

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



**APLIKASI PENDEKATAN HYBRID ESGA UNTUK MENINGKATKAN
PROFIL TEGANGAN DENGAN PELETAKAN KAPASITOR PADA
JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER GARDU INDUK SENGKALING
PENYULANG DINOYO**

SKRIPSI

**Disusun Oleh :
ERWIN HAMBALI
NIM: 99.12.142**

MARET 2006

GENERAL INVESTIGATION REPORTS
INTERNATIONAL INTELLIGENCE COLLECTION
ORGANIZED MARKET REPORT
INTERNATIONAL INTELLIGENCE COLLECTION

INTERNATIONAL INTELLIGENCE COLLECTION
INTERNATIONAL INTELLIGENCE COLLECTION
INTERNATIONAL INTELLIGENCE COLLECTION
INTERNATIONAL INTELLIGENCE COLLECTION
INTERNATIONAL INTELLIGENCE COLLECTION

REPORT

REPORT NUMBER
REPORT TITLE
DATE OF REPORT

REPORT NUMBER

LEMBAR PERSETUJUAN

**APLIKASI PENDEKATAN HYBRID ESGA UNTUK MENINGKATKAN
PROFIL TEGANGAN DENGAN PELETAKAN KAPASITOR PADA
JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER Gardu Induk Sengkaling
Penyulang DINOYO**

SKRIPSI

*Disusun dan diajukan untuk melengkapi dan memenuhi
syarat guna mencapai gelar sarjana teknik*

Disusun oleh :

**ERWIN HAMBALI
NIM : 99.12.142**

MILIK
PERPUSTAKAAN
ITN MALANG

Mengetahui,

Menyetujui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Dosen Pembimbing



**Ir. F. YUDI LIMPRAPTONO, MT
Nip. Y. : 103 950 0274**

Erwin
24/09/06

**Ir. I MADE WARTANA, MT
Nip : 131 991 182**

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

Gift Sheet

Alhamdulillah ya ALLAH SWT. I believe that I'll never can finish this final task without your bless. My great, great thank for you God. Thank's for hearing my request. Thank's a lot.

My family, my pap, my mom, my brother and my sister thank's for your support, It mean a lot to me. For my parents especially my pap, I apologize to let you disappointed cause I wasted so much time for finishing my education, I'm sorry, I hope I can make you proud of me some day. My mom thank's for your kindness and your congeniality. Alhamdulillah, I graduated now, thank's mom.

My Family at Surabaya, thank's for all of your support. Thank's for everything, I owe you a lot of thing. Mama Surabaya, thank you. Bang Jamal, Uun and Ammar thanks for all suggestion and all happiness (for Ammar). Mas Nyah and Mbak Ria thank's for the food (hehehe) and the support. Mas Hendra, Imom, Echa and Aldi thank you so much.

My girl, my lady, my women, my love, my honey, my sweetie, my gift from God for me, she is DETY DEFRIYANI. You are always become my inspiration, a place to cry for, a place to share for. Thank's for your support and your patience, I apologize to let you wait for so long. I promise to make you happier, I will never let you down again. Thank's honey.

My friends that have let me borrow their vehicles, especially for Galih n Gepeng. The bike have a lot of service for me. It really mean a lot to me, thank's friends.

For all of the teacher at ITN Thank's for the science.

For the rest that I don't mention, I really apologize, I forgot. Thank's every body.

ABSTRAKSI

APLIKASI PENDEKATAN HYBRID ESGA UNTUK MENINGKATKAN PROFIL TEGANGAN DENGAN PELETAKAN KAPASITOR PADA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER GARDU INDUK SENGKALING PENYULANG DINOYO

(ERWIN HAMBALI, 99.12.142, Jurusan Teknik Elektro Energi Listrik, 69 Hal)
(Dosen Pembimbing : Ir. I Made Wartana, MT)

Kata kunci : Kapasitor, Lokasi Optimal, Profil Tegangan, ESGA dan *Simplex Probabilistic*.

Besarnya daya yang diinjeksikan dan besarnya daya yang dibutuhkan sering diasumsikan selalu berada dalam keadaan seimbang setiap fhasanya. Sebenarnya, sistem distribusi selalu tidak seimbang karena besarnya pembebanan setiap phasa yang tidak seimbang serta besarnya rugi-rugi daya sistem dan juga beragamnya jenis beban. Salah satu upaya untuk memperbaiki hal tersebut di atas adalah dengan memasang kapasitor. Kapasitor merupakan peralatan listrik yang berfungsi mereduksi rugi-rugi saluran yang disebabkan oleh beban induktif dan memperbaiki profil tegangan.

Skripsi ini menganalisis penggunaan metode ESGA (*Elite Based Simplex GA*) untuk menentukan lokasi dan kapasitas kapasitor yang dibutuhkan oleh penyulang Dinoyo.

Hasil simulasi diharapkan dapat menunjukkan bahwa profil tegangan dapat diperbaiki dan rugi-rugi daya dapat direduksi dengan menggunakan metode ESGA(*Elite Based Simplex GA*) tersebut

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah S.W.T, atas anugerah dan kuasaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini, sebagai syarat untuk mencapai gelar sarjana

Skripsi yang berjudul “APLIKASI PENDEKATAN HYBRID ESGA UNTUK MENINGKATKAN PROFIL TEGANGAN DENGAN PELETAKAN KAPASITOR PADA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER GARDU INDUK SENGKALING PENYULANG DINOYO“ ini dapat tersusun juga berkat bantuan dari beberapa pihak. Oleh karena itu penulis merasa perlu untuk menghaturkan terima kasih yang tulus kepada :

1. Bapak DR.Ir.Abraham Lomi, MSEE selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir.Mochtar Asroni, MSME selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak Ir. F.Yudi Limpraptono, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Bapak Ir. I Made Wartana, MT selaku Dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu dan pikirannya untuk membimbing penulis.
5. Seluruh Dosen, karyawan dan pihak-pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini.

Dengan bantuan dari semua pihak diatas, penulis telah berusaha menyusun skripsi ini dengan sebaik-baiknya, namun penulis menyadari keterbatasan

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah S.W.T. atas anugerah dan karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. sebagai syarat untuk mencapai gelar sarjana

Skripsi yang berjudul "APLIKASI BENDEKATAN HYBRID ESKA UNTUK MENINGKATKAN PROFIL TEKANAN DENGAN PELLETAN KAPASITOR PADA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER GARDU INDEK SENGKALING PENYULANG DINOYO" ini dapat tersusun juga berkat bantuan dari beberapa pihak. Oleh karena itu penulis merasa perlu untuk mengucapkan terima kasih yang tulus kepada :

1. Bapak DR. Ir. A. Rahman, L. Amli, MSIE selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. Mochtar, A. Roni, MSME selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak Ir. F. Yudi, Limpraptono, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Bapak Ir. I. Mada, W. Hartono, MT selaku Dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu dan pikirannya untuk membimbing penulis
5. Seluruh Dosen, karyawan dan pihak-pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini. Dengan bantuan dari semua pihak diatas, penulis telah berusaha menyusun skripsi ini dengan sebaik-baiknya. Namun penulis menyadari keterbatasan

kemampuan berfikir dan perbedaan sudut pandang manusia menyebabkan skripsi ini jauh dari kesempurnaan, karena kesempurnaan semata-mata milik Yang Maha Sempurna. Oleh karena itu dengan kerendahan hati penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang obyektif dari semua pihak.

Akhirnya, penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberi sumbangsih dan bermanfaat bagi dunia elektro energi listrik khususnya dan kehidupan manusia pada umumnya.

Malang, Maret 2006

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
ABSTRAKSI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GRAFIK	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
2.1. Latar Belakang	1
2.2. Rumusan Masalah	2
2.3. Tujuan Skripsi	2
2.4. Batasan Masalah.....	2
2.5. Metodologi Pemecahan Masalah	3
2.6. Sistematika Penulisan.....	4
2.7. Kontribusi Penelitian.....	5
BAB II SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI TENAGA LISRIK	6
2.1. Sistem Distribusi Tenaga Listrik.....	6
2.2. Struktur Jaringan Distribusi Tenaga Listrik	7
2.3. Sistem Jaringan Distribusi Radial	7

3.3	Sistem Tenaga Distribusi Rigid	1
3.5	Struktur Tenaga Distribusi Tenaga Listrik	1
3.1	Sistem Distribusi Tenaga Listrik	0
BAB II SISTEM TENAGA DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK		0
3.2	Kontribusi Penelitian	2
3.0	Sistemnya Penelitian	4
3.2	Metodologi Penelitian Masalah	3
3.4	Batasan Masalah	3
3.3	Tujuan Skripsi	3
3.5	Referensi Masalah	3
3.1	Daftar Bermanfaat	1
BAB I PENDAHULUAN		1
DALAM SINGKAT		2/11
DALAM LAMBEK		2/1
DALAM SINGKAT		2
DALAM ISI		1/1
KATA PENGANTAR		1/1
ABSTRAK		1/1
DAFTAR PUSTAKA		1/1
DAFTAR ISI		1

Daftar Isi

DAFTAR ISI

2.3.1.	Sistem Radial Pohon	8
2.3.2.	Sistem Radial Dengan <i>Tie</i> dan <i>Switch</i> Pemisah	9
2.3.3.	Sistem Radial Dengan Pembagian <i>Phase Area</i>	9
2.3.4.	Sistem Radial Dengan Beban Terpusat.....	10
2.4.	Kapasitor Daya.....	11
2.4.1.	Kapasitor Seri dan Kapasitor Shunt	11
2.4.2.	Faktor-Faktor Pemilihan Kapasitor Seri dan Kapasitor Shunt.....	11
2.5.	Pengaruh Pemasangan Kapasitor Shunt.....	12
2.5.1.	Pengurangan Rugi-rugi Dengan Kapasitor Shunt	13
2.5.2.	Perbaikan Tegangan	15
2.6.	Sistem Per-Unit	15
BAB III	ANALISIS ALIRAN DAYA DAN PENGGUNAAN KAPASITOR DENGAN METODE ELITE BASED SIMPLEX GA.....	18
3.1.	Aliran Daya	18
3.2.	Klasifikasi Bus	19
3.3.	Pembentukan Matrik Admitansi Rel Tanpa Admitansi Bersama.....	20
3.4.	Metode Pemecahan Study Aliran Daya	23
3.4.1.	Metode Newton Raphson	24
3.4.2.	Metode Fast Decoupled.....	27
3.5.	Algoritma Genetika	29
3.5.1.	Istilah-Istilah Algoritma Genetika.....	30
3.5.2.	Proses Algoritma Genetika.....	33

8	2.3.1.	Sistem Radial Pohon.....
9	2.3.2.	Sistem Radial Dengan N dan N Bus Pemisah.....
9	2.3.3.	Sistem Radial Dengan Pembagian N Bus Area.....
10	2.3.4.	Sistem Radial Dengan Beban Terpusat.....
11	2.4.	Kapasitor Daya.....
11	2.4.1.	Kapasitor Seri dan Kapasitor Shunt.....
11	2.4.2.	Faktor-Faktor Pemilihan Kapasitor Seri dan Kapasitor Shunt.....
12	2.5.	Pengaruh Pemassangan Kapasitor Shunt.....
13	2.5.1.	Pengurangan Rugi-rugi Dengan Kapasitor Shunt.....
13	2.5.2.	Perbaikan Tegangan.....
13	2.6.	Sistem Per-Bini.....

BAB III ANALISIS ALIRAN DAYA DAN PENGGUNAAN KAPASITOR DENGAN METODE ELITE BASED SIMPLEX GA.....

18	3.1.	Aliran Daya.....
19	3.2.	Klasifikasi Bus.....
20	3.3.	Pembentukan Matrik Admittansi Real Tanpa Admittansi Bersama.....
23	3.4.	Metode Pemecahan Sudy Aliran Daya.....
24	3.4.1.	Metode Newton Raphson.....
25	3.4.2.	Metode Fast Decoupled.....
29	3.5.	Algoritma Genetika.....
30	3.5.1.	Tahap-tahap Algoritma Genetika.....
33	3.5.2.	Proses Algoritma Genetika.....

3.5.2.1. Pengkodean atau Representasi	33
3.5.2.2. Fungsi <i>Fitness</i> (Fungsi Evaluasi)	34
3.5.2.3. Seleksi	35
3.5.2.4. <i>Crossover</i> (Pindah Silang)	35
3.5.2.5. <i>Mutation</i> (Mutasi)	37
3.5.2.6. <i>Elitism</i>	48
3.6. ESGA	39
3.6.1. Metode <i>Elite Based Simplex GA</i> (ESGA)	39
3.6.2. <i>Operator Simplex Probabilistic</i>	40
3.7. Algoritma Pemecahan Masalah.....	42
3.7.1. Algoritma Program.....	42
3.7.2. Algoritma ESGA	42
3.7.3. Algoritma Program <i>Fitness</i>	43
BAB IV HASIL DAN ANALISIS HASIL	44
4.1. Sistem Distribusi Primer 20 kV Penyulang Dinoyo.....	44
4.2. Data	45
4.5.1. Data Saluran	45
4.5.2. Data Pembebanan.....	47
4.3. Flowchart Algoritma Program.....	49
4.5.1. Flowchart Algoritma Pemecahan Masalah Penentuan Lokasi Dan Besar Kapasitor Dengan Menggunakan Metode ESGA(Elite Based Simplex Genetic Algorithm).....	49
4.5.2. <i>Sub Routine</i> Flowchart Program ESGA	50
4.5.3. <i>Sub Routine</i> Program <i>Fitness Old Population</i>	51

33	3.2.2.1. Pengkodean atau Representasi
34	3.2.2.2. Fungsi Fitness (Fungsi Evaluasi)
35	3.2.2.3. Seleksi
35	3.2.2.4. Crossover (Tukar Silang)
37	3.2.2.5. Mutation (Mutasi)
48	3.2.2.6. Elitism
39	3.6. ESQA
39	3.6.1. Metode Elit Based Simplex GA (ESQA)
40	3.6.2. Operator Simplex Probabilistic
42	3.7. Algoritma Pemecahan Masalah
42	3.7.1. Algoritma Program
42	3.7.2. Algoritma ESQA
43	3.7.3. Algoritma Program Fitness
44	BAB IV HASIL DAN ANALISIS HASIL
44	4.1. Sistem Distribusi Primer 20 kV Perguruan Dingo
45	4.2. Data
45	4.2.1. Data Saluran
47	4.2.2. Data Pembinaan
49	4.3. Flowchart Algoritma Program
49	4.3.1. Flowchart Algoritma Pemecahan Masalah Pencarian Lokasi Dan Besar Kapasitor Dengan Menggunakan Metode ESQA (Elite Based Simplex Genetic Algorithm)
50	4.3.2. Sub Routine Flowchart Program ESQA
51	4.3.3. Sub Routine Program Fitness Old Population

4.4.	Hasil dan Analisis Hasil	52
4.5.1.	Tampilan Program.....	52
4.5.	Hasil Perhitungan Dan Analisa Data Penentuan Penempatan Kapasitor	58
4.5.1.	Hasil Perhitungan Kondisi Awal Saluran.....	58
4.5.1.1.	Hasil Perhitungan Kondisi Awal Penyulang Dinoyo dengan Metode Aliran Daya <i>Fast Decoupled</i>	58
4.5.2.	Analisa Proses	60
4.5.3.	Hasil Perhitungan Kondisi Awal Saluran.....	61
4.5.3.1.	Hasil Perhitungan Kondisi Awal Penyulang Dinoyo dengan Metode Aliran Daya <i>Fast Decoupled</i>	61
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	66
5.1.	Kesimpulan	66
5.2.	Saran	67

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar :	Hal:
2.1. Jaringan Distribusi Tegangan Menengah (JTM), Jaringan Tegangan Rendah (JTR) dan Sambungan Rumah ke Pelanggan.....	6
2.2. Sistem Jaringan Distribusi Radial	8
2.3. Contoh Sistem Jaringan Distribusi Radial Dengan <i>Tie</i> dan <i>Switch</i> Pemisah	9
2.4. Contoh Jaringan Distribusi Radial Dengan <i>Phase Area</i>	10
2.5. Contoh Jaringan Radial Dengan Beban Terpusat.....	10
2.6. Saluran Primer Dengan Beban Terpusat	14
2.7. Vektor Diagram Sebelum (a) dan Sesudah (b) Pemasangan Kapasitor Shunt Pada Jaringan	15
3.1. Ilustrasi Operator dengan <i>One Point Crossover</i>	36
3.2. Ilustrasi Operator dengan <i>Two Point Crossover</i>	36
3.3. Ilustrasi Operator <i>Crossover</i> dengan <i>Unifrom Crossover</i>	36
3.4. Ilustrasi Operator Mutasi untuk Representasi <i>String</i> Biner	37
3.5. Ilustrasi Operator Mutasi untuk Representasi Integer.....	38
3.6. Pembentukan <i>Next Generation</i> dalam Algoritma Genetika.....	39
3.7. Pendekatan Hybrid ESGA.....	40
4.1. Diagram Segaris Penyulang Dinoyo	48
4.2. Flowchart Program Pemecahan Masalah	49
4.3. Flowchart Program ESGA	50
4.4. Flowchart Algoritma <i>Sub Routine</i> Program <i>Fitness</i>	51
4.5. Tampilan Program Utama	52

DAFTAR GAMBAR

Hal:	Gambar :
6	2.1. Jaringan Distribusi Tegangan Menengah (TJM), Jaringan Tegangan Rendah (TR) dan Sambungan Rumah ke Pelanggan.....
8	2.2. Sistem Jaringan Distribusi Radial.....
9	2.3. Contoh Sistem Jaringan Distribusi Radial Dengan Vis dan Switc Pemisah.....
10	2.4. Contoh Jaringan Distribusi Radial Dengan Area Area.....
10	2.5. Contoh Jaringan Radial Dengan Beban Terpusat.....
14	2.6. Saluran Primer Dengan Beban Terpusat.....
15	2.7. Vektor Diagram Sebelum (a) dan Sesudah (b) Penanganan Kapasitor Shunt Pada Jaringan.....
36	3.1. Ilustrasi Operator dengan One Point Controller.....
36	3.2. Ilustrasi Operator dengan Two Point Controller.....
36	3.3. Ilustrasi Operator Controller dengan Uniform Controller.....
37	3.4. Ilustrasi Operator Mutasi untuk Representasi Switc Biner.....
38	3.5. Ilustrasi Operator Mutasi untuk Representasi Integer.....
39	3.6. Pembentukan New Crossover dalam Algoritma Genetika.....
40	3.7. Pendekatan Hybrid ES/GA.....
48	4.1. Diagram Segaris Perulangan Dinzo.....
49	4.2. Flowchart Program Pemecahan Masalah.....
50	4.3. Flowchart Program ES/GA.....
51	4.4. Flowchart Algoritma Two Point Crossover.....
52	4.5. Tampilan Program Utama.....

4.6. Tampilan Program “Kondisi Awal”	53
4.7. Tampilan Program “Kondisi Awal setelah dtekan Hitung LF”	53
4.8. Tampilan Program “Summary Hasil”	54
4.9. Tampilan Program “Parameter GA setelah Use default”	54
4.10. Tampilan Program “Parameter GA setelah Hitung GA”	55
4.11. Tampilan Program “Hasil GA”	55
4.12. Tampilan Program “Grafik GA”	56
4.13. Tampilan Program “Kondisi Final”	56
4.14. Tampilan Program “Summary Hasil”	57

23	4.6. Tampilan Program "Kondisi Awal".....
23	4.7. Tampilan Program "Kondisi Awal setelah dekan Hitting LF".....
24	4.8. Tampilan Program "Summary Hasil".....
24	4.9. Tampilan Program "Parameter GA setelah Use default".....
25	4.10. Tampilan Program "Parameter GA setelah Hitting GA".....
25	4.11. Tampilan Program "Hasil GA".....
26	4.12. Tampilan Program "Grafik GA".....
26	4.13. Tampilan Program "Kondisi Final".....
27	4.14. Tampilan Program "Summary Hasil".....

DAFTAR TABEL

Tabel :	Hal :
2.1. Kapasitor Seri dan Kapasitor Shunt.....	12
3-1. Istilah-Istilah Dalam Algoritma Genetika	31
4-1. Data Kabel Penyulang Dinoyo Sistem 20 kV GI Sengkaling	45
4-2. Data Saluran Penyulang Dinoyo	46
4-3. Data Pembebanan Penyulang Dinoyo	47
4-4. Hasil Perhitungan Tegangan Dan Sudut Tegangan Pada kondisi Awal .	58
4-5. Hasil Perhitungan Rugi-rugi Daya Aktif Dan Rugi-rugi Daya Reaktif Pada kondisi Awal.....	59
4-6. Hasil Rekapitulasi Total Pembangkitan, Total Pembebanan dan Total Rugi-rugi Kondisi Awal	60
4-7. Lokasi Dan Besar Kapasitor.....	60
4-8. Hasil Perhitungan Tegangan Dan Sudut Tegangan Pada kondisi Akhir	61
4-9. Hasil Perhitungan Rugi-rugi Daya Aktif Dan Rugi-rugi Daya Reaktif Pada kondisi Akhir	64
4-10. Hasil Rekapitulasi Total Pembangkitan, Total Pembebanan dan Total Rugi-rugi Kondisi Akhir	65
4-11. Hasil Perbandingan <i>SENSITIVITY GA</i> Dan ESGA.....	65

DAFTAR GRAFIK

Grafik :	Hal :
4-1. Grafik Tegangan R (pu)	62
4-2. Grafik Tegangan S (pu).....	63
4-3. Grafik Tegangan T (pu).....	63
4-4. Grafik Perbandingan Rugi-rugi Daya (ΔP)	65

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Distribusi tenaga listrik dari pembangkit tenaga listrik ke konsumen adalah dengan melewati transmisi, sub transmisi dan saluran distribusi.

Peningkatan Profil tegangan dan pengurangan rugi-rugi sistem dengan pemasangan kapasitor sangat bergantung pada bagaimana kapasitor tersebut ditempatkan dan dioperasikan dalam sistem [9]-[11]. Permasalahan umum dari peletakan kapasitor adalah berapa besar dan lokasi optimal dari kapasitor yang dipasang dan skema pengendalian yang efisien dalam sistem distribusi. [12]-[17].

Besarnya daya yang diinjeksikan dan besarnya daya yang dibutuhkan sering diasumsikan selalu berada dalam keadaan seimbang setiap fhasanya. Sebenarnya, sistem distribusi selalu tidak seimbang karena besarnya pembebanan setiap fasa yang tidak seimbang serta besarnya rugi-rugi daya sistem dan juga beragamnya jenis beban. Salah satu upaya untuk memperbaiki hal tersebut di atas adalah dengan memasang kapasitor. Kapasitor merupakan peralatan listrik yang berfungsi mereduksi rugi-rugi saluran yang disebabkan oleh beban induktif dan memperbaiki profil tegangan. [8].

Agar dapat berfungsi secara optimal maka kapasitor harus diperhitungkan kapasitas dan lokasi pemasangannya. Banyak peneliti yang mempelajari peletakan kapasitor pada sistem distribusi, salah satunya adalah metode *SENSITIVITY GA* [14]. Pada metode ini terdapat beberapa kelemahan yang salah satunya adalah waktu komputasi yang lama.

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Distribusi tenaga listrik dari pembangkit tenaga listrik ke konsumen adalah dengan melewati transmisi sub transmisi dan saluran distribusi. Peningkatan Profil tegangan dan penggunaan multi-tugi sistem dengan permasalahan kapasitor sangat berpengaruh pada bagaimana kapasitor tersebut ditempatkan dan diposisikan dalam sistem [9]-[11]. Permasalahan umum dari peletakan kapasitor adalah berapa besar dan lokasi optimal dari kapasitor yang dipasang dan skema pengendalian yang efisien dalam sistem distribusi [12]-[17]. Besarnya daya yang diinjeksikan dan besarnya daya yang dibutuhkan selalu disamakan selalu berada dalam keadaan seimbang setiap phasesya. Sedangkan sistem distribusi selalu tidak seimbang karena besarnya pembebanan setiap phases yang tidak seimbang serta besarnya multi-tugi daya sistem dan juga pengaruhnya jenis beban. Salah satu upaya untuk memperbaiki hal tersebut di atas adalah dengan memasang kapasitor. Kapasitor merupakan peletakan listrik yang berfungsi mereduksi multi-tugi saluran yang disebabkan oleh beban induktif dan memperbaiki profil tegangan [8]. Agar dapat berfungsi secara optimal maka kapasitor harus ditempatkan kapasitas dan lokasi pemasangannya. Banyak peneliti yang mempelajari peletakan kapasitor pada sistem distribusi, salah satunya adalah metode *SENSITIVE GA* [14]. Pada metode ini terdapat beberapa kelemahan yang salah satunya adalah waktu komputasi yang lama.

Yen dan Lee [18], mengembangkan *Elite-based simplex-GA hybrid approach* yang mengkombinasikan GA dengan sebuah stochastic variant dari metode simplex pada fungsi optimasi, pada peletakan kapasitor untuk memperbaiki profil tegangan dan mengurangi rugi-rugi daya sistem.

1.2. Rumusan Masalah

Perhitungan untuk kapasitas dan penentuan lokasi kapasitor belakangan ini menggunakan metode terdahulu yaitu METODE *SENSITIVITY GA* menunjukkan kelemahan antara lain waktu komputasi yang lebih lama yang disebabkan oleh waktu pencapaian konvergensinya yang lama. Selain itu metode perhitungan aliran daya Newton Raphson yang digunakan dalam metode tersebut turut andil dalam perhitungan waktu komputasi yang lama.

1.3. Tujuan

Menentukan lokasi dan nilai optimal dari kapasitas kapasitor yang akan dipasang pada jaringan distribusi dengan METODE *ELITE BASED SIMPLEX GA* (ESGA) sehingga dapat memperbaiki profil tegangan serta mengurangi rugi-rugi daya setelah pemasangan kapasitor pada jaringan distribusi tersebut di atas dengan waktu perhitungan komputasi yang lebih cepat.

1.4. Batasan Masalah

Dalam pembahasan ini menggunakan beberapa asumsi, yang ditujukan sebagai batasan masalah agar pembahasan ini tidak terlalu meluas, yaitu:

Yon dan Lee [18], mengembangkan *Hybrid* *Wave-based simplex-GA* hybrid approach yang mengkombinasikan GA dengan sebuah *stochastic variance* dari metode *simplex* pada fungsi optimasi. pada pelajaran kapastor untuk memperbaiki profil tegangan dan mengurangi rugi-rugi daya sistem.

1.2. Rumusan Masalah

Perhitungan untuk kapasitas dan penentuan lokasi kapastor belakangan ini menggunakan metode tersebut yaitu *METODE ZEMZEMWT GA* menunjukkan kelemahan antara lain waktu komputasi yang lebih lama yang disebabkan oleh waktu pencarian konvergensi yang lama. Selain itu metode perhitungan aliran daya *Newton Raphson* yang digunakan dalam metode tersebut turut andil dalam perhitungan waktu komputasi yang lama.

1.3. Tujuan

Menentukan lokasi dan nilai optimal dari kapasitas kapastor yang akan dipasang pada jaringan distribusi dengan *METODE EMWE BARD SWARVA GA* (ESGA) sehingga dapat memperbaiki profil tegangan serta mengurangi rugi-rugi daya setelah pemasangan kapastor pada jaringan distribusi tersebut di atas dengan waktu perhitungan komputasi yang lebih cepat.

1.4. Batasan Masalah

Dalam pembahasan ini menggunakan beberapa asumsi yang diijinkan sebagai batasan masalah agar pembahasan ini tidak terlalu melebar. yaitu:

1. Pembahasan penempatan kapasitor menggunakan metode pendekatan *hybrid* ESGA.
2. Harmonik diabaikan.
3. Beban-beban merupakan beban tiga fasa tidak seimbang.
4. Perhitungan aliran daya maupun metode yang digunakan dilakukan dengan bantuan program komputer.
5. Aliran daya menggunakan metode *FAST DECOUPLED* tidak dibahas secara mendetail.
6. Hanya melakukan analisa tanpa membahas teknik pemasangan dan jenis kapasitor yang dipasang.
7. Hanya membahas kebutuhan kapasitor pada penyulang.
8. Tidak membahas biaya.

1.5. Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penyelesaian ini adalah :

- 1) Studi literatur berupa pengumpulan dan pembahasan referensi yang berkaitan dengan pokok bahasan masalah ini, sehingga dapat membantu dalam memahami tersebut.
- 2) Pengumpulan data lapangan yang dipakai dalam objek penelitian yakni pada **JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER GARDU INDUK SENGKALING PENYULANG DINOYO :**
 - a. Data pembebanan saluran jaringan distribusi
 - b. Data saluran jaringan distribusi.

1. Pembahasan kemampuan kapasitor menggunakan metode pendekatan **WORLD**.
2. Harmonik diabaikan.
3. Beban-beban merupakan beban tiga fasa tidak seimbang.
4. Perhitungan aliran daya maupun metode yang digunakan dilakukan dengan bantuan program komputer.
5. Aliran daya menggunakan metode **FIRST DECOUPLED** tidak dibahas secara mendalam.
6. Hanya melakukan analisis tanpa membahas teknik pemrograman dan jenis kapasitor yang dipasang.
7. Hanya membahas kebutuhan kapasitor pada busbar.
8. Tidak membahas biaya.

1.5. Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1) Studi literatur berupa pengumpulan dan pembahasan referensi yang berkaitan dengan pokok bahasan masalah ini sehingga dapat membantu dalam memahami tersebut.

2) Pengumpulan data lapangan yang dipakai dalam objek penelitian yakni pada **JARINGAN DISTRIBUSI PREMIER GARDU INDIK**

STRUKTUR PENELITIAN DINOYO :

- a. Data pembatasan saluran jaringan distribusi.
- b. Data saluran jaringan distribusi.

- c. Diagram segaris jaringan distribusi.
 - d. Data terminal jaringan distribusi
- 3) Melakukan analisis dengan menggunakan bahasa program *Delphi Borland* versi 7.0
- a. Analisis aliran daya menggunakan metode *Fast Decoupled*
 - b. Analisis penentuan lokasi dan besar kapasitor optimal dengan menggunakan metode **Pendekatan Hibrid ESGA (*Elite-based Simplex Genetic Algoritma*)**
 - c. Analisis untuk meningkatkan kecepatan waktu komputasi program ESGA jika dibandingkan dengan metode *SENSITIVITY GA*
- 4) Menarik kesimpulan dengan perbandingan-perbandingan bahwa metode ini telah bekerja dengan baik.

1.6. Sistematika Penulisan

BAB I : PENDAHULUAN, menguraikan latar belakang, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi penulisan, sistematika penulisan

BAB II : SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK, menguraikan masalah sistem jaringan distribusi, penjelasan teori tentang kapasitor shunt dan pengaruh pemasangan kapasitor terhadap sistem.

- c. Diagram segaris jaringan distribusi.
 - d. Data terminal jaringan distribusi.
- 3) Melakukan analisis dengan menggunakan bahasa program Delphi Borland versi 7.0
- a. Analisis aliran daya menggunakan metode Fast Decoupled
 - b. Analisis penentuan lokasi dan besar kapasitor optimal dengan menggunakan metode Pendekatan Hibrid ESGA (Elite-based Simplex Genetic Algorithm)
 - c. Analisis untuk meningkatkan kecepatan waktu komputasi program ESGA jika dibandingkan dengan metode SENSITIVITY GA
- 4) Menarik kesimpulan dengan perbandingan-perbandingan bahwa metode ini telah bekerja dengan baik.

1.6. Sistematika Penulisan

- BAB I : PENDAHULUAN, menguraikan latar belakang, permasalahan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi penulisan, sistematika penulisan
- BAB II : SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK, menguraikan masalah sistem jaringan distribusi, penjelasan teori tentang kapasitor shunt dan pengaruh pemasangan kapasitor terhadap sistem.

- BAB III : ANALISIS ALIRAN DAYA DAN PENGGUNAAN KAPASITOR DENGAN METODE *ELITE BASED SIMPLEX GA*, menguraikan tentang metode aliran daya *Fast Decoupled*, teori-teori mengenai metode ESGA.**
- BAB IV : HASIL DAN ANALISIS HASIL, menguraikan tentang data yang digunakan serta analisa hasil dari metode ESGA serta menampilkan profil tegangan dan rugi-rugi daya yang diperbaiki, dan perbandingan dengan metode *SENSITIVITY GA*.**
- BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN, memuat intisari dari hasil pembahasan, yang berisikan kesimpulan dan saran yang dapat digunakan sebagai pertimbangan pengembangan penulisan selanjutnya.**

1.7. Kontribusi Penelitian

Dengan ini nantinya diharapkan metode pendekatan hibrid ESGA dapat digunakan untuk menentukan lokasi serta kapasitas optimal dari sebuah kapasitor yang akan dipasang dengan waktu komputasi yang lebih cepat, sehingga dapat memperbaiki profil tegangan yang disalurkan ke konsumen

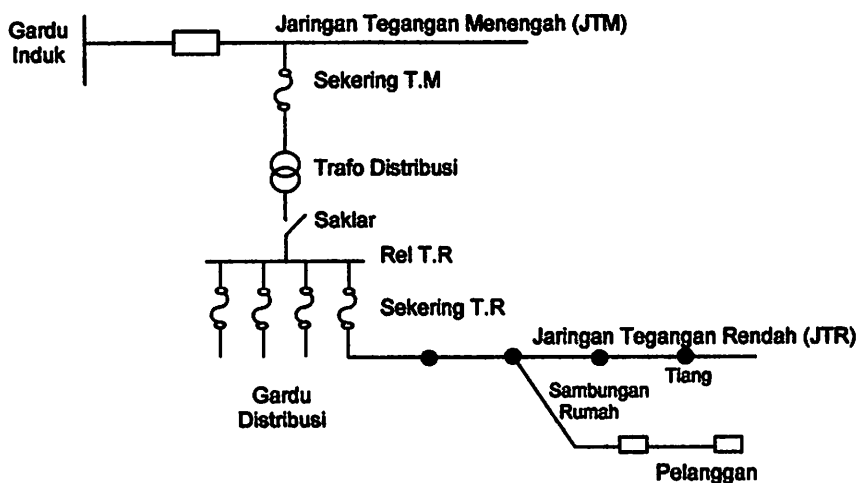
Dan juga diharapkan akan dapat memberikan alternatif penentuan jumlah, ukuran dan lokasi kapasitor yang optimal, sehingga kemungkinan dapat diaplikasikan di lapangan dan dapat membantu PT. PLN (Persero) untuk mengoptimalkan penggunaan kapasitor dalam sistem distribusi radial.

BAB II

SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Jaringan distribusi berada pada akhir dari sistem tenaga listrik, perannya mendistribusikan tenaga listrik dari Gardu Induk ke konsumen melalui Gardu Distribusi.



Gambar 2-1. Jaringan Distribusi Tegangan Menengah (JTM), Jaringan Tegangan Rendah (JTR) dan Sambungan Rumah ke Pelanggan

Sumber : Djiteng Marsudi, "Operasi Sistem Tenaga Listrik," Balai Penerbit dan Humas ISTN, 1990.

Jaringan setelah keluar dari G.I biasanya disebut jaringan distribusi. Setelah tenaga listrik disalurkan melalui jaringan distribusi primer maka kemudian tenaga listrik diturunkan tegangannya dalam gardu-gardu distribusi menjadi tegangan rendah, kemudian disalurkan melalui Jaringan Tegangan Rendah untuk selanjutnya disalurkan ke rumah-rumah atau pelanggan (konsumen) PLN melalui sambungan rumah.

Dalam pendistribusian tenaga listrik ke konsumen, tegangan yang digunakan bervariasi tergantung dari jenis konsumen yang membutuhkan. Untuk

konsumen industri biasanya digunakan tegangan menengah 20 kV. Sedangkan untuk konsumen perumahan digunakan tegangan rendah 220/380 Volt, yang merupakan tegangan siap pakai untuk peralatan-peralatan rumah tangga. Dengan demikian maka sistem distribusi tenaga listrik dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian sistem yaitu :

1. Sistem distribusi primer (Jaringan Tegangan Menengah)
2. Sistem distribusi sekunder (Jaringan Tegangan Rendah)

Pengklasifikasikan sistem distribusi tenaga listrik menjadi dua ini berdasarkan tingkat tegangan distribusinya.

2.2. Struktur Jaringan Distribusi Tenaga Listrik

Ada beberapa bentuk jaringan yang umum digunakan untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik, yaitu :

1. Sistem jaringan distribusi radial
2. Sistem jaringan distribusi rangkaian tertutup (*loop*)
3. Sistem jaringan distribusi mesh

2.3. Sistem Jaringan Distribusi Radial

Bentuk jaringan ini merupakan bentuk dasar yang paling sederhana dan paling banyak digunakan. Sistem ini dikatakan radial karena dari kenyataan bahwa jaringan ini ditarik secara radial dari GI ke pusat-pusat beban/konsumen yang dilayanannya. System ini terdiri dari saluran utama (*tunk line*) dan saluran cabang (*lateral*) seperti pada gambar 2-2.

konsumen industri biasanya digunakan tegangan menengah 20 kV. Sedangkan untuk konsumen perumahan digunakan tegangan rendah 220/380 Volt yang merupakan tegangan siap pakai untuk peralatan-peralatan rumah tangga. Dengan demikian maka sistem distribusi tenaga listrik dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian sistem yaitu :

1. Sistem distribusi primer (Jaringan Tegangan Menengah)
2. Sistem distribusi sekunder (Jaringan Tegangan Rendah)

Pengklasifikasian sistem distribusi tenaga listrik menjadi dua ini berdasarkan tingkat tegangan distribusinya.

2.2. Struktur Jaringan Distribusi Tenaga Listrik

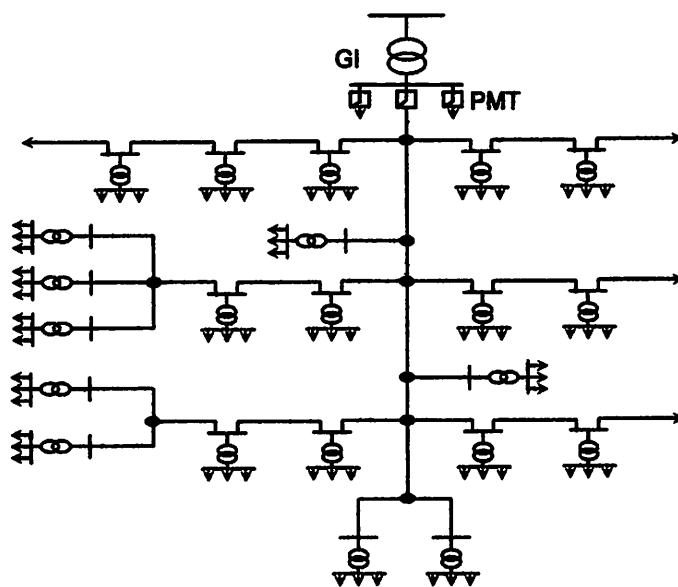
Ada beberapa bentuk jaringan yang umum digunakan untuk menyediakan

dan mendistribusikan tenaga listrik yaitu :

1. Sistem jaringan distribusi radial
2. Sistem jaringan distribusi tangkapan tertutup (loop)
3. Sistem jaringan distribusi mesh

2.3. Sistem Jaringan Distribusi Radial

Bentuk jaringan ini merupakan bentuk dasar yang paling sederhana dan paling banyak digunakan. Sistem ini dikarakteristikkan radial karena dari kenyataan bahwa jaringan ini dilirik secara radial dari GI ke pusat-pusat beban/konsumen yang dilayanannya. Sistem ini terdiri dari saluran utama (way way) dan saluran cabang (tapway) seperti pada gambar 2-2.



Gambar 2-2, Sistem Jaringan Distribusi Radial

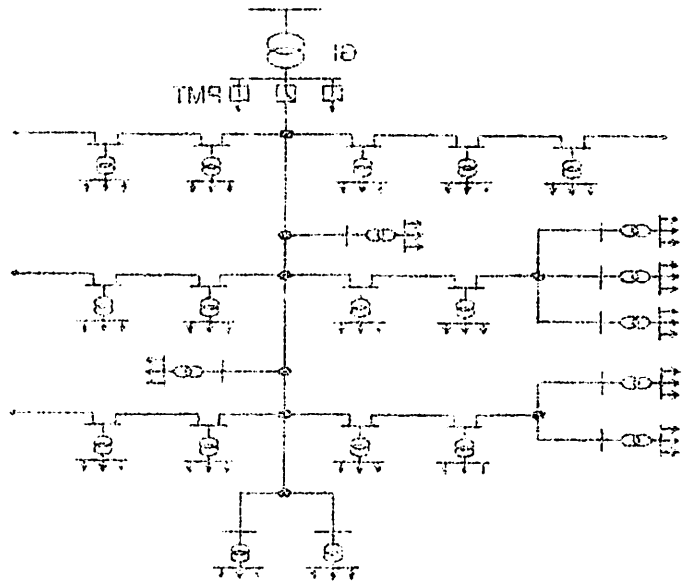
Sumber : Hasan Basri, "Sistem Distribusi Tenaga Listrik."

Pelayanan tenaga listrik untuk suatu daerah beban tertentu dilaksanakan dengan memasang transformator pada sembarang titik pada jaringan yang sedekat mungkin dengan daerah beban yang dilayani. Untuk daerah beban yang menyimpang jauh dari saluran utama maupun saluran cabang, maka akan ditarik lagi saluran tambahan yang dicabangkan pada saluran tersebut.

Kelemahan yang dimiliki oleh system radial adalah jatuh tegangan yang cukup besar dan bila terjadi gangguan pada salah satu *feeder* maka semua pelanggan yang terhubung pada *feeder* tersebut akan terganggu.

2.3.1. Sistem Radial Pohon

Sistem radial jaringan pohon ini merupakan bentuk yang paling dasar dari sistem jaringan radial. Saluran utama (*main feeder*) ditarik dari suatu Gardu Induk sesuai dengan kebutuhan kemudian di cabangkan melalui saluran cabang (*lateral feeder*), selanjutnya di cabangkan lagi melalui saluran anak cabang (*sub lateral feeder*). Ukuran dari masing-masing saluran tergantung dari kecepatan arus yang



Gambar 3-2. Sistem Jaringan Distribusi Radial

Sumber : Hasan Basri "Sistem Distribusi Tenaga Listrik"

Pelaksanaan tenaga listrik untuk suatu daerah beban tertentu dilaksanakan dengan memasang transformator pada sembarang titik pada jaringan yang sedekat mungkin dengan daerah beban yang dilayani. Untuk daerah beban yang menyempit jauh dari saluran utama maupun saluran cabang, maka akan ditarik lagi saluran tambahan yang dicabangkan pada saluran tersebut.

Ketepatan yang dimiliki oleh sistem radial adalah jauh tegangan yang cukup besar dan bila terjadi gangguan pada salah satu saluran maka semua beban yang terhubung pada saluran tersebut akan terganggu.

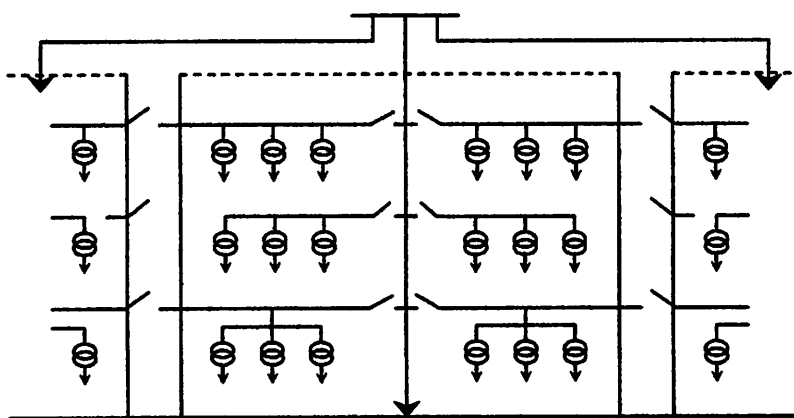
3.3.1. Sistem Radial Pohon

Sistem radial pohon ini merupakan bentuk yang paling dasar dari sistem jaringan radial. Saluran utama (main feeder) ditarik dari suatu Gardu Induk sesuai dengan kebutuhan kemudian di cabangkan melalui saluran cabang (branch feeder), selanjutnya di cabangkan lagi melalui saluran anak cabang (sub feeder) (feeder). Urutan dari masing-masing saluran tergantung dari kecepatan arus yang

ditanggung. Dari gambar 2-2, *main feeder* merupakan saluran yang dialiri arus terbesar, selanjutnya arus mengecil pada setiap cabang dari besarnya beban.

2.3.2. Sistem Radial Dengan *Tie* dan *Switch* Pemisah

Sistem ini merupakan pengembangan dari sistem radial pohon, untuk meningkatkan keandalan sistem saat terjadi gangguan maka *feeder* yang terganggu akan dilokalisir sedangkan area yang semula dilayani *feeder* tersebut pelayanannya dialihkan pada *feeder* yang sehat atau yang tidak terganggu. Sistem radial dengan *Tie* dan *Switch* pemisah dapat dilihat pada gambar 2-3.



