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

MILIK
PERPUSTAKAAN
ITN MALANG

KOMPENSASI DAYA REAKTIF PADA TRANSMISI DENGAN MENGGUNAKAN METODE *IMPROVING STRENGHT PARETO EVOLUTIONARY ALGORITHM (SPEA2)* PADA TRANSMISI 150 KV REGION IV JAWA TIMUR

SKRIPSI

Disusun Oleh :
RAHMAT AFANDI
01.12.158

MARET 2008

[illegible]

[illegible]

[illegible]

LEMBAR PERSETUJUAN

KOMPENSASI DAYA REAKTIF PADA TRANSMISI DENGAN MENGGUNAKAN METODE *IMPROVING STRENGHT PARETO EVOLUTIONARY ALGORITHM (SPEA2)* PADA TRANSMISI 150 KV REGION IV JAWA TIMUR

SKRIPSI

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

Disusun Oleh :
RAHMAT AFANDI
Nim. 01.12.158

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI JURUSAN TEKNIK ELEKTRO STRATA

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

Diperiksa dan Disetujui :

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Ir. Teguh Herbasuki, MT.	**Ir. H. Choirul Saleh, MT.**
NIP.Y. 1038900209	NIP.Y. 1018800190

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

ABSTRAKSI

KOMPENSASI DAYA REAKTIF PADA TRANSMISI DENGAN MENGGUNAKAN METODE *IMPROVING STRENGHT PARETO EVOLUTIONARY ALGORITHM* (SPEA2) PADA TRANSMISI 150 KV REGION IV JAWA TIMUR

(Rahmat Afandi, 01.12.158, Teknik Elektro Energi Listrik S – 1, ITN 2008)
(Dosen Pembimbing I : Bapak Ir. Teguh Herbasuki, MT.)
(Dosen Pembimbing II : Bapak Ir. H. Choirul Saleh, MT.)

Kata Kunci : *Kompensasi Daya Reaktif, Penempatan Kapasitor, Sistem Transmisi 150 kV, Metode SPEA2, Metode Newton Rhapson , Aliran Daya, Profil Tegangan, Rugi – rugi Daya,*

One of the responsible of electrical energy production and distribution is the maintaining of appropriate voltage profil, so that electrical power system operating be walking normally. This matter very important to in striving along with the increasing of requirement of electrics energy for a few time come marked with make-up of burden. In skripsi which I raise represent one of the solution in solving problem the above is compensation of reaktif power in the form of location of optimal capacitor use method Improving Strenght Pareto Evolutionary Algorithm (SPEA2). Is and also used by calculation of power flow with the Newton Raphson method to know change of result of installation of capacitor. By using network data at transmission lines 150 kV Region IV East Java, in obtaining result of installation of capacitor that is at bus 7, 12, 15, 23 with capacitor capacities were 30, 35, 25, 30 MVAR. Increase of tired average pressure profile 3% from every bus which is its tension profile less than 5% (0,95 pu). Power losses of total go down 1,5%

Salah satu tanggung jawab utama bagi produsen energi listrik dan penyalurannya adalah menjaga profil tegangan yang sesuai agar operasi sistem tenaga listrik berjalan secara optimal. Hal ini perlu sekali di upayakan seiring dengan meningkatnya kebutuhan energi listrik dari masa kemasa yang ditandai dengan peningkatan beban (konsumen). Dalam skripsi yang saya ajukan ini merupakan salah satu solusi dalam memecahkan masalah tersebut diatas. Adalah kompensasi daya reaktif berupa penempatan kapasitor yang optimal menggunakan metode *Improving Strenght Pareto Evolutionary Algorithm* (SPEA2). Serta digunakan perhitungan aliran daya dengan metode *Newton Raphson* untuk mengetahui perubahan hasil dari pemasangan kapasitor. Dengan menggunakan data jaringan pada saluran transmisi 150 kV Region IV Jawa Timur, di peroleh hasil pemasangan kapasitor yaitu pada bus 7, 12, 15, 23 dengan kapasitas kapasitor masing-masing adalah 30, 35, 25, 30 MVAR. Kenaikan profil tegangan rata-rata mencapai 3% dari tiap-tiap bus yang profil tegangannya kurang dari 5% (0,95 pu). Rugi-rugi daya total turun 1,5%

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan sebaik-baiknya.

Skripsi yang berjudul "**KOMPENSASI DAYA REAKTIF PADA TRANSMISI DENGAN MENGGUNAKAN METODE *IMPROVING STRENGHT PARETO EVOLUTIONAY ALGORITHM* (SPEA2) PADA TRANSMISI 150 KV REGION IV JAWA TIMUR**" tersusun atas bantuan berbagai pihak. Untuk itu penulis menghaturkan terima kasih yang mendalam kepada:

1. Bapak Prof. DR. Ir. Abraham Lomi, MSEE selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. Mochtar Asroni, MSME, selaku Dekan FTI ITN Malang.
3. Bapak Ir. F. Yudi Limpraptono, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Bapak Ir. Teguh Herbasuki, MT. dan Bapak Ir. H. Choirul Saleh, MT selaku Dosen Pembimbing I dan II yang telah memberi motifasi didalam penyelesaian skripsi ini.
5. Bapak Mochamad Srihadi, Ibu Endang, Ibu Sri dan seluruh staf PT. PLN (Persero) P3B Jawa-Bali atas kerja samanya.
6. Keluarga besar Mojokerto, Bapak dan Ibu serta adik yang senantiasa berdoa untuk kesuksesan saya. Tak lupa aku ucapkan terima kasih buat

seseorang yang tercinta Dian Susilowati, karena dia telah membangkitkan semangat perjuanganku hingga mencapai kesuksesan.

7. Rekan Mahasiswa Teknik Elektro Energi Listrik S-1 yang telah membantu atas terselesaikannya skripsi ini. Mereka adalah keluarga besar PUSKOPAD, keluarga besar LOSAWI, keluarga besar KLASEMAN, Deny Setiawan, Hadi Surya.

Dengan bantuan dari semua pihak, penulis berusaha dengan sebaik-baiknya, namun penulis menyadari bahwa kekurangan akan selalu ada dan masih jauh dari kesempurnaan. Maka penulis sangat membutuhkan saran dan kritik dari semua pihak.

Akhir kata, semoga Skripsi bermanfaat bagi penulis sendiri khususnya dan para pembaca pada umumnya.

Malang, Maret 2008

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman :

HALAMAN JUDUL i

LEMBAR PERSETUJUAN ii

ABSTRAKSI iii

KATA PENGANTAR iv

DAFTAR ISI vi

DAFTAR GAMBAR xi

DAFTAR GRAFIK xiv

DAFTAR TABEL xv

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1. Latar Belakang 1

1.2. Rumusan Masalah 2

1.3. Tujuan 3

1.4. Batasan Masalah 3

1.5. Metodologi Penelitian 4

1.6. Sistimatika Pembahasan 4

1.7. Kontribusi Penelitian 6

BAB II SISTEM TENAGA LISTRIK 7

2.1. Sistem Tenaga Listrik 7

2.2. Saluran Transmisi 8

2.2.1. Saluran Transmisi Pendek 9

2.2.2. Saluran Transmisi Menengah 9

2.2.3. Saluran Transmisi Panjang 11

2.3. Konstanta Pada Saluran Transmisi 12

2.3.1. Resistansi 12

2.3.2. Induktansi 12

2.3.3. Kapasitansi 13

2.4. Tegangan Pada Transmisi 13

2.5. Daya Dalam Sistem Tenaga Listrik 14

2.5.1. Daya Nyata 14

2.5.2. Daya Reaktif 14

2.5.3. Daya Semu 15

2.6. Sistem Per-Unit 17

2.6.1. Mengubah Dasar Sistem Per-Unit 18

2.7. Kapasitor *Shunt* 19

2.8. Pengaruh Pemasangan Kapasitor *Shunt* 19

2.8.1. Pengurangan Rugi-rugi Saluran Dengan Kapasitor *Shunt* 20

2.8.2. Perbaikan Tegangan 21

2.8.3. Perbaikan Faktor Daya dan Kenaikan Kapasitas Sistem 22

2.8.4. Perhitungan Pengaruh Perbaikan Faktor Daya 24

2.8.5. Penentuan Rating Kapasitor Untuk Perbaikan Faktor Daya Beban 25

2.9. Pengaruh Daya Reaktif Terhadap Tegangan 27

2.10. Pengaturan Tegangan dan Daya Reaktif 29

2.10.1. Pengaturan Eksitasi Generator 29

2.10.2. Pengaturan Dengan Peralatan Kompensasi Daya Reaktif 31

2.10.2.1. Pengaturan Dengan Kapasitor *Shunt* 31

2.10.2.2. Pengaturan Dengan Reaktor *Shunt* 33

BAB III KOMPENSASI DAYA REAKTIF PADA TRANSMISI DENGAN MENGGUNAKAN METODE *IMPROVING STRENGHT PARETO EVOLUTIONARY ALGORITHM* (SPEA2) 35

3.1. Analisa Aliran Daya 36

3.1.1. Persamaan Aliran Daya Dengan Metode *Newton Rhapson* 37

3.2. Klasifikasi Bus 42

3.3. Genetika Algoritma 44

3.3.1. Istilah-istilah dalam *Genetic Algorithm* 46

3.3.2. Proses *Genetic Algorithm* 49

3.4. Teori Dasar Kompensasi Daya Reaktif Pada Transmisi Dengan Menggunakan Metode *Improving Strenght Pareto Evolutionary Algorithm* (SPEA2) 57

3.4.1. Prinsip Multi Objektif Optimasi 58

3.4.2 Konsep Metode *Improving Strenght Pareto Evolutionary Algorithm* (SPEA2) 59

BAB IV KOMPENSASI DAYA REAKTIF PADA TRANSMISI DENGAN MENGGUNAKAN METODE *IMPROVING STRENGHT PARETO EVOLUTIONARY ALGORITHM* (SPEA2) PADA TRASNMISI 150 KV REGION IV JAWA TIMUR 62

4.1. Program Komputer Kompensasi Daya Reaktif Pada Transmisi Dengan Menggunakan Metode *Improving Strenght Pareto Evolutionary Algorithm* (SPEA2) Pada Trasnmisi 150 kV Region IV Jawa Timur.....62

4.2. Algoritma Program 62

4.2.1. Algoritma Aliran Daya Newton Raphson.....62

4.2.2. Algoritma Pemecahan Masalah.....63

4.2.3. Algoritma Program Kompensasi Daya Reaktif Pada Transmisi Dengan Menggunakan Metode *Improving Strenght Pareto Evolutionary Algorithm* (SPEA2).....64

4.2.4. Algoritma Program Fitness.....66

4.3. Flowchart Program.....67

4.3.1. Flowchart Aliran Daya Newton Raphson.....67

4.3.2. Flowchart Algoritma Pemecahan Masalah.....68

4.3.3. Flowchart Algoritma Program Kompensasi Daya Reaktif Pada Transmisi Dengan Menggunakan Metode *Improving Strenght Pareto Evolutionary Algorithm* (SPEA2).....69

4.3.2.3.Flowchart Algoritma Program Fungsi Objektif.....70

4.4. Sistem Transmisi 150 kV Region IV Jawa Timur.....71

4.4.1. Data Pembangkitan dan Pembebanan 150 kV Region IV Jawa Timur.....74

4.5. Perhitungan Data Saluran Transmisi 150 kV Region IV Jawa Timur....77

4.6. Data Saluran Transmisi 150 kV Region IV Jawa Timur.....78

4.7. Prosedur Pelaksanaan Program Perhitungan.....80

4.8. Hasil dan Analisis Hasil Kompensasi Daya Reaktif Menggunakan Metode *Improving Strenght Pareto Evolutionary Algorithm* (SPEA2)Pada Transmisi 150 kV Region IV Jawa Timur 87

4.8.1. Hasil Perhitungan Kondisi Awal 87

4.8.2. Hasil Perhitungan Setelah Kompensasi 92

4.9. Perbandingan Hasil Perhitungan Kondisi Sebelum dan Setelah Kompensasi Daya Reaktif Dengan Menggunakan Metode *Improving Strenght Pareto Evolutionary Algorithm* (SPEA2) 97

4.9.1. Perbandingan Tingkat Tegangan dan Sudut Tegangan Pada Tiap Bus 98

4.9.2. Perbandingan Tingkat Rugi-rugi Daya Aktif dan Reaktif Pada Saluran Transmisi 100

4.10. Uji Validasi Program 101

4.10.1. Inputan Data Validasi 101

BAB V KESIMPULAN 103

5.1. Kesimpulan 103

5.2. Saran – saran 104

DAFTAR PUSTAKA 105

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Halaman:

Gambar 2.1. Rangkaian Ekivalen Saluran transmisi 8

Gambar 2.2. Rangkaian Setara Saluran Transmisi Pendek 9

Gambar 2.3. Rangkaian Setara Saluran Transmisi Menengah 10

Gambar 2.4. Diagram Skema Saluran Transmisi Panjang..... 11

Gambar 2.5. Representasi Segitiga Daya..... 16

Gambar 2.6. Vektor Arus dan Tegangan Sebelum dan Sesudah Pemasangan Kapasitor Shunt..... 21

Gambar 2.7. Rangkaian Ekivalen dan Vektor Diagram Arus dan Tegangan Sebelum dan Sesudah Pemasangan Kapasitor Shunt..... 22

Gambar 2.8. Perbaikan Faktor Daya..... 23

Gambar 2.9. Perhitungan Pengaruh Perbaikan Faktor Daya 24

Gambar 2.10. Aliran Daya Melalui Saluran Pendek..... 27

Gambar 2.11. Perubahan Tegangan Sebagai Fungsi Aliran Daya Reaktif..... 28

Gambar 2.12. Eksitasi Generator..... 30

Gambar 2.13. Kapasitor Pada Simpul Beban 31

Gambar 2.14. Rangkaian Ekivalen Pemasangan Kapasitor Dalam Bentuk *Thevenin*..... 32

Gambar 2.15. Diagram Kapasitor Sebelum Dihubungkan Dengan Saklar Tertutup..... 32

Gambar 3.1. *Roulette - Wheel*..... 50

Gambar 3.2. Pembentukan Nex Generation Dalam Algoritma Genetika.....53

Gambar 3.3. Ilustrasi Operator Dengan *One Point Crossover*.....54

Gambar 3.4. Ilustrasi Operator Dengan *Two Point Crossover*.....54

Gambar 3.5. Ilustasi Operator Dengan *Uniform Crossover*.....55

Gambar 3.6. Ilustasi Operator Mutasi Untuk Representasi Biner.....56

Gambar 4.1. *Flowchart* Aliran Daya *Newton Raphson*.....67

Gambar 4.2. *Flowchart* Algoritma Pemecahan masalah.....68

Gambar 4.3. *Flowchart* Algoritma Pemecahan Metode *Improving Strenght Pareto Evolutionary Algorithm*.....69

Gambar 4.4. *Flowchart* Algoritma Fungsi Objektif.....70

Gambar 4.5. Diagram Segaris Jaringan Sistem Transmisi 150 Kv Region IV Jawa Timur.....72

Gambar 4.6. Menu Utama Program.....80

Gambar 4.7. Tampilan Data.....80

Gambar 4.8. Tampilan Data Bus.....81

Gambar 4.9. Tampilan Data Saluran.....81

Gambar 4.10. Tampilan Data Generator.....82

Gambar 4.11. Tampilan *Loadflow* Awal.....82

Gambar 4.12. Tampilan Aliran Daya Hasil Perhitungan *Loadflow* Awal.....83

Gambar 4.13. Tampilan *Summary* Pada Kondisi Awal.....83

Gambar 4.14. Tampilan Parameter *Genetica Algorithm*.....84

Gambar 4.15. Tampilan *Loadflow* Akhir.....84

Gambar 4.16. Tampilan Aliran Daya Hasil Perhitungan *Loadflow* Akhir.....85

Gambar 4.17. Tampilan *Summary* Pada Kondisi Akhir 85

Gambar 4.18. Tampilan Perbandingan Tegangan Tiap Bus 86

Gambar 4.19. Tampilan Hasil Penempatan Kapasitor 86

DAFTAR GRAFIK

Halaman:

Grafik 4.1. Hasil Perhitungan Daya yang Dibangkitkan Tiap Unit Pembangkit Pada Kondisi Awal 91

Grafik 4.2. Hasil Perhitungan Daya yang Dibangkitkan Tiap Unit Pembangkit Pada Kondisi Akhir 96

Grafik 4.3. Perbandingan Total Daya Aktif Pembangkitan, Pembebanan dan Rugi-rugi saluran Pada Kondisi Awal dan Akhir 97

Grafik 4.4. Perbandingan Profil Tegangan Untuk Beberapa Bus Yang Mengalami Kenaikan Secara Signifikan 100

Grafik 4.5. Perbandingan Rugi Daya 100

DAFTAR TABEL

Halaman:

Tabel 4.1. Penomoran Bus 150 kV Region IV Jawa Timur 73

Tabel 4.2. Data Pembangkitan dan Pembebanan 150 kV Region IV Jawa Timur 75

Tabel 4.3. Data Saluran Transmisi 150 kV Region IV Jawa Timur 78

Tabel 4.4. Hasil Perhitungan Tegangan, Sudut Teganagan, Pembangkitan dan Pembebanan Pada Kondisi Awal 87

Tabel 4.5. Hasil Perhitungan Aliran Daya Antar Saluran Pada Kondisi Awal.... 89

Tabel 4.6. Total Pembangkitan, Pembebanan dan Rugi-rugi Saluran Pada Kondisi Awal 91

Tabel 4.7. Hasil Perhitungan Daya Yang Dibangkitkan Pada Kondisi Awal..... 91

Tabel 4.8. Hasil Perhitungan Tegangan, Sudut Teganagan, Pembangkitan dan Pembebanan Pada Kondisi Akhir..... 92

Tabel 4.9. Hasil Perhitungan Aliran Daya Antar Saluran Pada Kondisi Akhir... 94

Tabel 4.10. Total Pembangkitan, Pembebanan dan Rugi-rugi Saluran Pada Kondisi Akhir..... 96

Tabel 4.11. Hasil Perhitungan Daya Yang Dibangkitkan Pada Kondisi Akhir.... 96

Tabel 4.12. Perbandingan Total Daya Aktif, Pembangkitan, Pembebanan dan Rugi-rugi Saluran Pada Kondisi Awal dan Kondisi Akhir 97

Tabel 4.13. Perbandingan Tingkat Tegangan dan Sudut Teganagan Pada Tiap Bus..... 98

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dengan meningkatnya usaha di sektor industri dan meningkatnya taraf hidup masyarakat maka kebutuhan akan energi listrik semakin meningkat pula, sehingga diperlukan penyediaan enrgi listrik beserta jaringan dan penyaluran yang handal. Bertambahnya industri – industri menyebabkan peran penggunaan alat – alat listrik akan semakin luas, misalnya motor – motor listrik, trafo, AC, lampu TL, dan lain – lain. Beban industri menimbulkan daya reaktif induktif. Dengan meningkatnya beban – beban induktif, maka daya reaktif induktif yang ada di jaringan transmisi akan semakin besar, sehingga dapat memperbesar komponen rugi – rugi daya dan juga memperburuk profil tegangan pada jaringan transmisi.

Kompensasi daya reaktif berupa penempatan kapasitor yang tepat dalam sistem bisa menghasilkan kondisi optimal, yaitu kondisi dengan rugi-rugi transmisi yang minimum dan mampu memperbaiki profil tegangan sistem. Permasalahan besarnya rugi-rugi daya di saluran transmisi menjadi perhatian utama khususnya pada saluran transmisi 150 kV Region IV Jawa Timur. Alternatif yang sering dipakai untuk memperbaiki kondisi tersebut adalah dengan pemasangan kapasitor pada saluran transmisi.

Pada skripsi ini digunakan metode *Improving Strength Pareto Evolutionary Algorithm* (SPEA2), yang dapat menjadi salah satu alternatif untuk

penempatan kapasitor pada saluran transmisi 150 kV Regiun IV Jawa Timur. Skripsi ini akan membahas penentuan letak dan kapasitas dari kapasitor berdasarkan dua fungsi sasaran yang ingin dicapai yaitu meminimalisasi rugi-rugi daya pada saluran transmisi, serta mengurangi penyimpangan tegangan pada transmisi untuk mendapatkan profil tegangan yang optimal, dengan demikian kualitas sistem tenaga listrik yang baik dapat dicapai.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan yaitu :

- Dimana penempatan dan berapa kapasitas kapasitor pada saluran transmisi 150 kV menggunakan metode *Improving Strength Pareto Evolutionary Algorithm* (SPEA2).
- Bagaimana profil tegangan pada setiap bus setelah dilakukan pemasangan kapasitor.
- Berapa rugi-rugi daya pada saluran transmisi 150 kV setelah penempatan kapasitor menggunakan metode *Improving Strength Pareto Evolutionary Algorithm* (SPEA2).

Berdasarkan pada deskripsi permasalahan dan latar belakang tersebut diatas maka skripsi ini diberi judul :

"KOMPENSASI DAYA REAKTIF PADA TRANSMISI DENGAN MENGGUNAKAN METODE *IMPROVING STRENGTH PARETO EVOLUTIONARY ALGORITHM* (SPEA2) PADA TRANSMISI 150 KV REGION IV JAWA TIMUR"

1.3 Tujuan

Berdasarkan permasalahan yang telah dikemukakan diatas maka skripsi ini bertujuan untuk :

- Menganalisis penempatan dan kapasitas kapasitor, profil tegangan serta rugi daya setelah penempatan kapasitor pada saluran transmisi 150 kV Region IV Jawa Timur menggunakan metode *Improving Strength Pareto Evolutionary Algorithm* (SPEA2).

1.4 Batasan Masalah

Dalam skripsi ini akan dilakukan analisis mengenai penempatan dan kapasitas kapasitor menggunakan metode *Improving Strength Pareto Evolutionary Algorithm* (SPEA2) pada saluran transmisi 150 kV Region IV Jawa Timur. Agar pembahasan mengarah sesuai tujuan, maka pembahasan dalam skripsi ini dibatasi oleh hal-hal sebagai berikut :

- Analisis penempatan kapasitor dan perhitungan kapasitasnya pada saluran transmisi 150 kV Region IV Jawa Timur menggunakan metode *Improving Strength Pareto Evolutionary Algorithm* (SPEA2).
- Tidak membahas kontrol dan proteksi yang digunakan pada kapasitor tersebut.
- Analisa menggunakan program komputer *Borland Delphi 7.0*
- Kapasitor yang digunakan adalah kapasitor *Shunt*
- Tidak membahas penyebab gangguan.

1.5 Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam pembahasan proposal ini dilakukan dengan langkah – langkah sebagai berikut :

- Studi Literatur

  Yaitu kajian pustaka yang mempelajari teori – teori yang terkait melalui literatur yang telah ada, yang berhubungan dengan permasalahan.

- Pengumpulan data lapangan yang dipakai dalam objek penelitian yakni data impedansi saluran transmisi, data pembebanan, data kapasitas kapasitor yang akan digunakan pada saluran transmisi 150 kV Region IV Jawa Timur.

- Analisa perhitungan tegangan, sudut fasa tegangan, aliran daya pada tiap saluran dengan menggunakan metode *Improving Strength Pareto Evolutionary Algorithm* (SPEA2) yang disimulasikan dengan komputer dengan bahasa pemrograman *Borland Delphi* versi 7.0.

- Pengambilan kesimpulan dari hasil analisis.

1.6. Sistematika Pembahasan

Penulisan laporan skripsi ini terdiri atas beberapa bab dan sub bab yang tersusun dengan sistematika sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Berisikan masalah umum mengenai latar belakang penulisan, rumusan masalah, tujuan penulisan skripsi, pembatasan masalah, metodologi pembahasan, sistematika penulisan dan kontribusi penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi antara lain tentang pengenalan sistem tenaga listrik, saluran transmisi, daya dalam sistem tenaga listrik, sistem per-unit, Pengaruh Daya Reaktif Terhadap Tegangan, Pengaturan Tegangan dan Daya Reaktif, perbaikan tegangan, pengaruh perbaikan faktor daya, kenaikan kapasitas sistem.

BABIII KOMPENSASI DAYA REAKTIF PADA TRANSMISI DENGAN MENGGUNAKAN METODE *IMPROVING STRENGTH PARETO EVOLUTIONARY ALGORITHM* (SPEA2)

Berisi tentang aliran daya, aplikasi metode *Improving Strength Pareto Evolutionary Algorithm* (SPEA2).

BAB IV KOMPENSASI DAYA REAKTIF PADA TRANSMISI DENGAN MENGGUNAKAN METODE *IMPROVING STRENGTH PARETO EVOLUTIONARY ALGORITHM* (SPEA2) PADA SALURAN TRANSMISI 150 kV REGION IV JAWA TIMUR.Berisi tentang Program Komputer, Algoritma program dan hasil perhitungan serta analisa data dengan metode *Improving Strength Pareto Evolutionary Algorithm* (SPEA2).

BAB V PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan akhir dan saran.

1.7 Konstribusi Penelitian

Kontribusi dari skripsi ini adalah penggunaan dari metode *Improving Strength Pareto Evolutionary Algorithm* (SPEA2) dalam menganalisa penempatan dan kapasitas kapasitor yang digunakan pada saluran transmisi 150 kV Region IV Jawa Timur sehingga dapat menekan rugi-rugi daya dalam sistem, dan dapat diterapkan bagi PLN sebagai perusahaan penyedian energi listrik di Indonesia.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

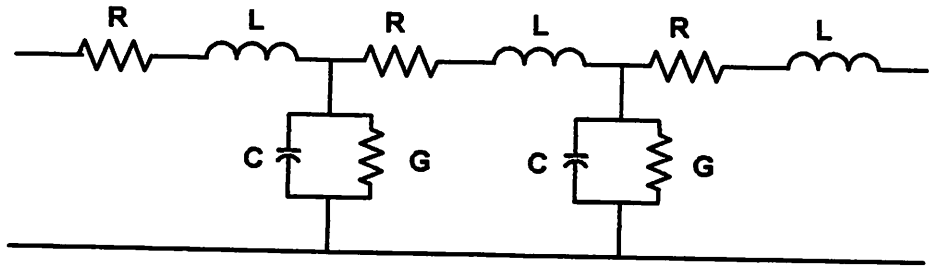
Sistem tenaga listrik terdiri dari tiga bagian utama yaitu sistem pembangkit, sistem transmisi dan sistem beban. Setiap bagian dari sistem tersebut dibagi menjadi beberapa komponen yang saling berhubungan. Sistem pembangkit umumnya terletak jauh dari tempat dimana energi listrik itu digunakan atau pusat – pusat beban (*load centers*). Karena itu, tenaga listrik yang dibangkitkan harus disalurkan melalui kawat – kawat transmisi.

2.1. Sistem Tenaga Listrik

Menurut jenis arusnya dikenal sistem arus bolak – balik (Alternating Current) dan sistem arus searah (Direct Current) . Di dalam sistem AC kenaikan dan penurunan tegangan mudah dilakukan yaitu dengan menggunakan transformator. Itulah sebabnya maka sampai sekarang ini saluran transmisi di dunia sebagian besar adalah saluran AC. Di dalam sistem AC ada sistem satu fasa dan tiga fasa. Di Indonesia sistem yang digunakan adalah sistem tiga fasa karena memiliki banyak kelebihan dibandingkan dengan sistem satu fasa. Kelebihannya yaitu daya yang dibangkitkan lebih besar nilai sesaatnya konstan dan medan putarnya mudah diadakan.

2.2. Saluran Transmisi

Saluran transmisi tenaga listrik mempunyai empat parameter yang mempengaruhi kemampuannya untuk berfungsi sebagai bagian dari suatu sistem tenaga listrik yaitu resistansi, induktansi, kapasitansi dan konduktansi yang dinamakan konstanta saluran (*line konstan*). Keempat parameter saluran tersebut tersebar merata disepanjang saluran transmisi. Nilai – nilai dari parameter tersebut sangat tergantung pada panjang saluran.



Gambar 2.1
Rangkaian ekivalen Saluran transmisi[3]

Untuk mempresentasikan suatu saluran transmisi secara umum kedalam bentuk rangkaian setaranya, resistansi (R) dan induktansi (L) dinyatakan sebagai impedansi seri, sedangkan kapasitansi (C) dan konduktansi (G) dinyatakan sebagai admitansi *shunt* (simpang). Rangkaian ekivalen saluran transmisi secara umum dapat dilihat pada gambar diatas.

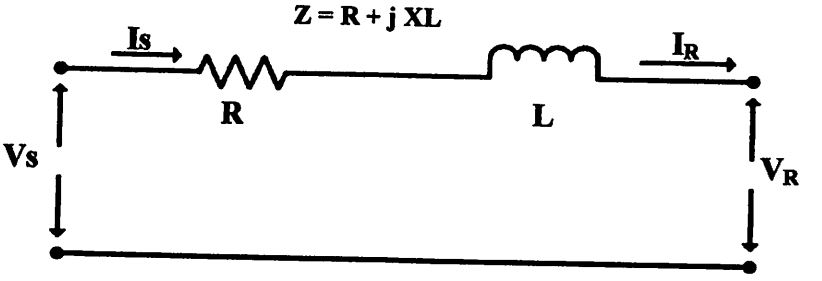
Menurut panjangnya, saluran transmisi dapat dikasifikasikan menjadi 3 golongan, yaitu :

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

3. Saluran transmisi panjang, adalah saluran yang panjangnya > 240 km.

2.2.1. Saluran Transmisi Pendek

Rangkaian ekivalen untuk saluran transmisi pendek diperlihatkan pada gambar 2.2 dimana I_S dan I_R merupakan arus pada ujung pengiriman dan ujung penerimaan. Sedangkan V_S dan V_R adalah tegangan saluran terhadap netral pada ujung pengiriman dan ujung penerimaan.



Gambar 2.2.
Rangkaian Setara Saluran Transmisi Pendek

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

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

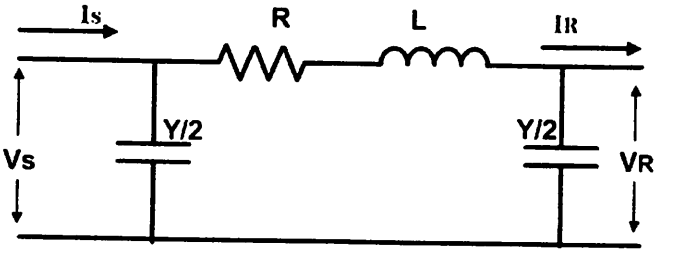
Bila kondisi tegangan pada ujung penerima diketahui, maka tegangan pada ujung sisi kirim adalah :

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

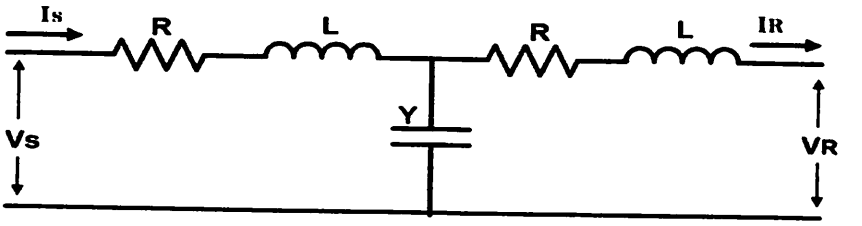
2.2.2. Saluran Transmisi Menengah

Bertambahnya saluran menyebabkan kapasitansi shunt bertambah besar dan tidak dapat diabaikan. Saluran transmisi jarak menengah pada umumnya

digambarkan dengan rangkaian π pada atau rangkaian T, dapat dilihat pada gambar 2.3(a) dan gambar 2.3(b). Dari dua versi ini rangkaian π lebih umum dipakai dari pada rangkaian T.



(a) Rangakaian Ekivalen π



(b) Rangkaian Ekivalen T

Gambar 2.3.
Rangkaian Setara Saluran Transmisi Menengah

Untuk rangkaian π berlaku :

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

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

Untuk rangkaian T berlaku :

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

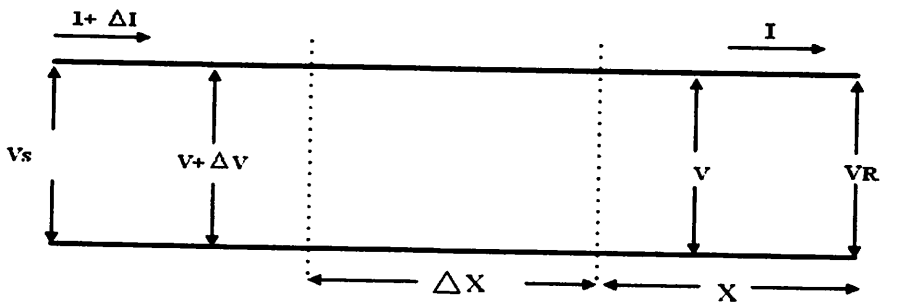
$$I_s = YV_R + \left[\frac{ZY}{2}+1\right]I_R \quad \text{.....(2.6.)}$$

Dimana :

V_S dan I_S	=	Tegangan dan Arus sisi kirim
V_R dan I_R	=	Tegangan dan Arus sisi terima
Z	=	Impedansi seri total saluran transmisi
Y	=	Admitansi shunt total saluran

2.2.3. Saluran Transmisi Panjang

Pada saluran panjang parameter–parameter saluran tidak terpusat menjadi satu, melainkan tersebar merata diseluruh panjang saluran, dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4.
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 :

$V_{(x)} = V_R \cosh \tau x + I_R Z_c \sinh \tau x$ .....(2.9.)

$I_{(x)} = I_R \cosh \tau x + \frac{V_R}{Z_c} \sinh \tau x$ .....(2.10.)

Dimana :

τ = Konstanta rambatan pada saluran $= \sqrt{ZY}$

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

2.3. Konstanta Pada Saluran Transmisi

2.3.1. Resistansi

Resistansi pada sebuah penghantar sebanding dengan panjang kawat dan terbalik dengan luas penampangnya, hal ini dapat dilihat dari persamaan dibawah ini :

$$R = \rho \frac{l}{A} \Omega \quad \text{.....(2.11)}$$

Dimana : R = Resistansi saluran (ohm)

ρ = Resistivitas saluran (ohm-m)

l = Panjang saluran (m)

A = Luas penampang (m^2)

2.3.2. Induktansi

Induktansi rata – rata per fasa adalah :

$$L = 2.10^{-7} \ln \frac{D_{eq}}{D_s} \text{ H/m} \quad \text{.....(2.12)}$$

Dimana : D_{eq} = Jarak rata – rata geometris penghantar

D_δ = Radius rata – rata geometris penghantar

2.3.3. Kapasitansi

Kapasitansi antara dua penghantar pada saluran dua kawat didefinisikan sebagai muatan pada penghantar itu per unit beda potensial diantara keduanya. Akibat beda potensial antara penghantar (konduktor) dapat diambil persamaan sebagai berikut :

$$C = \frac{q}{v} \text{ F/m} \quad \text{.....(2.13)}$$

Dimana : q = Muatan pada saluran (C/m)

V = Beda potensial antara kedua penghantar (Volt)

2.4. Tegangan Transmisi

Untuk daya yang sama, daya guna penyaluran akan naik apabila tegangan transmisi dinaikan. Oleh karena itu, pemilihan tegangan transmisi dilakukan dengan memperhitungkan daya yang disalurkan, jumlah rangkaian, jarak penyaluran, keandalan, biaya peralatan untuk tegangan tertentu, serta tegangan yang sekarang ada dan yang akan direncanakan. Penentuan tegangan juga harus dilihat dari segi standarisasi peralatan yang ada. Penentuan tegangan merupakan bagian dari perencanaan sistem secara keseluruhan.

Di Indonesia, telah menyeragamkan tegangan pada saluran transmisi sebagai berikut :

Tegangan nominal (kv) : 30 – 66 – 150 – 220 – 380 – 500

Tegangan maksimum perlengkapan (kv) : 36 – 72.5 – 170 – 245 – 420 – 525

Tegangan nominal 30 kv hanya diperkenankan untuk daerah asuhan (tertentu) dimana tegangan distrisbusi primer 20 kv tidak diperkenankan.

2.5. 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 yang harus diperhatikan adalah sistem yang tetap konstan, dalam hal ini tegangan dan frekuensi harus tetap konstan karena berhubungan dangan daya. Daya listrik yang di bangkitkan dikenal dengan istilah:

2.2.1. Daya Nyata

Secara umum daya aktif dinyatakan oleh persamaan :

$$P = [\,V\,]\,[\,I\,]\cos\varphi \qquad (2.14)$$

Dimana :

V dan I nilai efektifnya.

P adalah daya rata–rata yang disebut juga daya nyata.

2.5.2. Daya Reaktif (*Reactive power*)

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

Persamaan daya reaktif adalah :

$$Q = [\,V\,]\,[\,I\,]\sin\varphi \qquad (2.15)$$

Dua macam daya reaktif yaitu : daya reaktif induktif (Positif) dan daya reaktif kapasitif (Negatif), 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. Tanpa daya reaktif induktif ini daya tidak dapat ditransfer kesisi sekunder dalam suatu trafo atau melalui celah udara pada motor listrik. Daya reaktif kapasitif adalah daya listrik yang dibutuhkan kapasitor, kapasitansi kawat transmisi tegangan tinggi dan lainnya. Dari uraian diatas daya reaktif ini tidak menghasilkan kerja, tetapi tersimpan dalam bentuk energi magnetis atau energi kapasitif.

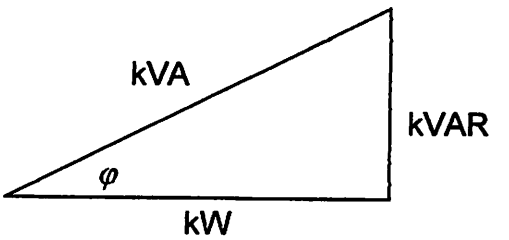
Keseimbangan daya reaktif dalam pembangkitan harus dijaga karena hal ini akan mempengaruhi harga tegangan yang harus dijaga pada batas – batas tertentu dari harga nominalnya. Misalkan pada peralihan dari keadaan beban tinggi ke beban rendah ada suatu kecenderungan tegangan sistem akan naik. Hal ini harus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

2.5.3. Daya Semu (*Apparent power*)

Daya semu merupakan penjumlahan secara vektoris antara daya nyata dan daya reaktif. dirumuskan pada persamaan berikut :

Persamaan daya semu juga dapat ditulis sebagai berikut :

S = |V| |I| ……(VA) ..... (2.16)



Gambar 2.5.
Representasi Segitiga Daya

$$Cos\ \varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \frac{kW}{kVA} \quad \text{.....(2.17.)}$$

Dimana :

Cos φ = Faktor daya

kW = Daya Nyata

kVA = Daya semu

kVAR = Daya reaktif

2.6. Sistem Per-Unit[3]

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

$$\text{Besaran Per-Unit} = \frac{\text{Besaran sebenarnya}}{\text{Besaran dasar}} \quad \text{.....} (2.18)$$

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

- Untuk data 1 phasa dan 3 phasa

Arus dasar

$$I_d = \frac{\text{kVA dasar 1 fasa}}{\text{kV dasar L - N}} \quad \text{.....} (2.19)$$

$$I_d = \frac{\text{kVA dasar 3 fasa}}{\sqrt{3}\ \text{kV dasar L - L}}$$

Impedansi dasar

$$Z_d = \frac{(\text{kV dasar L - N})^2 \times 10^3}{\text{kVA dasar 1 fasa}} \quad \text{.....} (2.20)$$

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

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

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

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 :

$$Z = \frac{\text{Impedansi sebenarnya } Z\,(\Omega)}{\text{Impedansi dasar } Zd(\Omega)} \quad \text{.....(2.21.)}$$

2.2.2. Mengubah Dasar Sistem Per-Unit[3]

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 (2.19.) dan (2.20.) ke dalam persamaan (2.21.) maka diperoleh:

$$Z_u = \frac{(\text{Impedansi sebenarnya}, \Omega) \cdot (\text{MVA dasar})}{(\text{Tegangan dasar, kV})^2} \quad \text{.....(2.22.)}$$

Persamaan (2.22.) 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

Diberikan menjadi impendansi per-unit menurut suatu dasar yang baru, dapat dipakai persamaan berikut:

$$Z_{baru}\,\text{per-unit} = Z_{\text{diberikan}}\,\text{per-unit}\left(\frac{kV_{\text{diberikan}}\,\text{dasar}}{kV_{\text{baru}}\,\text{dasar}}\right)^2 \times \left(\frac{MVA_{\text{baru}}\,\text{dasar}}{MVA_{\text{diberikan}}\,\text{dasar}}\right) \quad \text{..... (2.23.)}$$

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

2.7. Kapasitor Shunt:

Kapasitor shunt adalah kapasitor yang dihubungkan paralel dengan saluran transmisi. Kapasitor shunt mencatu daya reaktif atau arus yang menentang komponen arus beban induktif.

Dengan dipasangnya kapasitor shunt pada jaringan transmisi akan dapat memperbaiki profil tegangan, memperbaiki faktor daya dan menaikkan kapasitas sistem serta dapat mengurangi rugi-rugi saluran. Seperti pada gambar 2-5 menunjukan Kapasitor Shunt Yang terpasang pada saluran

2.8. Pemasangan Kapasitor *Shunt*

Dengan dipasangnya kapasitor shunt pada jaringan transmisi akan dapat memperbaiki profil tegangan, memperbaiki faktor daya dan menaikkan kapasitas sistem serta dapat mengurangi rugi-rugi saluran. Seperti pada gambar 2-5 menunjukan Kapasitor Shunt Yang terpasang pada saluran

Ada dua cara dalam pemasangan kapasitor *shunt* :

- Kapasitor Tetap

- Kapasitor Saklar

a. Kapasitor Tetap

Adalah kapasitor untuk kompensasi daya reaktif yang kapasitasnya tetap dan selalu terpasang dijaringan. Penggunaan kapasitor jenis ini harus memperhatikan kenaikan tegangan yang terjadi pada saat beban ringan agar tidak melebihi tegangan yang ditetapkan

b. Kapasitor Saklar

Adalah kapasitor untuk kompensasi daya reaktif yang dapat dihubungkan dan di lepaskan dari jaringan dan dapat diatur besar kapasitasnya sesuai dengan kondisi beban.

Proses membuka-menutup dari saklar kapasitor shunt dapat dilakukan dengan cara manual maupun dengan cara otomatis. Pengendalian secara manual (Pada lokasi atau lokasi jarak jauh) dapat dilakukan pada G.I.

Untuk pengendalian secara otomatis, temasuk didalamnya peralatan pengendali tegangan, arus dan suhu. Type yang paling populer adalah pengendalian saklar waktu (time-switch control), pengendali tegangan dan pengendali tegangan arus.

