

# SKRIPSI

**“OPTIMASI PENEMPATAN KAPASITOR MENGGUNAKAN  
METODE FUZZY - GENETIC ALGORITHM ( GA ) PADA  
JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20 KV PENYULANG  
PUJON MALANG”.**



*Disusun Oleh :*  
**HANSHIAN PAMBUDI**  
**01.12.168**

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

**September 2008**

SKRIPSI

"OPTIMASI PEMERAPAN KAPASITAS MENGGUNAKAN  
METODE FUZZY - GENETIC ALGORITHM (GA) PADA  
JARINGAN DISTRIBUSI PENDING 33 KV PENYULANG  
PULOK BAWANG"



Disusun oleh :  
NUSMAN PRASETYO  
07.07.19

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI  
KEMENTERIAN TEKNIK INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO 21

September 2008

**LEMBAR PERSETUJUAN**

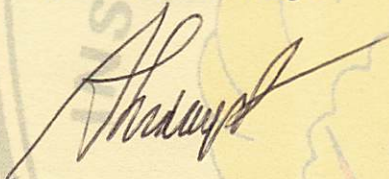
**SKRIPSI**

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

**Disusun Oleh :  
HANSHIAN PAMBUDI**

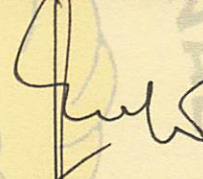
**01.12.168**

**Diperiksa dan Disetujui ,  
Dosen Pembimbing I**



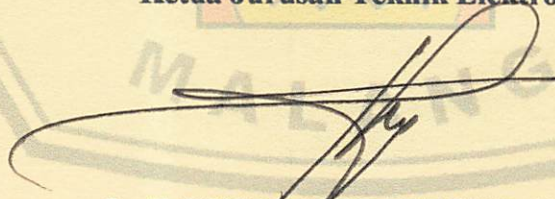
**Ir. H. TAUFIK HIDAYAT, MT  
NIP.Y. 10187000151**

**Diperiksa dan Disetujui ,  
Dosen Pembimbing II**



**Ir Eko Nurcahyo  
NIP.Y. 1028700172**

**Mengetahui ,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro**



**Ir. F. YUDI LIMPRAPTONO, M.T  
NIP. Y. 1039500274**

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

**2008**

## A B S T R A K S I

### “OPTIMASI PENEMPATAN KAPASITOR MENGGUNAKAN METODE FUZZY – GENETIC ALGORITHM ( GA ) PADA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20 kV PENYULANG PUJON MALANG”.

Hanshian Pambudi  
Ir. H. Taufik Hidayat, MT  
Ir. Eko Nurcahyo

**Kata Kunci** : Sistem Distribusi Radial, Penempatan Kapasitor, Pengurangan Rugi-rugi, *Metode fuzzy Logic – Genetic Algorithm.*

Meningkatnya usaha di sektor industri dan meningkatnya taraf hidup masyarakat maka kebutuhan akan energi listrik semakin meningkat pula, sehingga diperlukan penyediaan energi listrik beserta jaringan dan penyaluran yang sangat baik. Bertambahnya industri-industri menyebabkan peran penggunaan alat-alat listrik akan semakin luas. Beban industri sangat banyak membutuhkan daya reaktif induktif. Dengan meningkatnya beban-beban induktif, maka memperbesar komponen rugi-rugi daya, disamping itu dapat memperburuk kondisi tegangan.

Alternatif yang sering dipakai untuk memperbaiki kondisi jaringan akibat adanya rugi-rugi tersebut adalah memasang sumber daya reaktif tambahan disisi beban, salah satunya adalah pemasangan kapasitor.

Banyak metode yang dipakai dalam menganalisa masalah penentuan penempatan dan besar kapasitor pada jaringan distribusi, dan kesemuanya telah menghasilkan ciri dan kelemahan yang berbeda. Hal ini mendorong untuk mengangkat permasalahan dengan menggunakan metode *fuzzy Logic – Genetic Algorithm.* guna mendapatkan hasil yang lebih optimal dari metode-metode yang telah ada dalam penempatan kapasitor pada jaringan distribusi primer.

Skripsi ini menjelaskan masalah penempatan kapasitor yang optimal dalam sebuah sistem distribusi. Bagaimana menentukan lokasi secara optimal dalam memasang kapasitor, jenis dan ukuran kapasitor, pemasangan dari kapasitor ini untuk mendapatkan fungsi tujuan yang diinginkan yaitu mengurangi rugi-rugi daya, memperbaiki profil tegangan. Sebuah metode *fuzzy Logic – Genetic Algorithm.* digunakan untuk memilih lokasi pemasangan kapasitor. Dimana sebelum penempatan, jatuh tegangan sebesar 0.94572 pu dan setelah penempatan menjadi 0.95711 pu, untuk rugi daya aktif dari 129.8700 kW menjadi 105.4826 kW. Untuk rugi daya reaktif dari 1613661 kVAR, menjadi 131.4260 kVAR. Algoritma solusi diuji dalam sebuah sistem daya 100 bus di GISENGKALING Penyulang PUJON MALANG.

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran ALLAH SWT, atas rahmat dan karunia-Nya memungkinkan penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul, “ **OPTIMASI PENEMPATAN KAPASITOR MENGGUNAKAN METODE FUZZY – GENETIC ALGORITHM ( GA ) PADA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20 kV PENYULANG PUJON MALANG**”.

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

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

1. **ALLAH SWT**, selaku sang pemilik alam ini.
2. **Nabi Muhammad SAW**, selaku junjungan saya.
3. **Mulyadi Spd dan Sri Umi S**, selaku kedua orang tua saya, beserta seluruh keluarga.
4. **Bapak DR. Ir.Abraham Lomi, MSEE** selaku Rektor LTN Malang
5. **Ir. Mochtar Asroni, MSME**, selaku Dekan FTI ITN Malang.
6. **Ir. F Yudi Limpraptono, MT**, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro (S1) ITN Malang.

7. **Yusuf Ismail Nakhoda, ST. MT**, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro (S1) ITN Malang.
8. **Ir. H. Taufik Hidayat, MT**, selaku dosen pembimbing I.
9. **Ir Eko Nurcahyo**, selaku dosen pembimbing II.
10. Seluruh rekan mahasiswa ITN jurusan Elektro khususnya angkatan 2001.

Akhirnya penulis mengharapkan skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa khususnya pada jurusan Teknik Elektro S-1 konsentrasi Teknik Energi Listrik.

Malang, September 2008

Penulis

## DAFTAR ISI

**Halaman:**

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRAKSI.....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GRAFIK.....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I    PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan .....	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Metodologi Penelitian .....	3
1.6. Sistematika Penulisan .....	4

## **BAB II SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK DAN APLIKASI KAPASITOR**

2.1. Sistem Tenaga Listrik .....	7
2.2. Sistem Distribusi Tenaga Listrik.....	8
2.1.1. Sistem Distribusi Primer .....	9
2.1.2. Sistem Distribusi Sekunder .....	9
2.3. Struktur Jaringan Distribusi Tenaga Listrik.....	10
2.3.1. Sistem Jaringan Distribusi Radial .....	10
2.3.2. Sistem Jaringan Distribusi Tertutup ( Loop ) .....	11
2.3.3. Sistem Jaringan Distriobusi <i>Mesh</i> .....	12
2.4. Macam-macam Struktur Jaringan Distribusi Radial .....	12
2.4.1. Sistem Radial Pohon .....	13
2.4.2. Sistem Radial Dengan Tie Dan Switch Pemisah .....	14
2.4.3 Sistem Radial Dengan Pembagian Phase Area .....	15
2.4.4 Sistem Radial Dengan Beben Terpusat.....	16
2.5. Daya Dalam Sistem Tenaga Listrik .....	17
2.5.1 Daya Nyata ( Real Power ).....	17
2.5.2 Daya Reaktif ( Reaktif Power ).....	18
2.5.3 Daya Reaktif ( Reaktif Power ).....	18
2.6. Daya Reaktif Dan Faktor Daya .....	18



- 2.7. Kapasitor Daya ..... 21
  - 2.7.1. Kapasitor Seri dan Kapasitor Shunt ..... 21
  - 2.7.2. Faktor-Faktor Pemilihan Kapasitor Seri dan Shunt ..... 22
- 2.8. Pengaruh Perbaikan Faktor Daya..... 23
  - 2.8.1. Pengaruh Rugi-Rugi Saluran Saluran Dengan  
Kapasitor Shunt ..... 24
  - 2.8.2. Perbaikan Tegangan ..... 26
  - 2.8.3. Pebaikan Faktor Daya Dan Kenaikan  
Kapasitor Sistem..... 27
  - 2.8.4. Perhitungan Pengaruh Perbaikan Faktor Daya ..... 28
  - 2.8.5 Penentuan Rating Kapasitor Untuk Perbaikan Faktor daya  
Beban..... 30
- 2.9. Sistem Per-Unit ..... 31

**BAB III METODE FUZZY LOGIC – GENETIC ALGORITHM DAN PENERAPAN**

- 3.1 Analisa Aliran Daya Jaringan Radial..... 33
  - 3.1.1 Tujuan ..... 33
  - 3.1.2. Metode *Newton Raphson* ..... 33
  - 3.1.3. Algoritma Aliran Daya *Newton Raphson* ..... 36
  - 3.1.4. *Flowchart* Algoritma Aliran Daya *Newton Rahpson*..... 38

3.2.	Penyelesaian Metode <i>Fuzzy Logic – Genetic Algorithm</i> .....	39
3.2.1.	Metode <i>Fuzzy Logic</i> .....	39
3.2.2.	Metode <i>Algoritma Genetika</i> .....	42
3.2.1.1.	Istilah-istilah <i>Algoritma Genetika</i> .....	44
3.2.1.2.	Proses <i>Algoritma Genetika</i> .....	46°
3.2.1.3.	Elitism .....	50
3.2.1.4.	Crossover .....	51
3.2.1.5.	Mutasi .....	53
3.3.	Penerapan Metode <i>Genetic Algorithm</i> .....	54
3.3.1.	Pengkodean .....	55
3.3.1.1.	Fungsi Tujuan ( <i>Objective Functions</i> ) .....	55
3.3.1.2.	Evaluasi Fitness .....	56
3.3.4..	<i>Algoritma Pemecahan Masalah</i> .....	57
3.3.5.	<i>Algoritma Program Solusi Metode Fuzzy Logic</i> .....	58
3.5.6.	<i>Algoritma Program Solusi Metode Genetic Algorithm</i> .....	58
3.3.7.	<i>Flowchart Algoritma Program Solusi</i> <i>Metode Genetic Algorithm</i> .....	60
3.3.8	<i>Flowchart Algoritma Pemecahan Masalah</i> .....	61
3.3.9.	<i>Flowchart Algoritma Program Solusi</i> <i>Metode Fuzzy Logic</i> .....	62

## **BAB IV ANALISA DAN HASIL**

4.1.	Sistem Distribusi Tenaga Listrik 20kV, Penyulang Pujon.....	63
4.2.	Prosedur Pelaksanaan Program Perhitungan.....	64
4.3.	Data Saluran.....	68
4.4.	Analisa Perhitungan Sebelum Optimasi.....	80
4.5.	Analisa Perhitungan Setelah Optimasi.....	89

## **BAB V KESIMPULAN**

5.1.	Kesimpulan .....	93
5.2	Saran .....	94

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar :	Halaman :
2.1 Skema Penyaluran Energi Listrik.....	7
2.2. Jaringan Distribusi Tegangan Menengah (JTM), Jaringan Tegangan Rendah (JTR) dan Sambungan Rumah ke Pelanggan.....	8
2.3. Jaringan Tegangan Menengah Sistem Distribusi Radial .....	10
2.4. Jaringan Tegangan Menengah Struktur Loop yang dipasang dari satu sumber .....	11
2.5. Jaringan Tegangan Menengah Struktur <i>Mesh</i> .....	12
2.6. Jaringan Tegangan Menengah Struktur Pohon .....	14
2.7. Sistem Radial Dengan Tie Dan Switch Pemisah .....	15
2.8. Sistem Radial Dengan Pembagian Phase Area .....	16
2.9. Sistem Radial Dengan Beban Terpusat.....	17
2.10. Segi Tiga Daya.....	19
2.11. Segi Tiga Arus.....	20
2.12. Saluran Primer Dengan Beban Tepusat .....	20
2.13. Kapasitor Shunt Yang Dipasang Pada Saluran .....	21
2.14. Vektor arus dan tegangan sebelum dan setelah pemasangan kapasitor .....	25
2.15. Diagram vektor pada rangkaian dengan <i>pf lagging</i> (a) dan (c) tanpa kapasitor shunt, (b) dan (d) dengan kapasitor <i>shunt</i> .....	26

2.16.	Perbaikan Faktor Daya.....	27
2.17.	Diagram Fasor dan Sudut Daya Beban Distribusi .....	29
3.1.	<i>Flowchart</i> Algoritma Aliran Daya <i>Newton Raphson</i> .....	38
3.2	Roulette – Whell .....	49
3.3.	Pembentukan Next Generation dalam Algoritma Genetika.....	51
3.4.	Ilustrasi Operator Dengan One Point Crossover.....	52
3.5.	Ilustrasi Operator Dengan Two Point Crossover .....	52
3.6.	Ilustrasi Operator Dengan Uniform Crossover .....	52
3.7.	Ilustrasi Operator Mutasi Untuk Representasi String Binner .....	53
3.8.	Ilustrasi Operator Mutasi Untuk Representasi Integer.....	53
3.9.	<i>Flowchart</i> Algoritma Solusi <i>Genetic Algorithm</i> .....	60
3.10.	<i>Flowchart</i> Penyelesaian Masalah.....	61
3.11.	<i>Flowchart</i> Fuzzy Logic.....	62
4.1.	<i>Single Line Diagram</i> Penyulang Pujon Sebelum Penempatan Kapasitor .	63
4.2.	Tampilan Utama Program Matlab 7.0.4.....	64
4.3.	Tampilan Inputan Data (General) .....	65
4.4.	Tampilan Inputan Data (Data Pembebanan).....	66
4.5.	Tampilan Inputan Data (Data Saluran) .....	68
4.6.	Tampilan Data Objective Function .....	71
4.7.	Tampilan Parameter Fuzzy Logic Dan GA.....	71
4.8.	Tampilan Untuk Menjalankan Program.....	72

4.9.	Tampilan Hasil Aliran Daya Untuk Mengetahui Tegangan Dan Sudut Fasa Tiap-tiap Bus Sebelum Kompensasi.....	73
4.10.	Tampilan Hasil Aliran Daya Untuk Daya tiap Saluran Sebelum Kompensasi .....	75
4.11.	Tampilan Hasil Rugi Daya Antar Saluran Sebelum Optimasi.....	77
4.12.	Tampilan Hasil Jumlah Pembangkitan, Pembebanan, Rugi-rugi Sebelum Optimasi .....	79
4.13.	Tampilan Hasil Penempatan Kapasitor Dengan Menggunakan Metode Fuzzy Logic Dan GA.....	81
4.14.	Tampilan Hasil Untuk Mengetahui Tegangan Dan Sudut Fasa Tiap Bus Setelah Optimasi.....	82
4.15.	Tampilan Hasil Aliran Daya Untuk Daya tiap Saluran Setelah Kompensasi .....	84
4.16.	Tampilan Hasil Rugi Daya Antar Saluran Setelah Optimasi.....	86
4.17.	Tampilan Hasil Jumlah Pembangkitan, Pembebanan, Rugi-rugi Setelah Optimasi Menggunakan Metode Fuzzy Logic Dan GA .....	88

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel :</b>	<b>Halaman :</b>
2-1 Kapasitor Seri dan Kapasitor Shunt .....	22
3-1 Hasil Dari Fuzzy Rules .....	41
3-2 Istilah Yang Digunakan Dalam Algoritma Genetika .....	44
4-1. Data Hasil Perhitungan Pembebar.nan Sistem 20kV Penyulang Pujon.....	67
4-2. Spesifikasi Saluran .....	68
4-3. Data Hasil Perhitungan Saluran Penyulang Pujon .....	70
4-4. Tegangan dan Sudut Fasa Tiap Bus Penyulang Pujon Sebelum Optimasi .....	74
4-5. Aliran Daya Tiap Saluran Penyulang Pujon Sebelum Optimasi .....	76
4-6. Rugi Daya Tiap Saluran Penyulang Pujon Sebelum Optimasi .....	78
4-7. Tegangan Dan Sudut Fasa Tiap Bus Penyulang Pujon Setelah Optimasi .....	83
4-8. Aliran Daya Tiap Saluran Penyulang Pujon Setelah Optimasi .....	85
4-9. Rugi Daya Tiap Saluran Penyulang Pujon Setelah Optimasi .....	87
4-9. Hasil Program Metode .....	90

## DAFTAR GRAFIK

<b>Grafik :</b>	<b>Halaman :</b>
4-1 Tegangan Tiap-tiap Bus Terhadap Tegangan Awal, Tegangan Sebelum Dan Setelah Optimasi .....	91
4-2 Rugi Daya Sebelum dan Setelah Optimasi .....	92



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Dengan meningkatnya usaha di sektor industri dan meningkatnya taraf hidup masyarakat maka kebutuhan akan energi listrik semakin meningkat pula, sehingga diperlukan penyediaan energi listrik beserta jaringan dan penyaluran yang sangat baik.

Alternatif yang sering dipakai untuk memperbaiki kondisi jaringan akibat adanya rugi-rugi tersebut adalah memasang daya reaktif tambahan disisi beban salah satunya adalah pemasangan kapasitor.

Banyak metode yang dipakai dalam menganalisa masalah penentuan penempatan dan besar kapasitor pada jaringan distribusi, pada umumnya banyak teknik untuk membahas masalah alokasi kapasitor dengan menggunakan metode-metode konvensional tetapi pembahasan-pembahasan yang dilakukan masih kurang dan masih dilakukan analisa yang lebih mendalam lagi.

Hal ini mendorong penulis untuk mengangkat permasalahan dengan menggunakan metode *Fuzzy-Genetic Algorithm* dapat menjadi salah satu alternatif yang efektif untuk penempatan kapasitor dalam jaringan distribusi primer.

## 1.2. Rumusan Masalah

Salah satu cara pemasangan sumber daya reaktif tambahan disisi beban adalah dengan pemasangan kapasitor pada jaringan distribusi primer, sehingga dapat mengurangi rugi-rugi disaluran. Yang menjadi permasalahan adalah bagaimana cara menentukan letak dan kapasitas kapasitor yang optimal pada jaringan distribusi radial agar rugi-rugi yang dihasilkan menjadi seminim mungkin dan juga menghemat biaya instalasi kapasitor tersebut yang semaksimal mungkin.

Oleh karena itu pada skripsi ini akan menganalisa hal tersebut dengan suatu alternatif metode *Fuzzy-Genetic Algorithm* merupakan suatu algoritma yang dapat menentukan lokasi, jumlah, kapasitas dan biaya pemasangan kapasitor yang dipasang pada jaringan distribusi.

Dari permasalahan yang timbul diatas, maka skripsi ini berjudul:

### **“OPTIMASI PENEMPATAN KAPASITOR MENGGUNAKAN METODE FUZZY - GA (GENETIC ALGORITHM) PADA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20kV PADA GI SENGKALING PENYULANG PUJON”**

## 1.3. Tujuan.

Adapun tujuan penulisan skripsi ini adalah

1. Menentukan letak dan kapasitas kapasitor yang optimal pada sistem distribusi radial penyulang Pujon.
2. Memperbaiki profil tegangan setelah pemasangan kapasitor
3. Mengurangi rugi-rugi daya aktif dan rugi-rugi daya reaktif setelah pemasangan kapasitor.

#### 1.4. Batasan Masalah

Untuk menyederhanakan masalah yang akan dibahas, maka diberikan asumsi-asumsi serta batasan-batasan sebagai berikut:

1. Jaringan yang akan dianalisa adalah jaringan distribusi radial 20 kV di penyulang Pujon.
2. Hanya Kapasitor Shunt yang digunakan dalam perbaikan tegangan dan pengurangan rugi daya.
3. Analisa penentuan letak kapasitor dan pemilihan kapasitas kapasitor menggunakan metode *Fuzzy-Genetic Algorithm*
4. Tidak membahas penyebab gangguan.
5. Analisa dilakukan pada kondisi normal pada saat beban puncak
6. Tidak membahas secara detail metode aliran daya yang digunakan yaitu metode *Newton Raphson*.
7. Diassumsikan nilai faktor daya sebesar 0.85.

#### 1.5. Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini adalah:

1. Kajian literatur

Yaitu kajian pustaka untuk mempelajari teori-teori yang terkait melalui literatur yang ada, yang berhubungan dengan permasalahan.

## 2. Pengumpulan Data

Bentuk data yang digunakan adalah:

- ▣ Data kuantitatif, yaitu data yang dapat dihitung atau data yang berbentuk angka-angka.
  - ▣ Data kualitatif, yaitu data yang berbentuk diagram. Dalam hal ini single line diagram penyulang .
3. Analisa perhitungan tegangan, sudut fasa tegangan, rugi-rugi daya dan aliran daya tiap saluran menggunakan metode Newton Raphson, untuk menentukan letak penempatan kapasitor dan kapasitas kapasitor yang optimal menggunakan Metode *Fuzzy-GA (Genetic Algorithm)* yang disimulasikan dengan program komputer bahasa Pemrograman MATLAB 7.0.4 .

### 1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika dari pembahasan di dalam skripsi ini adalah sebagai berikut :

## **BAB I : PENDAHULUAN**

Berisikan Latar belakang, Rumusan Masalah, Tujuan, Batasan Masalah, Metodologi Penelitian, Sistematika Penulisan.

## **BAB II : SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK DAN APLIKASI KAPASITOR**

Disini akan dibahas masalah sistem jaringan distribusi, pengertian jatuh tegangan, pengaruh rendahnya jatuh daya, penjelasan teori tentang kapasitor serta faktor daya, dan penjelasan sistem per-unit.

## **BAB III : METODE FUZZY – GA (GENETIC ALGORITHM) DAN PENERAPAN**

Pada bab ini akan dibahas metode aliran daya Newton Raphson, teori *Fuzzy - GA (Genetic Algorithms)* dan teori-teori mengenai algoritma metode *Fuzzy - GA (Genetic Algorithm)* untuk menentukan penempatan dan kapasitas kapasitor. Data saluran dan data pembebanan pada GI Sengkaling Penyulang Pujon

## **BAB IV : ANALISA DAN HASIL**

Pada bab ini akan dibahas mengenai analisa dari hasil simulasi program matlab 7.0.4 mengenai penentuan letak dan kapasitas kapasitor menggunakan metode *Fuzzy – GA (Genetic Algorithm)*, perbandingan profil tegangan, rugi daya sebelum dan setelah penempatan kapasitor.