Gambar 2-3. Contoh Sistem Jaringan Distribusi Radial Dengan *Tie* dan *Switch* Pemisah

Sumber : Turan Gonen, "Electric Power Distributin System Engineering," Mc Graw Hill, 1986.

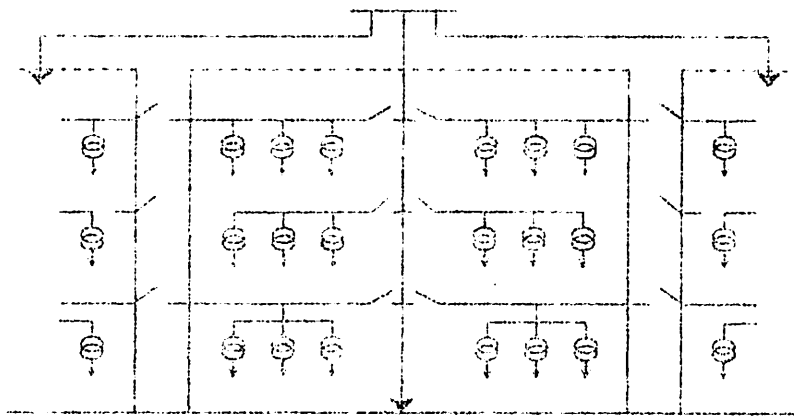
2.3.3. Sistem Radial Dengan Pembagian Phase Area

Pada bentuk ini masing-masing fasa dari jaringan bertugas melayani daerah beban yang berlainan. Bentuk ini dapat menimbulkan kondisi sistem tiga fasa yang tidak seimbang (simetris), bila digunakan pada daerah beban yang baru dan belum mantap pembagian bebannya. Contoh dari sistem jaringan ini dapat dilihat pada gambar 2-4.

ditanggung. Dari gambar 2-2, main feeder merupakan saluran yang dilalui arus terbesar, selanjutnya arus mengalir pada setiap cabang dari besarnya beban.

2.3.2. Sistem Radial Dengan VT dan Switch Pemisah

Sistem ini merupakan pengembangan dari sistem radial pokok untuk meningkatkan keandalan sistem saat terjadi gangguan maka feeder yang terganggu akan dikalasisir sedangkan area yang semula dilayani feeder tersebut belayannya dihibkan pada feeder yang sehat atau yang tidak terganggu. Sistem radial dengan VT dan switch pemisah dapat dilihat pada gambar 2-3.



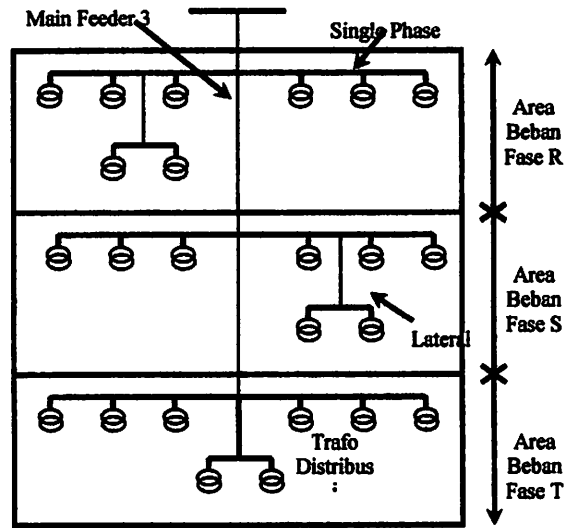
Gambar 2-3. Contoh Sistem Jaringan Distribusi Radial Dengan VT dan Switch Pemisah

Sumber : Urban Council, Kewate Power Distribution System Engineering, 716 Glen Hill Road.

2.3.3. Sistem Radial Dengan Pembagian Phase Area

Pada bentuk ini masing-masing fasa dari jaringan bertugas melayani daerah beban yang berlainan. Bentuk ini dapat meminimalkan kondisi sistem tiga fasa yang tidak seimbang (unbalanced). Jika digunakan pada daerah beban yang berat dan belum mampu pembagian bebannya. Contoh dari sistem jaringan ini dapat

dilihat pada gambar 2-4.

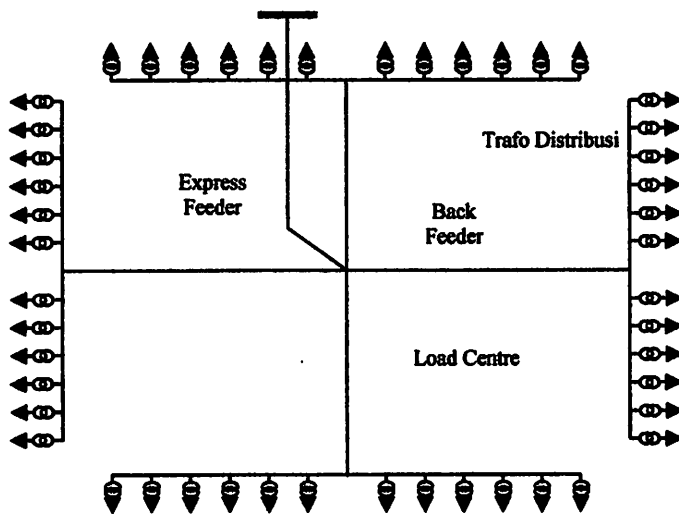


Gambar 2-4. Contoh Jaringan Distribusi Radial Dengan Phase Area

Sumber : Turan Gonen, "Electric Power Distributin System Engineering," Mc Graw Hill, 1986.

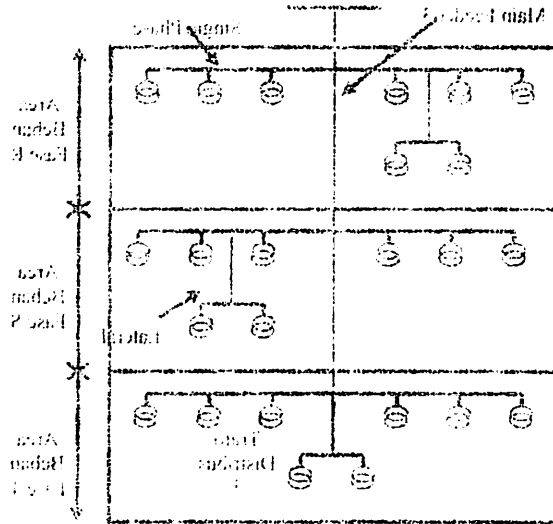
2.3.4. Sistem Radial Dengan Beban Terpusat

Bentuk dari sistem ini mensuplai daya dengan menggunakan *main feeder* yang disebut *express feeder* langsung ke pusat beban, dan dari titik pusat beban ini disebut dengan menggunakan *back feeder* secara radial seperti terlihat pada gambar 2-5.



Gambar 2-5. Contoh Jaringan Radial Dengan Beban Terpusat

Sumber : Turan Gonen, "Electric Power Distributin System Engineering," Mc Graw Hill, 1986.

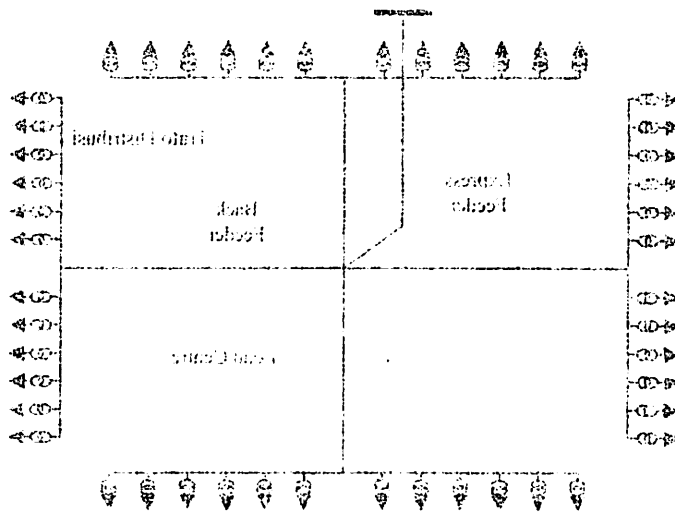


Gambar 3-4. Contoh Jaringan Distribusi Radial Dengan Phase Area
Source: Urban Council, Electric Power Distribution System Engineering, 2nd Edition, 1980

3.1.1 Sistem Radial Dengan Beban Terpusat

Bentuk dari sistem ini mensuplai daya dengan menggunakan suatu feeder yang disebut *feeder* langsung ke pusat beban dan dari titik pusat beban ini disebut dengan menggunakan *sub-feeder* secara radial seperti terlihat pada

Gambar 3-5.



Gambar 3-5. Contoh Jaringan Radial Dengan Beban Terpusat
Source: Urban Council, Electric Power Distribution System Engineering, 2nd Edition, 1980

2.4. Kapasitor Daya

Secara sederhana kapasitor terdiri dari dua buah plat logam yang dipisahkan oleh suatu bahan dielektrik dan kapasitor ini mempunyai sifat menyimpan muatan listrik. Pada beberapa tahun yang lalu kebanyakan kapasitor terbuat dari dua plat aluminium murni yang dipisahkan oleh tiga atau lebih lapisan kertas yang dilapisi oleh bahan kimia. Kapasitor daya telah mengalami perkembangan yang begitu cepat selama 30 tahun terakhir. Karena bahan dielektrik yang digunakan lebih efisien serta teknologi pembuatan kapasitor lebih baik.

2.4.1. Kapasitor Seri dan Kapasitor Shunt^[4]

Kapasitor daya terdiri dari 2 bagian yaitu kapasitor seri dan kapasitor shunt, dimana dalam membangkitkan daya reaktif pada sistem tenaga kapasitor daya digunakan untuk memperbaiki faktor daya dan tegangan, sehingga meningkatkan kapasitas sistem dan mengurangi rugi-rugi jaringan.

Biaya pemasangan kapasitor seri lebih tinggi dari biaya pemasangan kapasitor shunt, hal ini disebabkan karena peralatan pelindung untuk kapasitor seri lebih banyak. Biasanya kapasitor seri didesain untuk daya yang lebih besar daripada kapasitor shunt dengan tujuan untuk mengatasi kenaikan beban.

2.4.2. Faktor-Faktor Pemilihan Kapasitor Seri dan Kapasitor Shunt^[4]

Faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan antara kapasitor shunt dan kapasitor seri di tabelkan sebagai berikut :

2.4. Kapasitor Daya

Secara sederhana kapasitor terdiri dari dua buah plat logam yang dipisahkan oleh suatu bahan dielektrik dan kapasitor ini mempunyai nilai menyimpan muatan listrik. Pada beberapa tahun yang lalu kebanyakan kapasitor terbuat dari dua plat aluminium murni yang dipisahkan oleh tisu atau lebih lapisan keramik yang dilapisi oleh bahan kimia. Kapasitor daya telah mengalami perkembangan yang begitu cepat selama 30 tahun terakhir. Karena bahan dielektrik yang digunakan lebih efisien serta teknologi pembuatan kapasitor lebih baik.

2.4.1. Kapasitor Seri dan Kapasitor Shunt^[1]

Kapasitor daya terdiri dari 2 bagian yaitu kapasitor seri dan kapasitor shunt dimana dalam membangkitkan daya reaktif pada sistem tenaga kapasitor daya digunakan untuk memperbaiki faktor daya dan tegangan, sehingga meningkatkan kapasitas sistem dan mengurangi rugi-rugi jaringan.

Biaya pemasangan kapasitor seri lebih tinggi dari biaya pemasangan kapasitor shunt. Hal ini disebabkan karena perbedaan bidang untuk kapasitor seri lebih banyak. Biasanya kapasitor seri didesain untuk daya yang lebih besar daripada kapasitor shunt dengan tujuan untuk mengatasi kemunduran beban.

2.4.2. Faktor-Faktor Pemilihan Kapasitor Seri dan Kapasitor Shunt^[1]

Faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan antara kapasitor shunt dan

kapasitor seri di tabalkan sebagai berikut :

Tabel 2-1
Kapasitor Seri dan Kapasitor Shunt

No	KEBUTUHAN	Pilihan Kapasitor	
		Seri	Shunt
1	Memperbaiki faktor daya.	Kedua	Pertama
2	Memperbaiki tingkat tegangan pada sistem saluran udara dengan faktor daya normal dan rendah.	Pertama	Kedua
3	Memperbaiki tingkat tegangan pada sistem saluran udara dengan faktor daya yang tinggi.	Tidak dipakai	Pertama
4	Memperbaiki tingkat tegangan pada sistem saluran udara bawah tanah dengan faktor daya.	Tidak dipakai	Tidak dipakai
5	Memperbaiki tingkat tegangan pada sistem saluran bawah tanah dengan faktor daya normal dan rendah.	Pertama	Tidak dipakai
6	Mengurangi rugi-rugi saluran.	Kedua	Pertama
7	Mengurangi fluktuasi tegangan.	Pertama	Tidak dipakai

2.5 Pengaruh Pemasangan Kapasitor Shunt^[4]

Kapasitor shunt adalah kapasitor yang dihubungkan paralel dengan saluran dan secara intensip digunakan pada sistem distribusi. Kapasitor shunt mencatu daya reaktif atau arus yang menentang komponen arus beban induktif. Dengan dipasangnya kapasitor shunt pada jaringan distribusi akan dapat memperbaiki profil tegangan, memperbaiki faktor daya dan menaikkan kapasitas sistem serta dapat mengurangi rugi saluran.

Ada dua cara pemasangan kapasitor shunt :

- Kapasitor tetap
- Kapasitor saklar

a. Kapasitor Tetap

Adalah kapasitor untuk kompensasi daya reaktif yang kapasitasnya tetap dan selalu dipasang di jaringan. Penggunaan kapasitor jenis ini harus

Tabel 2-1
Kapasitor Seri dan Kapasitor Shunt

No	KEBUTUHAN	Tipe Kapasitor	
		Seri	Shunt
1	Memperbaiki faktor daya	Kedua	Pertama
2	Memperbaiki tingkat tegangan pada sistem saluran udara dengan faktor daya normal dan rendah.	Pertama	Kedua
3	Memperbaiki tingkat tegangan pada sistem saluran udara dengan faktor daya yang tinggi.	Tidak dipakai	Pertama
4	Memperbaiki tingkat tegangan pada sistem saluran udara bawah tanah dengan faktor daya	Tidak dipakai	Tidak dipakai
5	Memperbaiki tingkat tegangan pada sistem saluran bawah tanah dengan faktor daya normal dan rendah.	Pertama	Tidak dipakai
6	Mengurangi rugi-rugi saluran.	Kedua	Pertama
7	Mengurangi fluktuasi tegangan.	Pertama	Tidak dipakai

2.2. Penyelesaian Pemancangan Kapasitor Shunt¹⁰⁾

Kapasitor shunt adalah kapasitor yang dihubungkan paralel dengan saluran dan secara intensif digunakan pada sistem distribusi. Kapasitor shunt memotong daya reaktif atau arus yang menantang komponen arus beban induktif. Dengan pemasangan kapasitor shunt pada jaringan distribusi akan dapat memperbaiki profil tegangan, memperbaiki faktor daya dan menaikan kapasitas sistem secara dapat mengurangi rugi saluran.

Ada dua cara pemancangan kapasitor shunt :

- Kapasitor tetap
- Kapasitor sukut

a. Kapasitor Tetap

Adalah kapasitor untuk kompensasi daya reaktif yang kapasitasnya tetap dan selalu dipasang di jaringan. Penggunaan kapasitor jenis ini harus

memperhatikan kenaikan tegangan yang terjadi pada saat beban ringan agar tidak melebihi batas tegangan yang ditetapkan.

b. Kapasitor Tidak Tetap

Adalah kapasitor untuk kompensasi daya reaktif yang dapat dihubungkan dan dilepas 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 kendali jarak jauh) dapat dilakukan pada GI. Untuk pengendali secara otomatis, termasuk didalamnya peralatan pengendali tegangan, arus, waktu dan suhu. Tipe yang paling populer adalah pengendali saklar waktu (*time-switch control*), pengendali tegangan dan pengendali tegangan-arus.

2.5.1 Pengurangan Rugi-rugi Dengan Kapasitor Shunt^[4]

Rugi-rugi saluran per fasa dari saluran 3 fasa seimbang dengan beban terpusat seperti pada gambar 2-6 adalah $I^2 (R-jX)$ atau dapat dibedakan menjadi :

- rugi daya aktif (I^2R) = $(I_R^2 + I_X^2)R$
- rugi daya reaktif (I^2X) = $(I_R^2 + I_X^2)X$

dimana : I_R adalah arus aktif

I_X adalah arus reaktif

memperhatikan kenaikan tegangan yang terjadi pada saat beban ringan agar tidak melebihi batas tegangan yang ditetapkan.

b. Kapasitor Tidak Tetap

Adalah kapasitor untuk kompensasi daya reaktif yang dapat dihubungkan dan dilepas dari jaringan dan dapat dibuat besar kapasitansinya sesuai dengan kondisi beban.

Proses membuka-menutup dari sakelar kapasitor shunt dapat dilakukan dengan cara manual maupun dengan cara otomatis. Pengendalian secara manual (pada lokasi atau kendali jarak jauh) dapat dilakukan pada OLTC untuk pengendalian secara otomatis, termasuk dibalansnya perlatan pengendalian tegangan arus. Waktu dan suhu tipe yang paling populer adalah pengendalian saklar waktu (Wave-switch control) pengendalian tegangan dan pengendalian tegangan-arus.

2.2.1. Perancangan Ragi-ragi Dengan Kapasitor Shunt¹¹

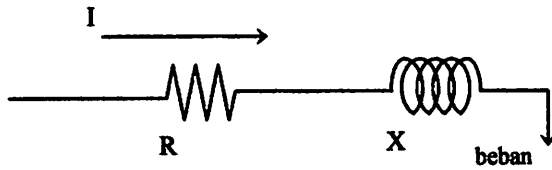
Ragi-ragi saluran per fase dari saluran 3 fase selangsiang dengan beban terpusat seperti pada gambar 2-6 adalah I_1 (R-IX) dan dapat dibedakan menjadi :

- ragi daya aktif $(I_1^A) = (I_1^R + I_1^X)R$

- ragi daya reaktif $(I_1^X) = (I_1^R + I_1^X)X$

dimana : R adalah arus aktif

X adalah arus reaktif



Gambar 2-6. Saluran Primer Dengan Beban Terpusat

Sumber : Hasan Basri, "Sistem Distribusi Tenaga Listrik."

Rugi-rugi daya (I^2R) dapat dibagi menjadi dua komponen yaitu komponen arus aktif dan komponen arus reaktif. Rugi-rugi karena komponen arus aktif tidak akan mempengaruhi penempatan kapasitor shunt pada saluran. Hal ini dapat dijelaskan sebagai berikut :

Diasumsikan bahwa rugi-rugi daya (I^2R) disebabkan oleh arus saluran (*lagging*) I , yang mengalir pada resistansi R , sehingga :

$$I^2R = (I \cos \theta)^2R + (I \sin \theta)^2R \dots\dots\dots (2.1)$$

Setelah dipasang kapasitor shunt dengan arus I_c , didapat arus saluran baru I_1 , dan rugi-rugi daya I_1R sebagai berikut :

$$I^2R = (I \cos \theta)^2R + (I \sin \theta - I_c)^2R \dots\dots\dots (2.2)$$

Sehingga pengurangan rugi daya sebagai akibat pemasangan kapasitor shunt didapat :

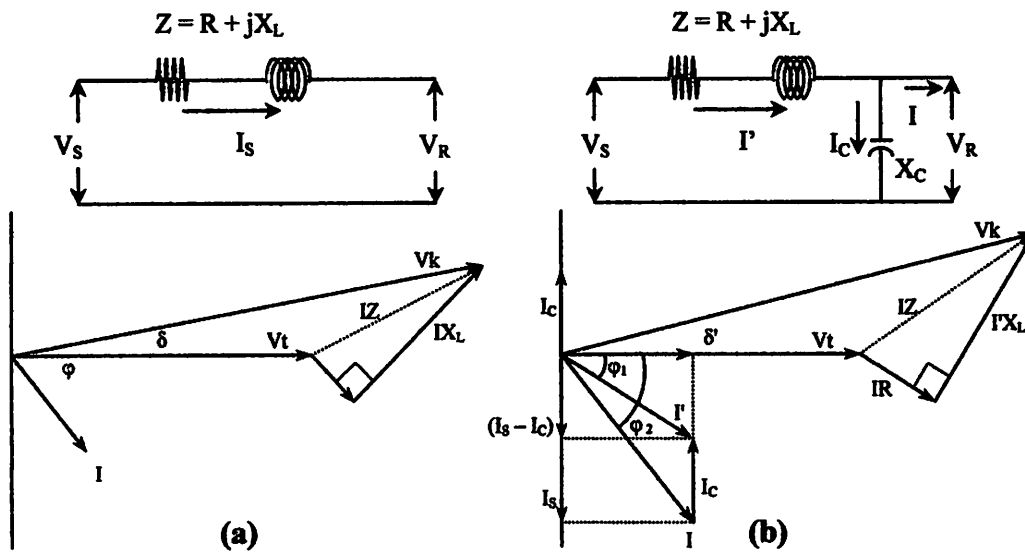
$$\begin{aligned} \Delta \text{pls} &= I^2R - I_1^2R \\ &= (I \cos \theta)^2R + (I \sin \theta)^2R - (I \cos \theta)^2R + (I \sin \theta - I_c)^2R \\ &= 2 (I \sin \theta) I_cR - I_c^2R \dots\dots\dots (2.3) \end{aligned}$$

maka hanya komponen arus reaktif ($I \sin \theta$) saja yang berpengaruh terhadap pengurangan rugi daya I^2R akibat pemasangan kapasitor shunt pada saluran distribusi. Sehingga pengurangan rugi daya saluran 3 fasa adalah :

$$3R[2(I \sin \theta) I_c - I_c^2] \text{ Watt} \dots\dots\dots (2.4)$$

2.5.2. Perbaikan Tegangan^[7]

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



Gambar 2-7. Vektor Diagram Sebelum (a) dan Sesudah (b) Pemasangan Kapasitor Shunt Pada Jaringan

Sumber : Turan Gonen, "Electric Power Distributin System Engineering," Mc Graw Hill, 1986.

Kerugian tegangan disebabkan arus beban I sebelum kapasitor dipasang :

$$VD = I_R R + I_X X_L \dots\dots\dots (2.5)$$

Kerugian tegangan setelah kapasitor dipasang :

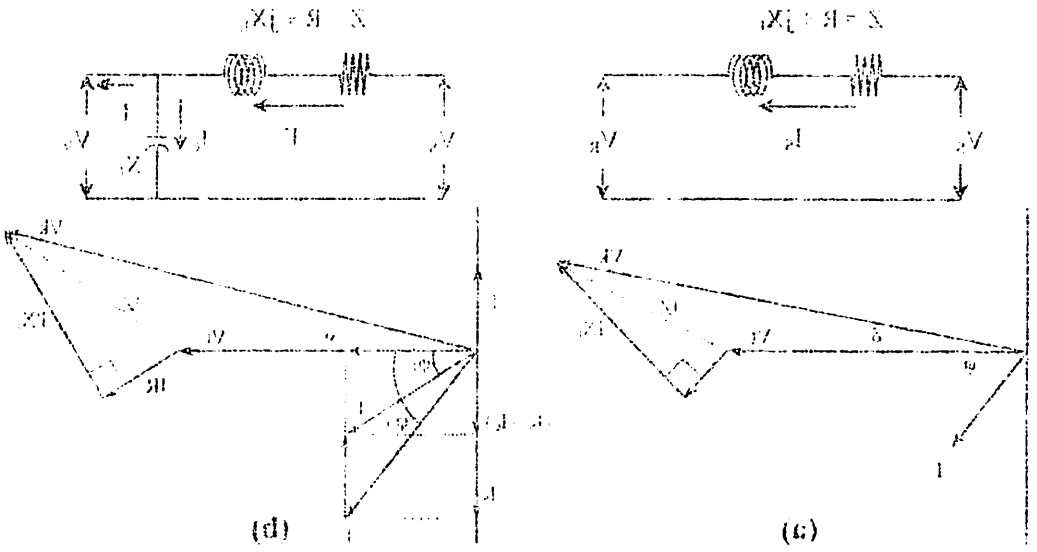
$$VD = I_R R + I_X X_L - I_C X_L \dots\dots\dots (2.6)$$

2.6. Sistem Per-Unit^[7]

Untuk memudahkan perhitungan-perhitungan dalam sistem tenaga listrik digunakan p.u (per unit) yang didefinisikan sebagai perbandingan harga yang sebenarnya dengan harga dasar (*base value*), sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut :

2.2.2. Perubahan Tegangan [1]

Pemakaian kapasitor shunt dalam sistem tenaga listrik akan mengakibatkan perubahan faktor daya juga bertujuan menaikkan tegangan. Dan secara vektoris dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.7. Vektor Diagram Sebelum (a) dan Setelah (b) Pemasaan Kapasitor Shunt Pada Jaringan

Number 1 and 2 from "Electric Power Distribution System Engineering" 7th Edition Hill, 1980

Korngian tegangan disebabkan arus beban I sebelum kapasitor dipasang :

$$V_D = I R + I X_L \tag{2.2}$$

Korngian tegangan setelah kapasitor dipasang :

$$V_D = I R + I X_L - I X_C \tag{2.3}$$

2.6. Sistem Per-Unit [1]

Untuk memudahkan perhitungan-perhitungan dalam sistem tenaga listrik digunakan p.u (per unit) yang didefinisikan sebagai perbandingan harga yang sebenarnya dengan harga dasar (base value), sehingga dapat dimisalkan sebagai

berikut :

$$\text{Besaran per-unit} = \frac{\text{besaran sesungguhnya}}{\text{besaran dasar dengan dimensi yang sama}} \dots\dots\dots(2.7)$$

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

- o Untuk data 1 fasa

Arus dasar

$$I_d = \frac{\text{kVA dasar 1 fasa}}{\text{kV dasar L-N}} \dots\dots\dots(2.8)$$

Impedansi dasar

$$Z_d = \frac{(\text{kV dasar L-N})^2 \times 1000}{\text{kVA dasar 1 fasa}}$$

$$= \frac{(\text{kVA dasar L-N})^2}{\text{MVA dasar 1 fasa}} \dots\dots\dots(2.9)$$

- o Untuk data 3 fasa

$$I_d = \frac{\text{kVA dasar 3 fasa}}{\sqrt{3} \text{ kV dasar L-L}} \dots\dots\dots(2.10)$$

$$Z_d = \frac{(\text{kV dasar L-L})^2 \times 1000}{\text{kVA dasar 3 fasa}}$$

$$= \frac{(\text{kV dasar L-L})^2}{\text{MVA dasar 3 fasa}} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dalam persamaan diatas nilai-nilai besaran diberikan untuk rangkaian satu fasa. Jadi tegangannya adalah tegangan antara fasa ke tanah dan daya setiap fasa.

Setelah besaran-besaran dasar telah ditentukan maka besaran-besaran itu dinormalisasikan terhadap besaran dasar. Dengan demikian impedansi per satuan didefinisikan sebagai berikut :

$$Z = \frac{\text{Impedansi sebenarnya } Z(\Omega)}{\text{Impedansi dasar } Z_d} \text{ pu(2.12)}$$

BAB III

ANALISIS ALIRAN DAYA DAN PENGGUNAAN KAPASITOR DENGAN METODE *ELITE BASED SIMPLEX GA*

3.1. Aliran Daya

Dalam analisa aliran daya dilakukan perhitungan tegangan, arus, daya nyata, dan daya reaktif yang terdapat pada berbagai titik dalam suatu jala-jala listrik pada keadaan pengoperasian normal.

Tujuan dari aliran daya adalah :

- Untuk menentukan daya nyata dan daya reaktif
- Untuk mengetahui apakah semua peralatan pada system memenuhi batas-batas yang telah ditetapkan untuk penyaluran daya.
- Untuk mengetahui kondisi awal pada perencanaan system yang baru.
- Untuk menentukan daya yang mengalir di tiap saluran jaringan tenaga listrik

Di dalam analisa aliran daya terdapat 3 jenis Variabel, yaitu :

1. Variabel bebas, misalnya $|V|$ dan θ pada bus beban atau θ dan Q pada bus generator.
2. Variabel tidak bebas, misalnya P dan $|V|$ pada busa generator.
3. Variabel yang tidak dapat diatur, misalnya konsumen.

3. Աստիճակի շարժումը կախված է հարկի արժեքից:

5. Աստիճակի շարժումը կախված է զանգվածից և շարժման արագությունից:

1. Աստիճակի շարժումը կախված է զանգվածից և շարժման արագությունից:

Ի՞նչ է կոչվում սահմանային դրությունը և ինչպե՞ս է կախված այն:

Ինչպե՞ս:

- Կոնկրետ դրությունում կախված է սահմանային դրությունից:
- Կոնկրետ դրությունում կախված է սահմանային դրությունից և շարժման արագությունից:
- Կոնկրետ դրությունում կախված է սահմանային դրությունից և շարժման արագությունից:
- Կոնկրետ դրությունում կախված է սահմանային դրությունից:

Ինչպե՞ս է կախված այն:

Կոնկրետ դրությունում կախված է սահմանային դրությունից:

Կոնկրետ դրությունում կախված է սահմանային դրությունից և շարժման արագությունից:

Կոնկրետ դրությունում կախված է սահմանային դրությունից և շարժման արագությունից:

ՅԱԿՈՒԿԱՆ ԴՐՈՒՄ

**ՄԱՍԻՆԻՍԻ ՄԵԼՈԴԵ ԲԻՆԵ ԵՆՏԵԾ ԶԻՄԵԴԻՆ ՕՆ
ՎԻՍՏՐՈՒՄ ԿՐԻՄԻ ԴԱՆ ԴԱՆ ԲԵՆՏՏՐՈՒՄԻ ԿԱԿՆՏՐՈՒՄ
ԵՄԵ ԻՆ**

3.2. Klasifikasi Bus

Tujuan aliran daya pada system tenaga listrik adalah untuk menghitung besar (*magnitude*) tegangan $|V|$ dan sudut fasa tegangan pada semua bus, sehingga dengan diketahuina parameter-parameter tersebut akan dapat dihitung besar daya yang mengalir beserta rugi-ruginya.

Pada setiap bus dari jaringan terdapat parameter sebagai berikut :

1. Daya nyata, dinyatakan dengan P satuannya MWatt.
2. Daya Reaktif, dinyatakan dengan Q satuannya MVar.
3. Besar (*magnitude*) tegangan, dinyatakan dengan $|V|$ satuannya kV.
4. Sudut fasa tegangan dinyatakan dengan θ satuannya derajat.

Dalam aliran daya, pada setiap busnya perlu diketahui 2 parameter dari 4 parameter yang diperhitungkan. Dengan melihat kedua parameter tersebut dapat diketahui jenis busnya, yaitu :

✓ Bus beban (*load bus*)

Bus beban / *load bus* adalah suatu bus yang hanya ada penyerapan daya.

Pada bus ini daya nyata P dan daya Q diketahui, sementara *magnitude* tegangan $|V|$ dan sudut fasa θ dicari (dihitung).

✓ Bus generator (*generator bus*)

Pada bus ini daya nyata P dan *magnitude* tegangan $|V|$ diketahui, sementara daya reaktif dan sudut fasa θ dicari (dihitung)

✓ Bus berayun (*slack bus*)

Pada bagian ini *magnitude* tegangan $|V|$ dan sudut fasa θ diketahui besarnya, sementara daya nyata P dan daya reaktif Q dicari. Sedangkan

3.3. Klasifikasi Bus

Tujuan aliran daya pada system tenaga listrik adalah untuk menghidupkan bus (maksudnya) tegangan $|V|$ dan sudut phase tegangan pada semua bus. sehingga dengan diketahuinya parameter-parameter tersebut akan dapat dihitung besar daya yang mengalir beserta tegangannya.

Pada setiap bus dari jaringan terdapat parameter sebagai berikut :

1. Daya nyata dinyatakan dengan P satuannya MW atau
2. Daya Reaktif dinyatakan dengan Q satuannya MVar.
3. Besar (maksudnya) tegangan dinyatakan dengan $|V|$ satuannya KV.
4. Sudut phase tegangan dinyatakan dengan θ satuannya derajat.

Dalam aliran daya, pada setiap busnya perlu diketahui 2 parameter dari 4 parameter yang diperhitungkan. Dengan melihat kedua parameter tersebut dapat diketahui jenis busnya yaitu :

✓ Bus beban (load bus)

Bus beban \ load bus adalah suatu bus yang hanya ada penyuplai daya. Pada bus ini daya nyata P dan daya Q diketahui, sementara maksudnya tegangan $|V|$ dan sudut phase θ dicari (dihitung).

✓ Bus generator (generator bus)

Pada bus ini daya nyata P dan maksudnya tegangan $|V|$ diketahui, sementara daya reaktif dan sudut phase θ dicari (dihitung)

✓ Bus busbar (slack bus)

Pada bagian ini maksudnya tegangan $|V|$ dan sudut phase θ diketahui besarnya, sementara daya nyata P dan daya reaktif Q dicari. Sedangkan

sudut fasa tegangan berharga nol, karena pada bus ini fasor tegangan dari bus dipakai sebagai referensi.

3.3. Pembentukan Matrik Admitansi Rel Tanpa Admitansi Bersama

Titik-titik sambungan yang terbentuk jika dua buah elemen dihubungkan satu sama lain pada ujung-ujungnya disebut sebagai simpul-simpul (*node*). Untuk mendapatkan persamaan simetris dari simpul-simpul pada rangkaian, digunakan hukum *Kirchoff* untuk Arus (KCL).

Suatu rangkaian yang mempunyai n-bus dapat ditulis dalam bentuk persamaan arus, sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 I_1 &= Y_{11}V_1 + Y_{12}V_2 + \dots + Y_{1n}V_n \\
 I_2 &= Y_{21}V_1 + Y_{22}V_2 + \dots + Y_{2n}V_n \\
 &\cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\
 &\cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\
 I_n &= Y_{n1}V_1 + Y_{n2}V_2 + \dots + Y_{nn}V_n \dots \dots \dots (3.1)
 \end{aligned}$$

Dalam bentuk matrik menjadi :

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ I_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & \cdot & \cdot & \cdot & Y_{1n} \\ Y_{21} & Y_{22} & \cdot & \cdot & \cdot & Y_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ Y_{n1} & Y_{n2} & \cdot & \cdot & \cdot & Y_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ V_n \end{bmatrix} \dots \dots \dots (3.2)$$

Atau :

$$[I_{Bus}] = [Y_{Bus}][V_{Bus}] \dots \dots \dots (3.3)$$

Dimana :

I_{Bus} = Matrik kolom arus masuk bus

Y_{Bus} = Matrik admitansi bus

V_{Bus} = Matrik kolom tegangan bus terhadap tanah

suatu busa tegangan tertentu nol, karena pada bus ini fasor tegangan dan

bus dipakai sebagai referensi.

3.3. Pembentukan Matrik Admittansi Rel Tanpa Admittansi Bersama

Titik-titik sambungan yang terbentuk jika dua buah elemen dihubungkan satu sama lain pada ujung-ujungnya disebut sebagai simpul-simpul (nodes). Untuk mendapatkan persamaan simpul-simpul dan simpul-simpul pada rangkaian digunakan hukum Kirchhoff (matrik Arus (KCL)).

Suatu rangkaian yang mempunyai n-bus dapat ditulis dalam bentuk

persamaan arus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 I_1 &= Y_{11}V_1 + Y_{12}V_2 + \dots + Y_{1n}V_n \\
 I_2 &= Y_{21}V_1 + Y_{22}V_2 + \dots + Y_{2n}V_n \\
 &\vdots \\
 &\vdots \\
 I_n &= Y_{n1}V_1 + Y_{n2}V_2 + \dots + Y_{nn}V_n
 \end{aligned}
 \tag{3.1}$$

Dalam bentuk matrik menjadi :

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \vdots \\ I_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & \dots & Y_{1n} \\ Y_{21} & Y_{22} & \dots & Y_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Y_{n1} & Y_{n2} & \dots & Y_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ \vdots \\ V_n \end{bmatrix}
 \tag{3.2}$$

Atau :

$$[I_{bus}] = [Y_{bus}][V_{bus}]
 \tag{3.3}$$

Dimana :

- I_{bus} = Matrik kolom arus masuk bus
- Y_{bus} = Matrik admittansi bus
- V_{bus} = Matrik kolom tegangan bus terhadap tanah

Atau dalam bentuk umumnya :

$$I_p = \sum_{q=1}^n Y_{pq} V_q, p = 1, 2, \dots, n \dots \dots \dots (3.4)$$

Elemen-elemen dari matrik Y_{BUS} adalah arus yang mengalir pada simpul dari suatu jaringan., dimana unit dari sumber tegangan dipasang antara simpul dengan referensi.

Suatu jaringan yang diinterkoneksi pada sistem tenaga listrik, pada umumnya cukup jauh jaraknya, maka mutual kopling/admitansi bersama antar saluran elemennya dapat diabaikan. Hal ini akan memudahkan dalam pembentukan matrik Y_{BUS} .

Perhitungan nilai-nilai matrik admitansi bus tanpa admitansi bersama antar elemen jaringan adalah:

1) Elemen-elemen diagonal matrik $[Y_{BUS}]$

Bentuk elemen diagonal (Y_{pp}) didapat dengan menjumlahkan admitansi *incidence* pada simpul p

Y_{pp} = Jumlah seluruh nilai admitansi yang terhubung ke bus no-p

$$Y_{pp} = \sum_{\substack{q=1 \\ q \neq p}}^n y_{pq} \dots \dots \dots (3.5a)$$

2) Elemen-elemen off-diagonal matrik $[Y_{Bus}]$

Bentuk elemen bukan diagonal/off-diagonal (Y_{pq}) sama dengan negative admitansi dari simpul p ke simpul q

Y_{pq} = Negatif nilai admitansi yang terhubung antara bus no-p dengan bus no-q.

$$Y_{pq} = -y_{pq} \dots \dots \dots (3.5b)$$

Dalam program aliran daya, matrik $[Y_{Bus}]$ merupakan matrik nilai kompleks yang dipisahkan menjadi matrik real dan imajiner.

$$Y_{Bus} = G_{Bus} + jB_{Bus} \dots \dots \dots (3.6)$$

Persamaan Pembebanan Bus

Daya aktif dan daya reaktif pada suatu bus p dapat ditentukan dengan persamaan :

$$S_p = P_p + jQ_p = V_p * I_p \dots \dots \dots (3.7)$$

Sehingga conjugate dari persamaan di atas adalah:

$$S_p^* = P_p - jQ_p = V_p * I_p \dots \dots \dots (3.8)$$

Dan arus injeksi pada bus P adalah:

$$I_p = \frac{P_p - jQ_p}{V_p} \dots \dots \dots (3.9)$$

Arus I_p akan bertanda positif bila arus mengalir ke bus dan bertanda negatif bila arus mengalir dari bus.

Persamaan (3.7) di atas telah memperhitungkan arus-arus admitansi shunt yang mengalir dari bus ke tanah. Bila elemen shunt tidak termasuk dalam matrik parameter, maka arus total pada bus P adalah:

$$I_p = \frac{P_p - jQ_p}{V_p} - y_p V_p \dots\dots\dots (3.10)$$

Dimana :

y_p = Admitansi shunt total pada bus p

$y_p V_p$ = Arus yang mengalir dari bus p ke tanah

3.4. Metode Pemecahan Study Aliran Daya

Dalam study aliran daya teknik-teknik yang dipakai untuk menyelesaikan persoalan-persoalan aliran beban adalah:

1. Metode *iteratif Gauss*.
2. Metode *iteratif Gauss-Seidel*
3. Metode *iteratif Newton Raphson* (juga disebut sebagai metode *Ward-Hale*).
4. *Newton-Raphson* yang diperbaiki
5. Metode *Decoupled*
6. Metode *Fast Decoupled*

Metode yang akan ditinjau di sini adalah metode *Fast Decoupled* yang diturunkan dari metode *Newton-Raphson*, dengan memanfaatkan sifat-sifat fisik

Arus I_p akan bertanda positif bila arus mengalir ke bus dan bertanda negatif bila arus mengalir dari bus.

Persamaan (3.7) di atas telah memperhitungkan arus-arus admittansi shunt yang mengalir dari bus ke tanah. Bila elemen shunt tidak termasuk dalam matrik parameter, maka arus total bus P adalah:

$$I_p = \frac{P - iQ_p}{V_p} - Y_p V_p \dots\dots\dots (3.10)$$

Dimana :

Y_p = Admittansi shunt total pada bus p

$Y_p V_p$ = Arus yang mengalir dari bus p ke tanah

3.4. Metode Pemecahan Study Aliran Daya

Dalam study aliran daya teknik-teknik yang dipakai untuk menyelesaikan

persoalan-persoalan aliran beban adalah:

1. Metode iteratif Gauss.
2. Metode iteratif Gauss-Seidel
3. Metode iteratif Newton Raphson (juga disebut sebagai metode Newton-Raphson yang diperbaiki)
4. Metode Fast Decoupled
5. Metode Fast Decoupled

Metode yang akan ditinjau di sini adalah metode Fast Decoupled yang diturunkan dari metode Newton-Raphson dengan memanfaatkan sifat-sifat fisik

dari sistem. Dengan asumsi dan pendekatan yang digunakan tersebut diharapkan metode *Fast Decoupled* akan memberikan perhitungan yang cepat dan penggunaan memori yang kecil.

3.4.1. Metode *Newton Raphson*^[6]

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

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

$$I_p = \sum_{q=1}^n Y_{pq} V_{pq} \dots\dots\dots (3.11)$$

Injeksi daya pada simpul p adalah :

$$S_p = P_p + jQ_p = V_p^* \cdot I_p \dots\dots\dots (3.12)$$

$$= V_p^* \sum_{q=1}^n Y_{pq} V_{pq} \dots\dots\dots (3.13)$$

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

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

$$V_q = |V_q| e^{j\theta_q}$$

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

Maka persamaan dapat ditulis :

$$P_p - jQ_p = \sum_{q=1}^n |V_p V_q Y_{pq}| e^{-j(\theta_p - \theta_q + \theta_{pq})} \dots\dots\dots (3.14)$$

dari sistem. Dengan asumsi dan pendekatan yang digunakan tersebut dipertahankan metode daya Descartes akan memberikan perhitungan yang cepat dan penggunaan memori yang kecil.

3.4.1. Metode Newton Raphson [6]

Sebagai alternatif persamaan aliran daya Newton Raphson dapat diselesaikan dengan menggunakan koordinat rectangular, koordinat polar atau bentuk hibrid (gabungan antara kompleks dengan bentuk polar).

