

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



**ANALISA PEMASANGAN KAPASITOR *SHUNT* DENGAN
MENGUNAKAN METODE *ANT COLONY OPTIMIZATION*
PADA SISTEM DISTRIBUSI**

SKRIPSI

Disusun Oleh :
NANANG DWI NURDIYANTO
00.12.020

SEPTEMBER 2006

LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISA PEMASANGAN KAPASITOR *SHUNT* DENGAN
MENGUNAKAN METODE *ANT COLONY OPTIMIZATION*
PADA SISTEM DISTRIBUSI**

SKRIPSI

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

Disusun Oleh :

NANANG DWI NURDIYANTO

00.12.020



Mengetahui,
Kons. Jurusan Teknik Elektro

Ir. F. YUDI LIMPRAPTONO, MT
NIP.Y. 1039500274

Diperiksa dan disetujui,
Dosen Pembimbing


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

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

ABSTRAKSI

ANALISA PEMASANGAN KAPASITOR SHUNT DENGAN MENGUNAKAN METODE *ANT COLONY OPTIMIZATION* PADA SISTEM DISTRIBUSI

(Nanang Dwi Nurdianto, Nim 00.12.020)
Ir. H. Taufik Hidayat, MT

Kata Kunci : Alokasi Kapasitor Pada Sistem Distribusi Menggunakan Metode *Ant Colony Optimization*.

Dengan meningkatnya usaha di sektor industri dan meningkatnya taraf hidup masyarakat maka kebutuhan akan energi listrik akan meningkat pula, sehingga di perlukan penyediaan energi listrik beserta jaringan dan penyaluran yang sangat baik. Bertambahnya industri-industri menyebabkan kebutuhan daya reaktif induktif meningkat. Daya reaktif yang semakin besar akan memperbesar komponen rugi-rugi daya, disamping itu dapat memperburuk kondisi tegangan.

Untuk mereduksi rugi daya digunakan kapasitor. Dalam skripsi ini digunakan *Metode Ant Colony Optimization* untuk penempatan kapasitor dan besar kapasitas kapasitor yang optimal pada jaringan. Perhitungan aliran daya menggunakan *Metode Newton Raphson* yang diterapkan untuk mengetahui perubahan hasil dari pemasangan kapasitor pada G.I Sengkaling Penyulang Pujon.

MALANG

ABSTRACTION

ANALYSIS INSTALLATION OF CAPACITOR SHUNT BY USING METHOD OF ANT COLONY OPTIMIZATION AT DISTRIBUTION SYSTEM.

(Nanang Dwi Nurdiyanto, Nim 00.12.020)

Ir. H. Taufik Hidayat, MT

Keyword : Distribution System; Capasitor Allocation; Ant Colony Algorithm, optimization

At the height of industrial sector effort and the increasing of level live society hence requirement of electric energy progressively mount also, is so that needed ready of electric energy along with very good channeling and network. Increasing of it industries cause requirement of energy of reactive inductive mount. energy of reactive the ever greatness will enlarge lossies component of energy, despitefully can make worse the condition of tension.

To reduce energy loss used by capacitor. In this paper is used by Method of Ant Colony Optimization for the location of capacitor and big of optimal capacitor capacities at energy stream network. Calculation use Method Newton of Raphson applied to know change of result of installation of capacitor at G.I Sengkaling Penyulang Pujon.

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmat dan karunia-Nya memungkinkan penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul, “**ANALISA PEMASANGAN KAPASITOR *SHUNT* DENGAN MENGGUNAKAN METODE *ANT COLONY OPTIMIZATION* PADA SISTEM DISTRIBUSI**”.

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

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

1. **Prof. Dr. Ir. Abraham Lomi, MSEE** selaku Rektor ITN Malang.
2. **Ir. Mochtar Asroni, MSME**, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri.
3. **Ir. F Yudi Limpraptono, MT**, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1.
4. **Ir. H. Taufik Hidayat, MT**, selaku dosen pembimbing.
5. Kedua orang tuaku atas doa dan dukungannya.
6. Rekan-rekan elektro energi listrik yang saling membantu dan saling mengisi dalam pengerjaan skripsi ini.

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

Malang, September 2006

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman :
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
ABSTRAKSI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR GRAFIK	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Metodologi Penelitian	3
1.6. Relevansi	4
1.7. Sistematika Penulisan	4
BAB II SISTEM DISTRIBUSI DAN APLIKASI KAPASITOR	6
2.1. Sistem Tenaga Listrik	6
2.2. Sistem Distribusi Tenaga Listrik	7

2.2.1. Sistem Distribusi Primer (Jaringan Tegangan Menengah)	8
2.2.2. Sistem Distribusi Skunder (Jaringan Tegangan Rendah)	8
2.3. Struktur Jaringan Distribusi Tenaga Listrik	9
2.3.1. Sistem Jaringan Distribusi Radial	9
2.3.2. Sistem Jaringan Distribusi Tertutup (loop)	10
2.3.3. Sistem Jaringan Distribusi Mesh	11
2.4. Macam-macam Struktur Jaringan Distribusi Radial	11
2.4.1. Sistem Radial Pohon.....	13
2.4.2. Sistem Radial Dengan Tie dan Switch Pemisah	14
2.4.3. Sistem Radial dengan pembagian Phase area.....	15
2.4.4. Sistem Radial dengan beban terpusat	16
2.5. Daya Dalam Sistem Tenaga Listrik.....	16
2.5.1. Daya Nyata (Real Power)	17
2.5.2. Daya Reaktif (Reaktif Power)	17
2.5.3. Daya Semu (Apparent Power).....	17
2.6. Daya Reaktif dan Faktor daya	18
2.7. Kapasitor Daya	20
2.7.1. Kapasitor Seri dan Kapasitor Shunt.....	21
2.7.2. Faktor-Faktor pemilihan Kapasitor Seri dan Kapasitor shunt	22

2.8. Pengaruh Pemasangan Kapasitor.....	23
2.8.1. Pengurangan Rugi-rugi dengan kapasitor.....	24
2.8.2. Perbaikan tegangan.....	25
2.8.3 Perbaikan Faktor daya dan kenaikan kapasitas sistem	26
2.8.4. Perhitungan pengaruh perbaikan faktor daya	28
2.8.5. Penentuan rating kapasitor untuk perbaikan faktor daya beban.....	29
2.9. Sistem Per-Unit.....	30

BAB III ANALISA PENENTUAN PEMASANGAN KAPASITOR PADA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20 kV TIPE RADIAL. DENGAN MENGGUNAKAN METODE <i>ANT COLONY OPTIMIZATION</i>	32
3.1. Analisa Aliran Daya Jaringan Radial	32
3.1.1. Tujuan	32
3.1.2. Metode Newton Raphson.....	32
3.1.3. Algoritma Aliran Daya Newton Raphson.....	35
3.2. Teori Dasar <i>Ant Colony Optimization</i>	37
3.2.1. Ant System (AS)	37
3.2.2. <i>Ant Colony Optimization</i> (ACO) Algoritma	38
3.3. ...Adaptasi <i>Ant Colony Optimization</i> Dalam Penentuan Pemasangan Kapasitor Shunt Pada Jaringan Distribusi Primer 20 Kv Tipe Radial.....	40
3.3.1 Deskripsi Metode <i>Ant Colony Optimization</i>	40
3.4 Penerapan <i>Ant Colony Optimization</i> pada pemasangan kapasitor	42

3.4.1.	Keuntungan Dari Kapasitas sistem	42
3.4.2.	Keuntungan Dari Pengurangan kerugian beban puncak .	44
3.4.3.	Keuntungan Dari Pengurangan kerugian energi	44
3.4.4.	Keuntungan Dari Batasan Switching Kapasitor	45
3.4.5.	Keuntungan Dari Return Tahunan	46
3.5.	Batasan pemasangan kapasitor	46
3.5.1.	Batasan tegangan.....	47
3.5.2.	Batasan Switching kapasitor	47
3.6.	Algoritma Program	50
3.6.1.	Algoritma Pemecahan masalah	50
3.6.2.	Algoritma Program Pemecahan masalah Pemasangan kapasitor menggunakan metode <i>Ant Colony Optimization</i>	50
3.7.	Flowchart Program	52
3.7.1	Flowchart Algoritma Pemecahan masalah	52
3.7.2.	Flowchart Program Pemecahan masalah Pemasangan Kapasitor Menggunakan Metode <i>Ant Colony Optimization</i>	53
BAB IV HASIL DAN ANALISA HASIL.....		55
4.1.	Program Komputer penentuan pemasangan kapasitor pada jaringan distribusi radial penyulang pujon	55
4.2.	Sistem Distribusi tenaga Listrik 20kV GI Sengkaling Penyulang Pujon	55

4.3. Data Spesifikasi Saluran	59
4.4. Data Panjang saluran Penyulang Pujon	59
4.5. Perhitungan Impedansi Saluran	60
4.6. Perhitungan Pembebanan Sistem 20kV Penyulang Pujon	61
4.7. Data kapasitas kapasitor dan harga	63
4.8. Prosedur Pelaksanaan Program Perhitungan	64
4.9. Analisa Perhitungan	70
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	78
5.1. Kesimpulan	78
5.2. Saran	79

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar :	Halaman :
2-1. Skema Penyaluran Energi Listrik.....	6
2-2. Jaringan Distribusi Tegangan Menengah (JTM), Jaringan Tegangan Rendah (JTR) dan sambungan Ke Pelanggan.....	7
2-3. Jaringan Tegangan Menengah Sistem Distribusi Radial.....	9
2-4. Jaringan Tegangan Menengah Struktur loop yang dipasok dari salah satu sumber	10
2-5. Jaringan Tegangan Menengah Struktur Mesh	11
2-6. Sistem Radial Jaringan Pohon	13
2-7. Sistem Radial dengan tie dan switch pemisah.....	14
2-8. Sistem Radial dengan pembagian phase area	15
2-9. Sistem Radial dengan beban terpusat	16
2-10. Segitiga Daya	18
2-11. Segitiga Arus	19
2-12. Saluran dengan beban terpusat.....	20
2-13. Kapasitor Shunt Yang Dipasang Pada Saluran	21
2-14. Vektor Arus dan tegangan sebelum dan setelah pemasangan kapasitor .	24
2-15. Diagram vektor pada rangkaian dengan <i>pf lagging</i> dengan kapasitor shunt dan tanpa kapasitor shunt,	25
2-16. Perbaikan Faktor Daya.....	26
2-17. Diagram fasor dan sudut daya beban distribusi	28

3-1.	Diagram Alir Aliran daya Newton Rapshon	36
3-2.	Perjalanan semut dalam mencari jalur terpendek.....	37
3-3.	Switching Kapasitor pada sirkuit equivalen sistem transient.....	48
3-4.	Flowchart algoritma Pemecahan Masalah.....	52
3-5.	Flowchart <i>Program</i> Pemecahan Masalah pemasangan kapasitor Menggunakan metode ant kolony optimization	54
4-1.	Single Line Diagram Penyulang Pujon Sebelum Pmasangan kapasitor ...	57
4-2.	Tampilan Utama program	64
4-3.	Tampilan Inputan Data (Data General).....	64
4-4.	Tampilan Inputan Data (Data Pembebanan)	65
4-5.	Tampilan Inputan Data (Data Saluran)	65
4-6.	Tampilan Hasil Aliran Daya Untuk Mengetahui Harga dan Sudut Fasa tiap-tiap Bus Sebelum Kompensasi.....	66
4-7.	Tampilan Hasil Aliran Daya Untuk Mengetahui Daya Tiap Saluran dan Arus Yang Mengalir Pada Saluran Sebelum Kompensasi.....	66
4-8.	Tampilan Total Pembangkitan, Pembebanan, dan Rugi-rugi Sebelum Kompensasi	67
4-9.	Tampilan Parameter Metode <i>Ant ColonyOptimization</i>	67
4-10.	Tampilan Hasil LF Akhir Untuk Mengetahui Harga dan Sudut Fasa tiap-tiap Bus Setelah Kompensasi.....	68
4-11.	Tampilan Hasil Aliran Daya akhir Untuk Mengetahui Daya Tiap Saluran dan Arus Yang Mengalir Pada Saluran Setelah Kompensasi	68

4-12.	Hasil Summary Akhir, Tampilan Total Pembangkitan, Pembebanan, dan Rugi-rugi Setelah Kompensasi.....	69
4-13.	Hasil Pemasangan Dengan Metode <i>Ant Colony Optimization</i>	69
4-14.	Hasil Pemasangan Dengan Metode <i>Ant Colony Optimization</i>	72
4-15.	Single Line Diagram setelah Pemasangan Kapasitor Metode <i>Ant Colony Optimization</i>	73

DAFTAR GRAFIK

Grafik :	Halaman :
4-1. Tegangan Tiap-tiap Bus Terhadap Asumsi tegangan Awal, Tegangan Sebelum, dan Setelah Kompensasi	75
4-2. Rugi Rugi Daya Sebelum Dan Setelah Kompensasi	76
4-3. Total Biaya sebelum dan sesudah kompensasi	77

DAFTAR TABEL

Tabel :	Halaman :
2-1. Kapasitor Seri dan Kapasitor Shunt.....	22
4-1. Penomerasn node, Kode Trafo da lokasi system Distribusi tipe radial 20kV GI sengkaling Penyulang Pujon.....	58
4-2. Data Spesifikasi Saluran.....	59
4-3. Data Panjang saluran	59
4-4. Hasil Perhitungan Impedansi Saluran.....	61
4-5. Hasil Perhitungan Pembebanan	63
4-6. Harga dan ukuran Kapasitor	63
4-7. Profil Tegangan dan Sudut Fasa Tiap Bus Penyulang Pujon Sebelum Kompensasi.....	71
4-8. Aliran Daya Tiap Saluran Penyulang Pujon Sebelum Kompensasi	71
4-9. Profil Tegangan dan Sudut Fasa Tiap Bus Penyulang Pujon Setelah Kompensasi.....	74
4-10. Aliran Daya Tiap Saluran Penyulang Pujon Setelah Kompensasi	74
4-11. Hasil Pemasangan Kapasitor Dengan Menggunakan Metode <i>Ant Colony Optimization</i>	75

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

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

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

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

Hal ini mendorong penulis untuk mengangkat permasalahan dengan menggunakan metode *Ant Colony Optimization* dapat menjadi salah satu alternatif yang efektif untuk pemasangan kapasitor dalam jaringan distribusi primer.

1.2. Rumusan Masalah

Pendekatan sistem terhadap pemasangan kapasitor yang optimal pada sistem distribusi adalah untuk menentukan penilaian daya reaktif, pemasangan kapasitor yang optimum juga akan memenuhi ketentuan profil tegangan yang dapat diterima di sepanjang *feeder* dalam keadaan beban puncak dan di luar puncak akan menyesuaikan dengan arus yang masuk selama *Switching Capacitor*. Salah satu cara untuk meminimalisasi daya reaktif tambahan pada sisi beban adalah dengan pemasangan kapasitor *shunt* pada jaringan distribusi radial, sehingga dapat mengurangi rugi – rugi saluran. Yang menjadi permasalahan adalah penentuan lokasi kapasitor *shunt* yang ditempatkan pada sistem distribusi radial agar menghasilkan peningkatan profil tegangan, nilai rugi – rugi daya yang minimal serta besar keuntungan tahunan yang diperoleh dengan waktu perhitungan yang relatif singkat dan perhitungan yang akurat.

Oleh karena itu pada skripsi ini akan menganalisa hal tersebut dengan menggunakan metode *Ant Colony Optimization* yang merupakan suatu algoritma untuk mengoptimalkan penempatan dan pengendalian kapasitor agar diperoleh keuntungan yang maksimal dari penyaluran daya, beban maksimum dan pengurangan rugi-rugi daya.

Sehubungan dengan permasalahan tersebut, maka skripsi ini diberi judul :

**“ANALISA PEMASANGAN KAPASITOR SHUNT DENGAN
MENGUNAKAN METODE ANT COLONY OPTIMIZATION
PADA SISTEM DISTRIBUSI”**

1.3. Tujuan.

Adapun tujuan penulisan skripsi ini adalah :

1. Menentukan pemasangan kapasitor secara optimal pada sistem distribusi radial penyulang Pujon.
2. Memperbaiki profil tegangan setelah penentuan pemasangan kapasitor.
3. Meminimalisasi rugi-rugi daya aktif setelah pemasangan kapasitor.
4. Menentukan nilai penghematan biaya setelah pemasangan kapasitor.

1.4. Batasan Masalah

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

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

1.5. Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini adalah:

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

2. Pengumpulan Data

Bentuk data yang digunakan adalah:

- Data kuantitatif, yaitu data yang dapat dihitung atau data yang berbentuk angka-angka.
- Data kualitatif, yaitu data yang berbentuk diagram. Dalam hal ini *single line* diagram penyulang.

3. Simulasi dan pembahasan masalah

Analisa perhitungan aliran daya tiap saluran menggunakan metode *Newton Raphson*, untuk menentukan pemasangan kapasitor yang optimal menggunakan Metode *Ant Colony Optimization* yang disimulasikan dengan program komputer.

1.6. Relevansi

Dengan adanya penelitian ini diharapkan akan memberikan alternatif kepada pihak PLN untuk mencari solusi yang optimal dalam menentukan pemasangan kapasitor pada suatu operasi sistem daya dengan maksud memperbaiki pelayanan pada masyarakat dengan memanfaatkan jaringan yang ada.

1.7. Sistematika Penulisan

Sistematika dari pembahasan di dalam skripsi ini adalah sebagai berikut :

BABI : PENDAHULUAN

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

BAB II : SISTEM DISTRIBUSI DAN APLIKASI KAPASITOR

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

BAB III : ANALISA PENENTUAN PEMASANGAN KAPASITOR**PADA JARINGAN DISTRIBUSI DISTRIBUSI PRIMER
20 KV TIPE RADIAL DENGAN MENGGUNAKAN METODE
*ANT COLONY OPTIMIZATION***

Pada bab ini akan dibahas metode aliran daya *Newton Raphson*, teori-teori mengenai metode *Ant Colony Optimization* untuk menentukan pemasangan dan kapasitas kapasitor, serta algoritma metode *Ant Colony Optimization*.

BAB IV : HASIL DAN ANALISA HASIL

Pada bab ini akan dibahas mengenai penentuan pemasangan dan kapasitas kapasitor menggunakan metode *Ant Colony Optimization*, perbandingan profil tegangan, rugi daya dan nilai biaya sebelum dan setelah penempatan kapasitor.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

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

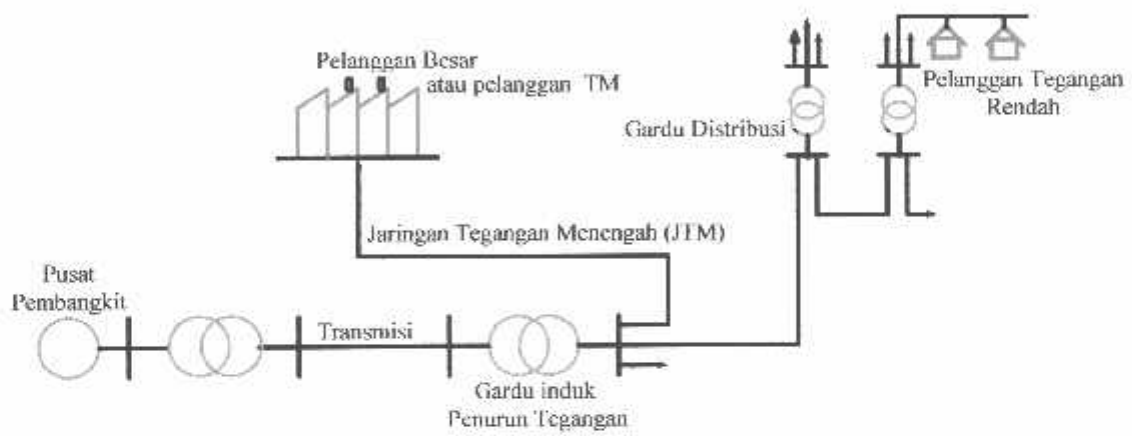
DAFTAR PUSTAKA

BAB II

SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK DAN APLIKASI KAPASITOR

2.1. Sistem Tenaga Listrik

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



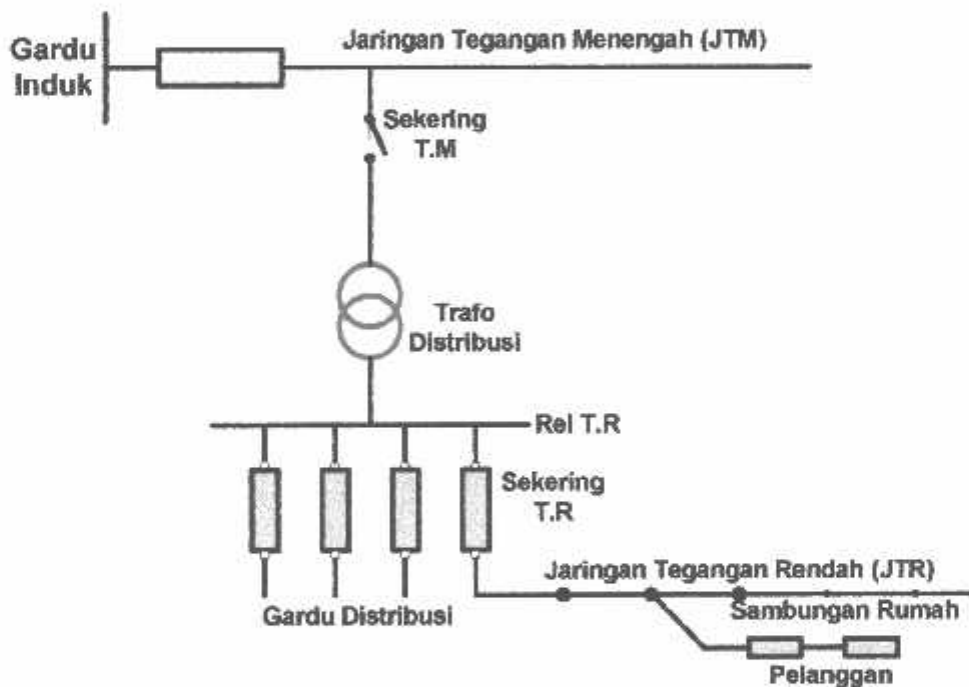
Gambar 2-1
Skema Penyaluran Energi Listrik^[2]

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

1. Sistem Pembangkitan : berperan sebagai sumber daya tenaga listrik dan disebut juga Produtor Energi.
2. Sistem Transmisi atau Penyaluran : berfungsi sebagai penyalur daya listrik secara besar-besaran dari pembangkit ke bagian sistem distribusi atau konsumen.

2.2. Sistem Distribusi Tenaga Listrik

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



Gambar 2-2.

Jaringan Distribusi Tegangan Menengah (JTM), Jaringan Tegangan Rendah (JTR) dan Sambungan Rumah ke Pelanggan

Sumber : Ir. Djiteng Marsudi, "Operasi Sistem Tenaga Listrik".

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.

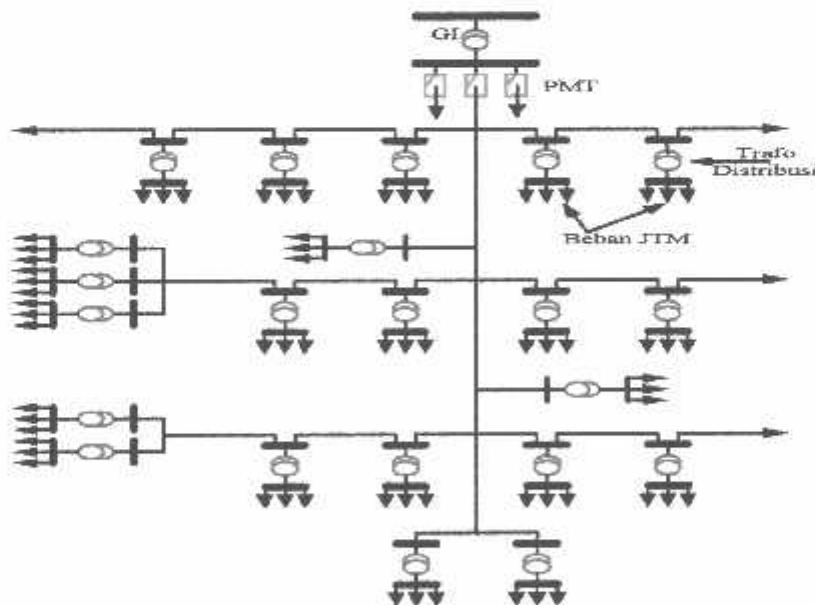
2.3. Struktur Jaringan Distribusi Tenaga Listrik

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 beban atau konsumen yang dilayani. Sistem ini terdiri dari saluran utama (*tank line*) dan saluran cabang (*lateral*) seperti pada gambar 2-3.



Gambar 2-3.

Jaringan Tegangan Menengah Sistem Distribusi Radial

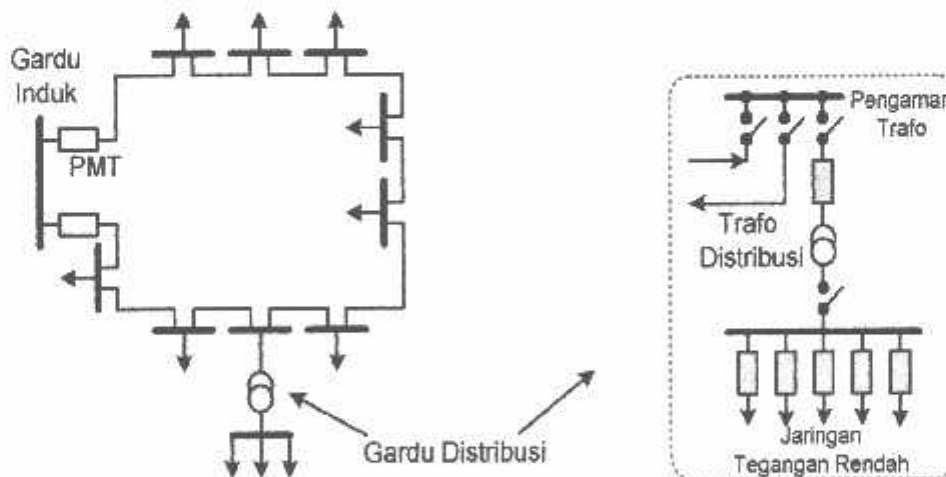
Sumber : Hasan Basri, "Sistem Distribusi Tenaga Listrik."

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

Kelemahan yang dimiliki oleh 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*.

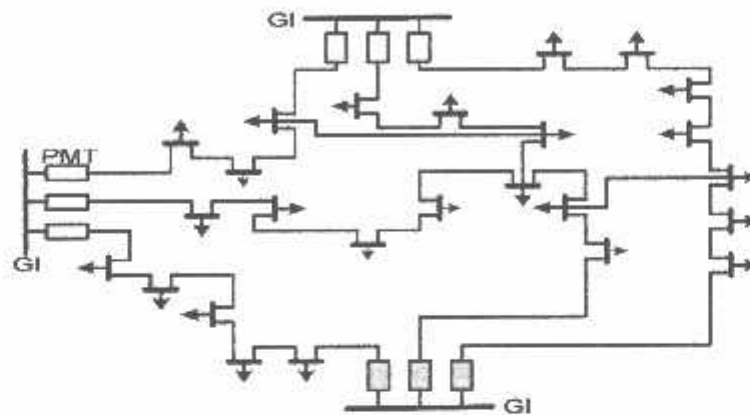


Gambar 2-4.
Jaringan Tegangan Menengah
Struktur Loop yang dipasok dari satu sumber

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

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*

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

2.4. Macam-macam Struktur Jaringan Distribusi Radial

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

Jaringan distribusi radial mempunyai beberapa keuntungan dan kelemahan sebagai berikut :

Keuntungan jaringan radial :

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

Kelemahan jaringan radial :

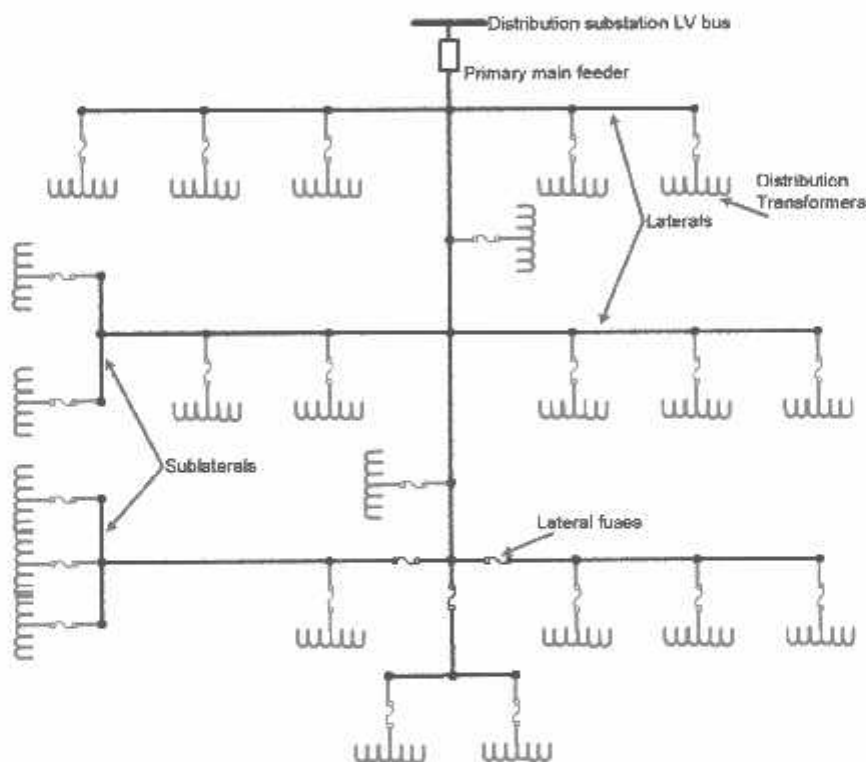
1. Kualitas pelayanan (penyaluran daya) dibanding dengan tipe yang lain lebih jelek, sebab jatuh tegangan dan rugi-rugi daya relatif besar. Kerugian ini terjadi pada saluran.
2. Kontinuitas penyaluran daya tidak terjamin. Dengan hanya mengandalkan satu saluran, maka bila terjadi gangguan pada saluran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

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

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

2.4.1. Sistem Radial Pohon

Sistem radial jaringan pohon ini merupakan bentuk yang paling dasar dari sistem jaringan radial. Saluran utama (*main feeder*) ditarik dari suatu Gardu Induk sesuai dengan kebutuhan kemudian di cabangkan melalui saluran cabang (*lateral feeder*), selanjutnya di cabangkan lagi melalui saluran anak cabang (*sub lateral feeder*). Ukuran dari masing-masing saluran tergantung dari besar arus yang ditanggung. Dari gambar 2-6, *main feeder* merupakan saluran yang dialiri arus terbesar, selanjutnya arus mengecil pada setiap cabang dari besarnya beban.



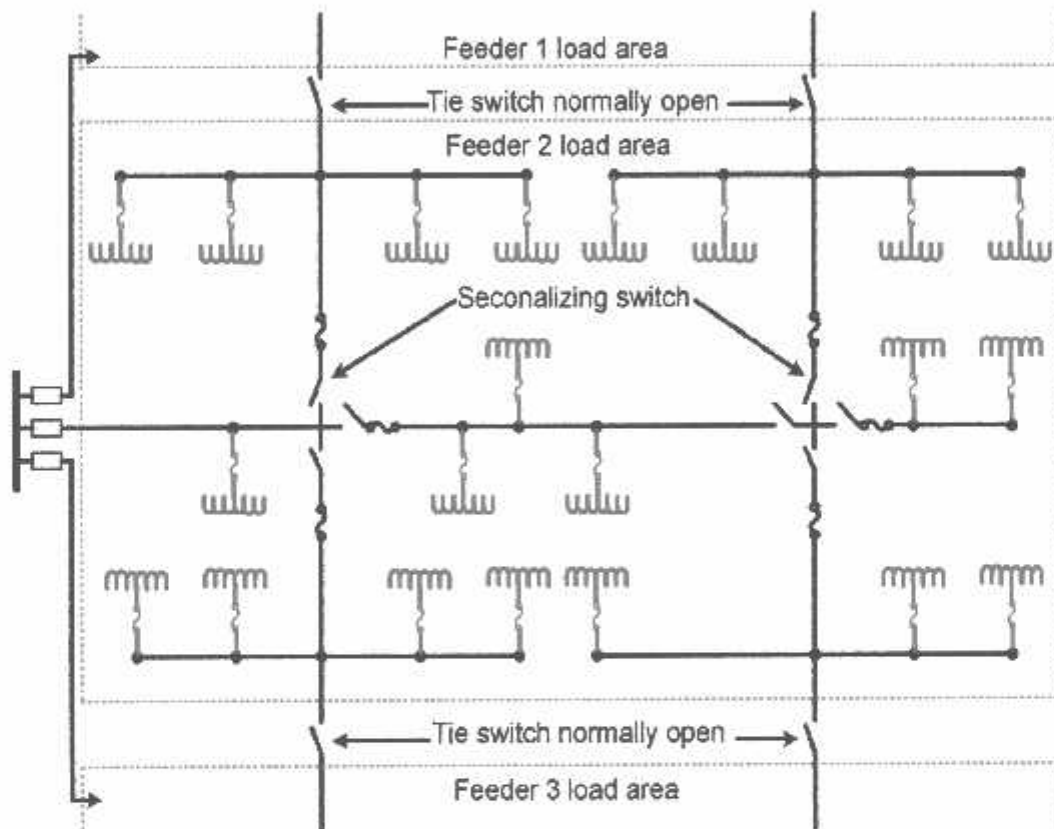
Gambar 2-6.

Sistem radial jaringan pohon

Sumber : Turan Gonen, "Electric Power Distribution System Engineering."

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

Sistem ini merupakan pengembangan dari sistem radial pohon, untuk meningkatkan keandalan sistem saat terjadi gangguan maka *feeder* yang terganggu akan dilokalisir sedangkan area yang semula dilayani *feeder* tersebut pelayanannya dialihkan pada *feeder* yang sehat atau yang tidak terganggu. Sistem radial dengan *Tie* dan *Switch* pemisah dapat dilihat pada gambar 2-7.



