

SKRIPSI

**“ OPTIMASI PENEMPATAN DAN KAPASITAS KAPASITOR
PADA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20 kV DENGAN
METODE ARTIFICIAL IMMUNE SYSTEMS PADA GI. PAKIS,
PENYULANG TUMPANG MALANG ”**



Disusun Oleh :
EDWIN PRASETYO
01.12.105

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

September 2008

LEMBAR PERSETUJUAN
OPTIMASI PENEMPATAN DAN KAPASITAS KAPASITOR
PADA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20 kV DENGAN
METODE *ARTIFICIAL IMMUNE SYSTEMS*
PADA G.I PAKIS, PENYULANG TUMPANG MALANG

SKRIPSI

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

Disusun Oleh :
EDWIN PRASETYO
01.12.105

Diperiksa dan Disetujui,
Dosen Pembimbing I



Ir. H. CHOIRUL SALEH, M.T
NIP. Y. 1018800190

Diperiksa dan Disetujui,
Dosen Pembimbing II



IRRINE BUDI S., S.T., M.T
NIP. 132314400



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 DAN KAPASITAS KAPASITOR PADA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20 kV DENGAN METODE *ARTIFICIAL IMMUNE SYSTEMS* PADA G.I PAKIS, PENYULANG TUMPANG MALANG

Edwin Prasetyo
Ir. H. Choirul Saleh, MT
Irrine Budi S, ST. MT

Kata Kunci : Sistem Distribusi Radial, Penempatan Kapasitor, Pengurangan Rugi-rugi, *Artificial Intelligence, Metode Artificial Immune Systems.*

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 *Artificial Immune Systems* 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 *Artificial Immune Systems* digunakan untuk memilih lokasi pemasangan kapasitor. Dimana sebelum penempatan, jatuh tegangan sebesar 0.93783 pu dan setelah penempatan menjadi 0.95402 pu, untuk rugi daya aktif dari 201.5692 kW menjadi 170.3957 kW. Untuk rugi daya reaktif dari 308.13 kVAR, menjadi 235.94 kVAR. Algoritma solusi diuji dalam sebuah sistem daya 129 bus di GI.PAKIS, Penyulang TUMPANG MALANG.

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat ALLAH SWT, atas rahmat dan karunia-Nya memungkinkan penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul, “ **OPTIMASI PENEMPATAN DAN KAPASITAS KAPASITOR PADA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20 kV DENGAN *METODE ARTIFICIAL IMMUNE SYSTEMS* PADA GI. PAKIS, PENYULANG TUMPANG 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. **Prayitno dan Lilik Maslichah**, 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) IIN Malang.
8. **Ir. H. Choirul Saleh, MT**, selaku dosen pembimbing I.
9. **Irrine Budi Sulistiawati, ST. MT**, 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:
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
ABSTRAKSI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GRAFIK	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Metodologi Penelitian	4
1.6. Sistematika Penulisan.....	5
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 (Jaringan Tegangan Menengah)	10
2.1.2. Sistem Distribusi Sekunder (Jaringan Tegangan Rendah).....	10
2.3. Struktur Jaringan Distribusi Tenaga Listrik	10
2.3.1. Sistem Jaringan Distribusi Radial	10
2.3.2. 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 Beban 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 Semu (Apparent 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 Pemilihan Kapasitor Seri dan Shunt	22
2.8. Pengaruh Pemasangan Kapasitor Shunt.....	24
2.8.1. Pengurangan Rugi-Rugi Saluran Dengan Kapasitor Shunt.....	25
2.8.2. Perbaikan Tegangan	26
2.8.3. Perbaikan Faktor Daya dan Kenaikan Kapasitas Sistem	27
2.8.4. Perhitungan Pengaruh Perbaikan Faktor Daya.....	29

2.8.5. Penentuan Rating Kapasitor Untuk Perbaikan Faktor Daya Beban.....	30
2.9. Sistem Per-Unit	31

BAB III METODE *ARTIFICIAL IMMUNE SYSTEMS* DAN PENERAPAN

Analisa Aliran Daya Jaringan Radial	33
Tujuan	33
3.1. Metode <i>Newton Raphson</i>	33
3.1.2. Algoritma Aliran Daya <i>Newton Raphson</i>	36
3.1.3. <i>Flowchart</i> Algoritma Aliran Daya <i>Newton Raphson</i>	37
3.2. Teori Dasar <i>Artificial Immune Systems</i>	38
3.2.1. Konsep Dasar <i>Artificial Immune</i>	38
3.2.1.1. Istilah-istilah <i>Artificial Immune Systems</i>	40
3.2.1.2. Parameter-Parameter <i>Artificial Immune Systems</i>	41
3.3. Fungsi Tujuan (<i>Objective Function</i>)	43
3.4. Algoritma Program.....	45
3.4.1. Algoritma Program Pemecahan Masalah.....	45
3.4.2. Algoritma Metode <i>Artificial Immune Systems</i>	56
3.5. <i>Flowchart</i> Program	47
3.5.1. <i>Flowchart</i> Algoritma Pemecahan Masalah.....	47
3.5.2 <i>Flowchart</i> Metode <i>Artificial Immune Systems</i>	48

BAB IV ANALISA DAN HASIL

4.1. Sistem Distribusi Tenaga Listrik 20kV GI PAKIS, Penyulang
TUMPANG 50

4.2. Analisa Perhitungan 51

4.3. Prosedur Pelaksanaan Program Perhitungan..... 53

4.4. Analisa Hasil Sebelum Optimasi..... 76

4.5. Analisa Hasil Setelah Optimasi..... 90

BAB V KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan..... 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.....	9
2.3 Jaringan Tegangan Menengah Sistem Distribusi Radial.....	11
2.4 Jaringan Sistem Distribusi Radial Pohon.....	14
2.5 Jaringan Sistem Distribusi Radial Tie dan Switch Pemisah.....	15
2.6 Jaringan Sistem Distribusi Radial Dengan Pembagian Phase Area.....	16
2.7 Jaringan Sistem Distribusi Radial Dengan Beban Terpusat.....	17
2.8 Segi Tiga Daya.....	19
2.9 Segi Tiga Arus.....	20
2.10 Diagram vektor pada rangkaian dengan <i>pf lagging</i> (a) dan (c) tanpa kapasitor Seri, (b) dan (d) dengan kapasitor Seri.....	22
2.11 Vektor arus dan tegangan sebelum dan setelah pemasangan kapasitor.....	25
2.12 Diagram vektor pada rangkaian dengan <i>pf lagging</i> (a) dan (c) tanpa kapasitor shunt, (b) dan (d) dengan kapasitor <i>shunt</i>	26
2.13 Perbaikan Faktor Daya.....	27
2.14 Diagram Fasor dan Sudut Daya Beban Distribusi.....	29
3.1 <i>Flowchart</i> Algoritma Aliran Daya <i>Newton Raphson</i>	37
3.2 <i>Flowchart</i> Algoritma Pemecahan Masalah.....	47

4.1.	<i>Single Line Diagram</i> Penyulang Tumpang Sebelum Penempatan Kapasitor	52
4-2.	<i>Flowchart</i> Pemecahan Masalah	53
4.3.	Tampilan Utama Program Matlab 7.0.4.....	54
4.4.	Tampilan Inputan Data (General)	55
4.5.	Tampilan Inputan Data (Data Pembebanan)	56
4.6.	Tampilan Inputan Data (Data Saluran)	60
4.7.	Tampilan Data Objective Function	64
4.8.	Tampilan <i>Parameter Artificial Immune Systems</i>	65
4.9.	Tampilan Untuk Menjalankan Program	66
4.10.	Tampilan Hasil Aliran Daya Untuk Mengetahui Tegangan Dan Sudut Fasa Tiap-tiap Bus Sebelum Kompensasi.....	67
4.11.	Tampilan Hasil Aliran Daya Untuk Daya tiap Saluran Sebelum Kompensasi	70
4.12.	Tampilan Hasil Rugi Daya Antar Saluran Sebelum Optimasi.....	74
4.13.	Tampilan Hasil Jumlah Pembangkitan, Pembebanan, Rugi-rugi Sebelum Optimasi	77
4.14.	Tampilan Hasil Penempatan Kapasitor Dengan Menggunakan Metode <i>Artificial Immune Systems</i>	79
4.15.	Gambar <i>Single line Diagram</i> Penyulang Syiar Setelah Penempatan Kapasitor.....	80
4.16.	Tampilan Hasil Untuk Mengetahui Tegangan Dan Sudut <i>Fasa</i> Tiap Bus Setelah Optimasi.....	81

4.17.	Tampilan Hasil Aliran Daya Untuk Daya tiap Saluran Setelah Kompensasi	84
4.18.	Tampilan Hasil Rugi Daya Antar Saluran Setelah Optimasi	88
4.19.	Tampilan Hasil Jumlah Pembangkitan, Pembebanan, Rugi-rugi Dan Cost Total Sebelum Dan Sesudah Setelah Optimasi Menggunakan Metode <i>Artificial Immune Systems</i>	91

DAFTAR TABEL

Tabel :	Halaman :
2-1 Kapasitor Seri dan Kapasitor Shunt	23
3-1 Penafsiran Teori Immunologi ke Dalam Daerah AIS	39
4-1. Data Pembebanan Sistem 20kV Penyulang Tumpang.....	56
4-2. Data Saluran Penyulang Tumpang	61
4-3. Tegangan dan Sudut <i>Fasa</i> Tiap Bus Penyulang Tumpang Sebelum Optimasi	68
4-4. Daya Tiap Saluran Penyulang Tumpang Sebelum Optimasi.....	70
4-5. Rugi Daya Tiap Saluran Penyulang Tumpang Sebelum optimasi.	75
4-6. Tegangan Dan Sudut Fasa Tiap Bus Penyulang Tumpang Setelah Optimasi	82
4-7. Daya Tiap Saluran Penyulang Tumpang Setelah Optimasi	84
4-8. Rugi Daya Tiap Saluran Penyulang Tumpang Setelah Optimasi.....	89
4-9. Hasil Program Metode <i>Artificial Immune Systems</i>	93

DAFTAR GRAFIK

Grafik :	Halaman :
4-1 Tegangan Tiap-tiap Bus Terhadap Asumsi Tegangan Awal, Tegangan Sebelum Dan Setelah Kompensasi	94
4-2 Rugi Daya Sebelum Dan Sesudah Kompensasi.....	95

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. Bertambahnya industri-industri menyebabkan peran penggunaan alat-alat listrik akan semakin luas, misalnya motor-motor listrik, trafo, AC, lampu-lampu penerangan dan lain-lain.

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. Karena pada G.I pakis penyulang tumpang terdapat saluran yang panjang dan jumlah bus yang banyak maka disana terdapat banyak rugi-rugi daya.

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.

Hal ini mendorong untuk mengangkat permasalahan dengan menggunakan metode *Artificial Immune Systems*, karena metode ini mempunyai keefektifan dalam masalah penempatan kapasitor dibandingkan dengan metode-metode lain dan guna mendapatkan hasil yang lebih optimal dari metode-metode yang telah ada dalam penempatan kapasitor pada jaringan distribusi primer.

1.2. Rumusan Masalah

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

1. Dimana letak kapasitor dan berapa kapasitasnya serta investasi dalam peralatan kompensasi daya reaktif pada saluran distribusi GI. Pakis, Penyulang Tumpang Malang dengan metode *Artificial Immune Systems (AIS)*?
2. Berapa profil tegangan setelah dilakukan pemasangan kapasitor?
3. Berapa rugi-rugi daya pada saluran setelah pemasangan kapasitor dengan menggunakan metode *Artificial Immune Systems (AIS)*?

1.3. Tujuan.

Adapun tujuan penulisan skripsi ini adalah

Menentukan letak, jenis kapasitas kapasitor yang optimal dan memperbaiki profil tegangan serta mengurangi rugi-rugi daya aktif dan rugi-rugi daya reaktif setelah pemasangan kapasitor pada jaringan distribusi radial penyulang tumpang menggunakan metode *Artificial Immune Systems*

1.4. Batasan Masalah

Agar permasalahan mengarah sesuai dengan tujuan, maka pembahasan makalah skripsi ini di batasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Jaringan yang akan dianalisa adalah jaringan distribusi primer tipe radial 20 kV di Penyulang Tumpang Malang.
2. Hanya Kapasitor *Shunt* yang digunakan dalam perbaikan profil tegangan dan pengurangan rugi-rugi daya.
3. Analisa penentuan letak dan kapasitas kapasitor menggunakan metode *Artificial Imunne Systems (AIS)*.
4. Jaringan dalam kondisi normal pada saat beban puncak.
5. Metode aliran daya yang digunakan yaitu metode *Newton Raphson*.
6. Diassumsikan nilai faktor daya sebesar 0.85.
7. Analisa menggunakan program komputer Matlab.

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. Simulasi, pembahasan masalah dan analisa perhitungan tegangan, sudut fasa tegangan, rugi-rugi daya dan aliran daya tiap saluran menggunakan metode *Newton Raphson*, untuk memecahkan permasalahan *Objective Function* untuk menentukan penempatan dan kapasitas kapasitor yang optimal menggunakan metode *Artificial Immune Systems (AIS)* yang disimulasikan dengan bahasa pemrograman *Matlab*.
-

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, dan 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 dan penjelasan teori tentang kapasitor serta faktor daya, dan juga penjelasan sistem *per-unit*, serta variasi tegangan.

BAB III : METODE *ARTIFICIAL IMMUNE SYSTEMS* DAN PENERAPAN

Pada bab ini akan dibahas metode aliran daya *Newton Raphson*, teori-teori mengenai metode *Artificial Immune Systems*, algoritma metode *Artificial Immune Systems*. Data saluran dan data pembebanan pada penyulang Tumpang serta data kapasitas kapasitor

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 *Artificial Immune Systems*, serta perbandingan profil tegangan, rugi daya dan biaya total kehilangan energi sebelum dan setelah penempatan kapasitor.

BAB V : KESIMPULAN

Merupakan bab terakhir yang memuat intisari dari hasil pembahasan analisa dari hasil simulasi program matlab 7.0.4. yang berisikan kesimpulan

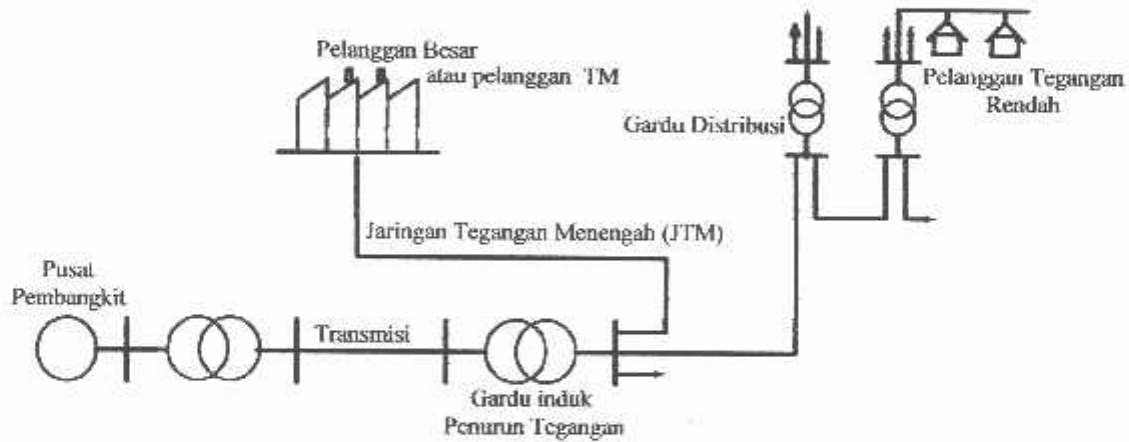
DAFTAR PUSTAKA

BAB II

SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK DAN APLIKASI KAPASITOR

2.1. Sistem Tenaga Listrik^[2]

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.



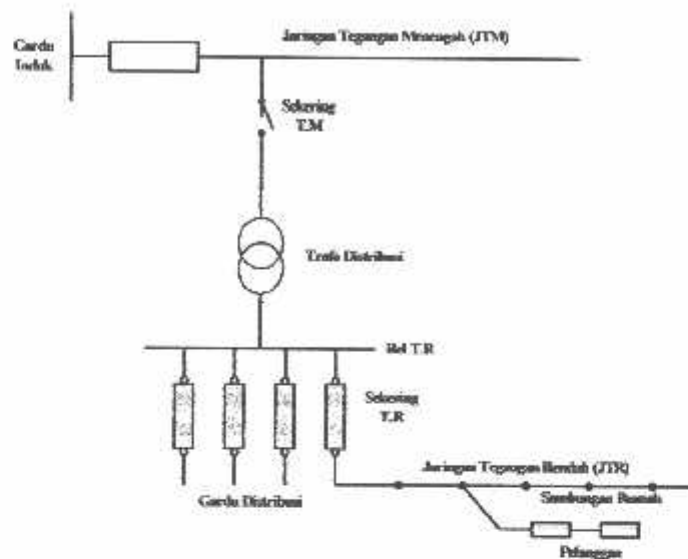
GAMBAR 2-1 SKEMA PENYALURAN ENERGI LISTRIK^[2]

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

2.2. Sistem Distribusi Tenaga Listrik^[3]

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 disribusi 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^[3]

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 Listrik¹²⁾

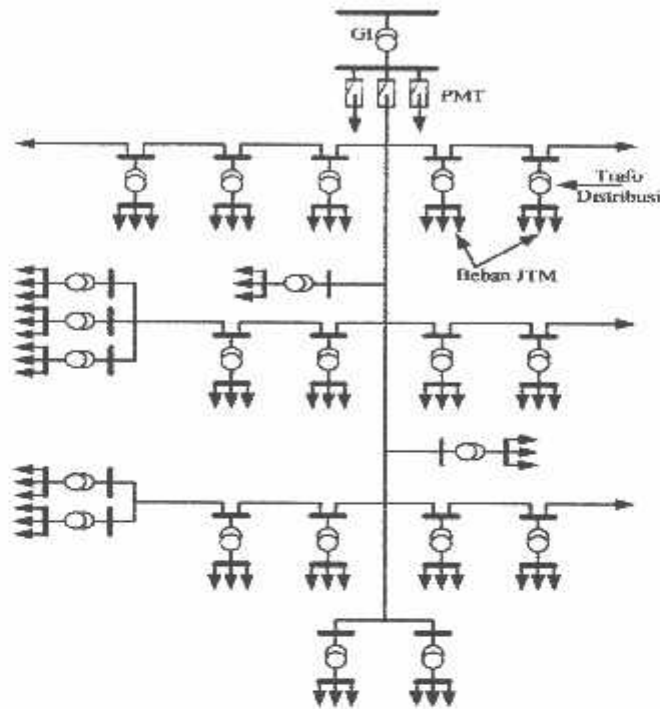
Ada beberapa bentuk jaringan yang umum digunakan untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik, yaitu :

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^[2]

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 Macam-macam Struktur Jaringan Distribusi Radial^[4]

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 :

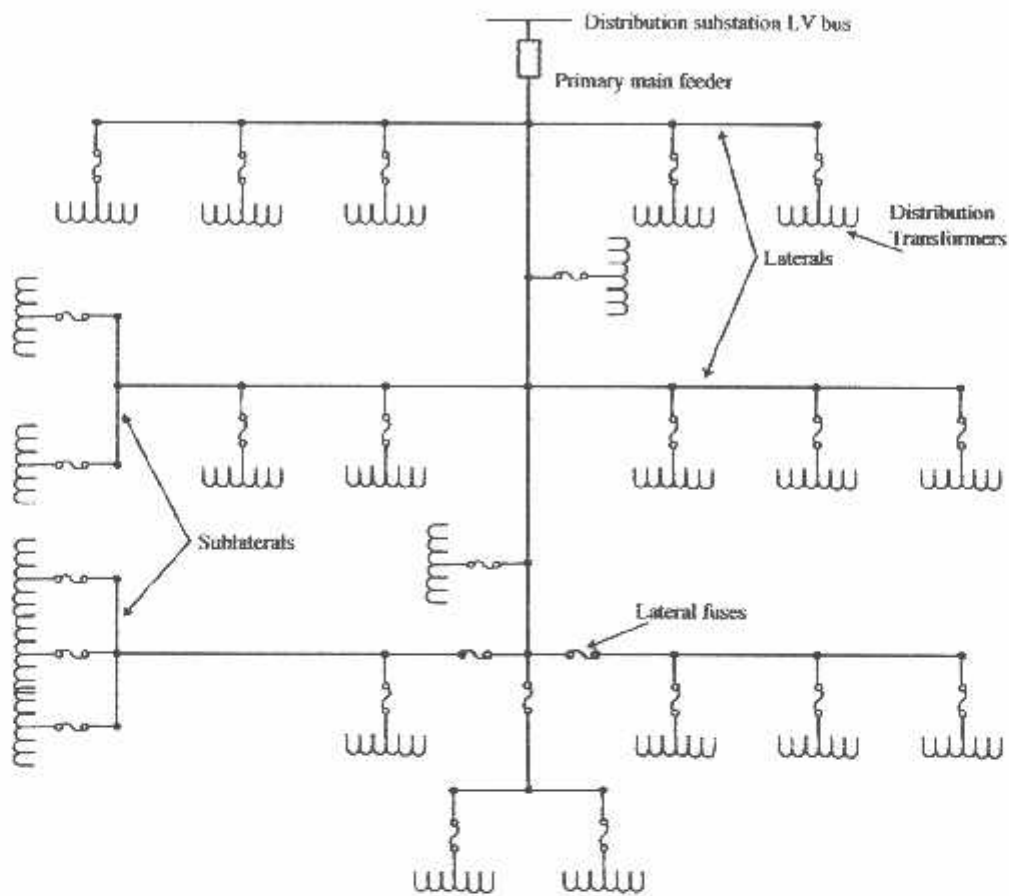
1. Kualitas pelayanan (penyaluran daya) dibanding dengan tipe yang lain lebih jelek, sebab jatuh tegangan dan rugi-rugi daya relatif besar. Kerugian ini terjadi pada saluran.
 2. Kontinuitas penyaluran daya tidak terjamin. Dengan hanya mengandalkan satu saluran, maka bila terjadi gangguan pada saluran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

