme genetika yang ada pada proses alami dan sistem buatan. Istilah-istilah yang digunakan adalah gabungan dari dua disiplin ilmu, yaitu ilmu biologi dan komputer. Istilah-istilah yang digunakan dalam *Genetic Algorithms* sebagai berikut:

Kromosom : individu berupa segmen string yang sudah ditentukan.

Gen : bagian dari string.

Loci : posisi gen.

Alele : nilai yang dimasukan dalam gen.

Phenotype : string yang merupakan solusi terahir.

Genotype : sejumlah string hasil perkawinan yang berpotensi sebagai solusi.

2.7.2. Parameter *Genetic Algorithms* [6]

Terdapat beberapa parameter yang digunakan dalam *Genetic Algorithms*. Parameter tersebut digunakan untuk melihat kompleksitas dari *Genetic Algorithms*. Parameter yang digunakan tersebut adalah:

- Jumlah Generasi (Max Gen)

  Merupakan jumlah perulangan (iterasi) dilakukanya rekombinasi dan seleksi. Jumlah generasi ini memepengaruhi kesetabilan output dan lama iterasi (waktu proses *Genetic Algorithms*). 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 lokal optimum.

- Ukuran Populasi (Pop Size)

  Ukuran populasi mempengaruhi kinerja dan efektifitas dari *Genetic Algorithms*. Jika ukuran populasi kecil maka populasi tidak menyediakan cukup materi untuk mencakup ruang permasalahan, sehingga pada umumnya kinerja *Genetic Algorithms* menjadi buruk. Dalam hal ini dibutuhkan ruang yang lebih besar untuk mempresentasikan keseluruhan ruang permasalahan. Selain itu penggunaan populasi yang besar dapat mencegah terjadinya konvergensi pada wilayah lokal

- Probabilitas Crossover (Pc)

  Probabilitas crossover ini digunakan untuk mengendalikan frekuensi operator *crossover*. Dalam hal ini, dalam populasi terdapat Pc x *Pop size* 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 *Genetic Algorithms*.

- Probabilitas Mutasi (Pm)

  Mutasi digunakan untuk meningkatkan variasi populasi digunakan untuk meningkatkan tingkat mutasi yang terjadi, karena frekuensi terjadinya mutasi tersebut menjadi *Pm x Pop Size x N*, dimana N adalah panjang struktur / gen dalam satu individu.

  Dalam *Genetic Algorithms*, mutasi menjalankan aturan penting yaitu:

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

- 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.*

2.7.3. Proses *Genetic Algorithms*

Sangat perlu untuk mengetahui proses dalam *Genetic Algorithms*. Dibawah ini akan diuraikan mengenai hal itu, dimana uraian ini merupakan penjabaran dari *Genetic Algorithms* seperti penjelasan sebagai berikut.

2.7.3.1. Pengkodean atau Representasi [4]

Langkah pertama kali yang dilakukan dalam penggunaan *Genetic Algorithms* adalah melakukan pengkodean atau representasi terhadap permasalahan yang akan dilakukan. Secara umum *Genetic Algorithms* dibentuk oleh serangkaian *kromosom* yang ditandai dengan xi (i = 1,2,3,.....,N). Setiap elemen dalam *kromosom* ini adalah *variable string* yang disebut *gen*, berisi nilai-nilai atau *allele*. Variabel-variabel ini dapat dinyatakan dalam bentuk bilangan biner, bilangan real (*floating point*), iteger, abjad.

Selanjutnya beberapa *kromosom* dibentuk dan berkumpul membentuk populasi. Populasi inilah populasi awal bagi *Genetic Algorithms* untuk awal melakukan pencarian.

2.7.3.2. Fitness Function [4]

Dalam *Genetic Algorithms*, sebuah funsi fitness f (x) harus dirancang untuk masing-masing permasahan yang akan diseleseikan. Dengan menggunakan kromosom tertentu, fungsi objektif atau fungsi evaluasi akan mengevaluasi status masing-masing *kromosom*. Setiap *gen* xi (i = 1,2,3,.....N) dipergunakan untuk menghitung fk (x) (k = 1,2,.....*Pop Size*).

Permasalahan klasik dalam *Genetic Algorithms* adalah berapa *kromosom* dengan nilai fitness yang tinggi (tetapi bukan nilai optimum), mendominasi populasi dan mengakibatkan *Genetic Algorithms* konvergen pada local optimum. Ketika mencapai konvergen, kemampuan *Genetic Algorithms* untuk mencari solusi yang lebih baik menghilang.

Tukar silang antara *kromosom* induk hampir identik. Dalam hal ini hanya operasi mutasi yang mampu menghasilkan *kromosom* yang relatif baru, dan merupakan cara untuk menghindari kromosom tertentu mendominasi populasi. Pada permulaan optimasi, biasanya nilai *fitness* masing-masing individu masih mempunyai rentang yang lebar. Seiring dengan bertambahnya generasi, beberapa *kromosom* mendominasi populasi dan mengakibatkan rentang nilai fitness semakin kecil.

2.7.3.3. Seleksi [6]

Pada *Genetic Algorithms* terdapat proses seleksi yaitu proses pemilihan *kromosom* yang akan di *crossover*kan dengan *kromosom* dari individu lain. Masalah yang paling mendasar pada proses ini adalah bagaimana proses penyeleseianya. Menurut teori Darwin proses seleksi individu adalah : *individu yang terbaik akan tetap hidup dan menghasilkan keturunan.* Pada proses seleksi ini dapat menggunakan metode seperti *roulette wheel selection, rank selection* dan sebagainya.

- *Roulette wheel selection*

  Dimana setiap individu memiliki harga fitness sehingga didapatkan probabilitas individu $(f(t)/\sum f(t))$ tersebut dicopykan pada populasi baru. Untuk individu yang memiliki probabilitas 20% untuk jumlah populasi 10, maka kemungkina individual tersebut dapat terpilih sebanyak dua kali. Ilustrasi kerja operator ini dapat digambarkan seperti pada gambar 2.15.

  Adapun algoritma dari roulette wheel adalah sebagai berikut:

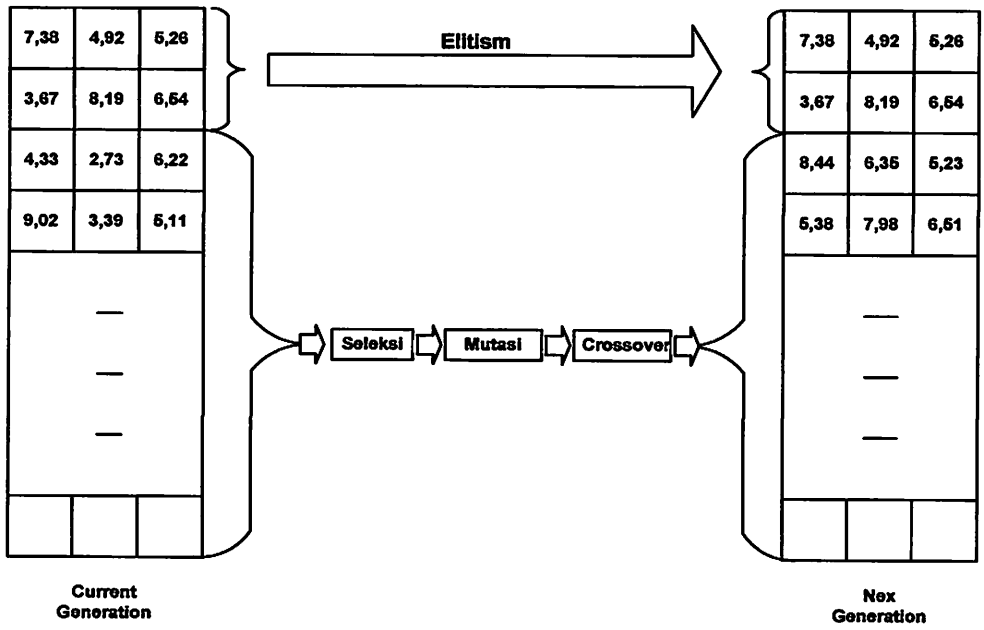
  1. Menjumlahkan *fitness* dari seluruh anggota populasi.
  2. Membangkitkan nilai k, suatu nilai random antara 0 dan total fitnessnya.
  3. Menjumlahkan *fitness* dari *kromosom-kromosom* dari populasi 0 hingga total *fitness* lebih besar atau sama dengan nilai k lalu ambil *kromosom* tersebut.

- *Rank Selection*

  Apabila *fitness* yang dimiliki oleh *kromosom* dalam populasi berbeda terlalu jauh dari *kromosom* lainya, maka hal ini dapat menjadi permasalahan. Misalnya bila *kromosom* terbaik mempunyai *fitness* yang menyebapkan 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.

2.7.4. 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 secara biasa, yaitu melaui seleksi, *crossover*, dan *mutasi*. Elitism dapat secara tepat meningkatkan performansi dari *Genetic Algorithms*, karena elitism menghindarkan hilangnya solusi terbaik (*best /few best*) yang telah ditemukan. Ilustrasi kerja operator ini dapat digambarkan seperti pada gambar 2.9.

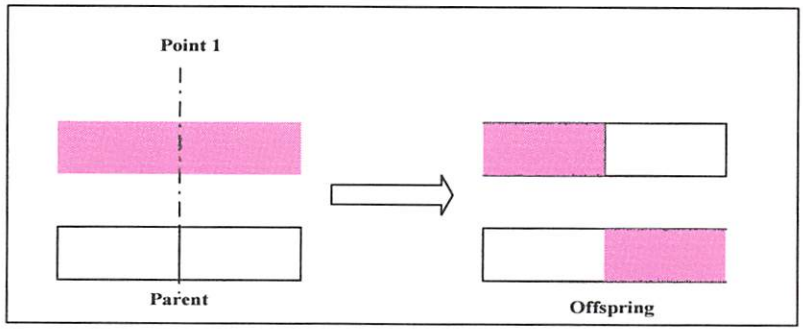


Gambar 2.9.[4]
Pembentukan *Nex Generation* Dalam *Genetic Algorithms*

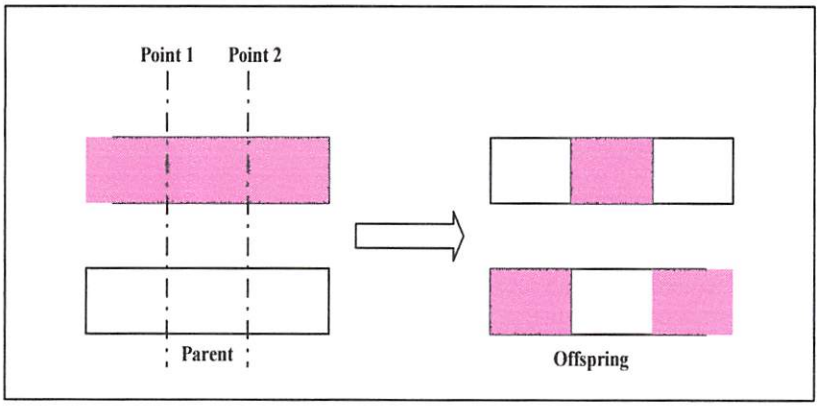
2.7.5. Crossover (Pindah Silang)

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,.....*Pop Size*. *Probabilitas Crossover* (Pc), ditentukan dan digunakan untuk mengendalikan frekuensi operator *Crossover*. Apabila nilai r_k < Pc maka kromosom ke – k terpilih untuk mengalami *Crossover*. *Crossover* yang paling sederhana *One Point Crossover*. Posisi titik persilangan (*point*) ditentukan secara random pada range satu sampai panjang kromosom.

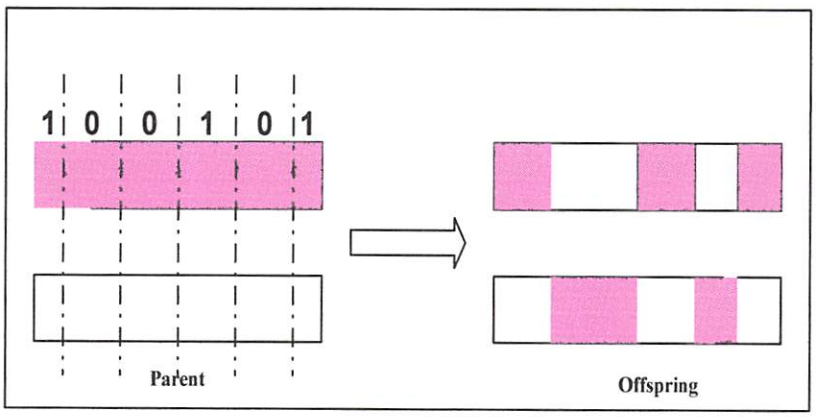
Kemudian nilai *offspring* diambil dari dua parent tersebut dengan batas titik persilangan tersebut. Ilustrasi kerja operator ini seperti pada gambar 2.10. Kemudian ditingkatkan lagi dengan menggunakan *two point crossover*. Penentuan posisi titik persilangan sama seperti *one point crossover* sebelumnya. Pemilihan secara random dilakukan 2 kali. Kemudian nilai *offspring* diambil dari dua *parent* tersebut dengan batas dua titik persilangan tersebut. Ilustrasi kerja operator ini dapat digambarkan seperti pada gambar 2.10.



Gambar 2.10.[6]
Ilustrasi Operator Dengan *One Point Crossover*



Gambar 2.11.[6]
Ilustrasi Operator Dengan *Two Point Crossover*



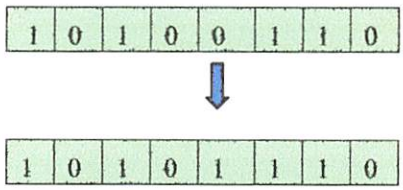
Gambar 2.12.[6]
Ilustrasi Operator Dengan *Uniform Crossover*

Untuk *uniform crossover* 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 *allele* parent 1 dan *offspring* 2 untuk loci tersebut diambil dari *allele* parent 2. Ilustrasi kerja operator ini dapat digambarkan seperti pada gambar 2.12.

2.7.6. 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,.., *NVAR* (panjang kromosom). Probabilitas mutasi *(Pm)* 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 mengenai cara kerja operator ini digambarkan pada gambar 2.13.



Gambar 2.13.[6]
Illustrasi Operator Mutasi Untuk Representasi String Biner

BAB III

ANALISIS PENINGKATAN *VOLTAGE SECURITY* MELALUI PENGATURAN DAYA REAKTIF DENGAN MENGGUNAKAN *GENETIC ALGORITHMS*

Individu dari sebuah populasi dikodekan secara *floating point* (integer). Populasi pertama dibangkitkan secara *random*. Generasi baru dibuat dengan mengaplikasikan tiga operator berikut terhadap populasi yaitu: *reproduksi, crossover* dan *mutasi*. Dimana reproduksi adalah proses yang tergantung pada fungsi tujuan (*objective function*). Kita disini akan menentukan setting tegangan terminal generator dan capasitor dengan tujuan untuk meningkatkan *voltage security* (keamanan tegangan).

Setiap konfigurasi yang memungkinkan mewakili satu individu yang tediri dari *string*, dimana di dalam individu-individu terdiri dari *kromosom-kromosom*. Oleh sebab itu untuk melakukan setting pada generator dan kapasitor, *kromosom* pada setiap individu dilakukan secara acak (*random*) dengan tujuan untuk meningkatkan *voltage security* secara optimal.

Objektive Function adalah parameter yang penting dalam *Genetic Algorithms* (GA). Peningkatan yang kita inginkan harus dipresentasikan secara matematis. *Objektive Function* yang buruk tidak dapat menghasilkan individu yang baik, dan tidak dapat mencapai peningkatan yang kita inginkan.

3.1. Rincian Pendekatan Yang Diajukan [2]

Strategi pengendalian untuk *voltage security* dirumuskan menggunakan *Genetic Algorithms* untuk mengukur tingkat keamanan yang ditetapkan. Pengontrolan di dalam *Genetic Algorithms* yang diusulkan adalah kapasitor dan tegangan terminal generator. Didalam aplikasi praktis, variabel permasalahan disandikan ke dalam suatu dawai terbatas yang sesuai dengan *kromosom* sistem biologi.

Masing-masing *kromosom* menghadirkan suatu kemungkinan pemecahan masalah yang sedang dioptimalkan, dan solusi ini digolongkan pada suatu *Fitness Function*, *Fitness* yang lebih baik, sesuai dengan solusi-solusi yang lebih baik. Tingkat *voltage security* (keamanan tegangan) dibagi menjadi 5 tingkatan, yaitu:

1. Tingkatan sangat berbahaya : $0.0999 \geq Sn \geq 0.0$
2. Tingkatan berbahaya : $0.1949 \geq Sn \geq 0.1000$
3. Tingkatan siaga : $0.3599 \geq Sn \geq 0.1950$
4. Tingkatan aman : $0.4449 \geq Sn \geq 0.3600$
5. Tingkatan sangat aman : $Sn \geq 0.4450$

3.2. Pengkodean

Masing-masing *kromosom* menghadirkan suatu kemungkinan strategi peningkatan *voltage security*, dan masing-masing unsur (*gen*) menghadirkan suatu nilai variabel kendali. Struktur *kromosom Genetic Algorithm* didalam catatan ini ditunjukkan di dalam gambar 3.1. Panjang *kromosom* sama dengan total jumlah variabel kendali. Yang pada umumnya, nilai dari suatu unsur didalam *kromosom* diwakili oleh suatu bit biner. Bagaimanapun, catatan ini mengusulkan penggunaan nilai nyata dari suatu *kromosom.*

V1	V2	.....	Vg	λ 1	λ 2		λk

Gambar 3.1.[2]
Struktur Kromosom *Genetic Algorithm*

3.3. Fitness Function [2]

Didalam suatu *Genetic Algorithms*, suatu *Fitness Function* adalah suatu pemetaan yang mana menentukan evaluasi dari tiap *kromosom* didalam populasi itu. *Genetic Algorithms* mulai meningkatkan *better-fitting kromosom*, dan nilai *Fitness* adalah satu-satunya informasi tersedia untuk *Genetic Algorithms* itu. *Kromosom-kromosom* dengan nilai-nilai *Fitness* besar menawarkan solusi yang lebih baik terhadap masalah, dan mempunyai probabilitas yang lebih tinggi dalam suatu penyeleksian. Oleh karena itu, *Fitness Function* yang diadopsi dari *Genetic Algorithms* menyangkut metodologi untuk peningkatan *voltage security* adalah suatu ukuran seberapa "dekat" suatu titik operasi spesifik akan titik ketidak stabilan tegangan.

Kita menggunakan suatu indek keamanan tegangan (*voltage security index*) yang berfungsi sebagai contoh evaluasi. *Singular Value Decomposition* (SVD) diberlakukan bagi matriks Js, yaitu:

$$Js = J_4 - J_3 J_1^{-1} J_2 \quad \text{.....(3.1)}$$

$$Js = LSR^T = \sum_{i=1}^{n} LiSiR_i^T \quad \text{.....(3.2)}$$

Dimana: L dan R adalah matrik orthonormal n x n

S adalah suatu matriks diagonal

Si adalah suatu nilai matriks bentuk tunggal Js

Si mempunyai nilai $0 \leq S_1 \leq S_2 \leq S_3 \leq \ldots\ldots \leq S_n$

Maximum Singular Value (Sn), untuk Js dapat digunakan sebagai suatu batas ukuran *voltage security*. Yaitu, semakin kecil *singular value* (Sn), maka semakin dekat terhadap kemungkinan terjadinya *voltage collapse*. Jadi nilai Sn, adalah suatu indikator kepada dekatnya batas *voltage security*. Sehingga, kita dapat mengambil Sn sebagai *Fitness Function* dari *Genetic Algorithms*.

- *Fitness Parent.*

  Fitness Perent merupakan *fitness* induk / orang tua. Disini setelah kita menghitung nilai *fitness parent*, akan kita ketahui keadaan awal dari sistem transmisi tersebut, yaitu pada tingkat / level berapa sebelum peningkatan *voltage security*.

- *Fitness Child.*

  Fitness child merupakan *fitness* anak. Disini setelah kita menghitung nilai *fitness* child, akan kita ketahui keadaan akhir dari sistem transmisi tersebut, yaitu pada tingkat / level berapa setelah adanya peningkatan *voltage security*.

3.4. Reproduksi [2]

Operator *reproduksi* adalah suatu proses pemilihan *probabilistic* di mana *kromosom-kromosom* dipilih agar supaya menghasilkan *kromosom* anak (child) yang didasarkan pada nilai *Fitness* mereka (Sn). Suatu metoda konvensional untuk ini disebut " *Roulette Wheel Selection* ". Ini memastikan jumlah yang diharapkan suatu *kromosom* sebanding dengan evaluasi *kromosom-kromosom* sehubungan dengan sisa dari populasi itu.