Hubungan antara arus bus I_p dengan tegangan bus V_p pada suatu jaringan

dengan n bus dapat dituliskan :

$$I_p = \sum_{q=1}^n Y_{pq} V_q \tag{3.11}$$

Injeksi daya pada simpul p adalah :

$$S_p = P_p + jQ_p = V_p^* \cdot I_p \tag{3.12}$$

$$S_p = V_p^* \sum_{q=1}^n Y_{pq} V_q \tag{3.13}$$

Dalam penyelesaian aliran daya dengan Newton Raphson bentuk persamaan aliran daya yang dipilih adalah polar dimana tegangan dinyatakan

dalam bentuk polar yaitu :

$$V_q^* = |V_q| e^{-j\theta_q}$$

$$V_p = |V_p| e^{j\theta_p}$$

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

Maka persamaan dapat ditulis :

$$P_p - jQ_p = \sum_{q=1}^n |V_p| |V_q| |Y_{pq}| e^{j(\theta_p - \theta_q - \theta_{pq})} \tag{3.14}$$

Dengan memisahkan bagian riil dan bagian imajiner maka diperoleh :

$$P_p = \sum_{q=1}^n |V_p V_q Y_{pq}| \cos(\theta_p - \theta_q + \theta_{pq}) \dots\dots\dots (3.15)$$

$$Q_p = \sum_{q=1}^n |V_p V_q Y_{pq}| \sin(\theta_p - \theta_q + \theta_{pq}) \dots\dots\dots (3.16)$$

Kedua persamaan diatas akan menghasilkan suatu kumpulan persamaan serempak (simultan) yang tidak linier untuk setiap simpul system tenaga listrik. Untuk mengetahui *magnitude* tegangan (V) dan sudut fasa (θ) disetiap simpul dapat diselesaikan dengan menggunakan persamaan (3.5) dan (3.6) yang dilinierkan dengan metode *Newton Raphson* yang dapat dilihat dari persamaan dibawah ini :

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H & N \\ M & L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \theta \\ \Delta |V| \end{bmatrix} \dots\dots\dots (3.17)$$

Dimana :

ΔP = selisih injeksi bersih daya nyata dengan penjumlahan aliran daya nyata tiap saluran yang menghubungkan simpul dengan V yang didapat dari perhitungan iterasi ke-k

ΔQ = selisih injeksi bersih daya reaktif dengan penjumlahan aliran daya reaktif tiap saluran yang menghubungkan simpul dengan V yang didapat dari perhitungan iterasi ke-k

$\Delta \theta$ = vector koreksi sudut fasa tegangan

$\Delta |V|$ = vector koreksi *magnitude* tegangan

H, L, M, N merupakan elemen-elemen off diagonal dan diagonal dari sub matriks Jaqobian yang dibentuk dengan mendefinisikan persamaan (3.15) dan (3.16),
dimana:

Dengan menisalkan bagian riil dan bagian imajiner maka diperoleh :

$$P_p = \sum_{q=1}^n |V_p V_q Y_{pq} \cos(\theta_p - \theta_q + \theta_{pq})| \quad (3.12)$$

$$Q_p = \sum_{q=1}^n |V_p V_q Y_{pq} \sin(\theta_p - \theta_q + \theta_{pq})| \quad (3.13)$$

Kedua persamaan diatas akan menghasilkan suatu kumpulan persamaan serempak (simultan) yang tidak linear untuk setiap simpul tenaga listrik. Untuk mengetahui bagaimana tegangan (V) dan sudut fasa (θ) disetiap simpul dapat diselesaikan dengan menggunakan persamaan (3.2) dan (3.3) yang dituliskan dengan metode Newton Raphson yang dapat dilihat dari persamaan dibawah ini :

$$\begin{bmatrix} \Delta V \\ \Delta \theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H & N \\ M & L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \theta \\ \Delta V \end{bmatrix} \quad (3.14)$$

Dimana :

- ΔV = selisih injeksi bersih daya nyata dengan perjumlahan aliran daya nyata tiap saluran yang menghubungkan simpul dengan V yang didapat dari perhitungan iterasi ke-k
- $\Delta \theta$ = selisih injeksi bersih daya reaktif dengan perjumlahan aliran daya reaktif tiap saluran yang menghubungkan simpul dengan V yang didapat dari perhitungan iterasi ke-k
- $\Delta \theta$ = vector koreksi sudut fasa tegangan
- ΔV = vector koreksi magnitude tegangan

H, L, M, N merupakan elemen-elemen off diagonal dan diagonal dari sub matriks Japdian yang dibentuk dengan mendefinisikan persamaan (3.12) dan (3.13).

dimana:

Elemen Matrik H adalah :

$$H_{pp} = \frac{\delta P_p}{\delta \theta_p}$$

$$H_{pq} = \frac{\delta P_p}{\delta \theta_q}$$

Elemen Matrik N adalah :

$$N_{pp} = \frac{\delta P_p}{\delta |V_p|}$$

$$N_{pq} = \frac{\delta P_p}{\delta |V_q|}$$

Elemen Matrik M adalah :

$$M_{pp} = \frac{\delta Q_p}{\delta \theta_p}$$

$$M_{pq} = \frac{\delta Q_p}{\delta \theta_q}$$

Elemen Matrik L adalah :

$$L_{pp} = \frac{\delta Q_p}{\delta |V_p|}$$

$$L_{pq} = \frac{\delta Q_p}{\delta |V_q|}$$

Persamaan (3.7) diselesaikan untuk menghitung vector koreksi *magnitude* tegangan $\Delta(|V|)$ dan sudut fasa tegangan ($\Delta\theta$) yang baru. Sehingga diperoleh harga *magnitude* tegangan dan sudut fasa yang baru, yaitu :

$$|V|^{k+1} = |V|^k + \Delta|V|^k \dots\dots\dots (3.18)$$

$$\theta^{k+1} = \theta^k + \Delta\theta^k \dots\dots\dots (3.19)$$

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

3.4.2. Metode *Fast Decoupled*

Aliran daya *Fast Decoupled* adalah pengembangan dari aliran daya *Newton Raphson*. Matrik Jacobiannya adalah hanya matrik satu kali empat saja serta iterasi alternatif antara daya nyata dan daya reaktif.

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix}_{(k)} = \begin{bmatrix} H & N \\ M & L \end{bmatrix}_{(k)} \begin{bmatrix} \Delta \theta \\ \frac{\Delta |V|}{|V|} \end{bmatrix} \dots\dots\dots (3.20)$$

Dengan mensetting $M=N=0$, maka matrik Jacobiannya dapat di*Decoupled*.

Prinsip yang mendasari adalah dari dua observasi yaitu :

1. Merubah sudut tegangan pada simpul akan mempengaruhi aliran daya nyata pada saluran dan membuat daya reaktif saluran relatif tidak terpengaruh.
2. Merubah *magnitude* tegangan pada simpul akan mempengaruhi daya reaktif saluran dan membuat daya nyata saluran relatif tidak terpengaruh.

Penyederhanaan lebih lanjut dari metode *Decoupled*, dengan mempertimbangkan asumsi-asumsi yang berlaku pada sistem tenaga listrik, yaitu:[6,9]

1. $\cos \theta_{pq} \approx 1$
2. $G_{pq} \sin \theta_{pq} \ll B_{pq}$
3. $Q_{pq} \ll B_{pp} |V_p|^2$

Dengan asumsi tersebut maka elemen-elemen sub matriks H dan L menjadi :

$$H_{pq} = L_{pq} = -|V_p||V_q|B_{pq} \dots\dots\dots (3.21)$$

3.4.2. Metode Fast Decoupled

Aliran daya Fast Decoupled adalah pengembangan dari aliran daya Newton Raphson. Matrik Jacobiannya adalah hanya matrik satu kali empat saja serta iterasi alternatif antara daya nyata dan daya reaktif.

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix}_{(k)} = \begin{bmatrix} H & N \\ M & L \end{bmatrix}_{(k)} \begin{bmatrix} \Delta \theta \\ \Delta V \end{bmatrix}_{(k)} \quad (3.20)$$

Dengan mengasumsikan $M=N=0$, maka matrik Jacobiannya dapat disederhanakan.

Prinsip yang mendasari adalah dari dua observasi yaitu :

1. Membuat sudut tegangan pada simpul akan mempengaruhi aliran daya nyata pada busbar dan membuat daya reaktif salinan relatif tidak terpengaruh.
2. Membuat magnitudo tegangan pada simpul akan mempengaruhi daya reaktif salinan dan membuat daya nyata salinan relatif tidak terpengaruh.

Perbedaan lebih lanjut dari metode Decoupled dengan mempertimbangkan asumsi-asumsi yang berlaku pada sistem tenaga listrik.

yaitu: [69]

1. $\cos \theta_{pq} \approx 1$
2. $G_{pq} \sin \theta_{pq} \ll B_{pq}$
3. $Q_{pq} \ll B_{pq} |V_p|$

Dengan asumsi tersebut maka elemen-elemen sub matriks H dan L

menjadi :

$$H_{pq} = L_{pq} = -\frac{V_p}{V_q} \left\| \frac{V_p}{V_q} \right\| B_{pq} \quad (3.21)$$

$$H_{pp} = L_{pp} = -B_{pp} |V_p|^2 \dots\dots\dots (3.21)$$

Sehingga dalam bentuk matrik menjadi:

$$[\Delta P] = \left[|V_p| |V_q| B' \right] [\Delta \theta] \dots\dots\dots (3.22)$$

$$[\Delta Q] = \left[|V_p| |V_q| B'' \right] \begin{bmatrix} \Delta |V| \\ |V| \end{bmatrix} \dots\dots\dots (3.23)$$

dimana :

- matrik [B'] merupakan elemen negatif dari matrik [B] {[B'] = [-B]} tanpa *slack bus* dari matrik.
- matrik [B''] merupakan elemen negatif dari matrik [B] {[B''] = [-B]} tanpa *slack bus* dan *generator bus* dari matrik.

Pembentukan matrik [B'] dan [B''] dilakukan dengan menerapkan prinsip keterkaitan antara P- θ dan Q-|V| sehingga menjadi persamaan yang saling terpisah.

Dengan demikian persamaan akhir aliran daya *Fast Decoupled* menjadi:

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ |V| \end{bmatrix} = [B'] [\Delta \theta] \dots\dots\dots (3.24)$$

$$\begin{bmatrix} \Delta Q \\ |V| \end{bmatrix} = [B''] [\Delta |V|] \dots\dots\dots (8.25)$$

Karena matrik [B'] dan [B''] hanya terdiri dari elemen admitansi bus, maka dalam proses perhitungan hanya dihitung dan diinverskan sekali, yaitu sebelum iterasi dimulai untuk seluruh proses perhitungan. Meskipun untuk [B'] dan [B''] hanya pendekatan dari matrik Jacobi, namun persamaan daya aktif dan

reaktif tetap eksak, sehingga ketelitiannya bisa sama dengan metode *Newton Raphson*.

3.5. Algoritma Genetika^[6]

Algoritma genetika merupakan suatu metode adaptif yang bisa digunakan untuk memecahkan suatu pencarian nilai dalam sebuah optimasi. Algoritma ini didasarkan pada proses genetik yang ada dalam makhluk hidup yaitu perkembangan generasi dalam sebuah populasi alami, secara lambat laun mengikuti seleksi alam “siapa yang kuat, dia yang bertahan (*survive*)”, dengan kata lain individu yang lebih kuat (*fit*) akan memiliki tingkat survival dan tingkat reproduksi yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan individu yang kurang *fit*.

Algoritma genetika pertama kali dikembangkan oleh John Holland dari Universitas Michigan (1975). John Holland mengatakan bahwa setiap masalah yang berbentuk adaptasi (alami maupun buatan) dapat diformulasikan dalam terminologi genetika. Algoritma genetika adalah simulasi dari proses evolusi Darwin dan operasi genetika atas kromosom. John Holland percaya bahwa ini sangat cocok digabungkan dalam sebuah algoritma computer, menghasilkan sebuah teknik penyelesaian untuk permasalahan-permasalahan yang sulit dengan langkah alami yaitu melalui evolusi. John Holland mulai bekerja dengan algoritma yang dibentuk dari *string-string* biner 1 dan 0 yang disebut *kromosom*. Seperti halnya alam, algoritma ini menyelesaikan permasalahan-permasalahan dengan menemukan *kromosom-kromosom* yang baik dengan memanipulasi materi dan sifat (*gene*) *kromosom-kromosom*. Algoritma ini tidak mengetahui tipe

reaktif tetapi eksak sehingga ketelitiannya bisa sama dengan metode *Yarrow*

Kaplan.

3.2. Algoritma Genetika^[4]

Algoritma genetika merupakan suatu metode adaptif yang bisa digunakan untuk memecahkan suatu pencarian nilai dalam sebuah optimasi. Algoritma ini didasarkan pada proses genetik yang ada dalam makhluk hidup yaitu perkembangan generasi dalam sebuah populasi alami secara lambat laun melalui seleksi alam "siapa yang kuat dia yang bertahan (*survive*)". dengan kata lain individu yang lebih kuat (*fit*) akan memiliki tingkat *survival* dan tingkat reproduksi yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan individu yang kurang *fit*. Algoritma genetika pertama kali dikembangkan oleh John Holland dari Universitas Michigan (1975). John Holland mengatakan bahwa setiap masalah yang berbentuk adaptasi (alami maupun buatan) dapat diformulasikan dalam terminologi genetika. Algoritma genetika adalah simulasi dari proses evolusi Darwin dan operasi genetika atas kromosom. John Holland percaya bahwa ini sangat cocok digabungkan dalam sebuah algoritma *computer* menghasilkan sebuah teknik penyelesaian untuk permasalahan-permasalahan yang sulit dengan langkah alami yaitu melalui evolusi. John Holland mulai bekerja dengan algoritma yang dibentuk dari *string*-*string* *0* dan *1* yang disebut *chromosome*. Seperti halnya alam, algoritma ini menyelesaikan permasalahan-permasalahan dengan menemukan *chromosome-chromosome* yang baik dengan menggunakan metode *fit* *fit* (*good*) *chromosome-chromosome*. Algoritma ini tidak mengetahui tipe

permasalahan yang akan diselesaikan. Hanya informasi yang telah diberikan dari evolusi berupa nilai *fitness* setiap *kromosom* dengan nilai fit.

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 genetika terkecil yaitu gen. Pemakaian 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 menggambarkan hasil (*solution*) yang sudah dikodekan. Selama proses, induk harus digunakan untuk reproduksi, pindah silang dan mutasi untuk menciptakan keturunan (*offspring*). Jika Algoritma Genetika didesain dengan baik, populasi akan mengalami konvergensi dan akan mendapatkan sebuah solusi yang optimum.

3.5.1. Istilah-Istilah Algoritma Genetika^[6]

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

permasalahan yang akan diselesaikan. Hanya informasi yang telah diberikan dari

evolusi berupa nilai fitness setiap kromosom dengan nilai fit.

Sebelum Algoritma Genetika dijalankan maka sebuah kode yang sesuai

(representasi) untuk persoalan harus dirumuskan. Teknik solusi dalam ruang

permasalahan dikodekan dalam bentuk kromosom yang terdiri dari

komponen genetik tertentu yaitu gen. Penaklukan seperti *parent*, *child*, *point*,

dan *ajud* sebagai *allele* (nilai gen) memungkinkan pencarian operator genetik

yaitu proses produksi (*reproduction*) pindah silang (*crossover*) mutasi (*mutation*)

untuk menciptakan himpunan titik-titik solusi. Untuk memeriksa hasil optimasi,

kita membutuhkan fungsi fitness yang menggambarkan hasil (*solution*) yang

sedah dikodekan. Selama proses, induk harus digunakan untuk reproduksi pindah

silang dan mutasi untuk menciptakan keturunan (*offspring*). Jika Algoritma

Genetika dibesani dengan baik, populasi akan mengalami konvergensi dan akan

mendapatkan sebuah solusi yang optimal.

3.2.1.1 Istilah-istilah Algoritma Genetika¹⁰¹

Algoritma Genetika menggunakan mekanisme genetik yang ada pada

proses alami dan sistem buatan. Istilah-istilah yang digunakan adalah dari dua

disiplin ilmu, yaitu ilmu biologi dan ilmu komputer. Wilson Gen dan Runwei

Cheng (1997) menjelaskan istilah-istilah yang digunakan Algoritma Genetika

sebagai berikut:

Tabel 3-1
Istilah-Istilah Dalam Algoritma Genetika^[6]

Istilah	Keterangan
<i>Kromosom</i>	Bagian dari <i>string</i>
<i>Gen</i>	Bagian dari <i>string</i>
<i>Loci</i>	Posisi dari gen
<i>Allele</i>	Nilai yang dimasukkan dalam gen
<i>Phenotype</i>	<i>String</i> yang merupakan solusi terakhir
<i>Genotype</i>	Sejumlah <i>string</i> hasil perkawina yang berpotensi sebagai solusi

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

➤ Jumlah Generasi (*MAXGEN*)

Merupakan jumlah perulangan (*iterasi*) dilakukan rekombinasi dan seleksi. Jumlah generasi ini mempengaruhi kestabilan output dan lama iterasi (waktu proses Algoritma Genetika).

➤ Ukuran Populasi (*POPSIZE*)

Ukuran populasi mempengaruhi kinerja dan efektifitas dari Algoritma Genetika. Jika ukuran populasi kecil maka populasi tidak menyediakan cukup materi untuk mencakup ruang permasalahan, sehingga pada umumnya kinerja Algoritma Genetika menjadi buruk. Dalam hal ini dibutuhkan ruang yang lebih besar untuk mempresentasikan keseluruhan ruang permasalahan. Selain itu penggunaan populasi yang besar dapat mencegah terjadinya konvergensi pada wilayah lokal. Zbigniew Michalewics (1996) berpendapat banyak aplikasi Algoritma Genetika mempergunakan populasi pada range 50-100.^[8]

Table 3-1
 Istilah-istilah Dalam Algoritma Genetika^(a)

Istilah	Keterangan
Acromosom	Bagian dari swarg
Gen	Bagian dari swarg
Loc	Posisi dari gen
Allels	Nilai yang dimasukkan dalam gen
Phenotype	Swarg yang merupakan solusi terakhir
Genotype	Sejumlah swarg hasil perkawinan yang berpotensi sebagai solusi

Terdapat beberapa parameter yang digunakan dalam Algoritma Genetika parameter tersebut digunakan untuk melihat kompleksitas dari Algoritma

Genetika. Parameter tersebut adalah :

➤ Jumlah Generasi (MAXGEN)

Merupakan jumlah perulangan (swarg) dilakukan rekombinasi dan seleksi.

Jumlah generasi ini mempengaruhi kestabilan output dan lama iterasi

(waktu proses Algoritma Genetika).

➤ Ukuran Populasi (POPSize)

Ukuran populasi mempengaruhi kinerja dan efisiensi dari Algoritma

Genetika. Jika ukuran populasi kecil maka populasi tidak menyediakan

cukup materi untuk mencari ruang permasalahan, sehingga pada

umumnya kinerja Algoritma Genetika menjadi buruk. Dalam hal ini

dibutuhkan ruang yang lebih besar untuk memproteskan keseluruhan

ruang permasalahan. Selain itu penggunaan populasi yang besar dapat

menyebabkan terjadinya konvergensi pada wilayah lokal. Nginow

Michalewicz (1996) berpendapat banyak aplikasi Algoritma Genetika

mempergunakan populasi pada range 50-100.^(b)

➤ **Probalitas *Crossover* (P_c)**

Probalitas crossover ini digunakan untuk mengendalikan frekwensi operator crossover. Dalam hal ini dalam populasi terdapat $P_c \times POPSIZE$ struktur (individu) yang melakukan pindah silang. Semakin besar nilai probalitas crossover maka makin cepat struktur baru yang diperkenalkan dalam populasi. Namun jika probalitas crossover terlalu besar maka struktur dengan nilai fungsi obyektif yang baik dapat hilang dengan lebih cepat dari seleksi. Sebaliknya jika probabilitas terlalu kecil akan menghalangi proses pencarian dalam proses Algoritma Genetika. Zbigniew Michalewics (1996) berpendapat banyak aplikasi Algoritma Genetika menggunakan angka probabilitas crossover pada range 0.65-1.^[8]

➤ **Probabilitas Mutasi (P_m)**

Mutasi digunakan untuk meningkatkan variasi populasi digunakan untuk menentukan tingkat mutasi yang terjas, karena frekuensi terjadinya mutasi tersebut menjadi $P_m \times POPSIZE \times N$, dimana nilai N adalah panjang struktur / gen dalam satu individu. Probabilitas mutasi yagn rendah akan menyebabkan gen-gen yang berpotensi tidak dicoba. Dan sebaliknya, tingkat mutasi yang tinggi akan mnyebabkan keturunan akan semakin mirip dengan induknya. Dalam Algoritma Genetika, mutasi menjalankan aturan penting yaitu :^[5]

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

Zbigniew Michalewics (1996) berpendapat banyak aplikasi Algoritma Genetika mempergunakan angka probabilitas mutasi pada daerah range 0,001-0,01.^[8]

➤ Panjang *Kromosom* (NVAR)

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

Contoh kromosom pada skripsi ini adalah :

5	4	6	26
100	100	100	100
25	29	34	88
150	150	150	150
67	88	24	51
150	150	150	150
2	78	90	34
100	100	100	100

3.5.2. Proses Algoritma Genetika^[3]

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

3.5.2.1. Pengkodean atau Representasi

Langkah pertama kali yang dilakukan dalam penggunaan Algoritma Genetika adalah melakukan pengkodean atau representasi terhadap permasalahan yang dilakukan.

Secara umum Algoritma Genetika dibentuk oleh serangkain *kromosom* yang ditandai dengan x_i ($i = 1, 2, \dots, N$). Setiap elemen dalam *kromosom* ini adalah

Genetic programming angka probabilitas mutasi pada daerah range
 Nigam Michalewicz (1996) berpendapat banyak aplikasi Algoritma

↳ Panjang Kromosom (N/AK)

Panjang kromosom berbeda-beda tergantung dengan model permasalahan.
 Teknik solusi dalam ruang permasalahan dikodekan dalam bentuk
 kromosom yang terdiri dari komponen genetic terkecil yaitu gen.
 Pengkodean dapat memakai bilangan seperti string biner, integer, floating
 point, dan objek.

Contoh kromosom pada studi ini adalah :

2	3	4	5
100	100	100	100
23	20	24	28
120	120	120	120
07	08	24	21
120	120	120	120
7	78	20	34
100	100	100	100

3.2.2. Proses Algoritma Genetika^[3]

Sangat perlu untuk mengetahui proses dalam Algoritma Genetika. Berikut
 akan diuraikan mengenai hal tersebut, dimana uraian ini merupakan berjabaran
 dari Algoritma Genetika seperti penjelasan pada bagian berikutnya.

3.2.2.1. Pengkodean atau Representasi

Langkah pertama kali yang dilakukan dalam penggunaan Algoritma
 Genetika adalah melakukan pengkodean atau representasi terhadap permasalahan
 yang dilakukan.

Secara umum Algoritma Genetika dibentuk oleh serangkaian kromosom
 yang ditandai dengan $V = (V_1, V_2, \dots, V_n)$. Setiap elemen dalam kromosom ini adalah

variable *string* yang disebut gen, berisi nilai-nilai atau allele. Variabel-variabel ini dapat dinyatakan dalam bentuk bilangan biner, bilangan real (*floating point*), *integer*, abjad. Pengkodean *string* biner merupakan pendekatan klasik yang digunakan dalam penelitian Algoritma Genetika karena sederhana. Meskipun representasi semacam ini menyulitkan untuk beberapa permasalahan optimasi, misalnya masalah *graph coloring*. Digunakan teknik pengkodean yang lain seperti representasi real number (*floating point*), representasi *order-based* (untuk *bin-patching*, *graph coloring*), *embedded list* (untuk masalah penjadwalan/*scheduling*), *variable element list* (untuk semi konduktor layout).

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

3.5.2.2. Fungsi *Fitness* (Fungsi Evaluasi)

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

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

variable yang disebut gen. berisi nilai-nilai atau allele. Variabel-variabel ini dapat dinyatakan data bentuk bilangan biner, bilangan real (floating point), integer, apjad. Pengkodean swagk biner merupakan pendekatan klasik yang digunakan dalam penelitian. Algoritma Genetika karena sederhana. Meskipun representasi semacam ini menyulitkan untuk beberapa permasalahan optimasi, misalnya masalah graph coloring. Digunakan teknik pengkodean yang lain seperti representasi real number (floating point), representasi order-based (untuk bin-batching, graph coloring), embedded list (untuk masalah penjadwalan/scheduling), variable element list (untuk semi konduktor layout).

Selanjutnya beberapa kromosom dibentuk dan terkumpul membentuk populasi. Populasi inilah yang merupakan populasi awal Algoritma Genetika untuk awal melakukan pemuliaan.

3.2.2.2. Fungsi Fitness (Evaluasi)

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

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

Permasalahan klasik dalam Algoritma Genetika adalah beberapa *kromosom* dengan nilai *fitness* yang tinggi (tetap bukan nilai optimum) mendominasi populasi dan mengakibatkan Algoritma Genetika konvergen pada lokal optimum. Ketika mencapai konvergen, kemampuan Algoritma Genetika untuk mencapai solusi yang lebih baik menghilang. Tukar silang antara *kromosom* induk yang hamper identik. Dalam hal ini hanya operasi mutasi yang dapat menghasilkan *kromosom* yang relative baru dan merupakan cara untuk menghindari *kromosom* tertentu mendominasi populasi.

3.5.2.3. Seleksi

Pada Algoritma Genetika terdapat proses seleksi yaitu proses pemilihan *kromosom* yang akan dicrossoverkan dengan *kromosom* dari individu yang 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 yang digunakan adalah metode *elitesm, roulettee whell selection*.

3.5.2.4. Crossover (Pindah Silang)

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

Pemmasalahan klasik dalam Algoritma Genetika adalah beberapa kromosom dengan nilai fitness yang tinggi (terap bukan nilai optimum) mendominasi populasi dan mengakibatkan Algoritma Genetika konvergen pada lokal optimum. Ketika mencapai konvergensi kemampuan Algoritma Genetika untuk mencapai solusi yang lebih baik terhambat. Untuk saling antara kromosom induk yang hampir identik. Dalam hal ini hanya operasi mutasi yang dapat menghasilkan kromosom yang relative baru dan merupakan cara untuk menghindari kromosom tertentu mendominasi populasi.

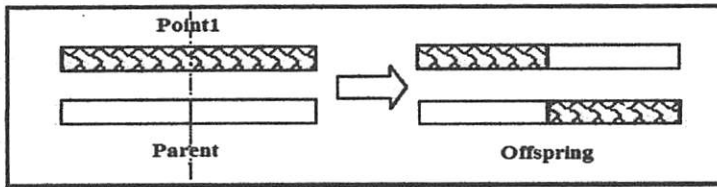
3.2.2.3. Seleksi

Pada Algoritma Genetika terdapat proses seleksi yaitu proses pemilihan kromosom yang akan di crossover dengan kromosom dari individu yang lain. Masalah yang paling mendasar pada proses ini adalah bagaimana proses penyeleksiannya. Menurut teori Darwin proses seleksi individu adalah : "survival of the fittest and darwinian selection". Pada proses seleksi ini yang digunakan adalah metode fitness value method selection.

3.2.2.4. Crossover (Pindah Silang)

Fungsi dari crossover adalah menghasilkan kromosom anak dari kombinasi materi-materi gen dari kromosom induk. Cara kerjanya dengan membangkitkan sebuah nilai random r dimana $r = 1, 2, \dots, \text{POP SIZE}$. Probabilitas crossover (P_c) ditentukan dan digunakan untuk mengembalikan (kecuali operator crossover. Apabila nilai $r < P_c$ 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 *parent* tersebut dengan batas titik persilangan tersebut. Ilustrasi kerja operator ini digambarkan seperti pada gambar 3-1.

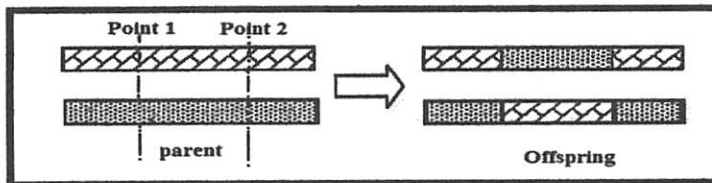


Gambar 3-1. Ilustrasi operator dengan *One Point Crossover*

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

Kemudian ditingkatkan lagi dengan menggunakan *two point crossover*.

Penentuan posisi titik persilangan sama seperti *one point crossover* sebelumnya. Pemilihan secara random dilakukan dua kali. Kemudian nilai *offspring* diambil dari dua *parent* tersebut dengan batasan dua titik persilangan tersebut. Ilustrasi kerja operator ini digambarkan pada gambar 3-2.



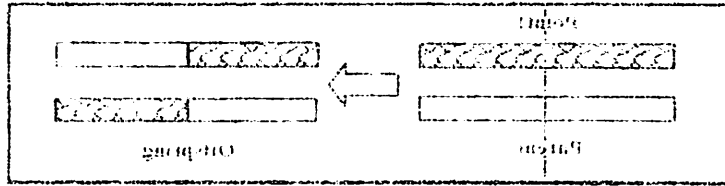
Gambar 3-2. Ilustrasi operator dengan *Two Point Crossover*

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

Untuk *crossover uniform* dibangkitkan suatu nilai random 0 dan 1 sepanjang jumlah *kromosom* untuk nilai loci. Jika nilai yang dibangkitkan mempunyai nilai 1 maka *allele parent 2* dan *offspring 2* untuk loci tersebut diambil dari *allele parent 1* dan *offspring 2* untuk loci tersebut diambil dari *allele parent 2*. Ilustrasi kerja operator ini digambarkan pada gambar 3-3.

chromosome. Kemudian nilai offspring diambil dari pewarisan dengan data titik persilangan tersebut. Ilustrasi kerja operator ini digambarkan seperti pada

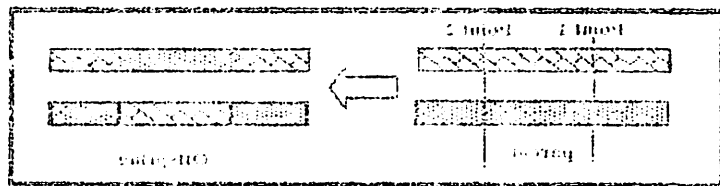
gambar 3-1.



Gambar 3-1. Ilustrasi operator dengan One Point Crossover
Sumber : Miao Guo, Ruiwei Cheng, " Genetic Algorithms and Evolutionary Design," John Wiley & Son, Inc., 1991, p-7

Kemudian ditunjukkan lagi dengan menggunakan two point crossover. Perataan posisi titik persilangan sama seperti one point crossover sebelumnya. Pemilihan secara random dilakukan dua kali. Kemudian nilai offspring diambil dari data parent tersebut dengan data titik persilangan tersebut. Ilustrasi

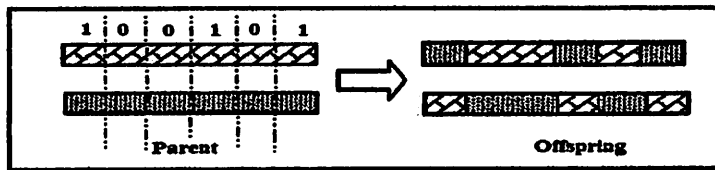
kerja operator ini digambarkan pada gambar 3-2.



Gambar 3-2. Ilustrasi operator dengan Two Point Crossover
Sumber : Miao Guo, Ruiwei Cheng, " Genetic Algorithms and Evolutionary Design," John Wiley & Son, Inc., 1991, p-7

titik crossover awalnya dibangkitkan secara nilai random 0 dan 1 sepanjang jumlah kromosom untuk nilai loci. Jika nilai yang dibangkitkan mempunyai nilai 1 maka allele pewar 2 dan offspring 2 untuk loci tersebut diambil dari allele pewar 1 dan offspring 2 untuk loci tersebut diambil dari allele

pewar 2. Ilustrasi kerja operator ini digambarkan pada gambar 3-3.

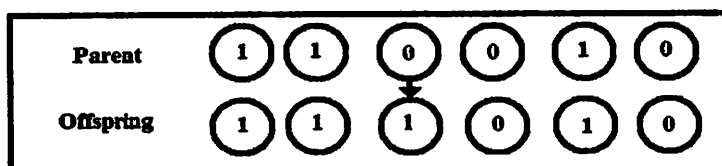


Gambar 3-3. Ilustrasi operator crossover dengan *uniform crossover*

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

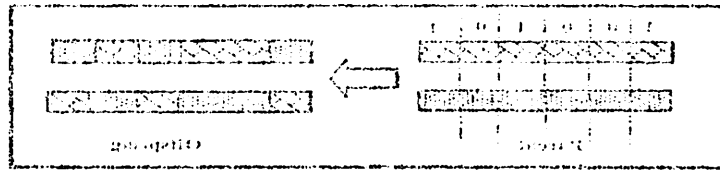
3.5.2.5. Mutation (Mutasi)

Operator mutasi digunakan untuk memodifikasi satu atau lebih nilai gen dalam satu individu. Cara kerjanya dengan membangkitkan sebuah nilai random r_k dimana $k = 1, 2, \dots, NVAR$ (panjang *kromosom*). Probabilitas mutasi (P_m) ditentukan dan digunakan untuk mengendalikan frekuensi operator mutasi. Apabila nilai random r_k , P_m maka gen ke- k *kromosom* tersebut terpilih untuk mengalami mutasi. Mutasi dengan mengganti gen 0 dengan 1 atau sebaliknya gen 1 dengan 0, biasanya disebut *flip* yaitu membalik nilai ke 1 atau 1 ke 0. Ilustrasi kerja operator untuk representasi *string* biner digambarkan pada gambar 3-4. Untuk bentuk representasi *integer* atau *floating point*, atau selain *string* biner, seperti gambar 3-5, proses mutasi terjadi apabila nilai $r_k < P_m$ memenuhi maka gen ke- k digantikan oleh suatu nilai random yang dibangkitkan pada *range* tertentu sesuai dengan pembentukan populasi awal.



Gambar 3-4. Ilustrasi operator mutasi untuk representasi *string* biner

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

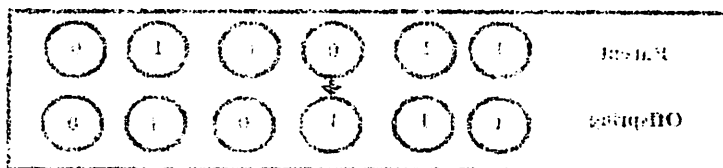


Gambar 3-3. Ilustrasi operator crossover dengan menggunakan crossover

Sumber: Mitsu Gen Rance (1994) "Genetic Algorithms and Data Analysis" (John Wiley & Sons, Inc. 1994) p-7

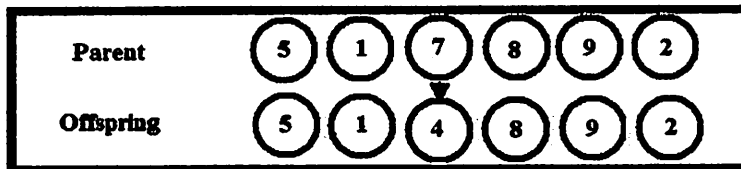
3.2.2.2. Mutasi (Mutation)

Operator mutasi digunakan untuk memodifikasi satu atau lebih nilai gen dalam satu individu. Cara kerjanya dengan membangkitkan sebuah nilai random r dimana $k = 1, 2, \dots, NVA$ (panjang kromosom). Probabilitas mutasi (P_m) ditentukan dan digunakan untuk mengendalikan frekuensi operator mutasi. Apabila nilai random r , 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 0. Hal ini juga operator untuk representasi vektor biner digambarkan pada gambar 3-4. Untuk bentuk representasi vektor atau floating point atau selain vektor biner seperti gambar 3-2, proses mutasi terjadi apabila nilai $r < P_m$ tersebut maka gen ke- k digantikan oleh suatu nilai random yang dibangkitkan pada vektor tertentu sesuai dengan pembatasan populasi awal.



Gambar 3-4. Ilustrasi operator mutasi untuk representasi vektor biner

Sumber: Mitsu Gen Rance (1994) "Genetic Algorithms and Data Analysis" (John Wiley & Sons, Inc. 1994) p-7



Gambar 3-5. Ilustrasi operator mutasi untuk representasi *integer*

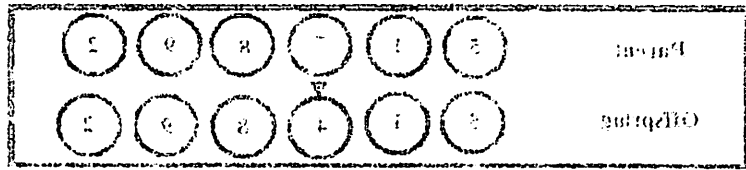
Sumber : Mitsuo Gen, Runwei Cheng, “ *Genetic Algorithm And Engineering Design*”, (John Wiley & Son, Inc., 1994) p-7

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

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

3.5.2.6. *Elitism*

Selama membuat populasi baru dengan *crossover* dan mutasi, kemungkinan akan terjadi kehilangan *kromosom* terbaik (*best few best*). *Elitism* adalah metode yang pertama kali mengcopykan *kromosom* terbaik (*best few best*) ke dalam populasi baru. Sisanya dikerjakan secara biasa saja, yaitu melalui



Gambar 3-2. Ilustrasi operator matriks untuk representasi masalah

Sumber: Miao dan Kwon (1994), "Genetic Algorithms for Scheduling Problem", John Wiley & Sons Inc. (1994) p.7

Untuk kromosom induk seperti gambar 3-7 diatas yaitu 2-1-7-8-0-2.

Proses matriks adalah dibangkitkan sebuah nilai random $r_k = 1 + NVAR_k$.

Misalkan pada saat $k = 3$ nilai $r_k < 1$ maka gen ke-3 yang bernilai 7 akan

bertukar dengan gen hasil random pada range {1...7} dan diperoleh nilai 4.

Maka bentuk kromosom barunya adalah 2-1-4-8-0-2. Dimana x adalah nilai

sebarang integer.

Fungsi dari operator matriks adalah untuk menghasilkan solusi masalah

yang diperoleh bukan merupakan solusi optimum lokal. Seperti halnya pada

operator crossover, tipe dan implementasinya dari operator bergantian pada jenis

perkembangan dan permasalahan yang dihadapi. Sebagai matriks sering dilakukan

dibuatkan dengan suatu probabilitas matriks. Pada posisi elemen pada kromosom

yang akan dimutasi ditentukan secara random. Matriks dikalikan dengan cara

melakukan perubahan pada elemen tersebut.

3.2.2.0. Kloning

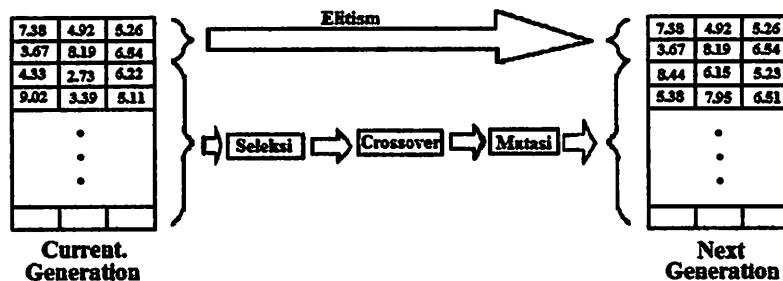
Selama membuat populasi baru dengan crossover dan matriks

kemungkinan akan terjadi kelebihan kromosom terbaik (best fit best). Kloning

adalah metode yang pertama kali mengcopykan kromosom terbaik (best fit best)

ke dalam populasi baru. Sehingga dikalikan secara biasa saja yaitu melalui

seleksi, crossover, dan mutasi. *Elitism* dapat secara cepat meningkatkan performansi dari Algoritma Genetika karena *Elitism* menghindari hilangnya solusi terbaik (*best few best*) yang telah ditemukan. Ilustrasi kerja operator ini dapat digambarkan seperti gambar 3-6.



Gambar 3-6. Pembentukan Next Generation dalam Algoritma Genetika

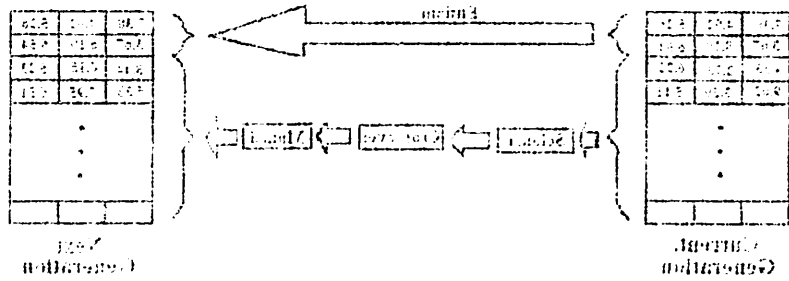
Sumber : Mitsuo Gen, Runwei Cheng, " *Genetic Algorithm And Engineering Design*", (John Wiley & Son, Inc., 1994) p-7

3.6. ESGA

3.6.1. Metode Elite Based Simplex GA (ESGA)^[1]

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

seleksi, crossover, dan mutasi. Elitisme dapat secara cepat meningkatkan performansi dari Algoritma Genetika karena Elitisme mempertahankan individu-individu yang terbaik (best best) yang telah ditemukan. Ilustrasi kerja operator ini dapat digambarkan seperti gambar 3-6.



Gambar 3-6. Pembentukan Next Generation dalam Algoritma Genetika

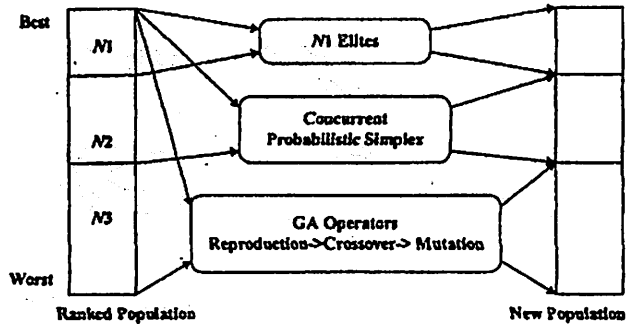
Sumber : Mirna dan Ranaei (2002), "Genetic Algorithm and Engineering Design", John Wiley & Son, Inc. (2002) p-7

3.6. EAGA

3.6.1. Match Elite Based Simplex GA (EAGA)¹¹

Genetik Algoritma adalah salah satu metode pencarian yang kuat berdasarkan dari mekanisme seleksi alam. Individu dari sebuah populasi dikodkan secara biner, populasi pertama dibangkitkan secara random. Generasi baru dibuat dengan mengaplikasikan 3 operator berikut pada sebuah populasi yaitu : reproduksi, crossover dan mutasi dimana reproduksi adalah proses yang terbagung pada fungsi fitness (objective function)

Pada dasarnya yang menjadi pembeda dari ESGA dan GA adalah pada ESGA untuk menghasilkan populasi baru menggunakan *simplex probabilistic*. Untuk lengkapnya dapat di perhatikan dari gambar berikut.



Gambar 3-7. Pendekatan Hybrid ESGA

Dapat dijelaskan bahwa setelah dirangking berdasarkan nilai fitness yang telah dihitung sebelumnya, GA mengambil semua sampel dari populasi untuk dicrossover dan dimutasikan untuk mendapatkan populasi baru. ESGA menggunakan populasi N1 dan N2 dengan *simplex probabilistic* akan dihasilkan kualitas populasi baru yang lebih baik dari GA. Dari gambar 3-7 kita dapat melihat penggunaan hybrid dari ESGA dan GA.

3.6.2. Operator Simplex Probabilistic

Penjelasan dari *operator simplex probabilistic* adalah, untuk pemasalahan optimasi yang melibatkan N variable, metode simplex mencari sebuah sebuah solusi optimal dengan mengevaluasi sebuah set poin $N + 1$ (sebagai contoh nilai berbentuk simplex), dihitung kembali sebagai X_1, X_2, \dots, X_{N+1} . Metode ini secara kontinyu membentuk *simplex-simplex* baru dengan mengganti nilai-nilai yang terjelek dalam simplex, dikenal sebagai X_w , dengan nilai baru X_p , dihasilkan dari refleksi X_w melewati centroid \bar{X} dari sisa-sisa nilai.

$$X_p = \bar{X} + \alpha(\bar{X} - X_w) \dots \dots \dots (3.26)$$

$$\bar{X} = \frac{1}{N}(X_1 + X_2 + \dots + X_{w-1} + X_{w+1} + \dots + X_{N+1}) \dots \dots \dots (3.27)$$

Dimana α adalah variable random yang berisi interval dari [0, 2] berdasarkan probabilitas predetermined distribusi.

Simplex yang baru akan terdefinisikan dengan $X_1, X_2, \dots, X_{w-1}, X_{w+1}, \dots, X_{N+1}, X_p$. Perputaran dari Evaluasi dan Refleksi ini berlanjut terus sesuai dengan iterasi yang ditentukan (contohnya, $X_p - X_w$) menjadi semakin sedikit dari nilai predetermined.

Jika nilai refleksi lebih buruk dari nilai terjelek, maka sebuah operasi *probabilistic* kontraksi diaplikasikan sebagai berikut :

$$X_p = \bar{X} - \beta (\bar{X} - X_w) \dots \dots \dots (3.28)$$

Dimana B adalah sebuah Variabel acak yang berisi interval dari [0, 1] dengan fungsi *probabilistic density triangular* yang puncaknya adalah 0,5. Flexibility ini memungkinkan *simplex probabilistic* untuk mengeksplor daerah pencarian dengan lebih bebas.

3.7. Algoritma Pemecahan Masalah

3.7.1. Algoritma Program

1. Memasukan Data beban meliputi daya aktif (P), daya Reaktif (Q), tegangan dasar (V), sudut phasa tegangan, data impedansi saluran dan data kapasitor
2. Proses perhitungan loadflow dengan metode *Fast Decoupled*.
3. Hasil dari Metode *Fast Decoupled*, apakah terjadi pelanggaran tegangan, kalau ya masuk ke *sub routine* program ESGA, kalau tidak langsung cetak hasil.

3.7.2. Algoritma ESGA

1. Memasukkan inputan data beban yang meliputi tegangan, susut phasa tegangan, daya aktif (P), daya reaktif (Q) dan data impedansi saluran.
2. Menentukan parameter inputan Algoritma Genetika.
3. Generasi = 0, populasi = 0
4. Melakukan *fitness* dari *old populasi*
5. Melakukan proses statistik
6. Melakukan Elitism dilanjutkan dengan *simplex probabilistic* dan terakhir dengan GA operator.
7. Melakukan proses yang di atas sampai *offspring* sampai jumlah populasi.
8. Menghitung *fitness* dari *offspring*.
9. Apakah generasi yang diinginkan sudah terpenuhi (max Gen)
10. Jika TIDAK maka generasi = gen + 1, kembali ke 5.
11. Jika YA maka perhitungan selesai.

3.7.3. Algoritma Program *Fitness*

1. Menghitung dan memasukan *kromosom* hasil dari Inisialisai
2. Menghitung Fungsi objektif minimal
3. Menghitung Fungsi fitness
4. Lanjutkan ke Statistik.

BAB IV

HASIL DAN ANALISIS HASIL

4.1. Sistem Distribusi Primer 20 kV Penyulang Dinoyo.

Dalam memilih suatu metode solusi untuk aplikasi praktis sering sulit, pilihan itu memerlukan analisa yang cermat atas kelebihan-kelebihan dan kekurangan-kekurangan dari metode yang ada. Untuk solusi dari permasalahan di atas maka digunakan suatu metode alternatif menggunakan (*Elite Based Simplex GA*) ESGA dalam menganalisis masalah penempatan kapasitor.

