

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



**ANALISIS PENEMPATAN KAPASITOR PADA JARINGAN  
DISTRIBUSI PRIMER 20 kV DENGAN MENGGUNAKAN  
METODE ALGORITMA IMMUN DI G.I SENGKALING  
PENYULANG PUJON**

**SKRIPSI**

*Disusun Oleh :*  
**M. IMRON QIYA' UDIN**  
**00.12.106**

**FEBRUARI 2006**



THE AMERICAN POLICE OFFICERS  
ASSOCIATION  
NATIONAL POLICE CONFERENCE  
MEMBER

THE AMERICAN POLICE OFFICERS  
ASSOCIATION  
NATIONAL POLICE CONFERENCE  
MEMBER

1971

MEMBER

MEMBER

MEMBER

MEMBER

LEMBAR PERSETUJUAN

ANALISIS PENEMPATAN KAPASITOR PADA JARINGAN  
DISTRIBUSI PRIMER 20 kV DENGAN MENGGUNAKAN  
METODE ALGORITMA IMMUN DI G.I SENGKALING  
PENYULANG PUJON

SKRIPSI

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

Disusun Oleh :

**M. IMRON QIYA' UDIN**

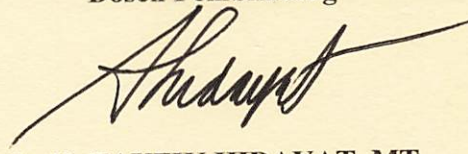
00.12.106

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro



**D. F. YUDI LIMPRAPTONO, MT**  
NIP.Y. 1039500274

Diperiksa dan disetujui,  
Dosen Pembimbing



**Ir. H. TAUFIK HIDAYAT, MT**  
NIP.Y. 1018700151

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

## Assalamu'alaikum Wr, Wb

*Alhamdulillahirobbilalamin* ku ucapkan segala puji dan syukur atas rahmat dan hidayahNya dari pemilik segala keajaiban di dunia dan akherat, penuntun setiap jalan yang kutempuh, pemberi keikhlasan dan kesabaran yang tiada ada yang lain, ALLAH SWT, yang telah memberi kekuatan dan kemampuan sehingga dapat terselesaikan karya ini.

*"Dan, mohonlah kepada ALLAH sebagian dari KaruniaNya" (QS. AnNisa':32)*

Ayah dan Ibu, yang dengan ikhlas, sabar, senantiasa memberi dan memberiku do'a, dukungan, nasehat, materi, dan telah membesarkanku hingga menjadi seseorang. Do'a dan dukungan dari Ayah dan Ibu akan terus kubutuhkan untuk mempermudah jalan kehidupan yang akan kulalui nanti. Untuk mempersembahkan segala cita yang ada, yang mungkin takkan mampu menebus semua yang telah Ayah dan Ibu berikan untuk keberhasilanku. Makasih Yah, Bu'...

Teman-teman yang kini dah jadi sodara baruku (Tanto, Jamroji "Gendon", Wafa, Yusuf, Ali, Bowo, Windu "Kenthang") makasih buat batuan, hiburan, dan guyonan2 saat tiada daya bibirku untuk tersenyum. Kalianlah yang telah menghapus semua beban dan ganjalan di hati hingga yang ada hanya ikhlas dan berusaha bersama dengan bantuan kalian.

Matur sembah nuwum dumateng rencang spesial kulo: Tanto, suwon yo Lhé wes nyemangati aku lan maknani urip. Santo, Andik, Bisri (Suwon sepedahé, komputer, printer, flash disck lan sak pinunggalane). Teman seperjuanganku, terimakasih atas dukungan, semangat dan kekompakan kita yang telah memberikan hasil yang ga' sia-sia, dan akhirnya dapat juga wisuda bareng. Untuk yang belum (Santo dan Ja'y) CAYO abis, kalian pasti bisalll

Untuk yang termANIES, yang manja, résé, slalu ngrecoki skripsiku. Moga cepet slese juga skripsinya. Amiin. Makasih dah bantu, meski cuma di lembar ini aja. Hanya satu yang kuminta darimu, dan smoga kau tau itu...

# ABSTRAKSI

## ANALISIS PENEMPATAN KAPASITOR PADA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20kV DENGAN MENGGUNAKAN METODE ALGORITMA IMMUN DI G.I SENGKALING PENYULANG PUJON

( M. Imron Qiya' Udin, Nim 00.12.106, Teknik Elektro/T.Energi Listrik)  
(Dosen Pembimbing : Ir. H. Taufik Hidayat, MT)

**Kata Kunci** : Sistem Distribusi Radial, Penempatan Kapasitor, Pengurangan Rugi-rugi, Node Sensitif, Fixed Capacitor, metode Algoritma Immun.

Dengan meningkatnya usaha disektor 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 TL dan lain-lain. Beban industri sangat banyak membutuhkan daya reaktif induktif.

Seiring dengan meningkatnya beban-beban induktif, maka daya reaktif yang ada di jaringan akan semakin besar yang selanjutnya akan memperbesar komponen rugi-rugi daya, disamping itu dapat memperburuk kondisi tegangan. Untuk mereduksi rugi daya solusinya dengan pemasangan kapasitor. Dalam skripsi ini digunakan Strategi Pencarian Heuristik untuk penempatan kapasitor dan besar kapasitas kapasitor yang optimal pada jaringan. Perhitungan aliran daya Newton Raphson diterapkan untuk mengetahui perubahan hasil dari pemasangan kapasitor.

Pada penyulang Pujon 20 kV dipasang 3 buah kapasitor yaitu pada node 68 dengan kapasitas 300 kVAR, node 86 dengan kapasitas 300 kVAR dan node 47 dengan kapasitas 300 kVAR. Besarnya penurunan rugi daya aktif adalah 25,792 kW dari sebelum pemasangan kapasitor 102,862 kW menjadi 104,070 kW, sedangkan untuk daya reaktif juga terjadi penurunan sebesar 32,097 kVAR dari sebelum pemasangan kapasitor 161,362 kVAR menjadi 129,265 kVAR Tegangan tiap node meningkat sedangkan aliran daya dan arus menurun pada setiap saluran.

Biaya tahunan sebelum pemasangan kapasitor sebesar NT\$ 963,085 atau sebesar Rp. 1.252.010.500,-/tahun, sedangkan total biaya tahunan setelah pemasangan kapasitor sebesar NT \$ 922,683 atau sebesar Rp. 1.199.487.900,-/tahun (asumsi 1 NT \$ adalah Rp. 1.300,-) sehingga keuntungan yang di dapat adalah sebesar NT\$ 40,402 atau sebesar Rp. 52.522.600,-/tahun.

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmat dan karunia-Nya memungkinkan penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul, “*ANALISIS PENEMPATAN KAPASITOR PADA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20 kV DENGAN MENGGUNAKAN METODE ALGORITMA IMMUN DI G.I SENGKALING PENYULANG PUJON*”.

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

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

1. **Ir. H. Taufik Hidayat, MT**, selaku dosen pembimbing.
2. **Ugro, ST**, sebagai *programmer*.
3. **Mas Farid**, terima kasih atas buku dan sarananya.
4. Rekan-rekan elektro energi listrik yang saling membantu dan saling mengisi dalam pengerjaan skripsi ini.

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

Malang, Februari 2006

Penulis

## DAFTAR ISI

Halaman :

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	ii
<b>ABSTRAKSI</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR GRAFIK</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan .....	3
1.4. Batasan Masalah .....	3
1.5. Metodologi Penelitian .....	4
1.6. Sistematika Penulisan .....	5
<b>BAB II SISTEM DISTRIBUSI DAN APLIKASI KAPASITOR</b> .....	7
2.1. Sistem Distribusi Tenaga Listrik .....	7
2.1.1 Sistem Distribusi Primer (Jaringan Tegangan Menengah) .....	8
2.1.2 Sistem Distribusi Primer (Jaringan Tegangan Rendah) .....	8
2.2. Struktur Jaringan Distribusi Tenaga Listrik .....	9

2.3.	Sistem Jaringan Distribusi Radial .....	9
2.3.1.	Sistem Radial Pohon .....	10
2.3.2.	Sistem Radial dengan Tie dan Switch Pemisah .....	11
2.3.3.	Sistem Radial dengan Pembagian Phase Area .....	11
2.3.4.	Sistem Radial Dengan Beban Terpusat .....	12
2.4.	Daya Reaktif dan Faktor Daya .....	13
2.5.	Kapasitor Daya .....	15
2.5.1.	Kapasitor Seri dan Kapasitor Shunt .....	15
2.5.2.	Faktor-Faktor pemilihan Kapasitor Seri dan Kapasitor shunt..	15
2.6.	Pengaruh Pemasangan Kapasitor Shunt .....	17
2.6.1.	Pengurangan Rugi-Rugi dengan Kapasitor Shunt .....	18
2.6.2.	Perbaikan Tegangan .....	19
2.6.3.	Perbaikan Faktor Daya dan Kenaikan Kapasitas Sistem .....	20
2.6.4.	Perhitungan Pengaruh Perbaikan Faktor Daya .....	22
2.7.	Sistem Per-Unit .....	23

<b>BAB III</b>	<b>STUDI PENENTUAN LETAK DAN KAPASITAS</b>	
	<b>KAPASITOR PADA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER</b>	
	<b>20 kV TIPE RADIAL DENGAN METODE</b>	
	<b>ALGORITMA IMMUN.....</b>	<b>25</b>
3.1.	Analisa Aliran Daya Jaringan Radial.....	25
3.1.1.	Tujuan .....	25
3.1.2.	Metode Newton Raphson .....	25
3.1.3.	Diagram Alir Aliran Daya Newton Raphson .....	29
3.2.	Metode Algoritma Immun (IA) .....	30
3.2.1.	Konsep Dasar Immun.....	30



3.2.2.	Perwujudan Keragaman dan Perhitungan Afinitas .....	30
3.2.3.	Operasi Genetik.....	32
3.3	Fungsi Obyektif.....	34
3.4	Algoritma Penyelesaian Masalah .....	35
<b>BAB IV</b>	<b>ANALISA PENENTUAN LETAK, KAPASITAS</b>	
	<b>KAPASITOR, JUMLAH PADA JARINGAN DISTRIBUSI</b>	
	<b>RADIAL PENYULANG PUJON.....</b>	<b>37</b>
4.1.	Analisis Penempatan Kapasitor Dengan Metode Algoritma Immun.....	37
4.2.	Flowchat Penyelesaian Masalah .....	38
4.3.	Data Perhitungan .....	40
4.3.1.	Data Saluran .....	40
4.3.2.	Data Pembebanan .....	42
4.3.3.	Data Kapasitas Kapasitor dan Harga.....	45
4.4	Analisa Perhitungan .....	45
4.4.1	Perhitungan Penghematan Biaya ( <i>Saving Cost</i> ).....	46
4.5	Hasil Program.....	48
4.5.1.	Tampilan Program.....	48
4.5.2.	Hasil penempatan kapasitor menggunakan Metode <i>Algoritma Immun</i> .....	57
<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN .....</b>	<b>63</b>
5.1.	Kesimpulan .....	63
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		
<b>LAMPIRAN</b>		

## DAFTAR GAMBAR

Gambar :	Halaman :
2-1. Jaringan Distribusi Tegangan Menengah (JTM) Jaringan Tegangan Rendah dan Sambungan Rumah Ke Pelanggan .....	7
2-2. Contoh Sistem Distribusi Radial .....	9
2-3. Contoh Jaringan Distribusi Radial Dengan <i>Tie</i> dan <i>Switch</i> Pemisah .....	11
2-4. Contoh Jaringan Distribusi Radial Dengan Phase Area .....	12
2-5. Contoh Jaringan Distribusi Radial Dengan Beban Terpusat .....	13
2-6. Segitiga Daya .....	14
2-7. Segitiga Arus .....	14
2-8. Saluran Primer Dengan Beban Terpusat .....	18
2-9. Vektor Diagram Sebelum dan Sesudah Pemasangan Kapasitor Shunt Pada Jaringan .....	20
2-10. Perbaikan Faktor Daya .....	21
2-11. Diagram Fasor dan Sudut Daya Beban Distribusi .....	22
3-1. Diagram Alir Aliran Daya Newton Raphson.....	29
4-1. Tampilan Utama Program.....	48
4-2. Tampilan Utama Program (Data General).....	49
4-3. Tampilan Utama Program (Data Bus) .....	49
4-4. Tampilan Utama Program (Data Saluran) .....	50
4-5. Tampilan Utama Program (Data Generator).....	50

4-6.	Nilai Tegangan Tiap Node Sebelum Penempatan Menggunakan Metode Algoritma Immun .....	51
4-7.	Hasil Aliran Daya Sebelum Penempatan Menggunakan Metode Aliran Daya Newton Raphson .....	51
4-8.	Hasil Summary Sebelum Penempatan Menggunakan Metode Aliran Daya Newton Raphson .....	52
4-9.	Parameter Dalam Menentukan Lokasi, Kapasitas Kapasitor Dan Jumlah Dengan Metode Algoritma Immun .....	52
4-10.	Hasil Nilai Tegangan Tiap Node Setelah Penempatan Menggunakan Metode Newton Raphson .....	53
4-11.	Hasil Analisa Aliran Daya Newton Raphson setelah penempatan Kapasitor Metode Newton Raphson .....	53
4-12.	Hasil Summary Setelah Penempatan Menggunakan Metode Aliran Daya Newton Raphson .....	54
4-13.	Hasil Grafik Tegangan Sebelum Dan Setelah Penempatan Kapasitor.....	54
4-14.	Hasil Penempatan Kapasitor Dengan Menggunakan Algoritma Immun...	55
4-14.	Single Line Diagram Penyulang Pujon Sebelum Penempatan Kapasitor.....	61
4-15.	Single Line Diagram Penyulang Pujon Setelah Penempatan Kapasitor Metode Algoritma Immun.....	62

## DAFTAR GRAFIK

Grafik :	Halaman :
4-1. Profil Tegangan Sebelum dan Setelah Penempatan Kapasitor .....	59
4-2. Rugi Rugi Daya Aktif Dan Rugi-Rugi Daya Reaktif Sebelum Dan Setelah Penempatan Kapasitor .....	60
4-3. Nilai Biaya Sebelum dan Setelah Penempatan Kapasitor Metode Algoritma Immun.....	60

## DAFTAR TABEL

Tabel :	Halaman :
2-1. Kapasitor Seri dan Kapasitor Shunt.....	16
4-1. Spesifikasi Saluran.....	40
4-2. Data Saluran Penyulang Pujon .....	41
4-3. Data Pembebanan Sistem 20 kV Penyulang Pujon .....	42
4-4. Ukuran dan Harga Kapasitor Yang Tersedia .....	45
4-5. Nilai Tegangan Sebelum dan Sesudah Pemasangan Kapasitor .....	56
4-6. Hasil Penempatan Kapasitor Metode Algoritma Immun.....	57

# 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.

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

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

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

## 1.2. Rumusan Masalah

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

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

Dari permasalahan yang timbul diatas, maka skripsi ini berjudul:

**“ANALISIS PENEMPATAN KAPASITOR PADA JARINGAN  
DISTRIBUSI RADIAL PRIMER 20 kV DENGAN METODE *ALGORITMA  
IMMUN* DI GI SENGKALING PENYULANG PUJON”**

### 1.3. Tujuan.

Adapun tujuan penulisan skripsi ini adalah

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

### 1.4. Batasan Masalah

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

1. Jaringan yang akan dianalisa adalah jaringan distribusi radial 20 kV di penyulang Pujon.
2. Hanya Kapasitor Shunt yang digunakan dalam perbaikan tegangan dan pengurangan rugi daya.
3. Analisa penentuan letak kapasitor dan pemilihan kapasitas kapasitor menggunakan metode *Algoritma Immun*.
4. Tidak membahas penyebab gangguan.
5. Tidak membahas secara detail metode aliran daya yang digunakan yaitu metode Newton Raphson.



## 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 dan pembahasan masalah

Analisa perhitungan tegangan, sudut fasa tegangan, rugi-rugi daya dan aliran daya tiap saluran menggunakan metode Newton Raphson, untuk menentukan penempatan kapasitor yang optimal menggunakan Metode *Algoritma Immun* yang disimulasikan dengan program komputer.

## 1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika dari pembahasan di dalam skripsi ini adalah sebagai berikut :

### **BAB I : PENDAHULUAN**

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

### **BAB II : SISTEM DISTRIBUSI 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.

### **BAB III : STUDY PENENTUAN LETAK DAN KAPASITAS KAPASITOR PADA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20 kV TIPE RADIAL DENGAN METODE *ALGORITMA IMMUN***

Pada bab ini akan dibahas metode aliran daya Newton Raphson, teori-teori mengenai metode *Algoritma Immun* untuk menentukan penempatan dan kapasitas kapasitor, serta algoritma metode *Algoritma Immun*.

### **BAB IV : ANALISA PENENTUAN LETAK, KAPASITAS KAPASITOR, JUMLAH PADA JARINGAN DISTRIBUSI RADIAL PENYULANG PUJON**

Pada bab ini akan dibahas mengenai penentuan letak dan kapasitas kapasitor menggunakan metode *Algoritma Immun*, perbandingan

profil tegangan, rugi daya dan nilai biaya sebelum dan setelah penempatan kapasitor.

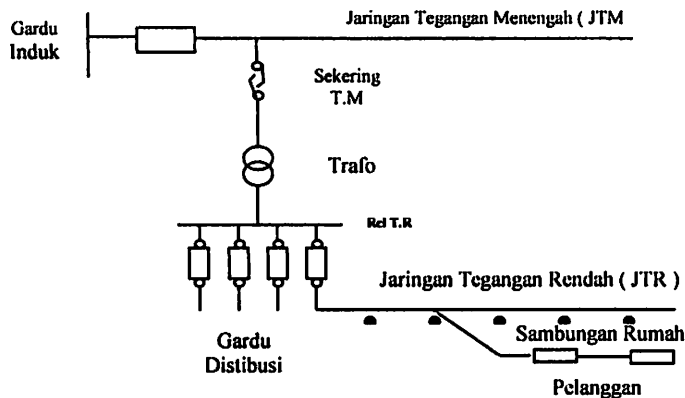
## **BAB V : KESIMPULAN**

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

## BAB II

### SISTEM DISTRIBUSI DAN APLIKASI KAPASITOR

#### 2.1. Sistem Distribusi Tenaga Listrik



**Gambar 2-1**  
**Jaringan Distribusi Tegangan Menengah (JTM),**  
**Jaringan Tegangan Rendah dan Sambungan**  
**Rumah Ke Pelanggan <sup>[1]</sup>**

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

Dalam pendistribusian tenaga listrik ke konsumen, tegangan yang digunakan bervariasi tergantung dari jenis konsumen yang membutuhkan. Untuk konsumen industri biasanya digunakan tegangan menengah 20 kV sedangkan untuk konsumen perumahan digunakan tegangan rendah 220/380 Volt, yang

merupakan tegangan siap pakai untuk peralatan-peralatan rumah tangga. Dengan demikian maka sistem distribusi tenaga listrik dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian sistem yaitu:

1. Sistem Distribusi Primer (Jaringan Tegangan Menengah)
2. Sistem Distribusi Sekunder (Jaringan Tegangan Rendah)

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

#### **2.1.1. 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.

#### **2.1.2. 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.

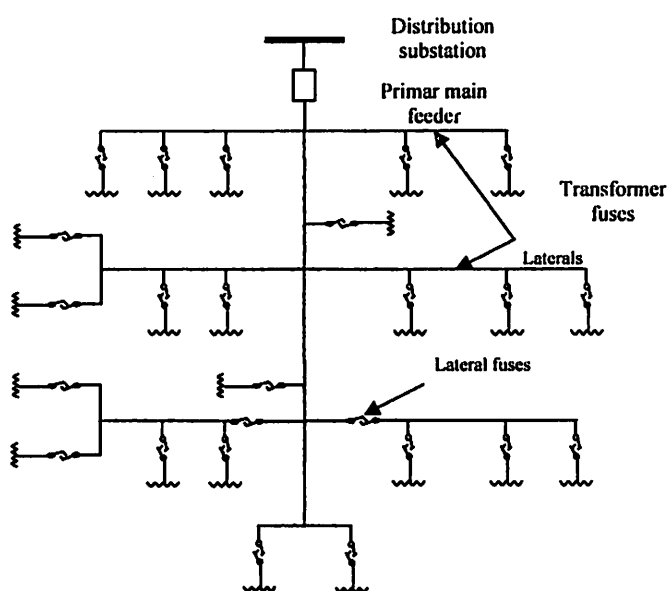
## 2.2. Struktur Jaringan Distribusi Tenaga Listrik

Ada beberapa bentuk jaringan yang umumnya dipergunakan untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik yaitu:

1. Sistem Jaringan Distribusi Radial
2. Sistem Jaringan Distribusi Tertutup (Loop)
3. Sistem Jaringan Distribusi Mesh.

## 2.3. Sistem Jaringan Distribusi Radial

Bentuk jaringan ini merupakan bentuk dasar yang paling sederhana dan paling banyak 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 2-2.



**Gambar 2-2**  
Contoh Sistem Distribusi Radial <sup>[1]</sup>

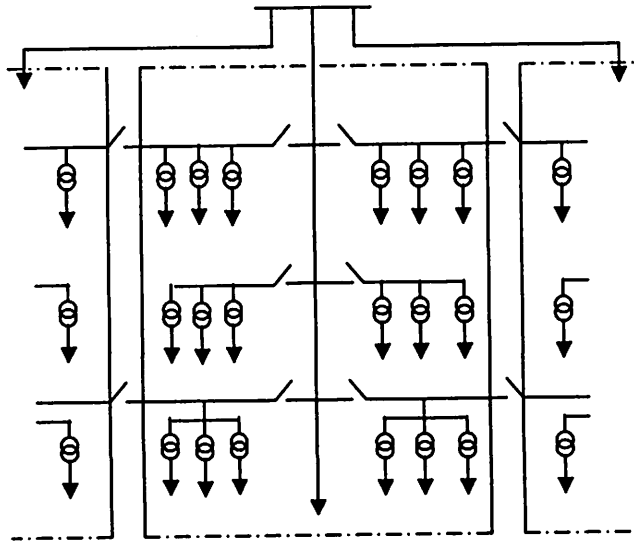
Pelayanan tenaga listrik untuk suatu daerah beban tertentu dilaksanakan dengan memasang transformator pada sembarang titik pada jaringan yang sedekat mungkin dengan daerah beban yang dilayani. Untuk daerah beban yang menyimpang jauh dari saluran utama maupun saluran cabang, maka akan ditarik lagi saluran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

Kelemahan yang dimiliki oleh sistem radial adalah jatuh tegangan yang cukup besar dan bila terjadi gangguan pada sistem akan dapat mengakibatkan jatuhnya sebagian atau bahkan seluruh beban sistem.

### **2.3.1. Sistem Radial Pohon**

Sistem radial jaringan pohon ini merupakan bentuk yang paling dasar dari sistem jaringan radial. Saluran utama (main feeder) ditarik dari suatu gardu induk sesuai dengan kebutuhan kemudian dicabangkan melalui saluran cabang (lateral feeder). Ukuran dari masing-masing saluran tergantung dari kerapatan arus yang di tanggung. Dari gambar 2-2, main feeder merupakan saluran yang dialiri arus terbesar, selanjutnya arus mengecil pada tiap cabang tergantung dari besarnya beban.

### 2.3.2. Sistem Radial dengan Tie dan Switch Pemisah.



**Gambar 2-3**  
**Contoh Jaringan Distribusi Radial**  
**Dengan Tie dan Swicth Pemisah <sup>[2]</sup>**

Sistem ini merupakan pengembangan dari sistem radial pohon, untuk meningkatkan keandalan sistem saat terjadinya gangguan maka feeder yang terganggu akan dialokasikan sedangkan

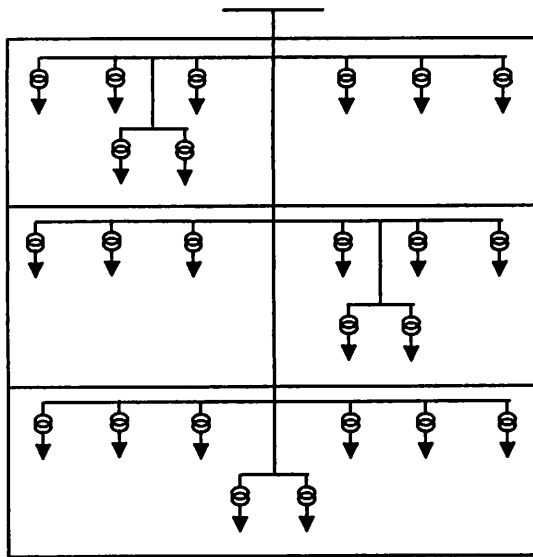
Area yang semula dilayani feeder tersebut pelayanannya dialihkan pada feeder yang sehat atau yang tidak terganggu. Sistem radial dengan Tie dan Switch pemisah dapat dilihat pada gambar 2-3.

### 2.3.3. Sistem Radial dengan Pembagian Phase Area

Pada bentuk ini masing-masing fasa dari jaringan bertugas melayani daerah beban yang berlainan. Bentuk ini akan dapat menimbulkan kondisi sistem tiga fasa yang tidak seimbang (simetris), bila digunakan pada daerah beban yang baru



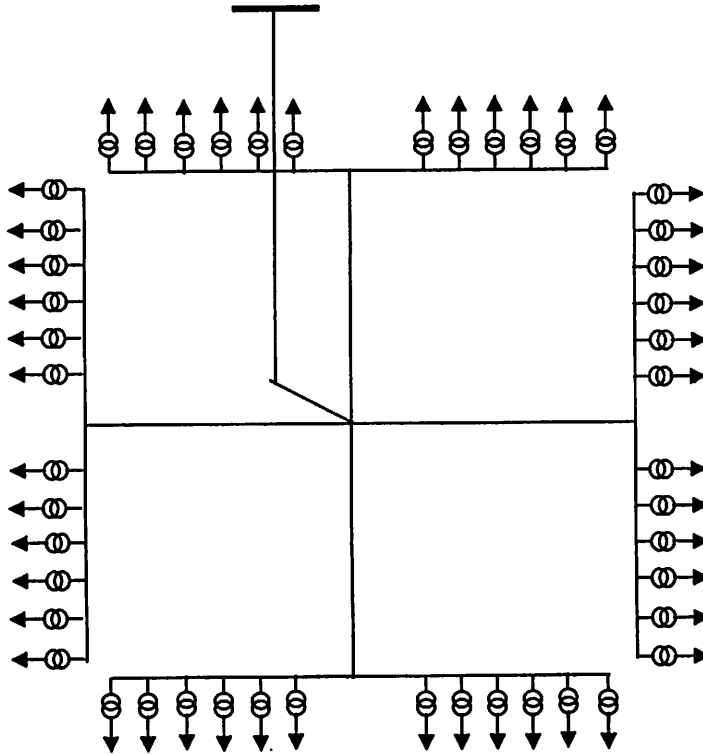
dan belum mantap pembagian bebannya. Contoh dari sistem jaringan ini dapat dilihat pada gambar 2-4.



**Gambar 2-4**  
**Contoh Jaringan Distribusi Radial Dengan Phase Area <sup>[2]</sup>**

#### 2.3.4. Sistem Radial dengan Beban Tepas

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 2-5.