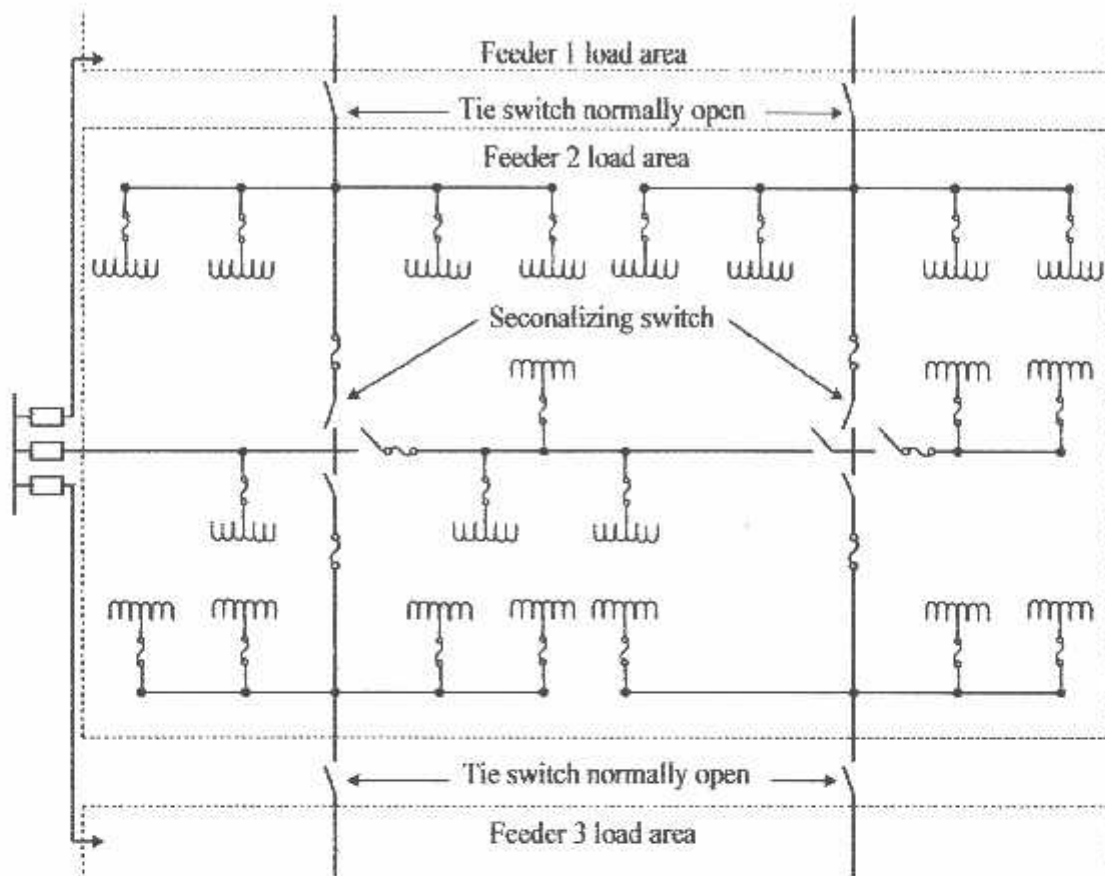
Sistem radial jaringan pohon ini merupakan bentuk yang paling dasar dari sistem jaringan radial. Saluran utama (*main feeder*) ditarik dari suatu Gardu Induk sesuai dengan kebutuhan kemudian di cabangkan melalui saluran cabang (*lateral feeder*), selanjutnya di cabangkan lagi melalui saluran anak cabang (*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^[4]

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

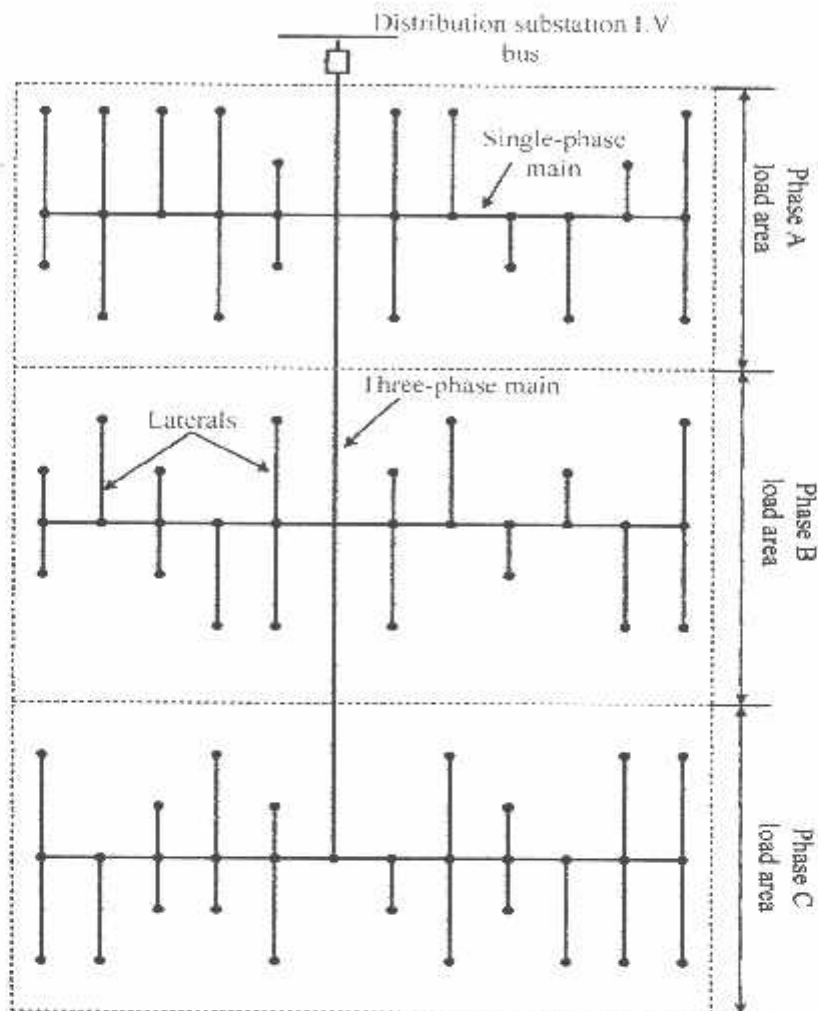
Sistem ini merupakan pengembangan dari sistem radial pohon, untuk meningkatkan keandalan sistem saat terjadi gangguan maka *feeder* yang terganggu akan dilokalisir sedangkan area yang semula dilayani *feeder* tersebut pelayanannya dialihkan pada *feeder* yang sehat atau yang tidak terganggu. Sistem radial dengan *Tie* dan *Switch* pemisah dapat dilihat pada gambar 2.7.



GAMBAR 2-7 SISTEM RADIAL DENGAN TIE DAN SWITCH PEMISAH^[4]

2.4.3. Sistem Radial Dengan Pembagian *Phase Area*

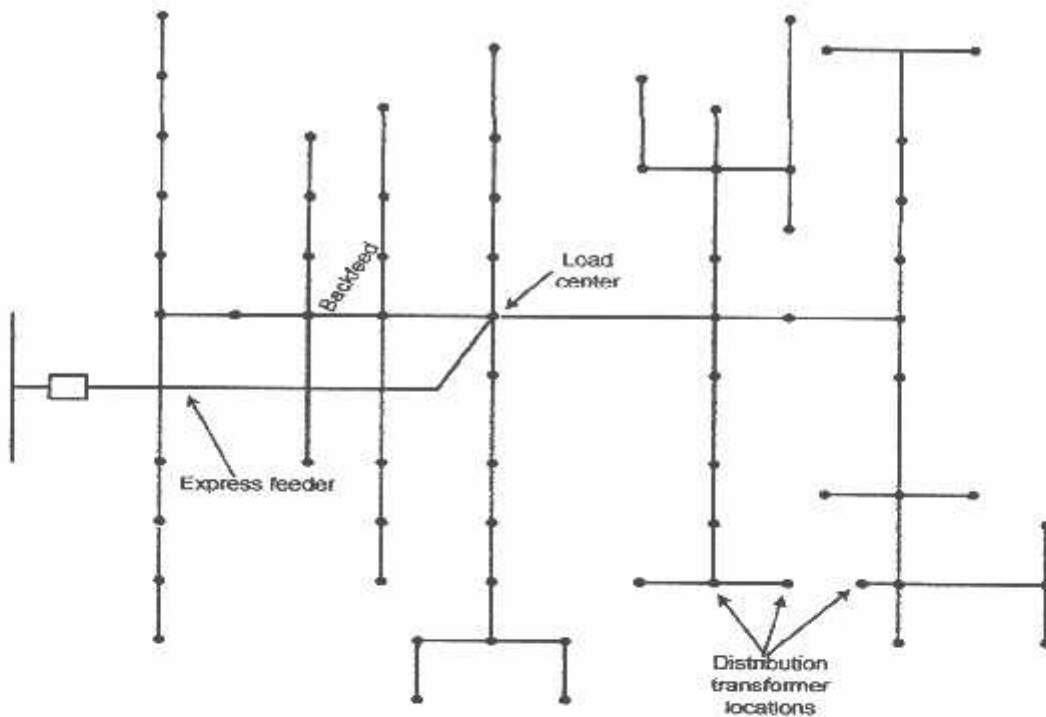
Pada bentuk ini masing-masing fasa dari jaringan bertugas melayani daerah beban yang berlainan. Bentuk ini dapat menimbulkan kondisi sistem tiga fasa yang tidak seimbang (simetris), bila digunakan pada daerah beban yang baru dan belum mantap pembagiannya. Contoh dari sistem jaringan ini dapat dilihat pada gambar 2.8.



GAMBAR 2-8 SISTEM RADIAL DENGAN PEMBAGIAN *PHASE AREA*^[4]

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^[4]

2.5. Daya Dalam Sistem Tenaga Listrik^[2]

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 scimbang

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

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 :

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

Daya reaktif untuk beban 3 fasa seimbang :

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

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 :

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

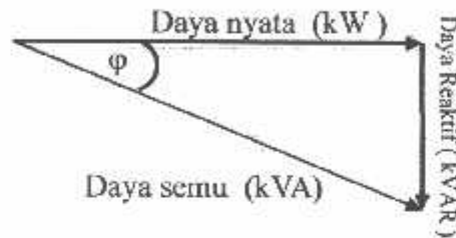
2.6. Daya Reaktif dan Faktor Daya^[2]

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^[2]

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

$$\text{Cos } \varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \dots\dots\dots (2.8)$$

P = Daya Nyata (kW)

S = Daya semu (kVA)

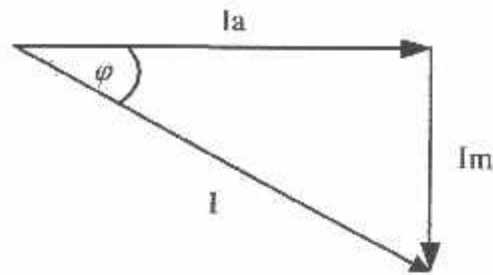
Q = Daya reaktif (kVar)

φ = 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.

Dalam bentuk vektor hubungan tersebut digambarkan sebagai berikut :



GAMBAR 2-11 SEGITIGA ARUS [2]

- 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

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.

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^[2]

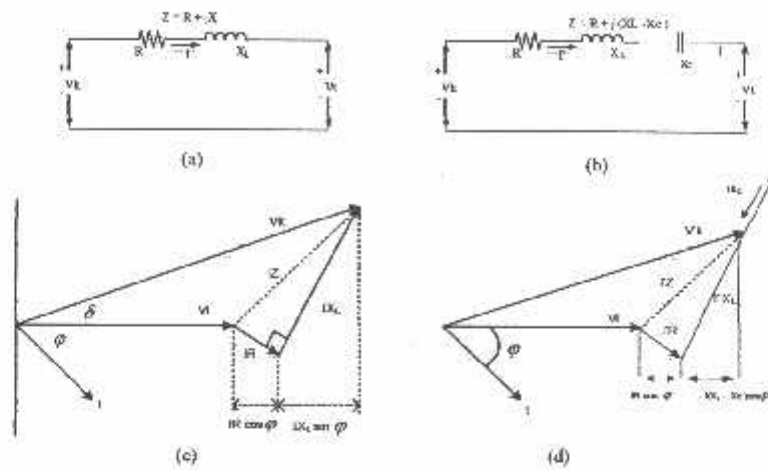
Secara sederhana kapasitor terdiri dari dua buah plat logam yang dipisahkan oleh suatu bahan elektrik dan kapasitor ini mempunyai sifat menyimpan muatan listrik. Pada beberapa tahun lalu kebanyakan kapasitor terbuat dari dua buah plat alumunium murni yang dipisahkan oleh tiga atau lebih lapisan kertas yang dilapisi 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 pengamannya cukup rumit. Jadi secara umum dikatakan biaya untuk pemasangan kapasitor seri lebih mahal daripada biaya pemasangan kapasitor paralel atau biasa disebut kapasitor *shunt*.



GAMBAR 2-14 DIAGRAM VEKTOR PADA RANGKAIAN DENGAN PF LAGGING (a) DAN (c) TANPA KAPASITOR (b) DAN (d) DENGAN KAPASITOR SERI^[4]

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^[2] :

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

2.8. Pengaruh Pemasangan Kapasitor *Shunt*¹²¹

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.

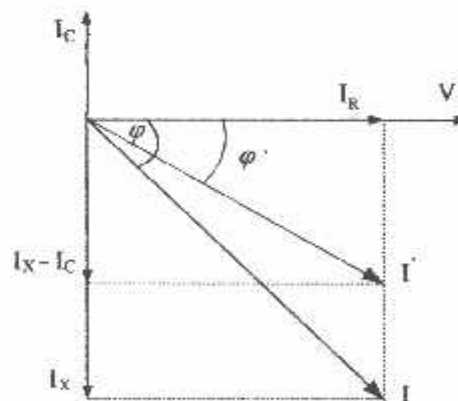
2.8.1. Pengurangan Rugi-Rugi Saluran dengan Kapasitor *Shunt*

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 :

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

Dalam bentuk diagram vektor adalah :



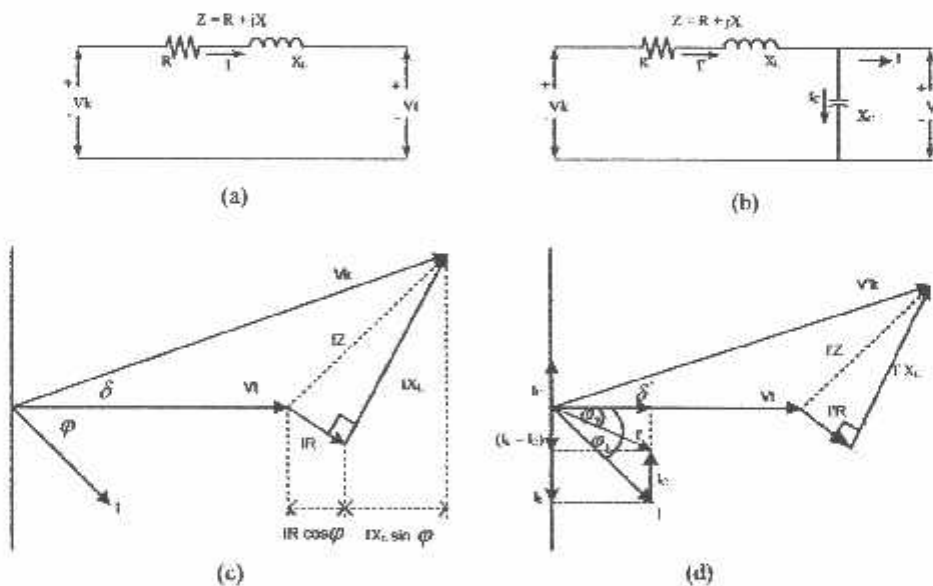
GAMBAR 2-13 VEKTOR ARUS DAN TEGANGAN SEBELUM DAN SETELAH PEMASANGAN KAPASITOR ^[2]

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

$$\begin{aligned} \Delta_{p1s} &= I^2R - I_1^2R \\ &= (I \cos \varphi)^2 R + (I \sin \varphi)^2 R - (I \cos \varphi)^2 R + (I \sin \varphi - I_c)^2 R \\ &= 2 (I \sin \varphi) I_c R - I_c^2 R \dots\dots\dots (2.11) \end{aligned}$$

2.8.2. Perbaikan Tegangan^[2]

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



GAMBAR 2-14 DIAGRAM VEKTOR PADA RANGKAIAN DENGAN PF LAGGING (a) DAN (c) TANPA KAPASITOR SHUNT, (b) DAN (d) DENGAN KAPASITOR SHUNT^[2]

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

Sebelum pemasangan kapasitor :

$$\delta V = IR \cos \varphi + LX_L \sin \varphi \text{ volt} \dots\dots\dots(2.12)$$

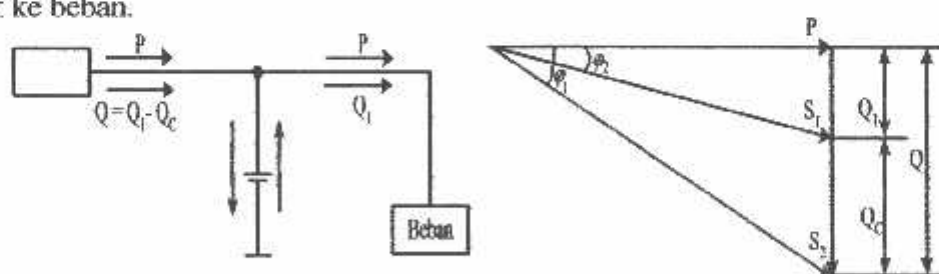
Bila kapasitor dipasang pada ujung penerima dari saluran, seperti yang terlihat pada gambar 2-15b, secara pendekatan jatuh tegangannya menjadi :

$$\delta V = IR \cos \varphi + (LX_L - I_C) \sin \varphi \text{ volt} \dots\dots\dots(2.13)$$

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 2-15 PERBAIKAN FAKTOR DAYA^[2]

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

$$\cos \varphi_1 = \frac{P}{S_1} \dots\dots\dots(2.14)$$

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

$$\begin{aligned} \cos \varphi_2 &= \frac{P}{S_1} \\ \cos \varphi_2 &= \frac{P}{\sqrt{(P^2 + Q_1^2)}} \\ \cos \varphi_2 &= \frac{P}{\sqrt{P^2 + (Q_1 - Q_c)^2}} \dots\dots\dots(2.15) \end{aligned}$$

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:

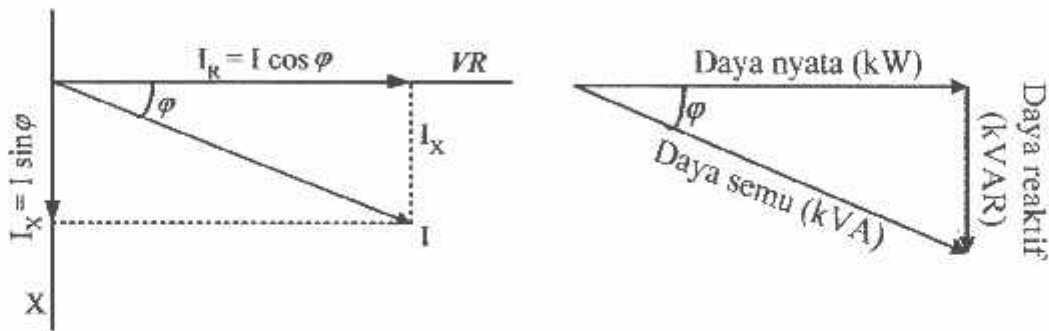
$$\text{Rugi Daya} = \left(\frac{\text{Faktor .daya.mula} - \text{mula}(\cos \varphi_1)}{\text{Faktor .daya.baru}(\cos \varphi_2)} 100\% \right) \dots\dots\dots(2.16)$$

Pengurangan Rugi Daya

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

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 2-16 DIAGRAM FASOR DAN SUDUT DAYA BEBAN DISTRIBUSI^[2]

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

$$kW = kVA * \text{Faktor Daya}$$

$$kW = kVA \cos \varphi \dots\dots\dots (2.20)$$

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:

$$\begin{aligned} \text{Daya reaktif pada daya mula-mula} &= \text{Daya aktif} \times \tan \varphi_1 \\ &= (kW) \times \tan \varphi_1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya reaktif pada faktor daya baru} &= \text{Daya aktif} \times \tan \varphi_2 \\ &= (kW) \times \tan \varphi_2 \end{aligned}$$

Dengan φ_1 = Sudut dari faktor daya mula-mula

φ_2 = Sudut dari faktor daya yang telah diperbaiki

Rating kapasitor yang dibutuhkan perbaikan factor daya:

$$\begin{aligned} \text{Daya reaktif (kVAR)} &= \text{Daya aktif} \times (\tan \varphi_1 - \varphi_2) \\ &= (\text{kW}) \times (\tan \varphi_1 - \varphi_2) \dots \dots \dots (2.24) \end{aligned}$$

Untuk penyederhanaan $(\tan \varphi_1 - \varphi_2)$ sering ditulis $\Delta \tan$, yang merupakan suatu faktor pengali untuk menentukan daya reaktif.

$$\begin{aligned} \text{Daya reaktif (kVAR)} &= \text{Daya aktif} \times \Delta \tan \\ (\text{kVAR}) &= (\text{kW}) \times \Delta \tan \dots \dots \dots (2.25) \end{aligned}$$

2.9. Sistem Per-Unit^[4]

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

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

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
METODE *ARTIFICIAL IMMUNE SYSTEMS* DAN
PENERAPAN

Sebelum melakukan optimasi dengan menggunakan metode *Artificial Immune Systems* dilakukan suatu proses analisa aliran daya untuk mengetahui kondisi suatu sistem distribusi radial. Tujuan mempelajari analisa aliran daya adalah :

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

3.1 Metode Newton Raphson^[4]

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 (δ) 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 :

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

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

$\Delta\delta$ = 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:

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

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

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 :