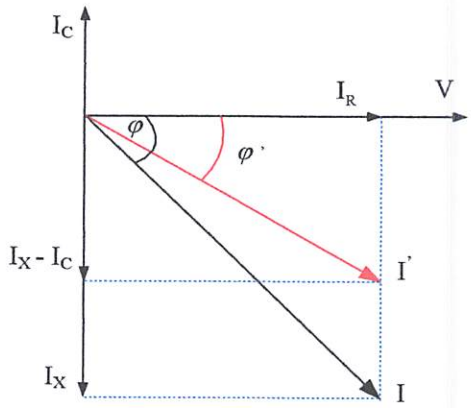
2.8.1. Pengurangan Rugi-Rugi Saluran dengan Kapasitor *Shunt*

Rugi-rugi saluran sebelum ada pengaruh pemasangan kapasitor adalah seperti pada persamaan (2.9) diatas. Sedangkan setelah pemasangan kapasitor, maka sebagian daya reaktif yang dibutuhkan oleh beban akan disuplai oleh

kapasitor tersebut, sehingga arus yang mengalir dijaringan akan lebih kecil. Persamaan rugi daya dan rugi energi setelah pemasangan kapasitor adalah :

$$P_L' = (I \cos \theta)^2 R + (I \sin \theta - Ic)^2 R \quad \text{.....} (2.24)$$

Dalam bentuk diagram vektor adalah :



Gambar 2-6. Vektor arus dan tegangan sebelum dan setelah pemasangan kapasitor [1]

Sehingga pengurangan rugi daya dengan adanya pemasangan kapasitor *shunt* adalah :

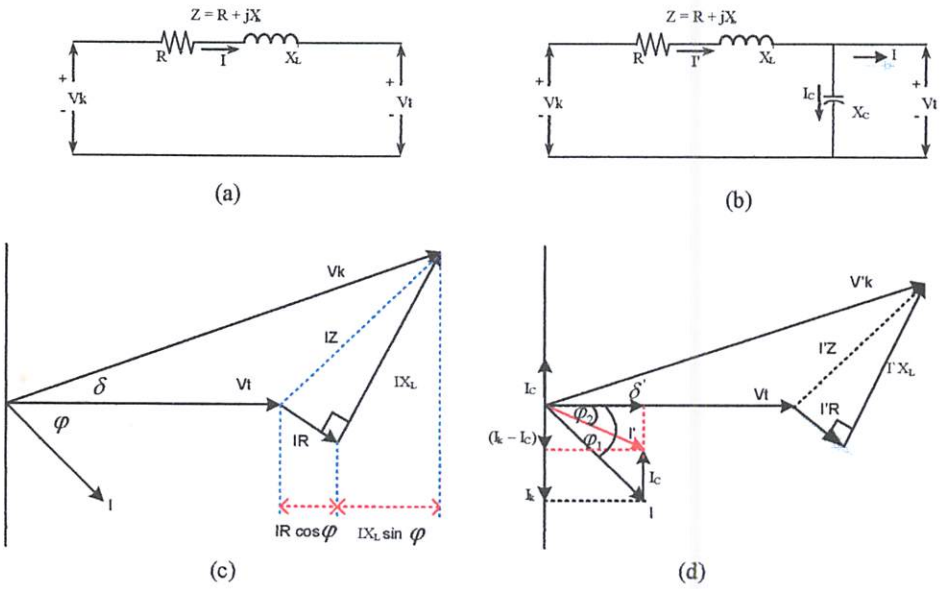
$$\Delta_{pls} = I^2R - I_1^2R$$

$$= (I \cos \theta)^2R + (I \sin \theta)^2R - (I \cos \theta)^2R + (I \sin \theta - Ic)^2R$$

$$= 2\,(I \sin \theta)IcR - Ic^2R \quad \text{.....} (2.25)$$

2.8.2. Perbaikan Tegangan

Pemakaian kapasitor *shunt* dalam sistem tenaga listrik selain untuk perbaikan faktor daya juga bertujuan menaikkan tagangan. Dan secara vektoris dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.7. Diagram vector pada rangkaian dengan pf *lagging*
(a) dan (c) tanpa kapasitor shunt, (b) dan (d) dengan kapasitor *shunt*

Jatuh tegangan pada jaringan dengan pf *lagging* dapat dihitung sebagai berikut :

Sebelum pemasangan kapasitor :

$$\delta V = IR\cos\varphi + IX_L \sin\varphi \quad \text{volt} \quad \ldots\ldots (2.26)$$

Bila kapasitor dipasang pada ujung penerima dari saluran, seperti yang terlihat pada gambar 2-15b, secara pendekatan jatuh tegangannya menjadi :

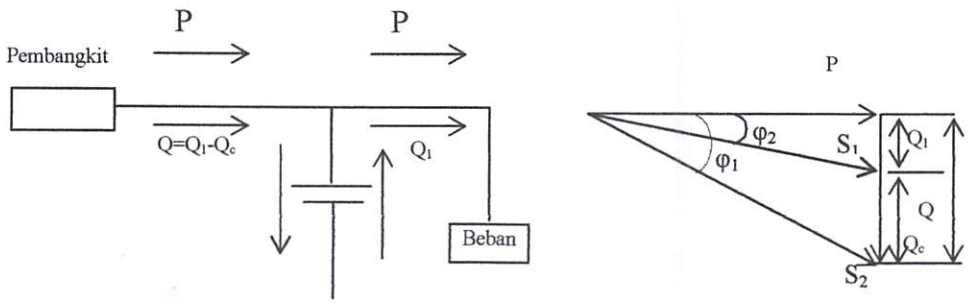
$$\delta V = IR\cos\varphi + (IX_L - I_C)\sin\varphi \quad \text{volt} \quad \ldots\ldots (2.27)$$

2.8.3. Perbaikan Faktor Daya dan Kenaikan Kapasitas Sistem

Manfaat terbesar yang diperoleh perbaikan faktor daya berasal dari pengurangan daya reaktif dalam sistem. Hal ini menghasilkan pengurangan biaya pemakaian daya yang lebih rendah, kenaikan kapasitas sistem, perbaikan tegangan

dan pengurangan rugi-rugi dalam sistem. Satu-satunya jalan untuk memperbaiki faktor daya adalah mengurangi daya reaktif di jaringan, jika komponen arus reaktif dapat dikurangi, maka total arus akan berkurang sedangkan komponen daya aktif tidak berubah, maka faktor daya akan lebih besar sebagai akibat berkurangnya daya reaktif. Faktor daya akan mencapai 100% jika komponen daya reaktif sama dengan nol (0).

Dengan menambah kapasitor, daya reaktif Q akan berkurang, gambar 2.8 menunjukkan perbaikan faktor daya pada sistem, kapasitor mensuplai daya reaktif ke beban.



Gambar 2.8
Perbaikan Faktor Daya

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

$$\text{Cos } \varphi = \frac{P}{S} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.28)$$

Bila suatu kapasitor Qc kVAR dipasang pada beban, faktor daya dapat diperbaiki dari cos φ_1 menjadi cos φ_2 dimana :

$$\text{Cos } \varphi = \frac{P}{S}$$

$$\text{Cos}\ \varphi = \frac{P}{\sqrt{(P^2+Q^2)}}$$

$$\text{Cos}\ \varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2+(Q_1-Q_c)^2}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2.29)$$

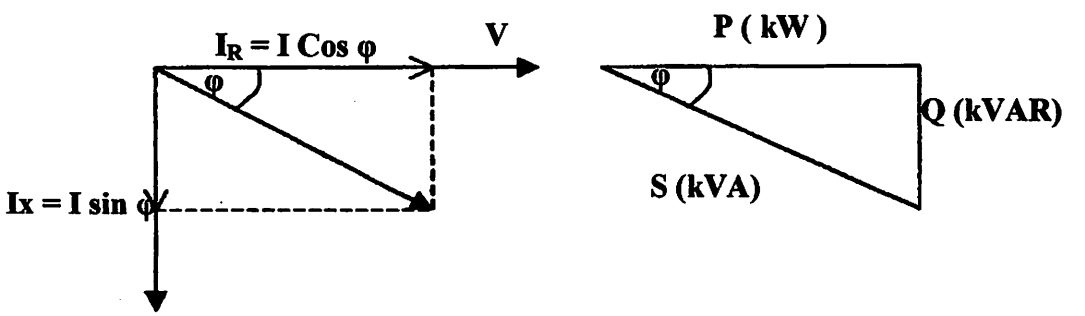
Sehingga daya semu dan daya reaktif berkurang dari S_1 (kVA) ke S_2 (kVA) dari Q_1 (kVAR) ke Q_2 (kVAR) sehingga kapasitas beban akan meningkat. Dengan demikian dapat diambil kesimpulan bahwa presentase pengurangan rugi-rugi daya jaringan dapat dihitung menggunakan rumus berikut :

$$\%\text{Rugidaya}=100\left(\frac{Faktor\ daya\ mula-mula(\cos\varphi_1)}{Faktor\ daya\ baru\ (\cos\varphi_2)}\right)\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2.30)$$

$$\%\ \text{Daya}=100\left(1-\left(\frac{Faktor\ daya\ mula-mula\ (\cos\varphi_1)}{Faktor\ daya\ baru\ (\cos\varphi_2)}\right)^2\right)\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2.31)$$

2.8.4. Perhitungan Pengaruh Perbaikan Faktor Daya

Diagram fasor dari dua komponen arus nyata itu arus aktif dan reaktif dapat dilihat pada gambar 2.9 berikut :



Gambar 2.9
Diagram Fasor Dan Sudut Faktor Daya

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

I = arus semu = $\sqrt{(arus\ aktif)^2 + (arus\ reaktif)^2}$

$$= \sqrt{(I\ Cos\,\varphi)^2 + (I\ Sin\,\varphi)^2} \quad \text{.....(2.32)}$$

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

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

$$(VI) = \sqrt{(VI\cos\varphi)^2 + (VI\sin\varphi)^2} \quad \text{.....(2.33)}$$

Faktor Daya = $\dfrac{Daya\ aktif}{Daya\ semu} = \dfrac{kW}{kVA}$

Daya Aktif = Daya semu x Faktor daya

kW = kVA x Faktor daya

kW = kVA Cos φ

2.8.5. Penentuan Rating Kapasitor untuk Perbaikan Faktor Daya Beban

Dari hubungan fasor diagram daya aktif dan daya reaktif dapat ditulis beberapa persamaan matematis sebagai berikut :

$$Cos\,\varphi = \frac{daya\ aktif}{Daya\ semu} = \frac{(kW)}{(kVA)} \quad \text{.....(2.34)}$$

$$Sin\,\varphi = \frac{Daya\ reaktif}{Daya\ semu} = \frac{(kVAR)}{(kVA)} \quad \text{.....(2.35)}$$

$$Tan\,\varphi = \frac{Daya\ reaktif}{Daya\ aktif} = \frac{(kVAR)}{(kW)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.36)$$

Karena komponen daya aktif biasanya konstan, dan daya semu serta kompnen daya reaktif berubah sesuai dengan faktor daya, maka persamaan ini dapat ditulis sebagai berikut :

Daya reaktif pada faktor daya mula-mula = Daya aktif x Tan φ_1

= (kW) x Tan φ_1

Daya reaktif pada faktor daya baru = Daya aktif x Tan φ_2

= (kW) x Tan φ_2

Dengan φ_1 = sudut dari faktor daya mula-mula

φ_2 = sudut dari faktor daya yang telah diperbaiki

Rating kapasitor yang dibutuhkan perbaikan faktor daya :

Daya reaktif (kVAR) = Daya aktif x tan (φ_1 - φ_2)

(kVAR) = (kW) x tan (φ_1 - φ_2)

Untuk penyederhanaan tan(φ_1 - φ_2) sering ditulis Δ tan, yang merupakan suatu faktor pengali untuk menentukan daya reaktif.

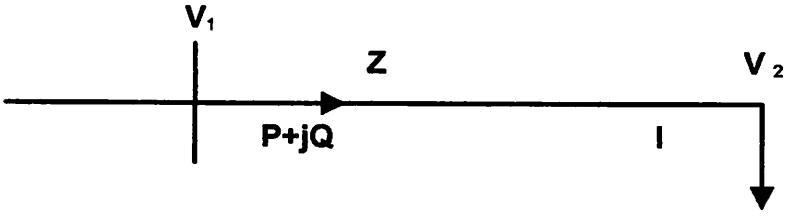
Daya reaktif (kVAR) = Daya aktif x Δ tan

(kVAR) = (kW) x Δ tan

2.9. Pengaruh Daya Reaktif Terhadap Tegangan

Keseimbangan daya reaktif yang dihasilkan dan digunakan harus dapat dipertahankan agar tidak terjadi perubahan tegangan. Bila besaran tegangan ini mengalami perubahan, maka daya reaktif pada simpul tersebut tidak dapat dipertahankan lagi. Ini perlu aliran daya reaktif pada sistem.

Dari gambar 2-9 dibawah ini terlihat bahwa pembangkit memberikan daya sebesar P + jQ ke beban. Misalkan R dianggap jauh lebih kecil dari X, maka resistansi saluran dapat diabaikan. Sehingga impedansi saluran dituliskan Z = jX.



Gambar 2.10
Aliran daya Melalui saluran Pendek

Jatuh tegangan yang terjadi sepanjang saluran disebabkan oleh adanya impedansi sehingga hubungan yang terjadi :

$$V_2 = V_1 - I.Z \quad \text{.....} (2.37)$$

Karena daya yang mengalir pada simpul I adalah P +jQ, maka :

$$I = \frac{p + jQ}{V_1^*}$$

Jika V_1 dipilih sebagai referensi dan dianggap mempunyai sudut nol maka persamaan menjadi :

$$I = \frac{P - jQ}{V_1} \quad \text{.....} (2.38)$$

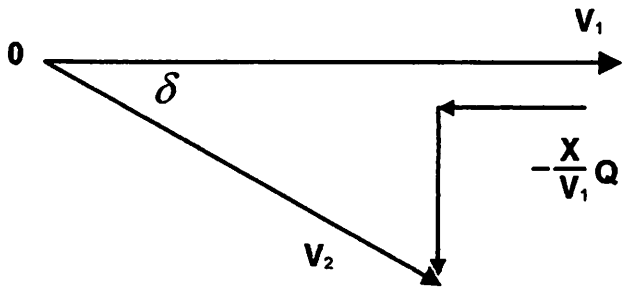
Subtitusi persamaan (2-25) ke persamaan (2-26) diperoleh :

$$V_2 = V_1 - (\frac{P - jQ}{V_1}.Z)$$

$$V_2 = V_1 - (\frac{jXP}{V_1} + \frac{XQ}{V_1})$$

$$V_2 = V_1 - \frac{XQ}{V_1} - j\frac{X}{V_1}P \quad \text{.....} (2.39)$$

Persamaan diatas dapat dilihat dalam bentuk gambar sebagai berikut :



Gambar 2 .11
Perubahan Tegangan Sebagai Fungsi aliran Daya Reaktif

Dari persamaan diatas dapat dijelaskan :

1. Perubahan daya aktif ΔP pada dasarnya hanya mempengaruhi sudut fasa tegangan sedangkan magnitude tegangan hampir tidak berubah.
2. Perubahan daya reaktif ΔQ pada dasarnya hanya mempengaruhi magnitude tegangan [V] dan hampir tidak berpengaruh pada sudut fasa tegangan.

2.10. Pengaturan Tegangan dan Daya Reaktif

Pengaturan tegangan pada dasarnya adalah pengaturan daya reaktif pada saluran dan simpul. Sehingga untuk mempertahankan tegangan didalam batas operasi yang diinginkan perlu keseimbangan daya reaktif pada simpul tersebut.

Sebagaimana diketahui massalah tegangan dapat diakibatkan oleh pelanggaran batas atas maupun batas bawah. Jika terlalu banyak beban daya reaktif induktif (positif), misalnya pada daerah industri,maka tegangan simpul yang terlalu rendah akan jadi masalah. Ini dapat diatasi dengan memasang kapasitor shunt, *Static Var Compensation* dan sebagainya. Sebaliknya pada saat beban ringan karena pengaruh kapasitansi shunt dari saluran transmisi, maka akan ada kelebihan daya reaktif pada saluran sehingga tegangan simpul terlalu tinggi. Hal ini dapat diatasi dengan memasang reaktor shunt.

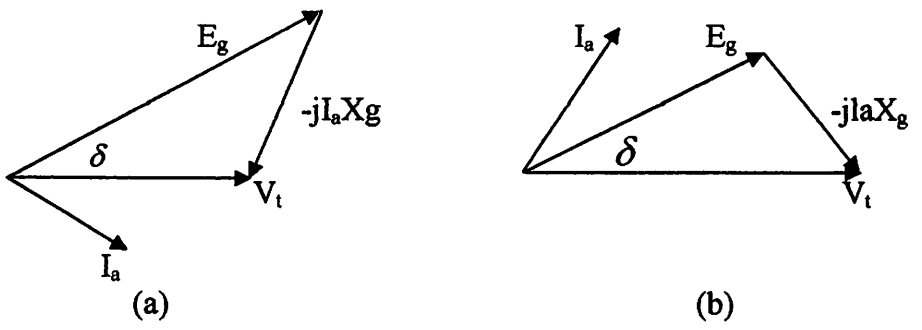
Dengan menginjeksikan daya reaktif kedalam sistem, pengatur – pengatur baik untuk mengatur pembangkitan maupun aliran daya reaktif. Dengan cara ini profil tegangan simpul yang diinginkan dapat diperoleh.

2.10.1 Pengaturan Eksitasi Generator

Pegaturan 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_t relatif konstan meskipun ada perubahan eksitasi generator. Simpul tempat generator itu dihubungkan disebut simpul tak terhingga (*infinitive bus*). Jika masukan daya aktif ke sistem P = $|V_t|$ $|I_a|$ Cos θ konstan dan dengan mengubah – ubah eksitasi untuk mengubah $|E_g|$ yang tinggi dan yang rendah, diagram pashornya dapat dilihat pada gambar dibawah ini. Sudut δ dinamakan sudut daya dari generator, eksitasi yang normal didefinisikan sebagai berikut :

$$|E_g| \text{ Cos } \delta = V_t \quad \text{.....} (2.40)$$



Gambar 2.12
Eksitasi Generator
Sumber : William D. Stevenson 1996, ***"Anlisis sistem Tenaga Listrik,"*** Edisi IV Erlangga

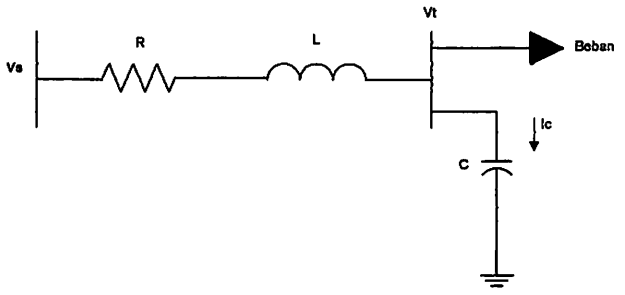
Untuk keadaan pada gambar 2-5 (a) generator terlalu diperkuat (*over ekcited*) dan mencatu arus tertinggal *lagging* ke sistem. Gambar 2-5 (b) adalah generator yang kurang diperkuat (*under ekcited*) yang mencatu arus mendahului (*leading*) ke sistem. Generator ini menyerap daya reaktif dari sistem.

2.10.2. Pengaturan Dengan Peralatan Kompensasi Daya Reaktif

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

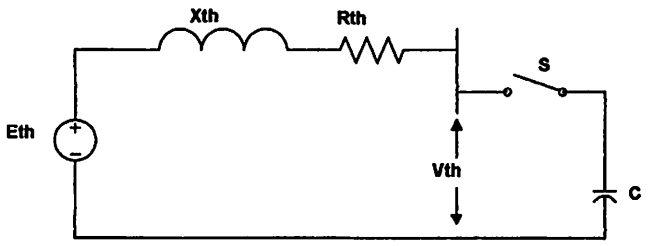
2.10.3. Kapasitor Shunt

Pada dasarnya kapasitor suatu alat untuk mencatu daya reaktif pada titik pemasanganya. Dengan pemasangan kapasitor secara pararel pada sisi terima seperti pada gambar 2-6, jatuh tegangan dan rugi – rugi lain pada saluran berkurang dan tegangan pada titik tersebut akan naik. Kapasitor – kapasitor shunt dapat dihubungkan secara tetap, tetapi sebagai pengatur tegangan dapat juga dihubungkan dan diputuskan dari sistem melalui saklar sesuai dengan perubahaan – perubahan permintaan tegangan dan daya reaktif.



Gambar 2.13
Kapasitor Pada Simpul Beban[5]

Jika pada suatu simpul tertentu dipasang kapasitor, kenaikan tegangan pada simpul dapat ditentukan dengan dalil thevenin.

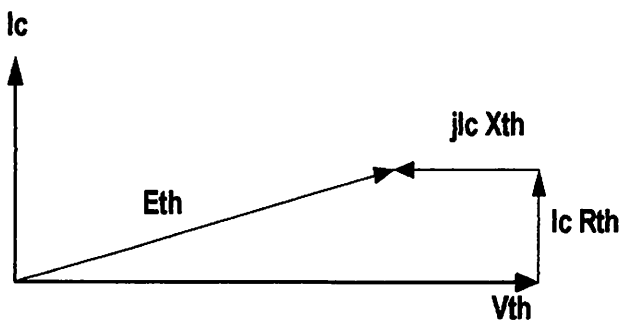


Gambar 2.14
Rangkaian Ekivalen Pemasangan Kapasitor Dalam Bentuk Thevenin

Pada kapasitor belum terhubumg (saklar terbuka), $V_t = E_{th}$. Jika saklar S ditutup maka akan mengalir arus kapasitif sebesar :

$$I_c = \frac{E_{th}}{Z_{th} - jX_c} \quad \text{.....(2.41)}$$

Dagram phasornya diperlihatkan pada gambar 2 – 24, dimana terlihat bahwa kenaikan V_t yang disebabkan oleh penambahan kapasitor hampir sama dengan $j|I_c|X_{th}$.



Gambar 2.15
Diagram Kapasitor Sebelum dihubungkan Dengan saklar tertutup

Untuk menentukan rating VAR dari kapasitor yang dibutuhkan dapat diperoleh dengan memperhitungkan daya reaktif beban

2.10.4. Reaktor Shunt

Pada saluran transmisi panjang pengaruh kapasitansi pada saluran dapat menimbulkan arus pengisian (*line charging*) yang cukup besar. Bila ada pengaturan gejala ini sangat menguntungkan karena saat beban puncak kebutuhan daya reaktif cukup besar, sehingga kebutuhan daya reaktif ini dapat dipenuhi oleh saluran transmisi itu sendiri.

Sebaliknya pada saat beban ringan arus pengisian ini dapat menyebabkan kelebihan daya reaktif pada sistem yang menyebabkan kenaikan tegangan pada saluran transmisi. Untuk menyerap kelebihan daya reaktif kapasitif pada sistem ini dapat digunakan reaktor shunt yang berupa suatu kumparan dan dipasang pararel dengan sistem.

Untuk tujuan mengatur aliran daya reaktif, pada umumnya reaktor ini dikombinasikan dengan kapasitor sehingga kombinasi ini mempunyai kemampuan untuk membangkitkan atau menyerap daya reaktif dari sistem. Dari persamaan saluran transmisi panjang diperoleh :

$$V_s = V_r \cosh \gamma l + I_r Z_c \sinh \gamma l \quad \text{.....(2.42)}$$

Pada beban nol, harga I_r sangat kecil sehingga dapat diabaikan. Dengan demikian persamaan diatas menjadi :

$$V_s = V_{ro} \cosh \gamma l \quad \text{.....(2.43)}$$

Dimana :

V_{ro} = tegangan sisi terima pada sisi nol

$\gamma l = (\alpha + j\beta) l$

Karena arus mengalir pada saluran sangat kecil, maka rugi – rugi daya I^2R dapat diabaikan ($\alpha = 0$), sehingga :

$$V_s = V_{ro} \text{Cosh } \beta l \quad \text{.....} (2.45)$$

Dimana :

$$\beta = \frac{2\lambda}{\lambda} \qquad \lambda = \frac{v}{f} = \frac{1}{f\sqrt{LC}}$$

λ = Panjang gelombang

v = Cepat rambat gelombang

f = Frekuensi gelombang tegangan

Jadi :

$$Vs = Vm \text{ Cosh } (2\lambda f \sqrt{(LC)}\, l) \quad \text{.....} \quad (2.46)$$

Dari persamaan diatas dapat dijelaskan bahwa jika supseptansi kapasitif saluran dikompensasi dengan reaktor shunt, maka harga Cosh $(2\lambda f \sqrt{(LC)}\, l)$ akan naik. Dengan demikian kenaikan tegangan disisi terima dapat dikurangi.

BAB III

KOMPENSASI DAYA REAKTIF PADA TRANSMISI DENGAN MENGGUNAKAN METODE *IMPROVING STRENGTH PARETO EVOLUTIONARY ALGORITHM (SPEA2)*

Dalam penyediaan tenaga listrik bagi para pelanggan, tegangan yang konstan merupakan salah satu syarat utama yang harus dipenuhi. Oleh karena itu masalah pengaturan tegangan merupakan masalah operasi sistem tenaga listrik yang perlu mendapatkan penanganan tersendiri. Pengaturan tegangan erat kaitannya dengan pengaturan daya reaktif dalam sistem.

Sistem tenaga listrik terdiri dari banyak gardu induk maupun pusat listrik. Dalam setiap gardu induk maupun pusat tenaga listrik terdapat simpul (bus). Tegangan dari simpul gardu induk dan tegangan dari simpul di pusat listrik bersama – sama membentuk profil tegangan sistem. Pengaturan tegangan dipengaruhi oleh :

a. Eksitasi generator.
b. Daya reaktif beban.
c. Daya reaktif yang terdapat dalam sistem (selain generator), misalnya dari kondensator dan reaktor.
d. Posisi tap trafo.

Mengatur tegangan pada suatu titik (simpul) dalam sistem akan lebih mudah apabila di titik tersebut ada sumber daya reaktif yang bisa diatur, hal ini

juga merupakan hal yang berbeda dengan pengaturan frekuensi, karena frekuensi dapat diatur dengan mengatur sumber daya nyata dimana saja dalam sistem. Pada skripsi ini hanya dibatasi pada kompensasi daya reaktif menggunakan metode *Improving Strength Pareto Evolutionary Algorithm (SPEA2)* pada saluran transmisi.

3.1. Analisa aliran Daya

Analisa aliran daya perlu dilakukan dalam melayani kebutuhan beban dan pengoperasian sistem tenaga listrik, agar sistem tenaga listrik tersebut dapat di operasikan baik memenuhi persyaratan teknis maupun ekonomis. Didalam analisa daya dilakukan perhitungan tegangan, arus, daya dan daya reaktif yang terdapat dalam berbagai titik pada suatu jaringan tenaga listrik pada keadaan pengoperasian normal, baik yang sedang berjalan maupun yang diharapkan terjadi dimasa yang akan datang. Analisa aliran daya sangat penting dalam perencanaan perkembangan suatu sistem untuk masa yang akan datang.

Tujuan mempelajari analisa aliran daya pada skripsi ini adalah :

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

Di dalam analisa aliran daya terdapat tiga jenis variabel yaitu :

1. Variabel bebas yang diatur, misalnya $|V|$ dan δ pada bus beban atau δ dan Q pada bus generator.
2. Variabel tidak bebas (yang mengatur) misalnya P dan $|V|$ pada bus generator.
3. Variabel yang tidak dapat diatur (parameter tetap), misalnya kebutuhan konsumen.

3.1.1. Persamaan Aliran daya Dengan Metode Newton – Rhapson

Dalam menyelesaikan persamaan aliran daya metode yang umum digunakan adalah Newton – Rhapson karena metode ini mempunyai waktu hitung yang lebih cepat dalam mencapai konvergensi atau membutuhkan jumlah iterasi yang lebih sedikit bila dibandingkan dengan metode lain. Penyelesaian aliran daya dengan menggunakan metode *Newton – Rhapson* dibentuk berdasarkan matriks admitsnsi simpul (Y_{bus}) yang mana admitansi simpul dibuat dengan prosedur yang langsung dan sederhana.

Dengan membalikkan matrik impedansi rel Y_{bus} dan menamakan matriks yang dihasilkan matrik impedansi rel Z_{bus}. Menurut definisi :

$$Z_{bus} = Y_{bus}^{-1} \quad (3.1)$$

Untuk dapat memahami pentingnya bermacam – macam impedansi pada matriks tersebut secara fisik, kita akan membandingkan dengan admitansi simpul. Hal ini dapat kita lakukan dengan melihat persamaan pada suatu simpul tertentu.

$$I = Y_{bus} V \quad (3.2)$$

Dari simpul 2 dari tiga simpul yang berdiri bebas, kita mempunyai

$I_2 = Y_{21}V_1 + Y_{22}V_2 + Y_{23}V_3$ .....(3.3)

Admitansi sendiri pada simpul 2 adalah

$$Y_{22} = \frac{I_2}{V_2}\Big|_{V_1=V_3=0} \quad \text{.....(3.4)}$$

Secara sistematis persamaan aliran daya metode Newton – Rhapson dapat menggunakan koordinat rectanguler, koordinat polar atau bentuk hibrid (gabungan antara bentuk komplek dengan bentuk polar). Dalam pembahasan ini digunakan bentuk polar.

Hubungan antara simpul I_p dan tegangan simpul V_q pada suatu jarinagn dengan n simpul dapat ditulis :

$$I_p = \sum_{q=1}^{n} Y_{pq}V_q \quad \text{.....(3.5)}$$

Injeksi daya pada simpul p adalah :

$$S_p = P_p + jQ_p = V_p I_p^* \quad \text{.....(3.6)}$$

$$= V_p \sum_{q=1}^{n} Y_{pq}^* V_q^* \quad \text{.....(3.7)}$$

Penyalesaian aliran daya Newton – Rhapson menggunakan persamaan bentuk polar adalah :

$$V_p = |V_p| e^{j\delta p}$$

$$V_p^* = |V_p| e^{-j\delta p} \quad Q_p = \sum_{q=1}^{n} |V_p V_q V_{pq}| Sin(\delta_p - \delta_q - \theta_{pq})$$

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

Maka persamaan injeksi daya pada simpul P dapat ditulis :

$$P_p + jQ_p = \sum_{q=1}^{n} |V_p V_q Y_{pq}| e^{(\delta p - \delta q - \delta pq)} \quad \text{.....(3.8)}$$

Selanjutnya daya nyata dan daya reaktif dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$P_p = \sum_{q=1}^{n} |V_p V_q V_{pq}| Cos(\delta_p - \delta_q - \theta_{pq}) \quad \text{.....(3.9)}$$

$$Q_p = \sum_{q=1}^{n} |V_p V_q V_{pq}| Sin(\delta_p - \delta_q - \theta_{pq}) \quad \text{.....(3.10)}$$

Persamaan diatas akan menghasilkan suatu kumpulan persamaan serempak (simultan) yang tidak linear untuk setiap sistem tenaga listrik. Untuk magnitude tegangan $|V|$ dan sudut phasa (δ) disetiap simpul dapat selesaikan dengan persamaan aliran daya (3.9) dan (3.10) yang dilinearkan dengan metode Newton – Rhapson seperti persamaan dibawah ini :

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

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H & N \\ M & L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |V| \end{bmatrix} \quad \text{.....(3.11)}$$

Dimana:

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

ΔQ = Selisih injeksi daya reaktif dengan penjumlahan aliran daya reaktif tiap transmisi yang menghubungkan simpul dengan $|V|$ yang didapat dari perhitungan iterasi ke-k.

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

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

H, L, M, N adalah elemen – elemen off-diagonal dan dari sub-matriks Jacobian yang dibentuk dengan mendiferensialkan persamaan – persamaan (3.9) dan (3.10), dimana :

$$H_{pq} = \frac{\partial P_p}{\partial \delta_q}\ ; \qquad N_{pq} = \frac{\partial P_p}{\partial |V_q|}\ ; \qquad M_{pq} = \frac{\partial P_p}{\partial \delta q}; \qquad L_{pq} = \frac{\partial Q_p}{\partial |V_q|}$$

Rumus dari elemen matriks Jacobian adalah :

Untuk H adalah :

$$\frac{\partial P_p}{\partial \delta_q} = |V_p V_q Y_{pq}| Sin(\delta_p - \delta_q - \theta_{pq}) \qquad q \neq p$$

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

Untuk N adalah

$$\frac{\partial P_p}{\partial |V_q|} = |V_p V_{pq}| Cos(\delta_p - \delta_q - \theta_{pq}) \qquad q \neq p$$

$$\frac{\partial P_p}{\partial |V_p|} = 2|V_p V_{pq}| Cos\theta_{pp} + \sum_{q=1}^{n} |V_p V_q Y_{pq}| Cos(\delta_p - \delta_q - \theta_{pq})$$

Untuk M adalah :

$$\frac{\partial Q_p}{\partial \delta_q} = |V_p V_q V_{pq}| Cos(\delta_p - \delta_q - \theta_{pq}) \qquad q \neq p$$

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

Untuk L adalah

$$\frac{\partial Q_p}{\partial |V_q|} = |V_p Y_{pq}| Sin(\delta_p - \delta_q - \theta_{pq}) \qquad q \neq p$$

$$\frac{\partial P_p}{\partial |V_p|} = 2|V_p V_{pq}| Sin\theta_{pp} + \sum_{q=1}^{n} |V_p V_q Y_{pq}| Cos(\delta_p - \delta_q - \theta_{pq})$$

Untuk selisih daya, maka pertama ditentukan harga awal dari tegangan simpul dan sudut fasanya. Kemudian daya aktif dan daya reaktif dihitung dengan menggunakan persamaan (3.9) dan (3.10). Selisih daya antara daya yang telah ditentukan dengan daya hasil perhitungan ini merupakan perubahan daya yang terjadi pada simpul.

$$\Delta p = -P_G + P_L - P_P \qquad (3.12)$$

$$\Delta Q = -Q_G + Q_L - Q_p \qquad (3.13)$$

Magnitude tegangan dan sudut fasa yang diasumsikan ($|V_p|$ dan δ_p) serta selisih daya yang dihitung (ΔP_p dan ΔQ_p) digunakan untuk memperoleh elemen elemen matriks Jacobian. Persamaan (3.11) digunakan untuk menghitung

vektor koreksi magnitude tegangan ($\Delta|V|$)dan sudut fasa tegangan ($\Delta\delta$) 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 aktif (ΔP) dan daya reaktif (ΔQ) antara yang dijadwalkan dan yang dihitung untuk semua simpul mendekati nilai toleransi atau proses perhitungan iterasi mencapai konvergen.

3.2. Klasifikasi Bus

Tujuan analisa daya pada sistem tenaga listrik adalah untuk menghitung besar magnitude tegangan $|V|$ dan sudut fasa tegangan δ pada semua bus, sehinggga dengan diketahuinya parameter – parameter tersebut akan dapat dihitung besar daya yang mengalir pada saluran transmisi beserta rugi – ruginya.

Pada setiap bus pada jaringan terdapat parameter – parameter sebagai berikut :

- Injeksi netto daya nyata, dinyatakan dangan P satuanya Megawatt (MW).
- Injeksi netto daya reaktif, dinyatakan dengan Q satuanya Mega Volt Ampere Reaktif (MVAR).
- Besar magnitude tegangan mempunyai simbol $|V|$ dengan satuan kiloVolt (kV).
- Sudut fasa tegangan mempunyai simbol δ dengan satuan radian.

Dengan analisa aliran daya, pada setiap bus perlu diketahui dua parameter dari keseluruhan empat parameter yang diperhitungkan. Dengan melihat kedua parameter yang diketahui, setiap bus diklasifikasikan menjadi 3 yaitu :

1. Bus Beban (*load bus*)

   Daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) diketahui dimana pada bus ini hanya terdapat kebutuhan daya untuk beban, sementara $|V|$ dan δ berubah – ubah sesuai kebutuhan.

2. Bus Generator

   Bus ini hanya terdapat daya pembangkitan dimana tegangan 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. Harga daya reaktif Q mempunyai nilai – nilai yang bervariasi tetapi masih dalam batas – batas tertentu. Dalam perhitungan iterasinya, bila nilai – nilai Q kembali memenuhi batas – batas yang ditentukan maka bus tersebut diubah kembali menjadi bus generator.

3. Bus Slack

   Pada sistem tenaga listrik jumlah daya yang dibangkitkan harus sama dengan jumlah daya permintaan ditambah kerugian pada saluran transmisi. Jika kerugian transmisi belum dapat ditentukan sebelumnya, maka jumlah daya pembangkit belum dapat ditentukan. Oleh karena itu digunakan metode dimana salah satu bus generator dipakai untuk memenuhi tiap daya tambahan seesuai dengan kebutuhan diluar parameter yang ditentukan untuk bus – bus generator

lainya guna mengimbangi beban sistem ditambah kerugian saluran transmisi. Hal ini diberikan karena kerugian daya pada saluran transmisi baru bisa ditentukan setelah proses perhitungan pada bus – bus selesai dilakukan. Pada bus slack ini tegangan $|V|$ dan sudut fasa δ sudah ditentukan besarnya, sementara daya aktif P dan daya reaktif Q dihitung. Sedangkan sudut fasa tegangan berharga nol, karena pada bus ini phasor tegangan dari bus dipakai sebagai referensi.

3.3. Algoritma Genetika

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

Algortima Genetika ditemukan oleh John Holland pada awal tahun 1970 yang dilandasi oleh sifat-sifat evolusi alam. Holland percaya bahwa ini sangat cocok digabungkan dalam sebuah algoritma komputer, menghasilkan sebuah teknik penyelesaian untuk permasalahan-permasalahan yang sulit dengan langkah alami yaitu melalui evolusi. John Holland mulai bekerja dengan algoritma yang dibentuk dari string-string biner 1 dan 0 yang disebut *kromosom*. Seperti halnya alam, algoritma ini menyelesaikan permasalahan-permasalahan dengan

menemukan kromosom-kromosom yang baik dengan memanipulasi materi dan sifat *(gene)* kromosom-kromosom. Algoritma ini tidak mengetahui type permasalahan yang akan diselesaikan. Hanya informasi yang telah diberikan dari *eveluasi* berupa nilai fitness setiap kromosom dengan nilai fitness terbaik yang bertahan hidup dan selalu diproduksi.

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

Algortima Genetika memiliki empat dasar kerja yaitu :

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

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

3.3.1. Istilah-Istilah Algoritma Genetika

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

Tabel 3-1. Istilah Yang Digunakan Dalam Algoritma Genetika

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

Terdapat beberapa parameter yang digunakan dalam Algortima Genetika. Parameter tersebut digunakan untuk melihat kompleksitas dari Algortima Genetika. Parameter yang digunakan tersebut adalah :

- **Jumlah Generasi (MAXGEN)**

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

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

- **Ukuran Populasi (POPSIZE)**

Ukuran populasi mempengaruhi kinerja dan efektifitas dari Algoritma Genetika. Jika ukuran populasi kecil maka populasi tidak menyediakan cukup materi untuk mencakup ruang permasalah, sehingga pada umumnya kinerja Algoritma Genetika menjadi buruk. Dalam hal ini dibutuhkan ruang yang lebih besar untuk mempersentasikan keseluruhan ruang permasalahan. Selain itu penggunaan populasi yang besar dapat mencegah terjasinya konvergensi pada wilayah local. Zbigniew Michalewics (1996) berpendapat banyak aplikasi Algortima Genetika mempergunakan populasi pada range 50-100.

- **Probabilitas Crossover (Pc)**

Probabilitas crossover ini digunakan untuk mengendalikan frekuensi operator crossover. Dalam ha ini, dalam populasi terdapat *Pc x POPSIZE* struktur (individu) yang melakukan pindah silang. Semakin besar nilai probabilitas crossover maka semakin cepat struktur baru yang diperkenalkan dalam populasi. Namun jika probabilitas crossover terlalu besar maka struktur dengan nilai fungsi obyektif yang baik dapat hilang dengan lebih cepat dari seleksi. Sebaliknya jika

probabilitas terlalu kecil akan menghalangi proses pencarian dalam proses Algoritma Genetika. Zbigniew Michalewics (1996) berpendapat banyak aplikasi Algortima Genetika mempergunakan angka probabilitas crossover pada range 0.65 – 1.

- **Probabilitas Mutasi *(Pm)***

Mutasi digunakan untuk meningkatkan variasi populasi digunakan untuk menentukan tingkat mutasi yang terjadi, karena frekuensi terjadinya mutasi tersebut menjadi *Pm x POPSIZE x N*, dimana N adalah panjang struktur / gen dalam satu individu. Probabilitas mutasi yang rendah akan menyebabkan gen-gen yang berpotensi tidak dicoba. Dan sebaliknya, tingkat mutasi yang tinggi aka menyebabkan keturunan akan semakin mirip dengan induknya. Dalam Algoritma Genetika, mutasi menjalankan aturan penting yaitu :

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

Zbigniew Michalewics (1996) berpendapat banyak aplikasi Algortima Genetika mempergunakan anka probabilitas mutasi pada daerah range 0.001 – 0.01.

- **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.

3.3.2. Proses Algoritma Genetika

Sangat perlu untuk mengetahui proses dalam Algortima Genetika. Dibawah ini akan diuraikan mengenai hal itu, dimana uraian ini merupakan penjabaran dari Algortima Genetika seperti penjelasan pada bagian berikutnya.

A. Pengkodean atau Representasi

Langkah pertama kali yang dilakukan dalam penggunaan Algortima Genetika adalah melakukan pengkopdean atau representasi terhadap permasalahan yang akan dilakukan.

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

(scheduling), *variable element list* (untuk semi konduktor layout), dan even *LISP S-expressions.*

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

B. Fungsi *Fitness* (Fungsi Evaluasi)

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

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

Permasalahan klasik dalam Algoritma Genetika adalah beberapa kromosom dengan nilai *fitness* yang tinggi (tetap bukan nilai optimum) mendominasi populasi dan mengakibatkan Algoritma Genetika konvergen pada lokal optimum. Ketika mencapai konvergen, kemampuan Algortima Genetika untuk mencari solusi yang lebih baik menghilang. Tukar silang antara kromosom

induk yang hampir identik. Dalam hal ini hanya operasi mutasi yang mampu menghasilkan kromosom yang relatif baru dan merupakan cara untuk menghindari kromosom tertentu mendominasi populasi.

C. Seleksi

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

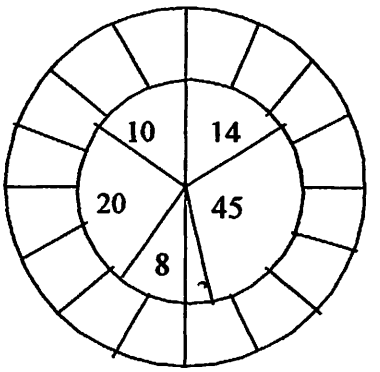
➢ Roulette Wheel Selection

Dimana setiap individual memiliki harga fitness sehingga didapatkan probabilitas individual $\left(f(t)/\sum f(t)\right)$ tersebut dicopykan pada populasi yang baru. Untuk individual yang memiliki probabilitas 20% untuk jumlah populasi 10 maka kemungkinan individual tersebut dapat terpilih sebanyak dua kali. Illustrasi kerja operator ini dapat digambarkan seperti pada gambar 3.1.