Dalam perhitungan analisis penempatan kapasitor disini menggunakan program komputer. Pada prinsipnya penggunaan program komputer dapat menganalisis sebuah jaringan distribusi radial dengan jumlah cabang atau jumlah bus yang tidak terbatas, tergantung dari memori yang tersedia dalam komputer yang digunakan.

Bus-bus yang dianalisis diklasifikasikan, yaitu busbar GI Sengkaling diasumsikan sebagai *slack bus*, sedangkan bus-bus lain yang berjumlah 90 dipandang sebagai *load bus*. Dalam melakukan analisis membutuhkan data riil diantaranya, data gardu trafo distribusi penyulang Dinoyo, data panjang saluran penyulang Dinoyo, data pembebanan yang didapat dari pengolahan data trafo distribusi penyulang Dinoyo pada saat beban puncak.

4.2.Data

Dalam analisa ini digunakan data saluran distribusi radial Penyulang Dinoyo. Data diperoleh dari PT. PLN (PERSERO) Distribusi Jawa Timur APJ. Malang.

Untuk menyelesaikan perhitungan aliran daya terlebih dahulu ditetapkan single line diagram yang akan dianalisa. *Single line* penyulang Dinoyo dapat dilihat pada lampiran. Agar memudahkan perhitungan maka digunakan sistem per-unit (pu), dimana dasar yang digunakan :

- Tegangan dasar : 20 kV
- Daya dasar : 100 kVA

4.2.1.Data Saluran

Jaringan distribusi primer GI Sengkaling menggunakan saluran kabel udara dengan spesifikasi seperti pada tabel 4-1.

Tabel 4-1
Data Kabel Penyulang Dinoyo Sistem 20 kV GI Sengkaling

Jenis Konduktor	Penampang	Impedansi Saluran
AAAC	150	0.2162 + j 0.3305
AAAC	120	0.2688 + j 0.3376
AAAC	70	0.4608 + j 0.3572
AAAC	50	0.6452 + j 0.3678
AAAC	35	0.9217 + j 0.3790

Sumber : PT. PLN (PERSERO) Distribusi Jawa Timur APJ. Malang

4.2. Data

Dalam analisis ini digunakan data salinan distribusi radial Penyangga Dinoyo. Data diperoleh dari PT. PLN (PERSERO) Distribusi Jawa Timur APL Malang.

Untuk menyelesaikan perhitungan aliran daya terlebih dahulu ditetapkan single line diagram yang akan dianalisis. Single line diagram Dinoyo dapat dilihat pada lampiran. Agar memudahkan perhitungan maka digunakan sistem

per-unit (pu) dimana dasar yang digunakan :

- Tegangan dasar : 20 kV
- Daya dasar : 100 kVA

4.2.1. Data Salinan

Jaringan distribusi primer GI Sengkalang menggunakan salinan kabel

udara dengan spesifikasi seperti pada tabel 4-1.

Tabel 4-1

Data Kabel Penyangga Dinoyo Sistem 20 kV GI Sengkalang

Jenis Konduktor	Penampang	Impedansi Salinan
AAAC	120	$0.2162 + j0.3302$
AAAC	120	$0.2688 + j0.3376$
AAAC	70	$0.4608 + j0.3372$
AAAC	50	$0.6422 + j0.3678$
AAAC	35	$0.9217 + j0.3790$

Sumber: PT. PLN (PERSERO) Distribusi Jawa Timur APL Malang

Data saluran Penyulang Dinoyo dapat dilihat pada Tabel 4-2.

Tabel 4-2
Data Saluran Penyulang Dinoyo

No. aluran	Dari Node	Ke Node	Node Behind	L Ahead	L Ahead	L Ahead	Panjang (m)	Impedansi (Ohm)	
				1	2	3		R	X
1	0	1	0	2	37	0	378	0.081724	0.124929
2	1	2	1	3	38	0	66.3	0.014334	0.021912
3	2	3	2	4	39	0	469.4	0.101484	0.155137
4	3	4	3	5	0	0	180	0.038916	0.059490
5	4	5	4	6	40	0	301	0.065076	0.099481
6	5	6	5	7	43	0	53	0.011459	0.017517
7	6	7	6	8	44	0	245	0.052969	0.080973
8	7	8	7	9	53	0	230	0.049726	0.076015
9	8	9	8	10	54	0	50	0.010810	0.016525
10	9	10	9	11	56	0	100	0.021620	0.033050
11	10	11	10	12	57	0	23	0.004973	0.007602
12	11	12	11	13	0	0	221	0.047780	0.073041
13	12	13	12	14	58	0	326	0.070481	0.107743
14	13	14	13	15	0	0	50	0.010810	0.016525
15	14	15	14	16	60	0	560	0.121072	0.185080
16	15	16	15	17	61	0	40	0.008648	0.013220
17	16	17	16	18	62	63	72.5	0.015675	0.023961
18	17	18	17	19	64	0	166	0.035889	0.054863
19	18	19	18	20	0	0	270	0.058374	0.089235
20	19	20	19	21	0	0	91	0.019674	0.030076
21	20	21	20	22	73	0	532	0.115018	0.175826
22	21	22	21	23	75	0	136	0.029403	0.044948
23	22	23	22	24	0	0	45	0.009729	0.014873
24	23	24	23	25	0	0	25	0.005405	0.008263
25	24	25	24	26	0	0	266	0.057509	0.087913
26	25	26	25	27	76	0	98	0.021188	0.032389
27	26	27	26	28	77	0	45	0.009729	0.014873
28	27	28	27	29	0	0	42	0.009080	0.013881
29	28	29	28	30	0	0	147	0.031781	0.048584
30	29	30	29	31	0	0	110	0.023782	0.036355

lengkapya terdapat di lampiran

umber : PT. PLN (PERSERO) Distribusi Jawa Timur APJ. Malang

4.2.2.Data Pembebanan

Data pembebanan diperoleh dengan mengambil data dari masing-masing

trafo distribusi, data pembebanan dapat dilihat pada tabel 4-3

Tabel 4-3

NO	Data Pembebanan Penyulang Dinoyo						Type BUS
	PEMBEBANAN PER PHASA			T			
NODE	R		S		T		
	P(kWatt)	Q(kVAR)	P(kWatt)	Q(kVAR)	P(kWatt)	Q(kVAR)	
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	SLACK
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
4	29.70	17.63	26.87	15.94	29.52	17.51	LOAD
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
12	45.79	27.17	40.30	23.91	30.46	18.07	LOAD
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
14	64.33	38.17	50.52	29.97	57.33	34.02	LOAD
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
19	36.52	21.67	35.19	20.88	39.54	23.46	LOAD
20	46.35	27.50	32.73	19.42	19.30	11.45	LOAD
21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
23	28.38	16.84	45.41	26.94	32.35	19.20	LOAD
24	29.14	17.29	44.84	26.61	32.54	19.31	LOAD
25	37.65	22.34	31.60	18.75	29.33	17.40	LOAD
26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
28	30.08	17.85	19.30	11.45	35.76	21.22	LOAD
29	19.87	11.79	22.89	13.58	20.81	12.35	LOAD
30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD

Selengkapnya terdapat di lampiran

Sumber : PT. PLN (PERSERO) Distribusi Jawa Timur API. Malang

4.2.3. Data Pembebanan

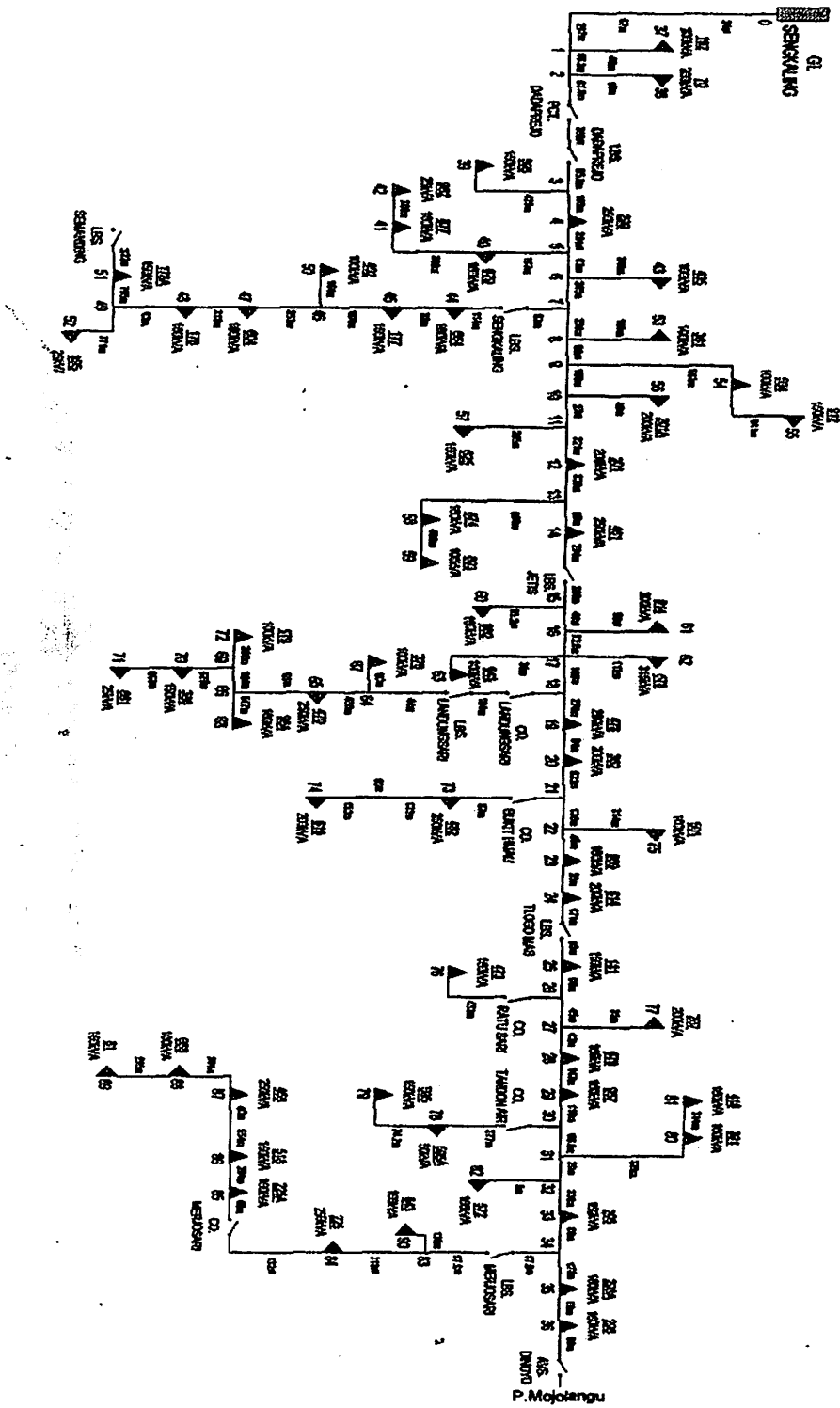
Data pembebanan diperoleh dengan mengambil data dari masing-masing

rajo distribusi data pembebanan dapat dilihat pada tabel 4-3

Tabel 4-3
Data Pembebanan Perang Dinyala

NO	PEMBEBANAN PERANG DINYALA						NO DE	Type BCS
	R		S		T			
	(K/Var)	(K/Var)	(K/Var)	(K/Var)	(K/Var)	(K/Var)		
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	SLACK	
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD	
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD	
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD	
4	29.70	17.03	26.87	12.04	29.23	17.21	LOAD	
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD	
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD	
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD	
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD	
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD	
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD	
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD	
12	42.79	27.17	40.30	23.91	30.46	18.07	LOAD	
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD	
14	84.33	38.17	50.23	29.97	27.33	17.02	LOAD	
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD	
16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD	
17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD	
18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD	
19	26.22	21.87	22.19	20.88	20.24	23.46	LOAD	
20	46.22	27.20	32.33	18.42	19.20	11.42	LOAD	
21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD	
22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD	
23	28.38	18.84	42.41	26.94	32.32	19.20	LOAD	
24	20.14	17.20	44.84	26.61	22.24	19.21	LOAD	
25	37.62	22.34	31.60	18.72	20.32	17.40	LOAD	
26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD	
27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD	
28	20.08	17.82	19.30	11.42	22.20	21.22	LOAD	
29	19.87	11.20	22.80	12.28	20.81	12.22	LOAD	
30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD	

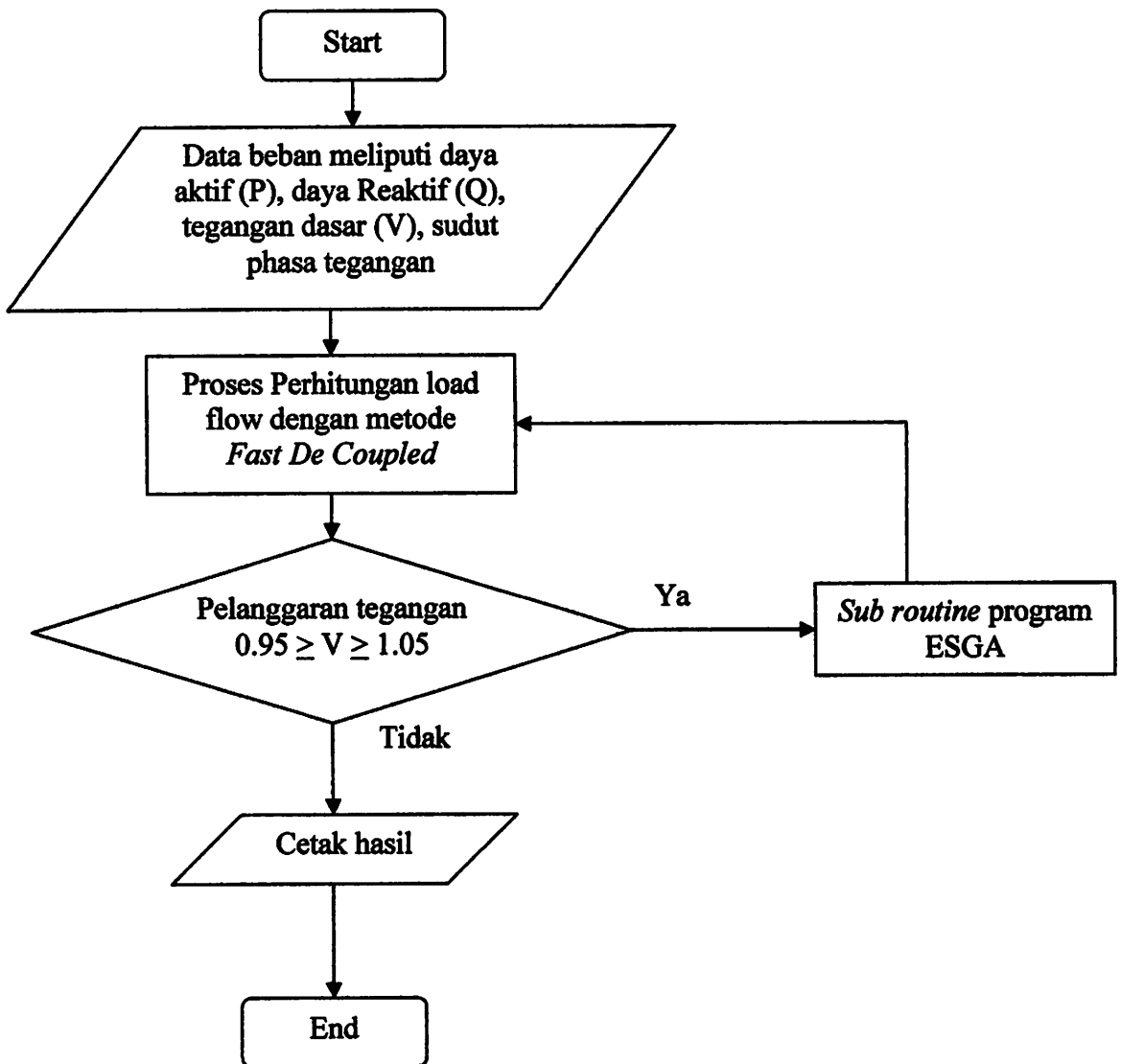
Sumber: PT. PLN (PERSERO) Distribusi Jawa Timur / PT. Malang
Sedangkan terdapat di lampiran



Gambar 4-1. Diagram Segaris Penyulang Dinoyo
 Sumber : PT. PLN (PERSERO) Distribusi Jawa Timur APJ. Malang

4.3. Flowchart Algoritma Program.

4.3.1. Flowchart Algoritma Pemecahan Masalah Penentuan Lokasi Dan Besar Kapasitor Dengan Menggunakan Metode ESGA (*Elite Based Simplex Genetic Algorithm*)



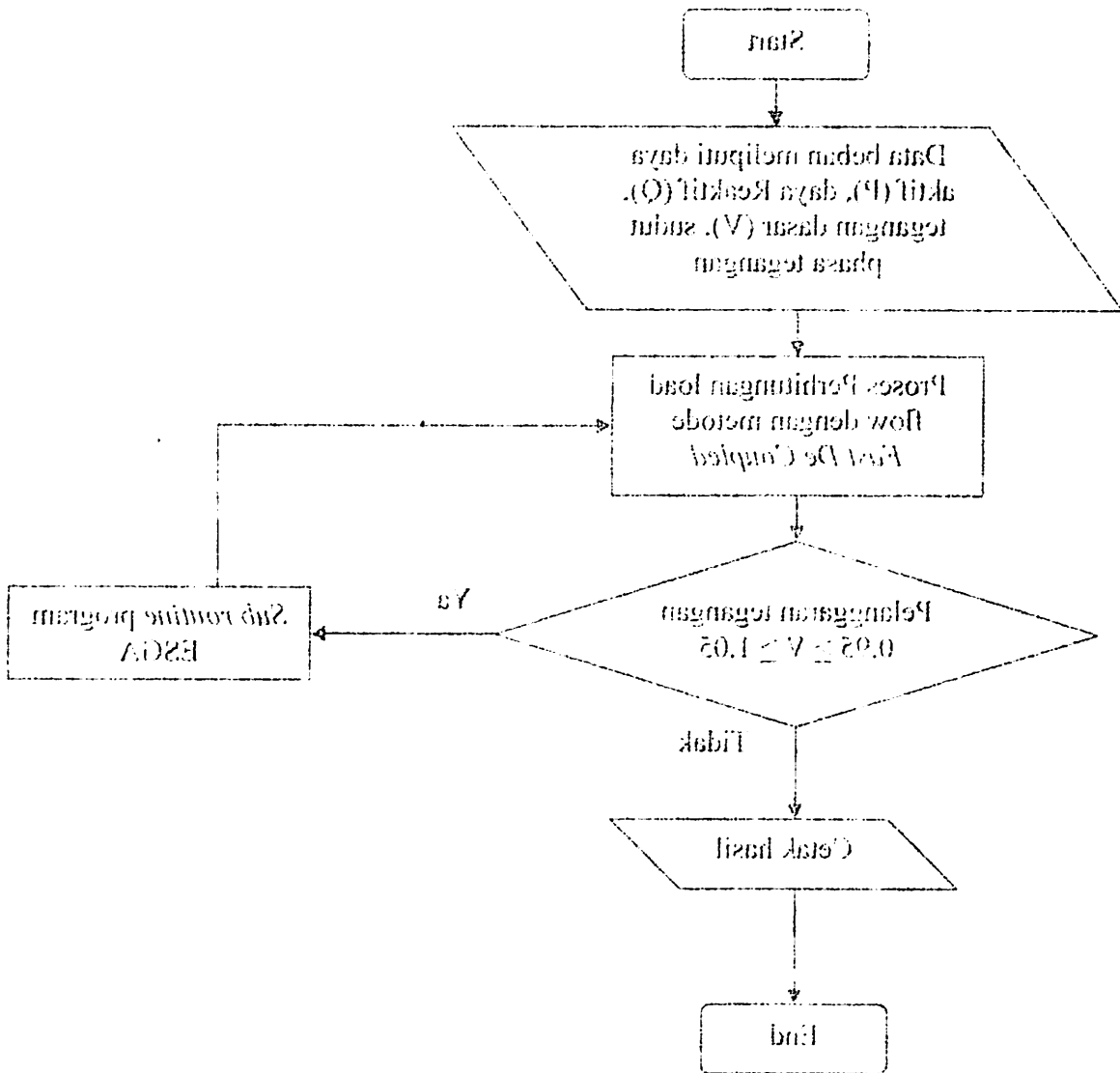
Gambar 4-2. Flowchart Program Pemecahan Masalah

4.3. Flowchart Algoritma Program.

4.3.1. Flowchart Algoritma Pemecahan Masalah Pencarian Lokasi Bus

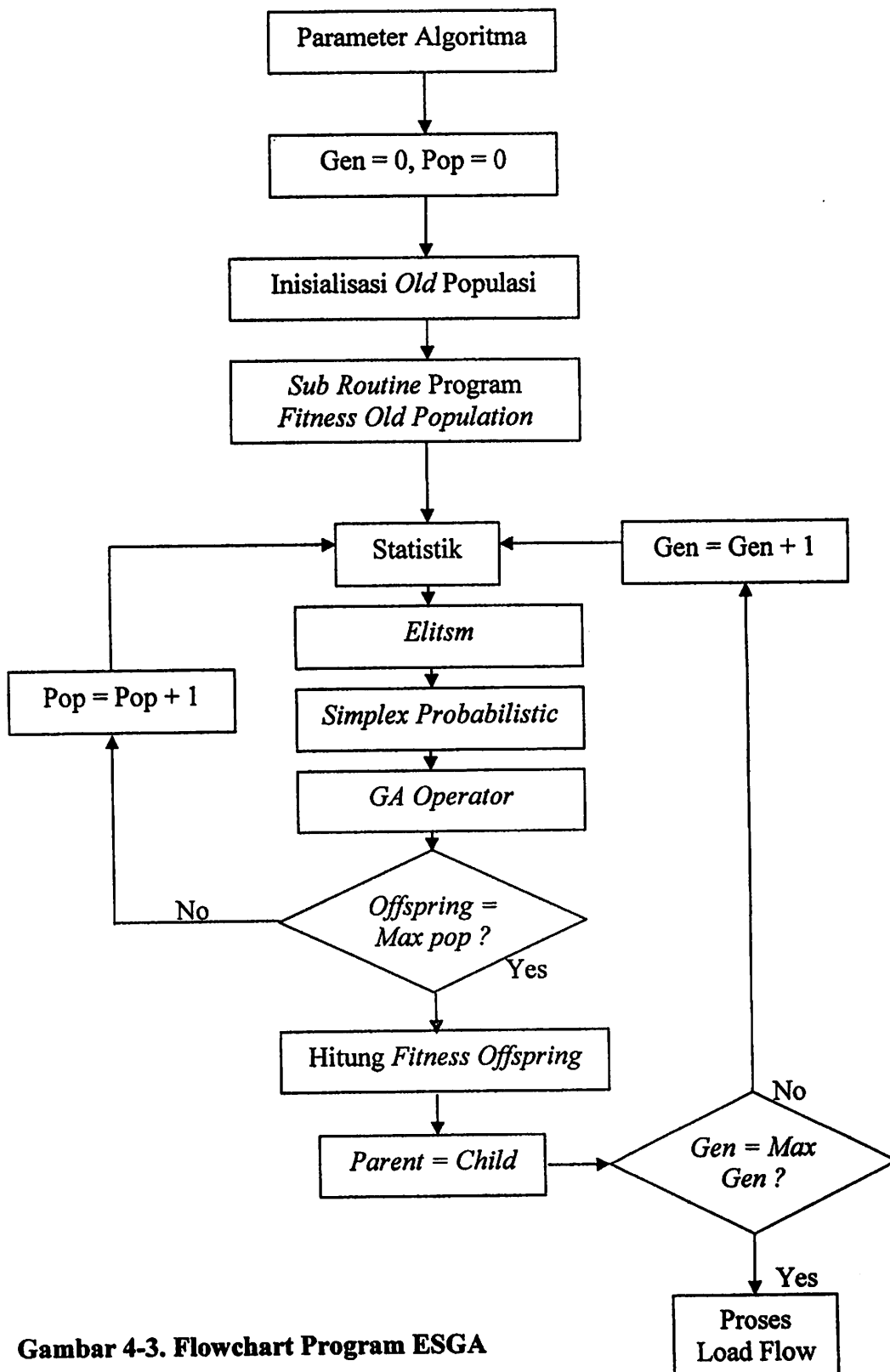
Besar Kapasitor Dengan Menggunakan Metode ESQA (Elit Based

Simplex Genetic Algorithm)



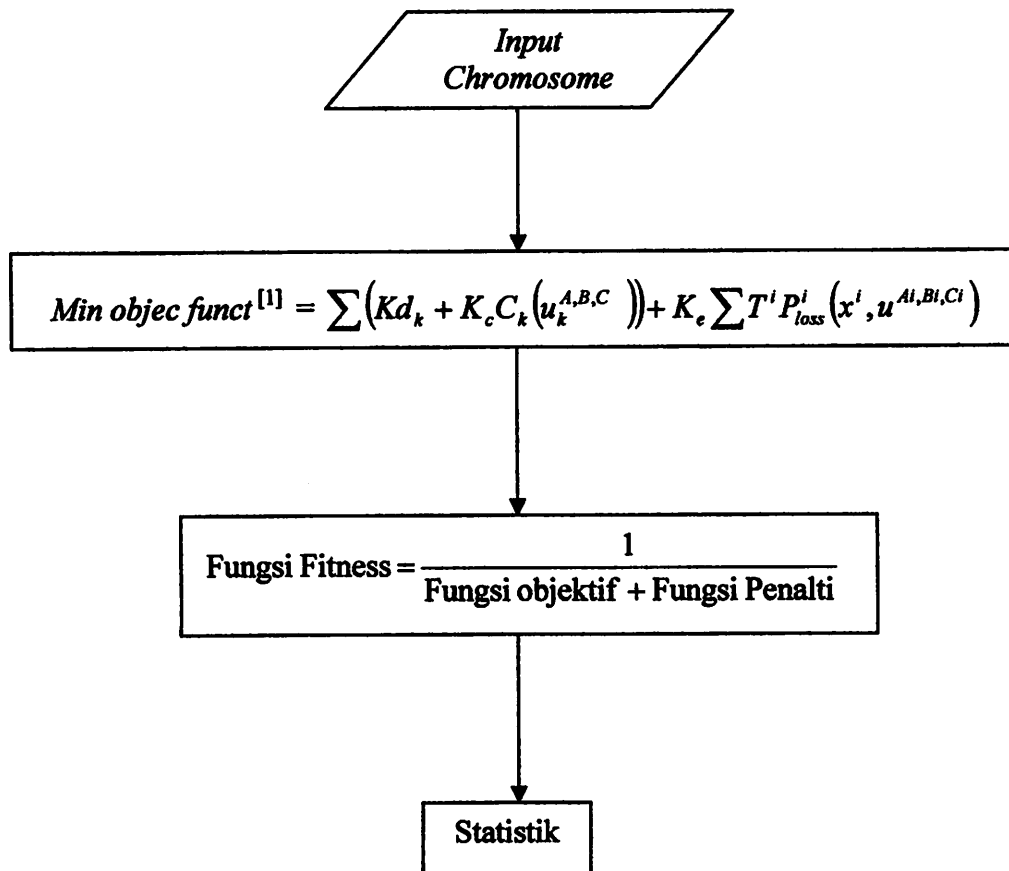
Gambar 4-5. Flowchart Program Pemecahan Masalah

4.3.2. Sub Routine Flowchart Program ESGA



Gambar 4-3. Flowchart Program ESGA

4.3.3. Sub Routine Program Fitness Old Population



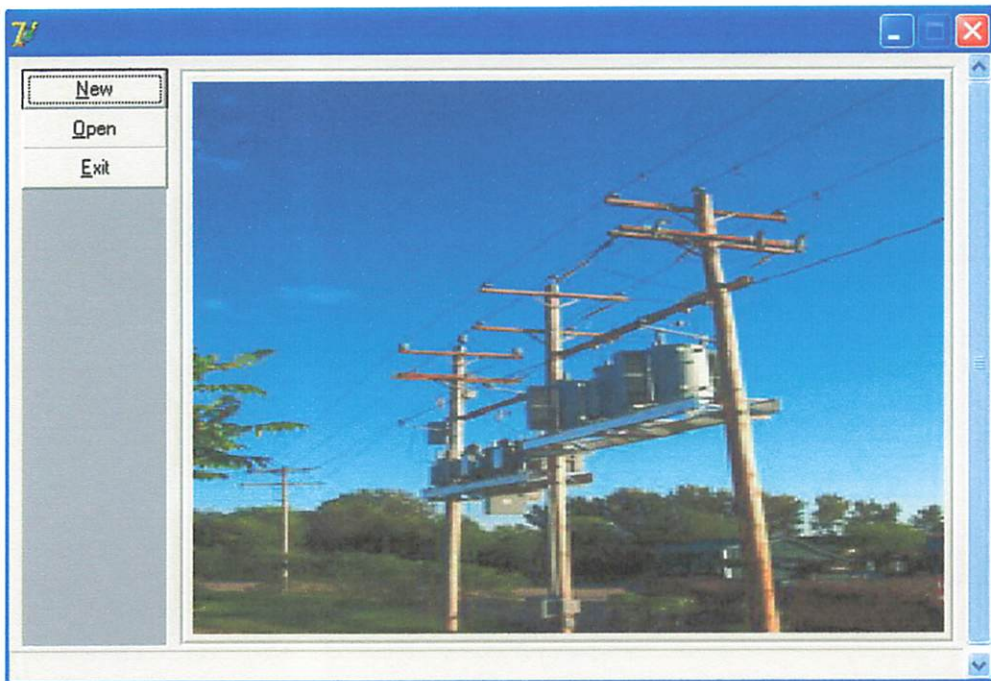
Gambar 4-4. Flowchart Algoritma Sub Routine Program Fitness

4.4. Hasil dan Analisis Hasil

4.4.1. Tampilan Program

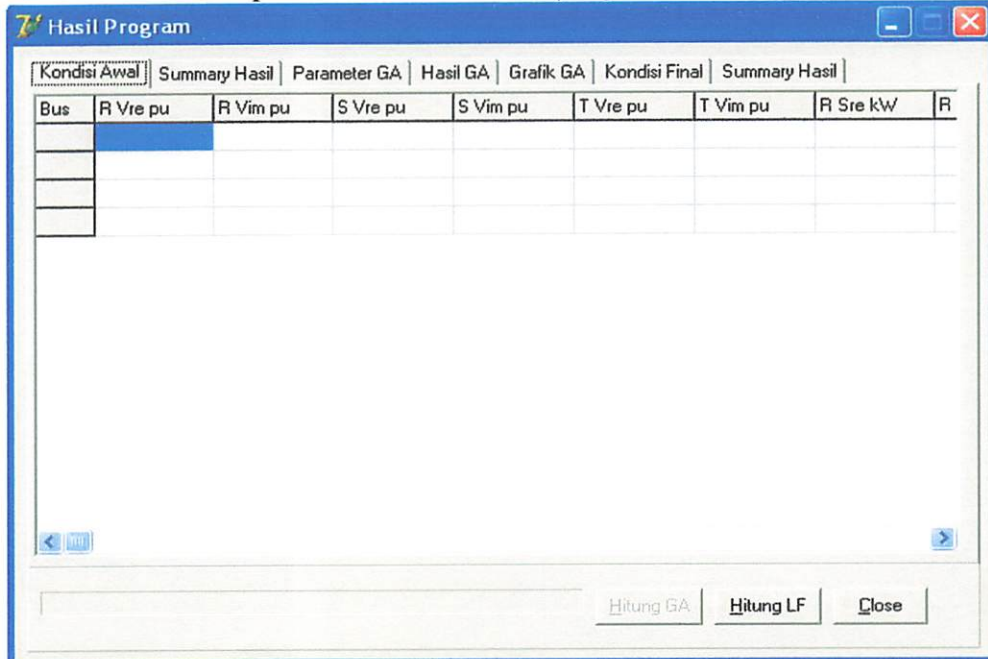
Program dalam skripsi ini dijalankan dengan menggunakan bahasa pemrograman Borland Delphi versi 7.0 dan diaplikasikan pada computer dengan *processor* AMD Durontm 1,1 MHz dengan *memory* 512 Mb. Mengenai Jalannya program ikuti prosedur program sebagai berikut :

1. Tampilan Utama



Gambar 4-5. Tampilan Program Utama

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



Gambar 4-6. Tampilan Program “Kondisi Awal”

3. Tekan **Hitung LF** untuk menghitung Load Flow

Bus	R Vre pu	R Vim pu	S Vre pu	S Vim pu	T Vre pu	T Vim pu	R Sre kW	R
1	0.99559	-0.00322	0.99552	-0.00340	0.99557	-0.00339	1401.203	
2	0.99481	-0.00378	0.99473	-0.00400	0.99480	-0.00399	1400.611	
3	0.98934	-0.00777	0.98916	-0.00822	0.98930	-0.00820	1396.419	
4	0.98728	-0.00927	0.98707	-0.00981	0.98724	-0.00978	1364.249	
5	0.98391	-0.01172	0.98365	-0.01240	0.98386	-0.01236	1331.677	
6	0.98345	-0.01135	0.98317	-0.01207	0.98339	-0.01206	1287.447	
7	0.98130	-0.00966	0.98095	-0.01055	0.98123	-0.01065	1272.961	
8	0.97912	-0.01124	0.97875	-0.01221	0.97907	-0.01230	1132.643	
9	0.97865	-0.01159	0.97828	-0.01256	0.97860	-0.01266	1124.310	
10	0.97765	-0.01222	0.97728	-0.01323	0.97762	-0.01332	1076.882	
11	0.97743	-0.01237	0.97705	-0.01339	0.97739	-0.01348	1076.732	
12	0.97531	-0.01372	0.97491	-0.01482	0.97529	-0.01490	1036.324	
13	0.97231	-0.01563	0.97189	-0.01684	0.97232	-0.01691	987.075	
14	0.97187	-0.01591	0.97145	-0.01713	0.97188	-0.01720	944.487	
15	0.96737	-0.01833	0.96695	-0.01933	0.96738	-0.01940	877.601	

Gambar 4-7. Tampilan Program “Kondisi Awal setelah dtekan Hitung LF”

4. Tekan **Summary Hasil** untuk melihat hasil dari perhitungan

Hasil Program

Kondisi Awal | **Summary Hasil** | Parameter GA | Hasil GA | Grafik GA | Kondisi Final | Summary Hasil

Summary Loadflow

Jumlah Pembangkitan	kVA	1401.203+ j 869.102	1347.355+ j 836.113	1336.798+ j 827.942
Jumlah Pembebanan	kVA	1372.870+ j 816.370	1320.460+ j 782.780	1310.900+ j 775.830
Jumlah Rugi-Rugi	kVA	68.829- j -2.109	68.654- j -0.459	66.964+ j 0.128

Iterasi: 4

Waktu Perhitungan: 0:0:20 (jam : menit : detik : mdetik)

Hitung GA | Hitung LF | Close

Gambar 4-8. Tampilan Program “Summary Hasil”

5. Kemudian tekan **Use Default**

Hasil Program

Kondisi Awal | Summary Hasil | **Parameter GA** | Hasil GA | Grafik GA | Kondisi Final | Summary Hasil

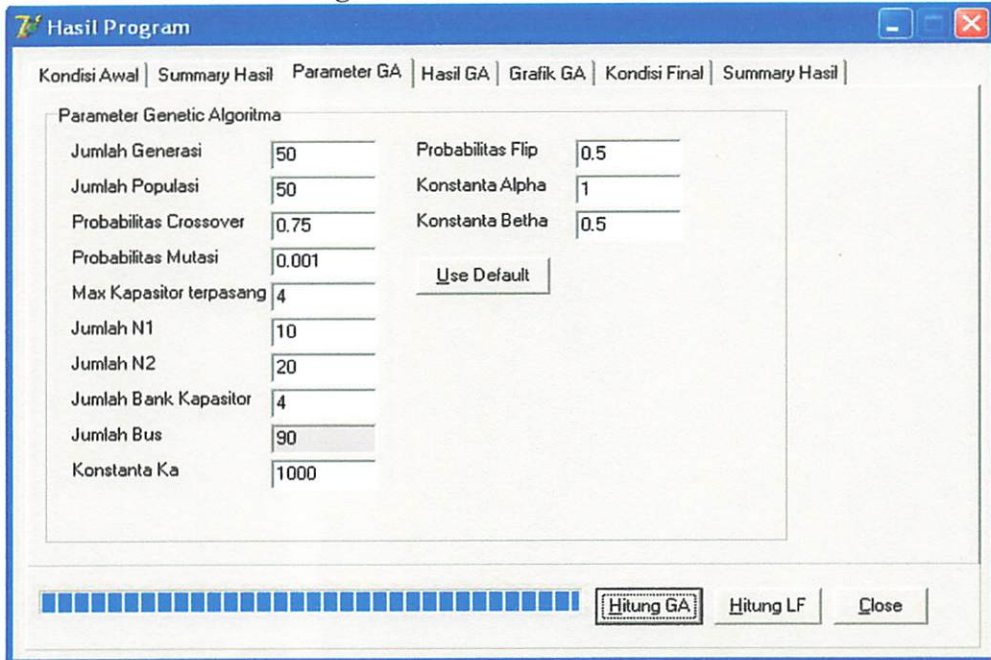
Parameter Genetic Algoritma

Jumlah Generasi	50	Probabilitas Flip	0.5
Jumlah Populasi	50	Konstanta Alpha	1
Probabilitas Crossover	0.75	Konstanta Beta	0.5
Probabilitas Mutasi	0.001		
Max Kapasitor terpasang	4	Use Default	
Jumlah N1	10		
Jumlah N2	20		
Jumlah Bank Kapasitor	4		
Jumlah Bus	90		
Konstanta Ka	1000		

Hitung GA | Hitung LF | Close

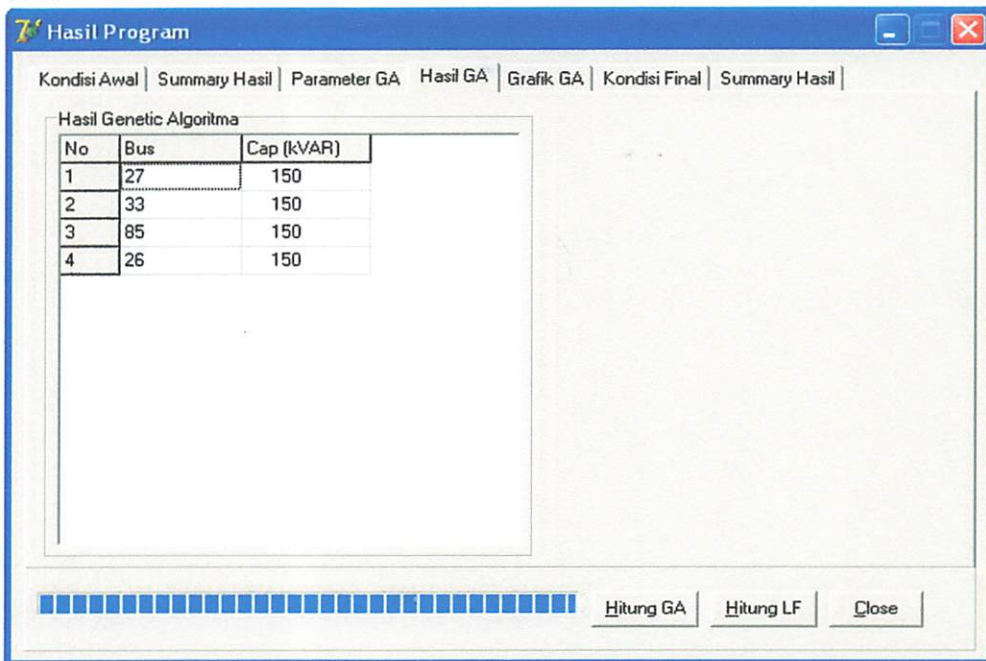
Gambar 4-9. Tampilan Program “Parameter GA setelah Use default”

6. Setelah itu tekan **Hitung GA**

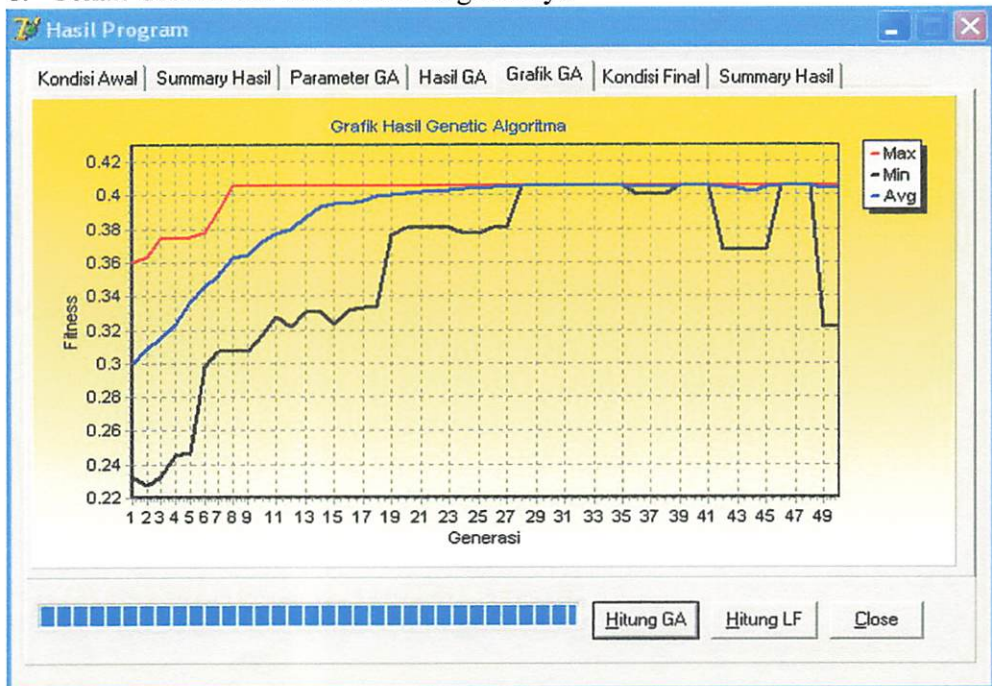


Gambar 4-10. Tampilan Program “Parameter GA setelah Hitung GA”

7. Kemudian tekan **Hasil GA**



Gambar 4-11. Tampilan Program “Hasil GA”

8. Tekan **Grafik GA** untuk melihat grafiknya

Gambar 4-12. Tampilan Program “Grafik GA”

9. Tekan **Kondisi Final** untuk melihat hasil setelah hitung dengan GA

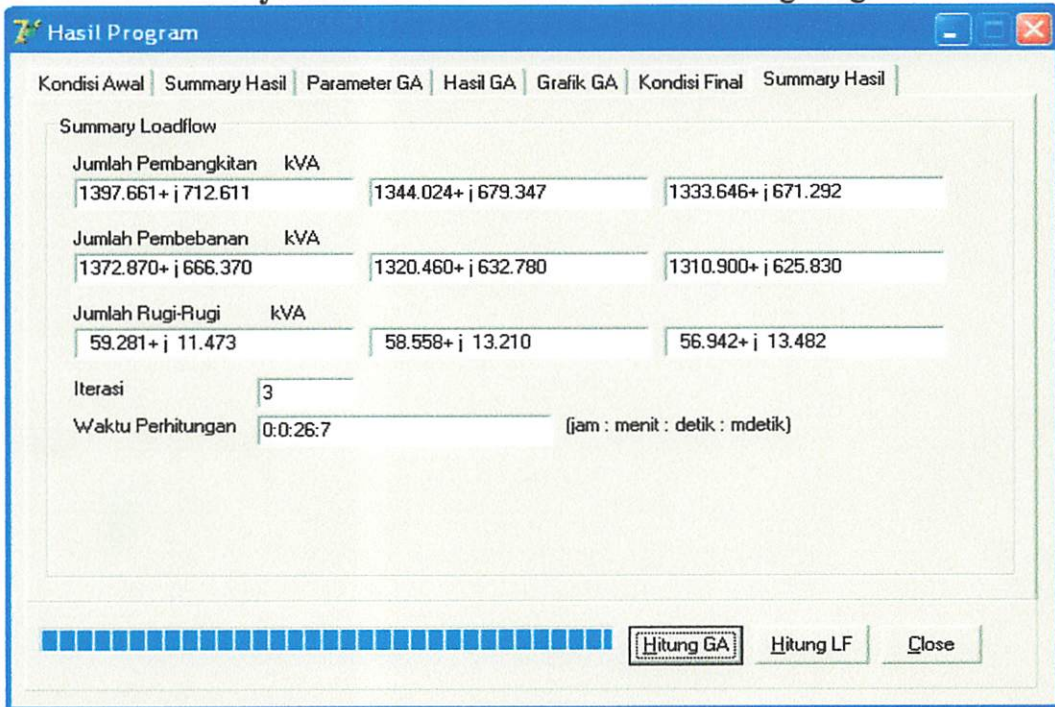
The screenshot shows a window titled 'Hasil Program' with a tab 'Kondisi Final' selected. The window displays a table with 8 columns and 15 rows of data. The columns are: Bus, R Vre pu, R Vim pu, S Vre pu, S Vim pu, T Vre pu, T Vim pu, and R Sre kW. The data is as follows:

Bus	R Vre pu	R Vim pu	S Vre pu	S Vim pu	T Vre pu	T Vim pu	R Sre kW
1	0.99608	-0.00340	0.99604	-0.00359	0.99609	-0.00357	1397.661
2	0.99540	-0.00400	0.99534	-0.00422	0.99541	-0.00420	1397.128
3	0.99053	-0.00822	0.99042	-0.00867	0.99056	-0.00864	1393.356
4	0.98871	-0.00981	0.98858	-0.01034	0.98874	-0.01031	1361.342
5	0.98574	-0.01240	0.98557	-0.01309	0.98578	-0.01303	1329.026
6	0.98527	-0.01210	0.98509	-0.01281	0.98531	-0.01279	1284.890
7	0.98310	-0.01070	0.98287	-0.01158	0.98315	-0.01165	1270.834
8	0.98122	-0.01239	0.98098	-0.01335	0.98130	-0.01342	1130.683
9	0.98081	-0.01276	0.98058	-0.01373	0.98090	-0.01380	1122.386
10	0.97995	-0.01345	0.97972	-0.01446	0.98006	-0.01452	1075.040
11	0.97975	-0.01361	0.97952	-0.01463	0.97986	-0.01469	1074.909
12	0.97793	-0.01509	0.97770	-0.01619	0.97808	-0.01624	1034.674
13	0.97537	-0.01720	0.97514	-0.01841	0.97556	-0.01845	985.666
14	0.97500	-0.01751	0.97477	-0.01873	0.97519	-0.01877	943.113
15	0.97410	-0.01777	0.97387	-0.01905	0.97441	-0.01910	900.000

Below the table is a progress bar and three buttons: 'Hitung GA', 'Hitung LF', and 'Close'.

