

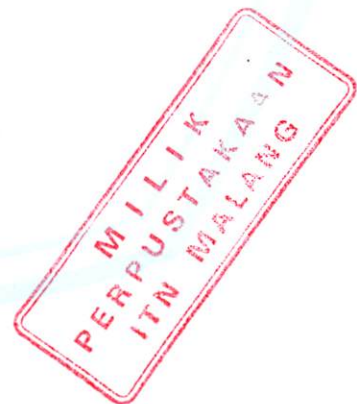
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK**



**OPTIMASI PENEMPATAN KAPASITOR SHUNT PADA JARINGAN  
DISTRIBUSI PRIMER 20 kV TYPE RADIAL DENGAN MENGGUNAKAN  
METODE RCGA ( *REAL CODED GENETIC ALGORITHM* )**

**SKRIPSI**

*Disusun Oleh :*  
**PADANG JUMADI**  
**01.12.141**



**SEPTEMBER 2008**

DEPARTMENT OF THE ARMY  
HEADQUARTERS  
WASHINGTON, D. C.  
OFFICE OF THE ADJUTANT GENERAL

ADJUTANT GENERAL'S OFFICE  
HEADQUARTERS  
WASHINGTON, D. C.

ADJUTANT GENERAL'S OFFICE

ADJUTANT GENERAL'S OFFICE  
HEADQUARTERS  
WASHINGTON, D. C.

ADJUTANT GENERAL'S OFFICE

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**OPTIMASI PENEMPATAN KAPASITOR SHUNT PADA JARINGAN  
DISTRIBUSI PRIMER 20 kV TYPE RADIAL DENGAN MENGGUNAKAN  
METODE RCGA ( *REAL CODED GENETIC ALGORITHM* )**

**SKRIPSI**

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

**Disusun Oleh :  
PADANG JUMADI**

**01.12.141**

**Mengetahui,**

**Ketua Jurusan Teknik Elektro**



**Ir. F. YUDI LIMPRAPTONO, MT**

**NIP.Y. 1039500274**

**Diperiksa dan disetujui,  
Dosen Pembimbing I**

**Ir. H. CHOIRUL SALEH, MT**

**NIP.Y. 1018800190**

**Diperiksa dan disetujui,  
Dosen Pembimbing II**

**Ir. EKO NURCAHYO**

**NIP.Y. 1028700172**

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

## A B S T R A K S I

### OPTIMASI PENEMPATAN KAPASITOR SHUNT PADA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20 kV TYPE RADIAL DENGAN MENGGUNAKAN METODE RCGA ( *REAL CODED GENETIC ALGORITHM* )

( Padang Jumadi, Nim 01.12.141, Teknik Elektro/T.Energi Listrik S-1 )

( Dosen Pembimbing I : Ir. H. Choirul Saleh, MT )

( Dosen Pembimbing II : Ir. Eko Nurcahyo )

**Kata Kunci** : Penempatan Kapasitor, Rugi-rugi Daya, Profil Tegangan, *RCGA* ( *Real Coded Genetic Algorithm* )

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.

Pada skripsi ini akan dibahas penyelesaian masalah perbaikan profil tegangan dan pengurangan rugi-rugi daya pada sistem distribusi primer 20 kV dengan mengkompensasi daya reaktif dengan cara penempatan kapasitor yang optimal menggunakan *Metode RCGA ( Real Coded Genetic Algorithm )*. Hasil yang dicapai diharapkan dapat memperbaiki kualitas sistem pendistribusian tenaga listrik yaitu rugi-rugi daya dapat direduksi dan memperbaiki profil tegangan dimana tegangan yang diijinkan berada pada batas minimum 0,95 pu dan maksimum 1,05 pu.

Dengan menggunakan data jaringan sistem distribusi 20 kV pada GI. Pakis penyulang Tumpang hasil penempatan dan kapasitas kapasitor dengan menggunakan *Metode RCGA ( Real Coded Genetic Algorithm )* yaitu pada bus 42 dengan kapasitas 200 kVAR dan bus 51 dengan kapasitas 150 kVAR. Tegangan terendah terjadi pada bus 121 yaitu untuk *fasa R* sebesar 0.9382 pu atau 18,7640 kV, untuk *fasa S* besarnya 0.9353 pu atau 18,7060 kV dan untuk *fasa T* besarnya 0.9392 pu atau 18,7840 kV setelah penempatan kapasitor untuk *fasa R* berubah menjadi 0.9538 pu atau 19,0760 kV, untuk *fasa S* besarnya 0.9516 pu atau 19,0320 kV dan untuk *fasa T* besarnya 0.9554 pu atau 19,1080 kV. Penurunan rugi daya sebesar untuk *fasa R* sebesar 22,8079 kVA dari 131,1513 kVA menjadi 108,3434 kVA, sehingga terjadi penurunan sebesar 17,39 %. Untuk *fasa S* sebesar 22,7788 kVA dari 131,1514 kVA menjadi 108,3726 kVA, sehingga terjadi penurunan sebesar 17,36 %. Dan untuk *fasa T* sebesar 22,7789 kVA dari 131,1515 kVA menjadi 108,3726 kVA, sehingga terjadi penurunan sebesar 17,36%.

## **KATA PENGANTAR**

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat ALLAH SWT, atas rahmat dan hidayah yang di berikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul, **“OPTIMASI PENEMPATAN KAPASITOR SHUNT PADA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20 kV TYPE RADIAL DENGAN MENGGUNAKAN METODE RCGA ( REAL CODED GENETIC ALGORITHM )”**

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

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

1. **Ir. Mochtar Asroni, MSME**, selaku Dekan FTI ITN Malang.
2. **Ir. F Yudi Limpraptono, MT**, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro (S1) ITN Malang.
3. **Yusuf Ismail Nakhoda, ST. MT**, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro (S1) ITN Malang.
4. **Ir. H. Choirul Saleh, MT**, selaku dosen pembimbing I.
5. **Ir. Eko Nurcahyo**, selaku dosen pembimbing II.

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

Malang, September 2008

Penulis

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman:</b>
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRAKSI.....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GRAFIK.....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB I    PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan .....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Metodologi Pembahasan .....	4
1.6. Sistematika Penulisan .....	5
<b>BAB II    SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK DAN APLIKASI KAPASITOR</b>	
2.1. Sistem Tenaga Listrik .....	8
2.2. Sistem Distribusi Tenaga Listrik.....	9

2.2.1. Sistem Distribusi Primer ( Jaringan Tegangan Menengah ) .....	11
2.2.2. Sistem Distribusi Sekunder ( Jaringan Tegangan Rendah ).....	11
2.3. Struktur Jaringan Distribusi Tenaga Listrik.....	11
2.3.1. Sistem Jaringan Distribusi Radial .....	11
2.3.2. Sistem Jaringan Distribusi Tertutup ( Loop ) .....	13
2.3.3. Sistem Jaringan Distriobusi <i>Mesh</i> .....	13
2.4. Daya Dalam Sistem Tenaga Listrik .....	14
2.4.1. Daya Nyata ( <i>Real Power</i> ) .....	14
2.4.2. Daya Reaktif ( <i>Reactive Power</i> ).....	15
2.4.3 Daya Semu ( <i>Apparentl Power</i> ).....	15
2.5. Daya Reaktif dan Faktor Daya.....	15
2.6. Kapasitor Daya.....	18
2.6.1. Kapasitor Seri dan Kapasitor <i>Shunt</i> .....	18
2.6.2. Faktor-Faktor Pemilihan Kapasitor Seri dan Kapasitor Shunt..	20
2.7. Pengaruh Pemasangan Kapasitor <i>Shunt</i> .....	21
2.7.1. Pengurangan Rugi-Rugi Saluran dengan Kapasitor <i>Shunt</i> .....	22
2.7.2. Perbaikan Tegangan .....	23
2.7.3. Perbaikan Faktor Daya dan Kenaikan Kapasitas Sistem .....	24
2.7.4. Perhitungan Pengaruh Perbaikan Faktor Daya .....	26
2.7.5. Penentuan Rating Kapasitor untuk Perbaikan Faktor Daya Beban .....	27
2.8. Sistem <i>Per-Unit</i> .....	28
2.9. Variasi Tegangan .....	29



**BAB III METODE RCGA ( REAL CODED GENETIC ALGORITHM )  
UNTUK MENENTUKAN LETAK DAN KAPASITAS  
KAPASITOR PADA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20 kV**

3.1.	Analisa Aliran Daya Jaringan Radial.....	31
3.1.1.	Tujuan .....	31
3.1.2.	Metode <i>Fordward_Backward</i> .....	32
3.1.3.	<i>Flowchart</i> Algoritma Aliran Daya <i>Fordward_Backward</i> .....	36
3.2.	Metode Penempatan Kapasitor .....	37
3.2.1.	<i>RCGA Algoritma</i> .....	39
3.4.1	Algoritma Pemecahan Masalah.....	41
3.4.3.	<i>Flowchart</i> Program <i>RCGA</i> .....	43

**BAB IV ANALISA KAPASITAS DAN PENEMPATAN KAPASITOR  
PADA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20 KV PENYULANG  
TUMPANG, MALANG**

4.1.	Analisis Penempatan Kapasitor Dengan <i>Metode RCGA ( Real Coded Genetic Algorithm )</i> .....	44
4.2.	Data Perhitungan .....	45
4.2.1.	Data Saluran.....	45
4.2.2.	Data Pembebanan.....	49
4.3.	Data Harga Kapasitor.....	56
4.4.	Analisa Perhitungan .....	56
4.5.	Prosedur Pelaksanaan Program Perhitungan.....	57

**BAB V KESIMPULAN**

5.1. Kesimpulan .....	96
5.2. Saran.....	97

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar :	Halaman :
2.1 Skema Penyaluran Energi Listrik.....	8
2.2. Jaringan Distribusi Tegangan Menengah (JTM), Jaringan Tegangan Rendah (JTR) dan Sambungan Rumah ke Pelanggan.....	10
2.3. Jaringan Tegangan Menengah Sistem Distribusi Radial .....	12
2.4. Jaringan Tegangan Menengah Struktur Loop yang dipasok dari satu sumber .....	13
2.5. Jaringan Tegangan Menengah Struktur <i>Mesh</i> .....	14
2.6. Segi Tiga Daya.....	16
2.7. Segi Tiga Arus.....	17
2.8. Saluran Primer Dengan Beban Tepasat .....	18
2.9. Kapasitor Shunt Yang Dipasang Pada Saluran .....	19
2.10. Vektor arus dan tegangan sebelum dan setelah pemasangan kapasitor .....	22
2.11. Diagram vektor pada rangkaian dengan <i>pf lagging</i> (a) dan (c) tanpa kapasitor shunt, (b) dan (d) dengan kapasitor <i>shunt</i> .....	23
2.12. Perbaikan Faktor Daya.....	25
2.13. Diagram Fasor dan Sudut Daya Beban Distribusi .....	26
3.1. <i>Radial System</i> Dengan Beban Lumped .....	32

3.2.	Arus dan Cabang dari jaringan.....	33
3.3.	flow Chart Algoritma Dengan <i>Metode Fordward_Backward</i> .....	36
3.3.2.	Flow Chart Algoritma Program Dengan <i>Metode RCGA</i> .....	43
4.1.	<i>Single Line Diagram</i> Penyulang Tumpang Sebelum Penempatan Kapasitor .....	57
4.2.	Tampilan Utama Program Matlab 7.0.4.....	58
4.3.	Tampilan Inputan Data (General) .....	59
4.4.	Tampilan Inputan Data (Data Pembebanan).....	60
4.5.	Tampilan Inputan Data (Data Saluran) .....	61
4.6.	Tampilan Untuk Menjalankan Program.....	62
4.7.	Tampilan Hasil Untuk Mengetahui Tegangan Dan Sudut Fasa Tiap Bus Sebelum Optimasi .....	63
4.8.	Tampilan Hasil Aliran Daya Untuk Daya tiap Saluran Sebelum Optimasi .....	67
4.9	Tampilan Hasil Rugi Daya Antar Saluran Sebelum Optimasi.....	72
4.10.	Tampilan Hasil Rugi-rugi Saluran Sebelum Optimasi.....	71
4.11.	Tampilan Hasil Rugi-Rugi Daya Pada Fasa R, S Dan T.....	75
4.11.	Tampilan Hasil Penempatan Kapasitor Dengan Menggunakan Metode <i>RCGA ( Real Coded Genetic Algorithm)</i> .....	76
4.12.	Gambar Single line Diagram Penyulang Tumpang Setelah Penempatan Kapasitor.....	77
4.13.	Tampilan Hasil Untuk Mengetahui Tegangan Dan Sudut Fasa Tiap Bus Setelah Optimasi.....	78

4.14. Tampilan Hasil Aliran Daya Untuk Daya Antar Saluran Setelah Optimasi .....	82
4.15. Tampilan Hasil Rugi Daya Antar Saluran Setelah Optimasi .....	86
4.16. Tampilan Hasil Rugi Daya Semu Pada Phasa R, S dan T Setelah Optimasi Menggunakan Metode <i>RCGA</i> .....	90

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel :</b>	<b>Halaman :</b>
2-1 Pemilihan Kapasitor Seri dan Kapasitor Shunt.....	20
4-1 Spesifikasi Saluran.....	46
4-2. Data Saluran Penyulang Tumpang.....	46
4-3. Data Pembebanan Penyulang Tumpang.....	50
4-4. Harga Kapasitor .....	56
4-5. Tegangan dan Sudut Fasa Tiap Bus Penyulang Tumpang Sebelum Kompensasi .....	66
4-6. Daya Tiap Saluran Penyulang Tumpang Sebelum optimasi.....	67
4-7. Rugi Daya Tiap Saluran Penyulang Tumpang Sebelum Optimasi.....	71
4-8. Tegangan dan Sudut Fasa Tiap Bus Penyulang Tumpang Setelah Optimasi .....	79
4-9. Daya Tiap saluran Penyulang Tumpang Setelah Optimasi .....	82
4-10. Rugi Daya Tiap Saluran penyulang Tumpang Setelah Optimasi.....	86
4-11. Hasil program Metode <i>RCGA ( Real Coded Genetic Algorithm )</i> .....	91

## DAFTAR GRAFIK

<b>Grafik :</b>	<b>Halaman :</b>
4.1. Gambar Grafik Tegangan Pada Phasa K .....	92
4.2. Gambar Grafik Tegangan Pada Phasa S .....	93
4.3. Gambar Grafik Tegangan Pada Phasa T .....	94
4.4. Gambar Grafik Rugi Daya Pada Phasa R, S Dan T Sebelum Dan Setelah Optimasi .....	95

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 LATAR BELAKANG

Bertambahnya permintaan akan kebutuhan energi listrik mengakibatkan peran penggunaan alat-alat listrik akan semakin luas, terutama dibidang industri yang sangat banyak membutuhkan daya reaktif, dalam hal ini diperlukan penyediaan energi listrik beserta jaringan dan penyalurannya yang sangat baik. Kapasitor adalah suatu peralatan listrik yang berfungsi memperbaiki faktor daya dan bisa menaikkan tegangan serta mengurangi rugi-rugi daya. Tetapi pada penempatan yang tidak optimum maka kapasitor tidak akan bekerja dengan maksimal. Jika hal ini terus berlanjut maka PT. PLN selaku produsen listrik dan masyarakat selaku konsumen akan mengalami kerugian.

Untuk mengetahui penempatan kapasitor yang optimum pada jaringan distribusi diperlukan analisis penempatan kapasitor yang optimum dan benar, pada hal ini sulit dicapai. Pada umumnya sudah banyak yang membahas tentang penempatan kapasitor dengan menggunakan metode-metode konvensional tetapi pembahasan-pembahasan yang dilakukan masih kurang dan masih dilakukan analisis yang lebih mendalam lagi.

Hal ini mendorong penulis untuk mengangkat permasalahan dengan menggunakan *Metode RCGA ( Real Coded Genetic Algorithm )* yang dapat menjadi salah satu alternatif yang efektif untuk penempatan kapasitor shunt pada jaringan distribusi primer. Didalam skripsi ini mengemukakan suatu pendekatan



terhadap penempatan kapasitor shunt dalam sistem distribusi radial dengan menggunakan Metode RCGA ( *Real Coded Genetic Algorithm* ) ini memiliki kelebihan yaitu dapat menentukan letak dan kapasitas dari kapasitor berdasarkan dua fungsi sasaran yang dicapai yaitu dari keuntungan teknis dan keuntungan ekonomis.

## 1.2 RUMUSAN MASALAH

Kapasitor shunt yang dipasang pada jaringan distribusi primer dapat mengurangi rugi-rugi saluran, dengan menentukan letak dan kapasitas kapasitor yang optimal pada jaringan distribusi primer maka rugi-rugi saluran dan biaya instalasi kapasitor tersebut dapat dikurangi sehingga didapat keuntungan dari segi teknis maupun ekonomis.

Oleh karena itu pada skripsi ini akan menganalisa hal tersebut dengan suatu metode yaitu dengan menggunakan *Metode RCGA ( Real Coded Genetic Algorithm )* Dari permasalahan yang timbul diatas, maka skripsi ini diberi judul :

**“OPTIMASI PENEMPATAN KAPASITOR SHUNT PADA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20 kV TYPE RADIAL DENGAN MENGGUNAKAN METODE RCGA ( REAL CODED GENETIC ALGORITHM )”**

### 1.3 TUJUAN PEMBAHASAN

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk menganalisa profil tegangan setiap fasa, sebelum dan sesudah kompensasi.
2. Untuk menganalisa rugi-rugi daya saluran, sebelum dan sesudah kompensasi.
3. Untuk menentukan letak dan kapasitas kapasitor yang optimal pada penyulang.

### 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 primer tipe radial 20 kV di penyulang Tumpang, GI Pakis, Malang.
2. Metode yang digunakan dalam perhitungan aliran daya adalah *Metode Forward\_Backward*.
3. Hanya Kapasitor Shunt yang digunakan dalam perbaikan tegangan dan pengurangan rugi daya.
4. Analisa penentuan letak dan kapasitas kapasitor shunt menggunakan *Metode RCGA ( Real Coded Genetic Algorithm )*.

## 1.5 METODOLOGI PEMBAHASAN

Metode yang digunakan dalam pembahasan skripsi ini dilakukan dengan langkah-langkah :

### 1. Studi Literatur

Yaitu kajian pustaka dengan mempelajari teori-teori yang terkait melalui literatur yang ada, yang berhubungan dengan pengaruh yang terjadi akibat penggunaan kapasitor shunt pada sistem distribusi radial.

### 2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data lapangan yang dipakai dalam objek penelitian yakni pada PT. PLN (persero) Area Pelayanan Jaringan Malang, penyulang Tumpang GI Pakis.

- a) Data kuantitatif yaitu data yang dapat dihitung atau data yang berbentuk angka-angka.
  - b) Data kualitatif yaitu data yang berbentuk diagram. Dalam hal ini adalah single line diagram penyulang.
- ### 3. Melakukan analisa dengan menggunakan bahasa program Matlab 7.0.4
- a) Analisa Aliran Daya pada penyulang Tumpang sistem 20 kV menggunakan *Metode Forward\_Backward*.
  - b) Analisa penentuan letak, kapasitas dan jumlah kapasitor menggunakan *Metode RCGA ( Real Coded Genetic Algorithm )*.
  - c) Analisa pengaruh pemasangan kapasitor terhadap sistem distribusi radial diantaranya perbaikan profil tegangan, pengurangan rugi-rugi

dan menganalisa aliran daya kembali sistem menggunakan *Metode Forward\_Backward*.

## **1.6 SISTEMATIKA PENULISAN**

Untuk mendapat arah yang tepat mengenai hal-hal yang akan dibahas maka dalam skripsi ini disusun sebagai berikut :

### **BAB I : PENDAHULUAN**

Merupakan pendahuluan yang meliputi latar belakang yang melandasi skripsi yang dibahas, rumusan masalah, tujuan yang ingin dicapai, batasan masalah, metodologi penulisan dan sistematika penulisan.

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

Disini akan menguraikan mengenai sistem jaringan distribusi, pengertian jatuh tegangan, pengaruh rendahnya faktor daya dan penjelasan teori tentang kapasitor.

**BAB III : METODE *RCGA* ( *REAL CODED GENETIC ALGORITHM* )  
UNTUK MENENTUKAN LETAK DAN KAPASITAS  
KAPASITOR PADA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20 KV**

Pada bab ini akan dibahas sedikit metode aliran daya Forward\_Backward, teori tentang Metode *RCGA* ( *Real Coded Genetic Algorithm* ) untuk menentukan penempatan dan kapasitas kapasitor.

**BAB IV : ANALISA KAPASITAS DAN PENEMPATAN KAPASITOR  
PADA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20 kV**

Pada bab ini akan dibahas penempatan kapasitor yang akan dianalisis menggunakan program komputer dengan menggunakan pendekatan Metode *RCGA* ( *Real Coded Genetic Algorithm* ) serta perbandingan profil tegangan sebelum dan sesudah pemasangan kapasitor.

**BAB V : KESIMPULAN**

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

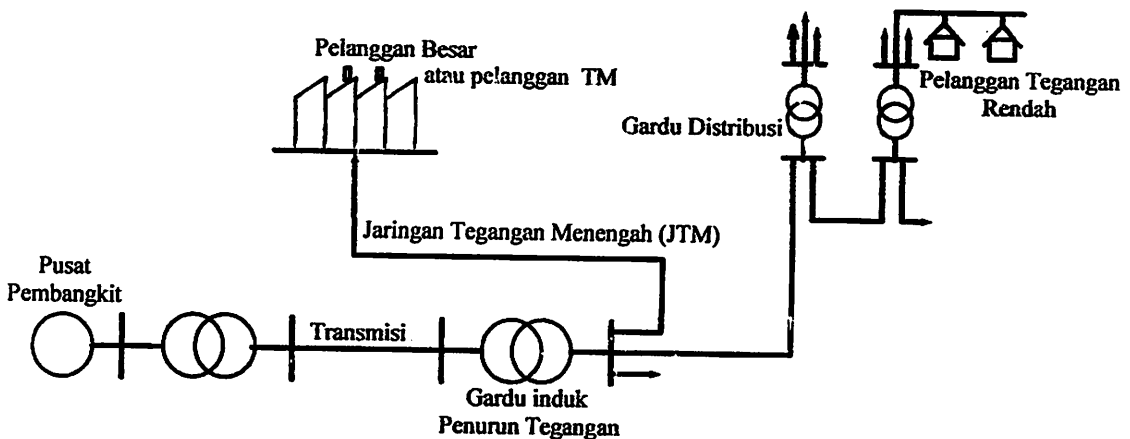
**DAFTAR PUSTAKA**

## BAB II

### SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK DAN APLIKASI KAPASITOR

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

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



GAMBAR 2-1 SKEMA PENYALURAN ENERGI LISTRIK<sup>[2]</sup>

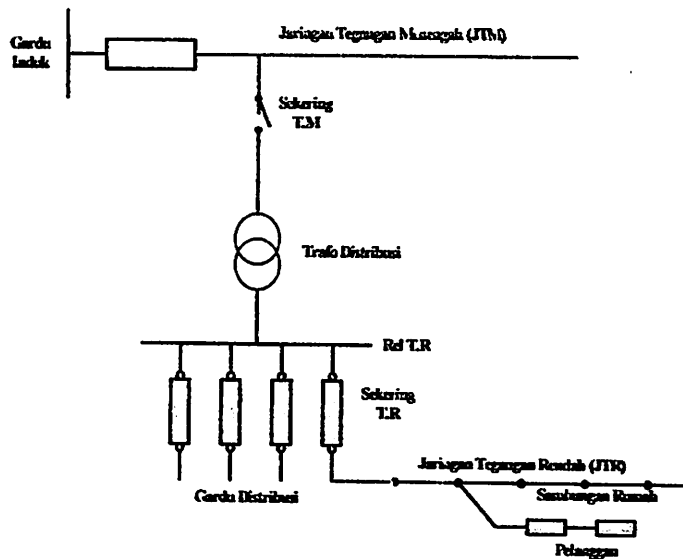
Secara garis besar suatu sistem tenaga listrik dapat dikelompokkan menjadi 3 sub sistem, yaitu :

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

## **2.2. Sistem Distribusi Tenaga Listrik<sup>[3]</sup>**

Jaringan distribusi berada pada akhir dari sistem tenaga listrik, perannya mendistribusikan tenaga listrik dari gardu Induk ke konsumen melalui gardu distribusi. jaringan setelah keluar dari gardu induk bisa disebut jaringan distribusi. Setelah tenaga listrik disalurkan melalui jaringan distribusi primer maka kemudian tenaga listrik diturunkan tegangannya dalam gardu-gardu disribusi menjadi tegangan rendah, kemudian disalurkan melalui jaringan tegangan rendah untuk selanjutnya disalurkan ke rumah-rumah pelanggan (konsumen) PLN melalui sambungan rumah.





**GAMBAR 2-2 JARINGAN DISTRIBUSI TEGANGAN MENENGAH (JTM), JARINGAN TEGANGAN RENDAH (JTR) DAN SAMBUNGAN RUMAH KE PELANGGAN<sup>[3]</sup>**

Dalam pendistribusian tenaga listrik ke konsumen, tegangan yang digunakan bervariasi tergantung dari jenis konsumen yang membutuhkan. Untuk konsumen industri biasanya digunakan tegangan menengah 20 kV sedangkan untuk konsumen perumahan digunakan tegangan rendah 220/380 Volt, yang merupakan tegangan siap pakai untuk peralatan-peralatan rumah tangga. Dengan demikian maka sistem distribusi tenaga listrik dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian sistem yaitu:

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

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

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

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

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

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

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

## **2.3. Struktur Jaringan Distribusi Tenaga Listrik<sup>[2]</sup>**

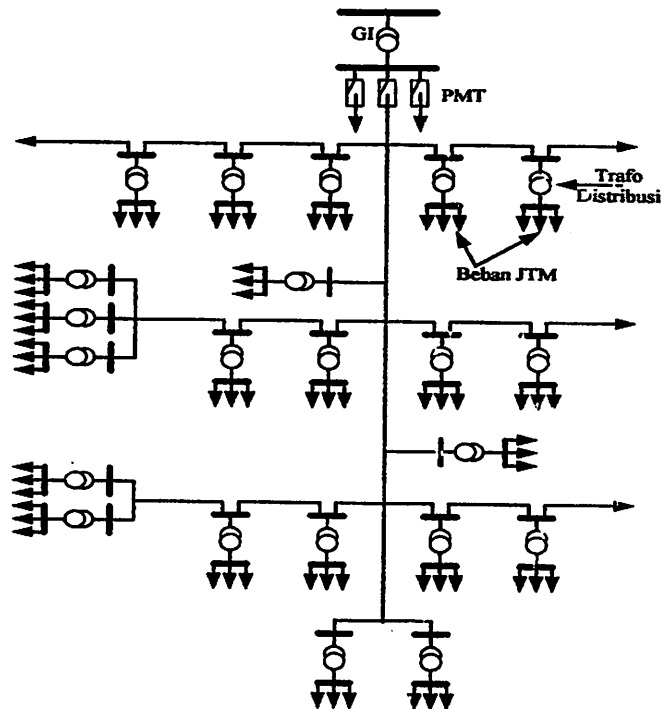
Ada beberapa bentuk jaringan yang umum digunakan untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik, yaitu :

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

### **2.3.1. Sistem Jaringan Distribusi Radial**

Bentuk jaringan ini merupakan bentuk dasar yang paling sederhana dan paling banyak dipergunakan. Sistem ini dikatakan radial karena dari kenyataannya bahwa jaringan ini ditarik secara radial dari gardu induk ke pusat-

pusat beban atau konsumen yang dilayani. Sistem ini terdiri dari saluran utama (*tunk line*) dan saluran cabang (*lateral*) seperti pada gambar 2.3.