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

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

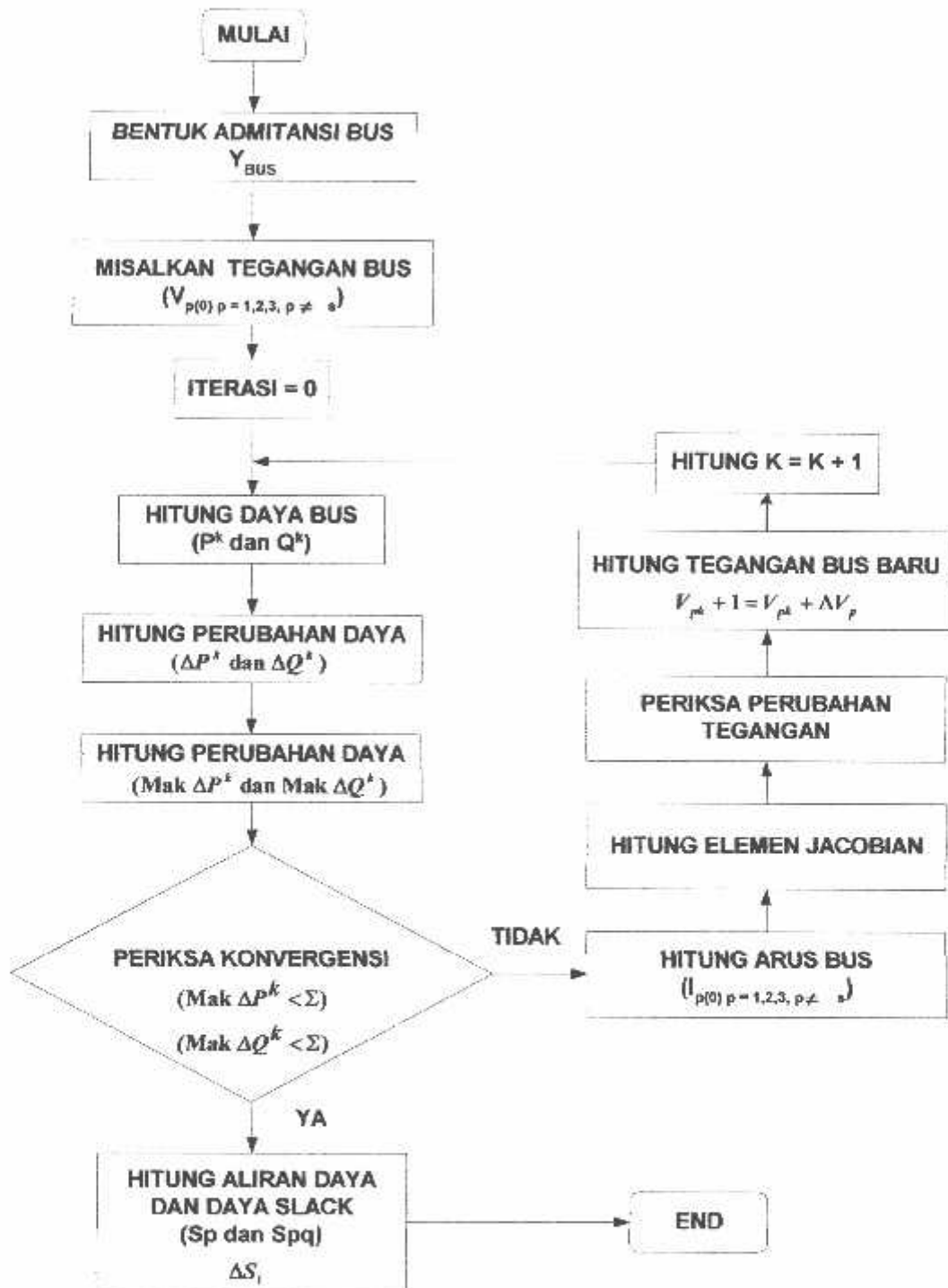
Proses perhitungan akan berulang sampai selisih daya nyata dan daya reaktif antara yang dijadwalkan dengan yang dihitung, yaitu ΔP dan ΔQ untuk

semua simpul mendekati nilai toleransi atau proses perhitungan iterasi mencapai konvergen.

3.1.2. Algoritma Aliran Daya *Newton Raphson*

1. Tentukan nilai $P_{p(\text{dietapan})}$ dan $Q_{p(\text{dietapan})}$ 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 ΔP 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 δ_q dan $|V_q|$ dengan menambahkan $\Delta\delta_p$ 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 ΔP dan ΔQ atau semua nilai $\Delta\delta$ dan $\Delta|V|$ lebih kecil dari suatu indeks ketetapan yang telah dipilih.
-

3.1.3. Flowchart Algoritma Aliran Daya Newton Raphson



Gambar 3.1. Flowchart Algoritma Aliran Daya Newton Raphson

3.2. Teori Dasar *artificial immune systems* (AIS)

3.2.1. Konsep Dasar Artificial Immune

Artificial immune systems (AIS) adalah suatu pendekatan inteligensi komputasional baru yang diilhami oleh sistem kekebalan hewan bertulang belakang yang telah memproduksi peralatan komputasional efisien untuk memecahkan masalah. Studi pertama AIS dilakukan pada tahun 1980. Pada tahun 1996 workshop pertama diselenggarakan oleh Ishida untuk mempublikasikan survey pertama pada sistem yang berdasar imunologi. Dua tahun kemudian, buku pertama mengenai AIS dirilis. Tidak lama setelah itu, Dasgupta menerbitkan suatu collection file tentang teori imunologi dan AIS. Sejak itu penelitian tentang hal itu telah berkembang setiap tahun. Namun ternyata masih tidak ada mufakat tentang definisi formal dari AIS dan aspek dari proyek ini. Berikut dua definisi untuk AIS :

- “ AIS adalah terdiri atas metodologi yang diilhami sistem mengenai ilmu biologic yang immunologic yang digunakan untuk memecahkan masalah di dunia nyata.
- “ Artificial Immune System ” (AIS) adalah sistem yang dapat menyesuaikan diri, diilhami atas imunologi teoritis dan pada fungsi, prinsip dan model imunologi tampak, dapat digunakan untuk memecahkan masalah.

Berdasarkan definisi tersebut, dalam rangka untuk mengkaraktirikan AIS sebagai suatu sistem, harus dapat :

- menyajikan suatu model dasar suatu komponen yang immune (seperti, sel,
- molekul, organ)
- telah dirancang dengan gagasan dari imunologi yang bersifat percobaan dan teoritis
- diarahkan pada pemecahan masalah.

Cakupan aplikasi dari Artificial immune systems meliputi :

- Pengenalan Pola
- Kesalahan Dan Pendeteksian Keganjilan
- Analisa Data (sumber data , penggolongan, dll)
- Sistem Agent-based
- Penjadwalan
- Machine-Learning
- Navigasi otonomi dan kendali
- Pencarian Dan Metoda Optimisasi
- Artificial Life, dan
- Keamanan sistim informasi.

Tabel 3.1

meringkas penafsiran teori imunologi ke dalam daerah artificial immune systems.

Biologi (imunologi)	Artificial Immune Systems
Cel dan molekul	Struktur data

Afinitas	Tingkatan dari interaksi antara struktur data
Fitness	Kualitas struktur data yang tidak bergubungan dengan tingkat interaksi antara struktur data
Model sumsum tulang	Digunakan untuk menghasilkan struktur data
Fungsi afinitas	Kuantitas dari afinitas
Hiper-mutasi somatic	Digunakan untuk mengenalkan atau menjaga populasi diversitas dan variasi genetik
Afinitas maturasi	Mempromosikan adaptasi berdasar hiper mutasi somatic dan seleksi
Seleksi clone	Menjelaskan bagaimana sel immune dan molekul bereaksi dengan antigen
Seleksi negatif	Menghasilkan detektor non self untuk mendeteksi keganjilan
Jaringan immune	Menampilkan dinamik dan metadinamik dari struktur sistem pada jaringan

3.2.1.1. Istilah-Istilah Yang Digunakan Dalam Artificial Immune Systems

Istilah yang digunakan oleh opt-aiNet algoritma, seperti halnya langkah-langkah dasarnya, ditemukan di bawah :

- Sel Jaringan: Anggota jaringan, population's individu. Dalam hal ini tidak ada encoding yang dilakukan, masing-masing sel adalah suatu panah/garis vektor real-valued di dalam suatu Shape-Space Euclidean;

- **Fitness:** Fitness suatu sel dalam hubungan dengan *objectives function* untuk dioptimalkan (diminimalkan atau dimaksimalkan). Nilai fungsi ketika dievaluasi untuk sel yang ditentukan;
- **Afinitas :** Jarak Euclidean antara dua sel parameter yang digunakan untuk mengevaluasi sel yang topologically serupa
- **Clone:** Sel Keturunan yang adalah salinan yang serupa dengan sel orangtua mereka. Keturunan Sel akan lebih lanjut menderita somatic mutasi sedemikian sehingga mereka menjadi variasi sel orangtua mereka.

3.2.1.2. Parameter-Parameter Artificial Immune Systems

Terdapat beberapa parameter yang digunakan dalam *Artificial Immune*. Parameter tersebut digunakan untuk melihat kompleksitas dari *Artificial Immune*. 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 *Artificial Immune*). Jumlah generasi yang besar dapat mengarahkan kearah solusi yang optimal, namun akan membutuhkan waktu yang lama. Sedangkan jika jumlah generasinya terlalu sedikit maka solusi akan terjebak pada lokal optimum.

Ukuran Populasi (*POPSIZE*)

Ukuran populasi mempengaruhi kinerja dan efektifitas dari *Artificial Immune*. Jika ukuran populasi kecil maka populasi tidak menyediakan cukup materi untuk mencakup ruang permasalahan, sehingga pada umumnya kinerja

Artificial Immune menjadi buruk. Dalam hal ini dibutuhkan ruang yang lebih besar untuk mempersentasikan keseluruhan ruang permasalahan. Selain itu penggunaan populasi yang besar dapat mencegah terjasinya konvergensi pada wilayah local. Zbigniew Michalewics (1996) berpendapat banyak aplikasi Artificial Immune mempergunakan populasi pada range 50-100.

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 Artificial Immune. Zbigniew Michalewics (1996) berpendapat banyak aplikasi Artificial Immune mempergunakan angka probabilitas crossover pada range 0.65 – 1.

Probabilitas Mutasi (P_m)

Mutasi digunakan untuk meningkatkan variasi populasi digunakan untuk menentukan tingkat mutasi yang terjadi, karena frekuensi terjadinya mutasi tersebut menjadi $P_m \times POPSIZE \times N$, 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 aka

menyebabkan keturunan akan semakin mirip dengan induknya. Dalam Artificial Immune, mutasi menjalankan aturan penting yaitu :

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

Zbigniew Michalewics (1996) berpendapat banyak aplikasi Artificial Immune mempergunakan angka probabilitas mutasi pada daerah range 0.001 – 0.01.

Panjang Antibodi

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

3.3. Objective Function^{III}

Tujuan dari masalah penempatan kapasitor adalah mengurangi total kehilangan energi dari semua level beban dan tingkat tegangan dalam batas yang diijinkan, untuk meminimalkan biaya dari kapasitor yang dipasang pada sistem.

Fungsi tujuan terdiri dari dua hal. Pertama, biaya penempatan kapasitor dan kedua adalah biaya total kehilangan energi untuk jangka waktu tertentu 1-10 tahun dengan tegangan yang dijaga pada batas cukup, yang ditunjukkan sebagai berikut:

$$\text{Minimize } \sum_{k=1}^{n_c} C_k(u_k^o) + k_e \sum_{i=1}^{n_r} T_i P_{loss,i}(x^i, u^i) \dots\dots\dots(3.14)$$

Keterangan :

1. $u_k^0 = I_k * u_s$, dimana I_k adalah integer non negatif, $k \in N_c$
2. u_k^i = variabel diskrit, $i \in N_T, k \in N_c$
3. batasan aliran daya $P_{flow}(x^i, u^i) = 0 \quad i \in N_T$
4. batasan operasional $V_{min} \leq |V_{ik}| \leq V_{max}$
5. untuk $k \in C_1 =$ fixed kapasitor $u_k^i = u_k^j$ untuk $i, j \in N_T$
6. untuk $k \in C_2 =$ switched kapasitor $0 \leq u_k^i$ untuk $i \in N_T$
7. $I_k \leq (I_k)_{max}$

Dimana :

$\sum_{k=1}^{n_c} C_k(u_k^0)$ menunjukkan biaya pemasangan dan pembelian kapasitor.

$k_c \sum_{t=1}^{n_t} T_t P_{loss,t}(x^t, u^t)$ menunjukkan biaya total kehilangan energi.

Variabel – variabelnya didefinisikan sebagai berikut :

- i : level beban.
 - k : lokasi (bus).
 - x^i : vektor dari variabel – variabel keadaan.
 - u^i : vektor dari variabel-variabel kontrol (skema penempatan kapasitor).
 - n_c : lokasi – lokasi memungkinkan untuk memasang kapasitor.
 - u_k^0 : nilai $kVar$ dari kapasitor pada beban puncak.
 - k_c : biaya energi per unit (\$/kWh).
 - n_t : jumlah level beban.
-

- T_i : durasi untuk level beban I .
- $P_{loss,j}$: kehilangan beban (kW).
- u_s : ukuran standar dari kapasitor.
- N_c : lokasi yang memungkinkan untuk dipasang kapasitor.
- N_l : level beban yang berbeda.
- $|V_{ik}|$: total tegangan rms pada bus ke-k selama level beban ke-i.
- V_{min} : tegangan operasional minimum yang diijinkan.
- V_{max} : tegangan operasional maksimum yang diijinkan.
- C_1 : set dari kapasitor fixed.
- C_2 : set dari kapasitor switched.
- $(I_k)_{max}$: jumlah maks dari kapasitor yang akan dipasang pada bus(k).

3.4. Algoritma Program

3.4.1 Algoritma Pemecahan Masalah

1. Masukan Data Behan P, Q, Data Saluran R, X, Daya Dasar (P) dan Tegangan Dasar (V) dan Data Kapasitas Kapasitor
 2. Melakukan proses Aliran Daya dengan Menggunakan Metode Newton Raphson
 3. Mengecek apakah ada pelanggaran tegangan
 - a. 'Ya' lanjutkan ke langkah 4
 - b. 'Tidak' Langsung ke langkah 5
 4. Melakukan proses *Artificial Immune Systems*
-

5. Cetak hasil

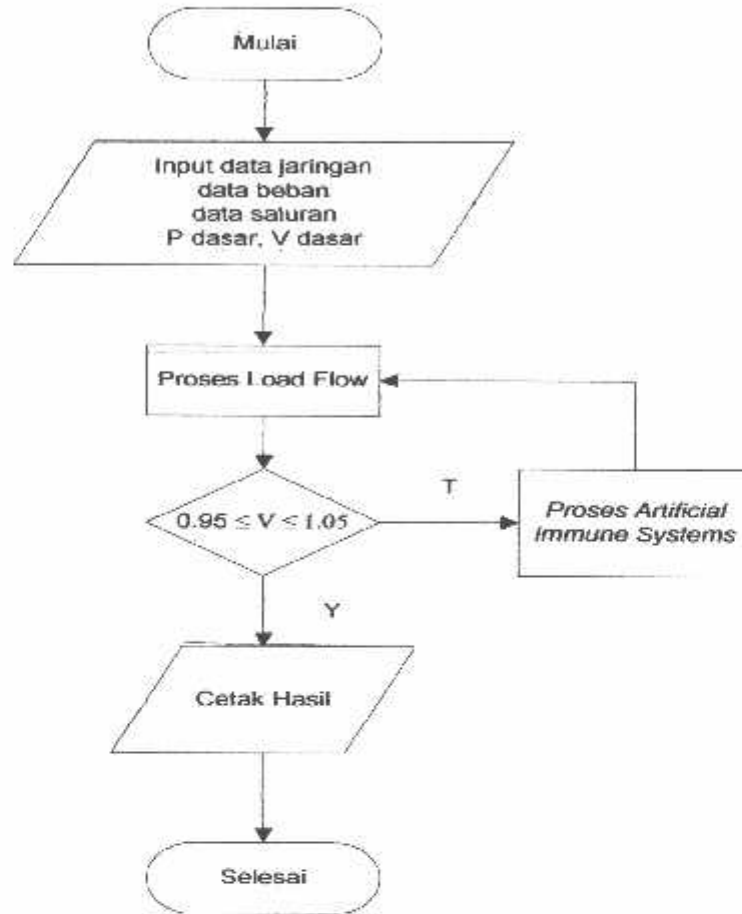
6. Stop

3.4.2 Algoritma Pemecahan Masalah Penempatan Kapasitor Pada Jaringan Distribusi 20 kV Dengan Menggunakan Metode Artificial Immune System.

1. Memasukkan inputan data beban, yang meliputi tegangan, sudut fasa tegangan, daya aktif (P), daya reaktif (Q) dan data impedansi saluran.
 2. Menginisial populasi sel secara acak (*random*).
 3. Menghitung fitness dari setiap *network* sel.
 4. Membangkitkan NC dari clones untuk setiap *network* sel, dilanjutkan ke langkah 5.
 5. Mutasikan clones dari *network* sel.
 6. Menghitung fitness seluruh individu sel.
 7. Memilih fitness terbesar dari setiap clone sel
 8. Menghitung rata-rata fitness dari populasi.
 9. Menghitung rata-rata error dari setiap populasi.
 10. Cek apakah rata-rata error berubah?, jika “ya” kembali ke langkah 4 dengan cara men-set nilai iterasi, jika “tidak” dilanjutkan ke langkah 10.
 11. Menentukan afinitas dari seluruh sel
 12. Cek apakah iterasi yang diinginkan sudah terpenuhi (iterasi max). Jika “tidak”, hitung $d\%$ secara random dari sel yang dibangkitkan, jika “ya” perhitungan selesai.
-

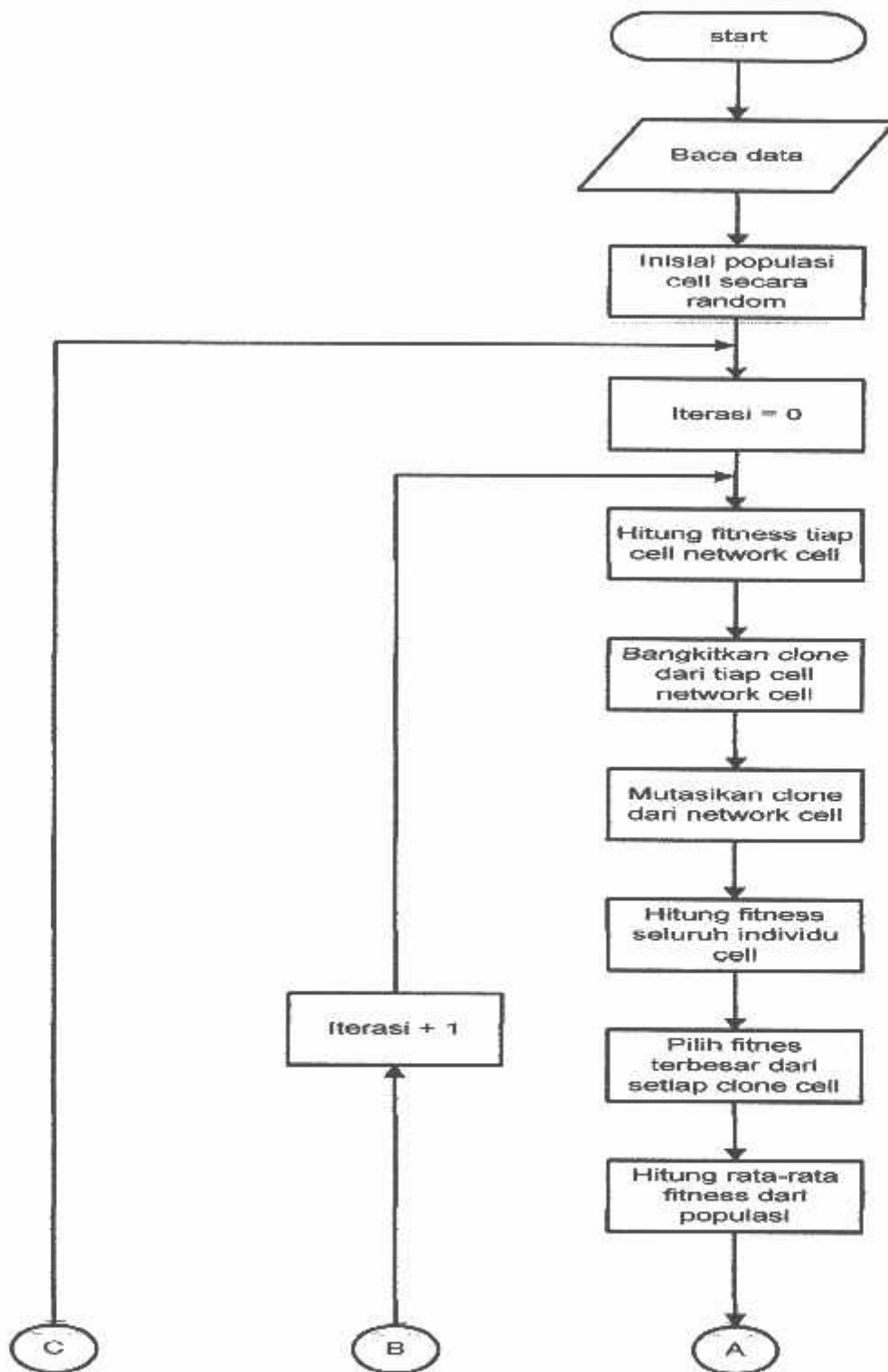
3.5. Flowchart Program

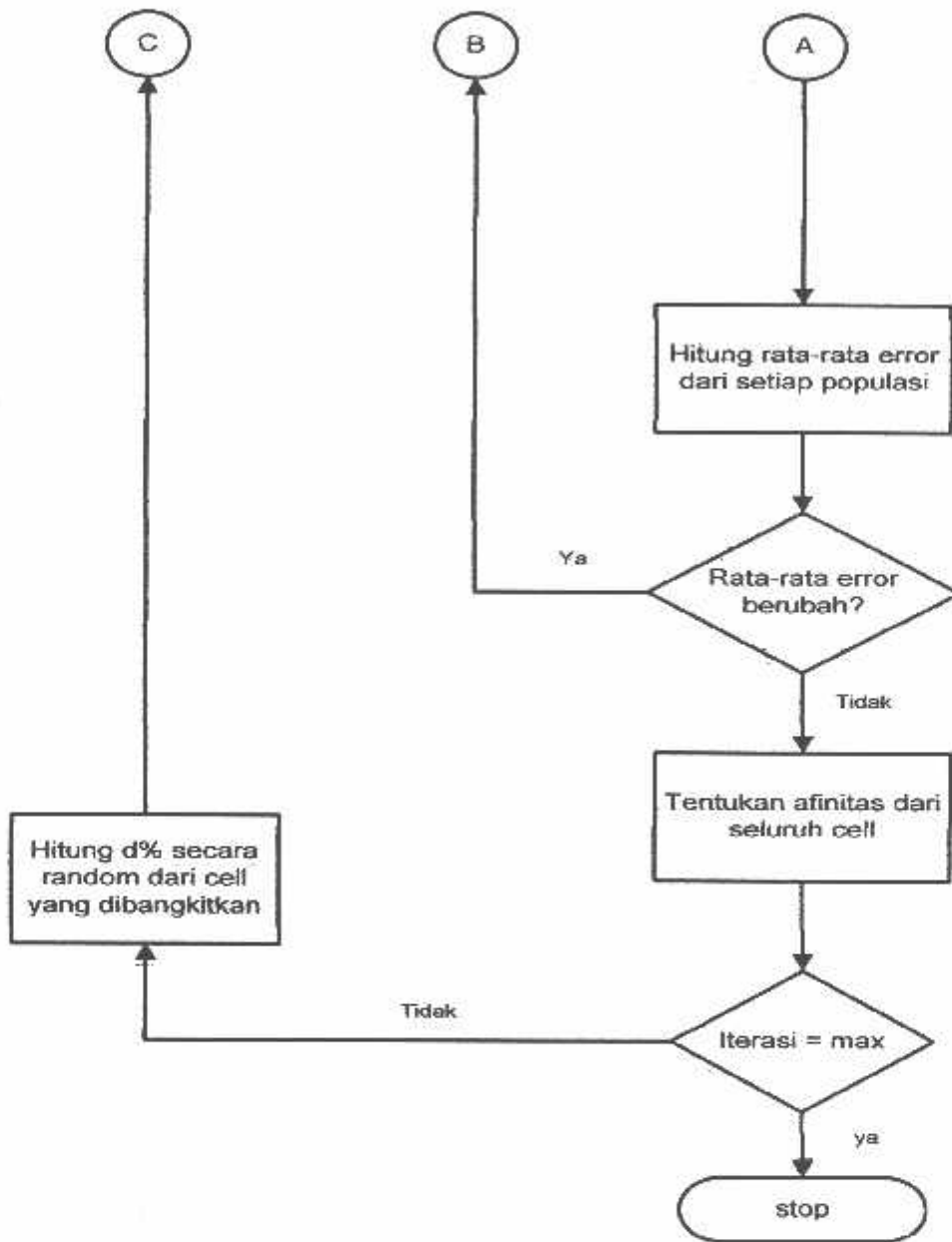
3.5.1. Flowchart Algoritma Pemecahan Masalah