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

1. Menjumlahkan fitness dari seluruh anggota populasi.

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



Gambar 3.1. Roulette–Wheel[6]

➢ **Rank Selection**

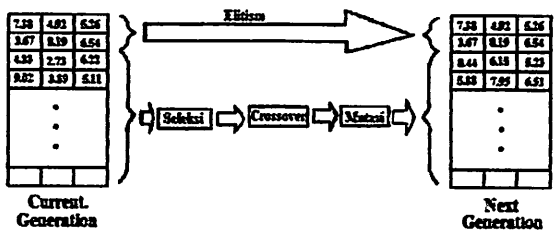
Apabila fitness yang dimiliki oleh suatu kromosom dalam populasi berbeda terlalu jauh dari kromosom lainnya maka hal ini dapat menjadi permasalahan. Misalnya bila kromosom terbaik mempunyai fitness yang menyebabkan besarnya tempat yang dimilikinya dalam *roulette wheel* sebesar 90% maka kromosom-kromosom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

Rank selection pertama kali merangking populasi dan kemudian setiap kromosom diberi nilai fitness baru berdasarkan hasil rangking tersebut. Yang pertama akan mempunyai *fitness* 1, yang kedua akan mempunyai fitness 2 dan

seterusnya sampai yang terakhir akan mempunyai *fitness* N. Dengan demikian semua kromosom akan mempunyai peluang untuk diseleksi..

D. Elitism

Selama membuat populasi baru dengan crossover dan mutasi, kemungkinan akan terjadi kehilangan kromosom terbaik (*best/few best*). Elitism adalah metode yang pertama kali meng-copy-kan kromosom terbaik (*best/few best)* kedalam populasi baru. Sisanya dikerjakan dengan cara biasa, yaitu melalui seleksi, *crossover* dan mutasi. Elitism dapat secara cepat meningkatkan performansidari Algoritma Genetika karena *elitism* menghindarkan hilangnya hilangnya solusi terbaik *(best / few best)* yang telah ditemukan. Illustrasi kerja operator ini dapat digambarkan seperti pada gambar 3.3.



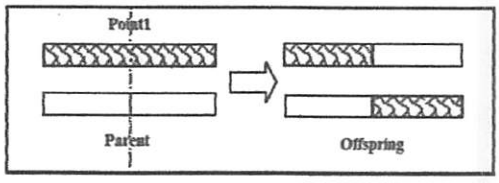
Gambar 3.2. Pembentukan *Next Generation* dalam Algoritma Genetika[6]

E. Crossover (Pindah Silang)

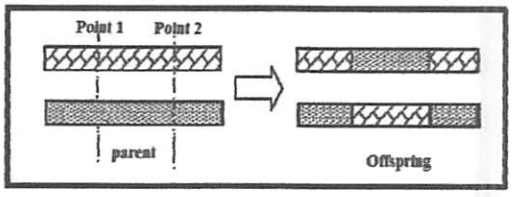
Fungsi dari *crossover* adalah menghasilkan kromosom anak dari kombinasi materi-msteri gen dua kromosom induk. Cara kerjanya dengan membangkitkan sebuah nilai random r_k dimana k = 1,2,...,*POPSIZE*. Probabilitas

crossover (Pc) ditentukan dan digunakan untukmengendalikan frekuensi operator *crossover*. Apabila nilai $r_k < P_c$ maka kromosom ke-k terpilih untuk mengalami *crossover*. *Crossover* yang paling sederhana adalah *one point crossover*. Posisi titik persilangan (point) ditentukan secara random pada range satu sampai panjang kromosom. Kemudian nilai *offspring* diambil dari dua parent tersebut dengan batas titik persilangan tersebut. Illustrasi kerja operator ini digambarkan seperti pada gambar 3.4.

Kemudian ditingkatkan lagi dengan menggunakan *two point crossover*. Penentuan posisi titik persilangan sama seperti sama seperti *one point crossover* sebelumnya. Pemilihan secara random dilakukan 2 kali. Kemudian nilai *offspring* diambil dari dua parent tersebut dengan batas dua titik persilangan tersebut. Illustrasi kerja operator ini digambarkan seperti pada gambar 3.5.



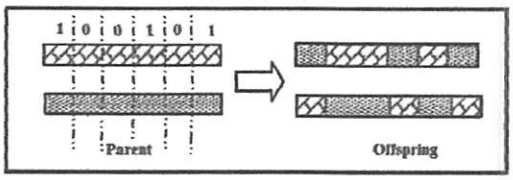
Gambar 3.3. Illustrasi operator dengan *One Point Crossover*[6]



Gambar 3.4. Illustrasi operator dengan *Two Point Crossover*[6]

Untuk *crossover* uniform dibangkitkan suatu nilai random 0 dan 1 sepanjang jumlah kromosom untuk nilai loci. Jika nilai yang dibangkitkan

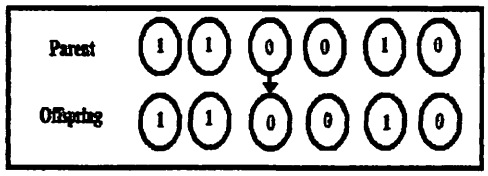
mempunyai nilai 1 maka *allele* parent 2 dan offspring 2 untuk loci tersebut diambil dari *allele* parent 1 dan offspring 2 untuk loci tersebut diambil dari allele parent 2. Illustrasi kerja operator ini digambarkan seperti pada gambar 3.6.



Gambar 3.5. Illustrasi operator *crossover* dengan *uniform crossover*[6]

F. 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 kerja operator untuk representasi string biner digambarkan pada gambar 3.7. Untuk bentuk representasi integer atau floating point, atau selain string biner, seperti gambar 3.8, proses mutasi terjadi apabila nilai $r_k < P_m$ memenuhi maka gen ke-k digantikan oleh suatu nilai random yang dibangkitkan pada range tertentu sesuai dengan pembentukan populasi awal.



Gambar 3.6. Illustrasi operator mutasi untuk representasi string biner[6]

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

Fungsi dari operator mutasi adalah untuk menghindari agar solusi masalahan yang diperoleh bukan merupakan solusi optimum lokal. Seperti halnya pada operator *crossover*, tipe dan implementasi dari operator mutasi bergantung pada jenis pengkodean dan permasalahan yang dihadapi. Seberapa sering mutasi dilakukan dinyatakan dengan suatu probabilitas mutasi, Prm. Posisi elemen pada kromosom yang akan mutasi ditentukan secara random. Mutasi dikerjakan dengan cara melakukan perubahan pada elemen tersebut.

3.4. Teori Dasar Kompensasi Daya Reaktif Pada Transmisi Dengan Menggunakan Metode *Improving Strength Pareto Evolutionary Algorithm (SPEA2).*

Sebuah pendekatan berdasarkan pada metode SPEA2 (*Improving Strenght Pareto Evolutionary Algorithm*) diaplikasikan ke masalah multi objektif reaktif dispatch pada jaringan listrik termasuk pada saluran transmisi.

Masalah pada skripsi ini telah dirumuskan dengan dua fungsi objektif, solusi masalah multi objektif tersebut adalah dengan meminimalisasi dua fungsi objektif yang terdiri dari:

1. Rugi-rugi Daya Nyata Pada Transmisi

$$F_1 = \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N} V_i V_j Y_{Nij} \cos(\alpha_i - \alpha_j - \theta_{Nij})$$

Keterangan :

Y_{ij} = Admitansi i-j saluran transmisi.

V_i = Tegangan pada bus i.

V_j = Tegangan pada bus j.

N_L = Jumlah saluran transmisi pada jaringan listrik.

2. Penyimpangan Tegangan

$$F_2 = \sum_{i=1}^{N_C} (V_i - V_i^{ref})$$

Dari ketiga rumusan masalah diatas kemudian dibatasi oleh batas atas dan batas bawah sebagai berikut:

Batasan untuk Rugi-rugi daya aktif pada transmisi adalah positif

$F_1 > 0$

Tegangan dan produksi daya reaktif pada bus beban dibatasi oleh batas atas dan batas bawah:

$$F_2 = \quad V_i^{\min} \le V_i \le V_i^{\max}$$

$$Q_{ci}^{\min} \le Q_{ci} \le Q_{ci}^{\max}$$

3.4.1. Prinsip Multi Objektif Optimasi

Pada umumnya, masalah multi objektif optimization dirumuskan sebagai berikut:

$$\begin{cases} Minimize\ f(x) = \left(f_1(x), f_2(x), \ldots, f_{Nobj}(x)\right) \\ Under: \\ g_j(x) = 0 & j = 1, \ldots, M \\ h_k & k = 1, \ldots, K \end{cases} \qquad (8)$$

Keterangan:

N_{obj} : Jumlah/nomor objektif

M,K : Angka-angka batasan persamaan dan pertidaksamaan, berturut-turut.

X : Vektor keputusan.

Adapun dua solusi x_1 dan x_2 yang mempunyai salah satu dari dua kemungkinan: satu tutup atau mendominasi lainnya atau tidak ada yang mendominasi lainnya.

Pada masalah *Minimization*, tanpa rugi-rugi keadaan umum, solusi x_1 mendominasi x_2 jika kedua kondisi berikut mencukupi :

$$\begin{cases} \forall i \in \{1,2,\ldots,N_{obj}\} & f_i(x_1) \le f_i(x_2) \\ \exists j \in \{1,2,\ldots,N_{obj}\} & f_i(x_1) \prec f_i(x_2) \end{cases} \qquad (9)$$

X_f diset solusi mungkin, i.e. $X_f = \{x \in X \mid g(x) = 0 \text{ et } h(x) \le 0\}$.

Dimana $g(x) = (g_1(x), g_2(x),\ldots,g_M(x))^T$ dan $h(x) = (h_1(x), h_2(x),\ldots,h_K(x))^T$.

Vektor keputusan $x \in X_f$ adalah non-dominasi yang diutamakan untuk men-set $A \subset X_f$, jika dan hanya jika:

$$(\text{non}\,\exists)a \in A \,/\, a \prec x \qquad (10)$$

Mengeset non-dominasi vektor keputusan diketahui sebagai pengesetan optimal Pareto, sedangkan set yang sesui vektor objektif berdasarkan pada optimal Pareto.

Hasil-hasil terlihat bahwa pendekatan yang diusulkan sangat efisien untuk memecahkan masalah multi objektif reaktif dispatch. Solusi-solusi non dominasi yang diperoleh sangat bagus untuk disalurkan dan mempunyai karakteristik keanekaragaman memuaskan.

3.4.2. Metode *SPEA2 (Improving Strength Pareto Evolutionary Algorithm)*

Metode SPEA2 adalah peningkatan dari versi SPEA (*Strength Pareto Evolutionary Algorithm*). Hal tersebut menunda tentang pendahuluan pada beberapa aspek:

- Ukuran arsip P' yang ditetapkan
- Perhitungan performa lebih kepada pengertian bahwa metode tersebut cenderung kearah solusi –solusi terbaik. Nilai S_i diperhitungkan untuk semua solusi $i \in P_t \cup P_t'$.

- Hanya anggota arsip mengambil bagian ke reproduksi.
- Suatu metode Truncation digunakan untuk mengendalikan ukuran arsip P`.

Metode SPEA2 didefinisikan sebagai langkah berikut:

Masukan :

N (ukuran populasi)

N` (ukuran arsip)

T (jumlah maksimum generasi)

Keluaran :

A (non dominated set)

Algoritma :

Langkah 1 : Inisialisasi : menghasilkan suatu populasi awal P_0 dan membuat suatu arsip kosong

$P_0' = \{\}$.

Langkah 2 : Tugas *Fitness* : menghitung nilai-nilai fitness pada individu P_t dan P_0'.

- $S(i) = |\{j / j \in P_t \cup P_t' \wedge i \succ j\}|$ ..... (1)
- $R(i) = \sum_{j \in P_t \cup P_t', j \prec i} S(i)$ ..... (2)
- Menghitung jarak antara setiap individu I dan semua individu-individu lainnya $j \in P_t \cup P_t'$, dan menyimpannya kedalam sebuah daftar. ..... (3)

- Penyortiran daftar didalam menambah perintah. Eleman k^{th} memberikan suatu jarak yang dicari, yang ditandai seperti $\sigma_i^{(k)}$, k = $\sqrt{N}$ + N`. ..... (4)
- D(I) = 1/($\sigma_i^{(k)}$+ 2) ..... (5)
- F(i) = R(i) + D(i) ..... (6)

Langkah 3 : Seleksi Lingkungan: salin semua individu-individu non dominated di P_t dan P_t' ke P_{t+1}'.

- $P_{t+1}' = \{i / i \in P_t \cup P_t' \wedge F(i) \prec 1\}$..... (7)
- Jika $|P_{t+1}'| \prec N' : (N' - |P_{t+1}'|)$ lebih didominasi ke pengertian bahwa F disalin pada P_{t+1}'. ..... (8)
- Jika $|P_{t+1}'| \prec N'$: pengurangan P_{t+1}' atas pertolongan operator truncation; di setiap iterasi bahwa individu I dipilih untuk perpindahan untuk yang i $\leq_d$ j untuk semua j $\in P_{t+1}'$ ..... (9)

$$i \leq_d j \Leftrightarrow \begin{cases} \forall 0 \prec k \prec |P_{t+1}'| : \sigma_i^k = \sigma_j^k \\ \exists 0 \prec k \prec |P_{t+1}'| : [(\forall 0 \prec 1 \prec k : \sigma_i^k = \sigma_j^k] \end{cases}$$

Langkah 4 : suatu seleksi turnamen yang diaplikasikan untuk mengisi kolam kawin.

Langkah 5 : aplikasi rekombinasi dan mutasi operator-operator ke kolam kawin.

BAB IV

KOMPENSASI DAYA REAKTIF PADA TRANSMISI DENGAN MENGGUNAKAN METODE *IMPROVING STRENGTH PARETO EVOLUTIONARY ALGORITHM (SPEA2)* PADA TRANSMISI 150 kV REGION IV JAWA TIMUR

4.1. Program Komputer Kompensasi Daya Reaktif Pada Transmisi 150 kV Region IV Jawa Timur Menggunakan Metode *Improving Strength Pareto Evolutionary Algorithm (SPEA2)*

Dalam menyelesaikan masalah ini maka diperlukan bantuan komputer dalam perhitungan yang membutuhkan ketelitian dan keakuratan.

Program komputer dalam skripsi ini dijalankan dengan menggunakan bahasa pemrograman Borland Delphi 7.0 dengan sistem operasi Windows XP profesional dan diaplikasikan pada komputer Pentium IV 2.26 GHz dengan memori 256 Mb.

4.4. Algoritma Program

4.2.1. Algoritma Aliran Daya Newton Raphson

1. Bentuk matriks admitansi bus :[Y_{bus}]
2. Penetapan harga awal tegangan dan sudut fasa untuk semua bus kecuali bus slack [$V_i(0)$, $\delta(0)$]

3. Menentukan nomor iterasi awal, k=0
4. Menghitung injeksi daya aktif dan reaktif pada setiap bus dengan persamaan kecuali bus slack
5. Menghitung selisih daya yang dijadwalkan dengan injeksi daya bus dari perhitungan
6. Menentukan perubahan maksimum pada daya aktif dan daya reaktif
7. Membandingkan apakah selisih daya sudah sama atau lebih kecil dari ε
8. Jika "ya" hitung daya aktif dan reaktif, tegangan dan sudut fasa tegangan pada setiap bus, serta aliran daya pada saluran dan perhitungan selesai, jika "tidak" lanjutkan ke langkah berikutnya
9. Membentuk elemen matriks Jacobian
10. Menghitung faktor koreksi tegangan dan sudut fasa setiap bus kecuali bus slack dan bus generator
11. Menghitung nilai tegangan dan sudut fasa yang baru
12. Mengganti nilai sudut fasa yang lama dengan sudut fasa yang baru, tegangan yang lama dengan tegangan yang baru
13. Perhitungan dilanjutkan ke langkah 4 dengan nilai iterasi yang baru sampai hasil yang didapatkan konvergen.

4.2.2. Algoritma Pemecahan masalah

1. Masukan Data Beban P, Q, Data Saluran R, X, Daya Dasar (P) dan Tegangan Dasar (V) dan Data Kapasitas Kapasitor
2. Melakukan proses Aliran Daya (*Newton Raphson*)
3. Mengecek apakah ada pelanggaran tegangan
   a. Jika 'Ya' lanjutkan ke langkah 4
   b. Jika 'Tidak' Langsung ke langkah 5
4. Melakukan Sub Routine Algoritma *Improving Strenght Pareto Evolutionary Algorithm*
5. Cetak hasil
6. Stop

4.2.3. Algoritma Program Permasalahan Metode *Improving Strength Pareto Evolutionary Algorithm (SPEA2)*

Langkah 1 : Inisialisasi : membuat suatu populasi awal P_0 dan membuat suatu arsip kosong $P_0' = \{\}$.

Langkah 2 : Tugas *Fitness* : menghitung nilai-nilai fitness pada individu P_t dan P_0'.

- $S(i) = |\{j / j \in P_t \cup P_t' \wedge i \succ j\}|$ ..... (1)
- $R(i) = \sum_{j \in P_t \cup P_t', j \prec i} S(i)$ ..... (2)
- Menghitung jarak antara setiap individu I dan semua individu-individu lainnya $j \in P_t \cup P_t'$, dan menyimpannya kedalam sebuah daftar. ..... (3)

- Penyortiran daftar didalam menambah perintah. Eleman k^{th} memberikan suatu jarak yang dicari, yang ditandai seperti $\sigma_i^{(k)}$, k = $\sqrt{N}$ + N`. ..... (4)
- D(I) = $1/(\sigma_i^{(k)} + 2)$ ..... (5)
- F(i) = R(i) + D(i) ..... (6)

Langkah 3 : Seleksi Lingkungan: salin semua individu-individu non dominated di P_t dan P_t' ke P_{t+1}'.

- $P_{t+1}' = \{i / i \in P_t \cup P_t' \wedge F(i) \prec 1\}$..... (7)
- Jika $|P_{t+1}'| \prec N' : (N' - |P_{t+1}'|)$ lebih didominasi ke pengertian bahwa F disalin pada P_{t+1}'. ..... (8)
- Jika $|P_{t+1}'| \prec N'$: pengurangan P_{t+1}' atas pertolongan operator truncation; di setiap iterasi bahwa individu I dipilih untuk perpindahan untuk yang i $\leq_d$ j untuk semua j $\in P_{t+1}'$ ..... (9)

$$i \leq_d j \Leftrightarrow \begin{cases} \forall 0 \prec k \prec |P_{t+1}'| : \sigma_i^k = \sigma_j^k \\ \exists 0 \prec k \prec |P_{t+1}'| : [(\forall 0 \prec 1 \prec k : \sigma_i^k = \sigma_j^k] \end{cases}$$

Langkah 4 : suatu seleksi turnamen yang diaplikasikan untuk mengisi kolam kawin.

Langkah 5 : aplikasi rekombinasi dan mutasi operator-operator ke kolam kawin.

4.2.4. Algoritma Program Fitness (*SPEA2*)

1. Baca Data Kromosom
2. Ubah Data Kromosom ke Data *Load Flow*
3. Melakukan Proses *Load Flow* Menggunakan Metode *Newton Rhapson*
4. Hitung Nilai F1 (Rugi-rugi Daya Nyata Transmisi)

$$F_1 = \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N} V_i V_j Y_{Nij} \cos(\alpha_i - \alpha_j - \theta_{Nij})$$

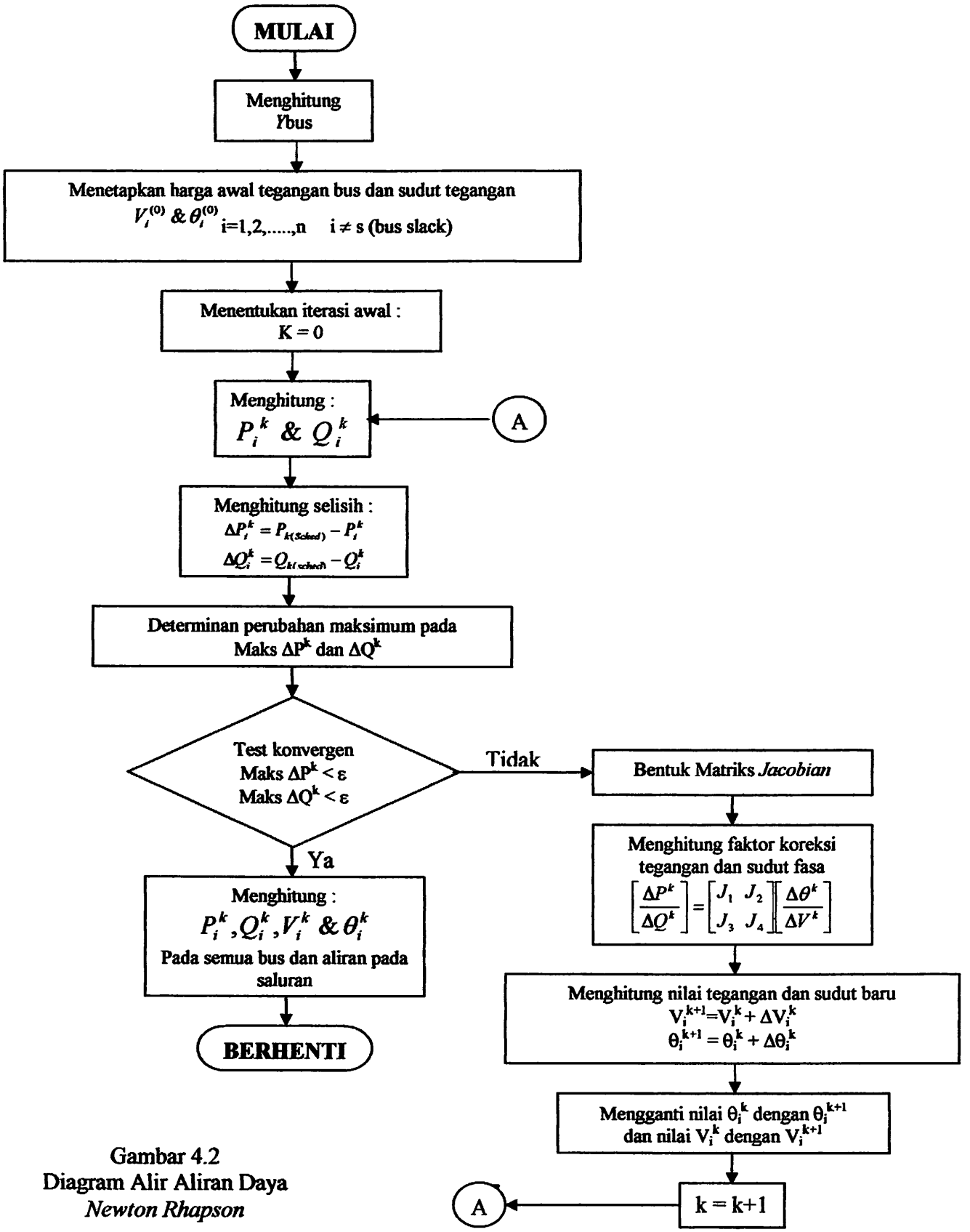
5. Hitung Nilai F2 (Penyimpangan Tegangan)

$$F_2 = \sum_{i=1}^{N_C} (V_i - V_i^{ref})$$

6. Mengecek Batasan Nilai F1 dan F2
7. Stop

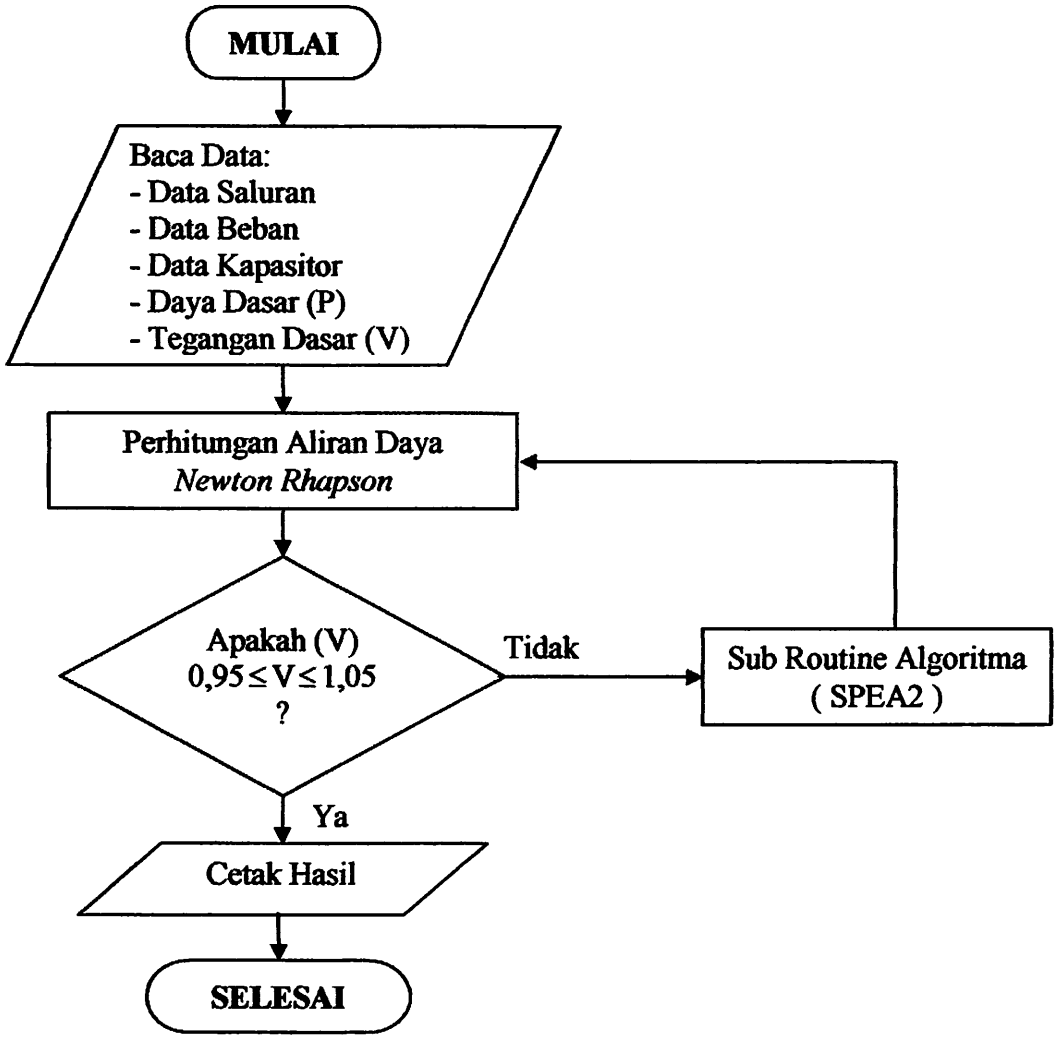
4.3. Flowchart Program

4.3.1. Flowchart Aliran Daya Newton Raphson



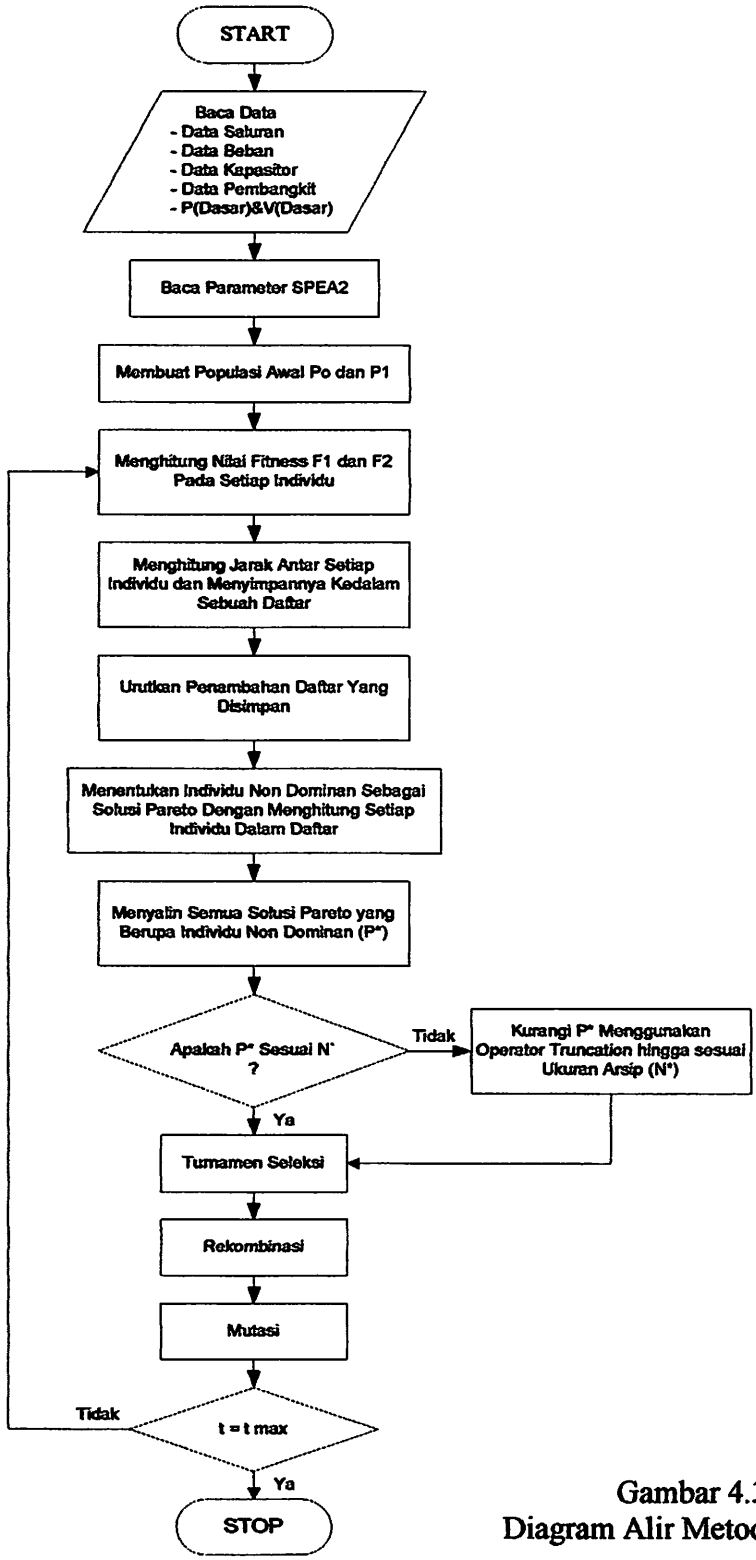
Gambar 4.2
Diagram Alir Aliran Daya
Newton Rhapson

4.3.2. Flowchart Program Penyelesaian Masalah



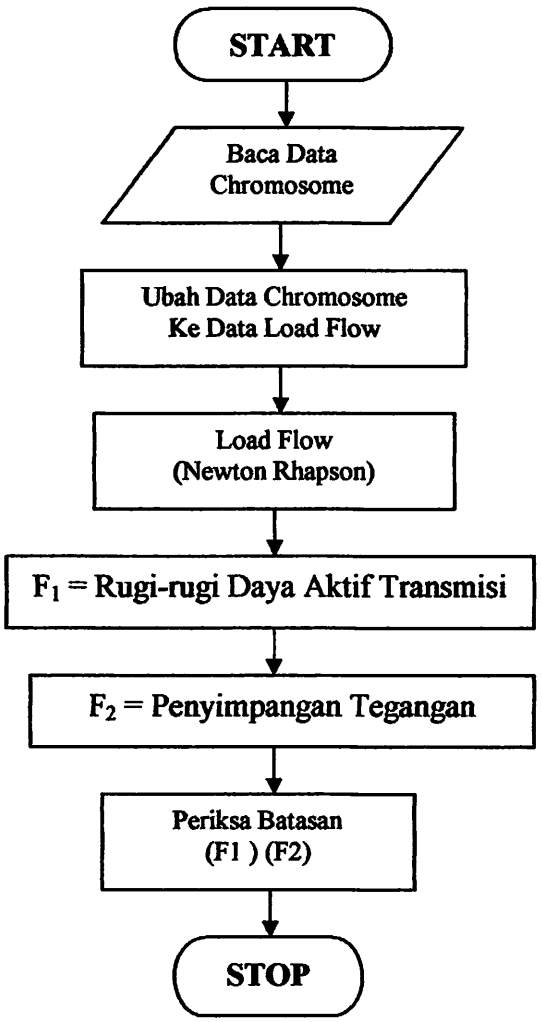
Gambar 4.1
Diagram Alir Penyelesaiaan
Masalah

4.3.3. Flowchart Algoritma *Improving Strenght Pareto Evolutionary Algorithm (SPEA2)*



Gambar 4.3
Diagram Alir Metode SPEA2

4.3.4. Flowchart Fungsi Objektif



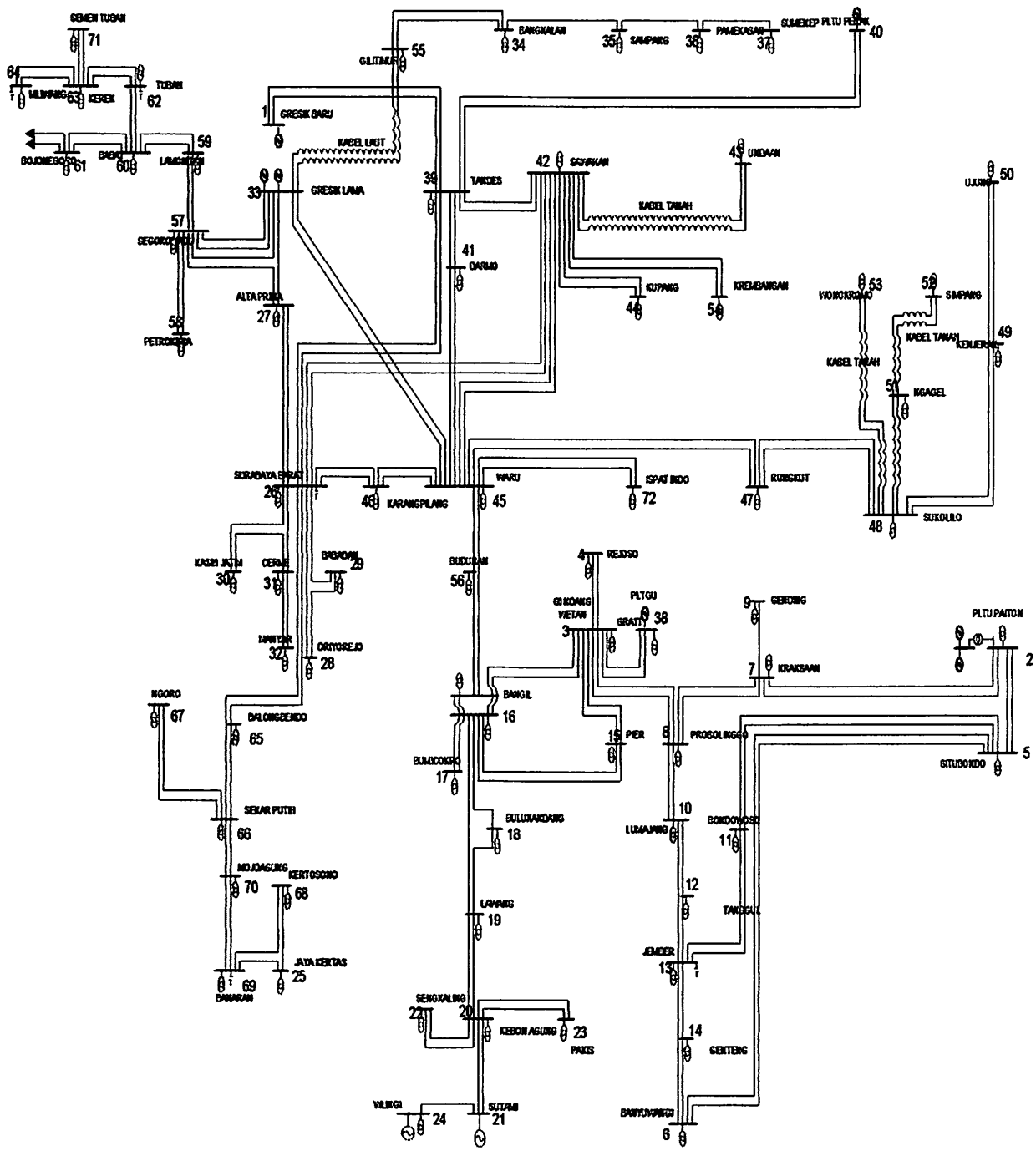
Gambar 4.4
Diagram Alir Fungsi Objektif

4.4. Sistem Transmisi Region IV Jawa Timur

Sistem transmisi 150 kV Region IV Jawa Timur terdiri dari 72 bus dengan 86 saluran. Gambar 4.5 menunjukkan diagram segaris jaringan transmisi 150 kV Region IV Jawa Timur. Untuk mengetahui penomoran bus dari sistem transmisi 150 kV Region IV Jawa Timur dapat dilihat pada tabel 4.1.

Data yang akan diambil dari saluran transmisi sub sistem Region IV Jawa Timur adalah data pembebanan, data saluran. Kemudian dari data yang didapat dilakukan analisa aliran daya menggunakan metode Newton Raphson untuk mengetahui keadaan tegangan pada setiap bus dari sistem jaringan, besarnya daya yang mengalir pada setiap cabang dari struktur jaringan serta besar rugi – rugi daya aktif dan daya reaktif pada setiap cabang jaringan. Agar memudahkan perhitungan maka digunakan system per-unit (pu), dimana:

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



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

Gambar 4.5
Diagram Segaris Transmisi 150 kV Region IV Jawa Timur

Tabel 4.1
Penomoran Bus 150 kV Region IV Jawa Timur

No. Bus	Nama Bus	No. Bus	Nama Bus
1	GRESIK LAMA	33	GRESIK BARU
2	PAITON	34	BANGKALAN
3	GONDANG WETAN	35	SAMPANG
4	REJOSO	36	PAMEKASAN
5	SITUBONDO	37	SUMENEP
6	BANYUWANGI	38	GRATI
7	KRAKSAAN	39	TANDES
8	PROBOLINGGO	40	PERAK
9	GENDING	41	DARMO GRANDE
10	LUMAJANG	42	SAWAHAN
11	BONDOWOSO	43	UNDAAN
12	TANGGUL	44	KUPANG
13	JEMBER	45	WARU
14	GENTENG	46	KARANGPILANG
15	PIER	47	RUNGKUT
16	BANGIL	48	SUKOLILO
17	BUMICOKRO	49	KENJERAN
18	BULUKANDANG	50	UJUNG
19	LAWANG	51	NGAGEL
20	KEBONAGUNG	52	SIMPANG
21	SUTAMI	53	WONOKROMO
22	SENGKALING	54	KREMBANGAN
23	PAKIS	55	GILITIMUR
24	WLINGI	56	BUDURAN
25	JAYA KERTAS	57	SEGOROMADU
26	SURABAYA BARAT	58	PETROKIMIA
27	ALTA PRIMA	59	LAMONGAN
28	DRIYOREJO	60	BABAT
29	BABADAN	61	BOJONEGORO
30	KASIH JATIM	62	TUBAN
31	CERME	63	KEREK
32	MANYAR	64	MLIWANG

65	**BALONGBENDO**
66	**SEKAR PUTIH**
67	**NGORO**
68	**KERTOSONO**
69	**BANARAN**
70	**MOJOAGUNG**
71	**SEMEN TUBAN**
72	**ISPAT INDO**

4.4.1. Data Pembangkitan dan Pembebanan 150 kV Region IV Jawa Timur

Berdasarkan data pada referensi [2] maka dilakukan pengolahan data untuk mengubah dasar tegangan ke dalam pu. Serta perhitungan P_{load} dan Q_{load}.