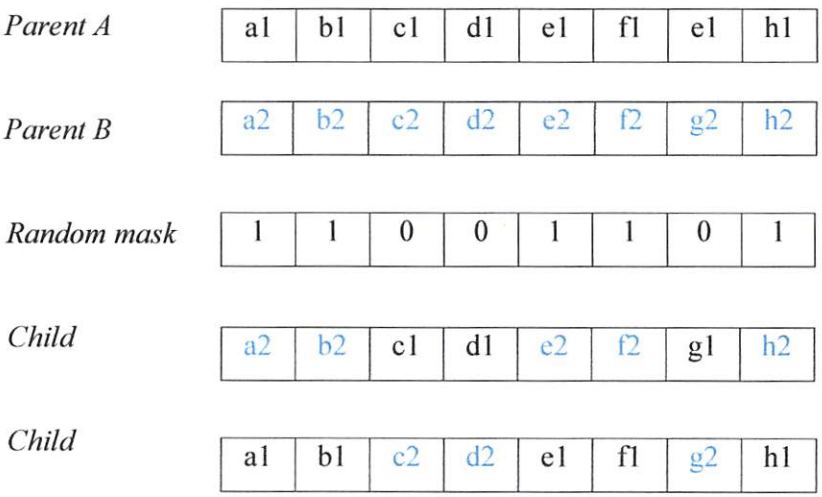
Kromosom-kromosom dengan nilai-nilai evaluasi yang lebih tinggi (Sn), mempunyai probabilitas yang tinggi dalam menyokong keturunan dan secara sederhana dicopy ke dalam generasi berikutnya. Dalam hal ini, kita menggunakan suatu "*elitist policy*". Yaitu *kromosom* dengan nilai evaluasi yang paling tinggi didalam populasi, yang secara langsung dicopy ke dalam generasi berikutnya.

3.5. Crossover

Operator *crossover recombines* merupakan hal-hal yang sangat penting untuk dua *kromosom-kromosom* untuk membuat *kromosom* anak (*child*). Yang mereka lakukan tidak hanya menerima warisan beberapa karakteristik penting dari *kromosom-kromosom* induk, tetapi mereka juga mempunyai suatu kesempatan dalam mengambil keputusan yang optimal. *Crossover* dilakukan pada dua *kromosom-kromosom* yang terpilih dari populasi secara acak pada satu waktu. Itu adalah frekwensi kemungkinan yang dikendalikan oleh suatu *crossover probability* (Pc).

Crossover dapat terjadi pada posisi tunggal (*sigle crossover*) atau pada sejumlah posisi yang berbeda (*multiplecrossover*). Didalam catatan ini, kita mengadopsi sebuah teknik " *uniform crossover* ", yang mana menukar unsur-unsur antara kedua *kromosom-kromosom* induk terpilih, untuk menciptakan keturunan baru dengan suatu pemilihan secara acak. Dalam cara ini, unsur-unsur ditukar manakala nilai dari pemilihan acak adalah " 1 ". Sebaliknya, unsur-unsur tinggal tanpa perubahan manakala nilai dari pemilihan acak adalah " 0 ".

Gambar 3.2 menggambarkan teknik " *uniform crossover* ". *Uniform Crossover* keuntungan utamanya adalah bahwa kecepatan pemusatan lebih cepat dari pada *one-point crossover* atau *two-point crossover.*



Gambar 3.2.[2]
Uniform Crossover

3.6. Mutation

Operator mutasi adalah digunakan untuk menghindari kegagalan / kehilangan informasi penting. Operator mutasi dengan *mutation probability* yang kecil (Pm), diberlakukan bagi semua unsur-unsur (*gen*) pada setiap *kromosom* anak (*child*). Operator mutasi dari suatu *Genetic Algorithms* untuk *Voltage Security* adalah unsur yang ditambahkan atau yang dikurangi oleh satu langkah (skala) tentang pencarian peraturan. Seperti pengaturan nilai setting tegangan terminal generator dan kapasitas kapasitor pada suatu mutasi terjadi, seperti ditunjukkan pada tabel 3.3.

Child	.....	1.01	.....	1.0	.....	0.04	.....
New Child	.....	1.02	.....	1.015	.....	0.08	.....

Gambar 3.3.[2]
Operator *Mutasi*

BAB IV
HASIL DAN ANALISA HASIL

4.1. Program Komputer Peningkatan *Voltage Security* Melalui Pengaturan Daya Reaktif Dengan Menggunakan Genetic Algorithms

4.1.1. Algoritma Program

Algoritma program dasar permasalahan dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Masukan imputan data, meliputi: data beban, data saluran, tegangan terminal generator, capasitor.
2. Menentukan parameter imputan *Genetic Algorithms*, yang meliputi: *population size* (m), *maximum generation number*, *crossover probability* (Pc), *mutation probability* (Pm).
3. Melakukan proses *inisial parent.*
4. Menghitung *fitness parent.*
5. Melakukan proses statistik.
6. Melakukan proses seleksi.
7. Melakukan proses *crossover.*
8. Melakukan proses *mutasi.*
9. Apakah jumlah anak (*child*) sama dengan jumlah populasi.
10. Jika " TIDAK ", maka kembali ke langkah 6
11. Jika " YA ", hitung *fitness.*
12. Apakah generasi yang diinginkan sudah terpenuhi (max. gen).

13. Jika " TIDAK ", maka generasi = *gen* +1, kembali ke langkah 5.

14. Jika " YA ", cetak hasil.

15. Stop.

Untuk algoritma Algoritma Sub Routine Program *Fitness* adalah sebagai berikut:

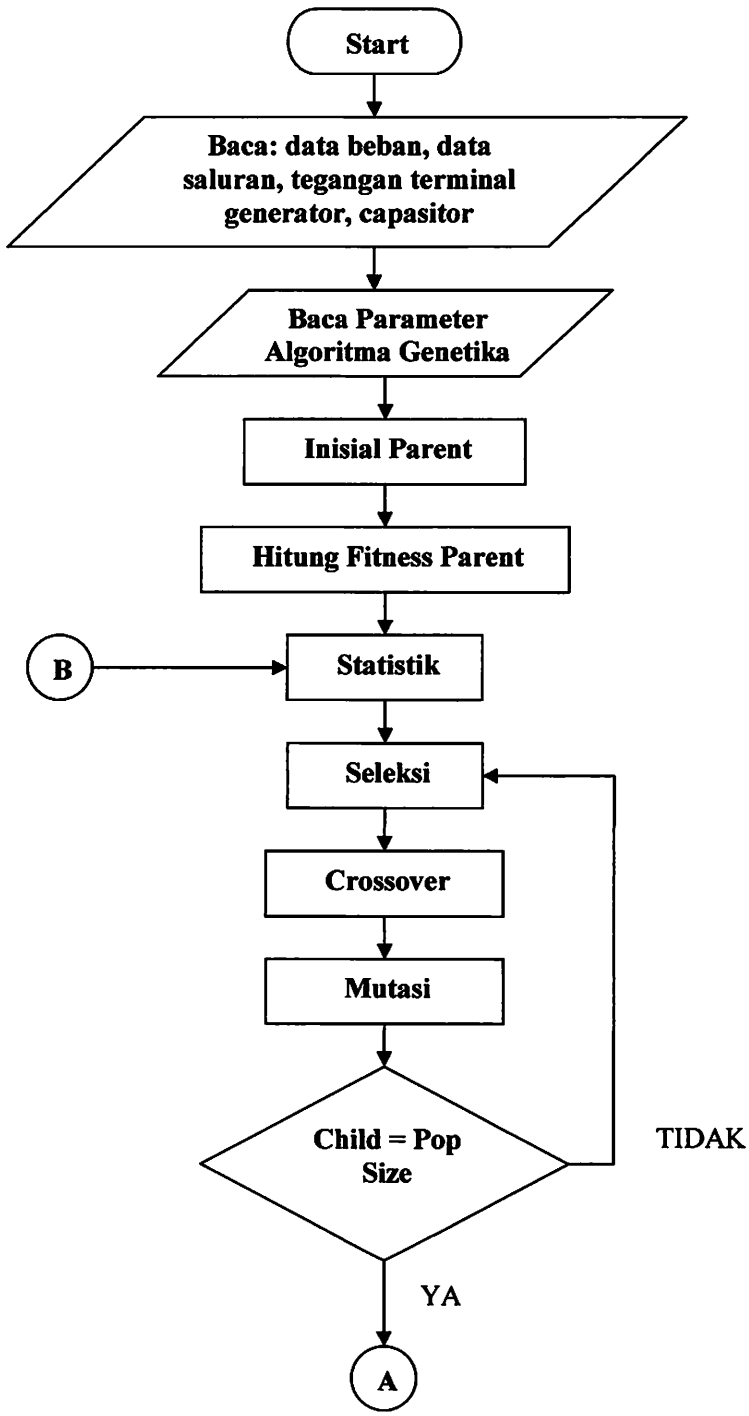
1. Baca data *kromosom.*
2. Melakukan proses *Load Flow Newton-Rapshon.*
3. Menghitung "Js".
4. Menghitung $LSR^T = \sum_{i=1}^{n} LiSiR_i^T$
5. Menghitung *fitness* = *Maximum Singular Value* (Sn)
6. Stop.

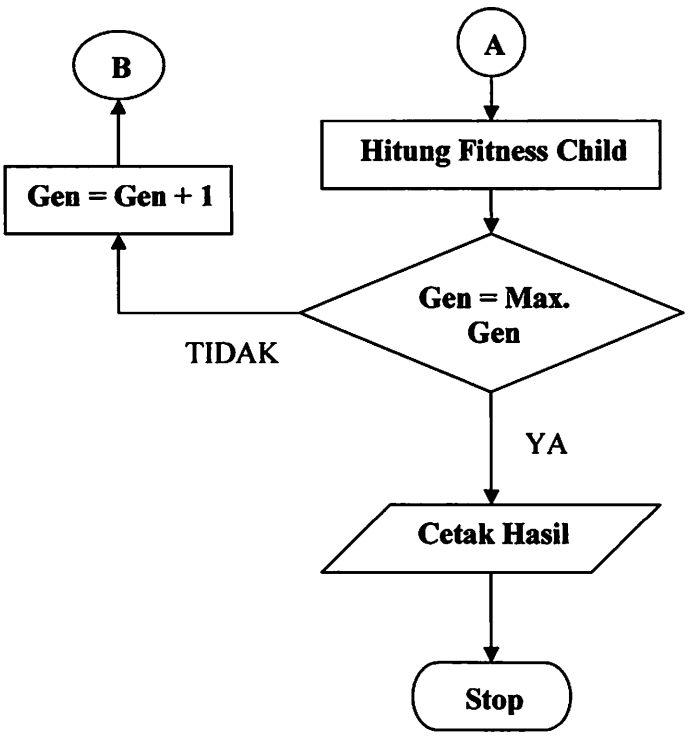
Sedangkan algoritma aliran daya dengan metode *Newton Rapshon* sebagai berikut

1. Baca data beban.
2. Menghitung ΔP dan ΔQ.
3. Apakah ΔP dan ΔQ sudah mendekati nilai toleransi / konvergen (ε).
4. Jika " YA ", maka perhitungan berhenti.

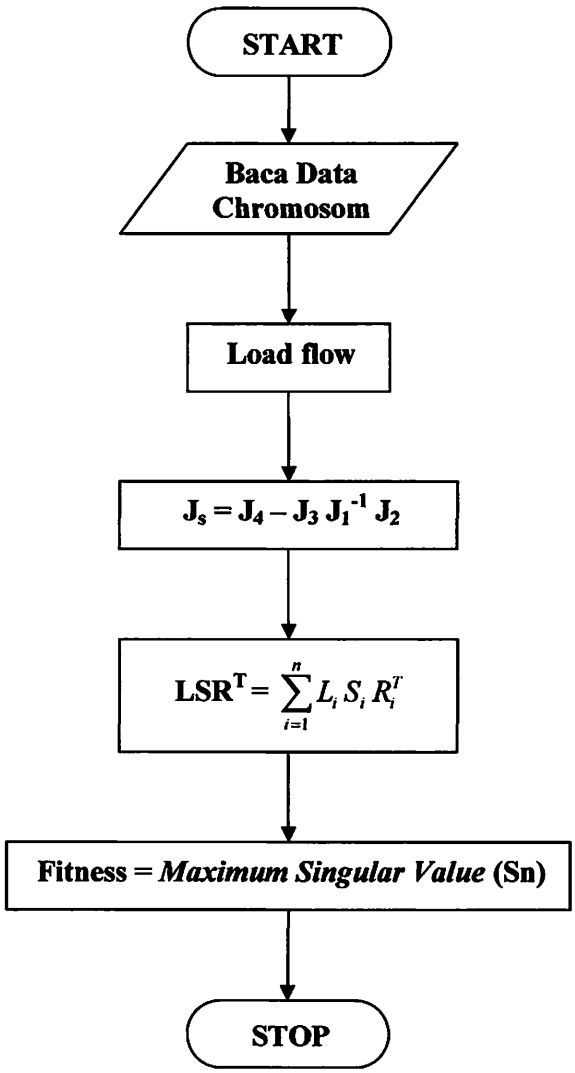
   Jika " TIDAK ", lanjutkan langkah 5.
5. Menghitung matrik Jaqobian (J).
6. Menghitung $\Delta\delta$ dan ΔQ.
7. Menghitung $|V|^{k+1}$ dan δ^{k+1}.
8. Kembali kelangkah 2.

4.1.2. *Flowchart* Program

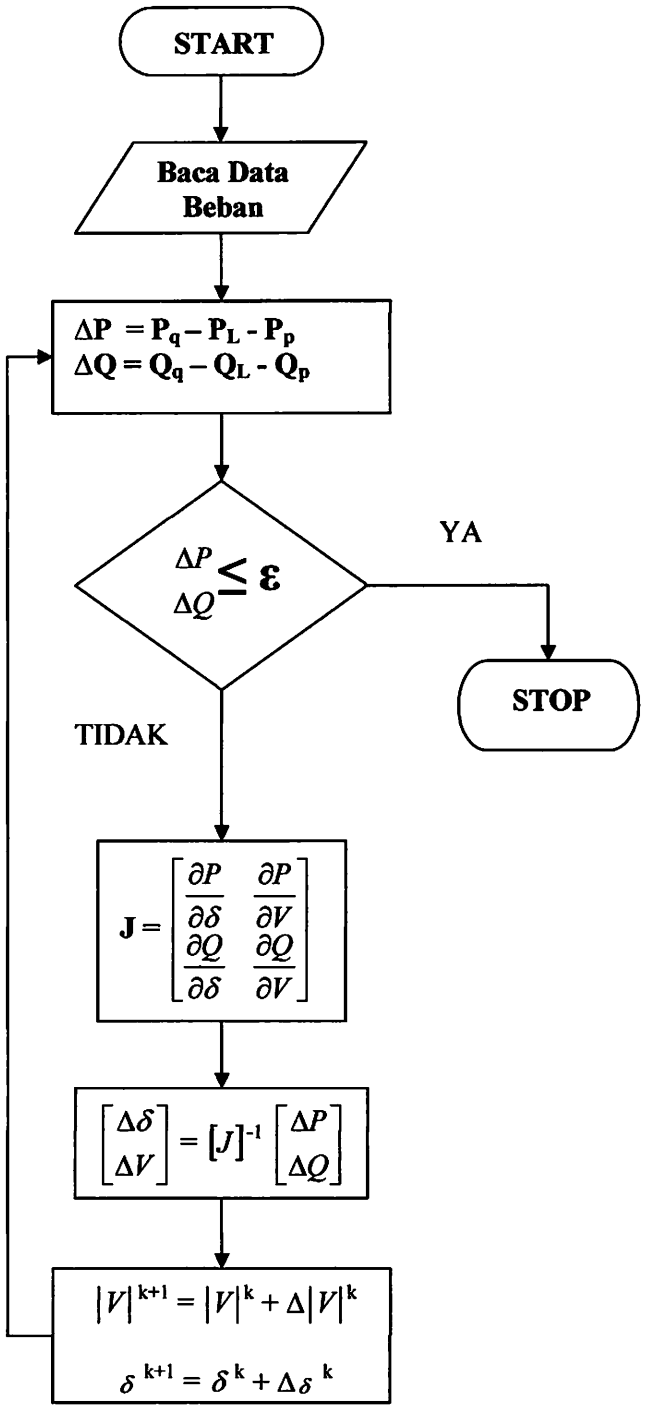




Gambar 4.1.
Flowchart Peningkatan *Voltage Security* Dengan Menggunakan *Genetic Algorithms*



Gambar 4.2.
Flowchart Sub Routine Program *Fitness*



Gambar 4.3.
Flowchart Sub Routine Program Aliran Daya Metode *Newton Rapshon*

4.2. Sistem Transmisi Tenaga listrik 150 kV Sub – Sistem Paiton Dan Bali

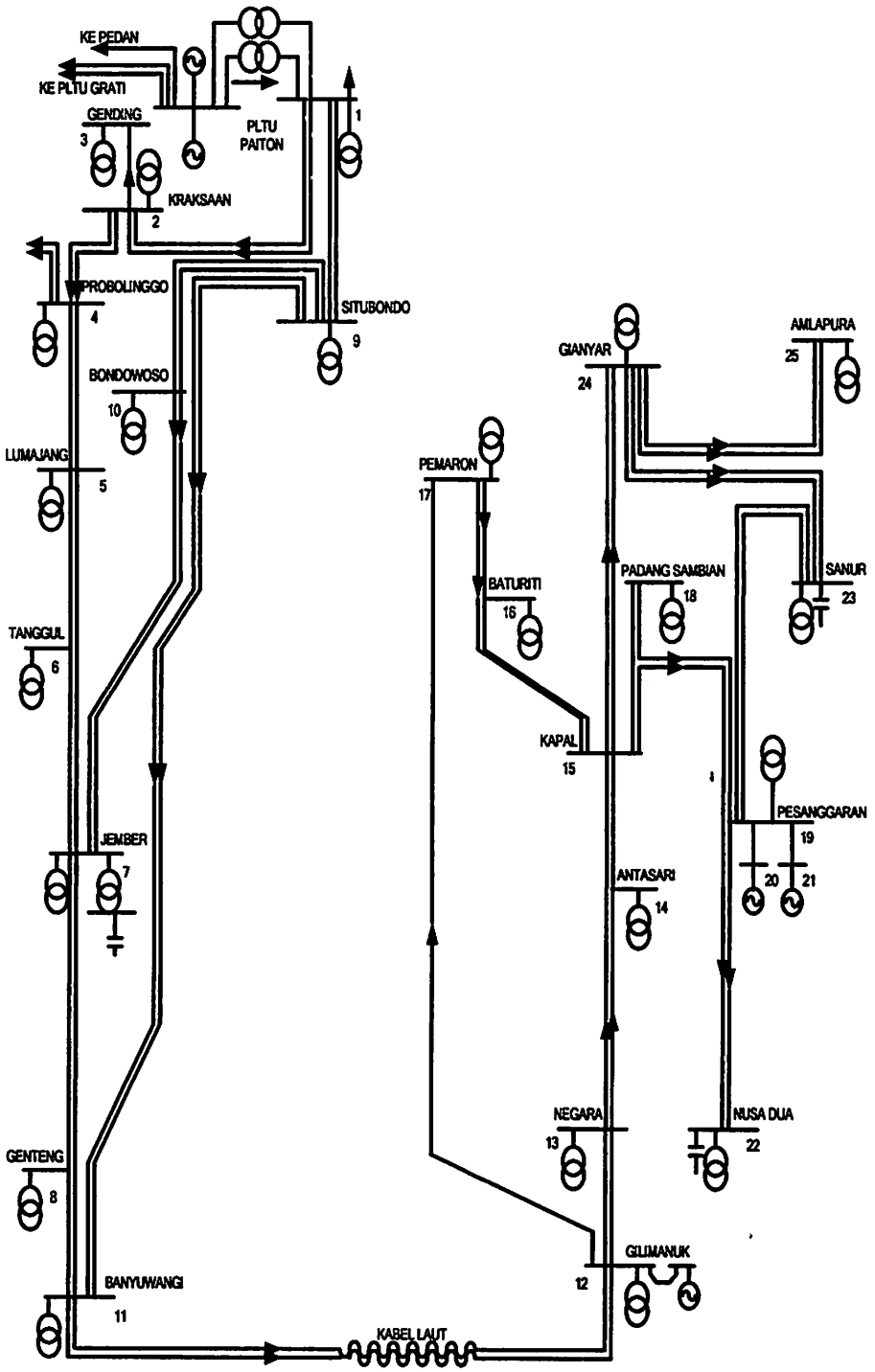
Untuk menyeleseikan masalah pengaturan tegangan, terlebih dahulu harus ditetapkan diagram segaris yang akan dianalisa. Data jaringan tenaga listrik pada sub – sistem Paiton dan Bali yang digunakan adalah data pada hari Senin, 19 Januari 2004 pukul 19:30 WIB.

Dalam sistem ini terdapat 5 pembangkit, meliputi Bali (PLTG Gilimanuk, PLTG Pesanggaran dan PLTD Pesanggaran), PLTU Paiton I dan PLTU Paiton II. Terdapat 3 kapasitor yang terletak di bus Jember, bus Nusa Dua dan bus Sanur. Yang kesemuanya tersebut terinterkoneksi melalui saluran transmisi 150 kV. *Single Line Diagram* sub - sistem Paiton dan Bali tersebut ditunjukan pada gambar 4.4.

Data yang digunakan dalam skripsi ini terdiri dari 1 Slack bus (PLTU Paiton), 2 bus Generator (PLTG Gilimanuk, PLTD / PLTG Pesanggaran), dan 20 bus beban. Dasar yang dipakai pada perhitungan adalah:

1. Tegangan dasar : 150 kV
2. Daya dasar : 100 MVA

Data-data sistem transmisi 150 kV sub – sistem Paiton dan Bali digunakan untuk menghitung aliran daya dengan menggunakan metode Newton Rapshon, dan juga digunakan untuk menentukan nilai setting generator dan kapasitor dengan menggunkan metode *Genetic Algorithms* (GA).