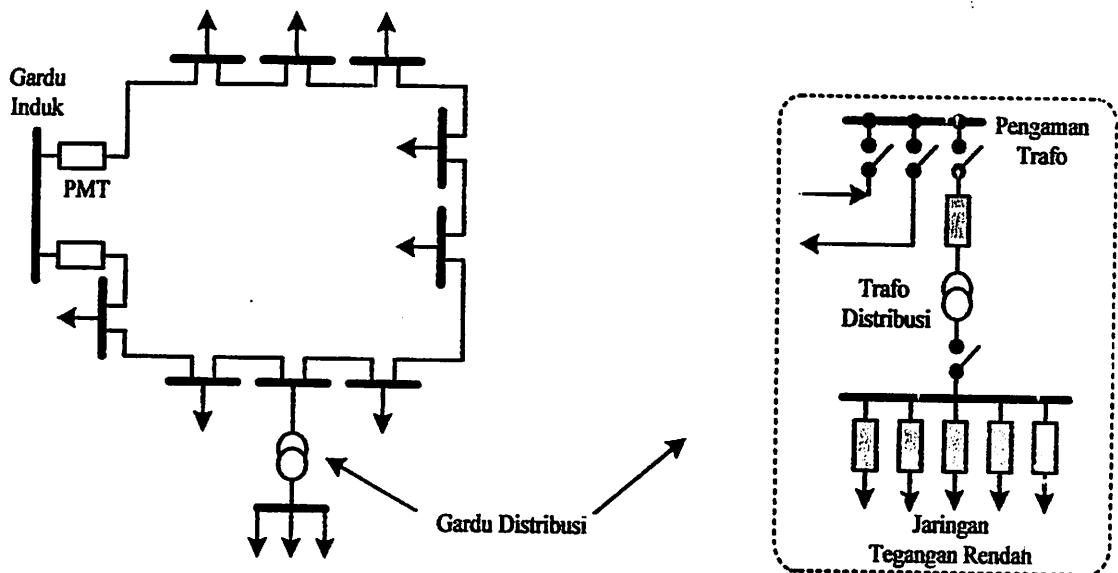
**GAMBAR 2-3 JARINGAN TEGANGAN MENENGAH SISTEM DISTRIBUSI RADIAL<sup>[2]</sup>**

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

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

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

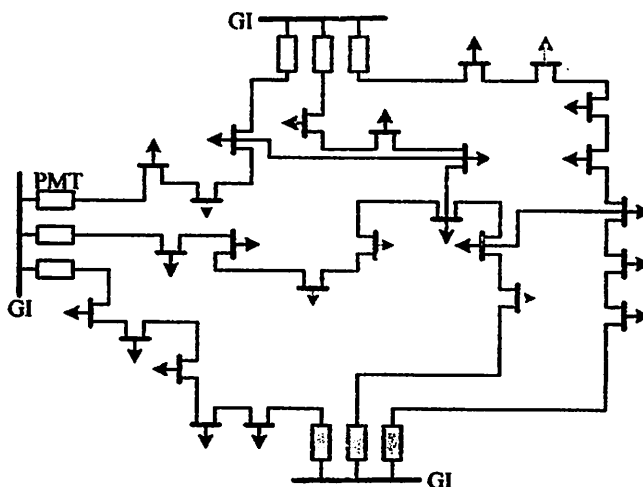
Sistem ini disebut jaringan distribusi *loop* karena saluran primer yang menyalurkan daya sepanjang daerah beban yang dilayani, membentuk suatu rangkaian *loop*.



**GAMBAR 2-4 JARINGAN TEGANGAN MENENGAH STRUKTUR LOOP YANG DIPASOK DARI SATU SUMBER<sup>[2]</sup>**

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

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



**GAMBAR 2-5 JARINGAN TEGANGAN MENENGAH STRUKTUR MESH<sup>[2]</sup>**

**2.4. Daya Dalam Sistem Tenaga Listrik<sup>[2]</sup>**

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

Daya listrik yang dibangkitkan dikenal dengan istilah:

**2.4.1. Daya Nyata ( Real Power )**

Daya Nyata dinyatakan dalam persamaan :

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

Daya nyata untuk beban 3 fasa seimbang

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

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

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

Daya reaktif dinyatakan dalam persamaan :

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

Daya reaktif untuk beban 3 fasa seimbang :

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

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

Daya semu dinyatakan dalam persamaan :

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

Daya semu untuk beban 3 fasa seimbang :

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

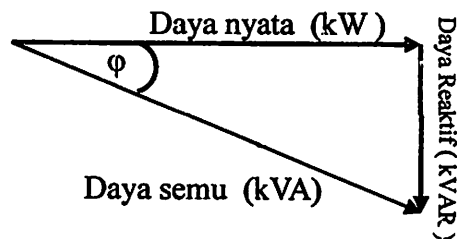
## 2.5. Daya Reaktif dan Faktor Daya<sup>[2]</sup>

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

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

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

Hubungan ini dapat digambarkan sebagai berikut:



**GAMBAR 2-6 SEGITIGA DAYA<sup>[2]</sup>**

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

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

P = Daya Nyata (kW)

S = Daya semu (kVA)

Q = Daya reaktif (kVar)

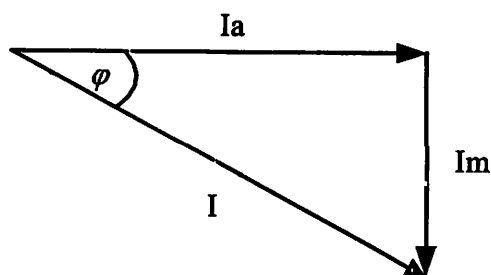
$\varphi$  = Sudut *Phase*

Dari gambar 2.6 daya semu terdiri dari komponen daya nyata dan daya reaktif.

Jadi faktor daya dapat dilihat dari hubungan antara arus nyata, arus magnetisasi dan arus total.

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

Dalam bentuk vektor hubungan tersebut digambarkan sebagai berikut :



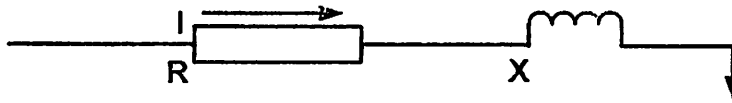
**GAMBAR 2-7 SEGITIGA ARUS** <sup>[2]</sup>

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

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

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





**GAMBAR 2-8 SALURAN PRIMER DENGAN BEBAN TEPUSAT<sup>[2]</sup>**

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

$$\begin{aligned}
 P_L &= I^2 R \\
 &= (I \cos \theta)^2 R + (I \sin \theta)^2 R \dots\dots\dots (2.9)
 \end{aligned}$$

dimana :  $I_R$  adalah arus aktif

$I_X$  adalah arus reaktif

## 2.6. Kapasitor Daya<sup>[2]</sup>

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

### 2.6.1. Kapasitor Seri dan Kapasitor *Shunt*

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

#### a. Kapasitor Seri

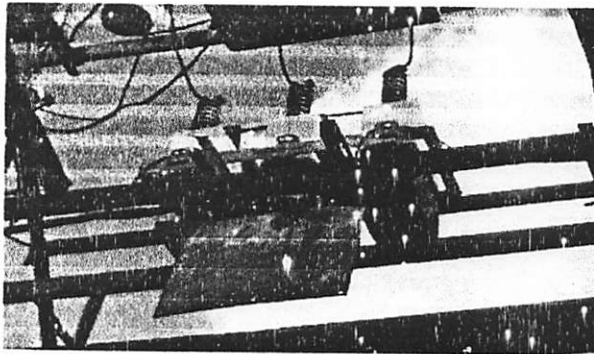
Kapasitor seri adalah kapasitor yang dihubung seri dengan impedansi saluran yang bersangkutan, pemakaiannya amat dibatasi pada saluran distribusi, karena peralatan pengamannya cukup rumit. Jadi secara umum dikatakan biaya

untuk pemasangan kapasitor seri lebih mahal daripada biaya pemasangan kapasitor paralel atau biasa disebut kapasitor *shunt*.

**b. Kapasitor *Shunt***

Kapasitor *shunt* adalah kapasitor yang dihubungkan paralel dengan saluran dan secara intensif digunakan pada saluran distribusi. Kapasitor *shunt* mencatu daya reaktif atau arus yang menentang komponen arus beban induktif.

Dengan dipasangnya kapasitor *shunt* pada jaringan distribusi akan dapat memperbaiki profil tegangan, memperbaiki faktor daya dan menaikkan kapasitas sistem serta dapat mengurangi rugi saluran.



**GAMBAR 2-9 KAPASITOR *SHUNT* YANG DIPASANG PADA SALURAN**

### 2.6.2. Faktor-faktor pemilihan kapasitor Seri dan kapasitor shunt<sup>[2]</sup> :

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

TABEL 2-1

#### KAPASITOR SERI DAN KAPASITOR SHUNT

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

## 2.7. Pengaruh Pemasangan Kapasitor *Shunt*<sup>[2]</sup>

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

Adapun dua cara dalam pemakaian kapasitor *shunt* :

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

### a. Kapasitor Tetap

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

### b. Kapasitor Saklar

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

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

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

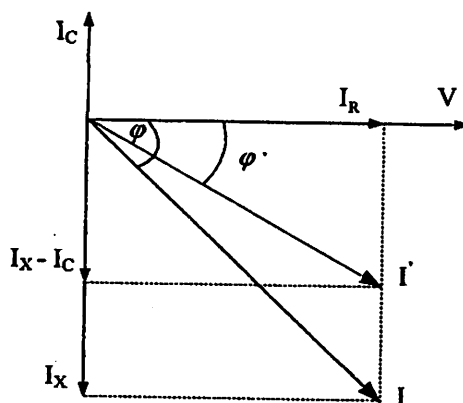
### 2.7.1. Pengurangan Rugi-Rugi Saluran dengan Kapasitor *Shunt*

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

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

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

Dalam bentuk diagram vektor adalah :



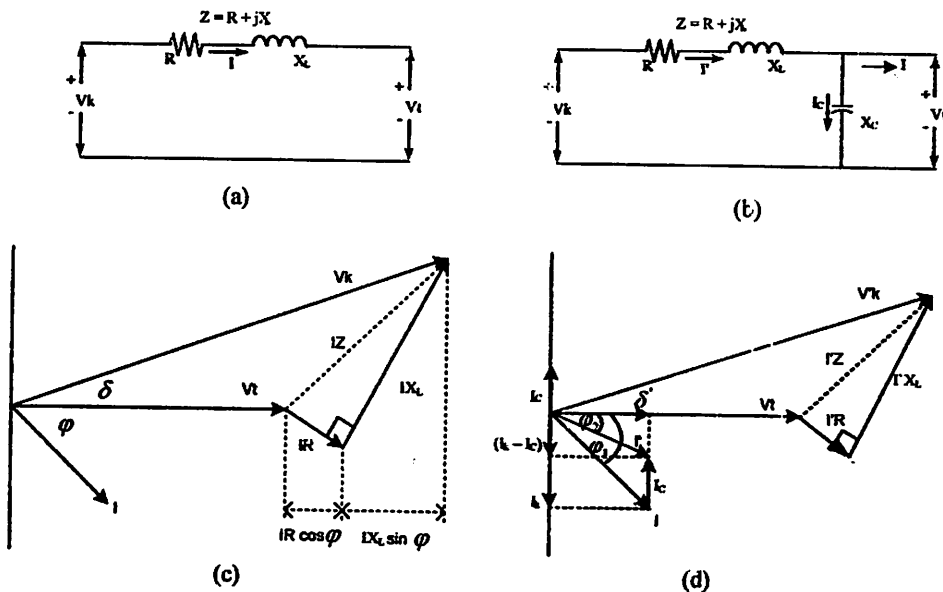
**GAMBAR 2-10 VEKTOR ARUS DAN TEGANGAN SEBELUM DAN SETELAH PEMASANGAN KAPASITOR [2]**

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

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

**2.7.2. Perbaikan Tegangan<sup>[2]</sup>**

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



**GAMBAR 2-11 DIAGRAM VEKTOR PADA RANGKAIAN DENGAN PF LAGGING (a) DAN (c) TANPA KAPASITOR SHUNT, (b) DAN (d) DENGAN KAPASITOR SHUNT<sup>[2]</sup>**

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

Sebelum pemasangan kapasitor :

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

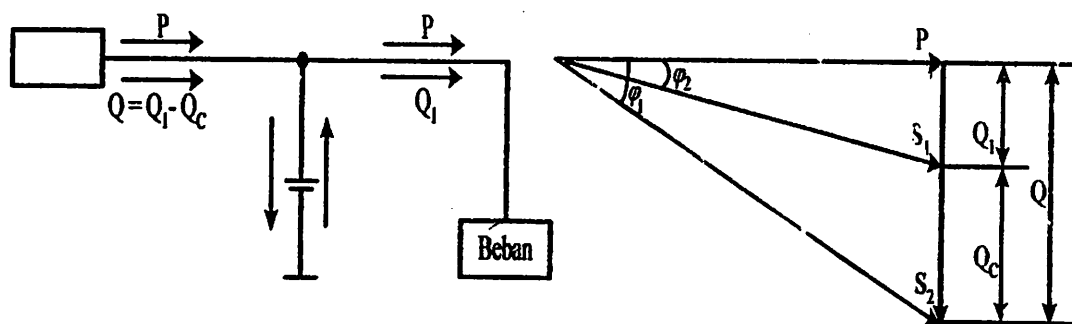
Bila kapasitor dipasang pada ujung penerima dari saluran, seperti yang terlihat pada gambar 2-11b, secara pendekatan jatuh tegangannya menjadi :

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

### 2.7.3. Perbaikan Faktor Daya dan Kenaikan Kapasitas Sistem

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

Dengan menambah kapasitor, daya reaktif Q akan berkurang, gambar 2.12 menunjukkan perbaikan faktor daya pada sistem, kapasitor mensuplai daya reaktif ke beban.



**GAMBAR 2-12 PERBAIKAN FAKTOR DAYA<sup>[2]</sup>**

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

$$\cos \varphi_1 = \frac{P}{S_2} \dots\dots\dots(2.14)$$

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

$$\cos \varphi_2 = \frac{P}{S_1}$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{P}{\sqrt{(P^2 + Q_1^2)}}$$

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

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



dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

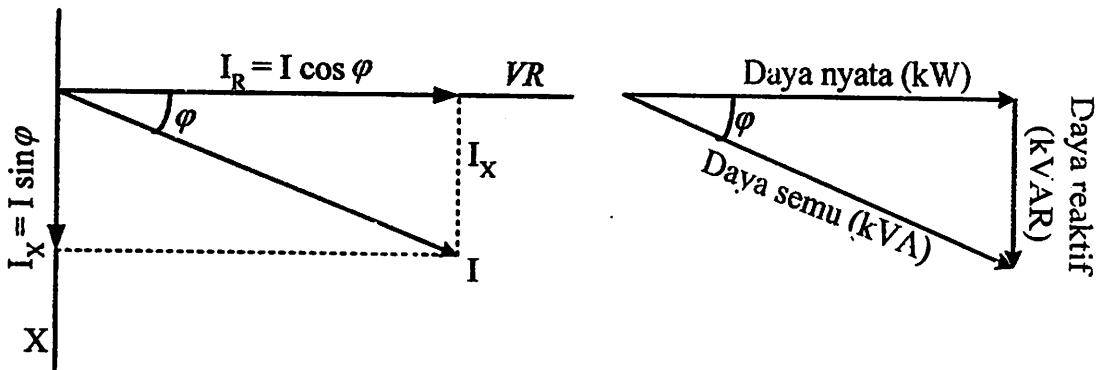
$$\% \text{ Rugi Daya} = 100 \left( \frac{\text{Faktor.daya.mula} - \text{mula}(\cos \varphi_1)}{\text{Faktor.daya.baru}(\cos \varphi_2)} \right) \dots\dots\dots(2.16)$$

%Pengurangan Rugi Daya

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

**2.7.4. Perhitungan Pengaruh Perbaikan Faktor Daya**

Diagram *phase* dari dua komponen arus nyata itu arus aktif dan reaktif dapat dilihat pada gambar 2-13 berikut:



**GAMBAR 2-13 DIAGRAM FASOR DAN SUDUT DAYA BEBAN DISTRIBUSI<sup>[2]</sup>**

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

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

$$= \sqrt{(I \cdot \cos \varphi)^2 + (I \cdot \sin \varphi)^2} \dots\dots\dots(2.18)$$

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

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

$$(\text{VI}) = \sqrt{(\text{VI}.\text{Cos}.\varphi)^2 + (\text{VI}.\text{Sin}.\varphi)^2} \dots\dots\dots(2.19)$$

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

Daya Aktif = Daya Semu\* Faktor Daya

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

$$\text{kW} = \text{kVA} \text{ Cos } \varphi \dots\dots\dots(2.20)$$

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

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

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

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

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

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

Daya reaktif pada daya mula-mula = Daya aktif x Tan  $\varphi_1$

$$= (\text{kW}) \times \text{Tan } \varphi_1$$

Daya reaktif pada faktor daya baru = Daya aktif x Tan  $\varphi_2$

$$= (\text{kW}) \times \text{Tan } \varphi_2$$

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

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

Rating kapasitor yang dibutuhkan perbaikan factor daya:

Daya reaktif (kVAR) = Daya aktif x (Tan  $\varphi_1 - \varphi_2$ )

$$= (\text{kW}) \times (\text{Tan } \varphi_1 - \varphi_2) \dots\dots\dots (2.24)$$

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

Daya reaktif (kVAR) = Daya aktif x  $\Delta \text{Tan}$

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

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

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

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

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

- Untuk data 1 fasa

Arus dasar:

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

Impedansi dasar:

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

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

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

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

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

## 2.9. Variasi Tegangan<sup>[2]</sup>

Seperti diketahui, pen-catuan tenaga listrik kepada para pelanggan tegangannya (tegangan pelayanan), tidak dapat konstan, karena adanya impedansi dari jaringan yang mencatu. Dengan kata lain tegangan pelayanan bervariasi pada setiap pelanggan.

Variasi tegangan pelayanan ini, tentu saja ada batas-batas toleransinya. Untuk Indonesia, toleransi tegangan yang diizinkan, didasarkan pada standar PLN, yaitu SPLN 1:1978, dimana ditentukan bahwa variasi tegangan pelayanan, sebagai akibat jatuh tegangan, karena adanya perubahan beban, maksimum +5% dan minimum -10% dari tegangan nominalnya.

**BAB III**  
**METODE RCGA ( *REAL CODED GENETIC ALGORITHM* )**  
**UNTUK MENENTUKAN LETAK DAN KAPASITAS**  
**KAPASITOR PADA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20 KV**  
**TYPE RADIAL**

**3.1 Analisa Aliran Daya Jaringan Radial**

Dalam analisis dengan menggunakan metode RCGA ( *Real Coded Genetic Algorithm* ) diperlukan suatu proses aliran daya untuk mengetahui rugi-rugi daya pada saluran. Oleh karena itu pembahasan selanjutnya sebelum proses menggunakan metode RCGA ( *Real Coded Genetic Algorithm* ) adalah analisis aliran daya dengan menggunakan *Metode Forward Backward*.

**3.1.1 Tujuan**

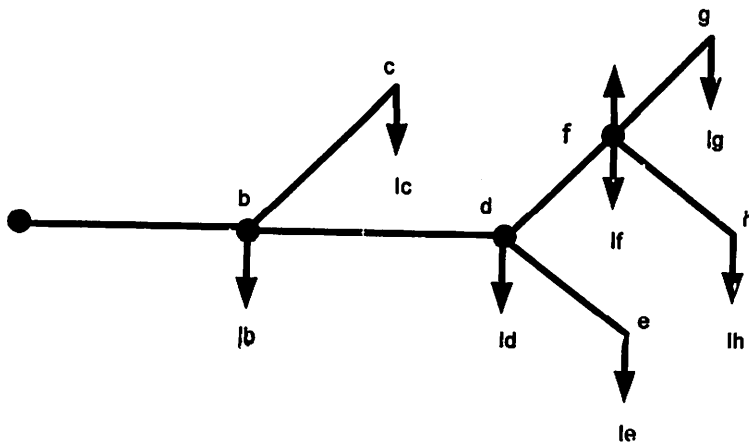
Tujuan mempelajari analisa aliran daya ini adalah.

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

### 3.1.2 Metode *Forward\_Backward*<sup>[4]</sup>

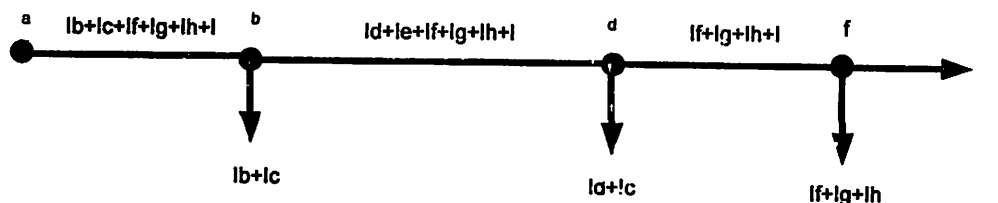
Metode *Forward\_Backward* merupakan metode pembelajaran yang terawasi dan biasanya di gunakan oleh *perceptron* dengan banyak lapisan untuk mengubah *input* yang terhubung dengan *neuron-neuron* yang ada pada lapisan tersembunyinya. Metode *Forward\_Backward* menggunakan *error output* untuk mengubah nilai *input*-nya secara random dalam arah mundur (*backward*). Untuk mendapatkan *error* ini, tahap perambatan maju (*feed forward*) harus di kerjakan terlebih dahulu.

#### 3.1.2.1. Analisa Metode *Forward\_Backward*



Gambar 3-1

Radial Sistem dengan beban Lumped<sup>[1]</sup>



Gambar 3-2

**Arus dan Cabang dari Jaringan untuk Mempertimbangkan Perhitungan Arus**

Mempertimbangkan bahwa arus beban mungkin dapat memisahkan antara yang riil dan imajiner.

Kemudian yang di peroleh sekarang arus reaktif yang tidak di kenal dari node f.

$$V_f = V_a - Z_b(I_b + I_c + I_d + I_e + I_f + I_g + I_h + jI_q) - Z_d(I_d + I_e + I_f + I_g + I_h + jI_q) - Z_f(I_f + I_g + I_h + I_q) \dots (3.11).$$

Di mana  $Z_d, Z_e, Z_f$  adalah impedansi cabang ( dari b, d dan f ), ( 1 ) menjadi:

$$V_f = V_a - Z_b J_b - Z_d J_d - Z_f j I_q ( Z_b + Z_d + Z_f ) \dots \dots \dots (3.12).$$

Mewakili jumlah garis vector di dalam (3.12) atas pertolongan yang riil dan imajiner tanpa watt dan menyatakan impedansi tambahan reaktansi dan resistansi.

$$V_i = V_{i,p} + j V_{i,q}$$

$$J_i = J_{i,p} + j J_{i,q}$$

$$Z_i = R_i + j X_i$$

**Penjelasan :**

$$A = R_b J_{b,p} - X_b J_{b,q} + R_d J_{d,p} - R_d J_{d,q} + R_f J_{f,p} - R_f J_{f,q} - X_f J_{f,q} = \sum (R_i J_{i,p} - X_i J_{i,q}) \quad i \in \{B_{a-f}\}$$



$$B = X_b J_{b,p} + R_b J_{b,q} + X_d J_{d,p} + R_d J_{d,q} + X_f J_{f,p} + R_f J_{f,q} = \sum (X_i J_{i,p} + R_i J_{i,q}) \quad i \in \{B_{a-f}\}$$

$$X_{a-f} = X_b + X_d + X_f = \sum X_i \quad i \in \{B_{a-f}\}$$

$$R_{a-f} = R_b + R_d + R_f = \sum R_i \quad i \in \{B_{a-f}\}$$

$i \in (B_{a-f})$  adalah satuan alur cabang yang menghubungkan bus a dan f,

(3.11) akhirnya berubah menjadi:

$$V_f = [ (V_{a,p} - A) + X_{a-f} I_q ] - j [ (B - V_{a,q}) + R_{a-f} I_q ] \dots\dots\dots (3.13).$$

Dari besaran voltase  $V_f$  diberikan sebagai berikut:

$$|V_f|^2 = (V_{a,p} - A)^2 + X_{a-f}^2 I_q^2 + 2(V_{a,p} - A)X_{a-f} I_q + (B - V_{a,q})^2 + R_{a-f}^2 I_q^2 + 2(B - V_{a,q})R_{a-f} I_q \dots (3.14).$$

Di tetapkan nilai  $V_{sp}$  adalah nilai yang di ketahui,  $I_q$  adalah nilai yang di cari sehingga dapat persamaan :

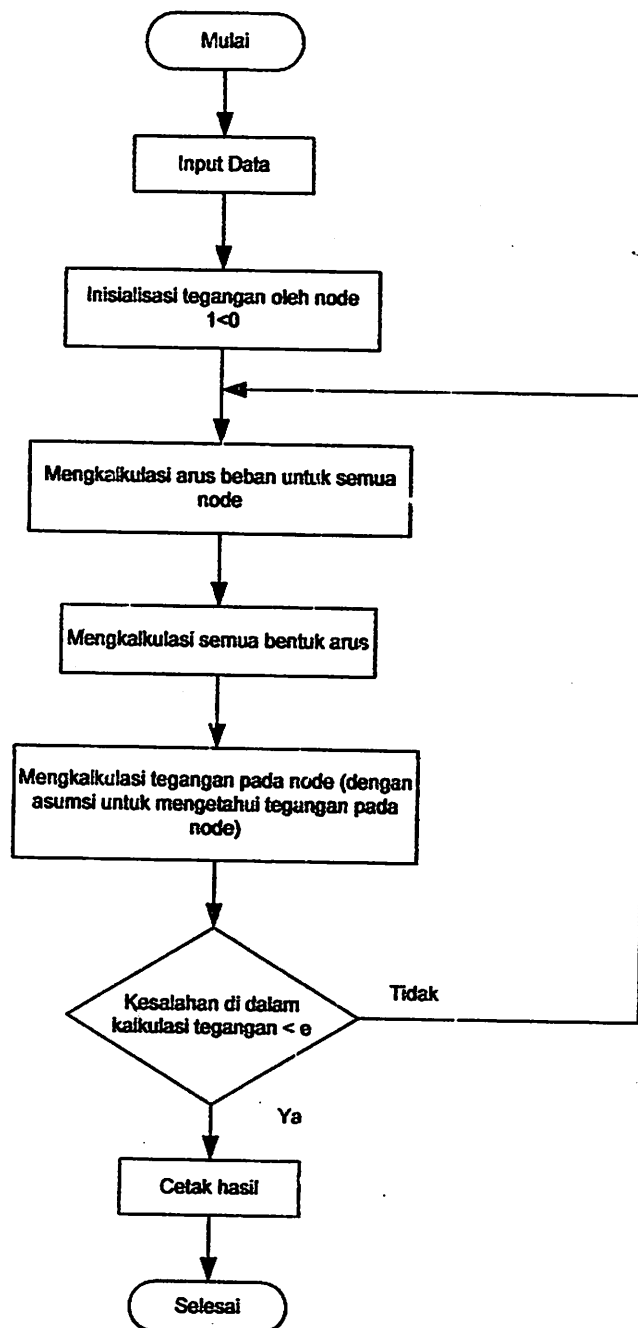
$$I_q = \{ [ -(V_{a,p} - A) + X_{a-f} (B - V_{a,q}) R_{a,q} ] \pm \sqrt{ [ (V_{a,p} - A) X_{a-f} + (B - V_{a,q}) R_{a-f} ]^2 - (R_{a-f}^2 + X_{a-f}^2) [ (V_{a,p} - A)^2 + (B - V_{a,q})^2 - V_{sp}^2 ] } \} / R_{a-f}^2 + X_{a-f}^2 \dots\dots\dots (3.15).$$

**Algoritma Aliran Daya Metode *Forward\_Backward***

1. Memasukkan data nilai  $P_p$ (ditetapkan) dan  $Q_p$ (ditetapkan) yang mengalir kedalam 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. Inisialisasi tegangan bus  $1 < 0$
3. Mengkalkulasi arus beban untuk semua bus.

4. Mengkalkulasi untuk semua bentuk arus.
5. Mengkalkulasi tegangan pada node ( dengan asumsi untuk mengetahui tegangan dalam bentuk node ).
6. Apakah ada kesalahan di dalam mengkalkulasi tegangan <1? jika tidak kembali ke langkah tiga , jika ya lanjutkan ke langkah selanjutnya.
7. Cetak hasil.

### 3.13 Flow Chart Algoritma Aliran Daya Dengan Metode *Forward\_Backward*



Gambar 7

Flow chart Algoritma Aliran Daya dengan Metode *Forward\_backward*

## **3.2 Metode Penempatan Kapasitor**

### **3.2.1 GA ( Genetic Algorithm )<sup>[1]</sup>**

adalah suatu algoritma yang meniru prinsip evolusi alam sebagai metode untuk memecahkan sebuah masalah optimasi. Prinsip yang mendasari algoritma genetika pertama kali dikembangkan oleh John Holland pada awal tahun 1970. Teori algoritma genetika didasari oleh teori Darwin. Landasan algoritma genetika terinspirasi dari mekanisme alam, dimana individu yang lebih kuat memiliki kemungkinan untuk menjadi pemenang dan mempunyai kesempatan hidup yang lebih besar di dalam lingkungan yang kompetitif. *GA* merupakan algoritma yang simpel, sempurna, fleksibel dan mampu menemukan solusi yang optimal. *GA* didasari oleh penciptaan acak dari suatu populasi awal dan siklus dengan tiga langkah yaitu :

- Evaluasi tiap kromosom
- Penyeleksian kromosom untuk reproduksi
- Manipulasi genetik untuk menciptakan populasi baru yang meliputi crossover dan mutasi

#### **Tahap 1. Seleksi**

Pada algoritma genetika terdapat proses seleksi yaitu proses pemilihan kromosom yang akan di-crossover-kan dengan kromosom dari individu lain. Masalah yang paling mendasar pada proses ini adalah bagaimana proses penyeleksiannya. Menurut teori evolusi Darwin proses seleksi individu adalah : “Individu terbaik akan tetap hidup dan menghasilkan keturunan”. Pada proses

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

## **Tahap 2. Elitism**

Selama membuat populasi baru dengan *crossover* dan mutasi, kemungkinan akan terjadi kehilangan kromosom terbaik (*best/few best*). *Elitism* adalah nama metode yang pertama kali mengkopikan kromosom terbaik (*best/few best*) ke dalam populasi baru. Sisanya dikerjakan dengan cara biasa, yaitu melalui seleksi, *crossover* dan mutasi. *Elitism* dapat secara cepat meningkatkan performansi dari algoritma genetika karena *elitism* menghindarkan hilangnya solusi terbaik (*best/few best*) yang telah ditemukan.