Gambar 3-2
Flowchart Algoritma Pemecahan Masalah

3.5.2. Flowchart Algoritma Program dengan Metode Artificial Immune System.





Gambar 3-3
Flowchart Metode Artificial Immune Systems

BAB IV

ANALISA DAN HASIL

4.1. Sistem Distribusi Tenaga listrik 20kV GI Pakis Penyulang Tumpang Malang

Perhitungan aliran daya ini mengambil data dari GI. PAKIS Malang yang melayani 5 (lima) buah penyulang.

Namun pada skripsi ini hanya menganalisa satu penyulang saja, yaitu pada penyulang Tumpang. Sistem Distribusi Radial GI. PAKIS yang memakai tegangan distribusi 20 kV. Untuk menyelesaikan perhitungan Aliran Daya terlebih dahulu ditetapkan *single line diagram* sesuai dengan gambar (4.1) yang akan dianalisis, dimana dasar yang digunakan:

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

Selanjutnya bus-bus yang diklasifikasikan, yaitu busbar GI. PAKIS 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.

4.2. Analisa Perhitungan

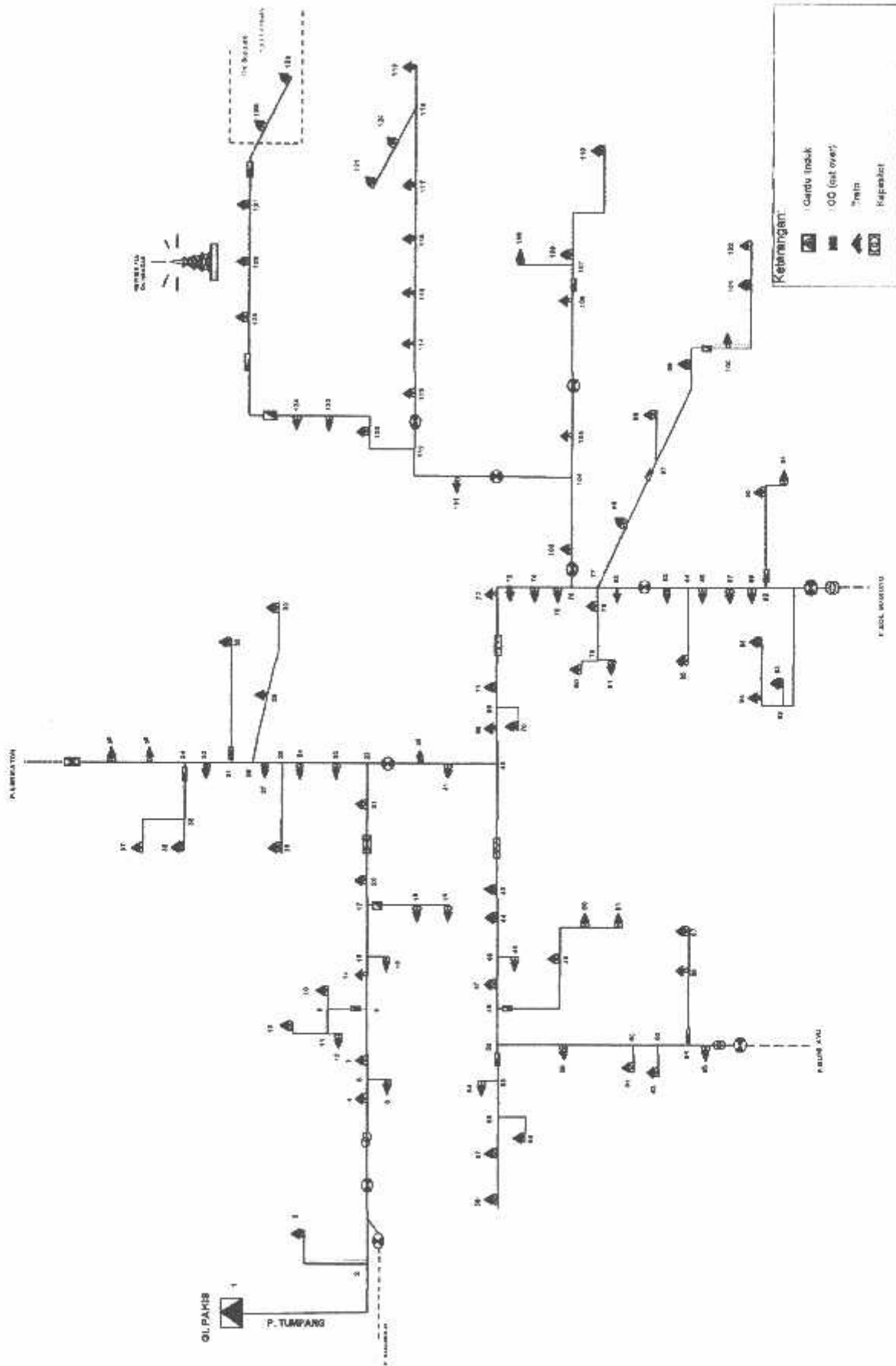
Perhitungan penempatan kapasitor diawali dengan melakukan studi aliran daya dengan menggunakan metode *Newton Raphson*. Studi aliran daya dilakukan untuk mengetahui harga tegangan dan sudut fasa tiap-tiap bus, arus yang mengalir pada saluran, dan aliran daya tiap saluran. Setelah studi aliran daya dilakukan, barulah dilakukan perhitungan rugi-rugi daya pada saluran.

Untuk menentukan lokasi, kapasitas, dan setting kapasitor terlebih dahulu menentukan rugi daya saluran terbesar yang digunakan sebagai input untuk menjalankan metode *Artificial Immune Systems* agar kapasitor dapat diletakan pada lokasi yang memberikan profil tegangan yang paling optimum. Sedangkan untuk perhitungan besar nilai penghematan ditentukan oleh program komputer.

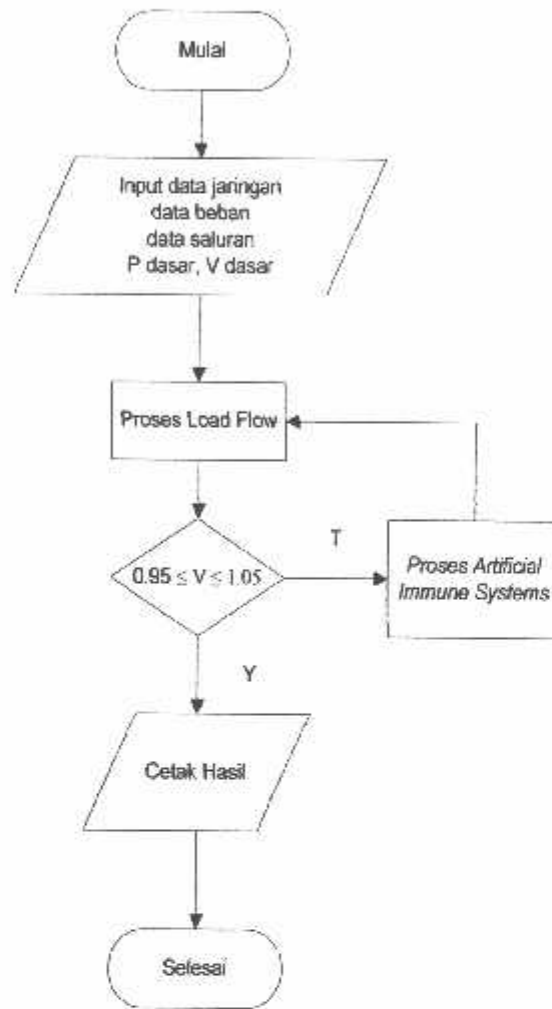
Untuk memudahkan perhitungan dan analisa pada sistem tenaga, biasanya dipakai harga-harga dalam per satuan. Harga per satuan adalah harga yang sebenarnya dibagi dengan harga dasar. Harga yang dipilih adalah 20kV dan 100kVA. Sebagai harga tegangan dasar dan daya dasar. Mengingat bahwa pada jaringan tidak dilakukan pengukuran faktor daya, maka pada perhitungan ini diambil harga faktor daya sebesar 0.85.

Perhitungan diawali dengan menampilkan *single line diagram* dari penyulang yang mewakili keadaan sistem yang sesungguhnya. Dari gambar 4-1 diperlihatkan *single line diagram* dari penyulang Tumpang Pada penyulang ini jumlah bus dan jumlah saluran masing-masing adalah:

- Slack bus = 1
 - Load bus = 128
 - Jumlah saluran = 128
-



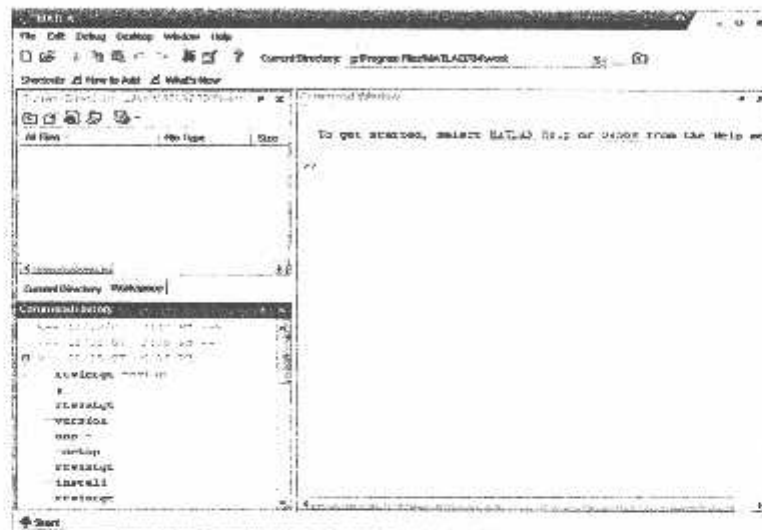
GAMBAR SINGLE LINE DIAGRAM PENYULANG TUMPANG SEBELUM PENEMPATAN KAPASITOR

FLOW CHART PENYELESAIAN MASALAH**GAMBAR 4-2 FLOWCHART PENYELESAIAN MASALAH**

4.3. Prodesur Pelaksanaan Program Perhitungan.

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

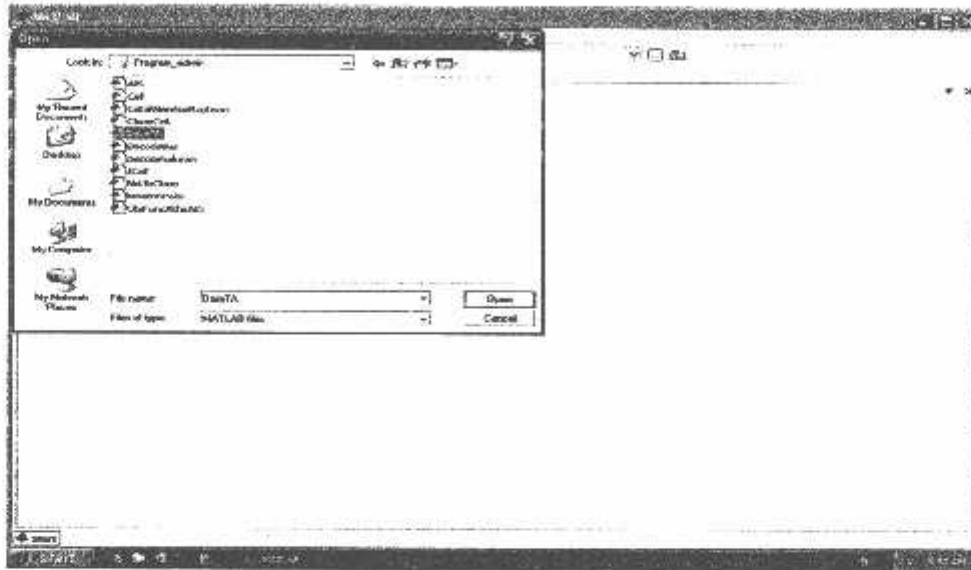
1. Tampilan Utama Program MATLAB 7.0.4



GAMBAR 4-3 TAMPILAN UTAMA PROGRAM MATLAB 7.0.4

Pada gambar 4-3 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 *Artificial Immune Systems*

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



GAMBAR 4-4 TAMPILAN INPUTAN DATA

Pada gambar 4-4 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 4-5 TAMPILAN INPUTAN DATA PEMBEBANAN

Pada gambar 4-5 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 Pembebanan Penyulang Tumpang

No. Node	PEMBEBANAN			Type
	S (kVA)	P (kW)	Q (kVAR)	
1	0,00000	0,00000	0,00000	Slack
2	0,00000	0,00000	0,00000	Load
3	45,68000	38,82800	24,06343	Load
4	97,90000	83,21500	51,57203	Load
5	0,00000	0,00000	0,00000	Load
6	93,53000	79,50050	49,26998	Load
7	56,50000	48,02500	29,76322	Load
8	0,00000	0,00000	0,00000	Load

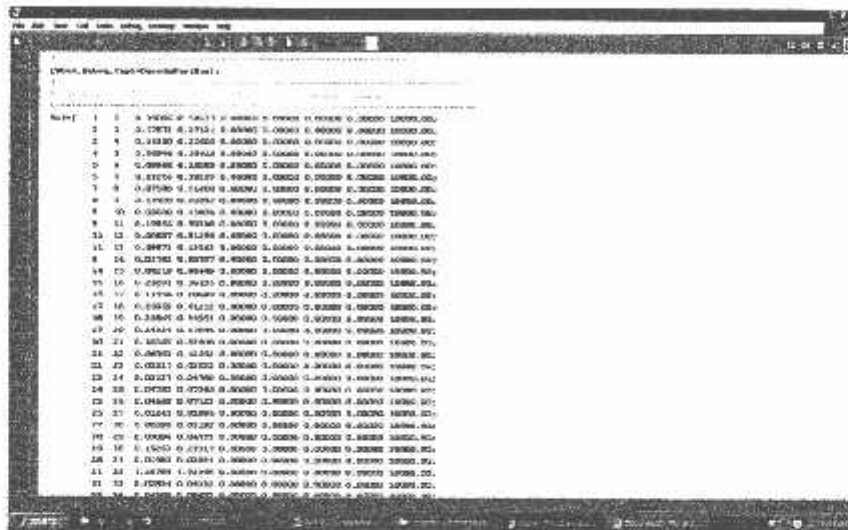
9	0,00000	0,00000	0,00000	Load
10	47,74000	40,57900	25,14861	Load
11	0,00000	0,00000	0,00000	Load
12	85,89000	73,00650	45,24537	Load
13	22,46000	19,09100	11,83154	Load
14	89,15000	75,77750	46,96268	Load
15	0,00000	0,00000	0,00000	Load
16	64,02000	54,41700	33,72463	Load
17	0,00000	0,00000	0,00000	Load
18	71,28000	60,58800	37,54907	Load
19	103,25000	87,76250	54,39031	Load
20	108,86000	92,53100	57,34556	Load
21	85,54000	72,70900	45,06099	Load
22	0,00000	0,00000	0,00000	Load
23	99,90000	84,91500	52,62559	Load
24	120,51000	102,43350	63,48258	Load
25	0,00000	0,00000	0,00000	Load
26	48,40000	41,14000	25,49628	Load
27	62,64000	53,24400	32,99767	Load
28	0,00000	0,00000	0,00000	Load
29	118,92000	101,08200	62,64500	Load
30	103,92000	88,33200	54,74326	Load
31	0,00000	0,00000	0,00000	Load
32	64,56000	54,87600	34,00909	Load
33	147,49000	125,36650	77,69518	Load
34	0,00000	0,00000	0,00000	Load
35	0,00000	0,00000	0,00000	Load
36	47,95000	40,75750	25,25923	Load
37	62,87000	53,43950	33,11883	Load
38	107,88000	91,69800	56,82932	Load
39	150,90000	128,26500	79,49151	Load
40	95,68000	81,32800	50,40257	Load
41	102,13000	86,81050	53,80032	Load
42	0,00000	0,00000	0,00000	Load
43	87,82000	74,64700	46,26206	Load
44	133,15000	113,17750	70,14111	Load
45	0,00000	0,00000	0,00000	Load
46	73,04000	62,08400	38,47621	Load
47	36,80000	31,28000	19,38560	Load

48	0,00000	0,00000	0,00000	Load
49	91,15000	77,47750	48,01624	Load
50	56,94000	48,39900	29,99501	Load
51	146,20000	124,27000	77,01563	Load
52	0,00000	0,00000	0,00000	Load
53	0,00000	0,00000	0,00000	Load
54	101,01000	85,85850	53,21032	Load
55	0,00000	0,00000	0,00000	Load
56	60,48000	51,40800	31,85982	Load
57	61,11000	51,94350	32,19169	Load
58	89,60000	76,16000	47,19973	Load
59	89,45000	76,03250	47,12071	Load
60	0,00000	0,00000	0,00000	Load
61	30,74000	26,12900	16,19330	Load
62	0,00000	0,00000	0,00000	Load
63	20,83000	17,70550	10,97288	Load
64	0,00000	0,00000	0,00000	Load
65	58,22000	49,48700	30,66929	Load
66	86,32000	73,37200	45,47188	Load
67	137,70000	117,04500	72,53798	Load
68	38,18000	32,45300	20,11256	Load
69	0,00000	0,00000	0,00000	Load
70	33,87000	28,78950	17,84213	Load
71	37,28000	31,68800	19,63846	Load
72	67,80000	57,63000	35,71587	Load
73	80,01000	68,00850	42,14788	Load
74	80,09000	68,07650	42,19003	Load
75	105,12000	89,35200	55,37540	Load
76	0,00000	0,00000	0,00000	Load
77	0,00000	0,00000	0,00000	Load
78	100,33000	85,28050	52,85211	Load
79	0,00000	0,00000	0,00000	Load
80	38,85000	33,02250	20,46551	Load
81	44,90000	38,16500	23,65254	Load
82	112,44000	95,57400	59,23145	Load
83	106,59000	90,60150	56,14977	Load
84	0,00000	0,00000	0,00000	Load
85	30,60000	26,01000	16,11955	Load
86	94,89000	80,65650	49,98641	Load

87	108,34000	92,08900	57,07164	Load
88	51,05000	43,39250	26,89226	Load
89	0,00000	0,00000	0,00000	Load
90	44,10000	37,48500	23,23112	Load
91	43,46000	36,94100	22,89398	Load
92	0,00000	0,00000	0,00000	Load
93	65,63000	55,78550	34,57275	Load
94	25,88000	21,99800	13,63314	Load
95	59,84000	50,86400	31,52268	Load
96	54,15000	46,02750	28,52528	Load
97	0,00000	0,00000	0,00000	Load
98	86,31000	73,36350	45,46661	Load
99	42,95000	36,50750	22,62532	Load
100	35,92000	30,53200	18,92203	Load
101	7,05000	5,99250	3,71382	Load
102	6,13000	5,21050	3,22918	Load
103	106,79000	90,77150	56,25512	Load
104	0,00000	0,00000	0,00000	Load
105	70,07000	59,55950	36,91166	Load
106	57,66000	49,01100	30,37429	Load
107	0,00000	0,00000	0,00000	Load
108	92,86000	78,93100	48,91704	Load
109	129,15000	109,77750	68,03398	Load
110	33,12000	28,15200	17,44704	Load
111	25,06000	21,30100	13,20117	Load
112	0,00000	0,00000	0,00000	Load
113	27,87000	23,68950	14,68143	Load
114	79,79000	67,82150	42,03199	Load
115	56,13000	47,71050	29,56831	Load
116	66,28000	56,33800	34,91516	Load
117	57,81000	49,13850	30,45331	Load
118	0,00000	0,00000	0,00000	Load
119	34,63000	29,43550	18,24248	Load
120	50,88000	43,24800	26,80270	Load
121	64,99000	55,24150	34,23561	Load
122	59,16000	50,28600	31,16446	Load
123	22,08000	18,76800	11,63136	Load
124	38,25000	32,51250	20,14944	Load
125	4,38000	3,72300	2,30731	Load

126	19,87000	16,88950	10,46717	Load
127	33,17000	28,19450	17,47338	Load
128	16,01000	13,60850	8,43379	Load
129	17,64000	14,99400	9,29245	Load

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



GAMBAR 4-6 TAMPILAN INPUTAN DATA SALURAN

Pada gambar 4-6 terlihat tampilan inputan data saluran yang mana jaringan distribusi primer GI Pakis menggunakan saluran kabel udara dengan jenis konduktor yang digunakan adalah AAAC (*all-aluminium-alloyconductors*) dengan penampang nominal 150 mm^2 dengan impedansi saluran $0.2162 + j0.3305 \Omega / \text{km}$, untuk saluran D utama.