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

Gambar 4.4.
Diagram Segaris Jaringan SistemTransmisi 150 kV Sub – Sistem Paiton Dan Bali

Tabel 4.1.
Penomoran Bus Sistem Transmisi 150 kV Sub – Sistem Paiton Dan Bali

No. Bus	Nama Bus
1	PAITON
2	KRAKSAAN
3	GENDING
4	PROBOLINGGO
5	LUMAJANG
6	TANGGUL
7	JEMBER
8	GENTENG
9	SITUBONDO
10	BONDOWOSO
11	BANYUWANGI
12	GILIMANUK
13	NEGARA
14	ANTASARI
15	KAPAL
16	BATURITI
17	PEMARON
18	PADANG SAMBIAN
19	PESANGGARAN
20	PLTD PESANGGARAN
21	PLTG PESANGGARAN
22	NUSADUA
23	SANUR
24	GIANYAR
25	AMPLAPURA

4.3. Data Pembangkitan Dan Pembebanan Sistem Transmisi 150 kV Sub-Sistem Paiton Dan Bali

Tabel 4.2.
Hasil Perhitungan Pembangkitan Dan Pembebanan Sistem Transmisi 150 kV Sub–Sistem Paiton Dan Bali
Hari Senin, 19 Januari 2004 Pukul : 19:30 WIB

No	Nama Bus	Tegangan (pu)	Pembangkitan		Pembebanan		Tipe
			P (MW)	Q (MVAR)	P (MW)	Q (MVAR)	
1	PAITON	1,034	-	-	39,300	7,900	1
2	KRAKSAN	-	-	-	14,000	6,000	3
3	GENDING	-	-	-	18,000	8,500	3
4	PROBOLINGGO	-	-	-	36,100	16,500	3
5	LUMAJANG	-	-	-	39,000	16,600	3
6	TANGGUL	-	-	-	22,500	9,700	3
7	JEMBER	-	-	50,000	62,200	30,000	3
8	GENTENG	-	-	-	41,000	21,300	3
9	SITUBONDO	-	-	-	23,000	5,900	3
10	BONDOWOSO	-	-	-	17,200	7,000	3
11	BANYUWANGI	-	-	-	37,800	18,700	3
12	GILIMANUK	0,995	99,900	-	5,400	2,700	2
13	NEGARA	-	-	-	11,900	4,400	3
14	ANTASARI	-	-	-	6,200	2,900	3
15	KAPAL	-	-	-	63,600	22,800	3
16	BATURITI	-	-	-	4,100	0,800	3
17	PEMARON	-	-	-	23,600	4,300	3
18	PDG SAMBIAN	-	-	-	16,400	7,000	3
19	PESANGGARAN	-	-	-	73,300	28,900	3
20	PLTD PSGRAN	0,950	2.200	-	0,000	0,000	2
21	PLTG PSGRAN	0,950	96.700	-	0,000	0,000	2
22	NUSADUA	-	-	25,000	45,500	13,600	3
23	SANUR	-	-	25,000	50,300	13,500	3
24	GIANYAR	-	-	-	35,400	7,900	3
25	AMLAPURA	-	-	-	14,200	3,300	3

Keterangan: 1 = bus slack

2 = bus generator

3 = bus beban

4.4. Data Saluran Transmisi 150 kV Sub-Sistem Paiton Dan Bali

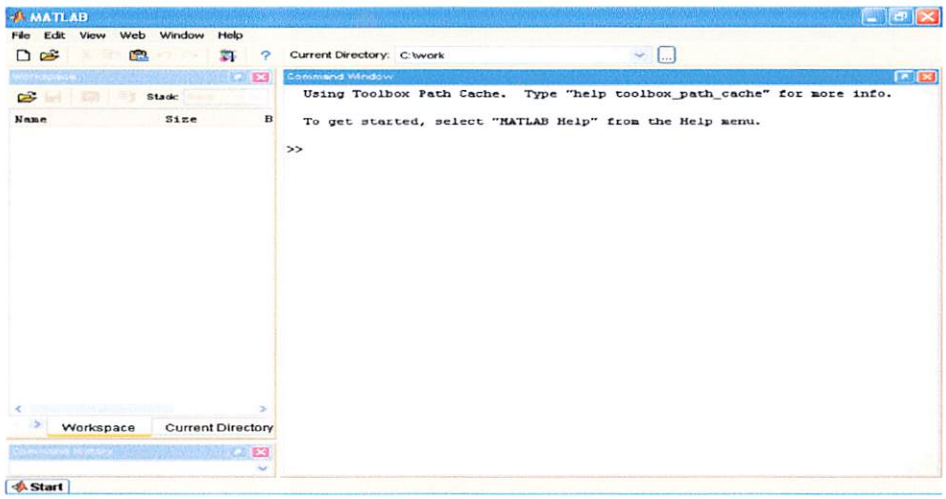
Tabel 4.3.
Hasil Perhitungan Saluran Transmisi 150 kV Sub-Sistem Paiton Dan Bali

No.	Hubungan Bus	Jumlah Sirkuit	R (pu)	X (pu)	B (pu)
1	1 – 2	2	0,0053	0,0179	0,0065
2	1 – 9	2	0,0048	0,0346	0,0251
3	2 – 3	1	0,0100	0,0340	0,0123
4	2 – 4	2	0,0079	0,0269	0,0097
5	4 – 5	2	0,0135	0,0460	0,0166
6	5 – 6	1	0,0167	0,0571	0,0206
7	5 – 7	1	0,0315	0,1077	0,0389
8	6 – 7	1	0,0148	0,0506	0,0183
9	7 – 8	1	0,0337	0,1151	0,0415
10	7 – 10	2	0,0104	0,0353	0,0128
11	7 – 11	1	0,0430	0,1469	0,0530
12	8 – 11	1	0,0177	0,0604	0,0218
13	9 – 10	2	0,0091	0,0310	0,0112
14	9 – 11	2	0,0966	0,0457	0,0340
15	11 – 12	2	0,0016	0,0035	0.0000
16	12 – 13	2	0,0116	0,0034	0,0124
17	12 – 17	1	0,0399	0,1314	0,0502
18	13 – 14	1	0,0270	0,0783	0,0288
19	13 – 15	1	0,0412	0,1194	0,0439
20	14 – 15	1	0,0142	0,0411	0,0151
21	15 – 16	1	0,0362	0,0693	0,0240
22	15 – 17	1	0,0556	0,1054	0,0369
23	15 – 18	1	0,0105	0,0304	0,0112
24	15 – 19	1	0,0105	0,0304	0,0112
25	15 – 22	1	0,0293	0,0561	0,0195
26	15 – 24	2	0,0059	0,0170	0,0063
27	16 – 17	1	0,0194	0,0371	0,0129
28	18 – 19	1	0,0045	0,0130	0,0048
29	19 – 20	1	0,0020	0,0044	0,0000
30	19 – 21	1	0,0020	0,0056	0,0000
31	19 – 22	1	0,0127	0,0243	0,0084
32	19 – 23	2	0,0037	0,0070	0,0025
33	23 – 24	2	0,0078	0,0149	0,0052
34	24 – 25	2	0,0103	0,0298	0,0110

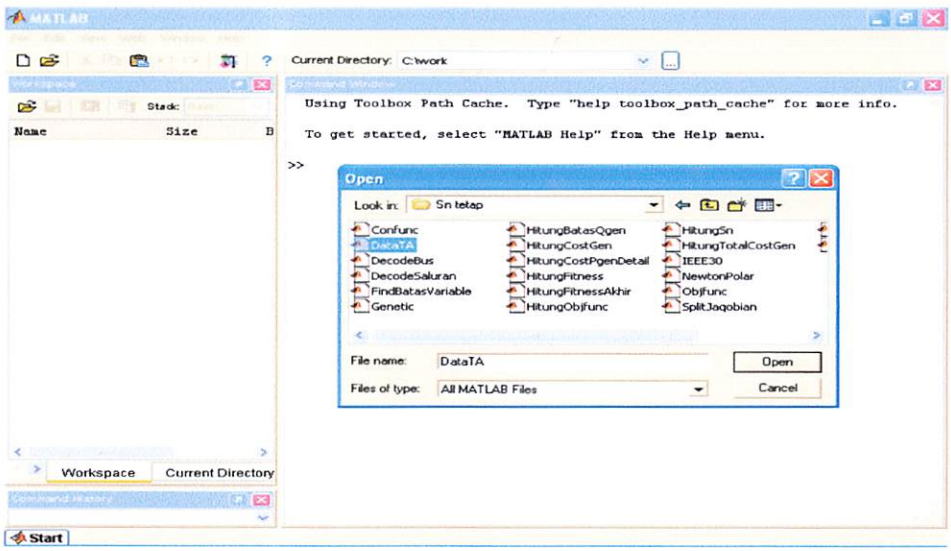
4.5. Prosedur Pelaksanaan Program Perhitungan

Program dalam skripsi ini dijalankan dengan menggunakan bahasa pemrograman MATLAB Versi 6.5.1. Dan diaplikasikan pada komputer Pentium 4 dengan Prosesor 2,26 GHz dan memori 128 Mb. Prosedur menjalankan program sebagai berikut :

1. Tampilan menu utama dari program.

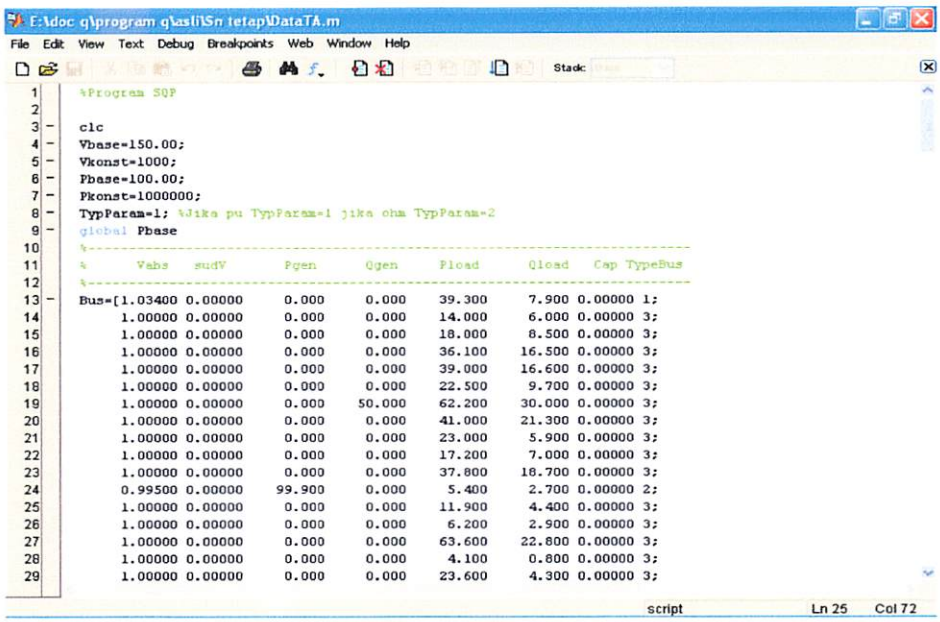


Tekan open file, pilih Data TA



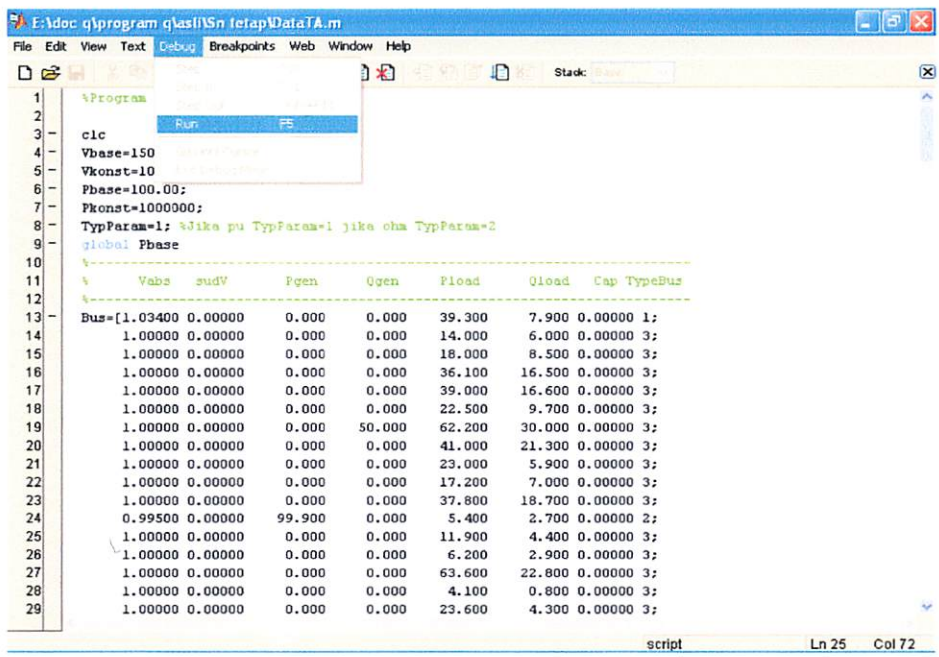
Gambar 4.5.
Menu Utama Program

2. Tampilan Data



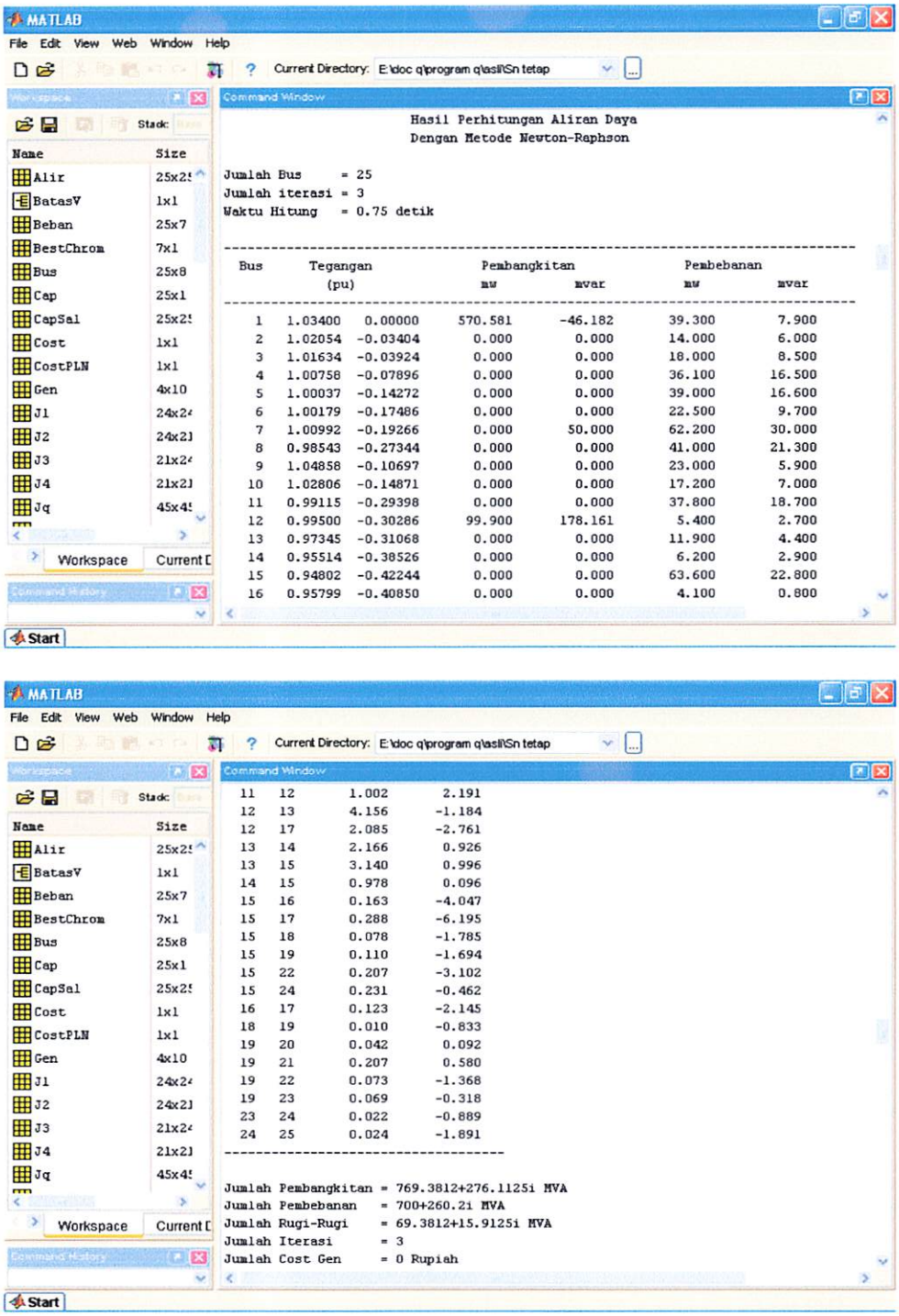
Gambar 4.6.
Tampilan Data Bus

3. Kemudian pilih Run atau tekan tombol F5 untuk menjalankan program.

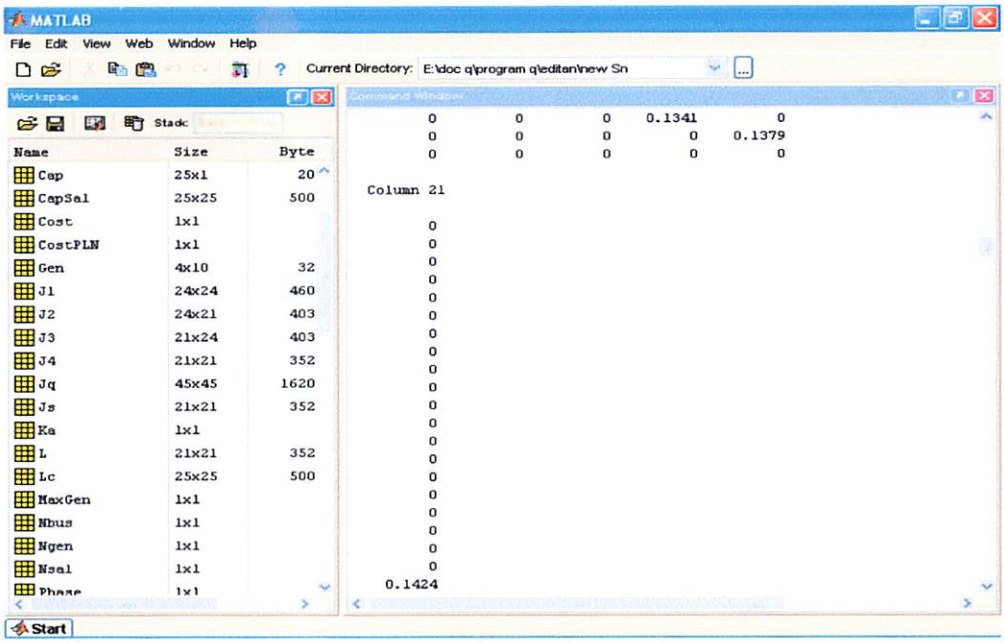


Gambar 4.7.
Tampilan Menjalankan Program

4. Tampilan hasil perhitungan aliran daya sebelum peningkatan *Voltage Security*

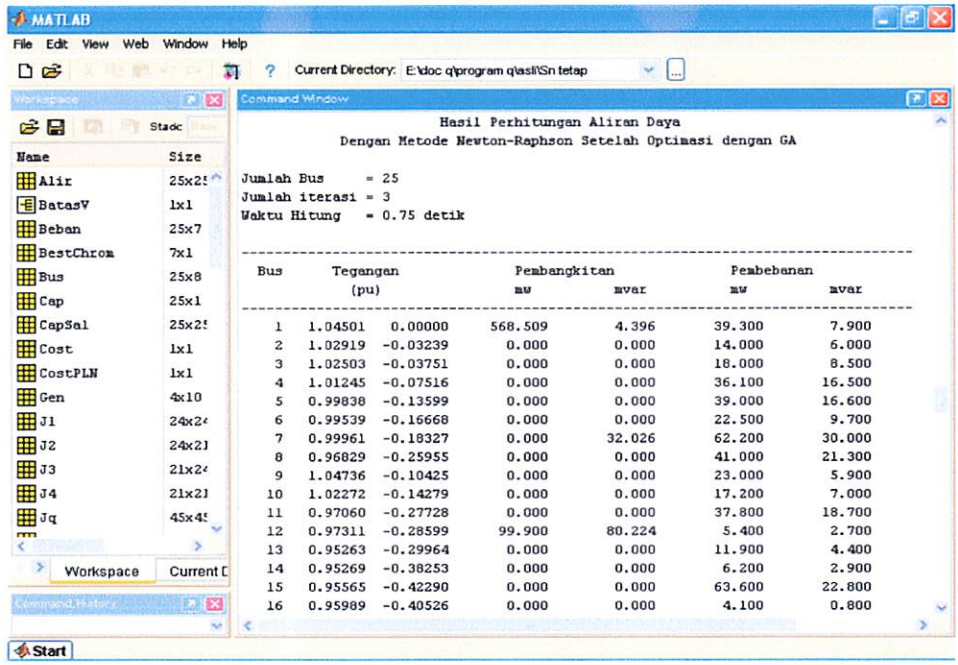


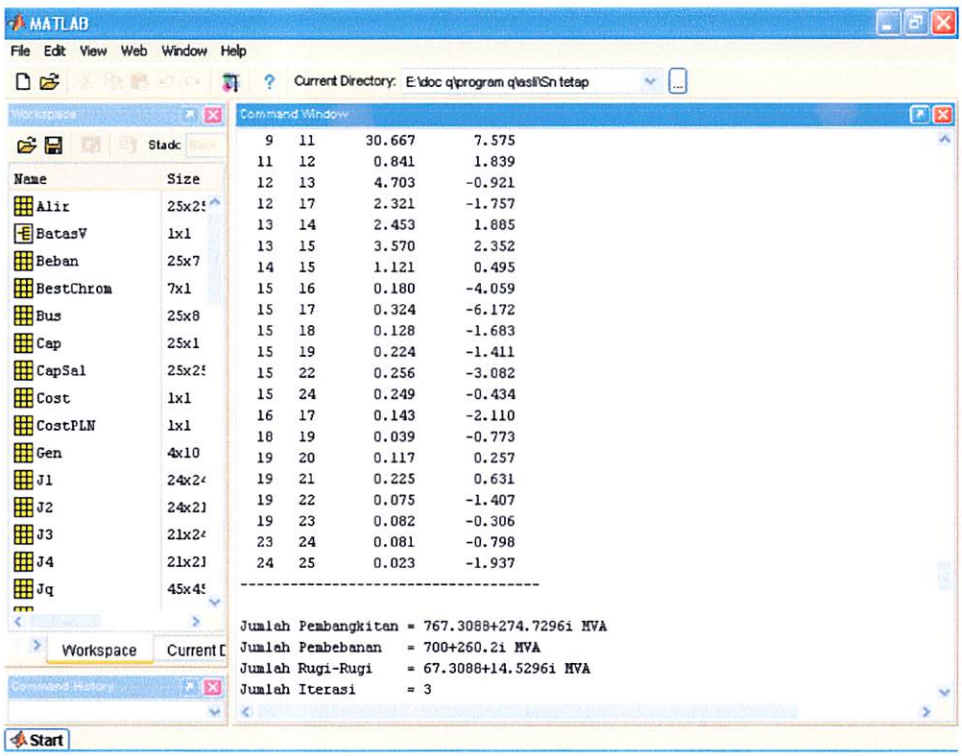
Gambar 4.8.
Hasil Perhitungan Aliran Daya Sebelum Peningkatan *Voltage Security*