**BAB V : KESIMPULAN**

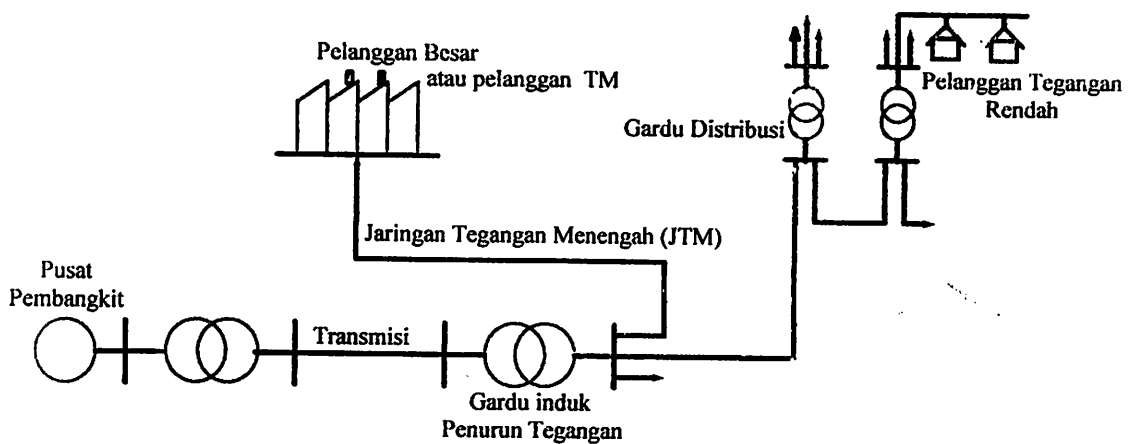
Merupakan bab terakhir yang memuat intisari dari hasil pembahasan, yang berisikan kesimpulan dan saran yang dapat digunakan sebagai pertimbangan untuk pengembangan penulisan selanjutnya.

## BAB II

### SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK DAN APLIKASI KAPASITOR

#### 2.1. Sistem Tenaga Listrik<sup>[1]</sup>

Sistem tenaga listrik merupakan suatu sistem terpadu yang terbentuk oleh hubungan-hubungan peralatan dan komponen-komponen listrik. Sistem tenaga listrik ini mempunyai peranan utama untuk menyalurkan energi listrik yang dibangkitkan oleh generator ke konsumen yang membutuhkan energi listrik.



**Gambar 2.1. Skema Penyaluran Energi Listrik<sup>[1]</sup>**

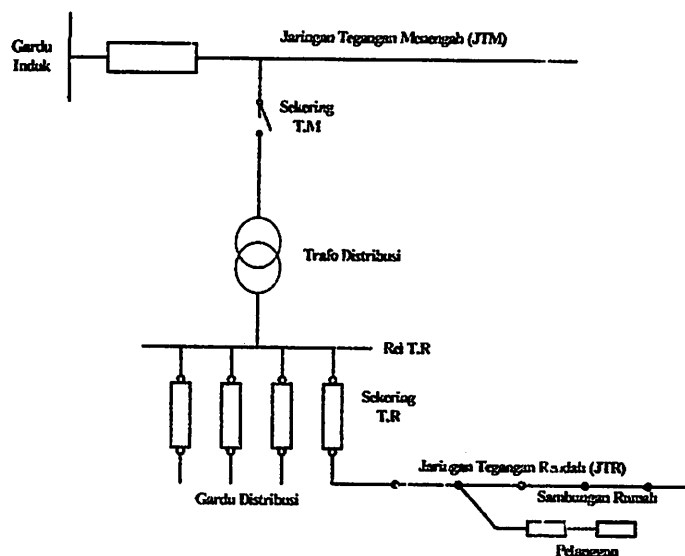
Secara garis besar suatu sistem tenaga listrik dapat dikelompokkan menjadi 3 sub sistem, yaitu :

1. Sistem Pembangkitan : Berperan sebagai sumber daya tenaga listrik dan disebut juga produktor energi.

2. Sistem Transmisi atau Penyaluran : Berfungsi sebagai penyalur daya listrik secara besar-besaran dari pembangkit ke bagian sistem distribusi atau konsumen.
3. Sistem Distribusi dan Beban : Berperan sebagai distributor energi ke konsumen yang memerlukan energi tersebut.

## 2.2. Sistem Distribusi Tenaga Listrik<sup>[2]</sup>

Jaringan distribusi berada pada akhir dari sistem tenaga listrik, perannya mendistribusikan tenaga listrik dari gardu Induk ke konsumen melalui gardu distribusi. jaringan setelah keluar dari gardu induk bisa 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 kerumah-rumah pelanggan (konsumen) PLN melalui sambungan rumah.



**Gambar 2.2.** Jaringan Distribusi Tegangan Menengah (JTM), Jaringan Tegangan Rendah (JTR) dan Sambungan Rumah ke Pelanggan<sup>[2]</sup>



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)

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

#### **2.2.1. Sistem Distribusi Primer (Jaringan Tegangan Menengah)**

Tingkat Tegangan yang digunakan pada sistem distribusi primer adalah meliputi tegangan 20 kV, Oleh karena itu sistem distribusi ini sering disebut dengan sistem distribusi tegangan menengah.

#### **2.2.2. Sistem distribusi Sekunder (Jaringan Tegangan Rendah)**

Tingkat Tegangan yang digunakan pada sistem distribusi sekunder adalah tegangan rendah yaitu 127/220 volt atau 220/380 volt, oleh karena itu sistem distribusi ini sering disebut dengan sistem distribusi tegangan rendah.

Sistem jaringan yang digunakan untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik tersebut dapat menggunakan sistem satu fasa dengan dua kawat maupun sistem tiga fasa dengan empat kawat.

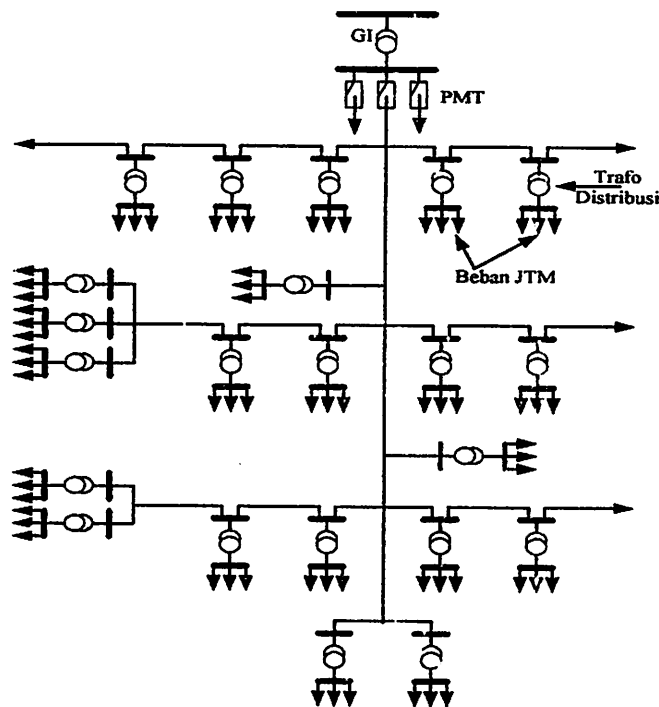
### 2.3. Struktur Jaringan Distribusi Tenaga Listrik<sup>[1]</sup>

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

#### 2.3.1. Sistem Jaringan Distribusi Radial

Bentuk jaringan ini merupakan bentuk dasar yang paling sederhana dan paling banyak dipergunakan. Sistem ini dikatakan radial karena dari kenyataannya bahwa jaringan ini ditarik secara radial dari gardu induk ke pusat-pusat beban atau konsumen yang dilayani. Sistem ini terdiri dari saluran utama (*tunk line*) dan saluran cabang (*lateral*) seperti pada gambar 2.3.



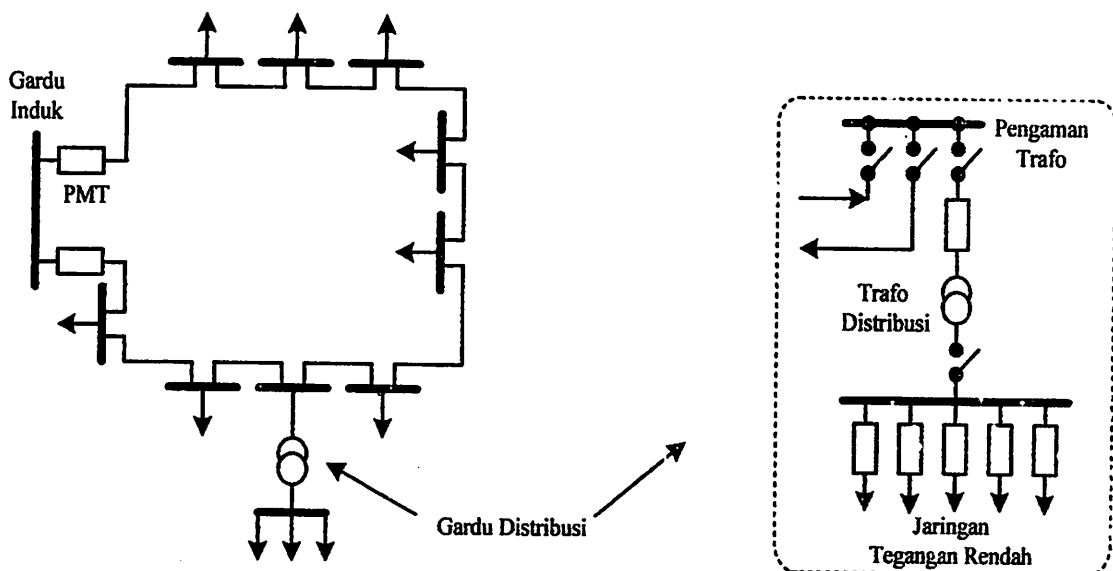
Gambar 2.3. Jaringan Tegangan Menengah Sistem Distribusi Radial<sup>[1]</sup>

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 sistem 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.

### 2.3.2. Sistem Jaringan Distribusi Tertutup (Loop).

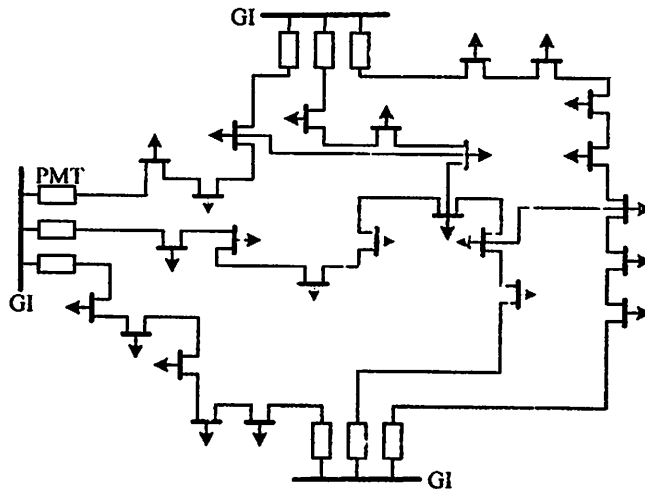
Sistem ini disebut jaringan distribusi *loop* karena saluran primer yang menyalurkan daya sepanjang daerah beban yang dilayani, membentuk suatu rangkaian *loop*.



**Gambar 2.4.** Jaringan Tegangan Menengah Struktur Loop yang dipasang dari satu sumber<sup>[1]</sup>

### 2.3.3. Sistem Jaringan Distribusi *Mesh*.

Jaringan Distribusi *Mesh* merupakan jaringan yang strukturnya kompleks, dimana kelangsungan penyaluran dan pelayanannya diutamakan. Struktur jaringan ini umumnya digunakan pada jaringan tegangan rendah yang kepadatan bebannya cukup tinggi.



**Gambar 2.5.** Jaringan Tegangan Menengah Struktur *Mesh*<sup>[1]</sup>

### 2.4. Macam-macam Struktur Jaringan Distribusi Radial<sup>[3]</sup>

Tipe jaringan ini merupakan bentuk dasar, susunan maupun kebutuhan alat-alat penunjangnya paling sedikit dan paling sederhana. Tipe ini paling banyak digunakan untuk melayani konsumen terutama beban-beban rumah tangga yang tidak menuntut tingkat kontinuitas pelayanan yang tinggi. Sumber daya pada tipe ini hanya dari satu titik. Salurannya dicabang-cabang menuju ke titik-titik beban, dan antara titik sumber dengan titik beban hanya ada satu pilihan. Dengan demikian bila salah satu saluran cabang mengalami gangguan maka seluruh beban yang ada di saluran tersebut akan mengalami pemadaman total.

Jaringan distribusi radial mempunyai beberapa keuntungan dan kelemahan sebagai berikut :

Keuntungan jaringan radial :

1. Bentuknya sederhana dibandingkan dengan bentuk lain.
2. Biaya investasinya relatif lebih murah, karena saluran menuju ke tiap beban hanya tersedia satu jalur.

Kelemahan jaringan radial :

1. Kualitas pelayanan (penyaluran daya) dibanding dengan tipe yang lain lebih jelek, sebab jatuh tegangan dan rugi-rugi daya relatif besar. Kerugian ini terjadi pada saluran.
2. Kontinuitas penyaluran daya tidak terjamin. Dengan hanya mengandalkan satu saluran, maka bila terjadi gangguan pada saluran tersebut tidak dapat diharapkan *supply* melalui saluran ini.

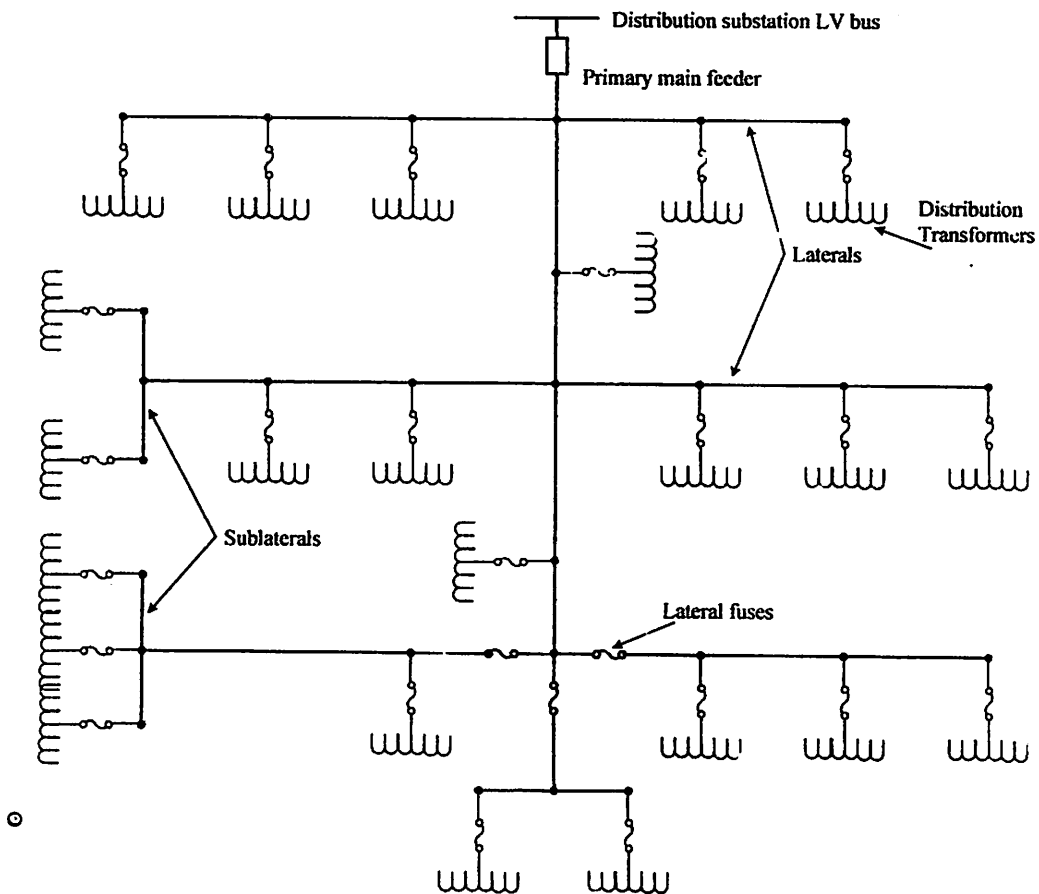
Jaringan radial ini dalam perkembangannya mengalami beberapa bentuk modifikasi sehingga dikenal beberapa macam jaringan distribusi radial, yaitu :

1. Sistem Radial Pohon
2. Sistem Radial dengan *Tie* dan *Swicth* Pemisah
3. Sistem Radial dengan Pusat Beban
4. Sistem Radial dengan pembagian Daerah Phasa (*Phase Area*)

#### **2.4.1. 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 besar arus yang ditanggung. Dari gambar 2.6, *main feeder* merupakan saluran yang dialiri arus terbesar, selanjutnya arus mengecil pada setiap cabang dari besarnya beban.

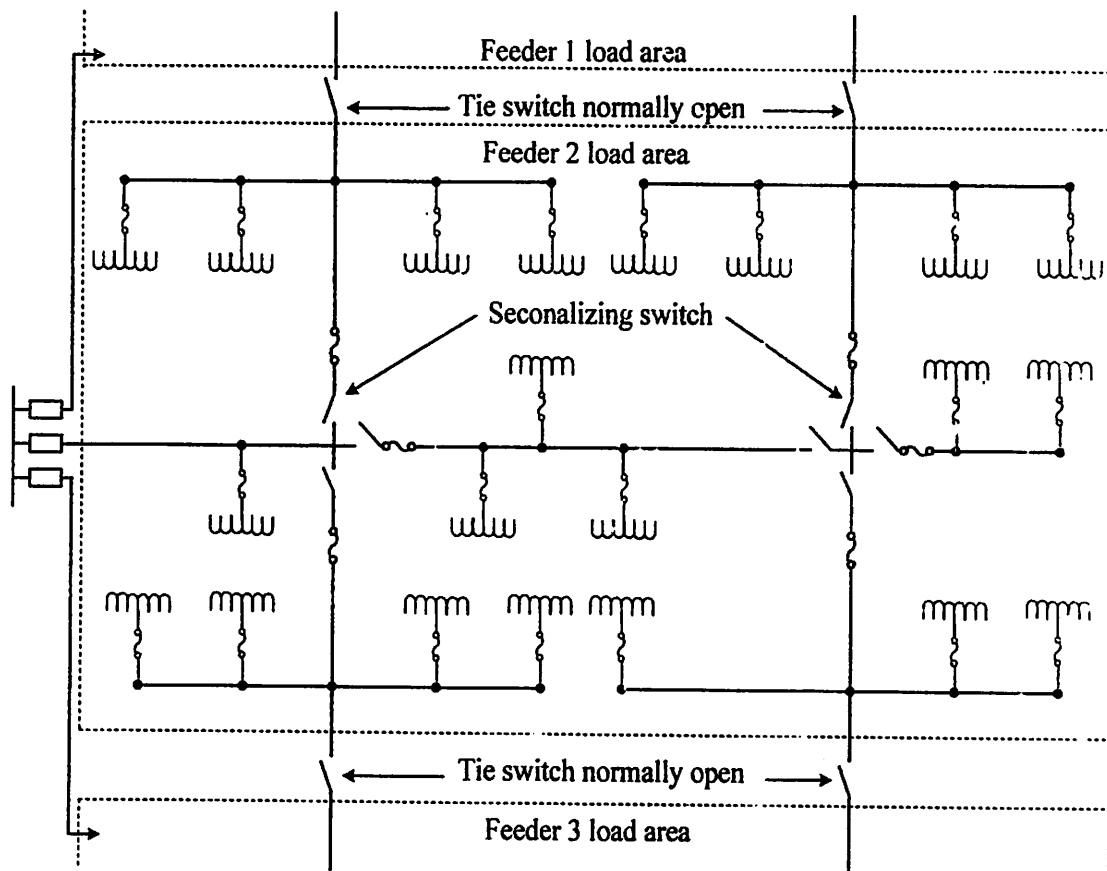


Gambar 2.6. Sistem radial jaringan pohon<sup>[3]</sup>

#### 2.4.2. 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

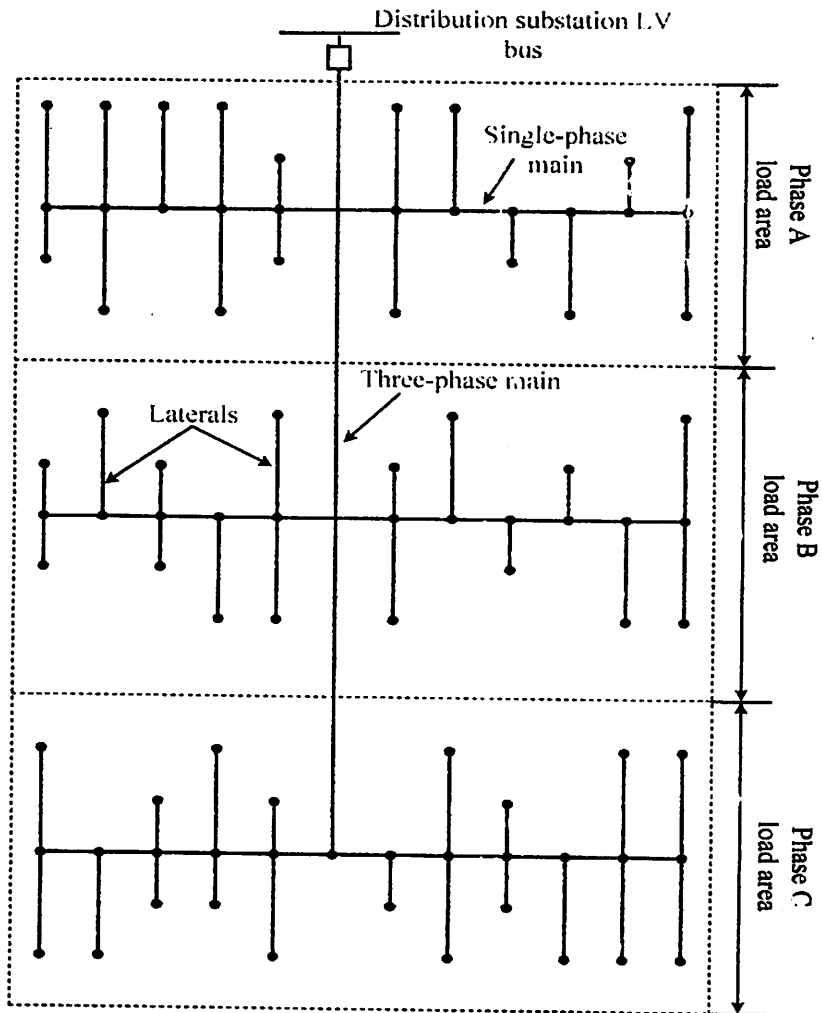
pelayanannya dialihkan pada *feeder* yang sehat atau yang tidak terganggu. Sistem radial dengan *Tie* dan *Switch* pemisah dapat dilihat pada gambar 2.7.