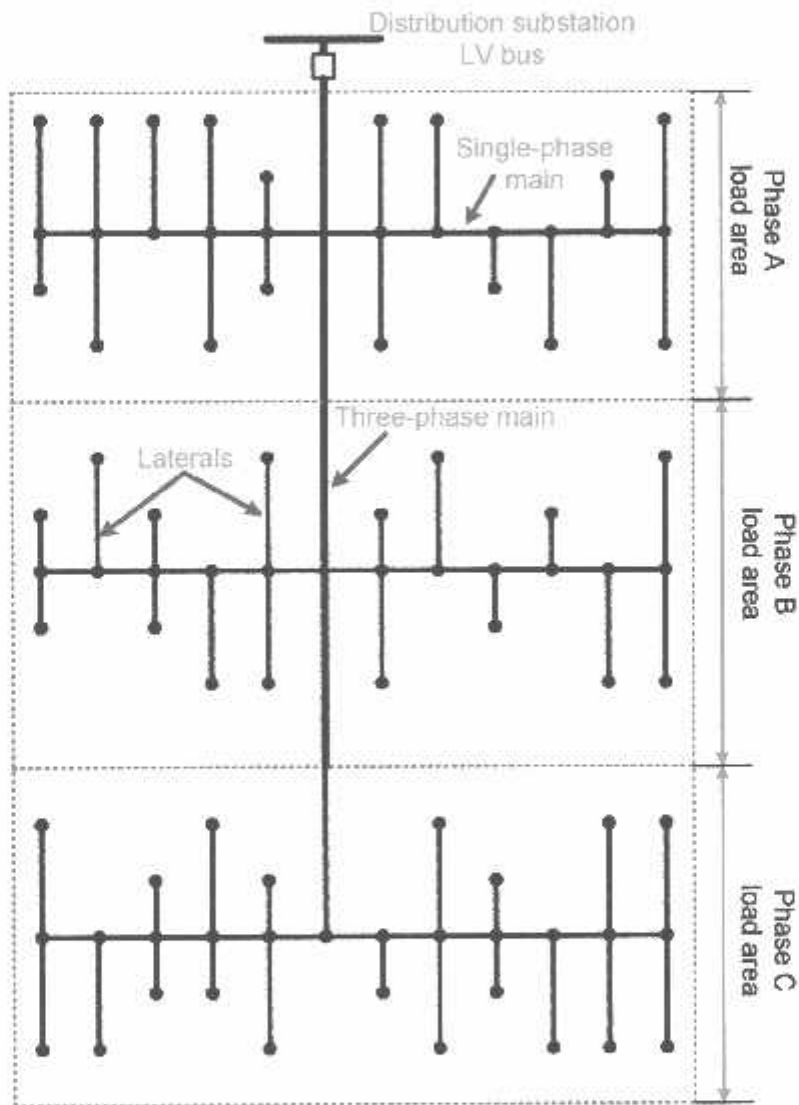
Gambar 2-7.

Sistem Radial Dengan *Tie* dan *Switch* Pemisah

Sumber : Turan Gonen, "Electric Power Distribution System Engineering."

2.4.3. Sistem Radial Dengan Pembagian *Phase Area*

Pada bentuk ini masing-masing fasa dari jaringan bertugas melayani daerah beban yang berlainan. Bentuk ini dapat menimbulkan kondisi sistem tiga fasa yang tidak seimbang (simetris), bila digunakan pada daerah beban yang baru dan belum mantap pembagian bebannya. Contoh dari sistem jaringan ini dapat dilihat pada gambar 2-8.



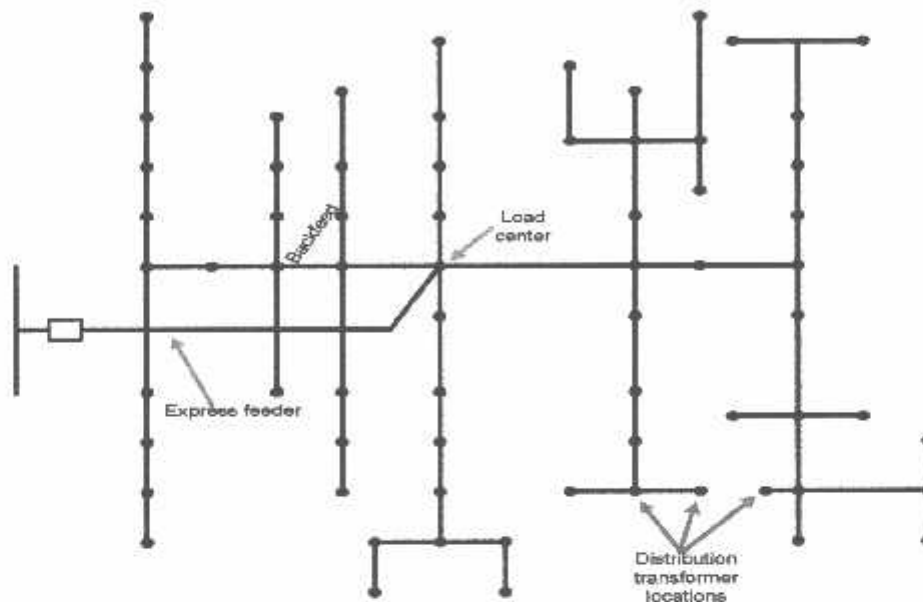
Gambar 2-8.

Sistem Radial Dengan Pembagian *Phase Area*

Sumber : Furan Gonca, "Electric Power Distribution System Engineering."

2.4.4. Sistem Radial Dengan Beban Terpusat

Bentuk dari sistem ini mensuplai daya dengan menggunakan *main feeder* yang disebut *express feeder* langsung ke pusat beban dan dari titik pusat beban ini disebut dengan menggunakan *back feeder* radial seperti terlihat pada gambar 2-9.



Gambar 2-9.
Sistem Radial Dengan Beban Terpusat

Sumber : Turan Gonen, "Electric Power Distribution System Engineering."

2.5. Daya Dalam Sistem Tenaga Listrik^{[4][6]}

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

Daya listrik yang dibangkitkan dikenal dengan istilah:

2.5.1. Daya Nyata (Real Power)

Daya Nyata dinyatakan dalam persamaan :

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

Daya nyata untuk beban 3 fasa seimbang

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

2.5.2. Daya Reaktif (*Reactive power*)

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

Daya reaktif dinyatakan dalam persamaan :

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

Daya reaktif untuk beban 3 fasa seimbang :

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

2.5.3. Daya Semu (*Apparent Power*)

Daya semu dinyatakan dalam persamaan :

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

Daya semu untuk beban 3 fasa seimbang :

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

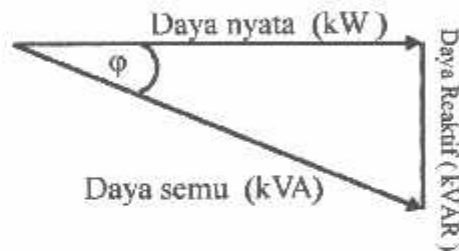
2.6. Daya Reaktif dan Faktor Daya^[5]

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

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

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

Hubungan ini dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2-10.
Segitiga Daya

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

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

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

P = Daya Nyata (kW)

S = Daya semu (kVA)

Q = Daya reaktif (kVAR)

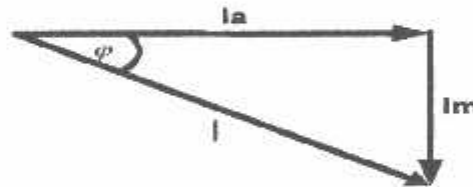
φ = Sudut Phase

Dari gambar 2-10 daya semu terdiri dari komponen daya nyata dan daya reaktif.

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

- Arus nyata (I_a) adalah arus yang dibeban dan diubah kedalam bentuk energi.
- 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 magnetisasi.

Dalam bentuk vektor hubungan tersebut digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2-11.
Segitiga Arus

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

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

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

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



Gambar 2-12

Saluran Dengan Beban Terpusat

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

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

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

2.7. Kapasitor Daya ^{[5][7]}

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

2.7.1. Kapasitor Seri dan Kapasitor *Shunt*

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

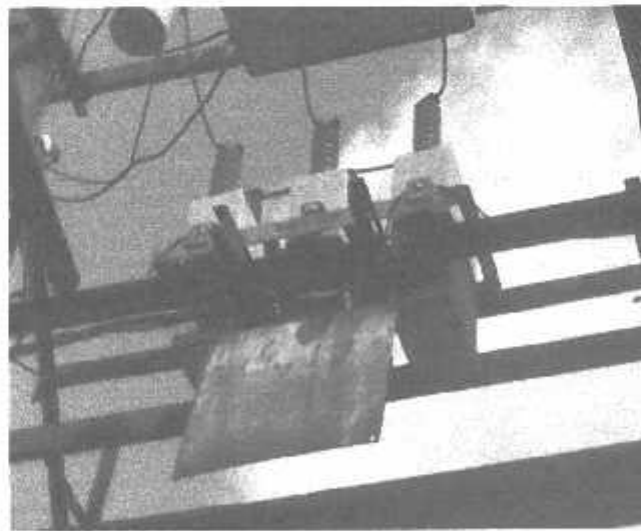
a. Kapasitor Seri

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

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 2-13.

Kapasitor *shunt* yang dipasang pada saluran

Sumber : Pemasangan Kapasitor *Shunt* yang di pasang di Daerah Songgoriti

2.7.2. Faktor-faktor pemilihan kapasitor Seri dan kapasitor shunt :

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

Sumber : AS.Pabla "Sistem Distribusi Daya Listrik"

2.8. Pengaruh Pemasangan Kapasitor *Shunt*^[5]

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

Adapun dua cara dalam pemakaian kapasitor *shunt* :

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

a. Kapasitor Tetap

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

b. Kapasitor Saklar

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

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

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

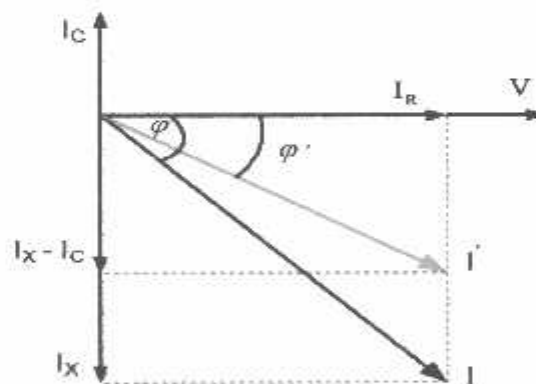
2.8.1. Pengurangan Rugi-Rugi dengan Kapasitor *Shunt*

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 setelah pemasangan kapasitor adalah :

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

Dalam bentuk diagram vektor adalah :



Gambar 2-14.
Vektor arus dan tegangan
sebelum dan setelah pemasangan kapasitor

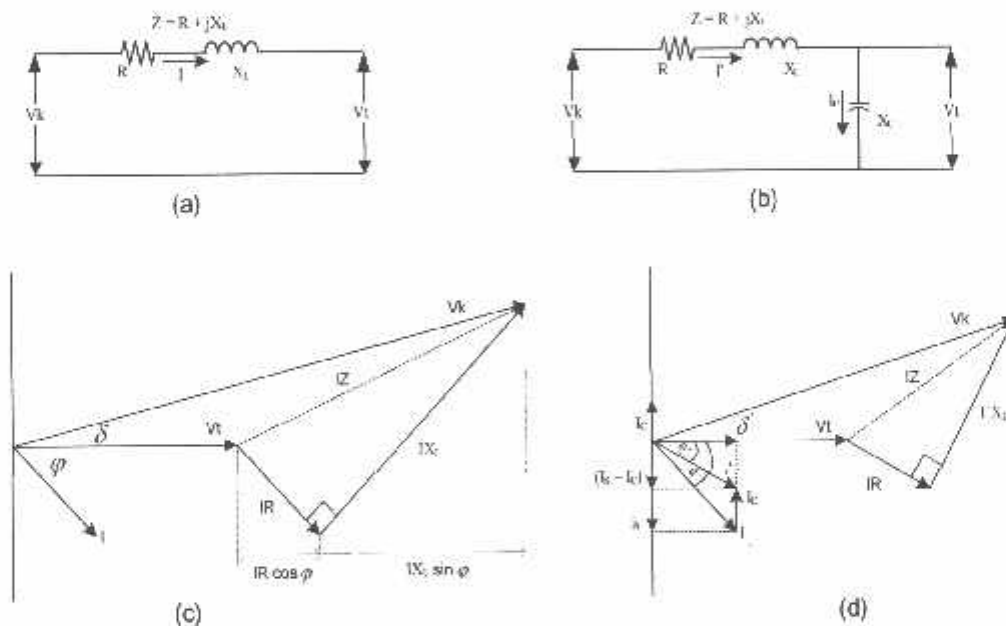
Sumber : Hasan Basri, "Sistem Distribusi Tenaga Listrik."

Sehingga pengurangan rugi daya dengan adanya pemasangan kapasitor shunt adalah :

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

2.4.3. Perbaikan Tegangan^[5]

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



Gambar 2-15

Diagram vektor pada rangkaian dengan pf lagging

(a) dan (c) tanpa kapasitor shunt, (b) dan (d) dengan kapasitor shunt

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

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

Sebelum pemasangan kapasitor :

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

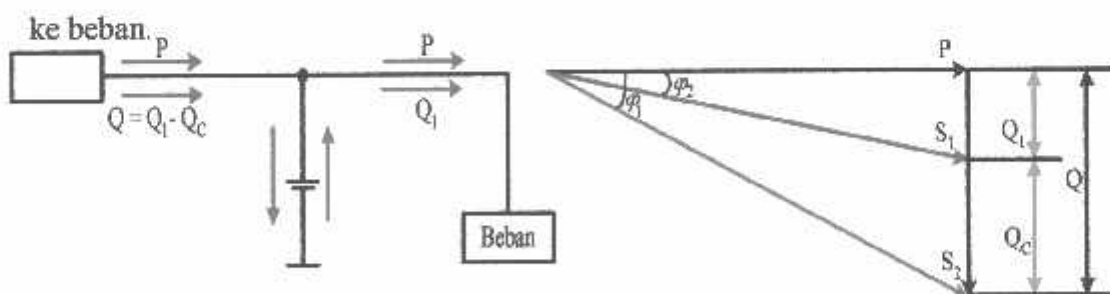
Bila kapasitor dipasang pada ujung penerima dari saluran, seperti yang terlihat pada gambar 2-15b, secara pendekatan jatuh tegangannya menjadi :

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

2.8.3. Perbaikan Faktor Daya dan Kenaikan Kapasitas Sistem

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

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



Gambar 2-16.
Perbaikan Faktor Daya

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

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

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

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

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

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

dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

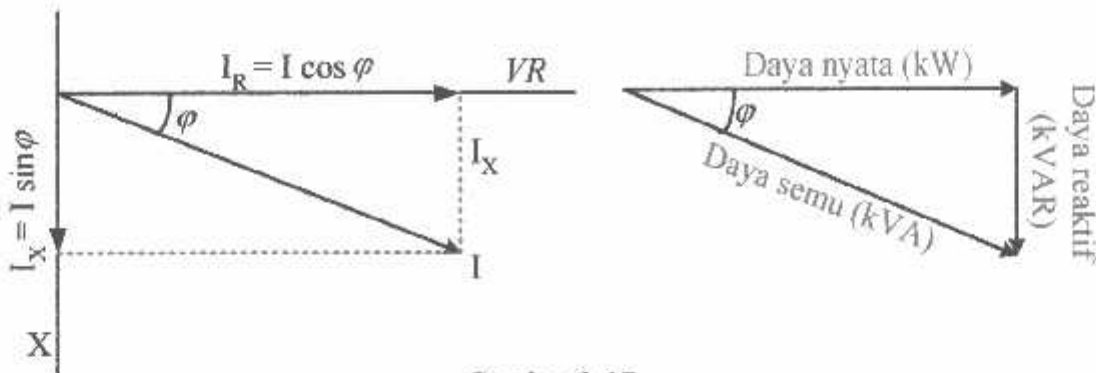
$$\% \text{ Rugi Daya} = 100 \left(\frac{\text{Faktor.daya.mula} - \text{mula}(\cos \varphi_1)}{\text{Faktor.daya.baru}(\cos \varphi_2)} \right) \dots\dots\dots (2.16)$$

$\%$ Pengurangan Rugi Daya

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

2.8.4. Perhitungan Pengaruh Perbaikan Faktor Daya

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



Gambar 2-17.

Diagram Fasor dan Sudut Daya Beban Distribusi

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

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

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

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

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

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

Daya Aktif = Daya Semu* Faktor Daya

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

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

2.8.5. Penentuan Rating Kapasitor untuk Perbaikan Faktor Daya Beban

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

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

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

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

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

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

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

Dengan φ_1 = Sudut dari faktor daya mula-mula

φ_2 = Sudut dari faktor daya yang telah diperbaiki

Rating kapasitor yang dibutuhkan perbaikan faktor daya:

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

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

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

2.9. Sistem Per-Unit^[6].

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

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

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

- Untuk sistem 1 fasa

Arus dasar

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

Impedansi dasar

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

$$Z_d = \frac{(\text{kV dasar}_{L-N})^2}{\text{MVA dasar}_{1\phi}} \dots\dots\dots (2.29)$$

- Untuk sistem 3 fasa

Arus dasar

$$I_d = \frac{\text{kVA dasar 3 fasa}}{\sqrt{3} \text{ kV dasar L-L}} \dots\dots\dots (2.30)$$

Impedansi dasar

$$Z_d = \frac{(\text{kV dasar L-L})^2 \times 10^{-3}}{\text{kVA dasar 3 fasa}} \dots\dots\dots (2.31)$$

$$Z_d = \frac{(\text{kV dasar L-L})^2}{\text{MVA dasar 3 fasa}} \dots\dots\dots (2.32)$$

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

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

$$Z = \frac{\text{impedansi sebenarnya } Z(\Omega)}{\text{impedansi dasar } Z_d} \text{ pu} \dots\dots\dots (2.33)$$

BAB III
ANALISA PENENTUAN PEMASANGAN KAPASITOR PADA
JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER 20 kV TIPE RADIAL
DENGAN MENGGUNAKAN METODE *ANT COLONY*
OPTIMIZATION

3.1. Analisa Aliran Daya Jaringan Radial^[4]

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

3.1.1. Tujuan

Tujuan mempelajari analisa aliran daya pada skripsi ini adalah :

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

3.1.2. Metode Newton Raphson^[6]

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

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

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

Injeksi daya pada simpul p adalah :

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

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

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

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

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

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

Maka persamaan (3.3) dapat ditulis :

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

Dengan memisahkan bagian riil dan bagian imajiner maka diperoleh :

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

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

Kedua persamaan diatas akan menghasilkan suatu kumpulan persamaan serempak (*simultan*) yang tidak linier untuk setiap simpul sistem tenaga listrik. Untuk mengetahui magnitude tegangan (V) dan sudut fasa (δ) disetiap simpul dapat diselesaikan dengan menggunakan persamaan (3.5) dan (3.6) yang dilinierkan dengan *Newton Raphson*

dapat dilihat dari persamaan dibawah ini :

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

Dimana :

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

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

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

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

H, L, M, N merupakan elemen-elemen off diagonal dan diagonal dari sub matriks

Jaqobian yang dibentuk dengan mendefinisikan persamaan (3.5) dan (3.6),

dimana:

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

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

Persamaan (3.7) diselesaikan untuk menghitung vektor koreksi magnitudo tegangan $\Delta(|V|)$ dan sudut fasa tegangan ($\Delta \delta$) yang baru.

Sehingga diperoleh harga magnitudo tegangan dan sudut fasa yang baru,

yaitu :

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

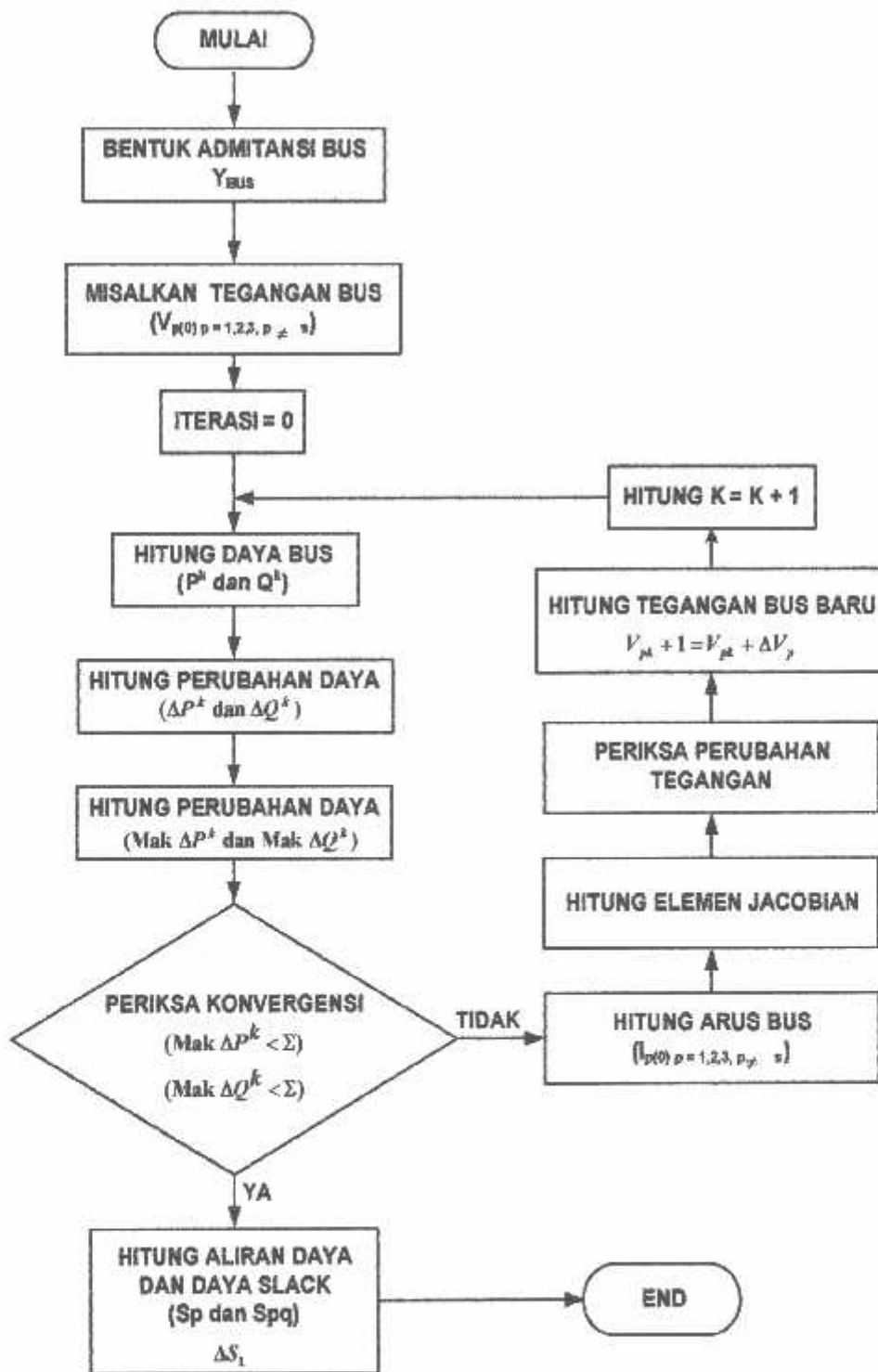
$$\delta^{k+1} = \delta^k + \Delta \delta^k \dots\dots\dots (3.9)$$

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

3.1.3. Algoritma aliran daya *Newton Raphson*^[6] :

1. Tentukan nilai $P_{p(\text{ditetapkan})}$ dan $Q_{p(\text{ditetapkan})}$ yang mengalir ke dalam sistem pada setiap rel untuk nilai yang ditentukan atau perkiraan dari besar dan sudut tegangan untuk iterasi pertama atau tegangan yang ditentukan paling akhir untuk iterasi berikutnya.
 2. Hitung ΔP pada setiap rel.
 3. Hitung nilai-nilai matrik *Jacobian* dengan menggunakan nilai-nilai perkiraan atau yang ditentukan dari besar dan sudut tegangan dalam persamaan untuk turunan parsial yang ditentukan dengan differensiasi persamaan (3.13) dan (3.14).
 4. Balikkan *Jacobian* itu dan hitung koreksi-koreksi tegangan $\Delta\delta_q$ dan $\Delta|V_q|$ pada setiap rel.
 5. Hitung nilai baru dari δ_q dan $|V_q|$ dengan menambahkan $\Delta\delta_p$ dan $\Delta|V_q|$ pada nilai sebelumnya.
 6. Kembali ke langkah pertama dan ulangi proses itu dengan menggunakan nilai untuk besar dan sudut tegangan yang ditentukan paling akhir sehingga semua nilai ΔP dan ΔQ atau semua nilai $\Delta\delta$ dan $\Delta|V|$ lebih kecil dari suatu indeks ketetapan yang telah dipilih.
-

3.1.4. FlowAliran Daya Newton Raphson



Gambar 3-1.

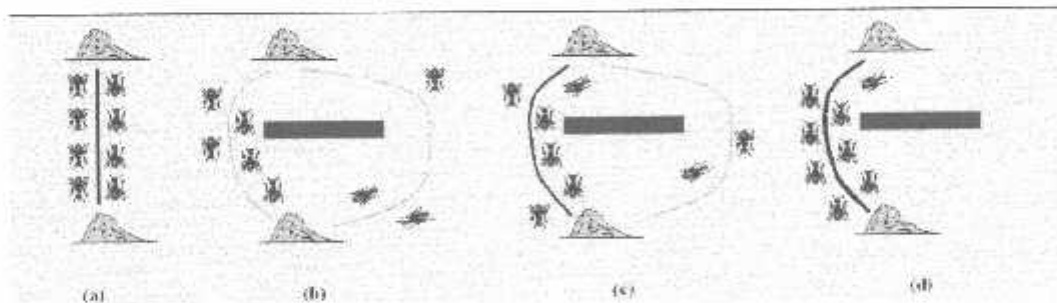
Diagram Alir Aliran Daya *Newton Raphson*

Sumber : William D Stevenson, Jr., "Analisa Sistem Tenaga."

3.2. Teori Dasar *Ant Colony Optimization*.

3.2.1. *Ant System (AS)*^[2]

Suatu analogi dengan jalan fungsi *Ant Colonies* mengusulkan definisi baru suatu perhitungan model baru, metode *ant system (AS)* adalah suatu metode yang terinspirasi dari kebiasaan semut dalam mencari makanan. Seperti yang kita ketahui semut merupakan hewan yang sangat kecil, karena ukuran yang relatif kecil semut mempunyai keterbatasan dengan jarak pandang dengan kata lain semut hampir tidak mungkin menggunakan panduan visual dalam menemukan makanannya. Timbul pertanyaan, lalu bagaimana semut dapat hidup?. Dari penelitian yang dilakukan oleh ethnologist semut selalu dapat menemukan jalur terpendek dengan menggunakan bantuan suatu zat yang disebut *pheromone* dalam menemukan makanannya. *Pheromone* bagi semut adalah media komunikasi yang sangat penting diantara para semut untuk menentukan langkah mereka dalam mencari makanan. Dalam setiap gerakannya setiap semut akan meletakkan *pheromone* pada jalur yang dilewatinya. Sehingga jalur terpendek akan mendapatkan *pheromone* tertinggi dan akan menjadi jalur yang dipilih oleh semut berikutnya.



Gambar 3.2.

Perjalanan semut dalam mencari jalur terpendek

Sumber : Symeon Christodoulou "Optimal Truss Design Using Ant Colony Optimization"

Keterangan :

- a. Sekumpulan semut berjalan pada sebuah jalur.
- b. Diletakan penghalang pada jalur awal mereka maka semut akan menjadi dua kelompok untuk mengitari penghalang, satu kelompok berbelok kekanan dan satu kelompok lagi kearah kiri.
- c. Pada hambatan terpendek akan segera terkumpul *pheromone* dengan jumlah lebih banyak dibanding sisi yang jauh, sehingga nantinya jalur yang terpendek yang akan dipilih.
- d. Sekumpulan semut memilih jalur terpendek untuk mendapatkan *pheromone* tertinggi dalam menemukan makanannya.

3.2.2. *Ant Colony Optimization (ACO) Algorithm.*^[1]

Secara umum *Ant colony Optimization Algorithm (ACO)* Algoritma suatu ukuran yang terbatas dari agen tiruan dengan karakteristik yang digambarkan secara bersama mencari solusi berkualitas. Permulaan dari suatu status awal yang terpilih menurut beberapa ukuran bergantung masing-masing semut membangun solusi, masing-masing semut mengumpulkan informasinya sendiri dan menggunakan informasi ini untuk memodifikasi penyajian permasalahan. Seperti semut yang lain, semut menyimpan informasi internal tentang perilaku semut yang sebelumnya dapat digunakan untuk menghitung suatu solusi. Permasalahan optimisasi, beberapa alur tersedia untuk memberikan semut status serta membimbing semut menghindari penggunaan memori semut. Semut tiruan diijinkan melepaskan *pheromone* yang dikembangkan atau kedua-duanya. Jumlah *pheromone* yang disimpan sebanding dengan solusi semut tiruan yang telah dikembangkan.

Secara umum perilaku semut-semut didalam algoritma ACO dapat dijelaskan sebagai berikut. Satu koloni semut bergerak dalam satu arah dan secara tak beraturan bergerak melauai posisi-posisi terdekat dari problem dengan melewati titik-titik tujuan. Mereka bergerak dengan menerapkan kebijakan mengambil keputusan lokal *stokastik* dengan memanfaatkan informasi yang termuat dalam titik lokal semut rute perjalanan. Dengan bergerak semut-semut membangun solusi terhadap problem optimalisasi, manakala seekor semut telah mebangun satu solusi atau satu solusi sedang dibangun, semut itu mengevaluasi sebagian solusi dan menyimpan informasi tentang baiknya solusi itu pada jejak *pheromone* dari koneksi-koneksi yang digunakan. Informasi *pheromone* ini akan mengarahkan pencarian akan semut-semut berikutnya.

Algoritma ACO juga mencakup dua prosedur: penguapan jejak *pheromone* dan aksi-aksi daemon. Penguapan *pheromone* ialah proses dimana intensitas jejak *pheromone* pada koneksi secara otomatis berkurang sepanjang waktu. Dengan kata lain penguatan *pheromone* dibutuhkan untuk menghindari konvergensi yang terlalu cepat dari algoritma terhadap daerah sub optimal atau menyiratkan sebentar proses melupakan dan mencari daerah baru dalam pencarian.

Aksi-aksi *daemon*, yang merupakan komponen opsional dari metaheuristik ACO dapat digunakan untuk mengimplementasikan aksi-aksi terpusat yang tidak bisa dikerjakan oleh satu ekor saja. Contohnya adalah pengaktifan prosedur optimalisasi lokal atau koleksi informasi global yang dapat digunakan untuk memutuskan apakah perlu atau tidak untuk menyimpan *pheromone* tambahan untuk membiasakan proses pencarian dari prespektif non lokal.

Sebagai contoh praktis, *daemon* dapat mengamati jalur yang dapat ditemukan setiap semut didalam koloni dan memilih untuk menyimpan *pheromone* tambahan pada jalur yang digunakan semut yang menghasilkan jalur tersingkat.

3.3. Adaptasi *Ant Colony Optimization* Dalam Penentuan Pemasangan Kapasitor Shunt Pada Jaringan Distribusi Primer 20 kV Tipe Radial.

3.3.1. Deskripsi metode *Ant Colony Optimization*.¹⁵¹

Untuk mengaplikasikan algoritma sistem semut (*Ant Colony*) kepada problem optimisasi gabungan, tepat untuk menampilkan problem tersebut dengan grafik $G = (\xi, A)$; di mana ξ adalah *node* dan A adalah sekumpulan lintasan. Untuk menampilkan masalah seperti sebuah grafik, himpunan *node* ξ ditentukan oleh komponen (kapasitor), dan kapasitasnya lintasan menghubungkan masing-masing komponen menurut ukuran yang tersedia dan penempatannya. Beberapa *node* ditambahkan untuk menampilkan posisi di mana komponen tambahan tidak digunakan. *Node* ini dinamakan *node* kosong dan diberi atribut nol. Grafik yang diperoleh dihubungkan secara parsial.

Secara informal, algoritma bekerja sebagai berikut: sejumlah m semut awalnya diposisikan pada sebuah *node* yang mewakili sebuah komponen. Masing-masing semut menampilkan satu kemungkinan solusi pada seluruh sistem. Solusi ini ditampilkan sebagai (f_j, l_j) . (f_j, l_j) dapat dipilih sebagai kombinasi dari tipe dan ukuran kapasitor yang tersedia. Masing-masing semut membentuk suatu solusi yang layak (*dinamakan tour*) terhadap masalah dengan secara berulang-ulang mengaplikasikan aturan *stochastic greedy*, misalnya aturan transisi keadaan.

Semut menggunakan informasi *heuristic* yang berkaitan dengan masalah ditunjukkan oleh η_{ij} dan jejak *pheromone* ditunjukkan τ_{ij} untuk memilih penempatan kapasitor yang optimal. Sebuah semut yang diposisikan pada *node* i memilih kapasitor j dengan mengaplikasikan aturan yang ditentukan sebagai berikut:

$$J = \begin{cases} \arg \max_{m \in AC_i} ([\tau_{im}]^\alpha [\eta_{im}]^\beta) & \text{if } q \leq q_0 \\ J & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (3.10)$$

Dan j adalah variabel acak yang dipilih menurut distribusi probabilitas yang ditentukan oleh :

$$P_{ij} = \begin{cases} \frac{[\tau_{im}]^\alpha [\eta_{im}]^\beta}{\sum_{m \in AC_i} [\tau_{im}]^\alpha [\eta_{im}]^\beta} & \text{if } j \in AC_i \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3.11)$$

Dimana:

α dan β : adalah parameter yang mengontrol nilai relatif dari *pheromone* tersebut,

AC_i : adalah sekumpulan komponen atau kapasitor yang tersedia.

Sebuah semut juga memodifikasi jumlah *pheromone* pada sudut yang dikunjungi dengan mengaplikasikan aturan pembaharuan lokal. Sementara untuk membangun solusi terhadap sebuah masalah, semut memilih elemen-elemen dengan mengunjungi sudut pada grafik G , dan mengubah level *pheromone* mereka dengan mengaplikasikan aturan pembaharuan lokal sebagai berikut:

$$\tau_{ij}^{new} = (1 - \rho)\tau_{ij}^{old} + \rho\tau_0 \quad (3.12)$$

Di mana

ρ : adalah koefisien di mana $(1 - \rho)$: adalah penguapan jejak dan τ_0 menampilkan jejak *pheromone* awal.

Ketika seluruh semut menghentikan perjalanan mereka, jumlah *pheromone* di sudut dimodifikasi lagi atau dengan mengaplikasikan aturan pembaharuan *global*

Ketika seluruh semut telah membangun sistem lengkap, ciri-ciri *pheromone* diperbaharui. Hanya semut *global* terbaik misalnya membentuk solusi terbaik dari awal percobaan yang dibolehkan menaruh *pheromone*. Sebuah kuantitas *pheromone* $\Delta\tau_{ij}$ ditaruh pada masing-masing sudut di mana digunakan oleh semut terbaik. Oleh karena itu, aturan pembaharuan *global* adalah sebagai berikut:

$$\tau_{ij}^{new} = (1 - \rho)\tau_{ij}^{old} + \rho\Delta\tau_{ij} \dots\dots\dots (3.13)$$

Di mana $0 < \rho < 1$ adalah parameter kerusakan *pheromone* yang menunjukkan penguapan jejak dan $\alpha\tau_{ij}$ menampilkan penempatan *pheromone* pada sudut (i,j) , dalam membangun perjalanan mereka, dengan informasi *heuristic* mereka lebih suka memilih sudut yang lebih murah, dan dengan informasi *pheromone*. Biasanya, sebuah sudut dengan jumlah *pheromone* sangat tinggi adalah pilihan yang diinginkan. Aturan pembaharuan *pheromone* di desain sehingga mereka cenderung memberikan lebih banyak *pheromone* pada sudut yang dikunjungi oleh semut.

3.4. Penerapan *Ant Colony Optimization* pada Pemasangan Kapasitor.^[1]

Dengan penentuan pemasangan kapasitor yang optimal akan di dapatkan keuntungan-keuntungan sebagai berikut :

3.4.1. Keuntungan Dari Kapasitas Sistem

Dalam perhitungan pelepasan kapasitas sistem dalam metode *Ant Colony Optimization* memperhitungkan parameter *transformer f* dan pengurangan kerugian daya aktif dalam sistem distribusi.