Pada bus nomor 2, maka :

Tegangan Dasar = 150 kV

Tegangan Sebenarnya = 156 kV

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

$$\text{Tegangan (pu)} = \frac{156}{150} = 1{,}04 \text{ pu}$$

P_{beban} = 17,8 MW

Q_{beban} = 8,8 MVAR

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

Tabel 4.2
Data Pembangkitan dan Pembebanan 150 kV Region IV Jawa Timur

No	Nama Bus	Tegangan (pu)	Pgenerator (MW)	Qgenerator (MVAR)	Pload (MW)	Qload (MVAR)	Tipe
1	GRESIK LAMA	1.04	-	-	0.000	0.000	1
2	PAITON	1.03	565.1	-	17.800	8.800	2
3	GONDANG WETAN	-	-	-	27.000	12.100	3
4	REJOSO	-	-	-	25.400	14.800	3
5	SITUBONDO	-	-	-	25.300	4.300	3
6	BANYUWANGI	-	-	-	40.500	14.400	3
7	KRAKSAAN	-	-	-	6.200	2.100	3
8	PROBOLINGGO	-	-	-	38.600	16.300	3
9	GENDING	-	-	-	17.500	8.700	3
10	LUMAJANG	-	-	-	41.400	15.600	3
11	BONDOWOSO	-	-	-	19.000	4.700	3
12	TANGGUL	-	-	-	28.000	9.300	3
13	JEMBER	-	-	-	63.500	26.800	3
14	GENTENG	-	-	-	40.500	11.700	3
15	PIER	-	-	-	14.000	4.700	3
16	BANGIL	-	-	-	18.300	7.400	3
17	BUMICOKRO	-	-	-	22.600	5.500	3
18	BULUKANDANG	-	-	-	24.200	8.200	3
19	LAWANG	-	-	-	25.600	10.900	3
20	KEBONAGUNG	-	-	-	42.900	1.600	3
21	SUTAMI	0.91	90.0	-	0.000	0.000	2
22	SENGKALING	-	-	-	24.800	12.700	3
23	PAKIS	-	-	-	35.000	16.000	3
24	WLINGI	0.93	25.0	-	23.800	10.500	2
25	JAYA KERTAS	-	-	-	18.700	15.000	2
26	SURABAYA BARAT	-	-	-	-573.400	-345.000	3
27	ALTA PRIMA	-	-	-	7.000	4.000	3
28	DRIYOREJO	-	-	-	35.900	10.900	3
29	BABADAN	-	-	-	35.800	15.600	3
30	KASIH JATIM	-	-	-	16.400	10.000	3
31	CERME	-	-	-	12.000	6.000	3
32	MANYAR	-	-	-	37.000	27.500	3
33	GRESIK BARU	1,02	410.3	-	0.000	0.000	2
34	BANGKALAN	-	-	-	26.600	9.700	3

35	SAMPANG	-	-	-	20.500	8.000	3
36	PAMEKASAN	-	-	-	28.200	10.900	3
37	SUMENEP	-	-	-	31.900	11.000	3
38	GRATI	1,02	200.4	-	11.600	3.200	2
39	TANDES	-	-	-	57.900	22.100	3
40	PERAK	59.2	1,01	-	0.000	0.000	2
41	DARMO GRANDE	-	-	-	38.300	25.000	3
42	SAWAHAN	-	-	-	33.500	18.700	3
43	UNDAAN	-	-	-	12.700	6.400	3
44	KUPANG	-	-	-	21.200	10.600	3
45	WARU	-	-	-	87.000	44.000	3
46	KARANGPILANG	-	-	-	28.900	11.700	3
47	RUNGKUT	-	-	-	100.300	32.100	3
48	SUKOLILO	-	-	-	67.100	32.700	3
49	KENJERAN	-	-	-	48.300	24.100	3
50	UJUNG	-	-	-	22.500	13.700	3
51	NGAGEL	-	-	-	14.400	7.400	3
52	SIMPANG	-	-	-	32.000	15.600	3
53	WONOKROMO	-	-	-	32.800	14.800	3
54	KREMBANGAN	-	-	-	36.900	19.100	3
55	GILITIMUR	-	-	-	6.200	2.700	3
56	BUDURAN	-	-	-	73.700	42.500	3
57	SEGOROMADU	-	-	-	17.200	7.800	3
58	PETROKIMIA	-	-	-	31.700	17.500	3
59	LAMONGAN	-	-	-	27.500	20.600	3
60	BABAT	-	-	-	28.600	18.800	3
61	BOJONEGORO	-	-	-	39.000	27.300	3
62	TUBAN	-	-	-	31.200	19.100	3
63	KEREK	-	-	-	41.600	-39.700	3
64	MLIWANG	-	-	-	11.300	7.000	3
65	BALONGBENDO	-	-	-	46.800	6.500	3
66	SEKAR PUTIH	-	-	-	50.700	23.800	3
67	NGORO	-	-	-	13.600	7.400	3
68	KERTOSONO	-	-	-	0.000	0.000	3
69	BANARAN	-	-	-	39.800	23.400	3
70	MOJOAGUNG	-	-	-	30.400	15.600	3

71	SEMEN TUBAN	-	-	-	11.300	7.000	3
72	ISPAT INDO	-	-	-	16.000	2.700	3

Ket: 1 : bus slack
2 : bus generator
3 : bus beban

4.5. Perhitungan Data Saluran Transmisi 150 kV Region IV Jawa Timur

Pada sub sistem Paiton dan Bali terdiri dari 72 bus dan 86 saluran transmisi, dalam hal ini saluran transmisi yang dibahas adalah saluran transmisi 150 kV. Berdasarkan data, maka dilakukan pengolahan data untuk saluran dengan jumlah sirkuit 2. Sebagai contoh pada hubungan saluran 1-45 dilakukan perhitungan sebagai berikut :

$$R = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{0{,}0064 \times 0{,}0064}{0{,}0064 + 0{,}0064} = \frac{4{,}096 \times 10^{-6}}{0{,}00128} = 0{,}032\,\text{pu}$$

$$X = \frac{X_1 \times X_2}{X_1 + X_2} = \frac{0{,}0309 \times 0{,}0309}{0{,}0309 + 0{,}0309} = \frac{9{,}5481 \times 10^{-3}}{0{,}0618} = 0{,}01545\,\text{pu}$$

$$B = \frac{B_1 \times B_2}{B_1 + B_2} = \frac{0{,}0266 \times 0{,}0266}{0{,}0266 + 0{,}0266} = \frac{7{,}0756 \times 10^{-4}}{0{,}0532} = 0{,}0133\,\text{pu}$$

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

4.6. Data Saluran Transmisi 150 kV Region IV Jawa Timur

Tabel 4.3
Data Saluran Transmisi 150 kV Region IV Jawa Timur

No	Hubungan Bus		Jumlah Sirkuit	R (pu)	X (pu)	B (pu)
1	1	27	1	0.0013	0.0062	0.0025
2	1	45	2	0.0032	0.01545	0.0133
3	1	55	2	0.001	0.0035	0.0025
4	1	59	2	0.0008	0.0024	0.0017
5	2	5	2	0.0477	0.0346	0.0502
6	2	7	2	0.0053	0.018	0.013
7	3	4	2	0.0028	0.0094	0.0067
8	3	8	2	0.0088	0.0301	0.0217
9	3	15	2	0.0099	0.0072	0.0104
10	3	16	2	0.0044	0.015	0.0108
11	3	38	1	0.0093	0.0067	0.0097
12	5	6	1	0.0097	0.0464	0.068
13	5	11	2	0.0091	0.031	0.0233
14	6	13	2	0.043	0.1469	0.0265
15	6	14	1	0.0177	0.0604	0.0109
16	7	8	2	0.0079	0.0269	0.0194
17	7	9	1	0.01	0.034	0.0062
18	8	10	1	0.0135	0.046	0.0332
19	10	12	2	0.0167	0.0571	0.0103
20	10	13	1	0.0315	0.1077	0.0195
21	11	13	1	0.0104	0.0353	0.0255
22	12	13	2	0.0148	0.0506	0.0092
23	13	14	2	0.0337	0.1151	0.0208
24	15	16	1	0.0045	0.0032	0.0047
25	15	23	1	0.0048	0.0343	0.0495
26	16	17	1	0.0054	0.0039	0.0056
27	16	18	1	0.0145	0.0494	0.0089
28	16	19	1	0.0181	0.0617	0.0112
29	16	46	2	0.0051	0.0174	0.0032
30	16	56	2	0.0051	0.0174	0.0032
31	18	19	2	0.0091	0.0309	0.0056
32	19	20	2	0.0067	0.023	0.0166
33	20	21	1	0.0073	0.0249	0.0179
34	20	22	1	0.0046	0.0133	0.0098
35	20	23	1	0.0011	0.0081	0.0117
36	21	24	2	0.0224	0.0428	0.0074
37	25	69	1	0.0048	0.0144	0.0198

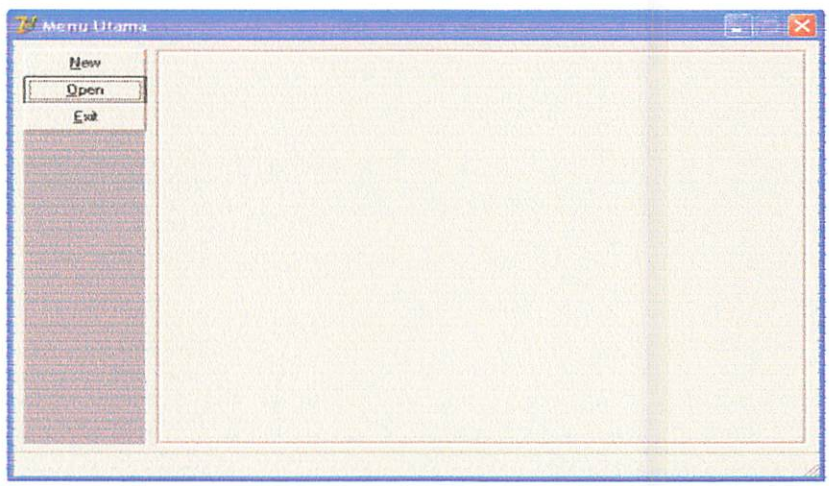
38	25	70	1	0.0083	0.0274	0.0053
39	26	27	1	0.0024	0.0113	0.0165
40	26	28	1	0.0028	0.0094	0.0017
41	26	29	2	0.0054	0.0185	0.0034
42	26	30	2	0.062	0.0095	0.0035
43	26	31	2	0.0053	0.0527	0.0094
44	26	39	1	0.0039	0.0132	0.0095
45	26	42	1	0.0012	0.0101	0.0147
46	26	46	1	0.0009	0.0043	0.0063
47	26	65	1	0.0031	0.0149	0.0055
48	26	66	1	0.0063	0.0301	0.011
49	27	57	2	0.0003	0.0013	0.0045
50	31	32	1	0.001	0.0048	0.007
51	33	39	2	0.002	0.0079	0.0136
52	34	35	2	0.029	0.0841	0.0155
53	34	55	2	0.005	0.0144	0.0106
54	35	36	1	0.0161	0.0466	0.0086
55	35	37	2	0.0157	0.0454	0.0084
56	36	37	1	0.0279	0.0807	0.0149
57	39	40	1	0.0023	0.0079	0.0057
58	39	41	2	0.0012	0.0041	0.0029
59	39	42	2	0.0004	0.002	0.0029
60	41	45	2	0.0028	0.0095	0.0069
61	42	43	2	0.0003	0.0009	0.0991
62	42	44	2	0.0008	0.0012	0.0665
63	42	45	2	0.0014	0.0067	0.0098
64	42	54	2	0.006	0.0051	0.0036
65	45	46	2	0.0014	0.0067	0.0098
66	45	47	2	0.0006	0.003	0.0044
67	45	72	2	0.0003	0.0011	0.0008
68	47	48	2	0.0003	0.0011	0.0008
69	48	49	2	0.0012	0.0004	0.0008
70	48	51	2	0.0004	0.0007	0.0759
71	48	53	2	0.0004	0.0013	0.138
72	49	50	2	0.0025	0.0073	0.0053
73	51	52	2	0.0005	0.0009	0.0983
74	57	58	2	0.0021	0.0071	0.0051
75	57	59	2	0.0086	0.0248	0.0183
76	59	60	2	0.0064	0.0185	0.0136
77	60	61	2	0.0108	0.0311	0.0229
78	60	62	2	0.0042	0.02	0.0293
79	62	63	2	0.0037	0.0125	0.009
80	63	64	2	0.0024	0.008	0.0058
81	63	71	2	0.0006	0.0018	0.0013
82	65	66	2	0.0017	0.0083	0.0031

83	66	67	1	0.0066	0.0191	0.0141
84	66	70	2	0.0055	0.0187	0.0135
85	68	69	2	0.0083	0.0274	0.0053
86	69	70	1	0.0054	0.0182	0.0132

4.7. Prosedur Pelaksanaan Program Perhitungan

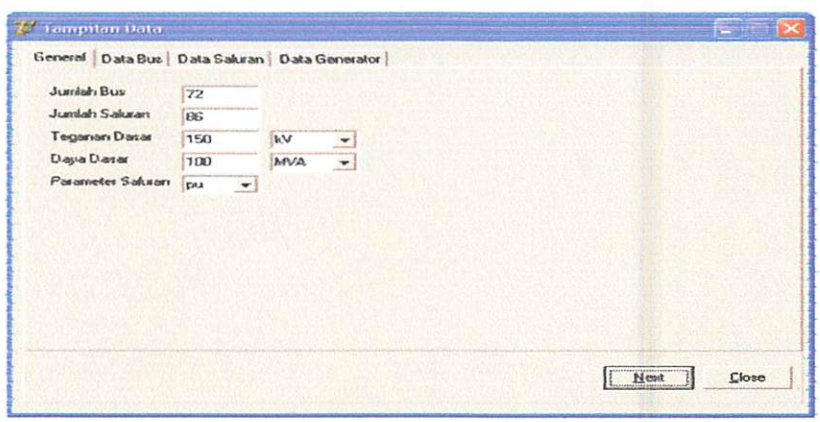
Prosedur menjalankan program perhitungan dengan menggunakan bahasa pemrograman Borland Delphi 7.0 dapat dilakukan sebagai berikut :

1. Tampilan utama dari program.



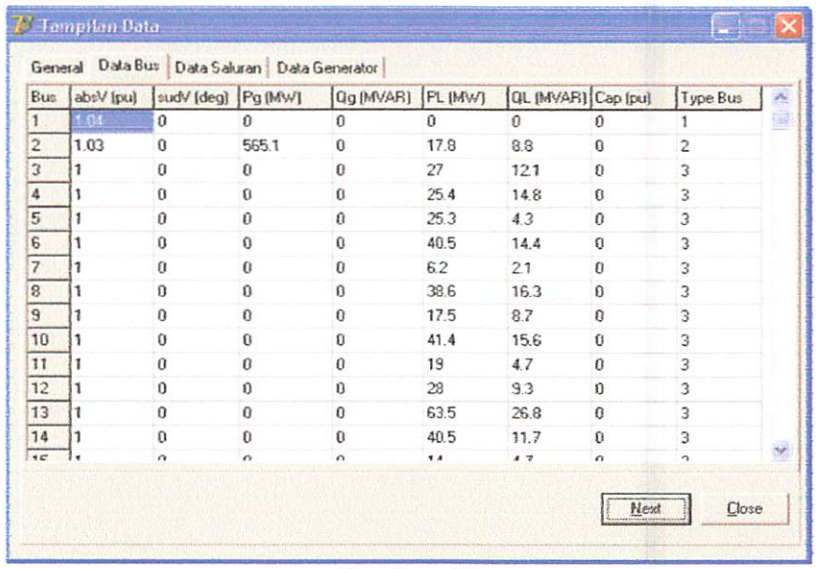
Gambar 4.6
Tampilan Utama Program

2. Tekan tombol *General*



Gambar 4.7
Tampilan Data

3. Kemudian tekan tombol data bus



Tampilan Data

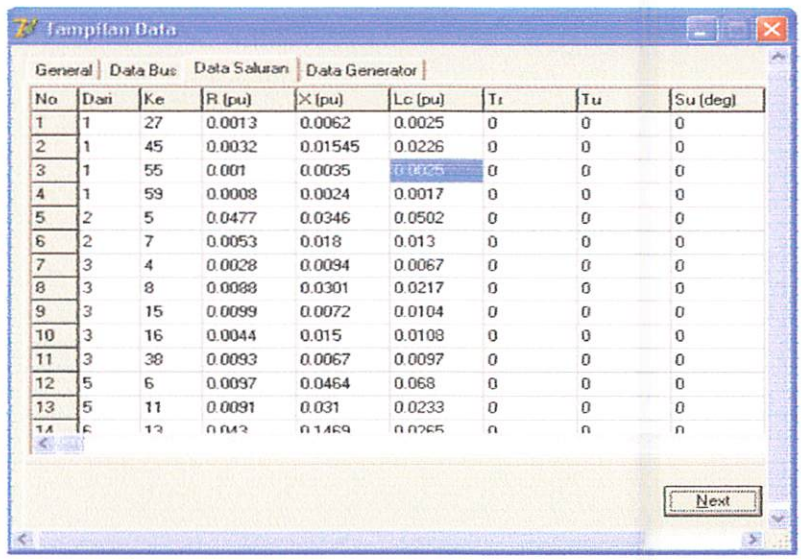
General | Data Bus | Data Saluran | Data Generator

Bus	absV (pu)	sudV (deg)	Pg (MW)	Qg (MVAR)	PL (MW)	QL (MVAR)	Cap (pu)	Type Bus
1	1.04	0	0	0	0	0	0	1
2	1.03	0	565.1	0	17.8	8.8	0	2
3	1	0	0	0	27	12.1	0	3
4	1	0	0	0	25.4	14.8	0	3
5	1	0	0	0	25.3	4.3	0	3
6	1	0	0	0	40.5	14.4	0	3
7	1	0	0	0	6.2	2.1	0	3
8	1	0	0	0	38.6	16.3	0	3
9	1	0	0	0	17.5	8.7	0	3
10	1	0	0	0	41.4	15.6	0	3
11	1	0	0	0	19	4.7	0	3
12	1	0	0	0	28	9.3	0	3
13	1	0	0	0	63.5	26.8	0	3
14	1	0	0	0	40.5	11.7	0	3

Next Close

Gambar 4.8
Tampilan Data Bus

4. Kemudian tekan tombol data saluran



Tampilan Data

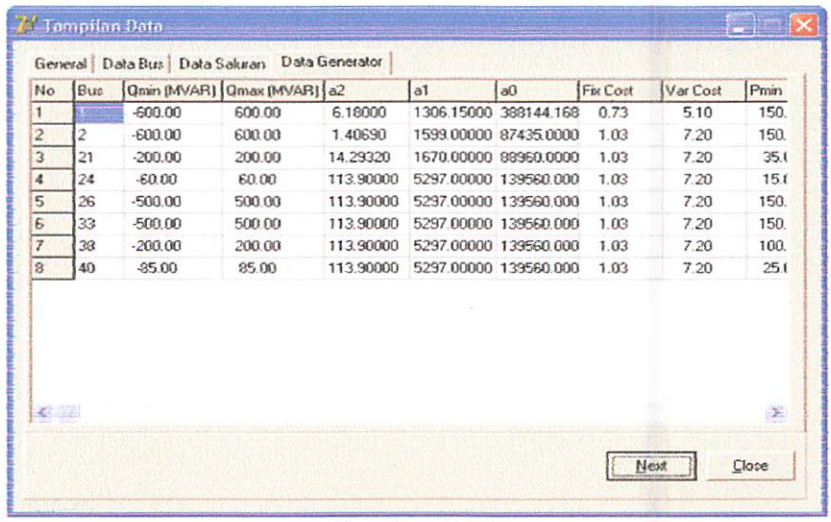
General | Data Bus | Data Saluran | Data Generator

No	Dari	Ke	R (pu)	X (pu)	Lc (pu)	Tr	Tu	Su (deg)
1	1	27	0.0013	0.0062	0.0025	0	0	0
2	1	45	0.0032	0.01545	0.0226	0	0	0
3	1	55	0.001	0.0035	0.0025	0	0	0
4	1	59	0.0008	0.0024	0.0017	0	0	0
5	2	5	0.0477	0.0346	0.0502	0	0	0
6	2	7	0.0053	0.018	0.013	0	0	0
7	3	4	0.0028	0.0094	0.0067	0	0	0
8	3	8	0.0088	0.0301	0.0217	0	0	0
9	3	15	0.0099	0.0072	0.0104	0	0	0
10	3	16	0.0044	0.015	0.0108	0	0	0
11	3	38	0.0093	0.0067	0.0097	0	0	0
12	5	6	0.0097	0.0464	0.068	0	0	0
13	5	11	0.0091	0.031	0.0233	0	0	0

Next

Gambar 4.9
Tampilan Data saluran

5. Kemudian tekan tombol data generator



Tampilan Data

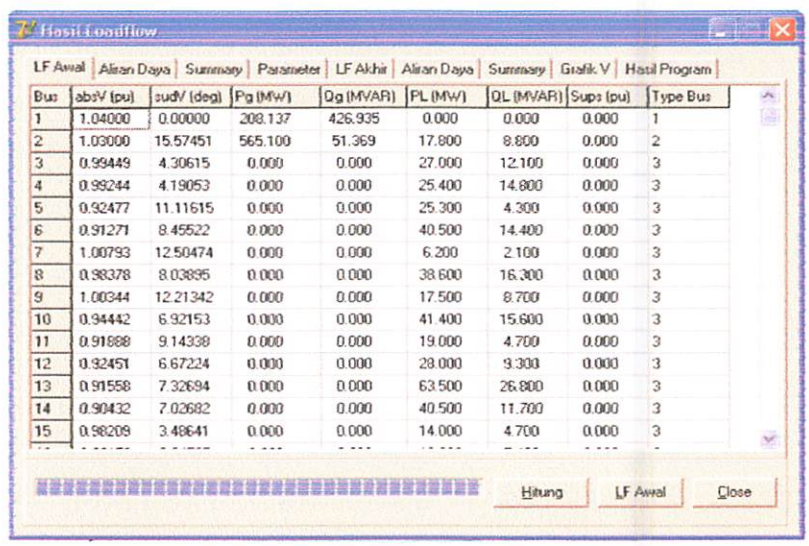
General | Data Bus | Data Saluran | Data Generator

No	Bus	Qmin (MVAR)	Qmax (MVAR)	a2	a1	a0	Fix Cost	Var Cost	Pmin
1	1	-600.00	600.00	6.18000	1306.15000	388144.168	0.73	5.10	150.
2	2	-600.00	600.00	1.40690	1599.00000	87435.0000	1.03	7.20	150.
3	21	-200.00	200.00	14.29320	1670.00000	88960.0000	1.03	7.20	35.(
4	24	-60.00	60.00	113.90000	5297.00000	139560.000	1.03	7.20	15.(
5	26	-500.00	500.00	113.90000	5297.00000	139560.000	1.03	7.20	150.
6	33	-500.00	500.00	113.90000	5297.00000	139560.000	1.03	7.20	150.
7	38	-200.00	200.00	113.90000	5297.00000	139560.000	1.03	7.20	100.
8	40	-85.00	85.00	113.90000	5297.00000	139560.000	1.03	7.20	25.(

Next | Close

Gambar 4.10.
Tampilan Data Generator

6. Tekan tombol *Loadflow* untuk melihat hasil perhitungan *Load Flow* awal



Hasil Loadflow

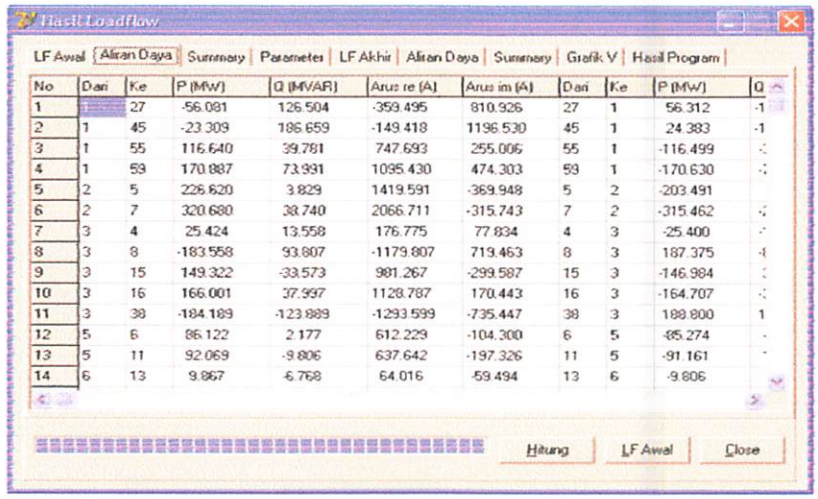
LF Awal | Aliran Daya | Summary | Parameter | LF Akhir | Aliran Daya | Summary | Grafik V | Hasil Program

Bus	absV (pu)	sudV (deg)	Pg (MW)	Qg (MVAR)	PL (MW)	QL (MVAR)	Sups (pu)	Type Bus
1	1.04000	0.00000	208.137	426.935	0.000	0.000	0.000	1
2	1.03000	15.57451	565.100	51.369	17.800	8.800	0.000	2
3	0.99449	4.30615	0.000	0.000	27.000	12.100	0.000	3
4	0.99244	4.19053	0.000	0.000	25.400	14.800	0.000	3
5	0.92477	11.11615	0.000	0.000	25.300	4.300	0.000	3
6	0.91271	8.45522	0.000	0.000	40.500	14.400	0.000	3
7	1.00793	12.50474	0.000	0.000	6.200	2.100	0.000	3
8	0.98378	8.03895	0.000	0.000	38.600	16.300	0.000	3
9	1.00344	12.21342	0.000	0.000	17.500	8.700	0.000	3
10	0.94442	6.92153	0.000	0.000	41.400	15.600	0.000	3
11	0.91888	9.14338	0.000	0.000	19.000	4.700	0.000	3
12	0.92451	6.67224	0.000	0.000	28.000	9.300	0.000	3
13	0.91558	7.32694	0.000	0.000	63.500	26.800	0.000	3
14	0.90432	7.02682	0.000	0.000	40.500	11.700	0.000	3
15	0.98209	3.48641	0.000	0.000	14.000	4.700	0.000	3

Hitung | LF Awal | Close

Gambar 4.11.
Tampilan *Load Flow* awal

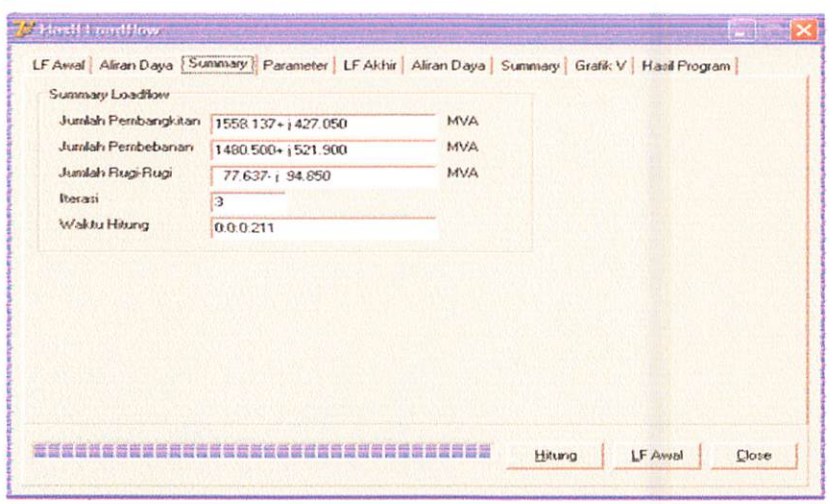
7. Tekan aliran daya untuk mengetahui aliran daya pada tiap bus



No	Dari	Ke	P (MW)	Q (MVAR)	Arus re (A)	Arus im (A)	Dari	Ke	P (MW)	Q
1	1	27	-56.081	126.504	-359.495	810.926	27	1	56.312	-1
2	1	45	-23.309	186.659	-149.418	1196.530	45	1	24.383	-1
3	1	55	116.640	39.781	747.693	255.006	55	1	-116.499	[illegible]
4	1	59	170.887	73.931	1095.430	474.303	59	1	-170.630	[illegible]
5	2	5	226.620	3.829	1419.591	-369.948	5	2	-203.491	
6	2	7	320.680	38.740	2066.711	-315.743	7	2	-315.462	[illegible]
7	3	4	25.424	13.558	176.775	77.834	4	3	-25.400	[illegible]
8	3	8	-183.558	93.807	-1179.807	719.463	8	3	187.375	[illegible]
9	3	15	149.322	-33.573	981.267	-299.587	15	3	-146.984	[illegible]
10	3	16	166.001	37.997	1128.787	170.443	16	3	-164.707	[illegible]
11	3	38	-184.189	-123.889	-1293.599	-735.447	38	3	188.800	1
12	5	6	86.122	2.177	612.229	-104.300	6	5	-85.274	[illegible]
13	5	11	92.069	-9.806	637.642	-197.326	11	5	-91.161	[illegible]
14	6	13	9.867	-6.768	64.016	-59.494	13	6	-9.806	

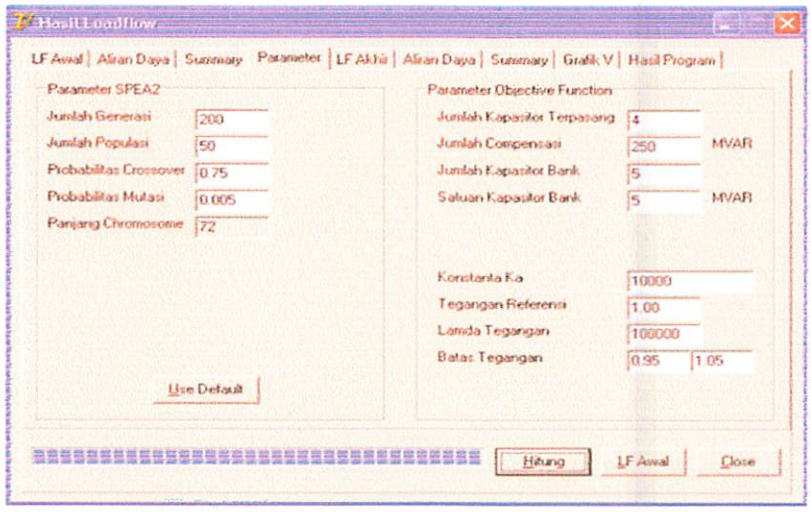
Gambar 4.12.
Tampilan aliran daya hasil perhitungan loadflow awal

8. Tekan *Summary* untuk mengetahui total pembangkitan, pembebanan dan rugi daya pada kondisi awal.



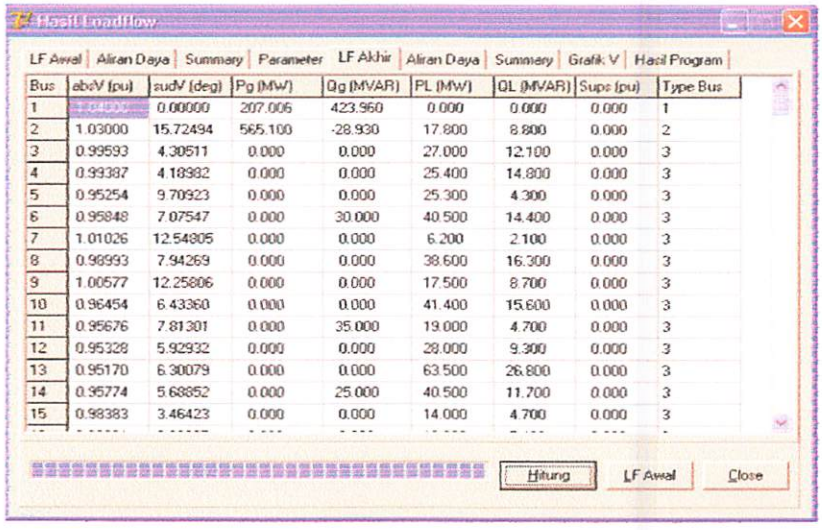
Gambar 4.13.
Tampilan Data *Summary* pada kondisi awal

9. Tekan tombol parameter untuk mengetahui parameter dari *GA*, lalu tekan tombol *Use Difault*, kemudian tekan hitung



Gambar 4.14.
Tampilan parameter dari *GA*

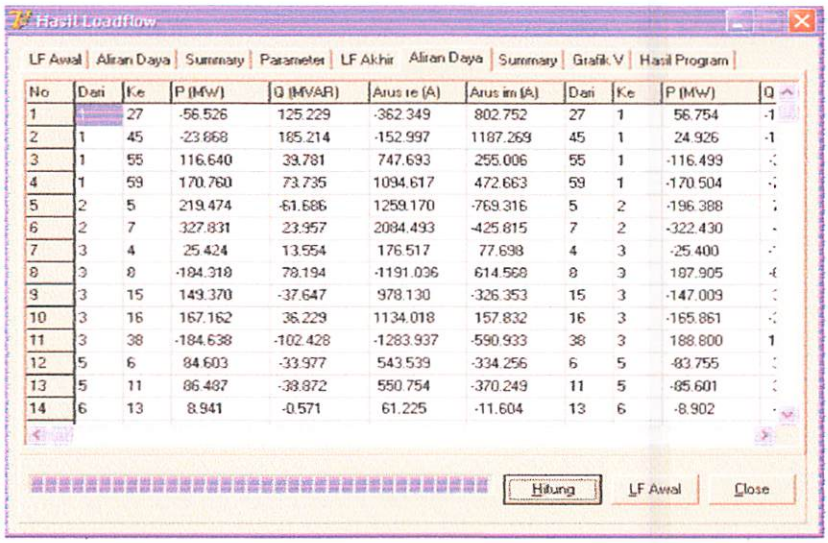
10. Tekan *Loadflow* akhir untuk melihat hasil perhitungan *Loadflow* akhir



Bus	absV (pu)	audV (deg)	Pg (MW)	Qg (MVAR)	PL (MW)	QL (MVAR)	Supe (pu)	Type Bus
1	[illegible]	0.00000	207.006	423.960	0.000	0.000	0.000	1
2	1.03000	15.72494	565.100	-28.930	17.800	8.800	0.000	2
3	0.99593	4.30511	0.000	0.000	27.000	12.100	0.000	3
4	0.99387	4.18982	0.000	0.000	25.400	14.800	0.000	3
5	0.95254	9.70923	0.000	0.000	25.300	4.300	0.000	3
6	0.95848	7.07547	0.000	30.000	40.500	14.400	0.000	3
7	1.01026	12.54805	0.000	0.000	6.200	2.100	0.000	3
8	0.98993	7.94269	0.000	0.000	38.600	16.300	0.000	3
9	1.00577	12.25806	0.000	0.000	17.500	8.700	0.000	3
10	0.96454	6.43360	0.000	0.000	41.400	15.600	0.000	3
11	0.95676	7.81301	0.000	35.000	19.000	4.700	0.000	3
12	0.95328	5.92932	0.000	0.000	28.000	9.300	0.000	3
13	0.95170	6.30079	0.000	0.000	63.500	26.800	0.000	3
14	0.95774	5.68852	0.000	25.000	40.500	11.700	0.000	3
15	0.98383	3.46423	0.000	0.000	14.000	4.700	0.000	3

Gambar 4.15.
Tampilan Data *Loadflow* akhir

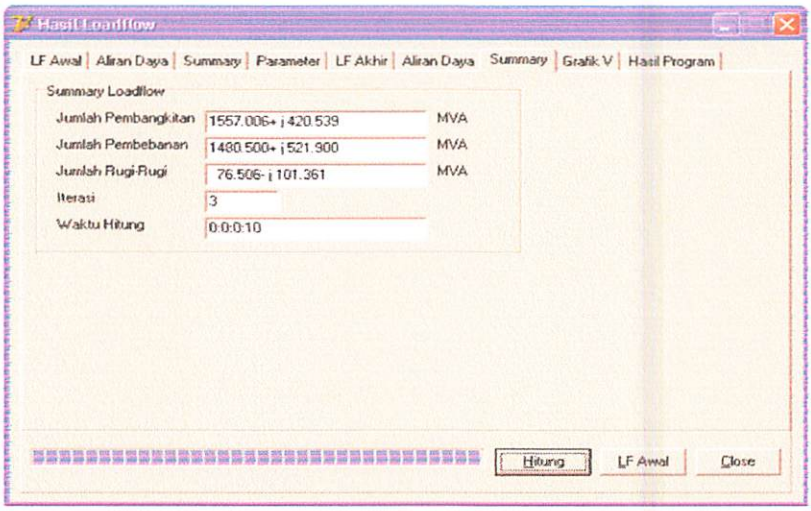
11. Tekan aliran daya untuk melihat aliran daya pada tiap bus



No	Dari	Ke	P (MW)	Q (MVAR)	Arus re (A)	Arus im (A)	Dari	Ke	P (MW)	Q
1	[illegible]	27	-56.526	125.229	-362.349	802.752	27	1	56.754	-1
2	1	45	-23.868	185.214	-152.997	1187.269	45	1	24.926	-1
3	1	55	116.640	39.781	747.693	255.006	55	1	-116.499	[illegible]
4	1	59	170.760	73.735	1094.617	472.663	59	1	-170.504	[illegible]
5	2	5	219.474	-61.686	1259.170	-769.316	5	2	-196.388	[illegible]
6	2	7	327.831	23.957	2084.493	-425.815	7	2	-322.430	[illegible]
7	3	4	25.424	13.554	176.517	77.698	4	3	-25.400	[illegible]
8	3	8	-184.318	78.194	-1191.036	614.568	8	3	187.905	[illegible]
9	3	15	149.370	-37.647	978.130	-326.353	15	3	-147.009	[illegible]
10	3	16	167.162	36.229	1134.018	157.832	16	3	-165.861	[illegible]
11	3	38	-184.638	-102.428	-1283.937	-590.933	38	3	188.800	1
12	5	6	84.603	-33.977	543.539	-334.256	6	5	-83.755	[illegible]
13	5	11	86.487	-38.872	550.754	-370.249	11	5	-85.601	[illegible]
14	6	13	8.941	-0.571	61.225	-11.604	13	6	-8.902	[illegible]

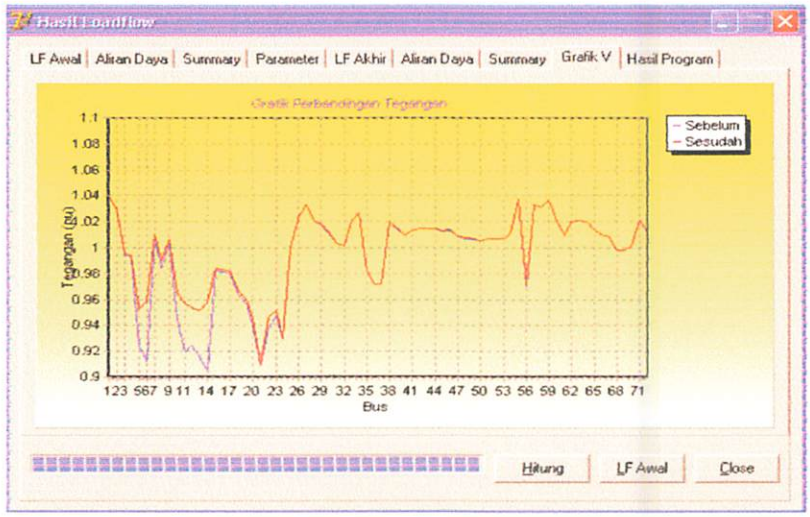
Gambar 4.16.
Tampilan Data aliran daya

11. Tekan tombol *Summary* untuk melihat hasil total pembangkitan, pembebanan, dan rugi daya pada kondisi akhir



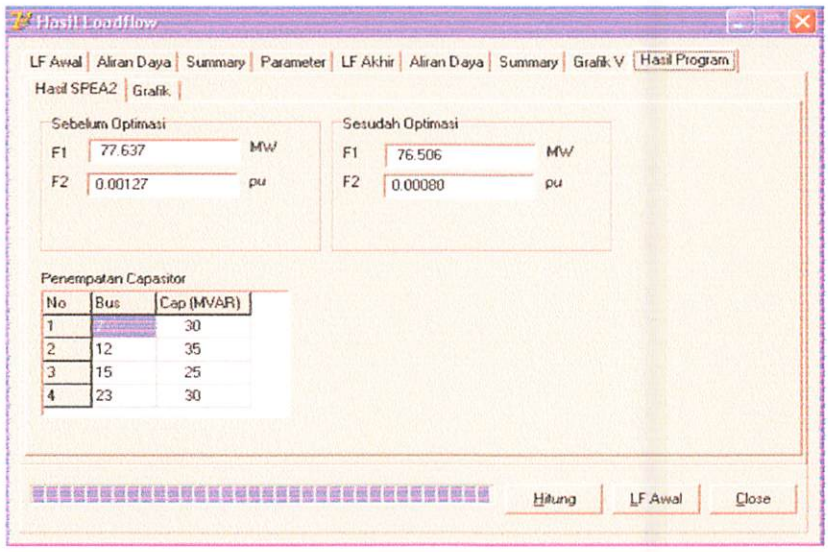
Gambar 4.17.
Tampilan *Summary* pada kondisi akhir

12. Tekan tombol grafik Vuntuk melihat perbandingan tegangan pada tiap bus



Gambar 4.18.
Tampilan grafik V perbandingan tegangan tiap bus

13. Tekan hasil program untuk melihat hasil penempatan kapasitor pada bus



Gambar 4.19.
Tampilan Hasil penempatan kapasitor

4.8. Hasil dan Analisis Hasil Kompensasi Daya Reaktif menggunakan *Improving Strenght Pareto Evolutionary Algorithm* Pada Saluran Transmisi 150 kV Region IV Jawa Timur

4.8.1. Hasil Perhitungan Kondisi Awal

Tabel 4.4
Hasil Perhitungan Tegangan, Sudut Tegangan, Pembangkitan Dan Pembebanan Sebelum Kompensasi

No. Bus	Tegangan (pu)	Sudut Tegangan (deg)	Pembangkitan		Pembebanan	
			Aktif (MW)	Reaktif (MVAR)	Aktif (MW)	Reaktif (MVAR)
1	1.0400	0.0000	208.137	426.935	0.000	0.000
2	1.0300	15.57451	565.1	51.368	17.800	8.800
3	0.9945	4.30615	-	-	27.000	12.100
4	0.9867	4.19053	-	-	25.400	14.800
5	1.0130	11.11615	-	-	25.300	4.300
6	0.9910	8.45522	-	-	40.500	14.400
7	1.0160	12.50474	-	-	6.200	2.100
8	0.9980	8.03895	-	-	38.600	16.300
9	1.0107	12.21342	-	-	17.500	8.700
10	0.9930	6.92153	-	-	41.400	15.600
11	1.0050	9.14338	-	-	19.000	4.700
12	1.0000	6.67224	-	-	28.000	9.300
13	0.9980	7.32694	-	-	63.500	26.800
14	0.9750	7.02628	-	-	40.500	11.700
15	0.9820	3.48641	-	-	14.000	4.700
16	0.9815	2.94535	-	-	18.300	7.400
17	0.9801	2.90882	-	-	22.600	5.500
18	0.9636	2.56387	-	-	24.200	8.200
19	0.9569	2.74554	-	25	25.600	10.900
20	0.9405	3.25240	-	-	42.900	1.600
21	0.9100	5.42715	90.0	-179.555	0.000	0.000
22	0.9376	3.07345	-	-	24.800	12.700
23	0.9473	3.15999	-	-	35.000	16.000
24	0.9300	4.81066	25.0	52.804	23.800	10.500
25	1.0000	-1.22137	-	23.404	18.700	15.000
26	1.0226	1.26346	-	-	-573.400	-345.000
27	1.0332	0.27329	-	-	7.000	4.000
28	1.0206	1.09468	-	-	35.900	10.900
29	1.0179	0.94422	-	-	35.800	15.600
30	1.0116	1.50826	-	-	16.400	10.000

31	1.0033	-0.08689	-	-	12.000	6.000
32	1.0017	-0.17287	-	-	37.000	27.500
33	1,0200	3.29567	410.3	-26.945	0.000	0.000
34	1.0270	-0.94669	-	-	26.600	9.700
35	0.9812	-4.43449	-	-	20.500	8.000
36	0.9722	-5.16185	-	-	28.200	10.900
37	0.9719	-5.20022	-	-	31.900	11.000
38	1,0200	4.35745	200.4	128.443	11.600	3.200
39	1.0145	1.47226	-	-	57.900	22.100
40	1,0100	1.82875	59.2	-74.406	0.000	0.000
41	1.0129	1.13720	-	-	38.300	25.000
42	1.0147	1.17635	-	-	33.500	18.700
43	1.0147	1.16935	-	-	12.700	6.400
44	1.0145	1.16386	-	-	21.200	10.600
45	1.0127	0.52514	-	-	87.000	44.000
46	1.0132	1.16834	-	-	28.900	11.700
47	1.0085	0.01602	-	-	100.300	32.100
48	1.0074	-0.11133	-	-	67.100	32.700
49	1.0064	-0.10246	-	-	48.300	24.100
50	1.0049	-0.17687	-	-	22.500	13.700
51	1.0072	-0.13072	-	-	14.400	7.400
52	1.0069	-0.14540	-	-	32.000	15.600
53	1.0072	-0.13523	-	-	32.800	14.800
54	1.0116	1.13404	-	-	36.900	19.100
55	1.0375	-0.19550	-	-	6.200	2.700
56	0.9700	2.30315	-	-	73.700	42.500
57	1.0329	0.22310	-	-	17.200	7.800
58	1.0312	0.12118	-	-	31.700	17.500
59	1.0369	-0.18637	-	-	27.500	20.600
60	1.0215	-1.73223	-	-	28.600	18.800
61	1.0096	-2.25633	-	-	39.000	27.300
62	1.0198	-2.81238	-	-	31.200	19.100
63	1.0209	-3.31132	-	-	41.600	-39.700
64	1.0201	-3.35262	-	-	11.300	7.000
65	1.0141	0.32432	-	-	46.800	6.500
66	1.0107	0.00638	-	-	50.700	23.800
67	1.0087	-0.11748	-	-	13.600	7.400
68	0.9984	-1.22438	-	-	0.000	0.000
69	0.9983	-1.22186	-	-	39.800	23.400
70	1.0018	-0.87050	-	-	30.400	15.600
71	1.0207	-3.32024	-	-	11.300	7.000
72	1.0126	0.51574	-	-	16.000	2.700