Adapun data saluran penyulang Tumpang seperti pada tabel 4-2.

Tabel 4-2

Data Saluran Penyulang Tumpang

Dari Bus	Ke Bus	Jenis Kabel	Jarak (km)	R(ohm)	X(ohm)
1	2	AAAC 150	1,80414	0,39006	0,59627
2	3	AAAC 150	0,82665	0,17872	0,27321
2	4	AAAC 150	0,65357	0,1413	0,216
4	5	AAAC 150	0,32118	0,06944	0,10615
5	6	AAAC 150	0,45644	0,09868	0,15085
5	7	AAAC 150	0,61128	0,13216	0,20203
7	8	AAAC 150	0,35097	0,07588	0,11600
8	9	AAAC 150	0,66696	0,14420	0,22043
9	10	AAAC 150	0,41766	0,09030	0,13804
9	11	AAAC 150	0,91795	0,19846	0,30338
11	12	AAAC 150	0,04103	0,00887	0,01356
11	13	AAAC 150	0,41039	0,08873	0,13563
8	14	AAAC 150	0,1754	0,03792	0,05797
14	15	AAAC 150	0,19514	0,04219	0,06449
15	16	AAAC 150	1,10235	0,23833	0,36433
15	17	AAAC 150	0,62622	0,13539	0,20697
17	18	AAAC 150	1,24697	0,26959	0,41212
18	19	AAAC 150	1,05759	0,22865	0,34953
17	20	AAAC 150	1,12091	0,24234	0,37046
20	21	AAAC 150	1,63111	0,35265	0,53908
21	22	AAAC 150	0,38403	0,08303	0,12692
22	23	AAAC 150	0,10687	0,02311	0,03532
23	24	AAAC 150	0,14463	0,03127	0,04780
24	25	AAAC 150	0,21983	0,04753	0,07265
25	26	AAAC 150	0,21553	0,04660	0,07123
25	27	AAAC 150	0,05738	0,01241	0,01896
27	28	AAAC 150	0,09667	0,02090	0,03195
28	29	AAAC 150	0,1432	0,03096	0,04733
29	30	AAAC 150	0,7055	0,15253	0,23317
28	31	AAAC 150	0,09171	0,01983	0,03031
31	32	AAAC 150	5,81678	1,25759	1,92245
31	33	AAAC 150	0,13107	0,02834	0,04332

33	34	AAAC 150	0,28721	0,06209	0,09492
34	35	AAAC 150	1,40329	0,30339	0,46379
35	36	AAAC 150	0,20561	0,04445	0,06795
35	37	AAAC 150	0,6874	0,14862	0,22719
34	38	AAAC 150	0,44708	0,09666	0,14776
38	39	AAAC 150	0,45447	0,09826	0,15020
22	40	AAAC 150	0,3683	0,07963	0,12172
40	41	AAAC 150	0,37527	0,08113	0,12403
41	42	AAAC 150	0,07926	0,01714	0,02620
42	43	AAAC 150	1,36049	0,29414	0,44964
43	44	AAAC 150	1,0827	0,23408	0,35783
44	45	AAAC 150	0,09054	0,01957	0,02992
45	46	AAAC 150	0,13481	0,02915	0,04455
45	47	AAAC 150	0,31916	0,06900	0,10548
47	48	AAAC 150	0,07734	0,01672	0,02556
48	49	AAAC 150	1,98504	0,42917	0,65606
49	50	AAAC 150	0,8712	0,18835	0,28793
50	51	AAAC 150	1,02611	0,22184	0,33913
48	52	AAAC 150	2,27173	0,49115	0,75081
52	53	AAAC 150	0,26156	0,05655	0,08645
53	54	AAAC 150	0,07325	0,01584	0,02421
53	55	AAAC 150	1,88792	0,40817	0,62396
55	56	AAAC 150	1,6756	0,36226	0,55379
55	57	AAAC 150	0,48563	0,10499	0,16050
57	58	AAAC 150	2,1451	0,46377	0,70896
52	59	AAAC 150	0,49853	0,10778	0,16476
59	60	AAAC 150	0,25835	0,05586	0,08538
60	61	AAAC 150	1,62653	0,35166	0,53757
60	62	AAAC 150	0,85873	0,18566	0,28381
62	63	AAAC 150	1,04437	0,22579	0,34516
62	64	AAAC 150	0,2175	0,04702	0,07188
64	65	AAAC 150	0,30139	0,06516	0,09961
64	66	AAAC 150	1,20862	0,26130	0,39945
66	67	AAAC 150	0,21159	0,04575	0,06993
42	68	AAAC 150	0,42204	0,09125	0,13948
68	69	AAAC 150	0,46147	0,09977	0,15252
69	70	AAAC 150	0,59644	0,12895	0,19712
69	71	AAAC 150	0,14444	0,03123	0,04774
71	72	AAAC 150	0,36326	0,07854	0,12006

72	73	AAAC 150	0,06005	0,01298	0,01985
73	74	AAAC 150	1,2255	0,26495	0,40503
74	75	AAAC 150	0,54189	0,11716	0,17909
75	76	AAAC 150	0,53488	0,11564	0,17678
76	77	AAAC 150	0,04909	0,01061	0,01622
77	78	AAAC 150	0,56593	0,12235	0,18704
78	79	AAAC 150	0,90865	0,19645	0,30031
79	80	AAAC 150	0,40073	0,08664	0,13244
79	81	AAAC 150	0,06005	0,01298	0,01985
77	82	AAAC 150	0,21926	0,04740	0,07247
82	83	AAAC 150	0,50759	0,10974	0,16776
83	84	AAAC 150	0,96079	0,20772	0,31754
84	85	AAAC 150	0,5969	0,12905	0,19728
84	86	AAAC 150	1,22914	0,26574	0,40623
86	87	AAAC 150	0,25168	0,05441	0,08318
87	88	AAAC 150	1,93151	0,41759	0,63836
88	89	AAAC 150	0,02097	0,00453	0,00693
89	90	AAAC 150	0,99091	0,21423	0,32750
90	91	AAAC 150	1,41627	0,30620	0,46808
89	92	AAAC 150	0,64097	0,13858	0,21184
92	93	AAAC 150	0,21263	0,04597	0,07027
92	94	AAAC 150	0,38759	0,08380	0,12810
94	95	AAAC 150	0,37838	0,08181	0,12505
77	96	AAAC 150	0,91237	0,19725	0,30154
96	97	AAAC 150	1,10752	0,23945	0,36604
97	98	AAAC 150	1,15876	0,25052	0,38297
97	99	AAAC 150	2,1284	0,46016	0,70344
99	100	AAAC 150	2,04255	0,44160	0,67506
100	101	AAAC 150	1,19628	0,25864	0,39537
101	102	AAAC 150	3,20652	0,69325	1,05975
76	103	AAAC 150	1,35951	0,29393	0,44932
103	104	AAAC 150	0,18837	0,04073	0,06226
104	105	AAAC 150	0,24406	0,05277	0,08066
105	106	AAAC 150	2,54212	0,54961	0,84017
106	107	AAAC 150	0,48657	0,10520	0,16081
107	108	AAAC 150	0,25466	0,05506	0,08417
107	109	AAAC 150	2,00062	0,43253	0,66120
109	110	AAAC 150	1,2041	0,26033	0,39796
104	111	AAAC 150	0,74333	0,16071	0,24567

111	112	AAAC 150	0,88399	0,19112	0,29216
112	113	AAAC 150	0,71388	0,15434	0,23594
113	114	AAAC 150	1,58924	0,34359	0,52524
114	115	AAAC 150	1,10974	0,23993	0,36677
115	116	AAAC 150	1,79788	0,38870	0,59420
116	117	AAAC 150	1,08765	0,23515	0,35947
117	118	AAAC 150	0,43158	0,09331	0,14264
118	119	AAAC 150	3,89207	0,84147	1,28633
118	120	AAAC 150	1,48563	0,32119	0,49100
120	121	AAAC 150	2,2495	0,48634	0,74346
112	122	AAAC 150	1,07319	0,23202	0,35469
122	123	AAAC 150	1,40817	0,30445	0,46540
123	124	AAAC 150	1,90856	0,41263	0,63078
124	125	AAAC 150	8,22295	1,77780	2,71768
125	126	AAAC 150	0,79359	0,17157	0,26228
126	127	AAAC 150	3,11916	0,67436	1,03088
127	128	AAAC 150	6,68201	1,44465	2,20840
128	129	AAAC 150	0,78414	0,16953	0,25916

5. Gerakan *scroll* ke bawah untuk melihat tampilan data *objective function*.



GAMBAR 4-7 TAMPILAN DATA *OBJECTIVE FUNCTION*

Pada gambar 4-7 adalah tampilan data *objective function* atau fungsi tujuan. Dimana fungsi tujuan terdiri dari 2 hal. Pertama, biaya penempatan kapasitor dan kedua adalah biaya total kehilangan energi.

6. Gerakan *scroll* ke bawah untuk melihat tampilan parameter *Artificial Immune Systems*.

```

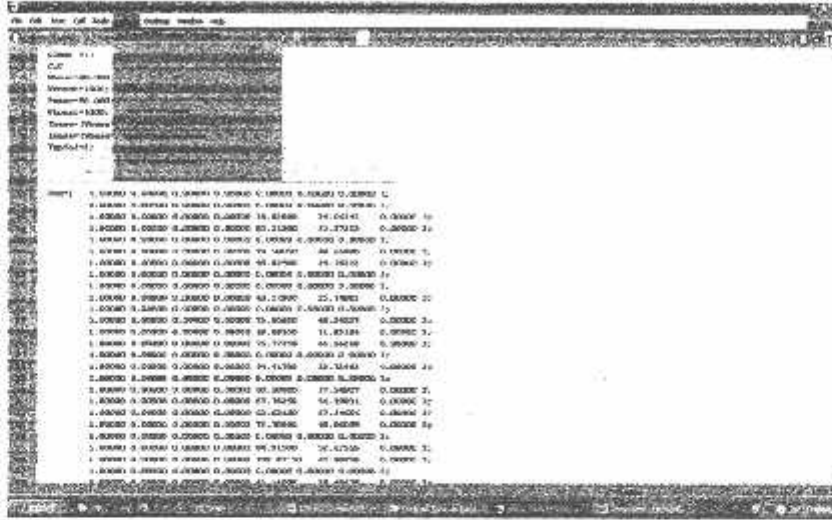
Artificial Immune Systems
-----
PopSize: 100
MaxGen: 100
MutationRate: 0.01
CrossoverRate: 0.5
SelectionMethod: RouletteWheel
FitnessFunction: ...
...

```

GAMBAR 4-8 TAMPILAN PARAMETER *ARTIFICIAL IMMUNE SYSTEMS*

Pada gambar 4-8 adalah tampilan dari parameter metode yang digunakan yaitu *Artificial Immune Systems*. Dimana parameter – parameter rancangan untuk *Artificial Immune Systems* yang diterapkan pada penempatan kapasitor parameternya adalah *Pop Size*, *Max Gen*, *Mutasi*, dan *Crossover*.

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



GAMBAR 4-9 TAMPILAN UNTUK MENJALANKAN PROGRAM

Pada gambar 4-9 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 (V)	P (MW)	Q (MVar)	S (MVA)	Angle (Deg)
1	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.9885	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	0.9801	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.9501	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.9501	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.9501	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.9501	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8	0.9501	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
9	0.9501	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10	0.9501	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
11	0.9501	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
12	0.9501	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
13	0.9501	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
14	0.9501	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
15	0.9501	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
16	0.9501	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
17	0.9501	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
18	0.9501	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
19	0.9501	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20	0.9501	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
21	0.9501	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
22	0.9501	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
23	0.9501	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
24	0.9501	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
25	0.9501	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
26	0.9501	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
27	0.9501	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

**GAMBAR 4-10 TAMPILAN HASIL UNTUK MENGETAHUI
TEGANGAN**

DAN SUDUT FASA TIAP BUS SEBELUM OPTIMASI

Pada gambar 4-10 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 raphson*.

Dari hasil perhitungan ini dapat terlihat jatuh tegangan yang tidak di izinkan yang terdapat pada bus 44-129 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 4-3

**Tegangan dan Sudut Fasa Tiap Bus Penyulang Tumpang
Sebelum Kompensasi**

Bus	Tegangan		Bus	Tegangan	
	pu	sudut(rad)		pu	sudut(rad)
1	100000	0.00000	36	0.95439	-0.02103
2	0.98897	-0.00490	37	0.95435	-0.02104
3	0.98894	-0.00492	38	0.95443	-0.02101
4	0.98501	-0.00669	39	0.95437	-0.02104
5	0.98310	-0.00756	40	0.95380	-0.02130
6	0.98306	-0.00758	41	0.95230	-0.02203
7	0.97950	-0.00920	42	0.95199	-0.02218
8	0.97746	-0.01014	43	0.95024	-0.02304
9	0.97736	-0.01019	44	0.94893	-0.02368
10	0.97734	-0.01020	45	0.94884	-0.02372
11	0.97727	-0.01023	46	0.94883	-0.02373
12	0.97727	-0.01023	47	0.94851	-0.02388
13	0.97726	-0.01023	48	0.94844	-0.02392
14	0.97646	-0.01060	49	0.94789	-0.02419
15	0.97537	-0.01110	50	0.94772	-0.02427
16	0.97530	-0.01114	51	0.94758	-0.02434
17	0.97190	-0.01271	52	0.94686	-0.02470
18	0.97170	-0.01281	53	0.94678	-0.02473
19	0.97160	-0.01286	54	0.94677	-0.02474
20	0.96588	-0.01553	55	0.94640	-0.02492
21	0.95730	-0.01962	56	0.94631	-0.02497
22	0.95532	-0.02057	57	0.94634	-0.02495
23	0.95520	-0.02063	58	0.94615	-0.02504
24	0.95506	-0.02070	59	0.94666	-0.02479
25	0.95487	-0.02079	60	0.94658	-0.02483
26	0.95486	-0.02079	61	0.94653	-0.02486
27	0.95483	-0.02081	62	0.94633	-0.02496
28	0.95475	-0.02085	63	0.94631	-0.02497
29	0.95472	-0.02086	64	0.94627	-0.02498
30	0.95466	-0.02090	65	0.94626	-0.02499
31	0.95470	-0.02087	66	0.94602	-0.02511
32	0.95435	-0.02104	67	0.94599	-0.02512
33	0.95464	-0.02090	68	0.95087	-0.02272
34	0.95454	-0.02095	69	0.94968	-0.02330
35	0.95440	-0.02102	70	0.94966	-0.02331

Bus	Tegangan		Bus	Tegangan	
	pu	sudut(rad)		pu	sudut(rad)
71	0.94931	-0.02348	101	0.94214	-0.02700
72	0.94839	-0.02393	102	0.94212	-0.02701
73	0.94824	-0.02400	103	0.94137	-0.02738
74	0.94531	-0.02544	104	0.94118	-0.02747
75	0.94406	-0.02605	105	0.94109	-0.02752
76	0.94288	-0.02663	106	0.94033	-0.02789
77	0.94282	-0.02666	107	0.94022	-0.02795
78	0.94272	-0.02671	108	0.94019	-0.02796
79	0.94265	-0.02675	109	0.93991	-0.02810
80	0.94264	-0.02675	110	0.93987	-0.02812
81	0.94265	-0.02675	111	0.94070	-0.02771
82	0.94267	-0.02674	112	0.94016	-0.02798
83	0.94236	-0.02689	113	0.93986	-0.02813
84	0.94189	-0.02712	114	0.93923	-0.02844
85	0.94187	-0.02713	115	0.93888	-0.02861
86	0.94131	-0.02741	116	0.93841	-0.02884
87	0.94121	-0.02746	117	0.93820	-0.02895
88	0.94068	-0.02772	118	0.93814	-0.02898
89	0.94068	-0.02772	119	0.93801	-0.02905
90	0.94059	-0.02777	120	0.93797	-0.02906
91	0.94053	-0.02779	121	0.93783	-0.02913
92	0.94058	-0.02777	122	0.93994	-0.02809
93	0.94057	-0.02778	123	0.93974	-0.02819
94	0.94055	-0.02779	124	0.93950	-0.02830
95	0.94053	-0.02780	125	0.93879	-0.02866
96	0.94262	-0.02676	126	0.93872	-0.02869
97	0.94243	-0.02685	127	0.93852	-0.02879
98	0.94234	-0.02690	128	0.93831	-0.02890
99	0.94225	-0.02695	129	0.93830	-0.02890
100	0.94215	-0.02699			

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

From Bus	To Bus	P (kW)	Q (kvar)	P (kW)	Q (kvar)	Loss (kW)	
1	2	5668.361	3696.146	2	1	-5623.707	-3627.885
2	3	38.829	24.065	3	2	-38.828	-24.063
2	4	5584.878	3603.820	4	2	-5568.922	-3579.429
4	5	5485.707	3527.857	5	4	-5478.096	-3516.222
5	6	79.503	49.273	6	5	-79.500	-49.270

GAMBAR 4-11 TAMPILAN HASIL ALIRAN DAYA ANTAR SALURAN SEBELUM OPTIMASI

Untuk gambar 4-11 memperlihatkan tampilan hasil aliran daya antar saluran dari bus ke bus untuk daya yang di alirkan sepanjang saluran pada penyulang Tumpang. Pada tabel 4-4 memperlihatkan daya tiap saluran sebelum optimasi.

Tabel 4-4
Daya Tiap Saluran Penyulang Tumpang
Sebelum Optimasi

BUS		DAYA		BUS		DAYA	
from	to	kW	kvar	from	to	kW	kvar
1	2	5.668.361	3.696.146	2	1	-5.623.707	-3.627.885
2	3	38.829	24.065	3	2	-38.828	-24.063
2	4	5.584.878	3.603.820	4	2	-5.568.922	-3.579.429
4	5	5.485.707	3.527.857	5	4	-5.478.096	-3.516.222
5	6	79.503	49.273	6	5	-79.500	-49.270

5	7	5.398.594	3.466.949	7	5	-5.384.521	-3.445.436
7	8	5.336.496	3.415.673	8	7	-5.328.558	-3.403.539
8	9	132.693	82.250	9	8	-132.683	-82.236
8	14	5.195.866	3.321.288	14	8	-5.192.093	-3.315.520
9	10	40.580	25.149	10	9	-40.579	-25.149
9	11	92.104	57.087	11	9	-92.098	-57.077
11	12	73.007	45.246	12	11	-73.006	-45.245
11	13	19.091	11.832	13	11	-19.091	-11.832
14	15	5.116.315	3.268.557	15	14	-5.112.238	-3.262.325
15	16	54.420	33.729	16	15	-54.417	-33.725
15	17	5.057.818	3.228.596	17	15	-5.045.008	-3.209.013
17	18	148.379	91.982	18	17	-148.357	-91.949
17	20	4.896.629	3.117.031	20	17	-4.875.019	-3.083.996
18	19	87.769	54.400	19	18	-87.762	-54.390
20	21	4.782.488	3.026.650	21	20	-4.752.217	-2.980.376
21	22	4.679.508	2.935.315	22	21	-4.672.596	-2.924.750
22	23	966.017	599.109	23	22	-965.935	-598.984
22	40	3.706.580	2.325.642	40	22	-3.702.403	-2.319.257
23	24	881.020	546.358	24	23	-880.928	-546.217
24	25	778.494	482.735	25	24	-778.385	-482.568
25	26	41.140	25.497	26	25	-41.140	-25.496
25	27	737.245	457.071	27	25	-737.219	-457.032
27	28	683.975	424.034	28	27	-683.938	-423.977
28	29	189.423	117.402	29	28	-189.419	-117.395
28	31	494.515	306.576	31	28	-494.497	-306.548
29	30	88.337	54.750	30	29	-88.332	-54.743
31	32	54.890	34.031	32	31	-54.876	-34.009
31	33	439.607	272.517	33	31	-439.586	-272.485
33	34	314.219	194.790	34	33	-314.196	-194.754
34	35	94.209	58.397	35	34	-94.199	-58.381
34	38	219.987	136.357	38	34	-219.969	-136.330
35	36	40.758	25.260	36	35	-40.757	-25.259
35	37	53.441	33.121	37	35	-53.439	-33.119
38	39	128.271	79.501	39	38	-128.265	-79.492
40	41	3.621.075	2.268.855	41	40	-3.617.004	-2.262.631
41	42	3.530.193	2.208.831	42	41	-3.529.374	-2.207.578
42	43	1.160.527	722.912	43	42	-1.159.010	-720.593
42	68	2.368.847	1.484.666	68	42	-2.366.880	-1.481.659
43	44	1.084.363	674.331	44	43	-1.083.306	-672.716
44	45	970.129	602.575	45	44	-970.058	-602.466
45	46	62.084	38.477	46	45	-62.084	-38.476