Beban utama dari transformer, S_1 dapat digambarkan sebagai sebuah fungsi dari beban sekunder dengan rumus sebagai berikut :

$$S_2 = P_2 + jQ_2 \dots \dots \dots (3.14)$$

$$S_1 = \frac{1}{V^2} \left[\left(P + R_r (P^2 + q^2) \right)^2 + \left(q + X_r (P^2 + q^2) \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (3.15)$$

$$P = P_2 + \Delta P_{FE} \left(\frac{V}{V_n} \right)^2 \quad \text{dan} \quad q = Q_2 + \Delta Q_{FE} \left(\frac{V}{V_n} \right)^2 \dots \dots \dots (3.16)$$

Dimana :

R_r, X_r : adalah resistansi transformer seri dan kebocoran reaktansi

$\Delta P_{FE}, \Delta Q_{FE}$: adalah kerugian daya aktif dan daya reaktif transformer tanpa beban.

V : adalah pemeliharaan tegangan pada sisi sekunder transformer

V_m : adalah nilai tegangan sekunder dari transformer

Di bawah kondisi beban puncak tanpa kompensasi daya reaktif pada beban transformer di sisi primer adalah $S_{1 \max} = f(P_{2 \max}, Q_{2 \max})$, di mana $P_{2 \max}$ dan $Q_{2 \max}$ masing-masing adalah beban aktif maksimum dan reaktif pada sisi sekunder. Aplikasi kapasitor menghasilkan pengurangan kerugian daya aktif beban puncak dalam sistem distribusi dengan ΔP_c dan dalam pengurangan total daya reaktif pada sisi sekunder transformer oleh ΔQ_c . Dengan demikian, beban tambahan g ($P_{2 \max}, Q_{2 \max}$) dapat dilayani oleh transformer tanpa meningkatkan beban sisi primer $S_{1 \max}$. Kenaikan beban per unit g dapat ditentukan dari persamaan sebagai berikut :

$$S_{1 \max} = f \left((P_{2 \max} (1+g) - \Delta P_c) (Q_{2 \max} (1+g) - \Delta Q_c) \right) \dots \dots \dots (3.17)$$

Pelepasan kapasitas sistem dapat dirumuskan sebagai fungsi g sebagai berikut:

$$\Delta S_{CR} = f \left(P_{2 \max} (1+g) Q_{2 \max} (1+g) \right) - S_{1 \max} \dots \dots \dots (3.18)$$

Keuntungan tahunan sehubungan dengan pelepasan kapasitas sistem adalah $CS\Delta S_{CR}$, di mana CS adalah biaya sistem pelepasan kapasitas *thermal*

3.4.2. Keuntungan Dari Pengurangan Kerugian Beban-Puncak

Biaya pengurangan kerugian beban puncak C_{PL} dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$C_{PL} = (P_{L_{max}} - P_{comp}^{L_{max}}) C_L \dots\dots\dots (3.19)$$

Di mana :

$P_{L_{Max}}$: adalah kerugian sistem beban puncak, di mana meliputi kerugian dalam sistem distribusi, transformer dan sistem transmisi ekuivalen tanpa kompensasi daya reaktif.

$P_{comp}^{L_{max}}$: adalah sama ketika kapasitor tegangan medium diaplikasikan, C_L adalah biaya tahunan kerugian daya riil beban-puncak

3.4.3. Keuntungan Dari Pengurangan Kerugian Energi

Pengurangan kerugian energi tahunan tergantung pada kontrol dari kapasitor yang dipertimbangkan selama tahun tersebut. Diasumsikan bahwa energisasi kapasitor dikontrol oleh regulator daya reaktif, sementara kapasitor kutub diganti dengan peralatan kontrol.

Untuk mengevaluasi kesesuaian dari beberapa solusi arbitrase, diasumsikan bahwa seluruh kapasitor diubah secara tepat pada setiap level beban.

Oleh karena itu untuk masing-masing level mode kapasitor berikut kemungkinan dipertimbangkan

1. Seluruh kapasitor tegangan medium diputus
2. Seluruh kapasitor kutub dinyalakan sementara *Station Capacitor Bank* diputus
3. Seluruh kapasitor kutub sebagaimana halnya *Station Capacitor Bank* dioperasikan. Asumsi kesesuaian kontrol dari kapasitor kutub adalah cocok terhadap sistem distribusi dengan variasi *conformal* dari beban jika waktu kontrol kapasitor dengan nilai 20 kVAr atau yang lebih tinggi digunakan. Untuk menentukan kontrol kapasitor optimum yang menghasilkan pengurangan energi maksimum pada level beban ke i .

Kerugian daya maksimum pada level beban ke i dihitung sebagai berikut :

$$\Delta P_{L_i}^{\max} = \max \{0, P_{L_i}^i\} \dots \dots \dots (3.20)$$

Dimana: $P_{L_i}^i$ adalah kerugian sistem total pada level beban ke i .

3.4.4. Keuntungan Dari Batasan *Switching Capacitor*

Sebuah kapasitor kutub akan dipasang sedemikian rupa untuk mencegah arus masuk yang tinggi yang disebabkan oleh interaksinya dengan kapasitor lain pada sistem distribusi. Nilai puncak dari arus masuk dalam kapasitor kutub j akan lebih kecil dari magnitudo $I_{\max j}$ yang ditentukan oleh nilai arus puncak yang dapat diterima untuk kapasitor.

Level beban $I_2(t)$ ditentukan sebagai berikut:

$$C_{EL} = C_E \times \sum_{i=1}^n \Lambda_{L_i}^{P_{max}} \times T_i \dots\dots\dots (3.21)$$

Dimana:

C_E : adalah biaya kerugian energi

T_i : adalah durasi waktu level beban (i)

3.4.5. Keuntungan Dari *Return* Tahunan

Return tahunan yang diperoleh dari aplikasi kapasitor C_{Tot} dapat dirumuskan dengan persamaan :

$$C_{Total} = C_{PL} + C_{EL} - \sum_{j=1}^k C_j \dots\dots\dots (3.22)$$

Dimana :

C_{EL} : adalah biaya pengurangan kerugian energi

C_{PL} : adalah biaya tahunan pengurangan kerugian beban puncak

C_j : adalah kapasitor j.

Keuntungan utama sistem berhubungan dengan aplikasi kapasitor, sebagaimana perumusan di atas, tergantung pada nilai daya reaktif Q_j , lokasi l_j dan kontrol dari kapasitor kutub. Jadi, jika daya reaktif dari *Station Capacitor Bank* ditentukan, maka pemasangan optimal dan kontrol dari kapasitor kutub dapat mencapai *return* maksimum.

3.5. Batasan Pemasangan Kapasitor

Menentukan pemasangan kapasitor perlu memperhitungkan tekanan yang ditimbulkan oleh variasi tegangan pada *Node* puncak oleh *Switching Capacitor Transient*.

3.5.1. Batasan Tegangan.

Batasan tegangan dapat diperhitungkan dengan menentukan *limit* atas dan bawah dari variasi tegangan pada *node* sistem distribusi. Untuk setiap *node* m dalam sistem distribusi pada setiap level puncak i , tekanan ini dapat dituliskan rumus sebagai berikut:

$$V_{\min}^2 \leq V_m^2 \leq V_{\max}^2 \quad m=1, \dots, M, i=1, \dots, n \dots \dots \dots (3.23)$$

Dimana :

M : adalah jumlah *node* total pada sistem distribusi.

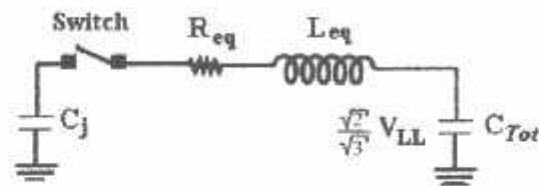
$V^2_{\min}, V^2_{mi}, V^2$: adalah tegangan minimum, sedang dan maksimum.

3.5.2. Batasan *Switching Capacitor*.

Sebuah kapasitor akan dipasang sedemikian rupa untuk mencegah masuknya arus tinggi yang disebabkan oleh interaksi dengan kapasitor lain pada sistem distribusi. Nilai puncak dari arus masuk dalam kapasitor kutub j harus lebih kecil dari besarnya $I_{\max j}$ yang ditentukan oleh level arus puncak yang dapat diterima untuk kapasitor tersebut. $I^2(t)$ arus transien pada kapasitor kutub berhubungan dengan energisasi di mana tidak boleh melebihi nilai maksimum $I^2(t_{\max})$.

Pada umumnya, menentukan penggantian arus transien dari sebuah kapasitor yang dienergisasi dalam sistem distribusi yang berisi kapasitor lain akan perlu. Untuk mengenakan tekanan penggantian arus terhadap pemasangan kapasitor, sebuah penyederhanaan metode analitis untuk menentukan arus *switching* puncak dan nilai $I_2(t)$. Metode ini didasarkan pada asumsi bahwa selama *switching* sebuah kapasitor, maka kapasitor lain sudah diarahkan sebagai kapasitor tunggal.

Oleh karena itu, kapasitansi dari *switch* kapasitor dapat digunakan bersama-sama. sehubungan dengan interaksinya dapat dihitung dengan menggunakan sirkuit *switching* kapasitor *ekuivalen* kapasitor lain, *Switching* arus $I_{sw}(t)$, yang dihasilkan dari *switching* kapasitor dengan kapasitansi C_j terhadap kapasitor sistem ekuivalen dengan kapasitansi C_{tot} , dapat dilihat pada gambar 3.3 :



Gambar 3.3.
Switching Kapasitor Pada Circuit *Equivalent* Sistem Transien

Sumber : S. BOURI, A ZEBLAH, A GHORAF, S. HADJERI, H. HAMDALOU "Ant colony optimization to shunt capacitor allocation in radial distribution systems"

$$\left\{ \begin{array}{l} I_{SW}(t) = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \cdot V_{LL} \times \sqrt{\frac{C_{eq}}{L_{eq}}} \cdot e^{-\frac{R_{eq}}{L_{eq}} t} \cdot \sin \frac{1}{\sqrt{L_{eq} \times C_{eq}}} t \\ IF \frac{L_{eq}}{C_{eq}} \geq \frac{R_{eq}^2}{4} \end{array} \right. \dots\dots\dots (3.24)$$

Di mana

- C_{eq} : kapasitor ekuivalen dari sirkuit tersebut;
- R_{eq} dan L_{eq} : resistansi dan induktansi arus alternatif, antara kapasitor yang sedang di energisasi dengan kapasitor yang sudah dienergisasi.
- V_{LL} : sistem maksimum fase ke fase.

Nilai puncak dari arus masuk I_{SWmax} dan nilai $I^2(t)$ dapat dituliskan dalam bentuk nilai daya reaktif dari kapasitor Q_j , nilai kapasitor reaktif dari kapasitor sistem ekuivalen Q_{tot} yang berhubungan dengan impedansi

$$\left\{ \begin{array}{l} I_{SW \max j} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \cdot V_{LL} \cdot \sqrt{\frac{C_{eq}}{L_{eq}}} = \sqrt{\frac{2}{3} \cdot \frac{Q_j \cdot Q_{tot}}{(Q_j + Q_{tot}) X_{eq}}} \\ I^2 t_j = \int_0^{\infty} I_{SW}^2(t) dt = \frac{Q_j \cdot Q_{tot}}{3 \cdot (Q_j + Q_{tot}) R_{eq}^{(1)}} \end{array} \right. \dots\dots\dots (3.25)$$

Dimana

X_{eq} : reaktansi ekuivalen antar kapasitor.

L_{eq} : induktansi ekuivalen antar kapasitor.

Oleh karena itu, tekanan *Switching Capacitor* yang ditimbulkan oleh pemasangan kapasitor kutub j dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$I_{SW \max j} \leq I_{\max j} \quad I^2 t_{s \max j} \leq I^2 t_{\max j} \dots\dots\dots (3.26)$$

Penggunaan tekanan *switching* pada pemasangan setiap kapasitor kutub membutuhkan perhitungan parameter sirkuit ekuivalen dari *switching* : Q_{tot} , R_{eq} , X_{eq} . Perhitungan dari parameter di atas dicapai dengan pengurangan sirkuit dengan melihat pada *node* kapasitor yang dipertimbangkan. Kapasitor akan di paralelkan dengan kapasitor lain pada *feder*, dimana kapasitor yang dipertimbangkan kemudian dipasang, memparalelkan cabang dengan kapasitor bersama-sama kapasitansi mereka dengan hubungan impedansi mereka secara paralel.

3.6. Algoritma Program

3.6.1. Algoritma Pemecahan Masalah

1. Mulai
2. Masukan Data Beban P, Q, Data Saluran R, X, Daya Dasar (P) dan Tegangan Dasar (V). dan Data Kapasias Kapasitor.
3. Melakukan proses Aliran Daya dengan Menggunakan Metode *Newton Raphson*
4. Mengecek apakah ada pelanggaran tegangan. Jika 'Tidak' cetak hasil. jika 'Ya' lanjutkan ke proses 5.
5. Melakukan Proses Algoritma *Ant Colony Optimization*
6. Cetak hasil
7. Selesai.

3.6.2. Algoritma Program Pemecahan Masalah Pemasangan Kapasitor

Menggunakan Metode *Ant Colony Optimization*

1. Masukkan nilai awal dari $\Delta\tau_0$
 2. Inisialisasi kemungkinan lokasi kapasitor pada posisi k_{max}
Untuk $f = 0$ sampai N_f , dimana N_f adalah banyaknya kemungkinan kapasitor pada penyulang (*feeder*)
 3. Apakah $I_j \leq r_j$, jika "Tidak" kembali ke langkah 2 dengan $j = j + 1$, jika "Ya" lanjutkan ke langkah berikutnya.
 - 3.1 Masukkan Nilai $\frac{I_j}{N_j} \geq 0$ untuk setiap kombinasi lokasi kapasitor
-

4. Hitung $e = k_{MAX} \sum_{f=1}^{k_{max}} \left(\frac{N_f}{k_{nc}} \right)$, untuk jumlah kapasitor yang dibolehkan dalam feeder

4.1 Hitung $e = \frac{Q_{IMAX} - Q_{CB}}{Q_{avg}}$, untuk jumlah kapasitor yang diinginkan

5. Pilih kapasitor $\tau (l, j)$ dengan probabilitas transisi dengan rumus :

$$J = \begin{cases} \arg \max_{m \in AC_1} ([\tau_{lm}]^p [\eta_{lm}]^\beta) & \text{if } q \leq q_0 \\ J & \text{Otherwise} \end{cases}$$

5.1 Hitung $P_{ij} = \begin{cases} \frac{[\tau_{ij}]^p [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{m \in AC_1} [\tau_{im}]^p [\eta_{im}]^\beta} & \text{if } j \in AC_1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$

6. Hitung biaya operasional $C_{total} = C_{PL} + C_{EL} - \sum_{j=1}^k C_j$

7. Hitung $V_{mi}^2 = \sum_{j=1}^k (I_{SW_{maxj}} - I_{mi}) + \sum_{j=1}^k (I^2(t_j) - I^2(t_{max}))$, untuk menampilkan tegangan sedang antara tegangan minimum dan maksimum.

8. Hitung $\Omega = C_{total} + \sum_{m=1}^M \sum_{l=1}^n (V_{mi}^2 - V_{max}^2) + \sum_{m=1}^M \sum_{l=1}^n (V_{mm}^2 - V_{mi}^2)$, untuk pengurangan beban puncak dan tekanan kapasitor.

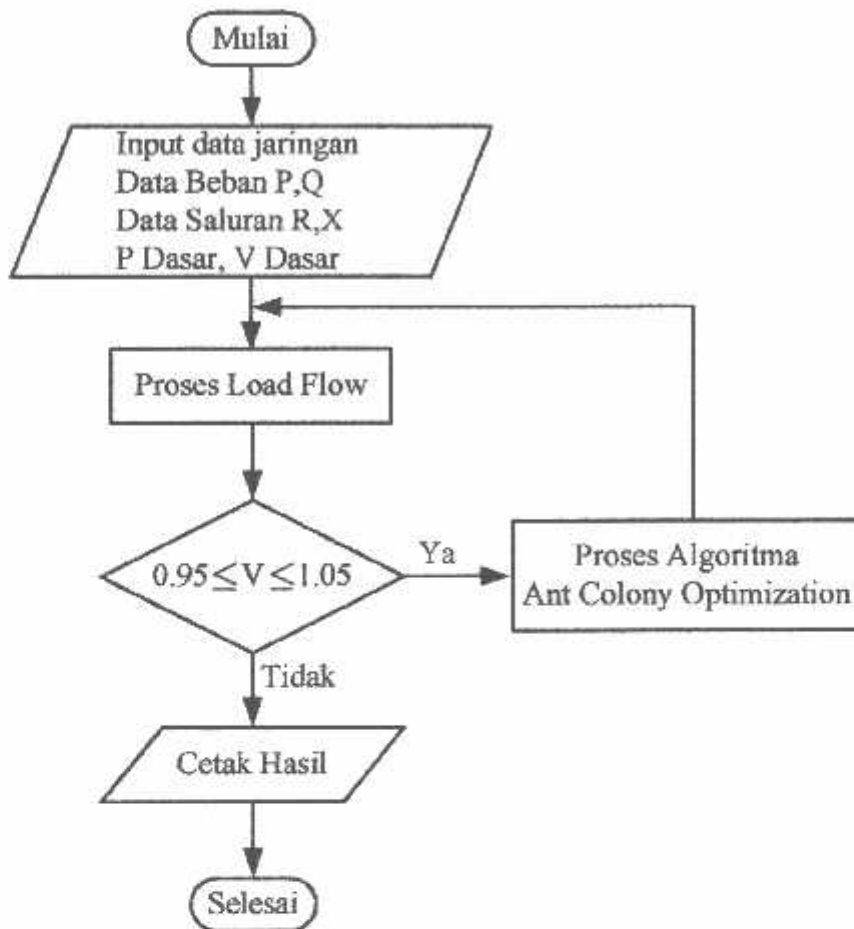
9. Memperbarui Pheromone lokal $\tau_{ij}^{new} = (1 - \rho)\tau_{ij}^{old} + \rho\tau_{ij}$, untuk memperbarui komponen-komponen yang di aplikasikan dalam system seleksi.

10. Memperbarui Pheromone global $\tau_{ij}^{new} = (1 - \rho)\tau_{ij}^{old} + \rho\Delta\tau_{ij}$ untuk memperbarui komponen-komponen berdasarkan pilihan.

11. Apakah $NC < NC_{max}$, (notsatgnation behavior) jika "tidak" kembali ke langkah 6, jika "ya" cetak hasil dan stop.

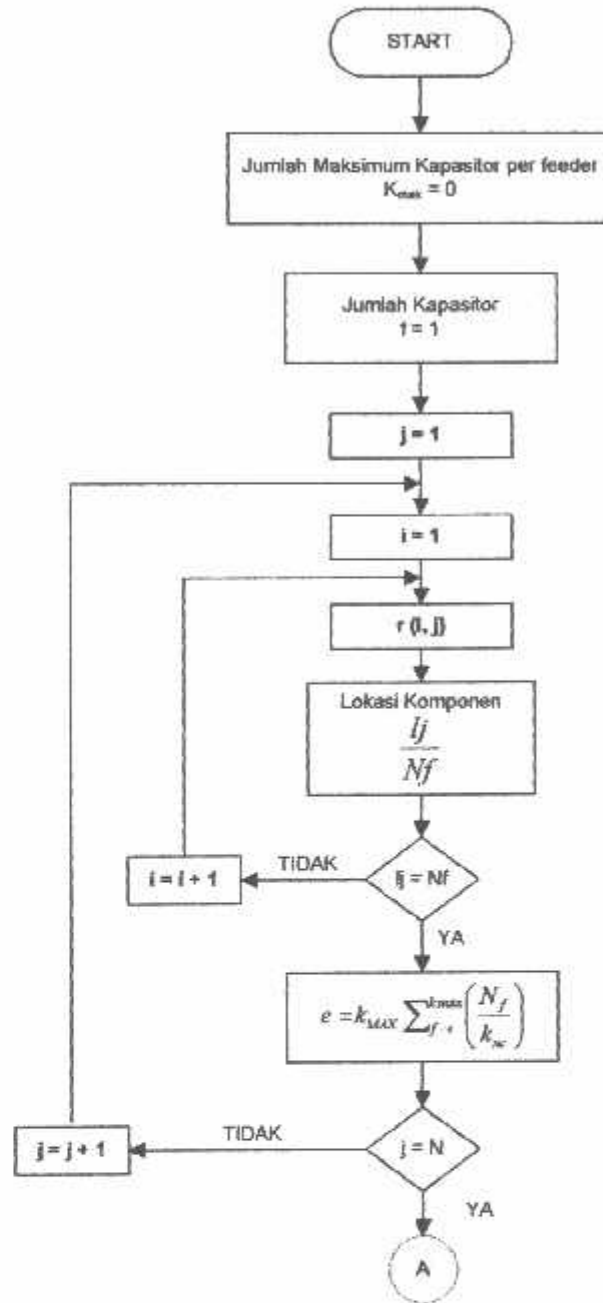
3.7. Flowchart Program

3.7.1. Flowchart Algoritma Pemecahan Masalah



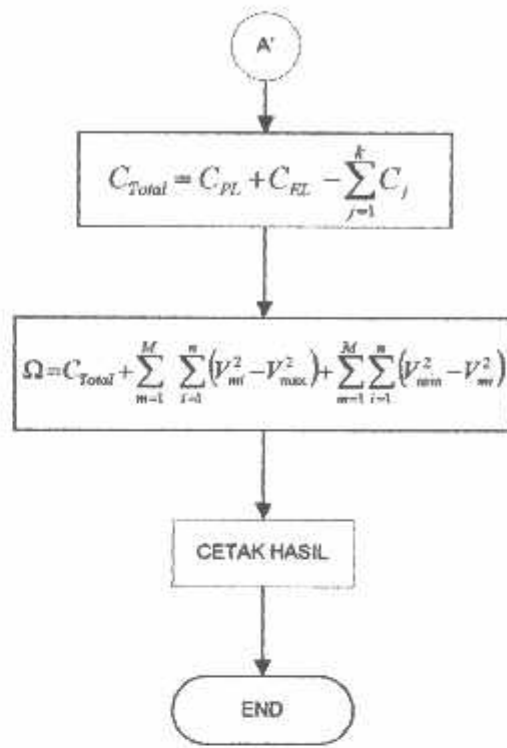
Gambar 3-4
Flowchart Algoritma Pemecahan Masalah

3.7.2. *Flowchart Program Pemecahan Masalah Pemasangan Kapasitor Menggunakan Metode Ant Colony Optimization*



Gambar 3 – 5

Flowchart Program Pemecahan Masalah Pemasangan Kapasitor Menggunakan Metode Ant Colony Optimization



Gambar 3 – 5

Flowchart Program Pemecahan Masalah Pemasangan Kapasitor Menggunakan Metode *Ant Colony Optimization* [lanjutan]

BAB IV

HASIL DAN ANALISA HASIL

4.1. Program Komputer Penentuan Pemasangan Kapasitor Pada Jaringan Distribusi Radial Penyulang Pujon

Dalam penyelesaian masalah ini maka diperlukan bantuan program komputer dalam perhitungan yang membutuhkan ketelitian dan keakuratan.

Program komputer dalam skripsi ini dijalankan dengan menggunakan bahasa pemrograman Borland Delphi versi 7.0 dan diaplikasikan pada komputer Pentium 4, dengan Prosesor 3,06A GHz, dengan Memori 512 Mb.

4.2. Sistem Distribusi Tenaga listrik 20kV GI Sengkaling Penyulang Pujon

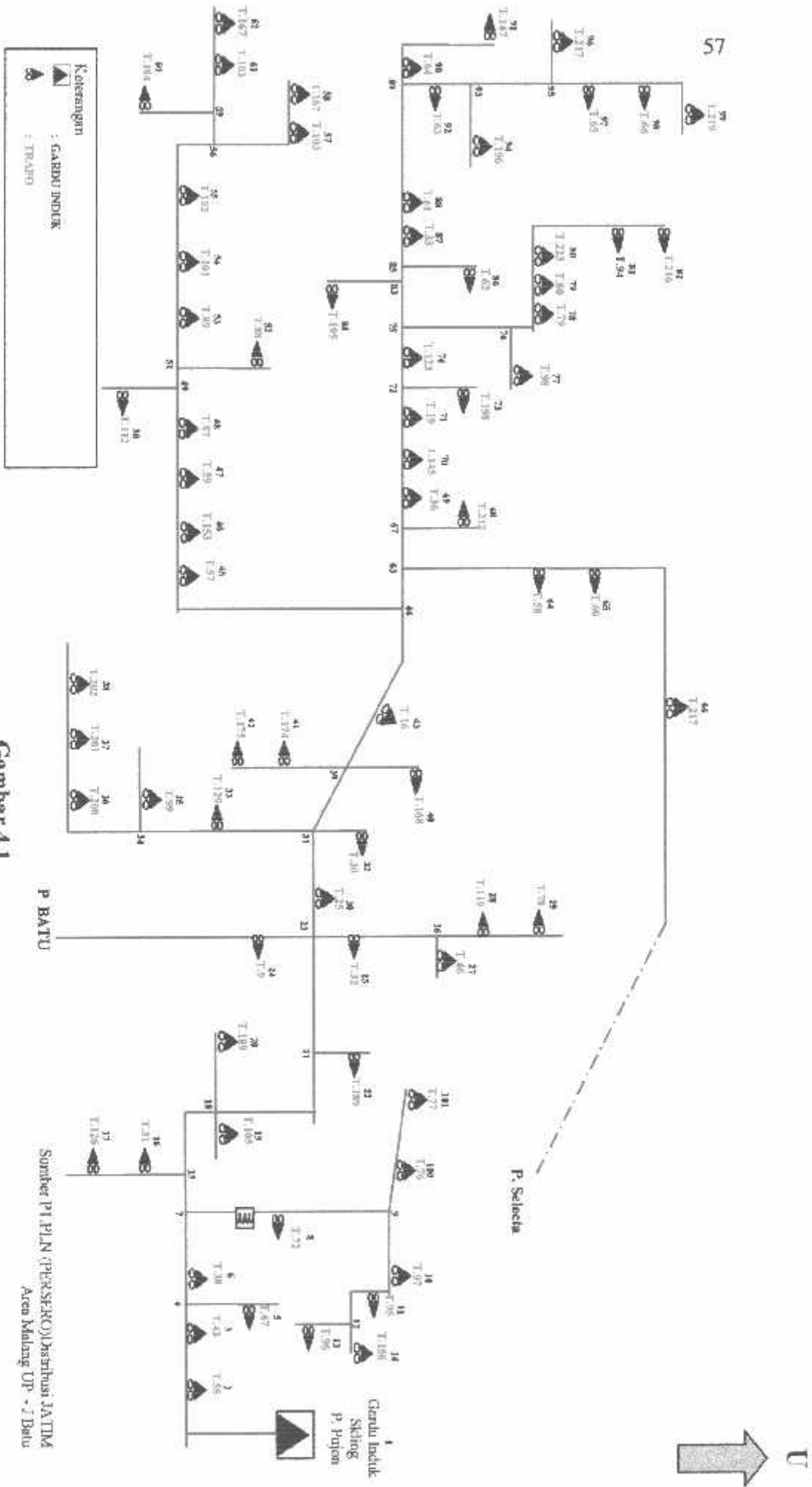
Dalam perhitungan aliran daya Data yang diambil dari GI Sengkaling Malang yang melayani 6 (enam) buah penyulang dengan 2 (dua) buah Trafo yang masing-masing 150/20kV-30MVA dan 150/20kV-30MVA.

Namun pada skripsi ini hanya menganalisa satu penyulang saja, yaitu pada penyulang Pujon. Sistem Distribusi Radial GI Sengkaling memakai tegangan Distribusi 20kV. Untuk menyelesaikan perhitungan Aliran Daya terlebih dahulu ditetapkan *single line diagram* sesuai dengan gambar 4-1 yang akan dianalisis.

Agar memudahkan perhitungan maka digunakan sistem per-unit (pu), dimana dasar yang digunakan:

1. Tegangan Dasar : 20kV
2. Daya Dasar : 30 MVA

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



Gambar 4.1
 Single Line Diagram Penyulang Pujon Sebelum
 Pemasangan Kapasitor

Sumber P1 PLN PERSEKROD/Instansi JATIM
 Arces Malang DP - 7 Batu

Tabel 4-1.
Penomoran Node, Kode Trafo, dan Lokasi Sistem Distribusi Type Radial 20
kV GI Sengkaling Penyulang Pujon

No Node	Kode Trafo	Lokasi	No Node	Kode Trafo	Lokasi
1	-	-	52	88	Ds Pujon Kidul
2	T55	Jl Raya Ngandat	53	89	Ds Pujon Kidul
3	T43	Jl Raya Mojorejo	54	101	Dk Bivan
4	-	-	55	102	Dk Bakir
5	T67	Dk Beji	56	-	-
6	T38	Jl Raya Beji	57	103	Dk Cukal
7	-	-	58	167	Dk dadapan
8	T72	Emanuel temas	59	-	-
9	-	-	60	104	Ds Cukal
10	T97	Ds Temas Klerek	61	166	Dk Tretes
11	T95	Ds Torong Rejo	62	167	Dk Dadapan
12	-	-	63	-	-
13	T96	Ds Torong Rejo tutup	64	58	Dk Pandemas
14	T156	Ds wukir	65	60	Ds Jurang Rejo
15	-	-	66	217	Ds Brau
16	T31	Jl Sudiro	67	-	-
17	T126	Jl Sudiro	68	212	Dk Don Bayi
18	-	-	69	36	Ds Pandesari
19	T105	R.s Pam-paru	70	145	Dk Watu Gong
20	T189	Jl Kasiman	71	19	Jl Raya Pujon
21	-	-	72	-	-
22	T188	Jl Lesti	73	198	Pasar Baru
23	-	-	74	123	Jl Raya Pujon
24	T9	jl Hasanudin	75	-	-
25	T32	Jl Indragiri	76	-	-
26	-	-	77	98	Dk Kalangan
27	T46	Ds. Sumberejo	78	79	Ds Wiyun Rejo
28	119	Ds. Sumberejo	79	80	Ds Madirejo
29	78	Ds Saichean	80	223	Dk Sobo
30	25	Jl Trunojowo	81	94	Dk Delik
31	-	-	82	216	Dk Delik
32	30	Ds Songgoriti	83	-	-
33	T129	Jl Flamboyan	84	195	KOP SAE
34	-	-	85	-	-
35	99	Jl Flamboyan	86	62	KOP SAE
36	200	Ds Tanbuh	87	33	Ds Ngroto
37	201	Ds Tanbuh	88	61	Ds Ngroto
38	202	Ds Tanbuh	89	-	-
39	-	-	90	64	Dk Icbaksari
40	168	Bukit Pinus	91	147	Dk Torong
41	174	Jl Songgoriti	92	63	Dk Mantung
42	175	Jl Songgoriti	93	-	-
43	16	Jl Songgoriti	94	196	Dk Bunder
44	-	-	95	-	-
45	57	Dk Sebaluh	96	197	Dk Ngebrong
46	153	Dk Sebaluh	97	65	Ds Ngabab
47	59	Dk Maron	98	66	Ds Ngabab
48	87	Dk Maron	99	219	Ds Manting
49	-	-	100	76	Ds Manting
50	112	Ds Gunung Sari	101	77	Dk Gerih
51	-	-	-	-	-

4.3. Data Spesifikasi Saluran

Jaringan distribusi Penyulang Pujon menggunakan kabel saluran udara dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 4-2
Spesifikasi Saluran

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

4.4. Data Panjang Saluran Penyulang Pujon

Data panjang saluran Penyulang Pujon dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4.3
Data Panjang Saluran

No Saluran	Dari Node	ke Node	Panjang (m)
1	1	2	580.3
2	2	3	1432.6
3	3	4	863.9
4	4	5	85.4
5	4	6	683.3
6	6	7	2082.8
7	7	8	154.4
8	8	9	414.5
9	9	10	896.5
10	10	11	463.5

No. saluran 11-100 selanjutnya dapat dilihat pada lampiran A-1

4.5. Perhitungan Impedansi Saluran

Dari data spesifikasi kabel saluran pada tabel 4-2, diketahui penyulang pujan menggunakan jenis kabel AAAC (*All Aluminium Alloy Conductor*) dengan penampang nominal 150mm^2 dan impedansi saluran $0,2162+j0,3305$ (Ω/km). Berikut contoh perhitungan impedansi saluran yang dilakukan pada node 1 ke node 2 :

Diketahui jarak dari node 1 ke node 2 = $580,3 \text{ m} = 580,3 \times 10^{-3} = 0,5803 \text{ km}$

Untuk mencari R

$$R = 0,5803 \times 0,2162 = 0,1255 \Omega/\text{km}$$

Untuk mencari X

$$X = 0,5803 \times 0,3305 = 0,1918 \Omega/\text{km}$$

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

Ditentukan :

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

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

Untuk mencari Z (impedansi) dasar :

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

$$Z_{\text{dasar}} = \frac{20^2}{30} = 13,33 \text{ pu}$$

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

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

$$R = 0,1255 \Omega$$

$$X = 0,1918 \Omega$$

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

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

Dengan cara yang sama seperti pada contoh diatas maka diperoleh hasil seperti pada tabel 4-4.

Tabel 4.4
Hasil Perhitungan Impedansi Saluran

No Saluran	Node		Panjang (m)	Impedansi Saluran			
	Dari	Ke		R (Ω)	X (Ω)	R (pu)	X (pu)
1	1	2	580.3	0.1255	0.1918	0.0094	0.0143
2	2	3	1432.6	0.3097	0.4735	0.0232	0.0355
3	3	4	863.9	0.1868	0.2855	0.0140	0.0214
4	4	5	85.4	0.0185	0.0282	0.0014	0.0021
5	4	6	683.3	0.1477	0.2258	0.0111	0.0169
6	6	7	2082.8	0.4503	0.6884	0.0338	0.0516
7	7	8	154.4	0.0334	0.051	0.0025	0.0038
8	8	9	414.5	0.0896	0.137	0.0067	0.0103
9	9	10	896.5	0.1938	0.2963	0.0145	0.0222
10	10	11	463.5	0.1002	0.1532	0.0075	0.0115

No. saluran 11-100 selanjutnya dapat dilihat pada lampiran A-1

4.6. Perhitungan Pembebanan Sistem 20 kV Penyulang Pujon

Pembebanan diperoleh dengan mengambil data dari masing-masing trafo distribusi pada lampiran A-2, 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. mengingat bahwa tidak dilakukan pengukuran faktor daya pada jaringan, maka pada perhitungan ini di asumsikan harga faktor daya sebesar 0,86. Dibawah ini diberikan contoh perhitungan pembebanan pada *Node 2*.

Kapasitas Trafo	= 150 kVA
Beban Gardu	= 35%
Faktor Daya	= $\text{Cos } \varphi = 0,86$
	$\text{Sin } \varphi = 0,5102$
Pembebanan	= $150 \times 35 \% = 52 \text{ kVA}$
Beban Aktif	= $52 \times \text{Cos } \varphi = 52 \times 0,86 = 44,7200 \text{ kW}$
Beban Reaktif	= $52 \times \text{Sin } \varphi = 42 \times 0,5102 = 26,5304 \text{ kVAR}$

Dan selanjutnya perhitungan untuk merubah P (beban aktif) dan Q (beban reaktif) kedalam bentuk *per-unit (pu)*.