## **Tahap 3. Crossover (pindah silang)**

Fungsi dari *crossover* adalah menghasilkan kromosom anak dari kombinasi materi-materi gen dua kromosom induk. Cara kerjanya dengan membangkitkan sebuah nilai random  $r_k$  dimana  $k = 1, 2, \dots, \text{popsize}$ . Probabilitas *crossover* ( $p_c$ ) ditentukan dan digunakan untuk mengendalikan frekwensi *crossover*. Apabila nilai  $r_k < p_c$  maka kromosom ke- $k$  terpilih untuk mengalami *crossover*.

#### Tahap 4. Mutation (mutasi)

Operasi mutasi digunakan untuk memodifikasi satu atau lebih nilai gen dalam satu individu. Cara kerjanya dengan membangkitkan sebuah nilai random  $r_k$  dimana  $k = 1, 2, \dots, n$  VAR ( panjang kromosom ). Probabilitas mutasi ( $p_m$ ) ditentukan dan digunakan untuk mengendalikan frekwensi mutasi. Apabila nilai random  $r_k < p_m$  maka gen ke- $k$  kromosom tersebut terpilih untuk mengalami mutasi. Mutasi dengan menggantikan 0 dengan 1 atau sebaliknya gen 1 ke 0 biasanya disebut dengan proses flip yaitu dengan membalik nilai 0 ke 1 atau 1 ke 0.

Kerugian dari GA adalah proses atau eksekusinya memerlukan waktu yang lama karena disebabkan oleh konsep evolusinya yang berdasarkan pada proses acak yang membuat algoritmanya cukup lambat. Namun metode lain untuk mengurangi waktu pemrosesan salah satunya adalah RCGA ( *Real Coded Genetic Algorithm* ).

#### 3.2.2 RCGA ( Real Coded Genetic Algorithm )

GA ( *Genetic Algorithm* ) memulai mekanisme tentang evolusi dan pemilihan yang alami yang di gunakan sebagai pedoman untuk memecahkan masalah optimisasi dengan fungsi  $f(x)$  sebagai obyek, di mana  $[x_1, x_2, \dots, x_N]$  di mana N sebagai garis vektor parameter.

Gen dan kromosom sebagai dasar dan pedoman dari GA ( *Genetic Algorithm* ). GA yang standart dan konvensional ( SGA ) berfungsi sebagai penyandi parameter ke dalam suatu kode biner. Sementara Gen di dalam SGA merupakan suatu kode biner, dan kromosom merupakan penggabungan antara gen yang mengambil format

Kromosom :

$$[g_1^1 g_2^1 \dots g_{L_1}^1, g_1^2 g_2^2 \dots g_{L_2}^2 \dots \\ g_1^N g_2^N \dots g_{L_N}^N] = [x_1 x_2 \dots x_N] \quad (1)$$

Di mana :

$g_j^i$  = Suatu Gen

$L_j$  = Panjang Kode

Ith = Optimization Parameter

Dan :

$$x_k = [g_1^k g_2^k \dots g_{L_k}^k]. \quad (2)$$

Di dalam RCGA suatu Gen berfungsi sebagai *Optimization Parameters* untuk menentukan nilai dan abject sendiri, kromosom mengambil format

Kromosom :

$$[x_1 x_2 \dots x_N]. \quad (3)$$

*Real Modelling of Capacitor* di dalam menemukan nilai-nilai kapasitor yang optimal, masalah yang harus di pertimbangkan adalah tersedianya kapasitor di pasar industri. Pemasangan kapasitor juga harus memperhitungkan biaya dan juga kontribusi dari pemasangan kapasitor tersebut. Oleh karena modelling kapasitor harus di lakukan dengan menggunakan impedansi yang di tetapkan, daya reaktif dari tiap kapasitor ( $QC$ ) di hitung pada setiap pemakaian beban distribusi yang menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$QC = \frac{V_c^2}{X_c}. \quad (4)$$

Masalah lain yang harus di perhatikan dalam penempatan kapasitor di dalam jaringan distribusi adalah biaya yang harus di keluarkan dalam pemasangan kapasitor tersebut. Oleh karena itu, biaya dari pembelian, pemasangan dan pemeliharaan kapasitor bisa di hitung dengan menggunakan rumus koefisien untuk pergantian modal, sebagai berikut:

$$A_c = C_c \left[ \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]. \quad (5)$$

### 3.3 Algoritma Program<sup>[1]</sup>

#### 3.3.1 Algoritma Pemecahan Masalah

##### Algoritma Penyelesaian Masalah

Algoritma Program Penyelesaian Masalah pemasangan kapasitor dengan metode RCGA ( *Real Coded Genetic Algorithm* )

1. Masukan data: dalam langkah ini data jaringan dan parameter harus di masukkan.
2. Menentukan perbedaan arus beban tiga fasa yang seimbang maupun yang tidak seimbang
3. Menentukan populasi secara acak.
4. Melakukan tiga-tahap pengisian kromosom di dalam kapasitor dan arus beban tiga fasa.
5. Menentukan rugi-rugi Daya pada system, dapat menggunakan rumus-rumus sebagai berikut:

$$AEL = \sum_{i=1}^{NLL} \left[ \left( \frac{\text{power lossin}}{\text{load level } i} \right) \cdot \left( \frac{\text{time percentage of}}{\text{year for load level } i} \right) \cdot 365 \cdot 24 \right] \quad (6)$$

$$ADEL = \frac{AEL}{365} \quad (7)$$

$$ANB = \left[ \left( \frac{AEL \text{ with}}{\text{capacitors}} \right) - \left( \frac{AEL \text{ without}}{\text{capacitors}} \right) \right] \cdot (\text{cost of every kWh}) - \left( \frac{\text{The annual cost}}{\text{of capacitors}} \right) \quad (8)$$

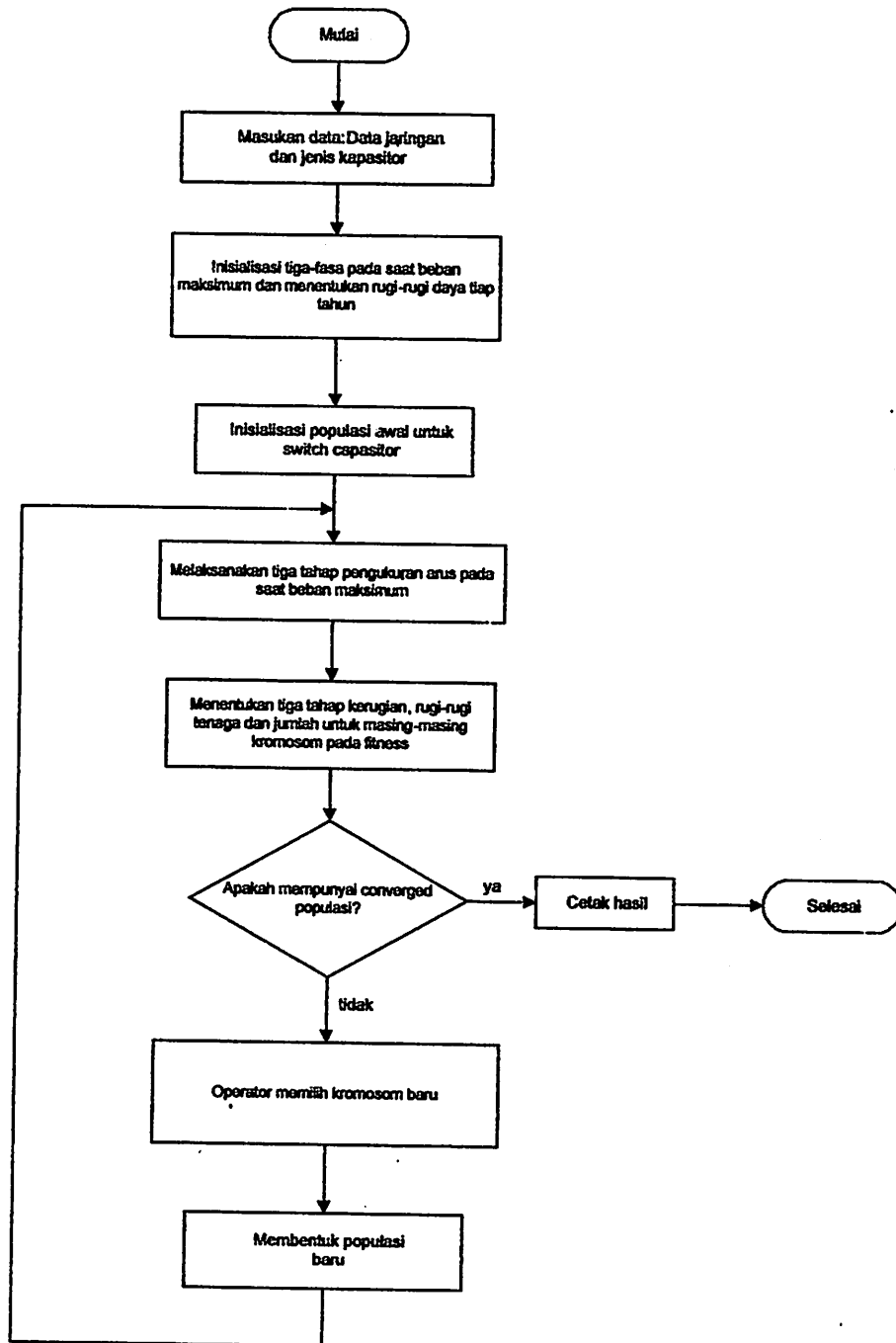
Di mana:

- a. *AEL* = *Annual Energy Losses* ( Rugi energi tahunan )
- b. *ADEL* = *Average Daily Energy Losses* ( Rugi energi rata-rata per-hari )
- c. *ANB* = *Annual Net Benefit* ( Keuntungan tiap tahun )



6. Untuk mengetahui *Population Convergence*: apabila sudah di tentukan langsung pada langkah 11, jika belum langsung pada langkah 7.
7. Menentukan kromosom baru yang di dasarkan pada mekanisme pemilihan.
8. Dalam langkah ini operator melakukan pengalihan populasi baru pada langkah sebelumnya ke langkah selanjutnya.
9. Mengulangi langkah 8 sampai mendapatkan populasi baru.
10. Setelah melakukan langkah 7-9, di lanjutkan pada langkah selanjutnya untuk mendapatkan populasi baru.
11. Penggunaan kromosom pada langkah 6 dapat di simpulkan bahwa dengan pemasangan kapasitor dapat mengendalikan dan mengetahui rugi-rugi tegangan secara nyata.

### 3.32 Flowcart Algoritma Program dengan Metode RCGA



Gambar 8  
Flowcart Algoritma Program dengan Metode RCGA

## BAB IV

### ANALISA KAPASITAS DAN PENEMPATAN KAPASITOR PADA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20 KV PENYULANG TUMPANG, MALANG

#### 4.1 Analisis Penempatan Kapasitor Dengan RCGA ( *Real Coded Genetic Algorithm* )

Pilihan suatu metode solusi untuk aplikasi praktis sering sulit, pilihan itu memerlukan analisis yang cermat atas kelebihan-kelebihan dan kekurangan-kekurangan pada banyak metode yang tersedia. Untuk solusi dari permasalahan-permasalahan diatas maka digunakan suatu alternative yaitu metode *RCGA ( Real Coded Genetic Algorithm )* yang menyediakan cara yang lebih baik dalam menganalisis penempatan kapasitor.

Pada skripsi ini jaringan yang dibahas adalah jaringan distribusi primer 20 kV dengan mengambil data dari penyulang Tumpang GI PAKIS, Malang. Pada penyulang Tumpang ini terdapat 129 *node* yang terpasang sepanjang saluran. Panjang saluran penyulang ini beserta saluran-salurannya adalah  $\pm 125,1165$  km. Untuk *single line digram* dari penyulang Tumpang ini dapat dilihat pada gambar 4-1 dan dapat diketahui bahwa penyulang ini menggunakan jaringan distribusi type radial.

Dalam menganalisa 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 tersedianya jumlah memori yang tersedia pada komputer yang digunakan.

## 4.2. Data Perhitungan

Perhitungan aliran daya ini mengambil data dari GI Pakis Malang yang melayani 5 (lima) buah penyulang dengan 1 (satu) buah trafo yang berkapasitas 150/20 kV-30 MVA. Namun pada skripsi ini hanya menganalisa satu penyulang saja, yaitu pada penyulang Tumpang.

Sistem distribusi radial GI Pakis memakai tegangan distribusi 20 kV. Untuk menyelesaikan perhitungan aliran daya terlebih dahulu ditetapkan *single line diagram* yang akan dianalisa. Agar perhitungan lebih mudah maka digunakan system per-unit (pu), dimana dasar yang digunakan :

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

Selanjutnya node-node yang ada diklasifikasikan, yaitu Busbar GI Pakis diasumsikan sebagai slack bus, sedangkan node-node yang lain sepanjang saluran radial dipandang sebagai load bus. Dalam hal ini tidak ada bus generator karena sepanjang saluran tidak terdapat pembangkitan.

### 4.2.1. Data Saluran

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

**Tabel 4-1**  
**Spesifikasi Saluran**

Jenis Konduktor	Penampang Nominal (mm) <sup>2</sup>	Impedansi Saluran ( $\Omega$ /km)	GMR (mm)	Kuat Hantar Arus (A)
AAAC	150	0,2162+ j 0.3305	5,2365	425

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

**Tabel 4-2**  
**Data Saluran Penyulang Tumpang**

Dari Bus	Ke Bus	Jenis Kabel	Jarak (km)	R(ohm)	X(ohm)
1	2	AAAC 150	1,80414	0,39006	0,59627
2	3	AAAC 150	0,82665	0,17872	0,27321
2	4	AAAC 150	0,65357	0,1413	0,216
4	5	AAAC 150	0,32118	0,06944	0,10615
5	6	AAAC 150	0,45644	0,09868	0,15085
5	7	AAAC 150	0,61128	0,13216	0,20203
7	8	AAAC 150	0,35097	0,07588	0,11600
8	9	AAAC 150	0,66696	0,14420	0,22043
9	10	AAAC 150	0,41766	0,09030	0,13804
9	11	AAAC 150	0,91795	0,19846	0,30338
11	12	AAAC 150	0,04103	0,00887	0,01356
11	13	AAAC 150	0,41039	0,08873	0,13563
8	14	AAAC 150	0,1754	0,03792	0,05797
14	15	AAAC 150	0,19514	0,04219	0,06449
15	16	AAAC 150	1,10235	0,23833	0,36433
15	17	AAAC 150	0,62622	0,13539	0,20697
17	18	AAAC 150	1,24697	0,26959	0,41212
18	19	AAAC 150	1,05759	0,22865	0,34953
17	20	AAAC 150	1,12091	0,24234	0,37046
20	21	AAAC 150	1,63111	0,35265	0,53908
21	22	AAAC 150	0,38403	0,08303	0,12692
22	23	AAAC 150	0,10687	0,02311	0,03532
23	24	AAAC 150	0,14463	0,03127	0,04780

24	25	AAAC 150	0,21983	0,04753	0,07265
25	26	AAAC 150	0,21553	0,04660	0,07123
25	27	AAAC 150	0,05738	0,01241	0,01896
27	28	AAAC 150	0,09667	0,02090	0,03195
28	29	AAAC 150	0,1432	0,03096	0,04733
29	30	AAAC 150	0,7055	0,15253	0,23317
28	31	AAAC 150	0,09171	0,01983	0,03031
31	32	AAAC 150	5,81678	1,25759	1,92245
31	33	AAAC 150	0,13107	0,02834	0,04332
33	34	AAAC 150	0,28721	0,06209	0,09492
34	35	AAAC 150	1,40329	0,30339	0,46379
35	36	AAAC 150	0,20561	0,04445	0,06795
35	37	AAAC 150	0,6874	0,14862	0,22719
34	38	AAAC 150	0,44708	0,09666	0,14776
38	39	AAAC 150	0,45447	0,09826	0,15020
22	40	AAAC 150	0,3683	0,07963	0,12172
40	41	AAAC 150	0,37527	0,08113	0,12403
41	42	AAAC 150	0,07926	0,01714	0,02620
42	43	AAAC 150	1,36049	0,29414	0,44964
43	44	AAAC 150	1,0827	0,23408	0,35783
44	45	AAAC 150	0,09054	0,01957	0,02992
45	46	AAAC 150	0,13481	0,02915	0,04455
45	47	AAAC 150	0,31916	0,06900	0,10548
47	48	AAAC 150	0,07734	0,01672	0,02556
48	49	AAAC 150	1,98504	0,42917	0,65606
49	50	AAAC 150	0,8712	0,18835	0,28793
50	51	AAAC 150	1,02611	0,22184	0,33913
48	52	AAAC 150	2,27173	0,49115	0,75081
52	53	AAAC 150	0,26156	0,05655	0,08645
53	54	AAAC 150	0,07325	0,01584	0,02421
53	55	AAAC 150	1,88792	0,40817	0,62396
55	56	AAAC 150	1,6756	0,36226	0,55379
55	57	AAAC 150	0,48563	0,10499	0,16050
57	58	AAAC 150	2,1451	0,46377	0,70896
52	59	AAAC 150	0,49853	0,10778	0,16476
59	60	AAAC 150	0,25835	0,05586	0,08538
60	61	AAAC 150	1,62653	0,35166	0,53757
60	62	AAAC 150	0,85873	0,18566	0,28381
62	63	AAAC 150	1,04437	0,22579	0,34516
62	64	AAAC 150	0,2175	0,04702	0,07188

64	65	AAAC 150	0,30139	0,06516	0,09961
64	66	AAAC 150	1,20862	0,26130	0,39945
66	67	AAAC 150	0,21159	0,04575	0,06993
42	68	AAAC 150	0,42204	0,09125	0,13948
68	69	AAAC 150	0,46147	0,09977	0,15252
69	70	AAAC 150	0,59644	0,12895	0,19712
69	71	AAAC 150	0,14444	0,03123	0,04774
71	72	AAAC 150	0,36326	0,07854	0,12006
72	73	AAAC 150	0,06005	0,01298	0,01985
73	74	AAAC 150	1,2255	0,26495	0,40503
74	75	AAAC 150	0,54189	0,11716	0,17909
75	76	AAAC 150	0,53488	0,11564	0,17678
76	77	AAAC 150	0,04909	0,01061	0,01622
77	78	AAAC 150	0,56593	0,12235	0,18704
78	79	AAAC 150	0,90865	0,19645	0,30031
79	80	AAAC 150	0,40073	0,08664	0,13244
79	81	AAAC 150	0,06005	0,01298	0,01985
77	82	AAAC 150	0,21926	0,04740	0,07247
82	83	AAAC 150	0,50759	0,10974	0,16776
83	84	AAAC 150	0,96079	0,20772	0,31754
84	85	AAAC 150	0,5969	0,12905	0,19728
84	86	AAAC 150	1,22914	0,26574	0,40623
86	87	AAAC 150	0,25168	0,05441	0,08318
87	88	AAAC 150	1,93151	0,41759	0,63836
88	89	AAAC 150	0,02097	0,00453	0,00693
89	90	AAAC 150	0,99091	0,21423	0,32750
90	91	AAAC 150	1,41627	0,30620	0,46808
89	92	AAAC 150	0,64097	0,13858	0,21184
92	93	AAAC 150	0,21263	0,04597	0,07027
92	94	AAAC 150	0,38759	0,08380	0,12810
94	95	AAAC 150	0,37838	0,08181	0,12505
77	96	AAAC 150	0,91237	0,19725	0,30154
96	97	AAAC 150	1,10752	0,23945	0,36604
97	98	AAAC 150	1,15876	0,25052	0,38297
97	99	AAAC 150	2,1284	0,46016	0,70344
99	100	AAAC 150	2,04255	0,44160	0,67506
100	101	AAAC 150	1,19628	0,25864	0,39537
101	102	AAAC 150	3,20652	0,69325	1,05975
76	103	AAAC 150	1,35951	0,29393	0,44932
103	104	AAAC 150	0,18837	0,04073	0,06226

104	105	AAAC 150	0,24406	0,05277	0,08066
105	106	AAAC 150	2,54212	0,54961	0,84017
106	107	AAAC 150	0,48657	0,10520	0,16081
107	108	AAAC 150	0,25466	0,05506	0,08417
107	109	AAAC 150	2,00062	0,43253	0,66120
109	110	AAAC 150	1,2041	0,26033	0,39796
104	111	AAAC 150	0,74333	0,16071	0,24567
111	112	AAAC 150	0,88399	0,19112	0,29216
112	113	AAAC 150	0,71388	0,15434	0,23594
113	114	AAAC 150	1,58924	0,34359	0,52524
114	115	AAAC 150	1,10974	0,23993	0,36677
115	116	AAAC 150	1,79788	0,38870	0,59420
116	117	AAAC 150	1,08765	0,23515	0,35947
117	118	AAAC 150	0,43158	0,09331	0,14264
118	119	AAAC 150	3,89207	0,84147	1,28633
118	120	AAAC 150	1,48563	0,32119	0,49100
120	121	AAAC 150	2,2495	0,48634	0,74346
112	122	AAAC 150	1,07319	0,23202	0,35469
122	123	AAAC 150	1,40817	0,30445	0,46540
123	124	AAAC 150	1,90856	0,41263	0,63078
124	125	AAAC 150	8,22295	1,77780	2,71768
125	126	AAAC 150	0,79359	0,17157	0,26228
126	127	AAAC 150	3,11916	0,67436	1,03088
127	128	AAAC 150	6,68201	1,44465	2,20840
128	129	AAAC 150	0,78414	0,16953	0,25916

#### 4.2.2. Data Pembebanan

Data pembebanan diperoleh dengan mengambil data dari masing-masing trafo distribusi, dimana besarnya beban pada masing-masing fasa diasumsikan seimbang. Jika besarnya pembebanan adalah nol, maka pada node tidak terdapat trafo distribusi tetapi hanya merupakan simpul. Pada tahap ini rugi-rugi yang terjadi pada trafo distribusi diabaikan, adapun data-data pembebanan seperti pada tabel 4-3.



**Tabel 4-3**  
**Data Pembebanan Penyulang Tumpang**

No. Bus	No. Gardu	Beban (kVA)	P. (kW)	Q. (KVAR)	Type Node
1		0	0	0	slack
2		0	0	0	load
3	86	45.68	38.828	24.06343	load
4	43	97.9	83.215	51.57203	load
5	-	0	0	0	load
6	42	93.53	79.5005	49.26998	load
7	41	56.5	48.025	29.76322	load
8	-	0	0	0	load
9	-	0	0	0	load
10	72	47.74	40.579	25.14861	load
11	-	0	0	0	load
12	68	85.89	73.0065	45.24537	load
13	115	22.46	19.091	11.83154	load
14	56	89.15	75.7775	46.96268	load
15	-	0	0	0	load
16	64	64.02	54.417	33.72463	load
17	-	0	0	0	load
18	55	71.28	60.588	37.54907	load
19	65	103.25	87.7625	54.39031	load
20	10	108.86	92.531	57.34556	load
21	152	85.54	72.709	45.06099	load
22	-	0	0	0	load
23	2	99.9	84.915	52.62559	load
24	45	120.51	102.4335	63.48258	load
25	-	0	0	0	load
26	141	48.4	41.14	25.49628	load
27	1	62.64	53.244	32.99767	load
28	-	0	0	0	load
29	61	118.92	101.082	62.645	load
30	16	103.92	88.332	54.74326	load
31	-	0	0	0	load
32	93	64.56	54.876	34.00909	load
33	46	147.49	125.3665	77.69518	load
34	-	0	0	0	load
35	-	0	0	0	load
36	36	47.95	40.7575	25.25923	load
37	37	62.87	53.4395	33.11883	load
38	149	107.88	91.698	56.82932	load
39	3	150.9	128.265	79.49151	load
40	147	95.68	81.328	50.40257	load

41	17	102.13	86.8105	53.80032	load
42	-	0	0	0	load
43	39	87.82	74.647	46.26206	load
44	38	133.15	113.1775	70.14111	load
45	-	0	0	0	load
46	40	73.04	62.084	38.47621	load
47	160	36.8	31.28	19.3856	load
48	-	0	0	0	load
49	57	91.15	77.4775	48.01624	load
50	73	56.94	48.399	29.99501	load
51	91	146.2	124.27	77.01563	load
52	-	0	0	0	load
53	-	0	0	0	load
54	50	101.01	85.8585	53.21032	load
55	-	0	0	0	load
56	79	60.48	51.408	31.85982	load
57	78	61.11	51.9435	32.19169	load
58	63	89.6	76.16	47.19973	load
59	49	89.45	76.0325	47.12071	load
60	-	0	0	0	load
61	77	30.74	26.129	16.1933	load
62	-	0	0	0	load
63	116	20.83	17.7055	10.97288	load
64	-	0	0	0	load
65	51	58.22	49.487	30.66929	load
66	140	86.32	73.372	45.47188	load
67	58	137.7	117.045	72.53798	load
68	60	38.18	32.453	20.11256	load
69	-	0	0	0	load
70	161	33.87	28.7895	17.84213	load
71	47	37.28	31.688	19.63846	load
72	20	67.8	57.63	35.71587	load
73	167	80.01	68.0085	42.14788	load
74	70	80.09	68.0765	42.19003	load
75	21	105.12	89.352	55.3754	load
76	-	0	0	0	load
77	-	0	0	0	load
78	24	100.33	85.2805	52.85211	load
79	-	0	0	0	load
80	53	38.85	33.0225	20.46551	load
81	52	44.9	38.165	23.65254	load
82	22	112.44	95.574	59.23145	load
83	54	106.59	90.6015	56.14977	load
84	-	0	0	0	load
85	111	30.6	26.01	16.11955	load

86	74	94.89	80.6565	49.98641	load
87	160	108.34	92.089	57.07164	load
88	75	51.05	43.3925	26.89226	load
89	-	0	0	0	load
90	103	44.1	37.485	23.23112	load
91	104	43.46	36.941	22.89398	load
92	-	0	0	0	load
93	98	65.63	55.7855	34.57275	load
94	170	25.88	21.998	13.63314	load
95	99	59.84	50.864	31.52268	load
96	107	54.15	46.0275	28.52528	load
97	-	0	0	0	load
98	101	86.31	73.3635	45.46661	load
99	100	42.95	36.5075	22.62532	load
100	135	35.92	30.532	18.92203	load
101	165	7.05	5.9925	3.71382	load
102	164	6.13	5.2105	3.22918	load
103	23	106.79	90.7715	56.25512	load
104	-	0	0	0	load
105	168	70.07	59.5595	36.91166	load
106	24	57.66	49.011	30.37429	load
107	-	0	0	0	load
108	25	92.86	78.931	48.91704	load
109	85	129.15	109.7775	68.03398	load
110	122	33.12	28.152	17.44704	load
111	26	25.06	21.301	13.20117	load
112	-	0	0	0	load
113	108	27.87	23.6895	14.68143	load
114	27	79.79	67.8215	42.03199	load
115	28	56.13	47.7105	29.56831	load
116	29	66.28	56.338	34.91516	load
117	30	57.81	49.1385	30.45331	load
118	-	0	0	0	load
119	139	34.63	29.4355	18.24248	load
120	83	50.88	43.248	26.8027	load
121	84	64.99	55.2415	34.23561	load
122	112	59.16	50.286	31.6446	load
123	113	22.08	18.768	11.63136	load
124	114	38.25	32.5125	20.14944	load
125	154	4.38	3.723	2.30731	load
126	155	19.87	16.8895	10.46717	load
127	156	33.17	28.1945	17.47338	load
128	157	16.01	13.6085	8.43379	load
129	158	17.68	14.994	9.29245	load





90	17.60	10.44	8.51	5.05	13.43	7.97	93.00	45.00	71.00
91	24.03	14.26	5.68	3.37	10.41	6.17	127.00	30.00	55.00
92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
93	19.87	11.79	13.24	7.86	26.30	15.60	105.00	70.00	139.00
94	9.84	5.84	4.16	2.47	9.65	5.73	52.00	22.00	51.00
95	12.87	7.63	14.95	8.87	23.65	14.03	68.00	79.00	125.00
96	18.92	11.23	12.87	7.63	14.57	8.64	100.00	68.00	77.00
97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
98	30.08	17.85	23.46	13.92	24.22	14.37	159.00	124.00	128.00
99	13.05	7.75	10.78	6.40	13.43	7.97	69.00	57.00	71.00
100	7.57	4.49	9.84	5.84	13.62	8.08	40.00	52.00	72.00
101	1.89	1.12	2.08	1.23	2.27	1.35	10.00	11.00	12.00
102	1.51	0.90	1.51	0.90	2.08	1.23	8.00	8.00	11.00
103	28.57	16.95	31.41	18.64	34.43	20.43	151.00	166.00	182.00
104	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
105	17.03	10.10	19.49	11.56	21.38	12.69	90.00	103.00	113.00
106	17.78	10.55	16.46	9.77	17.22	10.22	94.00	87.00	91.00
107	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
108	20.06	11.90	37.65	22.34	25.16	14.93	106.00	199.00	133.00
109	37.27	22.12	38.03	22.57	33.30	19.76	197.00	201.00	176.00
110	12.11	7.18	6.05	3.59	9.08	5.39	64.00	32.00	48.00
111	7.38	4.38	6.43	3.82	5.87	3.48	39.00	34.00	31.00
112	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
113	6.05	3.59	7.57	4.49	11.73	6.96	32.00	40.00	62.00
114	21.38	12.69	14.57	8.64	25.92	15.38	113.00	77.00	137.00
115	22.89	13.58	23.08	13.70	0.00	0.00	121.00	122.00	0.00
116	20.43	12.12	13.81	8.20	21.00	12.46	108.00	73.00	111.00
117	30.84	18.30	15.70	9.32	0.00	0.00	163.00	83.00	0.00
118	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
119	13.62	8.08	14.00	8.31	1.89	1.12	72.00	74.00	10.00
120	14.19	8.42	15.70	9.32	15.51	9.21	75.00	83.00	82.00
121	22.14	13.13	14.95	8.87	21.19	12.57	117.00	79.00	112.00
122	17.22	10.22	17.41	10.33	17.03	10.10	91.00	92.00	90.00
123	4.92	2.92	5.87	3.48	7.38	4.38	26.00	31.00	39.00
124	11.16	6.62	5.68	3.37	15.33	9.09	59.00	30.00	81.00
125	2.27	1.35	1.14	0.67	0.38	0.22	12.00	6.00	2.00
126	5.49	3.26	7.19	4.27	4.73	2.81	29.00	38.00	25.00
127	9.84	5.84	9.08	5.39	9.46	5.61	52.00	48.00	50.00
128	4.73	2.81	4.73	2.81	4.54	2.69	25.00	25.00	24.00
129	15.0280	9.3135	7.8986	4.8951	12.7738	7.9165	6.851	5.304	5.575

### 4.3. Data Kapasitas kapasitor dan Harga (*Cost/ kVAR*).

Tabel 4-5 berikut menunjukkan harga dari kapasitor/kvar dimana data yang tersedia disesuaikan dengan data harga yang ada di jurnal.