**Gambar 2.7.** Sistem Radial Dengan *Tie* dan *Switch* Pemisah<sup>[3]</sup>

#### 2.4.3. 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 2.8.

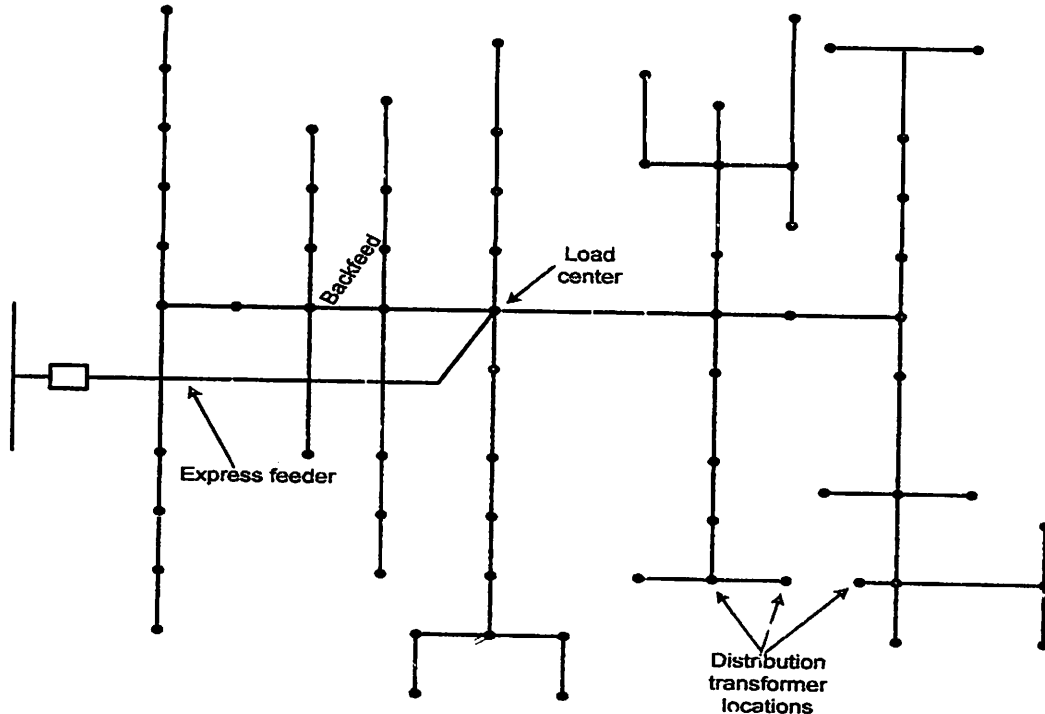


**Gambar 2.8.** Sistem Radial Dengan Pembagian *Phase Area* <sup>[3]</sup>

#### 2.4.4. 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* radial seperti terlihat pada gambar 2.9.





**Gambar 2.9.** Sistem Radial Dengan Beban Terpusat <sup>[3]</sup>

## 2.5. Daya Dalam Sistem Tenaga Listrik<sup>[4]</sup>

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

Daya listrik yang dibangkitkan dikenal dengan istilah:

### 2.5.1. Daya Nyata ( Real Power )

Daya Nyata dinyatakan dalam persamaan :

$$P = [ V ] [ I ] \cos \varphi \dots\dots\dots(2.1)$$

Daya nyata untuk beban 3 fasa seimbang

$$P = \sqrt{3} | V_{\text{jala-jala}} | | I_{\text{jala-jala}} | \cos \varphi \dots\dots\dots(2.2)$$

### 2.5.2. Daya Reaktif (*Reactive power*)

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

Daya reaktif dinyatakan dalam persamaan :

$$Q = |V| |I| \sin \phi \dots\dots\dots(2.3)$$

Daya reaktif untuk beban 3 fasa seimbang :

$$Q = \sqrt{3} |V_{\text{jala-jala}}| |I_{\text{jala-jala}}| \sin \phi \dots\dots\dots(2.4)$$

### 2.5.3. Daya Semu (*Apparent Power*)

Daya semu dinyatakan dalam persamaan :

$$S = |V| |I| \dots\dots\dots(2.5)$$

Daya semu untuk beban 3 fasa seimbang :

$$S = \sqrt{3} |V_{\text{jala-jala}}| |I_{\text{jala-jala}}| \dots\dots\dots(2.6)$$

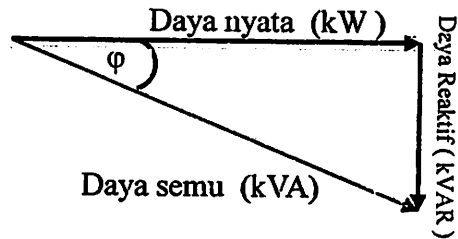
## 2.6. Daya Reaktif dan Faktor Daya<sup>[1]</sup>

Setiap pemakaian daya reaktif akan menyebabkan turunnya faktor daya yang kemudian menyebabkan memburuknya karakteristik kerja peralatan-peralatan sistem pada umumnya, baik dari segi teknik operasional maupun segi ekonomisnya, faktor daya adalah perbandingan antara daya nyata dan daya semu.

$$\text{Faktor daya} = \frac{\text{DayaNyata}(kW)}{\text{Dayasemu}(kVA)} \dots\dots\dots(2.7)$$

Untuk daya semu sendiri dibentuk oleh dua kompoen daya nyata (kW) dan komponen daya reaktif (kVAR).

Hubungan ini dapat digambarkan sebagai berikut:



**Gambar 2.10.** Segitiga Daya<sup>[1]</sup>

Dengan Faktor daya =  $\cos \varphi = \frac{P}{S}$

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q_1^2}} \dots\dots\dots (2.8)$$

P = Daya Nyata (kW)

S = Daya semu (kVA)

Q = Daya reaktif (kVar)

$\varphi$  = Sudut Phase

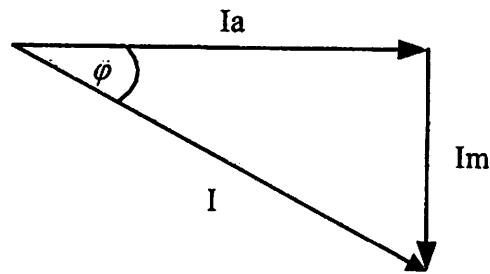
Dari gambar 2.10 daya semu terdiri dari komponen daya nyata dan daya reaktif.

Suatu beban akan membutuhkan suplai daya aktif jika beban tersebut bersifat induktif dan suatu beban membutuhkan suplai daya reaktif jika beban tersebut bersifat kapasitif. Jadi faktor daya dapat dilihat dari hubungan antara arus nyata, arus magnetisasi dan arus total.

- Arus nyata ( $I_a$ ) adalah arus yang dibeban dan diubah kedalam energi panas.

- Arus magnetisasi ( $I_m$ ) adalah arus yang mengalir dibeban untuk menimbulkan medan magnet.
- Arus total ( $I$ ) adalah arus yang mengalir di jaringan dan merupakan penjumlahan vektor dari arus nyata dengan arus magnetisasi.

Dalam bentuk vektor hubungan tersebut digambarkan sebagai berikut :

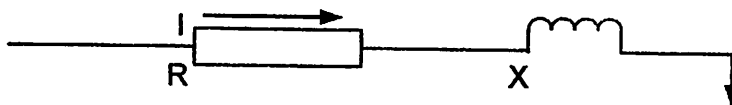


**Gambar 2.11. Segitiga Arus** <sup>[1]</sup>

Beberapa sebab sistem distribusi mempunyai faktor daya yang rendah, yaitu :

- Banyaknya pemakaian motor asinkron terutama pada industri.
- Makin meningkatnya pemakaian lampu TL untuk penerangan.
- Pemakaian pemanas air.

Menurunnya faktor daya berarti mengecilnya perbandingan antara daya nyata dengan daya semu atau berarti semakin membesarnya kebutuhan beban dan daya aktif.



**Gambar 2.12. Saluran Primer Dengan Beban Tepusat** <sup>[1]</sup>

Karena pada saluran terdapat resistansi  $R$  dan reaktansi  $X$ , maka rugi daya ( $P_L$ ) dirumuskan sebagai berikut :

$$P_L = I^2 R$$

$$= (I \cos \theta)^2 R + (I \sin \theta)^2 R \dots\dots\dots (2.9)$$

dimana :  $I_R$  adalah arus aktif

$I_X$  adalah arus reaktif

## 2.7. Kapasitor Daya<sup>III</sup>

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

### 2.7.1. Kapasitor Seri dan Kapasitor *Shunt*

Kapasitor daya terdiri atas 2 bagian yaitu kapasitor seri dan kapasitor *shunt*:

#### a. Kapasitor Seri

Kapasitor seri adalah kapasitor yang dihubung seri dengan impedansi saluran yang bersangkutan, pemakaiannya amat dibatasi pada saluran distribusi, karena peralatan pengarnya cukup rumit. Jadi secara umum dikatakan biaya untuk pemasangan kapasitor seri lebih mahal daripada biaya pemasangan kapasitor paralel atau biasa disebut kapasitor *shunt*.

### b. Kapasitor *Shunt*

Kapasitor *shunt* adalah kapasitor yang dihubungkan paralel dengan saluran dan secara intensif digunakan pada saluran 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.

#### 2.7.2. Faktor-faktor pemilihan kapasitor Seri dan kapasitor *shunt*<sup>[5]</sup> :

Faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan kapasitor *shunt* dan seri ditabelkan sebagai berikut :

**Tabel 2-1**  
**Kapasitor Seri dan Kapasitor *Shunt***

No	Tujuan	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 yang tinggi	Tidak Dipakai	Tidak Dipakai
5	Memperbaiki tingkat tegangan pada sistem saluran bawah tanah dengan	Pertama	Tidak Dipakai

6	faktor daya normal dan rendah Mengurangi rugi-rugi daya dan rugi-rugi energi pada saluran	Kedua	Pertama
7	Mengurangi fluktuasi tegangan	Pertama	Tidak Dipakai

## 2.8. Pengaruh Pemasangan Kapasitor *Shunt*<sup>[1]</sup>

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

Adapun dua cara dalam pemakaian kapasitor *shunt* :

- Kapasitor Tetap (*Fixed Capacitor*)
- Kapasitor Saklar (*Switched Capacitor*)

### a. Kapasitor Tetap

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

### b. Kapasitor Saklar

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

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

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

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

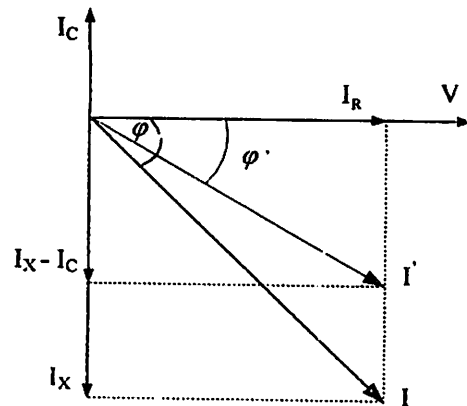
Rugi-rugi saluran sebelum ada pengaruh pemasangan kapasitor adalah seperti pada persamaan (2.9) diatas.

Sedangkan setelah pemasangan kapasitor, maka sebagian daya reaktif yang dibutuhkan oleh beban akan disuplai oleh kapasitor tersebut, sehingga arus yang mengalir di jaringan akan lebih kecil. Persamaan rugi daya dan rugi energi setelah pemasangan kapasitor adalah :

$$P_L' = (I \cos \theta)^2 R + (I \sin \theta - I_c)^2 R \dots\dots\dots(2.10)$$



Dalam bentuk diagram vektor adalah :



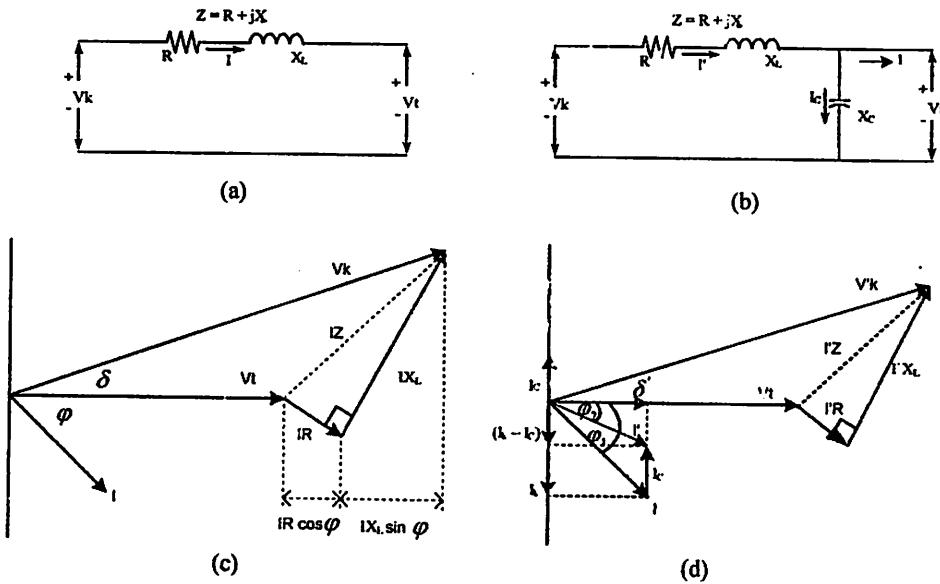
**Gambar 2-14.** Vektor arus dan tegangan sebelum dan setelah pemasangan kapasitor <sup>[1]</sup>

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

$$\begin{aligned}
 \Delta_{pls} &= I^2R - I_1^2R \\
 &= (I \cos \theta)^2R + (I \sin \theta)^2R - (I \cos \theta)^2R + (I \sin \theta - I_C)^2R \\
 &= 2 (I \sin \theta)I_C R - I_C^2R \dots\dots\dots (2.11)
 \end{aligned}$$

2.8.2. Perbaikan Tegangan<sup>[1]</sup>

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



**Gambar 2.15.** Diagram vector pada rangkaian dengan *pf lagging* (a) dan (c) tanpa kapasitor *shunt*, (b) dan (d) dengan kapasitor *shunt*

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

Sebelum pemasangan kapasitor :

$$\delta V = IR \cos \varphi + I X_L \sin \varphi \text{ volt .....(2.12)}$$

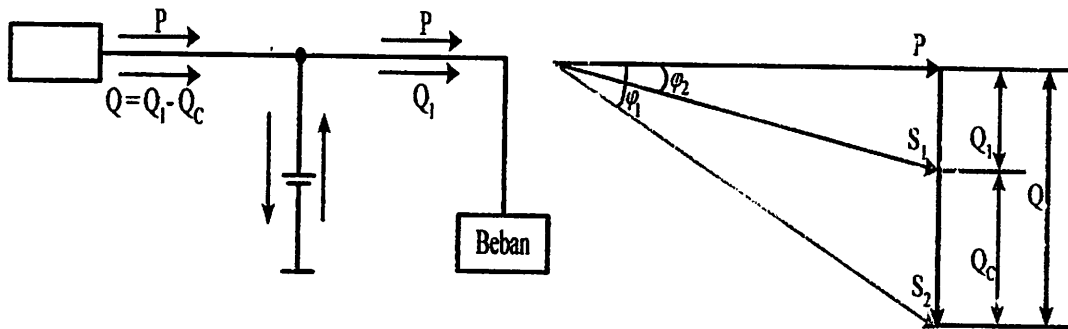
Bila kapasitor dipasang pada ujung penerima dari saluran, seperti yang terlihat pada gambar 2-15b, secara pendekatan jatuh tegangannya menjadi :

$$\delta V = IR \cos \varphi + (I X_L - I_C) \sin \varphi \text{ volt .....(2.13)}$$

**2.8.3. Perbaikan Faktor Daya dan Kenaikan Kapasitas Sistem**

Manfaat terbesar yang diperoleh dari perbaikan faktor daya berasal dari pengurangan daya reaktif dalam sistem. Hal ini menghasilkan pengurangan biaya pemakaian daya yang lebih rendah, kenaikan kapasitas sistem, perbaikan tegangan dan pengurangan rugi-rugi dalam sistem. Satu-satunya jalan untuk memperbaiki faktor daya adalah mengurangi daya reaktif di jaringan, Jika komponen arus reaktif dapat dikurangi, maka total arus akan berkurang sedangkan komponen daya aktif tidak berubah, maka faktor daya akan lebih besar sebagai akibat berkurangnya daya reaktif. Faktor daya akan mencapai 100 % jika komponen daya reaktif sama dengan nol (0).

Dengan menambah kapasitor, daya reaktif Q akan berkurang, gambar 2.16 menunjukkan perbaikan faktor daya pada sistem, kapasitor mensuplai daya reaktif ke beban.



**Gambar 2-16.** Perbaikan Faktor Daya<sup>[1]</sup>

Diasumsikan bahwa beban disuplai oleh daya nyata P, daya reaktif (Lagging) Q dan daya semu S, pada faktor daya tertinggal  $\cos \varphi$

$$\cos \varphi = \frac{P}{S_1} \dots\dots\dots(2.14)$$

Bila suatu kapasitor  $Q_c$  kVAR dipaang pada beban, faktor daya dapat diperbaiki dari  $\cos \varphi_1$  menjadi  $\cos \varphi_2$  dimana:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S_1}$$

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{(P^2 + Q_1^2)}}$$

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + (Q_1 - Q_c)^2}} \dots\dots\dots(2.15)$$

Sehingga daya semu dan daya reaktif berkurang dari  $S_1$  (kVA) ke  $S_2$  (kVA) dan dari  $Q_1$  (kVAR)  $Q_2$  (kVAR) sehingga kapasitas beban akan meningkat. Dengan demikian dapat diambil kesimpulan bahwa *persentase* pengurangan rugi-rugi daya jaringan

dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

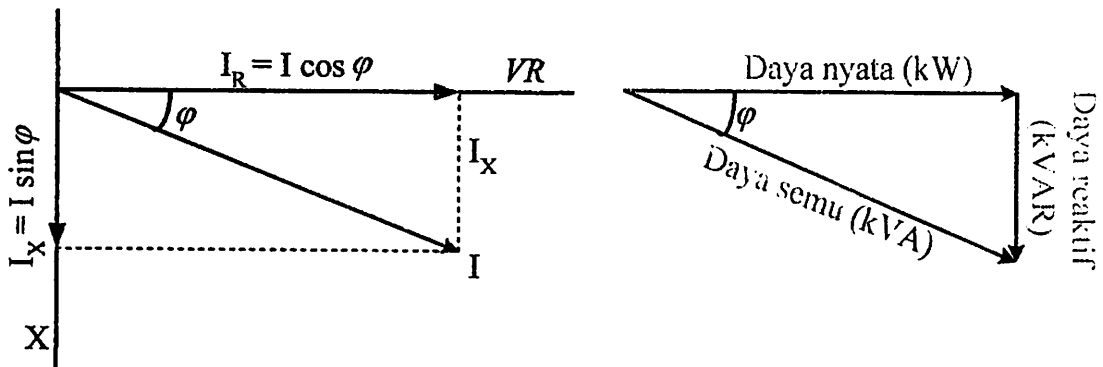
$$\% \text{ Rugi Daya} = 100 \left( \frac{\text{Faktor.daya.mula} - \text{mula}(\cos \varphi_1)}{\text{Faktor.daya.baru}(\cos \varphi_2)} \right) \dots\dots\dots(2.16)$$

%Pengurangan Rugi Daya

$$= 100 \left( 1 - \left( \frac{\text{Faktor.daya.mula} - \text{mula}(\cos \varphi_1)}{\text{Faktor.daya.baru}(\cos \varphi_2)} \right)^2 \right) \dots\dots\dots(2.17)$$

#### 2.8.4. Perhitungan Pengaruh Perbaikan Faktor Daya

Diagram *phase* dari dua komponen arus nyata itu arus aktif dan reaktif dapat dilihat pada gambar 2-17 berikut:



**Gambar 2-17.** Diagram Fasor dan Sudut Daya Beban Distribusi<sup>[1]</sup>

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

$$\begin{aligned}
 I = \text{Arus Semu} &= \sqrt{(\text{arus.aktif})^2 + (\text{arus.reaktif})^2} \\
 &= \sqrt{(I \cdot \cos \varphi)^2 + (I \cdot \sin \varphi)^2} \dots\dots\dots(2.18)
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 \text{Daya Semu (kVA)} &= \sqrt{(\text{Daya.aktif})^2 + (\text{Daya.reaktif})^2} \\
 (VI) &= \sqrt{(VI \cdot \cos \varphi)^2 + (VI \cdot \sin \varphi)^2} \dots\dots\dots(2.19)
 \end{aligned}$$

$$\text{Faktor Daya} = \frac{\text{Daya.aktif}}{\text{Daya.Semu}} = \frac{kW}{kVA}$$

Daya Aktif = Daya Semu\* Faktor Daya

kW = kVA\* Faktor Daya

kW = kVA Cos φ ..... (2.20)

### 2.8.5. Penentuan Rating Kapasitor untuk Perbaikan Faktor Daya Beban

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

$$\cos \varphi = \frac{\text{Daya.aktif}}{\text{Daya.semua}} = \frac{(kW)}{(kVA)} \dots\dots\dots (2.21)$$

$$\sin \varphi = \frac{\text{Daya.reaktif}}{\text{Daya.semua}} = \frac{(kVAR)}{(kVA)} \dots\dots\dots (2.22)$$

$$\tan \varphi = \frac{(kVAR)}{(kW)} \dots\dots\dots (2.23)$$

Karena Komponen daya aktif biasanya konstan, dan daya semu serta komponen daya reaktif berubah sesuai dengan faktor daya, maka persamaan yang dinyatakan dalam komponen daya aktif yang paling tepat digunakan, persamaan ini dapat ditulis sebagai berikut:

$$\text{Daya reaktif pada daya mula-mula} = \text{Daya aktif} \times \tan \varphi_1$$

$$= (kW) \times \tan \varphi_1$$

$$\text{Daya reaktif pada faktor daya baru} = \text{Daya aktif} \times \tan \varphi_2$$

$$= (kW) \times \tan \varphi_2$$

Dengan  $\varphi_1$  = Sudut dari faktor daya mula-mula

$\varphi_2$  = Sudut dari faktor daya yang telah diperbaiki

Rating kapasitor yang dibutuhkan perbaikan factor daya:

$$\text{Daya reaktif (kVAR)} = \text{Daya aktif} \times (\tan \varphi_1 - \varphi_2)$$

$$= (kW) \times (\tan \varphi_1 - \varphi_2) \dots\dots\dots (2.24)$$

Untuk penyederhanaan ( $\tan \phi_1 - \phi_2$ ) sering ditulis  $\Delta \tan$ , yang merupakan suatu faktor pengali untuk menentukan daya reaktif.

$$\text{Daya reaktif (kVAR)} = \text{Daya aktif} \times \Delta \tan$$

$$(\text{kVAR}) = (\text{kW}) \times \Delta \tan \dots\dots\dots (2.25)$$

## 2.9. Sistem Per-Unit<sup>[4]</sup>

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 :

$$\text{Besaran per - unit} = \frac{\text{besaran sesungguhnya}}{\text{besaran dasar dengan dimensi yang sama}} \dots\dots\dots (2.26)$$

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

- Untuk data 1 fasa

Arus dasar:

$$I_d = \frac{\text{kVA dasar 1 fasa}}{\text{kV dasar L - N}} \dots\dots\dots (2.27)$$

Impedansi dasar:

$$\begin{aligned} Z_d &= \frac{(\text{kV dasar L - N})^2 \times 1000}{\text{kVA dasar 1 fasa}} \dots\dots\dots (2.28) \\ &= \frac{(\text{kV dasar L - N})^2}{\text{MVA dasar 1 fasa}} \end{aligned}$$

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 :

$$Z = \frac{\text{Impedansi sebenarnya } Z (\Omega)}{\text{Impedansi dasar } Z_d} \dots\dots\dots (2.29)$$



## BAB III

### OPTIMASI PENEMPATAN KAPASITOR MENGGUNAKAN METODE *FUZZY - GA (GENETIC ALGORITHM)* PADA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20kV PADA GI SENGKALING PENYULANG PUJON DAN PENERAPAN

#### 3.1. Analisa Aliran Daya Jaringan Radial<sup>[1]</sup>

Sebelum melakukan optimasi dengan menggunakan metode *Fuzzy Logic - Genetic Algorithm* dilakukan suatu proses analisa aliran daya untuk mengetahui kondisi suatu sistem distribusi radial.