Tabel 4.5.
Hasil Perhitungan Aliran Daya Antar Saluran Pada Kondisi Awal

No.	Saluran		Daya		Saluran		Daya	
	Dari	Ke	P(MW)	Q(MVAR)	Dari	Ke	P(MW)	Q(MVAR)
1	1	27	-56.081	126.504	27	1	56.312	-125.673
2	1	45	-23.309	186.659	45	1	24.383	-183.917
3	1	55	116.640	39.781	55	1	-116.499	-39.559
4	1	59	170.887	73.991	59	1	-170.630	-73.405
5	2	5	226.620	3.829	5	2	-203.491	7.622
6	2	7	320.680	38.740	7	2	-315.462	-22.398
7	3	4	25.424	13.558	4	3	-25.400	-14.140
8	3	8	-183.558	93.807	8	3	187.375	-82.897
9	3	15	149.322	-33.573	15	3	-146.984	34.245
10	3	16	166.001	37.997	16	3	-164.707	-34.655
11	3	38	-184.189	-123.889	38	3	188.800	126.252
12	5	6	86.122	2.177	6	5	-85.274	-3.934
13	5	11	92.069	-9.806	11	5	-91.161	10.908
14	6	13	9.867	-6.768	13	6	-9.806	4.769
15	6	14	34.907	1.966	14	6	-34.646	-1.985
16	7	8	291.726	14.048	8	7	-285.088	6.583
17	7	9	17.537	7.571	9	7	-17.5	-8.076
18	8	10	59.112	63.992	10	8	-57.995	-63.397
19	10	12	15.009	27.651	12	10	-14.814	-27.903
20	10	13	1.586	23.108	13	10	-1.367	-24.099
21	11	13	72.161	-13.640	13	11	-75.503	13.720
22	12	13	-13.186	19.483	13	12	13.288	-19.923
23	13	14	5.889	5.499	14	13	-5.854	-7.123
24	15	16	104.168	-128.658	16	15	-102.895	129.110
25	15	23	28.816	90.716	23	15	-28.321	-91.952
26	16	17	22.630	4.444	17	16	-22.600	-4.962
27	16	18	21.366	28.503	18	16	-21.167	-28.684
28	16	19	15.470	33.559	19	16	-15.200	-33.717
29	16	46	115.746	-210.093	46	16	-112.707	220.153
30	16	56	74.091	43.224	56	16	-73.700	-42.199
31	18	19	-3.033	21.311	19	18	3.080	-21.669
32	19	20	-13.481	71.024	20	19	13.879	-71.177
33	20	21	-88.380	141.836	21	20	90.722	-135.429
34	20	22	24.840	11.886	22	20	-24.800	-11.839
35	20	23	6.761	-81.877	23	20	-6.679	81.445
36	21	24	-0.722	-42.644	24	21	1.200	42.944
37	25	69	3.613	8.681	69	25	-3.607	-10.643
38	25	70	-22.313	-0.277	70	25	22.354	-0.116
39	26	27	135.450	-124.693	27	26	-134.681	126.585
40	26	28	35.938	10.672	28	26	-35.900	-15.248
41	26	29	35.879	15.163	29	26	-35.800	-15.248
42	26	30	16.619	9.309	30	26	-16.400	-9.642

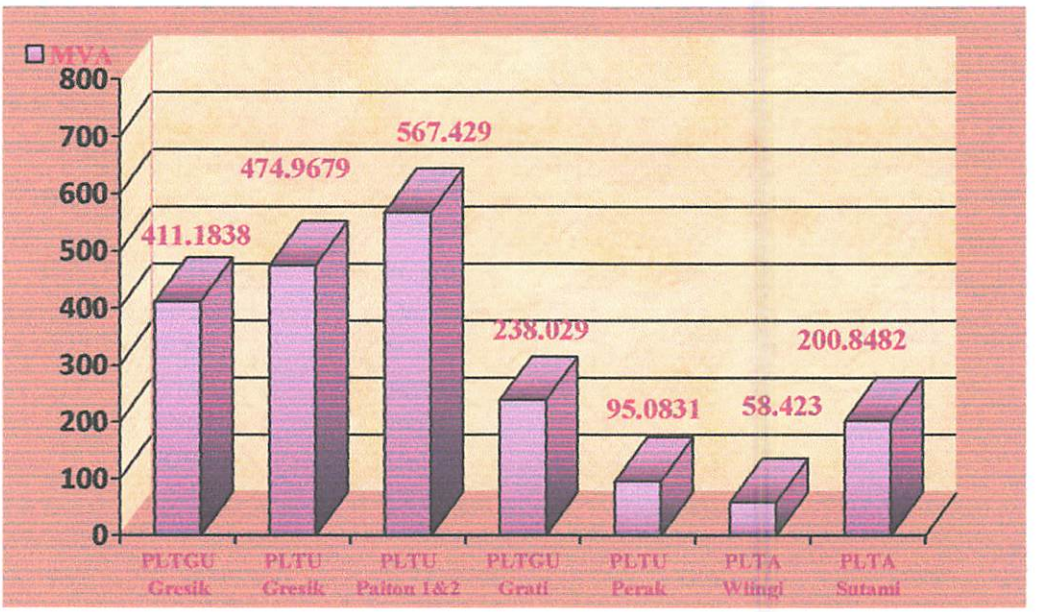
43	26	31	49.199	32.033	31	26	-49.021	-31.247
44	26	39	-9.180	64.873	39	26	9.345	-65.308
45	26	42	24.773	75.515	42	26	-24.698	-76.419
46	26	46	83.131	205.411	46	26	-82.706	-204.040
47	26	65	121.167	33.528	65	26	-120.697	-31.845
48	26	66	80.425	23.190	66	26	-79.999	-22.308
49	27	57	71.369	-2.883	57	27	-71.355	2.465
50	31	32	37.021	26.193	32	31	-37.000	-26.798
51	33	39	410.300	-26.945	39	33	-407.051	38.362
52	34	35	83.066	27.864	35	34	-80.930	-23.303
53	34	55	-109.666	-37.564	55	34	110.299	38.269
54	35	36	29.133	8.282	36	35	-28.977	-8.820
55	35	37	31.297	8.514	37	35	-31.123	-8.820
56	36	37	0.777	-1.428	37	36	-0.777	0.021
57	39	40	-58.998	73.931	40	39	59.200	-73.824
58	39	41	145.481	-3.975	41	39	-145.234	4.520
59	39	42	253.324	-62.733	42	39	-253.059	63.758
60	41	45	106.934	-29.233	45	41	-106.600	29.649
61	42	43	12.701	-14.005	43	42	-12.700	3.803
62	42	44	21.204	-3.085	44	42	-21.200	-3.756
63	42	45	173.353	-5.582	45	42	-172.944	6.530
64	42	54	37.000	18.446	54	42	-36.900	-18.732
65	45	46	-166.125	26.680	46	45	166.513	-25.832
66	45	47	318.285	78.550	47	45	-317.655	-75.855
67	45	72	16.001	2.539	72	45	-16.000	-2.618
68	47	48	217.355	44.203	48	47	-217.210	-43.752
69	48	49	70.892	36.640	49	48	-70.817	-36.696
70	48	51	46.414	-12.317	51	48	-46.405	4.630
71	48	53	32.804	-13.190	53	48	-32.800	-0.800
72	49	50	22.517	12.677	50	49	-22.500	-13.165
73	51	52	32.005	-4.331	52	51	-32.000	-5.632
74	57	58	31.726	16.500	58	57	-31.700	-16.958
75	57	59	22.429	-26.285	59	57	-22.314	24.586
76	59	60	165.472	30.369	60	59	-163.782	-26.947
77	60	61	39.227	23.231	61	60	-39.000	-24.966
78	60	62	95.954	-13.665	62	60	-95.579	12.395
79	62	63	64.379	-28.448	63	62	-64.205	28.101
80	63	64	11.304	5.805	64	63	-11.300	-6.396
81	63	71	11.301	5.732	71	63	-11.300	-6.865
82	65	66	73.897	25.911	66	65	-73.795	-25.733
83	66	67	13.614	4.566	67	66	-13.600	-5.965
84	66	70	89.481	21.115	70	66	-89.022	-2.936
85	68	69	0.000	-0.000	69	68	0.000	-0.528
86	69	70	-36.193	-9.727	70	69	36.268	8.664

Tabel 4.6.
Total Pembangkitan, Pembebanan dan Rugi-rugi Saluran Sebelum Kompensasi

Pembangkitan		Pembebanan		Rugi-rugi	
Aktif (MW)	Reaktif (MVAR)	Aktif (MW)	Reaktif (MVAR)	Aktif (MW)	Reaktif (MVAR)
1558.137	427.050	1480.50	521.900	77.637	94.850

Tabel 4.7.
Hasil Perhitungan Daya Yang Dibangkitkan Pada Kondisi Awal

No.	Nama Pembangkit	Daya Yang Dibangkitkan		Dirubah ke Daya Semu (MVA)
		(MW)	(MVAR)	
1	PLTGU- Gresik	410.3	-26.945	411.1838
2	PLTU- Gresik	208.137	426.935	474.9679
3	PLTU Paiton 1 & 2	565.1	51.368	567.4299
4	PLTGU Grati	200.4	128.443	238.0289
5	PLTU Perak	59.2	-74.406	95.08361
6	PLTA Wlingi	25.0	52.804	58.42313
7	PLTA Sutami	90.0	-179.555	200.8482



Grafik 4.1
Hasil Perhitungan Daya Yang Dibangkitkan Tiap Unit Pembangkit
Pada Kondisi Awal

4.8.2 Hasil Perhitungan Setelah Kompensasi

Tabel 4.8.
Hasil Perhitungan Tegangan, Sudut Tegangan, Pembangkitan Dan Pembebanan Setelah Kompensasi

No. Bus	Tegangan (pu)	Sudut Tegangan (deg)	Pembangkitan		Pembebanan	
			Aktif (MW)	Reaktif (MVAR)	Aktif (MW)	Reaktif (MVAR)
1	1.04000	0.0000	207.006	423.960	0.0000	0.0000
2	1.03000	15.725	565.100	-28.930	17.800	8.8000
3	0.99593	4.3051	-	-	27.000	12.100
4	0.99387	4.1898	-	-	25.400	14.800
5	0.95254	9.7092	-	-	25.300	4.3000
6	0.95848	7.0755	-	30.000	40.500	14.400
7	1.01026	12.548	-	-	6.2000	2.1000
8	0.98993	7.9427	-	-	38.600	16.300
9	1.00577	12.258	-	-	17.500	8.7000
10	0.96454	6.4336	-	-	41.400	15.600
11	0.95676	7.8130	-	35.000	19.000	4.7000
12	0.95328	5.9293	-	-	28.000	9.3000
13	0.95170	6.3008	-	-	63.500	26.800
14	0.95774	5.6885	-	25.000	40.500	11.700
15	0.98383	3.4642	-	-	14.000	4.7000
16	0.98321	2.9338	-	-	18.300	7.4000
17	0.98177	2.8974	-	-	22.600	5.5000
18	0.96647	2.5380	-	-	24.200	8.2000
19	0.96048	2.7082	-	-	25.600	10.900
20	0.94527	3.1926	-	-	42.900	1.6000
21	0.91000	5.4409	90.000	-196.96	0.0000	0.0000
22	0.94661	2.9278	-	30.000	24.800	12.700
23	0.95158	3.1085	-	-	35.000	16.000
24	0.93000	4.8245	25.000	52.804	23.800	10.500
25	1.00000	-1.2146	-	22.833	18.700	15.000
26	1.02285	1.2652	-	-	-573.40	-345.00
27	1.03324	0.2738	-	-	7.0000	4.0000
28	1.02088	1.0965	-	-	35.900	10.900
29	1.01817	0.9461	-	-	35.800	15.600
30	1.01189	1.5098	-	-	16.400	10.000
31	1.00357	-0.0844	-	-	12.000	6.0000
32	1.00192	-0.1703	-	-	37.000	27.500
33	1.02000	3.3005	410.300	-28.685	0.0000	0.0000
34	1.02700	-0.9467	-	-	26.600	9.7000
35	0.98120	-4.4345	-	-	20.500	8.0000

36	0.97217	-5.1618	-	-	28.200	10.900
37	0.97197	-5.2002	-		31.900	11.000
38	1.02000	4.4706	200.400	106.655	11.600	3.2000
39	1.01458	1.4754	-	-	57.900	22.100
40	1.01000	1.8340	59.200	-76.139	0.000	0.0000
41	1.01306	1.1400	-	-	38.300	25.000
42	1.01486	1.1790	-	-	33.500	18.700
43	1.01486	1.1720	-	-	12.700	6.400
44	1.01465	1.1665	-	-	21.200	10.600
45	1.01290	0.5271	-	-	87.000	44.000
46	1.01363	1.1696	-	-	28.900	11.700
47	1.00871	0.0183	-	-	100.30	32.100
48	1.00759	-0.1090	-	-	67.100	32.700
49	1.00660	-0.1001	-	-	48.300	24.100
50	1.00508	-0.1745	-	-	22.500	13.700
51	1.00744	-0.1283	-	-	14.400	7.400
52	1.00723	-0.1430	-	-	32.000	15.600
53	1.00745	-0.1328	-	-	32.800	14.800
54	1.01173	1.1367	-	-	36.900	19.100
55	1.03754	-0.1955	-	-	6.2000	2.7000
56	0.97172	2.2938	-	-	73.700	42.500
57	1.03306	0.2236	-	-	17.200	7.8000
58	1.03124	0.1217	-	-	31.700	17.500
59	1.03699	-0.1863	-	-	27.500	20.600
60	1.02147	-1.7321	-	-	28.600	18.800
61	1.00956	-2.2562	-	-	39.000	27.300
62	1.01978	-2.8122	-	-	31.200	19.100
63	1.02085	-3.3112	-	-	41.600	-39.700
64	1.02009	-3.3525	-	-	11.300	7.000
65	1.01430	0.3270	-	-	46.800	6.5000
66	1.01091	0.0095	-	-	50.700	23.800
67	1.00888	-0.1142	-	-	13.600	7.4000
68	0.99847	-1.2183	-	-	0.0000	0.000
69	0.99833	-1.2158	-	-	39.800	23.400
70	1.00189	-0.8653	-		30.400	15.600
71	1.02067	-3.3201	-	-	11.300	7.0000
72	1.01282	0.5178	-	-	16.000	2.7000

Tabel 4.9.
Hasil Perhitungan Aliran Daya Antar Saluran Pada Kondisi Akhir

No.	Saluran		Daya		Saluran		Daya	
	Dari	Ke	P(MW)	Q(MVAR)	Dari	Ke	P(MW)	Q(MVAR)
1	1	27	-56.526	125.229	27	1	56.754	-124.414
2	1	45	-23.868	185.214	45	1	24.926	-182.547
3	1	55	116.640	39.781	55	1	-116.499	-39.559
4	1	59	170.760	73.735	59	1	-170.504	-73.151
5	2	5	219.474	-61.686	5	2	-196.388	73.106
6	2	7	327.831	23.957	7	2	-322.430	-6.992
7	3	4	25.424	13.554	4	3	-25.400	-14.138
8	3	8	-184.318	78.194	8	3	187.905	-68.078
9	3	15	149.370	-37.647	15	3	-147.009	38.332
10	3	16	167.162	36.229	16	3	-165.861	-32.864
11	3	38	-184.638	-102.428	38	3	188.800	104.465
12	5	6	84.603	-33.977	6	5	-85.755	-31.863
13	5	11	86.487	-38.872	11	5	-85.601	39.776
14	6	13	8.941	-0.571	13	6	-8.902	-1.730
15	6	14	34.314	-9.440	14	6	-34.073	9.260
16	7	8	298.694	-1.345	8	7	-291.788	22.880
17	7	9	17.537	7.565	9	7	-17.5	-8.073
18	8	10	65.283	32.928	10	8	-64.516	-33.566
19	10	12	18.198	12.803	12	10	-18.104	-13.442
20	10	13	4.920	8.252	13	10	-4.877	-9.920
21	11	13	66.598	-7.338	13	11	-66.092	6.724
22	12	13	-9.895	5.078	13	12	9.916	-5.840
23	13	14	6.459	-8.725	14	13	-6.426	6.954
24	15	16	103.686	-125.706	16	15	-102.457	126.125
25	15	23	29.323	83.680	23	15	-28.892	-85.393
26	16	17	22.630	4.441	17	16	-22.600	-4.960
27	16	18	21.248	26.258	18	16	-21.070	-26.512
28	16	19	15.335	30.643	19	16	-15.102	-30.933
29	16	46	116.716	-203.720	46	16	-113.814	213.311
30	16	56	74.090	43.218	56	16	-73.700	-42.198
31	18	19	-3.130	19.143	19	18	3.169	-19.535
32	19	20	-13.666	66.188	20	19	14.012	-66.462
33	20	21	-87.937	160.733	21	20	90.722	-152.834
34	20	22	24.849	-18.914	22	20	-24.800	-18.178
35	20	23	6.176	-75.474	23	20	-6.108	74.935
36	21	24	-0.722	-42.644	24	21	1.200	42.944
37	25	69	3.611	8.421	69	25	-3.606	-10.383
38	25	70	-22.311	-0.587	70	25	22.353	0.194
39	26	27	136.012	-123.208	27	26	-135.249	125.074
40	26	28	35.938	10.672	28	26	-35.900	-15.248
41	26	29	35.879	15.163	29	26	-35.800	-15.248
42	26	30	16.619	9.309	30	26	-16.400	-9.642

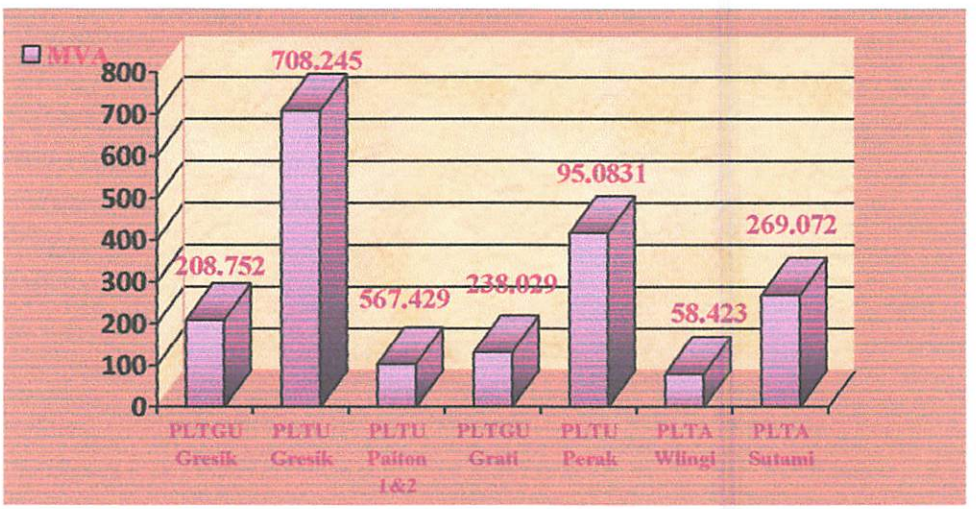
43	26	31	49.199	32.030	31	26	-49.021	-31.245
44	26	39	-9.094	65.836	39	26	9.263	-66.256
45	26	42	24.723	76.447	42	26	-24.646	-77.339
46	26	46	82.531	201.458	46	26	-82.121	-200.158
47	26	65	121.168	33.853	65	26	-120.698	-32.169
48	26	66	80.426	23.441	66	26	-80.000	-22.577
49	27	57	71.495	-2.631	57	27	-71.481	2.213
50	31	32	37.021	26.192	32	31	-37.000	-26.797
51	33	39	37.021	26.192	39	33	-407.050	40.109
52	34	35	83.066	27.864	35	34	-80.930	-23.303
53	34	55	-109.666	-37.564	55	34	110.299	38.269
54	35	36	29.133	8.282	36	35	-28.977	-8.659
55	35	37	31.297	8.514	37	35	-31.123	-8.820
56	36	37	0.777	-1.428	37	36	-0.777	0.021
57	39	40	-58.992	75.684	40	39	59.200	-75.557
58	39	41	145.456	-4.683	41	39	-145.210	5.228
59	39	42	253.422	-64.577	42	39	-253.156	65.606
60	41	45	106.910	-29.930	45	41	-106.574	30.359
61	42	43	12.701	-14.012	43	42	-12.700	3.807
62	42	44	21.204	-3.090	44	42	-21.200	-3.754
63	42	45	173.398	-6.499	45	42	-172.989	7.447
64	42	54	37.000	18.446	54	42	-36.900	-18.732
65	45	46	-166.648	23.716	46	45	167.035	-22.868
66	45	47	318.284	78.518	47	45	-317.655	-75.824
67	45	72	16.001	2.539	72	45	-16.000	-2.618
68	47	48	217.355	44.172	48	47	-217.210	-43.722
69	48	49	70.892	36.640	49	48	-70.817	-36.696
70	48	51	46.414	-12.334	51	48	-46.405	4.643
71	48	53	32.804	-13.203	53	48	-32.800	-0.794
72	49	50	22.517	12.677	50	49	-22.500	-13.165
73	51	52	32.005	-4.340	52	51	-32.000	-5.627
74	57	58	31.726	16.500	58	57	-31.700	-16.958
75	57	59	22.555	-26.033	59	57	-22.467	24.333
76	59	60	165.472	30.369	60	59	-163.782	-26.947
77	60	61	39.227	23.231	61	60	-39.000	-24.966
78	60	62	95.954	-13.665	62	60	-95.579	12.395
79	62	63	64.379	-28.448	63	62	-64.205	28.101
80	63	64	11.304	5.805	64	63	-11.300	-6.396
81	63	71	11.301	6.732	71	63	-11.300	-6.865
82	65	66	73.898	26.235	66	65	-73.796	-26.056
83	66	67	13.614	4.565	67	66	-13.600	-5.965
84	66	70	89.482	21.689	70	66	-89.022	-21.506
85	68	69	0.000	-0.000	69	68	0.000	-0.528
86	69	70	-36.194	-9.987	70	69	36.270	8.924

Tabel 4.10.
Total Pembangkitan, Pembebanan dan Rugi-rugi Saluran Setelah Optimasi

Pembangkitan		Pembebanan		Rugi-rugi	
Aktif (MW)	Reaktif (MVAR)	Aktif (MW)	Reaktif (MVAR)	Aktif (MW)	Reaktif (MVAR)
1557,006	**420,539**	**1480,5**	**521,90**	**76.506**	**101.361**

Tabel 4.11.
Hasil Perhitungan Daya Yang Dibangkitkan Pada Kondisi Akhir

No.	Nama Pembangkit	Daya Yang Dibangkitkan		Dirubah ke Daya Semu (MVA)
		(MW)	(MVAR)	
1	PLTGU- Gresik	207.006	-26.945	208.752
2	PLTU- Gresik	565.100	426.935	708.245
3	PLTU Paiton 1 & 2	90.000	51.368	103.627
4	PLTGU Grati	25.000	128.443	130.853
5	PLTU Perak	410.300	-74.406	416.992
6	PLTA Wlingi	59.200	52.804	79.327
7	PLTA Sutami	200.400	-179.555	269.072



Grafik 4.2
Hasil Perhitungan Daya Yang Dibangkitkan Tiap Unit Pembangkit
Pada Kondisi Akhir

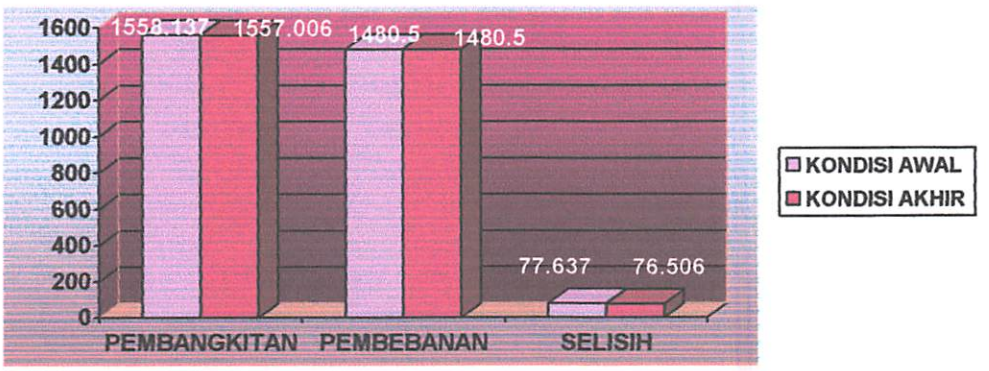
4.9. Perbandingan Hasil Perhitungan Sebelum dan Setelah Kompensasi Daya Reaktif Menggunakan Metode *Improving Strenght Pareto Evolutionary Algorithm*

Dari semua hasil perhitungan diatas maka bisa dibuat tabel-tabel perbandingan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai.

Tabel 4.12.
Perbandingan Total Daya Aktif Pembangkitan, Pembebanan dan Rugi-rugi Saluran Pada Kondisi Awal dan Kondisi Akhir

Pembangkitan		Pembebanan		Rugi-rugi	
Kondisi Awal (MW)	Kondisi Akhir (MW)	Kondisi Awal (MW)	Kondisi Akhir (MW)	Kondisi Awal (MW)	Kondisi Akhir (MW)
1558.137	1557,006	1480.5	1480,5	77.637	76.506

Grafik 4.3.
Perbandingan Total Daya Aktif Pembangkitan, Pembebanan dan Rugi-rugi Saluran Pada Kondisi Awal dan Kondisi Akhir



4.9.1. Perbandingan Tingkat Tegangan dan Sudut Tegangan Pada Tiap Bus

Berikut ini adalah tabel perbandingan tingkat tegangan dan sudut tegangan pada tiap bus :

Tabel 4.13.
Perbandingan Tingkat Tegangan dan Sudut Tegangan Pada Tiap Bus

No.	Sebelum Kompensasi		Sesudah Kompensasi	
	Tegangan (pu)	Sudut Tegangan (deg)	Tegangan (pu)	Sudut Tegangan (deg)
1	1.04	0.0000	1.04000	0.0000
2	1.03	15.57451	1.03000	15.725
3	0.9945	4.30615	0.99593	4.3051
4	0.9867	4.19053	0.99387	4.1898
5	1.013	11.11615	0.95254	9.7092
6	0.991	8.45522	0.95848	7.0755
7	1.016	12.50474	1.01026	12.548
8	0.998	8.03895	0.98993	7.9427
9	1.0107	12.21342	1.00577	12.258
10	0.993	6.92153	0.96454	6.4336
11	1.005	9.14338	0.95676	7.8130
12	1.00	6.67224	0.95328	5.9293
13	0.998	7.32694	0.95170	6.3008
14	0.975	7.02628	0.95774	5.6885
15	0.982	3.48641	0.98383	3.4642
16	0.9815	2.94535	0.98321	2.9338
17	0.98009	2.90882	0.98177	2.8974
18	0.96362	2.56387	0.96647	2.5380
19	0.95691	2.74554	0.96048	2.7082
20	0.94046	3.25240	0.94527	3.1926
21	0.91	5.42715	0.91000	5.4409
22	0.93756	3.07345	0.94661	2.9278
23	0.94734	3.15999	0.95158	3.1085
24	0.93	4.81066	0.93000	4.8245
25	1.00	-1.22137	1.00000	-1.2146
26	1.0226	1.26346	1.02285	1.2652
27	1.0332	0.27329	1.03324	0.2738
28	1.02061	1.09468	1.02088	1.0965
29	1.01791	0.94422	1.01817	0.9461
30	1.01163	1.50826	1.01189	1.5098
31	1.00331	-0.08689	1.00357	-0.0844
32	1.00165	-0.17287	1.00192	-0.1703
33	1,02	3.29567	1.02000	3.3005

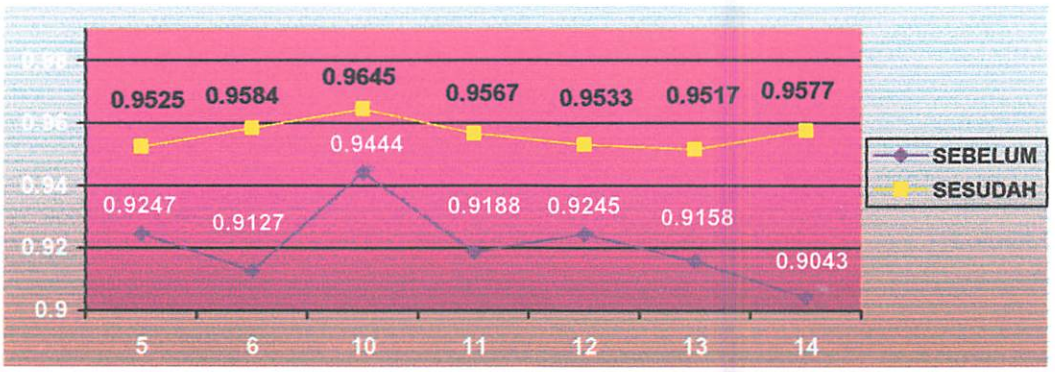
34	1.02700	-0.94669	1.02700	-0.9467
35	0.98120	-4.43449	0.98120	-4.4345
36	0.97217	-5.16185	0.97217	-5.1618
37	0.97197	-5.20022	0.97197	-5.2002
38	1,02	4.35745	1.02000	4.4706
39	1.01445	1.47226	1.01458	1.4754
40	1,01	1.82875	1.01000	1.8340
41	1.01289	1.13720	1.01306	1.1400
42	1.01469	1.17635	1.01486	1.1790
43	1.01469	1.16935	1.01486	1.1720
44	1.01448	1.16386	1.01465	1.1665
45	1.01267	0.52514	1.01290	0.5271
46	1.0132	1.16834	1.01363	1.1696
47	1.00848	0.01602	1.00871	0.0183
48	1.00735	-0.11133	1.00759	-0.1090
49	1.00636	-0.10246	1.00660	-0.1001
50	1.00485	-0.17687	1.00508	-0.1745
51	1.00720	-0.13072	1.00744	-0.1283
52	1.00699	-0.14540	1.00723	-0.1430
53	1.00721	-0.13523	1.00745	-0.1328
54	1.01156	1.13404	1.01173	1.1367
55	1.03754	-0.19550	1.03754	-0.1955
56	0.97003	2.30315	0.97172	2.2938
57	1.03298	0.22310	1.03306	0.2236
58	1.03118	0.12118	1.03124	0.1217
59	1.03698	-0.18637	1.03699	-0.1863
60	1.02146	-1.73223	1.02147	-1.7321
61	1.00955	-2.25633	1.00956	-2.2562
62	1.01977	-2.81238	1.01978	-2.8122
63	1.02085	-3.31132	1.02085	-3.3112
64	1.02008	-3.35262	1.02009	-3.3525
65	1.01409	0.32432	1.01430	0.3270
66	1.01072	0.00638	1.01091	0.0095
67	1.00869	-0.11748	1.00888	-0.1142
68	0.99844	-1.22438	0.99847	-1.2183
69	0.99829	-1.22186	0.99833	-1.2158
70	1.00180	-0.87050	1.00189	-0.8653
71	1.02066	-3.32024	1.02067	-3.3201
72	1.01259	0.51574	1.01282	0.5178

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa tegangan pada tiap bus setelah dilakukan kompensasi masih dalam batas yang diijinkan yaitu antara -5% sampai +5% dari tegangan nominal. Sedangkan sudut tegangan

setelah kompensasi menjadi lebih baik.

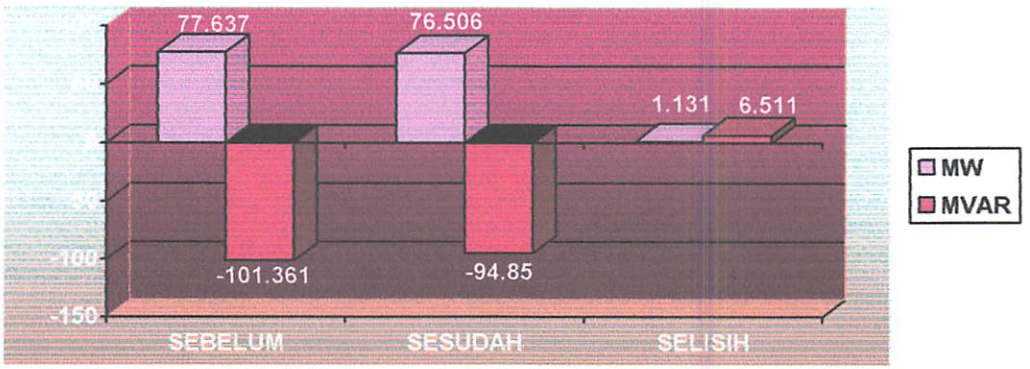
Grafik 4.4.

Perbandingan Profil Tegangan Untuk Bus-bus yang Mengalami Kenaikan Tegangan Secara Signifikan



4.9.2 Perbandingan Tingkat Rugi Daya Aktif dan Daya Reaktif Pada Saluran Transmisi.

Untuk rugi daya pada saluran pada kondisi awal adalah 77,637-j101,361 MVA, sedangkan rugi daya pada kondisi akhir setelah pemasangan kapasitor adalah 76,506-j94,850 MVA. Dari hasil perhitungan, selisih rugi daya turun menjadi 1,131MW+j6,511 MVA.



Grafik 4.5

Perbandingan Rugi Daya

4.10. Uji Validasi Menggunakan *Software ETAP POWERSTATION* 4.0.0

4.10.1. Data Sistem Transmisi 150 kV Region IV Jawa Timur

Untuk memperoleh validasi terhadap program perhitungan menggunakan metode SPEA2 ini, maka diperlukan pengujian dengan menggunakan program lain yaitu *Software ETAP POWERSTATION* 4.0.0. Data inputan berupa Data Sistem Transmisi 150 kV Region IV Jawa Timur. Dengan memasukkan data inputan tersebut kedalam *Software ETAP*, maka hasil akhir dapat diketahui untuk kemudian dianalisa dengan cara membandingkan hasil akhir yang diberikan oleh *Software ETAP* dengan program *Borland Delphi 7.0* berdasarkan metode SPEA2.

Berikut adalah tabel perbandingan hasil total rugi-rugi daya sebelum dan sesudah kompensasi.

Tabel 4.14
Perbandingan Rugi-rugi Daya Aktif Total
Sebelum dan Sesudah Kompensasi

KONDISI	*Borland Delphi 7.0* Berdasarkan Metode SPEA2	*Software ETAP POWERSTATION* 4.0.0
	P (MW)	P (MW)
SEBELUM	77,637	73,731
SESUDAH	76,506	73,507

Untuk mengetahui kesalahan perhitungan pada *Borland Delphi 7.0* berdasarkan metode SPEA2 terhadap *Software ETAP POWERSTATION* 4.0.0. sebagai program yang memiliki validitas yang baik maka digunakan rumus % Error sebagai berikut:

$$\% \text{ Error} = \frac{\text{Hasil } \textit{Delphi} - \text{Hasil } \textit{Etap}}{\text{Hasil } \textit{Etap}} \times 100\ \%$$

$$= \frac{76{,}506 - 73{,}507}{73{,}507} \times 100\ \%$$

$$= 4{,}08\ \%$$

Dengan demikian kesalahan perhitungan program dengan metode SPEA2 sebesar 4,08 %

BAB V

KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan analisa mengenai penentuan letak dan kapasitas kapasitor pada jaringan transmisi 150 kV Region IV Jawa Timur dengan menggunakan metode *Improving Strenght Pareto Evolutionary Algorithm* (SPEA2), maka dapat diambil kesimpulan:

1. Berdasarkan hasil perhitungan dengan metode *Improving Strenght Pareto Evolutionary Algorithm* (SPEA2), letak kapasitor yang optimal terletak pada bus 7, 12, 15 dan 23. serta kapasitas kapasitor masing-masing adalah 30, 35, 25 dan 30 MVAR.
2. Dari hasil perhitungan aliran daya pada saluran transmisi 150 kV Region IV Jawa Timur setelah dilakukan penempatan kapasitor, maka terjadi kenaikan profil tegangan pada beberapa bus secara signifikan yaitu: bus #5, tegangannya naik dari 0,92477 p.u menjadi 0,95254 p.u; bus #6, tegangannya naik dari 0,91271 p.u menjadi 0,95848 p.u; bus # 10 tegangannya naik dari 0,94442 p.u menjadi 0,96454 p.u; bus #11, tegangannya naik dari 0,91888 p.u menjadi 0,95676 p.u; bus #12, tegangannya naik dari 0,92451 p.u menjadi 0,95328 p.u; bus #13, tegangannya naik dari 0.91558 p.u menjadi 0.95170 p.u; bus #14, tegangannya naik dari 0,90432 p.u menjadi 0,95774 p.u.

3. Besar rugi daya mengalami penurunan yaitu rugi daya saluran pada kondisi awal adalah 77,637 - j101,361 MVA, sedangkan rugi daya pada kondisi akhir setelah pemasangan kapasitor adalah 76,506 - j94,850 MVA. Dari hasil perhitungan, selisih rugi daya turun menjadi 1,131 - J 6,511 MVA.

5.2. Saran – saran

Meningkatnya kebutuhan masyarakat akan energi listrik selalu bertambah, sehingga diperlukan penyediaan energi listrik yang baik dan keandalan sistem dalam penyaluranya kepada masyarakat harus baik juga. Berbagai cara telah dilakukan oleh PLN guna memenuhi kebutuhan itu.

Salah satu metode yang bermanfaat dalam mengoptimalkan suplay daya dari pembangkit sampai ke beban telah disampaikan penulis melalui skripsi ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1]. Houssem BEN ARIBIA, Hsan Hadj ABDALLAH, "***Multi Objective Reactive Dispatch Optimization of an Electrical Network***", Leonardo Journal of Science, Issue 10, Januari – Juni 2007.

[2]. Baran B, Vallejos J, Ramos, Fernandez U, "***Reactive Power Compensation using a Multi-objective Evolutionary Algorithm***" IEEE Porto Power Tech Conference, Porto, Portugal September, 2001

[3]. Marsudi Djiteng, Ir, "**Operasi Sistem Tenaga Listrik**", Balai Penerbit dan Humas Institut Sains dan Teknologi Nasional, 1990, Jakarta.

[4]. Stevenson, William D, Jr, "**Analisa System Tenaga Listrik**", Penerbit Erlangga edisi keempat, 1996

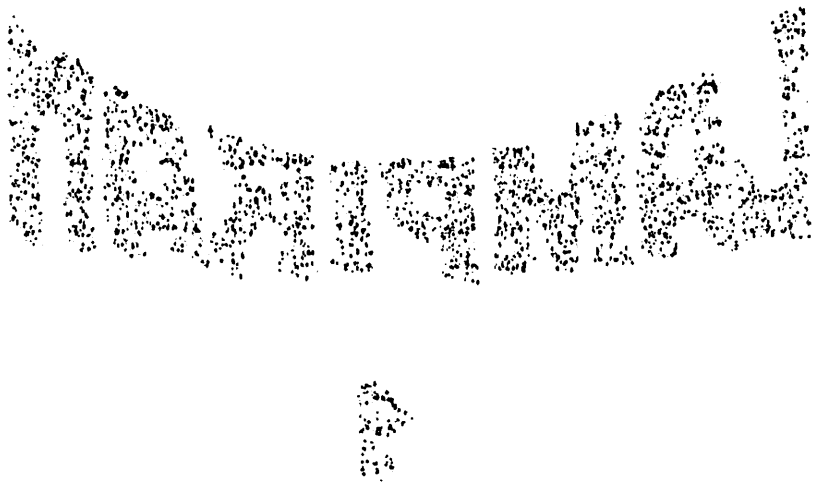
[5]. Bisri Hasan, "**Sistem Distribusi**", Balai Penerbit dan Humas ISTN, 1990.

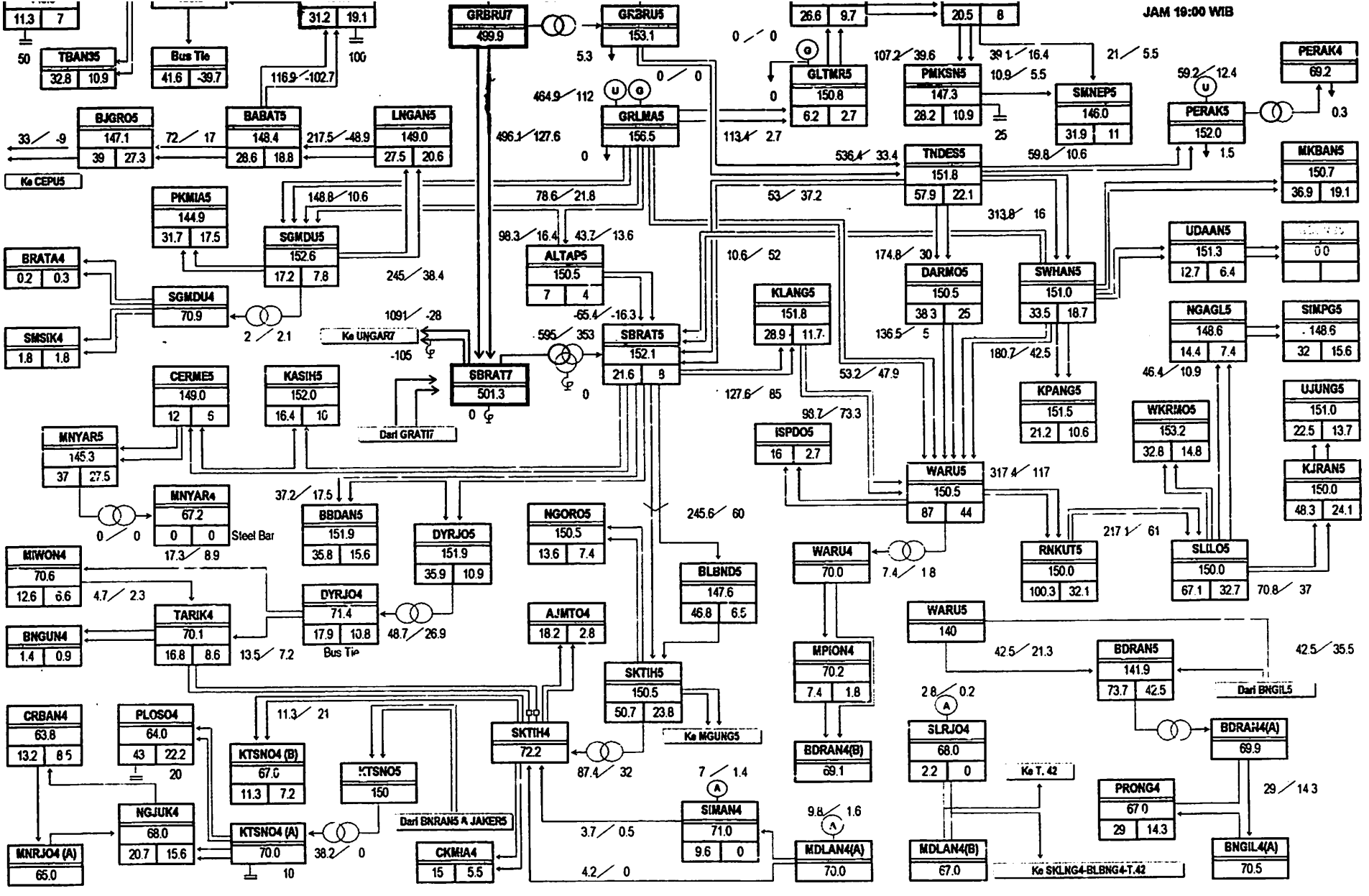
[6]. Kusumadewi Sri, "***Artificial Intellegence*** **(Teknik dan Aplikasinya)**", Graha Ilmu, Yogyakarta, 2003.

[7]. Gen Mitsuo, Cheng Runwei, " ***Genetic Algorithm And Engineering Design***", (John Wiley & Son, Inc.), 1994.