Dari hasil perhitungan pembebanan diatas, pada *node 2* diketahui nilai :

$$P_2 = 44,72 \text{ kW} \quad Q_2 = 26,53 \text{ kV}$$

Untuk merubah beban aktif (P) dan beban reaktif (Q) dalam pu

$$P = \frac{P \text{ (kW)}}{P_{\text{dasar}}} \quad Q = \frac{Q \text{ (kVAR)}}{P_{\text{dasar}}}$$

Maka :

$$P_2 = \frac{44,72}{30} = 1,490 \text{ pu} \quad Q_2 = \frac{26,53}{30} = 0,884 \text{ pu}$$

Dengan cara yang sama seperti pada contoh diatas maka untuk *node 3-10* seperti pada tabel 4.5.

Tabel 4.5
Hasil Perhitungan Pembebanan

No Node	Kode Trafo	Lokasi	Pembebanan					Type Node
			S (kVA)	P (kW)	Q (kVAR)	P (pu)	Q (pu)	
1	-	-	0	0.000	0.000	0.000	0.000	Slack
2	T55	Jl Raya Ngandat	52	44.720	26.530	1.491	0.884	Load
3	T43	Jl Raya Mojorejo	70	60.200	35.714	2.007	1.190	Load
4	-	-	0	0.000	0.000	0.000	0.000	Load
5	T67	Dk Beji	43	36.980	21.939	1.233	0.731	Load
6	T38	Jl Raya Beji	32	27.520	16.326	0.917	0.544	Load
7	-	-	0	0.000	0.000	0.000	0.000	Load
8	T72	Emanuel temas	63	54.180	32.143	1.806	1.071	Load
9	-	-	0	0.000	0.000	0.000	0.000	Load
10	T97	Ds Temas Klerek	142	122.120	72.448	4.071	2.415	Load

No. Node 11-101 selanjutnya dapat dilihat pada lampiran A-1

4.7. Data Kapasitas Kapasitor dan Harga (Cost/ kVAR).

Pada analisa menentukan nilai biaya, nilai kapasitas kapasitor dan harga sudah ditentukan dalam US\$ /kVAR. Tabel 4.6 menunjukan data yang tersedia oleh *supplier* untuk *feeder* distribusi.

Tabel 4.6
Ukuran dan Harga Kapasitor Yang Tersedia

No	Size Capacitor (kVAR)	Cost/kVAR (\$/kVAR)
1	150	0.50000
2	300	0.35000
3	450	0.25300
4	600	0.22000
5	750	0.27600
6	900	0.18300
7	1050	0.22800
8	1200	0.17000
9	1350	0.20700
10	1500	0.20100
11	1650	0.19300
12	1800	0.18700
13	1950	0.21100
14	2100	0.17600
15	2250	0.19700
16	2400	0.17000
17	2550	0.18900
18	2700	0.18700
19	2850	0.18300
20	3000	0.18000
21	3150	0.19500
22	3300	0.17400
23	3450	0.18800
24	3600	0.17000
25	3750	0.18300
26	3900	0.18200
27	4050	0.17900

4.8. Prosedur Pelaksanaan Program Perhitungan

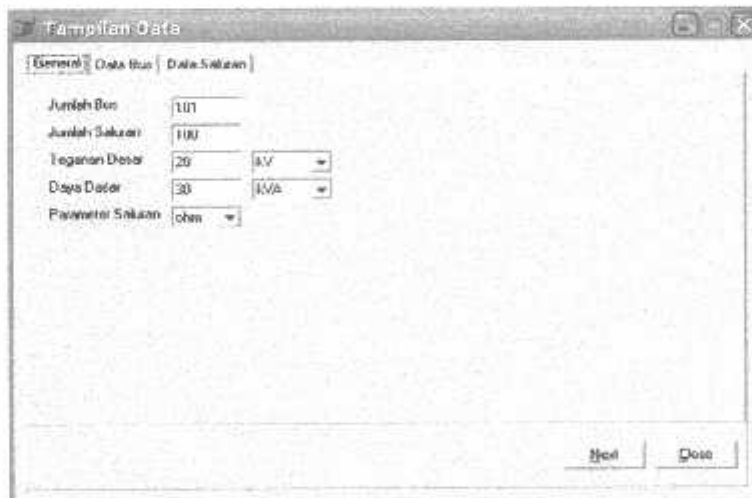
Prosedur menjalankan program perhitungan dengan menggunakan bahasa pemrograman Borland Delphi versi 7.0 dapat dilakukan sebagai berikut :

1. Tampilan Utama Program



Gambar 4.2
Tampilan Utama Program

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



Gambar 4.3
Tampilan Inputan Data (General)

Bus	absV (pu)	surdV (deg)	Pg (KW)	Qg (KVAR)	PL (KW)	QL (KVAR)	Cap (ohm)	Type Bus
1	0	0	0	0	0	0	0	1
2	0	0	0	0	44.72	20.53	0	3
3	0	0	0	0	60.2	35.714	0	3
4	0	0	0	0	0	0	0	3
5	0	0	0	0	36.98	21.939	0	3
6	0	0	0	0	27.52	16.326	0	3
7	0	0	0	0	0	0	0	3
8	0	0	0	0	54.18	32.143	0	3
9	0	0	0	0	0	0	0	3
10	0	0	0	0	122.12	72.448	0	3
11	0	0	0	0	79.98	47.449	0	3
12	0	0	0	0	0	0	0	3
13	0	0	0	0	68.8	40.816	0	3
14	0	0	0	0	0	0	0	3

Gambar 4.4
Tampilan Inputan Data (Data Pembebanan)

No	Dan	Ke	R (ohm)	X (ohm)	Lc (ohm)	Tr	Tu	Su (deg)	Kap (KVA)
1	1	2	0.1255	0.1913	0	0	0	0	10000
2	2	3	0.3097	0.4735	0	0	0	0	10000
3	3	4	0.1968	0.2855	0	0	0	0	10000
4	4	5	0.0185	0.0282	0	0	0	0	10000
5	4	6	0.1477	0.2258	0	0	0	0	10000
6	6	7	0.4503	0.6884	0	0	0	0	10000
7	7	8	0.0334	0.051	0	0	0	0	10000
8	8	9	0.0896	0.137	0	0	0	0	10000
9	9	10	0.1908	0.2963	0	0	0	0	10000
10	10	11	0.1002	0.1532	0	0	0	0	10000
11	11	12	0.0977	0.1494	0	0	0	0	10000
12	12	13	0.308	0.4708	0	0	0	0	10000
13	12	14	0.2668	0.4075	0	0	0	0	10000
14	7	15	0.3691	0.5514	0	0	0	0	10000

Gambar 4.5
Tampilan Inputan Data (Data Saluran)

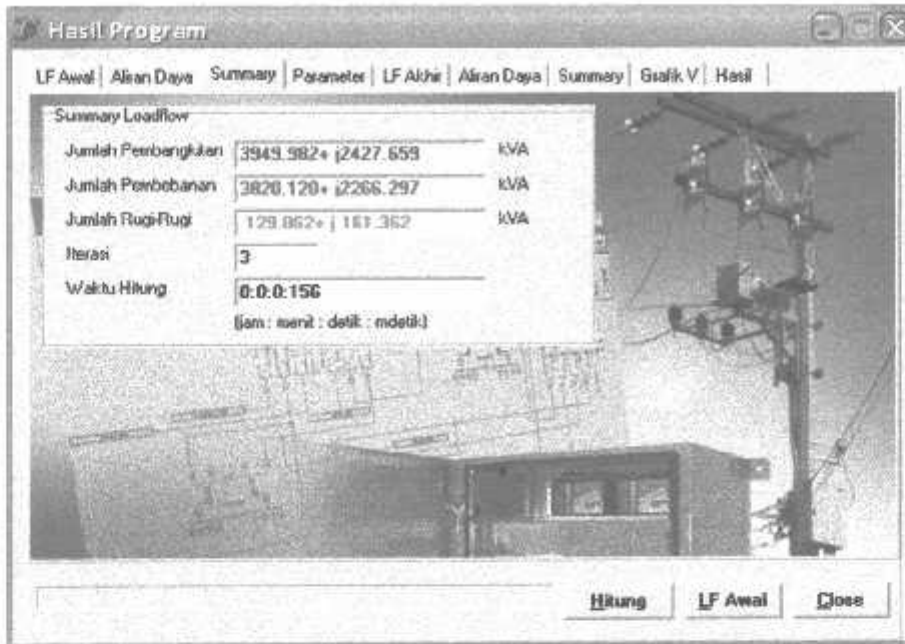
3. Tekan tombol *Next* kemudian tekan tombol *LF Awal* untuk melihat hasil perhitungan aliran daya *Newton Raphson* sebelum kompensasi.

Bus	absV (pu)	sudV (deg)	Pg (kW)	Qg (kVAR)	PL (kW)	QL (kVAR)	Supr (pu)	Type Bus
1	1.00000	0.00000	3949.982	2427.659	0.000	0.000	0.000	1
2	0.99760	-0.06503	0.000	0.000	44.720	26.530	0.000	3
3	0.99174	-0.22509	0.000	0.000	60.200	35.714	0.000	3
4	0.98826	-0.32055	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3
5	0.98926	-0.32104	0.000	0.000	36.980	21.999	0.000	3
6	0.98654	-0.39650	0.000	0.000	27.520	16.326	0.000	3
7	0.97732	-0.62770	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3
8	0.97725	-0.62962	0.000	0.000	54.180	32.143	0.000	3
9	0.97710	-0.63411	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3
10	0.97684	-0.64148	0.000	0.000	122.120	72.448	0.000	3
11	0.97677	-0.64357	0.000	0.000	79.980	47.449	0.000	3
12	0.97674	-0.64452	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3
13	0.97663	-0.64750	0.000	0.000	68.800	40.816	0.000	3
14	0.97674	-0.64452	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3
15	0.97295	-0.75205	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3

Gambar 4.6
Tampilan Hasil *Load Flow* Awal Untuk Mengetahui Harga Tegangan Dan Sudut Fasa Tiap-tiap Bus Sebelum Kompensasi

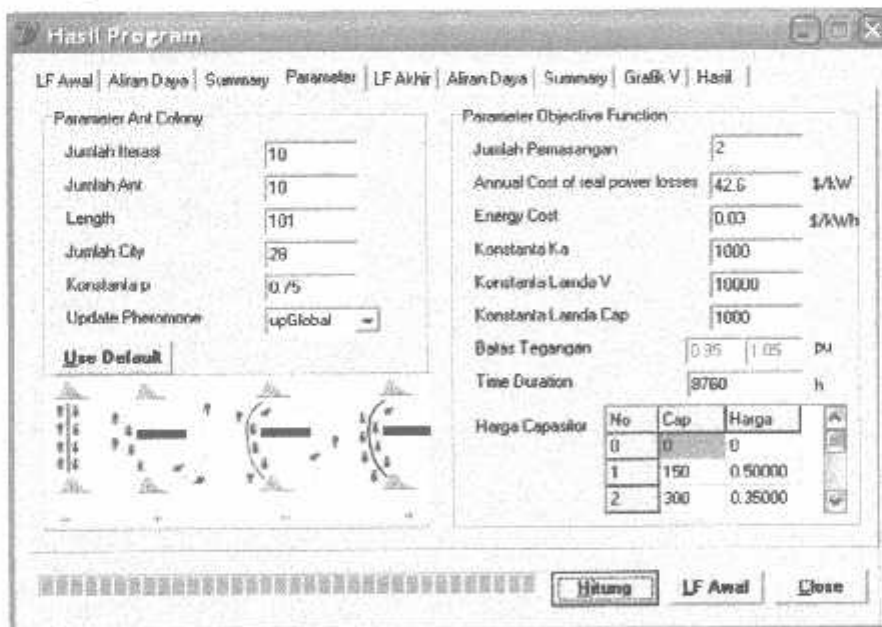
No	Dari	Ke	P (kW)	Q (kVAR)	Arus re (A)	Arus im (A)	Dan	Ke	P (kW)	Q (kVAR)
1	1	2	3949.982	2427.659	197.490	121.383	2	1	-3943.238	-2427.659
2	2	3	3898.518	2390.822	195.259	120.051	3	2	-3892.247	-2390.822
3	3	4	3822.047	2330.231	192.231	118.238	4	3	-3812.532	-2330.231
4	4	5	36.980	21.929	1.865	1.120	5	4	-36.980	-21.929
5	4	6	3775.652	2293.750	190.367	117.118	6	4	-3768.174	-2293.750
6	6	7	3740.654	2266.144	188.976	116.280	7	6	-3718.484	-2266.144
7	7	8	411.223	244.078	20.900	12.717	8	7	-411.204	-244.078
8	8	9	357.024	211.905	18.146	11.042	9	8	-356.963	-211.905
9	9	10	270.965	160.812	13.774	8.362	10	9	-270.915	-160.812
10	10	11	148.795	88.287	7.565	4.604	11	10	-148.767	-88.287
11	11	12	68.807	40.926	3.498	2.129	12	11	-68.805	-40.926
12	12	13	68.805	40.824	3.498	2.129	13	12	-68.800	-40.824
13	12	14	0.000	0.000	0.000	0.000	14	12	0.000	0.000
14	7	15	3307.261	1988.174	168.076	103.563	15	7	-3296.773	-1988.174

Gambar 4.7
Tampilan Hasil Aliran Daya Untuk Mengetahui Daya Tiap Saluran dan Arus yang Mengalir pada Saluran Sebelum Kompensasi



Gambar 4.8
Hasil Summary Awal
Tampilan Total Pembangkitan, Pembebanan,
dan Rugi-rugi Sebelum Kompensasi

4. Kemudian tekan tombol **Parameter** dan *Use Default* untuk melihat parameter dari *Ant Colony Optimization* dan tekan *Hitung* untuk mulai proses perhitungan.



Gambar 4.9
Tampilan Parameter Metode *Ant Colony Optimization*

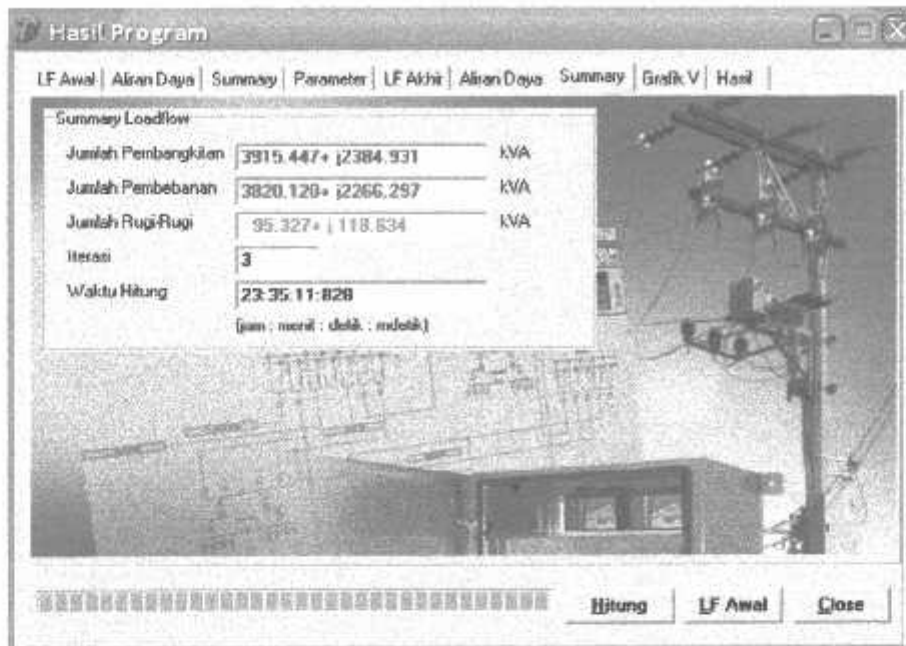
5. Kemudian pilih tombol **Hitung** untuk memperoleh hasil perhitungan Aliran Daya dengan *Metode Newton Raphson* setelah kompensasi.

Bus	absV (pu)	sudV (deg)	Pg (kW)	Qg (kVAR)	PL (kW)	Ql (kVAR)	Supt (pu)	Type Bus
1	1.00000	0.00000	3915.447	584.931	0.000	0.000	0.000	1
2	0.99849	-0.09720	0.000	0.000	44.720	26.530	0.000	3
3	0.99485	-0.33655	0.000	0.000	60.200	35.714	0.000	3
4	0.99272	-0.48018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3
5	0.99271	-0.48027	0.000	0.000	36.980	21.939	0.000	3
6	0.99106	-0.59346	0.000	0.000	27.520	16.326	0.000	3
7	0.98609	-0.53945	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3
8	0.98602	-0.94135	0.000	0.000	54.180	32.143	0.000	3
9	0.98587	-0.94576	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3
10	0.98562	-0.95300	0.000	0.000	122.120	72.448	0.000	3
11	0.98554	-0.95505	0.000	0.000	79.980	47.449	0.000	3
12	0.98551	-0.95599	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3
13	0.98541	-0.95891	0.000	0.000	68.800	40.816	0.000	3
14	0.98551	-0.95689	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3
15	0.98367	-1.13251	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3

Gambar 4.10
Tampilan Hasil *Load Flow* Akhir Untuk Mengetahui
Harga Tegangan Dan Sudut Fasa Tiap-tiap Bus Setelah Kompensasi

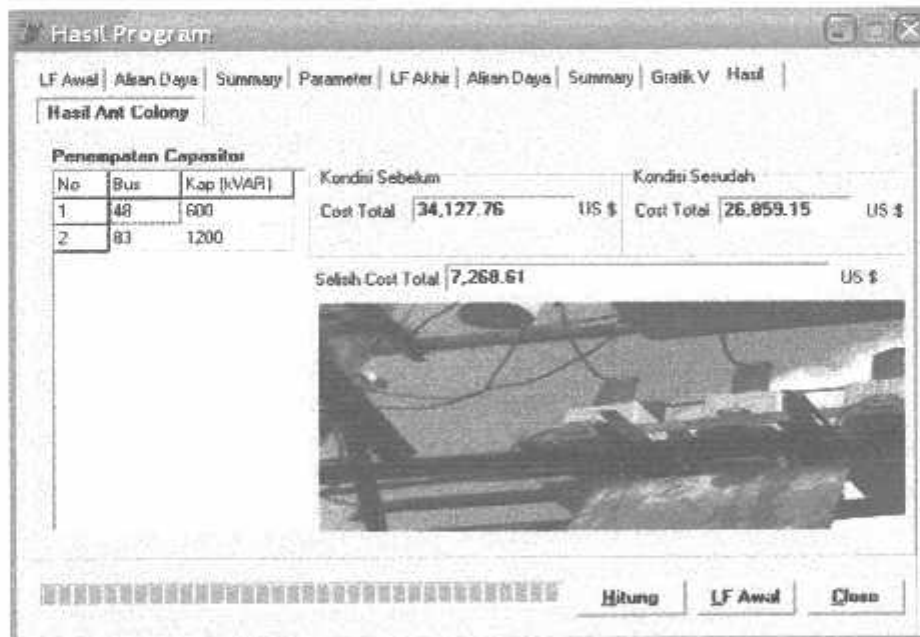
No	Dari	Ke	P (kW)	Q (kVAR)	Arus re (A)	Arus im (A)	Dari	Ke	P (kW)	Q
1	1	2	3915.447	584.931	195.772	29.247	2	1	-3910.530	-584.931
2	2	3	3865.810	590.886	193.535	27.914	3	2	-3863.968	-590.886
3	3	4	3793.768	497.067	190.520	26.102	4	3	-3786.861	-497.067
4	4	5	36.980	21.939	1.853	1.121	5	4	-36.980	-21.939
5	4	6	3749.880	464.570	188.667	24.381	6	4	-3744.531	-464.570
6	6	7	3717.011	440.066	187.287	24.143	7	6	-3700.953	-440.066
7	7	8	411.221	244.075	20.645	12.716	8	7	-411.201	-244.075
8	8	9	357.021	211.902	17.925	11.041	9	8	-356.862	-211.902
9	9	10	270.964	160.811	13.606	8.381	10	9	-270.914	-160.811
10	10	11	148.794	88.287	7.473	4.604	11	10	-148.787	-88.287
11	11	12	68.807	40.826	3.456	2.129	12	11	-68.805	-40.826
12	12	13	68.805	40.824	3.456	2.129	13	12	-68.800	-40.824
13	12	14	0.000	0.000	0.000	0.000	14	12	0.000	0.000
14	7	15	3289.733	171.444	166.642	11.427	15	7	-3282.225	-171.444

Gambar 4.11
Tampilan Hasil Aliran Daya Untuk Mengetahui
Daya Tiap Saluran dan Arus yang Mengalir pada Saluran Setelah Kompensasi



Gambar 4.12
Hasil Summary Akhir
Tampilan Total Pembangkitan, Pembebanan,
dan Rugi-rugi Setelah Kompensasi

6. Kemudian pilih tombol **Hasil Program** untuk mengetahui hasil pemasangan kapasitor pada saluran.



Gambar 4.13
Hasil Pemasangan Kapasitor dengan Menggunakan
Metode *Ant Colony Optimization*

4.9. Analisa Perhitungan

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

Untuk menentukan lokasi, kapasitas, dan setting kapasitor terlebih dahulu menentukan rugi daya saluran terbesar yang digunakan sebagai input untuk menjalankan metode *Ant Colony Optimization* agar kapasitor dapat diletakan pada lokasi yang memberikan profil tegangan yang paling optimum. Sedangkan untuk pencarian grafik yang optimal secara random ditentukan oleh program komputer demikian pula untuk perhitungan besar nilai penghematan.

Untuk memudahkan perhitungan dan analisis pada sistem tenaga, biasanya dipakai harga-harga dalam per-unit. Harga per-satuan adalah harga sebenarnya dibagi dengan harga dasar, dimana harga dasar yang dipilih pada studi ini adalah 20kV dan 30MVA sebagai harga tegangan dasar dan daya dasar. Mengingat bahwa pada jaringan tidak dilakukan pengukuran faktor daya maka pada perhitungan ini diasumsikan nilai faktor daya sebesar 0.86.

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 Pujon. Pada penyulang ini jumlah bus dan jumlah saluran masing-masing adalah:

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

Setelah dilakukan analisis aliran daya dengan menggunakan metode *Newton Raphson* maka diperoleh profil tegangan tiap-tiap bus, dan Tabel Aliran daya tiap saluran seperti pada tabel 4.7 sampai tabel 4.8.

Tabel 4.7.
Profil Tegangan dan Sudut Fasa Tiap Bus Penyulang Pujon Sebelum Kompensasi

Bus	Tegangan abs (pu)	Sudut Fasa (rad)
1	1	0
2	0,9976	-0,06503
3	0,99174	-0,22509
4	0,98826	-0,32095
5	0,98826	-0,32104
6	0,98554	-0,3965
7	0,97732	-0,6277
8	0,97725	-0,62962
9	0,9771	-0,63411
10	0,97684	-0,64148

Tabel 4-7 Selanjutnya untuk Bus 10-101 Dapat dilihat pada Lampiran A-1

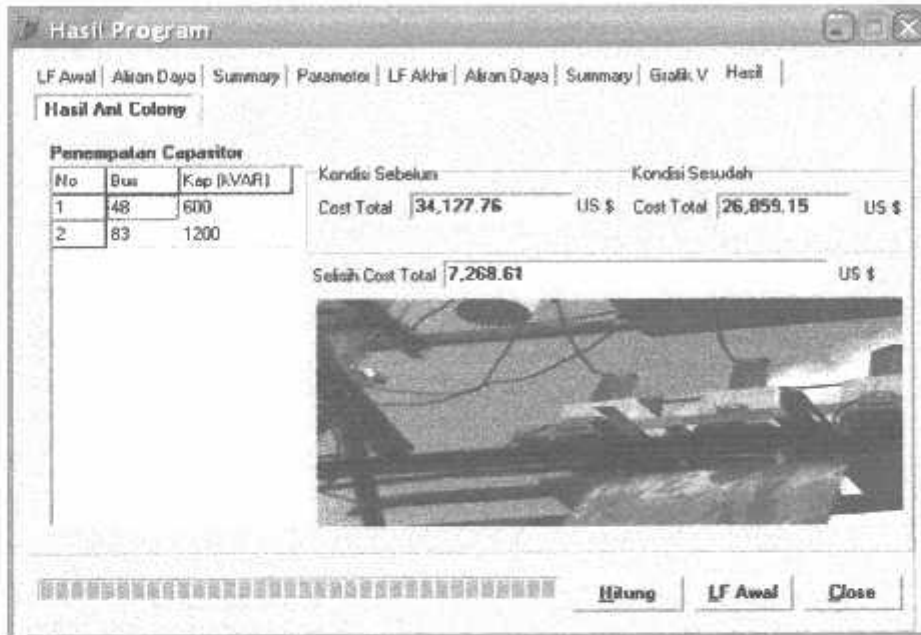
Tabel 4-8
Aliran Daya Tiap Saluran Penyulang Pujon Sebelum Kompensasi

Saluran		P (kW)	Q (kVAR)	Saluran		P (kW)	Q (kVAR)
Dari	Ke			Dari	Ke		
1	2	3949,982	2427,659	2	1	-3943,238	-2417,352
2	3	3898,518	2390,822	3	2	-3882,247	-2365,945
3	4	3822,047	2330,231	4	3	-3812,532	-2315,69
4	5	36,98	21,939	5	4	-36,98	-21,939
4	6	3775,552	2293,75	6	4	-3768,174	-2282,47
6	7	3740,654	2266,144	7	6	-3718,484	-2232,252
7	8	411,223	244,078	8	7	-411,204	-244,048
8	9	357,024	211,905	9	8	-356,983	-211,843
9	10	270,965	160,812	10	9	-270,915	-160,735
10	11	148,795	88,287	11	10	-148,787	-88,275

Tabel 4-8 Selanjutnya Dapat dilihat pada Lampiran A-1

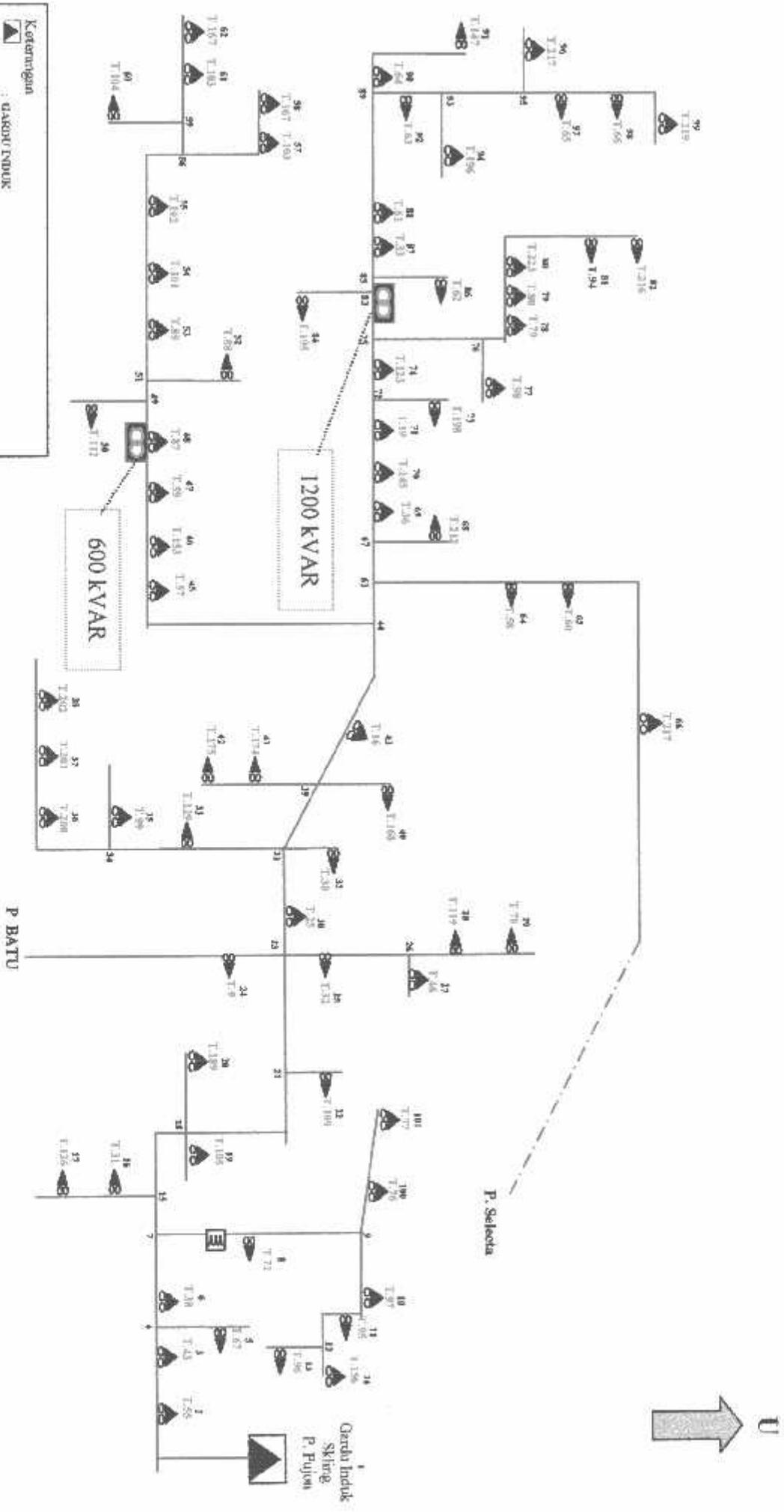
Dari hasil analisa diatas dapat disimpulkan bahwa penyulang Pujon perlu dipasang kapasitor untuk menaikan profil tegangan yang dianggap kritis yang beroperasi diluar batas yang diijinkan oleh PLN (0.95% - 1.05%) yang terjadi pada bus 70-99.

Untuk meminimalisasi rugi-rugi saluran, dan untuk mengurangi biaya Operasional seminim mungkin. Seperti terlihat pada gambar 4-14 tampilan hasil perhitungan dengan metode *Ant Colony Optimization*



Gambar 4.14
Hasil Pemasangan Kapasitor dengan Menggunakan
Metode *Ant Colony Optimization*

Dari gambar 4-14 diatas dapat dilihat bahwa kapasitor dipasang pada bus 48 dengan kapasitas 600 kVAR, bus 83 dengan kapasitas 1200 kVAR, seperti yang terlihat pada gambar 4-15 *single line Diagram* pemasangan Kapasitor Metode *Ant Colony Optimization*. Dimana besar biaya yang dikeluarkan adalah sebesar 26,859.15 US \$ atau Sebesar Rp. 244,418,265,- (dengan asumsi 1 US \$ adalah Rp. 9.100,-).



Gambar 4.15 Single Line Diagram Penyulang pujan

Setelah dilakukan pemasangan kapasitor diperoleh perbaikan profil tegangan, penurunan batas pembebanan saluran serta pengurangan Aliran daya tiap Saluran . Data dapat dilihat pada tabel 4-9 sampai tabel 4-10.

Tabel 4-9.
Profil Tegangan dan Sudut Fasa Tiap Bus Penyulang Pujon
Setelah Kompensasi

Bus	Tegangan abs (pu)	Sudut Fasa (rad)
1	1	0
2	0,99849	-0,0972
3	0,99485	-0,33855
4	0,99272	-0,98018
5	0,99271	-0,98027
6	0,99106	-0,59348
7	0,98609	-0,93946
8	0,98602	-0,94135
9	0,98587	-0,94576
10	0,98562	-0,953

Tabel 4-9 Selanjutnya untuk Bus 10-101 Dapat dilihat pada Lampiran A-1

Tabel 4-10
Aliran Daya Tiap Saluran Penyulang Pujon
Setelah Kompensasi

Saluran		P (kW)	Q (kVAR)	Saluran		P (kW)	Q (kVAR)
Dari	Ke			Dari	Ke		
1	2	3915,447	584,931	2	1	-3910,53	-577,416
2	3	3865,81	550,886	3	2	-3853,968	-532,781
3	4	3793,768	497,067	4	3	-3786,861	-486,51
4	5	36,98	21,939	5	4	-36,98	-21,939
4	6	3749,88	464,57	6	4	-3744,531	-456,392
6	7	3717,011	440,066	7	6	-3700,953	-415,518
7	8	411,221	244,075	8	7	-411,201	-244,045
8	9	357,021	211,902	9	8	-356,982	-211,841
9	10	270,964	160,811	10	9	-270,914	-160,735
10	11	148,794	88,287	11	10	-148,787	-80,275

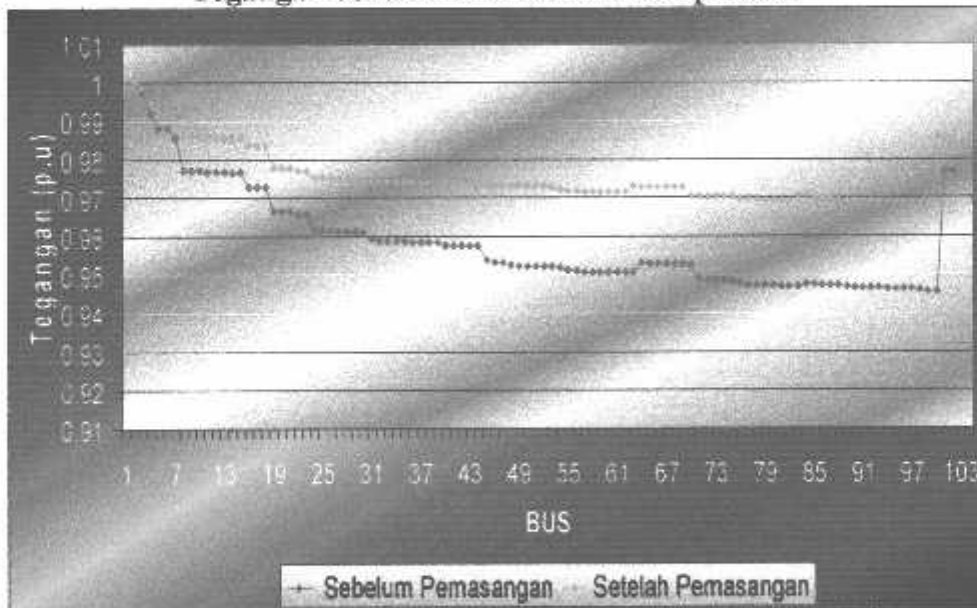
Tabel 4-10 Selanjutnya Dapat dilihat pada Lampiran A-1

Setelah ditentukan pemasangan kapasitor pada jaringan 20 kV Sistem Distribusi Radial Penyulang Pujon Gardu Induk Sengkaling dengan menggunakan metode *Ant Colony Optimization*, maka didapatkan beberapa hasil pada tabel 4-11:

Tabel 4.11
Hasil Pemasangan Kapasitor Dengan Menggunakan
Metode *Ant Colony Optimization*

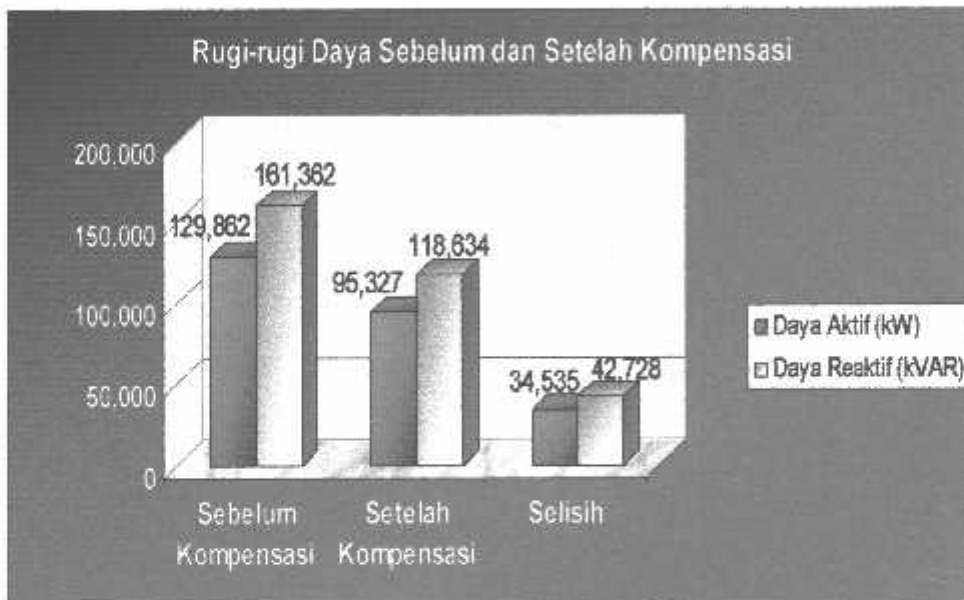
	Sebelum Pemasangan	Setelah Pemasangan Metode <i>Ant Colony Optimization</i>
1. Pemasangan dan Kapasitas kapasitor tiap tingkat beban	-	Bus Kapasitas (kVAR) 48 600 83 1200
2. Tegangan terendah	Node : 99 0.94572 pu atau 18.9144 kV	Node : 99 0.96848 pu atau 19.3696 kV
3. Rugi Daya Aktif	129.862 kW	95.327 kW pengurangan : 34.535 kW (26,59 %)
Rugi Daya Reaktif	161.362 kVAR	118.634 kVAR pengurangan : 42.728 kVAR (26,47 %)
4. Total Biaya	34,127.76 US\$/tahun	26,859.15 US\$/tahun
Nilai Penghematan	-	7,268.61 US\$/tahun

Grafik 4.1
Tegangan Tiap-Tiap Bus Terhadap Asumsi Tegangan Awal,
Tegangan Sebelum dan Setelah Kompensasi.