45	47	907.974	563.989	47	45	-907.755	-563.655
47	48	876.475	544.269	48	47	-876.425	-544.194
48	49	250.285	155.238	49	48	-250.181	-155.080
48	52	626.140	388.955	52	48	-625.399	-387.822
49	50	172.704	107.064	50	49	-172.682	-107.031
50	51	124.283	77.036	51	50	-124.270	-77.016
52	53	265.457	164.595	53	52	-265.442	-164.572
52	59	359.941	223.226	59	52	-359.887	-223.144
53	54	85.859	53.211	54	53	-85.858	-53.210
53	55	179.583	111.361	55	53	-179.532	-111.283
55	56	51.412	31.865	56	55	-51.408	-31.860
55	57	128.121	79.417	57	55	-128.114	-79.407
57	58	76.170	47.216	58	57	-76.160	-47.200
59	60	283.855	176.023	60	59	-283.837	-175.997
60	61	26.130	16.195	61	60	-26.129	-16.193
60	62	257.708	159.802	62	60	-257.660	-159.729
62	63	17.706	10.973	63	62	-17.705	-10.973
62	64	239.954	148.756	64	62	-239.944	-148.740
64	65	49.488	30.670	65	64	-49.487	-30.669
64	66	190.456	118.070	66	64	-190.419	-118.014
66	67	117.047	72.542	67	66	-117.045	-72.538
68	69	2.334.427	1.461.546	69	68	-2.332.334	-1.458.347
69	70	28.790	17.843	70	69	-28.789	-17.842
69	71	2.303.544	1.440.505	71	69	-2.302.905	-1.439.528
71	72	2.271.217	1.419.889	72	71	-2.269.654	-1.417.500
72	73	2.212.024	1.381.784	73	72	-2.211.779	-1.381.409
73	74	2.143.770	1.339.261	74	73	-2.139.063	-1.332.066
74	75	2.070.987	1.289.876	75	74	-2.069.036	-1.286.893
75	76	1.979.684	1.231.518	76	75	-1.977.920	-1.228.822
76	77	986.309	611.996	77	76	-986.269	-611.935
76	103	991.611	616.826	103	76	-990.484	-615.103
77	78	156.484	96.995	78	77	-156.472	-96.977
77	82	632.080	392.349	82	77	-632.007	-392.237
77	96	197.704	122.591	96	77	-197.674	-122.545
78	79	71.192	44.125	79	78	-71.188	-44.119
79	80	33.023	20.466	80	79	-33.022	-20.466
79	81	38.165	23.653	81	79	-38.165	-23.653
82	83	536.433	333.005	83	82	-536.310	-332.817
83	84	445.708	276.667	84	83	-445.547	-276.421
84	85	26.010	16.120	85	84	-26.010	-16.120
84	86	419.537	260.301	86	84	-419.354	-260.022

86	87	338.698	210.036	87	86	-338.673	-209.998
87	88	246.584	152.927	88	87	-246.485	-152.775
88	89	203.093	125.883	89	88	-203.092	-125.882
89	90	74.432	46.135	90	89	-74.428	-46.128
89	92	128.660	79.747	92	89	-128.651	-79.733
90	91	36.943	22.896	91	90	-36.941	-22.894
92	93	55.786	34.574	93	92	-55.785	-34.573
92	94	72.865	45.160	94	92	-72.863	-45.157
94	95	50.865	31.524	95	94	-50.864	-31.523
96	97	151.647	94.019	97	96	-151.625	-93.987
97	98	73.369	45.475	98	97	-73.363	-45.467
97	99	78.257	48.512	99	97	-78.246	-48.495
99	100	41.738	25.870	100	99	-41.735	-25.865
100	101	11.203	6.943	101	100	-11.203	-6.943
101	102	5.211	3.229	102	101	-5.210	-3.229
103	104	899.713	558.848	104	103	-899.584	-558.651
104	105	325.659	202.032	105	104	-325.637	-201.999
104	111	573.925	356.619	111	104	-573.718	-356.302
105	106	266.077	165.087	106	105	-265.925	-164.855
106	107	216.914	134.480	107	106	-216.895	-134.451
107	108	78.932	48.919	108	107	-78.931	-48.917
107	109	137.963	85.532	109	107	-137.930	-85.482
109	110	28.153	17.448	110	109	-28.152	-17.447
111	112	552.417	343.101	112	111	-552.189	-342.752
112	113	373.085	231.638	113	112	-373.001	-231.509
112	122	179.103	111.114	122	112	-179.074	-111.070
113	114	349.312	216.828	114	113	-349.147	-216.576
114	115	281.326	174.544	115	114	-281.251	-174.430
115	116	233.541	144.862	116	115	-233.457	-144.735
116	117	177.119	109.820	117	116	-177.090	-109.775
117	118	127.952	79.322	118	117	-127.946	-79.313
118	119	29.438	18.247	119	118	-29.435	-18.242
118	120	98.508	61.066	120	118	-98.495	-61.047
120	121	55.247	34.245	121	120	-55.241	-34.236
122	123	128.788	79.905	123	122	-128.768	-79.875
123	124	110.000	68.243	124	123	-109.981	-68.214
124	125	77.468	48.064	125	124	-77.427	-48.000
125	126	73.704	45.693	126	125	-73.700	-45.687
126	127	56.810	35.220	127	126	-56.802	-35.207
127	128	28.607	17.734	128	127	-28.603	-17.726
128	129	14.994	9.293	129	128	-14.994	-9.292

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

No	Saluran	Rugi Daya	Rugi Daya
1	1	44.404	44.404
2	2	4.065	4.065
3	3	15.950	15.950
4	4	1.034	1.034
5	5	3.763	3.763
6	6	11.004	11.004
7	7	7.803	7.803
8	8	4.008	4.008
9	9	1.778	1.778
10	10	0.001	0.001
11	11	0.000	0.000
12	12	0.000	0.000
13	13	0.000	0.000
14	14	1.498	1.498
15	15	0.000	0.000
16	16	0.000	0.000
17	17	0.000	0.000
18	18	0.000	0.000
19	19	0.000	0.000
20	20	0.000	0.000
21	21	0.000	0.000
22	22	0.000	0.000
23	23	0.000	0.000
24	24	0.000	0.000
25	25	0.000	0.000
26	26	0.000	0.000
27	27	0.000	0.000
28	28	0.000	0.000
29	29	0.000	0.000
30	30	0.000	0.000
31	31	0.000	0.000
32	32	0.000	0.000
33	33	0.000	0.000
34	34	0.000	0.000
35	35	0.000	0.000
36	36	0.000	0.000
37	37	0.000	0.000
38	38	0.000	0.000
39	39	0.000	0.000
40	40	0.000	0.000
41	41	0.000	0.000
42	42	0.000	0.000
43	43	0.000	0.000
44	44	0.000	0.000
45	45	0.000	0.000
46	46	0.000	0.000
47	47	0.000	0.000
48	48	0.000	0.000
49	49	0.000	0.000
50	50	0.000	0.000
51	51	0.000	0.000
52	52	0.000	0.000
53	53	0.000	0.000
54	54	0.000	0.000
55	55	0.000	0.000
56	56	0.000	0.000
57	57	0.000	0.000
58	58	0.000	0.000
59	59	0.000	0.000
60	60	0.000	0.000
61	61	0.000	0.000
62	62	0.000	0.000
63	63	0.000	0.000
64	64	0.000	0.000
65	65	0.000	0.000
66	66	0.000	0.000
67	67	0.000	0.000
68	68	0.000	0.000
69	69	0.000	0.000
70	70	0.000	0.000
71	71	0.000	0.000
72	72	0.000	0.000
73	73	0.000	0.000
74	74	0.000	0.000
75	75	0.000	0.000
76	76	0.000	0.000
77	77	0.000	0.000
78	78	0.000	0.000
79	79	0.000	0.000
80	80	0.000	0.000
81	81	0.000	0.000
82	82	0.000	0.000
83	83	0.000	0.000
84	84	0.000	0.000
85	85	0.000	0.000
86	86	0.000	0.000
87	87	0.000	0.000
88	88	0.000	0.000
89	89	0.000	0.000
90	90	0.000	0.000
91	91	0.000	0.000
92	92	0.000	0.000
93	93	0.000	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

**GAMBAR 4-12 TAMPILAN HASIL RUGI DAYA ANTAR SALURAN
SEBELUM OPTIMASI**

Pada gambar 4-12 memperlihatkan hasil rugi daya antar saluran sebelum optimasi yang diakibatkan rugi-rugi,. Tabel 4-5 memperlihatkan rugi daya tiap saluran.

Tabel 4-5

**Rugi Daya Tiap Saluran Penyulang Tumpang
Sebelum Kompensasi**

BUS		RUGI		BUS		RUGI	
from	to	kW	kvar	from	to	kW	kvar
1	2	44.654	68.261	34	38	0.018	0.027
2	3	0.001	0.001	35	36	0.000	0.000
2	4	15.956	24.391	35	37	0.002	0.002
4	5	7.611	11.635	38	39	0.006	0.009
5	6	0.002	0.003	40	41	4.071	6.224
5	7	14.072	21.512	41	42	0.819	1.252
7	8	7.938	12.134	42	43	1.517	2.319
8	9	0.009	0.014	42	68	1.967	3.007
8	14	3.773	5.768	43	44	1.057	1.615
9	10	0.001	0.001	44	45	0.071	0.108
9	11	0.006	0.009	45	46	0.000	0.001
11	12	0.000	0.000	45	47	0.219	0.335
11	13	0.000	0.000	47	48	0.049	0.076
14	15	4.078	6.233	48	49	0.103	0.158
15	16	0.003	0.004	48	52	0.742	1.134
15	17	12.810	19.583	49	50	0.022	0.033
17	18	0.022	0.033	50	51	0.013	0.020
17	20	21.610	33.035	52	53	0.015	0.024
18	19	0.006	0.010	52	59	0.054	0.082
20	21	30.271	46.274	53	54	0.000	0.001
21	22	6.912	10.565	53	55	0.051	0.078
22	23	0.082	0.125	55	56	0.004	0.006
22	40	4.177	6.384	55	57	0.007	0.010
23	24	0.092	0.141	57	58	0.010	0.016
24	25	0.109	0.167	59	60	0.017	0.027
25	26	0.000	0.000	60	61	0.001	0.001
25	27	0.026	0.039	60	62	0.048	0.073
27	28	0.037	0.057	62	63	0.000	0.000
28	29	0.004	0.006	62	64	0.010	0.016
28	31	0.018	0.028	64	65	0.001	0.001
29	30	0.005	0.007	64	66	0.037	0.056
31	32	0.014	0.022	66	67	0.002	0.004
31	33	0.021	0.032	68	69	2.093	3.199
33	34	0.023	0.036	69	70	0.000	0.001
34	35	0.010	0.016	69	71	0.639	0.977

BUS		RUGI		BUS		RUGI	
from	to	kW	kvar	from	to	kW	kvar
71	72	1.563	2.390	99	100	0.003	0.005
72	73	0.245	0.375	100	101	0.000	0.000
73	74	4.707	7.195	101	102	0.000	0.000
74	75	1.951	2.982	103	104	0.129	0.197
75	76	1.763	2.695	104	105	0.022	0.033
76	77	0.040	0.061	104	111	0.207	0.317
76	103	1.127	1.723	105	106	0.152	0.233
77	78	0.012	0.018	106	107	0.019	0.030
77	82	0.074	0.113	107	108	0.001	0.002
77	96	0.030	0.046	107	109	0.032	0.049
78	79	0.004	0.006	109	110	0.001	0.001
79	80	0.000	0.001	111	112	0.228	0.349
79	81	0.000	0.000	112	113	0.084	0.129
82	83	0.123	0.188	112	122	0.029	0.045
83	84	0.161	0.246	113	114	0.164	0.251
84	85	0.000	0.001	114	115	0.075	0.114
84	86	0.183	0.279	115	116	0.083	0.127
86	87	0.024	0.037	116	117	0.029	0.044
87	88	0.099	0.152	117	118	0.006	0.009
88	89	0.001	0.001	118	119	0.003	0.004
89	90	0.005	0.007	118	120	0.012	0.019
89	92	0.009	0.014	120	121	0.006	0.009
90	91	0.002	0.002	122	123	0.020	0.030
92	93	0.001	0.001	123	124	0.020	0.030
92	94	0.002	0.003	124	125	0.042	0.064
94	95	0.001	0.001	125	126	0.004	0.006
96	97	0.021	0.033	126	127	0.009	0.013
97	98	0.005	0.008	127	128	0.005	0.007
97	99	0.011	0.017	128	129	0.000	0.000

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



GAMBAR 4-13 TAMPILAN HASIL JUMLAH PEMBANGKITAN, PEMBEBANAN, RUGI-RUGI SEBELUM OPTIMASI

Pada gambar 4-13 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 $5668.3612+3696.1456i$ kVA, Jumlah pembebanan sebesar $5466.792+3388.0134i$ kVA dan Jumlah rugi-rugi sebesar $201.5692+308.1321i$ 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

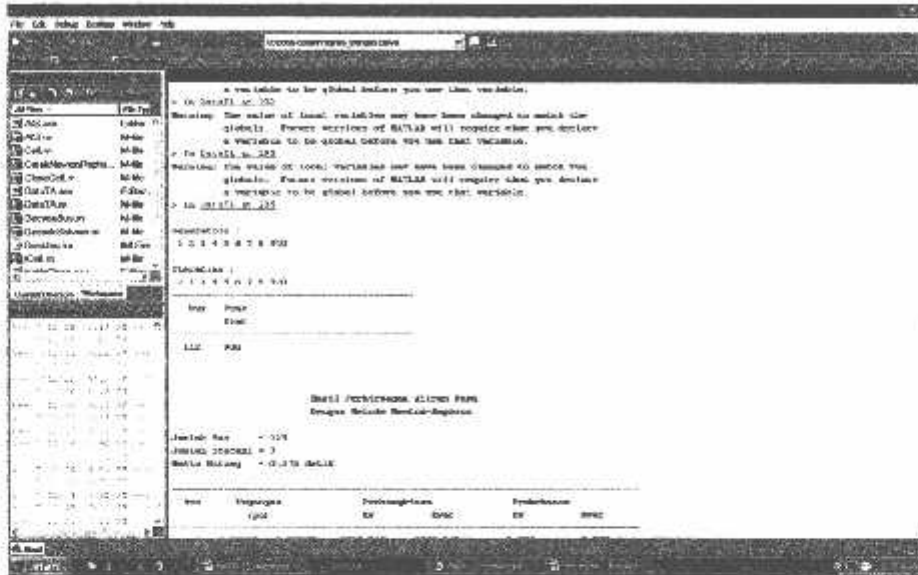
44 sampai 129. Sedangkan pada gambar 4-12 adalah tampilan hasil dari jumlah pembangkitan, jumlah pembebanan, serta rugi-rugi daya sebelum optimasi.

- Jumlah pembangkitan sebelum optimasi sebesar $5668.3612+3696.1456i$ kVA.
- Jumlah rugi-rugi daya sebelum optimasi sebesar $201.5692+308.1321i$ kVA
- Jumlah pembebanan sebelum optimasi sebesar $5466.792+3388.0134i$ kVA

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

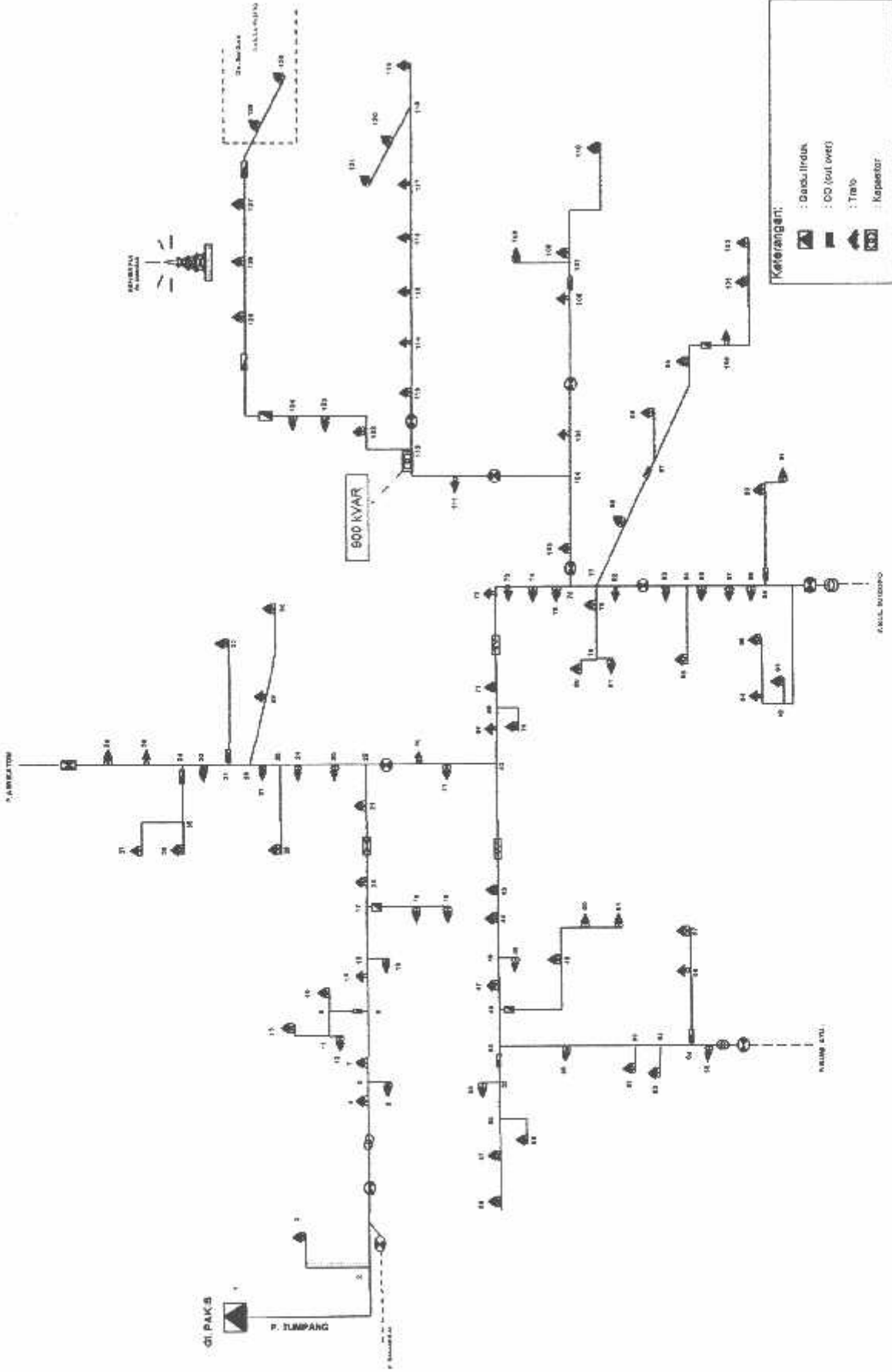
Dari hasil analisa diatas dibutuhkan suatu cara untuk memperbaiki kondisi jaringan yang dianggap kritis yang beroperasi diluar batas yang diijinkan oleh PLN (0.95 pu s/d 1.05 pu). Dan cara alternatif yang sering dipakai adalah dengan cara memasang kapasitor untuk menaikkan profil tegangan dan menekan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

10. Gerakan *scroll* ke bawah untuk melihat hasil tampilan penempatan kapasitor dengan menggunakan metode *Artificial Immune Systems*



GAMBAR 4-14 TAMPILAN HASIL PENEMPATAN KAPASITOR DENGAN MENGGUNAKAN METODE *ARTIFICIAL IMMUNE SYSTEMS*

Pada gambar 4-14 memperlihatkan hasil dari penempatan kapasitor dengan menggunakan metode *Artificial Immune Systems*, dimana kapasitor yang optimal ditempatkan pada bus 112 dengan jenis kapasitor yang digunakan adalah tipe *Fixed*, dengan kapasitas kapasitor sebesar 900 kVAR. Berikut diperlihatkan *single line diagram* penyulang tumpang setelah penempatan kapasitor.



GAMBAR 4-15 SINGLE LINE DIAGRAM PENYULANG TUMPAANG 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 (deg)	P (MW)	Q (MVar)	Status
1	1.00000	0.00000	447.745	274.816	0.000
2	0.99992	-0.00070	0.000	0.000	0.000
3	0.99979	-0.00079	0.000	0.000	0.000
4	0.99989	-0.00079	0.000	0.000	0.000
5	0.99993	-0.00060	0.000	0.000	0.000
6	0.99928	-0.00091	0.000	0.000	0.000
7	0.99922	-0.00088	0.000	0.000	0.000
8	0.99917	-0.00107	0.000	0.000	0.000
9	0.99917	-0.00104	0.000	0.000	0.000
10	0.99918	-0.00102	0.000	0.000	0.000
11	0.99928	-0.00090	0.000	0.000	0.000
12	0.99933	-0.00085	0.000	0.000	0.000
13	0.99937	-0.00080	0.000	0.000	0.000
14	0.99941	-0.00075	0.000	0.000	0.000
15	0.99946	-0.00071	0.000	0.000	0.000
16	0.99951	-0.00066	0.000	0.000	0.000
17	0.99956	-0.00061	0.000	0.000	0.000
18	0.99961	-0.00056	0.000	0.000	0.000
19	0.99966	-0.00051	0.000	0.000	0.000
20	0.99971	-0.00046	0.000	0.000	0.000
21	0.99976	-0.00041	0.000	0.000	0.000
22	0.99981	-0.00036	0.000	0.000	0.000

GAMBAR 4-16 TAMPILAN HASIL UNTUK MENGETAHUI TEGANGAN DAN SUDUT FASA TIAP BUS SETELAH OPTIMASI

Pada gambar 4-16 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 raphson*.