LAMPIRAN

1





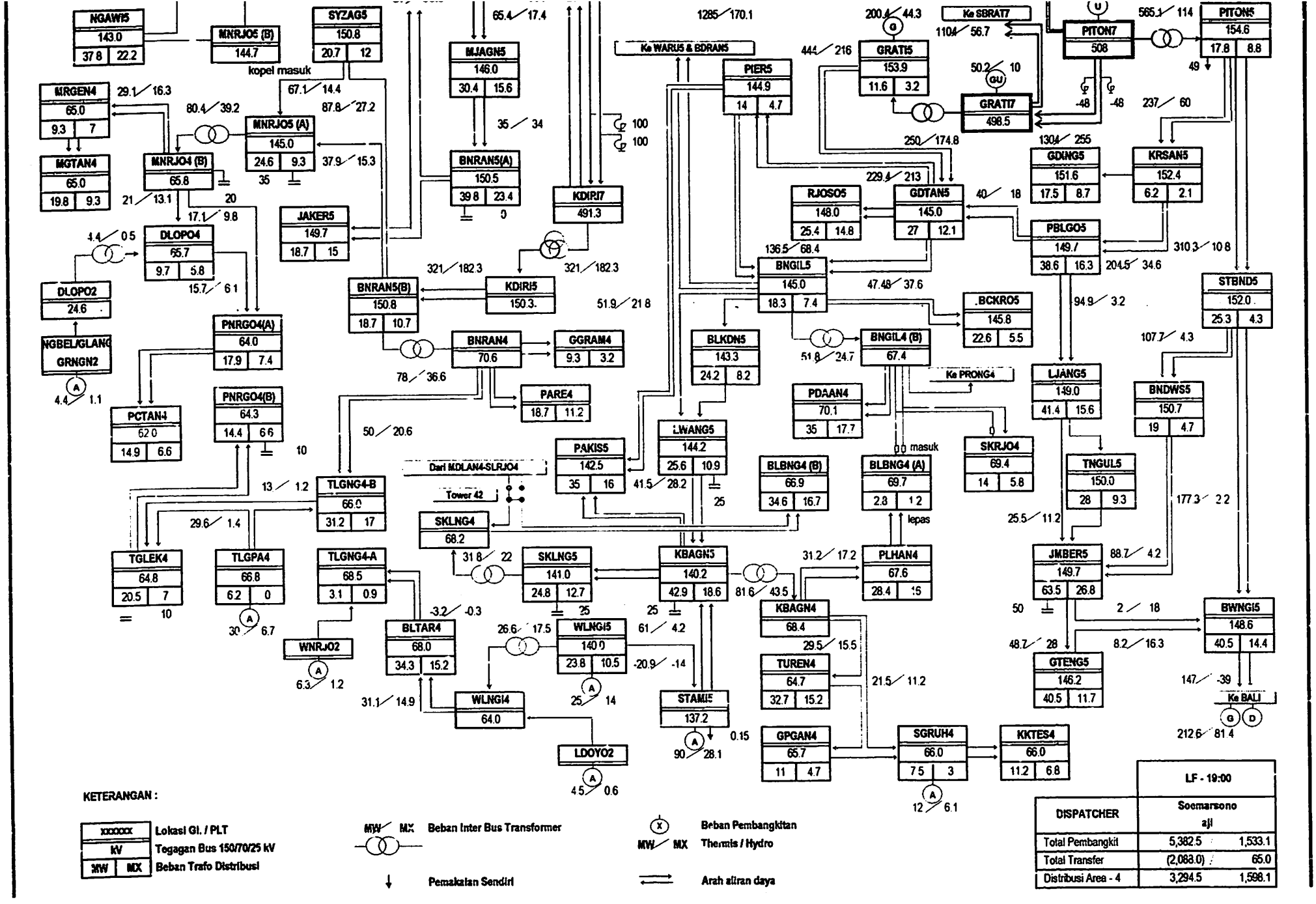
Pemyaluran Terbuka Normal

Gi Sktih pht 70 kV Tarik-1,2	Gi Mnrjo Koppel Bus 150 kV	Gi Pnrgo Koppel Bus 70 kV	Pmt 150 kV Pht Bjgro-1,2 di Cepu	-
Gi Blbng pht 70 kV Plhan-1,2	Gi Mnrjo Koppel Bus 70 kV	Gi Tlgng Koppel Bus 70 kV	-	-
Gi Skrjo pht 70 kV Bngil-Blbng-2	GIS Waru Koppel Bus 150 kV	Gi Ktsno Koppel Bus 70 kV	-	-

CATATAN :

Beban Pembangkit = netto

P.S hanya untuk diketahui.


NGAWI5 143.0 37.8 22.2
MNRJO5 (B) 144.7
kopel masuk
SYZAG5 150.8 20.7 12
MJAGN5 146.0 30.4 15.6
Ke WARUS & BDRAN5
PIER5 144.9 14 4.7
GRATI5 153.9 11.6 3.2
Ke SBRAT7
PITON7 508
PITON5 154.6 17.8 8.8
GRATI7 498.5
MRGEN4 65.0 9.3 7
MGTAN4 65.0 19.8 9.3
MNRJO4 (B) 65.8
MNRJO5 (A) 145.0 24.6 9.3
BNRAN5(A) 150.5 39.8 23.4
KDIRI7 491.3
GDING5 151.6 17.5 8.7
KRSAN5 152.4 6.2 2.1
RJOSO5 148.0 25.4 14.8
GDTAN5 145.0 27 12.1
JAKER5 149.7 18.7 15
DLOPO4 65.7 9.7 5.8
DLOPO2 24.6
PBLGO5 149.7 38.6 16.3
BNGIL5 145.0 18.3 7.4
BNRAN5(B) 150.8 18.7 10.7
KDIRI5 150.3
STBND5 152.0 25.3 4.3
BCKRO5 145.8 22.6 5.5
NGBEL/GLANG GRNGN2
PNRGO4(A) 64.0 17.9 7.4
BNRAN4 70.6
GGRAM4 9.3 3.2
BLKDN5 143.3 24.2 8.2
BNGIL4 (B) 67.4
Ke PRONG4
LJANG5 149.0 41.4 15.6
BNDWS5 150.7 19 4.7
PARE4 18.7 11.2
PDAAN4 70.1 35 17.7
PCTAN4 62.0 14.9 6.6
PNRGO4(B) 64.3 14.4 6.6
LWANG5 144.2 25.6 10.9
SKRJO4 69.4 14 5.8
PAKIS5 142.5 35 16
Dari MDLAN4-SLRJO4
BLBNG4 (B) 66.9 34.6 16.7
BLBNG4 (A) 69.7 2.8 1.2
TNGUL5 150.0 28 9.3
TLGNG4-B 66.0 31.2 17
Tower 42
SKLNG4 68.2
TGLEK4 64.8 20.5 7
TLGPA4 66.8 6.2 0
TLGNG4-A 68.5 3.1 0.9
SKLNG5 141.0 24.8 12.7
KBAGN5 140.2 42.9 18.6
PLHAN4 67.6 28.4 15
JMBER5 149.7 63.5 26.8
BWNGI5 148.6 40.5 14.4
WNRJO2
BLTAR4 68.0 34.3 15.2
WLNGI5 140.0 23.8 10.5
KBAGN4 68.4
TUREN4 64.7 32.7 15.2
GTENG5 146.2 40.5 11.7
WLNGI4 64.0
STAMI5 137.2
Ke BALI
LDOYO2
GPGAN4 65.7 11 4.7
SGRUH4 66.0 7.5 3
KKTES4 66.0 11.2 6.8
KETERANGAN :
Lokasi Gi. / PLT
Tegangan Bus 150/70/25 kV
Beban Trafo Distribusi
Beban Inter Bus Transformer
Pemakaian Sendiri
Beban Pembangkitan
Thermis / Hydro
Arah aliran daya
LF - 19:00
DISPATCHER
Soemarsono aji
Total Pembangkit 5,382.5 1,533.1
Total Transfer (2,088.0) 65.0
Distribusi Area - 4 3,294.5 1,598.1

DATA KARAKTERISTIK TRANSMISI UPT & SRB

Jml Strkit	Dari	Ke	No. Strkit	Data _ Penghantar				I Nom	Tap CT		Tap WT		R	X	B	R	X	B	Z act	Z base	Z pu	R pu	X pu	B pu	Daya	Keterangan
				Teg (kV)	Jarak (Km)	Jenis		(Amp)	Dari	Ke	Dari	Ke	(Ohm/km)	(Ohm/km)	(MyS/km)	(Ohm)	(Ohm)	(Ohm)	(Ohm)	(Ohm)	(Ohm)	(Ohm)	(Ohm)	(Ohm)	(MVA)	
				(1)	(2)								(3)	(4)	(5)	(6)=(2)x(3)	(7)=(2)x(4)	(8)=(2)x(5)	(9)=akar (6)^2+(7)^2	(10)=(1)^2/100	(11)=(9)/(10)	(12)=(6)/(10)	(13)=(7)/(10)	(14)=(8)/(kV^2)0,1975	(15)=(1)x(A)x1,732/1000	MVA base = 100 150 kV = 0,1975 70 kV = 4,163
1. UPT Surabaya																										
1	WARU5	SWHAN5	1	150	10.730	ACSR	2 x 340 mm^2	1480	2000	2000			0.0586	0.2815	4.0740	0.6288	3.0205	43.7140	3.0852	225.0000	0.0137	0.0028	0.0134	0.0098	384.5040	
1	WARU5	SWHAN5	2	150	10.730	ACSR	2 x 340 mm^2	1480	2000	2000			0.0586	0.2815	4.0740	0.6288	3.0205	43.7140	3.0852	225.0000	0.0137	0.0028	0.0134	0.0098	384.5040	
1	WARU5	KRPLG5	1	150	10.740	ACSR	2 x 340 mm^2	1480	2000	2000	2000	2000	0.0586	0.2815	4.0740	0.6294	3.0233	43.7548	3.0881	225.0000	0.0137	0.0028	0.0134	0.0098	384.5040	
1	WARU5	KRPLG5	2	150	10.740	ACSR	2 x 340 mm^2	1480	2000	2000	2000	2000	0.0586	0.2815	4.0740	0.6294	3.0233	43.7548	3.0881	225.0000	0.0137	0.0028	0.0134	0.0098	384.5040	
1	WARU5	GRSIK5	1	150	24.700	ACSR	2 x 340 mm^2	1480	2000	2000	2000	1600	0.0586	0.2815	4.0740	1.4474	6.9531	100.6278	7.1021	225.0000	0.0316	0.0064	0.0309	0.0226	384.5040	
1	WARU5	GRSIK5	2	150	24.700	ACSR	2 x 340 mm^2	1480	2000	2000	2000	1600	0.0586	0.2815	4.0740	1.4474	6.9531	100.6278	7.1021	225.0000	0.0316	0.0064	0.0309	0.0226	384.5040	
1	WARU5	DGRAN5	1	150	10.670	ACSR	340 mm^2	740	1000	1000	1600	1250	0.1172	0.4003	2.8530	1.2505	4.2712	30.4415	4.4505	225.0000	0.0198	0.0056	0.0190	0.0069	192.2520	
1	WARU5	DGRAN5	2	150	10.670	ACSR	340 mm^2	740	1000	1000	1600	1250	0.1172	0.4003	2.8530	1.2505	4.2712	30.4415	4.4505	225.0000	0.0198	0.0056	0.0190	0.0069	192.2520	
1	WARU5	RNKUT5	1	150	4.760	ACSR	2 x 330 mm^2	1480	2000	2000	2000	1600	0.0586	0.2815	4.0740	0.2789	1.3399	19.3922	1.3687	225.0000	0.0061	0.0012	0.0060	0.0044	384.5040	
1	WARU5	RNKUT5	2	150	4.760	ACSR	2 x 330 mm^2	1480	2000	2000	2000	1600	0.0586	0.2815	4.0740	0.2789	1.3399	19.3922	1.3687	225.0000	0.0061	0.0012	0.0060	0.0044	384.5040	
1	WARU5	BDRAN5	1	150	7.620	ACSR AW	330 mm^2	740	1000	1000	800	1250	0.1172	0.4003	2.8530	0.9001	3.0743	21.9110	3.2034	225.0000	0.0142	0.0040	0.0137	0.0049	192.2520	
1	WARU5	BNGIL5	1	150	21.750	ACSR	330 mm^2	740	1000	1000	1600	1600	0.1172	0.4003	2.8530	2.5491	8.7065	62.0528	9.0720	225.0000	0.0403	0.0113	0.0387	0.0140	192.2520	
1	WARU5	ISPDO5	1	150	1.200	ACSR AW	330 mm^2	740	1000	1000	1250	1250	0.1172	0.4003	2.8530	0.1406	0.4804	3.4236	0.5005	225.0000	0.0022	0.0006	0.0021	0.0008	192.2520	
1	WARU5	ISPDO5	2	150	1.200	ACSR AW	330 mm^2	740	1000	1000	1600	1250	0.1172	0.4003	2.8530	0.1406	0.4804	3.4236	0.5005	225.0000	0.0022	0.0006	0.0021	0.0008	192.2520	
1	BDRAN5	BNGIL5	1	150	19.310	ACSR AW	330 mm^2	740	800	800	800	800	0.1172	0.4003	2.8530	2.2631	7.7298	55.0914	8.0543	225.0000	0.0358	0.0101	0.0344	0.0124	192.2520	
1	BBDAN5	DRYJO5	1	150	13.200	ACSR	330 mm^2	740	1600	1600	1600	1250	0.1172	0.4003	2.8530	1.5470	5.2840	37.6596	5.5058	225.0000	0.0245	0.0069	0.0235	0.0085	192.2520	
1	BBDAN5	SBRAT5	1	150	10.400	ACSR	330 mm^2	740	1600	1600	1600	1600	0.1172	0.4003	2.8530	1.2189	4.1631	8.8712	4.3379	225.0000	0.0193	0.0054	0.0185	0.0020	192.2520	
1	SLILO5	RNKUT5	1	150	6.810	ACSR	2 x 330 mm^2	1480	1600	1600	1600	1600	0.0586	0.2815	4.0740	0.3991	1.9170	27.7439	1.9581	225.0000	0.0087	0.0018	0.0085	0.0062	384.5040	
1	SLILO5	RNKUT5	2	150	6.810	ACSR	2 x 330 mm^2	1480	1600	1600	1600	1600	0.0586	0.2815	4.0740	0.3991	1.9170	27.7439	1.9581	225.0000	0.0087	0.0018	0.0085	0.0062	384.5040	
1	SLILO5	NGGEL5	1	150	2.980	TAIHAN O F C	3 x 800 mm^2	740	1000	1000			0.0503	0.1063	113.1800	0.1499	0.3168	337.2764	0.3504	225.0000	0.0016	0.0007	0.0014	0.0759	192.2520	
1	SLILO5	NGGEL5	2	150	2.980	TAIHAN O F C	3 x 800 mm^2	740	1000	1000			0.0503	0.1063	113.1800	0.1499	0.3168	337.2764	0.3504	225.0000	0.0016	0.0007	0.0014	0.0759	192.2520	
1	SLILO5	KJRAN5	1	150	4.370	ACSR	330 mm^2	740	1600	1600	1250	1600	0.1172	0.4003	0.8530	0.5122	1.7493	3.7276	1.8227	225.0000	0.0081	0.0023	0.0078	0.0008	192.2520	
1	SLILO5	KJRAN5	2	150	4.370	ACSR	330 mm^2	740	1600	1600	1250	1250	0.1172	0.4003	0.8530	0.5122	1.7493	3.7276	1.8227	225.0000	0.0081	0.0023	0.0078	0.0008	192.2520	
1	SLILO5	WKRMO5	1	150	5.250	N K F O F C	1 x 800 mm^2	950	0	0			0.0338	0.1097	116.8000	0.1775	0.5759	613.2000	0.6026	225.0000	0.0027	0.0008	0.0026	0.1380	249.4080	
1	SLILO5	WKRMO5	2	150	5.250	N K F O F C	1 x 800 mm^2	960	0	0			0.0338	0.1097	116.8000	0.1775	0.5759	613.2000	0.6026	225.0000	0.0027	0.0008	0.0026	0.1380	249.4080	
1	NGGEL5	SIMPG5	1	150	3.860	TAIHAN O F C	3 x 800 mm^2	740	1000	1000			0.0503	0.1063	113.1800	0.1942	0.4103	436.8748	0.4539	225.0000	0.0020	0.0009	0.0018	0.0983	192.2520	
1	NGGEL5	SIMPG5	2	150	3.860	TAIHAN O F C	3 x 800 mm^2	740	1000	1000			0.0503	0.1063	113.1800	0.1942	0.4103	436.8748	0.4539	225.0000	0.0020	0.0009	0.0018	0.0983	192.2520	
1	UDAAN5	GBONG5	1	150	3.030	NKF OFC	1 x 240 MCM	400				1250	0.0870	0.1320	73.0000	0.2636	0.4000	221.1900	0.4790	225.0000	0.0021	0.0012	0.0018	0.0498	103.9200	
1	UDAAN5	GBONG5	2	150	3.030	NKF OFC	1 x 240 MCM	400				1250	0.0870	0.1320	73.0000	0.2636	0.4000	221.1900	0.4790	225.0000	0.0021	0.0012	0.0018	0.0498	103.9200	
1	UDAAN5	SWHAN5	1	150	3.770	NKF OFC	1 x 800 MM	960					0.0338	0.1097	116.8000	0.1274	0.4136	440.3360	0.4328	225.0000	0.0019	0.0006	0.0018	0.0991	249.4080	
1	UDAAN5	SWHAN5	2	150	3.770	NKF OFC	1 x 800 MM	960					0.0338	0.1097	116.8000	0.1274	0.4136	440.3360	0.4328	225.0000	0.0019	0.0006	0.0018	0.0991	249.4080	
1	WARU4	MPION4	1	70	4.660	TACSR	160 mm2	734	400	400			0.1370	0.3970	2.8800	0.6384	1.8500	13.4200	1.9571	49.0000	0.0399	0.0130	0.0378	0.0007	88.9902	
1	WARU4	BDRAN4	1	70	7.560	TACSR	160 mm2	734	400	400			0.1370	0.3970	2.8800	1.0357	3.0013	21.7728	3.1750	49.0000	0.0648	0.0211	0.0613	0.0011	88.9902	
1	BDRAN4	BNGIL4	1	70	15.050	ACSR	187,5 mm2	396	400	400	800	800	0.2180	0.3859	2.9560	3.2809	5.8078	44.4878	6.6704	49.0000	0.1361	0.0670	0.1185	0.0022	48.0110	
1	BDRAN4	PRONG4	1	70	15.050	ACSR	187,5 mm2	396	400	400	600	400	0.2180	0.3859	2.9560	3.2809	5.8078	44.4878	6.6704	49.0000	0.1361	0.0670	0.1185	0.0022	48.0110	
1	MPION4	BDRAN4	1	70	2.900	TACSR	160 mm2	734	400	400			0.1370	0.3970	2.8800	0.3973	1.1513	8.3520	1.2179	49.0000	0.0249	0.0081	0.0235	0.0004	88.9902	

DATA KARAKTERISTIK TRANSMISI UPT & SRB

Jml Strkt	Dari	Ke	No. Strkt	Data_Penghantar Teg (kV)	Jarak (Km)	Jenis		I Nom (Amp)	Tap CT Dari	Tap CT Ke	Tap WT Dari	Tap WT Ke	R (Ohm/km)	X (Ohm/km)	B (MyS/km)	R (Ohm)	X (Ohm)	B (Ohm)	Z act (Ohm)	Z base (Ohm)	Z pu (Ohm)	R pu (Ohm)	X pu (Ohm)	B pu (Ohm)	Daya (MVA)	Keterangan
				(1)	(2)								(3)	(4)	(5)	(6)=(2)x(3)	(7)=(2)x(4)	(8)=(2x(5)	(9)=akar (6)^2+(7)^2	(10)=(1)^2/100	(11)=(9)/(10)	(12)=(6):(10)	(13)=(7):(10)	(14)=(8)/(kV^2)x0,1975	(15)=(1)x(I)x1,732/1000	MVA base = 100 150 kV = 0,1975 70 kV = 4,163
2. UPT Gresik																										
1	SWHAN5	UDAAN5	1	150	3.770	NKF OFC	800 MM	960	2000	0			0.0338	0.1097	116.8000	0.1274	0.4136	440.3360	0.4328	225.0000	0.0019	0.0006	0.0018	0.0991	249.4080	
1	SWHAN5	UDAAN5	2	150	3.770	NKF OFC	800 MM	960	2000	0			0.0338	0.1097	116.8000	0.1274	0.4136	440.3360	0.4328	225.0000	0.0019	0.0006	0.0018	0.0991	249.4080	
1	SWHAN5	KPANG5	1	150	4.050	NKF OFC	240 MM	400	2000	0			0.0870	0.1320	73.0000	0.3524	0.5346	295.6500	0.6403	225.0000	0.0028	0.0016	0.0024	0.0665	103.9200	
1	SWHAN5	KPANG5	2	150	4.050	NKF OFC	240 MM	400	2000	0			0.0870	0.1320	73.0000	0.3524	0.5346	295.6500	0.6403	225.0000	0.0028	0.0016	0.0024	0.0665	103.9200	
1	SWHAN5	MKBAN5	1	150	5.680	ACSR OSTRICH	330 MCM	396	2000	2000	1250	1250	0.1172	0.4003	2.8530	0.6657	2.2737	16.2050	2.3692	225.0000	0.0105	0.0030	0.0101	0.0038	102.8808	
1	SWHAN5	MKBAN5	2	150	5.680	ACSR OSTRICH	330 MCM	396	2000	2000	1250	1250	0.1172	0.4003	2.8530	0.6657	2.2737	16.2050	2.3692	225.0000	0.0105	0.0030	0.0101	0.0038	102.8808	
1	SWHAN5	SBRAT5	1	150	16.080	ACSR	2 x 340 mm^2	1480	2000	2000			0.0586	0.2815	4.0740	0.9423	4.5265	65.5099	4.6236	225.0000	0.0205	0.0042	0.0201	0.0147	384.5040	
1	SWHAN5	SBRAT5	2	150	16.080	ACSR	2 x 340 mm^2	1480	2000	2000			0.0586	0.2815	4.0740	0.9423	4.5265	65.5099	4.6236	225.0000	0.0205	0.0042	0.0201	0.0147	384.5040	
1	SWHAN5	TNDES5	1	150	3.200	ACSR	2 x 340 mm^2	1480	2000	2000			0.0586	0.2815	4.0740	0.1875	0.9008	13.0368	0.9201	225.0000	0.0041	0.0008	0.0040	0.0029	384.5040	
1	SWHAN5	TNDES5	2	150	3.200	ACSR	2 x 340 mm^2	1480	2000	2000			0.0586	0.2815	4.0740	0.1875	0.9008	13.0368	0.9201	225.0000	0.0041	0.0008	0.0040	0.0029	384.5040	
1	SWHAN5	WARU5	1	150	10.730	ACSR	2 x 340 mm^2	1480	2000	2000			0.0586	0.2815	4.0740	0.6288	3.0205	43.7140	3.0852	225.0000	0.0137	0.0028	0.0134	0.0098	384.5040	
1	SWHAN5	WARU5	2	150	10.730	ACSR	2 x 340 mm^2	1480	2000	2000			0.0586	0.2815	4.0740	0.6288	3.0205	43.7140	3.0852	225.0000	0.0137	0.0028	0.0134	0.0098	384.5040	
1	UJUNG5	KJRAN5	1	150	8.200	ACSR	240 mm^2	645	1000	1000	1250	1250	0.1370	0.3966	2.8800	1.1234	3.2521	23.6160	3.4407	225.0000	0.0153	0.0050	0.0145	0.0053	167.5710	
1	UJUNG5	KJRAN5	2	150	8.200	ACSR	240 mm^2	645	1000	1000	1250	1250	0.1370	0.3966	2.8800	1.1234	3.2521	23.6160	3.4407	225.0000	0.0153	0.0050	0.0145	0.0053	167.5710	
1	TNDES5	PERAK5	1	150	8.850	ACSR AW	330 mm^2	740	500	500	1600	800	0.1172	0.4003	2.8530	1.0372	3.5427	25.2491	3.6914	225.0000	0.0164	0.0046	0.0157	0.0057	192.2520	
1	TNDES5	PERAK5	2	150	8.850	ACSR AW	330 mm^2	740	500	500	1600	800	0.1172	0.4003	2.8530	1.0372	3.5427	25.2491	3.6914	225.0000	0.0164	0.0046	0.0157	0.0057	192.2520	
1	TNDES5	DGRAN5	1	150	4.530	ACSR	340 mm^2	740	1000	1000	1600	1250	0.1172	0.4003	2.8530	0.5309	1.8134	12.9241	1.8895	225.0000	0.0084	0.0024	0.0081	0.0029	192.2520	
1	TNDES5	DGRAN5	2	150	4.530	ACSR	340 mm^2	740	1000	1000	1600	1250	0.1172	0.4003	2.8530	0.5309	1.8134	12.9241	1.8895	225.0000	0.0084	0.0024	0.0081	0.0029	192.2520	
1	TNDES5	SBRAT5	1	150	14.780	ACSR	340 mm^2	740	1000	1000	1600	1600	0.1172	0.4003	2.8530	1.7322	5.9164	42.1673	6.1648	225.0000	0.0274	0.0077	0.0263	0.0095	192.2520	
1	TNDES5	SBRAT5	2	150	14.780	ACSR	340 mm^2	740	1000	1000	1600	1600	0.1172	0.4003	2.8530	1.7322	5.9164	42.1673	6.1648	225.0000	0.0274	0.0077	0.0263	0.0095	192.2520	
1	TNDES5	GRSKB5	1	150	13.760	TACSR	4 x 240 mm^2	3892	3150	3150			0.0633	0.2581	4.3860	0.8710	3.5515	60.3514	3.6567	225.0000	0.0163	0.0039	0.0158	0.0138	1,011.14	
1	TNDES5	GRSKB5	2	150	13.760	TACSR	4 x 240 mm^2	3892	3150	3150			0.0633	0.2581	4.3860	0.8710	3.5515	60.3514	3.6567	225.0000	0.0163	0.0039	0.0158	0.0138	1,011.14	
1	SGMDU5	GRSIK5	3	150	6.030	ACSR AW	2 x 340 mm^2	1480	1600	1600			0.0586	0.2815	4.0740	0.3534	1.6974	24.5662	1.7338	225.0000	0.0077	0.0016	0.0075	0.0055	384.5040	
1	SGMDU5	APRMA5	1	150	1.000	ACSR	2 x 340 mm^2	1480	1600	1600	800	1250	0.0586	0.2815	4.0740	0.0586	0.2815	4.0740	0.2875	225.0000	0.0013	0.0003	0.0013	0.0009	384.5040	
1	SGMDU5	LNGAN5	1	150	28.200	TACSR	240 mm^2	973	800	800	2000	2000	0.1370	0.3956	2.8800	3.8634	11.1559	81.2160	11.8059	225.0000	0.0525	0.0172	0.0496	0.0183	252.7854	
1	SGMDU5	LNGAN5	2	150	28.200	TACSR	240 mm^2	973	800	800	2000	2000	0.1370	0.3956	2.8800	3.8634	11.1559	81.2160	11.8059	225.0000	0.0525	0.0172	0.0496	0.0183	252.7854	
1	SGMDU5	PKMIA5	1	150	8.000	TACSR DUCK	330 mm^2	740	400	400	1250	1250	0.1172	0.4003	2.8530	0.9376	3.2024	22.8240	3.3368	225.0000	0.0148	0.0042	0.0142	0.0051	192.2520	
1	SGMDU5	PKMIA5	2	150	8.000	TACSR DUCK	330 mm^2	740	400	400	1250	1250	0.1172	0.4003	2.8530	0.9376	3.2024	22.8240	3.3368	225.0000	0.0148	0.0042	0.0142	0.0051	192.2520	
1	SGMDU5	GRSIK5	1	150	3.900	ACSR	330 AW	740	1000	1000	800	1600	0.1172	0.4003	2.8530	0.4571	1.5612	11.1267	1.6267	225.0000	0.0072	0.0020	0.0069	0.0025	192.2520	
1	SGMDU5	GRSIK5	2	150	3.900	ACSR	330 AW	740	1000	1000			0.1172	0.4003	2.8530	0.4571	1.5612	11.1267	1.6267	225.0000	0.0072	0.0020	0.0069	0.0025	192.2520	
1	APRMA5	GRSIK5	1	150	4.930	ACSR	2 x 340 mm^2	1480	2000	2000			0.0586	0.2815	4.0740	0.2889	1.3878	20.0848	1.4175	225.0000	0.0063	0.0013	0.0062	0.0045	384.5040	
1	APRMA5	SBART5	1	150	17.970	ACSR	2 x 340 mm^2	1480	1600	1600	1250	1600	0.0586	0.2815	4.0740	1.0530	5.0586	73.2098	5.1670	225.0000	0.0230	0.0047	0.0225	0.0165	384.5040	
1	APRMA5	SBART5	2	150	17.970	ACSR	2 x 340 mm^2	1480	1600	1600	1250	800	0.0586	0.2815	4.0740	1.0530	5.0586	73.2098	5.1670	225.0000	0.0230	0.0047	0.0225	0.0165	384.5040	
1	DGRAN5	WARU5	1	150	10.670	ACSR	340 mm^2	740	1000	1000	1600	1250	0.1172	0.4003	2.8530	1.2505	4.2712	30.4415	4.4505	225.0000	0.0198	0.0056	0.0190	0.0069	192.2520	
1	DGRAN5	WARU5	2	150	10.670	ACSR	340 mm^2	740	1000	1000	1600	1250	0.1172	0.4003	2.8530	1.2505	4.2712	30.4415	4.4505	225.0000	0.0198	0.0056	0.0190	0.0069	192.2520	
1	LNGAN5	BABAT5	1	150	21.000	TACSR	240 mm^2	973	1600	1600	1250	1250	0.1370	0.3956	2.8800	2.8770	8.3076	60.4800	8.7917	225.0000	0.0391	0.0128	0.0369	0.0138	252.7854	

DATA KARAKTERISTIK TRANSMISI UPT & SRB

Jml Strkt	Dari	Ke	No. Strkt	Data _ Penghantar Teg (kV)	Jarak (Km)	Jenis	I Nom (Amp)	Tap CT Dari	Tap CT Ke	Tap WT Dari	Tap WT Ke	R (Ohm/km)	X (Ohm/km)	B (MhoS/km)	R (Ohm)	X (Ohm)	B (Ohm)	Z act (Ohm)	Z base (Ohm)	Z pu (Ohm)	R pu (Ohm)	X pu (Ohm)	B pu (Ohm)	Daya (MVA)
				(1)	(2)							(3)	(4)	(5)	(6)=(2)x(3)	(7)=(2)x(4)	(8)=(2x(5)	(9)=akar $(6)^2+(7)^2$	(10)=$(1)^2$/100	(11)=(9)/(10)	(12)=(6):(10)	(13)=(7):(10)	(14)=(8)/(KV^2)0,1875	(15)=(1)x(A)x1,732/1000
2. UPT Gresik																								
1	LNGAN5	BABAT5	2	150	21.000	TACSR	240 mm²	973	1600	1600	1250	1250	0.1370	0.3966	2.8800	2.8770	8.3076	60.4800	8.7917	225.0000	0.0391	0.0128	0.0369	0.0136	252.7854
1	CERME5	SBRAT5	1	150	20.540	ACSR	2 x 330 mm²	1480	800	800			0.0586	0.2815	4.0740	1.2036	5.7820	83.6800	5.9060	225.0000	0.0262	0.0053	0.0257	0.0188	384.5040
1	CERME5	KASIH5	1	150	23.300	ACSR	2 x 330 mm²	1480	1000	1000			0.0586	0.2815	4.0740	1.3654	6.5590	94.9242	6.6996	225.0000	0.0298	0.0061	0.0292	0.0214	384.5040
1	CERME5	MNYAR5	1	150	7.640	ACSR	2 x 330 mm²	1480	1600	1600	1250	2000	0.0586	0.2815	4.0740	0.4477	2.1507	31.1254	2.1968	225.0000	0.0098	0.0020	0.0096	0.0070	384.5040
1	CERME5	MNYAR5	2	150	7.640	ACSR	2 x 330 mm²	1480	1600	1600	1250	2000	0.0586	0.2815	4.0740	0.4477	2.1507	31.1254	2.1968	225.0000	0.0098	0.0020	0.0096	0.0070	384.5040
1	PKMIA5	BUSTI5	1	150	0.840	HAL	400 MCM	850	400	400						-	-	-	-	225.0000	-	-	-	-	220.8300
1	SGMDU4	SMSIK4	1	70	2.100	ACSR OSTRICH	300 MCM	398	400	400			0.2180	0.3859	2.9550	0.4578	0.8104	6.2055	0.9308	49.0000	0.0190	0.0093	0.0165	0.0003	48.2535
1	SGMDU4	SMSIK4	2	70	2.100	ACSR OSTRICH	300 MCM	398	400	400			0.2180	0.3859	2.9550	0.4578	0.8104	6.2055	0.9308	49.0000	0.0190	0.0093	0.0165	0.0003	48.2535
1	SGMDU4	BRATA4	1	70	0.500	ACSR OSTRICH	300 MCM	398	400	400			0.2180	0.3859	2.9550	0.1090	0.1930	1.4775	0.2216	49.0000	0.0045	0.0022	0.0039	0.0001	48.2535
1	SGMDU4	BRATA4	2	70	0.500	ACSR OSTRICH	300 MCM	398	400	400			0.2180	0.3859	2.9550	0.1090	0.1930	1.4775	0.2216	49.0000	0.0045	0.0022	0.0039	0.0001	48.2535
1	MNYAR4	MPNSB4	1	70	1.410	ACSR	240 mm2	645	400	400						-	-	-	-	49.0000	-	-	-	-	76.1998
Rencana																								
1	UJUNG5	PERAK5	1	150	2.700	ACSR	240 mm²	645	1000	1000	1250	1250	0.1370	0.3966	2.8800	0.3699	1.0708	7.7760	1.1329	225.0000	0.0050	0.0016	0.0048	0.0017	167.5710
1	UJUNG5	PERAK5	2	150	2.700	ACSR	240 mm²	645	1000	1000	1250	1250	0.1370	0.3966	2.8800	0.3699	1.0708	7.7760	1.1329	225.0000	0.0050	0.0016	0.0048	0.0017	167.5710

DATA KARAKTERISTIK TRANSMISI UPT & SRB

Jml Strkit	Dari	Ke	No. Strkit	Data_Penghantar Tag (kV)	Jarak (Km)	Jenis		I Nom (Amp)	Tap CT Dari	Tap CT Ke	Tap WT Dari	Tap WT Ke	R (Ohm/km)	X (Ohm/km)	B (MyS/km)	R (Ohm)	X (Ohm)	B (Ohm)	Z act (Ohm)	Z base (Ohm)	Z pu (Ohm)	R pu (Ohm)	X pu (Ohm)	B pu (Ohm)	Daya (MVA)	Keterangan
				(1)	(2)								(3)	(4)	(5)	(6)=(2)x(3)	(7)=(2)x(4)	(8)=(2)x(5)	(9)=sqrt (6)²+(7)²	(10)=(1)²/100	(11)=(9)/(10)	(12)=(6)/(10)	(13)=(7)/(10)	(14)=(8)/(kV²)/0,1975	(15)=(1)x(A)x1,7321000	MVA base = 100 150 kV = 0,1975 70 kV = 4,163
3. UPT Mojokerto																										
1	KRIAN7	GRATI7	1	500	70.900	GANNET	392,84	2770	2000	2000			0.0251	0.2808	4.0490	1.7796	19.9087	287.0741	19.9881	2,500.000	0.0080	0.0007	0.0080	0.0058	2,398.82	
1	KRIAN7	GRATI7	2	500	70.900	GANNET	392,84	2770	2000	2000			0.0251	0.2808	4.0490	1.7796	19.9087	287.0741	19.9881	2,500.000	0.0080	0.0007	0.0080	0.0058	2,398.82	
1	KRIAN7	UNGAR7	1	500	121.800	GANNET	327,94	2078	2000	2000			0.0293	0.2815	4.0320	3.5687	34.2867	491.0976	34.4719	2,500.000	0.0138	0.0014	0.0137	0.0099	1,799.55	
1	KRIAN7	UNGAR7	2	500	121.800	GANNET	327,94	2078	2000	2000			0.0293	0.2815	4.0320	3.5687	34.2867	491.0976	34.4719	2,500.000	0.0138	0.0014	0.0137	0.0099	1,799.55	
1	KRIAN7	GRSIK7	1	500	23.000	GANNET	327,94	2078	2000	2000			0.0293	0.2815	4.0320	0.6739	6.4745	92.7360	6.5095	2,500.000	0.0026	0.0003	0.0026	0.0019	1,799.55	
1	KRIAN7	GRSIK7	2	500	23.000	GANNET	327,94	2078	2000	2000			0.0293	0.2815	4.0320	0.6739	6.4745	92.7360	6.5095	2,500.000	0.0026	0.0003	0.0026	0.0019	1,799.55	
1	SBRAT5	KJTIM5	1	150	7.590	ACSR	2 x 330 mm²	1480	1600	1600	2000	1250	0.0586	0.2815	4.0740	0.4448	2.1366	30.9217	2.1824	225.0000	0.0097	0.0020	0.0095	0.0070	384.5040	
1	SBRAT5	CERME5	1	150	20.540	ACSR	2 x 330 mm²	1480	800	800			0.0586	0.2815	4.0740	1.2036	5.7820	83.6800	5.9060	225.0000	0.0262	0.0053	0.0257	0.0188	384.5040	
1	SBRAT5	APRMA5	1	150	7.200	ACSR	2 x 340 mm²	1480	1600	1600	1250	1600	0.0586	0.2815	4.0740	0.4219	2.0266	29.3328	2.0702	225.0000	0.0092	0.0019	0.0090	0.0066	384.5040	
1	SBRAT5	APRMA5	2	150	7.200	ACSR	2 x 340 mm²	1480	1600	1600	1250	800	0.0586	0.2815	4.0740	0.4219	2.0268	29.3328	2.0702	225.0000	0.0092	0.0019	0.0090	0.0066	384.5040	
1	SBRAT5	TNDES5	1	150	14.780	ACSR	340 mm²	740	1000	1000	1600	1600	0.1172	0.4003	2.8530	1.7322	5.9164	42.1673	6.1648	225.0000	0.0274	0.0077	0.0263	0.0095	192.2520	
1	SBRAT5	TNDES5	2	150	14.780	ACSR	340 mm²	740	1000	1000	1600	1600	0.1172	0.4003	2.8530	1.7322	5.9164	42.1673	6.1648	225.0000	0.0274	0.0077	0.0263	0.0095	192.2520	
1	SBRAT5	KRPLG5	1	150	6.846	ACSR AW	2 x 340 mm²	1480	1600	1600			0.0586	0.2815	4.0740	0.4012	1.9271	27.8906	1.9685	225.0000	0.0087	0.0018	0.0088	0.0063	384.5040	
1	SBRAT5	KRPLG5	2	150	6.846	ACSR AW	2 x 340 mm²	1480	1600	1600			0.0586	0.2815	4.0740	0.4012	1.9271	27.8906	1.9685	225.0000	0.0087	0.0018	0.0088	0.0063	384.5040	
1	SBRAT5	SWHAN5	1	150	16.080	ACSR	2 x 340 mm²	1480	2000	2000			0.0586	0.2815	4.0740	0.9423	4.5265	65.5099	4.6236	225.0000	0.0205	0.0042	0.0201	0.0147	384.5040	
1	SBRAT5	SWHAN5	2	150	16.080	ACSR	2 x 340 mm²	1480	2000	2000			0.0586	0.2815	4.0740	0.9423	4.5265	65.5099	4.6236	225.0000	0.0205	0.0042	0.0201	0.0147	384.5040	
1	SBRAT5	SKTIH5	1	150	24.050	ACSR	2 x 330 mm²	1480	1600	1600	1600	1600	0.0586	0.2815	4.0740	1.4093	6.7701	97.9797	6.9152	225.0000	0.0307	0.0063	0.0301	0.0220	384.5040	
1	SBRAT5	BLBDO5	1	150	11.890	ACSR	2 x 330 mm²	1480	2000	2000	2000	2000	0.0586	0.2815	4.0740	0.6968	3.3470	48.4399	3.4188	225.0000	0.0152	0.0031	0.0149	0.0109	384.5040	
1	SBRAT5	BBDAN5	1	150	10.404	ACSR	330 mm²	740	1600	1600	1600	1600	0.1172	0.4003	2.8530	1.2193	4.1647	29.6826	4.3396	225.0000	0.0193	0.0054	0.0185	0.0067	192.2520	
1	SBRAT5	DRYJO5	1	150	5.300	ACSR AW	330 mm²	740	1000	1000			0.1172	0.4003	2.8530	0.6212	2.1216	15.1209	2.2107	225.0000	0.0098	0.0028	0.0094	0.0034	192.2520	
1	KRPLG5	WARU5	1	150	10.740	ACSR	2 x 340 mm²	1480	2000	2000	2000	2000	0.0586	0.2815	4.0740	0.6294	3.0233	43.7548	3.0881	225.0000	0.0137	0.0028	0.0134	0.0098	384.5040	
1	KRPLG5	WARU5	2	150	10.740	ACSR	2 x 340 mm²	1480	2000	2000	2000	2000	0.0586	0.2815	4.0740	0.6294	3.0233	43.7548	3.0881	225.0000	0.0137	0.0028	0.0134	0.0098	384.5040	
1	KRPLG5	SBRAT5	1	150	6.846	ACSR	2 x 340 mm²	1480	1600	1600			0.0586	0.2815	4.0740	0.4012	1.9271	27.8906	1.9685	225.0000	0.0087	0.0018	0.0088	0.0063	384.5040	
1	KRPLG5	SBRAT5	2	150	6.846	ACSR	2 x 340 mm²	1480	1600	1600			0.0586	0.2815	4.0740	0.4012	1.9271	27.8906	1.9685	225.0000	0.0087	0.0018	0.0088	0.0063	384.5040	
1	DRYJO5	BBDAN5	1	150	13.200	ACSR	330 mm²	740	1600	1600	1600	1250	0.1172	0.4003	2.8530	1.5470	5.2840	37.6596	5.5058	225.0000	0.0245	0.0069	0.0235	0.0085	192.2520	
1	KJTIM5	CERME5	1	150	23.300	ACSR	2 x 330 mm²	1480	1000	1000			0.0586	0.2815	4.0740	1.3654	6.5590	94.9242	6.6996	225.0000	0.0298	0.0061	0.0292	0.0214	384.5040	
1	SKTIH5	NGORO5	1	150	21.700	ACSR	240 mm²	740	800	800	1250	1250	0.1370	0.3966	2.8800	2.9729	8.6062	62.4960	9.1052	225.0000	0.0405	0.0132	0.0382	0.0141	192.2520	
1	SKTIH5	NGORO5	2	150	21.700	ACSR	240 mm²	740	800	800	1250	1250	0.1370	0.3966	2.8800	2.9729	8.6062	62.4960	9.1052	225.0000	0.0405	0.0132	0.0382	0.0141	192.2520	
1	SKTIH5	MJAGN5	1	150	21.000	ACSR AW	330 mm²	740	800	800	2000	2000	0.1172	0.4003	2.8530	2.4612	8.4063	59.9130	8.7592	225.0000	0.0389	0.0109	0.0374	0.0135	192.2520	
1	SKTIH5	MJAGN5	2	150	21.000	ACSR AW	330 mm²	740	800	800	2000	2000	0.1172	0.4003	2.8530	2.4612	8.4063	59.9130	8.7592	225.0000	0.0389	0.0109	0.0374	0.0135	192.2520	
1	SKTIH5	BLBDO5	1	150	6.600	ACSR	2 x 330 mm²	1480	1600	1600	1600	1600	0.0586	0.2815	4.0740	0.3868	1.8579	26.8884	1.8977	225.0000	0.0084	0.0017	0.0083	0.0061	384.5040	
1	SKTIH5	SBRAT5	1	150	24.050	ACSR	2 x 330 mm²	1480	1600	1600	1600	1600	0.0586	0.2815	4.0740	1.4093	6.7701	97.9797	6.9152	225.0000	0.0307	0.0063	0.0301	0.0220	384.5040	
1	MJAGN5	BNRAN5	1	150	20.500	ACSR AW	330 mm²	740	800	800	1250	1600	0.1172	0.4003	2.8530	2.4026	8.2062	58.4865	8.5506	225.0000	0.0380	0.0107	0.0365	0.0132	192.2520	
1	MJAGN5	BNRAN5	2	150	20.500	ACSR AW	330 mm²	740	800	800	1250	1600	0.1172	0.4003	2.8530	2.4026	8.2062	58.4865	8.5506	225.0000	0.0380	0.0107	0.0365	0.0132	192.2520	
1	MJAGN5	SKTIH5	1	150	21.000	ACSR AW	330 mm²	740	800	800	2000	2000	0.1172	0.4003	2.8530	2.4612	8.4063	59.9130	8.7592	225.0000	0.0389	0.0109	0.0374	0.0135	192.2520	
1	MJAGN5	SKTIH5	2	150	21.000	ACSR AW	330 mm²	740	800	800	2000	2000	0.1172	0.4003	2.8530	2.4612	8.4063	59.9130	8.7592	225.0000	0.0389	0.0109	0.0374	0.0135	192.2520	