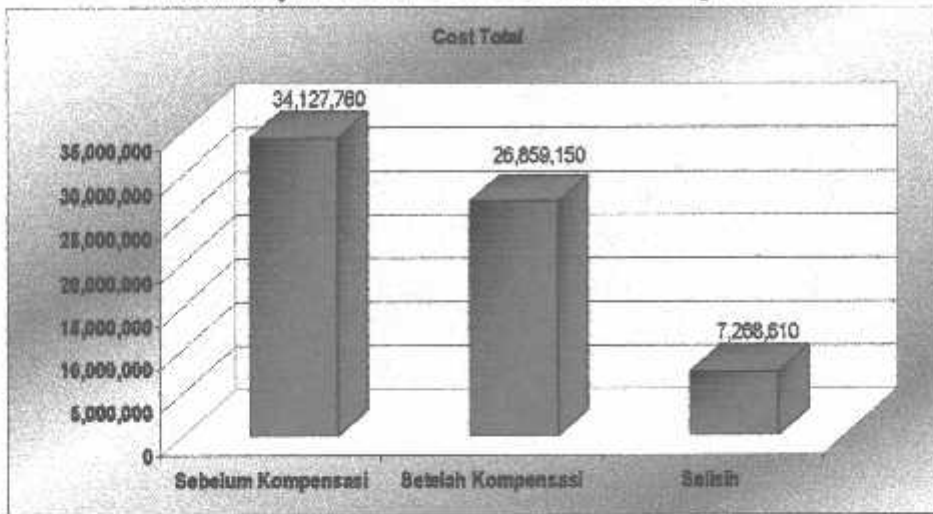
Dari grafik 4-1 terlihat bahwa tegangan terendah terjadi pada bus 99 sebesar 0,94572 pu dan setelah kompensasi naik menjadi 0,96848 pu. Batas tegangan yang diijinkan oleh PLN adalah sebesar 0,95 pu sampai 1,05 pu. Sedangkan rugi-rugi daya sebelum dan setelah kompensasi dapat ditunjukkan seperti pada grafik 4-2

Grafik 4.2.
Rugi-Rugi Saluran Sebelum dan Setelah Kompensasi



Dari grafik 4.2 terlihat bahwa penurunan rugi daya aktif adalah 34.535 kW dari 129.862 kW menjadi 95.327. kW sehingga terjadi penurunan sebesar 26,59 %, Sedangkan untuk daya reaktif juga terjadi penurunan sebesar 42.728 kVAR dari 161.362 kVAR menjadi 118.634 kVAR sehingga terjadi penurunan sebesar 26,47 %.

Grafik 4.3.
Total biaya Sebelum Dan Sesudah Kompensasi



Dari grafik 4.3 diatas dapat dilihat bahwa biaya yang dikeluarkan sebelum kompensasi sebesar 34,127.76 US\$/tahun atau sebesar Rp. 310.562.616,-/tahun dan besar biaya yang dikeluarkan sesudah kompensasi adalah sebesar 26,859.15 US\$/tahun atau sebesar Rp. 244.418.265,-/tahun sehingga diperoleh nilai penghematan sebesar 21.29 % atau sebesar Rp. 6.614.435.1-/tahun (dengan asumsi 1 US\$ adalah Rp. 9.100,-)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan analisa mengenai penentuan lokasi dan kapasitas kapasitor pada jaringan distribusi radial dengan menggunakan metode *Ant Colony Optimization*, maka dapat diambil kesimpulan :

1. Berdasarkan hasil perhitungan dengan metode *Ant Colony Optimization*, letak kapasitor yang optimal terletak pada node 48 dan 83. kapasitas kapasitor yang terpasang masing-masing sebesar 600 kVAR, 1200 kVAR
2. Dari hasil perhitungan aliran daya pada penyulang Pujon sebelum dikompensasi, tegangan paling rendah terjadi pada node ke-99, yang besarnya 0.94572 pu atau 18.9144 kV. Setelah kompensasi profil tegangan pada semua node penyulang Pujon bertambah baik, untuk node ke-99 menjadi 0.96848 pu atau 19.3696 kV.
3. Besar rugi daya mengalami penurunan yaitu untuk daya aktif sebesar 34.535 kW dari 129.862 kW menjadi 95.327 kW. Sedangkan untuk daya reaktif sebesar 42.728 kVAR dari 161.362 kVAR menjadi 118.634 kVAR.
4. Dari hasil perhitungan program maka dapat diketahui besar total biaya operasional pemasangan kapasitor sebelum pemasangan sebesar 34,127.76 US\$/tahun. Sedangkan total biaya operasional pemasangan kapasitor setelah pemasangan 26,859.15 US\$/tahun. jadi selisih total biaya operasional pemasangan kapasitor sebesar 7,268.61 US\$/tahun. atau Rp. 6.614.435.10,- /tahun dengan asumsi 1US\$ = Rp. 9100,00

5.2. Saran

Penggunaan *Ant Colony Optimization*, untuk menyelesaikan permasalahan pemasangan kapasitor masih perlu dikembangkan lagi terhadap sistem jaringan yang lebih luas dan penggunaan waktu komputasi yang lebih cepat sehingga nantinya dapat digunakan lebih efektif dan efisien dalam pemecahan permasalahan pemasangan kapasitor.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. S. BOURI, A ZEBLAH, A GHORAF, S. HADJERI, H. HAMDAOUI
"ANT COLONY OPTIMIZATION TO SHUNT CAPACITOR ALLOCATION IN RADIAL DISTRIBUTION SYSTEMS" Departement of Electrical Engineering, University of Sidi Bel Abbes, BP 89 Sidi Jilali, Algeria, *Acta Electrotechnica et Informatica* No. 4. vol. 5, 2005
- [2]. Symeon Christodoulou **"OPTIMAL TRUSS DESIGN USING ANT COLONY OPTIMIZATION"** *GRACM* International Congress on Computational Mechanics Limassol, 29 June – 1 July, 2005
- [3]. Y.Baghzouz, , S.Ertem, Member, IEEE **"SHUNT CAPACITOR SIZING FOR RADIAL DISTRIBUTION FEEDERS WITH DISTORTED SUBSTATION VOLTAGES"** Computer Science & Electrical Engineering, *University of Nevada, Las Vegas*, Electrical & Computer Engineering, *University of Southwestern, Louisiana*.
- [4]. Ir. Djiteng Marsudi, **"Operasi Sistem Tenaga Listrik "**, Balai Penerbit dan Humas ISTN, 1990
- [5]. Ir. Hasan Basri, **"Sistem Distribusi Tenaga Listrik"**, Balai Penerbit dan Humas IST Bumi Srengsreng Indah P. Minggu, Jakarta Selatan, 1996.
- [6]. William D Stevenson, Jr, **" Analisa Sistem Tenaga "**, Erlangga Edisi ke-4, 1993.
- [7]. AS.Pabla **"Sistem Distribusi Daya Listrik"**, Penerbit Erlangga Jakarta 10420 (Anggota IKAPI) 1986.
- [8]. Turan Gonen *University of Missouri at Columbia*, **" ELECTRIC POWER DISTRIBUTION SYSTEM ENGINEERING"** *McGraw – Hill Book Company* New York, St. Louis San Francisco, 1986

LAMPIRAN A-1

- ◆ Tabel 4.3 Data Panjang Saluran
 - ◆ Tabel 4.4 Data Perhitungan Impedansi Saluran
 - ◆ Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Pembebanan
 - ◆ Tabel 4.7 Profil Tegangan dan Sudut phase Tiap Bus Penyulang Pujon Sebelum Kompensasi
 - ◆ Tabel 4.8 Aliran daya Tiap Saluran Penyulang Pujon Sebelum Kompensasi
 - ◆ Tabel 4.9 Profil Tegangan dan Sudut phase Tiap Bus Penyulang Pujon Setelah Kompensasi
 - ◆ Tabel 4.10 Aliran daya Tiap Saluran Penyulang Pujon Setelah Kompensasi
 - ◆ Tabel 4.11 Rekapitulasi data validasi
-

TABEL 4.3
DATA PANJANG SALURAN PENYULANG PUJON

No Saluran	Dari Node	Ke Node	Panjang (m)	No Saluran	Dari Node	Ke Node	Panjang (m)
1	1	2	580.3	51	51	52	121.8
2	2	3	1432.6	52	51	53	940.35
3	3	4	863.9	53	53	54	1715.3
4	4	5	85.4	54	54	55	1192.7
5	4	6	683.3	55	55	56	1123.5
6	6	7	2082.8	56	56	57	1353.3
7	7	8	154.4	57	57	58	1067.1
8	8	9	414.5	58	56	59	396.5
9	9	10	896.5	59	59	60	296.8
10	10	11	463.5	60	59	61	1093.4
11	11	12	452	61	61	62	1162.6
12	12	13	1424.5	62	44	63	497.1
13	12	14	1233	63	63	64	570.4
14	7	15	1244.8	64	64	65	907
15	15	16	90.5	65	65	66	1769.8
16	16	17	20.4	66	63	67	135.2
17	15	18	338	67	67	68	821.6
18	18	19	182.2	68	67	69	110.15
19	18	20	402.8	69	69	70	891.3
20	18	21	304.3	70	70	71	603.2
21	21	22	293.7	71	71	72	27.3
22	21	23	1257.4	72	72	73	233.1
23	23	24	406.5	73	72	74	258.7
24	23	25	154.2	74	74	75	198.1
25	23	26	627.4	75	75	76	1538.1
26	26	27	6.4	76	76	77	381.43
27	26	28	204.2	77	76	78	472
28	28	29	1145	78	78	79	449.6
29	23	30	868.2	79	79	80	721.4
30	30	31	141.2	80	80	81	940.5
31	31	32	848.8	81	81	82	1428.3
32	31	33	272.5	82	75	83	322.1
33	33	34	1127.05	83	83	84	186.4
34	34	35	102.2	84	83	85	98.5
35	34	36	496.35	85	85	86	243.9
36	36	37	282.5	86	85	87	205.3
37	37	38	294.5	87	87	88	590.3
38	31	39	943.3	88	88	89	856.6
39	39	40	302.31	89	89	90	458.3
40	39	41	648.11	90	90	91	1162.2
41	41	42	105.9	91	89	92	207.4
42	39	43	40.5	92	92	93	1061.5
43	43	44	1653.6	93	93	94	1321.52
44	44	45	785.2	94	93	95	385.1
45	45	46	335	95	95	96	478.3
46	46	47	793.2	96	95	97	332.6
47	47	48	571	97	97	98	1161.5
48	48	49	365.5	98	98	99	100.4
49	49	50	729.8	99	9	100	785.8
50	49	51	54.1	100	100	101	285.3

TABEL 4.4
HASIL PERHITUNGAN IMPEDANSI SALURAN

No Saluran	Node		Panjang (m)	Impedansi Saluran			
	Dari	Ke		R (Ω)	X (Ω)	R (pu)	X (pu)
1	1	2	580.3	0.1255	0.1918	0.0094	0.0143
2	2	3	1432.6	0.3097	0.4735	0.0232	0.0355
3	3	4	863.9	0.1868	0.2855	0.0140	0.0214
4	4	5	85.4	0.0185	0.0282	0.0014	0.0021
5	4	6	683.3	0.1477	0.2258	0.0111	0.0169
6	6	7	2082.8	0.4503	0.6884	0.0338	0.0516
7	7	8	154.4	0.0334	0.051	0.0025	0.0038
8	8	9	414.5	0.0896	0.137	0.0067	0.0103
9	9	10	896.5	0.1938	0.2963	0.0145	0.0222
10	10	11	463.5	0.1002	0.1532	0.0075	0.0115
11	11	12	452	0.0977	0.1494	0.0073	0.0112
12	12	13	1424.5	0.308	0.4708	0.0231	0.0353
13	12	14	1233	0.2666	0.4075	0.0200	0.0306
14	7	15	1244.8	0.2691	0.4114	0.0202	0.0309
15	15	16	90.5	0.0196	0.0299	0.0015	0.0022
16	16	17	20.4	0.0044	0.0067	0.0003	0.0005
17	15	18	338	0.0731	0.1117	0.0055	0.0084
18	18	19	182.2	0.049	0.0615	0.0037	0.0046
19	18	20	402.8	0.1083	0.136	0.0081	0.0102
20	18	21	304.3	0.0658	0.1006	0.0049	0.0075
21	21	22	293.7	0.079	0.0992	0.0059	0.0074
22	21	23	1257.4	0.2719	0.4156	0.0204	0.0312
23	23	24	406.5	0.0879	0.1344	0.0066	0.0101
24	23	25	154.2	0.0995	0.0567	0.0075	0.0043
25	23	26	627.4	0.5783	0.2378	0.0434	0.0178
26	26	27	6.4	0.0059	0.0024	0.0004	0.0002
27	26	28	204.2	0.1882	0.0774	0.0141	0.0058
28	28	29	1145	1.0562	0.4343	0.0792	0.0326
29	23	30	868.2	0.1877	0.2869	0.0141	0.0215
30	30	31	141.2	0.0305	0.0467	0.0023	0.0035
31	31	32	848.8	0.1835	0.2805	0.0138	0.0210
32	31	33	272.5	0.1758	0.1002	0.0132	0.0075
33	33	34	1127.05	0.7272	0.4145	0.0546	0.0311
34	34	35	102.2	0.0659	0.0376	0.0049	0.0028
35	34	36	496.35	0.1073	0.164	0.0080	0.0123
36	36	37	282.5	0.0611	0.0934	0.0046	0.0070
37	37	38	294.5	0.0637	0.0973	0.0048	0.0073
38	31	39	943.3	0.039	0.3118	0.0029	0.0234
39	39	40	302.31	0.1951	0.1112	0.0146	0.0083
40	39	41	648.11	0.1185	0.1812	0.0089	0.0136
41	41	42	105.9	0.0229	0.035	0.0017	0.0026
42	39	43	40.5	0.0088	0.0134	0.0007	0.0010
43	43	44	1653.6	0.3575	0.5465	0.0268	0.0410
44	44	45	785.2	0.1698	0.2595	0.0127	0.0195
45	45	46	335	0.0726	0.111	0.0054	0.0083
46	46	47	793.2	0.1715	0.2622	0.0129	0.0197
47	47	48	571	0.1235	0.1887	0.0093	0.0142
48	48	49	365.5	0.079	0.1208	0.0059	0.0091
49	49	50	729.8	0.1578	0.2412	0.0118	0.0181
50	49	51	54.1	0.0117	0.0179	0.0009	0.0013
51	51	52	121.8	0.0263	0.0403	0.0020	0.0030
52	51	53	940.35	0.2033	0.3108	0.0153	0.0233
53	53	54	1715.3	0.7904	0.6127	0.0593	0.0460

54	54	55	1192.7	0.5496	0.426	0.0412	0.0320
55	55	56	1123.5	0.2429	0.3713	0.0182	0.0279
56	56	57	1353.3	0.2926	0.4473	0.0220	0.0336
57	57	58	1067.1	0.2307	0.3527	0.0173	0.0265
58	56	59	396.5	0.0857	0.131	0.0064	0.0098
59	59	60	296.8	0.0642	0.0981	0.0048	0.0074
60	59	61	1093.4	0.2364	0.3614	0.0177	0.0271
61	61	62	1162.6	0.2514	0.3842	0.0189	0.0288
62	44	63	497.1	0.1075	0.1643	0.0081	0.0123
63	63	64	570.4	0.1233	0.1885	0.0092	0.0141
64	64	65	907	0.1961	0.2998	0.0147	0.0225
65	65	66	1769.8	0.3826	0.5849	0.0287	0.0439
66	63	67	135.2	0.0292	0.0447	0.0022	0.0034
67	67	68	821.6	0.1776	0.2715	0.0133	0.0204
68	67	69	110.15	0.0238	0.0364	0.0018	0.0027
69	69	70	891.3	0.927	0.2946	0.0695	0.0221
70	70	71	603.2	0.1304	0.1994	0.0098	0.0150
71	71	72	27.3	0.0059	0.0009	0.0004	0.0001
72	72	73	233.1	0.0504	0.077	0.0038	0.0058
73	72	74	258.7	0.0559	0.0855	0.0042	0.0064
74	74	75	198.1	0.0428	0.0655	0.0032	0.0049
75	75	76	1538.1	0.3325	0.5083	0.0249	0.0381
76	76	77	381.43	0.0895	0.1261	0.0067	0.0095
77	76	78	472	0.1021	0.156	0.0077	0.0117
78	78	79	449.6	0.0972	0.1486	0.0073	0.0111
79	79	80	721.4	0.156	0.2384	0.0117	0.0179
80	80	81	940.5	0.2033	0.3108	0.0153	0.0233
81	81	82	1428.3	0.3088	0.4721	0.0232	0.0354
82	75	83	322.1	0.0696	0.1065	0.0052	0.0080
83	83	84	186.4	0.0403	0.0616	0.0030	0.0046
84	83	85	98.5	0.0213	0.326	0.0016	0.0245
85	85	86	243.9	0.0527	0.0806	0.0040	0.0060
86	85	87	205.3	0.0444	0.0679	0.0033	0.0051
87	87	88	590.3	0.1276	0.1951	0.0096	0.0146
88	88	89	856.6	0.1852	0.2831	0.0139	0.0212
89	89	90	458.3	0.0991	0.1515	0.0074	0.0114
90	90	91	1162.2	0.2513	0.3841	0.0189	0.0288
91	89	92	207.4	0.0448	0.0686	0.0034	0.0051
92	92	93	1061.5	0.225	0.3508	0.0169	0.0263
93	93	94	1321.52	0.8527	0.4861	0.0640	0.0365
94	93	95	385.1	0.2485	0.1416	0.0186	0.0106
95	95	96	478.3	0.3086	0.1759	0.0232	0.0132
96	95	97	332.6	0.2146	0.1223	0.0161	0.0092
97	97	98	1161.5	0.7494	0.4272	0.0562	0.0320
98	98	99	100.4	0.0217	0.0332	0.0016	0.0025
99	9	100	785.8	0.507	0.289	0.0380	0.0217
100	100	101	285.3	0.1841	0.1049	0.0138	0.0079

TABEL 4.5
HASIL PERHITUNGAN PEMBEBANAN

No Node	Kode Trafo	Lokasi	Pembebanan					Type Node
			S (kVA)	P (kW)	Q (kVAR)	P (pu)	Q (pu)	
1	-	-	0	0.000	0.000	0.000	0.000	Slack
2	T55	Jl Raya Ngandat	52	44.720	26.530	1.491	0.884	Load
3	T43	Jl Raya Mojorejo	70	60.200	35.714	2.007	1.190	Load
4	-	-	0	0.000	0.000	0.000	0.000	Load
5	T67	Dk Beji	43	36.980	21.939	1.233	0.731	Load
6	T38	Jl Raya Beji	32	27.520	16.326	0.917	0.544	Load
7	-	-	0	0.000	0.000	0.000	0.000	Load
8	T72	Emanuel temas	63	54.180	32.143	1.806	1.071	Load
9	-	-	0	0.000	0.000	0.000	0.000	Load
10	T97	Ds Temas Klerek	142	122.120	72.448	4.071	2.415	Load
11	T95	Ds Torong Rejo	93	79.980	47.449	2.666	1.582	Load
12	-	-	0	0.000	0.000	0.000	0.000	Load
13	T96	Ds Torong Rejo tutup	80	68.800	40.816	2.293	1.361	Load
14	T156	Ds wukir	0	0.000	0.000	0.000	0.000	Load
15	-	-	0	0.000	0.000	0.000	0.000	Load
16	T31	Jl Sudiro	38	32.680	19.388	1.089	0.646	Load
17	T126	Jl Sudiro	138	118.680	70.408	3.956	2.347	Load
18	-	-	0	0.000	0.000	0.000	0.000	Load
19	T105	R.s Paru-paru	73	62.780	37.245	2.093	1.241	Load
20	T189	Jl Kasiman	78	67.080	39.796	2.236	1.327	Load
21	-	-	0	0.000	0.000	0.000	0.000	Load
22	T188	Jl Lesti	90	77.400	45.918	2.580	1.531	Load
23	-	-	0	0.000	0.000	0.000	0.000	Load
24	T9	jl Hasanudin	167	143.620	85.203	4.787	2.840	Load
25	T32	Jl Indragiri	84	72.240	42.857	2.408	1.429	Load
26	-	-	0	0.000	0.000	0.000	0.000	Load
27	T46	Ds. Sumberejo	113	97.180	57.653	3.239	1.922	Load
28	119	Ds. Sumberejo	0	0.000	0.000	0.000	0.000	Load
29	78	Ds Satrehan	122	104.920	62.244	3.497	2.075	Load
30	25	Jl Trunojoyo	26	22.360	13.265	0.745	0.442	Load
31	-	-	0	0.000	0.000	0.000	0.000	Load
32	30	Ds Songgoriti	39	33.540	19.898	1.118	0.663	Load
33	T129	Jl Flamboyan	110	94.600	56.122	3.153	1.871	Load
34	-	-	0	0.000	0.000	0.000	0.000	Load
35	99	Jl Flamboyan	67	57.620	34.183	1.921	1.139	Load
36	200	Ds Tanbuh	10	8.600	5.102	0.287	0.170	Load
37	201	Ds Tanbuh	8	6.880	4.082	0.229	0.136	Load
38	202	Ds Tanbuh	2	1.720	1.020	0.057	0.034	Load
39	-	-	0	0.000	0.000	0.000	0.000	Load
40	168	Bukit Pinus	12	10.320	6.122	0.344	0.204	Load
41	174	Jl Songgoriti	94	80.840	47.959	2.695	1.599	Load
42	175	Jl Songgoriti	16	13.760	8.163	0.459	0.272	Load
43	16	Jl Songgoriti	71	61.060	36.224	2.035	1.207	Load
44	-	-	0	0.000	0.000	0.000	0.000	Load
45	57	Dk Sebaluh	65	55.900	33.163	1.863	1.105	Load
46	153	Dk Sebaluh	83	71.380	42.347	2.379	1.412	Load
47	59	Dk Maron	69	59.340	35.204	1.978	1.173	Load
48	87	Dk Maron	65	55.900	33.163	1.863	1.105	Load
49	-	-	0	0.000	0.000	0.000	0.000	Load
50	112	Ds Gunung Sari	55	47.300	28.061	1.577	0.935	Load

51	-	-	0	0.000	0.000	0.000	0.000	Load
52	88	Ds Pujon Kidul	34	29.240	17.347	0.975	0.578	Load
53	89	Ds Pujon Kidul	103	88.580	52.551	2.953	1.752	Load
54	101	Dk Biyan	33	28.380	16.837	0.946	0.561	Load
55	102	Dk Bakir	82	70.520	41.836	2.351	1.395	Load
56	-	-	0	0.000	0.000	0.000	0.000	Load
57	103	Dk Cukal	38	32.680	19.388	1.089	0.646	Load
58	167	Dk dadapan	12	10.320	6.122	0.344	0.204	Load
59	-	-	0	0.000	0.000	0.000	0.000	Load
60	104	Ds Cukal	45	38.700	22.959	1.290	0.765	Load
61	166	Dk Tretes	23	19.780	11.735	0.659	0.391	Load
62	167	Dk Dadapan	12	10.320	6.122	0.344	0.204	Load
63	-	-	0	0.000	0.000	0.000	0.000	Load
64	58	Dk Pandemas	36	30.960	18.367	1.032	0.612	Load
65	60	Ds Jurang Rejo	120	103.200	61.224	3.440	2.041	Load
66	217	Ds Brau	14	12.040	7.143	0.401	0.238	Load
67	-	-	0	0.000	0.000	0.000	0.000	Load
68	212	Dk Don Bayi	16	13.760	8.163	0.459	0.272	Load
69	36	Ds Pandesari	108	92.880	55.102	3.096	1.837	Load
70	145	Dk Watu Gong	47	40.420	23.979	1.347	0.799	Load
71	19	Jl Raya Pujon	83	71.380	42.347	2.379	1.412	Load
72	-	-	0	0.000	0.000	0.000	0.000	Load
73	198	Pasar Baru	55	47.300	28.061	1.577	0.935	Load
74	123	Jl Raya Pujon	105	90.300	53.571	3.010	1.786	Load
75	-	-	0	0.000	0.000	0.000	0.000	Load
76	-	-	0	0.000	0.000	0.000	0.000	Load
77	98	Dk Kalangan	70	60.200	35.714	2.007	1.190	Load
78	79	Ds Wiyun Rejo	123	105.780	62.755	3.526	2.092	Load
79	80	Ds Madirejo	47	40.420	23.979	1.347	0.799	Load
80	223	Dk Sobro	16	13.760	8.163	0.459	0.272	Load
81	94	Dk Delik	54	46.440	27.551	1.548	0.918	Load
82	216	Dk Delik	77	66.220	39.285	2.207	1.310	Load
83	-	-	0	0.000	0.000	0.000	0.000	Load
84	195	KOP SAE	29	24.940	14.796	0.831	0.493	Load
85	-	-	0	0.000	0.000	0.000	0.000	Load
86	62	KOP SAE	114	98.040	58.163	3.268	1.939	Load
87	33	Ds Ngroto	132	113.520	67.346	3.784	2.245	Load
88	61	Ds Ngroto	72	61.920	36.734	2.064	1.224	Load
89	-	-	0	0.000	0.000	0.000	0.000	Load
90	64	Dk lebaksari	36	30.960	18.367	1.032	0.612	Load
91	147	Dk Torong	29	24.940	14.796	0.831	0.493	Load
92	63	Dk Mantung	43	36.980	21.939	1.233	0.731	Load
93	-	-	0	0.000	0.000	0.000	0.000	Load
94	196	Dk Bunder	16	13.760	8.163	0.459	0.272	Load
95	-	-	0	0.000	0.000	0.000	0.000	Load
96	197	Dk Ngebrong	16	13.760	8.163	0.459	0.272	Load
97	65	Ds Ngabab	123	105.780	62.755	3.526	2.092	Load
98	66	Ds Ngabab	63	54.180	32.143	1.806	1.071	Load
99	219	Ds Manting	46	39.560	23.469	1.319	0.782	Load
100	76	Ds Manting	0	0.000	0.000	0.000	0.000	Load
101	77	Dk Gerih	100	86.000	51.020	2.867	1.701	Load

TABEL 4.7
PROFIL TEGANGAN DAN SUDUT FASA TEGANGAN TIAP BUS
PENYULANG PUJON SEBELUM KOMPENSASI

Bus	Tegangan abs (pu)	Sudut Fasa (deg)	Bus	Tegangan abs (pu)	Sudut Fasa (deg)
1	1.00000	0.00000	52	0.95217	-1.07520
2	0.99760	-0.06503	53	0.95187	-1.08408
3	0.99174	-0.22509	54	0.95123	-1.08887
4	0.98826	-0.32095	55	0.95084	-1.09176
5	0.98826	-0.32104	56	0.95071	-1.09578
6	0.98554	-0.39650	57	0.95064	-1.09765
7	0.97732	-0.62770	58	0.95063	-1.09800
8	0.97725	-0.62962	59	0.95068	-1.09666
9	0.97710	-0.63411	60	0.95066	-1.09703
10	0.97684	-0.64148	61	0.95064	-1.09771
11	0.97677	-0.64357	62	0.95063	-1.09810
12	0.97674	-0.64452	63	0.95297	-1.05144
13	0.97663	-0.64750	64	0.95288	-1.05410
14	0.97674	-0.64452	65	0.95277	-1.05744
15	0.97295	-0.75206	66	0.95275	-1.05812
16	0.97294	-0.75248	67	0.95278	-1.05711
17	0.97294	-0.75255	68	0.95277	-1.05747
18	0.96651	-0.59598	69	0.95263	-1.06168
19	0.96650	-0.59630	70	0.94913	-1.01277
20	0.96648	-0.59672	71	0.94837	-1.03530
21	0.96553	-0.62396	72	0.94835	-1.03484
22	0.96550	-0.62458	73	0.94834	-1.03520
23	0.96160	-0.73713	74	0.94806	-1.04353
24	0.96154	-0.73896	75	0.94786	-1.04960
25	0.96157	-0.73711	76	0.94731	-1.06636
26	0.96122	-0.73384	77	0.94728	-1.06706
27	0.96122	-0.73382	78	0.94717	-1.07051
28	0.96122	-0.73384	79	0.94708	-1.07293
29	0.96086	-0.73071	80	0.94698	-1.07588
30	0.95928	-0.80431	81	0.94686	-1.07898
31	0.95890	-0.81519	82	0.94676	-1.08204
32	0.95887	-0.81609	83	0.94764	-1.05603
33	0.95880	-0.81508	84	0.94763	-1.05618
34	0.95861	-0.81489	85	0.94729	-1.08516
35	0.95859	-0.81487	86	0.94726	-1.08593
36	0.95858	-0.81514	87	0.94718	-1.08845
37	0.95858	-0.81521	88	0.94693	-1.09573
38	0.95858	-0.81523	89	0.94663	-1.10459
39	0.95758	-0.91658	90	0.94660	-1.10542
40	0.95757	-0.91657	91	0.94657	-1.10636
41	0.95752	-0.91821	92	0.94657	-1.10367
42	0.95752	-0.91826	93	0.94631	-1.11426
43	0.95748	-0.91931	94	0.94627	-1.11422
44	0.95376	-1.02832	95	0.94612	-1.11406
45	0.95323	-1.04379	96	0.94611	-1.11404
46	0.95303	-1.04981	97	0.94597	-1.11390
47	0.95261	-1.06225	98	0.94572	-1.11364
48	0.95234	-1.07451	99	0.94572	-1.11377
49	0.95219	-1.07520	100	0.97695	-0.63396
50	0.95215	-1.07561	101	0.97689	-0.63392
51	0.95217	-1.07508			

TABEL 4.8
ALIRAN DAYA TIAP SALURAN
PENYULANG PUJON SEBELUM KOMPENSASI

Saluran		P (kW)	Q (kVAR)	Saluran		P (kW)	Q (kVAR)
Dari	Ke			Dari	Ke		
1	2	3949.982	2427.659	2	1	-3943.238	-2417.352
2	3	3898.518	2390.822	3	2	-3882.247	-2365.945
3	4	3822.047	2330.231	4	3	-3812.532	-2315.690
4	5	36.980	21.939	5	4	-36.980	-21.939
4	6	3775.552	2293.750	6	4	-3768.174	-2282.470
6	7	3740.654	2266.144	7	6	-3718.484	-2232.252
7	8	411.223	244.078	8	7	-411.204	-244.048
8	9	357.024	211.905	9	8	-356.983	-211.843
9	10	270.965	160.812	10	9	-270.915	-160.735
10	11	148.795	88.287	11	10	-148.787	-88.275
11	12	68.807	40.826	12	11	-68.805	-40.824
12	13	68.805	40.824	13	12	-68.800	-40.816
12	14	0.000	0.000	14	12	0.000	0.000
7	15	3307.261	1988.174	15	7	-3296.773	-1972.140
15	16	1515.362	89.799	16	15	-151.360	-89.796
16	17	118.680	70.408	17	16	-118.680	-70.408
15	18	3145.411	1882.341	18	15	-3119.471	-1878.378
18	19	62.781	37.246	19	18	-62.780	-37.245
18	20	67.082	39.798	20	18	-67.080	-39.796
18	21	2989.608	1801.333	21	18	-2987.463	-1798.054
21	22	77.402	45.920	22	21	-77.400	-45.918
21	23	2910.061	1752.133	23	23	-2901.648	-1739.268
23	24	143.627	85.213	24	23	-143.620	-85.203
23	25	72.242	42.858	25	23	-72.240	-42.857
23	26	202.229	119.950	26	23	-202.143	-119.915
26	27	97.180	57.653	27	26	-97.180	-57.653
26	28	0.000	0.000	28	26	0.000	0.000
26	29	104.963	62.262	29	26	-104.920	-62.244
23	30	2483.550	1491.246	30	23	-2479.292	-1484.737
30	31	2456.932	1471.472	31	30	-2456.252	-1470.431
31	32	33.541	19.899	32	31	-33.540	-19.898
31	33	169.455	100.529	33	31	-169.436	-100.519
33	34	74.836	44.397	34	33	-74.821	-44.388
34	35	74.821	44.388	35	34	-74.820	-44.387
35	36	17.200	10.204	36	35	-17.200	-10.204
36	37	8.600	5.102	37	36	-8.600	-5.102
37	38	1.720	1.020	38	37	-1.720	-1.020
31	39	2253.256	1350.003	39	31	-2252.525	-1344.154
39	40	10.320	6.122	40	39	-10.320	-6.122
39	41	94.604	56.128	41	39	-94.600	-56.122
41	42	13.760	8.163	42	41	-13.760	-8.163
39	43	2147.601	1281.904	43	39	-2147.451	-1281.675
43	44	2086.391	1245.451	44	43	-2080.635	-1236.652
44	45	619.240	368.051	45	44	-618.998	-367.681
45	46	563.098	334.521	46	45	-563.012	-334.390
46	47	491.632	292.043	47	46	-491.478	-291.807
47	48	432.138	256.603	48	47	-432.052	-256.472
48	49	376.152	223.309	49	48	-376.110	-223.245
49	50	47.301	28.063	50	49	-47.300	-28.061