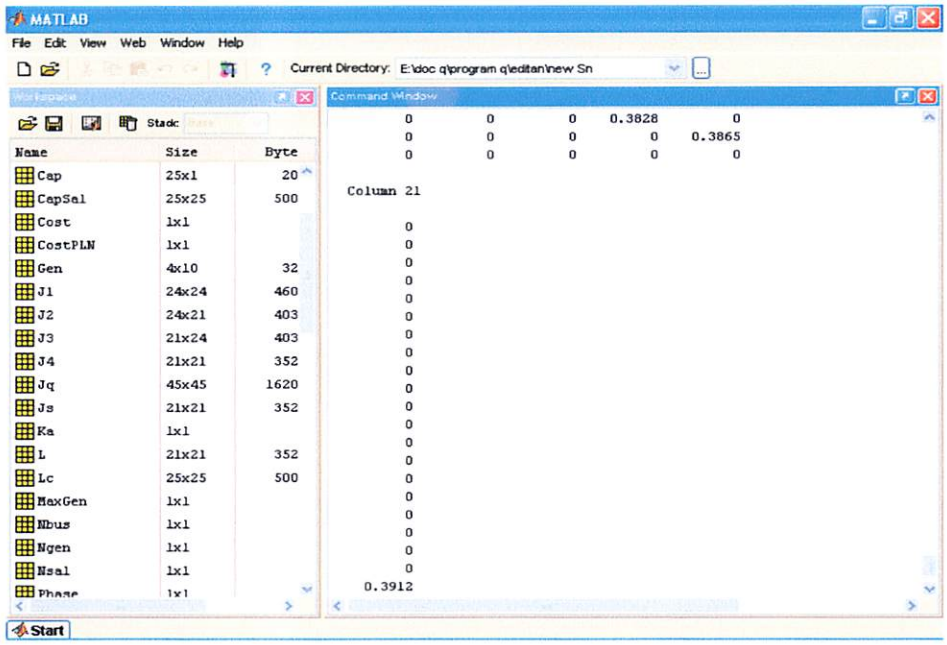
Gambar 4.9.
Nilai Indek Keamanan (Sn) Sebelum Peningkatan *Voltage Security*

5. Tampilan hasil perhitungan aliran daya setelah peningkatan *Voltage Security*

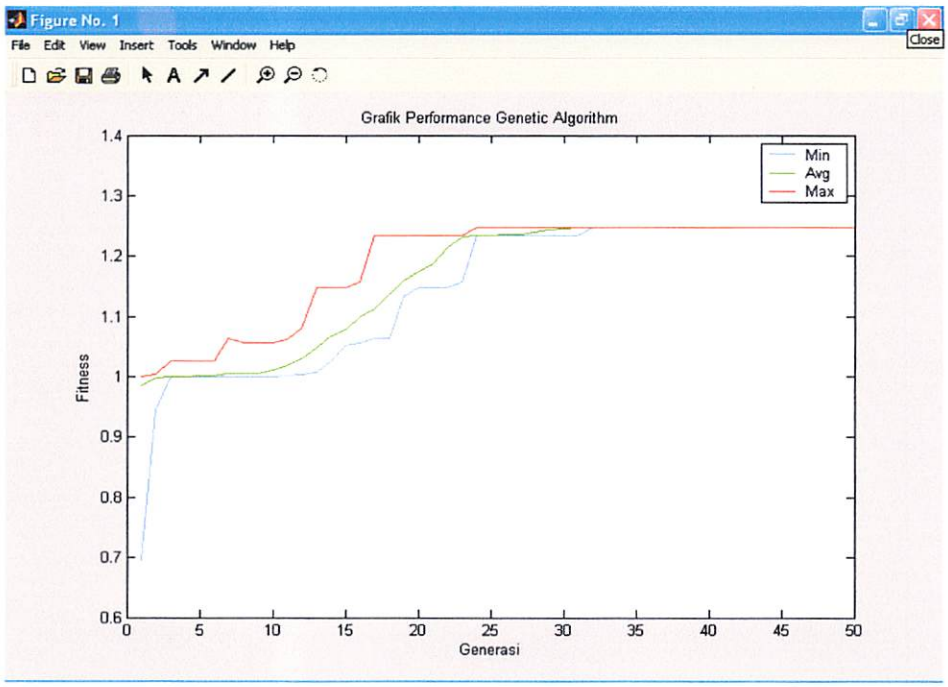




Gambar 4.10.
Hasil Perhitungan Aliran Daya Setelah Peningkatan *Voltage Security*



Gambar 4.11.
Nilai Indek Keamanan (Sn) Setelah Peningkatan *Voltage Security*



Gambar 4.12.
Grafik Performa *Genetic Algorithms*

4.6. Hasil Perhitungan Dan Analisa Data

4.6.1. Hasil Perhitungan Pada Kondisi Awal

Hasil perhitungan aliran daya pada sistem transmisi 150 kV Sub-Sistem Paiton dan Bali, dari hasil keluaran program pada kondisi awal dapat dilihat pada tabel-tabel dibawah ini :

Tabel 4.4.
Hasil Perhitungan Tegangan, Sudut Tegangan, Pembangkitan Dan Pembebanan Sebelum Peneningkatan *Voltage Security* Dengan Menggunakan Metode Newton-Rapshon

No	Bus	Tegangan	Sudut	Pembangkitan		Pembebanan	
				P (MW)	Q (MVAR)	P (MW)	Q (MVAR)
1	1	1,03400	0,00000	570,581	-46,182	39,300	7,900
2	2	1,02054	-0,03404	0	0	14,000	6,000
3	3	1,01634	-0,03924	0	0	18,000	8,500
4	4	1,00758	-0,07896	0	0	36,100	16,500
5	5	1,00037	-0,14272	0	0	39,000	16,600
6	6	1,00179	-0,17486	0	0	22,500	9,700
7	7	1,00992	-0,19266	0	50	62,200	30,000
8	8	0,98543	-0,27344	0	0	41,000	21,300
9	9	1,04858	-1,06970	0	0	23,000	5,900
10	10	1,02806	-0,14871	0	0	17,200	7,000
11	11	0,99115	-0,29398	0	0	37,800	18,700
12	12	0,99500	-0,30286	99,900	178,161	5,400	2,700
13	13	0,97345	-0,31068	0	0	11,900	4,400
14	14	0,95514	-0,38526	0	0	6,200	2,900
15	15	0,94802	-0,42244	0	0	6,600	22,800
16	16	0,95799	-0,40850	0	50	4,100	0,800
17	17	0,96324	-0,39897	0	0	23,600	4,300
18	18	0,94687	-0,43160	0	0	16,400	7,000
19	19	0,94794	-0,43343	0	0	73,300	28,900
20	20	0,95000	-0,43428	2,200	43,456	0,000	0,000
21	21	0,95000	-0,42743	96,700	0,677	0,000	0,000
22	22	0,94614	-0,44008	0	25	45,500	13,600
23	23	0,94630	-0,43660	0	25	50,300	13,500
24	24	0,94507	-0,43393	0	0	35,400	7,900
25	25	0,94277	-0,43841	0	0	14,200	3,300

Tabel 4.5.
Hasil Perhitungan Aliran Daya Antar Saluran Sebelum Peningkatan *Voltage Security* Dengan Menggunakan Metode Newton-Rapshon

No	Saluran		Daya		Saluran		Daya	
	Dari	Ke	P (MW)	Q (MVAR)	Dari	Ke	P (MW)	Q (MVAR)
1	1	2	206,542	19,316	2	1	-204,407	-13,478
2	1	9	324,739	-73,398	9	1	-319,780	103,700
3	2	3	18,036	6,072	3	2	-18,000	-8,500
4	2	4	172,370	1,407	4	2	-170,116	4,274
5	4	5	134,016	-20,772	5	4	-131,579	25,729
6	5	6	51,521	-18,720	6	5	-51,032	16,264
7	5	7	41,058	-23,608	7	5	-40,405	17,980
8	6	7	28,532	-25,963	7	6	-28,326	22,964
9	7	8	70,818	-0,653	8	7	-69,157	-1,935
10	7	10	-132,191	-11,407	10	7	133,984	14,831
11	7	11	67,905	-8,880	11	7	-65,956	4,927
12	8	11	28,159	-19,363	11	8	-27,960	15,783
13	9	10	153,189	26,244	10	9	-151,184	-21,830
14	9	11	143,596	-135,837	11	9	-110,149	144,582
15	11	12	166,273	-183,989	12	11	-165,272	186,180
16	12	13	188,068	-11,388	13	12	-183,912	10,204
17	12	17	71,704	0,669	17	12	-69,619	-3,431
18	13	14	87,105	-6,698	14	13	-84,939	7,624
19	13	15	84,907	-7,905	15	13	-81,766	8,901
20	14	15	78,739	-10,524	15	14	-77,761	10,620
21	15	16	-19,888	-5,268	16	15	20,051	1,221
22	15	17	-21,457	-5,449	17	15	21,745	-0,746
23	15	18	25,316	-6,040	18	15	-25,238	4,255
24	15	19	29,146	-10,638	19	15	-29,036	8,944
25	15	22	23,567	-10,625	22	15	-23,360	7,523
26	15	24	59,243	-4,300	24	15	-59,012	3,837
27	16	17	-24,151	-2,021	17	16	24,275	-0,123
28	18	19	8,838	-11,255	19	18	-8,828	10,421
29	19	20	-2,158	-43,364	20	19	2,200	43,456
30	19	21	-96,493	-0,097	21	19	96,700	0,677
31	19	22	22,212	-5,245	22	19	-22,140	3,877
32	19	23	41,003	0,440	23	19	-40,934	-0,758
33	23	24	-9,366	12,258	24	23	9,388	-13,146
34	24	25	144,224	1,409	25	24	-14,200	-3,300

Tabel 4.6.
Rugi-Rugi Daya Antar Saluran Sebelum Peningkatan *Voltage Security*

No	Bus		Rugi-rugi	
	Dari	Ke	P(MW)	Q(MVAR)
1	1	2	2,135	5,837
2	1	9	4,959	30,302
3	2	3	0,036	-2,428
4	2	4	2,254	5,680
5	4	5	2,437	4,957
6	5	6	0,498	-2,456
7	5	7	0,653	-5,628
8	6	7	0,206	-2,999
9	7	8	1,661	-2,589
10	7	10	1,792	3,425
11	7	11	1,949	-3,954
12	8	11	0,199	-3,580
13	9	10	2,005	4,414
14	9	11	33,447	8,745
15	11	12	1,002	2,191
16	12	13	4,156	-1,184
17	12	17	2,085	-2,761
18	13	14	2,166	0,926
19	13	15	3,140	0,996
20	14	15	0,978	0,096
21	15	16	0,163	-4,047
22	15	17	0,288	-6,195
23	15	18	0,078	-1,785
24	15	19	0,110	-1,694
25	15	22	0,207	-3,102
26	15	24	0,231	-0,462
27	16	17	0,123	-2,145
28	18	19	0,010	-0,833
29	19	20	0,042	0,092
30	19	21	0,207	0,580
31	19	22	0,073	-1,368
32	19	23	0,069	-0,318
33	23	24	0,022	-0,889
34	24	25	0,024	-1,891

Jumlah Pembangkitan = 769,3812 + 276,1125j MVA

Jumlah Pembebanan = 700 + 260,2j MVA

Jumlah Rugi-rugi = 69,3812 + 15,9125j MVA

Jumlah Iterasi = 3

4.6.2 Hasil Perhitungan Setelah Peningkatan *Voltage Security*

Tabel 4.7.
Hasil Perhitungan Tegangan, Sudut Tegangan, Pembangkitan Dan Pembebanan Setelah Peneningkatan *Voltage Security* Dengan Menggunakan Metode Newton-Rapshon

No	Bus	Tegangan	Sudut	Pembangkitan		Pembebanan	
				P (MW)	Q (MVAR)	P (MW)	Q (MVAR)
1	1	1,04501	0,00000	568.509	4,396	39,300	7,900
2	2	1,02919	-0,03239	0	0	14,000	6,000
3	3	1,02503	-0,03751	0	0	18,000	8,500
4	4	1,01245	-0,07516	0	0	36,100	16,500
5	5	0,99838	-0,13599	0	0	39,000	16,600
6	6	0,99539	-0,16668	0	0	22,500	9,700
7	7	0,99961	-0,18327	0	36,026	62,200	30,000
8	8	0,96829	-0,25955	0	0	41,000	21,300
9	9	1,04736	-0,10425	0	0	23,000	5,900
10	10	1,02272	-0,14279	0	0	17,200	7,000
11	11	0,97060	-0,27728	0	0	37,800	18,700
12	12	0,97311	-0,28599	99.900	80,224	5,400	2,700
13	13	0,95263	-0,29964	0	0	11,900	4,400
14	14	0,95269	-0,38253	0	0	6,200	2,900
15	15	0,95565	-0,42290	0	0	63,600	22,800
16	16	0,95989	-0,40526	0	0	4,100	0,800
17	17	0,96213	-0,39368	0	0	23,600	4,300
18	18	0,95946	-0,43395	0	0	16,400	7,000
19	19	0,96263	-0,43660	0	0	73,300	28,900
20	20	0,96603	-0,43808	2,200	73,754	0,000	0,000
21	21	0,96660	-0,43151	96,700	34,329	0,000	0,000
22	22	0,95872	-0,44220	0	25,000	45,500	13,600
23	23	0,95973	-0,43905	0	25,000	50,300	13,500
24	24	0,95580	-0,43513	0	0	35,400	7,900
25	25	0,95354	-0,43915	0	0	14,200	3,300

Tabel 4.8.
Hasil Perhitungan Aliran Daya Antar Saluran Setelah Peningkatan *Voltage Security* Dengan Menggunakan Metode Newton-Rapshon

No	Saluran		Daya		Saluran		Daya	
	Dari	Ke	P (MW)	Q (MVAR)	Dari	Ke	P (MW)	Q (MVAR)
1	1	2	204,889	34,133	2	1	-202,793	-28,452
2	1	9	324,320	-37,637	9	1	-329,643	65,854
3	2	3	18,036	6,026	3	2	-18,000	-8,500
4	2	4	170,756	16,426	4	2	-168,559	-10,966
5	4	5	132,458	-5,533	5	4	-130,145	10,057
6	5	6	50,829	-10,876	6	5	-50,383	8,307
7	5	7	40,316	-15,779	7	5	-39,758	9,924
8	6	7	27,883	-18,006	7	6	-27,728	14,896
9	7	8	67,021	5,877	8	7	-65,427	-8,625
10	7	10	-124,950	-27,523	10	7	126,647	30,664
11	7	11	63,217	-1,143	11	7	-61,490	-3,246
12	8	11	24,474	-12,674	11	8	-24,339	9,035
13	9	10	145,764	41,791	10	9	-143,848	-37,664
14	9	11	150,884	-113,538	11	9	-120,217	121,113
15	11	12	168,255	-145,599	12	11	-167,414	147,439
16	12	13	188,382	-55,098	13	12	-183,679	54,177
17	12	17	73,533	-14,817	17	12	-71,212	13,060
18	13	14	86,968	-28,701	14	13	-84,516	30,586
19	13	15	84,810	-29,876	15	13	-81,240	32,229
20	14	15	78,316	-33,486	15	14	-77,195	33,981
21	15	16	-20,659	2,969	16	15	20,839	-7,028
22	15	17	-22,207	2,849	17	15	22,531	-9,021
23	15	18	26,121	-21,813	18	15	-25,993	20,130
24	15	19	30,341	-33,134	19	15	-30,117	31,723
25	15	22	22,739	-18,575	22	15	-22,483	15,493
26	15	24	58,500	-21,306	24	15	-58,251	20,872
27	16	17	-24,939	6,228	17	16	25,081	-8,338
28	18	19	9,593	-27,130	19	18	-9,554	26,357
29	19	20	-2,083	-73,498	20	19	2,200	73,754
30	19	21	-96,475	-33,698	21	19	96,700	34,329
31	19	22	23,092	2,685	22	19	-23,017	-4,093
32	19	23	41,836	17,531	23	19	-41,754	-17,837
33	23	24	-8,546	29,337	24	23	8,628	-30,135
34	24	25	14,223	1,363	25	24	-14,200	-3,300

Tabel 4.12.
Selisih Rugi-rugi Daya Sebelum Dan Setelah Peningkatan *Voltage Security*

Bus		Selisih Rugi - Rugi	
Dari	Ke	P (MW)	Q (MVAR)
1	2	0,039	0,155
1	9	0,282	2,085
2	3	0,000	0,046
2	4	0,057	0,220
4	5	0,124	0,433
5	6	0,052	0,144
5	7	0,095	0,227
6	7	0,051	0,112
7	8	0,112	0,159
7	10	0,095	0,284
7	11	0,222	0,434
8	11	0,065	0,059
9	10	0,089	0,287
9	11	2,778	1,170
11	12	0,161	0,352
12	13	0,547	0,263
12	17	0,236	1,004
13	14	0,287	0,399
13	15	0,430	1,356
14	15	0,143	0,399
15	16	0,170	0,012
15	17	0,036	0,023
15	18	0,050	0,102
15	19	0,114	0,283
15	22	0,049	0,020
15	24	0,018	0,028
16	17	0,020	0,035
18	19	0,029	0,006
19	20	0,075	0,165
19	21	0,018	0,051
19	22	0,002	0,039
19	23	0,013	0,012
23	24	0,059	0,091
24	25	0,001	0,046

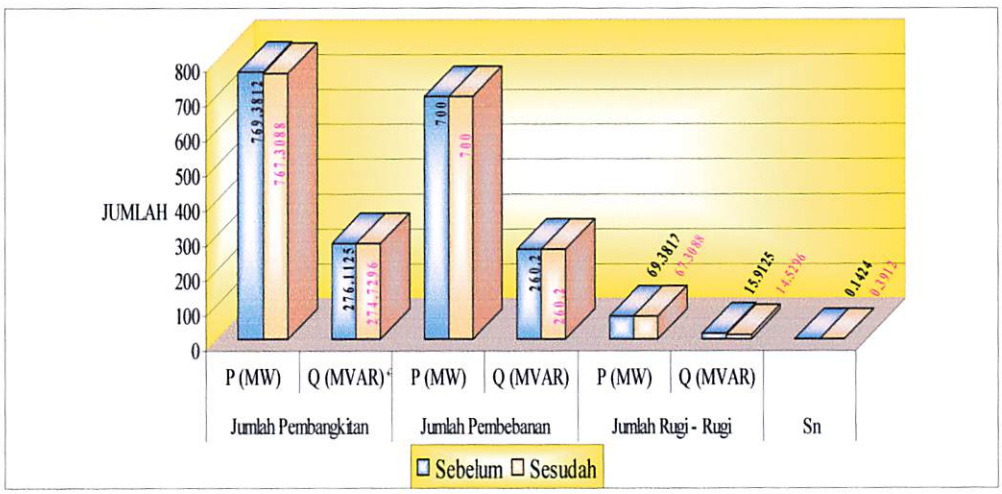
Tabel 4.13.
Perbandingan Nilai Setting Sebelum Dan Setelah Peningkatan *Voltage Security*

Bus	Tegangan TerminalGenerator (pu)		Bus	Kapasitas Kapasitor (MVAR)	
	Sebelum	Setelah		Sebelum	Setelah
1	1,03	1,04	7	50	32
12	0,99	0,97	22	25	25
20	0,95	0,96	23	25	25
21	0,95	0,96			

Tabel 4.14.
Perbandingan Kondisi Sebelum Dan Setelah Peningkatan *Voltage Security*

Kondisi	Jumlah Pembangkitan		Jumlah Pembebanan		Jumlah Rugi - Rugi		Sn	Tingkat keamanan
	P (MW)	Q (MVAR)	P (MW)	Q (MVAR)	P (MW)	Q (MVAR)		
Sebelum	769,3812	276,1125	700	260,2	69,3812	15,9125	0,1424	2 Berbahaya
Setelah	767,3088	274,7296	700	260,2	67,3088	14,5296	0,3721	4 Aman

Grafik 4.2.
Perbandingan Pembangkitan, Pembebanan, Rugi-Rugi, Sn, Sebelum Dan Setelah Peningkatan *Voltage Security*



BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan analisa peningkatan *voltage security* melalui pengaturan daya reaktif dengan menggunakan metode *Algoritma Genetika*, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Tingkat keamanan tegangan / *voltage security* pada sistem transmisi 150 kV sub sistem Paiton dan Bali, dapat ditingkatkan dari tingkat berbahaya (*level* 2) dengan nilai Sn: 0,1424 meningkat ke tingkat aman (*level* 4) dengan nilai Sn: 0,3721. Selisih peningkatan indek keamanan (Sn) sebesar 0,2297 atau meningkat 62 %.
2. Berdasarkan point 1. Hal tersebut didapat dengan mengatur tegangan terminal generator pada bus 1 sebesar 1,04 pu, pada bus 12 sebesar 0,97 pu, pada bus 20 dan bus 21 sebesar 0,96 pu. Dan kapasitas kapasitor pada bus 7 sebesar 32,026 MVAR, pada bus 22 sebesar 25 MVAR dan pada bus 23 sebesar 25 MVAR.
3. Dengan peningkatan *voltage security* tersebut didapatkan peningkatan profil tegangan pada bus; 1, 2, 3, 4, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25. Namun juga terjadi penurunan yaitu pada bus; 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 17, tetapi masih dalam batas–batas yang diijinkan, yaitu antara $0,95 \leq V \geq 1,05$ pu.
4. Rugi–rugi daya direduksi sebesar 2,0724 MW atau turun 2,99 %. Yaitu dari keadaan awal sebesar 69,3812 MW menjadi 67,3088 MW.