**Tabel 4-4**  
**Harga Kapasitor**

Type	cost(\$/kvar)
Fixed	1.0
Switched	1.3

### 4.4. Analisa Perhitungan

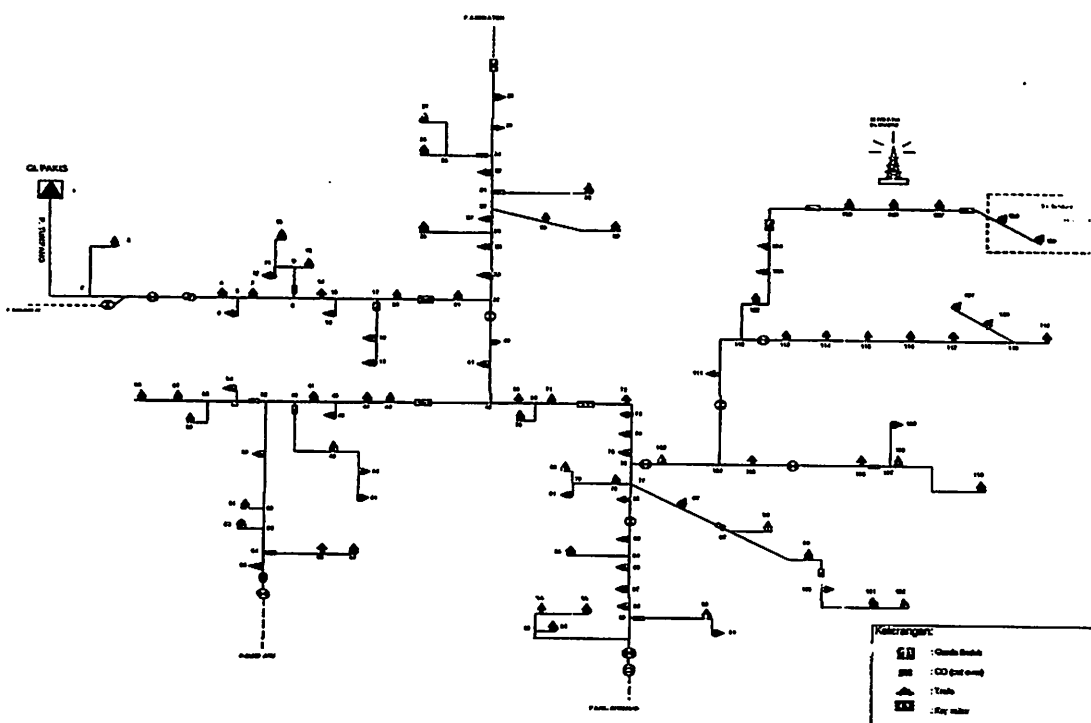
Perhitungan penempatan kapasitor diawali dengan melakukan studi aliran daya dengan menggunakan *metode Forward\_Backward*. Studi aliran daya dilakukan untuk mengetahui harga tegangan dan sudut fasa tiap-tiap bus, arus yang mengalir pada saluran, dan aliran daya tiap saluran. Setelah studi aliran daya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

Untuk memudahkan perhitungan dan analisa pada sistem tenaga, biasanya dipakai harga-harga dalam persatuan. Harga persatuan adalah harga yang sebenarnya dibagi dengan harga dasar, 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 diambil harga faktor daya diasumsikan 0,85.

Perhitungan diawali dengan menampilkan single line diagram dari penyulang yang mewakili keadaan sistem yang sesungguhnya. Dari gambar 4-1 diperlihatkan

single line diagram dari penyulang Tumpang. Pada penyulang ini jumlah bus dan saluran masing-masing adalah :

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



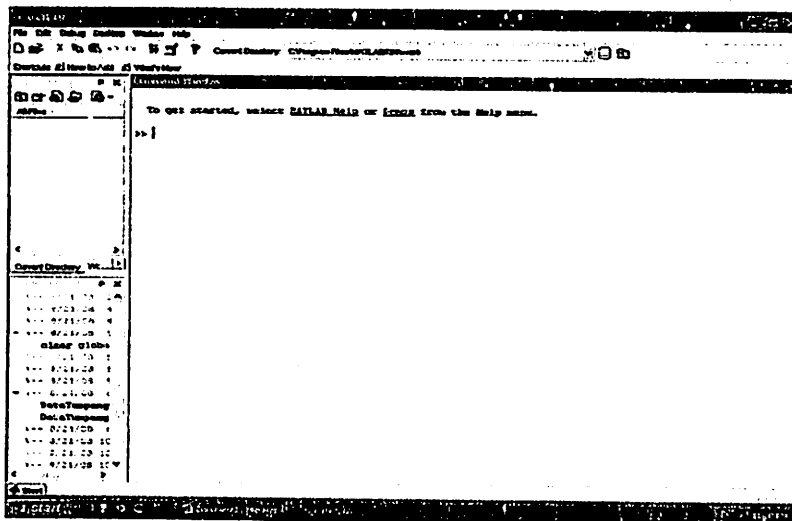
**GAMBAR 4-12 SINGLE LINE DIAGRAM PENYULANG TUMPANG  
SEBELUM PENEMPATAN KAPASITOR**

#### 4.3. Prodesur Pelaksanaan Program Perhitungan.

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



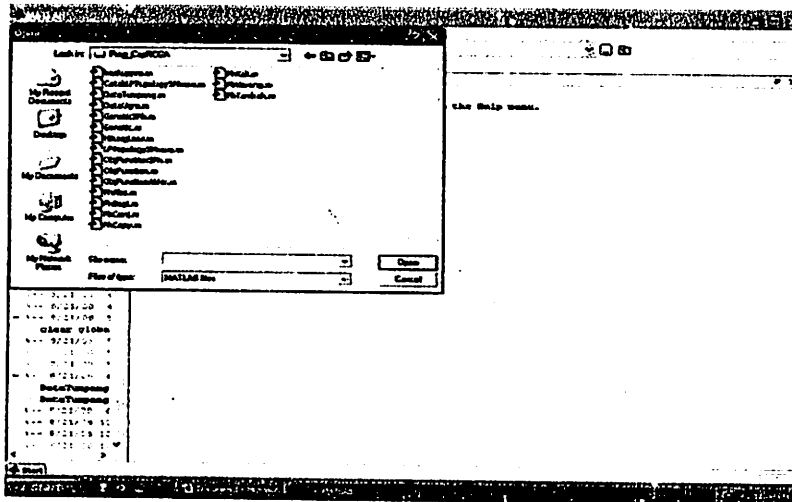
## 1. Tampilan Utama Program MATLAB 7.0.4



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

Pada gambar 4-2 merupakan tampilan utama program simulasi matlab 7.0.4 sebelum menjalankan program yang mana terlebih dahulu telah dimasukkan data-data yang dibutuhkan yaitu data pembebanan, data saluran,

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



**GAMBAR 4-3 TAMPILAN INPUTAN DATA**

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

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

Saluran	From to	P	R	O	P	S	O	P	O
1	2	44.27640	19.18129	20.77007	14.81470	37.06293	11.93853		
2	3	0.00114	0.00082	0.00105	0.00048	0.00293	0.00044		
2	4	0.00114	0.00052	0.00105	0.00048	0.00293	0.00044		
4	5	7.36821	2.40443	6.50616	1.67825	4.32423	3.21118		
5	6	0.00254	0.00112	0.00172	0.00074	0.00212	0.00020		
5	7	0.00254	0.00112	0.00172	0.00074	0.00212	0.00020		
7	8	7.05714	2.49024	9.07915	2.79800	6.43241	2.00742		
8	9	2.00640	0.00178	0.00040	0.00154	0.00242	0.00134		
9	10	0.00040	0.00078	0.00020	0.00038	0.00038	0.00038		
10	10	0.00022	0.00020	0.00020	0.00020	0.00020	0.00020		
9	11	0.00012	0.00009	0.00020	0.00014	0.00019	0.00019		
11	12	0.00014	0.00006	0.00018	0.00007	0.00012	0.00015		
11	13	0.00014	0.00006	0.00018	0.00007	0.00012	0.00015		
10	15	4.07823	1.37129	4.67721	1.42944	3.41545	1.07110		
15	16	0.00101	0.00123	0.00123	0.00171	0.00063	0.00249		
15	17	0.00001	0.00023	0.00023	0.00049	0.00049	0.00101		
17	18	0.00123	0.00021	0.01374	0.00029	0.01194	0.00772		
17	20	0.02123	0.00012	0.01374	0.00029	0.01194	0.00772		
18	19	0.00713	0.00023	0.00429	0.00180	0.00597	0.10211		
20	21	20.48079	9.74086	15.40429	10.71157	15.53813	7.98241		
21	22	4.37014	2.11326	0.12113	2.44232	5.81824	1.79820		
22	23	0.00424	0.00021	0.10174	0.00020	0.07167	0.02404		
23	24	0.00424	0.00021	0.10174	0.00020	0.07167	0.02404		
23	24	0.10423	0.01123	0.21203	0.07167	0.00060	0.02704		
24	25	0.10780	0.01023	0.19640	0.00649	0.00027	0.00087		
25	26	0.00028	0.00020	0.00010	0.00010	0.00023	0.00000		
26	27	0.00028	0.00020	0.00010	0.00010	0.00023	0.00000		

**GAMBAR 4-4 TAMPILAN INPUTAN DATA PEMBEBANAN**

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

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

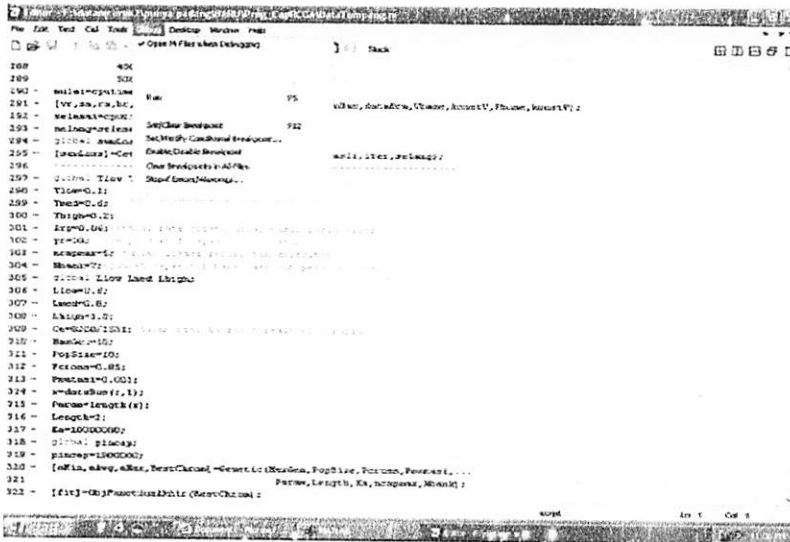
The screenshot shows a MATLAB Command Window with a table of channel data. The table is titled 'Saluran from to' and contains the following data:

Saluran from to	P	R	Q	S	G	F	T	G
1 2	41.27460	14.19150	20.17937	15.81428	17.06243	11.93843		
2 3	0.00114	0.00052	0.00105	0.00048	0.00095	0.00044		
2 4	0.00114	0.00052	0.00105	0.00048	0.00095	0.00044		
4 5	7.16851	1.80543	8.39816	1.47955	6.73423	2.82149		
5 6	0.00254	0.00112	0.00172	0.00074	0.00212	0.00097		
5 7	0.00254	0.00112	0.00172	0.00074	0.00212	0.00097		
7 8	7.89216	2.49024	9.01915	2.79600	6.61241	2.09542		
8 9	0.00449	0.00278	0.00460	0.00155	0.00542	0.00214		
9 10	0.00449	0.00278	0.00460	0.00155	0.00542	0.00214		
9 11	0.00449	0.00278	0.00460	0.00155	0.00542	0.00214		
11 12	0.00014	0.00006	0.00018	0.00007	0.00012	0.00005		
11 13	0.00014	0.00006	0.00018	0.00007	0.00012	0.00005		
14 15	4.07819	1.27139	4.67712	1.42914	3.41546	1.07010		
15 16	0.00301	0.00123	0.00171	0.00069	0.00249	0.00102		
15 17	0.00301	0.00123	0.00171	0.00069	0.00249	0.00102		
17 18	0.00351	0.00121	0.00174	0.00059	0.00239	0.00102		
17 20	0.00351	0.00121	0.00174	0.00059	0.00239	0.00102		
18 19	0.00718	0.00261	0.00459	0.00189	0.00591	0.00215		
20 21	30.49079	9.36084	35.46650	10.71157	25.33613	7.99341		
21 22	4.97016	2.13394	6.13219	2.44992	5.83624	1.75130		
22 23	0.00426	0.00123	0.00174	0.00038	0.00214	0.00080		
22 30	0.00426	0.00123	0.00174	0.00038	0.00214	0.00080		
23 24	0.00455	0.00143	0.00203	0.00049	0.00240	0.00087		
24 25	0.00709	0.00205	0.00340	0.00140	0.00423	0.00157		
25 26	0.00218	0.00029	0.00030	0.00010	0.00023	0.00008		
30 31	0.00014	0.00006	0.00018	0.00007	0.00012	0.00005		

**GAMBAR 4-5 TAMPILAN INPUTAN DATA SALURAN**

Pada gambar 4-5 terlihat tampilan inputan data saluran yang mana jaringan distribusi Penyulang Tumpang menggunakan kabel saluran udara dengan jenis konduktor yang digunakan adalah AAAC (*all-aluminium-alloy conductors*) berpenampang nominal  $150 \text{ mm}^2$  dengan impedansi saluran  $0.2162 + j0.3305 \Omega/\text{km}$ ,

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



GAMBAR 4-6 TAMPILAN UNTUK MENJALANKAN PROGRAM

Pada gambar 4-6 adalah tampilan untuk menjalankan program matlab 7.0.4. Pilih file dengan nama *debug* kemudian klik, setelah itu muncul seperti yang terlihat pada tampilan kemudian pilih *run* dan klik untuk menjalankan program matlab 7.0.4. setelah itu lanjut ke langkah berikutnya.

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

Hasil Perhitungan Aliran Daya 3 Fasa  
dengan Metode Topology

Jumlah Bus = 129  
Jumlah Busbar = 120  
Jumlah Itiran = 8  
Waktu Hitung = 3.7344 detik

Tegangan Bus

No	u		φ		T	
	u <sub>uV</sub>	u <sub>sdV</sub>	u <sub>uV</sub>	u <sub>sdV</sub>	u <sub>uV</sub>	u <sub>sdV</sub>
1	1.00000	0.00000	1.00000	120.00000	1.00000	240.00000
2	0.98843	-0.91394	0.96784	119.62371	0.98879	239.10040
3	0.98869	-0.91524	0.96790	119.62135	0.98874	239.09742
4	0.98841	-1.24401	0.98152	119.44054	0.98862	239.77217
5	0.98266	-1.40714	0.98144	118.49391	0.98291	238.61244
6	0.98263	-1.41074	0.98141	118.49255	0.98287	238.60891
7	0.97955	-1.71299	0.97750	118.14624	0.97923	238.31051
8	0.97899	-1.96823	0.97838	117.96608	0.97721	237.13814
9	0.97691	-1.86505	0.97530	117.97183	0.97723	238.13070
10	0.97689	-1.86470	0.97528	117.97031	0.97722	238.12948
11	0.97482	-1.90352	0.97321	117.94338	0.97715	238.12905
12	0.97682	-1.90370	0.97320	117.94309	0.97714	238.12878
13	0.97681	-1.90433	0.97320	117.94256	0.97714	238.12825
14	0.97590	-1.97412	0.97431	117.98809	0.97452	238.05340
15	0.97489	-2.04029	0.97334	117.78680	0.97513	237.96255
16	0.97482	-2.07444	0.97308	117.78137	0.97517	237.95644
17	0.97142	-2.54007	0.94940	117.44332	0.97101	237.66400
18	0.97122	-2.54021	0.94924	117.44710	0.97102	237.64674
19	0.97134	-2.54034	0.94937	117.44664	0.97104	237.64774

GAMBAR 4-7 TAMPILAN HASIL UNTUK MENGETAHUI TEGANGAN DAN SUDUT FASA TIAP BUS SEBELUM OPTIMASI

Pada gambar 4-7 terlihat tampilan hasil dari tegangan dan sudut fasa tiap bus, juga nilai P, Q dari pembangkitan dan pembebanan sebelum optimasi hasil dari perhitungan aliran daya dengan menggunakan *metode forward\_backward*.

Dari hasil perhitungan ini dapat terlihat jatuh tegangan yang tidak di izinkan yang terdapat pada bus 44-129 dimana tegangan yang di izinkan yaitu  $0.95 \text{ pu s/d}$   $1.05 \text{ pu}$ . Pada table 4-3 diperlihatkan bus-bus yang terdapat jatuh tegangan.

**Tabel 4-5**  
**Tegangan dan Sudut Fasa Tiap Bus Penyulang Tumpang**  
**Sebelum Optimasi**

No bus	R		S		T	
	V (pu)	sudV	V (pu)	sudV	V (pu)	sudV
1	1	0	1	120	1	240
2	0.98863	-0.91194	0.98784	119.0257	0.98879	239.1007
3	0.9886	-0.91526	0.9878	119.0224	0.98876	239.0974
4	0.98481	-1.24481	0.98353	118.6695	0.98482	238.7725
5	0.98266	-1.40714	0.98146	118.4959	0.98281	238.6124
6	0.98263	-1.41076	0.98142	118.4926	0.98287	238.6089
7	0.97904	-1.71299	0.97758	118.168	0.97933	238.3109
8	0.97699	-1.88823	0.97538	117.9801	0.97731	238.1381
9	0.97691	-1.89568	0.9753	117.9718	0.97723	238.1308
10	0.97689	-1.89678	0.97528	117.9705	0.97722	238.1297
11	0.97682	-1.90351	0.97521	117.9634	0.97715	238.1231
12	0.97682	-1.90378	0.9752	117.9631	0.97714	238.1228
13	0.97681	-1.90433	0.9752	117.9626	0.97714	238.1223
14	0.97598	-1.97412	0.97431	117.808	0.97632	238.0535
15	0.97489	-2.06839	0.97314	117.7868	0.97523	237.9606
16	0.97482	-2.07444	0.97308	117.7814	0.97517	237.9547
17	0.97142	-2.36887	0.96943	117.4635	0.97181	237.6643
18	0.97123	-2.38692	0.96926	117.4472	0.97163	237.6467
19	0.97113	-2.39613	0.96917	117.4386	0.97154	237.6378
20	0.96545	-2.89567	0.96302	116.8935	0.96592	237.1448
21	0.95703	-3.66245	0.954	116.0651	0.95761	236.3889
22	0.9551	-3.84225	0.95194	115.8706	0.9557	236.2117
23	0.95498	-3.85352	0.95179	115.8562	0.95558	236.2004
24	0.95484	-3.86756	0.9516	115.8378	0.95544	236.1863
25	0.95464	-3.88642	0.95134	115.8121	0.95524	236.1673
26	0.95463	-3.88728	0.95133	115.8112	0.95523	236.1665
27	0.95459	-3.89112	0.95127	115.8057	0.95519	236.1626
28	0.95451	-3.89867	0.95116	115.7952	0.95511	236.155
29	0.95447	-3.90331	0.95107	115.7864	0.95506	236.1501
30	0.95441	-3.90907	0.951	115.7796	0.955	236.1444
31	0.95447	-3.90286	0.95112	115.7908	0.95507	236.1509
32	0.95409	-3.93943	0.95077	115.7569	0.9547	236.1152
33	0.95442	-3.90802	0.95106	115.7853	0.95502	236.1458
34	0.95433	-3.91598	0.95098	115.7769	0.95493	236.138
35	0.95421	-3.92846	0.95085	115.7643	0.95481	236.1257
36	0.9542	-3.92931	0.95084	115.7635	0.9548	236.1249
37	0.95417	-3.9317	0.95081	115.7607	0.95477	236.1225
38	0.95425	-3.9244	0.95088	115.7678	0.95485	236.1297
39	0.9542	-3.92948	0.95082	115.7618	0.9543	236.1246
40	0.95366	-3.97641	0.95048	115.7329	0.95429	236.08
41	0.95223	-4.11077	0.94902	115.5948	0.95288	235.9482

42	0.95193	-4.13856	0.94872	115.5662	0.95258	235.9209
43	0.95042	-4.28303	0.94715	115.4148	0.9511	235.7789
44	0.94934	-4.38782	0.946	115.3029	0.95003	235.6757
45	0.94925	-4.39572	0.94592	115.2944	0.94994	235.668
46	0.94925	-4.39642	0.94591	115.2937	0.94994	235.6673
47	0.94898	-4.42189	0.94563	115.2664	0.94968	235.6422
48	0.94892	-4.42806	0.94556	115.2598	0.94961	235.6361
49	0.94843	-4.4751	0.94504	115.2086	0.94913	235.5897
50	0.94829	-4.48928	0.94488	115.193	0.94899	235.5758
51	0.94817	-4.50112	0.94474	115.179	0.94887	235.564
52	0.9476	-4.55569	0.9442	115.1259	0.94832	235.5107
53	0.94753	-4.56244	0.94412	115.1188	0.94825	235.504
54	0.94753	-4.56306	0.94412	115.1182	0.94824	235.5034
55	0.94719	-4.59541	0.94377	115.0836	0.94791	235.4716
56	0.94712	-4.60211	0.94368	115.0751	0.94784	235.4649
57	0.94713	-4.60195	0.9437	115.077	0.94785	235.4652
58	0.94694	-4.62003	0.94352	115.059	0.94766	235.4475
59	0.94744	-4.57088	0.94403	115.1099	0.94816	235.4957
60	0.94738	-4.5772	0.94397	115.1035	0.9481	235.4896
61	0.94738	-4.5772	0.94397	115.1035	0.9481	235.4896
62	0.94723	-4.59154	0.94382	115.0885	0.94795	235.4755
63	0.94723	-4.59154	0.94382	115.0885	0.94795	235.4755
64	0.9472	-4.59451	0.94378	115.0854	0.94792	235.4725
65	0.9472	-4.59451	0.94378	115.0854	0.94792	235.4725
66	0.94706	-4.60869	0.94364	115.0708	0.94778	235.4586
67	0.94704	-4.61009	0.94362	115.0693	0.94776	235.4572
68	0.95083	-4.24195	0.9476	115.4606	0.9515	235.8195
69	0.94968	-4.3496	0.94644	115.3502	0.95038	235.7139
70	0.94967	-4.35105	0.94643	115.3487	0.95036	235.7124
71	0.94933	-4.38299	0.94608	115.3159	0.95003	235.6811
72	0.94845	-4.46606	0.94519	115.2306	0.94916	235.5996
73	0.94831	-4.47947	0.94505	115.2169	0.94903	235.5864
74	0.94551	-4.74645	0.94222	114.9443	0.94627	235.3246
75	0.94432	-4.86112	0.94102	114.827	0.9451	235.2122
76	0.9432	-4.9697	0.93989	114.7163	0.944	235.1057
77	0.94315	-4.97483	0.93983	114.7109	0.94395	235.1007
78	0.94304	-4.98509	0.93973	114.7011	0.94384	235.0906
79	0.94297	-4.99233	0.93966	114.6936	0.94377	235.0835
80	0.94295	-4.99391	0.93964	114.6919	0.94375	235.082
81	0.94296	-4.99258	0.93966	114.6934	0.94377	235.0833
82	0.943	-4.98934	0.93968	114.6956	0.9438	235.0864
83	0.9427	-5.01823	0.93937	114.6651	0.94351	235.058
84	0.94223	-5.0638	0.93888	114.6167	0.94304	235.0132
85	0.94222	-5.06527	0.93886	114.6152	0.94303	235.0117
86	0.94166	-5.11915	0.93828	114.5579	0.94248	234.9587
87	0.94157	-5.12862	0.93818	114.548	0.94239	234.9494
88	0.94102	-5.18182	0.93761	114.4919	0.94185	234.8971
89	0.94102	-5.1823	0.93761	114.4914	0.94185	234.8966
90	0.94092	-5.19238	0.93752	114.4825	0.94175	234.8869



91	0.94084	-5.20031	0.93745	114.476	0.94167	234.8792
92	0.94094	-5.19047	0.93751	114.4817	0.94177	234.8885
93	0.94092	-5.1917	0.9375	114.4802	0.94175	234.8873
94	0.94091	-5.19318	0.93748	114.4784	0.94174	234.8858
95	0.94089	-5.19482	0.93746	114.4762	0.94172	234.8842
96	0.94296	-4.99326	0.93964	114.6918	0.94376	235.0826
97	0.94279	-5.00995	0.93946	114.674	0.94359	235.0661
98	0.94269	-5.01904	0.93937	114.6651	0.9435	235.0573
99	0.94263	-5.02534	0.93928	114.6563	0.94344	235.0509
100	0.94255	-5.03258	0.93919	114.6472	0.94336	235.0437
101	0.94254	-5.03383	0.93917	114.6458	0.94335	235.0424
102	0.94253	-5.03537	0.93916	114.6439	0.94333	235.0409
103	0.94181	-5.10418	0.93852	114.5818	0.94264	234.974
104	0.94164	-5.12128	0.93835	114.5649	0.94246	234.9573
105	0.94156	-5.1286	0.93827	114.5572	0.94239	234.9501
106	0.94092	-5.19127	0.93761	114.4922	0.94176	234.8886
107	0.94082	-5.20091	0.93751	114.4822	0.94166	234.8791
108	0.94081	-5.2024	0.93749	114.4805	0.94165	234.8777
109	0.94054	-5.22893	0.93723	114.4544	0.94138	234.8517
110	0.94049	-5.23302	0.93719	114.4505	0.94134	234.8477
111	0.94117	-5.16648	0.93791	114.5218	0.94201	234.9132
112	0.94064	-5.21834	0.93741	114.4724	0.94149	234.8627
113	0.94034	-5.24755	0.93714	114.4461	0.9412	234.8343
114	0.93971	-5.30946	0.93659	114.3917	0.94058	234.7743
115	0.93934	-5.34485	0.9363	114.3626	0.94023	234.7401
116	0.93886	-5.39264	0.93588	114.3209	0.93976	234.6958
117	0.93863	-5.41493	0.93569	114.3027	0.93954	234.6725
118	0.93857	-5.42062	0.93564	114.2973	0.93948	234.6667
119	0.93845	-5.433	0.93556	114.2892	0.93936	234.655
120	0.93842	-5.43547	0.93548	114.2817	0.93933	234.6522
121	0.93828	-5.44899	0.93534	114.2678	0.9392	234.6389
122	0.94044	-5.23746	0.9372	114.452	0.9413	234.8439
123	0.94026	-5.25571	0.937	114.4323	0.94111	234.8259
124	0.94003	-5.27735	0.93677	114.4095	0.94009	234.8046
125	0.93938	-5.34149	0.93613	114.3456	0.94025	234.7418
126	0.93932	-5.34727	0.93607	114.3397	0.94019	234.7362
127	0.93914	-5.36531	0.93588	114.3212	0.94001	234.7185
128	0.93894	-5.38515	0.93568	114.3012	0.93981	234.6991
129	0.93892	-5.38642	0.93567	114.3	0.9398	234.6978

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

Saluran	from	to	P	Q	S	Q	P	T	Q
1	2	1928.393	1359.060	2043.420	1449.625	1639.253	1153.089		
2	3	15.683	9.719	14.216	8.810	13.330	8.261		
2	4	15.683	9.719	14.216	8.810	13.330	8.261		
4	5	1887.628	1309.282	1997.802	1393.443	1604.587	1111.082		
5	6	31.946	19.799	22.918	14.203	27.154	16.829		
5	7	31.946	19.799	22.918	14.203	27.154	16.829		
7	8	1841.061	1257.508	1959.813	1343.631	1564.938	1067.357		
8	9	40.234	24.941	46.715	28.958	34.198	21.200		
8	14	40.234	24.941	46.715	28.958	34.198	21.200		
9	10	8.915	5.539	12.932	8.002	7.595	4.707		
9	11	8.915	5.539	12.932	8.002	7.595	4.707		
11	12	23.741	14.713	27.050	16.764	20.179	12.506		
11	13	23.741	14.713	27.050	16.764	20.179	12.506		
14	15	1772.207	1204.074	1808.018	1289.750	1525.693	1025.706		
15	16	22.253	13.791	14.025	8.692	18.915	11.712		
15	17	22.253	13.791	14.025	8.692	18.915	11.712		
17	18	58.016	35.965	37.464	23.223	49.315	30.579		
17	20	58.016	35.965	37.464	23.223	49.315	30.579		
18	19	34.537	21.342	23.940	16.817	19.519	18.163		
20	21	1569.114	1074.899	1800.257	1156.322	1418.796	913.056		
21	22	1643.975	1052.010	1774.015	1132.819	1307.406	803.697		
22	23	325.476	202.210	249.962	141.747	174.827	171.094		
23	24	292.453	182.159	227.203	127.409	149.437	136.034		
24	25	249.090	154.551	201.946	111.382	131.727	111.347		
25	26	14.102	8.719	14.504	8.989	11.966	7.428		
26	27	14.102	8.719	14.504	8.989	11.966	7.428		

**GAMBAR 4-8 TAMPILAN HASIL ALIRAN DAYA ANTAR SALURAN SEBELUM OPTIMASI**

Untuk gambar 4-8 memperlihatkan tampilan hasil aliran daya antar saluran dari bus ke bus untuk daya yang di alirkan sepanjang saluran pada penyulang Tumpang, Pada tabel 4-4 memperlihatkan daya tiap saluran sebelum optimasi.