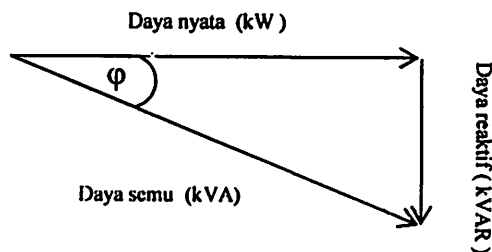
**Gambar 2-5**  
**Contoh Jaringan Distribusi Radial Dengan Beban Terpusat** <sup>[2]</sup>

#### 2.4. Daya Reaktif dan Faktor Daya<sup>[3]</sup>

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

$$\text{Faktor daya} = \frac{\text{DayaNyata}(kW)}{\text{Dayasemu}(kVA)} \dots\dots\dots (2.1)$$

Untuk daya semu sendiri dibentuk oleh dua kompoen daya nyata (kW) dan komponen daya reaktif (kVAR). Hubungan ini dapat digambarkan sebagai berikut:



**Gambar 2-6**  
**Segitiga Daya<sup>[3]</sup>**

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

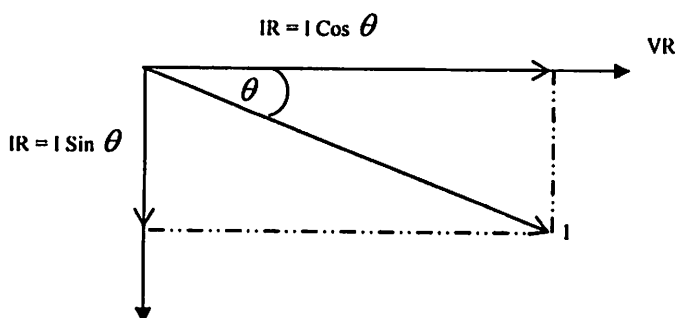
$P$  = Daya Nyata (kW)

$S$  = Daya semu (kVA)

$Q$  = Daya reaktif (kVar)

$\varphi$  = Sudut Phase

Faktor daya dapat pula dilihat hubungannya dengan arus nyata dan arus total. Arus nyata ( $I_R$ ) adalah arus yang mengalir ada beban yang diubah menjadi tenaga. Sedangkan arus total ( $I$ ) adalah arus yang mengalir pada jaringan dan merupakan jumlah vektor antara arus magnetisasi dan arus nyata. Arus magnetisasi ( $I_x$ ) merupakan arus yang mengalir pada beban dan menimbulkan medan magnet. Arus yang terbaca dalam ampere meter adalah arus total ( $I$ ) hubungan ketiga arus tersebut seperti pada gambar 2-7 sebagai berikut :



**Gambar 2-7**  
**Segitiga Arus<sup>[3]</sup>**

## **2.5. Kapasitor Daya <sup>[3]</sup>**

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

### **2.5.1. Kapasitor seri dan Kapasitor shunt**

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

Biaya pemasangan kapasitor seri lebih tinggi dari pada biaya pemasangan kapasitor shunt, hal ini disebabkan karena peralatan pelindung untuk kapasitor seri lebih banyak, biasanya kapasitor seri di desain untuk daya yang lebih besar dari pada kapasitor shunt dengan tujuan untuk mengatasi kenaikan beban.

### **2.5.2. Faktor-faktor pemilihan kapasitor Seri dan kapasitor shunt <sup>[3]</sup> :**

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

**Tabel 2-1**  
**Kapasitor seri dan kapasitor Shunt**

No	Kebutuhan	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 rugi-rugi saluran	Kedua	Pertama
7	Mengurangi fluktuasi tegangan	Pertama	Tidak Dipakai

## 2.6. Pengaruh Pemasangan Kapasitor Shunt<sup>[3]</sup>

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

Adapun dua cara dalam pemakaian kapasitor shunt :

- Kapasitor Tetap
- Kapasitor Saklar

### 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

suhi. Type yang paling populer adalah pengendalian saklar waktu (time-switch control), pengendali tegangan dan pengendali tegangan arus.

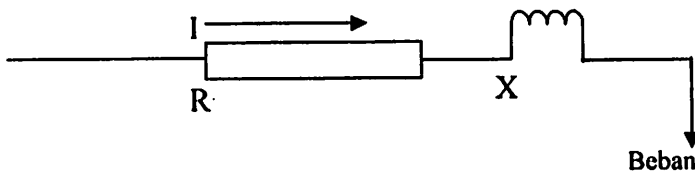
### 2.6.1. Pengurangan Rugi-Rugi dengan Kapasitor Shunt<sup>[3]</sup>

Rugi-rugi saluran per fase dari saluran 3 fase seimbang dengan beban terpusat seperti pada gambar 2-5 adalah  $I^2(R-jX)$  atau dapat dibedakan menjadi :

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

dimana :  $I_R$  adalah komponen arus aktif

$I_X$  adalah komponen arus reaktif



**Gambar 2-8**  
Saluran Primer Dengan Beban Tepusat<sup>[3]</sup>

Rugi-rugi daya ( $I^2R$ ) dapat dibagi menjadi dua komponen yaitu komponen arus aktif dan komponen arus reaktif.

Rugi-rugi karena komponen arus aktif tidak akan mempengaruhi penempatan kapasitor shunt pada saluran, hal ini dapat dijelaskan sebagai berikut :

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

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

Setelah dipasang kapasitor shunt dengan arus  $I_c$ , didapat arus saluran baru  $I_1$ , dan rugi-rugi daya  $I_1^2 R$  sebagai berikut :

$$I_1^2 R = (I \cos \theta)^2 R + (I \sin \theta - I_c)^2 R \dots \dots \dots (2.3)$$

Sehingga pengurangan rugi daya sebagai akibat pemasangan kapasitor didapat :

$$\begin{aligned} \Delta_{pls} &= I^2 R - I_1^2 R \\ &= (I \cos \theta)^2 R + (I \sin \theta)^2 R - (I \cos \theta)^2 R + (I \sin \theta - I_c)^2 R \\ &= 2 (I \sin \theta) I_c R - I_c^2 R \dots \dots \dots (2.4) \end{aligned}$$

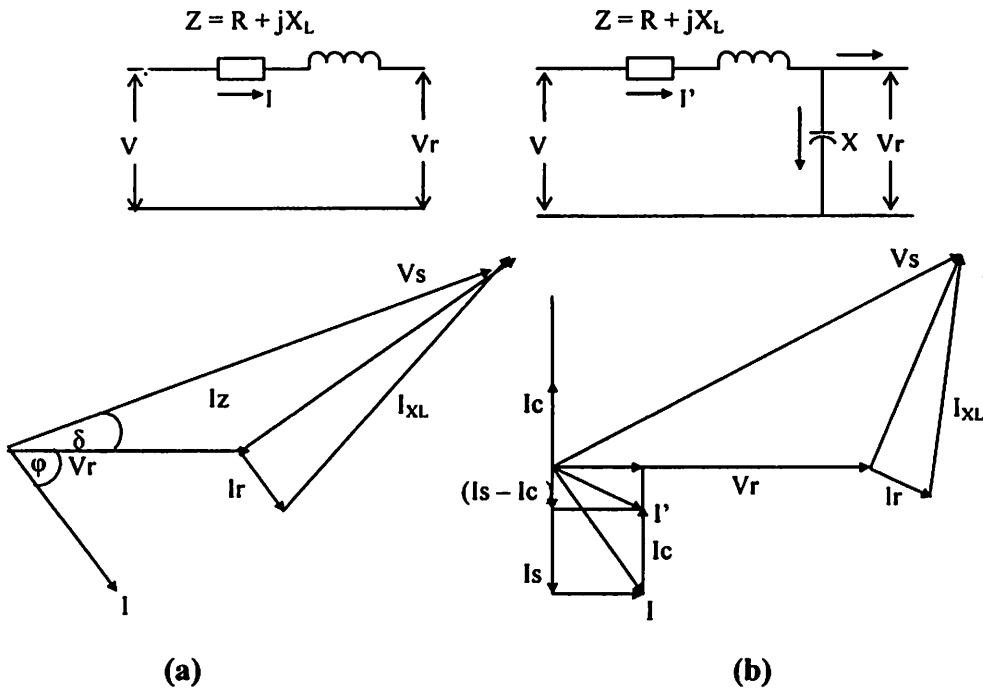
maka hanya komponen arus reaktif ( $I \sin \theta$ ) saja yang berpengaruh terhadap pengurangan rugi daya  $I^2 R$  akibat pemasangan kapasitor shunt pada saluran distribusi. Sehingga pengurangan rugi daya saluran 3 fasa adalah :

$$3R[2(I \sin \theta)I_c - I_c^2] \text{ Watt} \dots \dots \dots (2.5)$$

### 2.6.2. Perbaikan Tegangan <sup>[3]</sup>

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





**Gambar 2-9**  
**Vektor Diagram Sebelum (a) dan Sesudah (b) Pemasangan**  
**Kapasitor Shunt Pada Jaringan <sup>[3]</sup>**

Kerugian jaringan disebabkan arus beban I sebelum kapasitor dipasang :

$$E = RI_r + XI_L \dots\dots\dots (2.6)$$

Kerugian tegangan setelah kapasitor dipasang :

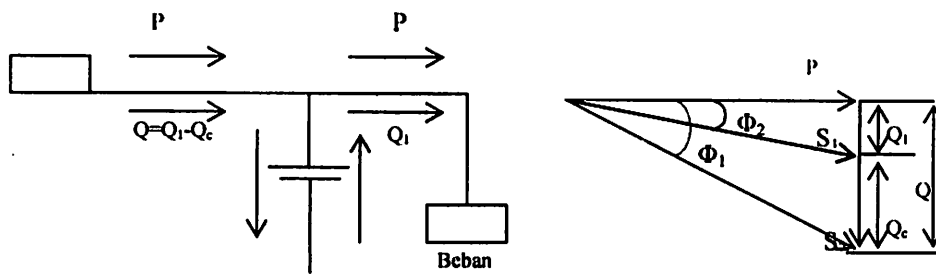
$$E = RI_r + XI_L - Xic \dots\dots\dots (2.7)$$

**2.6.3. Perbaikan Faktor Daya dan Kenaikan Kapasitas Sistem <sup>[3]</sup>**

Manfaat terbesar yang diperoleh dari perbaikan faktor daya berasal dari penguangan 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 2.10 menunjukkan perbaikan faktor daya pada sistem, kapasitor mensuplai daya reaktif ke beban.



**Gambar 2-10**  
**Perbaikan Faktor Daya <sup>[3]</sup>**

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

$$\cos \theta = \frac{P}{S_1} \dots\dots\dots(2.8)$$

Bila suatu kapasitor  $Q_c$  kVAR dipaang pada beban, faktor daya dapat diperbaiki dari  $\cos \theta_1$  menjadi  $\cos \theta_2$  dimana:

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

$$\cos \theta = \frac{P}{\sqrt{(P^2 + Q^2)}}$$

$$\cos \theta = \frac{P}{\sqrt{P^2 + (Q_1 - Q_c)^2}} \dots\dots\dots(2.9)$$

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

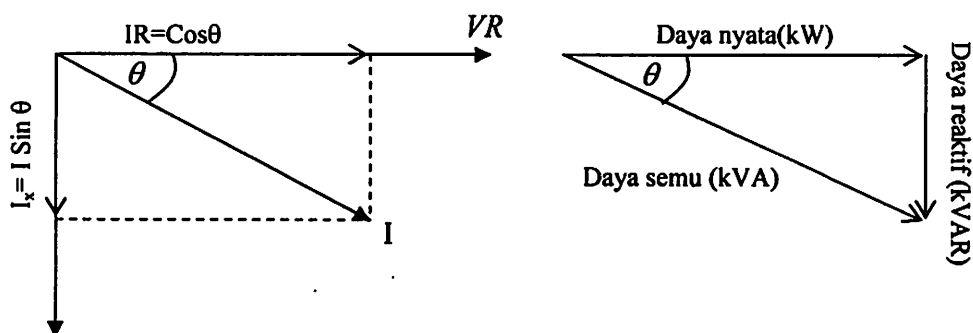
$$\% \text{ Rugi Daya} = 100 \left( \frac{\text{Faktor.daya.mula} - \text{mula}(\cos \theta_1)}{\text{Faktor.daya.baru}(\cos \theta_2)} \right) \dots\dots\dots(2.10)$$

%Pengurangan Rugi Daya

$$= 100 \left( 1 - \left( \frac{\text{Faktor.daya.mula} - \text{mula}(\cos \theta_1)}{\text{Faktor.daya.baru}(\cos \theta_2)} \right)^2 \right) \dots\dots\dots(2.11)$$

#### 2.6.4. Perhitungan Pengaruh Perbaikan Faktor Daya <sup>[3]</sup>

Diagram phase dari dua komponen arus nyata itu arus aktif dan reaktif dapat dilihat pada gambar 2-11 berikut;



**Gambar 2-11**  
**Diagram Fasor dan Sudut Daya Beban Distribusi <sup>[3]</sup>**

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

$$I = \text{Arus Semu} = \sqrt{(\text{arus.aktif})^2 + (\text{arus.reaktif})^2}$$

$$= \sqrt{(I.\text{Cos}\theta)^2 + (I.\text{Sin}\theta)^2}$$

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

$$\text{Daya semu (kVA)} = \sqrt{(\text{Daya.aktif})^2 + (\text{Daya.Reaktif})^2}$$

$$(VI) = \sqrt{(VI.\text{Cos}\theta)^2 + (VI.\text{Sin}\theta)^2}$$

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

$$\text{Daya Aktif} = \text{Daya semu} * \text{Faktor Daya}$$

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

$$kW = kVA \text{ Cos } \theta$$

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

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

$$\text{Besaran per-unit} = \frac{\text{besaran.sesungguhnya}}{\text{besaran dasar dengan dimensi yang sama}} \dots\dots\dots (2.12)$$

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

- Untuk data satu fasa

Arus dasar

$$I_d = \frac{kVA.dasar.1.fasa}{kV.dasar.L - N} \dots\dots\dots(2.13)$$

Impedansi dasar

$$Z_d = \frac{(kV.dasar.L - N)^2 * 1000}{kVA.dasar.1.fasa} \dots\dots\dots (2.14)$$

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

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

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

$$Z = \frac{\text{Impedansi sebenarnya } Z(\Omega)}{\text{Impedansi Dasar } Z_d} pu \dots\dots\dots (2.15)$$

### **BAB III**

## **STUDY PENENTUAN LETAK DAN KAPASITAS KAPASITOR PADA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20 kV TIPE RADIAL DENGAN METODE *ALGORITMA IMMUN***

### **3.1. Analisa Aliran Daya Jaringan Radial <sup>[4]</sup>**

Sebelum melakukan optimasi dengan menggunakan metode *Algoritma Immun* dilakukan suatu proses analisa aliran daya untuk mengetahui kondisi suatu sistem distribusi radial.

#### **3.1.1. Tujuan**

Tujuan mempelajari analisa aliran daya pada skripsi ini adalah :

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

#### **3.1.2. Metode Newton Raphson**

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 magnitudo tegangan ( $V$ ) dan sudut fasa ( $\delta$ ) disetiap simpul dapat

diselesaikan dengan menggunakan persamaan (3.5) dan (3.6) yang dilinierkan dengan metode *Newton Raphson* yang dapat dilihat dari persamaan dibawah ini :

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

Dimana :

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

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

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

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

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

dimana:

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

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

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 :

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



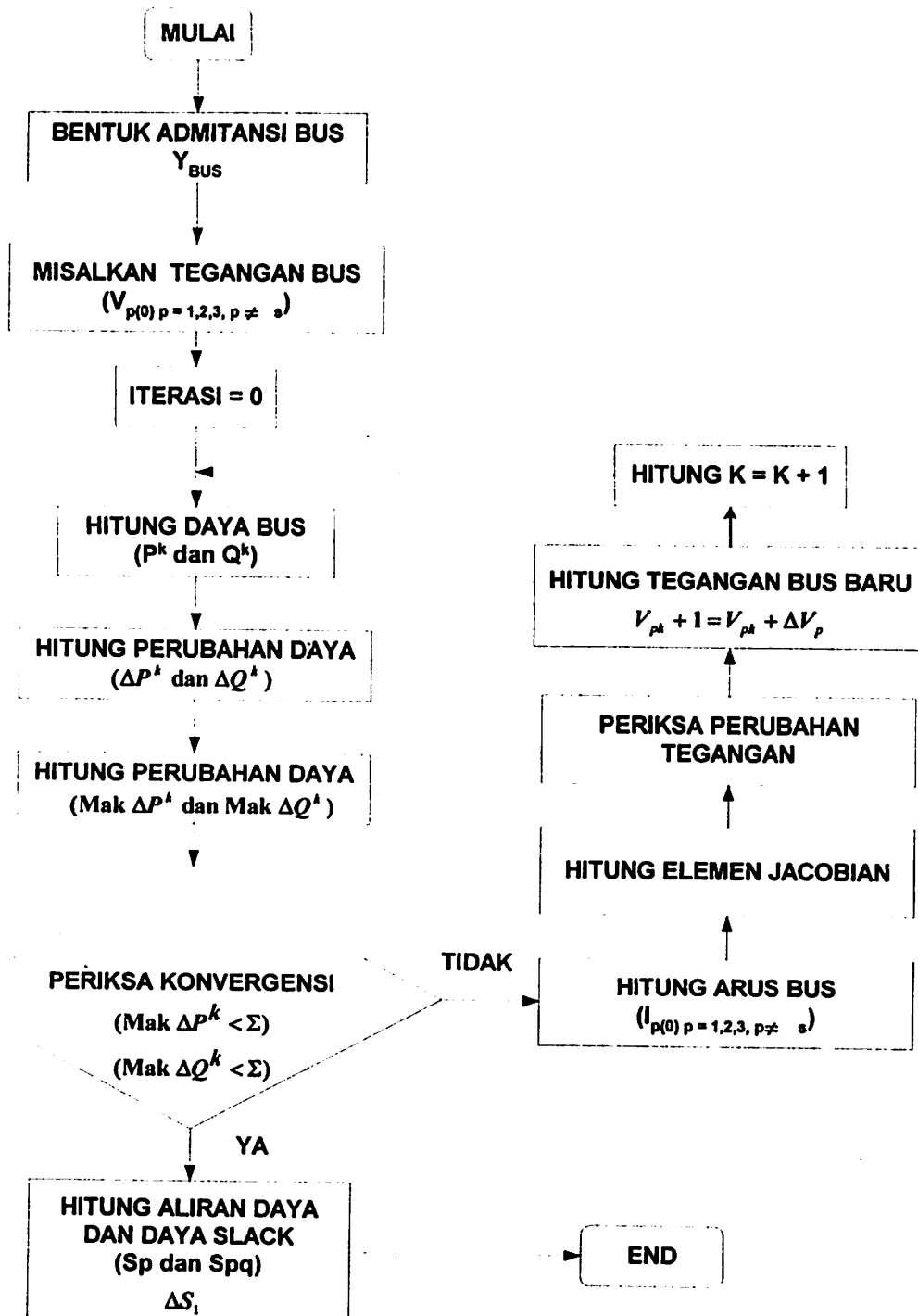
$$\delta^{k+1} = \delta^k + \Delta\delta^k \dots\dots\dots (3.9)$$

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

Algoritma aliran daya *Newton Raphson* :

1. Tentukan nilai  $P_{p(\text{ditetapkan})}$  dan  $Q_{p(\text{ditetapkan})}$  yang mengalir ke dalam sistem pada setiap rel untuk nilai yang ditentukan atau perkiraan dari besar dan sudut tegangan untuk iterasi pertama atau tegangan yang ditentukan paling akhir untuk iterasi berikutnya.
2. Hitung  $\Delta P$  pada setiap rel.
3. Hitung nilai-nilai matrik Jacobian dengan menggunakan nilai-nilai perkiraan atau yang ditentukan dari besar dan sudut tegangan dalam persamaan untuk turunan parsial yang ditentukan dengan differensiasi persamaan (3.5) dan (3.6).
4. Balikkan Jacobian itu dan hitung koreksi-koreksi tegangan  $\Delta\delta_q$  dan  $\Delta|V_q|$  pada nilai sebelumnya.
5. Hitung nilai baru dari  $\delta_q$  dan  $|V_q|$  dengan menambahkan  $\Delta\delta_p$  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  $\Delta P$  dan  $\Delta Q$  atau semua nilai  $\Delta\delta$  dan  $\Delta|V|$  lebih kecil dari suatu indeks ketetapan yang telah dipilih.

### 3.1.3. Diagram Alir Aliran Daya Newton Raphson



Gambar 3-1.

Diagram Alir Aliran Daya Newton Raphson<sup>[4]</sup>

## **3.2. Metode Algoritma Immun**

Pada prinsipnya metode *Algoritma Immun* ini merupakan suatu metode yang baik dalam menganalisa masalah penentuan letak dan kapasitas kapasitor pada jaringan primer. Pada metode *Algoritma Immun* lebih di titik beratkan pada masalah biaya yang paling rendah (ekonomis), karena dalam perhitungan diarahkan hanya ke satu titik saja, yaitu titik yang memberikan hasil dengan biaya termurah dari penempatan kapasitor.

### **3.2.1 Konsep Dasar Immun**

Dalam memilih suatu metode solusi untuk aplikasi praktis sering sulit, pilihan itu memberikan analisis yang cermat atas kelebihan – kelebihan atau kekurangan – kekurangan dari sekian banyak metode yang tersedia. Untuk solusi permasalahan diatas maka digunakan suatu solusi alternatif metode baru yaitu metode Algoritma Immun (*Immune Algorithm (IA)*). *Immune Algorithm (IA)* adalah sebuah algoritma yang meniru sistem immune dasar dalam melawan bakteri, virus dan organisme yang menyebabkan penyakit lainnya. Metode Algoritma immun adalah suatu metode yang nilai fungsi obyektif dan batasan ditampilkan sebagai antigen. Melalui evaluasi genetik, suatu antibodi yang paling sesuai dengan antigen menjadi solusi..

### **3.2.2 Perwujudan Keragaman dan Perhitungan Afinitas**

Melalui perwujudan keragaman, kualitas solusi mungkin dapat dijamin secara lebih baik. Dalam algoritma immun, antigen dan antibodi secara individu

dapat dihitung sebagai tujuan dan solusi yang memungkinkan. Struktur genetik yang digambarkan untuk metode IA mirip dengan struktur genetik untuk algoritma genetik. Apabila dalam sistem imun tersusun atas N antibodi dan memiliki M gen, maka entropi  $E_j(N)$  dari gen ke-j dalam sistem imun dapat dihitung :

$$E_j(N) = \sum_{i=1}^N P_{ij} \log \left( \frac{1}{P_{ij}} \right) \dots\dots\dots(3.10)$$

dimana  $P_{ij}$  adalah peluang allele ke-i dari gen ke-j. Jika semua allele pada gen ke-j memiliki bentuk yang sama, entropi akan sama dengan nol. Nilai entropi dapat dipakai untuk memahami keragaman dalam IA.

Dua bentuk perhitungan afinitas ditinjau dalam pendekatan yang diusulkan. Salah satunya adalah dengan penjelasan hubungan antara antibodi dengan anitigen, dimana intensitas kombinasi antara tujuan dan solusi diselidiki. Bentuk yang lain adalah dengan memperhitungkan tingkat asosiasi antara antibodi, oleh karena itu keragaman antibodi dapat dievaluasi. Untuk menghitung afinitas antar antibodi, dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

$$(A_b)_{ij} = \frac{1}{1 + E(2)} \dots\dots\dots(3.11)$$

dimana  $(A_b)_{ij}$  adalah afinitas antara antibodi ke-i dan antibodi ke-j, serta  $E(2)$  adalah entropi informasi dari antibodi i dan j saja. Nilai afinitas ini berada antara nol dan satu. Ketika  $E(2)$  sama dengan nol, berarti gen dari antibodi ke-i dan antibodi ke-j sama. Pernyataan berikut ini dipakai untuk menghitung afinitas antara antigen dan antibodi :

$$(A_g)_k = \frac{1}{1 + t_k} \dots\dots\dots(3.12)$$

dimana  $(A_g)_k$  adalah afinitas antara antigen dan antibodi k, serta  $t_k$  adalah intensitas kombinasi antigen dan antibodi k. Sama seperti  $(A_b)_{ij}$ , nilai  $(A_g)_k$  juga berkisar antara nol dan satu. Ketika  $(A_g)_k$  sama dengan satu ( yaitu,  $t_k = 0$  ), hal itu menunjukkan bahwa antibodi ini telah mencapai kombinasi yang sempurna dengan antigen. Solusi optimum untuk masalah tersebut telah dicapai.

### 3.2.3 Operasi Genetik

Operasi genetik yang mencakup operasi silang dan mutasi juga diperlukan dalam metode IA. Dalam operasi pertukaran silang, satu titik pertukaran silang di sepanjang kromosom dipilih secara acak. Bagian – bagian dari gen di satu sisi dari titik ini di dirikan kepada anak. Gen anak lain dari sisi yang sama dari induk yang berbeda. Melalui proses ini, IA dapat memperoleh informasi lebih banyak.

Mutasi adalah perubahan acak dari bit – bit suatu benang. Operasi ini melengkapi pertukaran silang dengan memanipulasi benang – benang pada tingkat bit. Pemakaian mutasi sama dengan menyebarkan satu parameter atau lebih disekitar variabel awal. Beberapa individu yang penting dapat ditemukan atau dapat diregenerasikan. Akan tetapi penggunaan mutasi secara berlebihan dapat mengganggu kromosom yang baik pada generasi berikutnya.

Adapun komponen – komponen utama dalam Algoritma Immun adalah :

a. Pengkodean Antigen Input

Dalam algoritma immun, data input dipandang sebagai antigen yang mencangkup representasi tujuan dan batasan. Pengkodean Gray dipakai untuk representasi pola antigen dalam langkah ini. Melalui pengkodean ini, proses perhitungan dapat dipermudah.

b. Perumusan Antibodi

Satu generator dengan angka acak dipakai untuk menghasilkan antibodi pada suatu ruang yang memungkinkan. Satu kumpulan populasi tersusun atas antibodi – antibodi ini, dan sekelompok gen membentuk satu antibodi.

c. Perhitungan Afinitas

Dalam langkah ini perhitungan afinitas  $(A_b)_{ij}$  antara antibodi  $i$  dan  $j$ , serta  $(A_g)_k$  antara antigen dan antibodi  $k$  dihitung. Dengan memutar rulet, satu kumpulan populasi baru dapat terbentuk. Karena sebagian besar antibodi yang dipilih menunjukkan afinitas yang lebih tinggi dengan antigen, afinitas rata – rata dari populasi baru lebih tinggi dari pada populasi awal. Oleh karena itu , antibodi baru dengan afinitas tinggi yang dipilih dari kumpulan ini, akan bergabung dengan antigen itu.

d. Kontrol Generasi Antibodi

Untuk memperbaiki kinerja IA, kerapatan juga dimasukkan untuk mengontrol jumlah generasi antibodi. Dengan melakukan afinitas yang dihitung dengan kerapatan antibodi, nilai  $S_i$  yang diperkirakan, dapat dihitung :

$$S_i = \frac{(A_g)_i}{r_i} \dots\dots\dots(3.13)$$

di mana  $r_i$  adalah kerapatan antibodi i. Melalui pernyataan ini, antibodi dengan afinitas tinggi dan kerapatan rendah akan menjadi kandidat yang baik. Persamaan ini sangat penting untuk pengontrolan produksi antibodi serupa yang dapat disesuaikan dengan antigen.

#### e. Operasi Genetik

Berdasarkan angka mutasi yang ditentukan sebelumnya, dua antibodi yang dipilih secara acak dipilih. Hal ini diikuti dengan hasil pertukaran silang. Maka, satu titik disepanjang kromosom antibodi dipilih untuk beroperasi pada satu sama lain. Karena penggunaan mutasi secara berlebihan dapat merusak antibodi yang baik, tingkat mutasi harus cukup kecil untuk menghindari penurunan kinerja.

### 5. Fungsi Obyektif.

Tujuan dari penempatan kapasitor dalam sistem distribusi adalah untuk mengurangi kehilangan energi dan tingkat tegangan dalam batas yang diijinkan, serta meminimalkan biaya total pada rencana penempatan yang dipilih. Biaya total terdiri dari biaya penempatan dan biaya rugi – rugi daya serta rugi – rugi energi yang ditunjukkan sebagai berikut :

$$\text{Min}_{s^0, s^j} \sum_{j=1}^m k_{ej} T_j P_{loss}(x^j, s^j) + \sum_{k=1}^M C_k (S^0_k) \dots\dots\dots(3.14)$$

di mana :

$k_{ej}$  = biaya kehilangan energi

$T_j$  = durasi tingkat beban

$P_{loss}$  = kehilangan daya

$C_k(S^0_k)$  = biaya pemasangan kapasitor

### 3.4 Algoritma Pemecahan Masalah

Penyelesaian perhitungan tegangan dan sudut fasa tegangan serta rugi daya tiap saluran menggunakan aliran daya dengan metode Newton Raphson, sedangkan penentuan letak dan kapasitor menggunakan metode Algoritma Immun. Urutan langkah-langkah yang digunakan dalam program komputer dapat dilihat pada algoritma program sebagai berikut :

1. Masukkan data penyulang pujan.
2. Buat program Load Flow menggunakan metode Newton Raphson untuk menghitung tegangan tiap bus dan rugi-rugi saluran.
3. Memasukkan Fungsi Obyektif sebagai kode antigen

$$\text{Min}_{s^0, s^j} \sum_{j=1}^m k_{ej} T_j P_{loss}(x^j, s^j) + \sum_{k=1}^M C_k(S^0_k)$$

4. Memasukkan perumusan antibodi, yang didalamnya menunjukkan populasi dari penentuan letak dan kapasitas kapasitor.
5. Perhitungan afinitas, untuk mencari pendekatan antara antibodi dan antigen yang di usulkan. Sebelumnya mencari Entropi untuk memahami keragaman dalam Algoritma Immun dengan persamaan



$E_j(N) = \sum_{i=1}^N P_{ij} \log \left( \frac{1}{P_{ij}} \right)$ , kemudian mencari afinitas antar antibodi

dengan persamaan  $(A_b)_{ij} = \frac{1}{1 + E(2)}$ , di lanjutkan mencari afinitas antara

antigen dan antibodi dengan persamaan  $(A_g)_k = \frac{1}{1 + t_k}$ .