49	51	328.809	195.182	51	49	-328.804	-195.175
51	52	29.240	17.347	52	51	-29.240	-17.347
51	53	299.564	177.827	52	51	-299.496	-177.723
53	54	210.916	125.172	54	53	-210.785	-125.071
54	55	182.405	108.234	55	54	-182.336	-108.181
55	56	111.816	66.351	56	55	-111.805	-66.333
56	57	43.002	25.513	57	56	-43.000	-25.510
57	58	10.320	6.122	58	57	-10.320	-6.122
56	59	68.803	40.820	59	56	-68.801	-40.818
59	60	38.700	22.960	60	59	-38.700	-22.959
59	61	30.101	17.868	61	59	-30.100	17.857
61	62	10.320	6.122	62	61	-10.320	-6.122
44	63	1461.395	868.601	63	44	1460.541	-867.296
63	64	146.220	86.760	64	63	-146.210	-86.745
64	65	115.250	68.378	65	64	-115.240	-68.363
65	66	12.040	7.143	66	65	-12.040	-7.143
63	67	1314.321	780.536	67	63	-1314.133	-780.249
67	68	13.760	8.163	68	67	-13.760	-8.163
67	69	1300.373	772.085	69	67	-1300.223	-771.856
69	70	1207.343	716.754	70	69	-1202.309	-715.154
70	71	1161.889	691.175	71	70	-1161.228	-690.164
71	72	1089.848	647.817	72	71	-1089.821	-647.813
72	73	47.300	28.062	73	72	-47.300	-28.061
72	74	1042.521	619.751	74	72	-1042.292	-619.402
74	75	951.992	565.831	75	74	-951.846	-565.607
75	76	333.021	197.757	76	75	-332.886	-197.545
76	77	60.201	35.716	77	76	-60.200	-35.714
76	78	272.684	161.829	78	76	-272.656	-161.786
78	79	166.876	99.031	79	78	-166.866	-99.015
79	80	126.446	75.036	80	79	-126.436	-75.022
80	81	112.676	66.859	81	80	112.665	-66.844
81	82	66.225	39.293	82	81	-66.220	-39.285
75	83	618.825	367.850	83	75	-618.725	-367.696
83	84	24.940	14.796	84	83	-24.940	-14.796
83	85	593.784	352.900	85	83	-593.743	-352.467
85	86	98.042	58.166	86	85	-98.040	-58.163
85	87	495.701	294.301	87	85	-495.660	-294.238
87	88	382.140	226.892	88	87	-382.070	-226.785
88	89	320.150	190.051	89	88	320.078	-189.942
89	90	55.902	33.166	90	89	-55.901	-33.164
90	91	24.941	14.797	91	90	-24.940	-14.796
89	92	264.176	156.776	92	89	-264.165	-156.758
92	93	227.185	134.819	93	92	-227.141	-134.751
93	94	13.761	8.163	94	93	-13.760	-8.163
93	95	213.380	126.587	95	93	-213.338	-126.563
95	96	13.760	8.163	96	95	-13.760	-8.163
95	97	199.577	118.400	97	95	-199.545	-118.381
97	98	93.765	55.626	98	97	-93.740	-55.612
98	99	39.560	23.469	99	98	-39.560	-23.469
9	100	86.018	51.030	100	9	-86.005	-51.023
100	101	86.005	51.023	101	100	-86.000	-51.020

TABEL 4.9
PROFIL TEGANGAN DAN SUDUT FASA TEGANGAN TIAP BUS
PENYULANG PUJON SETELAH KOMPENSASI

Bus	Tegangan abs (pu)	Sudut Fasa (deg)	Bus	Tegangan abs (pu)	Sudut Fasa (deg)
1	1.00000	0.00000	52	0.97315	-1.95732
2	0.99849	-0.09720	53	0.97286	-1.96582
3	0.99485	-0.33655	54	0.97223	-1.97041
4	0.99272	-0.98018	55	0.97186	-1.97317
5	0.99271	-0.98027	56	0.97172	-1.97703
6	0.99106	-0.59346	57	0.97166	-1.97881
7	0.98609	-0.93946	58	0.97165	-1.97915
8	0.98602	-0.94135	59	0.97169	-1.97786
9	0.98587	-0.94576	60	0.97168	-1.97822
10	0.98562	-0.95300	61	0.97166	-1.97887
11	0.98554	-0.95506	62	0.97165	-1.97924
12	0.98551	-0.95599	63	0.97300	-1.89811
13	0.98541	-0.95891	64	0.97291	-1.90067
14	0.98551	-0.95599	65	0.97280	-1.90387
15	0.98367	-1.132251	66	0.97277	-1.90452
16	0.98366	-1.13292	67	0.97295	-1.90885
17	0.98366	-1.13299	68	0.97293	-1.90920
18	0.97784	-1.17695	69	0.97291	-1.91755
19	0.97782	-1.17725	70	0.97040	-2.08480
20	0.97780	-1.177667	71	0.97027	-2.08480
21	0.97734	-1.22201	72	0.97026	-2.08545
22	0.97731	-1.22262	73	0.97025	-2.08579
23	0.97539	-1.40579	74	0.97023	-2.10395
24	0.97532	-1.40757	75	0.97024	-2.11757
25	0.97536	-1.40577	76	0.96970	-2.13355
26	0.97501	-1.40259	77	0.96967	-2.13422
27	0.97501	-1.40257	78	0.96956	-2.13752
28	0.97501	-1.40259	79	0.96948	-2.13983
29	0.97466	-1.39954	80	0.96939	-2.14264
30	0.97443	-1.52191	81	0.96928	-2.14560
31	0.97427	-1.54074	82	0.96916	-2.14852
32	0.97424	-1.54161	83	0.97035	-2.13641
33	0.97417	-1.54063	84	0.97054	-2.1439
34	0.97398	-1.54044	85	0.97001	-2.16419
35	0.97397	-1.54042	86	0.96998	-2.14920
36	0.97396	-1.54069	87	0.96990	-2.16732
37	0.97396	-1.54076	88	0.96966	-2.17427
38	0.97396	-1.54078	89	0.96937	-2.18272
39	0.97441	-1.64929	90	0.96934	-2.18351
40	0.97441	-1.64928	91	0.96931	-2.18440
41	0.97436	-1.65087	92	0.96931	-2.18441
42	0.97436	-1.65091	93	0.96906	-2.19193
43	0.97438	-1.65431	94	0.96902	-2.19189
44	0.97326	-1.85642	95	0.96888	-2.19175
45	0.97314	-1.88668	96	0.96886	-2.19173
46	0.97311	-1.89905	97	0.96873	-2.19159
47	0.97311	-1.92654	98	0.96848	-2.19134
48	0.97314	-1.94529	99	0.96848	-2.19147
49	0.97318	-1.95666	100	0.98572	0.94561
50	0.97314	-1.95772	101	0.98567	0.94558
51	0.97316	-1.95721			

TABEL 4.10
ALIRAN DAYA TIAP SALURAN
PENYULANG PUJON SETELAH KOMPENSASI

Saluran		P (kW)	Q (kVAR)	Saluran		P (kW)	Q (kVAR)
Dari	Ke			Dari	Ke		
1	2	3915.447	584.931	2	1	-3910.53	-577.416
2	3	3865.81	550.886	3	2	-3853.968	-532.781
3	4	3793.768	497.067	4	3	-3786.861	-486.51
4	5	36.98	21.939	5	4	-36.98	-21.939
4	6	3749.88	464.57	6	4	-3744.531	-456.392
6	7	3717.011	440.066	7	6	-3700.953	-415.518
7	8	411.221	244.075	8	7	-411.201	-244.045
8	9	357.021	211.902	9	8	-356.982	-211.841
9	10	270.964	160.811	10	9	-270.914	-160.735
10	11	148.794	88.287	11	10	-148.787	-80.275
11	12	68.807	40.826	12	11	-68.805	-40.824
12	13	68.805	40.824	13	12	-68.8	-40.816
12	14	0	0	14	12	0	0
7	15	3289.733	1071.444	15	7	-3282.225	-1059.966
15	16	151.362	89.799	16	15	-151.36	-89.796
16	17	118.68	70.408	17	16	-118.68	-70.408
15	18	3130.863	70.167	18	15	-3112.34	-67.337
18	19	62.781	37.246	19	18	-62.78	-37.245
18	20	67.082	39.798	20	18	-67.08	-39.796
18	21	2982.478	-9.707	21	18	-2980.947	12.047
21	22	77.402	45.92	22	21	-77.4	-45.918
21	23	2903.546	-57.967	23	23	-2897.544	67.146
23	24	143.626	85.213	24	23	-143.62	-85.203
23	25	72.242	42.858	25	23	-72.24	-42.857
23	26	202.226	119.949	26	23	-202.142	-119.914
26	27	97.18	57.653	27	26	-97.18	-57.653
26	28	0	0	28	26	0	0
26	29	104.961	62.261	29	26	-104.92	-62.244
23	30	2479.45	-315.165	30	23	-2476.369	319.875
30	31	2454.009	-333.14	31	30	-2453.516	333.894
31	32	33.541	19.899	32	31	-33.54	-19.898
31	33	169.454	100.528	33	31	-169.436	-100.518
33	34	74.836	44.369	34	33	-74.821	-44.388
34	35	74.821	44.388	35	34	-74.82	-44.387
35	36	17.2	10.204	36	35	-17.2	-10.204
36	37	8.6	5.102	37	36	-8.6	-5.102
37	38	1.72	1.02	38	37	-1.72	-1.02
31	39	2250.522	-454.322	39	31	-2249.98	458.65
39	40	10.32	6.122	40	39	-10.32	-6.122
39	41	94.604	56.128	41	39	-94.6	-56.122
41	42	13.76	8.163	42	41	-13.76	-8.163
39	43	2145.056	-520.9	43	39	-2144.943	521.072
43	44	2083.883	-557.296	44	43	-2079.503	563.992
44	45	619.199	-232.006	45	44	-619.003	232.305
45	46	563.103	-265.465	46	45	-563.028	265.579
46	47	491.648	-307.926	47	46	-491.496	308.159
47	48	432.156	-343.363	48	47	-432.057	343.514
48	49	376.157	-376.677	49	48	-376.097	376.768
49	50	47.301	28.063	50	49	-47.3	-28.061

49	51	328.796	195.169	51	49	-328.792	-195.162
51	52	29.24	17.347	52	51	-29.24	-17.347
51	53	299.552	177.815	52	51	-299.487	-177.716
53	54	210.907	125.165	54	53	-210.781	-125.067
54	55	182.401	108.23	55	54	-182.336	-108.18
55	56	111.816	66.35	56	55	-111.805	-66.333
56	57	43.002	25.513	57	56	-43	-25.51
57	58	10.32	6.122	58	57	-10.32	-6.122
56	59	68.803	40.82	59	56	-68.801	-40.818
59	60	38.7	22.96	60	59	-38.7	-22.959
59	61	30.101	17.858	61	59	-30.1	-17.857
61	62	10.32	6.122	62	61	-10.32	-6.122
44	63	1460.305	-331.987	63	44	-1459.668	332.959
63	64	146.219	86.759	64	63	-146.209	-86.745
64	65	115.249	68.378	65	64	-115.24	-68.363
65	66	12.04	7.143	66	65	-12.04	-7.143
63	67	1313.449	-419.718	67	63	-1313.303	419.942
67	68	13.76	8.163	68	67	-13.76	-8.163
67	69	1299.543	-428.106	69	67	-1299.425	428.286
69	70	1206.545	-483.388	70	69	-1202.409	484.702
70	71	1161.989	-508.681	71	70	-1161.432	509.533
71	72	1090.052	-551.88	72	71	-1090.028	551.883
72	73	47.3	28.062	73	72	-47.3	-28.061
72	74	1042.728	-579.945	74	72	-1042.517	580.268
74	75	952.217	-633.839	75	74	-952.068	634.067
75	76	333.012	197.743	76	75	-332.883	-197.541
76	77	60.201	35.716	77	76	-60.2	-35.714
76	78	272.682	161.825	78	76	-272.654	-161.783
78	79	166.874	99.028	79	78	-166.864	-99.013
79	80	126.444	75.034	80	79	-126.436	-75.021
80	81	112.676	66.858	81	80	-112.665	-66.843
81	82	66.225	39.292	82	81	-66.22	-39.285
75	83	619.056	-831.81	83	75	-618.857	832.114
83	84	25.09	-1184.974	84	83	-24.94	1185.204
83	85	593.767	352.86	85	83	-593.727	-352.447
85	86	98.042	58.166	86	85	-98.04	-58.163
85	87	495.685	294.282	87	85	-495.646	-294.222
87	88	382.126	226.876	88	87	-382.059	-226.773
88	89	320.139	190.039	89	88	-320.071	-189.935
89	90	55.902	33.166	90	89	-55.901	-33.614
90	91	24.941	14.797	91	90	-24.94	-14.796
89	92	264.169	156.769	92	89	-264.158	-156.752
92	93	227.178	134.813	93	92	-227.136	-134.748
93	94	13.761	8.163	94	93	-13.76	-8.163
93	95	213.376	126.585	95	93	-213.335	-126.561
95	96	13.76	8.163	96	95	-13.76	-8.163
95	97	199.575	118.398	97	95	-199.544	-118.381
97	98	93.764	55.626	98	97	-93.74	-55.612
98	99	39.56	23.469	99	98	-39.56	-23.469
9	100	86.018	51.03	100	9	-86.005	-51.023
100	101	86.005	51.023	101	100	-86	-51.02

Validasi Program

Dalam suatu Metode Perhitungan dengan bantuan program sangat penting adanya perhitungan Validasi Program untuk memastikan bahwa tidak ada kesalahan program. Sehubungan tidak adanya data untuk melakukan validasi dalam jurnal yang sebagai acuan maka validasi program dalam skripsi ini digunakan perbandingan dengan metode yang berbeda .

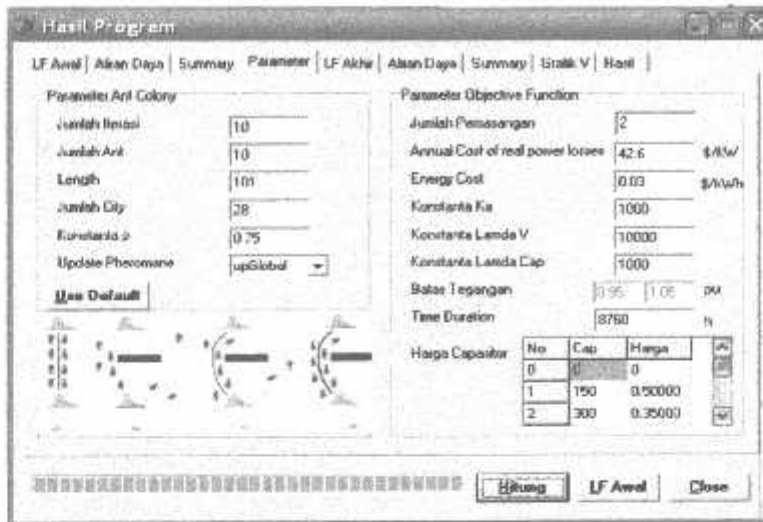
Apabila selisih antara hasil program yang di pakai dengan hasil program pembanding tidak besar dapat dianggap bahwa program yang dipakai cukup valid. Untuk pembanding program dengan Metode Ant Colony Optimization ini digunakan program dengan Metode Resize Genetic Algorithm seperti yang digunakan pada skripsi saudara Hadi suprayitno, Nim 00,12.072. Jurusan Teknik Elektro Energi listrik S1 dengan judul "Analisa penempatan kapasitor pada jaringan distribusi primer 20 Kv dengan metode Reduced size genetic algorithm pada Gi Sengkaling penyulang Pujon.

Hal hal yang akan di bandingkan adalah :

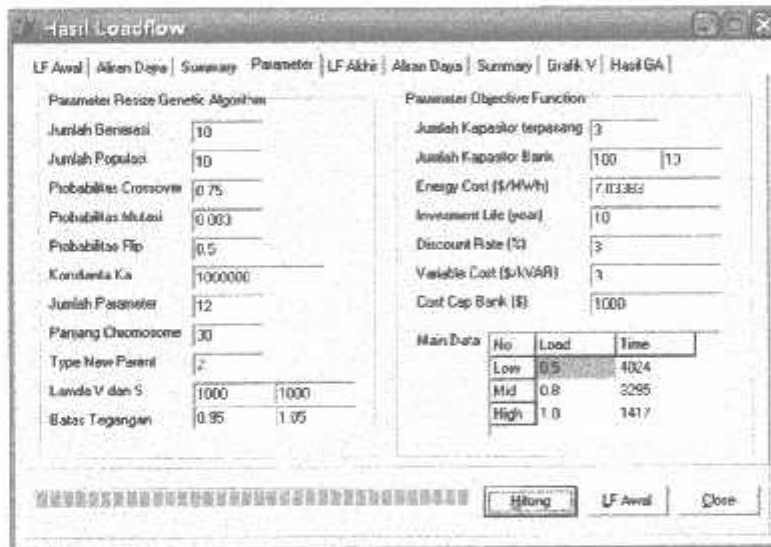
1. Pemasangan dan Kapasitas Kapasitor Tiap Tingkat Beban
 2. Profil Tegangan Terendah.
 3. Rugi rugi Daya yaitu Daya Aktif dan Reaktif.
 4. Total Biaya dan Nilai penghematan.
-

Tabel 4.12
Rekapitulasi Data Validasi

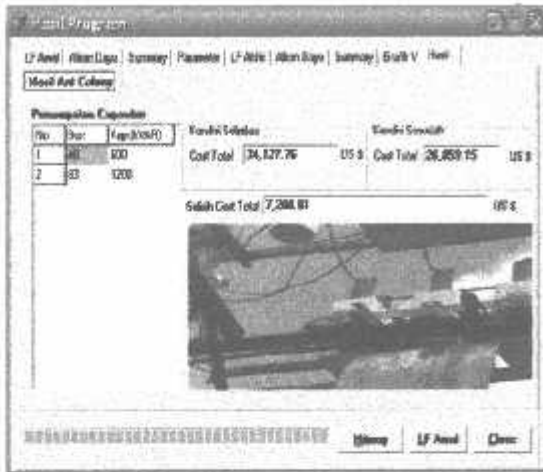
	Sebelum Pemasangan	Setelah Pemasangan Metode <i>Art Colony Optimization</i>	Setelah Pemasangan Metode <i>Resize GA</i>														
1. Pemasangan dan Kapasitas kapasitor tiap tingkat beban		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Bus</th> <th style="text-align: left;">Kapasitas (kVAR)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>48</td> <td>600</td> </tr> <tr> <td>83</td> <td>1200</td> </tr> </tbody> </table>	Bus	Kapasitas (kVAR)	48	600	83	1200	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Bus</th> <th style="text-align: left;">Kapasitas . (kVAR)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>83</td> <td>900</td> </tr> <tr> <td>68</td> <td>500</td> </tr> <tr> <td>17</td> <td>200</td> </tr> </tbody> </table>	Bus	Kapasitas . (kVAR)	83	900	68	500	17	200
Bus	Kapasitas (kVAR)																
48	600																
83	1200																
Bus	Kapasitas . (kVAR)																
83	900																
68	500																
17	200																
2. Tegangan terendah	Node : 99 0.94572 pu atau 18,9144 kV	Node : 99 0.96848 pu atau 19.3696 kV	Node : 99 0.96201 pu atau 19.2402 kV														
3. Rugi Daya Aktif Rugi Daya Reaktif	129.862 kW 161.362 kVAR	95.327 kW pengurangan : 34.535 kW (26,59 %) 118.634 kVAR pengurangan : 42.728 kVAR (26,47 %)	95.483 kW pengurangan : 34.379 kW (26,47%) 119.100 kVAR pengurangan : 42.262 kVAR (26,19%)														
4. Total Biaya Nilai Penghematan	34,127.76 US\$/tahun -	26,859.15 US\$/tahun 7,268.61 US\$/tahun	32,568. US\$/tahun 1,559US\$/tah														



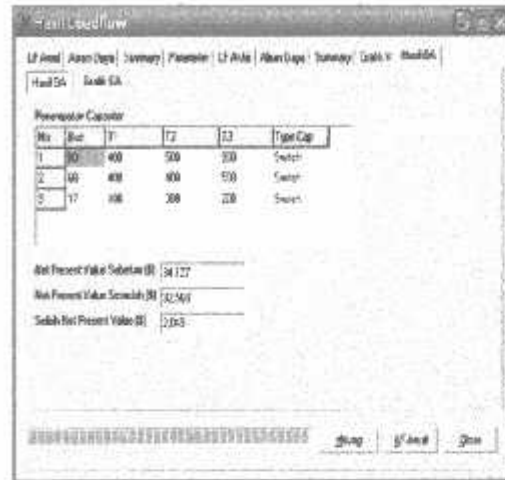
Tampilan Metode Parameter Ant Colony Optimization



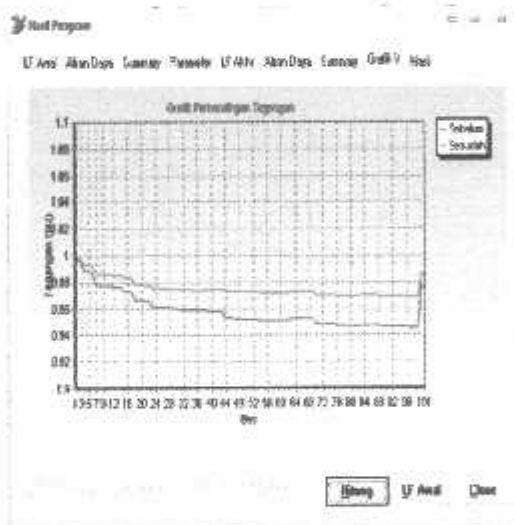
Tampilan Metode Parameter Resize Genetic Algorithm



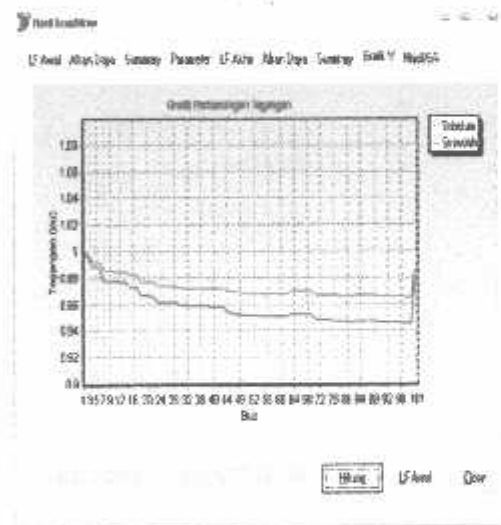
Hasil Penempatan Kapasitor dengan Menggunakan Metode Ant Colony Optimization



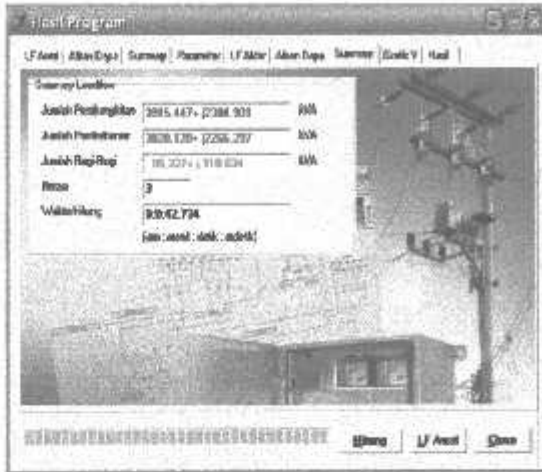
Hasil Penempatan Kapasitor dengan Menggunakan Metode Resize Genetic Algorithm



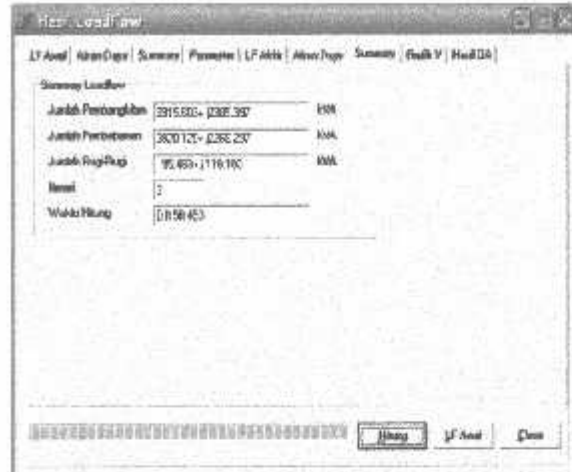
Tegangan Tiap-Tiap Bus Terhadap Asumsi Tegangan Awal, Sebalum dan Sesudah Kompensasi Pada Metode Ant Colony Optimization



Tegangan Tiap-Tiap Bus Terhadap Asumsi Tegangan Awal, Sebalum dan Sesudah Kompensasi Pada Metode Resize Genetic Algorithm



Hasil Akhir Ant Colony Optimization.
Tampilan Total Pembangkitan,
Pembebanan,
dan Rugi rugi Setelah Kompensasi



Hasil Akhir Resize Genetic Algorithm
Tampilan Total Pembangkitan,
Pembebanan
dan Rugi rugi Setelah Kompensasi.

Dari Hasil akhir dapat diketahui jumlah rugi rugi daya sebagai berikut :

- Rugi Daya Aktif**

Rugi Daya Aktif menurut program dengan Metode Ant Colony Optimizatio

(ACO) = 95,327 kW

Rugi Daya Aktif menurut program dengan Metode Resize Genetic Algorithm

(RGA) = 95,483 kW

- Perhitungan Rugi Daya Aktif ;**

$$= \left| \frac{95,327 - 95,483}{95,327} \right| \times 100\% = 0,164\%$$

Jadi selisihRugi Daya aktif adalah : 0,164% .

- **Rugi Daya Reaktif**

Rugi Daya Reaktif menurut program dengan Metode Ant Colony Optimizatio(ACO)

= 118,634 kVAR

Rugi Daya Reaktif menurut program dengan Metode Resize Genetic Algorithm

(R GA) =119,100 kVAR

- **Rugi Daya Reaktif ;**

$$= \left| \frac{118,634 - 119,100}{118,634} \right| \times 100\% = 0,393\%$$

Jadi selisih Rugi Daya Reaktif adalah : 0,393%

- **Kesimpulan**

Oleh karena selisih antara kedua program tersebut sangat kecil (selisih Rugi Daya

Aktif 0.164% dan selisih Rugi Daya Reaktif 0,393), maka program dengan

Metode Ant colony Optimization dapat dianggap Valid.

LAMPIRAN A-2

- Data Pengukuran Gardu Malam PT.PLN (PERSERO) Distribusi Jawa Timur Area MALANG UP & J - BATU
- Single Line Diagram Penyulang Pujon Sebelum Pemasangan Kapasitor
- Single Line Diagram Penyulang Pujon Setelah Pemasangan Kapasitor
- Listing Program
- Data Coba-Coba Program

NO	PENY.	GARDU TRAFU				TGL. UKUR	JAM UKUR	BEBAN (AMPERE)																								BEBAN TRAFU		TEGANGAN (VOLT)		TITIK TUNPU	V (%)	TDR/VN
		NO	ALAMAT	DAYA (KVA)	TEG. (V)			JURUSAN A				JURUSAN B				JURUSAN C				JURUSAN D				PADA TRAFU				RVA	%	R-N	S-N	T-N						
								R	S	T	N	R	S	T	N	R	S	T	N	R	S	T	N	R	S	T	N											
1	W1	1	Jl. Gajah Mada	200	220/380	04-06-06	18:10	21	10	13	23	111	98	120	0	56	1	20	36	27	59	41	38	212	184	189	49	220	223	224	64	85A4B3	213	97				
2	W1	2	Jl. Panglima Sudirman	160	220/380	24-12-05	20:30					39	40	50	21				25	1	15	20	64	41	65	41	231	231	230	39	82A3B1A3	215	98					
3	SLC	3	Da. Sidomulyo	75	220/380	KOSONG																								0	0							
4	SLC	4	Jl. Ry. Puntan	200	220/380	19-12-05	19:35	139	128	130	47					38	62	41	36				177	190	171	83	219	221	221	118	A2B7	212	96					
5	BTU	5	Jl. Patimura	200	220/380	27-03-06	19:00					130	100	114	36				30	50	53	27	180	150	167	63	231	231	231	110	B9A1B9	211	96					
6	W1	6	Jl. Trunoyoyo	160	220/380	03-04-06	20:17	117	160	137	65	15	7	9	11	46	21	23	15				178	208	189	91	224	223	223	124	D2A8B2	214	97					
7	SLC	7	Da. Tl. Rejo	160	220/380	03-04-06	19:40					82	93	68	40				29	41	33	23	111	134	101	63	223	223	224	77	B2A8	205	93					
8	W1	8	Jl. Panglima Sudirman	160	220/380	09-11-05	18:35					98	106	101	10				18	15	17	29	112	121	118	36	236	235	235	83	B2A8B2	213	97					
9	PJN	9	Jl. Hasanudin	250	220/380	15-11-05	18:40	131	137	91						123	115	120				35	7	5	289	258	216	85	218	218	167	A605	209	95				
10	BTU	10	Jl. Imam Bonjol Atas	160	220/380	03-04-06	18:45					81	81	48	79				83	66	36	35	144	147	84	114	224	223	210	84	B3A207A2D6	212	96					
11	SLC	11	Jl. Seleka	75	220/380	09-02-05	20:05	24	12	21	38					10	6	17	6				34	18	38	46	220	220	221	26	C1B3A5	214	97					
12	BTU	12	Jl. Wt. Supratman	200	220/380	28-03-06	20:30					55	47	69	20				170	142	149	50	225	189	218	70	225	226	223	142	B3A5	209	95					
13	SLC	13	Jl. Ry. Sidomulyo	200	220/380	13-12-05	19:00	55	60	58	24					46	48	32	26			67	52	67	30	168	160	177	80	A2D2A3D14	208	94						
14	SLC	14	Jl. Ry. Sidomulyo	160	220/380	19-12-05	20:12	79	84	86	1					58	52	71	44				137	136	159	45	222	221	222	96	A7D5C1D2	210	95					
15	SLC	15	Jl. Ry. Sidomulyo	200	220/380	17-02-06	19:50	144	147	103	59					55	67	77	61				189	214	180	120	212	213	213	126	A5D11	209	95					
16	PJN	16	Jl. Songgawati	160	220/380	09-01-06	19:10	111	120	96	28								84	66	74	31	189	160	161	31	229	230	228	121	B5A6	213	97					
17	BTU	17	Jl. Akilab	160	220/380	09-02-06	20:50					95	84	107	47															0	0		0					
18	W1	18	Jl. Panglima Sudirman / W1	600	220/380	KOSONG																								0	0		0					
19	PJN	19	Jl. Raya Pujon	160	220/380	30-01-06	18:45					90	91	87	31				27	31	43	23	117	122	130	54	225	226	224	83	B3C10	214	87					
20	W1	20	Jl. Surpadi	160	220/380	27-03-06	19:10					117	56	27	37				38	90	77	30	155	148	104	30	211	211	210	85	B3	211	96					

NO	PENY.	GARDU TRAF0				TGL. UKUR	JAM UKUR	BEBAN (A M P E R E)																								BEBAN TRAF0		TEGANGAN (VOLT)		TITIK TUMPU	V (%)	Thd/Vn
		NC. Grd	ALAMAT	DAYA (KVA)	TEG. (V)			JURUSAN A				JURUSAN B				JURUSAN C				JURUSAN D				PADA TRAF0				(KVA)	%	PADA TRAF0								
								R	S	T	N	R	S	T	N	R	S	T	N	R	S	T	N	R	S	T	N			R	S	T	N	R	S			
61	PJN	61	Da.Nigrolo	160	220/380	30-01-06	18:00					101	78	80	30					81	36	53	39	162	112	133	69	207	210	208	72	45		220	100			
62	PJN	62	KOP S/AE	160	220/380	13-02-06	18:45					107	112	115	37					62	70	41	25	169	182	156	62	224	223	222	114	71		200	91			
63	PJN	63	Dk.Merburg	100	220/380	01-02-06	18:30					38	37	52	17					26	27	45	10	66	64	67	27	215	214	213	43	43		216	88			
64	PJN	64	Dk.Lebaksari	100	220/380	09-02-06	18:15					17	56	15	42					54	30	6	42	71	86	23	84	220	217	220	36	36		219	100			
65	PJN	65	Ds.Ngabelo	160	220/380	04-02-06	19:40					100	86	110	26					84	78	69	35	184	162	179	60	225	226	223	123	77		218	99			
66	PJN	66	Da.Ngabal	160	220/380	04-02-06	19:45									67	32	43	30					94	104	119	69	214	214	212	63	63		218	89			
67	WI	67	Ds. Beji (KUD Baru)	160	220/380	17-02-06	19:30																	65	55	57	15	229	229	229	43	27	Khusea	217	99			
68	BTU	68	Ds. Oro Oro Ombel/Yayasan	160	220/380	17-02-06	19:00																	49	52	50	14	228	228	226	34	22	Khusea	228	104			
69	SLC	69	Ds. Tukang Rejo	100	220/380	05-01-06	19:30																	56	53	48	32	221	221	222	35	35	C4B2C1B2	214	87			
70	DRY	70	Alat Alat Pertanian	150	220/380	21-09-05	18:10																	47	66	53	15	211	211	211	35	22	A	210	95			
71	BTU	71	Jl. Diponegoro	75	220/380	28-03-06	19:30					55	53	51	1					0	22	0	19	55	75	51	20	224	223	221	24	32	62A10	214	87			
72	PJN	72	Emanuel Tembes	100	220/380	24-12-05	18:15					40	68	55	5					12	19	18	0	52	87	73	5	211	211	212	63	63	B	209	95			
73	SLC	73	Ds. Bayuning	100	220/380	07-11-05	18:26																	60	59	87	46	225	229	227	46	46	A4	219	100			
74	SLC	74	Ds. Kungkuk	160	220/380	05-01-06	19:45					12	7	3	12	19	26	20	11					65	66	46	41	212	213	212	38	23	D11	201	91			
75	SLC	75	Ds. Payar	75	220/380	07-11-05	18:39																	55	47	57	26	221	222	216	35	47	D2A109	207	94			
76	PJN	76	Ds. Menging	160	220/380	06-02-06	19:10					0	1	0	1					0	0	1	1	0	1	1	1	2	219	219	217	0	0	A	204	93		
77	PJN	77	Dk. Geeth	200	220/380	06-02-06	18:20					95	84	103	31					64	35	44	20	159	119	147	51	216	219	215	100	50		206	94			
78	PJN	78	Ds. Barbrehan	160	220/380	07-11-05	18:38																	95	70	54	45				122	76	G2B12C4	218	99			
79	PJN	79	Ds. Wiyurejo	250	220/380	06-02-06	20:10																	86	100	80	8	218	218	217	123	49		218	99			
80	PJN	80	Ds. Madfredo	75	220/380	06-02-06	20:05																	148	53	75	85	222	223	223	47	63		215	100			