**Tabel 4-6  
Daya Tiap Saluran Penyulang Tumpang  
Sebelum Optimasi**

Saluran		R		S		T	
from	to	P	Q	P	Q	P	Q
1	2	1928.393	1359.06	2043.428	1449.625	1639.253	1153.089
2	3	15.683	9.719	14.216	8.81	13.33	8.261
2	4	15.683	9.719	14.216	8.81	13.33	8.261
4	5	1887.628	1309.282	1997.802	1393.443	1604.587	1111.082
5	6	31.946	19.799	22.918	14.203	27.154	16.829
5	7	31.946	19.799	22.918	14.203	27.154	16.829
7	8	1841.061	1257.508	1959.813	1343.631	1564.938	1067.357
8	9	40.234	24.941	46.715	28.958	34.198	21.2

8	14	40.234	24.941	46.715	28.958	34.198	21.2
9	10	8.935	5.538	12.912	8.002	7.595	4.707
9	11	8.935	5.538	12.912	8.002	7.595	4.707
11	12	23.741	14.713	27.05	16.764	20.179	12.506
11	13	23.741	14.713	27.05	16.764	20.179	12.506
14	15	1771.307	1206.034	1888.018	1289.753	1505.693	1023.706
15	16	22.253	13.791	14.025	8.692	18.915	11.722
15	17	22.253	13.791	14.025	8.692	18.915	11.722
17	18	58.018	35.963	37.464	23.223	49.315	30.569
17	20	58.018	35.963	37.464	23.223	49.315	30.569
18	19	34.517	21.392	23.94	14.837	29.339	18.183
20	21	1669.134	1074.899	1800.257	1156.322	1418.796	913.056
21	22	1643.975	1052.02	1776.035	1132.809	1397.406	893.697
22	23	325.678	202.228	549.962	341.747	276.827	171.894
22	40	325.678	202.228	549.962	341.747	276.827	171.894
23	24	293.453	182.159	527.203	327.409	249.437	154.834
24	25	249.09	154.551	501.846	311.383	211.727	131.367
25	26	14.102	8.739	14.504	8.989	11.986	7.428
25	27	14.102	8.739	14.504	8.989	11.986	7.428
27	28	222.17	137.801	471.898	292.626	188.846	117.129
28	29	58.383	36.185	312.506	193.677	49.625	30.757
28	31	58.383	36.185	312.506	193.677	49.625	30.757
29	30	26.737	16.57	37.128	23.01	22.726	14.084
31	32	24.072	14.918	16.593	10.283	20.461	12.681
31	33	24.072	14.918	16.593	10.283	20.461	12.681
33	34	98.323	60.964	100.035	62.029	83.576	51.819
34	35	32.471	20.126	28.832	17.871	27.601	17.106
34	38	32.471	20.126	28.832	17.871	27.601	17.106
35	36	16.301	10.103	9.901	6.136	13.856	8.587
35	37	16.301	10.103	9.901	6.136	13.856	8.587
38	39	36.596	22.68	50.694	31.417	31.107	19.278
40	41	1290.136	823.623	1207.316	770.979	1096.635	699.694
41	42	1259.997	804.084	1183.73	755.53	1071.016	683.1
42	43	376.737	235.527	372.173	232.894	320.227	200.171
42	68	376.737	235.527	372.173	232.894	320.227	200.171
43	44	338.388	210.902	352.353	219.654	287.63	179.251
44	45	304.136	189.617	318.132	198.381	253.516	161.159
45	46	18.326	11.357	18.419	11.415	15.577	9.654
45	47	18.326	11.357	18.419	11.415	15.577	9.654
47	48	279.554	174.159	285.894	178.152	237.621	148.022
48	49	81.592	50.594	89.674	55.616	69.353	43.005
48	52	81.592	50.594	89.674	55.616	69.353	43.005
49	50	55.521	34.418	63.052	39.094	47.192	29.256
50	51	37.464	23.218	51.353	31.825	31.844	19.735
52	53	90.893	56.401	89.641	55.629	77.259	47.939
52	59	90.893	56.401	89.641	55.629	77.259	47.939
53	54	30.167	18.696	26.418	16.372	25.642	15.891
53	55	30.167	18.696	26.418	16.372	25.642	15.891
55	56	12.301	7.624	20.012	12.403	10.456	6.48

55	57	12.301	7.624	20.012	12.403	10.456	6.48
57	58	30.575	18.948	26.061	16.151	25.988	16.106
59	60	88.059	54.612	77.979	48.366	74.85	46.419
60	61	0	0	0	0	0	0
60	62	0	0	0	0	0	0
62	63	0	0	0	0	0	0
62	64	0	0	0	0	0	0
64	65	0	0	0	0	0	0
64	66	0	0	0	0	0	0
66	67	23.514	14.573	21.984	13.625	19.987	12.387
68	69	836.932	534.059	778.37	496.474	711.407	453.695
69	70	8.871	5.498	7.568	4.69	7.541	4.673
69	71	8.871	5.498	7.568	4.69	7.541	4.673
71	72	817.901	519.918	761.462	483.756	695.228	441.713
72	73	798.259	507.483	743.034	472.085	678.531	431.147
73	74	778.426	490.112	713.902	449.275	561.67	416.463
74	75	751.991	471.629	693.544	434.678	639.198	400.786
75	76	721.274	450.69	658.395	411.125	613.087	383.019
76	77	366.737	228.158	352.334	219.287	311.726	193.921
76	103	366.737	228.158	352.334	219.287	311.726	193.921
77	78	66.613	41.288	50.805	31.491	56.621	35.095
77	82	66.613	41.288	50.805	31.491	56.621	35.095
77	96	66.613	41.288	50.805	31.491	56.621	35.095
78	79	28.104	17.417	26.434	16.382	23.888	14.805
79	80	13.398	8.303	14.52	8.999	11.388	7.058
79	81	13.398	8.303	14.52	8.999	11.388	7.058
82	83	197.786	123.142	198.121	123.39	168.119	104.663
83	84	163.856	101.933	167.903	104.466	139.279	96.638
84	85	8.606	5.334	8.224	5.097	7.315	4.534
84	86	8.606	5.334	8.224	5.097	7.315	4.534
86	87	131.903	81.892	125.637	78.015	112.118	69.606
87	88	95.295	59.083	95.957	59.491	81.001	50.22
88	89	79.328	49.186	79.392	49.224	67.429	41.808
89	90	38.81	24.056	22.739	14.093	32.988	20.447
89	92	38.81	24.056	22.739	14.093	32.988	20.447
90	91	22.13	13.715	10.005	6.2	18.81	11.658
92	93	18.653	11.56	24.575	15.23	15.855	9.826
92	94	18.653	11.56	24.575	15.23	15.855	9.826
94	95	12.716	7.881	22.844	14.157	10.809	6.699
96	97	52.02	32.256	53.7	33.302	44.215	27.416
97	98	28.382	17.589	23.392	14.497	24.124	14.951
97	99	28.382	17.589	23.392	14.497	24.124	14.951
99	100	10.852	6.726	17.393	10.78	9.223	5.716
100	101	3.408	2.111	4.296	2.683	2.894	1.794
101	102	1.544	0.957	2.113	1.31	1.312	0.813
103	104	327.069	204.171	272.339	169.783	278.012	173.514
104	105	103.747	64.479	104.923	65.2	88.185	54.803
104	111	103.747	64.479	104.923	65.2	88.185	54.803
105	106	86.228	53.491	82.639	51.26	73.294	45.466

106	107	69.289	42.977	66.241	41.081	58.896	36.529
107	108	19.101	11.838	23.741	14.713	16.236	10.062
107	109	19.101	11.838	23.741	14.713	15.236	10.062
109	110	12.512	7.754	9.139	5.664	10.635	6.591
111	112	215.333	134.207	161.094	100.278	183.035	114.059
112	113	154.335	96.167	97.298	60.551	131.186	81.728
112	122	154.335	96.167	97.298	60.551	131.186	81.728
113	114	148.677	92.438	86.232	53.579	126.376	78.564
114	115	125.241	77.807	57.818	35.93	106.455	66.13
115	116	101.483	62.966	57.818	35.872	86.26	53.518
116	117	80.644	50.008	36.117	22.407	68.547	42.506
117	118	48.085	29.824	36.117	22.402	40.872	25.349
118	119	13.586	8.42	1.913	1.185	11.548	7.157
118	120	13.586	8.42	1.913	1.185	11.548	7.157
120	121	20.984	13.005	19.706	12.213	17.836	11.054
122	123	44.212	27.481	46.966	29.181	37.582	23.359
123	124	39.129	24.31	39.375	24.455	33.261	20.664
124	125	27.845	17.274	23.815	14.775	23.67	14.684
125	126	25.611	15.887	23.441	14.54	21.771	13.504
126	127	20.287	12.578	18.766	11.634	17.245	10.692
127	128	10.519	6.519	9.288	5.756	8.942	5.542
128	129	5.823	3.609	4.739	2.937	4.95	3.068

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

Saluran		R		S		T	
From	To	P	Q	P	Q	P	Q
1	2	44.27666	14.19158	50.37937	15.87428	37.06963	11.93863
2	3	0.00114	0.00052	0.00105	0.00048	0.00095	0.00044
2	4	0.00114	0.00052	0.00105	0.00048	0.00095	0.00044
4	5	7.56851	2.40643	8.59836	2.67895	6.33623	2.02449
5	6	0.00256	0.00112	0.00172	0.00074	0.00212	0.00093
5	7	0.00256	0.00112	0.00172	0.00074	0.00212	0.00093
7	8	7.89726	2.49026	9.03915	2.79800	6.61241	2.09562
8	9	0.00469	0.00278	0.00360	0.00155	0.00562	0.00234
8	14	0.00469	0.00278	0.00360	0.00155	0.00562	0.00234
9	10	0.00022	0.00009	0.00038	0.00016	0.00019	0.00008
9	11	0.00022	0.00009	0.00038	0.00016	0.00019	0.00008
11	12	0.00014	0.00006	0.00018	0.00007	0.00012	0.00005
11	13	0.00014	0.00006	0.00018	0.00007	0.00012	0.00005
14	15	4.07929	1.27139	4.67722	1.42964	3.41565	1.07010
15	16	0.00301	0.00122	0.00171	0.00069	0.00249	0.00102
15	17	0.00301	0.00122	0.00171	0.00069	0.00249	0.00102
17	18	0.02353	0.00932	0.01376	0.00539	0.01946	0.00772
17	20	0.02353	0.00932	0.01376	0.00539	0.01946	0.00772
18	19	0.00715	0.00263	0.00459	0.00180	0.00392	0.00135
20	21	30.49079	9.36089	25.49850	10.71157	25.53813	7.86141
21	22	6.97016	2.13594	8.13249	2.44992	5.85824	1.79898
22	23	0.08426	0.02821	0.10176	0.05938	0.07167	0.02408
23	40	0.08426	0.02821	0.10176	0.05938	0.07167	0.02408
23	24	0.08435	0.03143	0.22.03	0.07249	0.08050	0.03076
24	25	0.10789	0.03605	0.29640	0.09660	0.09237	0.03097
25	26	0.00028	0.00009	0.00020	0.00010	0.00023	0.00008
26	27	0.00028	0.00009	0.00020	0.00010	0.00023	0.00008

**GAMBAR 4-9 TAMPILAN HASIL RUGI DAYA ANTAR SALURAN  
SEBELUM OPTIMASI**

Pada gambar 4-9 memperlihatkan hasil rugi daya antar saluran sebelum optimasi yang diakibatkan rugi-rugi,. Tabel 4-7 memperlihatkan rugi daya tiap saluran.

**Tabel 4-7  
Rugi Daya Tiap Saluran Penyulang Tumpang  
Sebelum Optimasi**

Saluran		R		S		T	
from	to	P	Q	P	Q	P	Q
1	2	44.2766	14.19158	50.37937	15.83428	37.06963	11.93863
2	3	0.00114	0.00052	0.00105	0.00048	0.00095	0.00044
2	4	0.00114	0.00052	0.00105	0.00048	0.00095	0.00044
4	5	7.56851	2.40643	8.59836	2.67895	6.33623	2.02449
5	6	0.00256	0.00112	0.00172	0.00074	0.00212	0.00093
5	7	0.00256	0.00112	0.00172	0.00074	0.00212	0.00093

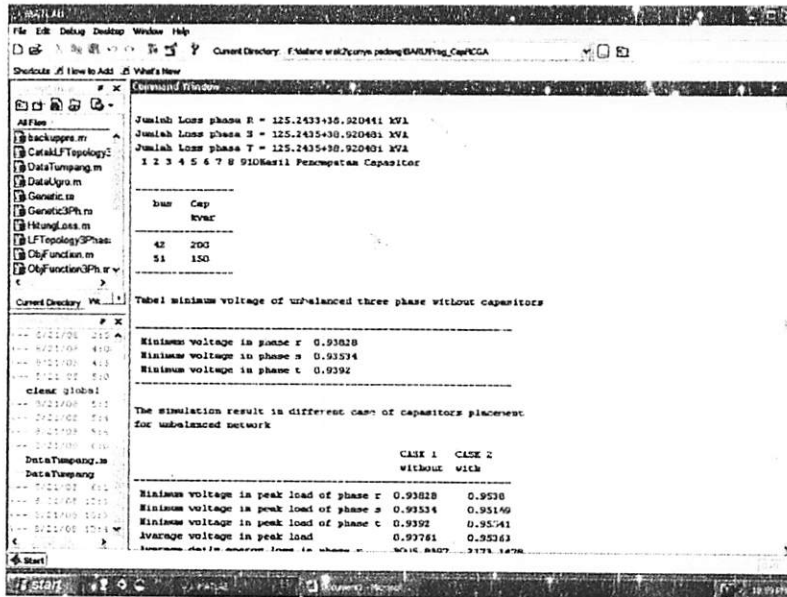
7	8	7.89726	2.49026	9.03915	2.796	6.61241	2.09562
8	9	0.00669	0.00278	0.0086	0.00355	0.00562	0.00234
8	14	0.00669	0.00278	0.0086	0.00355	0.00562	0.00234
9	10	0.00022	0.00009	0.00038	0.00016	0.00019	0.00008
9	11	0.00022	0.00009	0.00038	0.00016	0.00019	0.00008
11	12	0.00014	0.00006	0.00018	0.00007	0.00012	0.00005
11	13	0.00014	0.00006	0.00018	0.00007	0.00012	0.00005
14	15	4.07929	1.27139	4.67732	1.42966	3.41565	1.0701
15	16	0.00301	0.00123	0.00171	0.00069	0.00249	0.00102
15	17	0.00301	0.00123	0.00171	0.00069	0.00249	0.00102
17	18	0.02353	0.00932	0.01376	0.00539	0.01946	0.00772
17	20	0.02353	0.00932	0.01376	0.00539	0.01946	0.00772
18	19	0.00715	0.00283	0.00459	0.0018	0.00592	0.00235
20	21	30.49079	9.36086	35.49858	10.71157	25.53813	7.88341
21	22	6.97016	2.13596	8.13249	2.44992	5.83824	1.79898
22	23	0.08426	0.02821	0.18176	0.05938	0.07167	0.02408
22	40	0.08426	0.02821	0.18176	0.05938	0.07167	0.02408
23	24	0.09455	0.03163	0.22203	0.07249	0.0806	0.02706
24	25	0.10789	0.03605	0.2964	0.09668	0.09237	0.03097
25	26	0.00028	0.00009	0.0003	0.0001	0.00023	0.00008
25	27	0.00028	0.00009	0.0003	0.0001	0.00023	0.00008
27	28	0.03851	0.01286	0.1137	0.03707	0.03303	0.01107
28	29	0.00623	0.00207	0.06263	0.02039	0.00554	0.00185
28	31	0.00623	0.00207	0.06263	0.02039	0.00554	0.00185
29	30	0.00353	0.00118	0.00582	0.0019	0.00298	0.001
31	32	0.02019	0.00675	0.0129	0.00422	0.01671	0.00561
31	33	0.02019	0.00675	0.0129	0.00422	0.01671	0.00561
33	34	0.01795	0.006	0.01935	0.00632	0.01501	0.00504
34	35	0.00929	0.00311	0.00833	0.00272	0.00774	0.0026
34	38	0.00929	0.00311	0.00833	0.00272	0.00774	0.0026
35	36	0.00032	0.00011	0.00017	0.00006	0.00026	0.00009
35	37	0.00032	0.00011	0.00017	0.00006	0.00026	0.00009
38	39	0.00426	0.00142	0.007	0.00228	0.0036	0.00121
40	41	4.08964	1.21989	3.93476	1.14345	3.41098	1.02348
41	42	0.82505	0.24554	0.79796	0.2314	0.68821	0.20604
42	43	1.26412	0.39464	1.30965	0.39784	1.05616	0.33134
42	68	1.26412	0.39464	1.30965	0.39784	1.05616	0.33134
43	44	0.82209	0.25584	0.91456	0.27718	0.68791	0.21514
44	45	0.05562	0.01727	0.06226	0.01883	0.04655	0.01453
45	46	0.0003	0.00009	0.00031	0.0001	0.00025	0.00008
45	47	0.0003	0.00009	0.00031	0.0001	0.00025	0.00008
47	48	0.03995	0.01239	0.04337	0.01309	0.03341	0.01041
48	49	0.08864	0.02772	0.10615	0.03232	0.07429	0.02335
48	52	0.08864	0.02772	0.10615	0.03232	0.07429	0.02335
49	50	0.01816	0.00568	0.02274	0.00692	0.01524	0.00478
50	51	0.01024	0.0032	0.01659	0.00504	0.00865	0.00271
52	53	0.01418	0.00438	0.01466	0.00441	0.01185	0.00368
52	59	0.01418	0.00438	0.01466	0.00441	0.01185	0.00368
53	54	0.00043	0.00013	0.00037	0.00011	0.00035	0.00011

53	55	0.00043	0.00013	0.00037	0.00011	0.00035	0.00011
55	56	0.00191	0.00059	0.00391	0.00117	0.00162	0.0005
55	57	0.00191	0.00059	0.00391	0.00117	0.00162	0.0005
57	58	0.01277	0.00394	0.01084	0.00325	0.01063	0.00329
59	60	0.01285	0.00397	0.01148	0.00345	0.0107	0.00332
60	61	0	0	0	0	0	0
60	62	0	0	0	0	0	0
62	63	0	0	0	0	0	0
62	64	0	0	0	0	0	0
64	65	0	0	0	0	0	0
64	66	0	0	0	0	0	0
66	67	0.00076	0.00023	0.00073	0.00022	0.00063	0.0002
68	69	2.12919	0.61692	2.03072	0.57355	1.77539	0.51777
69	70	0.0003	0.00009	0.00025	0.00008	0.00025	0.00008
69	71	0.0003	0.00009	0.00025	0.00008	0.00025	0.00008
71	72	1.60193	0.46313	1.52994	0.43117	1.33577	0.38872
72	73	0.25237	0.07281	0.24096	0.06776	0.21043	0.06111
73	74	4.88498	1.40616	4.57235	1.28186	4.07158	1.17983
74	75	2.01912	0.58014	1.90416	0.53295	1.68317	0.48685
75	76	1.83031	0.52499	1.70229	0.47552	1.52533	0.44046
76	77	0.04376	0.01272	0.04364	0.01233	0.03652	0.01069
76	103	0.04376	0.01272	0.04364	0.01233	0.03652	0.01069
77	78	0.01585	0.00466	0.01159	0.00332	0.01315	0.00389
77	82	0.01585	0.00466	0.01159	0.00332	0.01315	0.00389
77	96	0.01585	0.00466	0.01159	0.00332	0.01315	0.00389
78	79	0.00472	0.00139	0.00458	0.00131	0.00394	0.00116
79	80	0.00049	0.00014	0.00057	0.00016	0.00041	0.00012
79	81	0.00049	0.00014	0.00057	0.00016	0.00041	0.00012
82	83	0.13311	0.03837	0.14048	0.03934	0.11123	0.03227
83	84	0.17395	0.04998	0.18933	0.05285	0.14546	0.04207
84	85	0.00029	0.00009	0.00029	0.00008	0.00024	0.00007
84	86	0.00029	0.00009	0.00029	0.00008	0.00024	0.00007
86	87	0.02906	0.00834	0.02865	0.00798	0.02425	0.007
87	88	0.11793	0.03375	0.12534	0.03483	0.09856	0.02839
88	89	0.00089	0.00025	0.00093	0.00026	0.00074	0.00021
89	90	0.00908	0.0026	0.00469	0.00131	0.00749	0.00216
89	92	0.00908	0.0026	0.00469	0.00131	0.00749	0.00216
90	91	0.00408	0.00117	0.00151	0.00042	0.00335	0.00097
92	93	0.00053	0.00015	0.00082	0.00023	0.00045	0.00013
92	94	0.00053	0.00015	0.00082	0.00023	0.00045	0.00013
94	95	0.00048	0.00014	0.00114	0.00032	0.00041	0.00012
96	97	0.02016	0.0059	0.02216	0.0063	0.01686	0.00496
97	98	0.00598	0.00175	0.00485	0.00138	0.00497	0.00147
97	99	0.00598	0.00175	0.00485	0.00138	0.00497	0.00147
99	100	0.00183	0.00053	0.00366	0.00104	0.00155	0.00045
100	101	0.0001	0.00003	0.00014	0.00004	0.00008	0.00002
101	102	0.00006	0.00002	0.00009	0.00003	0.00005	0.00001
103	104	0.13061	0.03686	0.10729	0.02953	0.10857	0.03086
104	105	0.01768	0.00506	0.0189	0.00525	0.01478	0.00425



104	111	0.01768	0.00506	0.0189	0.00525	0.01478	0.00425
105	106	0.12578	0.03589	0.12499	0.03467	0.10497	0.03016
106	107	0.01554	0.00443	0.01539	0.00427	0.01297	0.00372
107	108	0.00066	0.00019	0.00093	0.00026	0.00055	0.00016
107	109	0.00066	0.00019	0.00093	0.00026	0.00055	0.00016
109	110	0.00119	0.00034	0.00082	0.00023	0.00099	0.00028
111	112	0.26088	0.0731	0.18569	0.05076	0.21625	0.06105
112	113	0.10525	0.02942	0.05973	0.0163	0.08689	0.02448
112	122	0.10525	0.02942	0.05973	0.0163	0.08689	0.02448
113	114	0.21479	0.06	0.10931	0.02979	0.177	0.04983
114	115	0.10334	0.02882	0.03921	0.01066	0.08478	0.02383
115	116	0.11303	0.03144	0.0562	0.01525	0.09311	0.02611
116	117	0.04187	0.01164	0.01528	0.00414	0.03434	0.00962
117	118	0.00637	0.00177	0.00456	0.00123	0.00528	0.00148
118	119	0.00392	0.00109	0.00036	0.0001	0.00317	0.00089
118	120	0.00392	0.00109	0.00036	0.0001	0.00317	0.00089
120	121	0.00661	0.00183	0.00639	0.00172	0.00551	0.00154
122	123	0.01882	0.00529	0.0215	0.00588	0.01575	0.00446
123	124	0.01974	0.00554	0.02095	0.00572	0.01649	0.00466
124	125	0.04163	0.01165	0.03547	0.00965	0.03463	0.00976
125	126	0.00345	0.00096	0.00322	0.00087	0.00287	0.00081
126	127	0.00852	0.00238	0.00807	0.00219	0.0071	0.002
127	128	0.00486	0.00136	0.00432	0.00117	0.00405	0.00114
128	129	0.00017	0.00005	0.00014	0.00004	0.00014	0.00004

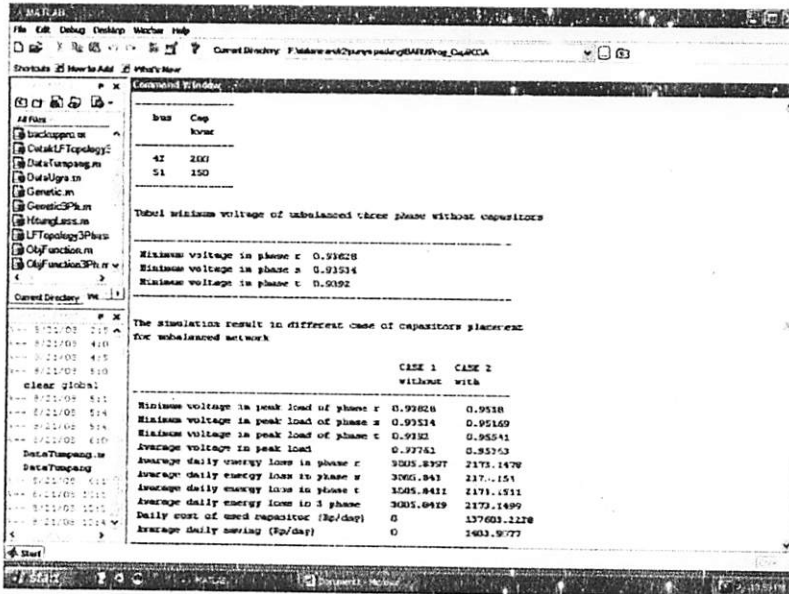
9. Gerakan lagi *scroll* ke bawah untuk melihat tampilan hasil jumlah rugi-rugi sebelum optimasi.



**GAMBAR 4-10 TAMPILAN HASIL JUMLAH RUGI-RUGI DAYA  
SEBELUM OPTIMASI**

Pada gambar 4-10 memperlihatkan jumlah pembangkitan, jumlah pembebanan, dan jumlah rugi – rugi sebelum optimasi dari hasil perhitungan aliran daya dengan *Metode Forward\_Backward*. Dimana untuk jumlah rugi-rugi untuk *phasa R* sebesar  $125.2433+38.92044i$ , *phasa S* sebesar  $125.2435+38.92048i$  kVA dan untuk *phasa T* sebesar  $125.2435+38.92048i$  kVA.