6. Mengontrol generasi Antibodi, dengan  $S_i = \frac{(A_g)_i}{r_i}$  antibodi dengan afinitas tinggi dan kerapatan rendah akan menjadi kandidat yang baik.
7. Melakukan Operasi Genetik dengan crossover dan mutasi antar antibodi, untuk mencari antibodi yang baik.
8. Apakah iterasi sudah mencapai hasil terbaik, apabila belum kembali ke langkah 5 (perhitungan afinitas)

## BAB IV

### ANALISA PENENTUAN LETAK, KAPASITAS KAPASITOR, JUMLAH PADA JARINGAN DISTRIBUSI RADIAL PENYULANG PUJON

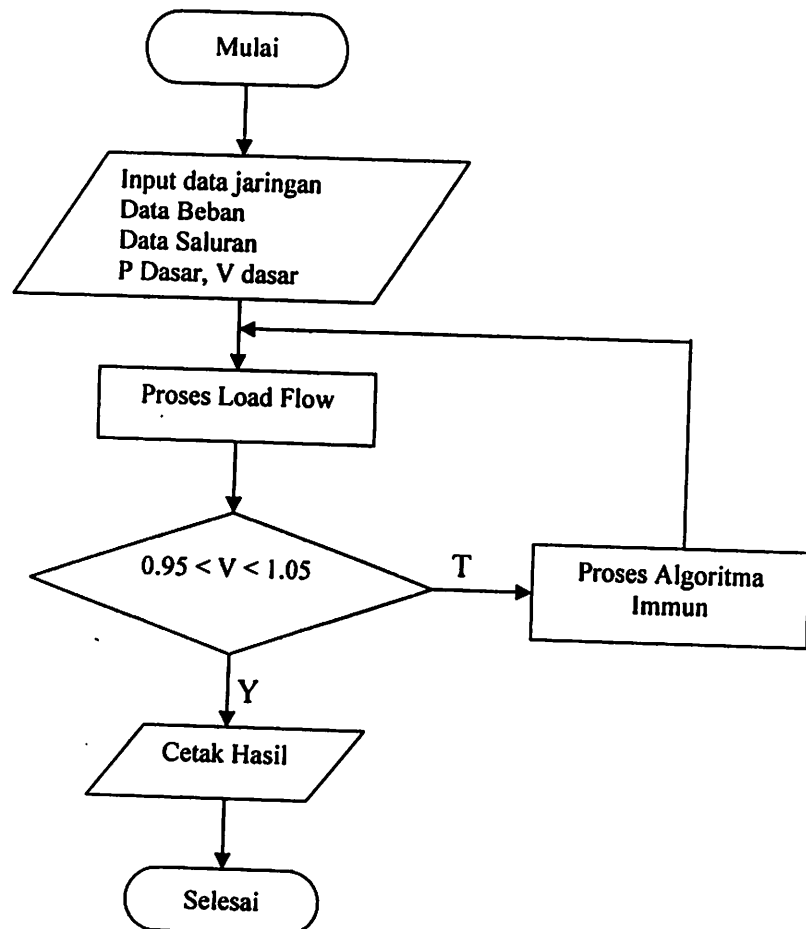
#### 4.1. Analisa Penempatan Kapasitor Dengan Metode *Algoritma Immun*.

Dalam memilih suatu metode untuk aplikasi praktis sering sulit, pilihan itu memerlukan analisis yang cermat atas kelebihan-kelebihan dan kekurangan-kekurangan dari metode yang ada, seperti Simulated Annealing (SA), Fuzzy, Genetic Algorithms (GA). Salah satu solusi dari permasalahan diatas maka digunakan suatu alternatif dengan menggunakan metode *Algoritma Immun* yang menyediakan cara yang lebih baik dalam menganalisa masalah penempatan kapasitor.

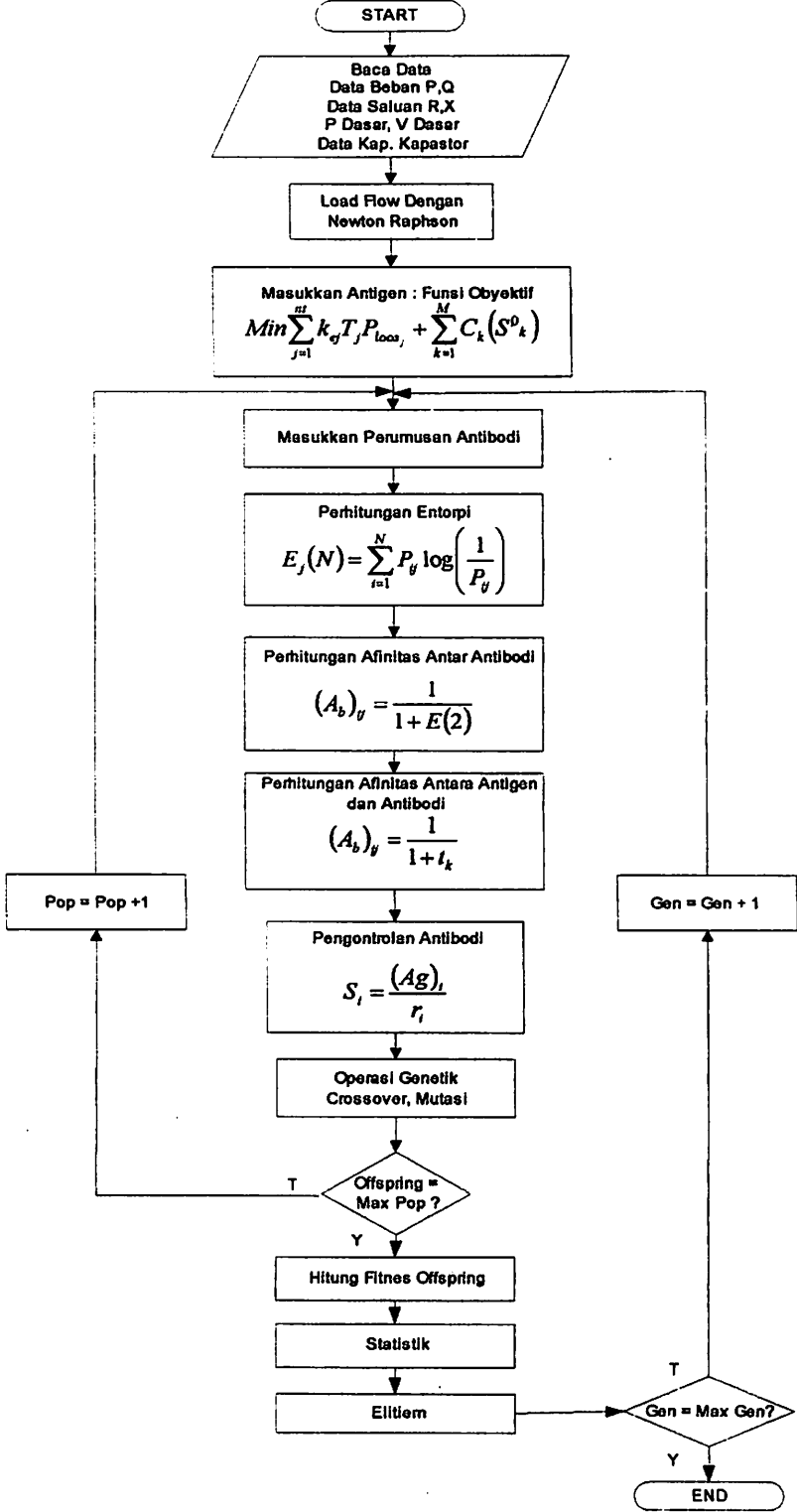
Dalam analisa perhitungan penempatan kapasitor disini menggunakan program komputer. Pada prinsipnya penggunaan program komputer dapat menganalisa sebuah jaringan distribusi radial dengan jumlah cabang atau jumlah bus yang tidak terbatas, tergantung dari memori yang tersedia pada komputer yang digunakan.

## 4.2. Flowchart Penyelesaian Masalah

### Flowchart Penempatan Kapasitor



Flowchart Algoritma Immun



### 4.3. Data Perhitungan

Dalam analisa ini digunakan data saluran distribusi radial Penyulang Pujon. Data diperoleh dari PT. PLN (PERSERO) Distribusi Area Malang UP-J - Batu Malang,.

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

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

#### 4.3.1. Data Saluran

Jaringan distribusi Penyulang Pujon menggunakan kabel saluran udara dengan spesifikasi pada tabel.1

**Tabel 4.1**  
**Spesifikasi Saluran**

Jenis Konduktor	Penampang nominal (mm <sup>2</sup> )	Impedansi saluran ( $\Omega$ /km)
AAAC	150	0.2162 + j 0.3305
AAAC	120	0.2688 + j 0.3376
AAAC	70	0.4608 + j 0.3572
AAAC	50	0.6452 + j 0.3678
AAAC	35	0.9217 + j 0.3790

Sumber PT.PLN (Persero) Distribusi JATIM  
Area Malang UP - J Batu

Data saluran penyulang Pujon dapat dilihat pada tabel 4.2

Tabel 4.2

DATA SALURAN PENYULANG PUJON

No saluran	Dari Node	ke Node	Panjang (m)	Impedansi Saluran	
				R	X
1	1	2	580,3	0,1255	0,1918
2	2	3	1432,6	0,3097	0,4735
3	3	4	863,9	0,1868	0,2855
4	4	5	85,4	0,0185	0,0282
5	4	6	683,3	0,1477	0,2258
6	6	7	2082,8	0,4503	0,6884
7	7	8	154,4	0,0334	0,051
8	8	9	414,5	0,0888	0,137
9	9	10	896,5	0,1638	0,2963
10	10	11	463,5	0,1002	0,1532
11	11	12	452	0,0877	0,1484
12	12	13	1424,5	0,308	0,4708
13	12	14	1233	0,2866	0,4075
14	12	15	1244,8	0,2891	0,4114
15	15	16	90,5	0,0198	0,0299
16	16	17	20,4	0,0044	0,0067
17	15	18	338	0,0731	0,1117
18	18	19	182,2	0,049	0,0816
19	18	20	402,8	0,1083	0,136
20	18	21	304,3	0,0858	0,1008
21	21	22	283,7	0,079	0,0982
22	21	23	1257,4	0,2719	0,4156
23	23	24	406,5	0,0879	0,1344
24	23	25	154,2	0,0895	0,0587
25	25	26	627,4	0,5783	0,2378
26	26	27	6,4	0,0059	0,0024
27	26	28	204,2	0,1882	0,0774
28	28	29	1145	1,0562	0,4343
29	23	30	888,2	0,1877	0,2899
30	30	31	141,2	0,0305	0,0467
31	31	32	848,8	0,1835	0,2805
32	31	33	272,5	0,1758	0,1002
33	33	34	1127,05	0,7272	0,4145
34	34	35	102,2	0,0659	0,0376
35	35	36	496,35	0,1073	0,184
36	36	37	282,5	0,0611	0,0934
37	37	38	284,5	0,0637	0,0973
38	31	39	943,3	0,039	0,3118
39	39	40	302,31	0,1851	0,1112
40	39	41	648,11	0,1185	0,1812
41	41	42	105,9	0,0228	0,035
42	42	43	40,5	0,0088	0,0134
43	43	44	1653,6	0,3575	0,5485
44	44	45	785,2	0,1688	0,2595
45	45	46	335	0,0738	0,111
46	46	47	783,2	0,1715	0,2822
47	47	48	571	0,1235	0,1897
48	48	49	365,5	0,079	0,1208
49	49	50	729,8	0,1578	0,2412
50	49	51	54,1	0,0117	0,0179

No saluran	Dari Node	ke Node	Panjang (m)	Impedansi Saluran	
				R	X
51	51	52	121,8	0,0263	0,0403
52	51	53	940,35	0,2033	0,3108
53	53	54	1715,3	0,7804	0,6127
54	54	55	1182,7	0,5486	0,426
55	55	56	1123,5	0,2429	0,3713
56	56	57	1353,3	0,2826	0,4473
57	57	58	1087,1	0,2307	0,3527
58	56	59	396,5	0,0857	0,131
59	59	60	286,8	0,0842	0,0981
60	59	61	1093,4	0,2394	0,3614
61	61	62	1182,8	0,2514	0,3942
62	44	63	487,1	0,1075	0,1643
63	63	64	570,4	0,1233	0,1885
64	64	65	907	0,1861	0,2898
65	65	66	1769,8	0,3826	0,5948
66	63	67	135,2	0,0282	0,0447
67	67	68	821,6	0,1776	0,2715
68	67	69	110,15	0,0238	0,0364
69	69	70	891,3	0,827	0,2946
70	70	71	603,2	0,1304	0,1984
71	71	72	27,3	0,0059	0,0005
72	72	73	233,1	0,0504	0,077
73	73	74	256,7	0,0559	0,0855
74	74	75	188,1	0,0428	0,0655
75	76	76	1538,1	0,3325	0,5083
76	76	77	381,43	0,0895	0,1261
77	77	78	472	0,1021	0,156
78	78	79	448,6	0,0972	0,1486
79	79	80	721,4	0,156	0,2384
80	80	81	940,5	0,2033	0,3108
81	81	82	840,5	0,3088	0,4721
82	82	83	1428,3	0,3088	0,4721
83	83	84	322,1	0,0698	0,1085
84	84	85	188,4	0,0403	0,0816
85	85	86	98,5	0,0213	0,326
86	85	87	243,8	0,0527	0,0905
87	85	88	205,3	0,0444	0,0679
88	85	89	590,3	0,1276	0,1951
89	88	89	896,8	0,1852	0,2831
90	89	90	458,3	0,0981	0,1515
91	90	91	1182,2	0,2513	0,3941
92	92	92	207,4	0,0448	0,0866
93	92	93	1061,5	0,225	0,3502
94	93	94	1321,52	0,8527	0,4961
95	93	95	395,1	0,2485	0,1416
96	95	96	478,3	0,3089	0,1759
97	96	97	332,6	0,2148	0,1223
98	96	98	1181,5	0,7484	0,4272
99	97	98	100,4	0,0217	0,0332
100	9	100	785,8	0,507	0,289
100	100	101	285,3	0,1841	0,1048

### 4.3.2. Data Pembebanan

Data pembebanan diperoleh dengan mengambil data dari masing-masing trafo distribusi lampiran A1, contoh perhitungan dilakukan pada bus 2 sebagai berikut :

$$\text{Kapasitas Trafo} = 150 \text{ kV}$$

$$\text{Beban Gardu} = 35\%$$

$$\text{Factor Daya} = \text{Cos } \theta = 0,86$$

$$\text{Sin } \theta = 0,5102$$

$$\text{Pembebanan} = 150 \times 35\% = 52 \text{ kVA}$$

$$\text{Beban Aktif} = 52 \times \text{Cos } \theta = 52 \times 0,86 = 44,7200 \text{ kW}$$

$$\text{Beban Reaktif} = 52 \times \text{Sin } \theta = 52 \times 0,5102 = 26,5304 \text{ kVAR}$$

**Tabel 4.3**

#### DATA PEMBEBANAN SISTEM 20 kV PENYULANG PUJON

No Node	Kode Trafo	Lokasi	Pembebanan Trafo (kVA)	Data Beban		Type Node
				P (kW)	Q (kVAR)	
1	-	-	0	0	0	Slack
2	T55	Jl Raya Ngandat	52	44.72	26.5304	Load
3	T43	Jl Raya Mojorejo	70	60.2	35.714	Load
4	-	-	0	0	0	Load
5	T67	Dk Beji	43	36.98	21.9386	Load
6	T38	Jl Raya Beji	32	27.52	16.3264	Load
7	-	-	0	0	0	Load
8	T72	Emanuel temas	63	54.18	32.1426	Load
9	T115	Jl.Wukir Temas	0	0	0	Load
10	T97	Ds Temas Klerek	142	122.12	72.4484	Load
11	T95	Ds Torong Rejo	93	79.98	47.4486	Load
12	-	-	0	0	0	Load
13	T96	Ds Torong Rejo tutup	80	68.8	40.816	Load
14	T156	Ds wukir	0	0	0	Load
15	-	-	0	0	0	Load
16	T31	Jl Sudiro	38	32.68	19.3876	Load
17	T126	Jl Sudiro	138	118.68	70.4076	Load

18	-	-	0	0	0	Load
19	T105	R.s Paru-paru	73	62.78	37.2446	Load
20	T189	JI Kasiman	78	67.08	39.7956	Load
21	-	-	0	0	0	Load
22	T188	JI Lesti	90	77.4	45.918	Load
23	-	-	0	0	0	Load
24	T9	ji Hasanudin	167	143.62	85.2034	Load
25	T32	JI Indragiri	84	72.24	42.8568	Load
26	-	-	0	0	0	Load
27	T46	Ds. Sumberejo	113	97.18	57.6526	Load
28	119	Ds. Sumberejo	0	0	0	Load
29	78	Ds Satrehan	122	104.92	62.2444	Load
30	25	JI Trunojoyo	26	22.36	13.2652	Load
31	-	-	0	0	0	Load
32	30	Ds Songgoriti	39	33.54	19.8978	Load
33	T129	JI Flamboyan	110	94.6	56.122	Load
34	-	-	0	0	0	Load
35	99	JI Flamboyan	67	57.62	34.1834	Load
36	200	Ds Tanbuh	10	8.6	5.102	Load
37	201	Ds Tanbuh	8	6.88	4.0816	Load
38	202	Ds Tanbuh	2	1.72	1.0204	Load
39	-	-	0	0	0	Load
40	168	Bukit Pinus	12	10.32	6.1224	Load
41	174	JI Songgoriti	94	80.84	47.9588	Load
42	175	JI Songgoriti	16	13.76	8.1632	Load
43	16	JI Songgoriti	71	61.08	36.2242	Load
44	-	-	0	0	0	Load
45	57	Dk Sebaluh	65	55.9	33.163	Load
46	153	Dk Sebaluh	83	71.38	42.3466	Load
47	59	Dk Maron	69	59.34	35.2038	Load
48	87	Dk Maron	65	55.9	33.163	Load
49	-	-	0	0	0	Load
50	112	Ds Gunung Sari	55	47.3	28.061	Load
51	-	-	0	0	0	Load
52	88	Ds Pujon Kidul	34	29.24	17.3468	Load
53	89	Ds Pujon Kidul	103	88.58	52.5506	Load
54	101	Dk Biyan	33	28.38	16.8366	Load
55	102	Dk Bakir	82	70.52	41.8364	Load
56	-	-	0	0	0	Load
57	103	Dk Cukal	38	32.68	19.3876	Load
58	167	Dk dadapan	12	10.32	6.1224	Load
59	-	-	0	0	0	Load
60	104	Ds Cukal	45	38.7	22.959	Load
61	166	Dk Tretes	23	19.78	11.7346	Load
62	167	Dk Dadapan	12	10.32	6.1224	Load
63	-	-	0	0	0	Load
64	58	Dk Pandemas	36	30.96	18.3672	Load
65	60	Ds Jurang Rejo	120	103.2	61.224	Load



66	217	Ds Brau	14	12.04	7.1428	Load
67	-	-	0	0	0	Load
68	212	Dk Don Bayi	16	13.76	8.1632	Load
69	36	Ds Pandesari	108	92.88	55.1016	Load
70	145	Dk Watu Gong	47	40.42	23.9794	Load
71	19	Jl Raya Pujon	83	71.38	42.3466	Load
72	-	-	0	0	0	Load
73	198	Pasar Baru	55	47.3	28.061	Load
74	123	Jl Raya Pujon	105	90.3	53.571	Load
75	-	-	0	0	0	Load
76	-	-	0	0	0	Load
77	98	Dk Kalangan	70	60.2	35.714	Load
78	79	Ds Wiyun Rejo	123	105.78	62.7546	Load
79	80	Ds Madirejo	47	40.42	23.9794	Load
80	223	Dk Sobro	16	13.76	8.1632	Load
81	94	Dk Delik	54	46.44	27.5508	Load
82	216	Dk Delik	77	66.22	39.2854	Load
83	-	-	0	0	0	Load
84	195	KOP SAE	29	24.94	14.7958	Load
85	-	-	0	0	0	Load
86	62	KOP SAE	114	98.04	58.1628	Load
87	33	Ds Ngroto	132	113.52	67.3464	Load
88	61	Ds Ngroto	72	61.92	36.7344	Load
89	-	-	0	0	0	Load
90	64	Dk Iebaksari	36	30.96	18.3672	Load
91	147	Dk Torong	29	24.94	14.7958	Load
92	63	Dk Mantung	43	36.98	21.9386	Load
93	-	-	0	0	0	Load
94	196	Dk Bunder	16	13.76	8.1632	Load
95	-	-	0	0	0	Load
96	197	Dk Ngebrong	16	13.76	8.1632	Load
97	65	Ds Ngabab	123	105.78	62.7546	Load
98	66	Ds Ngabab	63	54.18	32.1426	Load
99	219	Ds Manting	46	39.56	23.4692	Load
100	76	Ds Manting	0	0	0	Load
101	77	Dk Gerih	100	86	51.02	Load

### 4.3.3. Data Kapasitas Kapasitor dan Harga (Cost/ kVAR)<sup>[5]</sup>.

Pada analisa menentukan nilai biaya, nilai kapasitas kapasitor dan harga sudah ditentukan dalam NT.\$ /kVAR. Tabel 4.4 menunjukkan data yang tersedia oleh *suplier* untuk *feeder* distribusi.

**Tabel 4.4**  
Ukuran dan Harga Kapasitor Yang Tersedia<sup>[5]</sup>

Size KVAR	300	600	900	1200
Cost NT\$	61,900	123,800	185,700	247,600

### 4.4. 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 di tiap-tiap bus. Setelah studi aliran daya dilakukan, barulah dilakukan perhitungan aliran daya dan rugi-rugi daya pada saluran.

Untuk memudahkan analisa perhitungan pada sistem tenaga, biasanya dipakai harga-harga dalam per-satuan. Harga per-satuan adalah harga yang sebenarnya dibagi dengan harga dasar, dimana harga dasar ini dapat dipilih sembarang. Harga yang dipilih pada studi ini adalah 20 kV dan 100 kVA sebagai harga tegangan dasar dan daya dasar. Mengingat bahwa pada jaringan tidak dilakukan pengukuran faktor daya, maka pada perhitungan ini di asumsikan harga faktor daya sebesar 0,86.

Untuk mendapatkan nilai-nilai durasi beban tinggi, durasi beban menengah, durasi beban rendah tiap hari dapat dihitung sebagai berikut :

Tanggal 1 April 2004	
Jam	Beban (Amp)
0,00	80
1,00	77.5
2,00	75
3,00	85.5
4,00	98
5,00	88
6,00	80
7,00	70
8,00	60
9,00	50
10,00	40
11,00	40
12,00	40
13,00	40
14,00	40
15,00	60
16,00	80
17,00	100
18,00	150
19,00	150
20,00	140
21,00	120
22,00	100
23,00	90

Untuk mengetahui batasan durasi tiap beban, diambil nilai beban paling tinggi sebagai referensi,

$$150 \cdot 1 = 150 \quad 150 \cdot 0.8 = 120 \quad 150 \cdot 0.5 = 75$$

dengan demikian diketahui batasan untuk durasi beban tinggi ( $T_1$ ), beban menengah ( $T_2$ ) dan beban rendah ( $T_3$ ) yaitu :

$$120 \leq T_1 \leq 150 \quad 75 < T_2 \leq 120 \quad 0 < T_3 \leq 75$$

$T_1$	4
$T_2$	11
$T_3$	9

Perhitungan diawali dengan menampilkan single line diagram dari penyulang yang mewakili keadaan sistem yang sesungguhnya. Dari gambar 4-12 diperlihatkan single line diagram dari penyulang Pujon. Pada penyulang ini jumlah bus dan jumlah saluran masing-masing adalah :

- Slack bus = 1
- Load bus = 101
- Jumlah saluran = 100

Dengan mengacu pada gambar single line diagram penyulang Pujon, maka dapat diperoleh hasil impedansi saluran seperti pada table 4.2 dibawah ini. Setelah itu baru kita lakukan perhitungan aliran daya dengan menggunakan metode *Newton Raphson*.

Setelah dilakukan analisa aliran daya dengan menggunakan metode *Newton Raphson* maka diperoleh besarnya tegangan tiap-tiap bus dan rugi-rugi saluran

#### 4.4.1. Perhitungan Penghematan Biaya (*Saving Cost*)

Nilai penghematan biaya (*saving cost*) merupakan nilai pengurangan biaya sebelum penempatan dan biaya setelah penempatan, yaitu merupakan penghematan biaya yang dipoleh PT. PLN selaku distributor. Nilai total biaya adalah :

$$F = \sum_{j=1}^n k_{ej} T_j P_{lossj} + \sum_{k=1}^M C_k (S^0_k)$$

Dimana  $k_{ej}$  adalah *energy loss cost* (\$NT/kWh/Tahun).

$T_j$  adalah durasi tinggat pada beban  $j$  (jam)

$P_{loss}$  adalah nilai rugi-rugi daya aktif total pada sistem.

$C_k(S^0_k)$  adalah harga kapasitor (\$/kVAR).

➤ nilai biaya sebelum penempatan pada durasi beban ( $T_j$ ) rendah adalah

$$F = k_{ej} T_j P_{lossj} + C_k(S^0_k)$$

$$F = 2,85 \cdot 4024 \cdot 207.127 + C_k(S^0_k)$$

$$F = 2,85 \cdot 4024 \cdot 207.127 + 0$$

$$= \text{NT\$ } 2,375,415.287/ \text{ th}$$

➤ nilai biaya sebelum penempatan pada durasi beban ( $T_j$ ) menengah adalah

$$F = k_{ej} T_j P_{lossj} + C_k(S^0_k)$$

$$F = 1.80 \cdot 3295 \cdot 207.127 + 0$$

$$= \text{NT\$ } 1,228,470.237/ \text{ th}$$

➤ nilai biaya sebelum penempatan pada durasi beban ( $T_j$ ) tinggi adalah

$$F = k_{ej} T_j P_{lossj} + C_k(S^0_k)$$

$$F = 0.68 \cdot 1417 \cdot 207.127 + 0$$

$$= \text{NT\$ } 199579.2921/ \text{ th}$$

➤ nilai biaya setelah penempatan pada durasi beban ( $T_j$ ) rendah adalah

$$F = k_{ej} T_j P_{lossj} + C_k(S^0_k)$$

$$F = 2.85 \cdot 4024 \cdot 165.952 + 61900$$

$$= \text{NT\$ } 1,966,522.806 / \text{ th}$$

➤ nilai biaya setelah penempatan pada durasi beban ( $T_j$ ) menengah adalah

$$F = k_{ej} T_j P_{lossj} + C_k(S^0_k)$$

$$F = 1.80 \cdot 3295 \cdot 165.952 + 61900$$

$$= \text{NT\$ } 1,046,161.312 / \text{ th}$$

➤ nilai biaya setelah penempatan pada durasi beban ( $T_j$ ) tinggi adalah

$$F = k_{ej} T_j P_{lossj} + C_k (S^0_k)$$

$$F = 0.68 * 1417 * 165.952 + 61900$$

$$= \text{NT\$ } 221,804.7091 / \text{ th}$$

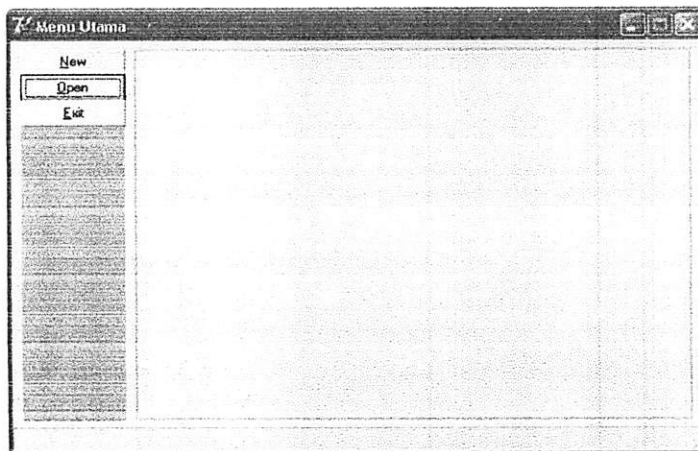
[6]. Shyh-Jier Huang, "An Immun-based optimization methode to capacitor placement in a radial distribution system", IEEE Transaction on Power Delivery, Vol. 15, No. 2, April 2000

## 4.5. Hasil Program

### 4.5.1. Tampilan Program

Dalam Skripsi ini menggunakan bantuan bahasa pemrograman Borland Delphi versi 7.0 dan diaplikasikan pada komputer P4 3GB, dengan memory 256 Mb. Mengenai jalannya program sebagai berikut:

#### 1. Tampilan Utama Program



**Gambar 4.1**  
**Tampilan Utama Program**

2. Tekan tombol New untuk memasukkan data baru atau tekan open untuk data yang sudah tersimpan

**Tampilan Data**

General | Data Bus | Data Sakuran | Data Generator

Jumlah Bus: 101  
 Jumlah Sakuran: 100  
 Tegangan Dasar: 20 kV  
 Daya Dasar: 100 kVA  
 Parameter Sakuran: ohm

Next Close

**Gambar 4.2**  
**Tampilan Utama Program (Data General)**

**Tampilan Data**

General | **Data Bus** | Data Sakuran | Data Generator

Bus	absV (pu)	sudV (deg)	Pg (kW)	Qg (KVAR)	PL (kW)	QL (KVAR)	Cap (ohm)	Type Bus
1	1	0	0	0	0	0	0	1
2	1	0	0	0	44.72	26.53	0	3
3	1	0	0	0	60.2	35.714	0	3
4	1	0	0	0	0	0	0	3
5	1	0	0	0	36.98	21.939	0	3
6	1	0	0	0	27.52	16.326	0	3
7	1	0	0	0	0	0	0	3
8	1	0	0	0	54.18	32.143	0	3
9	1	0	0	0	0	0	0	3
10	1	0	0	0	122.12	72.448	0	3
11	1	0	0	0	79.98	47.449	0	3
12	1	0	0	0	0	0	0	3
13	1	0	0	0	68.8	40.816	0	3
14	1	0	0	0	0	0	0	3
15	1	0	0	0	0	0	0	3

Next Close

**Gambar 4.3**  
**Tampilan Utama Program (Data Bus)**

No	Dari	Ke	R (ohm)	X (ohm)	Lc (ohm)	Tr	Tu	Su (deg)	Kap (kVA)
1	1	2	0.1255	0.1918	0	0	0	0	10000
2	2	3	0.3097	0.4735	0	0	0	0	10000
3	3	4	0.1868	0.2855	0	0	0	0	10000
4	4	5	0.0185	0.0282	0	0	0	0	10000
5	4	6	0.1477	0.2258	0	0	0	0	10000
6	6	7	0.4503	0.6884	0	0	0	0	10000
7	7	8	0.0334	0.051	0	0	0	0	10000
8	8	9	0.0896	0.137	0	0	0	0	10000
9	9	10	0.1938	0.2963	0	0	0	0	10000
10	10	11	0.1002	0.1532	0	0	0	0	10000
11	11	12	0.0977	0.1494	0	0	0	0	10000
12	12	13	0.308	0.4708	0	0	0	0	10000
13	12	14	0.2668	0.4075	0	0	0	0	10000
14	7	15	0.2691	0.4114	0	0	0	0	10000

**Gambar 4.4**  
Tampilan Utama Program (Data Saluran)

No	Bus	Qmin (MVAR)	Qmax (MVAR)	a2	a1	a0	Fix Cost	Var Cost	Pmin
1	1	-1000.00	1000.00	0.00000	0.00000	0.00000	0.00	0.00	0.0

**Gambar 4.5**  
Tampilan Utama Program (Data Generator)

3. Tekan tombol Next kemudian tekan tombol LF Awal (Load Flow). Untuk melihat hasil perhitungan aliran daya sebelum dilakukan penempatan kapasitor.