5.2. Saran

1. Untuk mendekati nilai kebenaran maka sebaiknya data yang digunakan adalah data beban yang sebenarnya terutama data beban puncak.
2. Metode ini perlu dilakukan pengujian – pengujian pada sistem yang lebih besar. Sehingga metode ini dapat dikembangkan dan diaplikasikan untuk menganalisa saluran yang telah ada maupun untuk perluasan jaringan.

DAFTAR PUSTAKA

[1]. Carson W Taylor, " *Power System Voltage Stability* ", Mc Graw-Hill, 1994.

[2]. Chih – Wen LIU*, Chen – Sung CHANG*, and Joe – Air JIANG** (2001) *Genetic Algorithms as a Reaktive Power Source Dispatching Aid for Voltage Security Enhancement.* IEEE *Trans. On Power System,* Vol. 25, No.1, 2001. pp. 53-61.

[3]. Djiteng Marsudi, Ir. " *Operasi Sistem Tenaga Listrik* ", Balai Penerbit Dan Humas ISTN Jakarta, 1990.

[4]. Ida Bagus Yudhi Yudhana, " *Optimasi Daya Reaktif Dengan Algoritma Genetika Pada Sistem Transmisi 150 kV Sub-Sistem Paiton dan Bali*", Skripsi, ITN Malang, April 2004.

[5]. Liu, C. W., C. S. Chang, and M. C. Su (1998) *Neuro-Fuzzy Network For Voltage Security Monitoring Based On Synchronized Phasor Measurement.* IEEE *Trans. On Power System*, 10(4), 1843-1850.

[6]. Sri Kusumadewi, " *Artificial Intellegence* ", Penerbit Graha Ilmu Yogyakarta, 2003.

[7]. Suyanto, " *Algoritma Genetika Dalam Matlab* ", Penerbit ANDI Yogyakarta, 2005.

[8]. William D. Stevenson, Jr. " *Analisis Sistem Tenaga Listrik* ", Edisi ke Empat, Penerbit Erlangga Jakarta.

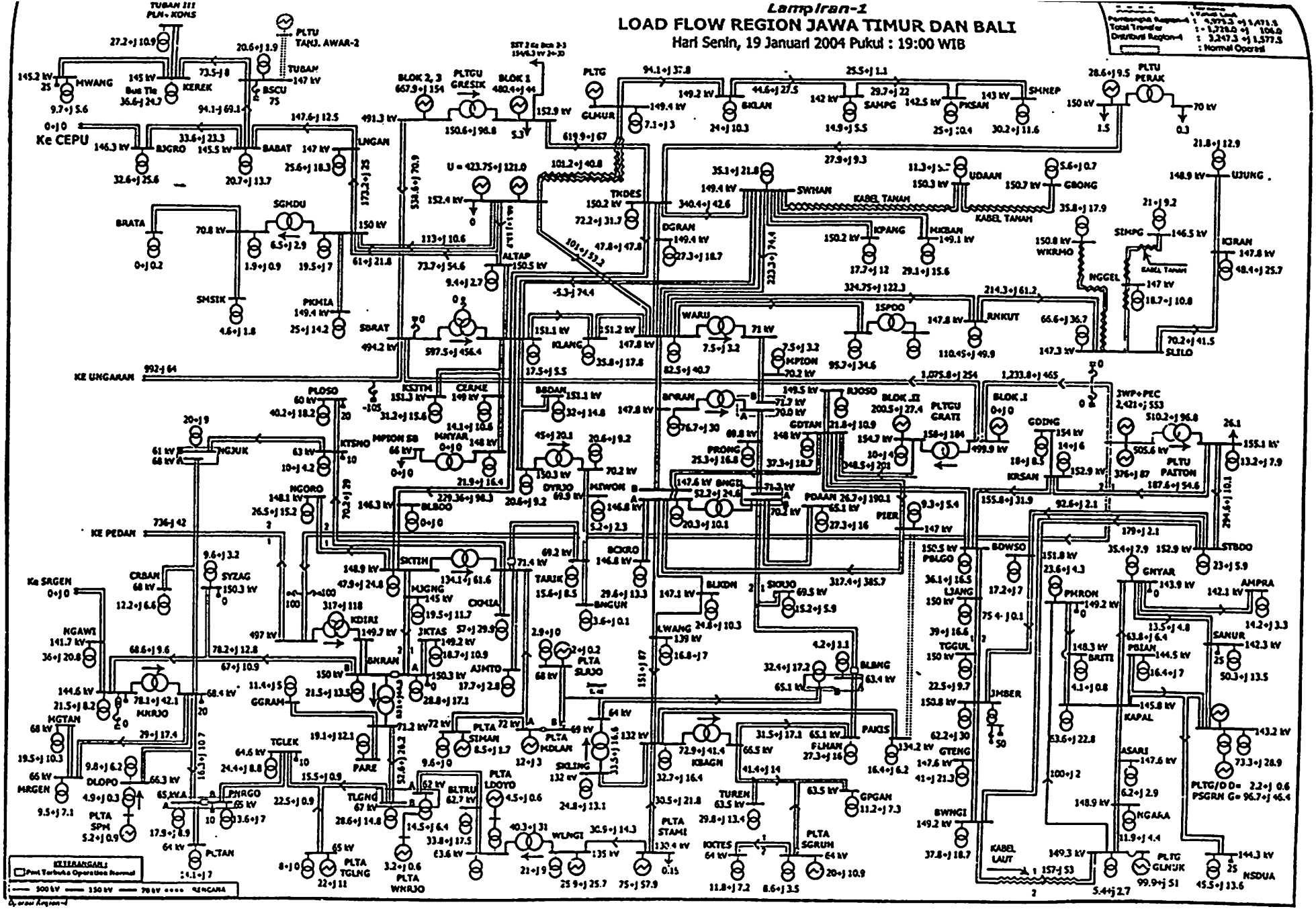
LAMPIRAN 1

- Load Flow
- Data Saluran
- Listing Program

Lampiran-1

LOAD FLOW REGION JAWA TIMUR DAN BALI

Hari Senin, 19 Januari 2004 Pukul : 19:00 WIB



Berdasarkan data pembangkitan dan pembebanan pada lampiran 1, maka dilakukan pengolahan data untuk mengubah dasar tegangan ke dalam pu, serta perhitungan P_{load} dan Q_{load}. Sebagai contoh dilakukan perhitungan pada bus 1 sebagai berikut :

Tegangan Dasar = 150 kV

Tegangan Sebenarnya = 155,1 kV

$$\text{Tegangan (pu)} = \frac{\text{Tegangan sebenarnya}}{\text{Tegangan dasar}}$$

$$\text{Tegangan (pu)} = \frac{155}{150} = 1{,}034 \text{ pu}$$

$P_{beban} = 13{,}2 + 26{,}1 = 39{,}30$ MW

$Q_{beban} = 7{,}9$ MVAR

Untuk selanjutnya dilakukan perhitungan seperti langkah di atas, sehingga didapatkan hasil seperti pada tabel 4.2.

DATA KARAKTERISTIK TRANSMISI UPT & SRB

Dari	Ke	No. Sirkit	Data Penghantar: Tegangan (kV)	Jarak (km)	Jenis	Imax (Amp)	Isc (kA): Dari	Isc (kA): Ke	Isc (kW): Dari	Isc (kW): Ke	R (Ohm/fasa)	X (Ohm/fasa)	B (mhoS/fasa)	(1)=(3)x(4)/(2)	(2)=(3)x(4)/(1)	(3)=(4)x(4)/(15)	(15)=(1)x(A)x1.732/1000
			(1)	(2)							(3)	(4)	(5)				
C. UPT Probolinggo																	
PITON7	GRATI7	1	500	55.433	GANNET	4x392.8	7300	2000	7000					0.0008	0.0090	0.8134	2,209.20
PITON7	GRATI7	2	500	55.433	GANNET	4x392.8	2800	2000	7000					0.0008	0.0090	0.8134	2,209.20
BNGIL5	GDTAN5	1	150	16.805	ACSR AW	330 mm²	740	1000	1000	1250	1500	0.1172	0.4003	2.8530	0.0083	0.0299	0.0108	192.2520
BNGIL5	GDTAN5	2	150	16.805	ACSR AW	330 mm²	740	1000	1000	1250	1500	0.1172	0.4003	2.8530	0.0083	0.0299	0.0108	192.2520
BNGIL5	BDRAN5	1	150	9.800	ACSR AW	330 mm²	740	1000	800	1600	1500	0.1172	0.4003	2.8530	0.0051	0.0174	0.0063	192.2520
BNGIL5	WARI5	1	150	9.800	ACSR AW	330 mm²	740	1000	1000	1600	1600	0.1172	0.4003	2.8530	0.0051	0.0174	0.0063	192.2520
BNGIL5	PIER5	1	150	5.150	ACSR ZEBRA	2 x 435 mm²	1620	2000	1000	1250	1250	0.0387	0.2807	4.0230	0.0009	0.0064	0.0047	420.8760
BNGIL5	PIER5	2	150	5.150	ACSR ZEBRA	2 x 435 mm²	1620	2000	1000	1250	1250	0.0387	0.2807	4.0230	0.0009	0.0064	0.0047	420.8760
BNGIL5	BCKRO5	1	150	6.200	ACSR ZEBRA	2 x 435 mm²	1620	1000	800	1250	1250	0.0387	0.2807	4.0230	0.0011	0.0077	0.0056	420.8760
BNGIL5	BCKRO5	2	150	6.200	ACSR ZEBRA	2 x 435 mm²	1620	1000	800	1250	1250	0.0387	0.2807	4.0230	0.0011	0.0077	0.0056	420.8760
BNGIL5	PNMAS5	1	150	27.770	ACSR AW	330 mm²	740	1000	1000	1250	1250	0.1172	0.4003	2.8530	0.0145	0.0494	0.0178	192.2520
BNGIL5	LWANG5	1	150	34.660	ACSR AW	330 mm²	740	1000	1000	1250	1500	0.1172	0.4003	2.8530	0.0181	0.0617	0.0223	192.2520
GDTAN5	RJOSO5	1	150	10.487	ACSR AW	330 mm²	740	1000	800	1250	1250	0.1172	0.4003	2.8530	0.0055	0.0187	0.0067	192.2520
GDTAN5	RJOSO5	2	150	10.487	ACSR AW	330 mm²	740	1000	800	1250	1250	0.0868	0.3860	2.9650	0.0041	0.0180	0.0070	192.2520
PIER5	GRATI5	1	150	31.935	TACSR	410 mm²	1620	1000	1000	1250	2000	0.0387	0.2807	4.0230	0.0055	0.0398	0.0289	420.8760
PIER5	GRATI5	2	150	31.935	TACSR	410 mm²	1620	1000	1000	1250	2000	0.0387	0.2807	4.0230	0.0055	0.0398	0.0289	420.8760
PBLGO5	GDTAN5	1	150	33.827	ACSR AW	330 mm²	740	800	1000	1250	1250	0.1172	0.4003	2.8530	0.0176	0.0602	0.0217	192.2520
PBLGO5	GDTAN5	2	150	33.827	ACSR AW	330 mm²	740	800	1000	1250	1250	0.1172	0.4003	2.8530	0.0176	0.0602	0.0217	192.2520
PBLGO5	LJANG5	1	150	51.692	ACSR AW	330 mm²	740	600	600	800	800	0.1172	0.4003	2.8530	0.0269	0.0920	0.0332	192.2520
PBLGO5	LJANG5	2	150	51.692	ACSR AW	330 mm²	740	600	600	800	800	0.1172	0.4003	2.8530	0.0269	0.0920	0.0332	192.2520
KRSAN5	PBLGO5	1	150	30.239	ACSR AW	330 mm²	740	1000	1000	1250	1250	0.1172	0.4003	2.8530	0.0158	0.0538	0.0194	192.2520
KRSAN5	PBLGO5	2	150	30.239	ACSR AW	330 mm²	740	1000	1000	1250	1250	0.1172	0.4003	2.8530	0.0158	0.0538	0.0194	192.2520
KRSAN5	GDING5	1	150	19.137	ACSR AW	330 mm²	740	1000	400	1250	1250	0.1172	0.4003	2.8530	0.0100	0.0340	0.0123	192.2520
PITON5	KRSAN5	1	150	20.204	ACSR AW	330 mm²	740	1000	1000	1250	1250	0.1172	0.4003	2.8530	0.0105	0.0359	0.0130	192.2520

DATA KARAKTERISTIK TRANSMISI UPT & SRB

Jml Sirkit	Dari	Ke	No. Sirkit	Data Penghantar: Tegangan (kV)	Jarak (Km)	Jenis	Nominal (Amp)	Kapasitas Dari	Kapasitas Ke	Kapasitas Dari	Kapasitas Ke	R (Ohm/km)	X (Ohm/km)	B (MicroSiemens)	R pu (Ohm)	X pu (Ohm)	B pu. (Ohm)	Daya (MVA)
				(1)	(2)							(3)	(4)	(5)	(12)=(3)*(1)/100	(13)=(4)*(1)/100	(14)=(B)/(kV)^2/0.1975	(15)=(1)*(kV)*1.732/1000
6. UPT Probolinggo																		
1	PITONS	KRSANS	2	150	20.204	ACSR AW	330 mm²	710	1000	1000	1250	1250	0.1172	0.4003	2.8530	0.0105	0.0359	0.0130	192.2520
1	PITONS	STBDOS	1	150	55.433	ACSR ZEBRA	2 x 435 mm²	1600	2000	2000	1250	1250	0.0387	0.2807	4.0230	0.0095	0.0692	0.0502	415.6800
1	PITONS	STBDOS	2	150	55.433	ACSR ZEBRA	2 x 435 mm²	1600	2000	2000	1250	1250	0.0387	0.2807	4.0230	0.0095	0.0692	0.0502	415.6800
1	BNGIL4	GDTAN4	1	70	4.452	ACSR OSTRICH	300 MCM	440								#DIV/0!	#DIV/0!	-	53.3456
1	BNGIL4	GDTAN4	2	70	4.452	ACSR OSTRICH	300 MCM	400								#DIV/0!	#DIV/0!	-	48.4960
1	BNGIL4	PDAAN4	1	70	9.700	ACSR OSTRICH	300 MCM	440	250	400			0.2180	0.3850	2.972	0.0432	0.0762	0.0014	53.3456
1	BNGIL4	PDAAN4	2	70	9.700	ACSR OSTRICH	300 MCM	440	250	400	800	800	0.2180	0.3850	2.972	0.0432	0.0762	0.0014	53.3456
1	BNGIL4	BDRAN4	1	70	11.700	ACSR PIPER	300 MCM	440	400	400	400	400	0.2180	0.3850	2.972	0.0521	0.0919	0.0017	53.3456
1	BNGIL4	PRONG4	1	70	11.700	ACSR PIPER	300 MCM	440	400	400	400	400	0.2180	0.3850	2.972	0.0521	0.0919	0.0017	53.3456
1	BNGIL4	BLBNG4	1	70	40.000	ACSR PIGEON	3/0 AWG	300	200	200	800	800	0.3053	0.3584	3.202	0.2492	0.2926	0.0063	36.3720
1	BNGIL4	BLBNG4	2	70	40.000	ACSR PIGEON	3/0 AWG	300	200	200	400	800	0.3053	0.3584	3.202	0.2492	0.2926	0.0063	36.3720
Modifikasi T/L Bay Grati - Pier 1 sirkit menjadi (Grati - Gdtan - Pier) dan Probolinggo - Gondangwetan 1 sirkit menjadi (Pblgo - Grati - Gdtan)																			
1	GRATIS	GDTANS	1	150	10.743	TACSR	410 mm²	2800	1000	1000	1250	2000	0.0387	0.2807	4.0230	0.0018	0.0134	0.0097	727.4400
1	GRATIS	GDTANS	2	150	10.743	TACSR	410 mm²	2800	1000	1000	1250	2000	0.0387	0.2807	4.0230	0.0018	0.0134	0.0097	727.4400
1	GDTANS	PIER5	1	150	21.183	TACSR	410 mm²	2800	1000	1000	1250	2000	0.0387	0.2807	4.0230	0.0036	0.0264	0.0192	727.4400
1	GDTANS	PIER5	2	150	21.183	TACSR	410 mm²	2800	1000	1000	1250	2000	0.0387	0.2807	4.0230	0.0036	0.0264	0.0192	727.4400

Dari	Ke	No. Sirkit	Data Penghantar												
			Teg (kV)	Jarak (km)	Jenis		Ampac	Data			R (ohm/km)	X (ohm/km)	B (mS/km)	R pu (pu)	X pu (pu)	B pu (Ohm)	Daya (MVA)
			(1)	(2)													
7. UPT Jember																	
1 PBLGO5	LJANG5	1	150	51.652	ACSR DOVE	330 mm	740	500	600	500	500	0.1172	0.4303	2.8530	0.0269	0.0920	0.0332	192.2520
1 PBLGO5	LJANG5	2	150	51.652	ACSR DOVE	330 mm²	740	500	600	600	600	0.1172	0.4303	2.8530	0.0269	0.0920	0.0332	192.2520
1 LJANG5	TGGUL5	1	150	32.060	ACSR AW	330 mm²	740	500	600	1250	1250	0.1172	0.4303	2.8530	0.0167	0.0571	0.0206	192.2520
1 LJANG5	JMBER5	1	150	60.530	ACSR AW	330 mm²	740	500	600	1250	1250	0.1172	0.4303	2.8530	0.0315	0.1077	0.0389	192.2520
1 TNGUL5	JMBER5	1	150	28.450	ACSR AW	330 mm²	740	500	600	1250	1250	0.1172	0.4303	2.8530	0.0148	0.0506	0.0183	192.2520
1 JMBER5	BWNGI5	1	150	82.595	ACSR AW	330 mm²	740	500	600	800	800	0.1172	0.4303	2.8530	0.0430	0.1469	0.0530	192.2520
1 JMBER5	GTENG5	1	150	64.708	ACSR AW	330 mm²	740	500	1000	1250	1250	0.1172	0.4303	2.8530	0.0337	0.1151	0.0415	192.2520
1 BDWSO5	JMBER5	1	150	39.662	ACSR AW	330 mm²	740	800	800	800	800	0.1172	0.4303	2.8530	0.0207	0.0706	0.0255	192.2520
1 BDWSO5	JMBER5	2	150	39.662	ACSR AW	330 mm²	740	800	800	1600	1600	0.1172	0.4303	2.8530	0.0207	0.0706	0.0255	192.2520
1 STBDO5	PITON5	1	150	55.433	ACSR ZEBRA	2 x 435 mm²	1620	2000	2000	1250	1250	0.0387	0.2207	4.0230	0.0095	0.0692	0.0502	420.8760
1 STBDO5	PITON5	2	150	55.433	ACSR ZEBRA	2 x 435 mm²	1620	2000	2000	1250	1250	0.0387	0.2207	4.0230	0.0095	0.0692	0.0502	420.8760
1 STBDO5	BDWSO5	1	150	34.786	ACSR AW	330 mm²	740	500	600	800	800	0.1172	0.4303	2.8530	0.0181	0.0619	0.0223	192.2520
1 STBDO5	BDWSO5	2	150	34.786	ACSR AW	330 mm²	740	500	600	1600	1600	0.1172	0.4303	2.8530	0.0181	0.0619	0.0223	192.2520
1 STBDO5	BWNGI5	1	150	74.200	ACSR DOVE	2 x 340 mm	1200	800	800	1600	1600	0.3360	0.2773	4.0740	0.1932	0.0214	0.0680	311.7600
1 STBDO5	BWNGI5	2	150	74.200	ACSR DOVE	2 x 340 mm	1200	800	800	1600	1600	0.3360	0.2773	4.0740	0.1932	0.0214	0.0680	311.7600
1 GTENG5	BWNGI5	1	150	33.950	ACSR DOVE	330 mm²	740	1000	600	1250	800	0.1172	0.4303	2.8530	0.0177	0.0604	0.0218	192.2520
1 BWNGI5	KTPNG5	1	150	7.990	ACSR HAWK	240 MM2	655	500	800			0.1370	0.3566	2.8820	0.0049	0.0141	0.0052	170.1690
BWNGI5	KTP-GLM	I (11)	150	4.471	SUBMARINE CABLE	330 mm²	500	500	800			0.1513	0.3482		0.0032	0.0069	-	129.9000
BWNGI5	KTP-GLM	I (lama)	150	4.829	OSS	300 mm²	465	500	800						#DIV/0!	#DIV/0!	-	120.8070
1 BWNGI5	KTPNG5	2	150	7.990	ACSR HAWK	477 MM	555	600	800			0.1370	0.3566	2.8820	0.0049	0.0141	0.0052	170.1690
BWNGI5	KTP-GLM	II (10)	150	4.389	SUBMARINE CABLE	300 mm²	500	500	800			0.1643	0.3548		0.0032	0.0069	-	129.9000
BWNGI5	KTP-GLM	II (lama	150	4.260	OSS	300 mm²	465	500	800						#DIV/0!	#DIV/0!	-	120.8070