Gambar 4-13. Tampilan Program “Kondisi Final”

10. Tekan **Summary Hasil** untuk melihat hasil setelah hitung dengan GA



Gambar 4-14. Tampilan Program “Summary Hasil”

Besarnya nilai parameter-parameter pada tampilan program diperoleh dengan cara mencoba-coba. Untuk menghasilkan nilai yang optimal ternyata nilai N1 dan N2 dicoba-coba, sehingga didapat masing-masing adalah 10 dan 20.

4.5. Hasil Perhitungan Dan Analisa Data Penentuan Penempatan Kapasitor.

4.5.1. Hasil Perhitungan Kondisi Awal Saluran

4.5.1.1. Hasil Perhitungan Kondisi Awal Penyulang Dinoyo dengan Metode

Aliran Daya Fast Decoupled

Hasil perhitungan Aliran Daya untuk perhitungan pada penyulang Dinoyo pada kondisi awal di bawah ini:

Tabel 4-4
Hasil Perhitungan Tegangan Dan Sudut Tegangan Pada kondisi Awal

Bus	R		S		T	
	V (pu)	Θ (pu)	V (pu)	Θ (pu)	V (pu)	Θ (pu)
1	0.99559	-0.00322	0.99552	-0.00340	0.99557	-0.00339
2	0.99481	-0.00378	0.99473	-0.00400	0.99480	-0.00399
3	0.98934	-0.00777	0.98916	-0.00822	0.98930	-0.00820
4	0.98728	-0.00927	0.98707	-0.00981	0.98724	-0.00978
5	0.98391	-0.01172	0.98365	-0.01240	0.98386	-0.01236
6	0.98345	-0.01135	0.98317	-0.01207	0.98339	-0.01206
7	0.98130	-0.00966	0.98095	-0.01055	0.98123	-0.01065
8	0.97912	-0.01124	0.97875	-0.01221	0.97907	-0.01230
9	0.97865	-0.01159	0.97828	-0.01256	0.97860	-0.01266
10	0.97765	-0.01222	0.97728	-0.01323	0.97762	-0.01332
11	0.97743	-0.01237	0.97705	-0.01339	0.97739	-0.01348
12	0.97531	-0.01372	0.97491	-0.01482	0.97529	-0.01490
13	0.97231	-0.01563	0.97189	-0.01684	0.97232	-0.01691
14	0.97187	-0.01591	0.97145	-0.01713	0.97188	-0.01720
15	0.96727	-0.01883	0.96681	-0.02022	0.96731	-0.02029
16	0.96695	-0.01903	0.96648	-0.02044	0.96699	-0.02050
17	0.96637	-0.01940	0.96589	-0.02083	0.96641	-0.02089
18	0.96506	0.02024	0.96456	-0.02172	0.96509	-0.02178
19	0.96307	-0.02150	0.96254	-0.02306	0.96309	-0.02312
20	0.96243	-0.02190	0.96189	-0.02349	0.96245	-0.02355
21	0.95891	-0.02414	0.95827	-0.02590	0.95886	-0.02596
22	0.95808	-0.02467	0.95741	-0.02646	0.95803	-0.02652
23	0.95781	-0.02484	0.95714	-0.02664	0.95777	-0.02670
24	0.95766	-0.02493	0.95699	-0.02674	0.95762	-0.02680
25	0.95617	-0.02588	0.95547	-0.02774	0.95614	-0.02779

Tabel 4-4. Selengkapya dapat dilihat pada lampiran

Таблица 4-4. Значения абсцисс точек отбора проб по длине

32	0'02013	-0'05228	0'02243	-0'05337	0'02014	-0'05330
34	0'02100	-0'05103	0'02000	-0'05087	0'02105	-0'05080
33	0'02181	-0'05187	0'02114	-0'05094	0'02111	-0'05090
35	0'02202	-0'05104	0'02141	-0'05070	0'02203	-0'05025
31	0'02201	-0'05114	0'02251	-0'05200	0'02280	-0'05200
30	0'02513	-0'05100	0'02180	-0'05340	0'02542	-0'05222
01	0'02703	-0'05120	0'02304	-0'05200	0'02900	-0'05215
18	0'02900	0'05074	0'02920	-0'05125	0'02900	-0'05118
13	0'02923	-0'05040	0'02280	-0'05083	0'02941	-0'05080
09	0'02902	-0'05002	0'02948	-0'05044	0'02900	-0'05020
12	0'02353	-0'05188	0'02921	-0'05055	0'02921	-0'05050
14	0'02183	-0'05120	0'02142	-0'05113	0'02128	-0'05150
17	0'02321	-0'05122	0'02180	-0'05084	0'02317	-0'05101
15	0'02331	-0'05135	0'02401	-0'05125	0'02350	-0'05140
11	0'02343	-0'05153	0'02302	-0'05130	0'02300	-0'05148
10	0'02302	-0'05155	0'02358	-0'05135	0'02305	-0'05135
0	0'02302	-0'05150	0'02358	-0'05130	0'02300	-0'05130
2	0'02413	-0'05154	0'02332	-0'05151	0'02403	-0'05130
3	0'02130	-0'05090	0'02902	-0'05022	0'02133	-0'05102
0	0'02342	-0'05132	0'02313	-0'05130	0'02330	-0'05130
2	0'02301	-0'05115	0'02392	-0'05140	0'02380	-0'05130
4	0'02358	-0'05033	0'02303	-0'05081	0'02354	-0'05088
2	0'02304	-0'05033	0'02310	-0'05085	0'02300	-0'05030
3	0'02481	-0'05038	0'02433	-0'05040	0'02480	-0'05000
1	0'02220	-0'05075	0'02225	-0'05070	0'02213	-0'05030
Всего	Σ (м)	Σ (м)	Σ (м)	Σ (м)	Σ (м)	Σ (м)
	И		С		Л	

Итого: И=10000 м, С=10000 м, Л=10000 м

Таблица 4-4

Всего точек отбора проб:

Итого: И=10000 м, С=10000 м, Л=10000 м

Итого: И=10000 м, С=10000 м, Л=10000 м

Итого: И=10000 м, С=10000 м, Л=10000 м

Итого: И=10000 м, С=10000 м, Л=10000 м

Итого: И=10000 м, С=10000 м, Л=10000 м

Dari Hasil Perhitungan Load Flow dengan menggunakan Metode *Fast*

Decoupled maka didapatkan :

Tabel 4-5
Hasil Perhitungan Rugi-rugi Daya Aktif Dan Rugi-rugi Daya Reaktif
Pada kondisi Awal

No. Saluran	Dari Node	Ke Node	Rugi-rugi Daya Aktif (kWATT)			Rugi-rugi Daya Reaktif (kVAR)		
			R	S	T	R	S	T
1	0	1	9.019	8.929	8.767	0.645	0.809	0.844
2	1	2	1.582	1.566	1.538	0.113	0.142	0.148
3	2	3	11.200	11.087	10.887	0.801	1.004	1.048
4	3	4	4.112	4.079	4.000	0.292	0.367	0.383
5	4	5	6.579	6.538	6.392	0.463	0.584	0.608
6	5	6	0.308	0.341	0.348	-0.859	-0.791	-0.748
7	6	7	1.399	1.545	1.582	-3.907	-3.584	-3.411
8	7	8	3.649	3.512	3.413	0.238	0.296	0.310
9	8	9	0.782	0.748	0.735	0.051	0.063	0.066
10	9	10	1.523	1.472	1.430	0.009	0.040	0.049
11	10	11	0.350	0.339	0.329	0.002	0.009	0.011
12	11	12	3.130	3.040	2.934	0.016	0.079	0.098
13	12	13	4.221	4.121	4.032	0.018	0.104	0.130
14	13	14	0.591	0.567	0.563	0.002	0.014	0.017
15	14	15	5.777	5.633	5.526	0.010	0.127	0.165
16	15	16	0.391	0.388	0.382	0.001	0.009	0.011
17	16	17	0.709	0.702	0.692	0.001	0.016	0.020
18	17	18	1.593	1.583	1.555	0.002	0.034	0.046
19	18	19	2.218	2.223	2.188	0.001	0.046	0.062
20	19	20	0.679	0.680	0.664	0.000	0.013	0.019
21	20	21	3.515	3.618	3.627	-0.001	0.070	0.097
22	21	22	0.766	0.795	0.743	-0.001	0.014	0.021
23	22	23	0.239	0.247	0.230	0.000	0.004	0.006
24	23	24	0.133	0.137	0.128	0.000	0.002	0.004
25	24	25	1.276	1.268	1.211	-0.004	0.022	0.033
26	25	26	0.383	0.382	0.368	-0.001	0.006	0.010
27	26	27	0.152	0.158	0.146	-0.001	0.002	0.004
28	27	28	0.084	0.088	0.081	0.000	0.001	0.002
29	28	29	0.439	0.472	0.412	-0.002	0.006	0.012
30	29	30	0.328	0.353	0.308	-0.001	0.005	0.009

Tabel 4-5. Selengkapnya dapat dilihat pada lampiran

Dari Hasil Perhitungan Load Flow dengan menggunakan Metode Awa

Decoupled maka didapatkan :

Tabel 4-2
 Hasil Perhitungan Rugi-rugi Daya Aktif Dan Rugi-rugi Daya Reaktif Pada kondisi Awal

Saluran	Dari Node	Ke Node	Rugi-rugi Daya Aktif (KWATT)			Rugi-rugi Daya Reaktif (KVAR)		
			R	S	T	R	S	T
1	0	1	0.010	8.029	8.787	0.042	0.809	0.844
2	1	2	1.282	1.266	1.238	0.113	0.142	0.148
3	2	3	11.200	11.087	10.887	0.801	1.004	1.048
4	3	4	4.112	4.070	4.000	0.202	0.207	0.283
5	4	5	0.270	0.238	0.202	0.463	0.224	0.008
6	5	6	0.208	0.241	0.248	-0.229	-0.294	-0.248
7	6	7	1.200	1.242	1.282	-0.207	-0.284	-0.341
8	7	8	1.040	2.212	3.412	0.238	0.206	0.210
9	8	9	0.282	0.248	0.232	0.021	0.002	0.000
10	9	10	1.222	1.422	1.430	0.000	0.040	0.040
11	10	11	0.220	0.220	0.220	0.002	0.000	0.011
12	11	12	3.130	3.040	2.924	0.010	0.020	0.008
13	12	13	4.221	4.121	4.022	0.018	0.104	0.130
14	13	14	0.201	0.207	0.202	0.002	0.014	0.017
15	14	15	2.277	2.033	1.726	0.010	0.122	0.102
16	15	16	0.201	0.288	0.282	0.001	0.000	0.011
17	16	17	0.200	0.202	0.002	0.001	0.010	0.020
18	17	18	1.202	1.283	1.222	0.002	0.024	0.040
19	18	19	2.218	2.222	2.188	0.001	0.040	0.002
20	19	20	0.070	0.080	0.004	0.000	0.012	0.010
21	20	21	3.212	3.018	2.022	-0.001	0.020	0.002
22	21	22	0.200	0.202	0.243	-0.001	0.014	0.021
23	22	23	0.230	0.242	0.230	0.000	0.004	0.000
24	23	24	0.132	0.132	0.128	0.000	0.002	0.004
25	24	25	1.270	1.208	1.211	-0.004	0.022	0.022
26	25	26	0.282	0.282	0.208	-0.001	0.000	0.010
27	26	27	0.122	0.128	0.140	-0.001	0.002	0.004
28	27	28	0.084	0.088	0.081	0.000	0.001	0.002
29	28	29	0.420	0.422	0.412	-0.002	0.000	0.012
30	29	30	0.228	0.222	0.202	-0.001	0.002	0.000

Tabel 4-2. Seiringnya dapat dilihat pada lampiran

Tabel 4-6
Hasil Rekapitulasi Total Pembangkitan, Total Pembebanan
dan Total Rugi-rugi Kondisi Awal

	k VA		
	R	S	T
Jumlah Pembangkitan	1401.203 + j 869.102	1347.355 + j 836.113	1336.798 + j827.942
Jumlah Pembebanan	1372.870 + j 816.370	1320.460 + j 782.780	1310.900 + j775.830
Jumlah Rugi-rugi	68.829 + j2.109	68.654 + j0.459	66.964 + j0.128

4.5.2. Analisa Proses

Dari Tabel 4-6 maka didapatkan bahwa telah terjadi pelanggaran tegangan di:

■ **Pada phasa R**

- BUS 88 sebesar 0.94991 - 0.02985pu
- BUS 89 sebesar 0.94978 - 0.02993pu

■ **Pada phasa S**

- BUS 86 sebesar 0.94996 - 0.03135pu
- BUS 87 sebesar 0.94909 - 0.03191pu
- BUS 88 sebesar 0.94879 - 0.03210pu
- BUS 89 sebesar 0.94866 - 0.03219pu

■ **Pada phasa T**

- BUS 88 sebesar 0.94987 - 0.03201pu
- BUS 89 sebesar 0.94977 - 0.03209pu

Untuk itu diperlukan proses optimasi untuk memperbaiki tegangan. Dengan program ESGA telah didapatkan letak dan besar kapasitor yang digunakan dalam proses optimasi dengan pemasangan kapasitor.

Tabel 4-7
Lokasi Dan Besar Kapasitor

No	Bus	Kapasitor (kVar)
1	26	150
2	27	150
3	33	150
4	85	150

Keterangan :

1. Kapasitor dipasang pada Bus 26, 27, 33, 85 dengan besar kapasitansi 150 kVAR

Hasil Rekapitulasi Total Pembangunan, Total Pembebasan dan Total Rugi-rugi Kondisi Awal

R		S		T	
1401.203 + 1860.103	1347.222 + 1830.113	1320.490 + 1782.780	68.879 + 17.109	1310.900 + 1772.830	68.964 + 10.128
Jumlah Pembangunan	Jumlah Pembebasan	Jumlah Rugi-rugi			

4.5.2. Analisis Proses

Dari Tabel 4-6 maka didapatkan bahwa telah terjadi peningkatan penggunaan

di:

■ Pada phase R

- BUS 88 sebesar 0,04991 - 0,02082pa
- BUS 89 sebesar 0,04078 - 0,02003pa

■ Pada phase S

- BUS 86 sebesar 0,04006 - 0,03132pa
- BUS 87 sebesar 0,04000 - 0,02191pa
- BUS 88 sebesar 0,04879 - 0,02210pa
- BUS 89 sebesar 0,04866 - 0,02219pa

■ Pada phase T

- BUS 88 sebesar 0,04987 - 0,02201pa
- BUS 89 sebesar 0,04977 - 0,02209pa

Untuk itu diperlukan proses optimasi untuk memperbaiki jaringan. Dengan program ESDA telah didapatkan bentuk dan besar kapasitor yang digunakan dalam proses optimasi dengan penempatan kapasitor.

Tabel 4-7

lokasi dan besar Kapasitor

No	Bus	Kapasitor (Kvar)
1	36	150
2	37	150
3	33	150
4	82	150

Keterangan :

1. Kapasitor dipasang pada Bus 36, 37, 33, 82 dengan besar kapasitansi 150

KVAR

4.5.3. Hasil Perhitungan Kondisi Akhir Saluran

4.5.3.1. Hasil Perhitungan Kondisi Akhir Penyulang Dinoyo dengan Metode

Aliran Daya Fast Decoupled

Hasil perhitungan Aliran Daya untuk perhitungan pada penyulang Dinoyo pada kondisi akhir di bawah ini:

Tabel 4-8
Hasil Perhitungan Tegangan Dan Sudut Tegangan
Pada kondisi Akhir

Bus	R		S		T	
	V (pu)	Θ (pu)	V (pu)	Θ (pu)	V (pu)	Θ (pu)
1	0.99608	-0.00340	0.99604	-0.00359	0.99609	-0.00357
2	0.99540	-0.00400	0.99534	-0.00422	0.99541	-0.00420
3	0.99053	-0.00822	0.99042	-0.00867	0.99056	-0.00864
4	0.98871	-0.00981	0.98858	-0.01034	0.98874	-0.01031
5	0.98574	-0.01240	0.98557	-0.01309	0.98578	-0.01303
6	0.98527	-0.01410	0.98509	-0.01281	0.98531	-0.01279
7	0.98310	-0.01070	0.98287	-0.01158	0.98315	-0.01165
8	0.98122	-0.01239	0.98098	-0.01350	0.98130	-0.01342
9	0.98081	-0.01276	0.98058	-0.01373	0.98090	-0.01380
10	0.97995	-0.01345	0.97972	-0.01446	0.98006	-0.01452
11	0.97975	-0.01361	0.97952	-0.01463	0.97986	-0.01469
12	0.97793	-0.01509	0.97770	-0.01619	0.97808	-0.01624
13	0.97537	-0.01720	0.97514	-0.01841	0.97556	-0.01845
14	0.97500	-0.01751	0.97477	-0.01873	0.97519	-0.01877
15	0.97116	-0.02077	0.97092	-0.02216	0.97141	-0.02210
16	0.97089	-0.02100	0.97065	-0.02240	0.97114	-0.02243
17	0.97041	-0.02141	0.97016	-0.02284	0.97066	-0.02286
18	0.96931	-0.02235	0.96906	-0.02383	0.96958	-0.02385
19	0.96769	-0.02377	0.96742	-0.02534	0.96796	-0.02535
20	0.96717	-0.02423	0.96690	-0.02583	0.96745	-0.02584
21	0.96436	-0.02680	0.96403	-0.02855	0.96460	-0.02857
22	0.96371	-0.02741	0.96337	-0.02920	0.96397	-0.02921
23	0.96350	-0.02761	0.96316	-0.02941	0.96376	-0.02941
24	0.96339	-0.02772	0.96304	-0.02953	0.96365	-0.02953
25	0.96225	-0.02883	0.96190	-0.03069	0.96254	-0.03069
26	0.96188	-0.02920	0.96153	-0.03109	0.96218	-0.03108
27	0.96171	-0.02936	0.96135	-0.03125	0.96201	-0.03124
28	0.96161	-0.02944	0.96126	-0.03134	0.96192	-0.03133
29	0.96109	-0.02991	0.96071	-0.03185	0.96141	-0.03182
30	0.96070	-0.03027	0.96031	-0.03223	0.96103	-0.03219

Tabel 4-8. Selengkapnya dapat dilihat pada lampiran

Լրացվում է շահագրավման գործի օրինակ կազմակերպման

30	0'00020	-0'03053	0'00031	-0'03253	0'00102	-0'03215
50	0'00100	-0'05001	0'00031	-0'03182	0'00141	-0'03183
38	0'00101	-0'05044	0'00150	-0'03134	0'00105	-0'03133
53	0'00111	-0'05030	0'00132	-0'03152	0'00201	-0'03151
50	0'00188	-0'05050	0'00123	-0'03100	0'00218	-0'03102
52	0'00252	-0'05083	0'00100	-0'03000	0'00224	-0'03000
54	0'00250	-0'05113	0'00204	-0'05023	0'00202	-0'05023
52	0'00220	-0'05101	0'00210	-0'05041	0'00210	-0'05041
53	0'00211	-0'05141	0'00221	-0'05050	0'00201	-0'05051
51	0'00130	-0'05080	0'00102	-0'05022	0'00100	-0'05021
50	0'00112	-0'05053	0'00000	-0'05283	0'00142	-0'05281
10	0'00000	-0'05211	0'00145	-0'05234	0'00100	-0'05232
18	0'00031	-0'05232	0'00000	-0'05282	0'00028	-0'05282
13	0'00041	-0'05214	0'00100	-0'05284	0'00000	-0'05280
10	0'00080	-0'05100	0'00002	-0'05240	0'00114	-0'05243
12	0'00110	-0'05031	0'00005	-0'05210	0'00141	-0'05210
14	0'00200	-0'01121	0'00111	-0'01812	0'00210	-0'01811
13	0'00231	-0'01130	0'00214	-0'01811	0'00220	-0'01812
15	0'00102	-0'01200	0'00110	-0'01010	0'00208	-0'01014
11	0'00102	-0'01301	0'00025	-0'01402	0'00200	-0'01400
10	0'00102	-0'01342	0'00015	-0'01410	0'00000	-0'01425
0	0'00081	-0'01510	0'00028	-0'01312	0'00000	-0'01380
8	0'00155	-0'01530	0'00008	-0'01320	0'00120	-0'01315
1	0'00210	-0'01010	0'00251	-0'01128	0'00212	-0'01102
0	0'00251	-0'01410	0'00200	-0'01521	0'00231	-0'01510
2	0'00214	-0'01540	0'00221	-0'01300	0'00228	-0'01303
4	0'00011	-0'00001	0'00028	-0'01024	0'00014	-0'01031
2	0'00023	-0'00055	0'00015	-0'00001	0'00020	-0'00004
3	0'00240	-0'00000	0'00234	-0'00055	0'00241	-0'00010
1	0'00008	-0'00040	0'00004	-0'00020	0'00000	-0'00021
Բն	A (Բն)	Պ (Բն)	A (Բն)	Պ (Բն)	A (Բն)	Պ (Բն)
Բն	B		B		I.	

Բնի կողմից պահ.

Մասնավորապես լեզուների կամ շահագրավման

Լրացվում է

Բնի կողմից պահ. օրինակում:

Մասնավորապես պահվող լեզուների կողմից կազմակերպման փուլում

պահվող լեզուների կողմից

1234 Մասնավորապես կողմից պահվող լեզուների կողմից կազմակերպման փուլում

1234 Մասնավորապես կողմից պահվող լեզուների կողմից

Dari perhitungan kondisi akhir LOADFLOW didapatkan bahwa terjadi perbaikan tegangan terhadap pelanggan tersebut di atas:

■ **Pada phasa R**

- BUS 88 sebesar 0.95712 - 0.03331pu
- BUS 89 sebesar 0.95699 - 0.03338pu

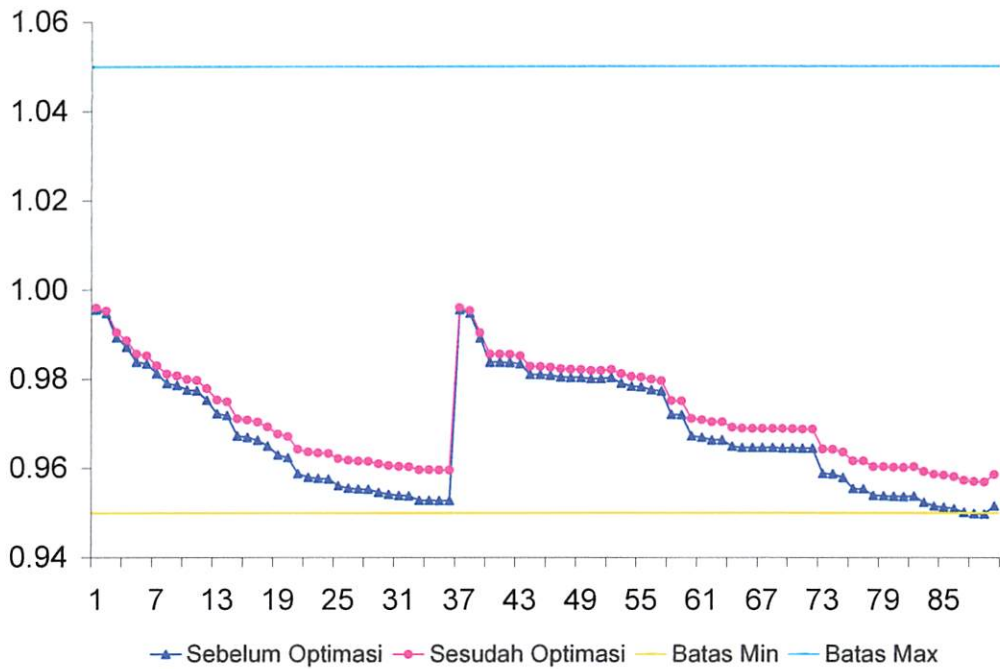
■ **Pada phasa S**

- BUS 86 sebesar 0.95757 - 0.03481pu
- BUS 87 sebesar 0.95670 - 0.03537pu
- BUS 88 sebesar 0.95640 - 0.03556pu
- BUS 89 sebesar 0.95627 - 0.03564pu

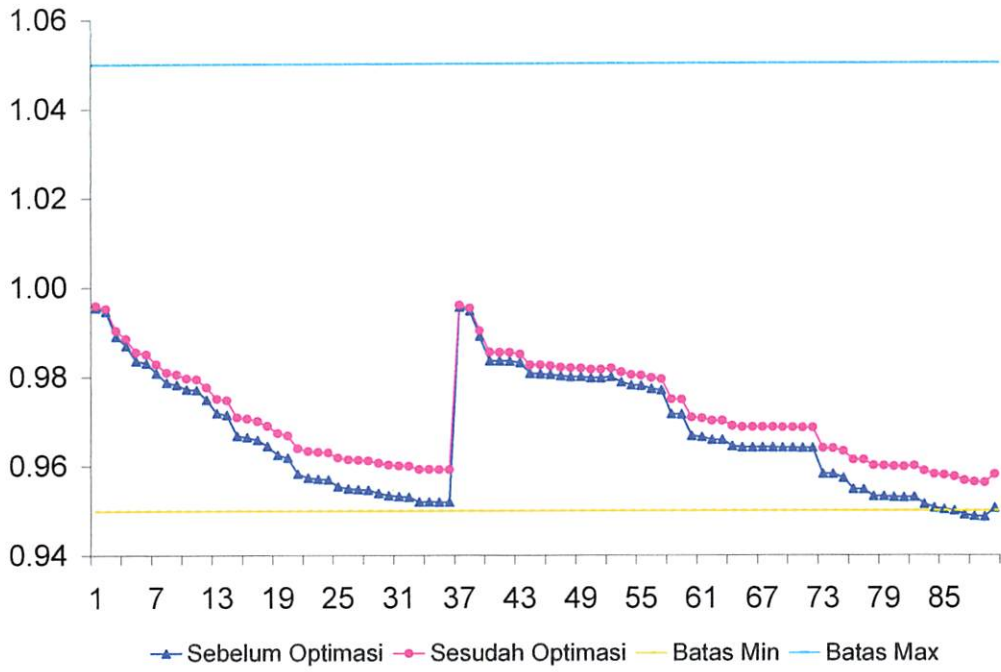
■ **Pada phasa T**

- BUS 88 sebesar 0.95746 - 0.03541pu
- BUS 89 sebesar 0.95736 - 0.03548pu

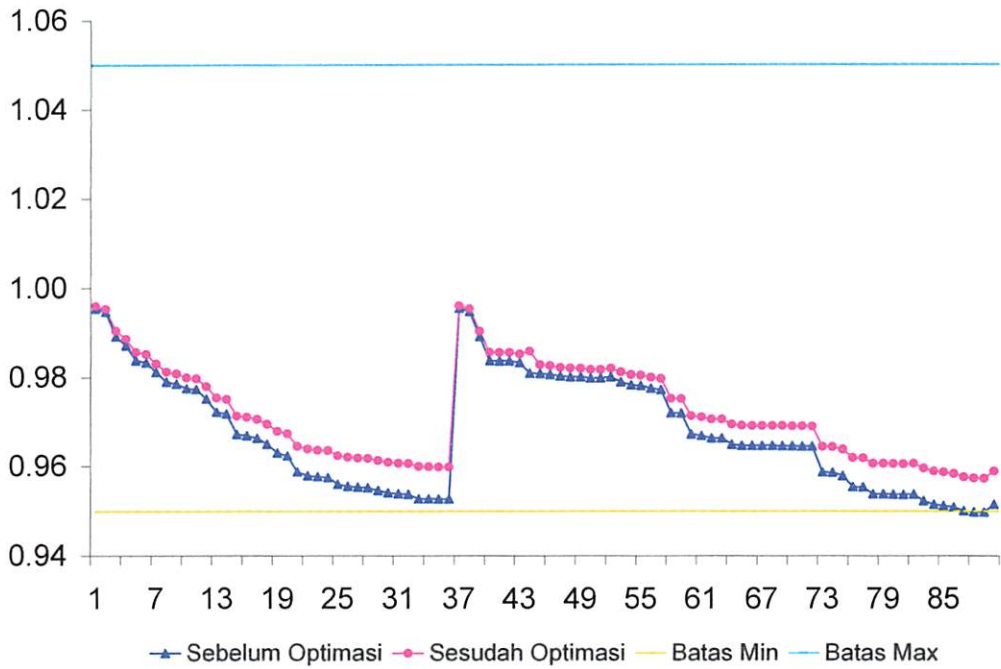
Hal tersebut di atas digambarkan pada :



Grafik 4-1. Grafik Tegangan R (pu)



Grafik 4-2. Grafik Tegangan S (pu)



Grafik 4-3. Grafik Tegangan T (pu)

Tabel 4-9
Hasil Perhitungan Rugi-rugi Daya Aktif Dan Rugi-rugi Daya Reaktif
Pada kondisi Akhir

No. Saluran	Dari Node	Ke Node	Rugi-rugi Daya Aktif (kWATT)			Rugi-rugi Daya Reaktif (kVAR)		
			R	S	T	R	S	T
1	0	1	7.936	7.801	7.647	1.942	2.110	2.124
2	1	2	1.392	1.368	1.341	0.341	0.370	0.373
3	2	3	9.855	9.687	9.496	2.412	2.620	2.638
4	3	4	3.607	3.553	3.478	0.895	0.973	0.979
5	4	5	5.754	5.677	5.539	1.449	1.575	1.582
6	5	6	0.412	0.432	0.431	-0.707	-0.638	-0.599
7	6	7	1.875	1.963	1.965	-3.210	-2.882	-2.726
8	7	8	3.114	2.962	2.869	0.876	0.926	0.926
9	8	9	0.666	0.629	0.617	0.188	0.198	0.200
10	9	10	1.306	1.248	1.207	0.301	0.328	0.330
11	10	11	0.300	0.287	0.278	0.069	0.075	0.076
12	11	12	2.667	2.561	2.461	0.636	0.692	0.695
13	12	13	3.567	3.443	3.359	0.890	0.969	0.979
14	13	14	0.496	0.469	0.464	0.129	0.139	0.141
15	14	15	4.775	4.594	4.493	1.337	1.444	1.458
16	15	16	0.322	0.315	0.309	0.093	0.101	0.102
17	16	17	0.583	0.570	0.561	0.168	0.183	0.185
18	17	18	1.306	1.283	1.257	0.381	0.414	0.418
19	18	19	1.787	1.770	1.736	0.568	0.616	0.623
20	19	20	0.540	0.535	0.519	0.181	0.196	0.197
21	20	21	2.751	2.805	2.810	0.991	1.083	1.103
22	21	22	0.586	0.602	0.556	0.231	0.252	0.249
23	22	23	0.181	0.185	0.170	0.074	0.080	0.079
24	23	24	0.101	0.103	0.094	0.041	0.045	0.044
25	24	25	0.949	0.927	0.875	0.412	0.438	0.435
26	25	26	0.274	0.268	0.255	0.135	0.143	0.143
27	26	27	0.121	0.125	0.114	0.040	0.044	0.043
28	27	28	0.067	0.070	0.063	0.022	0.024	0.024
29	28	29	0.344	0.369	0.315	0.121	0.135	0.130
30	29	30	0.258	0.276	0.236	0.091	0.101	0.098

Tabel 4-9. Selengkapnya dapat dilihat pada lampiran

Tabel 4-9
 Hasil Perhitungan Rugi-rugi Daya Aktif Dan Rugi-rugi Daya Reaktif
 Pada kondisi Albin

Saluran	Jarak Node	Kc Node	Rugi-rugi Daya Aktif (KWATT)			Rugi-rugi Daya Reaktif (KVAR)		
			R	S	T	R	S	T
1	0	1	7.936	7.801	7.947	1.045	2.110	2.154
2	1	2	1.305	1.308	1.341	0.341	0.370	0.373
3	2	3	0.855	0.887	0.400	2.415	2.050	2.038
4	3	4	3.607	3.555	3.478	0.805	0.973	0.970
5	4	5	2.754	2.677	2.530	1.440	1.575	1.585
6	5	6	0.415	0.435	0.431	-0.707	-0.938	-0.900
7	6	7	1.872	1.903	1.905	-3.510	-3.885	-3.550
8	7	8	3.114	3.005	3.800	0.870	0.950	0.950
9	8	9	0.000	0.050	0.017	0.188	0.108	0.200
10	9	10	1.300	1.348	1.307	0.301	0.358	0.370
11	10	11	0.300	0.387	0.378	0.000	0.075	0.070
12	11	12	2.607	2.501	2.401	0.030	0.005	0.005
13	12	13	3.507	3.443	3.350	0.800	0.900	0.970
14	13	14	0.400	0.400	0.404	0.150	0.130	0.141
15	14	15	4.755	4.504	4.403	1.357	1.477	1.458
16	15	16	0.355	0.315	0.300	0.003	0.101	0.105
17	16	17	0.583	0.570	0.501	0.108	0.183	0.185
18	17	18	1.300	1.383	1.557	0.381	0.413	0.418
19	18	19	1.385	1.570	1.570	0.208	0.010	0.053
20	19	20	0.240	0.235	0.210	0.181	0.100	0.107
21	20	21	5.521	5.805	5.810	0.901	1.083	1.105
22	21	22	0.280	0.005	0.250	0.531	0.555	0.540
23	22	23	0.181	0.185	0.170	0.071	0.080	0.070
24	23	24	0.101	0.103	0.004	0.041	0.045	0.044
25	24	25	0.040	0.057	0.055	0.415	0.438	0.452
26	25	26	0.554	0.508	0.555	0.135	0.143	0.143
27	26	27	0.151	0.155	0.114	0.040	0.044	0.043
28	27	28	0.007	0.070	0.003	0.055	0.054	0.054
29	28	29	0.344	0.300	0.315	0.151	0.135	0.130
30	29	30	0.558	0.570	0.550	0.001	0.101	0.008

Tabel 4-9. Perhitungan rugi-rugi daya jaringan

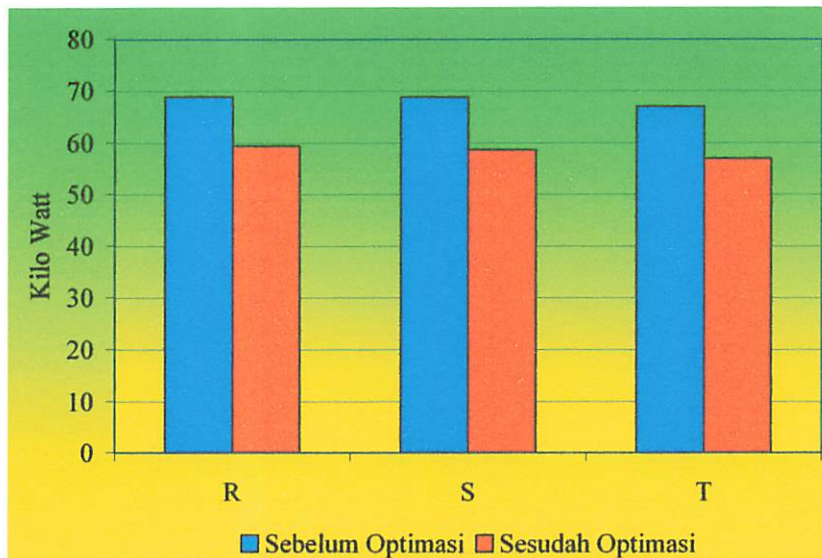
Tabel 4-10
Hasil Rekapitulasi Total Pembangkitan, Total Pembebanan
dan Total Rugi-rugi Kondisi Akhir

	k VA		
	R	S	T
Jumlah Pembangkitan	1397.661 + j712.611	1344.024 + j679.347	1333.646 + j671.292
Jumlah Pembebanan	1372.870 + j666.370	1320.460 + j632.780	1310.900 + j625.830
Jumlah Rugi-rugi	59.281 + j11.473	58.558 + j13.210	56.942 + j13.482

Dengan menggunakan metode pembanding yaitu *SENSITIVITY GA* maka dapat dibandingkan dengan metode ESGA sebagai berikut:

Tabel 4-11
Hasil Perbandingan *SENSITIVITY GA* Dan ESGA

	Sensitivity GA	ESGA
Lokasi	P. Dinoyo	
Sistem	1 Phase	3 Phase
Loadflow	<i>Newton Raphson</i>	<i>Fast Decoupled</i>
Waktu Komputasi (menit:detik:mdetik)	1:40:150	0:27:800
Iterasi	2	4
Kapasitor Terpasang	4	4
Total Kapasitas Kapasitor Terpasang	1200 kVAR	600 kVAR



Grafik 4-4. Grafik Perbandingan Rugi-rugi Daya (ΔP)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

Setelah melakukan analisis dari uji coba program dengan menggunakan metode *Elite Based Simplex Algoritma Genetika* maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Metode ESGA yang diterapkan pada saluran distribusi primer penyulang dinoyo, berhasil mereduksi rugi-rugi saluran :
 - a) Pada fasa R sebesar 68.828 kWatt yaitu dari $68.829 + j2.109$ kVA pada kondisi awal menjadi 59.294 kWatt, $59.281 + j11.473$ kVA pada kondisi akhir. Artinya telah terjadi pengurangan rugi-rugi daya sebesar **13.851920%**.
 - b) Pada fasa S sebesar 68.739 kWatt yaitu dari $68.654 + j0.459$ kVA pada kondisi awal menjadi 58.557 kWatt, $58.558 + j13.210$ kVA pada kondisi akhir. Artinya telah terjadi pengurangan rugi-rugi daya sebesar **14.81255 %**.
 - c) Pada fasa T sebesar 66.976 kWatt yaitu dari $66.964 + j0.128$ kVA pada kondisi awal menjadi 56.941 kWatt, $56.942 + j13.482$ kVA pada kondisi akhir. Artinya telah terjadi pengurangan rugi-rugi daya sebesar **14.982978%**.
2. Untuk mendapatkan profil tegangan yang sesuai dengan program yang disebutkan pada 7.1 tersebut di atas, maka di tempatkan kapasitor pada bus 26, bus 27, bus 33, dan bus 85 dengan besar kapasitor sebesar 150 kVAR.
3. Dari perbandingan dengan metode *SENSITIVITY GA* maka dapat diketahui bahwa ESGA menggunakan proses optimasi yang lebih kecil yaitu **50%** atau **600kVAR** lebih rendah dari metode *SENSITIVITY GA*.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

Setelah melakukan analisis dan uji coba program dengan menggunakan metode Elite Based Simplex Algorithm maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Metode ESQA yang diterapkan pada saluran distribusi primer perantara dinyo.

dapat menghasilkan nilai-nilai salinan :

a) Pada busbar R sebesar 68.828 kVAh yaitu dari 68.829 + j2.109 kVA pada

kondisi awal menjadi 20.204 kVAh. 20.281 + j1.147 kVA pada kondisi

akhir. Artinya telah terjadi pengurangan nilai-nilai daya sebesar 13.8219208%.

b) Pada busbar S sebesar 68.739 kVAh yaitu dari 68.624 + j0.459 kVA pada

kondisi awal menjadi 28.227 kVAh. 28.228 - j13.210 kVA pada kondisi

akhir. Artinya telah terjadi pengurangan nilai-nilai daya sebesar 14.81222%.

c) Pada busbar T sebesar 66.976 kVAh yaitu dari 66.904 + j0.128 kVA pada

kondisi awal menjadi 26.941 kVAh. 26.942 + j1.248 kVA pada kondisi

akhir. Artinya telah terjadi pengurangan nilai-nilai daya sebesar 14.982978%.

2. Untuk mendapatkan profil tegangan yang sesuai dengan program yang

dibutuhkan pada VI tersebut di atas maka di tempatkan kapasitor pada bus 20

bus 27 bus 33 dan bus 85 dengan besar kapasitor sebesar 120 kVAR.

3. Dari perbandingan dengan metode ZEA/WWV/ GA maka dapat diketahui

bahwa ESQA menggunakan proses optimasi yang lebih kecil yaitu 20% atau

600kVAR lebih rendah dari metode ZEA/WWV/ GA.

4. Selain itu penggunaan metode perhitungan aliran daya *FAST DECOUPLED* yang diterapkan pada ESGA dapat membantu perhitungan lebih cepat **1 menit 12 detik 350 mdetik** dibandingkan dengan penggunaan metode perhitungan aliran daya *NEWTON RAPHSON* pada metode *SENSITIVITY GA*.

5.2. Saran

Penentuan letak dan kapasitas kapasitor pada jaringan distribusi primer tipe radial dengan menggunakan metode (*Elite Based Simplex GA*) ESGA perlu dikembangkan dan diaplikasikan dalam menganalisa saluran-saluran yang telah ada maupun untuk perencanaan perluasan jaringan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kyu-Ho Kim, "*Application of ESGA hybrid Approach for Voltage Profile Improvement by Capacitor Placement*," *IEEE Trans On Power Delivery*, Vol 18 No 4 October 2003.
- [2] William D. Stevenson, Jr, 1996, "Analisa Sistem Tenaga Listrik", Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta.
- [3] Mitsuo Gen, Runwei Cheng 1994 "*Genetic Algorithm And Engineering Design*", (John Wiley & Son. Inc), p-7.
- [4] Hasan Bisri, "Diktat Sistem Distribusi Tenaga Listrik" ISTN
- [5] Djiteng Marsudi, 1990, "Operasi Sistem Tenaga Listrik," Balai Penerbit dan Humas ISTN
- [6] Glenn W. Stagg, Ahmed H. El-Abiad, 1985, "*Computer Methods In Power Systems Analysis*", Mc GrawHill, Singapore
- [7] Turan Gonen, 1986, "*Electric Power Distribution System Engineering*," Mc Graw Hill
- [8] Michalewicz, Z, 1996, "*Genetic Algorithm + Data Structure = Evolution Programs* ", 3d reved, (Springer-Verlag, New York), p.331.
- [9] Hossmand, R, et .all., "*Optimal Choice Of Fixed and Switched Capacitor for Distribution System by Genetic Algorithm*"., 21th International Iranian Distribution System Conference, may 2003.
- [10] J.J. Grainer and S.H. Lee, "*Optimum size and location of shunt capacitors for reduction of loss on distribution feeders*" *IEEE Trans On Power App. Syst.*, Vol. 4, PAS-100, pp. 1105-1116, Mar. 1981.
- [11] M. Barran and F. Wu, "*Optimal capacitors placement on radial distribution system*" *IEEE Trans On Power Delivery*, Vol. 4, pp. 725-734, Jan. 1989.
- [12] C.S. Chen, C.T. Hsu and Y.H. Yan, "*Optimal distribution feeder capacitor placement considering mutual coupling effect of conductors*" *IEEE Trans On Power Delivery*, Vol. 10, pp. 987-994, Apr. 1995.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kyu-Ho Kim, "Application of ESCE Hybrid Approach for Voltage Profile Improvement by Capacitor Placement," IEEE Trans On Power Delivery, Vol 18 No 4 October 2003.
- [2] William D. Stevenson Jr, 1996, "Analisa Sistem Tenaga Listrik," Edisi Keempat Erlangga, Jakarta.
- [3] Minsu Gen, Ruwei Cheng 1994 "Genetic Algorithm and Engineering Design", (John Wiley & Son Inc), p-7.
- [4] Hasan Bisri, "Diktat Sistem Distribusi Tenaga Listrik," ISTN
- [5] Djeng Minsudji, 1990, "Operasi Sistem Tenaga Listrik," Balai Penelitian dan Humas ISTN
- [6] Glenn W. Stagg, Alfred H. El-Abiad, 1982, "Computer Methods In Power Systems Analysis", Mc Graw Hill, Singapore
- [7] Turan Gonen, 1986, "Electric Power Distribution System Engineering", Mc Graw Hill
- [8] Michalewicz, X, 1996, "Genetic Algorithm - Data Structures - Evolution Programs", 3rd ed, (Springer-Verlag, New York), p.231.
- [9] Hosamud.R, et. al., "Optimal Choice Of Fixed and Switched Capacitor for Distribution System for Genetic Algorithm", 21th International Seminar Distribution System Conference, 2003.
- [10] J.L. Grainger and S.H. Lee, "Optimum size and location of shunt capacitors for reduction of loss on distribution feeders", IEEE Trans On Power App. Syst., Vol. 4, PA-2-100, pp. 1102-1116 Mar. 1981.
- [11] M. Baran and F. Wu, "Optimal capacitor placement on radial distribution system", IEEE Trans On Power Delivery, Vol. 4, pp. 722-734, Jan. 1989.
- [12] C.S. Chen, C.T. Hsu and Y.H. Yan, "Optimal distribution feeder capacitor placement considering mutual coupling effect of conductors", IEEE Trans On Power Delivery, Vol. 10, pp. 987-994, Apr. 1995.