NO	PENY.	GARDU TRAFU										BEBAN (AMPERE)										TEGANGAN (VOLT)						BEBAN TRAFU		TEGANGAN UJUNG	
		NO. Gnd	ALAMAT	DAYA (KVA)	TEG. (V)	TGL UKUR	JAM UKUR	JURUSAN A			JURUSAN B			JURUSAN C			JURUSAN D			PADA TRAFU			R-N	S-N	T-N	(KVA)	TITIK TUNFU	V (%)	THE VOLT		
								R	S	T	N	R	S	T	N	R	S	T	N	R	S	T								N	R
81	SLC	81	JTY	100	220/380	01-05-05	18:36																		58	D3C7D4	203	92			
82	SLC	82	Da. Junggo, Tulungrejo	75	220/380	07-02-06	19:00	25	16	40	13														29	C14	210	95			
83	BTU	83	Da. Oro Oro Ombo	160	220/380	09-11-05	19:00	180	111	133	60													101	A14	213	97				
84	BTU	84	Pa. Batu	250	220/380	22-11-05	18:39	136	169	136	38													195	A2D15	184	84				
85	BTU	85	TV RI Oro Oro Ombo	160	220/380	10-01-06	13:15					104	67	58	43									89	B3C4D4C3B12	193	88				
86	BTU	86	Petum Batu Permai	100	220/380	22-11-05	18:26					34	12	38	24									54	B3C7	212	96				
87	PJN	87	Dk. Meron	100	220/380	07-02-06	18:10					104	85	91										85		212	96				
88	PJN	88	Da. Pujon Kidul	100	220/380	07-02-06	18:30	25	21	24														34		200	91				
89	PJN	89	Da. Pujon Kidul	160	220/380	07-02-06	18:45	158	181	110	64													103	D2A2D9A5	206	94				
90	SLC	90	Da. Griputno	100	220/380	26-12-05	21:35	15	16	19	6													52	C	216	96				
91	SLC	91	Da. Ghipumo	100	220/380	26-12-05	21:25	37	57	54	26													52		218	99				
92	SLC	92	Da. Sukorene	160	220/380	09-01-06	19:55					53	52	55	27									64	D12	218	99				
93	SLC	93	Da. Pagerjuning	150	220/380	07-02-06	20:06					82	69	106	40									74		210	95				
94	PJN	94	Dk. Delik	100	220/380	06-02-06	19:40	1	5	0														54		214	97				
95	PJN	95	Da. Torongrejo	160	220/380	10-01-06	18:30																	93	B10	203	92				
96	PJN	96	Da. Torongrejo Tutup	160	220/380	24-12-05	19:00	170	128	167	47													88	A6B6C2	205	93				
97	PJN	97	Da. Tamas, Kerek	200	220/380	07-02-06	20:20					78	75	77	15									142	A	189	96				
98	PJN	98	Dk. Kalangan	160	220/380	07-02-06	20:20					52	17	6	40									78	B15	215	98				
99	PJN	99	Jl. Pambayan	100	220/380	03-01-06	18:50					35	31	36	18									67	D3C1D4A3	206	94				
100	WI	100	Jl. Panglima Sudirman	160	220/380	08-01-06	20:30																	28	D10C2D3	219	100				

NO	PENY.	GARDU TRAFU				TGL. UKUR	JAM UKUR	BEBAN (AMPERE)												TEGANGAN (VOLT)			TEGANGAN UJUNG								
		NO. GID	ALAMAT	DAYA (KVA)	TEG. (V)			JURUSAN A			JURUSAN B			JURUSAN C			JURUSAN D			PADA TRAFU			RVA (%)	TITIK TUMPU	V (%)						
								R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T				R-N	S-N	T-N			
101	PJN	101	Dk Blyan	100	220/380	08-02-06	18:30	46	53	97				8	2	3				54	55	100	0	207	211	206	33	33	106	90	
102	PJN	102	Dk Bekir	160	220/380	08-02-06	18:45				73	63	32				59	73	56	132	136	88	0	212	211	210	82	51	200	91	
103	PJN	103	Dk Cukul	100	220/380	08-02-06	19:30				28	55	23				29	35	23	57	90	46	16	215	214	213	38	38	201	91	
104	PJN	104	Ds Cukul	100	220/380	08-02-06	18:50	38	13	38				57	64	49				96	77	85	19	222	223	221	45	45	204	93	
105	PJN	105	R.S. Peru-Peru	100	220/380	10-01-06	20:40				16	26	44	22			58	68	56	74	94	100	42	224	223	221	73	73	220	100	
106	RJ	106	Dk Banjantengah	100	220/380	28-12-05	20:15				62	51	74	27			26	11	13	108	68	67	40	222	222	220	58	58	214	97	
107	RJ	107	Dk Gading Kulon	150	220/380	21-01-06	19:10	42	35	39	29						25	18	26	67	53	65	30	228	228	227	42	28	218	98	
108	BTU	108	Perum Kusuma Esah	200	220/380	06-11-05	18:35	66	22	52	39						2	31	32	70	53	79	71	229	225	222	46	23	208	95	
109	SLC	109	Ds. Junggo, Tulungrejo	100	220/380	03-04-06	19:46	15	23	14	9						43	44	40	58	67	54	28	232	232	230	42	42	217	99	
110	SLC	110	Ds. Junggo, Tulungrejo	200	220/380	05-01-06	19:00	92	71	83	38						94	80	80	186	151	173	77	214	216	216	109	55	205	93	
111	SLC	111	Ds. Junggo, Tulungrejo	160	220/380	05-01-06	19:10				25	11	24	19						141	131	170	69	216	217	214	94	60	208	96	
112	PJN	112	Ds. Gunung Sari	100	220/380	07-11-05	19:06													56	47	67	24	220	221	218	55	55	217	99	
113	BTU	113	Ds. Oro Oro Ombo	50	220/380	22-11-05	19:35	1	2	3	3						28	34	30	29	36	33	11	224	224	223	22	44	217	96	
114	SLC	114	Ds. Tawang Argo	160	220/380	26-12-05	20:48													141	123	148	54	231	231	233	95	59	219	100	
115	PJN	115	Ds. Wukir Temas	100	220/380	09-02-06	19:10				59	57	64	17						77	75	70	24	224	224	222	107	71	209	95	
116	BTU	116	Ds. Oro Oro Ombo	150	220/380	09-11-05	19:10				77	75	70	24						110	122	123	30	212	214	212	75	50	202	92	
117	WI	117	J. P. Sudirman	150	220/380	09-11-05	18:35				110	122	123	30																	
118	WI	118	J. P. Sudirman	150	220/380	09-11-05	18:47				28	26	28	7						29	21	17	13	209	220	221	31	21	200	91	
119	PJN	119	Ds. Sumber rejo	100	220/380	06-02-06	19:10				0	1	0	1						0	0	1	1	219	219	217	0	0	204	93	
120	WI	120	J. Sunopati	150	220/380	15-11-05	18:25				69	48	23	2						85	106	168	60	237	235	234	118	79	227	103	

NO	PENY.	GARDU TRAF0										BEBAN (AMPERE)										TEGANGAN (VOLT)						BEBAN TRAF0		TEGANGAN LUTING			
		NO. Gud	ALAMAT	DAYA (KVA)	TEG. (V)	TGL UKUR	JAM UKUR	JURUSAN A			JURUSAN B			JURUSAN C			JURUSAN D			PADA TRAF0			R-N	S-N	T-N	(KVA)	TITIK TUMPU	V	(%)				
								R	S	T	N	R	S	T	N	R	S	T	N	R	S	T								N	R	S	T
121	BTU	121	Jl. Ry. Kelang Mojorejo	100	220/380	17-11-05	19:24				48	38	60	19				61	14	3	41	110	52	63	60	224	225	225	225	96	B2A6B4A2B12	185	89
122	WI	122	Pleasa Batu	250	220/380	27-03-06	19:10	39	44	58	25							177	172	185	45	216	216	244	70	222	223	223	223	150	D5	211	96
123	PJN	123	Jl. Raya Pujon	150	220/380	30-01-06	18:35				112	87	83	33				64	55	85	35	178	152	168	88	209	211	212	212	105		210	95
124	PJN	124	Kosong	50																													
125	SLC	125	Hotel Pomama	250	220/380	25-01-06	19:30	32	61	59	26											32	61	59	26	217	214	215	215	31	Khusus	213	97
126	PJN	126	Jl. Sudiro	150	220/380	28-03-06	20:15	2	3	17	13							156	156	161	58	158	159	178	71	223	223	221	138	C2D6C5B85	197	90	
127	BTU	127	Jl. Arjuno	150	220/380	27-03-06	18:30	115	109	43	55							47	45	61	29	182	154	104	84	222	222	221	93	A4F4A2B83	212	96	
128	SLC	128	Da. Giripono	150	220/380	26-12-05	20:17											89	97	74	49	146	138	120	49	225	227	226	81	D	212	96	
129	PJN	129	Jl. Flamboyan	160	220/380	03-01-06	18:35											93	77	77	27	185	175	176	56	215	216	215	110	C7D5B3	200	91	
130	WI	130	Jl. Panglima Sudirman	150	220/380	08-11-05	18:02											8	22	26	15	179	202	218	76	222	224	223	133	C8B7	182	87	
131	BTU	131	Da. Beji	150	220/380	17-11-05	19:32	88	96	127								91	106	91		108	107	120	20	227	227	225	76	C	217	89	
132	BTU	132	Jl. Palimura	160	220/380	17-11-05	20:10											177	109	123	55	184	125	159	70	224	227	226	104	B1C8B1	210	96	
133	SLC	133	DS. Baro	150	220/380	28-12-05	20:15	72	65	69	20							37	42	51		108	107	120	20	227	227	225	76	C	217	89	
134	SLC	134	Belakang Pasar Batu	100	220/380	26-12-05	20:55											11	43	49	24	179	202	218	76	222	224	223	133	C8B7	182	87	
135	SLC	135	Da. Jingga Tulungrejo	50	220/380	05-01-06	19:20	8	4	3	4							26	7	15	20	32	11	18	24	210	228	213	13	C182ATEGA2	205	93	
136	JRJ	136	Hobikulture	75	220/380	22-11-06	19:45											58	73	105	50	58	73	105	50	224	229	225	53	D4A2B 6	215	98	
137	SLC	137	Jl. Ry. Puritan	90	220/380	12-02-06	19:30	26	32	16	23											26	32	16	23	221	221	221	16	A3D4C3D4	212	96	
138	BTU	138	Beji - Krayan	25	BELUM OPERASI																												
139	BTU	139	H. Kartika (Club Bunga)	150	220/380	08-01-06	18:40	16	31	32	17											87	45	41	24	228	228	228	35	A1	228	104	
140	WI	140	Telkom Batu	250	220/380	18-08-05	18:15											47	40	41	7	47	40	41	7	232	232	232	30	B	230	105	

NO	PENY.	GARPU TRAFU			TGL. UKUR	JAM UKUR	BEBAN (AMPERE)												TEGANGAN (VOLT)			BEBAN TRAFU		TEGANGAN JUJUNG									
		NO. Gd	ALAMAT	DAYA (KVA)			TEG. (V)	JURUSAN A			JURUSAN B			JURUSAN C			JURUSAN D			PADA TRAFU			(KVA)	(%)	TITIK TUMFU	V (%)	TOLV						
						R	S	T	N	R	S	T	N	R	S	T	N	R	S	T	N	R-N	S-N	T-N									
221	BTU	221	Dk.Sumbersekar Dau	130	220/380	21-01-06	19:30				80	75	134	57							80	75	134	57	219	217	214	63	42	D	210	85	
222	BTU	222	Jl. Kartika (Jatin Park)	200	220/380	16-02-06	19:10	80	94	72	17										80	94	72	17	225	229	229	56	28	Khusus	228	104	
223	PJM	223	Dk.Sobo	50	220/380	06-02-06	19:50				56	21	5	41							56	21	5	41	209	216	214	16	32		218	89	
224	BTU	224	Jl. Kartika Bunga	100	220/380	26-11-05	20:17	41	29	50	26										75	66	59	142	228	228	225	46	46	A308	197	90	
225	SLC	225	Perum Agro. Kencana	100	220/380	26-12-05	21:00	39	32	18	9										39	32	18	9	231	231	230	21	21		217	99	
226	BTU	226	Panderman Hill	100	220/380	26-11-05	20:25	5	7	7		3	2	3	2						8	9	10	10	230	230	230	6	6	A	228	104	
227	SLC	227	Dk Sumber bantas	100	220/380	23-12-05	20:50	72	56	43	16										12	30	8	14				51	51	C385C7D2	217	99	
228	SLC	228	Kusuma Estatis	100	220/380	26-11-05	20:17	6	1	6	3										20	19	27	9				18	18		190	86	
229	SLC	229	Hotel Wijaya IN	75	220/380	BEBAN KOSONG																											
230	BTU	230	Jatim Park	260	220/380	19-02-06	20:30	2	4	7	6														227	227	227	3	1	Khusus	227	103	
231	SLC	231	Kampus Bangas Carigaji	210	220/380																												

Batu, 20 Februari 2006

ASMEN TEKNIK

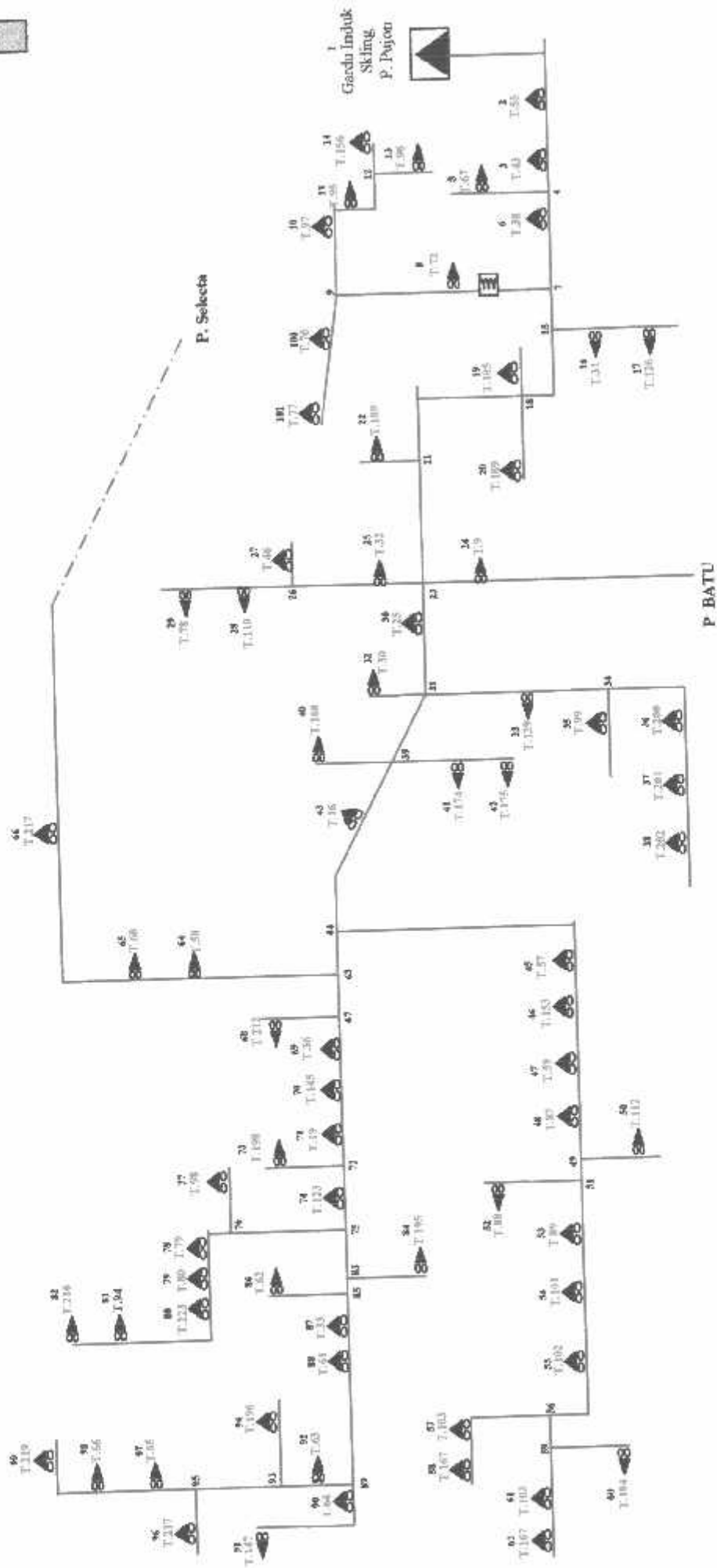
Mengetahui ;
Manajer LJP & J

ABDUL WAHID

ALAMSYAH

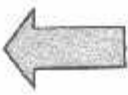
U 

PT. PLN (PERSERO)
DISTRIBUSI JAWA TIMUR
AREA MALANG DP & J - BATU

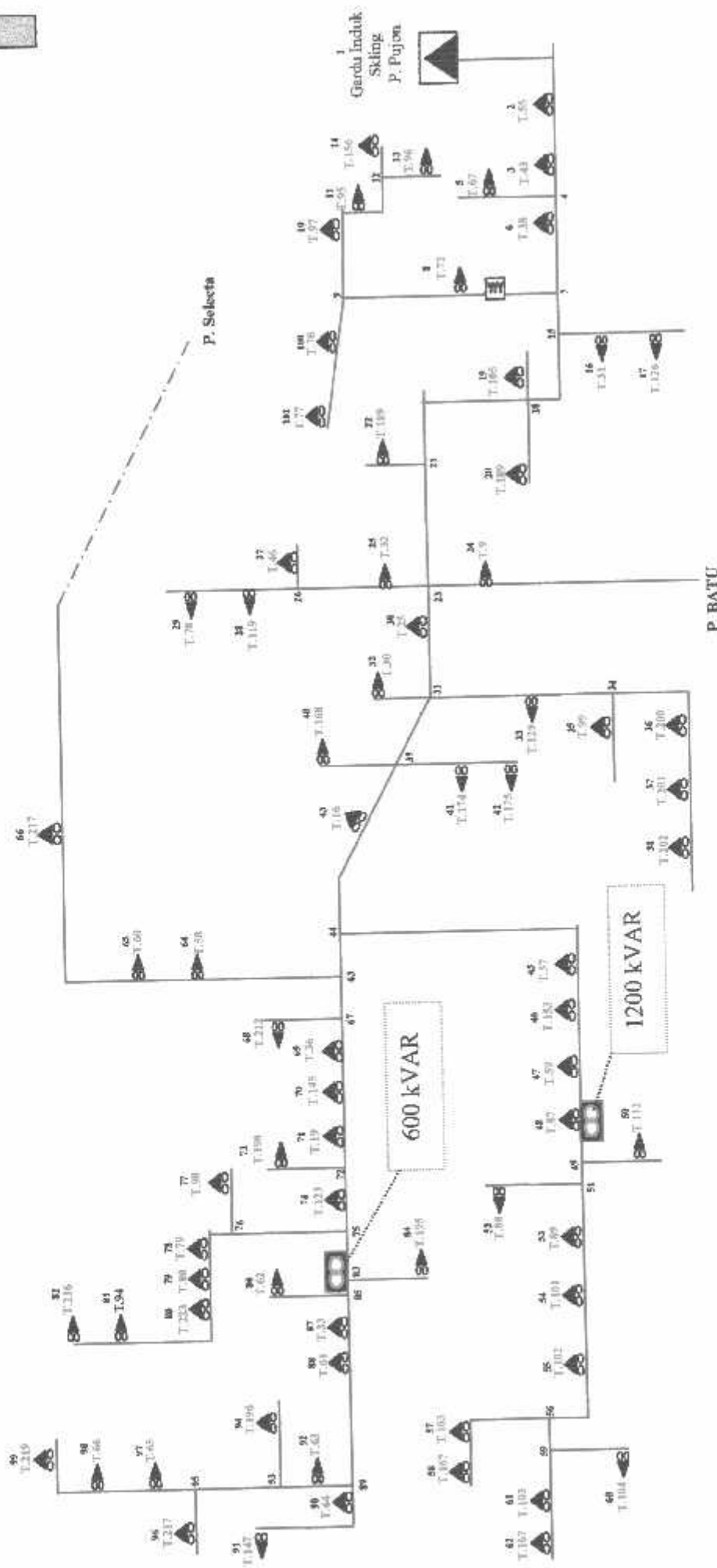


Gambar
Single Line Diagram Penyalang pujan
Sebelum Penempatan Kapasitor



U 

PT. PLN (PERSERO)
DISTRIBUSI JAWA TIMUR
AREA MALANG UP & J - BATU



Keterangan
 : GARDU INDUK
 : TRAFU
 : PENEMPATAN KAPASITOR

Gambar
Single Line Diagram Penyalang pujan
Setelah Penempatan Kapasitor

```

unit uInputL.FChild;

interface

uses uInputL,F,uHasil,SysUtils,Forms;

type
TfrmInputL.FChild=class(TfrmInputL.F)
protected
  procedure ShowHasil;override;
end;

var frmInput:TfrmInputL.FChild;

implementation

uses uLoadflow;

procedure TfrmInputL.FChild.ShowHasil;
begin
  try
    if frmHasil=nil then
      begin
        frmHasil:=TfrmHasil.Create(Application);
      end;
    frmHasil.fgBus.Cells[0,0]:='Bus';
    frmHasil.fgBus.Cells[1,0]:='absV (pu)';
    frmHasil.fgBus.Cells[2,0]:='sudV (deg)';
    frmHasil.fgBus.Cells[7,0]:='SupS (pu)';
    frmHasil.fgBus.Cells[8,0]:='Type Bus';
    frmHasil.fgBranch.Cells[0,0]:='No';
    frmHasil.fgBranch.Cells[1,0]:='Dari';
    frmHasil.fgBranch.Cells[2,0]:='Ke';
    frmHasil.fgBranch.Cells[5,0]:='Arus re (A)';
    frmHasil.fgBranch.Cells[6,0]:='Arus im (A)';
    frmHasil.fgBranch.Cells[7,0]:='Dari';
    frmHasil.fgBranch.Cells[8,0]:='Ke';
    frmHasil.fgBranch.Cells[11,0]:='Arus re (A)';
    frmHasil.fgBranch.Cells[12,0]:='Arus im (A)';
    frmHasil.fgBus2.Cells[0,0]:='Bus';
    frmHasil.fgBus2.Cells[1,0]:='absV (pu)';
    frmHasil.fgBus2.Cells[2,0]:='sudV (deg)';
    frmHasil.fgBus2.Cells[7,0]:='SupS (pu)';
    frmHasil.fgBus2.Cells[8,0]:='Type Bus';
    frmHasil.fgBranch2.Cells[0,0]:='No';
    frmHasil.fgBranch2.Cells[1,0]:='Dari';
    frmHasil.fgBranch2.Cells[2,0]:='Ke';
    frmHasil.fgBranch2.Cells[5,0]:='Arus re (A)';
    frmHasil.fgBranch2.Cells[6,0]:='Arus im (A)';
    frmHasil.fgBranch2.Cells[7,0]:='Dari';
    frmHasil.fgBranch2.Cells[8,0]:='Ke';
    frmHasil.fgBranch2.Cells[11,0]:='Arus re (A)';
    frmHasil.fgBranch2.Cells[12,0]:='Arus im (A)';
    if gParamL.F.PKonst = 1 then

```

```

begin
frmHasil.fgBus.Cells[3,0]='Pg (W)';
frmHasil.fgBus.Cells[4,0]='Qg (VAR)';
frmHasil.fgBus.Cells[5,0]='PL (W)';
frmHasil.fgBus.Cells[6,0]='QL (VAR)';
frmHasil.fgBranch.Cells[3,0]='P (W)';
frmHasil.fgBranch.Cells[4,0]='Q (VAR)';
frmHasil.fgBranch.Cells[9,0]='P (W)';
frmHasil.fgBranch.Cells[10,0]='Q (VAR)';
frmHasil.lblGen.Caption='VA';
frmHasil.lblLoad.Caption='VA';
frmHasil.lblLoss.Caption='VA';
//
frmHasil.fgBus2.Cells[3,0]='Pg (W)';
frmHasil.fgBus2.Cells[4,0]='Qg (VAR)';
frmHasil.fgBus2.Cells[5,0]='PL (W)';
frmHasil.fgBus2.Cells[6,0]='QL (VAR)';
frmHasil.fgBranch2.Cells[3,0]='P (W)';
frmHasil.fgBranch2.Cells[4,0]='Q (VAR)';
frmHasil.fgBranch2.Cells[9,0]='P (W)';
frmHasil.fgBranch2.Cells[10,0]='Q (VAR)';
frmHasil.lblGen2.Caption='VA';
frmHasil.lblLoad2.Caption='VA';
frmHasil.lblLoss2.Caption='VA';
//
end
else if gParamLF.PKonst=1000 then
begin
frmHasil.fgBus.Cells[3,0]='Pg (kW)';
frmHasil.fgBus.Cells[4,0]='Qg (kVAR)';
frmHasil.fgBus.Cells[5,0]='PL (kW)';
frmHasil.fgBus.Cells[6,0]='QL (kVAR)';
frmHasil.fgBranch.Cells[3,0]='P (kW)';
frmHasil.fgBranch.Cells[4,0]='Q (kVAR)';
frmHasil.fgBranch.Cells[9,0]='P (kW)';
frmHasil.fgBranch.Cells[10,0]='Q (kVAR)';
frmHasil.lblGen.Caption='kVA';
frmHasil.lblLoad.Caption='kVA';
frmHasil.lblLoss.Caption='kVA';
//
frmHasil.fgBus2.Cells[3,0]='Pg (kW)';
frmHasil.fgBus2.Cells[4,0]='Qg (kVAR)';
frmHasil.fgBus2.Cells[5,0]='PL (kW)';
frmHasil.fgBus2.Cells[6,0]='QL (kVAR)';
frmHasil.fgBranch2.Cells[3,0]='P (kW)';
frmHasil.fgBranch2.Cells[4,0]='Q (kVAR)';
frmHasil.fgBranch2.Cells[9,0]='P (kW)';
frmHasil.fgBranch2.Cells[10,0]='Q (kVAR)';
frmHasil.lblGen2.Caption='kVA';
frmHasil.lblLoad2.Caption='kVA';
frmHasil.lblLoss2.Caption='kVA';
//
end
else if gParamLF.PKonst=1000000 then

```

```

begin
    frmHasil.fgBus.Cells[3,0]='Pg (MW);
    frmHasil.fgBus.Cells[4,0]='Qg (MVAR);
    frmHasil.fgBus.Cells[5,0]='PL (MW);
    frmHasil.fgBus.Cells[6,0]='Ql (MVAR);
    frmHasil.fgBranch.Cells[3,0]='P (MW);
    frmHasil.fgBranch.Cells[4,0]='Q (MVAR);
    frmHasil.fgBranch.Cells[9,0]='P (MW);
    frmHasil.fgBranch.Cells[10,0]='Q (MVAR);
    frmHasil.lblGen.Caption:='MVA';
    frmHasil.lblLoad.Caption:='MVA';
    frmHasil.lblLoss.Caption:='MVA';
    //
    frmHasil.fgBus2.Cells[3,0]='Pg (MW);
    frmHasil.fgBus2.Cells[4,0]='Qg (MVAR);
    frmHasil.fgBus2.Cells[5,0]='PL (MW);
    frmHasil.fgBus2.Cells[6,0]='QL (MVAR);
    frmHasil.fgBranch2.Cells[3,0]='P (MW);
    frmHasil.fgBranch2.Cells[4,0]='Q (MVAR);
    frmHasil.fgBranch2.Cells[9,0]='P (MW);
    frmHasil.fgBranch2.Cells[10,0]='Q (MVAR);
    frmHasil.lblGen2.Caption:='MVA';
    frmHasil.lblLoad2.Caption:='MVA';
    frmHasil.lblLoss2.Caption:='MVA';
    //
end;
frmHasil.fgBus.RowCount:=StrToInt(edtNbus.Text)+1;
frmHasil.fgBranch.RowCount:=StrToInt(edtNsal.Text)+1;
frmHasil.fgBus2.RowCount:=StrToInt(edtNbus.Text)+1;
frmHasil.fgBranch2.RowCount:=StrToInt(edtNsal.Text)+1;
frmHasil.ShowModal;
finally
    frmHasil.Free;
end;
end;

end.

```

unit uAntColony:

interface

uses uUtils,uObjFunc,uHasil;

type

```
TAnt=record  
  cities:iArr1;  
  sumFoods:double;  
end;
```

```
TAnts=array of TAnt;
```

```
TPheromone=record  
  data:dArr2;  
end;
```

```
TPheromones=array of TPheromone;
```

```
TUpdatePhe=(upIterasi.upGlobal);
```

```
TAntColony=class
```

```
private
```

```
  FIterasiMax,FCountAnt,FLength,FCountCity,FNCap:integer;
```

```
  Fp:double;
```

```
  FAnts:TAnts;
```

```
  FCities:iArr2;
```

```
  FBatas:TBatas;
```

```
  FPho:TPheromones;
```

```
  FBestAnt:TAnt;
```

```
  FUpdatePhe:TUpdatePhe;
```

```
  function getAnt(const rAnt:TAnt):TAnt;
```

```
  procedure InitAnts;
```

```
  procedure InitCitiesAndPheromone;
```

```
  function Seleksi(const rStart:integer;
```

```
    const rData:dArr2):integer;
```

```
  procedure AntMove(const rNoLength:integer;
```

```
    const rData:dArr2;
```

```
    var rAnt:TAnt);
```

```
  procedure doHitungFood;
```

```
  procedure UpdatePheromone;
```

```
  procedure ResetAnts;
```

```
  function getBestMoveAnt:iArr1;
```

```
  procedure InitMoveAnt;
```

```
  procedure doHitung;
```

```
public
```

```
  constructor Create(const rIterasiMax,rCountAnt,rLength,
```

```
    rCountCity,rNCap:integer;
```

```
    const rp:double;
```

```
    const rUpdatePhe:TUpdatePhe;
```

```
    const rBatas:TBatas);
```

```
  property IterasiMax:integer read FIterasiMax write FIterasiMax;
```

```
  property CountAnt:integer read FCountAnt write FCountAnt;
```

```
  property Length:integer read FLength write FLength;
```

```
  property CountCity:integer read FCountCity write FCountCity;
```

```
  property MoveAnt:iArr1 read getBestMoveAnt;
```

```
end;
```


implementation

```
//constructor
constructor TAntColony.Create(const rIterasiMax,rCountAnt,rLength,
    rCountCity,rNCap:integer;
    const rp:double;
    const rUpdatePhe:TUpdatePhe;
    const rBatas:T_Batas);
begin
    inherited Create;
    FIterasiMax:=rIterasiMax;
    FCountAnt:=rCountAnt;
    FLength:=rLength;
    FCountCity:=rCountCity;
    FNCap:=rNCap;
    Fp:=rp;
    FUpdatePhe:=rUpdatePhe;
    FBatas.min:=rBatas.min;
    FBatas.max:=rBatas.max;
    SetLength(FBestAnt.cities,FLength);
    FBestAnt.sumFoods:=0;
    InitAnts;
    InitCitiesAndPheromone;
end;

//data processing
function TAntColony.getAnt(const rAnt:TAnt):TAnt;
var i:integer;
begin
    SetLength(result.cities,FLength);
    for i:=0 to FLength-1 do
        begin
            result.cities[i]:=rAnt.cities[i];
        end;
    result.sumFoods:=rAnt.sumFoods;
end;

procedure TAntColony.InitAnts;
var i,j:integer;
begin
    SetLength(FAnts,FCountAnt);
    for i:=0 to FCountAnt-1 do
        begin
            SetLength(FAnts[i].cities,FLength);
            for j:=0 to FLength-1 do
                begin
                    FAnts[i].cities[j]:=0;
                end;
            FAnts[i].sumFoods:=0;
        end;
    end;
end;

procedure TAntColony.InitCitiesAndPheromone;
var i,j,k:integer;
begin
    SetLength(FCities,FCountCity,FLength);
    for i:=0 to FCountCity-1 do
        begin
```

```

for j:=0 to FLength-1 do
begin
  FCities[i,j]:=i;
end;
end;
{for i:=0 to FLength-1 do
begin
  for j:=0 to round(FBatas,max)-1 do
  begin
    FCities[j,i]:=j;
  end;
end;}
SetLength(FPhe,FLength-1);
for i:=0 to FLength-2 do
begin
  SetLength(FPhe[i].data,FCountCity,FCountCity);
  for j:=0 to FCountCity-1 do
  begin
    for k:=0 to FCountCity-1 do
    begin
      FPhe[i].data[j,k]:=1;
    end;
  end;
end;
end;
end;

function TAntColony.Seleksi(const rStart:integer;
  const rData:dArr2):integer;
var i:integer;
    sumPheromone,partSum,rnd:double;
begin
  sumPheromone:=0;
  for i:=0 to FCountCity-1 do
  begin
    sumPheromone:=sumPheromone+rData[rStart,i];
  end;
  rnd:=random*sumPheromone;
  i:=0;
  partSum:=0;
  repeat
    partSum:=partSum+rData[rStart,i];
    i:=i+1;
  until (partSum>rnd) or (i>FCountCity);
  result:=i-1;
end;

procedure TAntColony.AntMove(const rNoLength:integer;
  const rData:dArr2;
  var rAnt:TAnt);
var start,posX:integer;
begin
  if rNoLength=0 then
  begin
    start:=0;//round(0+random*((FCountCity-1)-0));
    posX:=0;//seleksi(start,FPhe[rNoLength-1].data);
    rAnt.cities[rNoLength]:=FCities[posX,rNoLength];
  end
  else

```

```

begin
  start:=rAnt.cities[rNoLength-1];
  posX:=seleksi(start,FPhe[rNoLength-1].data);
  rAnt.cities[rNoLength]:=FCities[posX,rNoLength];
end;
end;

procedure TAntColony.dcHitungFood;
var i:integer;
begin
  for i:=0 to FCountAnt-1 do
  begin
    FAnts[i].sumFoods:=gObjFunc.doHitung(FAnts[i].cities);
  end;
end;

procedure TAntColony.UpdatePheromone;
var i,maxAnt,posX1,posX2:integer;
    maxFood:double;
begin
  maxAnt:=0;
  maxFood:=FAnts[0].sumFoods;
  for i:=1 to FCountAnt-1 do
  begin
    if maxFood<FAnts[i].sumFoods then
    begin
      maxFood:=FAnts[i].sumFoods;
      maxAnt:=i;
    end;
  end;
  if FUpdatePhe=upIterasi then
  begin
    for i:=0 to FLength-2 do
    begin
      posX1:=FAnts[maxAnt].cities[i];
      posX2:=FAnts[maxAnt].cities[i+1];
      FPhe[i].data[posX1,posX2]:=FPhe[i].data[posX1,posX2]+
        Fp*FPhe[i].data[posX1,posX2];
    end;
  end
  else if FUpdatePhe=upGlobal then
  begin
    if (FBestAnt.sumFoods<FAnts[maxAnt].sumFoods) or (FBestAnt.sumFoods=0) then
    begin
      for i:=0 to FLength-2 do
      begin
        posX1:=FAnts[maxAnt].cities[i];
        posX2:=FAnts[maxAnt].cities[i+1];
        FPhe[i].data[posX1,posX2]:=FPhe[i].data[posX1,posX2]+
          Fp*FPhe[i].data[posX1,posX2];
      end;
    end;
  end
  else
  begin
    for i:=0 to FLength-2 do
    begin
      posX1:=FBestAnt.cities[i];
      posX2:=FBestAnt.cities[i+1];
    end;
  end;
end;