The screenshot shows a software window titled 'Hasil Loadflow' with a menu bar containing 'LF Awal', 'Aliran Daya', 'Summary', 'Parameter', 'LF Akhir', 'Aliran Daya', 'Summary', 'Grafik V', and 'Hasil IA'. The main area contains a table with the following columns: Bus, absV (pu), sudV (deg), Pg (kW), Qg (kVAR), PL (kW), QL (kVAR), Sups (pu), and Type Bus. The data is as follows:

Bus	absV (pu)	sudV (deg)	Pg (kW)	Qg (kVAR)	PL (kW)	QL (kVAR)	Sups (pu)	Type Bus
1	1.00000	0.00000	3949.982	2427.659	0.000	0.000	0.000	1
2	0.99760	-0.06503	0.000	0.000	44.720	26.530	0.000	3
3	0.99174	-0.22509	0.000	0.000	60.200	35.714	0.000	3
4	0.98826	-0.32095	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3
5	0.98826	-0.32104	0.000	0.000	36.980	21.939	0.000	3
6	0.98554	-0.39650	0.000	0.000	27.520	16.326	0.000	3
7	0.97732	-0.62770	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3
8	0.97725	-0.62962	0.000	0.000	54.180	32.143	0.000	3
9	0.97710	-0.63411	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3
10	0.97684	-0.64148	0.000	0.000	122.120	72.448	0.000	3
11	0.97677	-0.64357	0.000	0.000	79.980	47.449	0.000	3
12	0.97674	-0.64452	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3
13	0.97663	-0.64750	0.000	0.000	68.800	40.816	0.000	3
14	0.97674	-0.64452	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3
15	0.97295	-0.75206	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3

At the bottom of the window, there are buttons for 'Hitung', 'LF Awal', and 'Close'.

**Gambar 4.6**  
**Nilai Tegangan Tiap Node Sebelum Penempatan**  
**Menggunakan Metode Aliran Daya Newton Raphson**

The screenshot shows a software window titled 'Hasil Loadflow' with a menu bar containing 'LF Awal', 'Aliran Daya', 'Summary', 'Parameter', 'LF Akhir', 'Aliran Daya', 'Summary', 'Grafik V', and 'Hasil IA'. The main area contains a table with the following columns: No, Dari, Ke, P (kW), Q (kVAR), Arus re (A), Arus im (A), Dari, Ke, P (kW), and Q. The data is as follows:

No	Dari	Ke	P (kW)	Q (kVAR)	Arus re (A)	Arus im (A)	Dari	Ke	P (kW)	Q
1	1	2	3949.982	2427.659	197.499	121.383	2	1	-3943.238	-2
2	2	3	3898.518	2390.822	195.259	120.051	3	2	-3882.247	-2
3	3	4	3822.047	2330.231	192.231	118.238	4	3	-3812.532	-2
4	4	5	36.980	21.939	1.865	1.120	5	4	-36.980	-2
5	4	6	3775.552	2293.750	190.367	117.118	6	4	-3768.174	-2
6	6	7	3740.654	2266.144	188.976	116.280	7	6	-3718.484	-2
7	7	8	411.223	244.078	20.900	12.717	8	7	-411.204	-2
8	8	9	357.024	211.905	18.146	11.042	9	8	-356.983	-2
9	9	10	270.965	160.812	13.774	8.382	10	9	-270.915	-1
10	10	11	148.795	88.287	7.565	4.604	11	10	-148.787	-1
11	11	12	68.807	40.826	3.498	2.129	12	11	-68.805	-1
12	12	13	68.805	40.824	3.498	2.129	13	12	-68.800	-1
13	12	14	-0.000	0.000	-0.000	0.000	14	12	0.000	-1
14	7	15	3307.261	1988.174	168.076	103.563	15	7	-3296.773	-1

At the bottom of the window, there are buttons for 'Hitung', 'LF Awal', and 'Close'.

**Gambar 4.7**  
**Hasil Aliran Daya Sebelum Penempatan**  
**Menggunakan Metode Aliran Daya Newton Raphson**

Summary Loadflow

Jumlah Pembangkitan	3949.982+ j2427.659	KVA
Jumlah Pembebanan	3820.120+ j2266.297	KVA
Jumlah Rugi-Rugi	129.862+ j161.362	KVA
Iterasi	3	
Waktu Hitung	0.0.0.203	

**Gambar 4.8**  
**Hasil Summary Sebelum Penempatan**  
**Menggunakan Metode Aliran Daya Newton Raphson**

4. Pilih Tombol *Parameter* untuk melihat parameter IA, tekan *Hitung* untuk mulai proses perhitungan penempatan kapasitor

Parameter Immune Algorithm

Jumlah Generasi	40
Jumlah Populasi	40
Probabilitas Crossover	0.75
Probabilitas Mutasi	0.003
Probabilitas Flip	0.5
Konstanta Ka	1000000
Jumlah Parameter	6
Panjang Antibody	20
Konstanta Col	0
Konstanta Coh	1

Parameter Objective Function

Jumlah Kapasitor	3
Jumlah Kapasitor Bank	300
Jenis Kapasitor	Fixed

No	Load	Time	Ke
1	0.5	4024	2.85
2	0.8	3295	1.80
3	1.0	1417	0.68

Investment Cost Fixed: 61900  
Investment Cost Switch: 82300  
Lamda V dan S: 1000, 1000  
Batas Tegangan: 0.95, 1.05

**Gambar 4.9**  
**Parameter Dalam Menentukan Lokasi,**  
**Kapasitas Kapasitor dan jumlah dengan Metode Algoritma Immun**

5. Pilih tombol LF akhir, aliran daya dan summary untuk melihat nilai tegangan, aliran daya dan summary setelah penempatan kapasitor

The screenshot shows a software window titled "7 Hasil Loadflow" with a menu bar containing "LF Awal", "Aliran Daya", "Summary", "Parameter", "LF Akhir", "Aliran Daya", "Summary", "Grafik V", and "Hasil IA". The main area contains a table with the following data:

Bus	absV (pu)	sudV (deg)	Pg (kW)	Qg (kVAR)	PL (kW)	QL (kVAR)	SupS (pu)	Type Bus
1	1.00000	0.00000	3924.190	1495.562	0.000	0.000	0.000	1
2	0.99805	-0.08108	0.000	0.000	44.720	26.530	0.000	3
3	0.99332	-0.28076	0.000	0.000	60.200	35.714	0.000	3
4	0.99053	-0.40052	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3
5	0.99052	-0.40061	0.000	0.000	36.980	21.939	0.000	3
6	0.98835	-0.49498	0.000	0.000	27.520	16.326	0.000	3
7	0.98178	-0.78381	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3
8	0.98171	-0.78571	0.000	0.000	54.180	32.143	0.000	3
9	0.98156	-0.79016	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3
10	0.98130	-0.79747	0.000	0.000	122.120	72.448	0.000	3
11	0.98123	-0.79954	0.000	0.000	79.980	47.449	0.000	3
12	0.98120	-0.80048	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3
13	0.98109	-0.80343	0.000	0.000	68.800	40.816	0.000	3
14	0.98120	-0.80048	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3
15	0.97840	-0.94274	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3

At the bottom of the window, there are buttons for "Hitung", "LF Awal", and "Close".

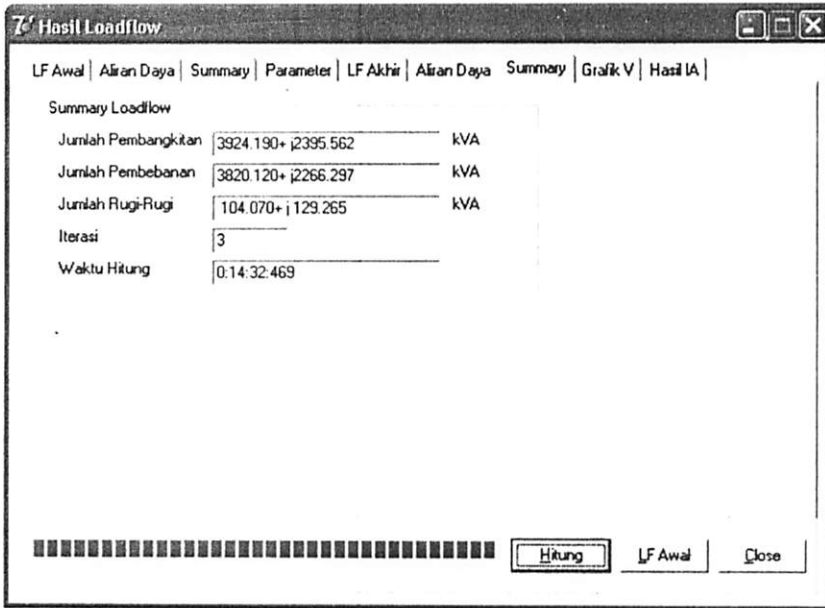
**Gambar 4.10**  
**Nilai Tegangan Tiap Node Setelah Penempatan**  
**Menggunakan Metode Aliran Daya Newton Raphson**

The screenshot shows a software window titled "7 Hasil Loadflow" with a menu bar containing "LF Awal", "Aliran Daya", "Summary", "Parameter", "LF Akhir", "Aliran Daya", "Summary", "Grafik V", and "Hasil IA". The main area contains a table with the following data:

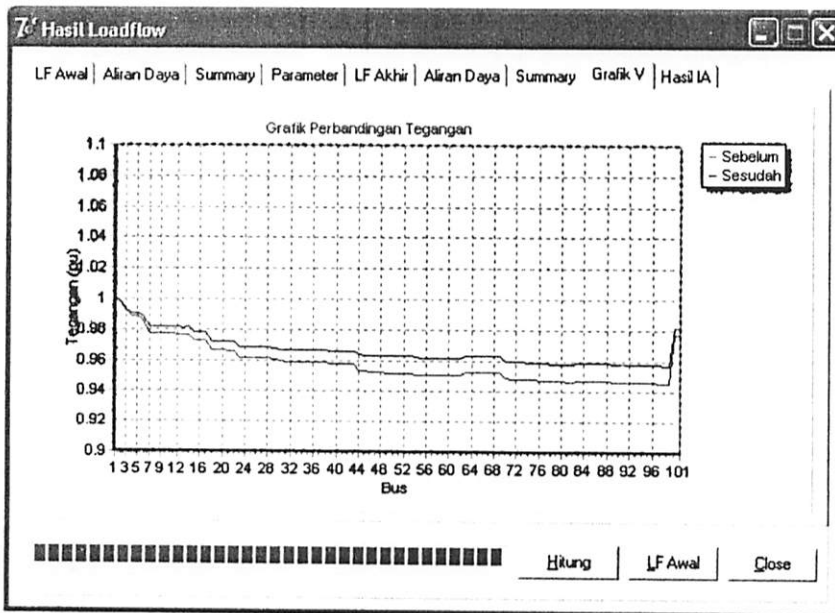
No	Dari	Ke	P (kW)	Q (kVAR)	Arus re (A)	Arus im (A)	Dari	Ke	P (kW)	Q
1	1	2	3924.190	1495.562	196.210	74.778	2	1	-3918.657	-1
2	2	3	3873.937	1460.575	193.971	73.446	3	2	-3860.614	-1
3	3	4	3800.414	1404.492	190.950	71.633	4	3	-3792.644	-1
4	4	5	36.980	21.939	1.859	1.120	5	4	-36.980	-1
5	4	6	3755.664	1370.678	189.091	70.513	6	4	-3749.649	-1
6	6	7	3722.129	1345.156	187.706	69.675	7	6	-3704.077	-1
7	7	8	411.222	244.076	20.771	12.716	8	7	-411.202	-2
8	8	9	357.022	211.903	18.034	11.041	9	8	-356.982	-2
9	9	10	270.964	160.812	13.689	8.381	10	9	-270.915	-1
10	10	11	148.795	88.287	7.518	4.604	11	10	-148.787	-1
11	11	12	68.807	40.826	3.477	2.129	12	11	-68.805	-1
12	12	13	68.805	40.824	3.477	2.129	13	12	-68.800	-1
13	12	14	0.000	-0.000	0.000	-0.000	14	12	-0.000	-1
14	7	15	3292.855	1073.483	166.935	56.959	15	7	-3284.403	-1

At the bottom of the window, there are buttons for "Hitung", "LF Awal", and "Close".

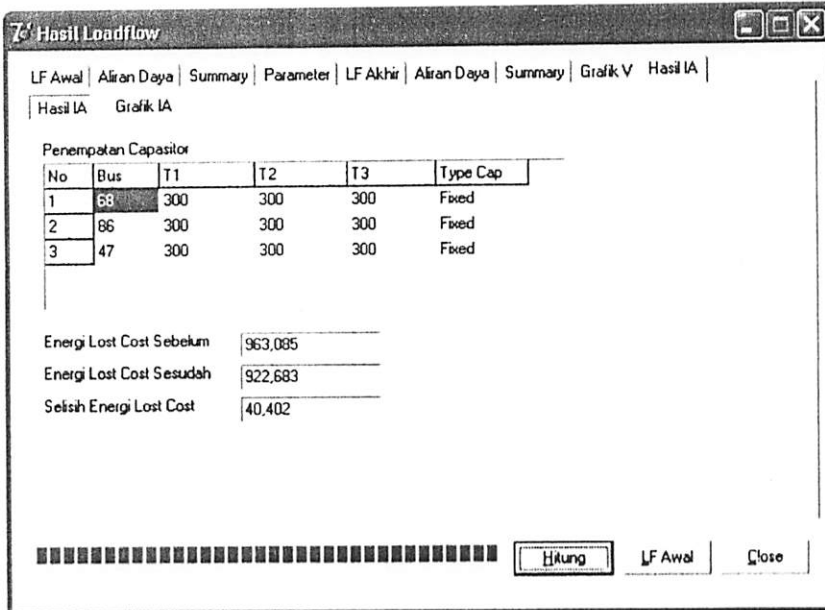
**Gambar 4.11**  
**Hasil Aliran Daya Setelah Penempatan**  
**Menggunakan Metode Aliran Daya Newton Raphson**



**Gambar 4.12**  
**Hasil Summary Setelah Penempatan**  
**Menggunakan Metode Aliran Daya Newton Raphson**



**Gambar 4.13**  
**Hasil Grafik Tegangan Sebelum dan Setelah Penempatan Kapasitor**



**Gambar 4.14**  
Hasil Penempatan Kapasitor dengan Menggunakan *Algoritma Immun*

Tabel 4.6

Nilai Tegangan sebelum dan setelah pemasangan kapasitor

Tegangan Sebelum Penempatan				Tegangan Setelah Penempatan			
1	1.00000	51	0.95217	1	1.00000	51	0.96273
2	0.99760	52	0.95217	2	0.99805	52	0.96273
3	0.99174	53	0.95187	3	0.99332	53	0.96243
4	0.98826	54	0.95123	4	0.99053	54	0.96180
5	0.98826	55	0.95084	5	0.99053	55	0.96142
6	0.98554	56	0.95071	6	0.98835	56	0.96128
7	0.97732	57	0.95064	7	0.98178	57	0.96122
8	0.97725	58	0.95063	8	0.98171	58	0.96121
9	0.97710	59	0.95068	9	0.98156	59	0.96125
10	0.97684	60	0.95066	10	0.98130	60	0.96124
11	0.97677	61	0.95064	11	0.98123	61	0.96122
12	0.97674	62	0.95063	12	0.98120	62	0.96120
13	0.97663	63	0.95297	13	0.98110	63	0.96314
14	0.97674	64	0.95288	14	0.98120	64	0.96305
15	0.97295	65	0.95277	15	0.97840	65	0.96294
16	0.97294	66	0.95275	16	0.97839	66	0.96292
17	0.97294	67	0.95278	17	0.97839	67	0.96302
18	0.96651	68	0.95277	18	0.97228	68	0.96301
19	0.96650	69	0.95263	19	0.97226	69	0.96292
20	0.96648	70	0.94913	20	0.97224	70	0.95970
21	0.96553	71	0.94837	21	0.97154	71	0.95911
22	0.96550	72	0.94835	22	0.97151	72	0.95909
23	0.96160	73	0.94834	23	0.96861	73	0.95908
24	0.96154	74	0.94806	24	0.96855	74	0.95886
25	0.96157	75	0.94786	25	0.96859	75	0.95871
26	0.96122	76	0.94731	26	0.96824	76	0.95817
27	0.96122	77	0.94728	27	0.96823	77	0.95814
28	0.96122	78	0.94717	28	0.96824	78	0.95803
29	0.96086	79	0.94708	29	0.96788	79	0.95795
30	0.95928	80	0.94698	30	0.96698	80	0.95785
31	0.95890	81	0.94686	31	0.96672	81	0.95773
32	0.95887	82	0.94676	32	0.96669	82	0.95763
33	0.95880	83	0.94764	33	0.96662	83	0.95858
34	0.95861	84	0.94763	34	0.96643	84	0.95858
35	0.95859	85	0.94729	35	0.96641	85	0.95849
36	0.95858	86	0.94726	36	0.96640	86	0.95846
37	0.95858	87	0.94718	37	0.96640	87	0.95843
38	0.95858	88	0.94693	38	0.96640	88	0.95819
39	0.95758	89	0.94663	39	0.96613	89	0.95789
40	0.95757	90	0.9466	40	0.96613	90	0.95787
41	0.95752	91	0.94657	41	0.96608	91	0.95784
42	0.95752	92	0.94657	42	0.96608	92	0.95784
43	0.95748	93	0.94631	43	0.96607	93	0.95758
44	0.95376	94	0.94627	44	0.96366	94	0.95754
45	0.95323	95	0.94612	45	0.96334	95	0.95739
46	0.95303	96	0.94611	46	0.96323	96	0.95738
47	0.95261	97	0.94597	47	0.96301	97	0.95724
48	0.95234	98	0.94572	48	0.96290	98	0.95700
49	0.95219	99	0.94572	49	0.96275	99	0.95699
50	0.95215	100	0.97695	50	0.96271	100	0.98141
		101	0.97695			101	0.98135

#### 4.5.2. Hasil Penempatan Kapasitor Menggunakan Metode *Algoritma Immun*.

Setelah ditentukan penempatan kapasitor pada jaringan 20 kV Sistem Distribusi Radial Penyulang Pujon Gardu Induk Sengkaling menggunakan metode *Algoritma Immun*, maka didapatkan beberapa hasil pada tabel 4.7:

**Tabel 4.7**  
**Hasil Penempatan Kapasitor**  
**Metode *Algoritma Immun***

	Sebelum Penempatan	Setelah Penempatan Metode <i>Algoritma Immun</i>																
1. Penempatan dan Kapasitas kapasitor tiap tingkat beban	-	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Node</th> <th style="text-align: center;">T1</th> <th style="text-align: center;">T2</th> <th style="text-align: center;">T3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>68</td> <td style="text-align: center;">300</td> <td style="text-align: center;">300</td> <td style="text-align: center;">300</td> </tr> <tr> <td>86</td> <td style="text-align: center;">300</td> <td style="text-align: center;">300</td> <td style="text-align: center;">300</td> </tr> <tr> <td>47</td> <td style="text-align: center;">300</td> <td style="text-align: center;">300</td> <td style="text-align: center;">300</td> </tr> </tbody> </table>	Node	T1	T2	T3	68	300	300	300	86	300	300	300	47	300	300	300
Node	T1	T2	T3															
68	300	300	300															
86	300	300	300															
47	300	300	300															
2. Tegangan terendah	Node : 99 0.94572 pu atau 18.9144 kV	Node : 99 0.95699 pu atau 19.1398 kV																
3. Rugi Daya Aktif  Rugi Daya Reaktif	129.862 kW  161.362 Kvar	104.070 kW pengurangan : 25.792 kW  129.265 KVAR pengurangan : 32.097 KVAR																
4. Total biaya  Nilai Penghematan	NT\$ 963,085/ year  -	NT\$ 922,974/ year  NT\$ 40,402/ year																

Hasil penempatan kapasitor dengan metode *Algoritma Immun* dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil perhitungan dengan metode *Algoritma Immun*

Penempatan teletak pada node 68, 86 dan 47, pada node 68 kapasitas yang terpasang pada tingkat beban T1, T2 dan T3 sebesar 300 kVAR, 300 kVAR, 300kVAR, pada node 86 kapasitas yang terpasang pada tingkat beban T1, T2 dan T3 sebesar 300 kVAR, 300 kVAR, 300 kVAR dan node 47 kapasitas yang terpasang pada tingkat beban T1, T2 dan T3 sebesar 300 kVAR, 300 kVAR, 300 kVAR.

Hasil penempatan kapasitor dapat dilihat pada *single line diagram* gambar 4.15

2. Dari hasil perhitungan aliran daya pada penyulang Pujon sebelum kompensasi, tegangan terendah terjadi pada node ke-99, yang besarnya 0.94572 pu atau 18.9144 kV. Setelah kompensasi profil tegangan pada semua node penyulang Pujon bertambah baik.

□ Nilai tegangan pada node ke-99 terjadi kenaikan sebesar 0.95699 pu atau 19.1398 kV

Profil tegangan tiap node sebelum dan sesudah penempatan kapasitor dapat dilihat pada grafik 4.1

3. Dari analisa aliran daya sebelum penempatan kapasitor didapat hasil rugi daya aktif di saluran 129.862 kW dan rugi daya reaktif 161.362 Kvar. Setelah penempatan kapasitor besar rugi daya pada sistem terjadi penurunan, yaitu :

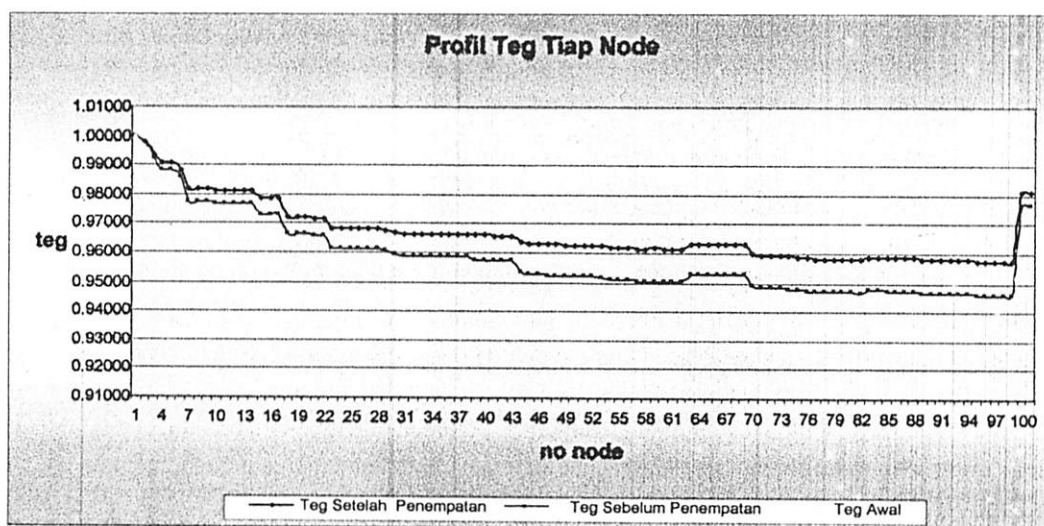


- Rugi daya aktif sebesar 104.070 kW,  
terjadi pengurangan rugi-rugi sebesar: 25.792 kW
- Rugi daya reaktif sebesar 129.265 kVAR. terjadi pengurangan  
rugi daya reaktif sebesar: 32.097 kVAR

Nilai rugi-rugi daya dan sesudah penempatan dapat dilihat pada grafik.4.2.

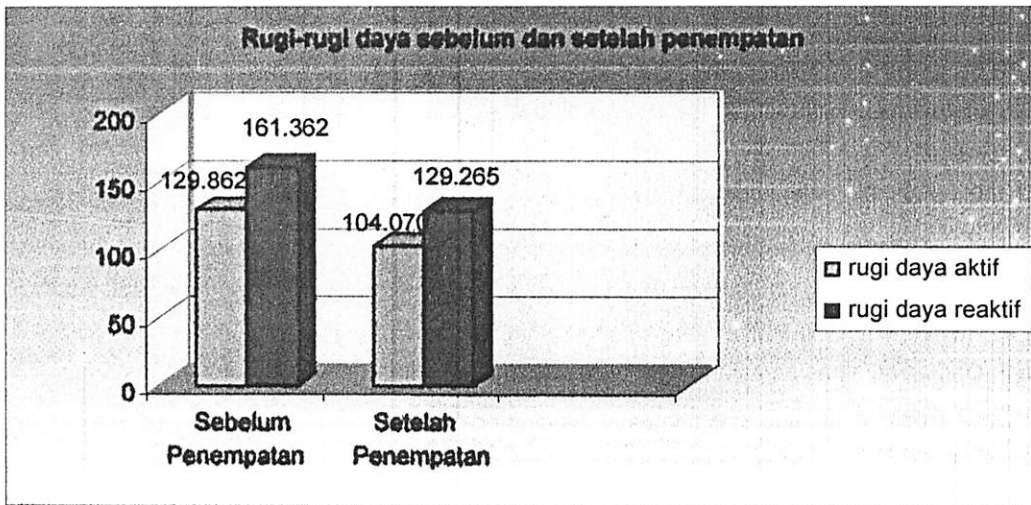
4. Nilai biaya sebelum penempatan sebesar NT\$ 963,085/year, setelah penempatan kapasitor, nilai penghematan yang dicapai oleh PT. PLN UP-J Batu selaku distributor listrik selama setahun sebesar NT\$ 40,402/ year dimana total biaya setelah penempatan sebesar NT\$ 922,683/year
- Nilai penghematan sebelum dan setelah penempatan kapasitor dapat dilihat pada grafik 4.3.