Dari hasil perhitungan aliran daya setelah optimasi terdapat kenaikan tegangan disetiap bus yang sebelumnya terjadi jatuh tegangan yaitu pada bus 44-129 dengan tegangan terendah terdapat pada bus 121 sebesar $0,93783 pu$ atau $18,7566 kV$ menjadi $0,95042 pu$ atau $19,0084 kV$ dimana tegangan yang diizinkan 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 4-6

**Tegangan dan Sudut Fasa Tiap Bus Penyulang Tumpang
Setelah Optimasi**

bus	Tegangan		Bus	Tegangan	
	pu	sudut(rad)		pu	sudut(rad)
1	1.00000	0.00000	36	0.96076	-0.02488
2	0.99042	-0.00578	37	0.96073	-0.02490
3	0.99039	-0.00579	38	0.96081	-0.02486
4	0.98699	-0.00789	39	0.96075	-0.02489
5	0.98533	-0.00892	40	0.96047	-0.02535
6	0.98529	-0.00893	41	0.95927	-0.02627
7	0.98223	-0.01086	42	0.95902	-0.02646
8	0.98047	-0.01197	43	0.95729	-0.02730
9	0.98037	-0.01201	44	0.95600	-0.02793
10	0.98035	-0.01202	45	0.95590	-0.02797
11	0.98028	-0.01206	46	0.95589	-0.02798
12	0.98028	-0.01206	47	0.95558	-0.02813
13	0.98027	-0.01206	48	0.95550	-0.02817
14	0.97961	-0.01251	49	0.95496	-0.02843
15	0.97868	-0.01311	50	0.95479	-0.02851
16	0.97861	-0.01314	51	0.95465	-0.02858
17	0.97572	-0.01503	52	0.95394	-0.02893
18	0.97552	-0.01512	53	0.95386	-0.02897
19	0.97542	-0.01517	54	0.95385	-0.02897
20	0.97061	-0.01840	55	0.95384	-0.02915
21	0.96336	-0.02329	56	0.95339	-0.02920
22	0.96169	-0.02443	57	0.95342	-0.02919
23	0.96157	-0.02449	58	0.95324	-0.02927
24	0.96144	-0.02456	59	0.95374	-0.02903
25	0.96125	-0.02465	60	0.95366	-0.02907
26	0.96124	-0.02465	61	0.95361	-0.02909
27	0.96120	-0.02467	62	0.95341	-0.02919
28	0.96133	-0.02470	63	0.95339	-0.02920
29	0.96110	-0.02472	64	0.95335	-0.02922
30	0.96103	-0.02475	65	0.95334	-0.02922
31	0.96108	-0.02473	66	0.95310	-0.02934
32	0.96073	-0.02490	67	0.95307	-0.02935
33	0.96102	-0.02476	68	0.95825	-0.02721
34	0.96092	-0.02481	69	0.95742	-0.02803
35	0.96077	-0.02488	70	0.95740	-0.02804

71	0.95717	-0.02828	101	0.95220	-0.03319
72	0.95654	-0.02891	102	0.95218	-0.03320
73	0.95644	-0.02902	103	0.95250	-0.03428
74	0.95450	-0.03108	104	0.95246	-0.03448
75	0.95368	-0.03197	105	0.95237	-0.03452
76	0.95293	-0.03283	106	0.95162	-0.03489
77	0.95288	-0.03285	107	0.95151	-0.03494
78	0.95278	-0.03290	108	0.95148	-0.03495
79	0.95271	-0.03294	109	0.95120	-0.03509
80	0.95269	-0.03294	110	0.95116	-0.03511
81	0.95270	-0.03294	111	0.95257	-0.03511
82	0.95272	-0.03293	112	0.95272	-0.03584
83	0.95242	-0.03308	113	0.95242	-0.03599
84	0.95195	-0.03331	114	0.95181	-0.03629
85	0.95193	-0.03332	115	0.95146	-0.03646
86	0.95138	-0.03359	116	0.95100	-0.03669
87	0.95128	-0.03363	117	0.95079	-0.03679
88	0.95076	-0.03389	118	0.95072	-0.03682
89	0.95075	-0.03389	119	0.95060	-0.03688
90	0.95067	-0.03393	120	0.95056	-0.03690
91	0.95061	-0.03396	121	0.95042	-0.03697
92	0.95066	-0.03394	122	0.95250	-0.03595
93	0.95065	-0.03395	123	0.95230	-0.03605
94	0.95063	-0.03395	124	0.95207	-0.03616
95	0.95061	-0.03396	125	0.95136	-0.03651
96	0.95268	-0.03295	126	0.95130	-0.03654
97	0.95249	-0.03304	127	0.95110	-0.03664
98	0.95240	-0.03309	128	0.95089	-0.03674
99	0.95231	-0.03313	129	0.95087	-0.03675
100	0.95221	-0.03318			

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

BUS	Ke	Daya (kW)	Daya (kvar)	BUS	Dari	Daya (kW)	Daya (kvar)
1	2	5637.715	2748.818	2	1	-5599.352	-2690.175
2	3	38.829	24.065	3	2	-38.828	-24.063
2	4	5560.524	2666.111	4	2	-5546.829	-2645.177
4	5	5463.614	2593.605	5	4	-5457.096	2583.640
5	6	79.503	49.273	6	5	-79.500	-49.270
5	7	5377.593	2534.367	7	5	-5365.566	-2515.981
7	8	5317.541	2486.218	8	7	-5310.766	-2475.860
8	9	132.693	82.250	9	8	-132.683	-82.236
8	14	5178.073	2393.610	14	8	-5174.864	-2388.704
9	10	40.580	25.149	10	9	-40.579	-25.149

GAMBAR 4-17 TAMPILAN HASIL ALIRAN DAYA ANTAR SALURAN SETELAH OPTIMASI

Untuk gambar 4-17 terlihat tampilan hasil aliran daya antar saluran dari bus ke bus untuk daya yang dialirkan sepanjang saluran pada penyulang Tumpang setelah optimasi. Pada tabel 4-7 memperlihatkan daya tiap saluran setelah di optimasi

Tabel 4-7

Daya Tiap Saluran Penyulang Tumpang Setelah Optimasi

BUS		DAYA		BUS		DAYA	
Dari	Ke	kW	kvar	Dari	To	kW	kvar
1	2	5637.715	2748.818	2	1	-5599.352	-2690.175
2	3	38.829	24.065	3	2	-38.828	-24.063
2	4	5560.524	2666.111	4	2	-5546.829	-2645.177
4	5	5463.614	2593.605	5	4	-5457.096	2583.640
5	6	79.503	49.273	6	5	-79.500	-49.270
5	7	5377.593	2534.367	7	5	-5365.566	-2515.981
7	8	5317.541	2486.218	8	7	-5310.766	-2475.860
8	9	132.693	82.250	9	8	-132.683	-82.236
8	14	5178.073	2393.610	14	8	-5174.864	-2388.704
9	10	40.580	25.149	10	9	-40.579	-25.149

9	11	92.104	57.087	11	9	-92.098	-57.077
11	12	73.007	45.246	12	11	-73.006	-45.245
11	13	19.091	11.832	13	11	-19.091	-11.832
14	15	5099.086	2341.742	15	14	-5095.626	-2336.452
15	16	54.420	33.729	16	15	-54.417	-33.725
15	17	5041.206	2302.724	17	15	-5030.352	-2286.130
17	18	148.378	91.982	18	17	-148.357	-91.949
17	20	4881.973	2194.148	20	17	-4863.742	-2166.279
18	19	87.769	54.400	19	18	-87.762	-54.390
20	21	4771.211	2108.933	21	20	-4745.746	-2070.005
21	22	4673.037	2024.944	22	21	-4667.235	-2016.076
22	23	966.011	599.099	23	22	-965.930	-598.976
22	40	3701.225	1416.977	40	22	-3697.844	-1411.809
23	24	881.015	546.350	24	23	-880.924	-546.211
24	25	778.491	482.729	25	24	-778.383	-482.564
25	26	41.140	25.497	26	25	-41.140	-25.496
25	27	737.242	457.067	27	25	-737.217	-457.029
27	28	683.973	424.031	28	27	-683.937	-423.975
28	29	189.423	117.401	29	28	-189.418	-117.395
28	31	494.514	306.573	31	28	-494.496	-306.546
29	30	88.336	54.750	30	29	-88.332	-54.743
31	32	54.890	34.031	32	31	-54.876	-34.009
31	33	439.606	272.515	33	31	-439.585	-272.484
33	34	314.219	194.788	34	33	-314.196	-194.753
34	35	94.209	58.396	35	34	-94.199	-58.381
34	38	219.987	136.357	38	34	-219.969	-136.330
35	36	40.758	25.260	36	35	-40.757	-25.259
35	37	53.441	33.121	37	35	-53.439	-33.119
38	39	128.271	79.501	39	38	-128.265	-79.492
40	41	3616.516	1361.406	41	40	-3613.233	-1356.387
41	42	3526.422	1302.587	42	41	-3525.764	-1301.581
42	43	1160.467	722.820	43	42	-1158.973	-720.536
42	68	2365.297	578.761	68	42	-2363.826	-576.512
43	44	1084.326	674.274	44	43	-1083.284	-672.682
44	45	970.107	602.541	45	44	-970.037	-602.434
45	46	62.084	38.477	46	45	-62.084	-38.476
45	47	907.953	563.958	47	45	-907.737	-563.628
47	48	876.457	544.242	48	47	-876.408	-544.168
48	49	250.283	155.235	49	48	-250.181	-155.079
48	52	626.126	388.933	52	48	-625.395	-387.816
49	50	172.703	107.063	50	49	-172.682	-107.031

50	51	124.283	77.036	51	50	-124.270	-77.016
52	53	265.456	164.593	53	52	-265.441	-164.570
52	59	359.939	223.222	59	52	-359.886	-223.141
53	54	85.859	53.211	54	53	-85.858	-53.210
53	55	179.582	111.355	55	53	-179.532	-111.282
55	56	51.412	31.865	56	55	-51.408	-31.860
55	57	128.120	79.417	57	55	-128.114	-79.407
57	58	76.170	47.215	58	57	-76.160	-47.200
59	60	283.853	176.021	60	59	-283.836	-175.994
60	61	26.130	16.195	61	60	-26.129	-16.193
60	62	257.706	159.800	62	60	-257.659	-159.728
62	63	17.706	10.973	63	62	-17.705	-10.973
62	64	239.953	148.755	64	62	-239.943	-148.739
64	65	49.488	30.670	65	64	-49.487	-30.669
64	66	190.455	118.069	66	64	-190.419	-118.014
66	67	117.047	72.542	67	66	-117.045	-72.538
68	69	2331.373	556.400	69	68	-2329.813	-554.014
69	70	28.790	17.843	70	69	-28.789	-17.842
69	71	2301.023	536.172	71	69	-2300.548	-535.445
71	72	2268.860	515.806	72	71	-2267.699	-514.033
72	73	2210.069	478.317	73	72	-2209.888	-478.040
73	74	2141.879	435.892	74	73	-2138.420	-430.603
74	75	2070.344	388.413	75	74	-2068.917	-386.233
75	76	1979.565	330.857	76	75	-1978.285	-328.900
76	77	986.445	612.065	77	76	-986.406	-612.005
76	103	991.840	-283.165	103	76	-990.979	284.481
77	78	156.484	96.994	78	77	-156.472	-96.977
77	82	632.066	392.327	82	77	-631.994	-392.217
77	96	197.7856	122.683	96	77	-197.827	-122.541
78	79	71.192	44.152	79	78	-71.188	-44.119
79	80	33.023	20.466	80	79	-33.022	-20.466
79	81	38.165	-23.653	81	79	-38.165	-23.653
82	83	536.420	332.986	83	82	-536.299	-332.801
83	84	445.698	276.652	84	83	-445.540	-276.411
84	85	26.010	16.120	85	84	-26.010	-16.120
84	86	419.530	260.291	86	84	-419.351	-260.018
86	87	338.695	210.031	87	86	-338.671	-209.995
87	88	246.582	152.923	88	87	-246.485	-152.775
88	89	203.092	125.882	89	88	-203.091	-125.881
89	90	74.432	46.134	90	89	-74.428	-46.128
89	92	128.659	79.747	92	89	-128.651	-79.733

90	91	36.943	22.896	91	90	-36.941	-22.894
92	93	55.786	34.574	93	92	-55.785	-34.573
92	94	72.865	45.160	94	92	-72.863	-45.157
94	95	50.865	31.524	95	94	-50.864	-31.523
96	97	151.799	94.113	97	96	-151.778	-94.081
97	98	73.369	45.474	98	97	-73.363	-45.467
97	99	78.409	48.606	99	97	-78.399	-48.590
99	100	41.891	25.965	100	99	-41.888	-25.960
100	101	11.356	7.038	101	100	-11.356	-7.038
101	102	5.211	3.229	102	101	-5.210	-3.229
103	104	900.207	-340.736	104	103	-900.103	340.895
104	105	325.653	202.024	105	104	-325.632	-201.991
104	111	574.450	-542.919	111	104	-574.173	543.342
105	106	266.073	165.080	106	105	-265.924	-164.853
106	107	216.913	134.478	107	106	-216.894	-134.449
107	108	78.932	48.919	108	107	-78.931	-48.917
107	109	137.962	85.530	109	107	-137.930	-85.482
109	110	28.153	17.448	110	109	-28.152	-17.447
111	112	552.872	-556.543	112	111	-552.548	557.039
112	113	373.073	231.619	113	112	-372.991	-231.494
112	122	179.475	111.342	122	112	-179.446	-111.298
113	114	349.302	216.812	114	113	-349.142	-216.568
114	115	281.320	174.536	115	114	-281.248	-174.425
115	116	233.537	144.856	116	115	-233.456	-144.733
116	117	177.118	109.817	117	116	-177.090	-109.774
117	118	127.951	79.321	118	117	-127.945	-79.312
118	119	29.438	18.247	119	118	-29.435	-18.242
118	120	98.507	61.065	120	118	-98.495	-61.047
120	121	55.247	34.244	121	120	-55.241	-34.236
122	123	192.092	80.092	123	122	-129.073	-80.062
123	124	110.305	68.431	124	123	-110.286	-68.402
124	125	77.773	48.252	125	124	-77.732	-48.189
125	126	74.009	45.882	126	125	-74.006	-45.877
126	127	57.116	35.409	127	126	-57.108	-35.397
127	128	28.930	17.934	128	127	-28.926	-17.927
128	129	15.028	9.314	129	128	-15.028	-9.314

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

Saluran	Tipe Saluran	Tipe Saluran	Rugi Daya	Rugi Daya
1	1	1	10.000	10.000
2	2	2	0.001	0.001
3	3	3	10.000	10.000
4	4	4	0.001	0.001
5	5	5	0.001	0.001
6	6	6	0.001	0.001
7	7	7	10.000	10.000
8	8	8	0.001	0.001
9	9	9	0.001	0.001
10	10	10	0.001	0.001
11	11	11	0.001	0.001
12	12	12	0.001	0.001
13	13	13	0.001	0.001
14	14	14	0.001	0.001
15	15	15	0.001	0.001
16	16	16	0.001	0.001
17	17	17	0.001	0.001
18	18	18	0.001	0.001
19	19	19	0.001	0.001
20	20	20	0.001	0.001
21	21	21	0.001	0.001
22	22	22	0.001	0.001
23	23	23	0.001	0.001
24	24	24	0.001	0.001
25	25	25	0.001	0.001
26	26	26	0.001	0.001
27	27	27	0.001	0.001
28	28	28	0.001	0.001

**GAMBAR 4-18 TAMPILAN HASIL RUGI DAYA ANTAR SALURAN
SETELAH OPTIMASI**

Pada gambar 4-18 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 4-8

Rugi Daya Tiap Saluran Penyulang Tumpang

Setelah Kompensasi

BUS		RUGI		BUS		RUGI	
from	to	kW	kvar	from	to	kW	kvar
1	2	30.362	46.865	34	38	0.018	0.027
2	3	0.001	0.001	35	36	0.000	0.000
2	4	13.694	16.740	35	37	0.002	0.002
4	5	6.518	7.981	38	39	0.006	0.009
5	6	0.002	0.003	40	41	3.283	5.019
5	7	12.027	14.753	41	42	0.658	1.006
7	8	6.775	8.322	42	43	1.494	2.284
8	9	0.009	0.014	42	68	1.471	2.284
8	14	3.209	3.958	43	44	1.041	1.592
9	10	0.001	0.001	44	45	0.070	0.107
9	11	0.006	0.009	45	46	0.000	0.001
11	12	0.000	0.000	45	47	0.216	0.330
11	13	0.000	0.000	47	48	0.049	0.074
14	15	3.460	5.290	48	49	0.102	0.156
15	16	0.003	0.004	48	52	0.731	1.117
15	17	10.855	16.593	49	50	0.021	0.033
17	18	0.022	0.033	50	51	0.013	0.020
17	20	18.231	27.869	52	53	0.015	0.023
18	19	0.006	0.010	52	59	0.053	0.081
20	21	25.466	38.928	53	54	0.000	0.001
21	22	5.801	8.868	53	55	0.050	0.077
22	23	0.081	0.123	55	56	0.004	0.006
22	40	3.381	5.168	55	57	0.007	0.010
23	24	0.091	0.139	57	58	0.010	0.016
24	25	0.108	0.165	59	60	0.017	0.026
25	26	0.000	0.000	60	61	0.001	0.001
25	27	0.025	0.039	60	62	0.047	0.072
27	28	0.037	0.056	62	63	0.000	0.000
28	29	0.004	0.006	62	64	0.010	0.016
28	31	0.018	0.028	64	65	0.001	0.001
29	30	0.004	0.007	64	66	0.036	0.055
31	32	0.014	0.022	66	67	0.002	0.004
31	33	0.021	0.031	68	69	1.560	2.386
33	34	0.023	0.035	69	70	0.000	0.001
34	35	0.010	0.015	69	71	0.475	0.727

BUS		RUGI		BUS		RUGI	
from	to	kW	kvar	from	to	kW	kvar
71	72	1.160	1.774	99	100	0.003	0.005
72	73	0.181	0.277	100	101	0.000	0.000
73	74	3.459	5.288	101	102	0.000	0.000
74	75	1.427	2.181	103	104	0.104	0.159
75	76	1.280	1.957	104	105	0.021	0.033
76	77	0.039	0.060	104	111	0.277	0.423
76	103	0.861	1.316	105	106	0.149	0.227
77	78	0.011	0.017	106	107	0.019	0.029
77	82	0.072	0.110	107	108	0.001	0.002
77	96	0.029	0.045	107	109	0.031	0.048
78	79	0.004	0.006	109	110	0.001	0.001
79	80	0.000	0.001	111	112	0.324	0.495
79	81	0.000	0.000	112	113	0.082	0.125
82	83	0.120	0.184	112	122	0.029	0.044
83	84	0.158	0.241	113	114	0.160	0.245
84	85	0.000	0.001	114	115	0.073	0.111
84	86	0.179	0.273	115	116	0.081	0.124
86	87	0.024	0.036	116	117	0.028	0.043
87	88	0.097	0.148	117	118	0.006	0.009
88	89	0.001	0.001	118	119	0.003	0.004
89	90	0.005	0.007	118	120	0.012	0.018
89	92	0.009	0.013	120	121	0.006	0.009
90	91	0.002	0.002	122	123	0.019	0.030
92	93	0.001	0.001	123	124	0.019	0.029
92	94	0.002	0.003	124	125	0.041	0.063
94	95	0.001	0.001	125	126	0.004	0.005
96	97	0.020	0.032	126	127	0.008	0.013
97	98	0.005	0.008	127	128	0.005	0.007
97	99	0.011	0.016	128	129	0.000	0.000

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

001	000	0.000	0.000
002	000	0.000	0.000
003	000	0.000	0.000
004	000	0.000	0.000
005	000	0.000	0.000
006	000	0.000	0.000
007	000	0.000	0.000
008	000	0.000	0.000
009	000	0.000	0.000
010	000	0.000	0.000
011	000	0.000	0.000
012	000	0.000	0.000
013	000	0.000	0.000
014	000	0.000	0.000
015	000	0.000	0.000
016	000	0.000	0.000
017	000	0.000	0.000
018	000	0.000	0.000
019	000	0.000	0.000
020	000	0.000	0.000
021	000	0.000	0.000
022	000	0.000	0.000
023	000	0.000	0.000
024	000	0.000	0.000
025	000	0.000	0.000
026	000	0.000	0.000
027	000	0.000	0.000
028	000	0.000	0.000
029	000	0.000	0.000
030	000	0.000	0.000
031	000	0.000	0.000
032	000	0.000	0.000
033	000	0.000	0.000
034	000	0.000	0.000
035	000	0.000	0.000
036	000	0.000	0.000
037	000	0.000	0.000
038	000	0.000	0.000
039	000	0.000	0.000
040	000	0.000	0.000
041	000	0.000	0.000
042	000	0.000	0.000
043	000	0.000	0.000
044	000	0.000	0.000
045	000	0.000	0.000
046	000	0.000	0.000
047	000	0.000	0.000
048	000	0.000	0.000
049	000	0.000	0.000
050	000	0.000	0.000
051	000	0.000	0.000
052	000	0.000	0.000
053	000	0.000	0.000
054	000	0.000	0.000
055	000	0.000	0.000
056	000	0.000	0.000
057	000	0.000	0.000
058	000	0.000	0.000
059	000	0.000	0.000
060	000	0.000	0.000
061	000	0.000	0.000
062	000	0.000	0.000
063	000	0.000	0.000
064	000	0.000	0.000
065	000	0.000	0.000
066	000	0.000	0.000
067	000	0.000	0.000
068	000	0.000	0.000
069	000	0.000	0.000
070	000	0.000	0.000
071	000	0.000	0.000
072	000	0.000	0.000
073	000	0.000	0.000
074	000	0.000	0.000
075	000	0.000	0.000
076	000	0.000	0.000
077	000	0.000	0.000
078	000	0.000	0.000
079	000	0.000	0.000
080	000	0.000	0.000
081	000	0.000	0.000
082	000	0.000	0.000
083	000	0.000	0.000
084	000	0.000	0.000
085	000	0.000	0.000
086	000	0.000	0.000
087	000	0.000	0.000
088	000	0.000	0.000
089	000	0.000	0.000
090	000	0.000	0.000
091	000	0.000	0.000
092	000	0.000	0.000
093	000	0.000	0.000
094	000	0.000	0.000
095	000	0.000	0.000
096	000	0.000	0.000
097	000	0.000	0.000
098	000	0.000	0.000
099	000	0.000	0.000
100	000	0.000	0.000

Jumlah Pembangkitan = 5637.7147 + 3648.8184i kVA
 Jumlah Pembebanan = 5467.319 + 3388.3401i kVA
 Jumlah Rugi-Rugi = 170.3957 + 260.4783i kVA
 Jumlah Tegangan = 1

GAMBAR 4-19 TAMPILAN HASIL JUMLAH PEMBANGKITAN, PEMBEBANAN, RUGI-RUGI SETELAH OPTIMASI MENGGUNAKAN METODE *ARTIFICIAL IMMUNE SYSTEMS*

Pada gambar 4-19 dimana jumlah pembangkitan, dan jumlah rugi-rugi setelah optimasi dengan menggunakan Metode *Artificial Immune Systems* pada penyulang tumpang terjadi penurunan setelah dilakukan optimasi yaitu untuk :

- jumlah pembangkitan menjadi $5637.7147 + 3648.8184i$ kVA.
- jumlah pembebanan $5467.319 + 3388.3401i$ kVA.
- jumlah rugi-rugi menjadi $170.3957 + 260.4783i$ kVA.