Dari	Ke	No. Sirkit	Data Penghantar			I Nom (Amp)	Tap CT		Tap WT		R (Ohm/km)	X (Ohm/km)	B (MyS/km)	R pu (Ohm)	X pu (Ohm)	Z pu (Ohm)	Usaya (kV)
			Teg (kV)	Jarak (Km)	Jenis		Dari	Ke	Dari	Ke							
			(1)	(2)							(3)	(4)	(5)	(1)x(2)x(3)/100	(1)x(2)x(4)/100	(1)x(2)x(1)/(0.1975	(15)x3)x(14)x1.732/1000
Sub Region Bali																	
1 GLNUK5	CH GLNUK	1	150	1.720	ACSR HAWK	477 MCM	645	800	800			0.1370	0.3965	2.8520	0.0010	0.0030	0.0011	167.5710
1 GLNUK5	CH GLNUK	2	150	1.720	ACSR HAWK	477 MCM	645	800	800			0.1370	0.3956	2.8520	0.0010	0.0030	0.0011	167.5710
1 CH GLNUK	CH KTPNG	1	150	4.471	OFC	3 x 300 mm²	462	800	800			0.1613	0.3482		0.0032	0.0069	-	120.0276
1 CH GLNUK	CH KTPNG	2	150	4.389	OFC	3 x 300 mm²	462	800	800			0.1643	0.3548		0.0032	0.0069	-	120.0276
1 CH KTPNG	BWNGI5	1	150	7.990	ACSR HAWK	477 MCM	645	800	800			0.1370	0.3966	2.8520	0.0049	0.0141	0.0052	167.5710
1 CH KTPNG	BWNGI5	2	150	7.990	ACSR HAWK	477 MCM	645	800	800			0.1370	0.3966	2.8520	0.0049	0.0141	0.0052	167.5710
1 GLNUK5	NGARA5	1	150	38.040	ACSR HAWK	477 MCM	645	800	800	830	830	0.1370	0.3966	2.8520	0.0232	0.0671	0.0247	167.5710
1 GLNUK5	NGARA5	2	150	38.040	ACSR HAWK	477 MCM	645	800	800	830	830	0.1370	0.3966	2.8520	0.0232	0.0671	0.0247	167.5710
1 GLNUK5	PMRON5	1	150	75.900	ACSR HAWK	2 x 477 MCM	1290	800	800	1250	1250	0.1163	0.3895	2.9330	0.0399	0.1314	0.0502	335.1420
1 NGARA5	KAPAL5	1	150	67.710	ACSR HAWK	477 MCM	645	800	800	830	830	0.1370	0.3966	2.8520	0.0412	0.1194	0.0439	167.5710
1 NGARA5	ASARI5	1	150	44.400	ACSR HAWK	477 MCM	645	800	800	830	1250	0.1370	0.3966	2.8520	0.0270	0.0783	0.0288	167.5710
1 KAPAL5	ANSRI5	1	150	23.310	ACSR HAWK	477 MCM	645	800	800	830	1250	0.1370	0.3966	2.8520	0.0142	0.0411	0.0151	167.5710
1 KAPAL5	PMRON5	1	150	58.580	ACSR PARTRIDE	135 MCM	400	400	400	830	830	0.2136	0.4048	2.7970	0.0556	0.1054	0.0369	103.9200
1 KAPAL5	GNYAR5	1	150	19.210	ACSR HAWK	477 MCM	645	800	800	830	830	0.1370	0.3956	2.8520	0.0117	0.0339	0.0125	167.5710
1 KAPAL5	GNYAR5	2	150	19.210	ACSR HAWK	477 MCM	645	800	800	830	830	0.1370	0.3966	2.8520	0.0117	0.0339	0.0125	167.5710
1 KAPAL5	NSDUA5	1	150	30.910	ACSR PARTRIDGE	135 mm²	400	400	400	830	830	0.2136	0.4084	2.7970	0.0293	0.0561	0.0195	103.9200
1 KAPAL5	PGRAN5	1	150	17.220	ACSR HAWK	477 mm²	645	1000	1000	830	830	0.1370	0.3966	2.8520	0.0105	0.0304	0.0112	167.5710
1 KAPAL5	BRTI5	1	150	38.170	ACSR PARTRIDGE	135 mm²	400	800	800	1250	1250	0.2136	0.4084	2.7970	0.0362	0.0693	0.0240	103.9200
1 GNYAR5	SANUR5	1	150	16.500	ACSR PARTRIDGE	135 mm²	400	200	1000	830	830	0.2136	0.4084	2.7970	0.0157	0.0299	0.0104	103.9200
1 GNYAR5	SANUR5	2	150	16.380	ACSR PARTRIDGE	135 mm²	400	800	1600	830	830	0.2136	0.4084	2.7970	0.0156	0.0297	0.0103	103.9200
1 GNYAR5	AMPRA5	1	150	33.750	ACSR HAWK	477 MCM	645	400	800	830	830	0.1370	0.3966	2.8520	0.0206	0.0595	0.0219	167.5710
1 GNYAR5	AMPRA5	2	150	33.760	ACSR HAWK	477 MCM	645	1000	1000			0.1370	0.3966	2.8520	0.0206	0.0595	0.0219	167.5710
1 SANUR5	PGRAN5	1	150	7.740	ACSR PARTRIDGE	135 mm²	400	400	400	830	1250	0.2136	0.4084	2.7970	0.0073	0.0140	0.0049	103.9200
1 SANUR5	PGRAN5	2	150	7.750	ACSR PARTRIDGE	135 mm²	400	1000	1000	830	1250	0.2136	0.4084	2.7970	0.0074	0.0141	0.0049	103.9200

Sub Region Bali

1	NSDUAS	PGRANS		150	13.410	ACSR PARTRIDGE	135 mm²	400	200	200	830	830	0.2135	0.4084	2.7970	0.0127	0.0243	0.0084	103.9200
1	BRITIS	PMRONS		150	20.430	ACSR PARTRIDGE	135 mm²	400	200	200	830	830	0.2135	0.4084	2.7970	0.0194	0.0371	0.0129	103.9200
	Pengembangan / Proyek																		
1	KAPALS	PBIANS	1	150	17.220	ACSR HAWK	477 mm²	645	1000	1000	830	830	0.1370	0.3966	2.8820	0.0105	0.0304	0.0112	167.5710
1	PBIANS	PSGRNS	1	150	7.400	ACSR HAWK	477 mm²	645	1000	1000	830	830	0.1370	0.3966	2.8820	0.0045	0.0130	0.0048	167.5710
1	KAPALS	UBUDS	1	150	15.730	ACSR PARTRIDGE	135 mm²	400	800	800	1250	1250	0.2136	0.4084	2.7970	0.0159	0.0304	0.0105	103.9200
1	UBUDS	BRITIS	1	150	29.440	ACSR PARTRIDGE	135 mm²	400	800	800	1250	1250	0.2136	0.4084	2.7970	0.0279	0.0534	0.0185	103.9200
	Informasi																		
1	KAPALS	UBUDS	1	150	22.500	ACSR PARTRIDGE	135 mm²	400	800	800	1250	1250	0.2136	0.4084	2.7970	0.0214	0.0408	0.0142	103.9200
1	UBUDS	BRITIS	1	150	25.670	ACSR PARTRIDGE	135 mm²	400	800	800	1250	1250	0.2136	0.4084	2.7970	0.0244	0.0466	0.0162	103.9200
	Rencana Up-rating																		
1	KAPALS	UBUDS	1	150	22.500	TACSR	160 mm2	734	400	400	830	830	0.2200	0.3900	2.9600	0.0226	0.0390	0.0150	190.6932
1	UBUDS	BRITIS	1	150	25.670	TACSR	160 mm2	734	400	400	830	830	0.2200	0.3900	2.9600	0.0251	0.0445	0.0171	190.6932
1	BRITIS	PMRONS	1	150	20.430	TACSR	160 mm2	734	800	200	830	830	0.2200	0.3900	2.9600	0.0200	0.0354	0.0136	190.6932
1	BRITIS	PMRONS	2	150	20.430	TACSR	160 mm2	734	800	200	830	830	0.2200	0.3900	2.9600	0.0200	0.0354	0.0136	190.6932
1	KAPALS	PMRONS	1	150	58.580	TACSR	160 mm2	734	400	400	830	830	0.2200	0.3900	2.9600	0.0573	0.1015	0.0390	190.6932
1	KAPALS	BRITIS	1	150	38.170	TACSR	160 mm2	734	800	800	1250	1250	0.2200	0.3900	2.9600	0.0373	0.0662	0.0254	190.6932

Berdasarkan data saluran pada lampiran pada lampiran 1, maka dilakukan pengolahan data untuk saluran dengan jumlah sirkuit 2. Sebagai contoh pada hubungan saluran 1-2 dilakukan perhitungan sebagai berikut :

$$R = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{0{,}0105 \times 0{,}0105}{0{,}0105 + 0{,}0105} = \frac{1{,}1025 \times 10^{-4}}{0{,}021} = 0{,}0053 \text{ pu}$$

$$X = \frac{X_1 \times X_2}{X_1 + X_2} = \frac{0{,}0359 \times 0{,}0359}{0{,}0359 + 0{,}0359} = \frac{1{,}2888 \times 10^{-3}}{0{,}0718} = 0{,}0179 \text{ pu}$$

$$B = \frac{B_1 \times B_2}{B_1 + B_2} = \frac{0{,}0130 \times 0{,}0130}{0{,}0130 + 0{,}0130} = \frac{1{,}69 \times 10^{-4}}{0{,}026} = 0{,}0065 \text{ pu}$$

Untuk selanjutnya dilakukan perhitungan seperti langkah di atas, sehingga didapatkan hasil seperti pada tabel 4.3.

```
gram SQP


e=150.00;
st=1000;
e=100.00;
st=1000000;
aram=1; %Jika pu TypParam=1 jika ohm TypParam=2
al Pbase
```

Vabs	sudV	Pgen	Qgen	Pload	Qload	Cap	TypeBus
[1.03400	0.00000	0.000	0.000	39.300	7.900	0.00000	1;
1.00000	0.00000	0.000	0.000	14.000	6.000	0.00000	3;
1.00000	0.00000	0.000	0.000	18.000	8.500	0.00000	3;
1.00000	0.00000	0.000	0.000	36.100	16.500	0.00000	3;
1.00000	0.00000	0.000	0.000	39.000	16.600	0.00000	3;
1.00000	0.00000	0.000	0.000	22.500	9.700	0.00000	3;
1.00000	0.00000	0.000	50.000	62.200	30.000	0.00000	3;
1.00000	0.00000	0.000	0.000	41.000	21.300	0.00000	3;
1.00000	0.00000	0.000	0.000	23.000	5.900	0.00000	3;
1.00000	0.00000	0.000	0.000	17.200	7.000	0.00000	3;
1.00000	0.00000	0.000	0.000	37.800	18.700	0.00000	3;
0.99500	0.00000	99.900	0.000	5.400	2.700	0.00000	2;
1.00000	0.00000	0.000	0.000	11.900	4.400	0.00000	3;
1.00000	0.00000	0.000	0.000	6.200	2.900	0.00000	3;
1.00000	0.00000	0.000	0.000	63.600	22.800	0.00000	3;
1.00000	0.00000	0.000	0.000	4.100	0.800	0.00000	3;
1.00000	0.00000	0.000	0.000	23.600	4.300	0.00000	3;
1.00000	0.00000	0.000	0.000	16.400	7.000	0.00000	3;
1.00000	0.00000	0.000	0.000	73.300	28.900	0.00000	3;
0.95000	0.00000	2.200	0.000	0.000	0.000	0.00000	2;
0.95000	0.00000	96.700	0.000	0.000	0.000	0.00000	2;
1.00000	0.00000	0.000	25.000	45.500	13.600	0.00000	3;
1.00000	0.00000	0.000	25.000	50.300	13.500	0.00000	3;
1.00000	0.00000	0.000	0.000	35.400	7.900	0.00000	3;
1.00000	0.00000	0.000	0.000	14.200	3.300	0.00000	3];

```
s,Beban,Cap]=DecodeBus(Bus);
al Nbus Beban Cap
```

rom	to	R	X	Lc	Tr	Tu	Su	Cap	Sal
[1	2	0.00530	0.01790	0.00650	0.00000	0.00000	0.00000	222.00;	
1	9	0.00480	0.03460	0.02510	0.00000	0.00000	0.00000	480.00;	
2	3	0.01000	0.03400	0.01230	0.00000	0.00000	0.00000	111.00;	
2	4	0.00790	0.02690	0.00970	0.00000	0.00000	0.00000	222.00;	
4	5	0.01350	0.04600	0.01660	0.00000	0.00000	0.00000	222.00;	
5	6	0.01670	0.05710	0.02060	0.00000	0.00000	0.00000	111.00;	
5	7	0.03150	0.10770	0.03890	0.00000	0.00000	0.00000	111.00;	
6	7	0.01480	0.05060	0.01830	0.00000	0.00000	0.00000	111.00;	
7	8	0.03370	0.11510	0.04150	0.00000	0.00000	0.00000	111.00;	
7	10	0.01040	0.03530	0.01280	0.00000	0.00000	0.00000	222.00;	
7	11	0.04300	0.14690	0.05300	0.00000	0.00000	0.00000	111.00;	
8	11	0.01770	0.06040	0.02180	0.00000	0.00000	0.00000	111.00;	
9	10	0.00910	0.03100	0.01120	0.00000	0.00000	0.00000	222.00;	
9	11	0.09660	0.04570	0.03400	0.00000	0.00000	0.00000	360.00;	
11	12	0.00160	0.00350	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	222.00;	

```
 12 13 0.01160 0.00340  0.01240 0.00000 0.00000  0.00000  193.50;
 12 17 0.03990 0.13140  0.05020 0.00000 0.00000  0.00000  193.50;
 13 14 0.02700 0.07830  0.02880 0.00000 0.00000  0.00000   96.75;
 13 15 0.04120 0.11940  0.04390 0.00000 0.00000  0.00000   96.75;
 14 15 0.01420 0.04110  0.01510 0.00000 0.00000  0.00000   96.75;
 15 16 0.03620 0.06930  0.02400 0.00000 0.00000  0.00000   60.00;
 15 17 0.05560 0.10540  0.03690 0.00000 0.00000  0.00000   60.00;
 15 18 0.01050 0.03040  0.01120 0.00000 0.00000  0.00000   96.75;
 15 19 0.01050 0.03040  0.01120 0.00000 0.00000  0.00000   96.75;
 15 22 0.02930 0.05610  0.01950 0.00000 0.00000  0.00000   60.00;
 15 24 0.00590 0.01700  0.00630 0.00000 0.00000  0.00000  193.50;
 16 17 0.01940 0.03710  0.01290 0.00000 0.00000  0.00000   60.00;
 18 19 0.00450 0.01300  0.00480 0.00000 0.00000  0.00000   96.75;
 19 20 0.00200 0.00440  0.00000 0.00000 0.00000  0.00000   96.75;
 19 21 0.00200 0.00560  0.00000 0.00000 0.00000  0.00000   96.75;
 19 22 0.01270 0.02430  0.00840 0.00000 0.00000  0.00000   60.00;
 19 23 0.00370 0.00700  0.00250 0.00000 0.00000  0.00000  120.00;
 23 24 0.00780 0.01490  0.00520 0.00000 0.00000  0.00000  120.00;
 24 25 0.01030 0.02980  0.01100 0.00000 0.00000  0.00000  193.50];
l,Z,Lc,Tr,CapSal]=DecodeSaluran(Nbus,Sal);
al Nsal Z Lc Tr CapSal
```

bus	Qmin	Qmax	a2	a1	a0	Cost Q	Fix	Pmin	Pmax
[1	-200.00	300.00	6.180000	1306.150	388144.168	0.73	5.10	150.000	740.
12	-45.00	80.00	1.406900	1599.000	87435.000	1.03	7.20	50.0000	133.
20	-20.00	60.00	14.293200	1670.000	88960.000	1.03	7.20	21.0000	75.0
21	-15.00	75.00	113.900000	5297.000	139560.000	1.03	7.20	15.0000	125.

```
al Gen
i=cputime;
te,Alir,Sg,SL,SumG,SumL,Rr,RugiS,Jq]=NewtonPolar(Nbus,Z,Lc,Tr,Cap,Beban,Pbase);
PLN=0;
=0;
J2,J3,J4]=SplitJaqobian(Jq);
4-J3*inv(J1)*J2;
,T]=svd(Js);
tungSna(S);
(S);
=length(CostPLN);
sai=cputime;
ng=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     ' ↙

)(['-------------------------------------------------------------------------------' ↙

(1:Nbus)' real(V) imag(V) real(Sg) imag(Sg) real(SL) imag(SL)];
ntf('%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       ']);
)(['-------------------------------------------------------------------------------']);
i=1:Nbus
or j=1:Nbus
  x=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(' %3.0f  %3.0f    %8.3f    %8.3f    %3.0f  %3.0f    %8.3f    %8.3f\n',S' ↙

  end
nd

)(['-------------------------------------------------------------------------------']);
)(' ');
)(['Rugi Daya Antar Saluran']);
)(' ');

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

)(['-----------------------------------']);
)(' ');
)(['Jumlah Pembangkitan = ' num2Str(SumG) ' MVA']);
)(['Jumlah Pembebanan   = ' num2Str(SumL) ' MVA']);
)(['Jumlah Rugi-Rugi    = ' num2Str(Rr) ' MVA']);
)(['Jumlah Iterasi      = ' num2Str(ite)]);
)(['Jumlah Cost Gen     = ' num2Str(Cost) ' Rupiah']);
)(' ');
en=50;
ize=50;
ss=0.85;
```

```
asi=0.005;
sV.min=0.95;
sV.max=1.05;
=100;
=10;
.00000;
n,aAvg,aMax,BestChrom]=Genetic(MaxGen,PopSize,Pcross,Pmutasi,BatasV,lmdV,lmdQ,Ka);
te,Alir,Sg,SL,SumG,SumL,Rr,RugiS,Sx]=HitungFitnessAkhir(BestChrom,BatasV,lmdV,lmdQ);
eal(V);
(' ');
(['                          Hasil Perhitungan Aliran Daya']);
(['             Dengan Metode Newton-Raphson Setelah Optimasi dengan GA']);
(' ');
(['Jumlah Bus      = ' num2Str(Nbus)]);
(['Jumlah iterasi = ' num2Str(ite)]);
(['Waktu Hitung    = ' num2Str(selang) ' detik']);
(' ');
(['-------------------------------------------------------------------------------' ↙

(['  Bus      Tegangan              Pembangkitan              Pembebanan           ' ↙

(['              (pu)                mw          mvar          mw          mvar    ' ↙

(['-------------------------------------------------------------------------------' ↙

(1:Nbus)' real(V) imag(V) real(Sg) imag(Sg) real(SL) imag(SL)];
ntf('%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      ']);
(['-------------------------------------------------------------------------']);
i=1:Nbus
or j=1:Nbus
  x=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(' %3.0f  %3.0f    %8.3f    %8.3f    %3.0f  %3.0f    %8.3f    %8.3f\n',S' ↙

  end
nd

(['-------------------------------------------------------------------------']);
(' ');
(['Rugi Daya Antar Saluran']);
(' ');

(['-----------------------------------']);
(['    Bus              Rugi          ']);
(['  from  to       mw        mvar    ']);
(['-----------------------------------']);
i=1:Nbus
```

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

(['-------------------------------------']);
(' ');
(['Jumlah Pembangkitan = ' num2Str(SumG) ' MVA']);
(['Jumlah Pembebanan   = ' num2Str(SumL) ' MVA']);
(['Jumlah Rugi-Rugi    = ' num2Str(Rr) ' MVA']);
(['Jumlah Iterasi      = ' num2Str(ite)]);
p(['Jumlah Cost Gen     = ' num2Str(Cost) ' Rupiah']);
(' ');
eros(MaxGen,1);
i=1:MaxGen
xt(i)=i;

re(1)
(xt,aMin,xt,aAvg,xt,aMax);
nd('Min','Avg','Max');
el('Generasi');
el('Fitness');
e('Grafik Performance Genetic Algorithm');
(Sx);

ion [c,ceq]=Confunc(chrom)
al Nbus Z Lc Tr Cap Pbase BatasV
anNew]=UpdateBeban(chrom);
te,Alir,Sg,SL,SumG,SumL,Rr,RugiS]=NewtonPolar(Nbus,Z,Lc,Tr,Cap,BebanNew,Pbase);
itungDeltaV(Nbus,V,BatasV);
itungDeltaQgen(Nbus,Sg);
;
[dV;dQ];

tion [BebanNew]=UpdateBeban(chrom)
al Nbus Beban
ban(1,:);
=length(X);
nNew=zeros(Nbus,cols);
i=1:Nbus
for j=1:cols
    BebanNew(i,j)=Beban(i,j);
end