**Grafik 4.1.**  
**Profil tegangan sebelum dan setelah penempatan kapasitor**



Grafik 4.2.

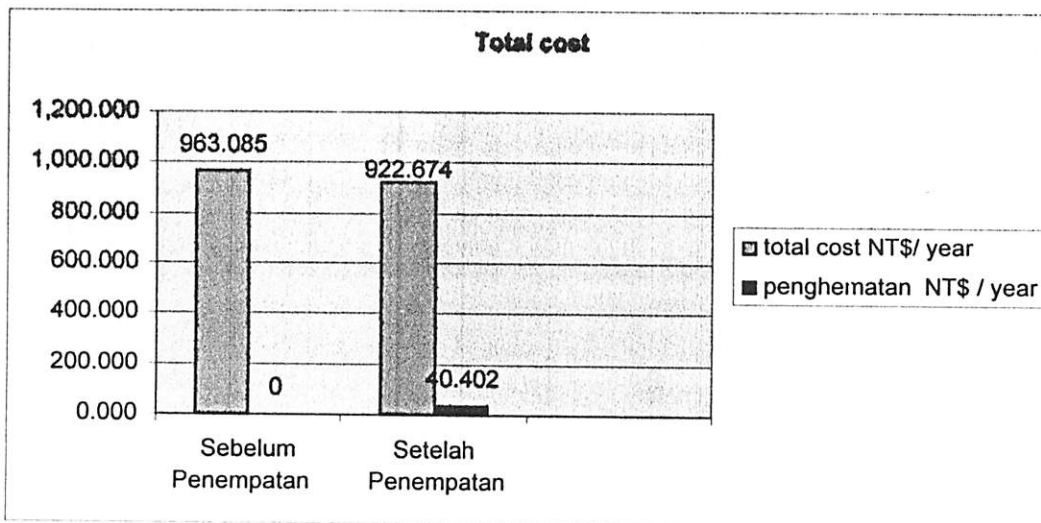
Rugi-rugi Daya Aktif dan rugi-rugi daya reaktif sebelum dan setelah penempatan kapasitor

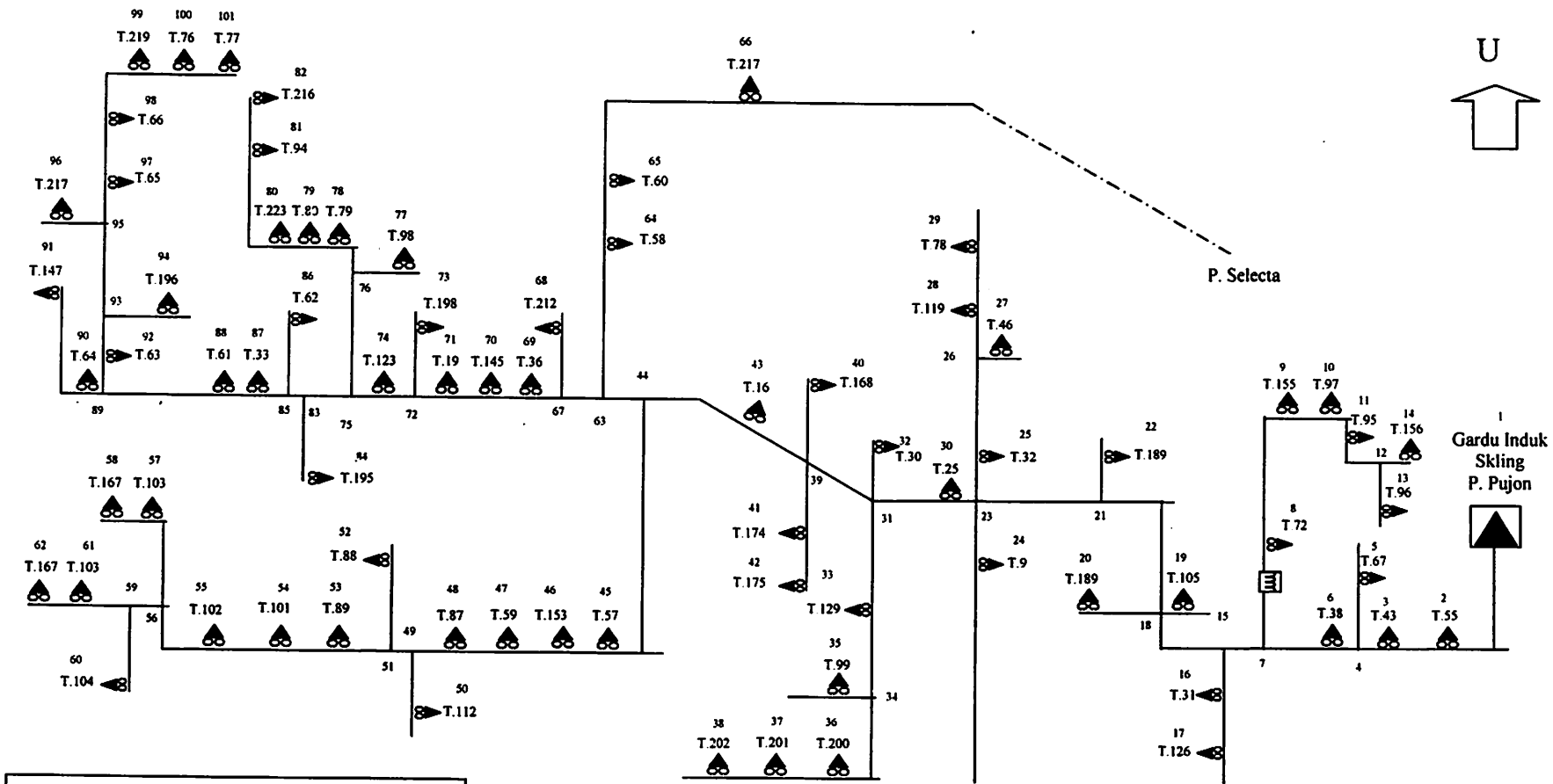
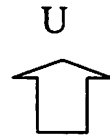


Grafik 4.3.

Nilai Biaya Sebelum Dan Setelah Penempatan Kapasitor

Metode *Algoritma Immun*

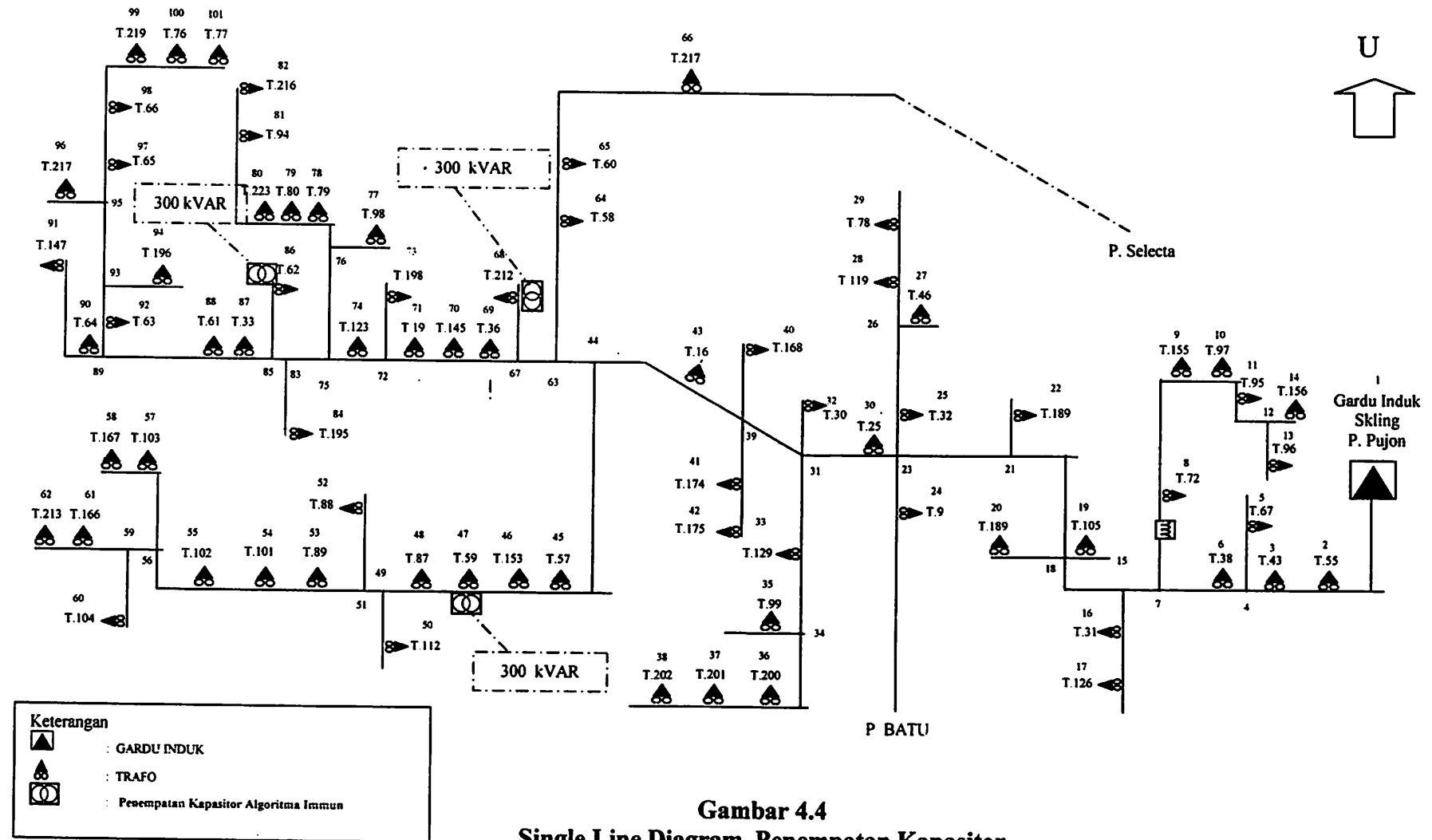




**Keterangan**  
▲ : GARDU INDUK  
● : TRAFO

Sumber PT.PLN (PERSERO) Distribusi JATIM  
Area Malang UP - J Batu

**Gambar 4.3**  
**Single Line Diagram Penyulang pujan**  
**sebelum Penempatan Kapasitor**



**Gambar 4.4**  
**Single Line Diagram Penempatan Kapasitor**  
**Dengan Metode Algoritma Immun**

## **BAB V KESIMPULAN**

Setelah dilakukan analisa mengenai penentuan letak dan kapasitas kapasitor pada jaringan distribusi radial dengan menggunakan metode *Algoritma Immun*, maka dapat diambil kesimpulan :

1. Berdasarkan hasil perhitungan dengan metode metode *Algoritma Immun*, letak kapasitor yang optimal terletak pada node 68, 86 dan 47. serta kapasitas kapasitor masing-masing adalah 300,300 dan 300 kVAR
2. Dari hasil perhitungan aliran daya pada penyulang Pujon sebelum dikompensasi, tegangan paling rendah terjadi pada node ke-99, yang besarnya 0.94572 pu atau 18.9144 kV. Setelah kompensasi profil tegangan pada semua node penyulang Pujon bertambah baik, untuk node ke-99 menjadi 0.95699 pu atau 19.1398 kV.
3. Besar rugi daya mengalami penurunan yaitu untuk daya aktif sebesar 25.792 kW dari 129.862 kW menjadi 104.070 kW. Sedangkan untuk daya reaktif sebesar 32.097 kVAR dari 161.362 Kvar menjadi 129.265 kVAR.
4. Dari hasil perhitungan program maka dapat diketahui besar total biaya dari instalasi kapasitor sebelum penempatan sebesar NT\$ 963.085/year. Sedangkan total biaya setelah penempatan sebesar NT\$ 922.683/ year tersebut, jadi dalam setahun PLN selaku pihak distribusi tenaga listrik mengalami keuntungan sebesar NT\$ 40.402 / year. Atau Rp 55.522.600/ th dengan asumsi nilai dolar taiwan adalah NT\$1 = Rp 1300,00.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Djiteng Maesudi, 1990, "Operasi sistem tenaga Listrik", Balai Penerbit Dan Humas ISTN
- [2]. Turan Gonen, "Electric Power Distribution System Engineering", University of Missouri at Columbia
- [3]. Hasan Basri, "Sistem Distribusi Tenaga Listrik".
- [4]. William D Stevenson, Jr. "Analisa Sistem Tenaga Listrik". Edisi ke empat, Erlangga, Jakarta, 1993.
- [5]. Y.baghzouz, *Shunt Capacitor Sizing For Radial Distribusi Feeders With Distorted Substation Voltages*, vol.5, no 2, April 1990.
- [6]. Shyh-Jier Huang, "An Immune - Based Optimization Method to Capacitor Placement in a Radial Distribusi System", IEEE Transaction on Power Delivery, Vol. 15, No. 2, April 2000.
- [7]. Mesut E. Baran, Felix F. Wu, "Optimal Capacitor Placement Radial Distribution System", IEEE Trans On Power Delivery, Vol 4, no 1, January 1989

LAMPIRAN

## Kondisi Tegangan Dan Sudut Fasa Tiap Node Penyulang Pujon Sebelum Penempatan Kapasitor

Bus	Tegangan re (pu)	Sudut Fasa (deg)
1	1.00000	0.00000
2	0.99760	-0.06503
3	0.99174	-0.22509
4	0.98826	-0.32095
5	0.98826	-0.32104
6	0.98554	-0.39650
7	0.97732	-0.62770
8	0.97725	-0.62962
9	0.97710	-0.63411
10	0.97684	-0.64148
11	0.97677	-0.64357
12	0.97674	-0.64452
13	0.97663	-0.64750
14	0.97674	-0.64452
15	0.97295	-0.75206
16	0.97294	-0.75248
17	0.97294	-0.75255
18	0.96651	-0.59598
19	0.96650	-0.59630
20	0.96648	-0.59672
21	0.96553	-0.62396
22	0.96550	-0.62458
23	0.96160	-0.73713
24	0.96154	-0.73896
25	0.96157	-0.73711
26	0.96122	-0.73384
27	0.96122	-0.73382
28	0.96122	-0.73384
29	0.96086	-0.73071
30	0.95928	-0.80431
31	0.95890	-0.81519
32	0.95887	-0.81609
33	0.95880	-0.81508
34	0.95861	-0.81489
35	0.95859	-0.81487
36	0.95858	-0.81514
37	0.95858	-0.81521
38	0.95858	-0.81523
39	0.95758	-0.91658
40	0.95757	-0.91657
41	0.95752	-0.91821
42	0.95752	-0.91826
43	0.95748	-0.91931
44	0.95376	-1.02832
45	0.95323	-1.04379
46	0.95303	-1.04981
47	0.95261	-1.06225
48	0.95234	-1.07451
49	0.95219	-1.07520
50	0.95215	-1.07561
51	0.95217	-1.07508

Bus	Tegangan re (pu)	Sudut Fasa (deg)
52	0.95217	-1.0752
53	0.95187	-1.08408
54	0.95123	-1.08887
55	0.95084	-1.09176
56	0.95071	-1.09578
57	0.95064	-1.09765
58	0.95063	-1.098
59	0.95068	-1.09666
60	0.95066	-1.09703
61	0.95064	-1.09771
62	0.95063	-1.0981
63	0.95297	-1.05144
64	0.95288	-1.0541
65	0.95277	-1.05744
66	0.95275	-1.05812
67	0.95278	-1.05711
68	0.95277	-1.05747
69	0.95263	-1.06168
70	0.94913	-1.01277
71	0.94837	-1.0353
72	0.94835	-1.03484
73	0.94834	-1.0352
74	0.94806	-1.04353
75	0.94786	-1.0496
76	0.94731	-1.06636
77	0.94728	-1.06706
78	0.94717	-1.07051
79	0.94708	-1.07293
80	0.94698	-1.07588
81	0.94686	-1.07898
82	0.94676	-1.08204
83	0.94764	-1.05603
84	0.94763	-1.05618
85	0.94729	-1.08516
86	0.94726	-1.08593
87	0.94718	-1.08845
88	0.94693	-1.09573
89	0.94663	-1.10459
90	0.9466	-1.10542
91	0.94657	-1.10636
92	0.94657	-1.10367
93	0.94631	-1.11426
94	0.94627	-1.11422
95	0.94612	-1.11406
96	0.94611	-1.11404
97	0.94597	-1.1139
98	0.94572	-1.11364
99	0.94572	-1.11377
100	0.97695	-0.63396
101	0.97689	-0.63392



## Kondisi Tegangan Dan Sudut Fasa Tiap Node Penyulang Pujon Setelah Penempatan Kapasitor

Bus	Tegangan re (pu)	Sudut Fasa (deg)
1	1.00000	0.00000
2	0.99781	-0.07817
3	0.99246	-0.27103
4	0.98933	-0.38578
5	0.98932	-0.38607
6	0.98693	-0.47470
7	0.97971	-0.74706
8	0.97963	-0.74925
9	0.97945	-0.75439
10	0.97922	-0.76096
11	0.97915	-0.76320
12	0.97910	-0.76438
13	0.97908	-0.76523
14	0.97902	-0.76684
15	0.97601	-0.89398
16	0.97600	-0.89434
17	0.97600	-0.89440
18	0.96976	-0.80508
19	0.96975	-0.80538
20	0.96973	-0.80580
21	0.96894	-0.83893
22	0.96892	-0.83939
23	0.96563	-0.97718
24	0.96557	-0.97883
25	0.96560	-0.97716
26	0.96525	-0.97387
27	0.96525	-0.97386
28	0.96524	-0.97385
29	0.96486	-0.97053
30	0.96486	-1.06204
31	0.96342	-1.07581
32	0.96340	-1.07646
33	0.96333	-1.07571
34	0.96318	-1.07555
35	0.96316	-1.07554
36	0.96316	-1.07562
37	0.96316	-1.07565
38	0.96316	-1.07566
39	0.96254	-1.18309
40	0.96254	-1.18309
41	0.96248	-1.18485
42	0.96247	-1.18489
43	0.96246	-1.18670
44	0.95946	-1.33219
45	0.95892	-1.34804
46	0.95871	-1.35421
47	0.95827	-1.36695
48	0.95800	-1.37491
49	0.95785	-1.37933
50	0.95784	-1.37956
51	0.95783	-1.37997

Bus	Tegangan re (pu)	Sudut Fasa (deg)
52	0.96273	-1.51959
53	0.96243	-1.52829
54	0.9618	-1.53297
55	0.96142	-1.5358
56	0.96129	-1.53976
57	0.96122	-1.54156
58	0.96121	-1.5419
59	0.96126	-1.54059
60	0.96124	-1.54095
61	0.96122	-1.54162
62	0.96121	-1.54199
63	0.96385	-1.51223
64	0.96374	-1.51483
65	0.96371	-1.51809
66	0.96386	-1.51876
67	0.96399	-1.52209
68	0.96378	-1.52819
69	0.9609	-1.5293
70	0.9609	-1.5293
71	0.96054	-1.58913
72	0.96052	-1.62628
73	0.96051	-1.62653
74	0.9604	-1.6415
75	0.95871	-1.53603
76	0.95817	-1.5524
77	0.95814	-1.55309
78	0.95803	-1.55646
79	0.95795	-1.55883
80	0.95785	-1.56171
81	0.95773	-1.56474
82	0.95763	-1.56773
83	0.95858	-1.54556
84	0.95858	-1.54571
85	0.95849	-1.57548
86	0.95846	-1.57624
87	0.95843	-1.58077
88	0.95819	-1.58789
89	0.95789	-1.59654
90	0.95787	-1.59735
91	0.95784	-1.59826
92	0.95784	-1.59827
93	0.95758	-1.60598
94	0.95754	-1.60594
95	0.95739	-1.60578
96	0.95738	-1.60577
97	0.95724	-1.60563
98	0.957	-1.60537
99	0.95699	-1.6055
100	0.98141	-0.79001
101	0.98135	-0.78998

**Besarnya Rugi-Rugi Daya Tiap Saluran Penyulang Pujon Sebelum Penempatan Kapasitor**

Saluran	P (kW)	Q (kVAR)
1-2	6.744	10.307
2-3	16.271	24.877
3-4	9.515	15.459
4-5	0	0
4-6	7.378	11.28
6-7	22.17	33.892
7-8	-3307.261	0.03
8-9	-54.18	0.062
9-10	-86.018	0.077
10-11	120.88	0.012
11-12	0.002	0.002
12-13	0.805	0.008
12-14	0	0
7-15	10.488	16.034
15-16	0.002	0.003
16-17	0	0
15-18	25.94	3.963
18-19	0.001	0.001
18-20	0.002	0.002
18-21	2.145	3.279
21-22	0.002	0.002
21-23	8.413	12.865
23-24	0.007	0.01
23-25	0.002	0.001
23-26	404.372	0.035
26-27	0	0
26-28	0	0
26-29	0.043	0.018
23-30	4.258	6.508
30-31	0.68	1.041
31-32	0.001	0.001
31-33	0.019	0.01
33-34	0.015	0.008
34-35	0.001	0.001
35-36	0	0
36-37	0	0
37-38	0	0
31-39	0.731	5.847
39-40	0	0
39-41	0.004	0.006
41-42	0	0
39-43	0.15	0.229
43-44	5.756	8.799
44-45	0.242	0.37
45-46	0.086	0.131
46-47	0.154	-99.764
47-48	0.086	0.131
48-49	0.042	0.064
49-50	94.601	0.002
49-51	0.004	0.007

Saluran	P (kW)	Q (kVAR)
51-52	0	0
51-53	0.068	0.104
53-54	0.13	0.101
54-55	0.069	0.053
55-56	0.011	0.018
56-57	0.002	0.003
57-58	0	0
56-59	0.002	0.002
59-60	0	0.001
59-61	0.001	0.001
61-62	0	0
44-63	0.854	1.305
63-64	0.01	0.015
64-65	0.01	0.015
65-66	0	0
63-67	0.188	0.287
67-68	0	0
67-69	0.15	0.229
69-70	5.033	1.6
70-71	0.661	1.01
71-72	0.027	0.004
72-73	0	0.001
72-74	0.229	1239.153
74-75	0.146	0.224
75-76	0.135	0.212
76-77	0.001	0.002
76-78	0.028	0.043
78-79	0.01	0.016
79-80	0.01	0.014
80-81	0.011	0.015
81-82	0.005	0.008
75-83	0.1	0.154
83-84	0	0
83-85	0.041	0.433
85-86	0.002	0.003
85-87	0.035	0.063
87-88	0.07	0.107
88-89	0.072	-8.891
89-90	0.001	0.002
90-91	0.001	0.001
89-92	0.011	0.018
92-93	0.044	0.068
93-94	0.001	0
93-95	0.042	3.024
95-96	0	0
95-97	0.032	0.019
97-98	0.024	-0.016
98-99	0	11
99-100	0.013	0.007
100-101	0.005	0.003

**Besar Alira Daya Aktif Tiap Saluran Penyulang Pujon Sebelum Penempatan Kapasitor**

Saluran	P (kW)	Saluran	P (kW)	Saluran	P (kW)	Saluran	P (kW)
1-2	3949.982	2-1	-3943.238	51-52	29.24	52-51	-29.24
2-3	3898.518	3-2	-3882.247	51-53	299.564	53-51	-299.496
3-4	3822.047	4-3	-3812.532	53-54	210.915	54-53	-210.785
4-5	36.98	5-4	-36.98	54-55	182.405	55-54	-182.336
4-6	3775.552	6-4	-3768.174	55-56	111.816	56-55	-111.805
6-7	3740.654	7-6	-3718.484	56-57	43.002	57-56	-43
7-8	411.223	8-7	-3718.484	57-58	10.32	58-57	-10.32
8-9	357.024	9-8	-411.204	56-59	68.803	59-56	-68.801
9-10	270.965	10-9	-356.983	59-60	38.7	60-59	-38.7
10-11	148.795	11-10	-27.915	59-61	30.101	61-59	-30.1
11-12	68.807	12-11	-68.805	61-62	10.32	62-61	-10.32
12-13	68.805	13-12	-68	44-63	1461.395	63-44	-1460.541
12-14	0	14-12	0	63-64	146.22	64-63	-146.21
7-15	3307.261	15-7	-3296.773	64-65	115.25	65-64	-115.24
15-16	151.362	16-15	-151.36	65-66	12.04	66-65	-12.04
16-17	118.68	17-16	-118.68	63-67	1314.321	67-63	-1314.133
15-18	3145.411	18-15	-3119.471	67-68	13.76	68-67	-13.76
18-19	62.781	19-18	-62.78	67-69	1300.373	69-67	-1300.223
18-20	67.082	20-18	-67.08	69-70	1207.342	70-69	-1202.309
18-21	2099.608	21-18	-2987.463	70-71	1161.889	71-70	-1161.228
21-22	77.402	22-21	-77.4	71-72	1089.848	72-71	-1089.821
21-23	2910.061	23-21	-2901.648	72-73	47.3	73-72	-47.3
23-24	143.627	24-23	-143.62	72-74	1042.521	74-72	-1042.292
23-25	72.242	25-23	-72.24	74-75	951.992	75-74	-951.846
23-26	202.229	26-23	202.143	75-76	333.021	76-75	-332.886
26-27	97.18	27-26	-97.18	76-77	60.201	77-76	-60.2
26-28	0	28-26	0	76-78	272.684	78-76	-272.656
26-29	104.963	29-26	-104.92	78-79	166.876	79-78	-166.866
23-30	2483.55	30-23	-2479.292	79-80	126.446	80-79	-126.436
30-31	2456.932	31-30	-2456.252	80-81	112.676	81-80	-112.665
31-32	33.541	32-31	-33.54	81-82	66.225	82-81	-66.22
31-33	169.455	33-31	-169.436	75-83	618.825	83-75	-618.725
33-34	74.836	34-33	-74.821	83-84	24.94	84-83	-24.94
34-35	74.821	35-34	-74.82	83-85	593.784	85-83	-593.743
35-36	17.2	36-35	-17.2	85-86	98.042	86-85	-98.04
36-37	8.6	37-36	-8.6	85-87	495.695	87-85	-495.66
37-38	1.72	38-37	-1.72	87-88	382.14	88-87	-382.07
31-39	2253.256	39-31	-2252.525	88-89	320.15	89-88	-320.078
39-40	10.32	40-39	-10.32	89-90	55.902	90-89	-55.901
39-41	94.604	41-39	-94.6	90-91	24.941	91-90	-24.94
41-42	13.76	42-41	-13.76	89-92	264.176	92-89	-264.165
39-43	2147.601	43-39	-2147.451	92-93	227.185	93-92	-227.141
43-44	2086.391	44-43	-2080.635	93-94	13.761	94-93	-13.76
44-45	619.24	45-44	-618.998	93-95	213.38	95-93	-213.338
45-46	563.098	46-45	-563.012	95-96	13.76	96-95	-13.76
46-47	491.632	47-46	-491.478	95-97	199.577	97-95	-199.545
47-48	432.138	48-47	-432.052	97-98	93.764	98-97	-93.74
48-49	376.152	49-48	-376.11	98-99	39.56	99-98	-39.56
49-50	47.301	50-49	47.3	99-100	86.018	100-99	-86.005
49-51	328.808	51-49	-328.804	100-101	86.005	101-100	-86