##### 3.1.1. Tujuan

Tujuan mempelajari analisa aliran daya pada skripsi ini adalah :

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

##### 3.1.2. Metode Newton Raphson<sup>[3]</sup>

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

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

$$I_p = \sum_{q=1}^n Y_{pq} V_{pq} \dots\dots\dots(3.1)$$

Injeksi daya pada simpul  $p$  adalah :

$$S_p = P_p - jQ_p = V_p^* \cdot I_p \dots\dots\dots(3.2)$$

$$= V_p^* \sum_{q=1}^n Y_{pq} V_{pq} \dots\dots\dots(3.3)$$

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

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

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

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

Maka persamaan (3.3) dapat ditulis :

$$P_p - jQ_p = \sum_{q=1}^n |V_p V_q Y_{pq}| e^{-j(\delta_p - \delta_q + \theta_{pq})} \dots\dots\dots(3.4)$$

Dengan memisahkan bagian riil dan bagian imajiner maka diperoleh :

$$P_p = \sum_{q=1}^n |V_p V_q Y_{pq}| \cos (\delta_p - \delta_q + \theta_{pq}) \dots\dots\dots(3.5)$$

$$Q_p = \sum_{q=1}^n |V_p V_q Y_{pq}| \sin (\delta_p - \delta_q + \theta_{pq}) \dots\dots\dots(3.6)$$

Kedua persamaan diatas akan menghasilkan suatu kumpulan persamaan serempak (simultan) yang tidak linier untuk setiap simpul sistem tenaga listrik. Untuk mengetahui magnitude tegangan ( $V$ ) dan sudut fasa ( $\delta$ ) 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 :

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H & N \\ M & L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |V| \end{bmatrix} \dots\dots\dots(3.7)$$

Dimana :

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

$\Delta Q$  = selisih injeksi bersih daya reaktif dengan penjumlahan aliran daya reaktif tiap saluran yang menghubungkan simpul dengan V yang didapat dri perhitungan iterasi ke-k

$\Delta \delta$  = vektor koreksi sudut fasa tegangan

$\Delta |V|$  = vektor koreksi magnitudo tegangan

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

$$H_{pq} = \frac{\partial P_p}{\partial \delta_q}$$

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

$$M_{pq} = \frac{\partial Q_p}{\partial \delta_q}$$

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

Persamaan (3.7) diselesaikan untuk menghitung vektor koreksi magnitudo tegangan  $\Delta(|V|)$  dan sudut fasa tegangan ( $\Delta \delta$ ) yang baru. Sehingga diperoleh harga magnitudo tegangan dan sudut fasa yang baru, yaitu :

$$|V|^{k+1} = |V|^k + \Delta|V|^k \dots\dots\dots (3.8)$$

$$\delta^{k+1} = \delta^k + \Delta\delta^k \dots\dots\dots (3.9)$$

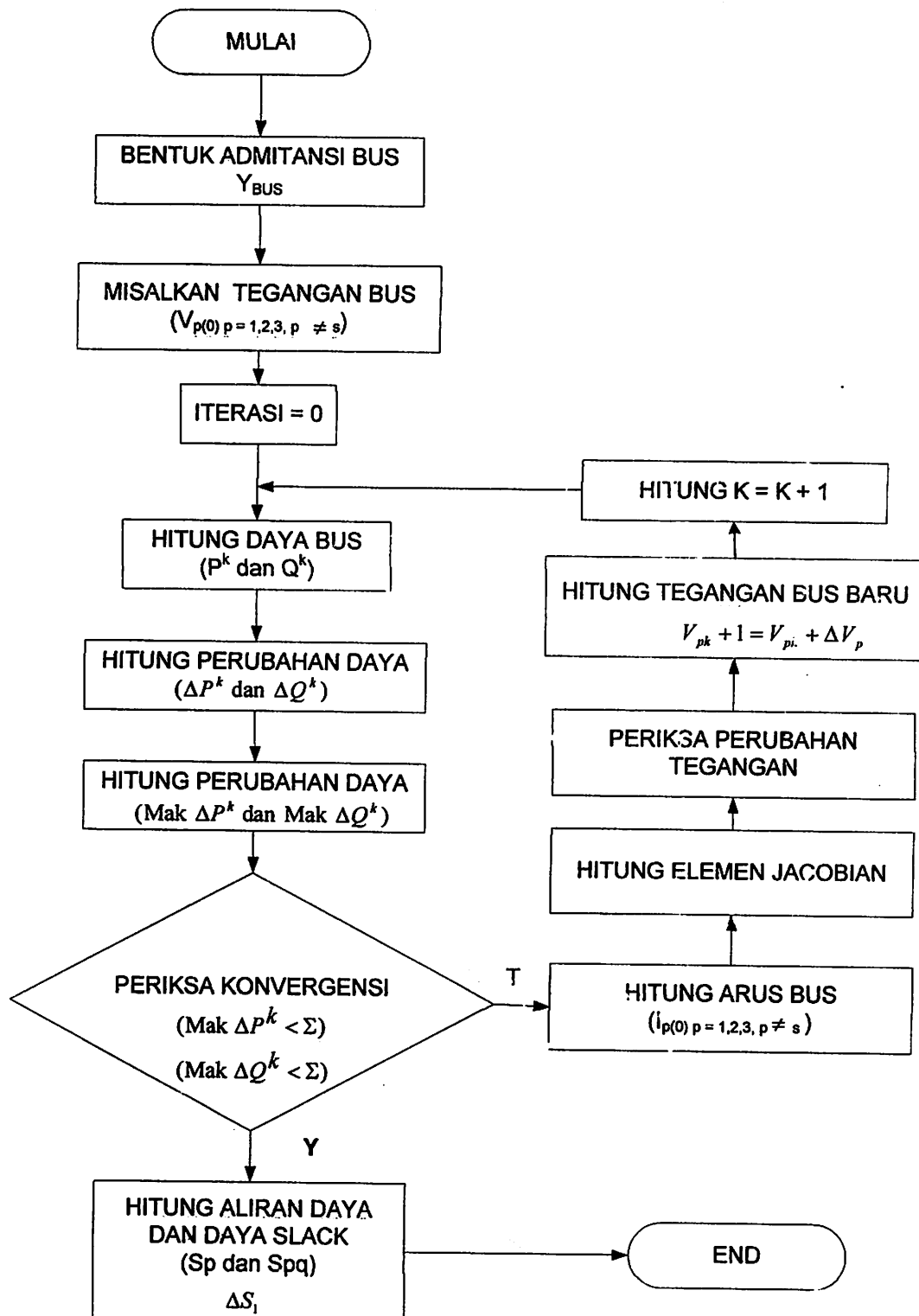
Proses perhitungan akan berulang sampai selisih daya nyata dan daya reaktif antara yang dijadwalkan dengan yang dihitung, yaitu  $\Delta P$  dan  $\Delta Q$  untuk semua simpul mendekati nilai toleransi atau proses perhitungan iterasi mencapai konvergen.

### 3.1.3. Algoritma Aliran Daya *Newton Raphson*

1. Tentukan nilai  $P_{p(\text{ditetapkan})}$  dan  $Q_{p(\text{ditetapkan})}$  yang mengalir ke dalam sistem pada setiap rel untuk nilai yang ditentukan atau perkiraan dari besar dan sudut tegangan untuk iterasi pertama atau tegangan yang ditentukan paling akhir untuk iterasi berikutnya.
2. Hitung  $\Delta P$  pada setiap rel.
3. Hitung nilai-nilai matrik Jacobian dengan menggunakan nilai-nilai perkiraan atau yang ditentukan dari besar dan sudut tegangan dalam persamaan untuk turunan parsial yang ditentukan dengan differensiasi persamaan (3.5) dan (3.6).
4. Balikkan Jacobian itu dan hitung koreksi-koreksi tegangan  $\Delta\delta_q$  dan  $\Delta|V_q|$  pada nilai sebelumnya.
5. Hitung nilai baru dari  $\delta_q$  dan  $|V_q|$  dengan menambahkan  $\Delta\delta_q$  dan  $\Delta|V_q|$  pada nilai sebelumnya.
6. Kembali ke langkah pertama dan ulangi proses itu dengan menggunakan nilai untuk besar dan sudut tegangan yang ditentukan paling akhir

sehingga semua nilai  $\Delta P$  dan  $\Delta Q$  atau semua nilai  $\Delta\delta$  dan  $\Delta|V|$  lebih kecil dari suatu indeks ketetapan yang telah dipilih.

### 3.1.4. Flowchart Algoritma Aliran Daya Newton Raphson



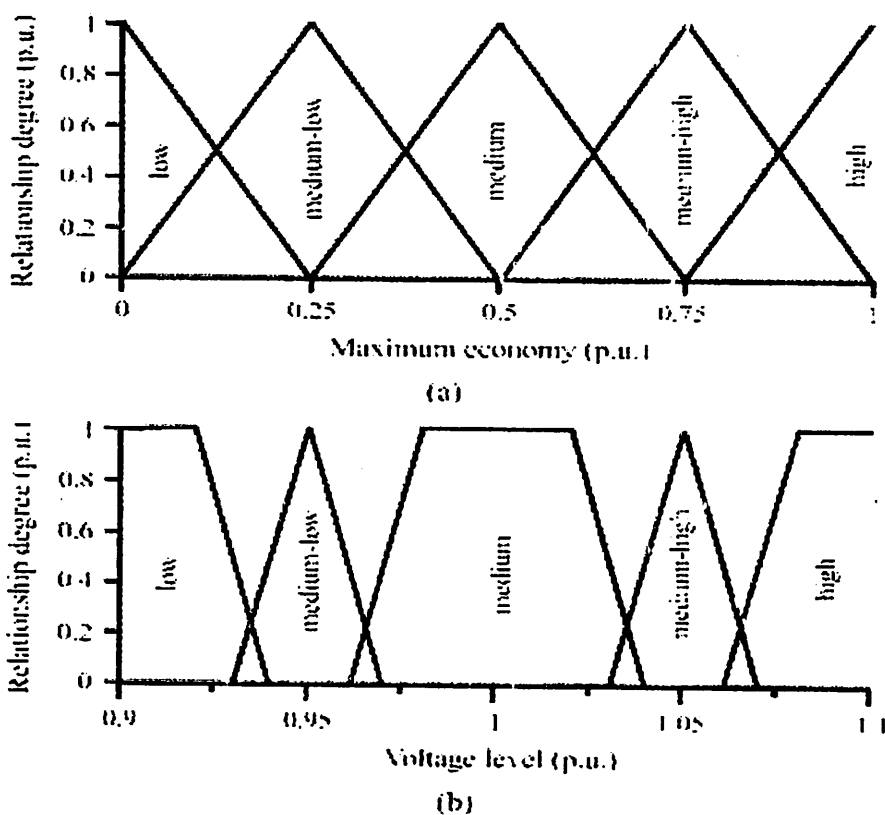
Gambar 3-1  
Flowchart Algoritma Aliran Daya Newton Raphson

## 3.2. Penyelesaian Metode *genetic algorithm*

### 3.2.1 Fuzzy Logic<sup>[2]</sup>

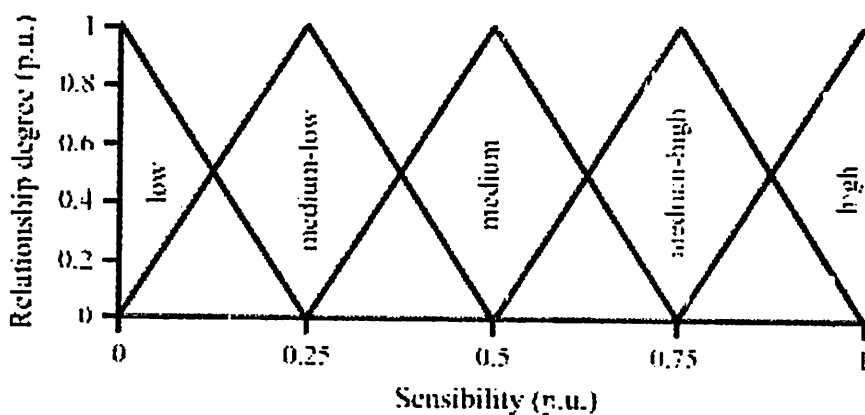
*Fuzzy Logic(FL)* memungkinkan suatu penyajian komputasi pengetahuan heuristik tentang permasalahan yang spesifik. Sejak 1965 ketika Zadeh mengusulkan *Fuzzy Logic*, ini secara ekstensif telah diaplikasikan dalam beberapa area pengetahuan untuk memecahkan sebagian besar permasalahan kontrol dan optimasi. Di dalam power system, *Fuzzy Logic* diaplikasikan untuk studi stabilitas, untuk memecahkan permasalahan suplai energi listrik, untuk kompensasi daya reaktif pada jaringan distribusi dan lain sebagainya. *Fuzzy Logic* juga menunjukkan hasil yang baik ketika dikombinasikan dengan *Genetic Algorithms*.

Pada dasarnya, sangat perlu untuk mengidentifikasi variable utama yang mempunyai pengaruh pada pengambilan keputusan dan mengukur nilai-nilai dalam level yang relevan. Di dalam persoalan penempatan kapasitor, rule (peraturan) dibuat untuk menetapkan saat yang tepat pada bus tertentu untuk dipasang kapasitor atau tidak. Bus voltage dan Maksimum ekonomi adalah variable yang digunakan untuk menetapkan grup dari Fuzzy rules ( peraturan fuzzy). Relationship function dari variable-variabel ini ditunjukkan pada Gambar 6. Variabel-variabel tersebut mengindikasikan kekurangan kapasitif reaktif dalam jaringan distribusi dan menetapkan alokasi derajat sensibilitas dari tiap bus, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7. Hasil dari fuzzy rules ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 3-2

Input Relationship Function : (a) maksimum ekonomi, (b) tegangan bus



Gambar 3-3

Relationship Function dari Alokasi Sensibilitas Bus



Voltage $\approx$ Economy $\Phi$	low	medium low	medium	medium high	high
Low	medium low	medium low	low	low	low
Medium low	medium	medium low	medium low	low	low
Medium	medium	medium	medium low	low	low
Medium high	medium high	medium high	medium	medium low	low
High	high	medium high	medium	medium low	medium low

Tabel 3-1

**Hasil dari Fuzzy Rules**

### 3.2.2. Algoritma Genetika<sup>[5]</sup>

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

Algoritma Genetika ditemukan oleh John Holland pada awal tahun 1970 yang dilandasi oleh sifat-sifat evolusi alam. Holland percaya bahwa ini sangat cocok digabungkan dalam sebuah algoritma komputer, menghasilkan sebuah teknik penyelesaian untuk permasalahan-permasalahan yang sulit dengan langkah alami yaitu melalui evolusi. John Holland mulai bekerja dengan algoritma yang dibentuk dari string-string biner 1 dan 0 yang disebut *kromosom*. Seperti halnya alam, algoritma ini menyelesaikan permasalahan-permasalahan dengan menemukan kromosom-kromosom yang baik dengan memanipulasi materi dan sifat (*gene*) kromosom-kromosom. Algoritma ini tidak mengetahui type permasalahan yang akan diselesaikan. Hanya informasi yang telah diberikan dari *evaluasi* berupa nilai fitness setiap kromosom dengan nilai fitness terbaik yang bertahan hidup dan selalu diproduksi.

Sebelum Algoritma Genetika dijalankan, maka sebuah kode yang sesuai (representasi) untuk persoalan harus dirancang. Titik solusi dalam ruang permasalahan dikodekan dalam bentuk kromosom/string yang terdiri dari

komponen genetik terkecil yaitu gen. Pemakaian bilangan seperti integer, floating point dan abjad sebagai *allele* (nilai gen) memungkinkan penerapan operator genetika yaitu proses produksi (*reproduction*), pindah silang (*crossover*), mutasi (*mutation*) untuk menciptakan himpunan titik-titik solusi. Untuk memeriksa hasil optimasi, kita membutuhkan fungsi *fitness* yang menandakan gambaran hasil (*solution*) yang sudah dikodekan. Selama proses, induk harus digunakan untuk reproduksi, pindah silang dan mutasi untuk menciptakan keturunan (*offspring*). Jika Algoritma Genetika didesain dengan baik, populasi akan mengalami konvergensi dan akan mendapatkan sebuah solusi yang optimum.

Algoritma Genetika memiliki empat dasar kerja yaitu :

1. Bekerja dengan mengkodekan parameter-parameter permasalahan dan tidak bekerja secara langsung dengan parameter-parameter tersebut.
2. Mencari solusi masalah dari sejumlah populasi kandidat solusi, tidak hanya memproses satu solusi saja.
3. Hanya memperhitungkan fungsi fitness setiap kandidat solusi untuk mendapatkan hasil optimum global.
4. Menggunakan aturan transisi secara probabilistik bukan deterministik.

### 3.2.1.1. Istilah-Istilah Algoritma Genetika

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

**Tabel 3-1. Istilah Yang Digunakan Dalam Algoritma Genetika**

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

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

#### **Jumlah Generasi (MAXGEN)**

Merupakan jumlah perulangan (iterasi) dilakukannya rekombinasi dan seleksi. Jumlah generasi ini mempengaruhi kestabilan output dan lama iterasi (waktu proses Algoritma Genetika). Jumlah generasi yang besar dapat mengarahkan kearah solusi yang optimal, namun akan membutuhkan waktu yang

lama. Sedangkan jika jumlah generasinya terlalu sedikit maka solusi akan terjebak pada local optimum.

### **Ukuran Populasi (POPSIZE)**

Ukuran populasi mempengaruhi kinerja dan efektifitas dari Algoritma Genetika. Jika ukuran populasi kecil maka populasi tidak menyediakan cukup materi untuk mencakup ruang permasalahan, sehingga pada umumnya kinerja Algoritma Genetika menjadi buruk. Dalam hal ini dibutuhkan ruang yang lebih besar untuk mempersentasikan keseluruhan ruang permasalahan. Selain itu penggunaan populasi yang besar dapat mencegah terjasinya konvergensi pada wilayah local.

### **Probabilitas Crossover ( $P_c$ )**

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

### **Probabilitas Mutasi ( $P_m$ )**

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

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

### **Panjang Kromosom ( $NVAR$ )**

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

#### **3.2.1.2. Proses Algoritma Genetika**

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

### A. Pengkodean atau Representasi

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

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

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

### B. Fungsi *Fitness* (Fungsi Evaluasi)

Dalam Algoritma Genetika, sebuah fungsi *fitness*  $f(x)$  harus dirancang untuk masing-masing permasalahan yang akan diselesaikan. Dengan

menggunakan kromosom tertentu, fungsi obyektif atau fungsi evaluasi akan mengevaluasi status masing-masing kromosom. Setiap gen  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, N$ ) dipergunakan untuk menghitung  $f_k(x)$  ( $k = 1, 2, \dots, \text{POPSIZE}$ ).

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

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

### C. Seleksi

Pada Algoritma Genetika terdapat proses seleksi yaitu proses pemilihan kromosom yang akan di-crossover-kan dengan kromosom dari individu lain. Masalah yang paling mendasar pada proses ini adalah bagaimana proses penyeleksiannya. Menurut teori Darwin proses seleksi individu adalah : "*individu terbaik akan tetap hidup dan menghasilkan keturunan*". Pada proses seleksi ini



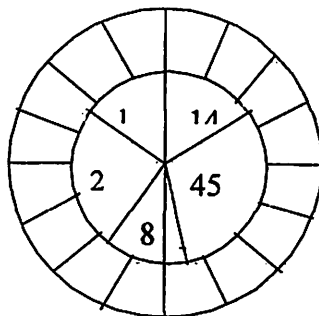
dapat menggunakan banyak metode seperti *roulette wheel selection*, *rank selection*, *elitesm* dan lain sebagainya.

### ▣ Roulette Wheel Selection

Dimana setiap individual memiliki harga fitness sehingga didapatkan probabilitas individual  $(f(t)/\sum f(t))$  tersebut dicopykan pada populasi yang baru. Untuk individual yang memiliki probabilitas 20% untuk jumlah populasi 10 maka kemungkinan individual tersebut dapat terpilih sebanyak dua kali. Ilustrasi kerja operator ini dapat digambarkan seperti pada gambar 3-1.

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

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



**Gambar 3-2. Roulette-Wheel**

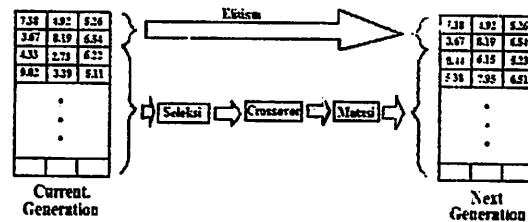
### **Rank Selection**

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

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

#### **3.2.1.3. Elitism**

Selama membuat populasi baru dengan *crossover* dan mutasi, kemungkinan akan terjadi kehilangan kromosom terbaik (*best/few best*). Elitism adalah metode yang pertama kali meng-copy-kan kromosom terbaik (*best/few best*) kedalam populasi baru. Sisanya dikerjakan dengan cara biasa, yaitu melalui seleksi, *crossover* dan mutasi. Elitism dapat secara cepat meningkatkan performans dari Algoritma Genetika karena *elitism* menghindarkan hilangnya hilangnya solusi terbaik (*best / few best*) yang telah ditemukan. Ilustrasi kerja operator ini dapat digambarkan seperti pada gambar 3-3.