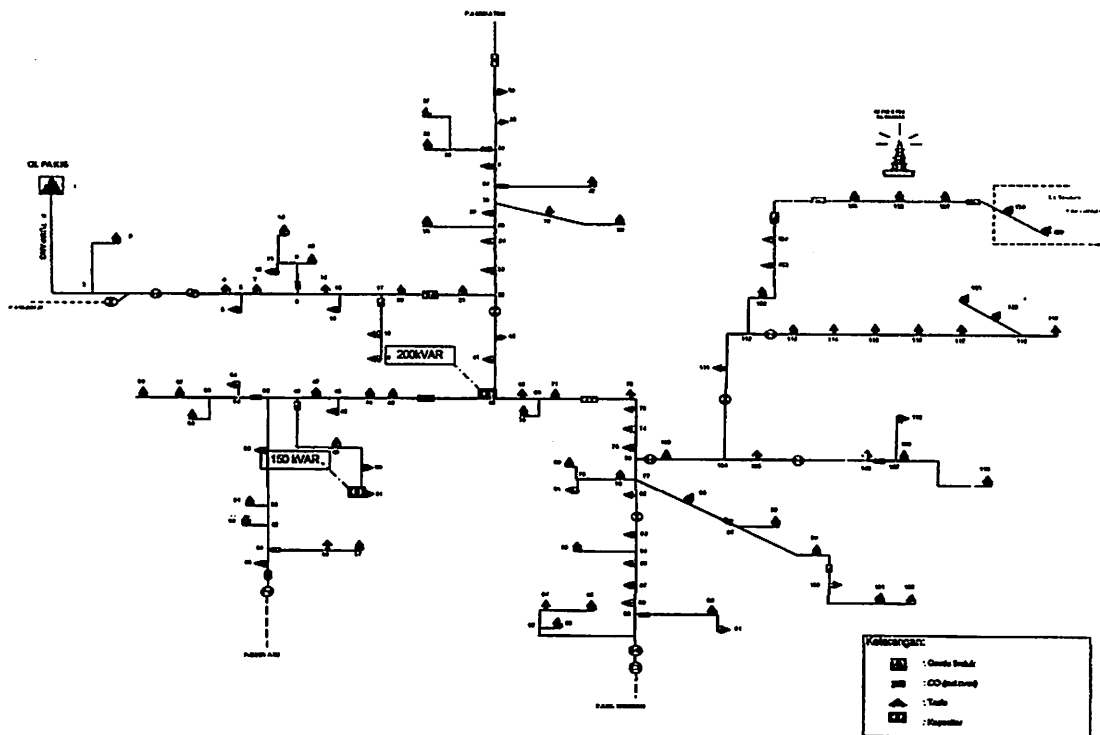
10. Gerakan *scroll* ke bawah untuk melihat hasil tampilan penempatan kapasitor dengan menggunakan metode *RCGA* (*Real Coded Genetic Algorithm*)



GAMBAR 4-11 TAMPILAN HASIL PENEMPATAN KAPASITOR DENGAN MENGGUNAKAN METODE *RCGA* (*Real Coded Genetic Algorithm*)

Pada gambar 4-11 memperlihatkan hasil dari penempatan kapasitor dengan menggunakan metode *RCGA* (*Real coded Genetic Algorithm*), dimana kapasitor yang optimal ditempatkan pada bus 42 dan 51 dengan jenis kapasitor yang digunakan adalah tipe switch dengan kapasitas masing-masing dapat dilihat pada tabel 4-11.

Berikut diperlihatkan *single line diagram* penyulang Tumpang setelah penempatan kapasitor.



**GAMBAR 4-12 SINGLE LINE DIAGRAM PENYULANG TUMPANG  
SETELAH PENEMPATAN KAPASITOR**

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

Hasil Perhitungan Aliran Daya 3 Fasa  
Dengan Metode Topology

Jumlah Bus = 129  
Jumlah Saluran = 120  
Jumlah Iterasi = 5  
Waktu Hitung = 3.0469 detik

Tegangan Bus

No	R	S	T			
	magV	angV	magV	angV	magV	angV
1	1.00000	0.00000	1.00000	120.00000	1.00000	240.00000
2	0.99128	-0.90282	0.99120	119.42526	0.99212	239.30329
3	0.99138	-0.91222	0.99116	119.02392	0.99209	239.10005
4	0.98985	-1.23925	0.98811	118.47633	0.98936	238.97753
5	0.98757	-1.42004	0.98663	118.50417	0.98804	238.61890
6	0.98753	-1.40342	0.98640	118.50083	0.98800	238.61549
7	0.98501	-1.70249	0.98389	118.19038	0.98558	238.33778
8	0.98359	-1.87540	0.98235	117.99800	0.98411	237.15023
9	0.98351	-1.86263	0.98236	117.98647	0.98413	238.18207
10	0.98350	-1.86092	0.98235	117.98537	0.98412	238.18189
11	0.98343	-1.84954	0.98238	117.97839	0.98405	238.18535
12	0.98342	-1.84983	0.98237	117.97825	0.98405	238.18389
13	0.98342	-1.85134	0.98237	117.97753	0.98404	238.18457
14	0.98339	-1.84819	0.98241	117.98478	0.98354	238.16574
15	0.98314	-2.05389	0.98080	117.86844	0.98282	237.97916
16	0.98210	-2.05906	0.98079	117.79909	0.98274	237.96926
17	0.97978	-2.34879	0.97825	117.86644	0.98055	237.68187
18	0.97959	-2.34653	0.97808	117.87041	0.98027	237.66662
19	0.97840	-2.37666	0.97768	117.86353	0.98003	237.68740

GAMBAR 4-13 TAMPILAN HASIL UNTUK MENGETAHUI TEGANGAN DAN SUDUT FASA TIAP BUS SETELAH OPTIMASI

Pada gambar 4-13 terlihat tampilan hasil dari tegangan dan sudut fasa tiap bus, juga nilai P, Q dari pembangkitan dan pembebanan setelah optimasi, hasil dari perhitungan aliran daya dengan menggunakan *metode forward\_backward*.

Dari hasil perhitungan aliran daya setelah optimasi terdapat kenaikan tegangan di setiap bus yang sebelumnya terjadi jatuh tegangan yaitu pada bus 44-129 dengan tegangan terendah terdapat pada bus 121 untuk *phasa R* sebesar 0.93828 pu atau 18,7656 kV, untuk *phasa S* sebesar 0.93534 pu atau 18,6680 kV, dan untuk *phasa T* sebesar 0.9392 pu atau 18,7840 kV. Setelah pemasangan kapasitor *phasa R* menjadi 0.9538 pu atau 19,0760 kV, untuk *phasa S* menjadi 0.9516 pu atau 19,0320 kV dan

untuk *phasa T* menjadi  $0.9554 pu$  atau  $19,1080 kV$  dimana tegangan yang di izinkan yaitu  $0.95 pu$  s/d  $1.05 pu$ , yang mana artinya bahwa pada bus-bus tersebut telah masuk pada batas tegangan yang diizinkan oleh PLN. Tabel 4-8 memperlihatkan keadaan tegangan dan sudut fasa setelah optimasi.

**Tabel 4-8**  
**Tegangan dan Sudut Fasa Tiap Bus Penyulang Tumpang**  
**Setelah Optimasi**

No	R		S		T	
	sudV	absV	sudV	absV	sudV	absV
1	1	0	1	120	1	240
2	0.99182	-0.90892	0.9912	119.0293	0.99212	239.1033
3	0.99178	-0.91222	0.99116	119.0259	0.99209	239.1001
4	0.98895	-1.23925	0.98811	118.676	0.98936	238.7775
5	0.98757	-1.40004	0.98663	118.5042	0.98804	238.619
6	0.98753	-1.40362	0.9866	118.5008	0.988	238.6155
7	0.98502	-1.70249	0.98389	118.1802	0.98559	238.3208
8	0.98359	-1.87548	0.98235	117.9948	0.98421	238.1502
9	0.98351	-1.88283	0.98226	117.9867	0.98413	238.143
10	0.9835	-1.88392	0.98225	117.9854	0.98412	238.1419
11	0.98343	-1.89056	0.98218	117.9783	0.98405	238.1354
12	0.98342	-1.89083	0.98217	117.9781	0.98405	238.1351
13	0.98342	-1.89138	0.98217	117.9775	0.98404	238.1346
14	0.98289	-1.96019	0.98161	117.9041	0.98354	238.0667
15	0.98214	-2.05309	0.9808	117.8044	0.98282	237.9752
16	0.98208	-2.05906	0.98074	117.7991	0.98276	237.9694
17	0.97978	-2.34879	0.97825	117.4867	0.98055	237.6837
18	0.97959	-2.36653	0.97808	117.4706	0.98037	237.6664
19	0.97949	-2.37558	0.97799	117.4622	0.98027	237.6576
20	0.97578	-2.86552	0.97391	116.9283	0.97672	237.1742
21	0.97022	-3.61381	0.96791	116.1211	0.97139	236.4369
22	0.96896	-3.78862	0.96656	115.9324	0.97019	236.2647
23	0.96884	-3.79957	0.96641	115.9184	0.97007	236.2538
24	0.9687	-3.8132	0.96622	115.9006	0.96993	236.2401
25	0.96851	-3.83152	0.96596	115.8757	0.96973	236.2217
26	0.9685	-3.83235	0.96595	115.8748	0.96973	236.2209
27	0.96846	-3.83608	0.9659	115.8694	0.96969	236.2171
28	0.96838	-3.84341	0.96579	115.8592	0.96961	236.2097
29	0.96833	-3.84792	0.9657	115.8508	0.96956	236.205
30	0.96827	-3.85352	0.96563	115.8441	0.9695	236.1994
31	0.96834	-3.84748	0.96575	115.855	0.96957	236.2057
32	0.96796	-3.88301	0.96541	115.8221	0.9692	236.1712
33	0.96828	-3.8525	0.96569	115.8497	0.96951	236.2008
34	0.9682	-3.86023	0.96561	115.8415	0.96943	236.1932

35	0.96808	-3.87235	0.96548	115.8293	0.96931	236.1813
36	0.96807	-3.87318	0.96547	115.8285	0.9693	236.1805
37	0.96804	-3.8755	0.96544	115.8258	0.96928	236.1782
38	0.96812	-3.86841	0.96552	115.8326	0.96935	236.1851
39	0.96807	-3.87334	0.96545	115.8268	0.9693	236.1802
40	0.96816	-3.91888	0.96576	115.799	0.96944	236.137
41	0.96737	-4.04916	0.96499	115.6654	0.96871	236.0092
42	0.96721	-4.07608	0.96483	115.6377	0.96856	235.9828
43	0.9667	-4.21588	0.96432	115.4916	0.96812	235.8455
44	0.96641	-4.31711	0.964	115.3838	0.96788	235.7459
45	0.96639	-4.32473	0.96399	115.3757	0.96786	235.7384
46	0.96638	-4.3254	0.96398	115.375	0.96786	235.7377
47	0.96635	-4.34998	0.96394	115.3488	0.96784	235.7136
48	0.96634	-4.35593	0.96394	115.3425	0.96784	235.7077
49	0.96728	-4.4013	0.96491	115.2934	0.96885	235.663
50	0.96776	-4.41495	0.96541	115.2786	0.96936	235.6495
51	0.96837	-4.42636	0.96604	115.2653	0.97	235.6381
52	0.96505	-4.47896	0.9626	115.2135	0.96656	235.5869
53	0.96498	-4.48546	0.96252	115.2067	0.9665	235.5805
54	0.96498	-4.48605	0.96252	115.2061	0.96649	235.56
55	0.96465	-4.51724	0.96217	115.1728	0.96617	235.5493
56	0.96458	-4.5237	0.96209	115.1647	0.9661	235.5429
57	0.96458	-4.52354	0.96211	115.1665	0.9661	235.5431
58	0.9644	-4.54096	0.96193	115.1491	0.96592	235.5261
59	0.9649	-4.49359	0.96244	115.1982	0.96641	235.5725
60	0.96483	-4.49968	0.96237	115.192	0.96635	235.5666
61	0.96483	-4.49968	0.96237	115.192	0.96635	235.5666
62	0.96469	-4.5135	0.96222	115.1776	0.96621	235.553
63	0.96469	-4.5135	0.96222	115.1776	0.96621	235.553
64	0.96466	-4.51637	0.96219	115.1746	0.96618	235.5502
65	0.96466	-4.51637	0.96219	115.1746	0.96618	235.5502
66	0.96452	-4.53004	0.96205	115.1605	0.96604	235.5368
67	0.9645	-4.53138	0.96203	115.1591	0.96602	235.5355
68	0.96613	-4.17619	0.96374	115.5356	0.9675	235.8847
69	0.965	-4.28042	0.9626	115.4288	0.96639	235.7825
70	0.96499	-4.28183	0.96258	115.4274	0.96638	235.7812
71	0.96466	-4.31276	0.96224	115.3957	0.96605	235.7508
72	0.96379	-4.39318	0.96137	115.3133	0.9652	235.672
73	0.96365	-4.40617	0.96123	115.2999	0.96507	235.6593
74	0.9609	-4.66461	0.95845	115.0364	0.96236	235.4061
75	0.95973	-4.77559	0.95727	114.923	0.96121	235.2974
76	0.95863	-4.88068	0.95616	114.816	0.96013	235.1944
77	0.95858	-4.88565	0.9561	114.8109	0.96007	235.1896
78	0.95847	-4.89558	0.956	114.8014	0.95997	235.1799
79	0.9584	-4.90259	0.95593	114.7942	0.9599	235.173
80	0.95838	-4.90411	0.95591	114.7925	0.95989	235.1718
81	0.9584	-4.90282	0.95593	114.794	0.9599	235.1728
82	0.95843	-4.89969	0.95595	114.796	0.95993	235.1758
83	0.95814	-4.92765	0.95564	114.7666	0.95964	235.1483
84	0.95768	-4.97175	0.95516	114.7199	0.95919	235.105
85	0.95766	-4.97317	0.95515	114.7184	0.95917	235.1036

86	0.95712	-5.02531	0.95458	114.663	0.95864	235.0523
87	0.95702	-5.03447	0.95448	114.6535	0.95854	235.0433
88	0.95649	-5.08596	0.95392	114.5992	0.95802	234.9928
89	0.95649	-5.08642	0.95391	114.5987	0.95801	234.9923
90	0.95638	-5.09617	0.95383	114.5902	0.95791	234.9829
91	0.9563	-5.10385	0.95376	114.5839	0.95784	234.9755
92	0.9564	-5.09433	0.95382	114.5893	0.95793	234.9845
93	0.95639	-5.09551	0.9538	114.588	0.95792	234.9833
94	0.95638	-5.09694	0.95379	114.5862	0.9579	234.9819
95	0.95636	-5.09853	0.95376	114.5841	0.95789	234.9803
96	0.95839	-4.90348	0.95591	114.7924	0.95989	235.1721
97	0.95822	-4.91963	0.95573	114.7752	0.95973	235.1562
98	0.95813	-4.92843	0.95565	114.7666	0.95964	235.1476
99	0.95807	-4.93453	0.95556	114.7581	0.95957	235.1414
100	0.958	-4.94154	0.95547	114.7493	0.9595	235.1345
101	0.95798	-4.94274	0.95545	114.7479	0.95949	235.1332
102	0.95797	-4.94423	0.95544	114.7462	0.95947	235.1318
103	0.95726	-5.01083	0.95481	114.6861	0.95879	235.0672
104	0.95709	-5.02737	0.95464	114.6698	0.95862	235.051
105	0.95702	-5.03445	0.95456	114.6623	0.95854	235.044
106	0.95639	-5.0951	0.95392	114.5995	0.95792	234.9846
107	0.95629	-5.10443	0.95382	114.5898	0.95783	234.9754
108	0.95628	-5.10587	0.9538	114.5882	0.95781	234.974
109	0.95601	-5.13154	0.95354	114.563	0.95755	234.9489
110	0.95597	-5.1355	0.9535	114.5592	0.95751	234.9451
111	0.95663	-5.07111	0.95421	114.6282	0.95817	235.0084
112	0.95611	-5.1213	0.95372	114.5804	0.95766	234.9595
113	0.95582	-5.14956	0.95345	114.555	0.95737	234.9321
114	0.95519	-5.20947	0.95291	114.5024	0.95677	234.874
115	0.95484	-5.24371	0.95263	114.4743	0.95642	234.841
116	0.95436	-5.28995	0.95221	114.434	0.95596	234.7963
117	0.95414	-5.31151	0.95203	114.4164	0.95574	234.7755
118	0.95408	-5.31701	0.95198	114.4112	0.95569	234.7701
119	0.95396	-5.329	0.9519	114.4034	0.95557	234.7587
120	0.95393	-5.33138	0.95182	114.3962	0.95554	234.756
121	0.9538	-5.34446	0.95169	114.3827	0.95541	234.7432
122	0.95592	-5.13979	0.95351	114.5607	0.95747	234.9413
123	0.95574	-5.15746	0.95332	114.5417	0.95729	234.9239
124	0.95552	-5.17839	0.95309	114.5196	0.95707	234.9031
125	0.95487	-5.24046	0.95246	114.4579	0.95644	234.8427
126	0.95482	-5.24605	0.9524	114.4522	0.95638	234.8372
127	0.95464	-5.26349	0.95222	114.4343	0.95621	234.8201
128	0.95444	-5.2827	0.95202	114.415	0.95601	234.8013
129	0.95442	-5.28392	0.95201	114.4138	0.956	234.8001



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

The screenshot shows a software window titled 'Aliran Daya (MVA)'. It displays a table with the following data:

Saluran	from	to	P	Q	S	Q	P	Q
1	2	1508.031	902.531	2042.132	1070.142	1640.877	770.167	
2	3	15.403	9.719	14.216	0.010	11.330	0.261	
2	4	15.803	9.719	14.216	0.010	11.330	0.261	
4	5	1087.321	938.040	1980.721	1010.514	1831.945	760.877	
5	6	31.944	19.709	21.910	14.203	27.154	16.129	
5	7	31.944	19.709	21.910	14.203	27.154	16.129	
7	8	1040.000	860.500	1950.500	972.145	1544.126	700.707	
8	9	60.234	24.941	46.715	20.958	34.198	21.209	
8	14	60.234	24.941	46.715	20.958	34.198	21.209	
9	10	0.935	5.530	12.912	0.002	7.590	4.707	
9	11	0.935	5.530	12.912	0.002	7.590	4.707	
11	12	23.741	14.713	27.050	14.744	20.170	17.516	
11	13	23.741	14.713	27.050	14.744	20.170	17.516	
14	15	1771.040	830.540	1087.201	520.037	1904.742	658.370	
15	16	22.253	13.751	14.025	0.492	18.915	11.771	
15	17	22.253	13.751	14.025	0.492	18.915	11.771	
17	18	58.018	35.963	37.464	23.223	40.315	30.540	
17	20	58.018	35.963	37.464	23.223	40.315	30.540	
18	19	34.537	21.202	23.940	14.837	29.319	18.183	
20	21	1449.010	720.261	1000.118	601.945	1419.038	558.601	
21	22	1449.072	690.716	1775.062	770.497	1997.569	540.807	
22	23	325.470	202.210	249.962	241.722	274.827	171.035	
22	40	325.470	202.210	249.962	241.722	274.827	171.035	
23	14	290.454	182.151	227.204	227.391	249.437	154.027	
24	25	249.090	154.547	201.847	211.371	211.728	132.343	
25	26	14.102	0.719	14.504	0.509	11.986	7.420	
26	27	14.102	0.719	14.504	0.509	11.986	7.420	

GAMBAR 4-14 TAMPILAN HASIL ALIRAN DAYA ANTAR SALURAN SETELAH OPTIMASI

Untuk gambar 4-14 terlihat tampilan hasil aliran daya antar saluran dari bus ke bus untuk daya yang dialirkan sepanjang saluran pada penyulang Tumpang setelah optimasi. Pada tabel 4-9 memperlihatkan daya tiap saluran setelah di optimasi.

**Tabel 4-9**  
**Daya Tiap Saluran Penyulang Tumpang**  
**Setelah Optimasi**

Saluran		R		S		T	
from	to	P	Q	P	Q	P	Q
1	2	1928.031	982.532	2042.152	1070.142	1640.877	779.167
2	3	15.683	9.719	14.216	8.81	13.33	8.261
2	4	15.683	9.719	14.216	8.81	13.33	8.261
4	5	1887.321	936.848	1996.721	1018.524	1505.965	740.877
5	6	31.946	19.799	22.918	14.203	27.154	16.829
5	7	31.946	19.799	22.918	14.203	27.154	16.829
7	8	1840.803	888.993	1958.925	973.145	1566.126	700.707
8	9	40.234	24.941	46.715	28.958	34.198	21.2
8	14	40.234	24.941	46.715	28.958	34.198	21.2
9	10	8.935	5.538	12.912	8.002	7.595	4.707
9	11	8.935	5.538	12.912	8.002	7.595	4.707
11	12	23.741	14.713	27.05	16.764	20.179	12.506
11	13	23.741	14.713	27.05	16.764	20.179	12.506
14	15	1771.068	838.968	1887.201	920.837	1506.742	658.37
15	16	22.253	13.791	14.025	8.692	18.915	11.722
15	17	22.253	13.791	14.025	8.692	18.915	11.722
17	18	58.018	35.963	37.464	23.223	49.315	30.569
17	20	58.018	35.963	37.464	23.223	49.315	30.569
18	19	34.517	21.392	23.94	14.837	29.339	18.183
20	21	1669.018	720.261	1800.128	801.466	1419.038	558.981
21	22	1643.872	698.746	1775.982	779.497	1397.559	540.857
22	23	325.678	202.218	549.962	341.722	276.827	171.885
22	40	325.678	202.218	549.962	341.722	276.827	171.885
23	24	293.454	182.151	527.204	327.391	249.437	154.827
24	25	249.09	154.547	501.847	311.373	211.728	131.363
25	26	14.102	8.739	14.504	8.989	11.986	7.428
25	27	14.102	8.739	14.504	8.989	11.986	7.428
27	28	222.17	137.798	471.898	292.622	188.846	117.127
28	29	58.383	36.185	312.506	193.678	49.625	30.757
28	31	58.383	36.185	312.506	193.678	49.625	30.757
29	30	26.737	16.57	37.128	23.01	22.726	14.084
31	32	24.072	14.918	16.593	10.283	20.461	12.681
31	33	24.072	14.918	16.593	10.283	20.461	12.681
33	34	98.323	60.964	100.035	62.028	83.576	51.818
34	35	32.471	20.126	28.832	17.871	27.601	17.106
34	38	32.471	20.126	28.832	17.871	27.601	17.106
35	36	16.301	10.103	9.901	6.136	13.856	8.587
35	37	16.301	10.103	9.901	6.136	13.856	8.587
38	39	36.596	22.88	50.694	31.417	31.107	19.278
40	41	1290.107	472.271	1207.268	419.589	1096.71	348.577
41	42	1259.976	452.927	1183.683	404.334	1071.083	332.157
42	43	376.729	85.368	372.133	82.684	320.273	50.093
42	68	376.729	85.368	372.133	82.684	320.273	50.093

43	44	338.387	60.986	352.327	69.714	287.656	29.386
44	45	304.135	39.719	318.108	48.46	256.541	11.309
45	46	18.326	11.357	18.419	11.415	15.577	9.654
45	47	18.326	11.357	18.419	11.415	15.577	9.654
47	48	279.555	24.328	285.874	28.306	237.639	-1.771
48	49	81.593	-99.278	89.664	-94.262	69.361	-106.352
48	52	81.593	-99.278	89.664	-94.262	69.361	-106.852
49	50	55.522	-115.505	63.045	-110.834	47.196	-120.66
50	51	37.463	-126.782	51.352	-118.174	31.843	-130.265
52	53	90.893	56.399	89.641	55.627	77.259	47.937
52	59	90.893	56.399	89.641	55.627	77.259	47.937
53	54	30.167	18.696	26.418	16.372	25.642	15.891
53	55	30.167	18.696	26.418	16.372	25.642	15.891
55	56	12.301	7.624	20.012	12.403	10.456	6.48
55	57	12.301	7.624	20.012	12.403	10.456	6.48
57	58	30.575	18.948	26.061	16.151	25.988	16.106
59	60	88.059	54.611	77.979	48.365	74.85	46.418
60	61	0	0	0	0	0	0
60	62	0	0	0	0	0	0
62	63	0	0	0	0	0	0
62	64	0	0	0	0	0	0
64	65	0	0	0	0	0	0
64	66	0	0	0	0	0	0
66	67	23.514	14.573	21.984	13.625	19.987	12.387
68	69	836.932	533.564	778.373	496.004	711.406	453.27
69	70	8.871	5.498	7.568	4.69	7.541	4.673
69	71	8.871	5.498	7.568	4.69	7.541	4.673
71	72	817.901	519.499	761.465	483.361	695.227	441.354
72	73	798.258	507.072	743.036	471.699	678.531	430.795
73	74	778.427	489.866	713.904	449.049	661.67	416.252
74	75	751.992	471.451	693.546	434.518	639.198	400.634
75	76	721.275	450.574	658.396	411.024	613.087	382.919
76	77	366.737	228.131	352.334	219.258	311.726	193.898
76	103	366.737	228.131	352.334	219.258	311.726	193.898
77	78	66.613	41.288	50.805	31.491	56.621	35.095
77	82	66.613	41.288	50.805	31.491	56.621	35.095
77	96	66.613	41.288	50.805	31.491	56.621	35.095
78	79	28.104	17.417	26.434	16.382	23.888	14.805
79	80	13.398	8.303	14.52	8.999	11.388	7.058
79	81	13.398	8.303	14.52	8.999	11.388	7.058
82	83	197.786	123.125	198.121	123.37	168.119	104.647
83	84	163.857	101.922	167.903	104.453	139.279	86.628
84	85	8.606	5.334	8.224	5.097	7.315	4.534
84	86	8.606	5.334	8.224	5.097	7.315	4.534
86	87	131.903	81.888	125.637	78.01	112.118	69.603
87	88	95.295	59.083	95.957	59.491	81.001	50.22
88	89	79.328	49.188	79.392	49.224	67.429	41.808
89	90	38.81	24.056	22.739	14.093	32.988	20.447
89	92	38.81	24.056	22.739	14.093	32.988	20.447
90	91	22.13	13.715	10.005	6.2	18.81	11.658
92	93	18.653	11.56	24.575	15.23	15.855	9.826

92	94	18.653	11.56	24.575	15.23	15.855	9.826
94	95	12.716	7.881	22.844	14.157	10.809	6.699
96	97	52.02	32.255	53.7	33.302	44.215	27.416
97	98	28.382	17.589	23.392	14.497	24.124	14.951
97	99	28.382	17.589	23.392	14.497	24.124	14.951
99	100	10.852	6.726	17.393	10.78	9.223	5.716
100	101	3.406	2.111	4.296	2.663	2.894	1.794
101	102	1.544	0.957	2.113	1.31	1.312	0.813
103	104	327.069	204.124	272.34	169.751	278.012	173.474
104	105	103.747	64.473	104.923	65.194	88.185	54.798
104	111	103.747	64.473	104.923	65.194	88.185	54.798
105	106	86.228	53.49	82.639	51.259	73.294	45.464
106	107	69.289	42.976	66.241	41.081	58.896	36.528
107	108	19.101	11.838	23.741	14.713	16.236	10.062
107	109	19.101	11.838	23.741	14.713	16.236	10.062
109	110	12.512	7.754	9.139	5.664	10.635	6.591
111	112	215.333	134.183	161.094	100.264	183.035	114.039
112	113	154.335	96.151	97.298	60.543	131.186	81.714
112	122	154.335	96.151	97.298	60.543	131.186	81.714
113	114	148.677	92.429	86.232	53.575	126.376	78.556
114	115	125.241	77.802	57.818	35.927	106.455	66.125
115	116	101.483	62.964	57.818	35.871	86.26	53.517
116	117	80.644	50.007	36.117	22.406	68.547	42.505
117	118	48.085	29.823	36.117	22.402	40.872	25.348
118	119	13.586	8.42	1.913	1.185	11.548	7.157
118	120	13.586	8.42	1.913	1.185	11.548	7.157
120	121	20.984	13.005	19.706	12.213	17.836	11.054
122	123	44.212	27.478	46.966	29.179	37.582	23.357
123	124	39.129	24.309	39.375	24.453	33.261	20.663
124	125	27.845	17.274	23.815	14.775	23.67	14.684
125	126	25.611	15.886	23.441	14.539	21.771	13.504
126	127	20.287	12.578	18.766	11.634	17.245	10.692
127	128	10.519	6.519	9.288	5.756	8.942	5.542
128	129	5.823	3.609	4.739	2.937	4.95	3.068

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

Saluran		R		S		T	
from	to	P	Q	P	Q	P	Q
1	2	32.08073	21.85125	36.97088	24.32055	25.72051	18.99913
2	3	0.00114	0.00052	0.00104	0.00047	0.00095	0.00043
2	4	0.00114	0.00052	0.00104	0.00047	0.00095	0.00043
4	5	5.44468	3.74070	6.26555	4.15627	4.35979	3.25382
5	6	0.00253	0.00111	0.00170	0.00074	0.00210	0.00092
5	7	0.00253	0.00111	0.00170	0.00074	0.00210	0.00092
7	8	5.63397	3.91254	6.54318	4.37745	4.50575	3.40553
6	9	0.00660	0.00275	0.00948	0.00350	0.00554	0.00231
8	14	0.00660	0.00275	0.00948	0.00350	0.00554	0.00231
9	10	0.00022	0.00009	0.00039	0.00015	0.00018	0.00008
9	11	0.00022	0.00009	0.00039	0.00015	0.00018	0.00008
11	12	0.00014	0.00006	0.00018	0.00007	0.00012	0.00007
11	13	0.00014	0.00006	0.00018	0.00007	0.00012	0.00007
14	15	2.87011	2.03130	3.34299	2.27573	2.29011	1.76941
15	16	0.00297	0.00122	0.00169	0.00068	0.00245	0.00101
15	17	0.00297	0.00122	0.00169	0.00068	0.00245	0.00101
17	18	0.02312	0.00918	0.03351	0.00531	0.01911	0.00740
17	20	0.02312	0.00918	0.03351	0.00531	0.01911	0.00740
18	19	0.00702	0.00279	0.00451	0.00177	0.00581	0.00231
20	21	20.98251	15.33622	24.51916	17.42397	16.48105	13.27623
21	22	4.76732	3.51997	5.67881	4.06675	3.78959	3.07382
22	23	0.00178	0.02756	0.17620	0.05799	0.04950	0.02350
22	40	0.00178	0.02756	0.17620	0.05799	0.04950	0.02350
23	24	0.09174	0.03050	0.21523	0.07079	0.07616	0.26111
24	25	0.10471	0.03522	0.28732	0.09442	0.08957	0.23023
25	26	0.00027	0.00009	0.00029	0.00010	0.00023	0.00008
26	27	0.00027	0.00009	0.00029	0.00010	0.00023	0.00008

GAMBAR 4-15 TAMPILAN HASIL RUGI DAYA ANTAR SALURAN  
SETELAH OPTIMASI

Pada gambar 4-15 memperlihatkan hasil rugi daya antar saluran yang diakibatkan rugi-rugi saluran, dimana setelah dilakukan optimasi terjadi penurunan rugi daya, Tabel 4-10 memperlihatkan nilai rugi daya tiap saluran setelah optimasi.