## Besat Alira Daya Reaktif Tiap Saluran Penyulang Pujon Penempatan Kapasitor

Saluran	Q (kVAR)	Saluran	Q (kVAR)	Saluran	Q (kVAR)	Saluran	Q (kVAR)
1-2	2427.659	2-1	-2417.352	51-52	17.347	52-51	-17.347
2-3	2390.822	3-2	-2365.945	51-53	177.827	53-51	-177.723
3-4	2345.69	4-3	-2330.231	53-54	125.172	54-53	-125.071
4-5	21.939	5-4	-21.939	54-55	108.234	55-54	-108.181
4-6	2293.75	6-4	-2282.47	55-56	66.351	56-55	-66.333
6-7	2266.144	7-6	-2232.252	56-57	25.513	57-56	-25.51
7-8	244.078	8-7	-244.048	57-58	6.122	58-57	-6.122
8-9	211.905	9-8	-211.843	56-59	40.82	59-56	-40.818
9-10	160.812	10-9	-160.735	59-60	22.96	60-59	-22.959
10-11	88.287	11-10	-88.275	59-61	17.858	61-59	-17.857
11-12	40.826	12-11	-40.824	61-62	6.122	62-61	-6.122
12-13	40.824	13-12	-40.816	44-63	868.601	63-44	-867.296
12-14	0	14-12	0	63-64	86.76	64-63	-86.745
7-15	1988.174	15-7	-1972.14	64-65	68.378	65-64	-68.363
15-16	89.799	16-15	-89.796	65-66	7.143	66-65	-7.143
16-17	70.408	17-16	-70.408	63-67	780.536	67-63	-780.249
15-18	1882.341	18-15	-1878.378	67-68	8.163	68-67	-8.163
18-19	37.246	19-18	-37.245	67-69	772.085	69-67	-771.856
18-20	39.798	20-18	-39.796	69-70	716.754	70-69	-715.154
18-21	1801.333	21-18	-1798.054	70-71	691.174	71-70	-690.164
21-22	45.92	22-21	-45.918	71-72	647.817	72-71	-647.813
21-23	1752.133	23-21	-1739.268	72-73	28.062	73-72	-28.061
23-24	85.213	24-23	-85.203	72-74	619.751	74-72	619.402
23-25	42.858	25-23	-42.857	74-75	565.831	75-74	-565.607
23-26	119.95	26-23	-119.915	75-76	197.757	76-75	-197.545
26-27	57.653	27-26	-57.653	76-77	35.716	77-76	-35.714
26-28	0	28-26	0	76-78	161.829	78-76	-161.786
26-29	62.262	29-26	-62.244	78-79	99.031	79-78	-99.015
23-30	1491.245	30-23	-1484.737	79-80	75.036	80-79	-75.022
30-31	1471.472	31-30	-1470.431	80-81	66.859	81-80	-66.844
31-32	19.899	32-31	-19.898	81-82	39.293	82-81	-39.285
31-33	100.529	33-31	-100.519	75-83	367.85	83-75	-367.650
33-34	44.396	34-33	-44.388	83-84	14.796	84-83	-14.796
34-35	44.388	35-34	-44.387	83-85	352.9	85-83	-352.467
35-36	10.204	36-35	-10.204	85-86	58.166	86-85	-58.163
36-37	5.102	37-36	-5.102	85-87	294.301	87-85	-294.238
37-38	1.02	38-37	-1.02	87-88	226.892	88-87	-226.785
31-39	1350.001	39-31	-1344.154	88-89	190.051	89-88	-190.042
39-40	6.122	40-39	-6.122	89-90	33.166	90-89	-33.164
39-41	56.128	41-39	-56.122	90-91	14.797	91-90	-14.796
41-42	8.163	42-41	-8.163	89-92	156.776	92-89	-156.758
39-43	1281.904	43-39	-1281.675	92-93	134.819	93-92	-134.751
43-44	1245.451	44-43	-1236.652	93-94	8.163	94-93	-8.163
44-45	368.051	45-44	-367.681	93-95	126.507	95-93	-123.500
45-46	334.521	46-45	-334.39	95-96	8.163	96-95	-8.163
46-47	292.043	47-46	-391.807	95-97	118.4	97-95	-118.381
47-48	255.603	48-47	255.472	97-98	55.626	98-97	-55.642
48-49	223.309	49-48	-223.245	98-99	23.469	99-98	-12.469
49-50	28.063	50-49	-28.061	99-100	51.03	100-99	-51.023
49-51	195.182	51-49	-195.175	100-101	51.023	101-100	-51.02

## Besarnya Rugi-Rugi Daya Tiap Saluran Penyulang Pujon Setelah Penempatan Kapasitor

Saluran	P (kW)	Q (kVAR)	Saluran	P (kW)	Q (kVAR)
1-2	6.744	8.457	51-52	0	0
2-3	13.323	20.369	51-53	0.067	0.101
3-4	7.77	11.875	53-54	0.128	0.1
4-5	0	0	54-55	0.067	0.052
4-6	6.015	9.196	55-56	0.011	0.017
6-7	18.052	27.597	56-57	0.002	0.003
7-8	0.02	0.03	57-58	0	0
8-9	0.04	0.061	56-59	0.002	0.002
9-10	0.049	0.077	59-60	77.4	0.001
10-11	0.008	0.012	59-61	0.001	0.001
11-12	0.002	0.002	61-62	0	0
12-13	0.005	0.008	44-63	0.657	-358.88
12-14	0	0	63-64	0.009	0.014
7-15	8.372	12.799	64-65	0.01	0.015
15-16	0.002	0.003	65-66	0	0
16-17	0	0	63-67	0.176	-359.614
15-18	20.54	3.139	67-68	0.02	-209.971
18-19	0.001	0.001	67-69	0.129	-149.686
18-20	0.002	0.002	69-70	4.089	-448.563
18-21	1.687	-57.422	70-71	0.99	-448.9
21-22	0.002	0.002	71-72	0.531	-245.362
21-23	6.583	-49.859	72-73	0	0.001
23-24	0.007	0.01	72-74	0.322	-449.355
23-25	0.002	0.001	74-75	0.641	-449.437
23-26	0.085	0.035	75-76	0.165	-299.755
26-27	0	0	76-77	0.001	0.002
26-28	0	0	76-78	0.086	-299.879
28-29	0.042	0.017	78-79	0.07	-299.904
23-30	3.244	-54.851	79-80	0.061	-299.917
30-31	0.517	-58.963	80-81	0.044	-289.946
31-32	0.001	0.001	81-82	0.005	0.008
31-33	0.018	0.011	75-83	0.574	-146.528
33-34	0.015	0.008	83-84	0	0
34-35	0.001	0.001	83-85	0.528	-149.325
35-36	0	0	85-86	0.002	0.003
36-37	0	0	85-87	0.977	-149.602
37-38	0	0	87-88	0.566	-449.546
31-39	0.549	-55.358	88-89	-0.032	-449.543
39-40	0	0	89-90	0.001	0.002
39-41	0.004	0.006	90-91	0.001	0.001
41-42	0	0	89-92	0.494	-449.656
39-43	0.111	-59.531	92-93	0.519	-449.618
43-44	4.268	-54.175	93-94	0.001	0
44-45	0.177	300.487	93-95	0.468	-449.741
45-46	0.062	300.221	95-96	0	0
46-47	0.112	300.263	95-97	0.399	-449.781
47-48	0.063	300.128	97-98	0.336	-449.817
48-49	0.04	0.063	98-99	0	0
49-50	0.001	0.002	99-100	0.013	0.007
49-51	0.004	0.007	100-101	0.005	0.003

## Besar Alira Daya Aktif Tiap Saluran Penyulang Pujon Setelah Penempatan Kapasitor

Saluran	P (kW)	Saluran	P (kW)	Saluran	P (kW)	Saluran	P (kW)
1-2	3949.982	2-1	-3943.238	51-52	29.24	52-51	-29.24
2-3	3873.937	3-2	-3860.614	51-53	299.558	53-51	-299.491
3-4	3800.414	4-3	-3792.644	53-54	210.911	54-53	-210.783
4-5	36.98	5-4	-36.98	54-55	182.403	55-54	-182.336
4-6	3755.664	6-4	-3749.649	55-56	111.816	56-55	-111.805
6-7	3722.129	7-6	-3704.077	56-57	43.002	57-56	-43
7-8	411.222	8-7	-411.202	57-58	10.32	58-57	-10.32
8-9	357.022	9-8	-356.982	56-59	68.803	59-56	-68.801
9-10	270.964	10-9	-270.915	59-60	38.7	60-59	38.7
10-11	148.795	11-10	-148.787	59-61	30.101	61-59	-30.1
11-12	68.807	12-11	-68.805	61-62	10.32	62-61	-10.32
12-13	68.805	13-12	-68.8	44-63	1459.865	63-44	-1459.208
12-14	0	14-12	0	63-64	146.219	64-63	-146.21
7-15	3292.855	15-7	-3284.483	64-65	115.25	65-64	-115.24
15-16	151.362	16-15	-151.36	65-66	12.04	66-65	-12.04
16-17	118.68	17-16	-118.68	63-67	1313.027	67-63	-1312.851
15-18	3133.121	18-15	-3112.581	67-68	13.78	68-67	-13.76
18-19	62.781	19-18	-62.78	67-69	1299.109	69-67	-1298.98
18-20	67.082	20-18	-67.08	69-70	1206.121	70-69	-1202.032
18-21	2982.719	21-18	-2981.032	70-71	1162.071	71-70	-1161.081
21-22	77.402	22-21	-77.4	71-72	1090.211	72-71	-1089.68
21-23	2903.631	23-21	-2897.048	72-73	47.3	73-72	-47.3
23-24	143.627	24-23	-143.62	72-74	1042.521	74-72	-1042.199
23-25	72.242	25-23	-72.24	74-75	952.426	75-74	-951.785
23-26	202.227	26-23	-202.142	75-76	333.049	76-75	-332.884
26-27	97.18	27-26	-97.18	76-77	60.201	77-76	-60.2
26-28	0	28-26	0	76-78	272.741	78-76	-272.655
28-29	104.962	29-26	-104.92	78-79	166.935	79-78	-166.865
23-30	2476.952	30-23	-2475.708	79-80	126.497	80-79	-126.436
30-31	2453.348	31-30	-2452.831	80-81	112.709	81-80	-112.665
31-32	33.541	32-31	-33.54	81-82	66.225	82-81	-66.22
31-33	169.454	33-31	-169.436	75-83	619.209	83-75	-618.095
33-34	74.836	34-33	-74.821	83-84	24.94	84-83	-24.94
34-35	74.821	35-34	-74.82	83-85	594.253	85-83	-593.725
35-36	17.2	36-35	-17.2	35-86	98.042	86-85	-98.04
36-37	8.6	37-36	-8.6	85-87	496.63	87-85	-495.653
37-38	1.72	38-37	-1.72	87-88	382.63	88-87	-382.064
31-39	2249.836	39-31	-2249.287	88-89	320.042	89-88	-320.074
39-40	10.32	40-39	-10.32	89-90	55.902	90-89	-55.901
39-41	94.604	41-39	-94.6	90-91	24.941	91-90	-24.94
41-42	13.76	42-41	-13.76	89-92	264.655	92-89	-264.161
39-43	2144.363	43-39	-2144.252	92-93	227.657	93-92	-227.138
43-44	2083.192	44-43	-2078.924	93-94	13.761	94-93	-13.76
44-45	619.078	45-44	-618.901	93-95	213.004	95-93	-213.000
45-46	563.001	46-45	-562.939	95-96	13.76	96-95	-13.76
46-47	491.559	47-46	-491.447	95-97	199.943	97-95	-199.544
47-48	132.107	48-47	-132.044	97-98	94.076	98-97	-93.74
48-49	376.144	49-48	-376.104	98-99	39.56	99-98	-39.56
49-50	47.301	50-49	-47.3	99-100	86.018	100-99	-86.005
49-51	328.802	51-49	-328.798	100-101	86.005	101-100	-86

## Besaran Daya Reaktif Tiap Saluran Penyulang Pujon Setelah Penempatan Kapasitor

Saluran	Q (kVAR)	Saluran	Q (kVAR)	Saluran	Q (kVAR)	Saluran	Q (kVAR)
1-2	1495.562	2-1	-1487.105	51-52	17.347	52-51	-17.347
2-3	1460.575	3-2	-1440.206	51-53	177.821	53-51	-177.720
3-4	1404.492	4-3	-1392.617	53-54	125.169	54-53	-125.069
4-5	21.939	5-4	-21.939	54-55	108.232	55-54	-108.180
4-6	1370.678	6-4	-1361.482	55-56	66.35	56-55	-66.333
6-7	1345.156	7-6	-1317.559	56-57	25.513	57-56	-25.510
7-8	244.076	8-7	-244.046	57-58	6.122	58-57	-6.122
8-9	211.903	9-8	-211.842	56-59	40.82	59-56	-40.818
9-10	160.812	10-9	-160.735	59-60	22.96	60-59	-22.959
10-11	88.287	11-10	-88.275	59-61	17.858	61-59	-17.857
11-12	40.826	12-11	-40.824	61-62	6.122	62-61	-6.122
12-13	40.824	13-12	-40.816	44-63	-92.543	63-44	-266.337
12-14	0	14-12	0	63-64	86.759	64-63	-86.745
7-15	1073.483	15-7	-1060.684	64-65	68.378	65-64	-68.363
15-16	89.799	16-15	-89.796	65-66	7.143	66-65	-7.143
16-17	70.408	17-16	-70.408	63-67	-180.248	67-63	-179.366
15-18	970.885	18-15	-967.746	67-68	-201.808	68-67	-8.163
18-19	37.246	19-18	-37.245	67-69	21.349	69-67	-171.035
18-20	39.798	20-18	-39.796	69-70	-33.923	70-69	-414.640
18-21	830.702	21-18	-888.124	70-71	-59.052	71-70	-389.848
21-22	45.92	22-21	-45.918	71-72	102.136	72-71	-347.498
21-23	782.279	23-21	-832.138	72-73	28.062	73-72	-28.061
23-24	85.213	24-23	-85.203	72-74	-130.195	74-72	-319.160
23-25	42.858	25-23	-42.857	74-75	-184.022	75-74	-265.415
23-26	119.949	26-23	-119.914	75-76	-102.212	76-75	-197.543
26-27	57.653	27-26	-57.653	76-77	35.716	77-76	-35.714
26-28	0	28-26	0	76-78	-138.095	78-76	-161.784
28-29	62.261	29-26	-62.244	78-79	-200.89	79-78	-99.014
23-30	524.308	30-23	-579.159	79-80	-224.896	80-79	-75.021
30-31	506.139	31-30	-565.102	80-81	-223.102	81-80	-66.844
31-32	19.899	32-31	-19.898	81-82	39.293	82-81	-39.285
31-33	100.529	33-31	-100.518	75-83	-81.970	83-75	-64.552
33-34	44.396	34-33	-44.388	83-84	14.796	84-83	-14.796
34-35	44.388	35-34	-44.387	83-85	-96.884	85-83	-52.441
35-36	10.204	36-35	-10.204	85-86	58.166	86-85	-58.163
36-37	5.102	37-36	-5.102	85-87	-155.372	87-85	5.770
37-38	1.02	38-37	-1.02	87-88	-222.767	88-87	-226.779
31-39	384.929	39-31	-440.287	88-89	-259.000	89-88	-180.000
39-40	6.122	40-39	-6.122	89-90	33.166	90-89	-33.164
39-41	56.128	41-39	-56.122	90-91	14.797	91-90	-14.796
41-42	3.163	42-41	-3.163	89-92	-292.901	92-89	-156.755
39-43	318.336	43-39	-377.867	92-93	-314.869	93-92	-134.749
43-44	280.944	44-43	-335.119	93-94	8.163	94-93	-8.163
44-45	368.024	45-44	-67.537	93-95	-323.170	95-93	-120.500
45-46	334.502	46-45	-34.281	95-96	8.163	96-95	-8.163
46-47	292.027	47-46	8.236	95-97	-331.4	97-95	-118.381
47-48	250.592	48-47	43.536	97-98	-394.205	98-97	-55.612
48-49	223.301	49-48	-223.238	98-99	23.469	99-98	-23.469
49-50	28.063	50-49	-28.061	99-100	51.03	100-99	-51.023
49-51	195.175	51-49	-195.168	100-101	51.023	101-100	-51.020

## **File uMenu**

**unit uMenu;**

**interface**

**uses**

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

**type**

**TfrmMenu = class(TForm)**

**Panel1: TPanel;**

**btnNew: TButton;**

**btnOpen: TButton;**

**btnExit: TButton;**

**StatusBar1: TStatusBar;**

**Panel2: TPanel;**

**OpenDialog1: TOpenDialog;**

**procedure btnExitClick(Sender: TObject);**

**procedure btnNewClick(Sender: TObject);**

**procedure btnOpenClick(Sender: TObject);**

**private**

**{ Private declarations }**

**public**

**{ Public declarations }**

**end;**

**var**

**frmMenu: TfrmMenu;**

**implementation**

**uses uInputLFChild,uComplex, uUtils, uLoadflow, uHasil;**

**{ \$R \*.dfm }**

**procedure TfrmMenu.btnExitClick(Sender: TObject);**

**begin**

**Application.Terminate;**

**end;**

**procedure TfrmMenu.btnNewClick(Sender: TObject);**

**begin**

**try**

**if frmInput=nil then**



```

begin
  frmInput:=TfrmInputLFChild.Create(Application);
end;
frmInput.Caption:='Input Data';
frmInput.btnNext.Caption:='&Save';
frmInput.ShowModal;
finally
  frmInput.Free;
end;
end;

procedure TfrmMenu.btnOpenClick(Sender: TObject);
var NamaFile,Nama:string;
    output:TextFile;
    i,j,Typ,dari,ke,Nbus,Nsal,Param,Ngen,NCable:integer;
    Cap,absV,sudV,Pg,Qg,PL,QL,CapSal,Pmin,Pmax,Harga,Length:double;
    R,X,Lc,Tr,Tu,Su,VKonst,PKonst,Pbase,Vbase,dia:double;
begin
  try
    if OpenFileDialog1.Execute then
      begin
        NamaFile:=OpenDialog1.FileName;
        AssignFile(output,NamaFile);
        Reset(output);
        Readln(output,Nbus);
        Readln(output,Nsal);
        Readln(output,Vbase);
        Readln(output,VKonst);
        Readln(output,Pbase);
        Readln(output,PKonst);
        Readln(output,param);
        gParamLF.Vbase:=Vbase;
        gParamLF.VKonst:=VKonst;
        gParamLF.Pbase:=Pbase;
        gParamLF.PKonst:=PKonst;
        if Param=1 then
          begin
            gParamLF.ParamBranch:=pbPu;
          end
        else if Param=2 then
          begin
            gParamLF.ParamBranch:=pbOhm;
          end;
        gParamLF.MaxIterasi:=15;
        gParamLF.Toleransi:=0.0001;
      try

```

```

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

```

```

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

```

```

gBranch[i].Tu:=Tu;
gBranch[i].Su:=Su;
gBranch[i].KapSal:=CapSal;
frmInput.fgBranch.Cells[0,i+1]:=IntToStr(i+1);
frmInput.fgBranch.Cells[1,i+1]:=IntToStr(dari);
frmInput.fgBranch.Cells[2,i+1]:=IntToStr(ke);
frmInput.fgBranch.Cells[3,i+1]:=FloatToStr(R);
frmInput.fgBranch.Cells[4,i+1]:=FloatToStr(X);
frmInput.fgBranch.Cells[5,i+1]:=FloatToStr(Lc);
frmInput.fgBranch.Cells[6,i+1]:=FloatToStr(Tr);
frmInput.fgBranch.Cells[7,i+1]:=FloatToStr(Tu);
frmInput.fgBranch.Cells[8,i+1]:=FloatToStr(Su);
frmInput.fgBranch.Cells[9,i+1]:=FloatToStr(CapSal);
end;
Readln(output,Ngen);
if Ngen < 0 then
begin
frmInput.fgGen.RowCount:=Ngen+1;
SetLength(gGenLF,Ngen);
for i:=0 to Ngen-1 do
begin
Readln(output,dari,R,X,Lc,Tr,Tu,Su,CapSal,Pmin,Pmax);
gGenLF[i].bus:=dari;
gGenLF[i].Qmin:=R;
gGenLF[i].Qmax:=X;
gGenLF[i].a2:=Lc;
gGenLF[i].a1:=Tr;
gGenLF[i].a0:=Tu;
gGenLF[i].FixCost:=Su;
gGenLF[i].VarCost:=CapSal;
gGenLF[i].Pmin:=Pmin;
gGenLF[i].Pmax:=Pmax;
frmInput.fgGen.Cells[0,i+1]:=IntToStr(i+1);
frmInput.fgGen.Cells[1,i+1]:=IntToStr(gGenLF[i].bus);
frmInput.fgGen.Cells[2,i+1]:=RealToStr(gGenLF[i].Qmin,2);
frmInput.fgGen.Cells[3,i+1]:=RealToStr(gGenLF[i].Qmax,2);
frmInput.fgGen.Cells[4,i+1]:=RealToStr(gGenLF[i].a2,5);
frmInput.fgGen.Cells[5,i+1]:=RealToStr(gGenLF[i].a1,5);
frmInput.fgGen.Cells[6,i+1]:=RealToStr(gGenLF[i].a0,5);
frmInput.fgGen.Cells[7,i+1]:=RealToStr(gGenLF[i].FixCost,2);
frmInput.fgGen.Cells[8,i+1]:=RealToStr(gGenLF[i].VarCost,2);
frmInput.fgGen.Cells[9,i+1]:=RealToStr(gGenLF[i].Pmin,2);
frmInput.fgGen.Cells[10,i+1]:=RealToStr(gGenLF[i].Pmax,2);
end;
end
else

```

```
begin
  frmInput.fgGen.RowCount:=2;
end;
CloseFile(output);
frmInput.Caption:='Tampilan Data';
frmInput.btnNext.Caption:='&Next';
frmInput.ShowModal;
finally
  frmInput.Free;
end;
end;
except
  MessageDlg('File Corrupt atau Error Program!',mtWarning,[mbOK],0);
end;
end;

end.
```

## **File OpfimmuneA**

**unit** uMenu;

**interface**

**uses**

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

**type**

```
TfrmMenu = class(TForm)
  Panel1: TPanel;
  btnNew: TButton;
  btnOpen: TButton;
  btnExit: TButton;
  StatusBar1: TStatusBar;
  Panel2: TPanel;
  OpenFileDialog1: TOpenDialog;
  procedure btnExitClick(Sender: TObject);
  procedure btnNewClick(Sender: TObject);
  procedure btnOpenClick(Sender: TObject);
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;
```

**var**

frmMenu: TfrmMenu;

**implementation**

**uses** uInputLFChild,uComplex, uUtils, uLoadflow, uHasil;

{ \$R \*.dfm }

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

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

```

begin
  frmInput:=TfrmInputLFChild.Create(Application);
end;
frmInput.Caption:='Input Data';
frmInput.btnNext.Caption:='&Save';
frmInput.ShowModal;
finally
  frmInput.Free;
end;
end;

procedure TfrmMenu.btnOpenClick(Sender: TObject);
var NamaFile,Nama:string;
    output:TextFile;
    i,j,Typ,dari,ke,Nbus,Nsal,Param,Ngen,NCable:integer;
    Cap,absV,sudV,Pg,Qg,PL,QL,CapSal,Pmin,Pmax,Harga,Length:double;
    R,X,Lc,Tr,Tu,Su,VKonst,PKonst,Pbase,Vbase,dia:double;
begin
  try
    if OpenFileDialog1.Execute then
      begin
        NamaFile:=OpenDialog1.FileName;
        AssignFile(output,NamaFile);
        Reset(output);
        Readln(output,Nbus);
        Readln(output,Nsal);
        Readln(output,Vbase);
        Readln(output,VKonst);
        Readln(output,Pbase);
        Readln(output,PKonst);
        Readln(output,param);
        gParamLF.Vbase:=Vbase;
        gParamLF.VKonst:=VKonst;
        gParamLF.Pbase:=Pbase;
        gParamLF.PKonst:=PKonst;
        if Param=1 then
          begin
            gParamLF.ParamBranch:=pbPu;
          end
        else if Param=2 then
          begin
            gParamLF.ParamBranch:=pbOhm;
          end;
        gParamLF.MaxIterasi:=15;
        gParamLF.Toleransi:=0.0001;
      try

```

```

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

```



```

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

```

```

gBranch[i].Tu:=Tu;
gBranch[i].Su:=Su;
gBranch[i].KapSal:=CapSal;
frmInput.fgBranch.Cells[0,i+1]:=IntToStr(i+1);
frmInput.fgBranch.Cells[1,i+1]:=IntToStr(dari);
frmInput.fgBranch.Cells[2,i+1]:=IntToStr(ke);
frmInput.fgBranch.Cells[3,i+1]:=FloatToStr(R);
frmInput.fgBranch.Cells[4,i+1]:=FloatToStr(X);
frmInput.fgBranch.Cells[5,i+1]:=FloatToStr(Lc);
frmInput.fgBranch.Cells[6,i+1]:=FloatToStr(Tr);
frmInput.fgBranch.Cells[7,i+1]:=FloatToStr(Tu);
frmInput.fgBranch.Cells[8,i+1]:=FloatToStr(Su);
frmInput.fgBranch.Cells[9,i+1]:=FloatToStr(CapSal);
end;
Readln(output,Ngen);
if Ngen<>0 then
begin
frmInput.fgGen.RowCount:=Ngen+1;
SetLength(gGenLF,Ngen);
for i:=0 to Ngen-1 do
begin
Readln(output,dari,R,X,Lc,Tr,Tu,Su,CapSal,Pmin,Pmax);
gGenLF[i].bus:=dari;
gGenLF[i].Qmin:=R;
gGenLF[i].Qmax:=X;
gGenLF[i].a2:=Lc;
gGenLF[i].a1:=Tr;
gGenLF[i].a0:=Tu;
gGenLF[i].FixCost:=Su;
gGenLF[i].VarCost:=CapSal;
gGenLF[i].Pmin:=Pmin;
gGenLF[i].Pmax:=Pmax;
frmInput.fgGen.Cells[0,i+1]:=IntToStr(i+1);
frmInput.fgGen.Cells[1,i+1]:=IntToStr(gGenLF[i].bus);
frmInput.fgGen.Cells[2,i+1]:=RealToStr(gGenLF[i].Qmin,2);
frmInput.fgGen.Cells[3,i+1]:=RealToStr(gGenLF[i].Qmax,2);
frmInput.fgGen.Cells[4,i+1]:=RealToStr(gGenLF[i].a2,5);
frmInput.fgGen.Cells[5,i+1]:=RealToStr(gGenLF[i].a1,5);
frmInput.fgGen.Cells[6,i+1]:=RealToStr(gGenLF[i].a0,5);
frmInput.fgGen.Cells[7,i+1]:=RealToStr(gGenLF[i].FixCost,2);
frmInput.fgGen.Cells[8,i+1]:=RealToStr(gGenLF[i].VarCost,2);
frmInput.fgGen.Cells[9,i+1]:=RealToStr(gGenLF[i].Pmin,2);
frmInput.fgGen.Cells[10,i+1]:=RealToStr(gGenLF[i].Pmax,2);
end;
end
else

```

```
begin
  frmInput.fgGen.RowCount:=2;
end;
CloseFile(output);
frmInput.Caption:='Tampilan Data';
frmInput.btnNext.Caption:='&Next';
frmInput.ShowModal;
finally
  frmInput.Free;
end;
end;
except
  MessageDlg('File Corrupt atau Error Program!',mtWarning,[mbOK],0);
end;
end;
end.
```

## File uHasil

```
object frmHasil: TfrmHasil
  Left = 201
  Top = 146
  Width = 610
  Height = 451
  BorderIcons = [biSystemMenu, biMinimize]
  Caption = 'Hasil Loadflow'
  Color = clBtnFace
  Font.Charset = DEFAULT_CHARSET
  Font.Color = clWindowText
  Font.Height = -11
  Font.Name = 'MS Sans Serif'
  Font.Style = []
  OldCreateOrder = False
  Position = poScreenCenter
  OnCreate = FormCreate
  PixelsPerInch = 96
  TextHeight = 13
object PageControl1: TPageControl
  Left = 8
  Top = 8
  Width = 585
  Height = 345
  ActivePage = TabSheet3
  TabOrder = 0
object TabSheet3: TTabSheet
  Caption = 'LF Awal'
  ImageIndex = 2
object fgBus: TStringGrid
  Left = 0
  Top = 0
  Width = 577
  Height = 313
  ColCount = 9
  DefaultColWidth = 30
  DefaultRowHeight = 18
  RowCount = 2
  Options = [goFixedVertLine, goFixedHorzLine, goVertLine, goHorzLine,
goRangeSelect, goEditing]
  TabOrder = 0
  ColWidths = (
    30
    60
    61
```

```

67
65
61
60
61
61)
end
end
object TabSheet4: TTabSheet
Caption = 'Aliran Daya'
ImageIndex = 3
object fgBranch: TStringGrid
Left = 0
Top = 4
Width = 577
Height = 309
ColCount = 13
DefaultColWidth = 35
DefaultRowHeight = 18
RowCount = 2
TabOrder = 0
ColWidths = (
35
35
35
72
73
71
72
35
35
72
72
72
71)
end
end
object TabSheet9: TTabSheet
Caption = 'Summary'
ImageIndex = 8
object GroupBox6: TGroupBox
Left = 8
Top = 8
Width = 369
Height = 153
Caption = 'Summary Loadflow'