- [13] H.D. Chiang, J.C. Wang, O. Cocking, and H.D. Shin, "*Optimal capacitor placements in distribution system: Part I, Part II*" IEEE Trans On Power Delivery, Vol. 5, pp. 634-649, Jan. 1990.
- [14] H. D. Chiang, J. C. Wang, and G. Darling, "*Optimal capacitor placement, replacement and control in large-scale unbalanced distribution systems: System modeling and a new formulation,*" IEEE Trans. Power Syst., vol. 10, pp. 356–362, Feb. 1995.
- [15] Y. C. Huang, H. T. Yang, and C. L. Huang, "Solving the capacitor placement problem in a radial distribution system using tabu search approach," IEEE Trans. Power Syst., vol. 11, pp. 1868–1873, Nov. 1996.
- [16] S. J. Huang, "*An immune-based optimization method to capacitor placement in a radial distribution system,*" IEEE Trans. Power Delivery, vol. 15, pp. 744–749, Apr. 2000.
- [17] S. Sundhararajan and A. Pahwa, "*Optimal selection of capacitors for radial distribution systems using genetic algorithm,*" IEEE Trans. Power Syst., vol. 9, pp. 1499–1507, Aug. 1994.
- [18] N. Miu, H. S. Chiang, and G. Darling, "*Capacitor placement, replacement and control in large-scale distribution systems by a GA-based two-stage algorithms,*" IEEE Trans. Power Syst., vol. 12, pp. 1160–1166, Aug. 1997.
- [19] J. Yen and B. Lee, "A simplex genetic algorithm hybrid," Proc. 4th IEEE Conf. Evol. Comput., vol. II, pp. 175–179, 1997.

- [13] H.D. Chiang, J.C. Wang, O. Cocking, and H.D. Shin, "Optimal capacitor placement in distribution system: Part I: Formulation," *IEEE Trans On Power Delivery*, Vol. 7, pp. 634-640, Jan. 1990.
- [14] H. D. Chiang, J. C. Wang, and G. Darling, "Optimal capacitor placement, replacement and control in large-scale unbalanced distribution systems: system modeling and a new formulation," *IEEE Trans Power Syst.*, vol. 10, pp. 326-362, Feb. 1995.
- [15] Y. C. Huang, H. F. Yang, and C. L. Huang, "Solving the capacitor placement problem in a radial distribution system using tabu search approach," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 11, pp. 1868-1873, Nov. 1996.
- [16] S. J. Huang, "An immune-based optimization method to capacitor placement in a radial distribution system," *IEEE Trans. Power Delivery*, vol. 15, pp. 744-749, Apr. 2000.
- [17] S. Saadharajan and A. Patwa, "Optimal selection of capacitors for radial distribution systems using genetic algorithm," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 9, pp. 1499-1507, Aug. 1994.
- [18] N. Mir, H. S. Chiang, and G. Darling, "Capacitor placement, replacement and control in large-scale distribution systems by a GA-based two-stage algorithm," *IEEE Trans Power Syst.*, vol. 12, pp. 1160-1166, Aug. 1997.
- [19] J. Yen and B. Lee, "A simple genetic algorithm hybrid," *Proc. 4th IEEE Conf. Evol. Comput.*, vol. II, pp. 175-179, 1997.

LAMPIRAN

LAMPYRAN



LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

1. Nama : ERWIN HAMBALI
2. NIM : 99.12.142
3. Jurusan : Teknik Elektro S-1
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi : Aplikasi Pendekatan Hybrid ESGA
Untuk Meningkatkan Profil
Tegangan Dengan Peletakan
Kapasitor Pada Jaringan Distribusi
Primer Gardu Induk Sengkaling
Penyulang Dinoyo.
6. Tanggal Mengajukan Skripsi : 7 Maret 2005
7. Tanggal Menyelesaikan Skripsi : 10 Februari 2006
8. Dosen Pembimbing : Ir. I Made Wartana, MT.
9. Telah Dievaluasikan Dengan Nilai : 85,00 (Delapan Puluh Lima)

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1

Ir. F Yudi Limpraptono, MT
NIP. Y. 103 950 0274

Diperiksa dan Disetujui,
Dosen Pembimbing

04/06

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



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

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama Mahasiswa : ERWIN HAMBALI.
N.I.M. : 99.12.142.
Jurusan : Teknik Elektro S-1.
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik.
Judul Skripsi : Aplikasi Pendekatan Hybrid ESGA Untuk Meningkatkan Profil Tegangan Dengan Peletakan Kapasitor Pada Jaringan Distribusi Primer Gardu Induk Sengkaling Penyulang Dinoyo.
Dipertahankan dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1)
Hari : Jum'at.
Tanggal : 18 Maret 2006.
Dengan Nilai : 80,2 (A).



(Ir. Mochtar Asroni, MSME)

Panitia Ujian Skripsi

Sekretaris

(Ir. F Yudi Limpraptono, MT)
NIP. Y. 103 950 0274

Anggota Penguji

Penguji Pertama

(Ir. Taufik Hidayat, MT)
NIP. 108 700 151

Penguji Kedua

(Ir. Almizan Abdullah, MSEE)
NIP. Y. 103 9000 208



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 : Sabtu.
Tanggal : 18 Maret 2006.

Telah dilakukan perbaikan Skripsi oleh :

Nama : ERWIN HAMBALI.
N.I.M. : 99.12.142.
Jurusan : Teknik Elektro S-1.
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik.
Judul Skripsi : Aplikasi Pendekatan Hybrid ESGA Untuk Meningkatkan Profil Tegangan Dengan Peletakan Kapasitor Pada Jaringan Distribusi Primer Gardu Induk Sengkaling Penyulang Dinoyo.


Perbaikan meliputi:

No.	Materi perbaikan	Keterangan
1	Perbaikan penjelasan ESGA	
2	Hasil uji coba parameter dilampirkan	Al
3	Tambahan teori tentang parameter GA	Al
4	Contoh Kromosom	Al

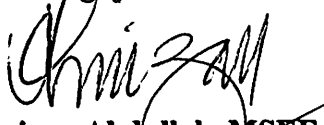
Malang, Maret 2006

Disetujui/diperiksa
Anggota Penguji

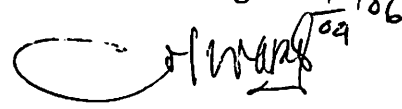
Penguji Pertama


Ir. Taufik Hidayat, MT
NIP. 108 700 151

Penguji Kedua


Ir. Almizan Abdullah, MSEE
NIP. Y. 103 9000 208

Mengetahui/Menyetujui
Dosen Pembimbing


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

Tabel 4-2

Data Saluran Penyulang Dinoyo

No	Dari Node	Ke Node	Node Behind	L Ahead			Panjang (m)	Impedansi (Ohm)	
				1	2	3		R	X
0	1	0	2	37	0	378	0.081724	0.124929	
1	2	1	3	38	0	66.3	0.014334	0.021912	
2	3	2	4	39	0	469.4	0.101484	0.155137	
3	4	3	5	0	0	180	0.038916	0.059490	
4	5	4	6	40	0	301	0.065076	0.099481	
5	6	5	7	43	0	53	0.011459	0.017517	
6	7	6	8	44	0	245	0.052969	0.080973	
7	8	7	9	53	0	230	0.049726	0.076015	
8	9	8	10	54	0	50	0.010810	0.016525	
9	10	9	11	56	0	100	0.021620	0.033050	
10	11	10	12	57	0	23	0.004973	0.007602	
11	12	11	13	0	0	221	0.047780	0.073041	
12	13	12	14	58	0	326	0.070481	0.107743	
13	14	13	15	0	0	50	0.010810	0.016525	
14	15	14	16	60	0	560	0.121072	0.185080	
15	16	15	17	61	0	40	0.008648	0.013220	
16	17	16	18	62	63	72.5	0.015675	0.023961	
17	18	17	19	64	0	166	0.035889	0.054863	
18	19	18	20	0	0	270	0.058374	0.089235	
19	20	19	21	0	0	91	0.019674	0.030076	
20	21	20	22	73	0	532	0.115018	0.175826	
21	22	21	23	75	0	136	0.029403	0.044948	
22	23	22	24	0	0	45	0.009729	0.014873	
23	24	23	25	0	0	25	0.005405	0.008263	
24	25	24	26	0	0	266	0.057509	0.087913	
25	26	25	27	76	0	98	0.021188	0.032389	
26	27	26	28	77	0	45	0.009729	0.014873	
27	28	27	29	0	0	42	0.009080	0.013881	
28	29	28	30	0	0	147	0.031781	0.048584	
29	30	29	31	0	0	110	0.023782	0.036355	
30	31	30	32	80	0	66.5	0.014377	0.021978	
31	32	31	33	82	0	29	0.006270	0.009585	
32	33	32	34	0	0	336	0.072643	0.111048	
33	34	33	35	83	0	95	0.020539	0.031398	
34	35	34	36	0	0	178	0.038484	0.058829	
35	36	35	35	0	0	10	0.002162	0.003305	
36	37	36	37	0	0	48	0.010378	0.015864	

2	38	2	0	0	0	0	10	0.002162	0.003305
3	39	3	0	0	0	429	0.092750	0.141785	
5	40	5	41	0	0	197	0.042591	0.065109	
40	41	40	42	0	0	300	0.064860	0.099150	
41	42	41	0	0	0	200	0.043240	0.066100	
6	43	6	0	0	0	246	0.053185	0.081303	
7	44	7	45	0	0	167	0.036105	0.055194	
44	45	44	46	0	0	38	0.008216	0.012559	
45	46	45	47	0	0	190	0.041078	0.062795	
46	47	46	48	0	0	353	0.076319	0.116667	
47	48	47	49	0	0	318	0.068752	0.105099	
48	49	48	51	52	0	63	0.013621	0.020822	
46	50	46	46	0	0	164	0.035457	0.054202	
49	51	49	0	0	0	765	0.165393	0.252833	
49	52	49	0	0	0	771	0.166690	0.254816	
8	53	8	0	0	0	169	0.036538	0.055855	
9	54	9	55	0	0	563	0.121721	0.186072	
54	55	54	0	0	0	841	0.181824	0.277951	
10	56	10	0	0	0	40	0.008648	0.013220	
11	57	11	0	0	0	265	0.057293	0.087583	
13	58	13	59	0	0	500	0.108100	0.165250	
58	59	58	0	0	0	450	0.097290	0.148725	
15	60	15	0	0	0	85.2	0.018420	0.028159	
16	61	16	0	0	0	50	0.010810	0.016525	
17	62	17	0	0	0	115	0.024863	0.038008	
17	63	17	0	0	0	35	0.007567	0.011568	
18	64	18	65	67	0	148	0.031998	0.048914	
64	65	64	66	0	0	459	0.099236	0.151700	
65	66	65	68	69	0	89	0.019242	0.029415	
64	67	64	0	0	0	50	0.010810	0.016525	
66	68	66	0	0	0	517	0.111775	0.170869	
66	69	66	70	72	0	101	0.021836	0.033381	
69	70	69	71	0	0	579	0.125180	0.191360	
70	71	70	0	0	0	650	0.140530	0.214825	
69	72	69	0	0	0	366	0.079129	0.120963	
21	73	21	74	0	0	87	0.018809	0.028754	
73	74	73	0	0	0	343	0.074157	0.113362	
22	75	22	0	0	0	314	0.067887	0.103777	
26	76	26	0	0	0	453	0.097939	0.149717	
27	77	27	0	0	0	31	0.006702	0.010246	
30	78	30	79	0	0	377	0.081507	0.124599	

	78	79	78	0	0	0	74.7	0.016150	0.024688
	31	80	31	81	0	0	378	0.081724	0.124929
	80	81	80	0	0	0	314	0.067887	0.103777
	32	82	32	0	0	0	5	0.001081	0.001653
	34	83	34	84	90	0	195	0.042159	0.064448
	83	84	83	85	0	0	318	0.068752	0.105099
	84	85	84	86	0	0	197	0.042591	0.065109
	85	86	85	87	0	0	204	0.044105	0.067422
	86	87	86	88	0	0	594	0.128423	0.196317
	87	88	87	89	0	0	301	0.065076	0.099481
	88	89	88	0	0	0	295	0.063779	0.097498
	83	90	83	0	0	0	138	0.029836	0.045609

Tabel 4-3
Data Pembebanan Penyulang Dinoyo
PEMBEBANAN PER PHASA

NO	R				S				T		Type BUS
	P(kWatt)	Q(kVAR)	P(kWatt)	Q(kVAR)	P(kWatt)	Q(kVAR)	P(kWatt)	Q(kVAR)	P(kWatt)	Q(kVAR)	
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	SLACK
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
4	29.70	17.63	26.87	15.94	15.94	29.52	17.51	29.52	17.51	17.51	LOAD
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
12	45.79	27.17	40.30	23.91	23.91	30.46	18.07	30.46	18.07	18.07	LOAD
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
14	64.33	38.17	50.52	29.97	29.97	57.33	34.02	57.33	34.02	34.02	LOAD
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
19	36.52	21.67	35.19	20.88	20.88	39.54	23.46	39.54	23.46	23.46	LOAD
20	46.35	27.50	32.73	19.42	19.42	19.30	11.45	19.30	11.45	11.45	LOAD
21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
23	28.38	16.84	45.41	26.94	26.94	32.35	19.20	32.35	19.20	19.20	LOAD
24	29.14	17.29	44.84	26.61	26.61	32.54	19.31	32.54	19.31	19.31	LOAD
25	37.65	22.34	31.60	18.75	18.75	29.33	17.40	29.33	17.40	17.40	LOAD
26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
28	30.08	17.85	19.30	11.45	11.45	35.76	21.22	35.76	21.22	21.22	LOAD
29	19.87	11.79	22.89	13.58	13.58	20.81	12.35	20.81	12.35	12.35	LOAD
30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
33	13.62	8.08	15.14	8.98	8.98	13.81	8.20	13.81	8.20	8.20	LOAD
34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
35	37.65	22.34	49.76	29.53	29.53	26.11	15.49	26.11	15.49	15.49	LOAD
36	23.27	13.81	29.14	17.29	17.29	41.06	24.36	41.06	24.36	24.36	LOAD
37	49.57	29.41	52.79	31.32	31.32	52.03	30.87	52.03	30.87	30.87	LOAD
38	24.41	14.48	25.54	15.16	15.16	26.30	15.60	26.30	15.60	15.60	LOAD
39	30.08	17.85	27.06	16.05	16.05	28.00	16.62	28.00	16.62	16.62	LOAD

Table 4-3
Data Pembebanan Penulangan Dinding

NO	NODE	PEMBEBANAN PER LEMBAR						Type BTS
		R		S		T		
		P (kN/m)	Q (kN/m)	P (kN/m)	Q (kN/m)	P (kN/m)	Q (kN/m)	
0		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	SLACK
1		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
2		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
3		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
4		29.70	17.63	29.27	12.94	29.27	17.21	LOAD
5		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
6		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
7		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
8		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
9		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
10		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
11		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
12		42.29	27.17	40.30	23.91	30.49	18.07	LOAD
13		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
14		64.33	38.17	50.22	29.07	27.33	24.07	LOAD
15		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
16		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
17		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
18		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
19		36.22	21.67	32.19	20.88	29.24	22.49	LOAD
20		49.22	27.20	32.22	19.42	19.20	11.42	LOAD
21		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
22		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
23		28.28	16.84	42.41	26.94	22.22	19.20	LOAD
24		20.14	12.29	44.84	29.94	27.24	19.21	LOAD
25		27.62	22.24	21.69	12.22	29.22	17.49	LOAD
26		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
27		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
28		30.08	17.82	19.20	11.42	22.29	21.22	LOAD
29		19.87	11.29	22.89	11.28	20.81	12.22	LOAD
30		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
31		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
32		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
33		12.67	8.02	12.14	2.02	13.81	8.20	LOAD
34		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
35		27.62	22.24	22.24	29.22	29.11	12.49	LOAD
36		22.22	13.81	29.14	12.29	41.69	24.29	LOAD
37		49.22	29.41	22.29	21.22	22.02	20.87	LOAD
38		24.11	14.42	22.24	12.19	29.20	12.99	LOAD
39		30.08	17.82	22.02	19.02	28.09	19.62	LOAD

40	26.49	15.72	34.25	20.32	20.62	12.24	LOAD
41	8.70	5.16	8.14	4.83	8.51	5.05	LOAD
42	7.19	4.27	6.05	3.59	6.43	3.82	LOAD
43	5.11	3.03	7.76	4.60	8.32	4.94	LOAD
44	9.46	5.61	10.22	6.06	12.30	7.30	LOAD
45	38.22	22.68	38.03	22.57	42.19	25.04	LOAD
46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
47	37.08	22.00	44.46	26.38	45.22	26.83	LOAD
48	16.84	9.99	18.92	11.23	23.08	13.70	LOAD
49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
50	5.30	3.14	6.24	3.70	7.38	4.38	LOAD
51	35.57	21.11	33.11	19.65	43.71	25.93	LOAD
52	7.00	4.15	3.97	2.36	5.49	3.26	LOAD
53	7.76	4.60	12.49	7.41	3.59	2.13	LOAD
54	29.33	17.40	17.41	10.33	21.57	12.80	LOAD
55	17.97	10.67	16.46	9.77	20.62	12.24	LOAD
56	48.06	28.52	42.19	25.04	33.49	19.87	LOAD
57	38.03	22.57	32.54	19.31	36.33	21.55	LOAD
58	19.68	11.68	23.65	14.03	25.54	15.16	LOAD
59	14.76	8.76	20.62	12.24	11.16	6.62	LOAD
60	24.97	14.82	3.41	2.02	12.11	7.18	LOAD
61	28.00	16.62	28.76	17.06	24.22	14.37	LOAD
62	8.51	5.05	6.24	3.70	8.14	4.83	LOAD
63	14.38	8.53	14.76	8.76	14.00	8.31	LOAD
64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
65	22.51	13.36	28.00	16.62	23.46	13.92	LOAD
66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
67	30.27	17.96	26.11	15.49	21.00	12.46	LOAD
68	16.27	9.65	16.65	9.88	17.78	10.55	LOAD
69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
70	27.62	16.39	26.68	15.83	37.08	22.00	LOAD
71	12.11	7.18	6.05	3.59	3.97	2.36	LOAD
72	28.19	16.73	22.14	13.13	27.43	16.28	LOAD
73	39.16	23.24	38.98	23.13	56.76	33.68	LOAD
74	12.49	7.41	7.38	4.38	22.89	13.58	LOAD
75	17.22	10.22	19.68	11.68	20.24	12.01	LOAD
76	40.11	23.80	22.33	13.25	38.03	22.57	LOAD
77	46.35	27.50	50.33	29.86	35.00	20.77	LOAD
78	37.27	22.12	27.62	16.39	37.65	22.34	LOAD
79	39.16	23.24	28.76	17.06	37.65	22.34	LOAD
80	36.89	21.89	40.49	24.02	18.73	11.11	LOAD
81	25.73	15.27	18.92	11.23	10.22	6.06	LOAD
82	38.41	22.79	28.57	16.95	27.62	16.39	LOAD
83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	LOAD
84	73.60	43.67	59.98	35.59	69.06	40.98	LOAD

85	36.52	21.67	50.33	29.86	31.79	18.86	LOAD
86	16.08	9.54	21.95	13.02	20.43	12.12	LOAD
87	32.73	19.42	48.06	28.52	51.46	30.54	LOAD
88	29.52	17.51	29.33	17.40	25.54	15.16	LOAD
89	46.92	27.84	50.52	29.97	25.16	14.93	LOAD
90	24.22	14.37	47.68	28.29	28.00	16.62	LOAD

Tabel 4-4
Hasil Perhitungan Tegangan Dan Sudut Tegangan Pada kondisi Awal

Bus	R		S		T	
	V (pu)	Θ (pu)	V (pu)	Θ (pu)	V (pu)	Θ (pu)
1	0.99559	-0.00322	0.99552	-0.00340	0.99557	-0.00339
2	0.99481	-0.00378	0.99473	-0.00400	0.99480	-0.00399
3	0.98934	-0.00777	0.98916	-0.00822	0.98930	-0.00820
4	0.98728	-0.00927	0.98707	-0.00981	0.98724	-0.00978
5	0.98391	-0.01172	0.98365	-0.01240	0.98386	-0.01236
6	0.98345	-0.01135	0.98317	-0.01207	0.98339	-0.01206
7	0.98130	-0.00966	0.98095	-0.01055	0.98123	-0.01065
8	0.97912	-0.01124	0.97875	-0.01221	0.97907	-0.01230
9	0.97865	-0.01159	0.97828	-0.01256	0.97860	-0.01266
10	0.97765	-0.01222	0.97728	-0.01323	0.97762	-0.01332
11	0.97743	-0.01237	0.97705	-0.01339	0.97739	-0.01348
12	0.97531	-0.01372	0.97491	-0.01482	0.97529	-0.01490
13	0.97231	-0.01563	0.97189	-0.01684	0.97232	-0.01691
14	0.97187	-0.01591	0.97145	-0.01713	0.97188	-0.01720
15	0.96727	-0.01883	0.96681	-0.02022	0.96731	-0.02029
16	0.96695	-0.01903	0.96648	-0.02044	0.96699	-0.02050
17	0.96637	-0.01940	0.96589	-0.02083	0.96641	-0.02089
18	0.96506	0.02024	0.96456	-0.02172	0.96509	-0.02178
19	0.96307	-0.02150	0.96254	-0.02306	0.96309	-0.02312
20	0.96243	-0.02190	0.96189	-0.02349	0.96245	-0.02355
21	0.95891	-0.02414	0.95827	-0.02590	0.95886	-0.02596
22	0.95808	-0.02467	0.95741	-0.02646	0.95803	-0.02652
23	0.95781	-0.02484	0.95714	-0.02664	0.95777	-0.02670
24	0.95766	-0.02493	0.95699	-0.02674	0.95762	-0.02680
25	0.95617	-0.02588	0.95547	-0.02774	0.95614	-0.02779
26	0.95567	-0.02619	0.95497	-0.02808	0.95565	-0.02813
27	0.95546	-0.02633	0.95475	-0.02822	0.95543	-0.02827
28	0.95534	-0.02640	0.95463	-0.02830	0.95532	-0.02835
29	0.95469	-0.02681	0.95395	-0.02875	0.95467	-0.02878
30	0.95420	-0.02712	0.95344	-0.02908	0.95419	-0.02911
31	0.95395	-0.02728	0.95318	-0.02925	0.95394	-0.02928
32	0.95386	-0.02734	0.95308	-0.02932	0.95384	-0.02934
33	0.95288	-0.02796	0.95202	-0.03001	0.95283	-0.03002
34	0.95286	-0.02798	0.95199	-0.03003	0.95280	-0.03004
35	0.95281	-0.02801	0.95193	-0.03007	0.95274	-0.03008
36	0.95281	-0.02801	0.95193	-0.03007	0.95273	-0.03008
37	0.99559	-0.00322	0.99552	-0.00340	0.99557	-0.00339
38	0.99481	-0.00378	0.99473	-0.00400	0.99480	-0.00399
39	0.98922	-0.00785	0.98905	-0.00830	0.98919	-0.00828
40	0.98384	-0.01177	0.98356	-0.01246	0.98379	-0.01242
41	0.98379	-0.01180	0.98352	-0.01249	0.98374	-0.01245

Tabel 4-4
 Hasil Perhitungan Tegangan Dan Sudut Tegangan Pada Kondisi Awal

Bujur	R		2		T	
	V (pu)	θ (pu)	V (pu)	θ (pu)	V (pu)	θ (pu)
1	0.00220	-0.00322	0.00225	-0.00340	0.00227	-0.00330
2	0.00481	-0.00378	0.00473	-0.00400	0.00480	-0.00390
3	0.00034	-0.00717	0.00016	-0.00822	0.00030	-0.00820
4	0.00728	-0.00027	0.00707	-0.00081	0.00724	-0.00078
5	0.00301	-0.01172	0.00262	-0.01240	0.00280	-0.01230
6	0.00342	-0.01132	0.00317	-0.01207	0.00330	-0.01200
7	0.00130	-0.00060	0.00092	-0.01022	0.00123	-0.01002
8	0.00012	-0.01124	0.00022	-0.01221	0.00017	-0.01230
9	0.00702	-0.01120	0.00728	-0.01220	0.00700	-0.01200
10	0.00770	-0.01222	0.00728	-0.01322	0.00702	-0.01322
11	0.00743	-0.01227	0.00702	-0.01330	0.00730	-0.01348
12	0.00231	-0.01222	0.00401	-0.01482	0.00220	-0.01400
13	0.00231	-0.01222	0.00180	-0.01084	0.00222	-0.01001
14	0.00182	-0.01201	0.00142	-0.01112	0.00188	-0.01220
15	0.00027	-0.01883	0.00001	-0.02022	0.00031	-0.02020
16	0.00002	-0.01003	0.00048	-0.02044	0.00000	-0.02020
17	0.00037	-0.01040	0.00080	-0.02083	0.00041	-0.02080
18	0.00000	0.02024	0.00020	-0.02122	0.00020	-0.02128
19	0.00007	-0.02120	0.00024	-0.02200	0.00030	-0.02122
20	0.00042	-0.02100	0.00180	-0.02240	0.00042	-0.02222
21	0.00001	-0.02114	0.00027	-0.02200	0.00000	-0.02200
22	0.00008	-0.02040	0.00041	-0.02040	0.00002	-0.02022
23	0.00081	-0.02044	0.00044	-0.02004	0.00072	-0.02020
24	0.00200	-0.02040	0.00000	-0.02044	0.00202	-0.02080
25	0.00017	-0.02288	0.00047	-0.02244	0.00014	-0.02220
26	0.00202	-0.02010	0.00040	-0.02008	0.00202	-0.02013
27	0.00240	-0.02023	0.00042	-0.02022	0.00242	-0.02022
28	0.00234	-0.02040	0.00040	-0.02083	0.00232	-0.02082
29	0.00400	-0.02081	0.00302	-0.02022	0.00402	-0.02028
30	0.00420	-0.02122	0.00344	-0.02008	0.00410	-0.02011
31	0.00302	-0.02228	0.00318	-0.02022	0.00304	-0.02028
32	0.00300	-0.02234	0.00308	-0.02032	0.00304	-0.02034
33	0.00288	-0.02200	0.00202	-0.03001	0.00283	-0.03002
34	0.00280	-0.02208	0.00100	-0.03003	0.00280	-0.03004
35	0.00281	-0.02801	0.00103	-0.03002	0.00224	-0.03008
36	0.00281	-0.02801	0.00103	-0.03002	0.00222	-0.03008
37	0.00220	-0.00322	0.00222	-0.00340	0.00222	-0.00330
38	0.00481	-0.00378	0.00473	-0.00400	0.00480	-0.00390
39	0.00034	-0.00717	0.00002	-0.00820	0.00010	-0.00828
40	0.00384	-0.01127	0.00320	-0.01240	0.00320	-0.01222
41	0.00220	-0.01180	0.00222	-0.01240	0.00224	-0.01242

42	0.98378	-0.01181	0.98351	-0.01250	0.98373	-0.01246
43	0.98342	-0.01137	0.98314	-0.01209	0.98337	-0.01207
44	0.98108	-0.00982	0.98071	-0.01071	0.98098	-0.01082
45	0.98103	-0.00985	0.98066	-0.01075	0.98093	-0.01086
46	0.98086	-0.00996	0.98048	-0.01087	0.98074	-0.01099
47	0.98055	-0.01017	0.98015	-0.01111	0.98038	-0.01123
48	0.98038	-0.01028	0.97998	-0.01123	0.98020	-0.01136
49	0.98036	-0.01030	0.97996	-0.01124	0.98017	-0.01138
50	0.98010	-0.01047	0.97969	-0.01143	0.97988	-0.01158
51	0.98010	-0.01047	0.97969	-0.01143	0.97988	-0.01158
52	0.98036	-0.01030	0.97996	-0.01124	0.98017	-0.01138
53	0.97911	-0.01125	0.97874	-0.01222	0.97906	-0.01231
54	0.97842	-0.01173	0.97807	-0.01271	0.97838	-0.01281
55	0.97828	-0.01183	0.97793	-0.01281	0.97822	-0.01292
56	0.97765	-0.01222	0.97728	-0.01323	0.97762	-0.01332
57	0.97733	-0.01243	0.97696	-0.01345	0.97730	-0.01354
58	0.97210	-0.01576	0.97165	-0.01699	0.97210	-0.01706
59	0.97204	-0.01581	0.97158	-0.01704	0.97204	-0.01710
60	0.96726	-0.01884	0.96679	-0.02023	0.96729	-0.02029
61	0.96695	-0.01903	0.96648	-0.02044	0.96699	-0.02050
62	0.96637	-0.01940	0.96589	-0.02083	0.96640	-0.02090
63	0.96637	-0.01940	0.96589	-0.02083	0.96641	-0.02089
64	0.96497	-0.02029	0.96447	-0.02178	0.96500	-0.02184
65	0.96470	-0.02046	0.96421	-0.02195	0.96475	-0.02201
66	0.96467	-0.02048	0.96418	-0.02197	0.96472	-0.02203
67	0.96467	-0.02048	0.96418	-0.02197	0.96472	-0.02203
68	0.96467	-0.02048	0.96418	-0.02197	0.96472	-0.02203
69	0.96464	-0.02051	0.96415	-0.02199	0.96469	-0.02205
70	0.96458	-0.02054	0.96411	-0.02202	0.96465	-0.02208
71	0.96452	-0.02057	0.96407	-0.02205	0.96462	-0.02211
72	0.96454	-0.02057	0.96406	-0.02206	0.96459	-0.02212
73	0.95886	-0.02417	0.95822	-0.02593	0.95881	-0.02600
74	0.95882	-0.02420	0.95818	-0.02596	0.95875	-0.02603
75	0.95802	-0.02471	0.95735	-0.02650	0.95797	-0.02656
76	0.95552	-0.02629	0.95484	-0.02817	0.95549	-0.02823
77	0.95546	-0.02633	0.95475	-0.02822	0.95543	-0.02827
78	0.95394	-0.02729	0.95320	-0.02925	0.95392	-0.02929
79	0.95391	-0.02731	0.95318	-0.02926	0.95390	-0.02931
80	0.95375	-0.02741	0.95298	-0.02938	0.95379	-0.02938
81	0.95368	-0.02745	0.95292	-0.02942	0.95374	-0.02942
82	0.95385	-0.02734	0.95308	-0.02932	0.95384	-0.02934
83	0.95240	-0.02827	0.95149	-0.03035	0.95234	-0.03035
84	0.95161	-0.02877	0.95063	-0.03091	0.95154	-0.03089
85	0.95131	-0.02896	0.95030	-0.03113	0.95124	-0.03109
86	0.95100	-0.02916	0.94996	-0.03135	0.95092	-0.03130

45	0.08378	-0.01181	0.08321	-0.01220	0.08373	-0.01249
46	0.08086	-0.00996	0.08048	-0.01087	0.08074	-0.01099
47	0.08022	-0.01017	0.08012	-0.01111	0.08038	-0.01123
48	0.08038	-0.01028	0.08028	-0.01123	0.08020	-0.01139
49	0.08036	-0.01030	0.08066	-0.01124	0.08017	-0.01138
50	0.08010	-0.01047	0.08092	-0.01143	0.08028	-0.01138
51	0.08010	-0.01047	0.08099	-0.01147	0.08088	-0.01138
52	0.08036	-0.01030	0.08099	-0.01124	0.08017	-0.01138
53	0.07911	-0.01122	0.07874	-0.01222	0.07909	-0.01221
54	0.07875	-0.01122	0.07807	-0.01221	0.07838	-0.01281
55	0.07828	-0.01182	0.07792	-0.01281	0.07822	-0.01292
56	0.07762	-0.01222	0.07728	-0.01322	0.07762	-0.01322
57	0.07732	-0.01242	0.07696	-0.01342	0.07730	-0.01324
58	0.07210	-0.01226	0.07192	-0.01460	0.07210	-0.01469
59	0.07204	-0.01281	0.07128	-0.01404	0.07204	-0.01470
60	0.06729	-0.01884	0.06670	-0.02022	0.06729	-0.02029
61	0.06692	-0.01902	0.06648	-0.02044	0.06699	-0.02020
62	0.06632	-0.01910	0.06589	-0.02082	0.06640	-0.02090
63	0.06632	-0.01940	0.06580	-0.02082	0.06641	-0.02089
64	0.06462	-0.02020	0.06447	-0.02128	0.06500	-0.02184
65	0.06470	-0.02046	0.06421	-0.02192	0.06472	-0.02201
66	0.06462	-0.02048	0.06418	-0.02192	0.06472	-0.02202
67	0.06462	-0.02048	0.06418	-0.02192	0.06472	-0.02202
68	0.06462	-0.02048	0.06418	-0.02192	0.06472	-0.02202
69	0.06464	-0.02021	0.06412	-0.02199	0.06469	-0.02202
70	0.06428	-0.02024	0.06411	-0.02202	0.06462	-0.02208
71	0.06422	-0.02022	0.06407	-0.02202	0.06462	-0.02211
72	0.06424	-0.02022	0.06406	-0.02209	0.06459	-0.02212
73	0.05889	-0.02417	0.05822	-0.02292	0.05881	-0.02900
74	0.05882	-0.02420	0.05818	-0.02299	0.05872	-0.02902
75	0.05802	-0.02471	0.05732	-0.02920	0.05797	-0.02929
76	0.05222	-0.02999	0.05184	-0.02817	0.05249	-0.02922
77	0.05246	-0.02992	0.05172	-0.02822	0.05243	-0.02922
78	0.05291	-0.02929	0.05220	-0.02922	0.05292	-0.02929
79	0.05291	-0.02921	0.05218	-0.02929	0.05290	-0.02921
80	0.05222	-0.02971	0.05298	-0.02928	0.05229	-0.02928
81	0.05298	-0.02972	0.05292	-0.02942	0.05294	-0.02942
82	0.05282	-0.02924	0.05238	-0.02922	0.05284	-0.02924
83	0.05240	-0.02822	0.05149	-0.02922	0.05224	-0.02922
84	0.05191	-0.02877	0.05092	-0.02991	0.05124	-0.02989
85	0.05212	-0.02899	0.05020	-0.02912	0.05124	-0.02919
86	0.05100	-0.02919	0.04999	-0.02922	0.05092	-0.02920

87	0.95020	-0.02966	0.94909	-0.03191	0.95013	-0.03184
88	0.94991	-0.02985	0.94879	-0.03210	0.94987	-0.03201
89	0.94978	-0.02993	0.94866	-0.03219	0.94977	-0.03209
90	0.95157	-0.02879	0.95057	-0.03095	0.95150	-0.03092

Tabel 4-5
Hasil Perhitungan Rugi-rugi Daya Aktif Dan Rugi-rugi Daya Reaktif
Pada kondisi Awal

No. Saluran	Dari Node	Ke Node	Rugi-rugi Daya Aktif (kWATT)			Rugi-rugi Daya Reaktif (kVAR)		
			R	S	T	R	S	T
1	0	1	9.019	8.929	8.767	0.645	0.809	0.844
2	1	2	1.582	1.566	1.538	0.113	0.142	0.148
3	2	3	11.200	11.087	10.887	0.801	1.004	1.048
4	3	4	4.112	4.079	4.000	0.292	0.367	0.383
5	4	5	6.579	6.538	6.392	0.463	0.584	0.608
6	5	6	0.308	0.341	0.348	-0.859	-0.791	-0.748
7	6	7	1.399	1.545	1.582	-3.907	-3.584	-3.411
8	7	8	3.649	3.512	3.413	0.238	0.296	0.310
9	8	9	0.782	0.748	0.735	0.051	0.063	0.066
10	9	10	1.523	1.472	1.430	0.009	0.040	0.049
11	10	11	0.350	0.339	0.329	0.002	0.009	0.011
12	11	12	3.130	3.040	2.934	0.016	0.079	0.098
13	12	13	4.221	4.121	4.032	0.018	0.104	0.130
14	13	14	0.591	0.567	0.563	0.002	0.014	0.017
15	14	15	5.777	5.633	5.526	0.010	0.127	0.165
16	15	16	0.391	0.388	0.382	0.001	0.009	0.011
17	16	17	0.709	0.702	0.692	0.001	0.016	0.020
18	17	18	1.593	1.583	1.555	0.002	0.034	0.046
19	18	19	2.218	2.223	2.188	0.001	0.046	0.062
20	19	20	0.679	0.680	0.664	0.000	0.013	0.019
21	20	21	3.515	3.618	3.627	-0.001	0.070	0.097
22	21	22	0.766	0.795	0.743	-0.001	0.014	0.021
23	22	23	0.239	0.247	0.230	0.000	0.004	0.006
24	23	24	0.133	0.137	0.128	0.000	0.002	0.004
25	24	25	1.276	1.268	1.211	-0.004	0.022	0.033
26	25	26	0.383	0.382	0.368	-0.001	0.006	0.010
27	26	27	0.152	0.158	0.146	-0.001	0.002	0.004
28	27	28	0.084	0.088	0.081	0.000	0.001	0.002
29	28	29	0.439	0.472	0.412	-0.002	0.006	0.012
30	29	30	0.328	0.353	0.308	-0.001	0.005	0.009
31	30	31	0.140	0.162	0.130	-0.001	0.002	0.003
32	31	32	0.044	0.053	0.056	0.000	0.001	0.001
33	32	33	0.405	0.514	0.449	-0.002	0.005	0.010
34	33	34	0.001	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000
35	34	35	0.002	0.002	0.004	0.000	0.000	0.000
36	35	36	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
37	1	37	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
38	2	38	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
39	3	39	0.005	0.005	0.005	0.000	0.000	0.000

Tabel 4-5
 Hasil Perhitungan Rugi-rugi Daya Aktif Dan Rugi-rugi Daya Reaktif Pada Instalasi Awal

No. Saluran	Dua Node	Ke Node	Rugi-rugi Daya Aktif (KWATT)			Rugi-rugi Daya Reaktif (KVAR)		
			R	S	T	R	S	T
1	0	1	0.010	8.920	8.767	0.042	0.209	0.844
2	1	2	1.282	1.208	1.228	0.112	0.142	0.148
3	2	3	11.200	11.087	10.887	0.801	1.004	1.048
4	3	4	4.112	4.070	4.000	0.202	0.282	0.282
5	4	5	0.220	0.238	0.202	0.102	0.284	0.608
6	5	6	0.308	0.341	0.248	-0.220	-0.201	-0.248
7	6	7	1.200	1.242	1.282	-1.002	-2.284	-2.411
8	7	8	2.440	2.212	2.412	0.238	0.200	0.210
9	8	9	0.282	0.248	0.222	0.021	0.002	0.000
10	9	10	1.222	1.422	1.420	0.000	0.040	0.040
11	10	11	0.220	0.220	0.220	0.002	0.000	0.011
12	11	12	2.120	2.040	2.024	0.010	0.020	0.028
13	12	13	4.221	4.121	4.022	0.018	0.104	0.120
14	13	14	0.201	0.202	0.202	0.002	0.014	0.012
15	14	15	2.222	2.022	2.220	0.010	0.122	0.102
16	15	16	0.201	0.282	0.282	0.001	0.000	0.011
17	16	17	0.200	0.202	0.002	0.001	0.010	0.020
18	17	18	1.202	1.282	1.222	0.002	0.024	0.040
19	18	19	2.218	2.222	2.182	0.001	0.040	0.002
20	19	20	0.020	0.020	0.004	0.000	0.012	0.010
21	20	21	2.212	2.018	2.022	-0.001	0.020	0.002
22	21	22	0.200	0.202	0.242	-0.001	0.014	0.021
23	22	23	0.220	0.212	0.212	0.000	0.004	0.000
24	23	24	0.122	0.122	0.122	0.000	0.002	0.004
25	24	25	1.220	1.208	1.211	-0.001	0.022	0.022
26	25	26	0.282	0.282	0.202	-0.001	0.000	0.010
27	26	27	0.122	0.122	0.140	-0.001	0.002	0.004
28	27	28	0.082	0.082	0.081	0.000	0.001	0.002
29	28	29	0.420	0.422	0.412	-0.002	0.000	0.012
30	29	30	0.228	0.222	0.202	-0.001	0.002	0.000
31	30	31	0.140	0.102	0.120	-0.001	0.002	0.002
32	31	32	0.044	0.022	0.020	0.000	0.001	0.001
33	32	33	0.102	0.214	0.140	-0.002	0.002	0.010
34	33	34	0.001	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000
35	34	35	0.002	0.002	0.004	0.000	0.000	0.000
36	35	36	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
37	1	37	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
38	2	38	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
39	3	39	0.002	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000

40	5	40	0.005	0.006	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
41	40	41	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
42	41	42	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
43	6	43	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
44	7	44	0.045	0.050	0.061	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003
45	44	45	0.009	0.010	0.012	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001
46	45	46	0.022	0.025	0.031	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002
47	46	47	0.041	0.047	0.058	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003
48	47	48	0.012	0.013	0.018	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
49	48	49	0.001	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50	46	50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
51	49	51	0.013	0.013	0.019	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
52	49	52	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
53	8	53	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
54	9	54	0.015	0.010	0.013	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001
55	54	55	0.004	0.004	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
56	10	56	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
57	11	57	0.005	0.004	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
58	13	58	0.013	0.017	0.013	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001
59	58	59	0.001	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60	15	60	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
61	16	61	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
62	17	62	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
63	17	63	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
64	18	64	0.008	0.007	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
65	64	65	0.025	0.022	0.021	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001
66	65	66	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
67	64	67	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
68	66	68	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
69	66	69	0.002	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70	69	70	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
71	70	71	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
72	69	72	0.004	0.003	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
73	21	73	0.003	0.003	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
74	73	74	0.001	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
75	22	75	0.001	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
76	26	76	0.009	0.004	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
77	27	77	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
78	30	78	0.029	0.020	0.029	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001
79	78	79	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80	31	80	0.018	0.017	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

40	2	40	0.002	0.006	0.004	0.000	0.000
41	10	41	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
42	41	42	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
43	6	43	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
44	7	44	0.042	0.020	0.061	0.003	0.003
45	41	45	0.009	0.010	0.013	0.000	0.001
46	42	46	0.023	0.032	0.031	0.001	0.003
47	46	47	0.041	0.013	0.028	0.003	0.003
48	47	48	0.013	0.013	0.018	0.001	0.001
49	48	49	0.001	0.001	0.003	0.000	0.000
50	49	50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
51	49	51	0.013	0.013	0.019	0.001	0.001
52	49	52	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
53	8	53	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
54	9	54	0.012	0.010	0.012	0.000	0.001
55	24	55	0.004	0.004	0.002	0.000	0.000
56	10	56	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
57	11	57	0.002	0.004	0.002	0.000	0.000
58	13	58	0.013	0.013	0.013	0.000	0.001
59	28	59	0.001	0.003	0.001	0.000	0.000
60	12	60	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
61	16	61	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
62	17	62	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
63	17	63	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
64	18	64	0.008	0.007	0.007	0.000	0.000
65	04	65	0.022	0.023	0.021	0.000	0.001
66	02	66	0.003	0.001	0.001	0.000	0.000
67	04	67	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
68	06	68	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
69	06	69	0.003	0.001	0.003	0.000	0.000
70	09	70	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
71	10	71	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
72	09	72	0.004	0.003	0.004	0.000	0.000
73	11	73	0.003	0.003	0.006	0.000	0.000
74	12	74	0.001	0.000	0.003	0.000	0.000
75	12	75	0.001	0.003	0.003	0.000	0.000
76	16	76	0.009	0.004	0.008	0.000	0.000
77	17	77	0.030	0.030	0.030	0.000	0.000
78	18	78	0.029	0.029	0.029	0.000	0.001
79	18	79	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000
80	11	80	0.012	0.013	0.006	0.000	0.000