DATA KARAKTERISTIK TRANSMISI UPT & SRB

Jml Strldt	Dari	Ke	No. Strldt	Data Penghantar: Teg (kV)	Jarak (Km)	Jenis	I Nom (Amp)	Tap CT Dari	Tap CT Ke	Tap WT Dari	Tap WT Ke	R (Ohm/km)	X (Ohm/km)	B (MyS/km)	R (Ohm)	X (Ohm)	B (Ohm)	Z act (Ohm)	Z base (Ohm)	Z pu (Ohm)	R pu (Ohm)	X pu (Ohm)	B pu (Ohm)	Daya (MVA)	Keterangan
				(1)	(2)							(3)	(4)	(5)	(6)=(2)x(3)	(7)=(2)x(4)	(8)=(2x(5)	(9)=sqrar (6)^2+(7)^2	(10)=(1)^2/100	(11)=(9)/(10)	(12)=(6)/(10)	(13)=(7)/(10)	(14)=(8)/(kV^2)0,1975	(15)=(1)x(Ajx1,732/1000	MVA base = 100 150 kV = 0,1975 70 kV = 4,163
3. UPT Mojokerto																									
1	DRYJO4	MIWON4	1	70	0.750	TACSR 187,5 mm2	396	400	400	800	600	0.2180	0.3859	2.9560	0.1635	0.2894	2.2170	0.3324	49.0000	0.0068	0.0033	0.0059	0.0001	48.0110	
1	DRYJO4	TARIK4	1	70	17.900	TACSR 187,5 mm2	396	400	400	400	400	0.2180	0.3859	2.9560	3.9022	6.9076	52.9124	7.9336	49.0000	0.1619	0.0796	0.1410	0.0026	48.0110	
1	MIWON4	TARIK4	1	70	18.650	ACSR 187,5 mm2	396	400	400	800	400	0.2180	0.3859	2.9560	4.0657	7.1970	55.1294	8.2660	49.0000	0.1687	0.0830	0.1469	0.0027	48.0110	
1	SKTIH4	AJMTO4	1	70	6.700	ACSR. OSTRICH 300 MCM	396	400	400			0.2175	0.3871	2.9560	1.4573	2.5936	19.8052	2.9749	49.0000	0.0607	0.0297	0.0529	0.0010	48.0110	
1	SKTIH4	AJMTO4	2	70	6.700	ACSR. OSTRICH 300 MCM	396	400	400			0.2175	0.3871	2.9560	1.4573	2.5936	19.8052	2.9749	49.0000	0.0607	0.0297	0.0529	0.0010	48.0110	
1	SKTIH4	KTSNO4	1	70	29.600	ACSR OSTRICH 300 MCM	396	400	400	600	500	0.2175	0.3871	2.9560	6.4380	11.4582	87.4976	13.1430	49.0000	0.2682	0.1314	0.2338	0.0043	48.0110	
1	SKTIH4	KTSNO4	2	70	29.600	ACSR OSTRICH 300 MCM	396	400	400			0.2175	0.3871	2.9560	6.4380	11.4582	87.4976	13.1430	49.0000	0.2682	0.1314	0.2338	0.0043	48.0110	
1	SKTIH4	MDLAN4	1	70	49.800	ACSR. PIGEON 3/0 AWG	396	400	400	400	800	0.3866	0.3584	3.2020	19.2527	17.8483	159.4596	26.2532	49.0000	0.5358	0.3929	0.3643	0.0078	48.0110	
1	SKTIH4	SIMAN4	1	70	48.604	ACSR. PIGEON 3/0 AWG	396	400	400	800	400	0.3866	0.3584	3.2020	18.7903	17.4197	155.6300	25.6227	49.0000	0.5229	0.3835	0.3555	0.0076	48.0110	
1	SKTIH4	TARIK4	1	70	4.040	ACSR 300 MCM	396	400	400			0.2175	0.3871	2.9560	0.8787	1.5639	11.9422	1.7938	49.0000	0.0366	0.0179	0.0319	0.0006	48.0110	
1	SKTIH4	TARIK4	2	70	4.040	ACSR 300 MCM	396	400	400			0.2175	0.3871	2.9560	0.8787	1.5639	11.9422	1.7938	49.0000	0.0366	0.0179	0.0319	0.0006	48.0110	
1	SKTIH4	CKMIA4	1	70	4.440	TACSR 160 MCM	734	400	400			0.2180	0.3859	2.9560	0.9679	1.7134	13.1246	1.9679	49.0000	0.0402	0.0198	0.0350	0.0006	88.9902	
1	SKTIH4	CKMIA4	2	70	4.440	TACSR 160 MCM	734	400	400			0.2180	0.3859	2.9560	0.9679	1.7134	13.1246	1.9679	49.0000	0.0402	0.0198	0.0350	0.0006	88.9902	
1	TARIK4	MIWON4	1	70	7.500	ACSR 187,5 mm2	396	400	400	800	400	0.2180	0.3859	2.9560	1.6350	2.8943	22.1700	3.3241	49.0000	0.0678	0.0334	0.0591	0.0011	48.0110	
1	TARIK4	DRYJO4	1	70	17.900	TACSR 187 5 mm2	396	400	400	400	400	0.2180	0.3859	2.9560	3.9022	6.9076	52.9124	7.9336	49.0000	0.1619	0.0796	0.1410	0.0026	48.0110	
1	TARIK4	BNGUN4	1	70	6.900	ACSR. OSTRICH 300 MCM	396	400	400	600	600	0.2175	0.3871	2.9560	1.5008	2.6710	20.3964	3.0637	49.0000	0.0625	0.0306	0.0545	0.0010	48.0110	
1	TARIK4	BNGUN4	2	70	6.900	ACSR. OSTRICH 300 MCM	396	400	400			0.2175	0.3871	2.9560	1.5008	2.6710	20.3964	3.0637	49.0000	0.0625	0.0306	0.0545	0.0010	48.0110	
	Perubahan Jarak																								
1	MDLAN4	SIMAN4	1	70	6.300	ACSR. PIGEON 3/0 AWG	396	400	400	800	400	0.3866	0.3584	3.2020	2.4356	2.2579	20.1726	3.3212	49.0000	0.0678	0.0497	0.0461	0.0010	48.0110	
1	MDLAN4	T.42	1	70	28.710	ACSR. PIGEON 3/0 AWG	396	400	400	800	400	0.3866	0.3584	3.2020	11.0993	10.2897	91.9294	15.1351	49.0000	0.3089	0.2265	0.2100	0.0045	48.0110	
1	MDLAN4	Aftak	1	70	18.000	ACSR. PIGEON 3/0 AWG	396	400	400	800	400	0.3866	0.3584	3.2020	6.9588	6.4512	57.6360	9.4891	49.0000	0.1937	0.1420	0.1317	0.0028	48.0110	
1	Aftak	T.42	1	70	10.710	ACSR. PIGEON 3/0 AWG	396	400	400	800	400	0.3866	0.3584	3.2020	4.1405	3.8385	34.2934	5.6460	49.0000	0.1152	0.0845	0.0783	0.0017	48.0110	

DATA KARAKTERISTIK TRANSMISI UPT & SRB

Jml Sirkit	Dari	Ke	No. Sirkit	Data _ Penghantar			I Nom	Tap CT		Tap WT		R	X	B	R	X	B	Z act	Z base	Z pu	R pu	X pu	B pu	Daya	Ketcrangan
				Teg (kV)	Jarak (Km)	Jenis	(Amp)	Dari	Ke	Dari	Ke	(Ohm/km)	(Ohm/km)	(MyS/km)	(Ohm)	(Ohm)	(Ohm)	(Ohm)	(Ohm)	(Ohm)	(Ohm)	(Ohm)	(Ohm)	(MVA)	
				(1)	(2)							(3)	(4)	(5)	(6)=(2)x(3)	(7)=(2)x(4)	(8)=(2)x(5)	(9)=akar (6)^2+(7)^2	(10)=(1)^2/100	(11)=(9)/(10)	(12)=(6)/(10)	(13)=(7)/(10)	(14)=(8)/(kV^2)0,1975	(15)=(1)x(A)x1,732/1000	MVA base = 100 150 kV = 0,1975 70 kV = 4,163
4. UPT Madura																									
1	GLMUR5	BKLAN5	1	150	16.340	ACSR. HAWK 240 MCM	645	800	800	800	800	0.1370	0.3966	2.8800	2.2386	6.4804	47.0592	6.8562	225.0000	0.0305	0.0099	0.0288	0.0106	167.5710	
1	GLMUR5	BKLAN5	2	150	16.340	ACSR. HAWK 240 MCM	645	800	800	800	800	0.1370	0.3966	2.8800	2.2386	6.4804	47.0592	6.8562	225.0000	0.0305	0.0099	0.0288	0.0106	167.5710	
1	GLMUR5	GRSIK5	1	150	2.700	ACSR. HAWK 240 MCM	645	2000	2000			0.1370	0.3966	2.8800	0.3699	1.0708	7.7760	1.1329	225.0000	0.0050	0.0016	0.0048	0.0017	167.5710	SUTT
1	GLMUR5	GRSIK5	1	150	4.040	OFC 3 x 300 mm^2	462	2000	2000			0.0826	0.1270	80.0000	0.3337	0.5131	323.2000	0.6121	225.0000	0.0027	0.0015	0.0023	0.0727	120.0276	KABEL LAUT
1	GLMUR5	GRSIK5	2	150	2.700	ACSR. HAWK 240 MCM	645	2000	2000			0.1370	0.3966	2.8800	0.3699	1.0708	7.7760	1.1329	225.0000	0.0050	0.0016	0.0048	0.0017	167.5710	SUTT
1	GLMUR5	GRSIK5	2	150	4.040	OFC 3 x 300 mm^2	462	2000	2000			0.0826	0.1270	80.0000	0.3337	0.5131	323.2000	0.6121	225.0000	0.0027	0.0015	0.0023	0.0727	120.0276	KABEL LAUT
1	BKLAN5	GLMUR5	1	150	16.000	ACSR. HAWK 240 MCM	645	800	800	800	800	0.1370	0.3966	2.8800	2.1920	6.3456	46.0800	6.7135	225.0000	0.0298	0.0097	0.0282	0.0104	167.5710	
1	BKLAN5	GLMUR5	2	150	16.000	ACSR. HAWK 240 MCM	645	800	800	800	800	0.1370	0.3966	2.8800	2.1920	6.3456	46.0800	6.7135	225.0000	0.0298	0.0097	0.0282	0.0104	167.5710	
1	BKLAN5	SAMPG5	1	150	47.700	ACSR HAWK 240 MCM	645	800	800	800	800	0.1370	0.3966	2.8800	6.5349	18.9178	137.3760	20.0147	225.0000	0.0890	0.0290	0.0841	0.0309	167.5710	
1	SAMPG5	PKSAN5	1	150	26.455	ACSR HAWK 240 MCM	645	800	800	1250	1250	0.1370	0.3966	2.8800	3.6243	10.4921	76.1904	11.1004	225.0000	0.0493	0.0161	0.0466	0.0171	167.5710	
1	PKSAN5	SMNEP5	1	150	46.788	ACSR HAWK 240 MCM	645	800	800	1250	1250	0.1370	0.3966	2.8800	6.2730	18.1595	131.8694	19.2124	225.0000	0.0854	0.0279	0.0807	0.0297	167.5710	
1	SMNEP5	PKSAN5	1	150	25.744	ACSR HAWK 240 MCM	645	800	800	1250	1250	0.1370	0.3966	2.8800	3.5269	10.2101	74.1427	10.8021	225.0000	0.0480	0.0157	0.0454	0.0167	167.5710	
	Pengembangan Proyek																								
1	**BKLAN5**	**SMNEP4**	1	150	119.943	ACSR HAWK 240 MCM	645	800	800	800	800	0.1370	0.3966	2.8800	16.4322	47.5694	345.4358	50.3276	225.0000	0.2237	0.0730	0.2114	0.0777	167.5710	
1	**BKLAN5**	**PMKSN4**	1	150	99.756	ACSR HAWK 240 MCM	645	800	800	800	800	0.1370	0.3966	2.8800	13.6666	39.5632	287.2973	41.8572	225.0000	0.1860	0.0607	0.1758	0.0647	167.5710	

DATA KARAKTERISTIK TRANSMISI UPT & SRB

Jml Sirkit	Dari	Ke	No. Sirkit	Data_Penghantar Teg (kV)	Jarak (Km)	Jenis		I Nom (Amp)	Tap CT Dari	Tap CT Ke	Tap WT Dari	Tap WT Ke	R (Ohm/km)	X (Ohm/km)	B (MyS/km)	R (Ohm)	X (Ohm)	B (Ohm)	Z act (Ohm)	Z base (Ohm)	Z pu (Ohm)	R pu (Ohm)	X pu (Ohm)	B pu (Ohm)	Daya (MVA)
				(1)	(2)								(3)	(4)	(5)	(6)=(2)x(3)	(7)=(2)x(4)	(8)=(2x(5)	(9)=akar (6)^2+(7)^2	(10)=(1)^2/100	(11)=(9)/(10)	(12)=(6):(10)	(13)=(7):(10)	(14)=(8)/(kV^2)x0.1975	(15)=(1)x(A)x1.732/1000
5. UPT Malang																									
1	KBAGN5	LWANG5	1	150	25.800	ACSR. AW	330 mm^2	740	800	1000	800	1250	0.1172	0.4003	2.8530	3.0243	10.3297	73.6217	10.7634	225.0000	0.0478	0.0134	0.0459	0.0166	192.2520
1	KBAGN5	LWANG5	2	150	25.805	ACSR. AW	330 mm^2	740	800	1000	800	1250	0.1172	0.4003	2.8530	3.0243	10.3297	73.6217	10.7634	225.0000	0.0478	0.0134	0.0459	0.0166	192.2520
1	KBAGN5	SKLING5	1	150	15.100	ACSR. HAWK	477 MCM	600	900	1000	1250	1250	0.1370	0.3966	2.8800	2.0687	5.9887	43.4880	6.3359	225.0000	0.0282	0.0092	0.0266	0.0098	155.8800
1	KBAGN5	SKLING5	2	150	15.100	ACSR. HAWK	477 MCM	600	900	1000	1250	1250	0.1370	0.3966	2.8800	2.0687	5.9887	43.4880	6.3359	225.0000	0.0282	0.0092	0.0266	0.0098	155.8800
1	KBAGN5	PAKIS5	1	150	12.900	ACSR. ZEBRAHAWK	2 x 435 mm^2	1600	2000	2000	2000	2000	0.0387	0.2807	4.0230	0.4992	3.6210	51.8967	3.6553	225.0000	0.0162	0.0022	0.0161	0.0117	415.6800
1	KBAGN5	PAKIS5	2	150	12.900	ACSR. ZEBRAHAWK	2 x 435 mm^2	1600	2000	2000	2000	2000	0.0387	0.2807	4.0230	0.4992	3.6210	51.6967	3.6553	225.0000	0.0162	0.0022	0.0161	0.0117	415.6800
1	KBAGN5	STAMI5	1	150	27.950	ACSR. AW	330 mm^2	740	800	800	600	600	0.1172	0.4003	2.8530	3.2757	11.1884	79.7414	11.6581	225.0000	0.0518	0.0146	0.0497	0.0179	192.2520
1	KBAGN5	STAMI5	2	150	27.950	ACSR. AW	330 mm^2	740	800	800	600	600	0.1172	0.4003	2.8530	3.2757	11.1884	79.7414	11.6581	225.0000	0.0518	0.0146	0.0497	0.0179	192.2520
1	STAMI5	WLNGI5	1	150	23.600	ACSR	160 mm^2	435	300	300	600	600	0.2136	0.4080	2.7660	5.0410	9.6288	65.2776	10.8685	225.0000	0.0483	0.0224	0.0428	0.0147	113.0130
1	LWANG5	BNGIL5	1	150	34.680	ACSR. AW	330 mm^2	740	1000	1000	1250	1600	0.1172	0.4003	2.8530	4.0645	13.8824	98.9420	14.4652	225.0000	0.0643	0.0181	0.0617	0.0223	192.2520
1	LWANG5	PNMAS5	1	150	20.910	ACSR. AW	330 mm^2	740	1000	1000	1250	1250	0.1172	0.4003	2.8530	2.4507	8.3700	59.6562	8.7216	225.0000	0.0388	0.0109	0.0372	0.0134	192.2520
1	PNMAS5	BNGIL5	1	150	27.770	ACSR. AW	330 mm^2	740	1000	1000	1250	1250	0.1172	0.4003	2.8530	3.2546	11.1153	79.2278	11.5830	225.0000	0.0515	0.0145	0.0494	0.0178	192.2520
1	KBAGN4	PLHAN4	1	70	11.425	ACSR. OSTRICH	300 MCM	440	400	400	400	400	0.2175	0.3871	2.9560	2.4849	4.4226	33.7723	5.0729	49.0000	0.1035	0.0507	0.0903	0.0017	53.3456
1	KBAGN4	PLHAN4	2	70	11.425	ACSR. OSTRICH	300 MCM	440	400	400	800	800	0.2175	0.3871	2.9560	2.4849	4.4226	33.7723	5.0729	49.0000	0.1035	0.0507	0.0903	0.0017	53.3456
1	KBAGN4	GPNGN4	1	70	27.120	ACSR. OSTRCH	300 MCM	440	300	400	800	800	0.2175	0.3871	2.9560	5.8986	10.4982	80.1667	12.0418	49.0000	0.2458	0.1204	0.2142	0.0039	53.3456
1	SGRUH4	KBAGN4	1	70	22.775	ACSR. OSTRICH	300 MCM	440	400	400	600	630	0.2175	0.3871	2.9560	4.9536	8.8162	67.3229	10.1125	49.0000	0.2064	0.1011	0.1799	0.0033	53.3456
1	SGRUH4	GPNGN4	1	70	1.345	ACSR. OSTRICH	300 MCM	440	300	300	800	800	0.2175	0.3871	2.9560	0.2925	0.5206	3.9758	0.5972	49.0000	0.0122	0.0060	0.0106	0.0002	53.3456
1	SGRUH4	KKTES4	1	70	12.772	ACSR. PIGEON	3/0 AWG	300	75	200	800	100	0.3866	0.3584	3.2020	4.9377	4.5775	40.8959	6.7330	49.0000	0.1374	0.1008	0.0934	0.0020	38.3720
1	SGRUH4	KKTES4	2	70	12.772	ACSR. PIGEON	3/0 AWG	300	75	200	800	100	0.3866	0.3584	3.2020	4.9377	4.5775	40.8959	6.7330	49.0000	0.1374	0.1008	0.0934	0.0020	38.3720
1	BLBNG4	SKLNG4	1	70	8.610	ACSR. PIGEON	3/0 AWG	300	400	400	630	600	0.3866	0.3584	3.2020	3.3286	3.0858	27.5692	4.5389	49.0000	0.0926	0.0679	0.0630	0.0014	38.3720
1	BLBNG4	SKLNG4+ SLRJO4	1	70	9.500	ACSR. PIGEON	3/0 AWG	300	400	400	630	600	0.3866	0.3584	3.2020	3.6727	3.4048	30.4190	5.0081	49.0000	0.1022	0.0750	0.0695	0.0015	38.3720
1	BLBNG4	BNGIL4	1	70	40.000	ACSR. PIGEON	3/0 AWG	300	200	200	800	800	0.3866	0.3584	3.2020	15.4640	14.3360	128.0800	21.0869	49.0000	0.4303	0.3156	0.2926	0.0063	38.3720
1	BLBNG4	BNGIL4	2	70	40.000	ACSR. PIGEON	3/0 AWG	300	200	200	400	800	0.3866	0.3584	3.2020	15.4640	14.3360	128.0800	21.0869	49.0000	0.4303	0.3156	0.2926	0.0063	38.3720
1	PLHAN4	BLBNG4	1	70	12.182	ACSR. PIGEON	3/0 AWG	300	400	400	800	800	0.3866	0.3584	3.2020	4.7096	4.3660	39.0068	6.4220	49.0000	0.1311	0.0961	0.0891	0.0019	38.3720
1	PLHAN4	BLBNG4	2	70	12.182	ACSR. PIGEON	3/0 AWG	300	400	400			0.3866	0.3584	3.2020	4.7096	4.3660	39.0068	6.4220	49.0000	0.1311	0.0961	0.0891	0.0019	38.3720
1	PDAAN4	BNGIL4	1	70	9.700	ACSR. OSTRICH	300 MCM	440	250	400			0.2175	0.3871	2.9560	2.1098	3.7549	28.6732	4.3070	49.0000	0.0879	0.0431	0.0766	0.0014	53.3456
1	PDAAN4	BNGIL4	2	70	9.700	ACSR. OSTRICH	300 MCM	440	250	400	800	800	0.2175	0.3871	2.9560	2.1098	3.7549	28.6732	4.3070	49.0000	0.0879	0.0431	0.0766	0.0014	53.3456
1	PRONG4	BNGIL4	1	70	11.700	ACSR. PIPER	300 MCM	440	400	400	400	400	0.2175	0.3871	2.9560	2.5448	4.5291	34.5852	5.1950	49.0000	0.1060	0.0519	0.0924	0.0017	53.3456
1	PRONG4	BDRAN4	1	70	11.700	ACSR. PIPER	300 MCM	475	400	400	400	400	0.2180	0.3859	2.9550	2.5506	4.5150	34.5735	5.1857	49.0000	0.1058	0.0521	0.0921	0.0017	57.5890
1	KBAGN4	T-TUREN	1	70	4.300	ACSR. OSTRICH	300 MCM	440	400	400	400	400	0.2175	0.3871	2.9560	0.9353	1.6645	12.7108	1.9093	49.0000	0.0390	0.0191	0.0340	0.0006	53.3456
1	T-TUREN	GPNGN4	1	70	22.620	ACSR. OSTRICH	300 MCM	440	400	400	400	400	0.2175	0.3871	2.9560	4.9634	8.8336	67.4559	10.1325	49.0000	0.2068	0.1013	0.1803	0.0033	53.3456
1	T-TUREN	TUREN4	1	70	10.100	ACSR. OSTRICH	300 MCM	440	400	400	400	400	0.3570	0.4156	2.7440	3.6057	4.1976	27.7144	5.5336	49.0000	0.1129	0.0736	0.0857	0.0014	53.3456
1	T-TUREN	SGRUH4	1	70	21.475	ACSR. OSTRICH	300 MCM	440	400	400	400	400	0.2175	0.3871	2.9560	4.6708	8.3130	63.4801	9.5353	49.0000	0.1946	0.0953	0.1697	0.0031	53.3456
1	GPNGN4	SGRUH4	1	70	1.345	ACSR. OSTRICH	300 MCM	440	400	400	400	400	0.2175	0.3871	2.9560	0.2925	0.5206	3.9758	0.5972	49.0000	0.0122	0.0060	0.0106	0.0002	53.3456
1	BNGIL4	T-SKRJO	1	70	21.100	ACSR. PIGEON	3/0 AWG	310	400	400			0.3866	0.3584	3.2020	8.1573	7.5622	67.5622	11.1233	49.0000	0.2270	0.1665	0.1543	0.0033	37.5844

DATA KARAKTERISTIK TRANSMISI UPT & SRB

Jml Strkt	Dari	Ke	No. Strkt	Data_Penghantar Teg (kV)	Jarak (Km)	Jenis		I Nom (Amp)	Tap CT Dari	Tap CT Ke	Tap WT Dari	Tap WT Ke	R (Ohm/km)	X (Ohm/km)	B (MyS/km)	R (Ohm)	X (Ohm)	B (Ohm)	Z act (Ohm)	Z base (Ohm)	Z pu (Ohm)	R pu (Ohm)	X pu (Ohm)	B pu (Ohm)	Daya (MVA)
				(1)	(2)								(3)	(4)	(5)	(6)=(2)x(3)	(7)=(2)x(4)	(8)=(2x(5)	(9)=sqrt $(6)^2+(7)^2$	(10)=$(1)^2$/100	(11)=(9)/(10)	(12)=(6):(10)	(13)=(7):(10)	(14)=(8)/(kV^2)x0.1975	(15)=(1)x(A)x1.732/1000
5. UPT Malang																									
	Konfigurasi aftak																								
1	KBAGN4	T.76	1	70	10.740	ACSR. OSTRCH	300 MCM	440	300	400	800	800	0.2175	0.3871	2.9560	2.3360	4.1575	31.7474	4.7688	49.0000	0.0973	0.0477	0.0848	0.0016	53.3456
1	SGRUH4	T.76	1	70	15.035	ACSR. OSTRICH	300 MCM	440	400	400	600	630	0.2175	0.3871	2.9560	3.2701	5.8200	44.4435	6.6758	49.0000	0.1362	0.0667	0.1188	0.0022	53.3456
1	GPGAN4	T.76	1	70	16.380	ACSR. OSTRICH	300 MCM	440	300	300	800	800	0.2175	0.3871	2.9560	3.5627	6.3407	48.4193	7.2730	49.0000	0.1484	0.0727	0.1294	0.0024	53.3456
1	TUREN4	T.76	1	70	10.100	ACSR. OSTRICH	300 MCM	440	400	400	400	400	0.2175	0.3871	2.9560	2.1968	3.9097	29.8556	4.4846	49.0000	0.0915	0.0448	0.0798	0.0015	53.3456
1	TUREN4	T.76	2	70	10.100	ACSR. OSTRICH	300 MCM	440	400	400	400	400	0.2175	0.3871	2.9560	2.1968	3.9097	29.8556	4.4846	49.0000	0.0915	0.0448	0.0798	0.0015	53.3456
	Perubahan Jarak																								
1	BLBNG4	T.42	1	70	9.490	ACSR. PIGEON	3/0 AWG	300	400	400	630	600	0.3866	0.3584	3.2020	3.6688	3.4012	30.3870	5.0029	49.0000	0.1021	0.0749	0.0694	0.0015	36.3720
1	T.42	SKLNG4	1	70	0.010	ACSR. PIGEON	3/0 AWG	300	400	400	630	600	0.3866	0.3584	3.2020	0.0039	0.0036	0.0320	0.0053	49.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	36.3720
	Rekonfigurasi Dana APLN																								
1	PIER5	PAKIS5	1	150	55.000	ACSR. ZEBRAHAWK	2 x 435 mm^2	1620	2000	2000	2000	2000	0.0387	0.2807	4.0230	2.1285	15.4385	221.2650	15.5845	225.0000	0.0693	0.0095	0.0686	0.0498	420.8760
1	PIER5	PAKIS5	2	150	55.000	ACSR. ZEBRAHAWK	2 x 435 mm^2	1620	2000	2000	2000	2000	0.0387	0.2807	4.0230	2.1285	15.4385	221.2650	15.5845	225.0000	0.0693	0.0095	0.0686	0.0498	420.8760
1	PIER5	BLBNG5	1	150	62.750	ACSR. ZEBRAHAWK	2 x 435 mm^2	1620	2000	2000	2000	2000	0.0387	0.2807	4.0230	2.4284	17.6139	252.4433	17.7805	225.0000	0.0790	0.0108	0.0783	0.0568	420.8760
1	PAKIS5	BLBNG5	1	150	9.750	ACSR. ZEBRAHAWK	2 x 435 mm^2	1620	2000	2000	2000	2000	0.0387	0.2807	4.0230	0.3773	2.7368	39.2243	2.7627	225.0000	0.0123	0.0017	0.0122	0.0088	420.8760
1	KBAGN5	PLHAN5	1	150	14.015	ACSR. ZEBRAHAWK	2 x 435 mm^2	1620	2000	2000	2000	2000	0.0387	0.2807	4.0230	0.5424	3.9340	56.3823	3.9712	225.0000	0.0176	0.0024	0.0175	0.0127	420.8760
1	PAKIS5	PLHAN5	1	150	7.115	ACSR. ZEBRAHAWK	2 x 435 mm^2	1620	2000	2000	2000	2000	0.0387	0.2807	4.0230	0.2754	1.9972	28.6236	2.0161	225.0000	0.0090	0.0012	0.0089	0.0064	420.8760

DATA KARAKTERISTIK TRANSMISI UPT & SRB

Jml Sirkit	Dari	Ke	No. Sirkit	Data Penghantar				I Nom	Tap CT		Tap WT		R	X	B	R	X	B	Z sct	Z base	Z pu	R pu	X pu	B pu	Daya
				Teg (kV)	Jarak (Km)	Jenis		(Amp)	Dari	Ke	Dari	Ke	(Ohm/km)	(Ohm/km)	(MyS/km)	(Ohm)	(Ohm)	(Ohm)	(Ohm)	(Ohm)	(Ohm)	(Ohm)	(Ohm)	(Ohm)	(MVA)
				(1)	(2)								(3)	(4)	(5)	(6)=(2)x(3)	(7)=(2)x(4)	(8)=(2)x(5)	(9)=sakar (8)^2+(7)^2	(10)=(1)^2/100	(11)=(9)/(10)	(12)=(6):(10)	(13)=(7):(10)	(14)=(8)/(X)^{2}x0,1875	(15)=(1)x(A)x1,732/1000
6. UPT Probolinggo																									
1	PITON7	GRATI7	1	500	88,363	GANNET	4x392,8	2800	2000	2000			0,0251	0,2808	4,0490	2,2179	24,8123	357,7818	24,9113	2.500,000	0,0100	0,0009	0,0099	0,0072	2.424,8000
1	PITON7	GRATI7	2	500	88,363	GANNET	4x392,8	2800	2000	2000			0,0251	0,2808	4,0490	2,2179	24,8123	357,7818	24,9113	2.500,000	0,0100	0,0009	0,0099	0,0072	2.424,8000
1	BNGIL5	GDTAN5	1	150	16,805	ACSR. AW	330 mm^2	740	1000	1000	1250	1600	0,1172	0,4003	2,8530	1,9695	6,7270	47,9447	7,0094	225,0000	0,0312	0,0088	0,0299	0,0108	192,2520
1	BNGIL5	GDTAN5	2	150	16,805	ACSR. AW	330 mm^2	740	1000	1000	1250	1600	0,1172	0,4003	2,8530	1,9695	6,7270	47,9447	7,0094	225,0000	0,0312	0,0088	0,0299	0,0108	192,2520
1	BNGIL5	BDRAN5	1	150	9,800	ACSR. AW	330 mm^2	740	1000	1000	1600	1600	0,1172	0,4003	2,8530	1,1486	3,9229	27,9594	4,0876	225,0000	0,0182	0,0051	0,0174	0,0063	192,2520
1	BNGIL5	WARU5	1	150	9,800	ACSR. AW	330 mm^2	740	1000	1000	1600	1600	0,1172	0,4003	2,8530	1,1486	3,9229	27,9594	4,0876	225,0000	0,0182	0,0051	0,0174	0,0063	192,2520
1	BNGIL5	LWAMG5	1	150	34,680	ACSR. AW	330 mm^2	740	1000	1000	1600	1600	0,1172	0,4003	2,8530	4,0645	13,8824	98,9420	14,4652	225,0000	0,0643	0,0181	0,0617	0,0223	192,2520
1	BNGIL5	BLKDN5	1	150	27,770	ACSR. AW	330 mm^2	740	1000	1000	1600	1600	0,1172	0,4003	2,8530	3,2546	11,1163	79,2278	11,5830	225,0000	0,0515	0,0145	0,0494	0,0178	192,2520
1	BNGIL5	PIER5	1	150	5,150	ACSR. ZEBRA	2 x 435 mm^2	1620	2000	1000	1250	1250	0,3870	0,2807	4,0203	1,9931	1,4456	20,7045	2,4621	225,0000	0,0109	0,0089	0,0064	0,0047	420,8760
1	BNGIL5	PIER5	2	150	5,150	ACSR. ZEBRA	2 x 435 mm^2	1620	2000	1000	1250	1250	0,3870	0,2807	4,0203	1,9931	1,4456	20,7045	2,4621	225,0000	0,0109	0,0089	0,0064	0,0047	420,8760
1	BNGIL5	BCKRO5	1	150	6,200	ACSR. ZEBRA	2 x 435 mm^2	1620	1000	1000	1250	1250	0,3870	0,2807	4,0203	2,3994	1,7403	24,9259	2,9641	225,0000	0,0132	0,0107	0,0077	0,0056	420,8760
1	BNGIL5	BCKRO5	2	150	6,200	ACSR. ZEBRA	2 x 435 mm^2	1620	1000	1000	1250	1250	0,3870	0,2807	4,0203	2,3994	1,7403	24,9259	2,9641	225,0000	0,0132	0,0107	0,0077	0,0056	420,8760
1	GDTAN5	RJOSO5	1	150	10,487	ACSR. AW	330 mm^2	740	1000	800	1250	1250	0,1172	0,4003	2,8530	1,2291	4,1979	29,9194	4,3742	225,0000	0,0194	0,0055	0,0187	0,0067	192,2520
1	GDTAN5	RJOSO5	2	150	10,487	ACSR. AW	330 mm^2	740	1000	800	1250	1250	0,1172	0,4003	2,8530	1,2291	4,1979	29,9194	4,3742	225,0000	0,0194	0,0055	0,0187	0,0067	192,2520
1	PIER5	GRATI5	1	150	30,000	TACSR	410 mm^2	1620	1000	1000	1250	2000	0,3870	0,2807	4,0203	11,6100	8,4210	120,6090	14,3424	225,0000	0,0637	0,0516	0,0374	0,0271	420,8760
1	PBLGO5	GDTAN5	1	150	33,827	ACSR. AW	330 mm^2	740	800	1000	1250	1250	0,1172	0,4003	2,8530	3,9645	13,5409	96,5084	14,1094	225,0000	0,0627	0,0176	0,0602	0,0217	192,2520
1	PBLGO5	GDTAN5	2	150	33,827	ACSR. AW	330 mm^2	740	800	1000	1250	1250	0,1172	0,4003	2,8530	3,9645	13,5409	96,5084	14,1094	225,0000	0,0627	0,0176	0,0602	0,0217	192,2520
1	PBLGO5	LJANG5	1	150	51,692	ACSR. AW	330 mm^2	740	600	600	800	800	0,1172	0,4003	2,8530	6,0583	20,6923	147,4773	21,5610	225,0000	0,0958	0,0269	0,0920	0,0332	192,2520
1	PBLGO5	LJANG5	2	150	51,692	ACSR. AW	330 mm^2	740	600	600	800	600	0,1172	0,4003	2,8530	6,0583	20,6923	147,4773	21,5610	225,0000	0,0958	0,0269	0,0920	0,0332	192,2520
1	KRSAN5	PBLGO5	1	150	30,239	ACSR. AW	330 mm^2	740	1000	1000	1250	1250	0,1172	0,4003	2,8530	3,5440	12,1047	86,2719	12,6128	225,0000	0,0561	0,0158	0,0538	0,0194	192,2520
1	KRSAN5	PBLGO5	2	150	30,239	ACSR. AW	330 mm^2	740	1000	1000	1250	1250	0,1172	0,4003	2,8530	3,5440	12,1047	86,2719	12,6128	225,0000	0,0561	0,0158	0,0538	0,0194	192,2520
1	KRSAN5	GDING5	1	150	19,137	ACSR. AW	330 mm^2	740	1000	400	1250	1250	0,1172	0,4003	2,8530	2,2429	7,6605	54,5979	7,9821	225,0000	0,0355	0,0100	0,0340	0,0123	192,2520
1	PITON5	KRSAN5	1	150	20,204	ACSR. AW	330 mm^2	740	1000	1000	1250	1250	0,1172	0,4003	2,8530	2,3679	8,0877	57,6420	8,4272	225,0000	0,0375	0,0105	0,0359	0,0130	192,2520
1	PITON5	KRSAN5	2	150	20,204	ACSR. AW	330 mm^2	740	1000	1000	1250	1250	0,1172	0,4003	2,8530	2,3679	8,0877	57,6420	8,4272	225,0000	0,0375	0,0105	0,0359	0,0130	192,2520
1	PITON5	STBDO5	1	150	55,433	ACSR. ZEBRA	2 x 435 mm^2	1600	2000	2000	1250	1250	0,3870	0,2807	4,0203	21,4526	15,5600	222,8573	26,5015	225,0000	0,1178	0,0953	0,0692	0,0502	415,6800
1	PITON5	STBDO5	2	150	55,433	ACSR. ZEBRA	2 x 435 mm^2	1600	2000	2000	1250	1250	0,3870	0,2807	4,0203	21,4526	15,5600	222,8573	26,5015	225,0000	0,1178	0,0953	0,0692	0,0502	415,6800
1	BNGIL4	PDAAN4	1	70	9,700	ACSR. OSTRICH	300 MCM	440	250	400	800	800	0,2175	0,3871	2,9560	2,1098	3,7549	28,6732	4,3070	49,0000	0,0879	0,0431	0,0766	0,0014	53,3456
1	BNGIL4	PDAAN4	2	70	9,700	ACSR. OSTRICH	300 MCM	440	250	400	800	800	0,2175	0,3871	2,9560	2,1098	3,7549	28,6732	4,3070	49,0000	0,0879	0,0431	0,0766	0,0014	53,3456
1	BNGIL4	BDRAN4	1	70	11,700	ACSR. PIPER	300 MCM	440	400	400	400	400	0,2180	0,3859	2,9650	2,5506	4,5150	34,6905	5,1857	49,0000	0,1058	0,0521	0,0921	0,0017	53,3456
1	BNGIL4	PRONG4	1	70	11,700	ACSR. PIPER	300 MCM	440	400	400	400	400	0,2180	0,3859	2,9650	2,5506	4,5150	34,6905	5,1857	49,0000	0,1058	0,0521	0,0921	0,0017	53,3456
1	BNGIL4	BLBNG4	1	70	40,000	ACSR. PIGEON	3/0 AWG	300	200	200	800	800	0,3866	0,3584	3,2020	15,4640	14,3360	128,0800	21,0869	49,0000	0,4303	0,3156	0,2926	0,0063	39,3720
1	BNGIL4	BLBNG4	2	70	40,000	ACSR. PIGEON	3/0 AWG	300	200	200	400	800	0,3866	0,3584	3,2020	15,4640	14,3360	128,0800	21,0869	49,0000	0,4303	0,3156	0,2926	0,0063	39,3720
1	GRATI5	GDTAN5	1	150	18,500	TACSR	410 mm^2	1620	1000	1000	1250	2000	0,3870	0,2807	4,0203	7,1595	5,1930	74,3756	8,8445	225,0000	0,0393	0,0318	0,0231	0,0167	420,8760
1	GRATI5	GDTAN5	2	150	10,743	TACSR	410 mm^2	1620	1000	1000	1250	2000	0,3870	0,2807	4,0203	4,1575	3,0156	43,1901	5,1360	225,0000	0,0228	0,0185	0,0134	0,0097	420,8760
1	GDTAN5	PIER5	1	150	11,500	TACSR	410 mm^2	1620	1000	1000	1250	2000	0,3870	0,2807	4,0203	4,4505	3,2281	46,2335	5,4979	225,0000	0,0244	0,0198	0,0143	0,0104	420,8760
1	GDTAN5	PIER5	2	150	11,500	TACSR	410 mm^2	1620	1000	1000	1250	2000	0,3870	0,2807	4,0203	4,4505	3,2281	46,2335	5,4979	225,0000	0,0244	0,0198	0,0143	0,0104	420,8760