```

```
TabOrder = 0
object Label8: TLabel
  Left = 16
  Top = 24
  Width = 104
  Height = 13
  Caption = 'Jumlah Pembangkitan'
end
object Label9: TLabel
  Left = 16
  Top = 48
  Width = 99
  Height = 13
  Caption = 'Jumlah Pembebanan'
end
object Label10: TLabel
  Left = 16
  Top = 72
  Width = 83
  Height = 13
  Caption = 'Jumlah Rugi-Rugi'
end
object Label11: TLabel
  Left = 16
  Top = 96
  Width = 28
  Height = 13
  Caption = 'Iterasi'
end
object Label12: TLabel
  Left = 16
  Top = 120
  Width = 66
  Height = 13
  Caption = 'Waktu Hitung'
end
object lblGen: TLabel
  Left = 304
  Top = 24
  Width = 30
  Height = 13
  Caption = 'lblGen'
end
object lblLoad: TLabel
  Left = 304
  Top = 48
```

```
Width = 34
Height = 13
Caption = 'lblLoad'
end
object lblLoss: TLabel
Left = 304
Top = 72
Width = 32
Height = 13
Caption = 'lblLoss'
end
object edtSumGen: TEdit
Left = 128
Top = 24
Width = 169
Height = 21
TabOrder = 0
end
object edtSumLoad: TEdit
Left = 128
Top = 48
Width = 169
Height = 21
TabOrder = 1
end
object edtSumLoss: TEdit
Left = 128
Top = 72
Width = 169
Height = 21
TabOrder = 2
end
object edtIterasi: TEdit
Left = 128
Top = 96
Width = 57
Height = 21
TabOrder = 3
end
object edtTime: TEdit
Left = 128
Top = 120
Width = 169
Height = 21
TabOrder = 4
end
```

```
end
end
object TabSheet8: TTabSheet
  Caption = 'Parameter'
  ImageIndex = 8
object GroupBox2: TGroupBox
  Left = 8
  Top = 8
  Width = 265
  Height = 305
  Caption = 'Parameter Immune Algorithm'
  TabOrder = 0
object Label6: TLabel
  Left = 8
  Top = 24
  Width = 78
  Height = 13
  Caption = 'Jumlah Generasi'
end
object Label7: TLabel
  Left = 8
  Top = 48
  Width = 76
  Height = 13
  Caption = 'Jumlah Populasi'
end
object Label13: TLabel
  Left = 8
  Top = 72
  Width = 104
  Height = 13
  Caption = 'Probabilitas Crossover'
end
object Label14: TLabel
  Left = 8
  Top = 96
  Width = 88
  Height = 13
  Caption = 'Probabilitas Mutasi'
end
object Label15: TLabel
  Left = 8
  Top = 120
  Width = 73
  Height = 13
  Caption = 'Probabilitas Flip'
```



```
end
object Label16: TLabel
  Left = 8
  Top = 144
  Width = 64
  Height = 13
  Caption = 'Konstanta Ka'
end
object Label17: TLabel
  Left = 8
  Top = 168
  Width = 84
  Height = 13
  Caption = 'Jumlah Parameter'
end
object Label18: TLabel
  Left = 8
  Top = 192
  Width = 83
  Height = 13
  Caption = 'Panjang Antibody'
end
object Label19: TLabel
  Left = 8
  Top = 216
  Width = 66
  Height = 13
  Caption = 'Konstanta Col'
end
object Label20: TLabel
  Left = 8
  Top = 240
  Width = 70
  Height = 13
  Caption = 'Konstanta Coh'
end
object edtMaxGen: TEdit
  Left = 120
  Top = 24
  Width = 57
  Height = 21
  TabOrder = 0
end
object edtPopSize: TEdit
  Left = 120
  Top = 48
```

```
Width = 57
Height = 21
TabOrder = 1
end
object edtPCross: TEdit
Left = 120
Top = 72
Width = 57
Height = 21
TabOrder = 2
end
object edtPMutasi: TEdit
Left = 120
Top = 96
Width = 57
Height = 21
TabOrder = 3
end
object edtPFlip: TEdit
Left = 120
Top = 120
Width = 57
Height = 21
TabOrder = 4
end
object edtKa: TEdit
Left = 120
Top = 144
Width = 105
Height = 21
TabOrder = 5
end
object edtParam: TEdit
Left = 120
Top = 168
Width = 57
Height = 21
Color = cl3DLight
ReadOnly = True
TabOrder = 6
end
object edtLength: TEdit
Left = 120
Top = 192
Width = 57
Height = 21
```

```
    TabOrder = 7
end
object edtCol: TEdit
    Left = 120
    Top = 216
    Width = 57
    Height = 21
    TabOrder = 8
end
object edtCoh: TEdit
    Left = 120
    Top = 240
    Width = 57
    Height = 21
    TabOrder = 9
end
object GroupBox3: TGroupBox
    Left = 296
    Top = 8
    Width = 273
    Height = 305
    Caption = 'Parameter Objective Function'
    TabOrder = 1
    object Label21: TLabel
        Left = 16
        Top = 24
        Width = 80
        Height = 13
        Caption = 'Jumlah Kapasitor'
    end
    object Label22: TLabel
        Left = 16
        Top = 48
        Width = 108
        Height = 13
        Caption = 'Jumlah Kapasitor Bank'
    end
    object Label23: TLabel
        Left = 16
        Top = 72
        Width = 71
        Height = 13
        Caption = 'Jenis Kapasitor'
    end
    object Label24: TLabel
```

```

Left = 16
Top = 200
Width = 104
Height = 13
Caption = 'Investment Cost Fixed'
end
object Label25: TLabel
Left = 16
Top = 224
Width = 108
Height = 13
Caption = 'Invesment Cost Switch'
end
object Label26: TLabel
Left = 16
Top = 248
Width = 73
Height = 13
Caption = 'Lamda V dan S'
end
object Label27: TLabel
Left = 16
Top = 272
Width = 79
Height = 13
Caption = 'Batas Tegangan'
end
object fgInput: TStringGrid
Left = 16
Top = 104
Width = 241
Height = 89
ColCount = 4
DefaultColWidth = 35
DefaultRowHeight = 18
RowCount = 4
Options = [goFixedVertLine, goFixedHorzLine, goVertLine, goHorzLine,
goRangeSelect, goEditing]
TabOrder = 0
ColWidths = (
35
62
61
60)
end
object edtCountCap: TEdit

```

```

Left = 136
Top = 24
Width = 57
Height = 21
TabOrder = 1
end
object edtCapBank: TEdit
Left = 136
Top = 48
Width = 57
Height = 21
TabOrder = 2
end
object cmbType: TComboBox
Left = 136
Top = 72
Width = 81
Height = 21
ItemHeight = 13
TabOrder = 3
Items.Strings = (
  'Fixed'
  'Mixed')
end
object edtInvCostCapFixed: TEdit
Left = 128
Top = 200
Width = 105
Height = 21
TabOrder = 4
end
object edtInvCostCapSwitch: TEdit
Left = 128
Top = 224
Width = 105
Height = 21
TabOrder = 5
end
object edtLamdaV: TEdit
Left = 128
Top = 248
Width = 65
Height = 21
TabOrder = 6
end
object edtLamdaS: TEdit

```

```

    Left = 192
    Top = 248
    Width = 65
    Height = 21
    TabOrder = 7
end
object edtVmin: TEdit
    Left = 128
    Top = 272
    Width = 65
    Height = 21
    TabOrder = 8
end
object edtVmax: TEdit
    Left = 192
    Top = 272
    Width = 65
    Height = 21
    TabOrder = 9
end
end
end
object TabSheet1: TTabSheet
    Caption = 'LF Akhir'
    ImageIndex = 4
    object fgBus2: TStringGrid
        Left = 0
        Top = 0
        Width = 577
        Height = 313
        ColCount = 9
        DefaultColWidth = 30
        DefaultRowHeight = 18
        RowCount = 2
        Options = [goFixedVertLine, goFixedHorzLine, goVertLine, goHorzLine,
goRangeSelect, goEditing]
        TabOrder = 0
        ColWidths = (
            30
            60
            61
            67
            65
            61
            60
            61
        )
    end
end

```

```

    61)
end
end
object TabSheet2: TTabSheet
Caption = 'Aliran Daya'
ImageIndex = 5
object fgBranch2: TStringGrid
Left = 0
Top = 4
Width = 577
Height = 309
ColCount = 13
DefaultColWidth = 35
DefaultRowHeight = 18
RowCount = 2
TabOrder = 0
ColWidths = (
    35
    35
    35
    72
    73
    71
    72
    35
    35
    72
    72
    72
    71)
end
end
object TabSheet5: TTabSheet
Caption = 'Summary'
ImageIndex = 6
object GroupBox1: TGroupBox
Left = 8
Top = 8
Width = 369
Height = 153
Caption = 'Summary Loadflow'
TabOrder = 0
object Label1: TLabel
Left = 16
Top = 24
Width = 104

```

```
Height = 13
Caption = 'Jumlah Pembangkitan'
end
object Label2: TLabel
Left = 16
Top = 48
Width = 99
Height = 13
Caption = 'Jumlah Pembebanan'
end
object Label3: TLabel
Left = 16
Top = 72
Width = 83
Height = 13
Caption = 'Jumlah Rugi-Rugi'
end
object Label4: TLabel
Left = 16
Top = 96
Width = 28
Height = 13
Caption = 'Iterasi'
end
object Label5: TLabel
Left = 16
Top = 120
Width = 66
Height = 13
Caption = 'Waktu Hitung'
end
object lblGen2: TLabel
Left = 304
Top = 24
Width = 30
Height = 13
Caption = 'lblGen'
end
object lblLoad2: TLabel
Left = 304
Top = 48
Width = 34
Height = 13
Caption = 'lblLoad'
end
object lblLoss2: TLabel
```



```
Left = 304
Top = 72
Width = 32
Height = 13
Caption = 'lblLoss'
end
object edtSumGen2: TEdit
Left = 128
Top = 24
Width = 169
Height = 21
TabOrder = 0
end
object edtSumLoad2: TEdit
Left = 128
Top = 48
Width = 169
Height = 21
TabOrder = 1
end
object edtSumLoss2: TEdit
Left = 128
Top = 72
Width = 169
Height = 21
TabOrder = 2
end
object edtIterasi2: TEdit
Left = 128
Top = 96
Width = 57
Height = 21
TabOrder = 3
end
object edtTime2: TEdit
Left = 128
Top = 120
Width = 169
Height = 21
TabOrder = 4
end
end
end
object TabSheet6: TTabSheet
Caption = 'Grafik V'
ImageIndex = 7
```

```

object Chart1: TChart
  Left = 8
  Top = 8
  Width = 561
  Height = 305
  BackWall.Brush.Color = clWhite
  BackWall.Brush.Style = bsClear
  Gradient.Visible = True
  Title.Text.Strings = (
    'Grafik Perbandingan Tegangan ')
  BottomAxis.Title.Caption = 'Bus'
  LeftAxis.Automatic = False
  LeftAxis.AutomaticMaximum = False
  LeftAxis.AutomaticMinimum = False
  LeftAxis.Maximum = 1.100000000000000000
  LeftAxis.Minimum = 0.900000000000000000
  LeftAxis.Title.Caption = 'Tegangan (pu)'
  View3D = False
  TabOrder = 0
object Series1: TLineSeries
  Marks.ArrowLength = 8
  Marks.Visible = False
  SeriesColor = clBlue
  Title = 'Sebelum'
  Pointer.InflateMargins = True
  Pointer.Style = psRectangle
  Pointer.Visible = False
  XValues.DateTime = False
  XValues.Name = 'X'
  XValues.Multiplier = 1.000000000000000000
  XValues.Order = loAscending
  YValues.DateTime = False
  YValues.Name = 'Y'
  YValues.Multiplier = 1.000000000000000000
  YValues.Order = loNone
end
object Series2: TLineSeries
  Marks.ArrowLength = 8
  Marks.Visible = False
  SeriesColor = clRed
  Title = 'Sesudah'
  Pointer.InflateMargins = True
  Pointer.Style = psRectangle
  Pointer.Visible = False
  XValues.DateTime = False
  XValues.Name = 'X'

```

```

XValues.Multiplier = 1.000000000000000000
XValues.Order = loAscending
YValues.Date Time = False
YValues.Name = 'Y'
YValues.Multiplier = 1.000000000000000000
YValues.Order = loNone
end
end
end
object TabSheet7: TTabSheet
Caption = 'Hasil IA'
ImageIndex = 8
object PageControl2: TPageControl
Left = 0
Top = 0
Width = 577
Height = 313
ActivePage = TabSheet10
Style = tsFlatButtons
TabOrder = 0
object TabSheet10: TTabSheet
Caption = 'Hasil IA'
object Label28: TLabel
Left = 8
Top = 8
Width = 107
Height = 13
Caption = 'Penempatan Capasitor'
end
object Label29: TLabel
Left = 8
Top = 152
Width = 121
Height = 13
Caption = 'Energi Lost Cost Sebelum'
end
object Label30: TLabel
Left = 8
Top = 176
Width = 122
Height = 13
Caption = 'Energi Lost Cost Sesudah'
end
object Label31: TLabel
Left = 8
Top = 200

```

```

Width = 110
Height = 13
Caption = 'Selisih Energi Lost Cost'
end
object fgHasilIA: TStringGrid
Left = 8
Top = 24
Width = 385
Height = 113
ColCount = 6
DefaultColWidth = 35
DefaultRowHeight = 18
RowCount = 4
TabOrder = 0
ColWidths = (
35
47
69
67
64
67)
end
object edtELCSebelum: TEdit
Left = 152
Top = 152
Width = 105
Height = 21
TabOrder = 1
end
object edtELCSesudah: TEdit
Left = 152
Top = 176
Width = 105
Height = 21
TabOrder = 2
end
object edtELCSelisih: TEdit
Left = 152
Top = 200
Width = 105
Height = 21
TabOrder = 3
end
end
object TabSheet11: TTabSheet
Caption = 'Grafik IA'

```

```

ImageIndex = 1
object Chart2: TChart
  Left = 0
  Top = 0
  Width = 569
  Height = 281
  BackWall.Brush.Color = clWhite
  BackWall.Brush.Style = bsClear
  Gradient.Visible = True
  Title.Text.Strings = (
    'Grafik Performance Immune Algorithm')
  BottomAxis.Title.Caption = 'Generasi'
  LeftAxis.Title.Caption = 'Fitness'
  View3D = False
  TabOrder = 0
object Series3: TLineSeries
  Marks.ArrowLength = 8
  Marks.Visible = False
  SeriesColor = clRed
  Title = 'Min'
  Pointer.InflateMargins = True
  Pointer.Style = psRectangle
  Pointer.Visible = False
  XValues.DateTime = False
  XValues.Name = 'X'
  XValues.Multiplier = 1.000000000000000000
  XValues.Order = loAscending
  YValues.DateTime = False
  YValues.Name = 'Y'
  YValues.Multiplier = 1.000000000000000000
  YValues.Order = loNone
end
object Series4: TLineSeries
  Marks.ArrowLength = 8
  Marks.Visible = False
  SeriesColor = clBlack
  Title = 'Avg'
  Pointer.InflateMargins = True
  Pointer.Style = psRectangle
  Pointer.Visible = False
  XValues.DateTime = False
  XValues.Name = 'X'
  XValues.Multiplier = 1.000000000000000000
  XValues.Order = loAscending
  YValues.DateTime = False
  YValues.Name = 'Y'

```

```

    YValues.Multiplier = 1.000000000000000000
    YValues.Order = loNone
end
object Series5: TLineSeries
    Marks.ArrowLength = 8
    Marks.Visible = False
    SeriesColor = clBlue
    Title = 'Max'
    Pointer.InflateMargins = True
    Pointer.Style = psRectangle
    Pointer.Visible = False
    XValues.DateTime = False
    XValues.Name = 'X'
    XValues.Multiplier = 1.000000000000000000
    XValues.Order = loAscending
    YValues.DateTime = False
    YValues.Name = 'Y'
    YValues.Multiplier = 1.000000000000000000
    YValues.Order = loNone
end
end
end
end
end
object Panel1: TPanel
    Left = 8
    Top = 352
    Width = 585
    Height = 57
    TabOrder = 1
    object btnClose: TButton
        Left = 512
        Top = 16
        Width = 65
        Height = 25
        Caption = '&Close'
        TabOrder = 0
        OnClick = btnCloseClick
    end
    object btnLFAwal: TButton
        Left = 440
        Top = 16
        Width = 65
        Height = 25
        Caption = '&LF Awal'
    end
end

```

```
    TabOrder = 1
    OnClick = btnLFAwalClick
end
object btnHitung: TButton
    Left = 360
    Top = 16
    Width = 73
    Height = 25
    Caption = '&Hitung'
    Enabled = False
    TabOrder = 2
    OnClick = btnHitungClick
end
object pbGen: TProgressBar
    Left = 8
    Top = 16
    Width = 345
    Height = 17
    TabOrder = 3
end
end
end
```

## **File unit uImmuneA**

**unit uImmuneA;**

**interface**

**uses uUtils,uRandom,uFitness,uHasil;**

**type**

**TIndividu=record**  
**Antibody:bArr2;**  
**fitness:double;**  
**end;**

**TPopulasi=array of TIndividu;**

**TImmuneA=class**

**private**

**FMaxGen,FPopSize,FParam,FLength:integer;**  
**FPCross,FPMutasi,FPflip,FKa,FCol,FCoh,FMin1,FAvg1,FMax1:double;**  
**FMin,FAvg,FMax:dArr1;**  
**FParent,FChild:TPopulasi;**  
**FRandom:TRandomu;**  
**FBestIndi:TIndividu;**  
**function getIndividu(const rIndi:TIndividu):TIndividu;**  
**function getBestParent:TIndividu;**  
**function InfoEntropy\_ij(const ri,rj:integer):double;**  
**function Affinity\_Antibody\_ij(const ri,rj:integer):double;**  
**function Affinity\_Antigen\_Antibody\_i(const ri:integer):double;**  
**function Concentrate\_i(const ri:integer):double;**  
**function ExpectedBreedingRatio\_i(const ri:integer):double;**  
**function ExpectedBreedingRatio:dArr1;**  
**procedure InitParent;**  
**procedure Statistik;**  
**function Seleksi(const rE:dArr1):integer;**  
**function doMutasi(const rAllele:boolean):boolean;**  
**procedure doCrossover(const rParent1,rParent2:bArr2;**  
**var rChild1,rChild2:bArr2);**  
**procedure Generasi(const rE:dArr1);**  
**procedure doHitung;**  
**procedure RenewAntibodies;**  
**function getMin:dArr1;**  
**function getAvg:dArr1;**  
**function getMax:dArr1;**  
**function getBestAntibody:bArr2;**

**public**



```

constructor Create(const rMaxGen,rPopSize,rParam,rLength:integer;
                  const rPCross,rPMutasi,rPflip,rKa,rCol,rCoh:double);
destructor Destroy;override;
property BestAntibody:bArr2 read getBestAntibody;
property Min:dArr1 read getMin;
property Avg:dArr1 read getAvg;
property Max:dArr1 read getMax;
end;

```

#### implementation

```

//constructor
constructor TImmuneA.Create(const rMaxGen,rPopSize,rParam,rLength:integer;
                           const rPCross,rPMutasi,rPflip,rKa,rCol,rCoh:double);
begin
  inherited Create;
  FMaxGen:=rMaxGen;
  FPopSize:=rPopSize;
  FParam:=rParam;
  FLength:=rLength;
  FPCross:=rPCross;
  FPMutasi:=rPMutasi;
  FPflip:=rPflip;
  FKa:=rKa;
  FCol:=rCol;
  FCoh:=rCoh;
  FRandom:=TRandomu.Create;
end;

//destructor
destructor TImmuneA.Destroy;
begin
  try
    FRandom.Free;
  finally
    inherited Destroy;
  end;
end;

//data processing
function TImmuneA.getIndividu(const rIndi:TIndividu):TIndividu;
var i,j:integer;
begin
  SetLength(result.Antibody,FParam,FLength);
  for i:=0 to FParam-1 do
    begin

```

```

for j:=0 to FLength-1 do
begin
  result.Antibody[i,j]:=rIndi.Antibody[i,j];
end;
end;
result.fitness:=rIndi.fitness;
end;

```

```

function TImmuneA.getBestParent:TIndividu;
var i:integer;
begin
  result:=getIndividu(FParent[0]);
  for i:=1 to FPopSize-1 do
  begin
    if result.fitness<FParent[i].fitness then
    begin
      result:=getIndividu(FParent[i]);
    end;
  end;
end;

```

```

function TImmuneA.InfoEntropy_ij(const ri,rj:integer):double;
var i,j,sum,notsame:integer;
begin
  sum:=0;
  notsame:=0;
  for i:=0 to FParam-1 do
  begin
    for j:=0 to FLength-1 do
    begin
      if FParent[ri].Antibody[i,j]<>FParent[rj].Antibody[i,j] then
      begin
        inc(notsame);
      end;
      inc(sum);
    end;
  end;
  result:=notsame/sum;
end;

```

```

function TImmuneA.Affinity_Antibody_ij(const ri,rj:integer):double;
begin
  result:=1/(1+InfoEntropy_ij(ri,rj));
end;

```

```

function TImmuneA.Affinity_Antigen_Antibody_i(const ri:integer):double;

```

```

begin
  result:=1/(1+exp(FParent[ri].Fitness));
end;

function TImmuneA.Concentrate_i(const ri:integer):double;
var i,sumAC:integer;
  Abij:double;
begin
  sumAC:=0;
  for i:=0 to FPopSize-1 do
  begin
    Abij:=Affinity_Antibody_ij(ri,i);
    if (Abij>=FCol) and (Abij<=FCoh) then
    begin
      inc(sumAC);
    end;
  end;
  result:=sumAC/(FPopSize);
end;

function TImmuneA.ExpectedBreedingRatio_i(const ri:integer):double;
var Agi:double;
  Ci:double;
begin
  Agi:=Affinity_Antigen_Antibody_i(ri);
  Ci:=Concentrate_i(ri);
  result:=Agi/Ci;
end;

function TImmuneA.ExpectedBreedingRatio:dArr1;
var i:integer;
begin
  SetLength(result,FPopSize);
  for i:=0 to FPopSize-1 do
  begin
    result[i]:=ExpectedBreedingRatio_i(i);
  end;
end;

procedure TImmuneA.InitParent;
var i,j,k:integer;
begin
  SetLength(FParent,FPopSize);
  SetLength(FChild,FPopSize);
  SetLength(FMin,FMaxGen);
  SetLength(FAvg,FMaxGen);

```

```

SetLength(FMax,FMaxGen);
for i:=0 to FPopSize-1 do
begin
  SetLength(FParent[i].Antibody,FParam,FLength);
  SetLength(FChild[i].Antibody,FParam,FLength);
  for j:=0 to FParam-1 do
  begin
    for k:=0 to FLength-1 do
    begin
      FParent[i].Antibody[j,k]:=FRandom.NextBoolean(FPflip);
    end;
  end;
  //hitung fungsi fitness
  FParent[i].fitness:=FKa/gFitness.doHitungFitness(FParent[i].Antibody);
end;
end;

```

```

procedure TImmuneA.Statistik;
var i:integer;
    SumFitness:double;
begin
  FMin1:=FParent[0].fitness;
  FMax1:=FParent[0].fitness;
  SumFitness:=FParent[0].fitness;
  for i:=0 to FPopSize-1 do
  begin
    if FMin1>FParent[i].fitness then
    begin
      FMin1:=FParent[i].fitness;
    end;
    if FMax1<FParent[i].fitness then
    begin
      FMax1:=FParent[i].fitness;
    end;
    SumFitness:=SumFitness+FParent[i].fitness;
  end;
  FAvg1:=SumFitness/FPopSize;
end;

```

```

function TImmuneA.Seleksi(const rE:dArr1):integer;
var i:integer;
    sumEi,partsum,rand:double;
begin
  sumEi:=0;
  for i:=0 to FPopSize-1 do
  begin

```

```

    sumEi:=sumEi+rE[i];
end;
rand:=FRandom.NextDouble*sumEi;
i:=0;
partsum:=0;
repeat
    i:=i+1;
    partsum:=partsum+rE[i-1];
until (partsum>rand) or (i=FPopSize);
result:=i-1;
end;

```

```

function TImmuneA.doMutasi(const rAllele:boolean):boolean;
begin
    if FRandom.NextBoolean(FPMutasi)=true then
        begin
            result:=not rAllele;
        end
    else
        begin
            result:=rAllele;
        end
    end;
end;

```

```

procedure TImmuneA.doCrossover(const rParent1,rParent2:bArr2;
    var rChild1,rChild2:bArr2);
var i,j,posX1,posX2,posY1,posY2:integer;
begin
    if FRandom.NextBoolean(FPCross)=true then
        begin
            posX1:=FRandom.NextInt(1,(FParam-1));
            repeat
                posX2:=FRandom.NextInt(1,(FParam-1));
            until PosX2<>posX1;
            if posX1>posX2 then
                begin
                    Swap(posX1,posX2);
                end;
            posY1:=FRandom.NextInt(1,(FLength-1));
            repeat
                posY2:=FRandom.NextInt(1,(FLength-1));
            until PosY2<>posY1;
            if posY1>posY2 then
                begin
                    Swap(posY1,posY2);
                end;
            end;
        end;
    end;
end;

```

```

//window1
for i:=1 to PosX1 do
begin
  for j:=1 to PosY1 do
  begin
    rChild1[i-1,j-1]:=doMutasi(rParent1[i-1,j-1]);
    rChild2[i-1,j-1]:=doMutasi(rParent2[i-1,j-1]);
  end;
end;
//window2
for i:=1 to PosX1 do
begin
  for j:=PosY1+1 to PosY2 do
  begin
    rChild1[i-1,j-1]:=doMutasi(rParent2[i-1,j-1]);
    rChild2[i-1,j-1]:=doMutasi(rParent1[i-1,j-1]);
  end;
end;
//window 3
for i:=1 to PosX1 do
begin
  for j:=PosY2+1 to FLength do
  begin
    rChild1[i-1,j-1]:=doMutasi(rParent1[i-1,j-1]);
    rChild2[i-1,j-1]:=doMutasi(rParent2[i-1,j-1]);
  end;
end;
//window4
for i:=PosX1+1 to PosX2 do
begin
  for j:=1 to PosY1 do
  begin
    rChild1[i-1,j-1]:=doMutasi(rParent2[i-1,j-1]);
    rChild2[i-1,j-1]:=doMutasi(rParent1[i-1,j-1]);
  end;
end;
//window5
for i:=PosX1+1 to PosX2 do
begin
  for j:=PosY1+1 to PosY2 do
  begin
    rChild1[i-1,j-1]:=doMutasi(rParent1[i-1,j-1]);
    rChild2[i-1,j-1]:=doMutasi(rParent2[i-1,j-1]);
  end;
end;
//window 6

```

```

for i:=PosX1+1 to PosX2 do
begin
  for j:=PosY2+1 to FLength do
  begin
    rChild1[i-1,j-1]:=doMutasi(rParent2[i-1,j-1]);
    rChild2[i-1,j-1]:=doMutasi(rParent1[i-1,j-1]);
  end;
end;
//window7
for i:=PosX2+1 to FParam do
begin
  for j:=1 to PosY1 do
  begin
    rChild1[i-1,j-1]:=doMutasi(rParent1[i-1,j-1]);
    rChild2[i-1,j-1]:=doMutasi(rParent2[i-1,j-1]);
  end;
end;
//window8
for i:=PosX2+1 to FParam do
begin
  for j:=PosY1+1 to PosY2 do
  begin
    rChild1[i-1,j-1]:=doMutasi(rParent2[i-1,j-1]);
    rChild2[i-1,j-1]:=doMutasi(rParent1[i-1,j-1]);
  end;
end;
//window 9
for i:=PosX2+1 to FParam do
begin
  for j:=PosY2+1 to FLength do
  begin
    rChild1[i-1,j-1]:=doMutasi(rParent1[i-1,j-1]);
    rChild2[i-1,j-1]:=doMutasi(rParent2[i-1,j-1]);
  end;
end;
end
else
begin
  for i:=1 to FParam do
  begin
    for j:=1 to FLength do
    begin
      rChild1[i-1,j-1]:=doMutasi(rParent2[i-1,j-1]);
      rChild2[i-1,j-1]:=doMutasi(rParent1[i-1,j-1]);
    end;
  end;
end;
end;