81	80	81	0.002	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
82	32	82	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
83	34	83	0.175	0.221	0.178	-0.001	0.001	0.001	0.004	0.004
84	83	84	0.286	0.360	0.291	-0.002	0.002	0.002	0.007	0.007
85	84	85	0.067	0.086	0.066	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002
86	85	86	0.069	0.089	0.068	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002
87	86	87	0.158	0.197	0.148	0.000	0.000	0.001	0.004	0.004
88	87	88	0.044	0.047	0.029	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001
89	88	89	0.009	0.100	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90	83	90	0.001	0.004	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Tabel 4-8
Hasil Perhitungan Tegangan Dan Sudut Tegangan
Pada kondisi Akhir

Bus	R		S		T	
	V (pu)	Θ (pu)	V (pu)	Θ (pu)	V (pu)	Θ (pu)
1	0.99608	-0.00340	0.99604	-0.00359	0.99609	-0.00357
2	0.99540	-0.00400	0.99534	-0.00422	0.99541	-0.00420
3	0.99053	-0.00822	0.99042	-0.00867	0.99056	-0.00864
4	0.98871	-0.00981	0.98858	-0.01034	0.98874	-0.01031
5	0.98574	-0.01240	0.98557	-0.01309	0.98578	-0.01303
6	0.98527	-0.01410	0.98509	-0.01281	0.98531	-0.01279
7	0.98310	-0.01070	0.98287	-0.01158	0.98315	-0.01165
8	0.98122	-0.01239	0.98098	-0.01350	0.98130	-0.01342
9	0.98081	-0.01276	0.98058	-0.01373	0.98090	-0.01380
10	0.97995	-0.01345	0.97972	-0.01446	0.98006	-0.01452
11	0.97975	-0.01361	0.97952	-0.01463	0.97986	-0.01469
12	0.97793	-0.01509	0.97770	-0.01619	0.97808	-0.01624
13	0.97537	-0.01720	0.97514	-0.01841	0.97556	-0.01845
14	0.97500	-0.01751	0.97477	-0.01873	0.97519	-0.01877
15	0.97116	-0.02077	0.97092	-0.02216	0.97141	-0.02210
16	0.97089	-0.02100	0.97065	-0.02240	0.97114	-0.02243
17	0.97041	-0.02141	0.97016	-0.02284	0.97066	-0.02286
18	0.96931	-0.02235	0.96906	-0.02383	0.96958	-0.02385
19	0.96769	-0.02377	0.96742	-0.02534	0.96796	-0.02535
20	0.96717	-0.02423	0.96690	-0.02583	0.96745	-0.02584
21	0.96436	-0.02680	0.96403	-0.02855	0.96460	-0.02857
22	0.96371	-0.02741	0.96337	-0.02920	0.96397	-0.02921
23	0.96350	-0.02761	0.96316	-0.02941	0.96376	-0.02941
24	0.96339	-0.02772	0.96304	-0.02953	0.96365	-0.02953
25	0.96225	-0.02883	0.96190	-0.03069	0.96254	-0.03069
26	0.96188	-0.02920	0.96153	-0.03109	0.96218	-0.03108
27	0.96171	-0.02936	0.96135	-0.03125	0.96201	-0.03124
28	0.96161	-0.02944	0.96126	-0.03134	0.96192	-0.03133
29	0.96109	-0.02991	0.96071	-0.03185	0.96141	-0.03182
30	0.96070	-0.03027	0.96031	-0.03223	0.96103	-0.03219
31	0.96051	-0.03045	0.96011	-0.03243	0.96084	-0.03239
32	0.96044	-0.03053	0.96003	-0.03251	0.96077	-0.03246
33	0.95977	-0.03129	0.95929	-0.03334	0.96007	-0.03328
34	0.95974	-0.03130	0.95926	-0.03336	0.96004	-0.03330
35	0.95969	-0.03133	0.95920	-0.03339	0.95998	-0.03334
36	0.95969	-0.03133	0.95920	-0.03340	0.95998	-0.03334
37	0.99608	-0.00340	0.99604	-0.00359	0.99609	-0.00357
38	0.99540	-0.00400	0.99534	-0.00422	0.99541	-0.00420
39	0.99041	-0.00830	0.99031	-0.00875	0.99044	-0.00872
40	0.98566	-0.01246	0.98549	-0.01314	0.98570	-0.01309

Tabel 4-8
 Hasil Perhitungan Tegangan Dan Nilai Tegangan
 Pada Kondisi Akhir

Balok	R		2		1	
	V (kn)	θ (kn)	V (kn)	θ (kn)	V (kn)	θ (kn)
1	0.96503	-0.00340	0.96604	-0.00329	0.96609	-0.00327
2	0.96240	-0.00400	0.96234	-0.00425	0.96241	-0.00430
3	0.96022	-0.00823	0.96012	-0.00867	0.96029	-0.00884
4	0.95871	-0.00981	0.95828	-0.01034	0.95874	-0.01031
5	0.95779	-0.01240	0.95737	-0.01309	0.95778	-0.01303
6	0.95527	-0.01410	0.95309	-0.01281	0.95231	-0.01270
7	0.95310	-0.01070	0.95257	-0.01128	0.95212	-0.01182
8	0.95122	-0.01239	0.95098	-0.01250	0.95130	-0.01242
9	0.95081	-0.01279	0.95028	-0.01252	0.95090	-0.01380
10	0.95092	-0.01473	0.95022	-0.01449	0.95008	-0.01422
11	0.95022	-0.01281	0.95022	-0.01493	0.95082	-0.01469
12	0.95293	-0.01299	0.95270	-0.01819	0.95208	-0.01624
13	0.95227	-0.01270	0.95214	-0.01831	0.95229	-0.01842
14	0.95200	-0.01221	0.95177	-0.01823	0.95219	-0.01827
15	0.95119	-0.02022	0.95092	-0.02219	0.95111	-0.02210
16	0.95089	-0.02100	0.95092	-0.02249	0.95114	-0.02242
17	0.95041	-0.02141	0.95019	-0.02284	0.95099	-0.02289
18	0.95921	-0.02222	0.95909	-0.02383	0.95928	-0.02382
19	0.95929	-0.02327	0.95942	-0.02234	0.95999	-0.02222
20	0.95917	-0.02322	0.95990	-0.02282	0.95942	-0.02284
21	0.95929	-0.02680	0.95903	-0.02822	0.95949	-0.02827
22	0.95921	-0.02241	0.95922	-0.02920	0.95927	-0.02921
23	0.95220	-0.02291	0.95319	-0.02941	0.95379	-0.02941
24	0.95329	-0.02222	0.95304	-0.02922	0.95392	-0.02922
25	0.95222	-0.02822	0.95190	-0.02999	0.95221	-0.03099
26	0.95182	-0.02920	0.95122	-0.03109	0.95218	-0.03108
27	0.95121	-0.02999	0.95132	-0.03122	0.95201	-0.03121
28	0.95191	-0.02941	0.95129	-0.02124	0.95192	-0.03121
29	0.95199	-0.02991	0.95921	-0.02182	0.95141	-0.02182
30	0.95920	-0.02927	0.95931	-0.02222	0.95192	-0.02219
31	0.95921	-0.02912	0.95911	-0.02212	0.95984	-0.02229
32	0.95914	-0.02922	0.95902	-0.02221	0.95927	-0.02242
33	0.95927	-0.02129	0.95929	-0.02224	0.95992	-0.02222
34	0.95927	-0.02130	0.95929	-0.02229	0.95904	-0.02229
35	0.95929	-0.02122	0.95920	-0.02229	0.95998	-0.02224
36	0.95999	-0.02122	0.95920	-0.02249	0.95998	-0.02224
37	0.95998	-0.00340	0.95994	-0.00329	0.95999	-0.00327
38	0.95240	-0.00400	0.95234	-0.00425	0.95241	-0.00430
39	0.95022	-0.00823	0.95012	-0.00867	0.95029	-0.00884
40	0.95871	-0.00981	0.95828	-0.01034	0.95874	-0.01031

41	0.98562	-0.01248	0.98544	-0.01318	0.98566	-0.01312
42	0.98560	-0.01249	0.98543	-0.01318	0.98565	-0.01313
43	0.98524	-0.01211	0.98506	-0.01283	0.98529	-0.01280
44	0.98287	-0.01085	0.98263	-0.01174	0.98590	-0.01183
45	0.98283	-0.01088	0.98258	-0.01178	0.98285	-0.01186
46	0.98266	-0.01099	0.98240	-0.01190	0.98266	-0.01199
47	0.98234	-0.01120	0.98207	-0.01214	0.98230	-0.01224
48	0.98218	-0.01131	0.98190	-0.01225	0.98212	-0.01236
49	0.98216	-0.01133	0.98187	-0.01227	0.98209	-0.01238
50	0.98190	-0.01150	0.98161	-0.01246	0.98180	-0.01258
51	0.98190	-0.01150	0.98161	-0.01246	0.98180	-0.01258
52	0.98216	-0.01133	0.98187	-0.01227	0.98209	-0.01238
53	0.98120	-0.01240	0.98097	-0.01336	0.98129	-0.01343
54	0.98058	-0.01290	0.98038	-0.01388	0.98068	-0.01395
55	0.98044	-0.01300	0.98023	-0.01398	0.98052	-0.01406
56	0.97995	-0.01345	0.97972	-0.01446	0.98006	-0.01452
57	0.97966	-0.01367	0.97943	-0.01469	0.97977	-0.01475
58	0.97517	-0.01734	0.97490	-0.01856	0.97535	-0.01859
59	0.97510	-0.01738	0.97483	-0.01861	0.97529	-0.01864
60	0.97114	-0.02078	0.97090	-0.02217	0.97140	-0.02219
61	0.97089	-0.02100	0.97065	-0.02240	0.97114	-0.02243
62	0.97040	-0.02142	0.97016	-0.02285	0.97065	-0.02287
63	0.97041	-0.21410	0.97016	-0.02284	0.97066	-0.02286
64	0.96922	-0.02240	0.96898	-0.02389	0.96950	-0.02390
65	0.96896	-0.02257	0.96871	-0.02406	0.96924	-0.02408
66	0.96893	-0.02259	0.96869	-0.02408	0.96921	-0.02410
67	0.96893	-0.02259	0.96869	-0.02408	0.96921	-0.02410
68	0.96893	-0.02259	0.96869	-0.02408	0.96921	-0.02410
69	0.96889	-0.02261	0.96866	-0.02410	0.96918	-0.02412
70	0.96884	-0.02265	0.96862	-0.02413	0.96915	-0.02414
71	0.96878	-0.02268	0.96857	-0.02416	0.96911	-0.02417
72	0.96880	-0.02268	0.96857	-0.02417	0.96908	-0.02418
73	0.96431	-0.02683	0.96398	-0.02859	0.96455	-0.02860
74	0.96427	-0.02686	0.96394	-0.02610	0.96449	-0.02864
75	0.96365	-0.02745	0.96330	-0.02924	0.96390	-0.02925
76	0.96173	-0.02930	0.96140	-0.03118	0.96203	-0.03118
77	0.96171	-0.02936	0.96135	-0.03125	0.96201	-0.03124
78	0.96044	-0.03043	0.96007	-0.03239	0.96077	-0.03237
79	0.96041	-0.03045	0.96005	-0.03241	0.96074	-0.03239
80	0.96031	-0.03058	0.95991	-0.03255	0.96069	-0.03249
81	0.96024	-0.03062	0.95985	-0.03259	0.96065	-0.03253
82	0.96044	-0.03053	0.96003	-0.03251	0.96077	-0.03247
83	0.95937	-0.03163	0.95885	-0.03372	0.95967	-0.03365
84	0.95872	-0.03220	0.95814	-0.03434	0.95902	-0.03425
85	0.95851	-0.03243	0.95790	-0.03460	0.95881	-0.03450

82	0.02821	-0.03243	0.02500	-0.03490	0.02881	-0.03420
84	0.02825	-0.03250	0.02814	-0.03434	0.02905	-0.03422
83	0.02837	-0.03462	0.02882	-0.03325	0.02967	-0.03362
85	0.02844	-0.03022	0.02902	-0.03221	0.02972	-0.03242
81	0.02854	-0.03092	0.02922	-0.03229	0.02992	-0.03222
80	0.02831	-0.03302	0.02901	-0.03222	0.02969	-0.03249
79	0.02841	-0.03042	0.02902	-0.03244	0.02974	-0.03229
78	0.02844	-0.03042	0.02907	-0.03239	0.02977	-0.03222
77	0.02841	-0.03042	0.02913	-0.03152	0.02971	-0.03174
76	0.02847	-0.03039	0.02914	-0.03118	0.02973	-0.03118
75	0.02832	-0.03272	0.02930	-0.03024	0.02980	-0.03022
74	0.02827	-0.03089	0.02934	-0.03010	0.02984	-0.03084
73	0.02831	-0.03082	0.02938	-0.03029	0.02987	-0.03090
72	0.02880	-0.03292	0.02927	-0.03412	0.02998	-0.03418
71	0.02878	-0.03292	0.02927	-0.03419	0.02991	-0.03417
70	0.02884	-0.03292	0.02925	-0.03413	0.02992	-0.03414
69	0.02889	-0.03291	0.02929	-0.03410	0.02998	-0.03412
68	0.02893	-0.03290	0.02929	-0.03408	0.02997	-0.03410
67	0.02893	-0.03290	0.02929	-0.03408	0.02997	-0.03410
66	0.02893	-0.03290	0.02929	-0.03408	0.02997	-0.03410
65	0.02904	-0.03290	0.02929	-0.03408	0.02997	-0.03410
64	0.02905	-0.03290	0.02929	-0.03408	0.02997	-0.03410
63	0.02904	-0.03290	0.02929	-0.03408	0.02997	-0.03410
62	0.02904	-0.03290	0.02929	-0.03408	0.02997	-0.03410
61	0.02904	-0.03290	0.02929	-0.03408	0.02997	-0.03410
60	0.02914	-0.03290	0.02929	-0.03408	0.02997	-0.03410
59	0.02919	-0.03290	0.02929	-0.03408	0.02997	-0.03410
58	0.02917	-0.03290	0.02929	-0.03408	0.02997	-0.03410
57	0.02909	-0.03290	0.02929	-0.03408	0.02997	-0.03410
56	0.02902	-0.03290	0.02929	-0.03408	0.02997	-0.03410
55	0.02904	-0.03290	0.02929	-0.03408	0.02997	-0.03410
54	0.02904	-0.03290	0.02929	-0.03408	0.02997	-0.03410
53	0.02904	-0.03290	0.02929	-0.03408	0.02997	-0.03410
52	0.02904	-0.03290	0.02929	-0.03408	0.02997	-0.03410
51	0.02904	-0.03290	0.02929	-0.03408	0.02997	-0.03410
50	0.02904	-0.03290	0.02929	-0.03408	0.02997	-0.03410
49	0.02904	-0.03290	0.02929	-0.03408	0.02997	-0.03410
48	0.02904	-0.03290	0.02929	-0.03408	0.02997	-0.03410
47	0.02904	-0.03290	0.02929	-0.03408	0.02997	-0.03410
46	0.02904	-0.03290	0.02929	-0.03408	0.02997	-0.03410
45	0.02904	-0.03290	0.02929	-0.03408	0.02997	-0.03410
44	0.02904	-0.03290	0.02929	-0.03408	0.02997	-0.03410
43	0.02904	-0.03290	0.02929	-0.03408	0.02997	-0.03410
42	0.02904	-0.03290	0.02929	-0.03408	0.02997	-0.03410
41	0.02904	-0.03290	0.02929	-0.03408	0.02997	-0.03410

86	0.95820	-0.03262	0.95757	-0.03481	0.95850	-0.03470
87	0.95741	-0.03313	0.95670	-0.03537	0.95771	-0.03523
88	0.95712	-0.03331	0.95640	-0.03556	0.95746	-0.03541
89	0.95699	-0.03338	0.95627	-0.03564	0.95736	-0.03548
90	0.95868	-0.03222	0.95809	-0.03437	0.95898	-0.03428

Tabel 4-9
Hasil Perhitungan Rugi-rugi Daya Aktif Dan Rugi-rugi Daya Reaktif Pada
kondisi Akhir

No. Saluran	Dari Node	Ke Node	Rugi-rugi Daya Aktif (kWATT)			Rugi-rugi Daya Reaktif (kVAR)		
			R	S	T	R	S	T
1	0	1	7.936	7.801	7.647	1.942	2.110	2.124
2	1	2	1.392	1.368	1.341	0.341	0.370	0.373
3	2	3	9.855	9.687	9.496	2.412	2.620	2.638
4	3	4	3.607	3.553	3.478	0.895	0.973	0.979
5	4	5	5.754	5.677	5.539	1.449	1.575	1.582
6	5	6	0.412	0.432	0.431	-0.707	-0.638	-0.599
7	6	7	1.875	1.963	1.965	-3.210	-2.882	-2.726
8	7	8	3.114	2.962	2.869	0.876	0.926	0.926
9	8	9	0.666	0.629	0.617	0.188	0.198	0.200
10	9	10	1.306	1.248	1.207	0.301	0.328	0.330
11	10	11	0.300	0.287	0.278	0.069	0.075	0.076
12	11	12	2.667	2.561	2.461	0.636	0.692	0.695
13	12	13	3.567	3.443	3.359	0.890	0.969	0.979
14	13	14	0.496	0.469	0.464	0.129	0.139	0.141
15	14	15	4.775	4.594	4.493	1.337	1.444	1.458
16	15	16	0.322	0.315	0.309	0.093	0.101	0.102
17	16	17	0.583	0.570	0.561	0.168	0.183	0.185
18	17	18	1.306	1.283	1.257	0.381	0.414	0.418
19	18	19	1.787	1.770	1.736	0.568	0.616	0.623
20	19	20	0.540	0.535	0.519	0.181	0.196	0.197
21	20	21	2.751	2.805	2.810	0.991	1.083	1.103
22	21	22	0.586	0.602	0.556	0.231	0.252	0.249
23	22	23	0.181	0.185	0.170	0.074	0.080	0.079
24	23	24	0.101	0.103	0.094	0.041	0.045	0.044
25	24	25	0.949	0.927	0.875	0.412	0.438	0.435
26	25	26	0.274	0.268	0.255	0.135	0.143	0.143
27	26	27	0.121	0.125	0.114	0.040	0.044	0.043
28	27	28	0.067	0.070	0.063	0.022	0.024	0.024
29	28	29	0.344	0.369	0.315	0.121	0.135	0.130
30	29	30	0.258	0.276	0.236	0.091	0.101	0.098
31	30	31	0.104	0.121	0.093	0.045	0.052	0.047
32	31	32	0.031	0.037	0.032	0.016	0.019	0.018
33	32	33	0.265	0.351	0.295	0.167	0.200	0.188
34	33	34	0.001	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000
35	34	35	0.002	0.002	0.004	0.000	0.000	0.000
36	35	36	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
37	1	37	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
38	2	38	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
39	3	39	0.005	0.005	0.005	0.000	0.000	0.000

Tabel 4-9
 Hasil Perhitungan Rugi-rugi Daya Akibat Rugi-rugi Daya Kecepatan pada Kondisi Aliran

No. Saluran	Dari Node	Ke Node	Rugi-rugi Daya Akibat (kW/AT)			Rugi-rugi Daya Kecepatan (KVAh)		
			R	S	T	R	S	T
1	0	1	7.076	7.801	7.947	1.042	2.110	2.124
2	1	2	1.202	1.368	1.311	0.241	0.370	0.373
3	2	3	0.822	0.987	0.706	2.412	2.620	2.638
4	3	4	2.007	2.223	2.178	0.802	0.973	0.979
5	4	5	2.274	2.577	2.279	1.419	1.272	1.282
6	5	6	0.412	0.432	0.431	-0.707	-0.638	-0.299
7	6	7	1.872	1.963	1.902	-2.210	-2.822	-2.226
8	7	8	2.114	2.092	2.869	0.279	0.929	0.926
9	8	9	0.666	0.629	0.617	0.128	0.198	0.200
10	9	10	1.206	1.248	1.207	0.201	0.258	0.230
11	10	11	0.200	0.287	0.278	0.069	0.072	0.076
12	11	12	2.667	2.261	2.461	0.636	0.607	0.662
13	12	13	3.267	3.442	3.229	0.890	0.969	0.979
14	13	14	0.466	0.469	0.462	0.129	0.129	0.141
15	14	15	4.722	4.264	4.403	1.227	1.444	1.428
16	15	16	0.222	0.212	0.209	0.062	0.101	0.102
17	16	17	0.282	0.279	0.261	0.168	0.122	0.122
18	17	18	1.206	1.282	1.227	0.221	0.414	0.418
19	18	19	1.287	1.270	1.239	0.298	0.619	0.622
20	19	20	0.240	0.222	0.219	0.181	0.166	0.167
21	20	21	2.221	2.202	2.210	0.291	1.022	1.102
22	21	22	0.286	0.602	0.229	0.221	0.222	0.249
23	22	23	0.181	0.182	0.170	0.024	0.020	0.026
24	23	24	0.191	0.102	0.094	0.041	0.042	0.044
25	24	25	0.619	0.627	0.622	0.422	0.428	0.422
26	25	26	0.224	0.208	0.222	0.122	0.142	0.142
27	26	27	0.121	0.122	0.114	0.040	0.044	0.042
28	27	28	0.067	0.070	0.062	0.022	0.024	0.024
29	28	29	0.244	0.269	0.212	0.121	0.122	0.120
30	29	30	0.228	0.279	0.229	0.021	0.101	0.068
31	30	31	0.104	0.121	0.092	0.022	0.022	0.047
32	31	32	0.021	0.027	0.022	0.016	0.016	0.018
33	32	33	0.292	0.221	0.292	0.197	0.200	0.188
34	33	34	0.001	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000
35	34	35	0.002	0.002	0.004	0.006	0.000	0.000
36	35	36	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
37	1	37	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
38	2	38	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
39	3	39	0.002	0.002	0.002	0.000	0.000	0.009

40	5	40	0.005	0.006	0.004	0.000	0.000	0.000
41	40	41	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
42	41	42	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
43	6	43	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
44	7	44	0.044	0.050	0.060	0.002	0.003	0.003
45	44	45	0.009	0.010	0.012	0.000	0.001	0.001
46	45	46	0.022	0.025	0.031	0.001	0.002	0.002
47	46	47	0.041	0.047	0.058	0.002	0.003	0.003
48	47	48	0.012	0.013	0.018	0.001	0.001	0.001
49	48	49	0.001	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000
50	46	50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
51	49	51	0.013	0.013	0.019	0.001	0.001	0.001
52	49	52	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
53	8	53	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
54	9	54	0.015	0.010	0.013	0.000	0.001	0.001
55	54	55	0.004	0.004	0.005	0.000	0.000	0.000
56	10	56	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
57	11	57	0.005	0.004	0.005	0.000	0.000	0.000
58	13	58	0.013	0.017	0.013	0.000	0.001	0.001
59	58	59	0.001	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000
60	15	60	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
61	16	61	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
62	17	62	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
63	17	63	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
64	18	64	0.008	0.007	0.007	0.000	0.000	0.000
65	64	65	0.024	0.022	0.021	0.000	0.001	0.001
66	65	66	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
67	64	67	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
68	66	68	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
69	66	69	0.002	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000
70	69	70	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
71	70	71	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
72	69	72	0.004	0.003	0.004	0.000	0.000	0.000
73	21	73	0.003	0.003	0.006	0.000	0.000	0.000
74	73	74	0.001	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000
75	22	75	0.001	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000
76	26	76	0.009	0.004	0.008	0.000	0.000	0.000
77	27	77	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
78	30	78	0.029	0.020	0.028	0.000	0.001	0.001
79	78	79	0.010	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
80	31	80	0.018	0.017	0.006	0.000	0.000	0.000

80	21	80	0'018	0'013	0'009	0'000	0'000	0'000
86	28	86	0'010	0'001	0'001	0'000	0'000	0'000
88	30	88	0'058	0'050	0'058	0'000	0'001	0'001
88	31	88	0'000	0'000	0'000	0'000	0'000	0'000
89	30	89	0'008	0'004	0'008	0'000	0'000	0'000
82	35	82	0'001	0'005	0'005	0'000	0'000	0'000
84	33	84	0'001	0'000	0'005	0'000	0'000	0'000
83	31	83	0'003	0'003	0'000	0'000	0'000	0'000
85	29	85	0'004	0'003	0'004	0'000	0'000	0'000
81	30	81	0'001	0'000	0'000	0'000	0'000	0'000
80	29	80	0'001	0'000	0'000	0'000	0'000	0'000
88	29	88	0'005	0'001	0'005	0'000	0'000	0'000
82	29	82	0'000	0'000	0'000	0'000	0'000	0'000
83	29	83	0'000	0'000	0'000	0'000	0'000	0'000
89	22	89	0'005	0'001	0'001	0'000	0'000	0'000
82	24	82	0'054	0'055	0'051	0'000	0'001	0'001
84	18	84	0'008	0'005	0'003	0'000	0'000	0'000
82	13	82	0'000	0'000	0'000	0'000	0'000	0'000
85	13	85	0'000	0'000	0'004	0'000	0'000	0'000
81	19	81	0'000	0'000	0'000	0'000	0'000	0'000
80	12	80	0'001	0'000	0'000	0'000	0'000	0'000
86	28	86	0'001	0'005	0'001	0'000	0'000	0'000
88	13	88	0'013	0'013	0'013	0'000	0'001	0'001
83	11	83	0'002	0'004	0'002	0'000	0'000	0'000
89	10	89	0'000	0'000	0'000	0'000	0'000	0'000
82	24	82	0'004	0'004	0'002	0'000	0'000	0'000
84	8	84	0'012	0'010	0'013	0'000	0'001	0'001
83	8	83	0'000	0'000	0'000	0'000	0'000	0'000
85	40	85	0'000	0'000	0'000	0'000	0'000	0'000
81	46	81	0'013	0'013	0'016	0'001	0'001	0'001
80	49	80	0'000	0'000	0'000	0'000	0'000	0'000
46	48	46	0'001	0'001	0'005	0'000	0'000	0'000
48	43	48	0'015	0'013	0'018	0'001	0'001	0'001
43	49	43	0'011	0'043	0'028	0'005	0'003	0'003
49	42	49	0'055	0'052	0'031	0'001	0'005	0'005
42	44	42	0'008	0'010	0'015	0'000	0'001	0'001
41	3	41	0'044	0'020	0'020	0'005	0'003	0'003
43	9	43	0'000	0'001	0'000	0'000	0'000	0'000
45	41	45	0'000	0'000	0'000	0'000	0'000	0'000
41	40	41	0'001	0'001	0'001	0'000	0'000	0'000
40	2	40	0'002	0'002	0'004	0'000	0'000	0'000

81	80	81	0.002	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
82	32	82	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
83	34	83	0.141	0.180	0.142	0.044	0.053	0.050	0.050	0.050
84	83	84	0.230	0.294	0.231	0.072	0.086	0.081	0.081	0.081
85	84	85	0.045	0.060	0.043	0.027	0.031	0.028	0.028	0.028
86	85	86	0.068	0.087	0.067	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001
87	86	87	0.155	0.194	0.146	-0.001	0.000	0.003	0.003	0.003
88	87	88	0.043	0.047	0.029	-0.001	0.000	0.001	0.001	0.001
89	88	89	0.009	0.010	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90	83	90	0.001	0.004	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

80	83	80	0'001	0'004	0'005	0'000	0'000	0'000
80	82	80	0'000	0'010	0'004	0'000	0'000	0'000
88	81	88	0'043	0'041	0'050	0'001	0'000	0'001
81	80	81	0'122	0'104	0'140	0'001	0'000	0'002
80	82	80	0'008	0'081	0'001	0'000	0'000	0'001
82	84	82	0'042	0'000	0'045	0'051	0'031	0'058
84	83	84	0'330	0'400	0'350	0'500	0'800	0'081
83	34	83	0'141	0'180	0'145	0'440	0'022	0'020
85	35	85	0'000	0'000	0'000	0'000	0'000	0'000
81	80	81	0'005	0'005	0'001	0'000	0'000	0'000

Dengan mesetting
 Max gen : 60
 Max Pop : 40
 Probabilitas Crossover : 0.95
 Probabilitas Mutasi : 0.001

Tabel 4-10
Hasil Perhitungan Tegangan Dan Sudut Tegangan
Pada kondisi Akhir

Bus	R		S		T	
	V (pu)	Θ (pu)	V (pu)	Θ (pu)	V (pu)	Θ (pu)
1	0.99597	-0.00351	0.99593	-0.00370	0.99598	-0.00368
2	0.99528	-0.00412	0.99522	-0.00434	0.99529	-0.00432
3	0.99040	-0.00835	0.99029	-0.00880	0.99043	-0.00877
4	0.98860	-0.00992	0.98847	-0.01045	0.98863	-0.01042
5	0.98560	-0.01254	0.98543	-0.01323	0.98564	-0.01317
6	0.98512	-0.01425	0.98494	-0.01296	0.98516	-0.01294
7	0.98299	-0.01081	0.98276	-0.01169	0.98304	-0.01176
8	0.98111	-0.01250	0.98087	-0.01361	0.98119	-0.01353
9	0.98065	-0.01292	0.98042	-0.01389	0.98074	-0.01396
10	0.97978	-0.01362	0.97955	-0.01463	0.97989	-0.01469
11	0.97964	-0.01372	0.97941	-0.01474	0.97975	-0.01480
12	0.97782	-0.01520	0.97759	-0.01630	0.97797	-0.01635
13	0.97526	-0.01731	0.97503	-0.01852	0.97545	-0.01856
14	0.97489	-0.01762	0.97466	-0.01884	0.97508	-0.01888
15	0.97104	-0.02089	0.97080	-0.02228	0.97129	-0.02222
16	0.97070	-0.02119	0.97046	-0.02259	0.97095	-0.02262
17	0.97030	-0.02152	0.97005	-0.02295	0.97055	-0.02297
18	0.96920	-0.02246	0.96895	-0.02394	0.96947	-0.02396
19	0.96751	-0.02395	0.96724	-0.02552	0.96778	-0.02553
20	0.96698	-0.02442	0.96671	-0.02602	0.96726	-0.02603
21	0.96425	-0.02691	0.96392	-0.02866	0.96449	-0.02868
22	0.96359	-0.02753	0.96325	-0.02932	0.96385	-0.02933
23	0.96337	-0.02774	0.96303	-0.02954	0.96363	-0.02954
24	0.96328	-0.02783	0.96293	-0.02964	0.96354	-0.02964
25	0.96211	-0.02897	0.96176	-0.03083	0.96240	-0.03083
26	0.96173	-0.02935	0.96138	-0.03124	0.96203	-0.03123
27	0.96160	-0.02947	0.96124	-0.03136	0.96190	-0.03135
28	0.96150	-0.02955	0.96115	-0.03145	0.96181	-0.03144
29	0.96093	-0.03007	0.96055	-0.03201	0.96125	-0.03198
30	0.96053	-0.03044	0.96014	-0.03240	0.96086	-0.03236
31	0.96040	-0.03056	0.96000	-0.03254	0.96073	-0.03250
32	0.96033	-0.03064	0.95992	-0.03262	0.96066	-0.03257
33	0.95966	-0.03140	0.95918	-0.03345	0.95996	-0.03339
34	0.95963	-0.03141	0.95915	-0.03347	0.95993	-0.03341

Probabilitas Mutasi : 0.001
 Probabilitas Crossover : 0.95
 Max Pop : 40
 Max gen : 80
 Dengan masing

Hasil Perhitungan Tegangan Dan Sudut Akhir Pada Kondisi Akhir
 Tabel 4-10

Bus	R		2		T	
	V (pu)	θ (pu)	V (pu)	θ (pu)	V (pu)	θ (pu)
1	0.99207	-0.00721	0.99203	-0.00770	0.99208	-0.00708
2	0.99228	-0.00412	0.99222	-0.00424	0.99220	-0.00432
3	0.99040	-0.00822	0.99020	-0.00880	0.99013	-0.00877
4	0.98860	-0.00992	0.98817	-0.01042	0.98863	-0.01042
5	0.98260	-0.01224	0.98243	-0.01223	0.98264	-0.01217
6	0.98212	-0.01422	0.98404	-0.01228	0.98216	-0.01204
7	0.98209	-0.01081	0.98226	-0.01169	0.98201	-0.01176
8	0.98111	-0.01220	0.98087	-0.01281	0.98119	-0.01223
9	0.98062	-0.01202	0.98042	-0.01289	0.98074	-0.01200
10	0.97078	-0.01262	0.97022	-0.01463	0.97089	-0.01469
11	0.97064	-0.01222	0.97041	-0.01424	0.97022	-0.01480
12	0.97282	-0.01220	0.97229	-0.01620	0.97207	-0.01622
13	0.97226	-0.01211	0.97203	-0.01822	0.97242	-0.01829
14	0.97489	-0.01202	0.97466	-0.01884	0.97208	-0.01888
15	0.97104	-0.02089	0.97080	-0.02228	0.97129	-0.02222
16	0.97070	-0.02119	0.97046	-0.02220	0.97092	-0.02262
17	0.97030	-0.02122	0.97002	-0.02202	0.97022	-0.02202
18	0.96920	-0.02216	0.96892	-0.02264	0.96947	-0.02206
19	0.96721	-0.02202	0.96724	-0.02222	0.96728	-0.02222
20	0.96698	-0.02442	0.96671	-0.02602	0.96726	-0.02603
21	0.96422	-0.02601	0.96302	-0.02869	0.96410	-0.02868
22	0.96329	-0.02222	0.96322	-0.02022	0.96282	-0.02023
23	0.96327	-0.02224	0.96303	-0.02024	0.96363	-0.02024
24	0.96228	-0.02223	0.96202	-0.02064	0.96224	-0.02064
25	0.96211	-0.02802	0.96176	-0.02082	0.96240	-0.02082
26	0.96123	-0.02022	0.96138	-0.02124	0.96202	-0.02123
27	0.96160	-0.02017	0.96124	-0.02126	0.96160	-0.02122
28	0.96120	-0.02022	0.96112	-0.02142	0.96181	-0.02144
29	0.96002	-0.02002	0.96022	-0.02201	0.96122	-0.02198
30	0.96022	-0.02024	0.96014	-0.02210	0.96089	-0.02229
31	0.96040	-0.02020	0.96000	-0.02224	0.96072	-0.02220
32	0.96022	-0.02064	0.95902	-0.02202	0.96069	-0.02222
33	0.95969	-0.02110	0.95918	-0.02242	0.95906	-0.02220
34	0.95902	-0.02141	0.95912	-0.02242	0.95902	-0.02241

35	0.95957	-0.03145	0.95908	-0.03351	0.95986	-0.03346
36	0.95950	-0.03152	0.95901	-0.03359	0.95979	-0.03353
37	0.99597	-0.00351	0.99593	-0.00370	0.99598	-0.00368
38	0.99529	-0.00411	0.99523	-0.00433	0.99530	-0.00431
39	0.99023	-0.00848	0.99013	-0.00893	0.99026	-0.00890
40	0.98547	-0.01265	0.98530	-0.01333	0.98551	-0.01328
41	0.98551	-0.01259	0.98533	-0.01329	0.98555	-0.01323
42	0.98548	-0.01261	0.98531	-0.01330	0.98553	-0.01325
43	0.98511	-0.01224	0.98493	-0.01296	0.98516	-0.01293
44	0.98276	-0.01096	0.98252	-0.01185	0.98279	-0.01194
45	0.98269	-0.01102	0.98244	-0.01192	0.98271	-0.01200
46	0.98251	-0.01114	0.98225	-0.01205	0.98251	-0.01214
47	0.98223	-0.01131	0.98196	-0.01225	0.98219	-0.01235
48	0.98207	-0.01142	0.98179	-0.01236	0.98201	-0.01247
49	0.98200	-0.01149	0.98171	-0.01243	0.98193	-0.01254
50	0.98173	-0.01167	0.98144	-0.01263	0.98163	-0.01275
51	0.98179	-0.01161	0.98150	-0.01257	0.98169	-0.01269
52	0.98205	-0.01144	0.98176	-0.01238	0.98198	-0.01249
53	0.98109	-0.01251	0.98086	-0.01347	0.98118	-0.01354
54	0.98047	-0.01301	0.98027	-0.01399	0.98057	-0.01406
55	0.98032	-0.01312	0.98011	-0.01410	0.98040	-0.01418
56	0.97976	-0.01364	0.97953	-0.01465	0.97987	-0.01471
57	0.97955	-0.01378	0.97932	-0.01480	0.97966	-0.01486
58	0.97506	-0.01745	0.97479	-0.01867	0.97524	-0.01870
59	0.97492	-0.01756	0.97465	-0.01879	0.97511	-0.01882
60	0.97095	-0.02097	0.97071	-0.02236	0.97121	-0.02238
61	0.97078	-0.02111	0.97054	-0.02251	0.97103	-0.02254
62	0.97028	-0.02154	0.97004	-0.02297	0.97053	-0.02299
63	0.97028	-0.21423	0.97003	-0.02297	0.97053	-0.02299
64	0.96911	-0.02251	0.96887	-0.02400	0.96939	-0.02401
65	0.96882	-0.02271	0.96857	-0.02420	0.96910	-0.02422
66	0.96878	-0.02274	0.96854	-0.02423	0.96906	-0.02425
67	0.96882	-0.02270	0.96858	-0.02419	0.96910	-0.02421
68	0.96882	-0.02270	0.96858	-0.02419	0.96910	-0.02421
69	0.96873	-0.02277	0.96850	-0.02426	0.96902	-0.02428
70	0.96867	-0.02282	0.96845	-0.02430	0.96898	-0.02431
71	0.96867	-0.02279	0.96846	-0.02427	0.96900	-0.02428
72	0.96869	-0.02279	0.96846	-0.02428	0.96897	-0.02429
73	0.96420	-0.02694	0.96387	-0.02870	0.96444	-0.02871
74	0.96416	-0.02697	0.96383	-0.02621	0.96438	-0.02875
75	0.96353	-0.02757	0.96318	-0.02936	0.96378	-0.02937
76	0.96154	-0.02949	0.96121	-0.03137	0.96184	-0.03137
77	0.96160	-0.02947	0.96124	-0.03136	0.96190	-0.03135
78	0.96033	-0.03054	0.95996	-0.03250	0.96066	-0.03248
79	0.96023	-0.03063	0.95987	-0.03259	0.96056	-0.03257

39	0.00057	-0.03093	0.00057	-0.03093	0.00057	-0.03093
40	0.00073	-0.03021	0.00073	-0.03021	0.00073	-0.03021
41	0.00082	-0.02947	0.00082	-0.02947	0.00082	-0.02947
42	0.00090	-0.02872	0.00090	-0.02872	0.00090	-0.02872
43	0.00097	-0.02797	0.00097	-0.02797	0.00097	-0.02797
44	0.00104	-0.02722	0.00104	-0.02722	0.00104	-0.02722
45	0.00111	-0.02647	0.00111	-0.02647	0.00111	-0.02647
46	0.00118	-0.02572	0.00118	-0.02572	0.00118	-0.02572
47	0.00125	-0.02497	0.00125	-0.02497	0.00125	-0.02497
48	0.00132	-0.02422	0.00132	-0.02422	0.00132	-0.02422
49	0.00139	-0.02347	0.00139	-0.02347	0.00139	-0.02347
50	0.00146	-0.02272	0.00146	-0.02272	0.00146	-0.02272
51	0.00153	-0.02197	0.00153	-0.02197	0.00153	-0.02197
52	0.00160	-0.02122	0.00160	-0.02122	0.00160	-0.02122
53	0.00167	-0.02047	0.00167	-0.02047	0.00167	-0.02047
54	0.00174	-0.01972	0.00174	-0.01972	0.00174	-0.01972
55	0.00181	-0.01897	0.00181	-0.01897	0.00181	-0.01897
56	0.00188	-0.01822	0.00188	-0.01822	0.00188	-0.01822
57	0.00195	-0.01747	0.00195	-0.01747	0.00195	-0.01747
58	0.00202	-0.01672	0.00202	-0.01672	0.00202	-0.01672
59	0.00209	-0.01597	0.00209	-0.01597	0.00209	-0.01597
60	0.00216	-0.01522	0.00216	-0.01522	0.00216	-0.01522
61	0.00223	-0.01447	0.00223	-0.01447	0.00223	-0.01447
62	0.00230	-0.01372	0.00230	-0.01372	0.00230	-0.01372
63	0.00237	-0.01297	0.00237	-0.01297	0.00237	-0.01297
64	0.00244	-0.01222	0.00244	-0.01222	0.00244	-0.01222
65	0.00251	-0.01147	0.00251	-0.01147	0.00251	-0.01147
66	0.00258	-0.01072	0.00258	-0.01072	0.00258	-0.01072
67	0.00265	-0.00997	0.00265	-0.00997	0.00265	-0.00997
68	0.00272	-0.00922	0.00272	-0.00922	0.00272	-0.00922
69	0.00279	-0.00847	0.00279	-0.00847	0.00279	-0.00847
70	0.00286	-0.00772	0.00286	-0.00772	0.00286	-0.00772
71	0.00293	-0.00697	0.00293	-0.00697	0.00293	-0.00697
72	0.00300	-0.00622	0.00300	-0.00622	0.00300	-0.00622
73	0.00307	-0.00547	0.00307	-0.00547	0.00307	-0.00547
74	0.00314	-0.00472	0.00314	-0.00472	0.00314	-0.00472
75	0.00321	-0.00397	0.00321	-0.00397	0.00321	-0.00397
76	0.00328	-0.00322	0.00328	-0.00322	0.00328	-0.00322
77	0.00335	-0.00247	0.00335	-0.00247	0.00335	-0.00247
78	0.00342	-0.00172	0.00342	-0.00172	0.00342	-0.00172
79	0.00349	-0.00097	0.00349	-0.00097	0.00349	-0.00097
80	0.00356	0.00000	0.00356	0.00000	0.00356	0.00000
81	0.00363	0.00075	0.00363	0.00075	0.00363	0.00075
82	0.00370	0.00150	0.00370	0.00150	0.00370	0.00150
83	0.00377	0.00225	0.00377	0.00225	0.00377	0.00225
84	0.00384	0.00300	0.00384	0.00300	0.00384	0.00300
85	0.00391	0.00375	0.00391	0.00375	0.00391	0.00375
86	0.00398	0.00450	0.00398	0.00450	0.00398	0.00450
87	0.00405	0.00525	0.00405	0.00525	0.00405	0.00525
88	0.00412	0.00600	0.00412	0.00600	0.00412	0.00600
89	0.00419	0.00675	0.00419	0.00675	0.00419	0.00675
90	0.00426	0.00750	0.00426	0.00750	0.00426	0.00750
91	0.00433	0.00825	0.00433	0.00825	0.00433	0.00825
92	0.00440	0.00900	0.00440	0.00900	0.00440	0.00900
93	0.00447	0.00975	0.00447	0.00975	0.00447	0.00975
94	0.00454	0.01050	0.00454	0.01050	0.00454	0.01050
95	0.00461	0.01125	0.00461	0.01125	0.00461	0.01125
96	0.00468	0.01200	0.00468	0.01200	0.00468	0.01200
97	0.00475	0.01275	0.00475	0.01275	0.00475	0.01275
98	0.00482	0.01350	0.00482	0.01350	0.00482	0.01350
99	0.00489	0.01425	0.00489	0.01425	0.00489	0.01425
100	0.00496	0.01500	0.00496	0.01500	0.00496	0.01500

80	0.96012	-0.03077	0.95972	-0.03274	0.96050	-0.03268
81	0.96013	-0.03073	0.95974	-0.03270	0.96054	-0.03264
82	0.96032	-0.03065	0.95991	-0.03263	0.96065	-0.03259
83	0.95924	-0.03176	0.95872	-0.03385	0.95954	-0.03378
84	0.95861	-0.03231	0.95803	-0.03445	0.95891	-0.03436
85	0.95837	-0.03257	0.95776	-0.03474	0.95867	-0.03464
86	0.95805	-0.03277	0.95742	-0.03496	0.95835	-0.03485
87	0.95730	-0.03324	0.95659	-0.03548	0.95760	-0.03534
88	0.95701	-0.03342	0.95629	-0.03567	0.95735	-0.03552
89	0.95683	-0.03354	0.95611	-0.03580	0.95720	-0.03564
90	0.95851	-0.03239	0.95792	-0.03454	0.95881	-0.03445

Tabel 4-11
Hasil Perhitungan Rugi-rugi Daya Aktif Dan Rugi-rugi Daya Reaktif Pada
Kondisi Akhir