Tabel 4-10  
Rugi Daya Tiap Saluran Penyulang Tumpang  
Setelah Optimasi

Saluran from	To	R		S		T	
		P	Q	P	Q	P	Q
1	2	32.08073	21.85125	36.97088	24.32055	25.72051	18.99913
2	3	0.00114	0.00052	0.00104	0.00047	0.00095	0.00043
2	4	0.00114	0.00052	0.00104	0.00047	0.00095	0.00043
4	5	5.44468	3.74070	6.26555	4.15627	4.35979	3.25382
5	6	0.00253	0.00111	0.00170	0.00074	0.00210	0.00092
5	7	0.00253	0.00111	0.00170	0.00074	0.00210	0.00092
7	8	5.63397	3.91254	6.54318	4.37745	4.50575	3.40553

8	9	0.0066	0.00275	0.00848	0.0035	0.00554	0.00231
8	14	0.0066	0.00275	0.00848	0.0035	0.00554	0.00231
9	10	0.00022	0.00009	0.00038	0.00015	0.00018	0.00008
9	11	0.00022	0.00009	0.00038	0.00015	0.00018	0.00008
11	12	0.00014	0.00006	0.00018	0.00007	0.00012	0.00005
11	13	0.00014	0.00006	0.00018	0.00007	0.00012	0.00005
14	15	2.87031	2.0313	3.34299	2.27573	2.29011	1.76941
15	16	0.00297	0.00122	0.00168	0.00068	0.00245	0.00101
15	17	0.00297	0.00122	0.00168	0.00068	0.00245	0.00101
17	18	0.02312	0.00918	0.01351	0.00531	0.01911	0.0076
17	20	0.02312	0.00918	0.01351	0.00531	0.01911	0.0076
18	19	0.00702	0.00279	0.00451	0.00177	0.00581	0.00231
20	21	20.98251	15.33622	24.91916	17.42397	16.68105	13.37633
21	22	4.76732	3.51997	5.67881	4.00675	3.78595	3.07082
22	23	0.08178	0.02756	0.1762	0.05799	0.0695	0.0235
22	40	0.08178	0.02756	0.1762	0.05799	0.0695	0.0235
23	24	0.09176	0.0309	0.21523	0.07079	0.07816	0.02641
24	25	0.10471	0.03522	0.28732	0.09442	0.08957	0.03023
25	26	0.00027	0.00009	0.00029	0.0001	0.00023	0.00008
25	27	0.00027	0.00009	0.00029	0.0001	0.00023	0.00008
27	28	0.03737	0.01256	0.11022	0.03621	0.03203	0.0108
28	29	0.00604	0.00203	0.06071	0.01991	0.00537	0.00181
28	31	0.00604	0.00203	0.06071	0.01991	0.00537	0.00181
29	30	0.00343	0.00115	0.00564	0.00186	0.00289	0.00098
31	32	0.01959	0.0066	0.01251	0.00412	0.0162	0.00548
31	33	0.01959	0.0066	0.01251	0.00412	0.0162	0.00548
33	34	0.01742	0.00587	0.01876	0.00617	0.01456	0.00492
34	35	0.00901	0.00304	0.00807	0.00266	0.0075	0.00254
34	38	0.00901	0.00304	0.00807	0.00266	0.0075	0.00254
35	36	0.00031	0.0001	0.00017	0.00006	0.00026	0.00009
35	37	0.00031	0.0001	0.00017	0.00006	0.00026	0.00009
38	39	0.00413	0.00139	0.00679	0.00223	0.00349	0.00118
40	41	2.45594	2.23035	2.29766	2.16043	1.8903	1.94179
41	42	0.48839	0.45327	0.45964	0.44107	0.37476	0.39468
42	43	0.5301	0.80588	0.54481	0.83062	0.37024	0.69912
42	68	0.5301	0.80588	0.54481	0.83062	0.37024	0.69912
43	44	0.29562	0.54115	0.34544	0.59262	0.19501	0.46898
44	45	0.01611	0.0378	0.01942	0.04168	0.00952	0.03264
45	46	0.00029	0.00009	0.0003	0.00009	0.00024	0.00008
45	47	0.00029	0.00009	0.0003	0.00009	0.00024	0.00008
47	48	0.00903	0.0278	0.01038	0.0299	0.00443	0.02389
48	49	-0.16072	-0.00728	-0.17212	0.00949	-0.16271	-0.03334
48	52	-0.16072	-0.00728	-0.17212	0.00949	-0.16271	-0.03334
49	50	-0.06096	-0.03481	-0.06711	-0.03013	-0.06044	-0.04357
50	51	-0.05945	-0.06418	-0.07075	-0.05423	-0.05869	-0.07249
52	53	0.01366	0.00426	0.01409	0.00428	0.0114	0.00357

52	59	0.01366	0.00426	0.01409	0.00428	0.0114	0.00357
53	54	0.00041	0.00013	0.00036	0.00011	0.00034	0.00011
53	55	0.00041	0.00013	0.00036	0.00011	0.00034	0.00011
55	56	0.00184	0.00057	0.00376	0.00114	0.00156	0.00049
55	57	0.00184	0.00057	0.00376	0.00114	0.00156	0.00049
57	58	0.0123	0.00383	0.01042	0.00316	0.01022	0.0032
59	60	0.01237	0.00386	0.01104	0.00336	0.01029	0.00323
60	61	0	0	0	0	0	0
60	62	0	0	0	0	0	0
62	63	0	0	0	0	0	0
62	64	0	0	0	0	0	0
64	65	0	0	0	0	0	0
64	66	0	0	0	0	0	0
66	67	0.00073	0.00023	0.0007	0.00021	0.00061	0.00019
68	69	2.05838	0.60376	1.96059	0.56122	1.71459	0.50617
69	70	0.00029	0.00009	0.00024	0.00008	0.00024	0.00008
69	71	0.00029	0.00009	0.00024	0.00008	0.00024	0.00008
71	72	1.54864	0.45328	1.47708	0.42194	1.29001	0.38004
72	73	0.24397	0.07127	0.23263	0.06632	0.20322	0.05975
73	74	4.72232	1.37648	4.41422	1.25466	3.93199	1.15366
74	75	1.95186	0.56793	1.83829	0.52167	1.62544	0.47608
75	76	1.76932	0.51397	1.64338	0.4655	1.47299	0.43074
76	77	0.04231	0.01245	0.04214	0.01206	0.03527	0.01044
76	103	0.04231	0.01245	0.04214	0.01206	0.03527	0.01044
77	78	0.01532	0.00456	0.01119	0.00324	0.0127	0.0038
77	82	0.01532	0.00456	0.01119	0.00324	0.0127	0.0038
77	96	0.01532	0.00456	0.01119	0.00324	0.0127	0.0038
78	79	0.00457	0.00136	0.00442	0.00128	0.0038	0.00114
79	80	0.00047	0.00014	0.00055	0.00016	0.0004	0.00012
79	81	0.00047	0.00014	0.00055	0.00016	0.0004	0.00012
82	83	0.12867	0.03756	0.13562	0.0385	0.10742	0.03155
83	84	0.16816	0.04893	0.18277	0.05173	0.14047	0.04114
84	85	0.00028	0.00008	0.00028	0.00008	0.00024	0.00007
84	86	0.00028	0.00008	0.00028	0.00008	0.00024	0.00007
86	87	0.02809	0.00816	0.02766	0.00781	0.02342	0.00685
87	88	0.114	0.03304	0.121	0.03411	0.09518	0.02776
88	89	0.00086	0.00025	0.0009	0.00025	0.00071	0.00021
89	90	0.00878	0.00255	0.00453	0.00128	0.00723	0.00211
89	92	0.00878	0.00255	0.00453	0.00128	0.00723	0.00211
90	91	0.00395	0.00115	0.00146	0.00041	0.00323	0.00094
92	93	0.00051	0.00015	0.00079	0.00022	0.00043	0.00013
92	94	0.00051	0.00015	0.00079	0.00022	0.00043	0.00013
94	95	0.00047	0.00014	0.0011	0.00031	0.0004	0.00012
96	97	0.01949	0.00577	0.02139	0.00616	0.01628	0.00485
97	98	0.00579	0.00172	0.00469	0.00135	0.0048	0.00143
97	99	0.00579	0.00172	0.00469	0.00135	0.0048	0.00143

99	100	0.00176	0.00052	0.00354	0.00102	0.0015	0.00044
100	101	0.00009	0.00003	0.00014	0.00004	0.00008	0.00002
101	102	0.00005	0.00002	0.00009	0.00002	0.00005	0.00001
103	104	0.12625	0.03611	0.10357	0.02892	0.10483	0.0302
104	105	0.01709	0.00495	0.01825	0.00514	0.01427	0.00416
104	111	0.01709	0.00495	0.01825	0.00514	0.01427	0.00416
105	106	0.12158	0.03515	0.12066	0.03395	0.10136	0.0295
106	107	0.01502	0.00434	0.01486	0.00418	0.01252	0.00364
107	108	0.00064	0.00018	0.0009	0.00025	0.00053	0.00016
107	109	0.00064	0.00018	0.0009	0.00025	0.00053	0.00016
109	110	0.00115	0.00033	0.00079	0.00022	0.00095	0.00028
111	112	0.25215	0.07163	0.17924	0.04973	0.2088	0.05976
112	113	0.10173	0.02883	0.05766	0.01597	0.0839	0.02396
112	122	0.10173	0.02883	0.05766	0.01597	0.0839	0.02396
113	114	0.2076	0.0588	0.10552	0.02919	0.1709	0.04878
114	115	0.09988	0.02824	0.03785	0.01044	0.08186	0.02333
115	116	0.10924	0.03082	0.05425	0.01495	0.0899	0.02556
116	117	0.04047	0.01141	0.01475	0.00406	0.03315	0.00942
117	118	0.00616	0.00173	0.0044	0.00121	0.0051	0.00145
118	119	0.00379	0.00107	0.00035	0.0001	0.00306	0.00087
118	120	0.00379	0.00107	0.00035	0.0001	0.00306	0.00087
120	121	0.00639	0.00179	0.00616	0.00169	0.00532	0.00151
122	123	0.01819	0.00518	0.02075	0.00576	0.01521	0.00436
123	124	0.01907	0.00543	0.02022	0.0056	0.01592	0.00456
124	125	0.04024	0.01141	0.03424	0.00945	0.03344	0.00955
125	126	0.00333	0.00094	0.00311	0.00086	0.00277	0.00079
126	127	0.00824	0.00233	0.00779	0.00215	0.00686	0.00196
127	128	0.0047	0.00133	0.00417	0.00115	0.00391	0.00111
128	129	0.00017	0.00005	0.00013	0.00004	0.00014	0.00004



14. Gerakan scroll ke bawah untuk melihat tampilan hasil jumlah Rugi Daya setelah optimasi dengan menggunakan metode RCGA ( *Real Coded Genetic Algorithm* )

GAMBAR 4-16 TAMPILAN HASIL JUMLAH RUGI DAYA SETELAH OPTIMASI MENGGUNAKAN METODE RCGA ( *REAL CODED GENETIC ALGORITHM* )

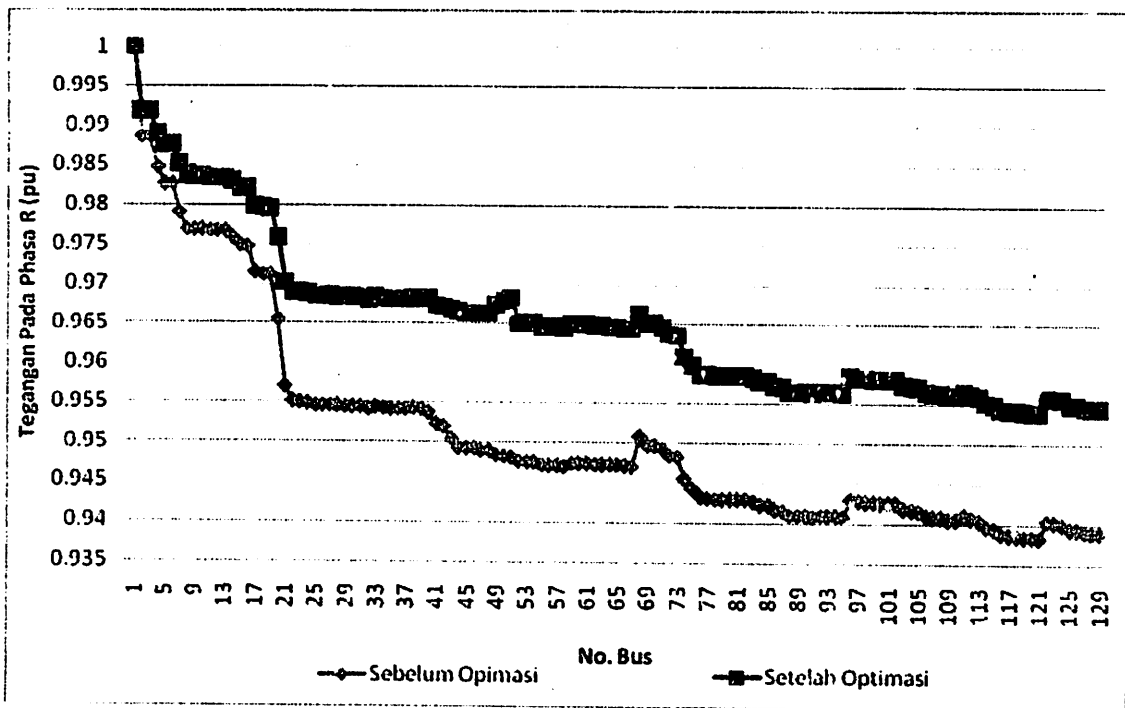
Berikut adalah hasil dari program dengan *metode RCGA ( Real Coded Genetic Algorithm )* setelah dilakukan penempatan kapasitor pada jaringan 20kV sistem distribusi radial di Penyulang Tumpang Pakis, Malang.

TABEL 4-11

**HASIL PROGRAM MENGGUNAKAN METODE RCGA  
( REAL CODED GENETIC ALGORITHM )**

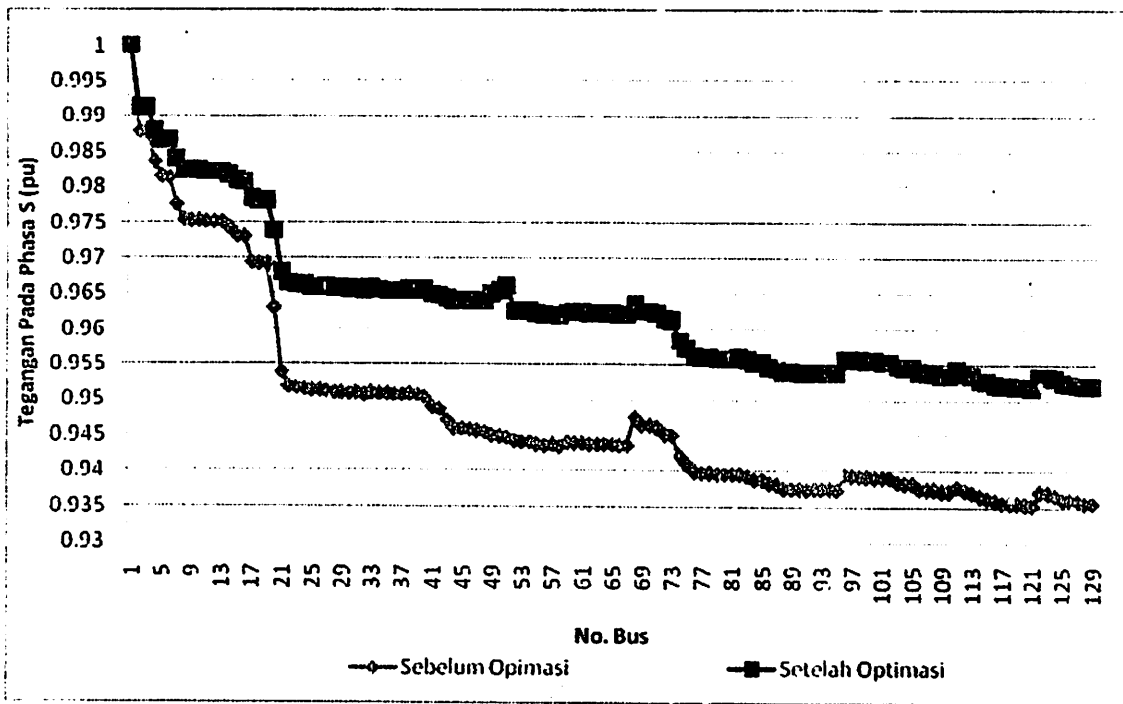
No	Keterangan	Sebelum penempatan					
		R		S		T	
1	Tegangan terendah	V (pu)	kV	V (pu)	kV	V (pu)	kV
		0,9382	18,7656	0,9353	18,7068	0,9392	18,7840
2	Rugi Daya ( kVA )	125.2433+38.92044i		125.2435+38.92048i		125.2435+38.92048i	
		Sesudah penempatan					
		R		S		T	
3	Tegangan terendah	V (pu)	kV	V (pu)	kV	V (pu)	kV
		0,9538	19,0760	0,9516	19,0338	0,9554	19,1082
4	Rugi Daya ( kVA )	90.54782+59.54589i		90.54796+59.54593i		90.54796+59.54593i	
5	Lokasi dan letak penempatan kapsitor			Bus		Kapasitas ( kVAR )	
				42		200	
				51		150	

Pada gambar 4-1 memperlihatkan gambar grafik tegangan pada *phasa R*, sebelum dan setelah optimasi.



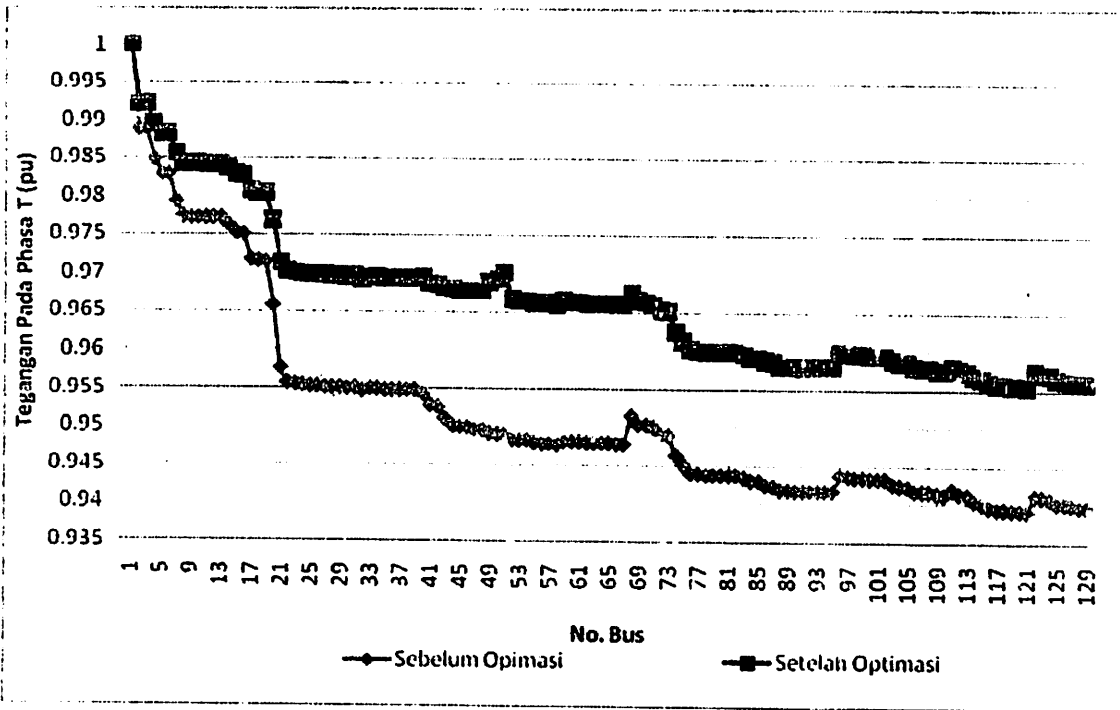
**GRAFIK 4-1 TEGANGAN PADA PHASA R TERHADAP TEGANGAN AWAL  
SEBELUM DAN SETELAH OPTIMASI**

Pada gambar 4-2 memperlihatkan gambar grafik tegangan pada *phasa S*, sebelum dan setelah optimasi.



**GRAFIK 4-2 TEGANGAN PADA PHASA S TERHADAP TEGANGAN AWAL SEBELUM DAN SETELAH OPTIMASI**

Pada gambar 4-3 memperlihatkan gambar grafik tegangan pada *phasa T*, sebelum dan setelah optimasi.

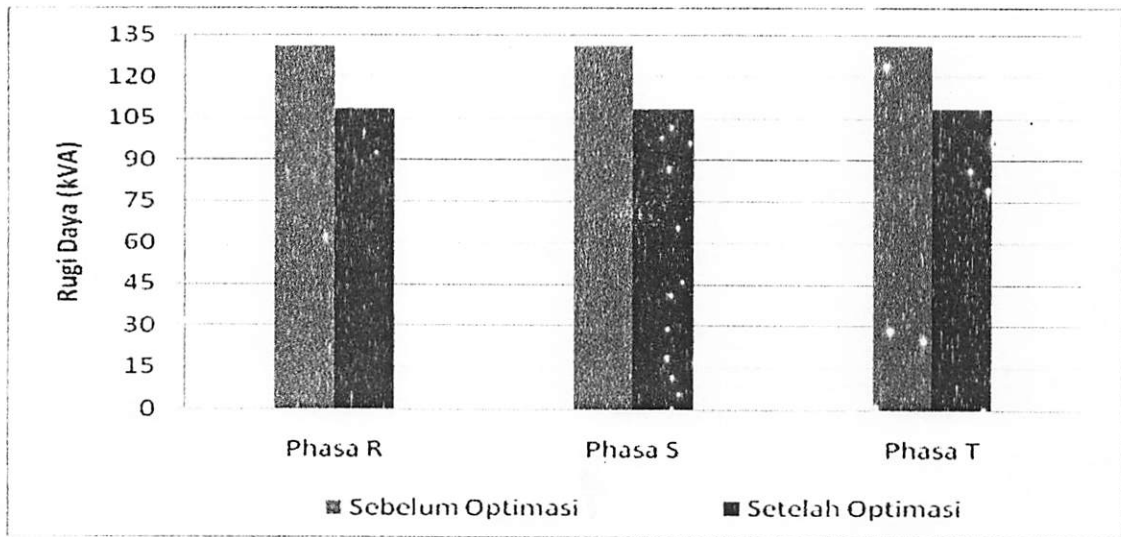


**GRAFIK 4-3 TEGANGAN PADA PHASA T TERHADAP TEGANGAN AWAL SEBELUM DAN SETELAH OPTIMASI**

Grafik 4-1, 4-2, dan 4-3 adalah grafik perbandingan tegangan tiap bus terhadap tegangan awal, sebelum dan sesudah dikompensasi dapat terlihat bahwa tegangan terendah terjadi pada bus 121 untuk *phasa R* sebesar 0.93828 pu atau 18,7656 kV, untuk *phasa S* sebesar 0.93534 atau 18,7068 kV dan untuk *phasa T* sebesar 0.93920 atau 18,7840 setelah dilakukan kompensasi untuk *phasa R* naik menjadi 0.95380 pu atau 19,076 kV untuk *phasa S* naik menjadi 0.95169 pu atau 19,0338 kV dan untuk kenaikan

*phasa T* sebesar  $0.95541$  pu atau  $19,1082$  kV Dimana batas tegangan yang diijinkan oleh PLN adalah sebesar  $0.95$  pu sampai  $1.05$  pu.

Pada gambar 4-4 memperlihatkan gambar grafik rugi daya pada *phasa R, S dan T* sebelum dan setelah optimasi.



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

Dari grafik 4-2 terlihat bahwa penurunan rugi daya untuk *phasa R* adalah  $22,8079$  kVA dari  $131,1513$  kVA menjadi  $108,3434$  kVA, sehingga terjadi penurunan sebesar  $17,39\%$ . Untuk *phasa S* adalah  $22,7788$  kVA dari  $131,1514$  kVA menjadi  $108,3726$  kVA, sehingga terjadi penurunan sebesar  $17,36\%$  dan untuk *phasa T* adalah  $22,7789$  kVA dari  $131,1515$  kVA menjadi  $108,3726$  kVA sehingga terjadi penurunan sebesar  $17,36\%$ .

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan analisa perhitungan penempatan kapasitor pada jaringan distribusi 20 kV type Radial, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan load flow pada penyulang Tumpang tegangan paling rendah terjadi pada bus ke-121, untuk *phasa R* besarnya  $0.9382 pu$  atau  $18,7640 kV$ , untuk *phasa S* besarnya  $0.9353 pu$  atau  $18,7060 kV$  dan untuk *phasa T* besarnya  $0.9392 pu$  atau  $18,7840 kV$ . Setelah kompensasi profil tegangan pada semua bus penyulang Tumpang bertambah baik. Pada bus ke-121, untuk phasa R besarnya menjadi  $0.9538 pu$  atau  $19.0760 kV$ , untuk phasa S besarnya  $0.9516 pu$  atau  $19,0320 kV$  dan untuk phasa T besarnya  $0.9554 pu$  atau  $19,1080 kV$ .
2. Rugi-rugi daya mengalami penurunan yaitu sebelum kompensasi untuk phasa R sebesar untuk *phasa R* adalah  $125,2433+38,92044i kVA$ , Untuk *phasa S* adalah  $125,2435+38,92048i kVA$  dan untuk *phasa T* adalah  $125,2435+38,92048i kVA$ . Setelah kompensasi untuk *phasa R* sebesar  $90,54782+59,54589i kVA$ , Untuk *phasa S* sebesar  $90,54796+59,54593i kVA$  dan untuk *phasa T* sebesar  $90,5479+59,54593ikVA$ .

3. Berdasarkan hasil perhitungan dengan metode *RCGA ( Real Coded Genetic Algorithm )* letak kapasitor yang optimal terletak pada bus 42 dan bus 51. Dimana pada bus 42 kapasitas kapasitor yang terpasang sebesar 200 kVAR dan untuk bus 51 kapasitas kapasitor yang terpasang 150 kVAR.