```

```
end;  
end;
```

```
procedure TImmuneA.Generasi(const rE:dArr1);  
var i,mate1,mate2:integer;  
begin  
  i:=1;  
  repeat  
    mate1:=Seleksi(rE);  
    mate2:=Seleksi(rE);  
    doCrossover(FParent[mate1].Antibody,FParent[mate2].Antibody,  
      FChild[i-1].Antibody,FChild[i].Antibody);  
    FChild[i-1].fitness:=FKa/gFitness.doHitungFitness(FChild[i-1].Antibody);  
    FChild[i].fitness:=FKa/gFitness.doHitungFitness(FChild[i].Antibody);  
    i:=i+2;  
  until i>FPopSize;  
end;
```

```
procedure TImmuneA.RenewAntibodies;  
var i,rnd:integer;  
    tmp:TPopulasi;  
begin  
  SetLength(tmp,FPopSize);  
  for i:=0 to FPopSize-1 do  
    begin  
      repeat  
        rnd:=FRandom.NextInt(0,FPopSize-1);  
      until rnd<>i;  
      if FChild[i].Fitness>FParent[rnd].Fitness then  
        begin  
          tmp[i]:=getIndividu(FChild[i]);  
        end  
      else  
        begin  
          tmp[i]:=getIndividu(FParent[rnd]);  
        end;  
      end;  
    for i:=0 to FPopSize-1 do  
      begin  
        FParent[i]:=getIndividu(tmp[i]);  
      end;  
    end;
```

```
//Main Proccedure of Immune Algorithm  
procedure TImmuneA.doHitung;  
var gen:integer;
```



```

    Ei:dArr1;
    tmpIndi:TIndividu;
begin
    SetLength(Ei,FPopSize);
    InitParent;
    FBestIndi:=getBestParent;
    gen:=1;
    repeat
        Ei:=ExpectedBreedingRatio;
        Generasi(Ei);
        RenewAntibodies;
        tmpIndi:=getBestParent;
        if FBestIndi.fitness<tmpIndi.fitness then
            begin
                FBestIndi:=getIndividu(tmpIndi);
            end;
        Statistik;
        FMin[gen-1]:=FMin1;
        FAvg[gen-1]:=FAvg1;
        FMax[gen-1]:=FMax1;
        gen:=gen+1;
        frmHasil.pbGen.StepBy(1);
    until gen>FMaxGen;
end;

//data output
function TImmuneA.getBestAntibody:bArr2;
var i,j:integer;
begin
    doHitung;
    SetLength(result,FParam,FLength);
    for i:=0 to FParam-1 do
        begin
            for j:=0 to FLength-1 do
                begin
                    result[i,j]:=FBestIndi.Antibody[i,j];
                end;
            end;
        end;
end;

function TImmuneA.getMin:dArr1;
var i:integer;
begin
    SetLength(result,FMaxGen);
    for i:=0 to FMaxGen-1 do
        begin

```

```
    result[i]:=FMin[i];  
end;  
end;
```

```
function TImmuneA.getAvg:dArr1;  
var i:integer;  
begin  
    SetLength(result,FMaxGen);  
    for i:=0 to FMaxGen-1 do  
        begin  
            result[i]:=FAvg[i];  
        end;  
    end;  
end;
```

```
function TImmuneA.getMax:dArr1;  
var i:integer;  
begin  
    SetLength(result,FMaxGen);  
    for i:=0 to FMaxGen-1 do  
        begin  
            result[i]:=FMax[i];  
        end;  
    end;  
end;  
  
end.
```

**File uFitness**  
unit uFitness;

interface

uses uUtils, uLoadflow, uNewtonRaphson, uComplex;

type

TFitness=class

private

FCountCap,FCapBank,FType,FTlow,FTmed,FTpeak:integer;

FSlow,FSmed,FSpeak,FKeLow,FKeMed,FKePeak,FLamdaV,FLamdaS:double;

FInvCostCapFixed,FInvCostCapSwitch:double;

FBatasV:TBatas;

FBatasChrom:TBatasArr1;

function FindMax(const rValue1,rValue2,rValue3:double):double;

function FindBatasChromFixed:TBatasArr1;

function FindBatasChromMixed:TBatasArr1;

procedure DecodeChromToLFDData(const rChrom:bArr2;

var rLBusLow,rLBusMed,rLBusPeak:TBusArr1;

var rCap:dArr2);

function doHitungCostCap(const rCap:dArr2):double;

function doHitungPinV(const rLBus:TBusArr1):double;

function doHitungPinS(const rLBranch:TBranchArr1):double;

function getParamChrom:integer;

public

constructor Create(const rCountCap,rCapBank,rType,rTlow,

rTmed,rTpeak:integer;

const rSlow,rSmed,rSpeak,rKeLow,rKeMed,rKePeak,

rInvCostCapFixed,rInvCostCapSwitch,rLamdaV,

rLamdaS:double;

const rBatasV:TBatas);

function doHitungFitness(const rChrom:bArr2):double;

procedure doHitungAkhir(const rChrom:bArr2;

var rLBus:TBusArr1;

var rCap:dArr2;

var rCost:double);

function doHitungAwal(const rLBus:TBusArr1):double;

property Param:integer read getParamChrom;

end;

var gFitness:TFitness;

implementation

```

//constructor
constructor TFitness.Create(const rCountCap,rCapBank,rType,rTlow,
    rTmed,rTpeak:integer;
    const rSlow,rSmed,rSpeak,rKeLow,rKeMed,rKePeak,
    rInvCostCapFixed,rInvCostCapSwitch,rLamdaV,rLamdaS:double;
    const rBatasV:TBatas);
begin
    inherited Create;
    FCountCap:=rCountCap;
    FCapBank:=rCapBank;
    FType:=rType;
    FTlow:=rTlow;
    FTmed:=rTmed;
    FTpeak:=rTpeak;
    FSlow:=rSlow;
    FSmed:=rSmed;
    FSpeak:=rSpeak;
    FKeLow:=rKeLow;
    FKeMed:=rKeMed;
    FKePeak:=rKePeak;
    FInvCostCapFixed:=rInvCostCapFixed;
    FInvCostCapSwitch:=rInvCostCapSwitch;
    FLamdaV:=rLamdaV;
    FLamdaS:=rLamdaS;
    FBatasV.min:=rBatasV.min;
    FBatasV.max:=rBatasV.max;
    if FType=1 then
        begin
            FBatasChrom:=FindBatasChromFixed;
        end
    else
        begin
            FBatasChrom:=FindBatasChromMixed;
        end;
    end;
end;

//data processing
function TFitness.FindMax(const rValue1,rValue2,rValue3:double):double;
begin
    result:=rValue1;
    if result<rValue2 then result:=rValue2;
    if result<rValue3 then result:=rValue3;
end;

function TFitness.FindBatasChromFixed:TBatasArr1;
var i,length,Nbus:integer;

```

```

begin
  Nbus:=high(gBus)+1;
  length:=2*FCountCap;
  SetLength(result,length);
  for i:=0 to length-1 do
  begin
    if (i mod 2)=0 then
    begin
      result[i].min:=0;
      result[i].max:=Nbus-1;
    end
    else
    begin
      result[i].min:=1;
      result[i].max:=FCountCap;
    end;
  end;
end;

```

```

function TFitness.FindBatasChromMixed:TBatasArr1;
var i,length,Nbus:integer;
begin
  Nbus:=high(gBus)+1;
  length:=4*FCountCap;
  SetLength(result,length);
  for i:=0 to length-1 do
  begin
    if (i mod 4)=0 then
    begin
      result[i].min:=0;
      result[i].max:=Nbus-1;
    end
    else
    begin
      result[i].min:=1;
      result[i].max:=FCountCap;
    end;
  end;
end;

```

```

procedure TFitness.DecodeChromToLFData(const rChrom:bArr2;
  var rLBusLow,rLBusMed,rLBusPeak:TBUSArr1;
  var rCap:dArr2);
var i,rows,ia,ca,length:integer;
  chromFloat,param:dArr1;
  TypeCap:dArr1;

```

```

cek:boolean;
begin
rows:=high(gBus)+1;
SetLength(rLBusLow,rows);
SetLength(rLBusMed,rows);
SetLength(rLBusPeak,rows);
//copy all data loadflow to local data function
for i:=0 to rows-1 do
begin
rLBusLow[i].absV:=gBus[i].absV;
rLBusLow[i].sudV:=gBus[i].sudV;
rLBusLow[i].Pgen:=gBus[i].Pgen;
rLBusLow[i].Qgen:=gBus[i].Qgen;
rLBusLow[i].PL:=FSlow*gBus[i].PL;
rLBusLow[i].QL:=FSlow*gBus[i].QL;
rLBusLow[i].Cap:=gBus[i].Cap;
rLBusLow[i].typeBus:=gBus[i].typeBus;
rLBusMed[i].absV:=gBus[i].absV;
rLBusMed[i].sudV:=gBus[i].sudV;
rLBusMed[i].Pgen:=gBus[i].Pgen;
rLBusMed[i].Qgen:=gBus[i].Qgen;
rLBusMed[i].PL:=FSmed*gBus[i].PL;
rLBusMed[i].QL:=FSmed*gBus[i].QL;
rLBusMed[i].Cap:=gBus[i].Cap;
rLBusMed[i].typeBus:=gBus[i].typeBus;
rLBusPeak[i].absV:=gBus[i].absV;
rLBusPeak[i].sudV:=gBus[i].sudV;
rLBusPeak[i].Pgen:=gBus[i].Pgen;
rLBusPeak[i].Qgen:=gBus[i].Qgen;
rLBusPeak[i].PL:=FSpeak*gBus[i].PL;
rLBusPeak[i].QL:=FSpeak*gBus[i].QL;
rLBusPeak[i].Cap:=gBus[i].Cap;
rLBusPeak[i].typeBus:=gBus[i].typeBus;
end;
//decode data biner chromosome ke bilangan real antara 0 - 1
chromFloat:=DecodeBinToFloat2Base0(rChrom);
rows:=high(chromFloat)+1;
SetLength(param,rows);
//decode data bilangan real antara 0 - 1 ke bilangan sesungguhnya
for i:=0 to rows-1 do
begin
param[i]:=getBatasToReal(chromFloat[i],FBatasChrom[i].min,
FBatasChrom[i].max);
end;
//tentukan type Fixed atau Mixed
if FType=1 then

```

```

begin
//decode param ke data pembebanan loadflow
length:=rows div 2;
SetLength(rCap,length,5);
ia:=0;
ca:=-1;
for i:=0 to rows-1 do
begin
if (i mod 2)=0 then
begin
ia:=round(param[i]);
inc(ca);
rCap[ca,0]:=ia;
end
else
begin
rLBusLow[ia].Qgen:=round(param[i])*FCapBank;
rLBusMed[ia].Qgen:=round(param[i])*FCapBank;
rLBusPeak[ia].Qgen:=round(param[i])*FCapBank;
rCap[ca,1]:=rLBusLow[ia].Qgen;
rCap[ca,2]:=rLBusMed[ia].Qgen;
rCap[ca,3]:=rLBusPeak[ia].Qgen;
end;
end;
SetLength(TypeCap,length);
for i:=0 to length-1 do
begin
TypeCap[i]:=1;
rCap[i,4]:=1;
end;
end
else
begin
//decode param ke data pembebanan loadflow
length:=rows div 4;
SetLength(rCap,length,5);
ia:=0;
ca:=-1;
for i:=0 to rows-1 do
begin
if (i mod 4)=0 then
begin
ia:=round(param[i]);
inc(ca);
rCap[ca,0]:=ia;
end

```

```

else if (i mod 4)=1 then
begin
  rLBusLow[ia].Qgen:=round(param[i])*FCapBank;
  rCap[ca,1]:=rLBusLow[ia].Qgen;
end
else if (i mod 4)=2 then
begin
  rLBusMed[ia].Qgen:=round(param[i])*FCapBank;
  rCap[ca,2]:=rLBusMed[ia].Qgen;
end
else if (i mod 4)=3 then
begin
  rLBusPeak[ia].Qgen:=round(param[i])*FCapBank;
  rCap[ca,3]:=rLBusPeak[ia].Qgen;
end;
end;
//cari type capasitor jika Fixed=1 jika Switch=2
//Cap Fixed jika Qgen pada rBusLow,rBusMed,rBusPeak sama
SetLength(TypeCap,length);
for i:=0 to high(rCap) do
begin
  cek:=false;
  if (rCap[i,1]=rCap[i,2]) and (rCap[i,1]=rCap[i,3]) then
  begin
    cek:=true;
  end;
  if cek=true then
  begin
    TypeCap[i]:=1;
    rCap[i,4]:=1;
  end
  else
  begin
    TypeCap[i]:=2;
    rCap[i,4]:=2;
  end;
end;
end;
end;

function TFitness.doHitungCostCap(const rCap:dArr2):double;
var i,Ncap:integer;
    Cap:double;
begin
  Ncap:=high(rCap)+1;
  result:=0;

```



```

for i:=0 to Ncap-1 do
begin
if rCap[i,4]=1 then
begin
result:=result+round(rCap[i,1]/FCapBank)*FInvCostCapFixed;
end
else
begin
Cap:=FindMax(rCap[i,1],rCap[i,2],rCap[i,3]);
result:=result+round(Cap/FCapBank)*FInvCostCapSwitch;
end;
end;
end;

```

```

function TFitness.doHitungPinV(const rLBus:TBusArr1):double;
var i,Nbus:integer;
begin
Nbus:=high(rLBus)+1;
result:=0;
for i:=0 to Nbus-1 do
begin
if rLBus[i].absV>FBatasV.max then
begin
result:=result+(rLBus[i].absV-FBatasV.max);
end;
if rLBus[i].absV<FBatasV.min then
begin
result:=result+(FBatasV.min-rLBus[i].absV);
end;
end;
end;
end;

```

```

function TFitness.doHitungPinS(const rLBranch:TBranchArr1):double;
var i,Nsal:integer;
begin
Nsal:=high(rLBranch)+1;
result:=0;
for i:=0 to Nsal-1 do
begin
if rLBranch[i].Sij.real>0 then
begin
if getAbs(rLBranch[i].Sij)>rLBranch[i].KapSal then
begin
result:=result+(getAbs(rLBranch[i].Sij)-rLBranch[i].KapSal);
end;
end
end
end

```

```

else
begin
  if getAbs(rLBranch[i].Sji)>rLBranch[i].KapSal then
  begin
    result:=result+(getAbs(rLBranch[i].Sji)-rLBranch[i].KapSal);
  end;
end;
end;
end;

```

```

function TFitness.doHitungFitness(const rChrom:bArr2):double;
var LBusLow,LBusMed,LBusPeak:TBusArr1;
    Cap:dArr2;
    pinV,pinS,CostCap,Ploss,Cost:double;
begin
  pinV:=0;
  pinS:=0;
  Cost:=0;
  DecodeChromToLFData(rChrom,LBusLow,LBusMed,LBusPeak,Cap);
  CostCap:=doHitungCostCap(Cap);
  NewtonRaphson(LBusLow,gBranch,gParamLF);
  Ploss:=gParamLF.SumLoss.real;
  Cost:=Cost+FKeLow*FTlow*Ploss;
  pinV:=pinV+doHitungPinV(LBusLow);
  pinS:=pinS+doHitungPinS(gBranch);
  NewtonRaphson(LBusMed,gBranch,gParamLF);
  Ploss:=gParamLF.SumLoss.real;
  Cost:=Cost+FKeMed*FTMed*Ploss;
  pinV:=pinV+doHitungPinV(LBusMed);
  pinS:=pinS+doHitungPinS(gBranch);
  NewtonRaphson(LBusPeak,gBranch,gParamLF);
  Ploss:=gParamLF.SumLoss.real;
  Cost:=Cost+FKePeak*FTPeak*Ploss;
  pinV:=pinV+doHitungPinV(LBusPeak);
  pinS:=pinS+doHitungPinS(gBranch);
  result:=Cost+CostCap+FLamdaV*pinV+FLamdaS*pinS;
end;

```

```

function TFitness.getParamChrom:integer;
begin
  result:=high(FBatasChrom)+1;
end;

```

```

procedure TFitness.doHitungAkhir(const rChrom:bArr2;
  var rLBus:TBusArr1;
  var rCap:dArr2;

```

```

        var rCost:double);
var LBusLow,LBusMed:TBusArr1;
    CostCap,Ploss,Cost:double;
begin
    Cost:=0;
    DecodeChromToLFData(rChrom,LBusLow,LBusMed,rLBus,rCap);
    CostCap:=doHitungCostCap(rCap);
    NewtonRaphson(LBusLow,gBranch,gParamLF);
    Ploss:=gParamLF.SumLoss.real;
    Cost:=Cost+FKeLow*FTlow*Ploss;
    NewtonRaphson(LBusMed,gBranch,gParamLF);
    Ploss:=gParamLF.SumLoss.real;
    Cost:=Cost+FKeMed*FTMed*Ploss;
    NewtonRaphson(rLBus,gBranch,gParamLF);
    Ploss:=gParamLF.SumLoss.real;
    Cost:=Cost+FKePeak*FTPeak*Ploss;
    rCost:=Cost+CostCap;
end;

```

```

function TFitness.doHitungAwal(const rLBus:TBusArr1):double;
var i,Nbus:integer;
    LBusLow,LBusMed,LBusPeak:TBusArr1;
    Ploss:double;
begin
    Nbus:=high(rLBus)+1;
    SetLength(LBusLow,Nbus);
    SetLength(LBusMed,Nbus);
    SetLength(LBusPeak,Nbus);
    for i:=0 to Nbus-1 do
        begin
            LBusLow[i].absV:=rLBus[i].absV;
            LBusLow[i].sudV:=rLBus[i].sudV;
            LBusLow[i].Pgen:=rLBus[i].Pgen;
            LBusLow[i].Qgen:=rLBus[i].Qgen;
            LBusLow[i].PL:=FSlow*rLBus[i].PL;
            LBusLow[i].QL:=FSlow*rLBus[i].QL;
            LBusLow[i].Cap:=rLBus[i].Cap;
            LBusLow[i].typeBus:=rLBus[i].typeBus;
            LBusMed[i].absV:=rLBus[i].absV;
            LBusMed[i].sudV:=rLBus[i].sudV;
            LBusMed[i].Pgen:=rLBus[i].Pgen;
            LBusMed[i].Qgen:=rLBus[i].Qgen;
            LBusMed[i].PL:=FSmed*rLBus[i].PL;
            LBusMed[i].QL:=FSmed*rLBus[i].QL;
            LBusMed[i].Cap:=rLBus[i].Cap;
            LBusMed[i].typeBus:=rLBus[i].typeBus;

```

```

LBusPeak[i].absV:=rLBus[i].absV;
LBusPeak[i].sudV:=rLBus[i].sudV;
LBusPeak[i].Pgen:=rLBus[i].Pgen;
LBusPeak[i].Qgen:=rLBus[i].Qgen;
LBusPeak[i].PL:=FSpeak*rLBus[i].PL;
LBusPeak[i].QL:=FSpeak*rLBus[i].QL;
LBusPeak[i].Cap:=rLBus[i].Cap;
LBusPeak[i].typeBus:=rLBus[i].typeBus;
end;
result:=0;
NewtonRaphson(LBusLow,gBranch,gParamLF);
Ploss:=gParamLF.SumLoss.real;
result:=result+FKeLow*FTlow*Ploss;
NewtonRaphson(LBusMed,gBranch,gParamLF);
Ploss:=gParamLF.SumLoss.real;
result:=result+FKeMed*FTMed*Ploss;
NewtonRaphson(LBusPeak,gBranch,gParamLF);
Ploss:=gParamLF.SumLoss.real;
result:=result+FKePeak*FTPeak*Ploss;
end;

end.

```

LAMPIRAN



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

1. Nama Mahasiswa : M. IMRON QIYA' UDIN
2. NIM : 00.12.106
3. Jurusan : Teknik Elektro
4. Konsentrasi : Energi Listrik
5. Judul Skripsi :

**ANALISIS PENEMPATAN KAPASITOR PADA JARINGAN DISTRIBUSI  
PRIMER 20 kV DENGAN MENGGUNAKAN METODE ALGORITMA  
IMMUN DI GI SENGKALING PENYULANG PUJON**

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

Hari : Selasa  
Tanggal : 21 Maret 2006  
Dengan Nilai : 75.2 (B+) *g*



**Ir. Mochtar Asroni, MSME**  
Ketua

**Panitia Ujian Skripsi**

**Ir. F. Yudi Limpraptono, MT**  
Sekretaris

**Anggota Penguji**

**Ir. Chiorul Saleh, MT**  
Penguji Pertama

**Irrine Budi S, ST, MT**  
Penguji Kedua



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

1. Nama Mahasiswa : M. IMRON QIYA' UDIN
2. NIM : 00.12.106
3. Jurusan : Teknik Elektro
4. Konsentrasi : Energi Listrik
5. Judul Skripsi :

**ANALISIS PENEMPATAN KAPASITOR PADA JARINGAN  
DISTRIBUSI PRIMER 20 kV DENGAN MENGGUNAKAN  
METODE ALGORITMA IMMUN DI GI SENGKALING  
PENYULANG PUJON**

6. Tanggal Mengajukan Skripsi : 10 September 2005
7. Tanggal Menyelesaikan Skripsi : 10 Februari 2006
8. Dosen Pembimbing : Ir. H. Taufik Hidayat, MT
9. Telah Dievaluasi Dengan Nilai : 80 ( Delapan Puluh )

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro

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

Malang, Maret 2006  
Disetujui,  
Dosen Pembimbing

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



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

### PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Dari hasil ujian skripsi Jurusan Teknik Elektro jenjang strata satu (S-1)  
yang diselenggarakan pada :

Hari : Selasa  
Tanggal : 21 Maret 2006

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

Nama Mahasiswa : M. IMRON QIYA' UDIN  
NIM : 00.12.106  
Jurusan : Teknik Elektro  
Konsentrasi : Energi Listrik  
Judul Skripsi :

**ANALISA PENEMPATAN KAPASITOR PADA JARINGAN DISTRIBUSI  
PRIMER 20 kV DENGAN MENGGUNAKAN METODE ALGORITMA  
IMMUN DI GI SENGKALING PENYULANG PUJON**

Perbaikan meliputi :

No.	Materi perbaikan	Keterangan
1.	<ul style="list-style-type: none"><li>Perbaikan flowchart proses Immun.</li><li>Perhitungan penghematan biaya (saving cost) di perbaiki.</li><li>Dihitung dalam waktu 24 jam.</li><li>Jika diambil dari pustaka diberi catatan kaki.</li></ul>	

Disetujui/Diperiksa

Ir. Choirul Saleh, MT  
Penguji Pertama

Irrine Budi S, ST, MT  
Penguji Kedua

Mengetahui/menyetujui  
Dosen Pembimbing

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





**FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI**

Nama : M.IMRON QIYA' UDIN  
 Nim : 00.12.106  
 Masa Bimbingan : 10 AGUSTUS 2005 s/d 10 FEBRUARI 2006  
 Judul Skripsi : ANALISA PENEMPATAN KAPASITOR  
 PADA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20 kV DENGAN  
 MENGGUNAKAN METODE ALGORITMA IMMUN DI GI  
 SENGKALING PENYULANG PUJON

No	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	24/08 05	Tulislah Bab IV	AH
2	26/09 05	Revisi Bab IV, bab 4.5	AH
3	29/10 05	Buat kesimpulan nya	AH
4	5/11 05	Kesimpulan diperjelas	AH
5	24/01 06	Buat kerangka pembabakan nya	Ahmad
6	26/01 06	Jelaskan urutan : Algoritma pemecahan masalah	Ahmad
7	30/01 06	Lampirkan Sampai pd hasil akhir hasil training dan konvergen	Ahmad
8	15/02 06	Tambah al. kon. penyelesaian aslinya tabel 4.3. pada 4.3.2.	Ahmad
9		- Bab 1 tambahkan teori untuk newcom S.P.G. - Ralatkan training untuk input mac	Ahmad
10		Konvergen	

Malang, 200  
 Dosen Pembimbing

*Ahmad*  
**Ir. H. TAUFIK HIDAYAT, MT**  
 Nip. 101 870 00151

**PLN ( PERSERO )**

IBUSI JAWA TIMUR

PELAYANAN & JARINGAN MALANG

1 - 326034 ( Hunting )

Facsimile : 0341 - 362046

Nomor : <sup>1054</sup>330/ APJ-MLG / 2005  
Surat Sdr. No : ITN-1614/III. TA/2/2005  
Lampiran : -  
Perihal : Survey / Permintaan Data

Malang, 30 Agustus 2005

Kepada  
**FAKULTAS TEKNOLOGI  
ITN MALANG**  
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2  
Di  
Malang

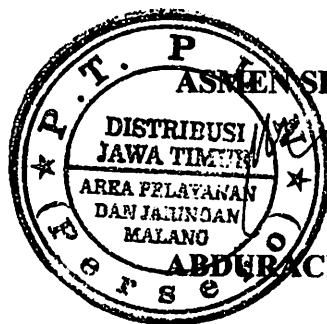
Menjawab surat Saudara Nomor ITN-1614/III.TA/2/2005 tanggal 16 agustus 2005 perihal tersebut diatas, dengan ini kami beritahukan bahwa pada prinsipnya kami tidak keberatan / mengijinkan Mahasiswa saudara atas nama :

**M. Imron Qiya'udin**      Nim : 00.12.106

Untuk Melaksanakan Survey Di Bagian Opdis & UPJ Batu Di PT PLN (Persero) Area Pelayanan dan Jaringan Malang mulai tanggal 05 September 2005 sampai dengan 23 September 2005 dengan catatan PLN hanya memberikan data yang **tidak bersifat RAHASIA.**

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

Demikian agar menjadikan maklum.



**ABDURACHMAN SHODIQ, SH, ST**

embusan:  
pervisor Opdis  
Manajer UPJ Batu

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

ingrat No. 45 Taman Sidoarjo 61257  
: (031) 7882113, 7882114  
: 4119 SBS

Facsimile : (031) 7882578, 7881024  
E-mail : region4@pln-jawa-bali.co.id

Website : www.pln-jawa-bali.co.id

No. : 273 /330/RJTB/2005  
: ITN- 514 & 525/III.TA/2/2005  
: 1 ( satu ) Lampiran  
: Ijin survey

21 DEC 2005

Kepada

Yth. : Dekan Fakultas Teknik  
Institut Teknologi Nasional Malang  
di  
MALANG .-

Menunjuk surat Saudara Nomor : ITN- 514 & 525/III.TA/2/2005 tanggal 2 Desember 2005 Perihal : Survey, dengan ini diberitahukan bahwa kami tidak keberatan untuk memberikan ijin kepada Mahasiswa Saudara, bernama :

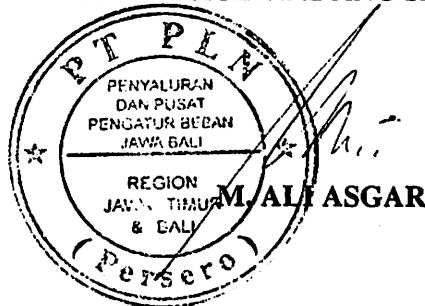
- MOH ARIZ SURYADI Nim : 00.12.138  
- M. IMRON QIYA 'UDIN' Nim : 00.12.106

Untuk melakukan survey pada PT PLN ( Persero ) P3B Region Jawa Timur dan Bali UPT. Malang, dengan persyaratan sebagai berikut :

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

Demikian harap maklum dan terima kasih atas perhatian saudara.

PH. MANAGER BIDANG SDM & ADM.



Tembusan Yth. :

- 1 M.SDMO PLN P3B.
- 2 M.Manager UPT Malang
- 3 Moh Ariz Suryadi Cs.

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya :

Nama : M. IMRON QIYA' UDIN  
Pria/ Wanita : PRIA  
Tempat / Tanggal lahir : BLITAR , 13 - APRIL - 1982 .  
Alamat / No. telepon : JL. BEND. SUTAMI Gg IIA / 50 . MALANG .  
Pekerjaan : MAHASISWA

Dengan ini saya menerangkan bahwa :

1. Saya bersedia dan setuju menanggung semua akibat yang ditimbulkan karena kesalahan maupun kelalaian saya dan semua akibat lainnya yang terjadi pada instalasi peralatan milik PLN selama melakukan Training/ Praktek Kerja/ Riset pada PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali, yang telah mendapat ijin dari PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali ;
2. Saya atas peringatan pertama akan membayar sepenuhnya, semua biaya yang langsung menimbulkan kerugian atau kecelakaan , karena kelalaian saya ;
3. Saya akan segera mematuhi semua petunjuk –petunjuk yang diberikan oleh Petugas PT PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali ;
4. Saya sanggup tidak membocorkan hal – hal yang bersifat rahasia perusahaan PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali dan bahan yang saya peroleh dalam Training/ Praktek Kerja/ Riset, dan tidak saya pergunakan untuk hal – hal yang dapat merugikan PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali
5. Saya sanggup menanggung sendiri segala sesuatu untuk keperluan Training/ Praktek Kerja/ Riset termasuk biaya perjalanan , penginapan makan dan sebagainya ;
6. Saya sanggup menyerahkan 1 (satu) buah buku laporan Training/ Praktek Kerja/ Riset kepada PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali, setelah saya presentasikan kepada Manager Bidang SDMAD PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali mengenai tugas Training/ Praktek Kerja/ Riset.
7. Saya tunduk dan akan mentaati semua peraturan yang berlaku di PT PLN (Persero) P3B Region Jawa Timur dan Bali, dan saya sanggup tidak meninggalkan tugas kedinasan selama Training/ Praktek Kerja/ Riset.

Surabaya, 7-12-2005  
Yang membuat pernyataan