**Gambar 3-3. Pembentukan *Next Generation* dalam Algoritma Genetika<sup>[5]</sup>**

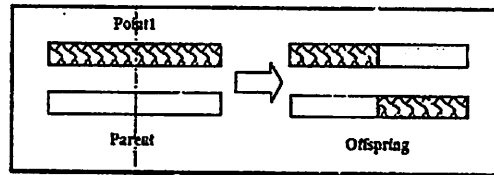
### 3.2.1.4 Crossover (Pindah Silang)

Fungsi dari *crossover* adalah menghasilkan kromosom anak dari kombinasi materi-msteri gen dua kromosom induk. Cara kerjanya dengan membangkitkan sebuah nilai random  $r_k$  dimana  $k = 1, 2, \dots, POPSIZE$ . Probabilitas *crossover* ( $P_c$ ) ditentukan dan digunakan untuk mengendalikan frekuensi operator *crossover*. Apabila nilai  $r_k < P_c$  maka kromosom ke- $k$  terpilih untuk mengalami *crossover*. *Crossover* yang paling sederhana adalah *one point crossover*. Posisi titik persilangan (point) ditentukan secara random pada range satu sampai panjang kromosom. Kemudian nilai *offspring* diambil dari dua parent tersebut dengan batas titik persilangan tersebut. Ilustrasi kerja operator ini digambarkan seperti pada gambar 3-4.

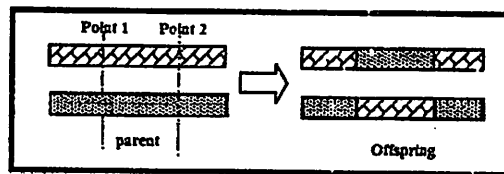
Kemudian ditingkatkan lagi dengan menggunakan *two point crossover*. Penentuan posisi titik persilangan sama seperti sama seperti *one point crossover* sebelumnya. Pemilihan secara random dilakukan 2 kali. Kemudian nilai *offspring*

diambil dari dua parent tersebut dengan batas dua titik persilangan tersebut.

Ilustrasi kerja operator ini digambarkan seperti pada gambar 3-5.

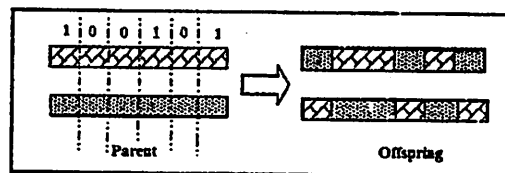


Gambar 3-4. Ilustrasi operator dengan *One Point Crossover*<sup>[5]</sup>.



Gambar 3-5. Ilustrasi operator dengan *Two Point Crossover*<sup>[5]</sup>

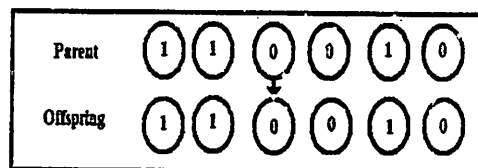
Untuk *crossover* uniform dibangkitkan suatu nilai random 0 dan 1 sepanjang jumlah kromosom untuk nilai loci. Jika nilai yang dibangkitkan mempunyai nilai 1 maka *allele* parent 2 dan offspring 2 untuk loci tersebut diambil dari *allele* parent 1 dan offspring 2 untuk loci tersebut diambil dari allele parent 2. Ilustrasi kerja operator ini digambarkan seperti pada gambar 3-6.



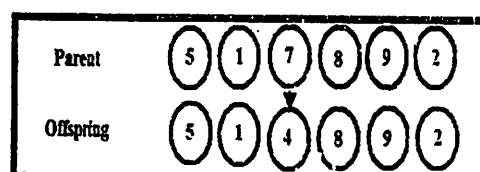
Gambar 3-6. Ilustrasi operator *crossover* dengan *uniform crossover*<sup>[5]</sup>

### 3.2.1.5 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 3-7. Untuk bentuk representasi integer atau floating point, atau selain string biner, seperti gambar 3-8, proses mutasi terjadi apabila nilai  $r_k < P_m$  memenuhi maka gen ke-k digantikan oleh suatu nilai random yang dibangkitkan pada range tertentu sesuai dengan pembentukan populasi awal.



Gambar 3-7. Ilustrasi operator mutasi untuk representasi string biner<sup>[5]</sup>



Gambar 3-8. Ilustrasi operator mutasi untuk representasi integer<sup>[5]</sup>

Untuk parameter control seperti besarnya populasi, probabilitas crossover dan probabilitas mutasi merupakan kemajuan dari pencarian di dalam metode algoritma genetika. Variasi tersebut dapat memberikan beberapa hasil pencarian walupun sangat sulit menentukan kombinasi yang optimal dari beberapa parameter pada tiap-tiap prose pencarian yang terjadi.

Proses optimasi dasar adalah mengkombinasi atau menggabungkan bagian populasi yang sehat untuk menghasilkan individu yang sehat sebagai kemajuan dari pencarian tersebut.

Langkah kerja di dalam penerapan metode Algoritma Genetika adalah :

1. Identifikasi parameter yang berpengaruh .
2. Konversi parameter ke dalam substring.
3. Menyusun substring tersebut (gen) menjadi string (kromassom, individu).
4. Melakukan ranking terhadap niali kecocokan masing-masing individu.
5. melakukan reproduksi, crossover dan mutasi.
6. Menjadi string yang terpilih menjadi parameter.
7. Mengukai proses tersebut sampai diperoleh sesuatu nilai parameter yang konvergen.

### **3.3. Penerapan Algoritma genetika**

GA adalah teknik optimasi berdasarkan pada teory seleksi alami. Ukuran populasi (*popsize*) yang konstan pada sting atau individu, manggambarkan solusi penempatan switched kapasitor yang memungkinkan dan yang memperbanyak

untuk membentuk generasi berikutnya. Populasi generasi yang baru dibentuk dengan cara menyeleksi nilai *fitness* dari kromosom induk (*parent*) dan nilai *fitness* dari kromosom anak (*offspring*), serta menolak kromosom-kromosom yang lain sehingga ukuran populasi (jumlah kromosom dalam suatu populasi) konstan. Setelah melalui beberapa generasi, maka algoritma ini akan konvergen ke kromosom terbaik atau optimal yang menyeluruh.

### 3.3.1. Pengkodekan

Pengkodekan merupakan digunakan sebagai gambaran dari masing-masing bagian kromosom dalam algoritma generika. Kromosom pada bagian ini merupakan terdiri dari 3 bagian . Bagian pertama diasumsikan sebagai lokasi yang nilai integer yang menyatakan nomor bus. Bagian kedua dari kromosom tersusun atas nilai integer yang berisikan no urut switched kapasitor. Bagian ketiga diasumsikan keputusan yang bernilai biner. Jika 1, maka switched kapasitor harus ditempatkan pada bus tersebut dan jika 0, maka sebaliknya. Panjang kromosom menyatakan jumlah bus.

#### 3.3.1.1. Fungsi Tujuan (*Objective Functions*)

Tujuan dari pemilihan kapasitor dalam sistem distribusi adalah untuk mengurangi kehilangan energi dan tingkat tegangan dalam batas yang diijinkan, serta meminimalkan biaya total, setelah kapasitor yang dipilih. Ditunjukkan pada persamaan berikut : .

$$Kp. \Delta \text{Gain} + Ke.T. \Delta \text{Gain} - \text{Annual Cost} \dots \dots \dots (3.10)$$

Dimana :

$K_p$  = Biaya daya = 168 US\$ / KW / Tahun

$K_e$  = Biaya energi = 0,06 US\$ / kWh

$\Delta$  Gain = Selisih rugi daya sebelum dan sesudah kompensasi

$T$  = Durasi waktu per tahun = 8760 jam

### 3.3.1.2. Evaluasi fitness

Semua substring dievaluasi dengan fungsi fitness yang sama yang menyatakan fungsi obyektif (tujuan), yaitu total biaya yang diusulkan, jika string melanggar batasan mengakibatkan tereduksinya kemungkinan string untuk memperbanyak pada generasi berikutnya.

$$F_{fitness} = \text{Annual Gain} - \text{Annual Cost} - \text{Dev}_A - \text{Dev}_B \dots\dots\dots(3.11)$$

Dimana :

- Annual Gain<sup>[7]</sup>

Penghematan biaya yang diperoleh dari pengurangan rugi daya per tahun ditunjukkan dengan persamaan berikut :

$$\text{Annual Gain} = \frac{T}{1000} \cdot K_p \cdot \Delta \text{Gain} \dots\dots\dots(3.12)$$

Dimana :

$T$  = Total durasi waktu pada saat beban puncak

$\Delta$  Gain = Selisih rugi daya sesudah kompensasi

$K_p$  = Biaya daya (\$ / kw) = 168<sup>[8]</sup>

- Annual Cost<sup>[7]</sup>



Annual Cost adalah biaya pemasangan Switched kapasitor pertahun ditunjukkan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Annual Cost} = \frac{i, Kes}{1 - \left[ \frac{1}{(1+i)^k} \right]} \dots\dots\dots(3.13)$$

Dimana :

I = Interest rate / tingkatan suku bunga berubah (% / tahun)

Kes = Harga switched kapasitor per kVAR = 8,4(\$ per kVAR<sup>[6]</sup>)

K = Periode umur guna peralatan (tahun)

### 3.3.4. Algoritma Pemecahan Masalah

1. Masukan Data Beban P, Q, Data Saluran R, X, Daya Dasar (P) dan Tegangan Dasar (V) dan Data Kapasitor
2. Melakukan proses Aliran Daya dengan Menggunakan Metode Newton Raphson
3. Mengecek apakah ada pelanggaran tegangan
  - a. 'Ya' lanjutkan ke langkah 5
  - b. 'Tidak' Langsung ke langkah 4
4. Melakukan Program *Genetic Algoritma*
5. Cetak hasil
6. Stop

### 3.3.5. Algoritma Fuzzy Logic

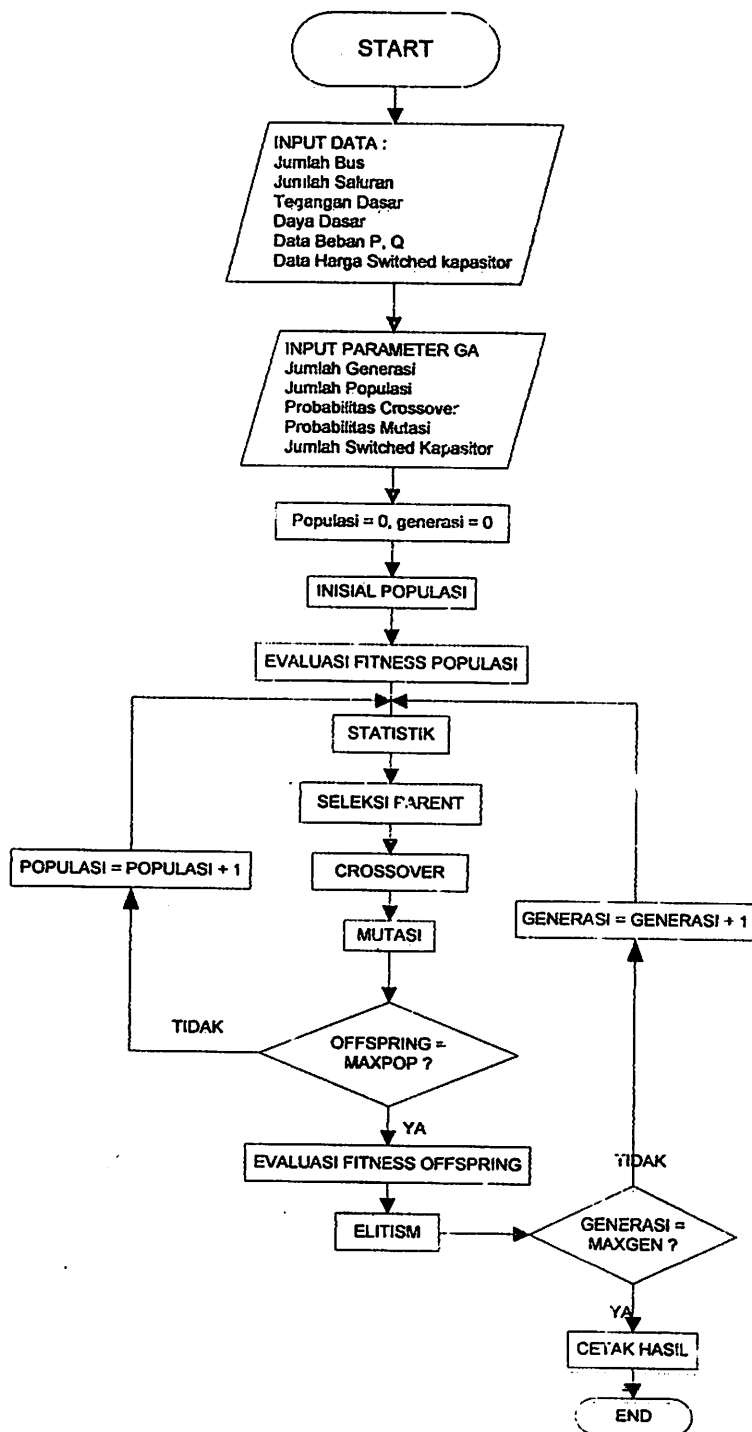
1. Start.
2. Memasukan input data  $V_{\min}$ ,  $P_{\text{loss}}$ .
3. Melakukan pencarian membership function  $V_{\min}$ ,  $P_{\text{loss}}$
4. Melakukan proses Rule base
5. Melakukan proses Defuzzyfikasi
6. Melakukan proses Fuzzy logic
7. Kemudian melanjutkan PLI ( Power Loss Indeks )
8. Stop

### 3.3.6. Algoritma Program Solusi *Algoritma Genetika*

1. Start
2. Memasukkan data Bus, Saluran, Tegangan dasar (V), Daya dasar (P), Data beban P,Q, Data Harga kapasitor.
3. Memasukkan parameter-parameter GA, Jumlah Generasi, Jumlah Populasi, Probabilitas crossover, Probabilitas Mutasi.
4. Melakukan proses Populasi = 0, dan Generasi = 0
5. Menjalankan Inisial Populasi.
6. Menjalankan Evaluasi Fitness Populasi.
7. Kemudian melanjutkan proses Statistika.
8. Menjalankan proses Crossover.
9. Kemudian masuk melalui proses Mutasi.

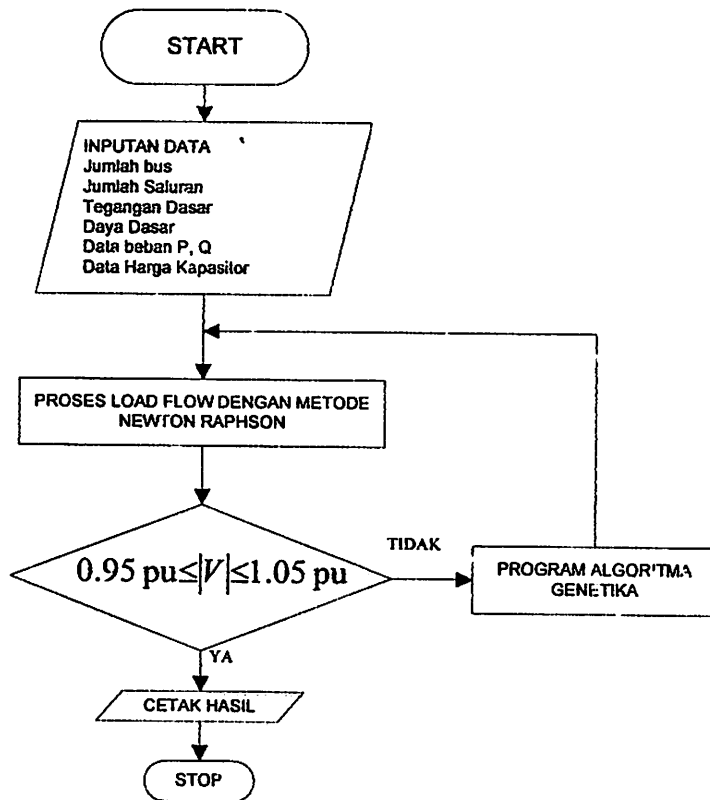
10. Mengecek apakah Offspring dan Populasi Maximum sudah selesai. Jika belum maka, kembali menuju  $\text{Populasi} = \text{Populasi} + 1$ , sampai ketahap 7, dan seterusnya hingga proses selesai.
11. Jika sudah melakukan offspring maka menjalankan proses Evaluasi Fitness Offspring.
12. Kemudian masuk ke proses Elitism sampai menjalankan ke proses 13.
13. Kemudian mengecek lagi apakah Sudah diproses  $\text{Generasi} = \text{Maxgen}$  jika belum kembali ke  $\text{Generasi} = \text{Generasi} + 1$  dan kembali kelangkah 7, dan sampai selesai pemrosesan.
14. Jika  $\text{Generasi} = \text{Maxgen}$  sudah selesai maka ke langkah 15.
15. Kemudian Cetak Hasil
16. Stop

### 3.3.7. Flow Chart Algoritma Program Solusi *Genetic Algorithm*



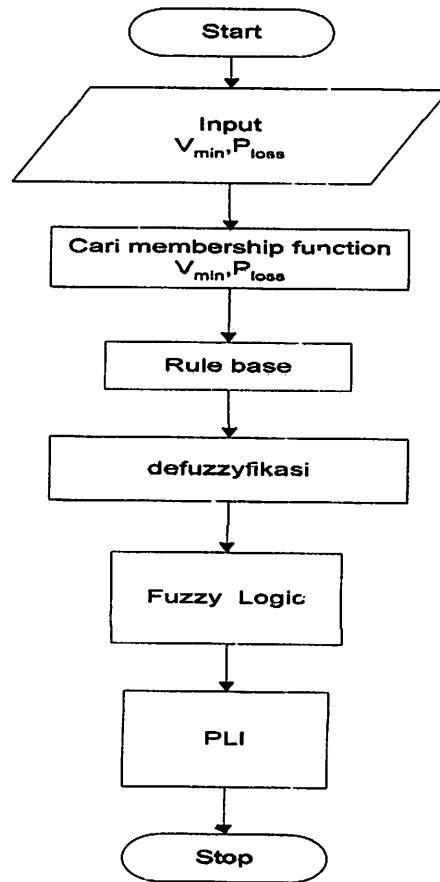
Gambar 3.9 Flow Chart Algorithm Genetic

### 3.3.8 Flow Chart Algoritma Pemecahan Masalah



Gambar3.10 Flow Chart Penyelesaian Masalah

### 3.3.9 Flow Chart Algoritma Fuzzy Logic



Gambar 3.11 Flow Chart Fuzzy Logic

## BAB IV

### ANALISA DAN HASIL

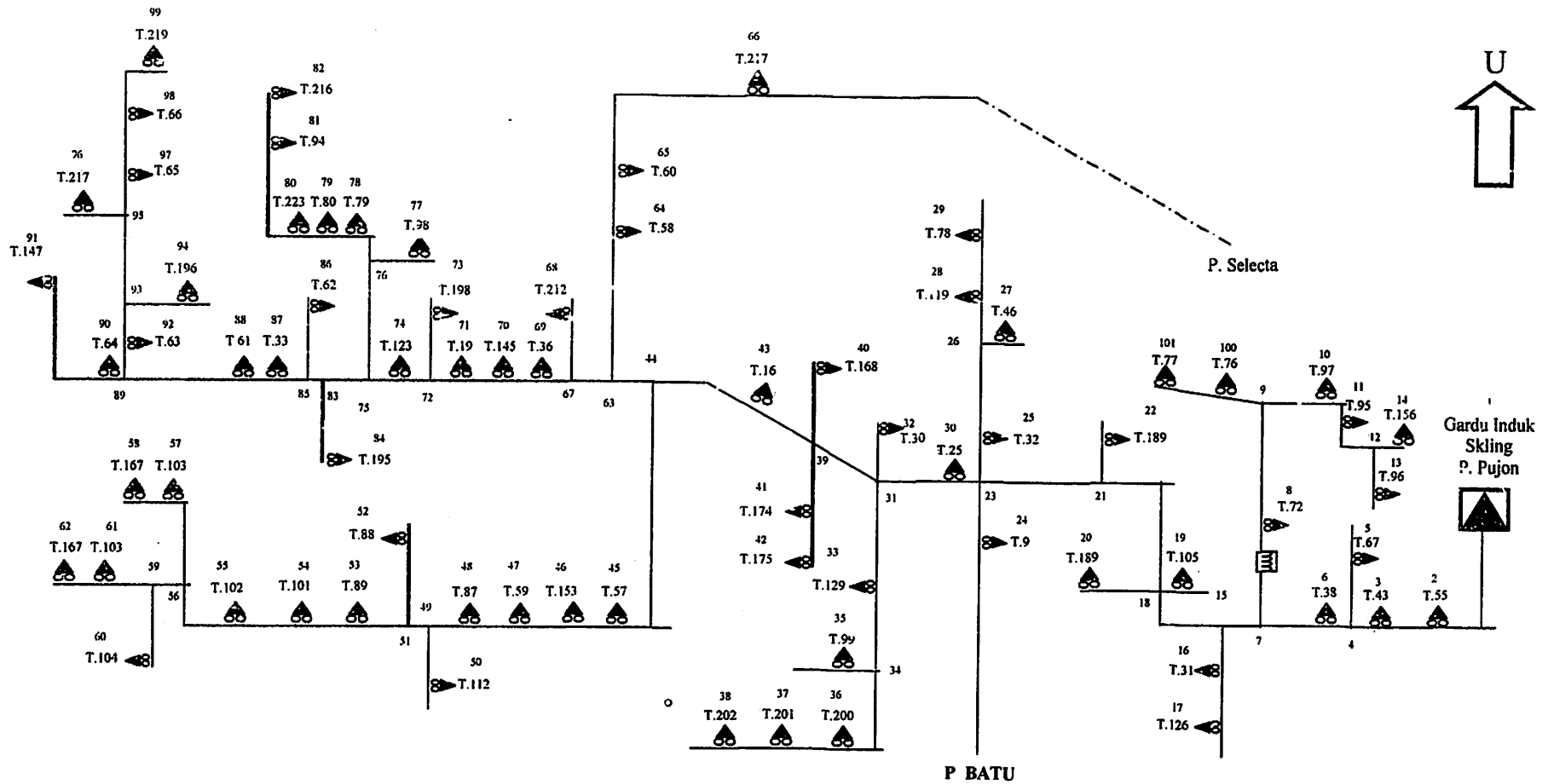
#### 4.1. Sistem Distribusi Tenaga listrik 20kV GI Sengkaling Penyulang Pujon.

Dalam perhitungan aliran daya Data yang diambil dari GI Sengkaling Malang yang melayani 6 (enam) buah penyulang dengan 2 (dua) buah Trafo yang masing-masing 150/20kV-30MVA dan 150/20kV-30MVA.

Namun pada sekripsi ini hanya menganalisa satu penyulang saja, yaitu pada penyulang Pujon. Sistem Distribusi Radial GI Sengkaling yang memakai tegangan Distribusi 20kV. Untuk menyelesaikan perhitungan Aliran Daya terlebih dahulu ditetapkan *single line diagram* sesuai dengan gambar 4-1 yang akan dianalisis. Agar memudahkan perhitungan maka digunakan system per-unit (pu),dimana dasar yang digunakan:

- Tegangan Dasar : 20kV
- Daya Dasar : 30MVA

Selanjutnya bus-bus yang diklasifikasikan, yaitu busbar GI Sengkaling diasumsikan sebagai *slack bus*, sedangkan bus-bus yang lain sepanjang saluran Radial sebagai *load bus*. Dalam hal ini tidak ada bus generator karena sepanjang saluran tidak terdapat pembangkitan.