DATA KARAKTERISTIK TRANSMISI UPT & SRB

Jml Strktt	Dari	Ke	No. Strktt	Data_Penghantar Teg (kV)	Jarak (Km)	Jenis	I Nom (Amp)	Tap CT Dari	Tap CT Ke	Tap WT Dari	Tap WT Ke	R (Ohm/km)	X (Ohm/km)	B (MyS/km)	R (Ohm)	X (Ohm)	B (Ohm)	Z act (Ohm)	Z base (Ohm)	Z pu (Ohm)	R pu (Ohm)	X pu (Ohm)	B pu (Ohm)	Daya (MVA)
				(1)	(2)							(3)	(4)	(5)	(6)=(2)x(3)	(7)=(2)x(4)	(8)=(2x(5)	(9)=akar $(6)^2+(7)^2$	(10)=$(1)^2$/100	(11)=(9)/(10)	(12)=(6):(10)	(13)=(7):(10)	(14)=(8)/($(X)^2$)0,1975	(15)=(1)x(A)x1,732/1000
7. UPT Jember																								
1	PBLGO5	LJANG5	1	150	51.692	ACSR. DOVE	330 mm²	740	600	600	800	800	0.1172	0.4003	2.8530	6.0583	20.6923	147.4773	21.5610	225.0000	0.0958	0.0269	0.0920	0.0332	192.2520
1	PBLGO5	LJANG5	2	150	51.692	ACSR. DOVE	330 mm²	740	600	600	800	800	0.1172	0.4003	2.8530	6.0593	20.6923	147.4773	21.5610	225.0000	0.0958	0.0269	0.0920	0.0332	192.2520
1	LJANG5	TGGUL5	1	150	32.080	ACSR. AW	330 mm²	740	800	800	1250	1250	0.1172	0.4003	2.8530	3.7598	12.8416	91.5242	13.3807	225.0000	0.0595	0.0167	0.0571	0.0206	192.2520
1	LJANG5	JMBER5	1	150	60.530	ACSR. AW	330 mm²	740	800	800	1250	800	0.1172	0.4003	2.8530	7.0941	24.2302	172.6921	25.2473	225.0000	0.1122	0.0315	0.1077	0.0389	192.2520
1	TNGUL5	JMBER5	1	150	28.450	ACSR. AW	330 mm²	740	1000	800	1250	800	0.1172	0.4003	2.8530	3.3343	11.3885	81.1679	11.8666	225.0000	0.0527	0.0148	0.0506	0.0183	192.2520
1	JMBER5	BWNGI5	1	150	82.595	ACSR. AW	330 mm²	740	600	600	800	800	0.1172	0.4003	2.8530	9.6801	33.0628	235.6435	34.4507	225.0000	0.1531	0.0430	0.1469	0.0530	192.2520
1	JMBER5	GTENG5	1	150	64.708	ACSR. AW	330 mm²	740	600	1000	1250	1250	0.1172	0.4003	2.8530	7.5836	25.9026	184.6119	26.9900	225.0000	0.1200	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	0.4003	2.8530	4.6484	15.8767	113.1557	16.5432	225.0000	0.0735	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	0.4003	2.8530	4.6484	15.8767	113.1557	16.5432	225.0000	0.0735	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	0.3870	0.2807	4.0203	21.4526	15.5600	222.8573	26.5015	225.0000	0.1178	0.0953	0.0692	0.0502	420.8760
1	STBDO5	PITON5	2	150	55.433	ACSR. ZEBRA	2 x 435 mm²	1620	2000	2000	1250	1250	0.3870	0.2807	4.0203	21.4526	15.5600	222.8573	26.5015	225.0000	0.1178	0.0953	0.0692	0.0502	420.8760
1	STBDO5	BDWSO5	1	150	34.786	ACSR. AW	330 mm²	740	800	800	800	800	0.1172	0.4003	2.8530	4.0769	13.9248	99.2445	14.5094	225.0000	0.0645	0.0181	0.0619	0.0223	192.2520
1	STBDO5	BDWSO5	2	150	34.786	ACSR. AW	330 mm²	740	800	800	1600	1600	0.1172	0.4003	2.8530	4.0769	13.9248	99.2445	14.5094	225.0000	0.0645	0.0181	0.0619	0.0223	192.2520
1	STBDO5	BWNGI5	1	150	74.200	ACSR. DOVE	2 x 340 mm²	1200	800	800	1600	1600	0.0586	0.2815	4.0740	4.3481	20.8873	302.2908	21.3351	225.0000	0.0948	0.0193	0.0928	0.0680	311.7600
1	STBDO5	BWNGI5	2	150	74.200	ACSR. DOVE	2 x 340 mm²	1200	800	800	1600	1600	0.0586	0.2815	4.0740	4.3481	20.8873	302.2908	21.3351	225.0000	0.0948	0.0193	0.0928	0.0680	311.7600
1	GTENG5	BWNGI5	1	150	33.950	ACSR. DOVE	330 mm²	740	1000	600	1250	800	0.1172	0.4003	2.8530	3.9789	13.5902	96.8594	14.1607	225.0000	0.0629	0.0177	0.0604	0.0216	192.2520
1	BWNGI5	KTPNG5	1	150	7.990	ACSR. HAWK	477 MM	655	600	800			0.1370	0.3966	2.8800	1.0946	3.1688	23.0112	3.3526	225.0000	0.0149	0.0049	0.0141	0.0052	170.1690
	BWNGI5	KTP-GLM	I (11)	150	4.471	SUBMARINE CABLE	330 mm²	500	600	800			0.0870	0.1310	73.0000	0.3890	0.5857	326.3830	0.7031	225.0000	0.0031	0.0017	0.0026	0.0734	129.9000
	BWNGI5	KTP-GLM	I (lama)	150	4.829	OSS	300 mm²	465	600	800						-	-	-				#DIV/0!	#DIV/0!	-	120.8070
1	BWNGI5	KTPNG5	2	150	7.990	ACSR. HAWK	477 MM	655	600	800			0.1370	0.3966	2.8800	1.0946	3.1688	23.0112	3.3526	225.0000	0.0149	0.0049	0.0141	0.0052	170.1690
	BWNGI5	KTP-GLM	II (10)	150	4.369	SUBMARINE CABLE	300 mm²	500	600	800			0.0870	0.1310	73.0000	0.3818	0.5750	320.3970	0.6902	225.0000	0.0031	0.0017	0.0026	0.0721	129.9000
	BWNGI5	KTP-GLM	II (lama)	150	4.260	OSS.	300 mm²	465	600	800						-	-	-				#DIV/0!	#DIV/0!	-	120.8070

DATA KARAKTERISTIK TRANSMISI UPT & SRB

Jml Sirkit	Dari	Ke	No. Sirkit	Data_Penghantar Teg (kV)	Jarak (Km)	Jenis		I Nom (Amp)	Tap CT Dari	Tap CT Ke	Tap WT Dari	Tap WT Ke	R (Ohm/km)	X (Ohm/km)	B (MyS/km)	R (Ohm)	X (Ohm)	B (Ohm)	Z act (Ohm)	Z base (Ohm)	Z pu (Ohm)	R pu (Ohm)	X pu (Ohm)	B pu (Ohm)	Daya (MVA)	TAHUN OPERASI	Keterangan
				(1)	(2)								(3)	(4)	(5)	(6)=(2)x(3)	(7)=(2)x(4)	(8)=(2x(5)	(9)=sqr (6)^2+(7)^2	(10)=(1)^2/100	(11)=(9)/(10)	(12)=(6):(10)	(13)=(7):(10)	(14)=(8)/(kV^2)0,1975	(15)=(1)x(A)x1,732/1000		MVA base = 100 150 kV = 0,1975 70 kV = 4,163
8. UPT Madiun																											
1	MNRJO5	BNRAN5	1	150	23.500	ACSR	330	740	800	800	1250	800	0.1172	0.4003	2.8530	2.7542	9.4071	67.0455	9.8019	225.0000	0.0436	0.0122	0.0418	0.0151	192.2520	21-09-82	
1	MNRJO5	SYZAG5	1	150	23.900	ACSR	330	740	400	600	800	800	0.1172	0.4003	2.8530	2.8011	9.5672	68.1867	9.9688	225.0000	0.0443	0.0124	0.0425	0.0153	192.2520	31-09-82	
1	MNRJO5	SRGEN5	1	150	78.674	ACSR	477	491	400	600	800	800	0.1172	0.4003	2.8530	9.2206	31.4932	224.4569	32.8153	225.0000	0.1458	0.0410	0.1400	0.0505	127.5618	28-07-81	
1	MNRJO5	NGAWI5	1	150	51.750	ACSR	477	491	400	600	1250	1250	0.1172	0.4003	2.8530	6.0651	20.7155	147.6428	21.5851	225.0000	0.0959	0.0270	0.0921	0.0332	127.5618	28-07-81	
1	NGAWI5	SRGEN5	1	150	37.924	ACSR	477	491	400	600	1250	1250	0.1172	0.4003	2.8530	4.4447	15.1910	108.1972	15.8183	225.0000	0.0703	0.0198	0.0675	0.0243	127.5618	28-07-81	
1	BJGRO5	CEPU5	1	150	30.970	ACSR. HAWK	477 MCM	645	400	400	800	800	0.1370	0.3966	2.8800	4.2429	12.2827	89.1936	12.9949	225.0000	0.0576	0.0189	0.0546	0.0201	167.5710	1983	
1	BJGRO5	CEPU5	2	150	30.970	ACSR. HAWK	477 MCM	645	400	400	800	800	0.1370	0.3966	2.8800	4.2429	12.2827	89.1936	12.9949	225.0000	0.0573	0.0189	0.0546	0.0201	167.5710	1983	
1	BJGRO5	BABAT5	1	150	35.300	ACSR. HAWK	477 MCM	645	400	400	800	800	0.1370	0.3966	2.8800	4.8361	14.0000	101.6640	14.8117	225.0000	0.0658	0.0215	0.0622	0.0229	167.5710	1982	
1	BJGRO5	BABAT5	2	150	35.300	ACSR. HAWK	477 MCM	645	400	400	800	800	0.1370	0.3966	2.8800	4.8361	14.0000	101.6640	14.8117	225.0000	0.0658	0.0215	0.0622	0.0229	167.5710	1982	
1	BABAT5	LNGAN5	1	150	12.910	TACSR	240	973	800	800	1250	1250	0.0586	0.2815	4.0740	0.7565	3.6342	52.5953	3.7121	225.0000	0.0165	0.0034	0.0162	0.0118	252.7854	1982	
1	BABAT5	LNGAN5	2	150	12.910	TACSR	240	973	800	800	1250	1250	0.0586	0.2815	4.0740	0.7565	3.6342	52.5953	3.7121	225.0000	0.0165	0.0034	0.0162	0.0118	252.7854	1996	
1	BABAT5	TUBAN5	1	150	31.922	TACSR	240	973	800	800	1250	1250	0.0586	0.2815	4.0740	1.8706	8.9860	130.0502	9.1787	225.0000	0.0408	0.0083	0.0399	0.0293	252.7854	14-05-98	
1	BABAT5	TUBAN5	2	150	31.922	TASCR	240	973	800	800	1250	1250	0.0586	0.2815	4.0740	1.8706	8.9860	130.0502	9.1787	225.0000	0.0408	0.0083	0.0399	0.0293	252.7854	14-05-98	
1	TUBAN5	KEREK5	1	150	14.060	ACSR	240	645	800	800	1250	1250	0.1172	0.4003	2.8530	1.6478	5.6282	40.1132	5.8645	225.0000	0.0261	0.0073	0.0250	0.0090	167.5710	1993	
1	TUBAN5	KEREK5	2	150	14.060	ACSR	240	645	800	800	1250	1250	0.1172	0.4003	2.8530	1.6478	5.6282	40.1132	5.8645	225.0000	0.0261	0.0073	0.0250	0.0090	167.5710	1995	
1	MLWNG5	KEREK5	1	150	9.000	ACSR	240	645	800	800	1250	1250	0.1172	0.4003	2.8530	1.0548	3.6027	25.6770	3.7539	225.0000	0.0167	0.0047	0.0160	0.0058	167.5710	1995	
1	MLWNG5	KEREK5	2	150	9.000	ACSR	240	645	800	800	1250	1250	0.1172	0.4003	2.8530	1.0548	3.6027	25.6770	3.7539	225.0000	0.0167	0.0047	0.0160	0.0058	167.5710	1995	
1	KEREK5	TBAN35	1	150	2.016	ACSR	240	645					0.1172	0.4003	2.8530	0.2363	0.8070	5.7516	0.8409	225.0000	0.0037	0.0011	0.0038	0.0013	167.5710	1997	
1	KEREK5	TBAN35	2	150	2.016	ACSR	240	645					0.1172	0.4003	2.8530	0.2363	0.8070	5.7516	0.8409	225.0000	0.0037	0.0011	0.0038	0.0013	167.5710	1997	
1	MNRJO4	NGJUK4	1	70	39.800	ACSR	300	396	300	300	800	800	0.2175	0.3871	2.9560	8.6565	15.4066	117.6488	17.6719	49.0000	0.3607	0.1767	0.3144	0.0058	48.0110	11-11-94	
1	MNRJO4	DLOPO4	1	70	14.000	ACSR	300	398	400	400			0.2175	0.3871	2.9560	3.0450	5.4194	41.3840	6.2163	49.0000	0.1269	0.0621	0.1106	0.0020	48.2535	18-11-81	
1	MNRJO4	PNRGO4	1	70	29.500	ACSR	300	398	400	400	800	800	0.2180	0.3859	2.9560	6.4310	11.3641	87.2020	13.0750	49.0000	0.2668	0.1312	0.2323	0.0043	48.2535	28-11-81	
1	MNRJO4	MRGEN4	1	70	22.920	ACSR	300	398	200	200	400	800				-	-	-	-	49.0000	-	-	-	-	48.2535	14-02-92	
1	MNRJO4	MRGEN4	2	70	22.920	ACSR	300	398	200	200	800	600				-	-	-	-	49.0000	-	-	-	-	48.2535	21-09-85	
1	TLGEK4	TLGNG4	1	70	5.400	ACSR	300	396	100	150	1250	800				-	-	-	-	49.0000		-	-	-	48.0110	23-09-81	
1	TGLEK4	TLGPA4	1	70	5.400	ACSR	300	396	400	400	800	1250	0.2175	0.3871	2.9560	1.1745	2.0903	15.9624	2.3977	49.0000	0.0489	0.0240	0.0427	0.0008	48.0110	06-04-93	
1	PNRGO4	PCTAN4	1	70	62.218	ACSR	300	396	400	400	400	400	0.2175	0.3871	2.9560	13.5324	24.0846	183.9164	27.6260	49.0000	0.5638	0.2762	0.4915	0.0090	48.0110	29-09-81	
1	PNRGO4	PCTAN4	2	70	62.218	ACSR	300	396	400	400	400		0.2175	0.3871	2.9560	13.5324	24.0846	183.9164	27.6260	49.0000	0.5638	0.2762	0.4915	0.0090	48.0110	29-09-81	
1	PNRGO4	TGLEK4	1	70	38.800	ACSR	300	396	400	400	400	400	0.2175	0.3871	2.9560	8.4390	15.0195	114.6928	17.2279	49.0000	0.3516	0.1722	0.3065	0.0056	48.0110	23-09-98	
1	PNRGO4	TGLEK4	2	70	38.800	ACSR	300	396	400	400	400		0.2175	0.3871	2.9560	8.4390	15.0195	114.6928	17.2279	49.0000	0.3516	0.1722	0.3065	0.0056	48.0110	23-09-98	
1	PNRGO4	DLOPO4	1	70	15.500	ACSR	300	398	400	400	800	800	0.2175	0.3871	2.9560	3.3713	6.0001	45.8180	6.8823	49.0000	0.1405	0.0688	0.1225	0.0022	48.2535	28-11-81	
1	MGTAN4	MRGEN4	1	70	14.400	ACSR	300	398	400	400			0.2180	0.3850	2.9560	3.1392	5.5570	42.5664	6.3823	49.0000	0.1303	0.0641	0.1134	0.0021	48.2535	22-12-95	
1	MGTAN4	MRGEN4	2	70	14.400	ACSR	300	398	400	400	800	600	0.2180	0.3859	2.9560	3.1392	5.5570	42.5664	6.3823	49.0000	0.1303	0.0641	0.1134	0.0021	48.2535	27-02-95	
1	CRBAN4	MNRJO4	1	70	16.858	ACSR	300	396	400	400	800	800				-	-	-	-	49.0000	-	-	-	-	48.0110	18-10-77	
1	CRBAN4	NGJUK4	1	70	22.942	ACSR	300	396	400	400	800	800	0.2175	0.3871	2.9560	4.9899	8.8808	67.8166	10.1867	49.0000	0.2079	0.1018	0.1812	0.0033	48.0110	18-10-77	

DATA KARAKTERISTIK TRANSMISI UPT & SRB

Jml Strkt	Dari	Ke	No. Strkt	Data_Penghantar Tag (kV)	Jarak (Km)	Jenis	I Nom (Amp)	Tap CT Dari	Tap CT Ke	Tap PT Dari	Tap PT Ke	R (Ohm/km)	X (Ohm/km)	B (MhS/km)	R (Ohm)	X (Ohm)	B (Ohm)	Z act (Ohm)	Z base (Ohm)	Z pu (Ohm)	R pu (Ohm)	X pu (Ohm)	B pu (Ohm)	Daya (MVA)
				(1)	(2)							(3)	(4)	(5)	(6)=(2)x(3)	(7)=(2)x(4)	(8)=(2x(5)	(9)=akar (6)^2+(7)^2	(10)=(1)^2/100	(11)=(9)/(10)	(12)=(6):(10)	(13)=(7):(10)	(14)=(9)/(kV^2)0.1975	(15)=(1)x(A)x1.7321000
9. UPT Kediri																								
1	BNRAN5	MJAGN5	1	150	27 600	ACSR	330	740	800	800	1600	2000	0.1172	0 4003	2 8530	3 2347	11.0483	78 7428	11 5121	225 0000	0.0512	0.0144	0.0491	0.0177	192.2520
1	BNRAN5	MJAGN5	2	150	27 600	ACSR	330	740	800	800	1600	1250	0.1172	0 4003	2 8530	3 2347	11.0483	78 7428	11 5121	225 0000	0.0512	0.0144	0.0491	0.0177	192.2520
1	BNRAN5	SYZAG5	1	150	12 250	ACSR	330	740	800	800	1250	800	0.1172	0 4003	2 8530	1 4357	4.9037	34 9493	5 1095	225 0000	0.0227	0.0064	0.0218	0.0079	192.2520
1	BNRAN5	MNRJO5	1	150	47 330	ACSR	330	740	800	800	1250	800	0.1172	0 4003	2 8530	5 5471	18.9462	135 0325	19 7415	225 0000	0.0877	0.0247	0.0842	0.0304	192.2520
1	BNRAN5	JKTAS5	1	150	31 615	ACSR	2 x 477	982	800	800	800	1250	0.0685	0 2045	2 7880	2 1656	6.4653	88 1426	6 8183	225 0000	0.0303	0.0096	0.0287	0.0198	255.1236
1	BNRAN5	JKTAS5	2	150	31 615	ACSR	2 x 477	982	800	800	800	1250	0.0685	0 2045	2 7880	2.1656	6.4653	88 1426	6 8183	225.0000	0.0303	0.0096	0.0287	0.0198	255.1236
1	SYZAG5	MNRJO5	1	150	35 080	ACSR	330	740	400	600	800	800	0.1172	0 4003	2 8530	4.1114	14.0425	100.0832	14 6320	225 0000	0.0650	0.0183	0.0624	0.0225	192.2520
1	BNRAN4	GGRAM4	1	70	4 950	ACSR	300	396	400	400			0.2175	0 3871	2 9560	1 0766	1.9161	14 6322	2 1979	49 0000	0.0449	0.0220	0.0391	0.0007	48.0110
1	BNRAN4	GGRAM4	2	70	4 950	ACSR	300	396	400	400			0.2175	0 3871	2 9560	1 0766	1.9161	14 6322	2 1979	49 0000	0.0449	0.0220	0.0391	0.0007	48.0110
1	BNRAN4	TLGNG4	1	70	29 200	ACSR	300	396	400	400			0.2175	0 3871	2 9560	6.3510	11.3033	86 3152	12 9653	49 0000	0.2646	0.1298	0.2307	0.0042	48.0110
1	BNRAN4	TLGNG4	2	70	29 200	ACSR	300	396	400	400	800	1250	0.2175	0 3871	2 9560	6.3510	11.3033	86 3152	12 9653	49 0000	0.2646	0.1298	0.2307	0.0042	48.0110
1	BNRAN4	PARE4	1	70	15.841	ACSR	300	350	400	400			0.3866	0 3584	3 2020	6 1241	5.6774	50 7229	8 3509	49 0000	0.1704	0.1250	0.1159	0.0025	42.4340
1	BNRAN4	PARE4	2	70	15 841	ACSR	300	350	400	400	800	800	0.3866	0 3584	3 2020	6 1241	5.6774	50 7229	8 3509	49 0000	0.1704	0.1250	0.1159	0.0025	42.4340
1	TLGNG4	BLTAR4	1	70	31 200	ACSR	300	396	400	400			0.2175	0 3871	2 9560	6 7860	12.0775	92 2272	13 8534	49 0000	0.2827	0.1385	0.2465	0.0045	48.2535
1	TLGNG4	BLTAR4	2	70	31 200	ACSR	300	396	400	400	600	800	0.2175	0 3871	2 9560	6.7660	12.0775	92 2272	13.8534	49 0000	0.2827	0.1385	0.2465	0.0045	48.2539
1	TLGNG4	TLGPA4	1	70	38 387	ACSR	300	396	400	400	1250	800	0.2175	0 3871	2 9560	8 3492	14.8596	113 4720	17 0445	49 0000	0.3478	0.1704	0.3033	0.0056	48.0110
1	TLGNG4	TLGEK4	1	70	27 600	ACSR	300	396	100	150	1250	800	0.2175	0 3871	2 9560	6 0030	10.6840	81 5856	12 2549	49 0000	0.2501	0.1225	0.2180	0.0040	48.0110
1	BLTAR4	WLNGI4	1	70	11 730	ACSR	300	396	400	300			0.2175	0 3871	2 9560	2 5513	4.5407	34 6739	5 2083	49 0000	0.1063	0.0521	0.0927	0.0017	48.2535
1	BLTAR4	WLNGI4	2	70	11 730	ACSR	300	396	400	300	800	800	0.2175	0 3871	2 9560	2 5513	4.5407	34.6739	5 2083	49.0000	0.1063	0.0521	0.0927	0.0017	48.2535
1	KTSNO4	SKTIH4	1	70	15 800	ACSR	300	396	400	400	600	600	0 2175	0 3871	2 9560	3 4365	6.1162	46 7048	7 0155	49 0000	0.1432	0.0701	0.1248	0.0023	48.0110
1	KTSNO4	SKTIH4	2	70	15 800	ACSR	300	396	400	400			0.2175	0 3871	2 9560	3 4365	6.1162	46.7048	7 0155	49.0000	0.1432	0.0701	0.1248	0.0023	48.0110
1	KTSNO4	NGJUK4	1	70	16 765	ACSR	300	396	400	400	600	600	0.2175	0 3871	2 9560	3 6464	6.4897	49 5573	7 4440	49.0000	0.1519	0.0744	0.1324	0.0024	48.0110
1	KTSNO4	NGJUK4	2	70	16 675	ACSR	300	396	400	400	600	600	0.2175	0 3871	2 9560	3.6268	6.4549	49 2913	7 4040	49 0000	0.1511	0.0740	0.1317	0.0024	48.0110
1	KTSNO4	PLOSO4	1	70	24 800	ACSR	300	396	400	400	400	400	0.2175	0 3871	2 9560	5 3940	9.6001	73 3088	11 0117	49 0000	0.2247	0.1101	0.1959	0.0038	48.2535
1	KTSNO4	PLOSO4	2	70	24 800	ACSR	300	396	400	400			0.2175	0 3871	2 9560	5 3940	9.6001	73 3088	11 0117	49 0000	0.2247	0.1101	0.1959	0.0038	48.2535
1	NGJUK4	CRBAN4	1	70	16 500	ACSR	300	396	400	400	800	800	0.2175	0 3871	2 9560	3 5888	6.3872	48 7740	7 3263	49 0000	0.1495	0.0732	0.1304	0.0024	48.0110
1	NGJUK4	MNRJO4	1	70	16 500	ACSR	300	396	300	300	800	800	0.2175	0 3871	2 9560	3 5888	6.3872	48.7740	7 3263	49 0000	0.1495	0.0732	0.1304	0.0024	48.0110
Pengembangan																								
1	BNRAN5	KTSNO5	1	150	15 808	ACSR ZEBRA	2 x 477	1620	800	800	800	1250	0.1183	0 3895	2 9380	1 8700	6.1570	46 4424	6 4347	225 0000	0.0286	0.0083	0.0274	0.0105	420.8760
1	KTSNO5	JKTAS5	1	150	15 808	ACSR ZEBRA	2 x 477	1620	800	800	800	1250	0.1183	0 3895	2 9380	1 8700	6.1570	46 4424	6 4347	225 0000	0.0286	0.0083	0.0274	0.0105	420.8760

```
unit uMenu;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics,
Controls, Forms,
  Dialogs, ComCtrls, StdCtrls, ExtCtrls;

type
  TfrmMenu = class(TForm)
    Panel1: TPanel;
    btnNew: TButton;
    btnOpen: TButton;
    btnExit: TButton;
    StatusBar1: TStatusBar;
    Panel2: TPanel;
    OpenDialog1: TOpenDialog;
    procedure btnExitClick(Sender: TCbject);
    procedure btnNewClick(Sender: TObject);
    procedure btnOpenClick(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  frmMenu: TfrmMenu;

implementation

uses uInputLFChild,uComplex, uUtils, uLoadflow, uHasil;

{$R *.dfm}

procedure TfrmMenu.btnExitClick(Sender: TObject);
begin
  Application.Terminate;
end;

procedure TfrmMenu.btnNewClick(Sender: TObject);
begin
  try
    if frmInput=nil then
    begin
      frmInput:=TfrmInputLFChild.Create(Application);
```

```
    end;
    frmInput.Caption:='Input Data';
    frmInput.btnNext.Caption:='&Save';
    frmInput.ShowModal;
  finally
    frmInput.Free;
  end;
end;

procedure TfrmMenu.btnOpenClick(Sender: TObject);
var NamaFile,Nama:string;
    output:TextFile;
    i,j,Typ,dari,ke,Nbus,Nsal,Param,Ngen,NCable:integer;

Cap,absV,sudV,Pg,Qg,PL,QL,CapSal,Pmin,Pmax,Harga,Length:dou
ble;
    R,X,Lc,Tr,Tu,Su,VKonst,PKonst,Pbase,Vbase,dia:double;
begin
  try
    if OpenDialog1.Execute then
    begin
      NamaFile:=OpenDialog1.FileName;
      AssignFile(output,NamaFile);
      Reset(output);
      Readln(output,Nbus);
      Readln(output,Nsal);
      Readln(output,Vbase);
      Readln(output,VKonst);
      Readln(output,Pbase);
      Readln(output,PKonst);
      Readln(output,param);
      gParamLF.Vbase:=Vbase;
      gParamLF.VKonst:=VKonst;
      gParamLF.Pbase:=Pbase;
      gParamLF.PKonst:=PKonst;
      if Param=1 then
      begin
        gParamLF.ParamBranch:=pbPu;
      end
      else if Param=2 then
      begin
        gParamLF.ParamBranch:=pbOhm;
      end;
      gParamLF.MaxIterasi:=15;
      gParamLF.Toleransi:=0.0001;
      try
        frmInput:=TfrmInputLFChild.Create(Application);
```

```
frmInput.edtNbus.Text:=IntToStr(Nbus);
frmInput.edtNsal.Text:=IntToStr(Nsal);
frmInput.edtVbase.Text:=FloatToStr(Vbase);
if VKonst=1 then
begin
  frmInput.cmbVKonst.Text:='V';
end
else if VKonst=1000 then
begin
  frmInput.cmbVKonst.Text:='kV';
end
else if VKonst=1000000 then
begin
  frmInput.cmbVKonst.Text:='MV';
end;
frmInput.edtPbase.Text:=FloatToStr(Pbase);
if PKonst=1 then
begin
  frmInput.cmbPKonst.Text:='VA';
  frmInput.fgBus.Cells[3,0]:='Pg (W)';
  frmInput.fgBus.Cells[4,0]:='Qg (VAR)';
  frmInput.fgBus.Cells[5,0]:='PL (W)';
  frmInput.fgBus.Cells[6,0]:='QL (VAR)';
  frmInput.fgBranch.Cells[9,0] :='Kap (VA)';
end
else if PKonst=1000 then
begin
  frmInput.cmbPKonst.Text:='kVA';
  frmInput.fgBus.Cells[3,0]:='Pg (kW)';
  frmInput.fgBus.Cells[4,0]:='Qg (kVAR)';
  frmInput.fgBus.Cells[5,0]:='PL (kW)';
  frmInput.fgBus.Cells[6,0]:='QL (kVAR)';
  frmInput.fgBranch.Cells[9,0] :='Kap (kVA)';
end
else if PKonst=1000000 then
begin
  frmInput.cmbPKonst.Text:='MVA';
  frmInput.fgBus.Cells[3,0]:='Pg (MW)';
  frmInput.fgBus.Cells[4,0]:='Qg (MVAR)';
  frmInput.fgBus.Cells[5,0]:='PL (MW)';
  frmInput.fgBus.Cells[6,0]:='QL (MVAR)';
  frmInput.fgBranch.Cells[9,0] :='Kap (MVA)';
end;
if param=1 then
begin
  frmInput.cmbParam.Text:='pu';
  frmInput.fgBranch.Cells[3,0]:='R (pu)';
```

```
  frmInput.fgBranch.Cells[4,0]:='X (pu)';
  frmInput.fgBranch.Cells[5,0]:='Lc (pu)';
  frmInput.fgBus.Cells[7,0]:='Cap (pu)';
end
else if param=2 then
begin
  frmInput.cmbParam.Text:='ohm';
  frmInput.fgBranch.Cells[3,0]:='R (ohm)';
  frmInput.fgBranch.Cells[4,0]:='X (ohm)';
  frmInput.fgBranch.Cells[5,0]:='Lc (ohm)';
  frmInput.fgBus.Cells[7,0]:='Cap (ohm)';
end;
SetLength(gBus,Nbus);
for i:=0 to Nbus-1 do
begin
  Readln(output,absV,sudV,Pg,Qg,PL,QL,Cap,Typ);
  gBus[i].absV:=absV;
  gBus[i].sudV:=sudV;
  gBus[i].Pgen:=Pg;
  gBus[i].Qgen:=Qg;
  gBus[i].PL:=PL;
  gBus[i].QL:=QL;
  gBus[i].Cap:=Cap;
  gBus[i].typeBus:=Typ;
  frmInput.fgBus.Cells[0,i+1]:=IntToStr(i+1);
  frmInput.fgBus.Cells[1,i+1]:=FloatToStr(absV);
  frmInput.fgBus.Cells[2,i+1]:=FloatToStr(sudV);
  frmInput.fgBus.Cells[3,i+1]:=FloatToStr(Pg);
  frmInput.fgBus.Cells[4,i+1]:=FloatToStr(Qg);
  frmInput.fgBus.Cells[5,i+1]:=FloatToStr(PL);
  frmInput.fgBus.Cells[6,i+1]:=FloatToStr(QL);
  frmInput.fgBus.Cells[7,i+1]:=FloatToStr(Cap);
  frmInput.fgBus.Cells[8,i+1]:=IntToStr(typ);
end;
SetLength(gBranch,Nsal);
for i:=0 to Nsal-1 do
begin
  Readln(output,dari,ke,R,X,Lc,Tr,Tu,Su,CapSal);
  gBranch[i].dari:=dari;
  gBranch[i].ke:=ke;
  gBranch[i].R:=R;
  gBranch[i].X:=X;
  gBranch[i].Lc:=Lc;
  gBranch[i].Tr:=Tr;
  gBranch[i].Tu:=Tu;
  gBranch[i].Su:=Su;
  gBranch[i].KapSal:=CapSal;
```

```
          frmInput.fgBranch.Cells[0,i+1]:=IntToStr(i+1);
          frmInput.fgBranch.Cells[1,i+1]:=IntToStr(dari);
          frmInput.fgBranch.Cells[2,i+1]:=IntToStr(ke);
          frmInput.fgBranch.Cells[3,i+1]:=FloatToStr(R);
          frmInput.fgBranch.Cells[4,i+1]:=FloatToStr(X);
          frmInput.fgBranch.Cells[5,i+1]:=FloatToStr(Lc);
          frmInput.fgBranch.Cells[6,i+1]:=FloatToStr(Tr);
          frmInput.fgBranch.Cells[7,i+1]:=FloatToStr(Tu);
          frmInput.fgBranch.Cells[8,i+1]:=FloatToStr(Su);

frmInput.fgBranch.Cells[9,i+1]:=FloatToStr(CapSal);
        end;
        Readln(output,Ngen);
        if Ngen<>0 then
        begin
          frmInput.fgGen.RowCount:=Ngen+1;
          SetLength(gGenLF,Ngen);
          for i:=0 to Ngen-1 do
          begin

Readln(output,dari,R,X,Lc,Tr,Tu,Su,CapSal,Pmin,Pmax);
            gGenLF[i].bus:=dari;
            gGenLF[i].Qmin:=R;
            gGenLF[i].Qmax:=X;
            gGenLF[i].a2:=Lc;
            gGenLF[i].a1:=Tr;
            gGenLF[i].a0:=Tu;
            gGenLF[i].FixCost:=Su;
            gGenLF[i].VarCost:=CapSal;
            gGenLF[i].Pmin:=Pmin;
            gGenLF[i].Pmax:=Pmax;
            frmInput.fgGen.Cells[0,i+1]:=IntToStr(i+1);

frmInput.fgGen.Cells[1,i+1]:=IntToStr(gGenLF[i].bus);

frmInput.fgGen.Cells[2,i+1]:=RealToStr(gGenLF[i].Qmin,2);

frmInput.fgGen.Cells[3,i+1]:=RealToStr(gGenLF[i].Qmax,2);

frmInput.fgGen.Cells[4,i+1]:=RealToStr(gGenLF[i].a2,5);

frmInput.fgGen.Cells[5,i+1]:=RealToStr(gGenLF[i].a1,5);

frmInput.fgGen.Cells[6,i+1]:=RealToStr(gGenLF[i].a0,5);

frmInput.fgGen.Cells[7,i+1]:=RealToStr(gGenLF[i].FixCost,2)
;
```

```
frmInput.fgGen.Cells[8,i+1]:=RealToStr(gGenLF[i].VarCost,2)
;

frmInput.fgGen.Cells[9,i+1]:=RealToStr(gGenLF[i].Pmin,2);

frmInput.fgGen.Cells[10,i+1]:=RealToStr(gGenLF[i].Pmax,2);
          end;
        end
        else
        begin
          frmInput.fgGen.RowCount:=2;
        end;
        CloseFile(output);
        frmInput.Caption:='Tampilan Data';
        frmInput.btnNext.Caption:='&Next';
        frmInput.ShowModal;
      finally
        frmInput.Free;
      end;
    end;
  except
    MessageDlg('File Corrupt atau Error
Program!',mtWarning,[mbOK],0);
  end;
end;

end.
```

LAMPIRAN

2

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 : Rabu
Tanggal : 19 Maret 2008

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

1. Nama : RAHMAT AFANDI
2. NIM : 01.12.158
3. Jurusan : Teknik Elektro
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi : KOMPENSASI DAYA REAKTIF PADA TRANSMISI DENGAN MENGGUNAKAN METODE *IMPROVING STRENGHT PARETO EVOLUTIONARY ALGORITHM* (SPEA2) PADA TRANSMISI 150 KV REGION IV JAWA TIMUR

Perbaikan meliputi :

No	Materi Perbaikan	Ket
1.	Validasi	

Anggota Penguji

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

Dosen Pembimbing I

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

Dosen Pembimbing II

Ir. H. Choirul Saleh, MT.
NIP.Y. 1018800190

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

PERMOHONAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Yang betanda tangan dibawah ini :

Nama	: RAHMAT AFANDI
NIM	: 0112158
Semester	: XI
Fakultas	: Teknologi Industri
Jurusan	: Teknik Elektro S-1
Konsentrasi	: Teknik Elektronika / Teknik Energi Listrik
Alamat	: Jl. Perusahaan Gg. I Malang

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

(Ipri Handayani)

Malang, 11 Oktober 2006
Pemohon

(Rahmat Afandi)

Disetujui
Ketua Jurusan Teknik Elektro

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

Mengetahui
Dosen Wali

(Ir. Fx. Yudi Limpraptono, 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. IPK 3.12 S / 131 = 2.38
2. .....
3. - PRAKT ASTE PFDST

Form. S-1a

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

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

1. **Nama** : RAHMAT AFANDI
2. **NIM** : 01.12.158
3. **Jurusan** : Teknik Elektro S-1
4. **Konsentrasi** : Teknik Energi Listrik
5. **Judul Skripsi** : KOMPENSASI DAYA REAKTIF PADA TRANSMISI DENGAN MENGGUNAKAN METODE *IMPROVING STRENGHT PARETO EVOLUTIONARY ALGORITHM* (SPEA2) PADA TRANSMISI 150 KV REGION IV JAWA TIMUR

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

Hari : Rabu
Tanggal : 19 Maret 2008
Dengan Nilai : 77,79 (B+)

Panitia Ujian Skripsi

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

Anggota Penguji

Penguji Pertama	Penguji Kedua
Ir. M. Abdul Hamid, MT	**Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT**
NIP.Y. 1018800188	**NIP.Y. 1028700171**

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: RAHMAT AFANDI			Nirn: 0112158
2.	Waktu Pengajuan	Tanggal:	Bulan: JUNI	Tahun: 2007
3.	Spesifikasi Judul (berilah tanda silang)**) (a) Sistem Tenaga Elektrik b. Energi & Konversi Energi c. Tegangan Tinggi & Pengukuran d. Sistem Kendali Industri e. Elektronika & Komponen f. Elektronika Digital & Komputer g. Elektronika Komunikasi h. lainnya			
4.	Konsultasikan judul sesuai materi bidang ilmu kepada Dosen*)	Ketua Jurusan Ir. F. Yudi Limpraptono,MT NIP. P. 1039500274		
5.	Judul yang diajukan mahasiswa:	Kompensasi Daya Reaktif Pada Saluran Transmisi Menggunakan metode SPFA2 Pada Saluran Transmisi 150 kV Sistem Paiton-Bali		
6.	Perubahan judul yang disetujui Dosen sesuai materi bidang ilmu	....		
7.	Catatan:			
	Persetujuan Judul skripsi yang dikonsultasikan kepada Dosen materi bidang ilmu	Disetujui 200 Dosen		

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

Form S-2

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

BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik/Teknik Elektronika*)

1.	Nama Mahasiswa: Rahmat Afandy			Nim: 01.12.158
2.	Keterangan	Tanggal	Waktu	Tempat
	Pelaksanaan	2 agustus 2007		Ruang:
3.	Spesifikasi Judul (berilah tanda silang)**)			
	a. Sistem Tenaga Elektrik b. Energi & Konversi Energi c. Tegangan Tinggi & Pengukuran d. Sistem Kendali Industri	e. Elektronika & Komponen f. Elektronika Digital & Komputer g. Elektronika Komunikasi h. lainnya		
4.	Judul Proposal yang diseminarkan Mahasiswa	Kompensasi Daya Reaktif Pada Transmisi Dengan Menggunakan Metode Improving Strength Pareto Evolutionary Algorithm (SPEA 2) Pada Transmisi 150 kV Subsistem Paiton - Bali		
5.	Perubahan Judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian	.....		
6	Catatan:			
7.	Catatan:			
	Persetujuan Judul Skripsi			
	Disetujui, Dosen Keahlian I	Disetujui, Dosen Keahlian II		
	Mengetahui, Ketua Jurusan Ir. F. Yudi Limpraptono,MT NIP. P. 1039500274	Disetujui, Calon Dosen Pembimbing ybs Ir. H. Choirul Saleh, MT. NIP. Y 1018800190		

Perhatian:

1 Keterangan: *) Coret yang tidak perlu
**) dilingkari a, b, c, ...atau g sesuai bidang keahlian

Form S-3c

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, 06 Agustus 2007

Nomor : ITN-432/ITA/2/2007
Lampiran : -
Perihal : **BIMBINGAN SKRIPSI**

Kepada : Yth. Sdr. **Ir. H. CHOIRUL SALEH, MT**

Dosen Pembimbing
Jurusan Teknik Elektro S-1
di
Malang

Dengan Hormat,
Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk Mahasiswa:

Nama	: RAHMAT AFANDI
Nim	: 0112158
Fakultas	: Teknologi Industri
Jurusan	: Teknik Elektro S-1
Kosentrasi	: Teknik Energi Listrik S-1

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhmnya kepada Saudara/I selama masa waktu 6 (enam) bulan, terhitung mulai tanggal:

03 Agustus 2007 s/d 03 Februari 2008

Sebagai satu syarat untuk menempuh Ujian Sarjana Teknik, Jurusan Teknik Elektro-S1
Demikikan atas perhatian serta kerjasama yang baik kami sampaikan terima kasih.

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI JURUSAN TEKNIK ELEKTRO STRATA-1

Ketua Jurusan
Teknik Elektro S-1

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

Tembusan Kepada Yth:
1. Mahasiswa Yang Bersangkutan
2. Arsip

Form. S4a

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 Karangio, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Malang, 06 Agustus 2007

Nomor : ITN-431/I.TA/2/2007
Lampiran : -
Perihal : **BIMBINGAN SKRIPSI**

Kepada : Yth. Sdr. **Ir. TEGUH HERBASUKI, MT**

Dosen Pembimbing
Jurusan Teknik Elektro S-1
di
Malang

Dengan Hormat,
Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk Mahasiswa:

Nama	: RAHMAT AFANDI
Nim	: 0112158
Fakultas	: Teknologi Industri
Jurusan	: Teknik Elektro S-1
Kosentrasi	: Teknik Energi Listrik S-1

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhmnya kepada saudara/I selama masa waktu 6 (enam) bulan, terhitung mulai tanggal:

03 Agustus 2007 s/d 03 Februari 2008

Sebagai satu syarat untuk menempuh Ujian Sarjana Teknik, Jurusan Teknik Elektro-S1
Demikikan atas perhatian serta kerjasama yang baik kami sampaikan terima kasih.

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI JURUSAN TEKNIK ELEKTRO STRATA-1

Ketua Jurusan
Teknik Elektro S-1

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

Tembusan Kepada Yth:
1. Mahasiswa Yang Bersangkutan
2. Arsip

Form. S4a

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : **RAHMAT AFANDI**
Nim : **01.12.158**
Masa Bimbingan : **3-AGUSTUS-2007 s/d 3-FEBRUARI 2008**
Judul Skripsi : **KOMPENSASI DAYA REAKTIF PADA TRANSMISI DENGAN MENGGUNAKAN METODE *IMPROVING STRENGHT PARETO EVOLUTIONARY ALGORITHM* (SPEA2) PADA TRANSMISI 150 kV SUB SISTEM PAITON BALI**

No.	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.	14/02 08	Konsultasi bab I, II & III	
2.	18/02 08	Output aliran daya & flowchart	
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9			
10.			

Malang, 200
Dosen Pembimbing I

Ir. Teguh Herbasuki, MT
NIP. Y. 1038900209

Form. S – 4b

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : **RAHMAT AFANDI**
Nim : **01.12.158**
Masa Bimbingan : **3-AGUSTUS-2007 s/d 3-FEBRUARI 2009**
Judul Skripsi : **KOMPENSASI DAYA REAKTIF PADA TRANSMISI DENGAN MENGGUNAKAN METODE *IMPROVING STRENGHT PARETO EVOLUTIONARY ALGORITHM (SPEA2)* PADA TRANSMISI 150 KV SUB SISTEM PAITON BALI**

No.	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			

Malang, 200
Dosen Pembimbing II

Ir. H. Choirul Saleh, MT
NIP. Y. 1018800190

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
Kotak Pos : 4119 SBS
Facsimile : (031) 7882578, 7881024
E-mail : region4@pln-jawa-bali.co.id
Website : www.pln-jawa-bali.co.id

Nomor : 185 /330/RJTB/2007
Surat Sdr. No. : ITN-1413/III.TA-2/2/07
Lampiran : 1 (satu) lampiran.
Perihal : Ijin Survey / Pengambilan Data.

12 SEP 2007

Kepada Yth

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
Di

M A L A N G

Menunjuk surat Saudara nomor : ITN-1413/III.TA-2/2/07 tanggal 20 Juli 2007 perihal Survey / Permintaan Data, dengan ini diberitahukan bahwa kami tidak keberatan untuk memberikan ijin kepada Mahasiswa Saudara, bernama :

- **Rahmat Afandi** **Nim : 01.12.158**

Untuk melakukan Pengambilan Data pada PT. PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali Bidang Operasi, dengan persyaratan sebagai berikut :

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

Demikian harap maklum dan terima kasih atas perhatian saudara.

DM SDMAD

MOCHAMAD SRIHADI

Tembusan Yth. :
1. MBSDM PLN P3B JB.
2. DM Operasi PLN P3B RJTB.
3. Sdr. Rahmat Afandi

MODEL 1003

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya :

Nama : Rahmat Afandi

Pria/ Wanita : Pria

Tempat / Tanggal lahir : Mojokerto / 26 Juni 1992

Alamat / No. telepon : Jl. Perum Kartika Asri, Blok E No 11
085649516394

Pekerjaan : Mahasiswa ITN Malang

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,
Yang membuat pernyataan

ENAM RIBU 6000 Tgl. METERAI TEMPEL