No. Saluran	Dari Node	Ke Node	Rugi-rugi Daya Aktif (kWATT)			Rugi-rugi Daya Reaktif (kVAR)		
			R	S	T	R	S	T
1	0	1	9.016	8.926	8.764	0.642	0.806	0.841
2	1	2	1.576	1.560	1.532	0.107	0.136	0.142
3	2	3	11.193	11.080	10.880	0.794	0.997	1.041
4	3	4	4.103	4.070	3.991	0.283	0.358	0.374
5	4	5	6.577	6.536	6.390	0.461	0.582	0.606
6	5	6	0.302	0.335	0.342	-0.865	-0.797	-0.754
7	6	7	1.393	1.539	1.576	-3.913	-3.590	-3.417
8	7	8	3.647	3.510	3.411	0.236	0.294	0.308
9	8	9	0.779	0.745	0.732	0.048	0.060	0.063
10	9	10	1.520	1.469	1.427	0.006	0.037	0.046
11	10	11	0.345	0.334	0.324	-0.003	0.004	0.006
12	11	12	3.121	3.031	2.925	0.007	0.070	0.089
13	12	13	4.217	4.117	4.028	0.014	0.100	0.126
14	13	14	0.583	0.559	0.555	-0.006	0.006	0.009
15	14	15	5.774	5.630	5.523	0.007	0.124	0.162
16	15	16	0.388	0.385	0.379	-0.002	0.006	0.008
17	16	17	0.706	0.699	0.689	-0.002	0.013	0.017
18	17	18	1.591	1.581	1.553	0.000	0.032	0.044
19	18	19	2.214	2.219	2.184	-0.003	0.042	0.058
20	19	20	0.676	0.677	0.661	-0.003	0.010	0.016
21	20	21	3.507	3.610	3.619	-0.009	0.062	0.089
22	21	22	0.757	0.786	0.734	-0.010	0.005	0.012
23	22	23	0.233	0.241	0.224	-0.006	-0.002	0.000
24	23	24	0.126	0.130	0.121	-0.007	-0.005	-0.003
25	24	25	1.267	1.259	1.202	-0.013	0.013	0.024
26	25	26	0.381	0.380	0.366	-0.003	0.004	0.008
27	26	27	0.146	0.152	0.140	-0.007	-0.004	-0.002
28	27	28	0.078	0.082	0.075	-0.006	-0.005	-0.004
29	28	29	0.437	0.470	0.410	-0.004	0.004	0.010
30	29	30	0.325	0.350	0.305	-0.004	0.002	0.006
31	30	31	0.137	0.159	0.127	-0.004	-0.001	0.000
32	31	32	0.039	0.048	0.051	-0.005	-0.004	-0.004
33	32	33	0.396	0.505	0.440	-0.011	-0.004	0.001
34	33	34	-0.003	-0.003	-0.002	-0.004	-0.004	-0.004
35	34	35	-0.006	-0.006	-0.004	-0.008	-0.008	-0.008
36	35	36	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003
37	1	37	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003
38	2	38	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003
39	3	39	0.003	0.003	0.003	-0.002	-0.002	-0.002

Tabel 4-11
 Hasil Perhitungan Rugi-rugi Daya Aktif Dan Rugi-rugi Daya Reaktif Pada Kondisi Akrif

Saluran	No. Duri	Ke Node	Rugi-rugi Daya Aktif (KVA/T)			Rugi-rugi Daya Reaktif (KVAR)		
			1	2	R	1	2	R
1	0	1	8.926	8.926	0.016	8.764	0.642	0.841
2	1	2	1.260	1.260	1.276	1.232	0.107	0.142
3	2	3	11.080	11.080	11.193	10.880	0.794	1.041
4	3	4	4.103	4.103	4.103	3.991	0.283	0.374
5	4	5	6.277	6.276	6.277	6.200	0.461	0.606
6	5	6	0.302	0.322	0.302	0.347	-0.283	-0.724
7	6	7	1.262	1.260	1.262	1.256	-3.913	-3.417
8	7	8	2.647	2.646	2.647	2.411	0.526	0.708
9	8	9	0.779	0.742	0.779	0.732	0.048	0.603
10	9	10	1.250	1.460	1.250	1.427	0.006	0.046
11	10	11	0.342	0.334	0.342	0.321	-0.003	0.006
12	11	12	3.121	3.031	3.121	2.922	0.007	0.039
13	12	13	4.217	4.117	4.217	4.028	0.014	0.126
14	13	14	0.283	0.229	0.283	0.222	-0.006	0.009
15	14	15	2.724	2.630	2.724	2.523	0.007	0.162
16	15	16	0.388	0.382	0.388	0.379	-0.002	0.008
17	16	17	0.706	0.699	0.706	0.689	-0.002	0.017
18	17	18	1.291	1.281	1.291	1.223	0.000	0.044
19	18	19	2.214	2.219	2.214	2.184	-0.003	0.028
20	19	20	0.676	0.677	0.676	0.667	-0.003	0.016
21	20	21	2.207	2.619	2.207	2.619	-0.009	0.089
22	21	22	0.727	0.786	0.727	0.724	-0.019	0.012
23	22	23	0.222	0.241	0.222	0.224	-0.006	0.000
24	23	24	0.126	0.130	0.126	0.121	-0.007	-0.003
25	24	25	1.297	1.220	1.297	1.202	-0.013	0.024
26	25	26	0.281	0.280	0.281	0.269	-0.003	0.008
27	26	27	0.146	0.122	0.146	0.130	-0.007	-0.002
28	27	28	0.078	0.082	0.078	0.072	-0.006	-0.004
29	28	29	0.437	0.470	0.437	0.410	-0.004	0.010
30	29	30	0.222	0.220	0.222	0.202	-0.004	0.002
31	30	31	0.127	0.129	0.127	0.127	-0.004	0.000
32	31	32	0.039	0.042	0.039	0.021	-0.002	-0.004
33	32	33	0.299	0.292	0.299	0.240	-0.011	0.001
34	33	34	-0.003	-0.003	-0.003	-0.002	-0.001	-0.004
35	34	35	-0.006	-0.009	-0.006	-0.004	-0.002	-0.008
36	35	36	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003
37	1	37	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003
38	2	38	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003
39	3	39	0.003	0.003	0.003	0.003	-0.003	-0.002

40	5	40	0.001	0.002	0.000	-0.004	-0.004	-0.004
41	40	41	-0.002	-0.002	-0.002	-0.003	-0.003	-0.003
42	41	42	-0.007	-0.007	-0.007	-0.007	-0.007	-0.007
43	6	43	-0.005	-0.004	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005
44	7	44	0.039	0.044	0.055	-0.004	-0.003	-0.003
45	44	45	0.002	0.003	0.005	-0.007	-0.006	-0.006
46	45	46	0.013	0.016	0.022	-0.008	-0.007	-0.007
47	46	47	0.039	0.045	0.056	0.000	0.001	0.001
48	47	48	0.006	0.007	0.012	-0.005	-0.005	-0.005
49	48	49	-0.005	-0.005	-0.004	-0.006	-0.006	-0.006
50	46	50	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002
51	49	51	0.010	0.010	0.016	-0.002	-0.002	-0.002
52	49	52	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003
53	8	53	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005
54	9	54	0.006	0.001	0.004	-0.009	-0.008	-0.008
55	54	55	0.000	0.000	0.001	-0.004	-0.004	-0.004
56	10	56	-0.008	-0.008	-0.008	-0.008	-0.008	-0.008
57	11	57	0.002	0.001	0.002	-0.003	-0.003	-0.003
58	13	58	0.010	0.014	0.010	-0.003	-0.002	-0.002
59	58	59	-0.002	-0.001	-0.002	-0.003	-0.003	-0.003
60	15	60	-0.001	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002
61	16	61	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004
62	17	62	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003
63	17	63	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005	-0.005
64	18	64	0.003	0.002	0.002	-0.005	-0.005	-0.005
65	64	65	0.019	0.016	0.015	-0.006	-0.005	-0.005
66	65	66	-0.005	-0.006	-0.006	-0.007	-0.007	-0.007
67	64	67	-0.009	-0.009	-0.009	-0.009	-0.009	-0.009
68	66	68	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002
69	66	69	-0.004	-0.005	-0.004	-0.006	-0.006	-0.006
70	69	70	-0.005	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006
71	70	71	-0.001	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002
72	69	72	0.001	0.000	0.001	-0.003	-0.003	-0.003
73	21	73	0.000	0.000	0.003	-0.003	-0.003	-0.003
74	73	74	-0.004	-0.005	-0.003	-0.005	-0.005	-0.005
75	22	75	-0.008	-0.007	-0.007	-0.009	-0.009	-0.009
76	26	76	0.005	0.000	0.004	-0.004	-0.004	-0.004
77	27	77	-0.008	-0.008	-0.008	-0.008	-0.008	-0.008
78	30	78	0.026	0.017	0.026	-0.003	-0.002	-0.002
79	78	79	-0.002	-0.002	-0.002	-0.003	-0.003	-0.003
80	31	80	0.015	0.014	0.003	-0.003	-0.003	-0.003

81	80	81	0.000	0.000	-0.001	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002
82	32	82	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004
83	34	83	0.172	0.218	0.175	-0.004	-0.002	0.001	0.001
84	83	84	0.278	0.352	0.283	-0.010	-0.006	-0.001	-0.001
85	84	85	0.062	0.081	0.061	-0.005	-0.005	-0.003	-0.003
86	85	86	0.063	0.083	0.062	-0.006	-0.006	-0.004	-0.004
87	86	87	0.151	0.190	0.141	-0.007	-0.006	-0.003	-0.003
88	87	88	0.035	0.038	0.020	-0.009	-0.009	-0.008	-0.008
89	88	89	0.007	0.098	0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002
90	83	90	-0.005	-0.002	-0.004	-0.006	-0.006	-0.006	-0.006

Dengan mensetting

Jumlah N1 : 6

Jumlah N2 : 16

Yang ditampilkan disini hanya perbaikan tegangan pada bus-bus yang mengalami pelanggaran tegangan.

Tabel 4-12
Hasil Perhitungan Tegangan Dan Sudut Tegangan
Pada kondisi Akhir

Bus	R		S		T	
	V (pu)	Θ (pu)	V (pu)	Θ (pu)	V (pu)	Θ (pu)
86	0.95657	-0.03184	0.95585	-0.03403	0.95679	-0.03393
87	0.95578	-0.03235	0.95498	-0.03459	0.95601	-0.03446
88	0.95549	-0.03253	0.95468	-0.03478	0.95575	-0.03464
89	0.95536	-0.03261	0.95455	-0.03486	0.95565	-0.03471

Dengan mensetting

Jumlah N1 : 14

Jumlah N2 : 24

Yang ditampilkan disini hanya perbaikan tegangan pada bus-bus yang mengalami pelanggaran tegangan.

Tabel 4-13
Hasil Perhitungan Tegangan Dan Sudut Tegangan
Pada kondisi Akhir

Bus	R		S		T	
	V (pu)	Θ (pu)	V (pu)	Θ (pu)	V (pu)	Θ (pu)
86	0.95682	-0.03195	0.95611	-0.03414	0.95705	-0.03404
87	0.95603	-0.03245	0.95525	-0.03469	0.95627	-0.03457
88	0.95574	-0.03263	0.95495	-0.03489	0.95601	-0.03474
89	0.95561	-0.03271	0.95481	-0.03497	0.95591	-0.03481

Application of ESGA Hybrid Approach for Voltage Profile Improvement by Capacitor Placement

Kyu-Ho Kim, *Member, IEEE*, Sang-Bong Rhee, *Student Member, IEEE*, Soo-Nam Kim, and Seok-Ku You

Abstract—This paper presents elite-based simplex-GA hybrid approach combined with multipop-GA (ESGA) to determining the location, size, and number of capacitors to improve voltage profile and minimize power losses in unbalanced distribution systems.

One of the main obstacles in applying GA to complex problems is the high computational cost due to their slow convergence. To alleviate this difficulty, ESGA hybrid approach was developed that combines elite-based simplex-GA hybrid approach with multipop-GA. The objective function formulated consists of two parts: cost for energy losses and cost related to capacitor purchase and capacitor installation. The cost function associated with capacitor placement is considered as a step function due to banks of standard discrete capacities.

Its efficiency was proved through the application in IEEE 13-bus and 34-bus test systems and was compared with several methods including GA.

Index Terms—Capacitor placement, ESGA hybrid, genetic algorithm, three-phase power flow, voltage profile.

I. INTRODUCTION

POWER distribution from electric power plants to ultimate consumers is accomplished via the transmission, subtransmission, and distribution lines.

Voltage profile improvement and system losses reduction by capacitor installation depend greatly on how capacitors are placed and operated in the system [1]–[3]. The general capacitor placement problem consists of determining the optimal location and size of capacitors to be installed and the efficient control schemes in the buses of distribution systems [4]–[9].

Power injections and power demands that appear at various nodes in the distribution systems are assumed to be distributed uniformly between the phases. Actually, distribution systems are not known to unbalance due to so many two-phase and single-phase lines and due to unequal phase parameters and different loading. Capacitors need to be installed for improving voltage profiles and reducing system losses for the distribution systems that serve a variety of load conditions.

Much mathematical research on the capacitor placement problem has been studied in distribution systems. Especially, Grainger and Lee [1] proposed nonlinear programming such as gradient search method. Baran and Wu [2] decomposed capacitor

placement problem into a master problem and a slave problem by using mixed integer programming. The master problem is used to determine the location of the capacitors and the slave problem is to determine the type and size of the capacitors. Chen *et al.* [3] considered the mutual coupling effect of conductors to install capacitors in unbalanced distribution systems. Chiang *et al.* [4], [5] formulated capacitor placement problem as a discrete combinational optimization problem and used simulated annealing (SA) to search the global optimum solution. Huang *et al.* [6] proposed by tabu search (TS)-based solution algorithm and used sensitivity analysis method to select the candidate installation locations of capacitors to reduce the search space. Huang [7] applied immune algorithms (IAs) to capacitor placement problem by representing objective function and constraints as antigens. Also, many researchers proposed genetic algorithm (GA) application to search global optimal solution of capacitor placement problem [8]–[12]. Sundhararajan *et al.* [8] used sensitivity analysis to search the location of the capacitors and GA to determine the size of the capacitors, which somewhat depends on experiences in the selection of the probability parameters. Miu *et al.* [9] suggested the two-stage algorithms that combine the good qualities of GA and a fast sensitivity-based heuristic. In [12], the authors suggested that multipopulation formulations are composed by some subpopulations corresponding to each load level to reduce computation time and the strings in each individual are formed by candidate locations and sizes of capacitors. Their architectures find the solution faster and more precise than the formulation of single-population. Nevertheless, due to their slow convergence rate, Yen and Lee [13] developed Elite-based simplex-GA hybrid approach that combines GA with a stochastic variant of the simplex method in function optimization. The method outperforms most of methods using GA in the convergence rate and finding the optimum.

This paper presents the efficient scheme using elite-based simplex-GA hybrid approach combined with multipop-GA (ESGA) for determining the optimal locations and sizes for capacitor placement and compares with several methods using GA. Its efficiency was proved through the application in IEEE 13-bus and 34-bus test systems.

II. THREE-PHASE POWER FLOW

Three-phase power flow calculation needs to analyze distribution system for capacitor placement. Detailed component models and suitable solution procedures are detailed in [14] and summarized as follows:

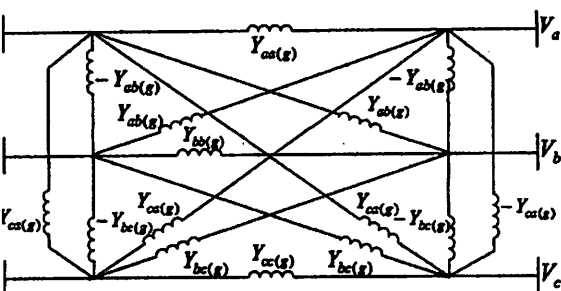
Manuscript received March 10, 2003.

K.-H. Kim is with the Department of Electrical Engineering, Ansan College of Technology, Ansan 425-792, Korea (e-mail: kyuhho@ansantc.ac.kr).

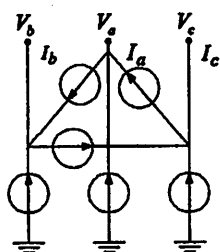
S.-B. Rhee and S.-K. You are with the Department of Electrical Engineering, Ansan College of Technology, Ansan 425-791, Korea (e-mail: rrsd@ansantc.ac.kr; skyou@hanyang.ac.kr).

S.-N. Kim is with Hyundai Electro-Mechanical Research Institute, Masan 449-716, Korea (e-mail: stability2000@hotmail.com).

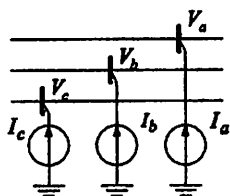
Digital Object Identifier 10.1109/TPWRD.2003.817814



Equivalent circuit of series admittance of a three-phase conductor.



Equivalent injected currents of shunt capacitances.



Equivalent injected currents of shunt capacitors.

Conductors

Series Impedance: By using Kron's reduction and the individual phase representation, the phase and neutral series impedance of original three-phase conductor can be represented by the equivalent circuits of series part of a conductor shown in Fig. 1.

Shunt Capacitance: The shunt capacitance part of original three-phase conductor can be expressed by its equivalent injected currents shown in Fig. 2. I_a , I_b , and I_c are three single-phase injection currents.

Capacitors

Shunt capacitors in each phase are represented by their equivalent injected currents similar to the shunt capacitance model of a three-phase conductor and are shown in Fig. 3.

Transformers

The transformer models consider the copper and core losses, winding connection, the phase shifting between primary and secondary winding, and the offnormal tapping. The programming model of a three-phase transformer used in this study is

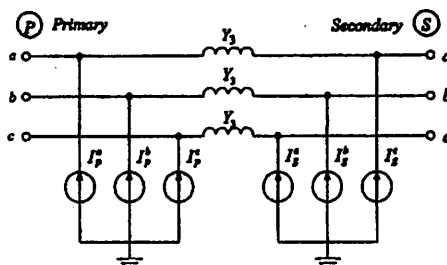


Fig. 4. Programming model for a three-phase transformer.

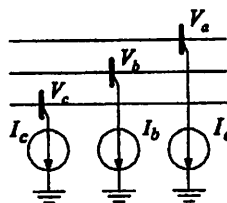


Fig. 5. Equivalent injected currents of three-phase load.

shown in Fig. 4. Each injected current is detailed in a final report of [15].

D. Load

A typical unbalanced three-phase load considered is actually represented by equivalent injected currents shown in Fig. 5.

E. Flowchart for Three-Phase Power Flow

The Z_{BUS} Gauss approach has been selected for a three-phase power flow. The Z_{BUS} Gauss method uses the sparse bifactored Y_{BUS} matrix and equivalent current injections to solve network equations. The convergence behavior of the Z_{BUS} method is highly dependent upon the number of voltage specified buses in the system. The Z_{BUS} method meets the requirements for both rapid convergence rate and minimum memory usage. Therefore, if the only voltage specified bus in the system is the substation bus, the distribution system is well suited for the Z_{BUS} method. The flowchart of three-phase power flow algorithm is shown in Fig. 6.

III. PROBLEM FORMULATION

The loads are assumed to vary in a conformal way and the load variations are supposed to be in discrete levels. Under these assumptions, the so-called load duration curve can be approximated by a piecewise linear function. The capacitor cost function is usually like steps since, in practice, capacitors are grouped in banks of standard discrete capacities [1], [2].

A. Objective Function

The objective function in the capacitor placement problem consists of the cost of capacitors placements and the cost of energy losses as followed in (1). The cost of capacitor placements has two components; a fixed installation cost and a purchase

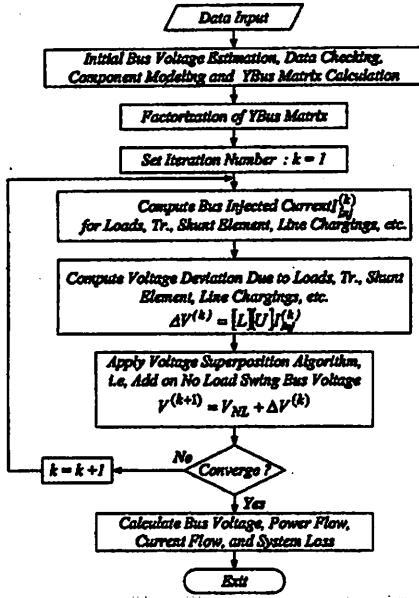


Fig. 1. Flowchart for three-phase power flow algorithm.

The cost of energy losses is obtained by summing up the energy losses for each load level multiplied by the duration of each load level [2]–[7]

$$\text{Objective func.} = \sum_{k=1}^{nc} \left(K d_k + K_c C_k \left(u_k^{A,B,C} \right) \right) + K_e \sum_{i=0}^{nt} T^i P_{loss}^i \left(x^i, u^{A_i, B_i, C_i} \right) \quad (1)$$

where $K d_k$ is the fixed cost for the capacitor placement at bus k , and K_e are the constants for capacitor cost and energy cost, respectively. nc and nt are the number of capacitor and load levels, respectively. C_k is the capacitor cost function. $u_k^{A,B,C}$ is the capacitor sizing vector of each phase at bus k . u^{A_i, B_i, C_i} is the control setting vector of each phase for load level i . x^i is the variable vector such as voltage magnitude for load level i . P_{loss}^i is the power losses for load level i . T^i is a time duration for load level i .

Constraints

1) Power Flow Constraints:

$$F(x^i, u^{A_i, B_i, C_i}) = 0 \quad (2)$$

where F is power flow equation of each phase for load level i .

2) Operational Constraints on Bus Voltages:

$$V_{k, \min}^{A_i, B_i, C_i} \leq V_k^{A_i, B_i, C_i} \leq V_{k, \max}^{A_i, B_i, C_i} \quad (3)$$

where V is voltage magnitude of each phase at bus k for load level i . \max and \min mean the upper and lower limit of voltage magnitude, respectively.

3) Constraints on the Discrete Nature of Capacitor Sizes:

$$u_k^1 = u_k^2 = \dots = u_k^{nt} \leq u_{k, \max} \text{ (fixed type)} \\ 0 \leq u_k^i \leq u_{k, \max}^i \text{ (switched type)} \quad (4)$$

where u_k^i is the capacitor size at bus k for load level i .

IV. SOLUTION ALGORITHMS

To introduce Elite-based simplex-GA hybrid approach combined with multipop-GA (ESGA), this section briefly reviews the probabilistic simplex operator and then explains ESGA hybrid approach modified elite-based simplex-GA hybrid [13].

A. Probabilistic Simplex Operator

The explanation of the probabilistic simplex operator is as follows:

For an optimization problem involving N variables, the simplex method searches for an optimal solution by evaluating a set of $N + 1$ points (i.e., points forming a simplex), denoted as X_1, X_2, \dots, X_{N+1} . The method continually forms new simplices by replacing the worst point in the simplex, denoted as X_w , with a new point X_p , generated by reflecting X_w over the centroid \bar{X} of the remaining points

$$X_p = \bar{X} + \alpha (\bar{X} - X_w) \\ \bar{X} = \frac{1}{N} (X_1 + X_2 + \dots + X_{w-1} + X_{w+1} + \dots + X_{N+1}) \quad (5)$$

where α is a random variable taking its value from the interval $[0, 2]$ based on a predetermined probability distribution.

The new simplex is then defined by $X_1, X_2, \dots, X_{w-1}, X_{w+1}, \dots, X_{N+1}, X_p$. This cycle of evaluation and reflection iterates until the step size (i.e., $X_p - X_w$) becomes less than a predetermined value or the simplex circles around an optimum.

If the reflected point is worse than the worst point, a probabilistic contraction operation is applied in a similar way

$$X_p = \bar{X} - \beta (\bar{X} - X_w) \quad (6)$$

where β is a random variable taking its value from the interval $[0, 1]$ with a triangular probability density function that peaks at 0.5. This flexibility allows the probabilistic simplex to explore the search space with more freedom.

B. ESGA

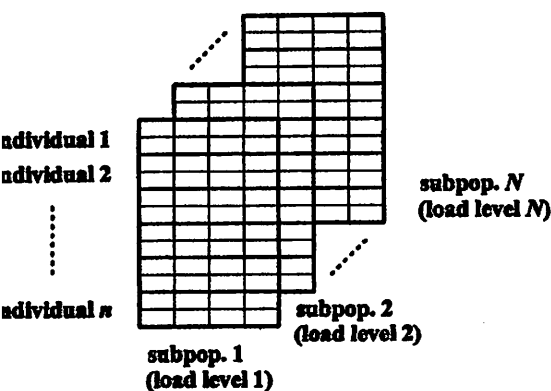
Genetic algorithm (GA) is a very powerful search method based on the mechanics of natural selection and natural genetics, and is different from conventional search algorithms [16]. GA searches from a population of points in the search space simultaneously. GA does not need derivatives or other auxiliary knowledge. Integer strings instead of binary coding are used to represent the value of variables. They can save the coding processing time and get more accurate values of the parameters.

ESGA hybrid approach is to apply the probabilistic simplex operator to top ranking strings of multipop-GA [12], [13].

The procedure and detailed explanation of ESGA are as follows.

1) Representation and Initialization

Multipopulation formulations are composed by some subpopulations corresponding to each load level to improve convergence as shown in Fig. 7, [12]. Initialize N subpopulation assigned to each load level. The genes of each individual in N subpopulation are randomly generated within the maximum and minimum limits of each



Multipopulation.

able. The strings in GA consist of placement locations and bank numbers capacitor to be injected and determine ations and sizes of capacitor simulta- usly.

Fitness Evaluation and Penalty Function
 evaluate the fitness after three-phase er flow using capacitor placement locans and sizes searched from the genes of h individual in N subpopulation. The luation function for optimal capacitor cement and control in unbalanced dis- bution systems is calculated from (7). straints of formulation problem could translated into a penalty function

$$\text{Fitness func.} = \frac{1}{\text{objective func.} + \text{penalty func.}} \quad (7)$$

Criterion of convergence

it is maximum generation, stop. Other- e, go to 4).

Manipulation of Each Individual

generate a new and improved popula- n from the old one, the manipulation cedures as shown in Fig. 8 progress as lows:

- 1) The top $N1$ strings are copied to the next generation.
- 2) The probabilistic simplex is applied to the top $N1$ strings.
- 3) The remaining strings (i.e., $N3$ strings) are generated using the operator of (i.e., reproduction, whole arithmetical crossover, nonuniform mutation, and length mutation) [12]. After the manipulation of each individual, go to 2).

V. NUMERICAL RESULTS

was successfully applied to IEEE 13-bus and 34-bus unbal- d distribution systems for proving the efficiency of the algo-

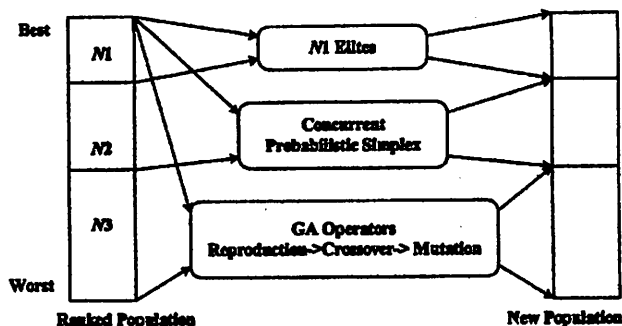


Fig. 8. ESGA hybrid approach.

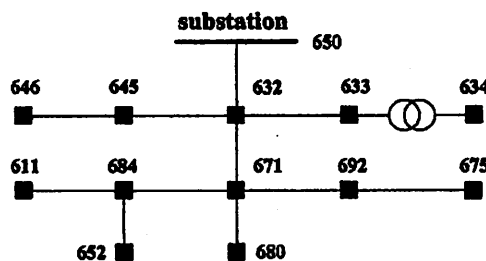


Fig. 9. IEEE 13-bus test systems.

gorithms. ESGA was compared with methods based on GA such as sensitivity-GA [8], multipop-GA [12], and simple-GA [16]. The proposed method and the compared algorithm were implemented by Visual C++ language on a Pentium-III computer.

The cost constants and conditions are as follows:

- energy cost K_e : U.S.\$ 0.06/kWh;
- fixed cost of capacitor K_{dk} : U.S.\$ 1000;
- purchase cost of capacitor K_c : U.S.\$ 3.0/kVAR;
- crossover probability rate: 0.1, 0.15, ..., 0.95 (no. of 18);
- mutation probability rate: 0.01, 0.015, ..., 0.095 (no. of 18);
- total run number: 324 (18 × 18).

A. Test 1: IEEE 13-Bus Test Systems

The first test is run through the application in unbalanced radial distribution systems made of 13 buses with 12 lines, as shown in Fig. 9. The system includes many two-phase and single-phase lines. A summary of system load data is presented in Table I. The line data and line configuration code can be found in [17] and in <http://www.ewh.ieee.org/soc/pes/dsacom/test-feeders.html>. Three load levels and load duration time data are given in Table II. Load level 100% means the peak load. For each approach, the subpopulation size is 30 and the number of maximum generation is 100. The limit of voltage magnitude is 0.95 ~ 1.05 (p.u.). Total active and reactive power load at 100% load level are 3,266 (kW) and 1,686 (kVAR), respectively. One bank is 100 kVAR/bank and maximum banks are 15. Substation voltage is 1.0 (p.u.) balanced. Any voltage regulators are not included.

This paper analyzes the performance of 324 runs for each approach using a set of randomly generated initial population. Table III shows the number of runs and the best generation that

TABLE I
END BUS LOAD AND LINE DATA

End Bus	End Bus	Ph-1 kW	Ph-1 kVAR	Ph-2 kW	Ph-2 kVAR	Ph-3 kW	Ph-3 kVAR	Length (ft)	Conf. Code
32	645	0	0	170	125	0	0	500	603
32	633	0	0	0	0	0	0	500	602
33	634	160	116	120	87	120	87	0	XFM
45	646	0	0	230	132	0	0	300	603
50	632	0	0	0	0	0	0	2000	601
84	652	128	86	0	0	0	0	800	607
71	684	0	0	0	0	0	0	300	604
71	680	0	0	0	0	0	0	1000	601
32	671	385	220	385	220	385	220	2000	601
71	692	0	0	0	0	170	151	0	Switch
84	611	0	0	0	0	170	80	300	605
92	675	485	190	68	60	290	212	500	606
Total load		1,158	612	973	624	1,135	750		

TABLE II
LOAD LEVEL AND LOAD DURATION TIME

Load level (%)	100	60	40
Time interval (hours)	5000	33800	5000

TABLE III
NUMBER OF RUNS AND BEST GENERATION FOUND OPTIMUM IN EACH APPROACH

	ESGA	Sensitivity-GA [8]	Multipop-GA [12]	Simple-GA [16]
Number found the optimum / Total run number	173/324 (53%)	165/324 (51%)	124/324 (38%)	61/324 (23%)
Best gen. found the optimum	6	11	26	35
Energy loss cost	\$107,574.075			
Capacitor cost	\$9,300			

and the optimum since the performance of four approaches differs mainly in the convergence rate. In the number of runs that found the optimum, the result of ESGA is similar to that of sensitivity-GA [8] and outperforms the other approaches because of using the probabilistic simplex operator. The method of [8] used sensitivity analysis method to select the candidate installation locations of the capacitors to reduce the search space. The buses are ordered according to their sensitivity value $\partial P_{loss}/\partial Q$ (i.e., 671, 684, 692, and 680 ...). Top three buses are selected as candidate locations to reduce the search space and then the amount to be injected in the selected buses is optimized by GA. ESGA, in the best generation that found the optimum ESGA converged about two times faster than sensitivity-GA, about four times faster than multipop-GA, and about six times faster than simple-GA. It is seen that ESGA is an efficient method because of using the probabilistic simplex operator, the characteristics of multipop-GA, and without derivatives for calculating sensitivities. Fig. 3 shows the convergence process of four approaches.

TABLE IV
OPTIMAL CAPACITOR PLACEMENT LOCATION AND SIZE

Optimal Location	Control Setting [kVAR]			Optimal Size [kVAR]
	100%	60%	40%	
671	1200	600	300	1200
684	600	0	0	600
692	300	0	0	300

TABLE V
COMPARISON OF THE RESULTS BETWEEN WITHOUT AND WITH CAPACITOR PLACEMENT

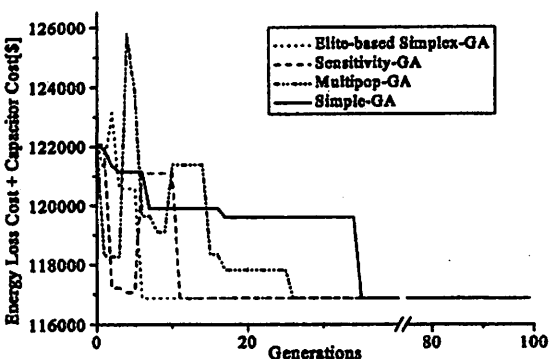
		Without capacitor	With capacitor
Total cost		\$137,601.186	\$116,874.075
Total losses cost		\$137,601.186	\$107,574.075
Total cap. cost		\$0.0	\$9,300
Total margin		\$20,727.111	
Load level - 100%	V_{min}	0.8884	0.9516
	V_{ave}	0.9388	0.9809
	V_{max}	0.9650	0.9977
	Losses [kW]	135.0 (4.15%)	94.96 (2.9%)
Load level - 60%	V_{min}	0.9370	0.9524
	V_{ave}	0.9650	0.9761
	V_{max}	0.9791	0.9933
	Losses [kW]	45.01 (2.29%)	36.56 (1.86%)
Load level - 40%	V_{min}	0.9561	0.9668
	V_{ave}	0.9772	0.9827
	V_{max}	0.9861	0.9926
	Losses [kW]	19.35 (1.48%)	16.45 (1.25%)

Table IV shows the capacitor placement locations and sizes. Switched capacitors need to be installed at the buses 671, 684, and 692. Thus, 12 banks (1200 kVAR, switched-type) can be installed at bus 671. Six banks (600 kVAR, switched-type) can be installed at bus 684. Three banks (300 kVAR, switched-type) can be installed at bus 692.

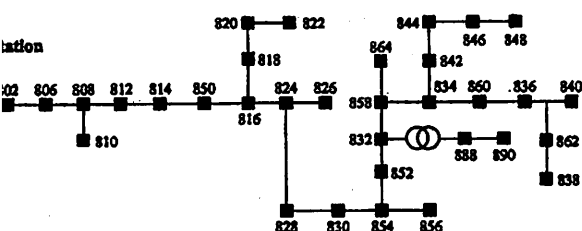
In Table V, the comparison of the total cost and loss cost between without and with capacitor placement is shown (Fig. 10). The total cost for the system without any compensation is found to be U.S.\$ 137 601.186. After compensation, the total cost is U.S.\$ 116 874.075. From the result, it is seen that the cost margin is U.S.\$ 20 727.111 for five years. After capacitor placement, voltage magnitudes are not violated in their upper and lower limit. V_{min} , V_{ave} , and V_{max} are improved and the system losses are reduced in each load level.

B. Test 2: IEEE 34-Bus Test Systems

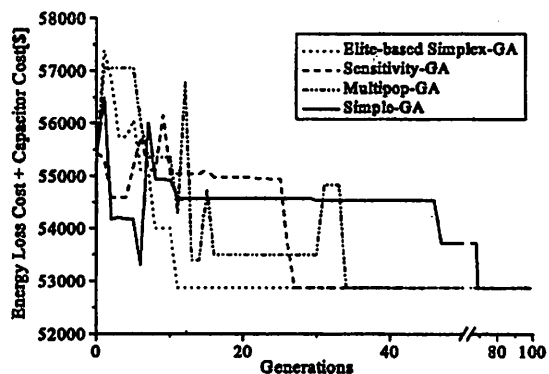
We also tested ESGA hybrid approach on the unbalanced system made of 34 buses with 33 lines as shown in Fig. 11. The system includes many two-phase and single-phase lines. A summary of system load data is presented in Table I. The load data and line configuration data can be found in [17] and in IEEE web sites. Load levels and load duration time data are the same with test 1. The subpopulation size is 50 and the number of maximum generation is 100. The limit of voltage magnitude is 0.9 ~ 1.0 (p.u.). Total active and reactive power load at 100% load level are 566.13 (kW) and 292.68 (kVAR), respectively. One bank is



10. Variation of energy loss cost and capacitor cost.



11. IEEE 34-bus test systems.



12. Variation of energy loss cost and capacitor cost.

VAR/bank and maximum banks are 10. Small size of capacitor is suitable because total system load is small. Substation voltage is 1.0 (p.u.) balanced. Any voltage regulators are not used.

Like test 1, this paper analyzes the performance of 324 runs for each approach. Table VI summarizes the results of four approaches. All algorithms converge to the optimal point but their convergence rates are different. Among the four approaches, ESGA hybrid approach is the best, followed by Sensitivity-GA. ESGA converged about two times faster than Sensitivity-GA, about three times faster than multipop-GA, and about four times faster than simple-GA in finding the optimum. However, except for sensitivity-GA, the other methods search for location and size of capacitors simultaneously. It is seen that the performance of ESGA hybrid on different problems is robust because of the effective use of the probabilistic simplex operation, the characteristics of multipop-GA and

TABLE VI
NUMBER OF RUNS AND BEST GENERATION FOUND OPTIMUM IN EACH APPROACH

	ESGA	Sensitivity-GA [8]	Multipop-GA [12]	Simple-GA [16]
Number found the optimum / Total run number	137/324 (42%)	116/324 (35%)	37/324 (16%)	5/324 (7%)
Best Gen. found the optimum	11	27	34	69
Energy loss cost	\$49,029.152			
Capacitor cost	\$3,840			

TABLE VII
OPTIMAL CAPACITOR PLACEMENT LOCATION AND SIZE

Optimal Location	Control Setting [kVAR]			Optimal Size [kVAR]
	100%	60%	40%	
820	100	0	0	100
822	100	20	20	100
838	80	20	20	80

TABLE VIII
COMPARISON OF THE RESULTS BETWEEN WITHOUT AND WITH CAPACITOR PLACEMENT

		Without capacitor	With capacitor
Total cost		\$56,672.877	\$52,869.152
Total losses cost		\$56,672.877	\$49,029.152
Total cap. cost		\$0.0	\$3,840
Total margin		\$3,134.725	
Load level - 100%	V_{min}	0.8451	0.9209
	V_{ave}	0.9325	0.9466
	V_{max}	0.9992	0.9987
Losses [kW]		57.29 (10.11%)	47.51 (8.39%)
Load level - 60%	V_{min}	0.9140	0.9262
	V_{ave}	0.9614	0.9635
	V_{max}	0.9995	0.9995
Losses [kW]		18.32 (5.39%)	16.17 (4.76%)
Load level - 40%	V_{min}	0.9445	0.9567
	V_{ave}	0.9748	0.9769
	V_{max}	0.9997	0.9996
Losses [kW]		7.75 (3.42%)	6.59 (2.91%)

elite-based hybrid architecture in GA framework. Also, Fig. 12 compares the performance of four approaches. Tables VII and VIII are the results of elite-based simplex-GA. Table VII shows the optimal capacitor locations and sizes. Switched capacitors need to be installed at the buses 820, 822, and 838, which are five banks (100 kVAR, switched-type) installed at bus 820, five banks (100 kVAR, switched-type) installed at bus 822, and four banks (80 kVAR, switched-type) installed at bus 838. In Table VIII, the total cost, energy losses, and voltage magnitudes are shown. The total cost for the system without any compensation is found to be U.S.\$ 56 672.877.

er compensation, the total cost is U.S.\$ 53 538.152. It is that the cost margin is U.S.\$ 3,134.725 for five years. The empirical results of applying ESGA hybrid approach to capacitor placement problem in two tests suggest that the hybrid approach can be an effective method for solving complex optimization problems in power systems.

VI. CONCLUSION

This paper presented an efficient algorithm for optimal capacitor placement and control while improving voltage profile minimizing power losses.

We introduced elite-based simplex-GA hybrid approach combined with multipop-GA (ESGA). The motivation is to develop cost-effective exploration component in the probabilistic simplex method.

ESGA hybrid approach is compared with several methods using GA. Among four approaches, ESGA hybrid approach is the best, followed by sensitivity-GA. It is seen that the performance of ESGA hybrid is its robustness because of the effectiveness of the simplex operation, the characteristics of multipop-GA, and elite-based hybrid architecture.

Also, even though so many two-phase and single-phase lines, unequal phase parameters, and different phase loading are involved in distribution systems, the placement of the single-phase unbalanced switching-type capacitors can improve voltage profile and reduce system losses for the distribution feeders that have a variety of load conditions.

Future work needs to be carried out with regard to the following points.

- The fixed type and switched type capacitors should be re-assessed following a circuit reconfiguration and fault management to improve voltage profiles and system losses.
- Annualized maintenance (e.g., visual inspection, periodic fuse replacement) costs should be provided a more realistic picture of the total savings for the capacitor placement.
- Application of chaos algorithms and ant colony method, etc., based on sensitivity analysis.

ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to acknowledge Dr. K. J. Hwang of Hanyang University and Dr. T. K. Kim of Korea Electric Power Research Institute for supplying sources on the three-phase flow computer program and for their helpful discussions. We thank the authors of [13], J. Yen and B. Lee, for developing elite-based simplex-GA hybrid approach.

REFERENCES

- [1] J. J. Grainger and S. H. Lee, "Optimum size and location of shunt capacitors for reduction of losses on distribution feeders," *IEEE Trans. Power App. Syst.*, vol. PAS-100, pp. 1105-1116, Mar. 1981.
- [2] M. Baran and F. Wu, "Optimal capacitor placement on radial distribution system," *IEEE Trans. Power Delivery*, vol. 4, pp. 725-734, Jan. 1989.
- [3] C. S. Chen, C. T. Hsu, and Y. H. Yan, "Optimal distribution feeder capacitor placement considering mutual coupling effect of conductors," *IEEE Trans. Power Delivery*, vol. 10, pp. 987-994, Apr. 1995.
- [4] H. D. Chiang, J. C. Wang, O. Cockings, and H. D. Shin, "Optimal capacitor placements in distribution system: Part I, part II," *IEEE Trans. Power Delivery*, vol. 5, pp. 634-649, Jan. 1990.

- [5] H. D. Chiang, J. C. Wang, and G. Darling, "Optimal capacitor placement, replacement and control in large-scale unbalanced distribution systems: System modeling and a new formulation," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 10, pp. 356-362, Feb. 1995.
- [6] Y. C. Huang, H. T. Yang, and C. L. Huang, "Solving the capacitor placement problem in a radial distribution system using tabu search approach," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 11, pp. 1868-1873, Nov. 1996.
- [7] S. J. Huang, "An immune-based optimization method to capacitor placement in a radial distribution system," *IEEE Trans. Power Delivery*, vol. 15, pp. 744-749, Apr. 2000.
- [8] S. Sundhararajan and A. Pahwa, "Optimal selection of capacitors for radial distribution systems using genetic algorithm," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 9, pp. 1499-1507, Aug. 1994.
- [9] K. N. Miu, H. S. Chiang, and G. Darling, "Capacitor placement, replacement and control in large-scale distribution systems by a GA-based two-stage algorithms," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 12, pp. 1160-1166, Aug. 1997.
- [10] A. Kalyuzhny, G. Levitin, D. Elmakis, and H. B. Haim, "System approach to shunt capacitor allocation in radial distribution systems," *Electric Power Syst. Res.*, vol. 56, pp. 51-60, 2000.
- [11] C. T. Su, G. R. Lii, and C. C. Tsai, "Optimal capacitor allocation using fuzzy reasoning and genetic algorithms for distribution systems," *Math. Comput. Model.*, vol. 33, no. 6, pp. 745-757, 2001.
- [12] K. H. Kim and S. K. You, "Voltage profile improvement by capacitor placement and control in unbalanced distribution systems using GA," in *IEEE Power Eng. Soc. Summer Meeting*, vol. II, 1999, pp. 800-805.
- [13] J. Yen and B. Lee, "A simplex genetic algorithm hybrid," *Proc. 4th IEEE Conf. Evol. Comput.*, vol. II, pp. 175-179, 1997.
- [14] T. H. Chen, M. S. Chen, K. J. Hwang, P. Kotas, and E. A. Chebli, "Distribution system power flow analysis - A rigid approach," *IEEE Trans. Power Delivery*, vol. 6, pp. 1146-1152, July 1991.
- [15] "Final Rep. Consolidated Edison Company Res. Develop. Project 92.087," 1989.
- [16] Z. Michalewicz, *Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs*, 2nd ed. New York: Springer-Verlag, 1992.
- [17] "Radial distribution test feeders," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 6, pp. 975-985, Aug. 1991.

Kyu-Ho Kim (M'95) received the B.S., M.S., and Ph.D. degrees from Hanyang University, Korea, in 1988, 1990, and 1996, respectively.

Currently, he is an Assistant Professor in the Department of Electrical Engineering at Ansan College of Technology, Ansan, Korea. His research interests include power system control and operation, optimal power flow, and evolutionary computation.

Sang-Bong Rhee (S'02) received the B.S. and M.S. degrees from Hanyang University, Korea, in 1994 and 1999, respectively. Currently, he is pursuing the Ph.D. degree in electrical engineering from Hanyang University.

His research interests include artificial intelligence applications, distribution power system analysis, operation, and control.

Soo-Nam Kim (S'01) was born in 1969 in Korea. He received the B.S., M.S., and Ph.D. degrees from Hanyang University, Korea, in 1996, 1998, and 2003, respectively.

Currently, he is a Research Engineer with Hyundai Electro-Mechanical Research Institute, Mabook-Ri, Korea. His research interests include power system transient stability, artificial intelligence applications, FACTS, and protective relay.

Seok-Ku You received the Ph.D. degree from Hanyang University, Korea, in 1980.

Currently, he is a Professor of Electrical Engineering at Hanyang University. His research interests include power system control and operation, protection relay systems, and power system stability.