**Keterangan**  
 ▲ : GARDU INDUK  
 ▲ : TRAFO

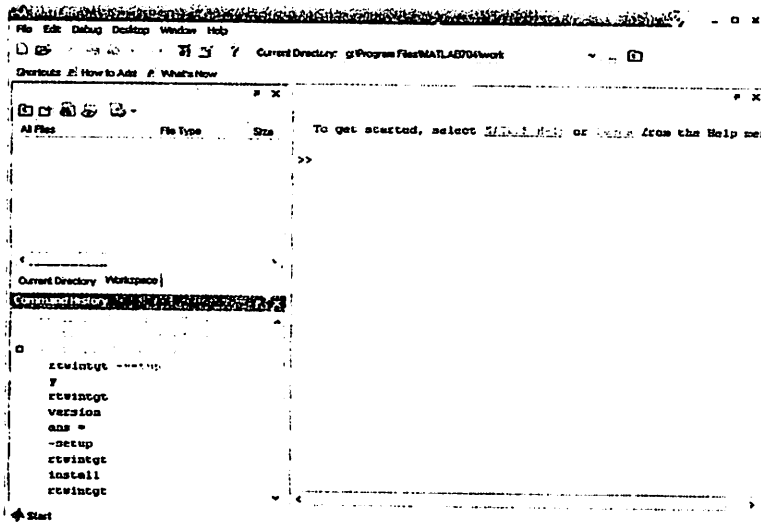
**Gambar 4.1. Single Line Diagram Penyulang Pujon Sebelum Penempatan Kapasitor**



### 4.3. Prodesur Pelaksanaan Program Perhitungan.

Produser menjalankan program perhitungan dengan menggunakan bahasa pemrograman MATLAB 7.0.4 dapat dilakukan sebagai berikut :

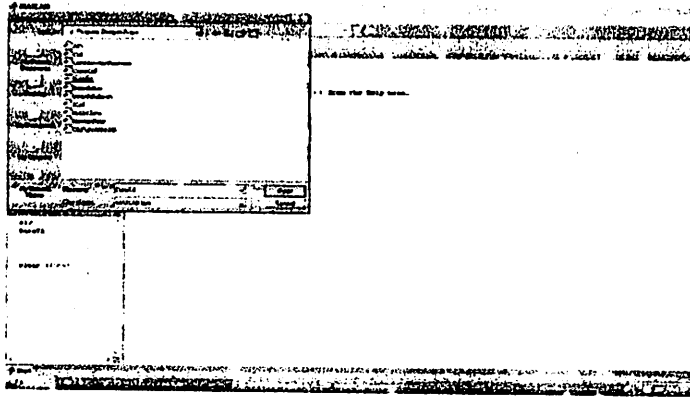
#### 1. Tampilan Utama Program MATLAB 7.0.4



**GAMBAR 4-2 TAMPILAN UTAMA PROGRAM MATLAB 7.0.4**

Pada gambar 4-2 merupakan tampilan utama program simulasi matlab 7.0.4 sebelum menjalankan program yang mana terlebih dahulu telah dimasukkan data-data yang dibutuhkan, yaitu data pembebanan, data saluran, data *objective function* serta parameter-parameter dari metode *fuzzy logic-genetic algorithm*.

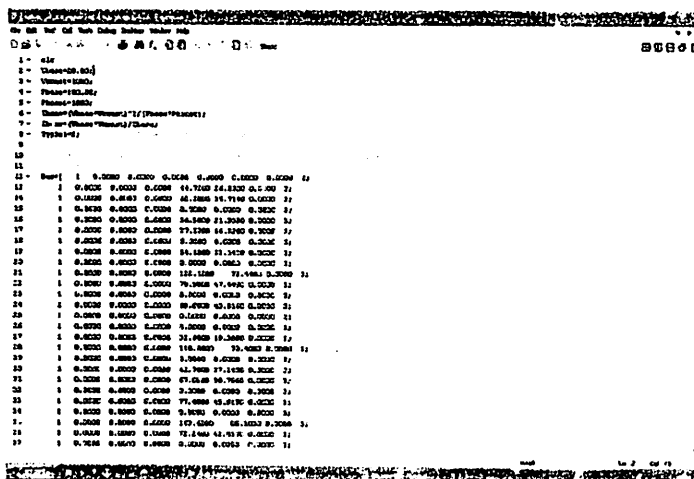
2. Tekan *open file* untuk membuka data yang sudah tersimpan, pilih data kemudian klik *open* untuk membuka data inputan



**GAMBAR 4-3 TAMPILAN INPUTAN DATA**

Pada gambar 4-3 merupakan tampilan dari inputan data yang tersimpan dan untuk membuka data yang tersimpan klik *open file* yang ada pada pojok kiri atas, kemudian akan muncul pilihan *file* seperti yang terlihat pada gambar tampilan tandai dan kemudian klik *open* untuk membuka inputan data yang dibutuhkan. Setelah itu lanjut ke langkah 3.

3. Tampilan inputan data pembebanan, gerakan *scroll* ke bawah untuk melihat tampilan inputan data saluran



GAMBAR 4-4 TAMPILAN INPUTAN DATA PEMBEBANAN

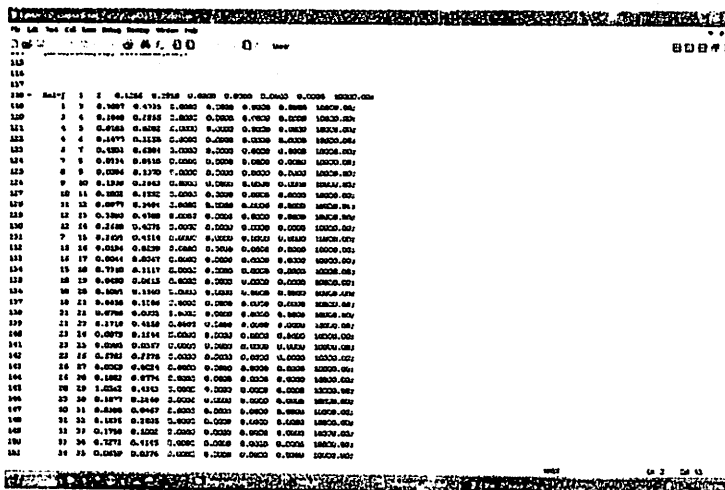
Pada gambar 4-4 terlihat tampilan inputan data pembebanan yang mana pembebanan diperoleh dengan mengambil data dari masing – masing trafo distribusi, dimana besarnya beban pada masing – masing fasa diasumsikan seimbang. Dengan mengasumsi faktor daya 0,85.

Tabel 4-1

## Data Hasil Perhitungan Pembebanan Sistem 20kV Penyulang Pujon

No Node	Kode Trafo	Lokasi	Pembebanan			Type Node
			S (kVA)	P (kW)	Q (kVAR)	
1	-	-	0	0	0	Slack
2	T55	Jl Raya Ngandat	52	44.72	26.53	Load
3	T43	Jl Raya Mojorejo	70	60.2	35.714	Load
4	-	-	0	0	0	Load
5	T67	Dk Beji	43	36.98	21.939	Load
6	T38	Jl Raya Beji	32	27.52	16.326	Load
7	-	-	0	0	0	Load
8	T72	Emanuel temas	63	54.18	32.143	Load
9	-	-	0	0	0	Load
10	T97	Ds Temas Klerek	142	122.12	72.448	Load
11	T95	Ds Torong Rejo	93	79.98	47.449	Load
12	-	-	0	0	0	Load
13	T96	Ds Torong Rejo tutup	80	68.8	40.816	Load
14	T156	Ds wukir	0	0	0	Load
15	-	-	0	0	0	Load
16	T31	Jl Sudiro	38	32.68	19.388	Load
17	T126	Jl Sudiro	138	118.68	70.408	Load
18	-	-	0	0	0	Load
19	T105	R.s Paru-paru	73	62.78	37.245	Load
20	T189	Jl Kasiman	78	67.08	39.796	Load
21	-	-	0	0	0	Load
22	T188	Jl Lesti	90	77.4	45.918	Load
23	-	-	0	0	0	Load
24	T9	jl Hasanudin	167	143.62	85.203	Load
25	T32	Jl Indragiri	84	72.24	42.857	Load
26	-	-	0	0	0	Load
27	T46	Ds. Sumberejo	113	97.18	57.653	Load
28	119	Ds. Sumberejo	0	0	0	Load
29	78	Ds Satrehan	122	104.92	62.244	Load
30	25	Jl Trunojoyo	26	22.36	13.265	Load
31	-	-	0	0	0	Load
32	30	Ds Songgoriti	39	33.54	19.898	Load
33	T129	Jl Flamboyan	110	94.6	56.122	Load
34	-	-	0	0	0	Load
35	99	Jl Flamboyan	67	57.62	34.183	Load
36	200	Ds Tanbuh	10	8.6	5.102	Load
37	201	Ds Tanbuh	8	6.88	4.082	Load
38	202	Ds Tanbuh	2	1.72	1.02	Load
39	-	-	0	0	0	Load

4. Gerakan scroll ke bawah untuk melihat tampilan inputan data saluran.



GAMBAR 4-5 TAMPILAN INPUTAN DATA SALURAN

Jaringan distribusi Penyulang Pujon menggunakan kabel saluran udara dengan spesifikasi yang seperti pada tabel.4-1

Tabel 4-2

Spesifikasi Saluran

Jenis Konduktor	Penampang nominal (mm <sup>2</sup> )	Impedansi saluran ( $\Omega$ /km)
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

Dengan mengacu pada gambar 4-1 *single line diagram* penyulang Pujon, perhitungan saluran yang diperoleh dari data hasil Perhitungan panjang saluran pada Tabel Lampiran A-1.1

Dari data spesifikasi saluran pada penyulang pujan diketahui bahwa jenis konduktor yang digunakan adalah AAAC (*all-aluminium-alloyconductors*) dengan penampang nominal  $150 \text{ mm}^2$  dan impedansi saluran  $0.2162 + j0.3305 \Omega/\text{km}$ .

Untuk perhitungan Impedansi saluran diberikan contoh pada *node* 1 ke 2 sebagai berikut:

Jarak antara node dari 1 ke 2 dengan panjang =  $580.3 \text{ m} = 0.5803 \text{ km}$

$$R = 0.5803 \text{ km} \times 0.2162 \Omega/\text{km} = 0.1255 \Omega$$

$$X = 0.5803 \text{ km} \times 0.3305 \Omega/\text{km} = 0.1918 \Omega$$

Selanjutnya untuk contoh perhitungan Impedansi Saluran dalam *per-unit* (*pu*) pada *node* 1 ke 2 sebagai berikut:

**Ditentukan :**

$$V_{\text{dasar}} = 20 \text{ kV}$$

$$P_{\text{dasar}} = 30 \text{ MVA}$$

**Untuk mencari Z (impedansi) dasar :**

$$Z = \frac{V_{\text{dasar}}^2}{P_{\text{dasar}}} = \frac{(\text{KV})^2}{\text{MVA}}$$

$$Z_{\text{dasar}} = \frac{20^2}{30 \cdot 10^6} = 13,33 \cdot 10^{-5} \text{ pu}$$

Untuk merubah impedansi dalam *per-unit (pu)*

Dari hasil perhitungan impedansi saluran diatas, pada node 1 ke node 2 diketahui nilai :

$$R = 0,1255 \Omega$$

$$X = 0,1918 \Omega$$

Untuk merubah  $Z_{1-2}$  (impedansi pada nomor saluran 1) dalam *pu*

$$Z_{1-2} = \frac{0,1255 + j0,1918}{13,33 \cdot 10^{-5}} = 0,00941 + j0,0143 \text{ pu}$$

**Tabel 4-3**

**Data Hasil Perhitungan Saluran Penyulang Pujon**

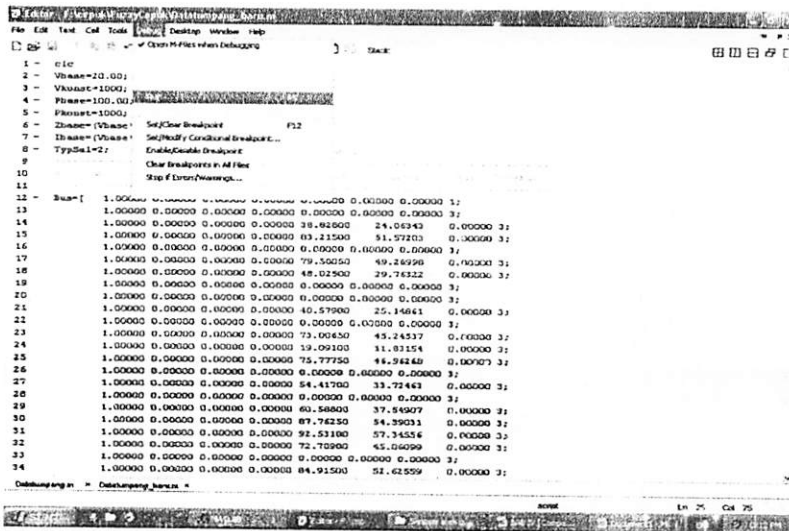
No Saluran	Node		Panjang (m)	Impedansi Saluran			
	Dari	Ke		R ( $\Omega$ )	X ( $\Omega$ )	R (pu)	X (pu)
1	1	2	580.3	0.1255	0.1918	0.0094	0.0144
2	2	3	1432.6	0.3097	0.4735	0.0232	0.0355
3	3	4	863.9	0.1868	0.2855	0.014	0.0214
4	4	5	85.4	0.0185	0.0282	0.0014	0.0021
5	4	6	683.3	0.1477	0.2258	0.0111	0.0169
6	6	7	2082.8	0.4503	0.6884	0.0338	0.0516
7	7	8	154.4	0.0334	0.051	0.0025	0.0038
8	8	9	414.5	0.0896	0.137	0.0067	0.0103
9	9	10	896.5	0.1938	0.2963	0.0145	0.0222
10	10	11	463.5	0.1002	0.1532	0.0075	0.0115
11	11	12	452	0.0977	0.1494	0.0073	0.0112





Pada gambar 4-7 adalah tampilan dari parameter metode yang digunakan yaitu *fuzzy logic-genetic algorithm* Dimana parameter – parameter rancangan untuk *fuzzy logic-genetic algorithm*, yang diterapkan pada penempatan kapasitor parameternya adalah *Pop Size*, *Max Gen*, *Mutasi*, dan *Crossover*.

4. Kemudian klik *debug* setelah itu tampil pilihan, pilih *run* untuk menjalankan program.



The screenshot shows a MATLAB debugger window titled 'Debugger - Desktop'. The main area displays a list of variables and their values, starting with 'Zsaw' and followed by a list of numerical values. The variables are listed on the left, and their corresponding values are shown on the right. The values are arranged in a grid-like format, with some values appearing to be in scientific notation or decimal form. The debugger window also shows the MATLAB menu bar and toolbar at the top.

Variable	Value
Zsaw	1.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 1;
	1.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 3;
	1.00000 0.00000 0.00000 0.00000 28.92000 24.06243 0.00000 3;
	1.00000 0.00000 0.00000 0.00000 83.21500 51.57203 0.00000 3;
	1.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 3;
	1.00000 0.00000 0.00000 0.00000 79.50050 49.26990 0.00000 3;
	1.00000 0.00000 0.00000 0.00000 48.02500 29.78322 0.00000 3;
	1.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 3;
	1.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 3;
	1.00000 0.00000 0.00000 0.00000 40.57900 25.34661 0.00000 3;
	1.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 3;
	1.00000 0.00000 0.00000 0.00000 73.06850 45.24537 0.00000 3;
	1.00000 0.00000 0.00000 0.00000 19.09100 11.91154 0.00000 3;
	1.00000 0.00000 0.00000 0.00000 75.77750 46.98248 0.00000 3;
	1.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 3;
	1.00000 0.00000 0.00000 0.00000 54.41700 33.72463 0.00000 3;
	1.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 3;
	1.00000 0.00000 0.00000 0.00000 60.54800 37.54907 0.00000 3;
	1.00000 0.00000 0.00000 0.00000 87.78250 54.39033 0.00000 3;
	1.00000 0.00000 0.00000 0.00000 92.53100 57.34556 0.00000 3;
	1.00000 0.00000 0.00000 0.00000 72.70900 45.04099 0.00000 3;
	1.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 3;
	1.00000 0.00000 0.00000 0.00000 84.91500 52.62559 0.00000 3;

GAMBAR 4-8 TAMPILAN UNTUK MENJALANKAN PROGRAM

Pada gambar 4-8 adalah tampilan untuk menjalankan program simulasi matlab 7.0.4. Pilih file dengan nama *debug* kemudian klik, setelah itu muncul seperti yang terlihat pada tampilan kemudian pilih *run* dan klik untuk menjalankan program simulasi matlab 7.0.4. setelah itu lanjut ke langkah berikutnya.

6. Setelah menunggu beberapa saat muncul tampilan hasil perhitungan aliran daya dengan metode *Newton Rhapson* untuk mengetahui tegangan dan sudut fasa tiap bus sebelum optimasi.

Bus	Tegangan (pu)	Pembangkitan (MW)	Pembebanan (MW)	Loss		
1	1.00000	0.00000	3949.898	2417.476	0.000	0.000
2	0.99790	-0.00014	0.000	0.000	04.728	74.529
3	0.99794	-0.00013	0.000	0.000	00.200	33.716
4	0.99814	-0.00048	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.99814	-0.00048	0.000	0.000	34.983	21.829
6	0.94356	-0.00637	0.000	0.000	27.328	16.314
7	0.97711	-0.02209	0.000	0.000	0.000	0.000
8	0.97711	-0.02209	0.000	0.000	54.138	32.343
9	0.97738	-0.01897	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.97764	-0.11330	0.000	0.000	11.1370	72.448
11	0.97871	-0.01111	0.000	0.000	79.800	47.440
12	0.97871	-0.11111	0.000	0.000	0.000	0.000
13	0.97862	-0.11130	0.000	0.000	00.800	00.816
14	0.97874	-0.01111	0.000	0.000	0.000	0.000
15	0.97296	-0.01111	0.000	0.000	0.000	0.000
16	0.97294	-0.01111	0.000	0.000	31.880	19.380
17	0.97294	-0.01111	0.000	0.000	154.200	78.450
18	0.94151	-0.00000	0.000	0.000	0.000	0.000
19	0.94151	-0.00000	0.000	0.000	42.718	57.141
20	0.94151	-0.00000	0.000	0.000	0.000	0.000
21	0.94151	-0.00000	0.000	0.000	0.000	0.000
22	0.94151	-0.00000	0.000	0.000	0.000	0.000
23	0.94151	-0.00000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	0.94151	-0.00000	0.000	0.000	0.000	0.000

**GAMBAR 4-9 TAMPILAN HASIL UNTUK MENGETAHUI TEGANGAN DAN SUDUT FASA TIAP BUS SEBELUM OPTIMASI**

Pada gambar 4-9 terlihat tampilan hasil dari tegangan dan sudut fasa tiap bus, juga nilai P, Q dari pembangkitan dan pembebanan sebelum optimasi hasil dari perhitungan aliran daya dengan menggunakan *metode newton rhapson*.

Dari hasil perhitungan ini dapat terlihat jatuh tegangan yang tidak di izinkan yang terdapat pada bus 70-99 dimana tegangan yang di izinkan yaitu 0.95 pu s/d 1.05 pu. Pada table 4-3 diperlihatkan bus-bus yang terdapat jatuh tegangan.

**Tabel 4-4**  
**Tegangan dan Sudut Fasa Tiap Bus Penyulang Pujon**  
**Sebelum Kompensasi Pujon**

Bus	Tegangan		Bus	Tegangan	
	pu	sudut(rad)		pu	sudut(rad)
1	1.00000	0.00000	52	0.95217	-0.01877
2	0.99760	-0.00114	53	0.95187	-0.01892
3	0.99174	-0.00393	54	0.95123	-0.01900
4	0.98826	-0.00560	55	0.95084	-0.01905
5	0.98826	-0.00560	56	0.95071	-0.01912
6	0.98554	-0.00692	57	0.95064	-0.01916
7	0.97732	-0.01096	58	0.95063	-0.01916
8	0.97725	-0.01099	59	0.95068	-0.01914
9	0.97710	-0.01107	60	0.95066	-0.01915
10	0.97684	-0.01120	61	0.95064	-0.01916
11	0.97677	-0.01123	62	0.95063	-0.01917
12	0.97674	-0.01125	63	0.95297	-0.01835
13	0.97663	-0.01130	64	0.95288	-0.01840
14	0.97674	-0.01125	65	0.95277	-0.01846
15	0.97295	-0.01313	66	0.95275	-0.01847
16	0.97294	-0.01313	67	0.95278	-0.01845
17	0.97294	-0.01313	68	0.95277	-0.01846
18	0.96651	-0.01040	69	0.95263	-0.01853
19	0.96650	-0.01041	70	0.94913	-0.01768

7. Gerakan *scroll* ke bawah untuk melihat tampilan aliran daya antar saluran sebelum optimasi.

Bus	Dir	Daya	Bus	Daya	
From	To	Watt	From	To	
1	2	3948.360	2	1	-3948.360
2	3	3026.254	3	2	-3026.254
3	4	3521.654	4	3	-3521.654
4	5	14.080	5	4	-14.080
5	6	7775.540	6	5	-7775.540
6	7	740.654	7	6	-740.654
7	8	411.223	8	7	-411.223
7	15	1497.246	15	7	-1497.246
8	9	317.024	9	8	-317.024
9	12	276.945	12	9	-276.945
9	20	86.918	20	9	-86.918
10	11	248.793	11	10	-248.793
11	12	88.807	12	11	-88.807
12	13	41.863	13	12	-41.863
13	14	251.242	14	13	-251.242
14	15	144.418	15	14	-144.418
15	17	318.488	17	15	-318.488
16	18	62.781	18	16	-62.781
18	20	47.082	20	18	-47.082
18	21	2869.618	21	18	-2869.618
21	22	79.462	22	21	-79.462
21	23	2918.648	23	21	-2918.648
23	24	143.477	24	23	-143.477
23	25	71.242	25	23	-71.242
23	24	202.777	24	23	-202.777
23	20	2463.523	20	23	-2463.523
24	27	87.180	27	24	-87.180
24	25	304.870	25	24	-304.870
25	19	67.147	19	25	-67.147

**GAMBAR 4-10 TAMPILAN HASIL ALIRAN DAYA ANTAR SALURAN SEBELUM OPTIMASI**

Untuk gambar 4-10 memperlihatkan tampilan hasil aliran daya antar saluran dari bus ke bus untuk daya yang di alirkan sepanjang saluran pada penyulang Pujon, Pada tabel 4-4 memperlihatkan daya tiap saluran sebelum optimasi.