;
i=1:Nbus
if Beban(i,7)~=3
    sa=sa+1;
    BebanNew(i,1)=chrom(sa);
end

i=1:Nbus
if Beban(i,7)==2
    sa=sa+1;
```

```
    BebanNew(i,3)=chrom(sa);
end

i=1:Nbus
if Beban(i,4)~=0
    sa=sa+1;
    BebanNew(i,4)=chrom(sa);
end


tion [dV]=HitungDeltaV(Nbus,V,BatasV)
);
i=1:Nbus
if real(V(i))>BatasV.max
    dV=dV+(real(V(i)-BatasV.max));
end
if real(V(i))<BatasV.min
    dV=dV+(BatasV.min-real(V(i)));
end


tion [dQgen]=HitungDeltaQgen(Nbus,Sg)
al Beban
n=0;
i=1:Nbus
if Beban(i,7)~=3
    q=HitungBatasQgen(i,imag(Sg(i)));
    dQgen=dQgen+q;
end


tion [Nbus,Beban,Cap]=DecodeBus(Bus)
s(:,1);
=length(X);
n=zeros(Nbus,7);
zeros(Nbus,1);
i=1:Nbus
Beban(i,1)=Bus(i,1);
Beban(i,2)=Bus(i,2);
Beban(i,3)=Bus(i,3);
Beban(i,4)=Bus(i,4);
Beban(i,5)=Bus(i,5);
Beban(i,6)=Bus(i,6);
Beban(i,7)=Bus(i,8);
Cap(i,1)=Bus(i,7);


tion [Nsal,Z,Lc,Tr,CapSal]=DecodeSaluran(Nbus,Sal)
l(:,1);
=length(X);
ros(Nbus,Nbus);
eros(Nbus,Nbus);
eros(Nbus,Nbus);
al=zeros(Nbus,Nbus);
i=1:Nsal
dari=round(Sal(i,1));
ke=round(Sal(i,2));
```

```
Z(dari,ke)=complex(Sal(i,3),Sal(i,4));
Lc(dari,ke)=Sal(i,5);
Tr(dari,ke)=Sal(i,6);
CapSal(dari,ke)=Sal(i,9);
CapSal(ke,dari)=Sal(i,9);


tion [sa,lb,ub,x0]=FindBatasVariable(BatasV,BestChrom)
al Nbus Beban Gen
ength(BestChrom);
eros(nb-1,1);
eros(nb-1,1);
eros(nb-1,1);
;
i=1:Nbus
if Beban(i,7)~=3
    sa=sa+1;
    lb(sa)=BatasV.min;
    ub(sa)=BatasV.max;
end

i=1:Nbus
if Beban(i,4)~=0
    sa=sa+1;
    lb(sa)=0;
    ub(sa)=Beban(i,4);
end

;
i=1:Nbus
if Beban(i,7)~=3
    sa=sa+1;
    x0(sa)=BestChrom(sa);
end

i=1:Nbus
if Beban(i,4)~=0
    sa=sa+1;
    ga=ga+1;
    x0(sa)=BestChrom(ga);
end


tion [aMin,aAvg,aMax,BestChrom]=Genetic(MaxGen,PopSize,Pcross,Pmutasi,BatasV,lmdV,lmd ↙
)
=zeros(MaxGen,1);
=zeros(MaxGen,1);
=zeros(MaxGen,1);
gth,BatasChrom]=FindLengthChrom(BatasV);
ent]=InitialIndividu(PopSize,Length);
ld]=InitialIndividu(PopSize,Length);
ent]=InitParent(PopSize,Length,Parent,BatasChrom,BatasV,lmdV,lmdQ,Ka);
ndi=CariMaxIndividu(PopSize,Length,Parent);
,avg,max,SumFitness]=Statistik(PopSize,Parent);
i=1:MaxGen
Child=Generasi(PopSize,Length,Pcross,Pmutasi,BatasChrom,Parent,Child,SumFitness,Batas ↙
dV,lmdQ,Ka);
```

```
[Parent]=FindNewParent(PopSize,Length,Parent,Child);
[min,avg,max,SumFitness]=Statistik(PopSize,Parent);
tmpIndi=CariMaxIndividu(PopSize,Length,Parent);
if MaxIndi.fitness<tmpIndi.fitness
    MaxIndi=GetIndividu(Length,tmpIndi);
end
aMin(i)=min;
aAvg(i)=avg;
aMax(i)=max;
fprintf('%2.0f',i);

('');
Chrom=GetBestChrom(Length,MaxIndi);

tion [sa,Batas]=FindLengthChrom(BatasV)
al Nbus Beban Gen
;
i=1:Nbus
if Beban(i,7)~=3
    sa=sa+1;
    Batas(sa).min=BatasV.min;
    Batas(sa).max=BatasV.max;
end

i=1:Nbus
if Beban(i,4)~=0
    sa=sa+1;
    Batas(sa).min=0;
    Batas(sa).max=Beban(i,4);
end


tion [allele]=GetRandom(min,max)
le=min+rand*(max-min);

tion [chrom]=GetRandomChrom(Length,BatasChrom)
m=zeros(Length,1);
i=1:Length
chrom(i)=GetRandom(BatasChrom(i).min,BatasChrom(i).max);


tion [Individu]=InitialIndividu(PopSize,Length)
i=1:PopSize
Individu(i).chrom=zeros(Length,1);
Individu(i).fitness=0;


tion [NewIndi]=GetIndividu(Length,OldIndi)
ndi.chrom=zeros(Length,1);
ndi.fitness=0;
i=1:Length
NewIndi.chrom(i)=OldIndi.chrom(i);

ndi.fitness=OldIndi.fitness;

tion [MaxIndi]=CariMaxIndividu(PopSize,Length,CurrIndi)
ndi=GetIndividu(Length,CurrIndi(1));
```

```
i=2:PopSize
if MaxIndi.fitness<CurrIndi(i).fitness
    MaxIndi=GetIndividu(Length,CurrIndi(i));
end


tion [Parent]=InitParent(PopSize,Length,Parent,BatasChrom,BatasV,lmdV,lmdQ,Ka)
i=1:PopSize
Parent(i).chrom=GetRandomChrom(Length,BatasChrom);
Parent(i).fitness=HitungFitness(Parent(i).chrom,BatasV,lmdV,lmdQ);


tion [min,avg,max,sumFitness]=Statistik(PopSize,Parent)
Parent(1).fitness;
Parent(1).fitness;
itness=Parent(1).fitness;
i=2:PopSize
if max<Parent(i).fitness
    max=Parent(i).fitness;
end
if min>Parent(i).fitness
    min=Parent(i).fitness;
end
sumFitness=sumFitness+Parent(i).fitness;

sumFitness/PopSize;

tion [mate]=Seleksi(PopSize,Parent,SumFitness)
sum=0;

=0;
rand*SumFitness;
i=1:PopSize
partsum=partsum+Parent(i).fitness;
if partsum>rnd
    mate=i;
    break;
end

ate==0
mate=PopSize;


tion [AlleleChild]=MutasiAllele(No,AlleleParent,BatasChrom,Pmutasi)
rand;
nd<=Pmutasi
rnd=rand;
if rnd<0.5
    dAllele=AlleleParent+rand*(BatasChrom(No).max-AlleleParent);
    AlleleChild=AlleleParent+dAllele;
    if AlleleChild>BatasChrom(No).max
        AlleleChild=BatasChrom(No).max;
    end
else
    dAllele=BatasChrom(No).min+rand*(AlleleParent-BatasChrom(No).min);
    AlleleChild=AlleleParent-dAllele;
    if AlleleChild<BatasChrom(No).min
```

```
        AlleleChild=BatasChrom(No).min;
    end
end

AlleleChild=AlleleParent;


tion [chromC]=MutasiChrom(Length,chromP,BatasChrom,Pmutasi)
i=1:Length
chromC(i)=MutasiAllele(i,chromP(i),BatasChrom,Pmutasi);


tion [chromC1,chromC2]=Crossover(Length,chromP1,chromP2,Pcross)
mC1=zeros(Length,1);
mC2=zeros(Length,1);
rand;
nd<=Pcross
rnd=rand;
pos=round(1+rnd*((Length-1)-1));
for i=1:pos
    chromC1(i)=chromP1(i);
    chromC2(i)=chromP2(i);
end
for i=pos+1:Length
    chromC1(i)=chromP2(i);
    chromC2(i)=chromP1(i);
end

for i=1:Length
    chromC1(i)=chromP1(i);
    chromC2(i)=chromP2(i);
end


tion [Child]=Generasi(PopSize,Length,Pcross,Pmutasi,BatasChrom,Parent,Child,SumFitnes ↙
tasV,lmdV,lmdQ,Ka)

e (i<=PopSize)
mate1=Seleksi(PopSize,Parent,SumFitness);
mate2=Seleksi(PopSize,Parent,SumFitness);
[Child(i).chrom,Child(i+1).chrom]=Crossover(Length,Parent(mate1).chrom,Parent(mate2). ↙
m,Pcross);
[Child(i).chrom]=MutasiChrom(Length,Child(i).chrom,BatasChrom,Pmutasi);
[Child(i+1).chrom]=MutasiChrom(Length,Child(i+1).chrom,BatasChrom,Pmutasi);
Child(i).fitness=HitungFitness(Child(i).chrom,BatasV,lmdV,lmdQ);
Child(i+1).fitness=HitungFitness(Child(i+1).chrom,BatasV,lmdV,lmdQ);
i=i+2;


tion [Parent]=FindNewParent(PopSize,Length,Parent,Child)
]=InitialIndividu(PopSize,Length);
i=1:PopSize
pos=i;
while (pos==i)
    rnd=rand;
    pos=round(1+rnd*(PopSize-1));
end
```

```
if Child(i).fitness>Parent(pos).fitness
    tmp(i)=GetIndividu(Length,Child(i));
else
    tmp(i)=GetIndividu(Length,Parent(pos));
end

i=1:PopSize
Parent(i)=GetIndividu(Length,tmp(i));


tion [chrom]=GetBestChrom(Length,MaxIndi)
m=zeros(Length,1);
i=1:Length
chrom(i)=MaxIndi.chrom(i);


tion [dQgen]=HitungBatasQgen(No,Qgen)
al Gen
n(:,1);
=length(X);
n=0;
i=1:Ngen
if No==Gen(i,1)
    if Qgen>Gen(i,3)
        dQgen=Qgen-Gen(i,3);
    elseif Qgen<Gen(i,2)
        dQgen=abs(Gen(i,2))-abs(Qgen);
    end
    break;
end


tion [Cost]=HitungCostGen(No,Pgen)
al Gen
n(:,1);
=length(X);
=0;
i=1:Ngen
if No==Gen(i,1)
    Cost=Gen(i,4)*Pgen*Pgen+Gen(i,5)*Pgen+Gen(i,6);
    break;
end


ion [Cost]=HitungCostPgenDetail(Nbus,Sg)
al Beban
=0;
i=1:Nbus
if Beban(i,7)~=3
    Ngen=Ngen+1;
end

=zeros(Ngen,1);
=0;
i=1:Nbus
if Beban(i,7)~=3
    Ngen=Ngen+1;
```

```
    Cost(Ngen)=HitungCostGen(i,real(Sg(i)));
end


tion [Fitness]=HitungFitness(chrom,BatasV,lmdV,lmdQ)
al Nbus Z Lc Tr Cap Pbase
anNew]=UpdateBeban(chrom);
te,Alir,Sg,SL,SumG,SumL,Rr,RugiS,Jq]=NewtonPolar(Nbus,Z,Lc,Tr,Cap,BebanNew,Pbase);
J2,J3,J4]=SplitJaqobian(Jq);
4-J3*inv(J1)*J2;
,T]=svd(Js);
tungSn(S);
itungS(S);
itungDeltaV(Nbus,V,BatasV,lmdV);
itungDeltaQgen(Nbus,Sg,lmdQ);
dV==1) && (dQ==1)
Fitness=Sa+dV+dQ;

Fitness=dV+dQ;


tion [Sa]=HitungS(S)
:,1);
=length(x);
1,:);
=length(x);
eros(rows,1);
i=1:rows
for j=1:cols
    if j==i
        Sb(i)=S(i,j);
    end
end

in(Sb);

tion [BebanNew]=UpdateBeban(chrom)
al Nbus Beban
ban(1,:);
=length(X);
nNew=zeros(Nbus,cols);
i=1:Nbus
for j=1:cols
    BebanNew(i,j)=Beban(i,j);
end

;
i=1:Nbus
if Beban(i,7)~=3
    sa=sa+1;
    BebanNew(i,1)=chrom(sa);
end

i=1:Nbus
if Beban(i,4)~=0
    sa=sa+1;
    BebanNew(i,4)=chrom(sa);
```

```
end


:tion [mV]=HitungDeltaV(Nbus,V,BatasV,lmd)
.;
i=1:Nbus
ovl=1;
dV=0;
if real(V(i))>BatasV.max
    ovl=exp(lmd*(BatasV.max-real(V(i))));
end
if real(V(i))<BatasV.min
    ovl=exp(lmd*(real(V(i))-BatasV.min));
end
mV=mV*ovl;


:tion [mQ]=HitungDeltaQgen(Nbus,Sg,lmd)
)al Beban
.;
i=1:Nbus
if Beban(i,7)~=3
    ovl=1;
    q=HitungBatasQgen(i,imag(Sg(i)));
    q=q/100;
    if q>0
        ovl=exp(lmd*-q);
    else
        ovl=1;
    end
    mQ=mQ*ovl;
end


tion [Cost]=HitungCostPgen(Nbus,Sg)
al Beban
=0;
i=1:Nbus
if Beban(i,7)~=3
    cost=HitungCostGen(i,real(Sg(i)));
    Cost=Cost+cost;
end


tion [V,ite,Alir,Sg,SL,SumG,SumL,Rr,RugiS,S]=HitungFitnessAkhir(chrom,BatasV,lmdV,lmd ↙

al Nbus Z Lc Tr Cap Pbase
anNew]=UpdateBeban(chrom);
te,Alir,Sg,SL,SumG,SumL,Rr,RugiS,Jq]=NewtonPolar(Nbus,Z,Lc,Tr,Cap,BebanNew,Pbase);
J2,J3,J4]=SplitJaqobian(Jq);
4-J3*inv(J1)*J2;
,T]=svd(Js);
tungSn(S);
itungS(S);

tion [J1,J2,J3,J4]=SplitJaqobian(Jq)
al Nbus Beban
```

```
ı=0;
 i=1:Nbus
 if Beban(i,7)==2
     Ngen=Ngen+1;
 end

Jq=(Nbus-1)+(Nbus-Ngen-1);
Jq=rowJq;
:eros((Nbus-1),(Nbus-1));
:eros((Nbus-1),(Nbus-Ngen-1));
:eros((Nbus-Ngen-1),(Nbus-1));
:eros((Nbus-Ngen-1),(Nbus-Ngen-1));
 i=1:(Nbus-1)
 for j=1:(Nbus-1)
     J1(i,j)=Jq(i,j);
 end

);
 i=1:(Nbus-1)
 ia=ia+1;
 ja=0;
 for j=Nbus:colJq
     ja=ja+1;
     J2(ia,ja)=Jq(i,j);
 end

);
 i=Nbus:rowJq
 ia=ia+1;
 ja=0;
 for j=1:(Nbus-1)
     ja=ja+1;
     J3(ia,ja)=Jq(i,j);
 end

;
 i=Nbus:rowJq
 ia=ia+1;
 ja=0;
 for j=Nbus:colJq
     ja=ja+1;
     J4(ia,ja)=Jq(i,j);
 end


tion [Sa]=HitungS(S)
:,1);
=length(x);
1,:);
=length(x);
;
 i=1:rows
 Sa=Sa+S(i,i);


tion [BebanNew]=UpdateBeban(chrom)
al Nbus Beban
```

```
ban(1,:);
=length(X);
nNew=zeros(Nbus,cols);
i=1:Nbus
for j=1:cols
    BebanNew(i,j)=Beban(i,j);
end

;
i=1:Nbus
if Beban(i,7)~=3
    sa=sa+1;
    BebanNew(i,1)=chrom(sa);
end

i=1:Nbus
if Beban(i,4)~=0
    sa=sa+1;
    BebanNew(i,4)=chrom(sa);
end


tion [Cost]=HitungCostPgen(Nbus,Sg)
al Beban
=0;
i=1:Nbus
if Beban(i,7)~=3
    cost=HitungCostGen(i,real(Sg(i)));
    Cost=Cost+cost;
end


tion [V,ite,Alir,Sg,SL,SumG,SumL,Rr,RugiS,Cost]=HitungObjfunc(chrom)
al Nbus Z Lc Tr Cap Pbase
anNew]=UpdateBeban(chrom);
te,Alir,Sg,SL,SumG,SumL,Rr,RugiS]=NewtonPolar(Nbus,Z,Lc,Tr,Cap,BebanNew,Pbase);
=HitungCostPgen(Nbus,Sg);

tion [BebanNew]=UpdateBeban(chrom)
al Nbus Beban
ban(1,:);
=length(X);
nNew=zeros(Nbus,cols);
i=1:Nbus
for j=1:cols
    BebanNew(i,j)=Beban(i,j);
end

;
i=1:Nbus
if Beban(i,7)~=3
    sa=sa+1;
    BebanNew(i,1)=chrom(sa);
end

i=1:Nbus
if Beban(i,4)~=0
```

```
    sa=sa+1;
    BebanNew(i,4)=chrom(sa);
end


tion [Cost]=HitungCostPgen(Nbus,Sg)
al Beban
=0;
i=1:Nbus
if Beban(i,7)~=3
    cost=HitungCostGen(i,real(Sg(i)));
    Cost=Cost+cost;
end


tion [S]=HitungSn(S)
:,1);
=length(x);
1,:);
=length(x);
i=1:rows
for j=1:cols
    if j==i
        S(i,j)=1/S(i,j);
    end
end


tion [TotalCost]=HitungTotalCostGen(Sg)
lCost=0;
=length(Sg);
;
i=1:Nbus
cek=real(Sg(i));
if cek~=0
    sa=sa+1;
    TotalCost=TotalCost+HitungCostGen(i,cek);
end


tion [V,ite,Alir,Sg,SL,SumG,SumL,Rr,RugiS,Jq]=NewtonPolar(N,z,Lc,Tr,Cap,Beban,Pbase)
dflow Metode Newton Raphson Polar
yright (c) 2002 by Ugro Sofware

a Data----------------------------------------
0;
g,SL,TypeBus]=BacaData(N,Beban,Pbase);
Admitansi2(N,z,Lc,Tr,Cap);
i=1:15
[dS]=PowerMismatch(N,Y,Lc,Sg,SL,TypeBus,V);
[Cek]=CekKonvergen(N,dS,TypeBus);
if Cek==1
    break;
end
[Jq]=Jaqobian(N,V,Y,TypeBus);
[V]=UpdateTegangan(N,V,Jq,dS,TypeBus);
ite=ite+1;
```

```
=UbahRectangular(N,V);
r]=AlirDaya(N,Vr,Y,Lc,Pbase);
=Daya(N,Vr,TypeBus,Sg,SL,Y,Pbase,Alir);
'base*SL;
(G,SumL,Rr]=RugiRugi(N,Sg,SL);
'iS]=RugiSaluran(N,z,Alir);

tion [V,Sg,SL,TypeBus]=BacaData(N,Beban,Pbase)
ros(N,1);
eros(N,1);
eros(N,1);
Bus=zeros(N,1);
i=1:N
V(i)=complex(Beban(i,1),Beban(i,2));
Sg(i)=complex(Beban(i,3)/Pbase,Beban(i,4)/Pbase);
SL(i)=complex(Beban(i,5)/Pbase,Beban(i,6)/Pbase);
TypeBus(i)=Beban(i,7);


tion [Y]=Admitansi2(N,z,Lc,Tr,Cap)
ros(N,N);
eros(N,N);
complex(1,0);
i=1:N
for j=1:N
    xa=imag(z(i,j));
    if xa~=0
        if Tr(i,j)~=0
            a=Tr(i,j);
            CY(i,j)=sum/z(i,j);
            Lc(i,j)=(1/a^2-1/a)*imag(CY(i,j));
            Lc(j,i)=(1-1/a)*imag(CY(i,j));
            CY(i,j)=CY(i,j)/a;
            CY(j,i)=complex(real(CY(i,j)),imag(CY(i,j)));
        else
            CY(i,j)=sum/z(i,j);
            CY(j,i)=complex(real(CY(i,j)),imag(CY(i,j)));
            Lc(i,j)=Lc(i,j);
            Lc(j,i)=Lc(i,j);
        end
    end
end

i=1:N
for j=1:N
    if j==i
        sumR=0;
        sumX=0;
        for k=1:N
             sumR=sumR+real(CY(i,k));
             sumX=sumX+imag(CY(i,k))+Lc(i,k);
        end
        Y(i,j)=complex(sumR,sumX);
    else
        Y(i,j)=complex(-real(CY(i,j)),-imag(CY(i,j)));
    end
```