4.5. Analisa Hasil Setelah Optimasi

Setelah dilakukan perhitungan dengan menggunakan bahasa pemrograman MATLAB 7.0.4. Dengan metode *Artificial Immune Systems* penempatan kapasitor yang optimal terletak pada bus 112 dengan kapasitas kapasitor sebesar 900 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 44 s/d 129 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 5637.7147 + 3648.8184i kVA dari semula sebesar 5668.3612+3696.1456i kVA.
- Jumlah rugi-rugi daya 170.3957 + 260.4783i sebesar kVA dari semula sebesar 201.5692+308.1321i kVA.

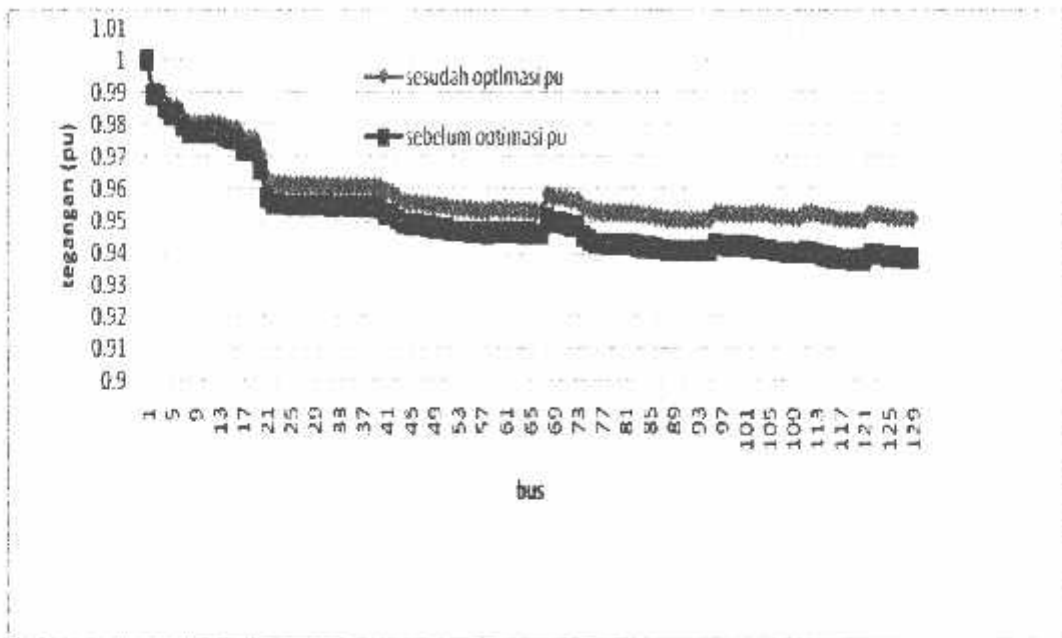
Dilihat dari hasil tersebut diatas bahwa kondisi jaringan setelah di pasang kapasitor dengan menggunakan metode *Artificial Immune Systems* terjadi perbaikan terutama untuk profil tegangan menjadi naik sesuai dengan batas operasi yang diijinkan oleh pihak PLN, dan untuk rugi-rugi daya terjadi penurunan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

Berikut adalah hasil dari program dengan metode *Artificial Immune Systems* setelah dilakukan penempatan kapasitor pada jaringan 20kV sistem distribusi radial di Penyulang Tumpang Malang.

TABEL 4-9

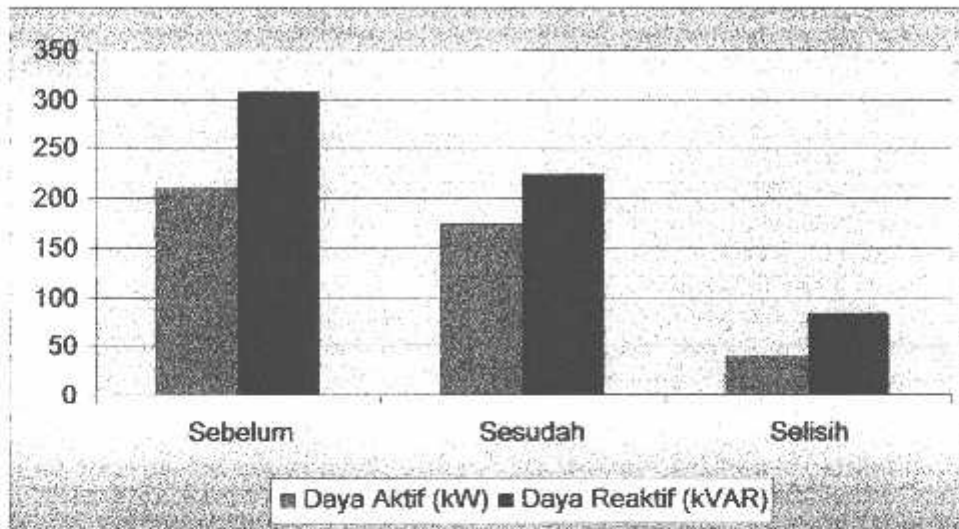
HASIL PROGRAM METODE *ARTIFICIAL IMMUNE SYSTEMS*

No	Keterangan	Sistem Penerapan	Sebelum Penempatan Dengan Metode <i>Artificial Immune Systems</i>	
			Bus	Kapasitas (kVAR)
1	Lokasi dan Kapasitas Kapasitor		112	900
2	Tegangan terendah pada (pu)	0.93783 pu atau 18.94 kV	0.95042 pu atau 19.0084 kV	
3	Rugi Daya:			
	Aktif (kW)	201.5692	170.3957	
	Pengurangan (%)		15.46%	
	Reaktif (kVAR)	308.13	235.94	
	Pengurangan (%)		23.43%	



**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 121 sebesar $0.93783 pu$ atau $18.7566 kV$ dan setelah dilakukan kompensasi naik menjadi $0.95042 pu$ atau $19.0084 kV$. 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 30.6735 kW dari 201.5692 kW menjadi 170.3957 kW sehingga terjadi penurunan sebesar 15.46% . Sedangkan untuk daya reaktif juga terjadi penurunan sebesar 72.19 kVAR dari 308.13 kVAR menjadi 235.94 kVAR sehingga terjadi penurunan sebesar 23.43% .

BAB V KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa diatas maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Letak kapasitor yang optimal terletak pada bus 112 dengan jenis kapasitor yang digunakan adalah tipe *Fixed*. Dengan kapasitas sebesar 900 *kVAR*.
2. Tegangan terendah pada saluran sebesar 0.93783 *pu* atau sebesar 18.9432 *kV* terdapat pada bus 121 dan setelah optimasi naik menjadi 0.95042 *pu* atau sebesar 19.32 *kV*.
3. Besarnya penurunan rugi-rugi daya setelah kompensasi : untuk rugi daya aktif sebesar 15.46% dari 201.5692 *kW* menjadi 170.3957 *kW*, dan untuk daya reaktif sebesar 23.43% dari 308.13 *kVAR* menjadi 235.94 *kVAR*.

5.2. Saran – saran

Penentuan letak dan kapasitas kapasitor pada jaringan distribusi primer tipe radial dengan menggunakan metode *Artificial Immune Systems* perlu dikembangkan dan diaplikasikan dalam menganalisa saluran-saluran yang telah ada maupun untuk perencanaan perluasan jaringan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Satie Takehara, Rosana and Romero, Ruben. 2006. "**Artificial Immune System Applied to Optimal Capacitor Placement in Radial Distribution Networks**". Latin America, Venezuela. IEEE PES Transmission and Distribution Conference and Exposition,.
 - [2]. Basri Hasan. 1990. "**Sistem Distribusi**", Balai Penerbit dan Humas ISTN.
 - [3]. Huang, Shyh-Jier. April 2000. "**An Immune - Based Optimization Method to Capacitor Placement in a Radial Distribusi System**", IEEE Transaction on Power Delivery, Vol. 15, No. 2.
 - [4]. Kusumadewi Sri. 2003. "**Artificial Intellegence (Teknik dan Aplikasinya)**". Yogyakarta. penerbit: Graha Ilmu.
 - [5]. Stevenson, William D, Jr. 1996. "**Analisa System Tenaga Listrik**", Penerbit: Erlangga edisi keempat.
 - [6]. Gonen, Turan. 2000 "**Electric Power Distribution System Engineering**", University of Missouri at Columbia.
-



✓ DATA PENGUKURAN BEBAN TRAFODISTRIBUSI
UPJ TUMPANG

DAFTAR PENGUKURAN BEBAN TRAFU DISTRIBUSI UPJ TUMPANG SEMESTER I (SATU)

No Grd	Alamat Gardu	KVA Trafo	TYPE TRAFU I Phs 3 Phs	Arus Jurusan A			Arus Jurusan B			Arus Jurusan C			Arus Jurusan D			Beban Total			Terdogan Phase - O			Beban Trafo %	Tanggal ukur		
				R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T				
171	Da. Tenge Komid	50	C																						
172	Da. Sumberpauk [PT Catur]	315	C																						
173	Da. Sumberpauk [Peranak Ayam]	200	O																						
174	Da. Sutokulo [Peranak Ayam]	200	O																						
175	Da. Kesatrian Jabung	100	O																						
Catatan :																									
Lihat nomor gardu yang ada di atasnya																									
sudah sesuai dgn di lapangan,																									
Layar Trafo Sudah Sesuai																									
												Mengisi:													
												MANAGER UPJ													
												ALLATIF AGUSTINC													



SUPERVISOR TEKNIK
 MALANG, 25 Feb 2007

LAMPIRAN





- ✓ FORMULIR SKRIPSI
- ✓ SURAT SURVEY





FORMULIR PENGAJUAN JUDUL SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO/T. ENERGI LISTRIK S-1

1.	Nama Mahasiswa . Edwin prasetyo	Nim : 0112105		
2.	Waktu Pengajuan :	Tanggal 10	Bulan 12	Tahun 2007
Spesifikasi Judul *)				
3.	<input checked="" type="radio"/> a. Sistem Tenaga Elektrik <input type="radio"/> b. Mesin-Mesin Elektrik & Elda <input type="radio"/> c. Sistem Pemb. Energi Elektrik		<input type="radio"/> d. Sistem Kendali <input type="radio"/> e. Teknik Tegangan Tinggi <input type="radio"/> f. Lainnya	
4.	Konsultasikan judul sesuai materi bidang ilmu kepada Kelompok Dosen Keahlian **) <i>Ir. Choirul Saleh, MT</i>		Ketua Jurusan,  Ir. F. Yudi Limpraptono, MT Nip.P. 1039500274	
5.	Judul yang diajukan mahasiswa	Optimasi penempatan kapasitor pada jaringan distribusi primer 20kV menggunakan metode artificial immune systems pada jaringan distribusi radial di GL pakis		
6.	Perubahan Judul yang Diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian			
7.	Catatan :			
8.	Persetujuan Judul Skripsi yang dikonsultasikan kepada Kelompok Dosen Keahlian		Disetujui, Kelompok Dosen Keahlian  <u>Ir. H. Choirul Saleh, MT</u> Tanggal : 10-12-2007	

Perhatian :

1. Formulir Pengajuan ini harap dikembalikan ke Jurusan paling lambat *satu minggu* setelah disetujui Kelompok Dosen Keahlian dengan dilampirkan Proposal Skripsi beserta persyaratan Skripsi sesuai **Form. S-1**.
2. *) dilingkari a, b, c, ... atau f sesuai bidang Keahlian.
3. **) diisi oleh Jurusan.



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

Lampiran : Satu berkas
Perihal : **Dosen Pembimbing
Skripsi**

Kepada : Yth. Bapak/Ibu. Ir. H. Choirul Saleh, MT
Dosen Institut Teknologi Nasional MALANG

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Edwin Prasetyo
Nim : 01.12.105
Semester : XIV
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Energi Listrik


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

“OPTIMASI PENEMPATAN KAPASITOR PADA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20kV MENGGUNAKAN METODE ARTIFICIAL IMMUNE SYSTEMS PADA JARINGAN DISTRIBUSI RADIAL DI GI. PAKIS MALANG”.

Adapun Tugas tersebut sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sjana Teknik.


Demikian permohonan kami, atas kesediaan Bapak / ibu kami ucapkan terima kasih.

Ketua
Jurusan Teknik Elektro S-1


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

Malang,

Hormat kami,


Edwin Prasetyo
Nim. 01.12.105

Form. S - 3a



PERNYATAAN KESEDIAAN DALAM PEMBIMBINGAN SKRIPSI

Sesuai dengan Permohonan Mahasiswa :


Nama : Edwin Prasetyo
Nim : 01.12.105
Semester : XIV
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Energi Listrik

Dengan ini menyatakan **bersedia / tidak bersedia** *) Membimbing skripsi dari mahasiswa tersebut, dengan judul :

“OPTIMASI PENEMPATAN KAPASITOR PADA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20kV MENGGUNAKAN METODE *ARTIFICIAL IMMUNE SYSTEMS* PADA JARINGAN DISTRIBUSI RADIAL DI GL. PAKIS MALANG”.

Demikian pernyataan ini kami buat untuk dapat dipergunakan seperlunya.

Malang,
Kami Yang Membuat Pernyataan,


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

Catatan :

1. Setelah disetujui agar formulir ini diserahkan mahasiswa/i yang bersangkutan. Kepada jurusan untuk diproses lebih lanjut
2. *) Coret yang tidak perlu



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

Lampiran : Satu berkas
Perihal : **Dosen Pembimbing
Skripsi**

Kepada : Yth. Bapak/Ibu. Irrine Budi S, ST. MT
Dosen Institut Teknologi Nasional
MALANG

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Edwin Prasetyo
Nim : 01.12.105
Semester : XIV
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Energi Listrik

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

“OPTIMASI PENEMPATAN KAPASITOR PADA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20kV MENGGUNAKAN METODE ARTIFICIAL IMMUNE SYSTEMS PADA JARINGAN DISTRIBUSI RADIAL DI GL. PAKIS MALANG”.

Adapun Tugas tersebut sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sjana Teknik.

Demikian permohonan kami, atas kesediaan Bapak / ibu kami ucapkan terima kasih.

Ketua
Jurusan Teknik Elektro S-1

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

Malang,

Hormat kami,

Edwin Prasetyo
Nim : 01.12.105

Form. S. 3a



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

PERNYATAAN KESEDIAAN DALAM PEMBIMBINGAN SKRIPSI

Sesuai dengan Permohonan Mahasiswa :

Nama : Edwin Prasetyo
Nim : 01.12.105
Semester : XIV
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Energi Listrik

Dengan ini menyatakan **bersedia / tidak bersedia** *) Membimbing skripsi dari mahasiswa tersebut, dengan judul :

“OPTIMASI PENEMPATAN KAPASITOR PADA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20kV MENGGUNAKAN METODE *ARTIFICIAL IMMUNE SYSTEMS* PADA JARINGAN DISTRIBUSI RADIAL DI GI. PAKIS MALANG”.

Demikian pernyataan ini kami buat untuk dapat dipergunakan seperlunya.

Malang,
Kami Yang Membuat Pernyataan,

Irrine Budi S, ST, MT
NIP : 132314400

Catatan :

1. Setelah disetujui agar formulir ini diserahkan mahasiswa/i yang bersangkutan. Kepada jurusan untuk diproses lebih lanjut
2. *) Coret yang tidak perlu



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

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

BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

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

Malang, 07 Juli 2008

Nomor : ITN-131/I.TA/2/08
Lampiran : -
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Kepada : Yth. Sdr. **Ir. H. CHOIRUL SALEH, MT**
Dosen Institut Teknologi Nasional Malang

Dosen Pembimbing
Jurusan Teknik Elektro S-1
di
Malang

Dengan hormat
Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi
Untuk Mahasiswa :

Nama : EDWIN PRASETYO
Nim : 0112105
Fakultas : Teknologi Industri
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi listrik

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

23 Juni 2008 s/d 23 Desember 2008

Sebagai satu syarat untuk menempuh ujian Sarjana Teknik,
Jurusan Teknik Elektro S-1
Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan
terima kasih



Ketua Jurusan
Teknik Elektro S-1

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

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

Form. S 4a



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

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

Kampus I (PERSERO) MALANG
 NK NIAGA MALANG

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

Malang, 07 Juli 2008

nomor : ITN-132/I.TA/2/08
 ampiran : -
 perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

kepada : Yth. Sdr. **IRRINE BUDI S, ST, MT**
 Dosen Institut Teknologi Nasional Malang

Dosen Pembimbing
 Jurusan Teknik Elektro S-1
 di
 Malang

Dengan hormat
 Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi
 Untuk Mahasiswa :

Nama : EDWIN PRASETYO
 Nim : 0112105
 Fakultas : Teknologi Industri
 Jurusan : Teknik Elektro S-1
 Konsentrasi : Teknik Energi listrik

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

23 Juni 2008 s/d 23 Desember 2008

Sebagai satu syarat untuk menempuh ujian Sarjana Teknik,
 Jurusan Teknik Elektro S-1
 Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan
 terima kasih



Ketua Jurusan
 Teknik Elektro S-1

[Signature]
 Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
 Nip. Y. 1039500274

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

Form. S 4a



FORMULIR BIMBINCAN SKRIPSI

Nama : EDWIN PRASETYO
Nim : 01.12.105
Masa Bimbingan : 19 Juli 2008 s/d 19 Desember 2008
Judul Skripsi : **OPTIMASI PENEMPATAN DAN KAPASITAS KAPASITOR
PADA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20kV
MENGUNAKAN METODE *ARTIFICIAL IMMUNE
SYSTEMS* DI GI. PAKIS, PENYULANG TUMPANG
MALANG**

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

Malang, 2008
Dosen Pembimbing,

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

Form.S-4b



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : EDWIN PRASETYO
Nim : 01.12.105
Masa Bimbingan : 19 Juli 2008 s/d 19 Desember 2008
Judul Skripsi : **OPTIMASI PENEMPATAN DAN KAPASITAS KAPASITOR PADA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20kV MENGGUNAKAN METODE ARTIFICIAL IMMUNE SYSTEMS DI GI. PAKIS, PENYULANG TUMPANG MALANG**

No.	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.	21 Agustus 08	Belajar w/ ruten & distribusi : jgn copi	
2.		parta tapi belk balu apa malamat / yg or hulis	
3.	28 Agustus 08	Bab 11 partu permasalahan yg lwal	
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			

Malang, 2008
Dosea Pembimbing,

Irrine Budi S. ST, MT
NIP. 132314400

Form. S-4b



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

LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : EDWIN FRASETYO
N.I.M. : 01.12.105
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
Judul Skripsi :

**“OPTIMISASI PENEMPATAN DAN KAPASITAS KAPASITOR PADA
JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20 Kv DENGAN METODE
ARTIFICIAL IMMUNE SYSTEMS PADA GI. PAKIS PENYULANG
TUMPANG MALANG”**

Tanggal Mengajukan Skripsi : 19 Juli 2008
Tanggal Menyelesaikan Skripsi : 23 September 2008
Dosen Pembimbing I : Ir. H. Choirul Saleh, MT
Telah Di Evaluasi Dengan Nilai : 85 (Delapan Puluh Lima)

Malang, September 2008

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

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

Diperiksa Dan Disetujui,
Dosen Pembimbing

Ir. H. Choirul Saleh, MT
NIP. Y.1616000190



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

LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : EDWIN PRASETYO
N.I.M. : 01.12.105
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
Judul Skripsi :

**“OPTIMISASI PENEMPATAN DAN KAPASITAS KAPASITOR PADA
JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20 Kv DENGAN METODE
ARTIFICIAL IMMUNE SYSTEMS PADA GL PAKIS PENYULANG
TUMPANG MALANG”**

Tanggal Mengajukan Skripsi : 19 Juli 2008
Tanggal Menyelesaikan Skripsi : 23 September 2008
Dosen Pembimbing II : Irrine Budi. S, ST, MT
Telah Di Evaluasi Dengan Nilai : 90 (Sembilan Puluh)

Malang, September 2008

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

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

Diperiksa Dan Disetujui,
Dosen Pembimbing

Irrine Budi. S, ST, MT
NIP. 132314400



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

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

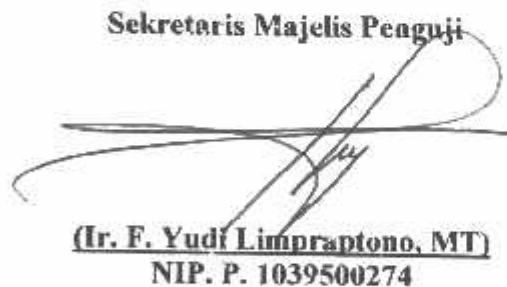
Nama Mahasiswa : EDWIN PRASETYO
N.I.M. : 01.12.105
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
Judul Skripsi : OPTIMASI PENEMPATAN DAN KAPASITAS
KAPASITOR PADA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20kV DENGAN
METODE *ARTIFICIAL IMMUNE SYSTEMS* PADA GI. PAKIS, PENYULANG
TUMPANG MALANG

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

Hari : Kamis
Tanggal : 23 September 2008
Dengan Nilai : 79.25 (B+) *Bud*

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. Taufik Hidayat, MT)
NIP. Y. 1018700015


Penguji Kedua
(Bambang Pric H, ST, MT)
NIP.Y. 1028400082