**Tabel 4-5**  
**Aliran Daya Tiap Saluran Penyulang Pujan**  
**Sebelum Optimasi**

BUS		RUGI DAYA		BUS		RUGI DAYA	
from	to	kW	KVAR	from	to	kW	KVAR
1	2	6.744	10.307	49	50	0.001	0.002
2	3	16.271	24.877	49	51	0.005	0.007
3	4	9.514	14.542	51	52	0.000	0.000
4	5	0.000	0.000	51	53	0.068	0.104
4	6	7.379	11.280	53	54	0.131	0.102
6	7	22.170	33.892	54	55	0.068	0.053
7	8	0.020	0.031	55	56	0.011	0.017
7	15	10.488	16.034	56	57	0.002	0.003
8	9	0.040	0.062	56	59	0.002	0.002
9	10	0.050	0.077	57	58	0.000	0.000
9	100	0.013	0.008	59	60	0.000	0.001
10	11	0.008	0.012	59	61	0.001	0.001
11	12	0.002	0.003	61	62	0.000	0.000
12	13	0.005	0.008	63	64	0.010	0.015
12	14	0.000	0.000	63	67	0.188	0.288
15	16	0.002	0.002	64	65	0.010	0.015
15	18	25.940	3.964	65	66	0.000	0.000
16	17	0.000	0.000	67	68	0.000	0.000

8. Gerakan *scroll* ke bawah lagi untuk melihat tampilan rugi daya antar saluran sebelum optimasi.

Rugi Daya Antar Saluran			
Kno	No	Kno	Loss
1	2	4.766	12.287
2	3	15.171	24.977
3	4	9.514	14.542
4	5	0.000	0.000
4	6	7.279	11.780
6	7	23.370	32.882
7	8	0.000	0.000
7	15	18.486	18.024
8	9	0.040	0.042
8	13	0.000	0.000
9	100	0.013	0.008
10	11	0.008	0.012
11	12	0.003	0.003
12	13	0.000	0.000
11	14	0.000	0.000
15	16	0.002	0.002
16	16	25.590	1.846
16	17	0.000	0.000
18	17	0.001	0.001
19	20	0.002	0.003
19	21	2.116	1.260
21	21	0.002	0.003
21	22	0.413	12.666
23	24	0.001	0.000
23	25	0.003	0.001
23	26	0.006	0.016
21	25	0.266	4.606

**GAMBAR 4-11 TAMPILAN HASIL RUGI DAYA ANTAR SALURAN  
SEBELUM OPTIMASI**

Pada gambar 4-11 memperlihatkan hasil rugi daya antar saluran sebelum optimasi yang diakibatkan rugi-rugi. Tabel 4-5 memperlihatkan rugi daya tiap saluran.

**Tabel 4-6**  
**Rugi Daya Tiap Saluran Penyulang Pujon**  
**Sebelum Kompensasi**

BUS		RUGI DAYA		BUS		RUGI DAYA	
from	to	kW	kVAR	from	to	kW	kVAR
1	2	6.744	10.307	49	50	0.001	0.002
2	3	16.271	24.877	49	51	0.005	0.007
3	4	9.514	14.542	51	52	0.000	0.000
4	5	0.000	0.000	51	53	0.068	0.104
4	6	7.379	11.280	53	54	0.131	0.102
6	7	22.170	33.892	54	55	0.068	0.053
7	8	0.020	0.031	55	56	0.011	0.017
7	15	10.488	16.034	56	57	0.002	0.003
8	9	0.040	0.062	56	59	0.002	0.002
9	10	0.050	0.077	57	58	0.000	0.000
9	100	0.013	0.008	59	60	0.000	0.001
10	11	0.008	0.012	59	61	0.001	0.001
11	12	0.002	0.003	61	62	0.000	0.000
12	13	0.005	0.008	63	64	0.010	0.015
12	14	0.000	0.000	63	67	0.188	0.288
15	16	0.002	0.002	64	65	0.010	0.015
15	18	25.940	3.964	65	66	0.000	0.000
16	17	0.000	0.000	67	68	0.000	0.000

9. Gerakan lagi *scroll* ke bawah untuk melihat tampilan hasil jumlah pembangkitan, pembebanan, dan jumlah rugi-rugi sebelum optimasi.

72	76	0.128	0.390
74	78	0.146	0.233
75	74	0.138	0.232
78	83	0.203	0.184
76	77	0.101	0.022
76	70	0.029	0.044
79	79	0.410	0.014
79	80	0.028	0.019
80	81	0.011	0.014
81	82	0.025	0.006
81	84	0.020	0.020
81	85	0.443	0.433
85	86	0.002	0.021
89	87	0.013	0.043
87	88	0.070	0.107
88	89	0.071	0.109
88	90	0.021	0.002
90	82	0.012	0.018
90	81	0.881	0.031
92	93	0.014	0.068
93	94	0.001	0.000
93	98	0.013	0.004
95	96	0.020	0.020
95	97	0.012	0.018
97	93	0.023	0.016
98	82	0.020	0.020
100	101	0.003	0.003

Jumlah Pembangkitan = 3949.99+2427.6761i MVA  
 Jumlah Pembebanan = 3820.12+2266.31i MVA  
 Jumlah Rugi-Rugi = 129.87+161.3661i MVA  
 Jumlah Themas = 3

**GAMBAR 4-12 TAMPILAN HASIL JUMLAH PEMBANGKITAN, PEMBEBANAN, RUGI-RUGI SEBELUM OPTIMASI**

Pada gambar 4-12 memperlihatkan jumlah pembangkitan, jumlah pembebanan, dan jumlah rugi – rugi sebelum optimasi dari hasil perhitungan aliran daya dengan metode *Newton Rhapson*. Dimana untuk Jumlah pembangkitan sebesar  $3949.99+2427.6761i$  kVA, Jumlah pembebanan sebesar  $3820.12+2266.31i$  kVA dan Jumlah rugi-rugi sebesar  $129.87+161.3661i$  kVA



#### 4.4. Analisa Hasil Sebelum Optimasi

Setelah dilakukan perhitungan dengan menggunakan bahasa pemrograman MATLAB 7.0.4. untuk hasil *load flow* atau aliran daya sebelum dilakukan optimasi dengan menggunakan metode *newton rhapson* terdapat jatuh tegangan atau yang beroperasi diluar batas yang diijinkan oleh PLN (0.95 pu s/d 1.05 pu) yang terlihat pada gambar 4-9. Dimana jatuh tegangan terjadi pada bus 44 sampai 129. Sedangkan pada gambar 4-12 adalah tampilan hasil dari jumlah pembangkitan, jumlah pembebanan, serta rugi-rugi daya sebelum optimasi.

- Jumlah pembangkitan sebelum optimasi sebesar  $5668.939 + 3696.5498i$  kVA.
- Jumlah rugi-rugi daya sebelum optimasi sebesar  $129.87 + 161.3661i$  kVA
- Jumlah pembebanan sebelum optimasi sebesar  $3820.12 + 2266.31i$  kVA

Besarnya rugi-rugi daya serta buruknya kondisi tegangan yang telah di jabarkan di atas akibat dari meningkatnya beban-beban induktif, misalnya motor-motor listrik, trafo, lampu-lampu penerangan dan lain-lain.

Dari hasil analisa diatas dibutuhkan suatu cara untuk memperbaiki kondisi jaringan yang dianggap kritis yang beroperasi diluar batas yang diijinkan oleh PLN (0.95 pu s/d 1.05 pu). Dan cara alternatif yang sering dipakai adalah dengan cara memasang kapasitor untuk menaikan prcfil tegangan dan menekan seminimal mungkin rugi-rugi daya.

10. Gerakan *scroll* ke bawah untuk melihat hasil tampilan penempatan kapasitor dengan menggunakan metode *fuzzy logic-genetic algorithm*

Bus	Cap	Value	Cost
62	200		
72	200		
88	200		
93	200		
97	200		

Parameter	Value
DC Power (MW)	1320
Reactive Power (MVAR)	800
Max Voltage (kV)	6.95497
Total Losses (MW)	305.6219
Loss Penalty (MW)	19.7700
Reactive Power (MVAR)	2674.6620
Reactive Power Penalty (MW)	1286.2916
Max Voltage (kV)	130.1857
Cost	

**GAMBAR 4-13 TAMPILAN HASIL PENEMPATAN KAPASITOR DENGAN MENGGUNAKAN METODE *FUZZY LOGIC-GENETIC ALGORITHM***

Pada gambar 4-13 memperlihatkan hasil dari penempatan kapasitor dengan menggunakan metode *fuzzy logic-genetic algorithm*, dimana kapasitor yang optimal ditempatkan pada bus 62,72,88,93,97 dengan jenis kapasitor yang digunakan adalah tipe *Fixed*. dengan kapasitas kapasitor sebesar 200, 200, 200, 100, 100 *kVAR*. Berikut diperlihatkan *single line diagram* penyulang Pujon setelah penempatan kapasitor.

11. Gerakan *scroll* ke bawah untuk melihat hasil tampilan dari hasil perhitungan aliran daya untuk mengetahui tegangan dan sudut fasa setelah optimasi.

Bus	Tegangan (pu)	Sudut Fasa (derajat)
1	1.00000	0.00000
2	0.99800	-0.00200
3	0.99115	-0.00479
4	0.98623	-0.00481
5	0.95523	-0.00484
6	0.98904	-0.00443
7	0.98329	-0.01338
8	0.98123	-0.01241
9	0.98127	-0.01249
10	0.98302	-0.01341
11	0.94974	-0.01345
12	0.98071	-0.01347
13	0.98041	-0.01372
14	0.98071	-0.01347
15	0.97781	-0.01429
16	0.97778	-0.01409
17	0.97779	-0.01405
18	0.97145	-0.01404
19	0.97143	-0.01405
20	0.97481	-0.01494
21	0.95711	-0.01494

**GAMBAR 4-14 TAMPILAN HASIL UNTUK MENGETAHUI  
TEGANGAN DAN SUDUT FASA TIAP BUS SETELAH OPTIMASI**

Pada gambar 4-14 terlihat tampilan hasil dari tegangan dan sudut fasa tiap bus, juga nilai P, Q dari pembangkitan dan pembebanan setelah optimasi, hasil dari perhitungan aliran daya dengan menggunakan *metode newton rhapsion*.

Dari hasil perhitungan aliran daya setelah optimasi terdapat kenaikan tegangan disetiap bus, yang sebelumnya terjadi jatuh tegangan yaitu pada bus 70 - 99 dengan tegangan terendah terdapat pada bus 98 dan 99 sebesar 0,94572 pu atau 18,9144 kV, setelah optimasi menjadi 0.95711 pu atau 19,1422kV dimana tegangan yang di izinkan yaitu 0.95 pu s/d 1.05 pu, yang mana artinya bahwa pada bus-bus tersebut telah masuk pada batas tegangan yang diizinkan oleh PLN. Tabel 4-8 memperlihatkan keadaan tegangan dan sudut fasa setelah optimasi.

**Tabel 4-7**  
**Tegangan dan Sudut Fasa Tiap Bus Penyulang Pujon**  
**Setelah Optimasi**

Bus	Tegangan		Bus	Tegangan	
	pu	sudut(rad)		pu	sudut(rad)
1	1.00000	0.00000	52	0.96151	-0.02558
2	0.99800	-0.00138	53	0.96137	-0.02584
3	0.99315	-0.00479	54	0.96106	-0.02635
4	0.99028	-0.00684	55	0.96090	-0.02669
5	0.99028	-0.00684	56	0.96095	-0.02689
6	0.98804	-0.00845	57	0.96089	-0.02693
7	0.98129	-0.01338	58	0.96088	-0.02693
8	0.98123	-0.01341	59	0.96099	-0.02696
9	0.98107	-0.01349	60	0.96098	-0.02696
10	0.98082	-0.01361	61	0.96115	-0.02710
11	0.98074	-0.01365	62	0.96133	-0.02724
12	0.98071	-0.01367	63	0.96206	-0.02500
13	0.98061	-0.01372	64	0.96197	-0.02505
14	0.98071	-0.01367	65	0.96186	-0.02511
15	0.97781	-0.01608	66	0.96184	-0.02512
16	0.97779	-0.01609	67	0.96194	-0.02515
17	0.97779	-0.01609	68	0.96193	-0.02515
18	0.97165	-0.01494	69	0.96185	-0.02526

12. Gerakan *scroll* ke bawah untuk melihat tampilan hasil aliran daya antar saluran setelah optimasi.

Bus	Bus	Power	Power	Power	Power
1	2	1423.000	1607.730	3	1
2	3	2079.237	1543.900	3	1
3	4	1001.475	1204.120	4	3
4	5	84.000	22.000	5	1
5	6	1724.070	1672.664	6	4
6	7	2722.029	1464.306	7	4
7	8	411.122	204.074	8	7
8	9	2220.212	1274.098	15	7
9	10	171.025	222.807	9	8
9	25	270.843	168.412	10	9
9	100	84.410	52.070	100	9
10	11	244.765	86.227	11	10
11	12	80.077	40.410	12	11
12	13	40.805	40.424	13	12
13	14	251.712	89.700	14	13
14	15	1131.000	1079.130	16	14
16	17	218.080	70.468	17	16
17	18	62.763	79.246	18	17
18	20	61.002	29.700	20	18
18	21	2902.164	851.082	21	18
21	22	71.622	45.820	22	21
22	23	2002.410	842.043	23	21
23	24	143.017	61.213	24	23
24	25	72.142	42.456	25	24
25	26	201.833	120.557	26	25
26	27	1778.000	604.213	30	26
26	27	27.180	27.182	27	26
26	28	1204.070	62.144	28	26
28	29	100.000	11.000	29	28

**GAMBAR 4-15 TAMPILAN HASIL ALIRAN DAYA ANTAR SALURAN SETELAH OPTIMASI**

Untuk gambar 4-15 terlihat tampilan hasil aliran daya antar saluran dari bus ke bus untuk daya yang dialirkan sepanjang saluran pada penyulang Pujon setelah optimasi. Pada tabel 4-7 memperlihatkan daya tiap saluran setelah di optimasi

**Tabel 4-3**  
**Aliran Daya Tiap Saluran Penyulang Pujon Setelah Optimasi**

BUS		DAYA		BUS		DAYA	
from	to	kW	kvar	from	to	kW	kvar
1	2	3925.603	1597.736	2	1	-3919.967	-1589.123
2	3	3875.247	1562.593	3	2	-3861.675	-1541.843
3	4	3801.475	1506.129	4	3	-3793.559	-1494.030
4	5	36.980	21.939	5	4	-36.980	-21.939
4	6	3756.578	1472.091	6	4	-3750.449	-1462.720
6	7	3722.929	1446.394	7	6	-3704.533	-1418.271
7	8	411.222	244.076	8	7	-411.203	-244.046
7	15	3293.311	1174.195	15	7	-3284.770	-1161.138
8	9	357.023	211.903	9	8	-356.982	-211.842
9	10	270.965	160.812	10	9	-270.915	-160.735
9	100	86.018	51.030	100	9	-86.005	-51.023
10	11	148.795	88.287	11	10	-148.787	-88.275
11	12	68.807	40.826	12	11	-68.805	-40.824
12	13	68.805	40.824	13	12	-68.800	-40.816
15	16	151.362	89.799	16	15	-151.360	-89.796
15	18	3133.409	1071.339	18	15	-3112.448	-1068.136
16	17	118.680	70.408	17	16	-118.680	-70.408
18	19	62.781	37.246	19	18	-62.780	-37.245
18	20	67.082	39.798	20	18	-67.080	-39.796

13. Gerakan *scroll* ke bawah untuk melihat tampilan hasil rugi daya antar saluran setelah optimasi.

Rugi Daya Antar Saluran					
Bar		Rugi			
From	To	Bar	Loss	From	Loss
2	2	5.616	0.413		
2	3	15.571	10.750		
3	4	7.914	11.050		
4	5	0.700	0.000		
4	6	4.135	9.371		
6	7	18.196	18.122		
7	8	9.103	0.070		
7	15	0.541	13.057		
8	9	0.040	0.041		
9	10	0.050	0.076		
9	100	0.013	0.000		
10	11	0.000	0.012		
11	12	0.002	0.012		
12	13	0.000	0.030		
15	16	0.000	0.000		
15	16	0.002	0.002		
15	18	26.860	1.203		
16	17	0.000	0.050		
18	19	0.001	0.011		
18	20	0.002	0.002		
18	21	1.721	2.431		
21	22	0.002	0.002		
21	23	4.710	10.276		
22	24	0.007	0.020		
22	25	0.002	0.001		
23	24	0.005	0.015		
23	26	1.111	4.444		

**GAMBAR 4-16 TAMPILAN HASIL RUGI DAYA ANTAR SALURAN SETELAH OPTIMASI**

Pada gambar 4-16 memperlihatkan hasil rugi daya antar saluran yang diakibatkan rugi-rugi saluran, dimana setelah dilakukan optimasi terjadi penurunan rugi daya antar saluran, Tabel 4-8 memperlihatkan penurunan nilai rugi daya tiap saluran setelah optimasi.

**Tabel 4-9**  
**Rugi Daya Tiap Saluran Penyulang Pujon**  
**Setelah Kompensasi**

BUS		RUGI DAYA		BUS		RUGI DAYA	
from	to	kW	kVAR	from	to	kW	kVAR
1	2	5.636	8.613	49	50	0.001	0.002
2	3	13.572	20.750	49	51	0.003	0.005
3	4	7.916	12.099	51	52	0.000	0.000
4	5	0.000	0.000	51	53	0.050	0.076
4	6	6.130	9.371	53	54	0.107	0.083
6	7	18.396	28.122	54	55	0.062	0.048
7	8	0.020	0.030	55	56	0.020	0.031
7	15	8.541	13.057	56	57	0.002	0.003
8	9	0.040	0.061	56	59	0.007	0.011
9	10	0.050	0.076	57	58	0.000	0.000
9	100	0.013	0.008	59	60	0.000	0.001
10	11	0.008	0.012	59	61	0.022	0.033
11	12	0.002	0.002	61	62	0.026	0.039
12	13	0.005	0.008	63	64	0.010	0.015
12	14	0.000	0.000	63	67	0.138	0.212
15	16	0.002	0.002	64	65	0.010	0.015
15	18	20.960	3.203	65	66	0.000	0.000
16	17	0.000	0.000	67	68	0.000	0.000



14. Gerakan *scroll* ke bawah untuk melihat hasil tampilan jumlah pembangkitan, pembebanan, dan rugi-rugi setelah optimasi menggunakan metode

Bus	Gen	Load	Loss	Loss
72	72	0.200	0.023	
73	73	0.175	0.144	
74	74	0.109	0.144	
75	75	0.113	0.189	
76	76	0.070	0.043	
77	77	0.001	0.002	
78	78	0.010	0.019	
79	79	0.000	0.014	
80	80	0.013	0.013	
81	81	0.003	0.008	
82	82	0.000	0.000	
83	83	0.010	0.010	
84	84	0.004	0.003	
85	85	0.001	0.004	
86	86	0.061	0.084	
87	87	0.000	0.000	
88	88	0.000	0.000	
89	89	0.001	0.001	
90	90	0.000	0.012	
91	91	0.001	0.001	
92	92	0.000	0.000	
93	93	0.001	0.000	
94	94	0.000	0.000	
95	95	0.000	0.000	
96	96	0.000	0.000	
97	97	0.000	0.000	
98	98	0.000	0.000	
99	99	0.000	0.000	
100	100	0.000	0.000	
101	101	0.000	0.000	

Jumlah Pembangkitan = 720.420+2397.736i kVA  
 Jumlah Pembebanan = 3820.12+2265.31i kVA  
 Jumlah Rugi-Rugi = 105.4826+131.426i kVA  
 Jumlah Losses = 0

**GAMBAR 4-17 TAMPILAN HASIL JUMLAH PEMBANGKITAN, PEMBEBANAN, RUGI-RUGI SETELAH OPTIMASI MENGGUNAKAN METODE *FUZZY LOGIC-GENETIC ALGORITHM***

Pada gambar 4-17 dimana jumlah pembangkitan, dan jumlah rugi-rugi setelah optimasi dengan menggunakan Metode *fuzzy logic-genetic algorithm* pada penyulang tumpang terjadi penurunan setelah dilakukan optimasi yaitu untuk :

- jumlah pembangkitan menjadi 3925.6026+2397.736i kVA.
- jumlah pembebanan 3820.12+2265.31i kVA
- jumlah rugi-rugi menjadi 105.4826+131.426i kVA .

#### 4.5. Analisa Hasil Setelah Optimasi

Setelah dilakukan perhitungan dengan menggunakan bahasa pemrograman MATLAB 7.0.4. Dengan metode *fuzzy logik-genetic algorithm* penempatan kapasitor yang optimal terletak pada bus 62,72,88,93,97 dengan kapasitas kapasitor sebesar 200,200,200,100,100 *kVAR* dengan jenis kapasitor yang digunakan adalah tipe *fixed* yang seperti terlihat gambar 4-13. Untuk hasil *load flow* atau aliran daya setelah dilakukan optimasi dengan menggunakan metode *newton raphson* seperti yang terlihat pada gambar 4-14 terdapat kenaikan tegangan di setiap bus yang sebelumnya terjadi jatuh tegangan yaitu di bus 70 s/d 99 sebesar 0.95 pu atau sebesar 19.2kV. Begitu juga untuk jumlah pembangkitan dan rugi-rugi daya terjadi penurunan seperti yang terlihat pada gambar 4-17.

- Untuk jumlah pembangkitan sebesar 3925.6026+2397.736i kVA dari semula sebesar 3949.99+2427.6761i kVA.
- Jumlah rugi-rugi daya sebesar 105.4826+131.426i kVA dari semula sebesar 129.87+161.3661i kVA.

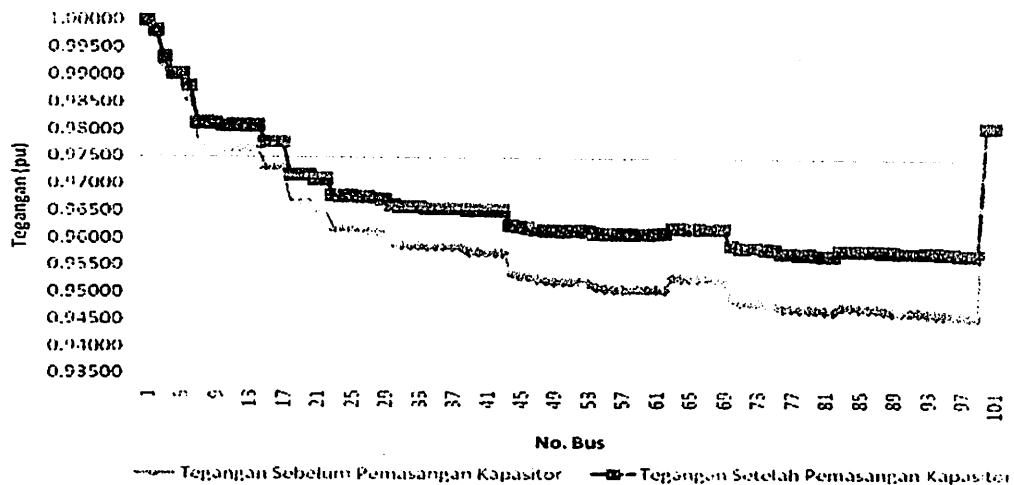
Dilihat dari hasil tersebut diatas bahwa kondisi jaringan setelah di pasang kapasitor dengan menggunakan metode *fuzzy logik-genetic algorithm* terjadi perbaikan terutama untuk profil tegangan menjadi naik sesuai dengan batas operasi yang diijinkan oleh pihak PLN, dan untuk rugi-rugi daya terjadi penurunan yang cukup signifikan. Selain itu juga didapat penghematan akibat dari optimasi penempatan kapasitor dengan menggunakan metode *fuzzy logik-genetic algorithm*

Berikut adalah hasil dari program dengan metode *fuzzy logik-genetic algorithm* setelah dilakukan penempatan kapasitor pada jaringan 20kV sistem distribusi radial di Penyulang Pujon Malang.