```
end


tion [Y]=Admitansi(N,z,Lc,Tr,Cap)
ros(N,N);
ros(N,N);
i=1:N
or j=1:N
  xa=imag(z(i,j));
  if xa~=0
     z(j,i)=z(i,j);
     Lc(j,i)=Lc(i,j);
  end
nd

i=1:N
or j=1:N
  xa=imag(z(i,j));
  if xa~=0
     C(i,j)=1/z(i,j);
  end
nd

i=1:N
or 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
nd

i=1:N
for 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
end

i=1:N
if Cap(i)~=0
    re=real(Y(i,i));
```

```
    im=imag(Y(i,i))+Cap(i);
    Y(i,i)=complex(re,im);
end



:tion [dS]=PowerMismatch(N,Y,Lc,Sg,SL,TypBus,V)
ıgsi ini untuk menghitung selisih daya
);
 i=1:N
 if TypBus(i)==2
    PV=PV+1;
 end

-1+N-1-PV;
:eros(n,1);
:eros(N,1);
:eros(N,1);
);
);
 i=1:N
 if 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;
end
 if 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;
end

;
-1;
i=1:N
if TypBus(i)~=1
    sp=sp+1;
    dS(sp)=real(Sg(i))-real(SL(i))-Pc(i);
end
if TypBus(i)==3
    sq=sq+1;
    dS(sq)=imag(Sg(i))-imag(SL(i))-Qc(i);
end
```

```
:tion [Jq]=Jaqobian(N,V,Y,TypBus)
);
 i=1:N
 if TypBus(i)==2
     PV=PV+1;
 end

:N-1+N-1-PV;
:eros(NJq,NJq);
ibentukan Jaqobian H
:0;
 i=1:N
 if 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
end

ibentukan Jaqobian L
:N-1;
 i=1:N
 if 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
end

ıbentukan Jaqobian N
:0;
i=1:N
if 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
end

bentukan Jaqobian M
N-1;
i=1:N
if 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
end


:tion [V]=UpdateTegangan(N,V,Jq,dS,TypeBus)
);
 i=1:N
 if TypeBus(i)==2
     PV=PV+1;
 end

·1+N-1-PV;
:eros(n,1);
Tq\dS;
);
);
 i=1:N
 if TypeBus(i)~=1
     sp=sp+1;
     V(i)=complex(real(V(i)),imag(V(i))+dV(sp));
 end

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

```
ction [Cek]=CekKonvergen(N,dS,TypeBus)
=1;
);
 i=1:N
 if TypeBus(i)==2
     PV=PV+1;
 end

-1+N-1-PV;
=0.0001;
 i=1:n
 if abs(dS(i))>Tol
     Cek=0;
 end


ction [Vr]=UbahRectangular(N,V)
eros(N,1);
 i=1:N
 Vreal=real(V(i))*cos(imag(V(i)));
 Vimag=real(V(i))*sin(imag(V(i)));
 Vr(i)=complex(Vreal,Vimag);


ction [Alir]=AlirDaya(N,V,Y,Lc,Pbase)
=zeros(N,N);
 i=1:N
or j=1:N
   Lc(j,i)=Lc(i,j);
nd

 i=1:N
or 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
nd


ction [Sg]=Daya(N,V,Typ,Sg,SL,Y,Pbase,Alir)
 i=1:N
um=0;
f 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;
nd
```

```
um=0;
f 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) ↙
mag(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);
nd
f Typ(i)==3
   Cap=imag(Sg(i));
   if Cap~=0
       Sg(i)=Pbase*Sg(i);
   end
nd


tion [SumG,SumL,Rr]=RugiRugi(N,Sg,SL)
eros(N,1);
=0+0i;
=0+0i;
i=1:N
SumG=SumG+Sg(i);
SumL=SumL+SL(i);

umG-SumL;

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


tion [f]=Objfunc(chrom)
al Nbus Z Lc Tr Cap Pbase
anNew]=UpdateBeban(chrom);
te,Alir,Sg,SL,SumG,SumL,Rr,RugiS]=NewtonPolar(Nbus,Z,Lc,Tr,Cap,BebanNew,Pbase);
tungCostPgen(Nbus,Sg);

tion [BebanNew]=UpdateBeban(chrom)
al Nbus Beban
ban(1,:);
=length(X);
nNew=zeros(Nbus,cols);
i=1:Nbus
for j=1:cols
    BebanNew(i,j)=Beban(i,j);
end

;
i=1:Nbus
if Beban(i,7)~=3
    sa=sa+1;
```

```
    BebanNew(i,1)=chrom(sa);
end

i=1:Nbus
if Beban(i,7)==2
    sa=sa+1;
    BebanNew(i,3)=chrom(sa);
end

i=1:Nbus
if Beban(i,4)~=0
    sa=sa+1;
    BebanNew(i,4)=chrom(sa);
end


ction [Cost]=HitungCostPgen(Nbus,Sg)
bal Beban
:=0;
i=1:Nbus
if Beban(i,7)~=3
    cost=HitungCostGen(i,real(Sg(i)));
    Cost=Cost+cost;
end


ction [J1,J2,J3,J4]=SplitJaqobian(Jq)
bal Nbus Beban
n=0;
i=1:Nbus
if Beban(i,7)==2
    Ngen=Ngen+1;
end

Jq=(Nbus-1)+(Nbus-Ngen-1);
Jq=rowJq;
eros((Nbus-1),(Nbus-1));
eros((Nbus-1),(Nbus-Ngen-1));
eros((Nbus-Ngen-1),(Nbus-1));
eros((Nbus-Ngen-1),(Nbus-Ngen-1));
i=1:(Nbus-1)
for j=1:(Nbus-1)
    J1(i,j)=Jq(i,j);
end

);
i=1:(Nbus-1)
ia=ia+1;
ja=0;
for j=Nbus:colJq
    ja=ja+1;
    J2(ia,ja)=Jq(i,j);
end

);
i=Nbus:rowJq
ia=ia+1;
```

```
 ja=0;
 for j=1:(Nbus-1)
     ja=ja+1;
     J3(ia,ja)=Jq(i,j);
 end

);
 i=Nbus:rowJq
 ia=ia+1;
 ja=0;
 for j=Nbus:colJq
     ja=ja+1;
     J4(ia,ja)=Jq(i,j);
 end


ction [Pgen]=UpdatePgen(No,Pgen,Gen)
en(:,1);
n=length(X);
 i=1:Ngen
 if No==Gen(i,1)
     if Pgen>Gen(i,10)
         Pgen=Gen(i,10);
     elseif Pgen<Gen(i,9)
         Pgen=Gen(i,9);
     end
     break;
 end
```

LAMPIRAN 2

- Formulir Skripsi
- Surat Survey

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

LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa	:	**YUDHA KRISNA WIDIANTARA**
N.I.M.	:	**01.12.119**
Jurusan	:	**Teknik Elektro S-1**
Konsentrasi	:	**Teknik Energi Listrik**
Judul Skripsi	:	

ANALISIS PENINGKATAN *VOLTAGE SECURITY* MELALUI PENGATURAN DAYA REAKTIF DENGAN MENGGUNAKAN *GENETIC ALGORITHMS* PADA SISTEM TRANSMISI 150 kV SUB - SISTEM PAITON DAN BALI

Tanggal Mengajukan Skripsi	:	**30 Oktober 2005**
Tanggal Menyelesaikan Skripsi	:	**20 Maret 2006**
Dosen Pembimbing	:	**Ir.Yusuf Ismail Nakhoda, MT**
Telah Di Evaluasi Dengan Nilai	:	**88 (Delapan Puluh Delapan)**

Malang, Maret 2006

Mengetahui,	**Diperiksa Dan Disetujui,**
Ketua Jurusan Teknik Elektro	**Dosen Pembimbing**
Ir. F. Yudi Limpraptono, MT	**Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT**
NIP. P. 1039500274	**NIP. P. 1018800189**

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

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama Mahasiswa	:	**YUDHA KRISNA WIDIANTARA**
N.I.M.	:	**01.12.119**
Jurusan	:	**Teknik Elektro S-1**
Konsentrasi	:	**Teknik Energi Listrik**
Judul Skripsi	:	**ANALISIS PENINGKATAN *VOLTAGE SECURITY* MELALUI PENGATURAN DAYA REAKTIF DENGAN MENGGUNAKAN *GENETIC ALGORITHMS* PADA SISTEM TRANSMISI 150 kV SUB - SISTEM PAITON DAN BALI**

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

Hari	:	**Senin**
Tanggal	:	**20 Maret 2006**
Dengan Nilai	:	**80,8 (A)**

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DEKAN

Panitia Ujian Skripsi

Ketua Majelis Penguji	Sekretaris Majelis Penguji
(Ir. Mochtar Asroni, MSME)	**(Ir. F. Yudi Limpraptono, MT)**
NIP. P. 1018100036	**NIP. P. 1039500274**

Anggota Penguji

Penguji Pertama	Penguji Kedua
(Ir. Taufik Hidayat, MT)	**(Ir. Teguh Herbasuki, MT)**
NIP. P. 1018700015	**NIP. P. 1038900209**

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

PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

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

Hari : Senin
Tanggal : 20 Maret 2006

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

1. Nama : YUDHA KRISNA WIDIANTARA
2. NIM : 01.12.119
3. Jurusan : Teknik Elektro S-1
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi : ANALISIS PENINGKATAN *VOLTAGE SECURITY* MELALUI PENGATURAN DAYA REAKTIF DENGAN MENGGUNAKAN *GENETIC ALGORITHMS* PADA SISTEM TRANSMISI 150 kV SUB - SISTEM PAITON DAN BALI

Perbaikan Meliputi :

No	Materi Perbaikan	Ket
1	Beri penjelasan tentang fitness parent dan fitness child	
2	Tambahkan analisa perhitungan pada tabel 4.2. dan 4.3.	
3	Tambahkan penjumlahan rugi-rugi daya antar saluran pada tabel 4.11.	
4	Perbaiki penomoran bus pada gambar 4.4.	

Anggota Penguji

Penguji Pertama

(Ir. Taufik Hidayat, MT)
NIP. P. 1018700015

Penguji Kedua

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

Dosen Pembimbing

Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
NIP. P. 1018800189

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

PERMOHONAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Yang betanda tangan dibawah ini :

Nama	: Yudha Krisna Ardiansara
NIM	: 0112119
Semester	: 9
Fakultas	: Teknologi Industri
Jurusan	: Teknik Elektro S-1
Konsentrasi	: Teknik Energi Listrik
Alamat	: Jl. Bendungan Sengguruh 28 B

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 terima kasih.

Telah diteliti kebenaran data tersebut diatas
Recording Teknik Elektro

(.....)

Malang, ..19...September.2005
Pemohon

(..Yudha...Krisna...Ardiansara)

Disetujui
Ketua Jurusan Teknik Elektro

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

Mengetahui
Dosen Wali

(..Ir...Choirul...Saleh,..MT...)

Catatan :
Bagi mahasiswa yang telah memenuhi persyaratan mengambil SKRIPSI agar membuat proposal dan mendapat persetujuan dari Ketua Jurusan/Sekretaris Jurusan T. Elektro S-1

1. IP K Min = 2,78
2. 138
3. -7 pasti yg benar

Form. S-1a

Institut Teknologi Nasional Malang
Fakultas Teknologi Industri
Jurusan Teknik Elektro S-1

LEMBAR PENGAJUAN JUDUL SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik/Teknik Elektronika *)

1	Nama Mahasiswa : Yudha Krisna Widiantara		Nim : 0118119	
2	Waktu pengajuan	Tanggal : 26	Bulan : 10	Tahun : 2005
3	Spesifikasi judul (berilah tanda silang)			
	a. (Sistem Tenaga Elektrik)		e. Elektronika & Komponen	
	b. Energi & Konversi Energi		f. Elektronika Digital & Komputer	
	c. Tegangan Tinggi & Pengukuran		g. Elektronika Komunikasi	
	d. Sistem Kendali Industri		h. lainya	
4	Konsultasikan judul sesuai materi bidang ilmu kepada Dosen *) : Ir. H. Almizan Abdullah, MSEE		Mengetahui, Ketua Jurusan. Ir. F. Yudi Limpraptono, MT Nip. Y. 1039500274	
5	Judul yang diajukan mahasiswa :	Analisis Peningkatan Voltage Security Melalui Pengaturan Daya reaktif Dengan Menggunakan Algaritma Genetika Pada Sistem Transmisi 150 kV Sub Sistem Paiton dan Bali		
6	Perubahan Judul yang disetujui Dosen sesuai materi bidang ilmu	.....		
7	Catatan :			
	Persetujuan Judul Skripsi yang dikonsultasikan kepada Dosen materi bidang ilmu	Disetujui, 15 - 11 - 2005 Dosen Ir. H. Almizan Abdullah, MSEE		

Perhatian :

1. Formulir Pengajuan ini harap dikembalikan kepada jurusan paling lambat satu minggu setelah disetujui kelompok dosen keahlian dengan dilampirkan proposal skripsi beserta persyaratan skripsi sesuai form S-1
2. Keterangan : *) coret yang tidak perlu
   **) dilingkari a, b, c, ... atau g.sesuai bidang keahlian

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Malang, 22 Nopember 2005

Lampiran : Satu Lembar
Perihal : **Kesediaan Sebagai Dosen Pembimbing**

Kepada : Yth. Bapak/Ibu. Ir. Yusuf Ismail N, MT
Dosen Jurusan Elektro/ T.Energi Listrik
Institut Teknologi Nasional Malang
di-
Malang

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama	:	YUDHA KRISNA W
Nim	:	01.12.119
Semester	:	IX
Jurusan	:	TEKNIK ELEKTRO
Konsentrasi	:	ENERGI LISTRIK S-1

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

ANALISIS PENINGKATAN VOLTAGE SECURITY MELALUI PENGATURAN DAYA REAKTIF DENGAN MENGGUNAKAN GENETIC ALGORITHMS PADA SISTEM TRANSMISI 150 kV SUB SISTEM PAITON 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 ucapkan terimakasih.

Malang, 22 – 11- 2005

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

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

Pemohon,

YUDHA KRISNA W
Nim : 01.12.119

Form S-3a

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

PERNYATAAN KESEDIAAN SEBAGAI DOSEN PEMBIMBING SKRIPSI

Sesuai dengan Permohonan Mahasiswa :

Nama	:	YUDHA KRISNA W
Nim	:	01.12.119
Semester	:	IX
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 :

ANALISIS PENINGKATAN VOLTAGE SECURITY MELALUI PENGATURAN DAYA REAKTIF DENGAN MENGGUNAKAN GENETIC ALGORITHMS PADA SISTEM TRANSMISI 150 kV SUB SISTEM PAITON BALI

Demikian pernyataan ini kami buat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Malang, 22 – 11 - 2005
Yang Membuat Pernyataan,

Ir. Yusuf Ismail N, MT
Nip. Y. 1018800189

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

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

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, 9 Jan. 2006

Nomor : ITN-1012/I.TA/2/'06
Lampiran : satu lembar
Perihal : **BIMBINGAN SKRIPSI**

Kepada : Yth. Sdr. **Ir. YUSUF ISMAIL NAKHODA, 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	: YUDHA KRISNA W
Nim	: 0112119
Fakultas	: Teknologi Industri
Jurusan	: Teknik Elektro
Konsentrasi	: T. Energi Listrik (S-1)

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

30 Des. 2006 s/d 30 Juni 2006

Adapun tugas tersebut merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik, JurusanTeknik Elektro.
Demikian atas perhatian serta kerjasama yang baik kami ucapkan terima kasih

Ketua
Jurusan Teknik Elektro S-1

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

Tindasan :
1. Mahasiswa yang bersangkutan
2. Arsip.

Form. S-4a

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : YUDHA KRISNA WIDIANTARA
Nim : 01.12.119
Masa Bimbingan : 30 Desember 2005 s/d 30 Juni 2006
Judul Skripsi : **ANALISIS PENINGKATAN *VOLTAGE SECURITY* MELALUI PENGATURAN DAYA REAKTIF DENGAN MENGGUNAKAN *GENETIC ALGORITHMS* PADA SISTEM TRANSMISI 150 kV SUB - SISTEM PAITON DAN BALI**

No.	Tanggal	Uraian	Parap Pembimbing
1.	27-02-2006	Konsultasi Bab I, II, Dan III	
2.	28-02-2006	Perbaiki Sistematika Penulisan Pada Bab I, II, Dan III, IV	
3.	02-03-2006	Periksa Kembali Hasil Indek Keamanan (Sn) Pada Program, Apakah Sudah Optimal	
4.	04-03-2006	Periksa Kembali Hasil Rugi–Rugi Daya Pada Program, Apakah Sudah Optimal	
5.	06-03-2006	Perbaiki Tampilan Grafik	
6.	08-03-2006	Siapkan Makalah Seminar Hasil	
7.	10-03-2006	Acc Makalah Seminar	
8.	17-03-2006	Konsultasi Seluruh Bab Dan Tandatangan Skripsi	
9.			
10.			

Malang, 17 Maret 2006
Dosen Pembimbing,

Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
Nip. P. 101 8800 189

Form.S-4b

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

Jalan Suningrat No. 45 Taman Sidoarjo 61257
Telepon : (031) 7882113, 7882114 Facsimile : (031) 7882578, 7881024 Website : www.pln-jawa-bali.co.id
Kotak Pos : 4119 SBS E-mail : region4@pln-jawa-bali.co.id

Nomor : 004 /330/RJTB/2006
Surat Sdr. No. : ITN- 561 & 562/III.TA/2/2005
Lampiran : 1 (satu) Lampiran
Perihal : Ijin survey

05 JAN 2006

Kepada
Yth. : Dekan Fakultas Teknik
Institut Teknologi Nasional Malang
di
M A L A N G .-

Menunjuk surat Saudara Nomor : ITN- 561 & 562/III.TA/2/2005 tanggal 07 Desember 2005 Perihal : Survey, dengan ini diberitahukan bahwa kami tidak keberatan untuk memberikan ijin kepada Mahasiswa Saudara, bernama :

- YUDHA KRISNA W. Nim : 01.12.119
- ANANG SAMSUDIN Nim : 01.12.087

Untuk melakukan survey pada PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali **Bid.OPHAR** dengan persyaratan sebagai berikut :

1. Mahasiswa tersebut diatas supaya mengisi dan menanda tangani Surat Pernyataan 1 (satu) lembar bermaterai Rp. 6.000.-
2. Mahasiswa yang bersangkutan agar mematuhi peraturan / ketentuan yang berlaku di PT PLN (Persero) P3B Region Jatim & Bali UPT Malang, sehingga faktor–faktor kerahasiaan harus benar – benar diutamakan.
3. Semua biaya perjalanan, penginapan, makan dan lain sebagainya tidak menjadi tanggungan PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali.
4. Buku Laporan Kerja Praktek Mahasiswa tersebut agar dikirimkan kepada PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali 1 (satu) buah.
5. Untuk informasi lebih lanjut dapat menghubungi PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali Cq. Bidang SDM & Administrasi.

Demikian harap maklum dan terima kasih atas perhatian saudara.

PH. MANAGER BIDANG SDM & ADM.

PLN PENYALURAN DAN PUSAT PENGATUR BEBAN JAWA BALI REGION JAWA TIMUR & BALI (Persero)

M. ALI ASGAR

Tembusan Yth . :
1. M.SDMO PLN P3B
2. Yudha Krisna W. Cs.

MODEL 1001

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya :

N a m a	:	Yudha Krisna Widiantara
Pria/ Wanita	:	Pria
Tempat / Tanggal lahir	:	Ponorogo, 23 Juni 1983
Alamat / No. telepon	:	Jl. Sumber Sari 6/10 Malang
		085635824335
Pekerjaan	:	Mahasiswa

Dengan ini saya menerangkan bahwa :

1. Saya bersedia dan setuju menanggung semua akibat yang ditimbulkan karena kesalahan maupun kelalaian saya dan semua akibat lainnya yang terjadi pada instalasi peralatan milik PLN selama melakukan Training/ Praktek Kerja/ Riset pada PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali, yang telah mendapat ijin dari PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali ;

2. Saya atas peringatan pertama akan membayar sepenuhnya, semua biaya yang langsung menimbulkan kerugian atau kecelakaan , karena kelalaian saya ;

3. Saya akan segera mematuhi semua petunjuk –petunjuk yang diberikan oleh Petugas PT PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali ;

4. Saya sanggup tidak membocorkan hal – hal yang bersifat rahasia perusahaan PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali dan bahan yang saya peroleh dalam Training/ Praktek Kerja/ Riset, dan tidak saya pergunakan untuk hal – hal yang dapat merugikan PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali

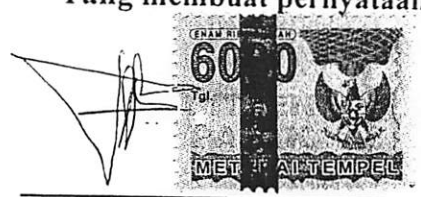
5. Saya sanggup menanggung sendiri segala sesuatu untuk keperluan Training/ Praktek Kerja/ Riset termasuk biaya perjalanan , penginapan makan dan sebagainya ;

6. Saya sanggup menyerahkan 1 (satu) buah buku laporan Training/ Praktek Kerja/ Riset kepada PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali, setelah saya presentasikan kepada Manager Bidang SDMAD PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali mengenai tugas Training/ Praktek Kerja/ Riset.

7. Saya tunduk dan akan mentaati semua peraturan yang berlaku di PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali, dan saya sanggup tidak meninggalkan tugas kedinasan selama Training/ Praktek Kerja/ Riset.

Surabaya, 12 Desember 2005

Yang membuat pernyataan



Yudha Krisna Widiantara