## **5.2. SARAN**

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

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

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



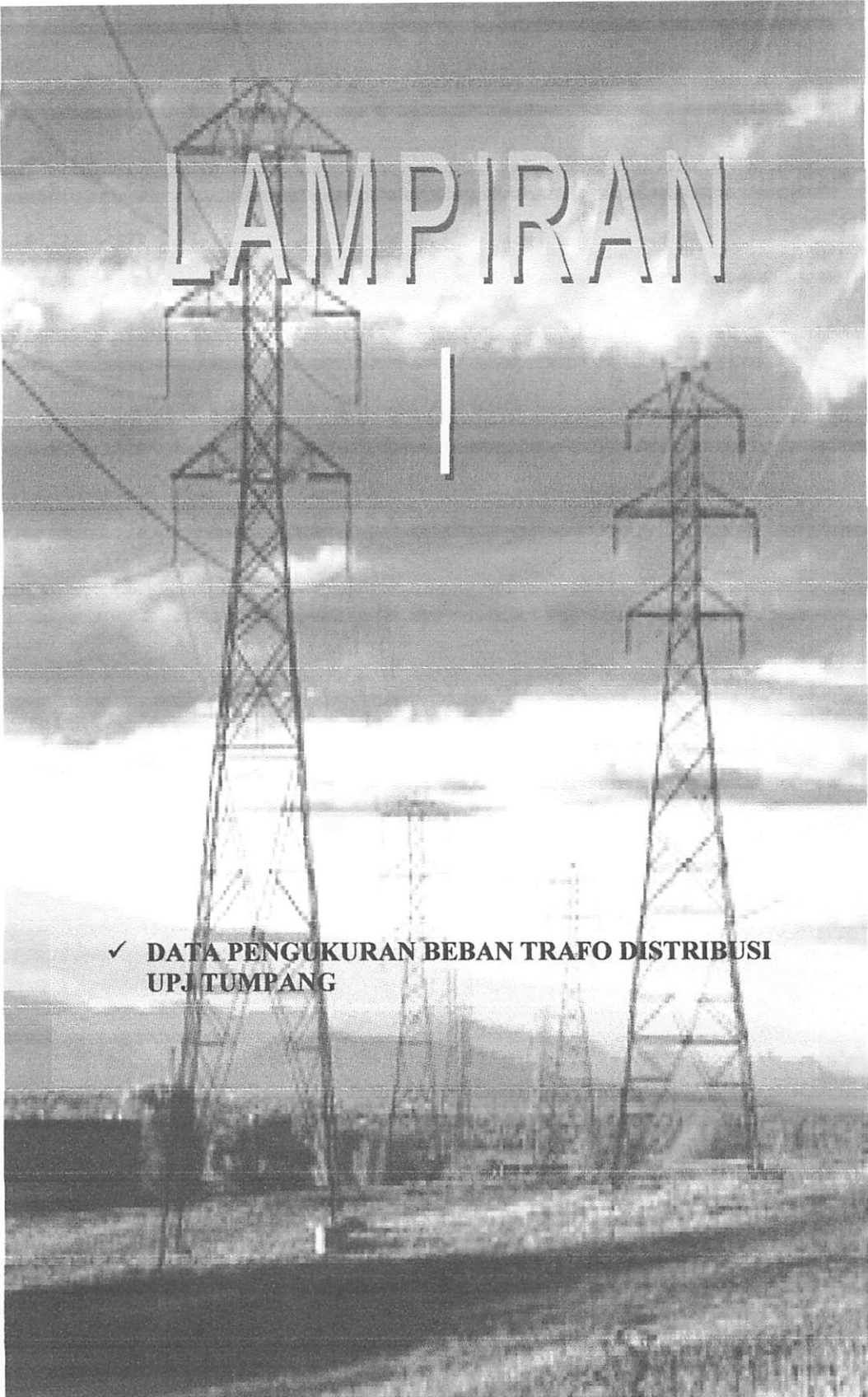
## DAFTAR PUSTAKA

- [1] John J. Grainger and William D. Stevenson, JR, "*Power System Analysis*", Mc. Graw-Hill International Editions Electrical Engineering Series.
- [2] Santos, J.R.- EXPOSITO, A.G.- RAMOS, J.L.M.: *A Reduced-size Genetic Algorithm For Optimal Capacitor Placement on Distribution Feeders*, IEEE MELECON 2004, May 12-15, 2004, Duvbronik, Croatia, pp.963-966
- [3] M. E. Baran and F. F. Wu, "*Optimal Sizing of Capacitors Placed on A Radial Distribution System*", *IEEE Trans. Power Delivery*, Vol 4, pp. 735-743, Jan. 1989.
- [4] Ramon A. Gallego, Alcir Jose Monticelli, and Ruben Romero, "*Optimal Capacitor Placement in Radial Distribution Networks*", *IEEE Trans. On Power System*, Vol. 16, No. 4, November 2001.
- [5] Hasan Basri, "*Sistem Distribusi Tenaga Listrik*".
- [5] CARPINELLI, G.-VARILONE, P.-Di VITO, V.-ABUR, A.: *Capacitor Placement in Three-phase Distribution Systems with nonlinear and Unbalanced Loads*, *IEEE Proc.-Gener. Trans. Distrib*, 152 No. 1 (2005), 47-52.

# LAMPIRAN

I

✓ **DATA PENGUKURAN BEBAN TRAFODISTRIBUSI  
UPJ TUMPANG**





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

## PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

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

Hari : Rabu  
Tanggal : 24 September 2008

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

1. Nama : PADANG JUMADI
2. NIM : 01.12.141
3. Jurusan : Teknik Elektro
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi : OPTIMASI PENEMPATAN KAPASITOR SHUNT PADA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20 kV TYPE RADIAL DENGAN MENGGUNAKAN METODE RCGA ( *REAL CODED GENETIC ALGORITHM* ) DI GI. PAKIS, MALANG

Perbaikan meliputi :

No	Materi Perbaikan	Ket
1.	Tujuan	
2.	Kesimpulan	
3.	Validasi	

Anggota Penguji

Ir. Teguh Herbasuki, MT  
NIP. P.1038900209

Dosen Pembimbing I

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

Dosen Pembimbing II

Ir. Eko Nurcahyo  
NIP. Y. 1028700172



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

## BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama Mahasiswa : PADANG JUMADI  
N.I.M. : 01.12.141  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik  
Judul Skripsi : OPTIMASI PENEMPATAN KAPASITOR SHUNT PADA  
JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20 kV TYPE RADIAL  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE RCGA ( *REAL  
CODED GENETIC ALGORITHM* ) DI GI. PAKIS, MALANG

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

Hari : Rabu  
Tanggal : 24 September 2008  
Dengan Nilai : 77,50 (B+)

### Panitia Ujian Skripsi



Ketua Majelis Penguji

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

Sekretaris Majelis Penguji

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

### Anggota Penguji

Penguji Pertama

(Ir. H. Taufik Hidayat, MT)  
NIP. P. 1018700151

Penguji Kedua

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

**ETAP PowerStation**  
4.0.0C

Page: 1  
Date: 11-13-2008

Study Case

SN: KLGCONSULT  
LF Revision: Base  
Config.: Normal

TUMPANG\_129BUS

ETAP PowerStation  
4000

Page: 1  
Date: 11-13-2008

Study Case

SN: KLGCONSULT  
LF Revision: Base  
Config: Normal

TUMPANG\_129BUS

LOAD FLOW REPORT

Bus	Voltage			Generation		Motor Load		Static Load		ID	Load Flow				XFMR	
	kV	%Mag	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar		MW	Mvar	Amp	% PF	% Tap	
20.000	100.000	0.0	6.404	3.832	0	0	0	0	0	Bus2	6.404	3.832	215	85.81		
20.000	98.980	-0.4	0	0	0	0	0	0	0	Bus1	-6.365	-3.749	215	86.16		
										Bus3	0.048	0.029	1	85.00		
										Bus4	6.318	3.719	213	86.17		
20.000	98.976	-0.4	0	0	0	0	0.048	0.029	0	Bus2	-0.048	-0.029	1	85.00		
20.000	98.614	-0.5	0	0	0	0	0.101	0.063	0	Bus2	-6.304	-3.690	213	86.30		
										Bus5	6.202	3.627	210	86.32		
20.000	98.438	-0.6	0	0	0	0	0	0	0	Bus4	-6.196	-3.613	210	86.38		
										Bus6	0.096	0.060	3	85.00		
										Bus7	6.099	3.553	207	86.41		
20.000	98.434	-0.6	0	0	0	0	0.096	0.060	0	Bus5	-0.096	-0.060	3	85.00		
20.000	98.108	-0.7	0	0	0	0	0.058	0.036	0	Bus5	-6.087	-3.527	207	86.52		
										Bus8	6.029	3.492	205	86.54		
20.000	97.921	-0.8	0	0	0	0	0	0	0	Bus7	-6.022	-3.477	205	86.60		
										Bus9	0.159	0.099	5	84.99		
										Bus14	5.863	3.378	199	86.65		
20.000	97.911	-0.8	0	0	0	0	0	0	0	Bus8	-0.159	-0.099	5	85.00		
										Bus10	0.049	0.030	1	85.00		
										Bus11	0.110	0.068	3	85.00		
20.000	97.909	-0.8	0	0	0	0	0.049	0.030	0	Bus9	-0.049	-0.030	1	85.00		
20.000	97.901	-0.8	0	0	0	0	0	0	0	Bus9	-0.110	-0.068	3	85.00		
										Bus12	0.087	0.054	3	85.00		
										Bus13	0.023	0.014	0	85.00		
20.000	97.901	-0.8	0	0	0	0	0.087	0.054	0	Bus11	-0.087	-0.054	3	85.00		
20.000	97.901	-0.8	0	0	0	0	0.023	0.014	0	Bus11	-0.023	-0.014	0	85.00		
20.000	97.830	-0.9	0	0	0	0	0.091	0.056	0	Bus8	-5.860	-3.372	199	86.68		
										Bus15	5.770	3.315	196	86.70		
20.000	97.730	-0.9	0	0	0	0	0	0	0	Bus14	-5.766	-3.308	196	86.74		
										Bus16	0.065	0.040	2	85.00		
										Bus17	5.701	3.268	194	86.76		
20.000	97.724	-0.9	0	0	0	0	0.065	0.040	0	Bus15	-0.065	-0.040	2	85.00		
20.000	97.415	-1.0	0	0	0	0	0	0	0	Bus15	-5.690	-3.244	194	86.87		
										Bus18	0.176	0.109	6	84.99		
										Bus20	5.514	3.135	187	86.93		
20.000	97.395	-1.0	0	0	0	0	0.072	0.045	0	Bus17	-0.176	-0.109	6	85.00		
										Bus19	0.104	0.064	3	85.00		
20.000	97.384	-1.0	0	0	0	0	0.104	0.064	0	Bus18	-0.104	-0.064	3	85.00		
20.000	96.870	-1.3	0	0	0	0	0.109	0.067	0	Bus17	-5.496	-3.096	187	87.13		
										Bus21	5.387	3.029	184	87.17		
20.000	96.096	-1.6	0	0	0	0	0.084	0.052	0	Bus20	-5.361	-2.974	184	87.45		
										Bus22	5.277	2.922	181	87.49		
20.000	95.917	-1.7	0	0	0	0	0	0	0	Bus21	-5.271	-2.909	181	87.55		
										Bus23	1.110	0.688	39	84.98		
										Bus40	4.162	2.221	141	88.22		
20.000	95.906	-1.7	0	0	0	0	0.098	0.061	0	Bus22	-1.110	-0.688	39	84.98		
										Bus24	1.012	0.628	35	84.98		
20.000	95.892	-1.7	0	0	0	0	0.118	0.073	0	Bus23	-1.012	-0.628	35	84.98		
										Bus25	0.894	0.554	31	84.98		
20.000	95.873	-1.7	0	0	0	0	0	0	0	Bus24	-0.894	-0.554	31	84.99		
										Bus26	0.047	0.029	1	85.00		
										Bus27	0.846	0.525	29	84.99		
20.000	95.872	-1.7	0	0	0	0	0.047	0.029	0	Bus25	-0.047	-0.029	1	85.00		
20.000	95.869	-1.7	0	0	0	0	0.061	0.038	0	Bus25	-0.846	-0.525	29	84.99		
										Bus28	0.785	0.487	27	84.99		
20.000	95.862	-1.7	0	0	0	0	0	0	0	Bus27	-0.785	-0.487	27	84.99		
										Bus29	0.218	0.135	7	85.00		
										Bus31	0.567	0.352	20	84.99		
20.000	95.859	-1.7	0	0	0	0	0.116	0.072	0	Bus28	-0.218	-0.135	7	85.00		
										Bus30	0.102	0.063	3	85.00		
20.000	95.852	-1.7	0	0	0	0	0.102	0.063	0	Bus29	-0.102	-0.063	3	85.00		
20.000	95.857	-1.7	0	0	0	0	0	0	0	Bus28	-0.567	-0.352	20	84.99		
										Bus32	0.063	0.039	2	84.99		
										Bus33	0.504	0.313	17	84.99		

F:\AP PowerStation  
-4.0.0C

Page: 1  
Date: 11-13-2008

TUMPANG\_129BUS

Study Case

SN: KLGCONSULT Revision: Base  
LF  
Config: Normal

20.000	95.822	-1.7	0	0	0	0	0.063	0.039	Bus31	-0.063	-0.039	2	85.00
20.000	95.851	-1.7	0	0	0	0	0.143	0.089	Bus31	-0.504	-0.313	17	84.99
20.000	95.841	-1.7	0	0	0	0	0	0	Bus34	0.361	0.224	12	84.99
20.000	95.827	-1.7	0	0	0	0	0	0	Bus33	-0.361	-0.224	12	84.99
									Bus35	0.108	0.067	3	84.99
									Bus38	0.253	0.157	8	84.99
									Bus34	-0.108	-0.067	3	85.00
									Bus36	0.047	0.029	1	85.00
									Bus37	0.061	0.038	2	85.00
20.000	95.826	-1.7	0	0	0	0.047	0.029	0.029	Bus35	-0.047	-0.029	1	85.00
20.000	95.823	-1.7	0	0	0	0.061	0.038	0.038	Bus35	-0.061	-0.038	2	85.00
20.000	95.830	-1.7	0	0	0	0.105	0.065	0.065	Bus34	-0.253	-0.157	8	85.00
20.000	95.824	-1.7	0	0	0	0.147	0.091	0.091	Bus39	0.147	0.091	5	85.00
20.000	95.784	-1.7	0	0	0	0.093	0.058	0.058	Bus22	-0.147	-0.091	5	85.00
20.000	95.652	-1.8	0	0	0	0.099	0.061	0.061	Bus41	-4.158	-2.214	141	88.27
20.000	95.625	-1.8	0	0	0	0.000	-0.229	-0.229	Bus41	4.065	2.156	138	88.34
20.000	95.476	-1.9	0	0	0	0.085	0.053	0.053	Bus68	-4.061	-2.149	138	88.39
20.000	95.366	-1.9	0	0	0	0.129	0.080	0.080	Bus43	3.962	2.087	135	88.48
20.000	95.358	-1.9	0	0	0	0	0	0	Bus42	-3.962	-2.086	135	88.49
20.000	95.357	-1.9	0	0	0	0.071	0.044	0.044	Bus46	1.314	0.649	44	89.66
20.000	95.332	-1.9	0	0	0	0.036	0.022	0.022	Bus45	2.648	1.665	94	84.65
20.000	95.326	-1.9	0	0	0	0	0	0	Bus47	-1.313	-0.647	44	89.71
20.000	95.301	-2.0	0	0	0	0.088	0.055	0.055	Bus49	1.228	0.594	41	90.02
20.000	95.298	-2.0	0	0	0	0.055	0.034	0.034	Bus49	-1.227	-0.592	41	90.06
20.000	95.300	-2.0	0	0	0	0.141	-0.083	-0.083	Bus50	1.098	0.512	36	90.63
20.000	95.173	-2.0	0	0	0	0	0	0	Bus48	-1.098	-0.512	36	90.63
20.000	95.166	-2.0	0	0	0	0	0	0	Bus44	0.071	0.044	2	85.00
20.000	95.165	-2.0	0	0	0	0.097	0.060	0.060	Bus47	1.028	0.469	34	90.99
20.000	95.129	-2.0	0	0	0	0	0	0	Bus52	-0.071	-0.044	2	85.00
20.000	95.120	-2.0	0	0	0	0.058	0.036	0.036	Bus55	-1.028	-0.468	34	91.00
20.000	95.122	-2.0	0	0	0	0.059	0.036	0.036	Bus55	0.992	0.446	32	91.20
20.000	95.105	-2.0	0	0	0	0.086	0.053	0.053	Bus58	-0.992	-0.446	32	91.20
20.000	95.154	-2.0	0	0	0	0.086	0.053	0.053	Bus57	0.284	0.006	8	99.98
20.000	95.146	-2.0	0	0	0	0	0	0	Bus50	-0.284	-0.006	8	99.98
									Bus48	0.196	-0.049	6	-97.03
									Bus53	-0.196	0.049	6	-97.02
									Bus59	0.141	-0.083	4	-86.17
									Bus52	-0.141	0.083	4	-86.17
									Bus54	-0.708	-0.439	25	84.98
									Bus55	0.300	0.186	10	84.98
									Bus56	0.407	0.253	14	84.98
									Bus57	-0.300	-0.186	10	84.99
									Bus58	0.097	0.060	3	85.00
									Bus59	0.203	0.126	7	84.98
									Bus60	-0.203	-0.126	7	84.99
									Bus61	0.058	0.036	2	85.00
									Bus62	0.145	0.090	5	84.99
									Bus63	-0.058	-0.036	2	85.00
									Bus64	-0.145	-0.090	5	85.00
									Bus65	0.086	0.053	3	84.99
									Bus66	-0.086	-0.053	3	85.00
									Bus67	-0.407	-0.253	14	84.99
									Bus68	0.321	0.199	11	84.98
									Bus69	-0.321	-0.199	11	84.98
									Bus70	0.030	0.018	1	85.00
									Bus71	0.292	0.181	10	84.98
									Bus72	-0.030	-0.018	1	85.00
									Bus73	-0.292	-0.181	10	84.99
									Bus74	0.020	0.012	0	85.00
									Bus75	0.272	0.168	9	84.99
									Bus76	-0.020	-0.012	0	85.00
									Bus77	-0.272	-0.168	9	84.99
									Bus78	0.056	0.035	1	85.00
									Bus79	0.216	0.134	7	84.99
									Bus80	-0.056	-0.035	1	85.00
									Bus81	-0.216	-0.134	7	85.00
									Bus82	0.133	0.082	4	85.00
									Bus83	-0.133	-0.082	4	85.00
									Bus84	-2.646	-1.661	94	84.69
									Bus85				
									Bus86				
									Bus87				
									Bus88				
									Bus89				
									Bus90				
									Bus91				
									Bus92				
									Bus93				
									Bus94				
									Bus95				
									Bus96				
									Bus97				
									Bus98				
									Bus99				
									Bus100				

ETAP PowerStation  
400C

Page: 1  
Date: 11-13-2008

1:  
2:  
r:  
c: TUMPANG\_129BUS

Study Case

SN: KLGCONSULT  
LF Revision: Base  
Config.: Normal

20.000	95.405	-1.9	0	0	0	0	0	0	0	Bus69	2.609	1.638	93	84.68
										Bus68	-2.607	-1.635	93	84.72
										Bus70	0.033	0.020	1	85.00
										Bus71	2.574	1.614	91	84.72
20.000	95.403	-1.9	0	0	0	0	0.033	0.020		Bus69	-0.033	-0.020	1	85.00
20.000	95.369	-1.9	0	0	0	0	0.036	0.022		Bus69	-2.574	-1.613	91	84.73
										Bus72	2.538	1.591	90	84.73
20.000	95.281	-1.9	0	0	0	0	0.065	0.041		Bus71	-2.536	-1.588	90	84.76
										Bus73	2.471	1.547	88	84.75
20.000	95.267	-1.9	0	0	0	0	0.077	0.048		Bus72	-2.470	-1.547	88	84.76
										Bus74	2.393	1.499	85	84.75
20.000	94.988	-2.0	0	0	0	0	0.077	0.048		Bus73	-2.389	-1.490	85	84.85
										Bus75	2.312	1.442	82	84.85
20.000	94.869	-2.1	0	0	0	0	0.100	0.062		Bus74	-2.311	-1.439	82	84.89
										Bus76	2.210	1.377	79	84.88
20.000	94.756	-2.1	0	0	0	0	0	0		Bus75	-2.209	-1.373	79	84.92
										Bus77	1.104	0.685	39	84.96
										Bus103	1.105	0.688	39	84.89
20.000	94.751	-2.1	0	0	0	0	0	0		Bus76	-1.104	-0.685	39	84.96
										Bus78	0.175	0.109	6	85.00
										Bus82	0.707	0.439	25	84.95
										Bus96	0.222	0.137	7	84.98
20.000	94.741	-2.1	0	0	0	0	0.095	0.059		Bus77	-0.175	-0.109	6	85.00
										Bus79	0.080	0.050	2	85.00
20.000	94.734	-2.1	0	0	0	0	0	0		Bus78	-0.080	-0.049	2	85.00
										Bus80	0.037	0.023	1	85.00
										Bus81	0.043	0.027	1	85.00
20.000	94.733	-2.1	0	0	0	0	0.037	0.023		Bus79	-0.037	-0.023	1	85.00
20.000	94.734	-2.1	0	0	0	0	0.043	0.027		Bus79	-0.043	-0.027	1	85.00
20.000	94.736	-2.1	0	0	0	0	0.107	0.066		Bus77	-0.707	-0.439	25	84.96
										Bus83	0.600	0.373	21	84.95
20.000	94.707	-2.1	0	0	0	0	0.102	0.063		Bus82	-0.600	-0.372	21	84.96
										Bus84	0.498	0.309	17	84.95
20.030	94.661	-2.2	0	0	0	0	0	0		Bus83	-0.498	-0.309	17	84.97
										Bus85	0.029	0.018	1	85.00
										Bus86	0.469	0.291	16	84.96
20.000	94.660	-2.2	0	0	0	0	0.029	0.018		Bus84	-0.029	-0.018	1	85.00
20.000	94.606	-2.2	0	0	0	0	0.090	0.056		Bus84	-0.468	-0.290	16	84.98
										Bus87	0.378	0.235	13	84.98
20.000	94.597	-2.2	0	0	0	0	0.103	0.064		Bus86	-0.378	-0.235	13	84.98
										Bus88	0.275	0.171	9	84.98
20.000	94.546	-2.2	0	0	0	0	0.048	0.030		Bus87	-0.275	-0.171	9	85.00
										Bus89	0.227	0.141	8	85.00
20.000	94.546	-2.2	0	0	0	0	0	0		Bus88	-0.227	-0.141	8	85.00
										Bus90	0.083	0.052	2	85.00
										Bus92	0.144	0.089	5	85.00
20.000	94.538	-2.2	0	0	0	0	0.042	0.026		Bus89	-0.083	-0.052	2	85.00
										Bus91	0.041	0.026	1	85.00
20.000	94.532	-2.2	0	0	0	0	0.041	0.026		Bus90	-0.041	-0.026	1	85.00
20.000	94.537	-2.2	0	0	0	0	0	0		Bus89	-0.144	-0.089	5	85.00
										Bus93	0.062	0.039	2	85.00
										Bus94	0.081	0.050	2	85.00
20.000	94.536	-2.2	0	0	0	0	0.062	0.039		Bus92	-0.062	-0.039	2	85.00
20.000	94.534	-2.2	0	0	0	0	0.025	0.015		Bus92	-0.081	-0.050	2	85.00
										Bus95	0.057	0.035	2	85.00
20.000	94.532	-2.2	0	0	0	0	0.057	0.035		Bus94	-0.057	-0.035	2	85.00
20.000	94.731	-2.1	0	0	0	0	0.052	0.032		Bus77	-0.222	-0.137	7	84.99
										Bus97	0.170	0.105	6	84.99
20.000	94.713	-2.1	0	0	0	0	0	0		Bus96	-0.170	-0.105	6	84.99
										Bus98	0.082	0.051	2	85.00
										Bus99	0.088	0.054	3	84.99
20.000	94.704	-2.1	0	0	0	0	0.082	0.051		Bus97	-0.082	-0.051	2	85.00
20.000	94.696	-2.1	0	0	0	0	0.041	0.025		Bus97	-0.088	-0.054	3	85.00
										Bus100	0.047	0.029	1	85.00
20.000	94.687	-2.2	0	0	0	0	0.034	0.021		Bus99	-0.047	-0.029	1	85.00
										Bus101	0.013	0.008	0	85.00
20.000	94.685	-2.2	0	0	0	0	0.007	0.004		Bus100	-0.013	-0.008	0	85.00
										Bus102	0.006	0.004	0	85.00
20.000	94.683	-2.2	0	0	0	0	0.006	0.004		Bus101	-0.006	-0.004	0	85.00
20.000	94.612	-2.2	0	0	0	0	0.102	0.063		Bus76	-1.104	-0.686	39	84.94
										Bus104	1.002	0.623	36	84.93



ETAP PowerStation  
4.0.0C

Page: 1  
Date: 11-13-2008

SN: KLGCONSULT  
LF Revision: Base  
Config: Normal

TUMPANG\_129BUS

Study Case

20.000	94.594	-2.2	0	0	0	0	0	0	0	0	Bus103	-1.002	-0.623	36	84.94
											Bus105	0.363	0.226	13	84.97
											Bus111	0.639	0.397	22	84.92
20.000	94.586	-2.2	0	0	0	0	0.067	0.041			Bus104	-0.363	-0.225	13	84.97
											Bus106	0.297	0.184	10	84.96
20.000	94.514	-2.2	0	0	0	0	0.055	0.034			Bus105	-0.297	-0.184	10	84.99
											Bus107	0.242	0.150	8	84.99
20.000	94.503	-2.2	0	0	0	0	0	0			Bus106	-0.242	-0.150	8	84.99
											Bus108	0.088	0.055	3	85.00
											Bus109	0.154	0.095	5	84.99
20.000	94.500	-2.2	0	0	0	0	0.088	0.055			Bus107	-0.088	-0.055	3	85.00
20.000	94.473	-2.2	0	0	0	0	0.122	0.076			Bus107	-0.154	-0.095	5	85.00
											Bus110	0.031	0.019	1	85.00
20.000	94.470	-2.2	0	0	0	0	0.031	0.019			Bus109	-0.031	-0.019	1	85.00
20.000	94.549	-2.2	0	0	0	0	0.024	0.015			Bus104	-0.638	-0.397	22	84.94
											Bus112	0.615	0.382	22	84.93
20.000	94.497	-2.2	0	0	0	0	0	0			Bus111	-0.614	-0.382	22	84.95
											Bus113	0.415	0.258	14	84.94
											Bus122	0.200	0.124	7	84.97
20.000	94.469	-2.2	0	0	0	0	0.026	0.016			Bus112	-0.415	-0.258	14	84.95
											Bus114	0.388	0.241	13	84.95
20.000	94.410	-2.3	0	0	0	0	0.076	0.047			Bus113	-0.388	-0.241	13	84.97
											Bus115	0.313	0.194	11	84.97
20.000	94.376	-2.3	0	0	0	0	0.053	0.033			Bus114	-0.313	-0.194	11	84.98
											Bus116	0.260	0.161	9	84.97
20.000	94.332	-2.3	0	0	0	0	0.063	0.039			Bus115	-0.259	-0.161	9	84.99
											Bus117	0.197	0.122	7	84.99
20.000	94.311	-2.3	0	0	0	0	0.055	0.034			Bus116	-0.197	-0.122	7	84.99
											Bus118	0.142	0.088	5	84.99
20.000	94.305	-2.3	0	0	0	0	0	0			Bus117	-0.142	-0.088	5	84.99
											Bus119	0.033	0.020	1	85.00
											Bus120	0.109	0.068	3	84.99
20.000	94.293	-2.3	0	0	0	0	0.033	0.020			Bus118	-0.033	-0.020	1	85.00
20.000	94.290	-2.3	0	0	0	0	0.048	0.030			Bus118	-0.109	-0.068	3	85.00
											Bus121	0.061	0.038	2	85.00
20.000	94.277	-2.3	0	0	0	0	0.061	0.038			Bus120	-0.061	-0.038	2	85.00
20.000	94.476	-2.2	0	0	0	0	0.056	0.035			Bus112	-0.199	-0.124	7	84.98
											Bus123	0.143	0.089	5	84.97
20.000	94.457	-2.2	0	0	0	0	0.021	0.013			Bus122	-0.143	-0.089	5	84.97
											Bus124	0.122	0.076	4	84.97
20.000	94.435	-2.2	0	0	0	0	0.036	0.022			Bus123	-0.122	-0.076	4	84.98
											Bus125	0.086	0.053	3	84.97
20.000	94.367	-2.3	0	0	0	0	0.004	0.003			Bus124	-0.086	-0.053	3	84.99
											Bus126	0.082	0.051	2	84.99
20.000	94.361	-2.3	0	0	0	0	0.019	0.012			Bus125	-0.082	-0.051	2	84.99
											Bus127	0.063	0.039	2	84.99
20.000	94.342	-2.3	0	0	0	0	0.031	0.019			Bus126	-0.063	-0.039	2	85.00
											Bus128	0.032	0.020	1	84.99
20.000	94.322	-2.3	0	0	0	0	0.015	0.009			Bus127	-0.032	-0.020	1	85.00
											Bus129	0.017	0.010	0	85.00
20.000	94.320	-2.3	0	0	0	0	0.017	0.010			Bus128	-0.017	-0.010	0	85.00

a voltage regulated bus ( voltage controlled or swing type machine connected to it)  
a bus with a load mismatch of more than 0.1 MVA

51	76	94.756	119	94.293
41	77	94.751	120	94.290
27	78	94.741	121	94.277
26	79	94.734	122	94.476
23	80	94.733	123	94.457
30	81	94.734	124	94.435
24	82	94.736	125	94.367
14	83	94.707	126	94.361
12	84	94.661	127	94.342
25	85	94.660	128	94.322
16	86	94.606	129	94.320

33	0.96828	76	0.95863	11
34	0.9682	77	0.95858	12
35	0.96808	78	0.95847	12
36	0.96807	79	0.9584	12
37	0.96804	80	0.95838	12
38	0.96812	81	0.9584	12
39	0.96807	82	0.95843	12
40	0.96816	83	0.95814	12
41	0.96737	84	0.95768	12
42	0.96721	85	0.95766	12
43	0.9667	86	0.95712	12

**PT. PLN ( PERSERO )**

DISTRIBUSI JAWA TIMUR

AREA PELAYANAN & JARINGAN MALANG



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

: 0341 - 326034 ( Hunting )  
: 211

Facsimile : 0341 - 362046

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

Malang, **25** Juni 2008

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

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

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

Nim : 01.12.141  
Nim : 01.12.168

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

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

Demikian agar menjadikan maklum.

ASMAN SDM & ADMINISTRASI  
  
IR. ABD. SYUKUR RIDWAN

Tembusan:

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