TABEL 4-9

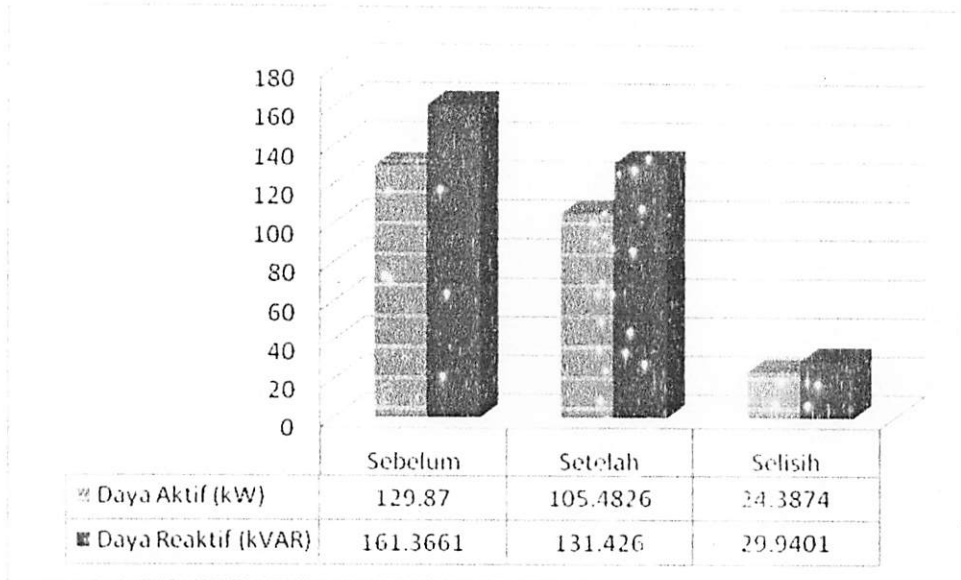
**HASIL PROGRAM METODE FUZZY LOGIC – GENETIC ALGORITHM**

Keterangan	Fuzzy Logic-Genetic Algorithm		
	Lokasi Penempatan Kapasitor	No. Bus	Kapasitas (kVAR)
62		200	
72		200	
88		200	
93		100	
97		100	
Kondisi Jaringan	Rugi Daya Pada saluran		
	Aktif (kW)	Reaktif (kVAR)	Semu (VA)
Sebelum Penempatan Kapasitor	129.8700	161.3661	207.1358
Setelah Penempatan Kapasitor	105.4826	131.4260	168.5211
Pengurangan Rugi Daya Pada Saluran Setelah Penempatan Kapasitor = 22.91%			



**GRAFIK 4-1 TEGANGAN TIAP BUS TERHADAP TEGANGAN AWAL  
TEGANGAN SEBELUM DAN SETELAH OPTIMASI**

Grafik 4-1 adalah grafik perbandingan tegangan tiap bus terhadap tegangan awal, sebelum dan sesudah dikompensasi dapat terlihat bahwa tegangan terendah terjadi pada bus 98 dan 99 sebesar  $0,94572 pu$  atau  $18,9144 kV$ , dan setelah dilakukan kompensasi naik menjadi  $0.95711 pu$  atau  $19.1422 kV$ . Dimana batas tegangan yang diijinkan oleh PLN adalah sebesar  $0.95 pu$  sampai  $1.05 pu$ .



**GRAFIK 4-2 RUGI DAYA SEBELUM DAN SETELAH  
OPTIMASI**

Dari grafik 4-2 terlihat bahwa penurunan rugi daya aktif adalah 24.3874 kW dari 129.8700 kW menjadi 105.4826 kW sehingga terjadi penurunan sebesar 18.77%. Sedangkan untuk daya reaktif juga terjadi penurunan sebesar 29.9401 kVAR dari 161.3661 kVAR menjadi 131.4260kVAR sehingga terjadi penurunan sebesar 18.55%.

## BAB V

### KESIMPULAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa diatas maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Letak kapasitor yang optimal terletak pada bus 62,72,88,93,97 dengan jenis kapasitor yang digunakan adalah tipe *fixed*. Dengan kapasitas sebesar 200,200,200,100,100 kVAR.
2. Tegangan terendah pada saluran sebesar 0.94572 pu atau sebesar 18,9144 kV terdapat pada bus 98 dan 99 dan setelah optimasi naik menjadi 0.95711 pu atau sebesar 19,1422 kV.
3. Besarnya penurunan rugi-rugi daya setelah kompensasi : untuk rugi daya aktif sebesar 18.77% dari 129.8700 kW menjadi 105.4826 kW dan untuk daya reaktif sebesar 18,55% dari 161.3661 kVAR menjadi 131.4260 kVAR.

## 5.2. SARAN

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

Salah satu cara yang bermanfaat dalam mengoptimalkan suplai daya dari pembangkit sampai beban telah disampaikan penulis melalui skripsi ini.

Hendaknya skripsi yang penulis kerjakan ini bisa di gunakan sebagai bahan acuan atau referensi, untuk menunjang dalam pengerjaan Tugas Akhir.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. P.V.Prasad,S.Sivanagaraju, N.Sreenivasulu, Elektrikal and Electronic Department, Chitanya Bharathi Institute Of Technology, Hyderabad, India, Vaagdevi Institute Of Terchnology and Science, Prodduturu, India "*A FUZZY-GENETIC ALGORITHM FOR OPTIMAL CAPACITOR PLACEMENT IN RADIAL DISTRIBUTION SYSTEM*".
- [2]. Hasan Basri, Ir "*Sistem Distribusi Tenaga Listrik*", Balai Penerbit dan Humas IST Bumi Srengseng Indah P. Minggu, Jakarta Seiatan, 1996.
- [3]. Ir. Djiteng Marsudi, "*Operasi Sistem Tenaga Listrik*", Balai Penerbit dan Humas ISTN, 1990.
- [4]. Stevenson Jr. William, "*Analisa Sistem Tenaga*" Erlangga Edisi ke 4, 1996.





### FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Hanshian Pambudi  
Nim : 01.12.168  
Masa Bimbingan : 9 Juni 2008 s/d 9 November 2008 *Buy*  
Judul Skripsi : Optimasi Penempatan Kapasitor Menggunakan Metode Fuzzy  
- Genetic Algorithm Pada Jaringan Distribusi 20 Kv Di  
Penyulang Pujon

No.	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.	11/06 <sup>08</sup>	Pemahaman Teori	<i>As</i>
2.	22/06 <sup>08</sup>	Konsultasi Bab I, II	<i>As</i>
3.	3/07 <sup>08</sup>	ACC Bab I, II	<i>As</i>
4.	28/07 <sup>08</sup>	Konsultasi Bab IV	<i>As</i>
5.	5/08 <sup>08</sup>	ACC Bab IV	<i>As</i>
6.	23/08 <sup>08</sup>	ACC UJIAN SEMINAR HASIL	<i>As</i>
7.	10/09 <sup>08</sup>	REVISI BAB I, II, III	<i>As</i>
8.	20/09 <sup>08</sup>	ACC UJIAN KOMPRES.	<i>As</i>
9.			
10.			

Malang,  
Dosen Pembimbing I

**Ir. Taufik Hidayat, MT**  
Nip.Y. 1018700151



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

---

## LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : HANSHIAN PAMBUDI  
N.I.M. : 01.12.168  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik  
Judul Skripsi :

**OPTIMISASI PENEMPATAN KAPASITOR MENGGUNAKAN METODE  
FUZZY – GENETIC ALGORITHM PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 Kv  
DI GI PUJON**


Tanggal Mengajukan Skripsi : 9 Agustus 2008  
Tanggal Menyelesaikan Skripsi : 21 September 2006  
Dosen Pembimbing I : Ir. H. Taufik Hidayat, MT  
Dosen Pembimbing II : Ir. Eko Nurcahyo  
Telah Di Evaluasi Dengan Nilai : 80 (Delapan Puluh)

Malang, September 2008

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro

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

Diperiksa Dan Disetujui,  
Dosen Pembimbing

  
Ir. H. Taufik Hidayat, MT  
NIP.Y. 1018700151



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

---

## LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : HANSHIAN PAMBUDI  
N.I.M. : 01.12.168  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik  
Judul Skripsi :

**OPTIMISASI PENEMPATAN KAPASITOR MENGGUNAKAN METODE  
FUZZY – GENETIC ALGORITHM PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 Kv  
DI GI PUJON**

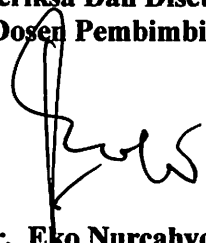
Tanggal Mengajukan Skripsi : 9 Agustus 2008  
Tanggal Menyelesaikan Skripsi : 21 September 2006  
Dosen Pembimbing I : Ir. Taufik Hidayat , MT  
Dosen Pembimbing II : Ir. Eko Nurcahyo  
Telah Di Evaluasi Dengan Nilai : 80 (Delapan Puluh)

Malang, September 2008

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro

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

Diperiksa Dan Disetujui,  
Dosen Pembimbing

  
Ir. Eko Nurcahyo  
NIP.Y. 1028700172



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

## BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

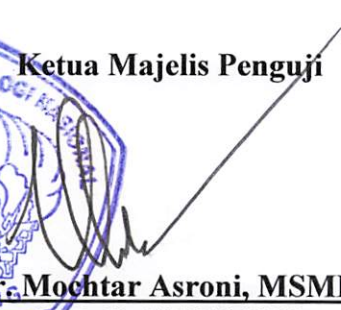
Nama Mahasiswa : HANSHIAN PAMBUDI  
N.I.M. : 01.12.168  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik  
Judul Skripsi : OPTIMISASI PENEMPATAN KAPASITOR  
MENGUNAKAN METODE FUZZY – GENETIC  
ALGORITHM PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 Kv  
DI GI PUJON MALANG

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

Hari : Kamis  
Tanggal : 25 September 2008  
Dengan Nilai : 73,4 (B+)

### Panitia Ujian Skripsi

Ketua Majelis Penguji

  
(Ir. Mochtar Asroni, MSME)  
NIP. P. 1018100036

Sekretaris Majelis Penguji


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

### Anggota Penguji

Penguji Pertama

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

Penguji Kedua

  
(Bambang Prio H, ST, MT)  
NIP. Y. 1028400082

**PT. PLN ( PERSERO )**

DISTRIBUSI JAWA TIMUR

AREA PELAYANAN & JARINGAN MALANG



Certificate No.: **QSC**  
**00475**

: 0341 - 326034 ( Hunting )  
: 211

Facsimile : 0341 - 362046

Nomor : **1148** /330/APJ-MLG/2008  
Surat Sdr.No : **ITN-831/III.TA-2/2/2008**  
Lampiran : -  
Perihal : **Ijin survey data**

Malang, **25** Juni 2008

Kepada  
ITN. Malang  
Fakultas Teknologi Industri.  
Jl. Raya Karanglo Km, 2  
Di  
MALANG

Dengan Hormat,  
Menindaklanjuti surat saudara No ITN-831/III.TA-2/2/2008 Tanggal 09 Juni 2008 perihal tersebut di atas, maka dengan ini kami beritahukan bahwa pada prinsipnya kami tidak keberatan / mengizinkan mahasiswa saudara atas nama :

**Padang Jumadi**  
**Hanshian Pambudi**

Nim : 01.12.141  
Nim : 01.12.168

Untuk melaksanakan ijin survey data di PT. PLN (Persero) Area Pelayanan dan Jaringan Malang mulai tanggal 26 Juni 2008 sampai dengan 31 Juli 2008 dengan catatan PLN hanya memberikan data yang **TIDAK BERSIFAT RAHASIA**.

Sebelumnya diminta agar mahasiswa tersebut mengisi surat pernyataan, dilengkapi dengan pas photo ukuran 3 X 4 Cm di SDM & Administrasi PT. PLN (Persero) Area Pelayanan dan Jaringan Malang.

Demikian agar menjadikan maklum.

ASMAN SDM & ADMINISTRASI  
  
IR. ABD. SYUKUR RIDWAN

Tembusan:

1. Manajer UP, UJ & UPJ. terkait
2. Supervisor terkait.

HASIL PENGUKURAN  
BULAN : JUNI 2006 S/D DESEMBER 2007

NO	PENY.	GARDU TRAF0						BEBAN (AMPERE)												TEGANGAN (VOLT)						BEBAN TRAF0		TEGANGAN LINGK															
		NO. Gd	ALAMAT	DAYA (KVA)	TEG. (V)	TEL. UKUR	JAM UKUR	JURUSANA			JURUSAN B			JURUSAN C			JURUSAN D			PADAT TRAF0			PADA TRAF0	PADA TRAF0	(KVA)	(%)	TITIK TUMBU	V (%)															
								R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S					T	R	S	T											
1	WI1	1	Jl. Gajah Mada	280	220/380	04-06-07	18-10	21	10	13	23	111	88	120	0	56	1	20	36	27	59	41	38	212	184	189	49	220	223	224	128	64	B5A4B3	213	97								
2	WI1	2	Jl. Panglima Sudarta	160	220/380	28-06-07	19-55					49	52	49	16					13	0	17	14	62	52	66	30	231	231	230	42	26	B2A3B1A3	215	88								
3	S/LC	3	Da. Sidomulyo	75	220/380	KOSONG																									0	0											
4	S/LC	4	Jl. Ry. Purden	200	220/380	19-12-06	19-35	139	128	130	47					38	62	41	36					177	180	171	83	219	221	221	116	59	A2B7	212	96								
5	BTU	5	Jl. Patimura	200	220/380	27-03-07	19-00					130	100	114	36					30	50	53	27	162	150	167	63	231	231	231	110	55	B9A1B9	211	96								
6	WI1	6	Da. Trowopo	160	220/380	03-04-07	20-17	117	180	137	65	15	7	9	11	46	21	23	15	29	41	33	23	111	134	101	63	223	223	224	77	48	B2A8	205	93								
7	S/LC	7	Da. Tl. Ropo	160	220/380	03-04-07	18-30					82	93	68	40					16	15	17	29	112	121	118	39	236	235	235	83	52	B2A9B2	213	97								
8	WI1	8	Jl. Panglima Sudarta	160	220/380	09-11-06	18-30					96	106	101	10					101	125	129	41					217	219	217	188	78	A5D5	209	95								
9	PJN	9	Jl. Hasanudin	250	220/380	15-11-06	18-40	218	198	170	49									63	66	36	55	144	147	84	114	224	223	210	84	59	B3A2D7A2D6	212	96								
10	BTU	10	Jl. Imam Bonjol As	160	220/380	03-04-07	18-45					81	81	44	79									34	18	38	46	220	220	221	20	26	C1B3A5	214	97								
11	S/LC	11	Jl. Saadza	75	220/380	05-02-07	20-05	24	12	21	38					10	6	1*	8				170	142	149	50	225	189	218	70	225	226	142	71	B3A5	209	95						
12	BTU	12	Jl. Wl. Supriatna	250	220/380	28-03-07	20-30					55	47	69	20									168	160	177	80	218	221	220	110	55	A2D2A3D14	206	94								
13	S/LC	13	Jl. Ry. Sidomulyo	200	220/380	13-12-06	19-00	15	60	53	24					46	48	32	26	67	52	67	30	168	160	177	80	218	221	220	110	55	A2D2A3D14	206	94								
14	S/LC	14	Jl. Ry. Sidomulyo	160	220/380	19-12-06	20-12	79	64	88	1					58	52	71	44					137	136	159	45	222	221	222	96	68	A7B5C1D2	210	95								
15	S/LC	15	Jl. Ry. Sidomulyo	200	220/380	17-02-07	19-30	144	117	103	59					55	67	77	61					199	214	180	120	212	213	213	138	63	A3D11	209	95								
16	PJN	16	Jl. Songoro	200	220/380	09-01-07	19-10					39	56	62	15									115	130	195	54	217	217	215	93	47	B2C1B4	211	96								
17	BTU	17	Jl. Ambed	160	220/380	09-02-07	20-50					95	94	107	47					94	66	74	31	189	160	181	31	229	230	228	121	76	B5A6	213	97								
18	WI1	18	Jl. Panglima Sudarta	6930	220/380	KOSONG																									0	0			0								
19	PJN	19	Jl. Raya Pajen	160	220/380	30-01-07	18-45					117	56	27	37					38	97	77	30	155	146	104	30	211	211	210	85	53		211	96								
20	WI1	20	Jl. Sempati	160	220/380	27-03-07	19-10					90	91	87	31					27	3	43	23	117	121	130	34	226	226	224	83	52	B3C10	214	97								
21	S/LC	21	Da. Banyan B.A.	160	220/380	26-12-06	19-00	58	55	79	34													131	170	149	59	220	221	222	99	62	B12	210	95								
22	JRJ	22	Da. Jading Gont	160	220/380	16-02-07	15-40					80	94	130	52					40	38	53	20	120	132	183	20	223	224	223	97	61	D	219	100								
23	S/LC	23	Da. Bumi Af	100	220/380	26-12-06	18-27					39	32	26	16									15	10	18	11	54	42	44	27	223	221	221	51	51	D	219	100				
24	WI1	24	Jl. Panglima Sudarta	159	220/380	09-11-06	18-17					114	74	57	17					174	100	98	60	288	174	155	80	314	219	219	122	66	D2C8	205	93								
25	PJN	25	Jl. Trowopo	75	220/380	03-01-07	18-10													21	28	7	17	21	21	21	17	218	218	219	42	16	D6A2D5	211	96								
26	WI1	26	Jl. Beras	75	220/380	19-12-06	20-30																	59	53	42	27	225	225	222	44	58	A5D19	212	96								
27	BTU	27	Jl. Donggoro	160	220/380	28-03-07	19-35	48	13	48	34	64	49	69	21	8	3	1	3	78	75	81	24	168	141	199	82	218	219	216	117	73	A2D2C2D2	204	93								
28	BTU	28	Jl. Ajuno	150	220/380	21-03-07	18-40																	100	85	97	47	224	225	223	63	42	B2A3B1A3	215	98								
29	WI1	29	Jl. Bomo	200	220/380	19-12-06	20-40					83	91	67	31	32	8	1	29	75	87	76	28	190	186	164	88	223	228	228	120	68	B3C7	213	97								
30	PJN	30	Da. Songoro	160	220/380	09-01-07	18-25	34	33	23	18	12	7	3	12	19	26	20	11													65	66	46	41	212	213	212	38	23	D11	201	91















# HASIL PENGUKURAN

BULAN : JUNI 2006 S/D DESEMBER 2007

NO	PENY.	GARUD TRAFU										BEBAN (AMPERE)										TEGANGAN (VOLT)			BEBAN TRAFU		TEGANGAN LUANG				
		NO. Gd	ALAMAT	DAYA (KVA)	TEG. (V)	TGL UKUR	JAM UKUR	JURUSANA			JURUSAN C			JURUSAN D			PADA TRAFU			R-N	S-N	T-N	(KVA)	TITIK TUKU	V (%)						
								R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T							R	S	T			
211	BTU	211	R. S. Bablis	160	220/380	05-11-06	18:00				54	50	60	12				54	50	60	12	226	226	226	37	23	B	222	101		
212	PJN	212	Dk. Bon Bayi	50	220/380	09-02-07	18:20				21	20	19	9				25	20	19	14	217	218	216	14	28		221	100		
213	PJN	213	Dk. Dadapan	100	220/380	08-02-07	19:15								56	72	67	19	56	72	67	19	209	210	211	41	41		220	100	
214	BTU	214	J. Dewasari	100	220/380	22-11-06	18:05	6	9	19	11							58	107	74	63	227	225	225	54	54	B1A1BCC7	217	99		
215	WI	215	Jl. Sakura	100	220/380	15-11-06	18:25																			40	40	C4B5	218	99	
216	PJN	216	Dk. Desik	160	220/380	27-01-07	18:30								72	73	62	29	64	73	44	34	220	222	224	40	40		220	100	
217	PJN	217	Ds. Brau	50	220/380	06-11-06	18:30												28	18	16	22							220	100	
218	PJN	218	Ds. Gunung Sari	50	220/380	07-11-06	19:05	58	32	27	33							2	5	2	4								220	100	
219	PJN	219	Ds. Mendang	100	220/380	06-02-07	18:45	128	25	49	101								60	37	28	37	220	225	226	28	55	A5D4	218	100	
220	SLC	220	Ds. Bhangun B.A.	180	220/380	26-12-06	18:50												128	25	49	101	209	213	210	42	42		217	89	
221	BTU	221	Ds. Sembekar D.	150	220/380	21-01-07	19:30												35	41	51	21	222	224	223	28	28	D	210	95	
222	BTU	222	Jl. Karitika / Jatiin	200	220/380	16-02-07	19:10	80	94	72	17								80	75	134	57	219	217	214	63	42	D	210	95	
223	PJN	223	Dk. Sobro	50	220/380	06-02-07	19:50												56	21	5	41	209	216	214	17	34		229	104	
224	BTU	224	Jl. Kartika Bungel	100	220/380	26-11-06	20:17	41	29	50	25								34	37	9	117							218	99	
225	SLC	225	Ferani Agro Kencana	100	220/380	26-12-06	21:00	39	32	18	9								75	66	59	142	228	228	225	46	46	A3D9	197	90	
226	BTU	226	Panderman HR	100	220/380	26-11-06	20:25	5	7	7									39	32	18	9	231	231	230	21	21		217	90	
227	SLC	227	Ds. Sumber brantas	100	220/380	22-12-06	20:50	72	56	48	18								8	9	10	10	230	230	230	6	6	A	228	104	
228	SLC	228	Kusuma Estate	100	220/380	26-11-06	20:17	6	1	6	3								12	30	8	14							217	98	
229	SLC	229	Hotel Wijaya IN	75	220/380	REBANKOSONE													20	19	27	9							190	88	
230	BTU	230	Jatiin Park	200	220/380	19-07-76	20:30	2	4	7	5																				
231	SLC	231	Kompos Bagas C.	00	220/380																										



Malang, Oktober  
ASMEN T...

Menggetahui;  
Manajer UP & J

ABDUL WAHID