```

```

    FPhe[i].data[posX1,posX2]:=FPhe[i].data[posX1,posX2]+
        p*FPhe[i].data[posX1,posX2];
end;
end;
end;
if FBestAnt.sumFoods=0 then
begin
    FBestAnt:=getAnt(FAnts[maxAnt]);
end
else if FBestAnt.sumFoods<FAnts[maxAnt].sumFoods then
begin
    FBestAnt:=getAnt(FAnts[maxAnt]);
end;
end;

procedure TAntColony.ResetAnts;
var i,j:integer;
begin
    for i:=0 to FCountAnt-1 do
    begin
        for j:=0 to FLength-1 do
        begin
            FAnts[i].cities[j]:=0;
        end;
        FAnts[i].sumFoods:=0;
    end;
end;

procedure TAntColony.InitMoveAnt;
var i,j,k,pos,cap:integer;
    cek:boolean;
    posi:dArr1;
begin
    SetLength(posi,FNCap);
    for i:=0 to FCountAnt-1 do
    begin
        for j:=0 to FNCap-1 do
        begin
            posi[j]:=0;
        end;
        for j:=0 to FNCap-1 do
        begin
            if j=0 then
            begin
                pos:=round(0+random*(FLength-1-0));
                cap:=round(0+random*(FCountCity-1-0));
                posi[j]:=pos;
                FAnts[i].cities[pos]:=cap;
            end
            else if j>0 then
            begin
                repeat
                    cek:=false;
                    pos:=round(0+random*(FLength-1-0));
                    cap:=round(0+random*(FCountCity-1-0));
                    posi[j]:=pos;
                    FAnts[i].cities[pos]:=cap;
                    for k:=0 to j-1 do

```

```

begin
  if pos=posi[k] then
    begin
      cek:=true;
      break;
    end;
  end;
until cek=false;
end;
end;
end;
end;

procedure TAntColony.doHitung;
var i,j,k:integer;
begin
  for i:=0 to FilterasiMax-1 do
    begin
      if i=0 then
        begin
          InitMoveAnt;
        end
      else //if i=-1 then
        begin
          for j:=0 to FCountAnt-1 do
            begin
              if j=0 then
                begin
                  FAnts[j]:=getAnt(FBestAnt);
                end
              else
                begin
                  for k:=0 to FLength-1 do
                    begin
                      if k=0 then
                        begin
                          AntMove(k,FPhc[k].data,FAnts[j]);
                        end
                      else
                        begin
                          AntMove(k,FPhc[k-1].data,FAnts[j]);
                        end;
                    end;
                  end;
                end;
              end;
            doHitungFood;
            UpdatePheromone;
            ResctAnts;
            frmHasil.pbGen.StepBy(1);
          end;
        end;
      end;
    end;
  end;

function TAntColony.getBestMoveAnt:iArr1;
var i:integer;
begin
  doHitung;
  SetLength(result,FLength);

```

```
for i:=0 to FLength-1 do
begin
  result[i]:=FBestAnt.cities[i];
end;
end;

end.
```

program CapAnt;

```
uses
  Forms,
  uAbout in 'uAbout.pas' {frmAbout},
  uHasil in 'uHasil.pas' {frmHasil},
  uInputLFChild in 'uInputLFChild.pas',
  uMenu in 'uMenu.pas' {frmMenu},
  uFitness in 'ObjFunc\ufitness.pas',
  uFitness2 in 'ObjFunc\ufitness2.pas',
  uImmuneA in 'ImmuneA\uImmuneA.pas',
  uGenetic in 'Genetic\uGenetic.pas',
  uSa in 'SimulatedAnnealing\uSa.pas',
  uAntColony in 'AntColony\AntColony.pas',
  uObjFunc in 'ObjFunc\ObjFunc.pas';

{SR *.res}

begin
  Application.Initialize;
  Application.CreateForm(TfrmMenu, frmMenu);
  Application.CreateForm(TfrmHasil, frmHasil);
  Application.CreateForm(TfrmAbout, frmAbout);
  Application.Run;
end.
```

unit uMenu;

```
interface
```

```
uses
```

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

```
type
```

```
TfrmMenu = class(TForm)
  Panel1: TPanel;
  btnNew: TButton;
  btnOpen: TButton;
  btnExit: TButton;
  StatusBar1: TStatusBar;
  Panel2: TPanel;
  OpenFileDialog1: TOpenDialog;
  Image1: TImage;
  Image2: TImage;
  Image4: TImage;
  procedure btnExitClick(Sender: TObject);
  procedure btnNewClick(Sender: TObject);
  procedure btnOpenClick(Sender: TObject);
```

```

private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;

var
  frmMenu: TfrmMenu;

implementation

uses uInputLFChild, uComplex, uUtils, uLoadflow, uHasil;

{$R *.dfm}

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

procedure TfrmMenu.btnNewClick(Sender: TObject);
begin
  try
    if frmInput=nil then
      begin
        frmInput:= TfrmInputLFChild.Create(Application);
      end;
    frmInput.Caption:='Input Data';
    frmInput.btnNext.Caption:='&Save';
    frmInput.ShowModal;
  finally
    frmInput.Free;
  end;
end;

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

```

```

gParamLF.PKonst:=PKonst;
if Param=1 then
begin
  gParamLF.ParamBranch:=pbPu;
end
else if Param=2 then
begin
  gParamLF.ParamBranch:=pbOhm;
end;
gParamLF.MaxIterasi:=15;
gParamLF.Toleransi:=0.0001;
try
  frmInput:=TfrmInputLFChild.Create(Application);
  frmInput.edtNbus.Text:=IntToStr(Nbus);
  frmInput.edtNsal.Text:=IntToStr(Nsal);
  frmInput.edtVbase.Text:=FloatToStr(Vbase);
  if VKonst=1 then
  begin
    frmInput.cmbVKonst.Text:='V';
  end
  else if VKonst=1000 then
  begin
    frmInput.cmbVKonst.Text:='kV';
  end
  else if VKonst=1000000 then
  begin
    frmInput.cmbVKonst.Text:='MV';
  end;
  frmInput.edtPbase.Text:=FloatToStr(Pbase);
  if PKonst=1 then
  begin
    frmInput.cmbPKonst.Text:='VA';
    frmInput.fgBus.Cells[3,0]:='Pg (W)';
    frmInput.fgBus.Cells[4,0]:='Qg (VAR)';
    frmInput.fgBus.Cells[5,0]:='PL (W)';
    frmInput.fgBus.Cells[6,0]:='QL (VAR)';
    frmInput.fgBranch.Cells[9,0]:='Kap (VA)';
  end
  else if PKonst=1000 then
  begin
    frmInput.cmbPKonst.Text:='kVA';
    frmInput.fgBus.Cells[3,0]:='Pg (kW)';
    frmInput.fgBus.Cells[4,0]:='Qg (kVAR)';
    frmInput.fgBus.Cells[5,0]:='PL (kW)';
    frmInput.fgBus.Cells[6,0]:='QL (kVAR)';
    frmInput.fgBranch.Cells[9,0]:='Kap (kVA)';
  end
  else if PKonst=1000000 then
  begin
    frmInput.cmbPKonst.Text:='MVA';
    frmInput.fgBus.Cells[3,0]:='Pg (MW)';
    frmInput.fgBus.Cells[4,0]:='Qg (MVAR)';
    frmInput.fgBus.Cells[5,0]:='PL (MW)';
    frmInput.fgBus.Cells[6,0]:='QL (MVAR)';
    frmInput.fgBranch.Cells[9,0]:='Kap (MVA)';
  end;
  if param=1 then
  begin

```

```

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

```

```

frmInput.fgBranch.Cells[9,i+1]:=FloatToStr(CapSal);
end;
Readln(output,Ngen);
if Ngen<=0 then
begin
frmInput.fgGen.RowCount:=Ngen+1;
SetLength(gGenL.F,Ngen);
for i:=0 to Ngen-1 do
begin
Readln(output,dari,R,X,Lc,Tr,Tu,Su,CapSal,Pmin,Pmax);
gGenL.F[i].bus:=dari;
gGenL.F[i].Qmin:=R;
gGenL.F[i].Qmax:=X;
gGenL.F[i].a2:=Lc;
gGenL.F[i].a1:=Tr;
gGenL.F[i].a0:=Tu;
gGenL.F[i].FixCost:=Su;
gGenL.F[i].VarCost:=CapSal;
gGenL.F[i].Pmin:=Pmin;
gGenL.F[i].Pmax:=Pmax;
frmInput.fgGen.Cells[0,i+1]:=IntToStr(i+1);
frmInput.fgGen.Cells[1,i+1]:=IntToStr(gGenL.F[i].bus);
frmInput.fgGen.Cells[2,i+1]:=RealToStr(gGenL.F[i].Qmin,2);
frmInput.fgGen.Cells[3,i+1]:=RealToStr(gGenL.F[i].Qmax,2);
frmInput.fgGen.Cells[4,i+1]:=RealToStr(gGenL.F[i].a2,5);
frmInput.fgGen.Cells[5,i+1]:=RealToStr(gGenL.F[i].a1,5);
frmInput.fgGen.Cells[6,i+1]:=RealToStr(gGenL.F[i].a0,5);
frmInput.fgGen.Cells[7,i+1]:=RealToStr(gGenL.F[i].FixCost,2);
frmInput.fgGen.Cells[8,i+1]:=RealToStr(gGenL.F[i].VarCost,2);
frmInput.fgGen.Cells[9,i+1]:=RealToStr(gGenL.F[i].Pmin,2);
frmInput.fgGen.Cells[10,i+1]:=RealToStr(gGenL.F[i].Pmax,2);
end;
end
else
begin
frmInput.fgGen.RowCount:=2;
end;
CloseFile(output);
frmInput.Caption:='Tampilan Data';
frmInput.btnNext.Caption:='&Next';
frmInput.TabSheet4.TabVisible:=false;
frmInput.ShowModal;
finally
frmInput.Free;
end;
end;
except
MessageDlg('File Corrupt atau Error Program!',mtWarning,[mbOK],0);
end;
end;

end.

```

unit uHasil;

interface

uses

Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
Dialogs, StdCtrls, ExtCtrls, TeEngine, Series, TeeProcs, Chart, Grids,
ComCtrls, jpeg;

type

```
TfrmHasil = class(TForm)
  PageControl1: TPageControl;
  TabSheet3: TTabSheet;
  TabSheet4: TTabSheet;
  TabSheet9: TTabSheet;
  Panel1: TPanel;
  btnClose: TButton;
  btnLFAwal: TButton;
  GroupBox6: TGroupBox;
  Label8: TLabel;
  Label9: TLabel;
  Label10: TLabel;
  Label11: TLabel;
  Label12: TLabel;
  lblGen: TLabel;
  lblLoad: TLabel;
  lblLoss: TLabel;
  edtSumGen: TEdit;
  edtSumLoad: TEdit;
  edtSumLoss: TEdit;
  edtIterasi: TEdit;
  edtTime: TEdit;
  btnHitung: TButton;
  TabSheet8: TTabSheet;
  fgBranch: TStringGrid;
  fgBus: TStringGrid;
  TabSheet1: TTabSheet;
  TabSheet2: TTabSheet;
  TabSheet5: TTabSheet;
  TabSheet6: TTabSheet;
  Chart1: TChart;
  Series1: TLineSeries;
  Series2: TLineSeries;
  fgBus2: TStringGrid;
  fgBranch2: TStringGrid;
  GroupBox1: TGroupBox;
  Label1: TLabel;
  Label2: TLabel;
  Label3: TLabel;
  Label4: TLabel;
  Label5: TLabel;
  lblGen2: TLabel;
  lblLoad2: TLabel;
  lblLoss2: TLabel;
  edtSumGen2: TEdit;
  edtSumLoad2: TEdit;
  edtSumLoss2: TEdit;
  edtIterasi2: TEdit;
```

edtTime2: TEdit;
GroupBox2: TGroupBox;
GroupBox3: TGroupBox;
pbGen: TProgressBar;
TabSheet7: TTabSheet;
PageControl2: TPageControl;
TabSheet10: TTabSheet;
fgHasilSA: TStringGrid;
Label28: TLabel;
Label6: TLabel;
Label7: TLabel;
Label13: TLabel;
Label14: TLabel;
Label15: TLabel;
edtp: TEdit;
edtNCity: TEdit;
edtLength: TEdit;
edtnAnt: TEdit;
edtMaxIterasi: TEdit;
Label16: TLabel;
Label17: TLabel;
Label18: TLabel;
Label19: TLabel;
Label20: TLabel;
Label23: TLabel;
edtNCap: TEdit;
edtCL: TEdit;
edtKa2: TEdit;
edtLamdaV: TEdit;
edtLamdaCap: TEdit;
edtVmin: TEdit;
edtVmax: TEdit;
Label25: TLabel;
Label26: TLabel;
GroupBox4: TGroupBox;
GroupBox5: TGroupBox;
Label27: TLabel;
edtCostLoss1: TEdit;
Label30: TLabel;
edtCostLoss2: TEdit;
Label34: TLabel;
cmbUpdatePhe: TComboBox;
Label21: TLabel;
fgCostCap: TStringGrid;
Button1: TButton;
Label22: TLabel;
edtSelisih: TEdit;
Label24: TLabel;
Label29: TLabel;
Label31: TLabel;
edtCe: TEdit;
Label32: TLabel;
edtT: TEdit;
Label33: TLabel;
Label35: TLabel;
Label36: TLabel;
Label37: TLabel;
Label38: TLabel;

```

Image1: TImage;
Image2: TImage;
Image3: TImage;
Image4: TImage;
Image5: TImage;
procedure btnCloseClick(Sender: TObject);
procedure btnLFAwalClick(Sender: TObject);
procedure btnHitungClick(Sender: TObject);
procedure Button1Click(Sender: TObject);
procedure FormCreate(Sender: TObject);
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;

var
  frmHasil: TfrmHasil;

implementation

uses uUtils, uLoadflow, uNewtonRaphson, uComplex, uObjFunc, uAntColony;

{$SR *.dfm}

var PlossPrev:double;

procedure TfrmHasil.btnCloseClick(Sender: TObject);
begin
  Close;
end;

procedure TfrmHasil.btnLFAwalClick(Sender: TObject);
var i,Nbus,Nsal,ia,ja:integer;
    V,Sg,SL:CxArr1;
    Cap:dArr1;
    I,c,Tr:dArr2;
    TypBus:iArr1;
    Z,Tp,Alir,Arus:CxArr2;
    mulai,selesai,selang:TDateTime;
    jam,menit,detik,mdetik:word;
begin
  DecodeCommDataToLFData(gBus,Nbus,Nsal,V,Sg,SL,Cap,TypBus,
gBranch,Z,Tp,I,c,Tr);
  mulai:=time;
  NewtonRaphson(gParamLF,V,Sg,SL,Cap,TypBus,Z,Tp,Alir,Arus,
I,c,Tr);
  PlossPrev:=gParamLF.SumLoss.real;
  selesai:=time;
  selang:=selesai-mulai;
  Series1.Clear;
  for i:=0 to high(gBus) do
  begin
    fgBus.Cells[0,i+1]:=IntToStr(i+1);
    fgBus.Cells[1,i+1]:=RealToStr(V[i].real,5);
    fgBus.Cells[2,i+1]:=RealToStr(V[i].imag*
      ANGLE_OF_DEGREES/ANGLE_OF_RADIAN,5);
    fgBus.Cells[3,i+1]:=RealToStr(Sg[i].real,3);
  end;
end;

```

```

fgBus.Cells[4,i+1]:=RealToStr(Sg[i].imag,3);
fgBus.Cells[5,i+1]:=RealToStr(SL[i].real,3);
fgBus.Cells[6,i+1]:=RealToStr(SL[i].imag,3);
fgBus.Cells[7,i+1]:=RealToStr(Cap[1],3);
fgBus.Cells[8,i+1]:=IntToStr(TypBus[i]);
Series1.Add(V[i].real,IntToStr(i+1));
end;
for i:=0 to high(gBranch) do
begin
ia:=gBranch[i].dari-1;
ja:=gBranch[i].ke-1;
fgBranch.Cells[0,i+1]:=IntToStr(i+1);
fgBranch.Cells[1,i+1]:=IntToStr(gBranch[i].dari);
fgBranch.Cells[2,i+1]:=IntToStr(gBranch[i].ke);
fgBranch.Cells[3,i+1]:=RealToStr(Alir[ia,ja].real,3);
fgBranch.Cells[4,i+1]:=RealToStr(Alir[ia,ja].imag,3);
fgBranch.Cells[5,i+1]:=RealToStr(Arus[ia,ja].real,3);
fgBranch.Cells[6,i+1]:=RealToStr(Arus[ia,ja].imag,3);
fgBranch.Cells[7,i+1]:=IntToStr(gBranch[i].ke);
fgBranch.Cells[8,i+1]:=IntToStr(gBranch[i].dari);
fgBranch.Cells[9,i+1]:=RealToStr(Alir[ja,ia].real,3);
fgBranch.Cells[10,i+1]:=RealToStr(Alir[ja,ia].imag,3);
fgBranch.Cells[11,i+1]:=RealToStr(Arus[ja,ia].real,3);
fgBranch.Cells[12,i+1]:=RealToStr(Arus[ja,ia].imag,3);
end;
edtSumGen.Text:=toStringJ(gParamL.F.SumGen,3);
edtSumLoad.Text:=toStringJ(gParamL.F.SumLoad,3);
edtSumLoss.Text:=toStringJ(gParamL.F.SumLoss,3);
edtIterasi.Text:=IntToStr(gParamL.F.Iterasi);
DecodeTime(selang,jam,menit,detik,mdetik);
edtTime.Text:=IntToStr(jam)+' '+IntToStr(menit)+' '+
IntToStr(detik)+' '+IntToStr(mdetik);
btnHitung.Enabled:=true;
end;

procedure TfrmHasil.btnHitungClick(Sender: TObject);
var ant:TAntColony;
    Nbus,Nsal,ia,ja,T:integer;
    V,Sg,SL:CxArr1;
    Z,Tp,Alir,Arus:CxArr2;
    Cap:dArr1;
    CountCap,i,j,IterasiMax,CountAnt,Lengtha,CountCity,NCap:integer;
    CL,Ce,Ka,LamdaV,LamdaCap,p,CostAwal,CostAkhir:double;
    Capa,Lc,Tr,HasilCap:dArr2;
    BatasV,Batas:TBatas;
    UpdatePhe:TUpdatePhe;
    AntMove,TypBus:iArr1;
    LBus:TBUSArr1;
    mulai,selesai,selang:TDateTime;
    jam,menit,detik,mdetik:word;
begin
CL:=StrToFloat(edtCL.Text);
Ce:=StrToFloat(edtCe.Text);
Ka:=StrToFloat(edtKa2.Text);
LamdaV:=StrToFloat(edtLamdaV.Text);
LamdaCap:=StrToFloat(edtLamdaCap.Text);
CountCap:=StrToInt(edtNCap.Text);
SetLength(Capa,28,2);

```

```

for i:=0 to 27 do
begin
  for j:=0 to 1 do
  begin
    Capa[i,j]:=StrToFloat(fgCostCap.Cells[j+1,i+1]);
  end;
end;
BatasV.min:=StrToFloat(edtVmin.Text);
BatasV.max:=StrToFloat(edtVmax.Text);
T:=StrToInt(edtT.Text);
gObjFunc:=TObjFunc.Create(CL,Ce,Ka,LamdaV,LamdaCap,PlossPrev,
  CountCap,T,Capa,BatasV);
IterasiMax:=StrToInt(edtMaxIterasi.Text);
pbGen.Max:=IterasiMax;
CountAnt:=StrToInt(edtNAnt.Text);
Lengtha:=StrToInt(edtLength.Text);
CountCity:=StrToInt(edtNCity.Text);
p:=StrToFloat(edtp.Text);
if cmbUpdatePhe.Text='upIterasi' then
begin
  UpdatePhe:=upIterasi;
end
else if cmbUpdatePhe.Text='upGlobal' then
begin
  UpdatePhe:=upGlobal;
end;
Batas.min:=0;
Batas.max:=StrToInt(edtNCity.Text);
NCap:=StrToInt(edtNCap.Text);
ant:=TAntColony.Create(IterasiMax,CountAnt,Lengtha,CountCity,NCap,
  p,UpdatePhe,Batas);
AntMove:=ant.MoveAnt;
gObjFunc.doHitungAwal(CostAwal);
gObjFunc.doHitungAkhir(AntMove,LBus,CostAkhir,HasilCap);
//=====
Nbus:=high(LBus)+1;
Nsal:=high(gBranch)-1;
DecodeCommDataToLFDData(LBus,Nbus,Nsal,V,Sg,SL,Cap,TypBus,
gBranch,Z,Tp,Lc,Tr);
NewtonRaphson(gParamLF,V,Sg,SL,Cap,TypBus,Z,Tp,Alir,Arus,
Lc,Tr);
Series2.Clear;
for i:=0 to high(gBus) do
begin
  fgBus2.Cells[0,i+1]:=IntToStr(i+1);
  fgBus2.Cells[1,i+1]:=RealToStr(V[i].real,5);
  fgBus2.Cells[2,i+1]:=RealToStr(V[i].imag*
    ANGLE_OF_DEGREES/ANGLE_OF_RADIAN,5);
  fgBus2.Cells[3,i+1]:=RealToStr(Sg[i].real,3);
  fgBus2.Cells[4,i+1]:=RealToStr(Sg[i].imag,3);
  fgBus2.Cells[5,i+1]:=RealToStr(SL[i].real,3);
  fgBus2.Cells[6,i+1]:=RealToStr(SL[i].imag,3);
  fgBus2.Cells[7,i+1]:=RealToStr(Capa[i],3);
  fgBus2.Cells[8,i+1]:=IntToStr(TypBus[i]);
  Series2.Add(V[i].real,IntToStr(i+1));
end;
for i:=0 to high(gBranch) do
begin

```

```

ia:=gBranch[i].dari-1;
ja:=gBranch[1].ke-1;
fgBranch2.Cells[0,i+1]:=IntToStr(i+1);
fgBranch2.Cells[1,i+1]:=IntToStr(gBranch[i].dari);
fgBranch2.Cells[2,i+1]:=IntToStr(gBranch[i].ke);
fgBranch2.Cells[3,i+1]:=RealToStr(Alir[ia,ja].real,3);
fgBranch2.Cells[4,i+1]:=RealToStr(Alir[ia,ja].imag,3);
fgBranch2.Cells[5,i+1]:=RealToStr(Arus[ia,ja].real,3);
fgBranch2.Cells[6,i+1]:=RealToStr(Arus[ia,ja].imag,3);
fgBranch2.Cells[7,i+1]:=IntToStr(gBranch[i].ke);
fgBranch2.Cells[8,i+1]:=IntToStr(gBranch[i].dari);
fgBranch2.Cells[9,i+1]:=RealToStr(Alir[ja,ia].real,3);
fgBranch2.Cells[10,i+1]:=RealToStr(Alir[ja,ia].imag,3);
fgBranch2.Cells[11,i+1]:=RealToStr(Arus[ja,ia].real,3);
fgBranch2.Cells[12,i+1]:=RealToStr(Arus[ja,ia].imag,3);
end;
edtSumGen2.Text:=toStringJ(gParamLF.SumGen,3);
edtSumLoad2.Text:=toStringJ(gParamLF.SumLoad,3);
edtSumLoss2.Text:=toStringJ(gParamLF.SumLoss,3);
edtIterasi2.Text:=IntToStr(3);
selesai:=time;
selang:=selesai-mulai;
DecodeTime(selang,jam,menit,detik,mdetik);
edtTime2.Text:=IntToStr(jam)+':'+IntToStr(menit)+':'+
IntToStr(detik)+'.'+IntToStr(mdetik);
fgHasilSA.RowCount:=high(HasilCap)+2;
for i:=0 to high(HasilCap) do
begin
fgHasilSA.Cells[0,i+1]:=IntToStr(i+1);
fgHasilSA.Cells[1,i+1]:=FloatToStr(HasilCap[i,0]);
fgHasilSA.Cells[2,i+1]:=FloatToStr(HasilCap[i,1]);
end;
edtCostLoss1.Text:=FormatFloat('#,##0.00',CostAwal);
edtCostLoss2.Text:=FormatFloat('#,##0.00',CostAkhir);
edtSelisih.Text:=FormatFloat('#,##0.00',(CostAwal-CostAkhir));
// =====
ant.Free;
gObjFunc.Free;
//Parameter SA Two Layer
{ IterasiMax:=StrToInt(edtIterasiSA.Text);
R:=StrToFloat(edtR.Text);
T0:=StrToFloat(edtT0.Text);
Pflip:=StrToFloat(edtPflip.Text);
NCool:=StrToInt(edtNCool.Text);
pbGen.Max:=NCool+1;
Length:=StrToInt(edtNAlat.Text);
//Parameter Objective Function
NBank:=StrToInt(edtNBank.Text);
KapBank:=StrToFloat(edtKapBank.Text);
KeD:=StrToFloat(edtKeD.Text);
Sc:=StrToFloat(edtSc.Text);
Sr:=StrToFloat(edtSr.Text);
D:=StrToFloat(edtD.Text);
Lamda:=StrToFloat(edtLamda.Text);
BatasV.min:=StrToFloat(edtVmin.Text);
BatasV.max:=StrToFloat(edtVmax.Text);
gFitness2:=TFitness2.Create(NBank,KapBank,KeD,Sc,Sr,
D,Lamda,BatasV);

```



```

gFitness2.doHitungAwal(CostAwal,dVAwal);
edtCostLoss1.Text:=FormatFloat('#,##0.00',CostAwal);
edtdVmax1.Text:=FormatFloat('#,##0.00000',dVAwal);
mulai:=time;
sas:=TSA.Create(IterasiMax,NCool,Length,R,T0);
chrom:=sas.BestChrom;
gFitness2.doHitungAkhir(chrom,bs,CostAkhir,CostCap,dVAkhir);
edtCostLoss2.Text:=FormatFloat('#,##0.00',CostAkhir);
//-----
edtInvCost.Text:=FormatFloat('#,##0.00',CostCap*10000);
//-----
edtdVmax2.Text:=FormatFloat('#,##0.00000',dVAkhir);
fgHasilSA.RowCount:=high(chrom)+2;
for i:=0 to high(chrom) do
begin
  fgHasilSA.Cells[0,i+1]:=IntToStr(i+1);
  fgHasilSA.Cells[1,i+1]:=IntToStr(bs[i+1]);
  fgHasilSA.Cells[2,i+1]:=IntToStr(chrom[i,1]);
  fgHasilSA.Cells[3,i+1]:=IntToStr(chrom[i,1]*round(KapBank));
end;
sas.Free;
LBus:=gFitness2.DecodeChrom(chrom);
gFitness2.Free;
}
end;

```

```

procedure TfrmHasil.Button1Click(Sender: TObject);
begin

```

```

  edtMaxIterasi.Text:='10';
  edtNAnt.Text:='10';
  edtNCity.Text:='28';
  edtp.Text:='0.75'/'0.75';
  cmbUpdatePhe.Text:='upGlobal';
  edtNCap.Text:='2';
  edtLength.Text:=IntToStr(high(gBus)-1);
  edtCL.Text:='42.6';
  edtCe.Text:='0.03';
  edtKa2.Text:='1000';
  edtLamdaV.Text:='10000';
  edtLamdaCap.Text:='1000';
  edtVmin.Text:='0.95';
  edtVmax.Text:='1.05';
  edtT.Text:='8760';
  fgCostCap.Cells[0,0]:='No';
  fgCostCap.Cells[1,0]:='Cap';
  fgCostCap.Cells[2,0]:='Harga';
  fgCostCap.Cells[0,1]:='0';
  fgCostCap.Cells[0,2]:='1';
  fgCostCap.Cells[0,3]:='2';
  fgCostCap.Cells[0,4]:='3';
  fgCostCap.Cells[0,5]:='4';
  fgCostCap.Cells[0,6]:='5';
  fgCostCap.Cells[0,7]:='6';
  fgCostCap.Cells[0,8]:='7';
  fgCostCap.Cells[0,9]:='8';
  fgCostCap.Cells[0,10]:='9';
  fgCostCap.Cells[0,11]:='10';
  fgCostCap.Cells[0,12]:='11';

```

```

fgCostCap.Cells[0,13]='12';
fgCostCap.Cells[0,14]='13';
fgCostCap.Cells[0,15]='14';
fgCostCap.Cells[0,16]='15';
fgCostCap.Cells[0,17]='16';
fgCostCap.Cells[0,18]='17';
fgCostCap.Cells[0,19]='18';
fgCostCap.Cells[0,20]='19';
fgCostCap.Cells[0,21]='20';
fgCostCap.Cells[0,22]='21';
fgCostCap.Cells[0,23]='22';
fgCostCap.Cells[0,24]='23';
fgCostCap.Cells[0,25]='24';
fgCostCap.Cells[0,26]='25';
fgCostCap.Cells[0,27]='26';
fgCostCap.Cells[0,28]='27';
fgCostCap.Cells[1,1]='0'; fgCostCap.Cells[2,1]='0';
fgCostCap.Cells[1,2]='150'; fgCostCap.Cells[2,2]='0.50000';
fgCostCap.Cells[1,3]='300'; fgCostCap.Cells[2,3]='0.35000';
fgCostCap.Cells[1,4]='450'; fgCostCap.Cells[2,4]='0.25300';
fgCostCap.Cells[1,5]='600'; fgCostCap.Cells[2,5]='0.22000';
fgCostCap.Cells[1,6]='750'; fgCostCap.Cells[2,6]='0.27600';
fgCostCap.Cells[1,7]='900'; fgCostCap.Cells[2,7]='0.18300';
fgCostCap.Cells[1,8]='1050'; fgCostCap.Cells[2,8]='0.22800';
fgCostCap.Cells[1,9]='1200'; fgCostCap.Cells[2,9]='0.17000';
fgCostCap.Cells[1,10]='1350'; fgCostCap.Cells[2,10]='0.20700';
fgCostCap.Cells[1,11]='1500'; fgCostCap.Cells[2,11]='0.20100';
fgCostCap.Cells[1,12]='1650'; fgCostCap.Cells[2,12]='0.19300';
fgCostCap.Cells[1,13]='1800'; fgCostCap.Cells[2,13]='0.18700';
fgCostCap.Cells[1,14]='1950'; fgCostCap.Cells[2,14]='0.21100';
fgCostCap.Cells[1,15]='2100'; fgCostCap.Cells[2,15]='0.17600';
fgCostCap.Cells[1,16]='2250'; fgCostCap.Cells[2,16]='0.19700';
fgCostCap.Cells[1,17]='2400'; fgCostCap.Cells[2,17]='0.17000';
fgCostCap.Cells[1,18]='2550'; fgCostCap.Cells[2,18]='0.18900';
fgCostCap.Cells[1,19]='2700'; fgCostCap.Cells[2,19]='0.18700';
fgCostCap.Cells[1,20]='2850'; fgCostCap.Cells[2,20]='0.18300';
fgCostCap.Cells[1,21]='3000'; fgCostCap.Cells[2,21]='0.18000';
fgCostCap.Cells[1,22]='3150'; fgCostCap.Cells[2,22]='0.19500';
fgCostCap.Cells[1,23]='3300'; fgCostCap.Cells[2,23]='0.17400';
fgCostCap.Cells[1,24]='3450'; fgCostCap.Cells[2,24]='0.18800';
fgCostCap.Cells[1,25]='3600'; fgCostCap.Cells[2,25]='0.17000';
fgCostCap.Cells[1,26]='3750'; fgCostCap.Cells[2,26]='0.18300';
fgCostCap.Cells[1,27]='3900'; fgCostCap.Cells[2,27]='0.18200';
fgCostCap.Cells[1,28]='4050'; fgCostCap.Cells[2,28]='0.17900';
bmlHitung.Enabled:=true;
end;

```

```

procedure TfrmHasil.FormCreate(Sender: TObject);
begin
  fgHasilSA.Cells[0,0]='No';
  fgHasilSA.Cells[1,0]='Bus';
  fgHasilSA.Cells[2,0]='Kap (kVAR)';
end;

end.

```

DATA Coba-Coba

NO	Jumlah Literasi	Jumlah Ant	Jumlah Pemasangan Kapasitor	Rugi-rugi Setelah Pemasangan	Penempatan Bus Kap (MVA/r)		Waktu	Kondisi sebelum		Kondisi sesudah		Selisih Cost \$
					Bus	Kap (MVA/r)		Cost \$	Cost \$			
1	10	10	4	115.844+ 149.607	16	1350	22:58:16:859	34,127.76	31,895.83	2,231.92		
					47	1050						
					48	600						
2	10	10	3	102.490+ 130.186	83	1200	2:40:41:625	34,127.76	29,823.37	5,304.39		
					16	1350						
					47	1050						
3	10	20	4	115.844+ 149.607	83	1200	23:10:2:281	34,127.76	31,895.83	2,231.92		
					16	1350						
					47	1050						
					48	600						
4	10	20	3	101.469+ 124.498	83	1200	23:4:3:484	34,127.76	28,319.65	5,808.11		
					9	300						
					82	600						
5	10	10	2	95.327+ 118.634	48	600	23:12:38:359	34,127.76	26,859.15	7,268.61		
					83	1200						
6	10	20	2	95.327+ 118.634	48	600	23:42:53:984	34,127.76	26,859.15	7,268.61		
					83	1200						
7	20	20	4	sama No 1+ penambahan Waktu Proses								
8	20	20	3	sama No 4+ penambahan Waktu Proses								
10	20	30	3	sama No 4+ penambahan Waktu Proses								
12	10	20	1									
13	20	20	1									
14	30	20	1									
	20	30	4	106.130+ 133.213	1	1500	2:28:40:15	34,127.76	30,048.64	4,079.12		
					4	750						
					8	1800						
					39	1500						
	10	10	1	100.292+ 124.719	77	1350	2:31:28:937	28,595.63	22,363.78	6,231.85		
	10	20	1	100.038+ 124.315	72	1200	2:33:37:78	34,127.76	27,764.98	6,363.37		

10	50	4	96.906+ j 120.344	16	600	2:35:22:31	34,127.76	27,396.85	6,730.91
				41	1650				
				68	150				
				16	600				
50	50	4	96.909+ j 120.344	41	1850	2:41:31:546	28,595.63	21,864.72	6,730.91
				68	1050				



SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:


Nama : NANANG DWI NURDIYANTO
Tempat, tanggal lahir : MALANG - 21 - NOPEMBER - 1981
Jenis kelamin : Laki-laki / Perempuan *)
Agama : Islam / Kristen / Katolik / Buddha / Hindu *)
Alamat : TAWANG 581 SUKOWILANGUN KALIPARE - MALANG
Pendidikan :
Nama Sekolah / Universitas : INSTITUT TEKNOLOGI MASIONAL - MALANG
No. NIM : 00.12020

Dengan ini kami menyatakan bahwa :

1. Saya akan mematuhi semua peraturan yang berlaku di PT PLN (Persero) termasuk larangan melakukan pemotretan data-data spesifikasi peralatan PT PLN (Persero).
2. Saya akan mematuhi semua petunjuk yang diberikan oleh Pejabat/Pegawai PT PLN (Persero) yang ditugaskan membimbing saya.
3. Saya setuju, PT PLN (Persero) tidak menanggung sesuatu apapun bila terjadi kecelakaan yang mungkin menimpa diri saya atau kerugian yang mungkin saya derita atas barang-barang saya pada saat melakukan Training/Kerja Praktek/Riset di PT PLN (Persero) yang langsung maupun tidak langsung yang terjadi karena keadaan ruangan, halaman, instansi dan peralatan PT PLN (Persero).
4. Saya sanggup segera membayar sepenuhnya segala biaya yang langsung menimbulkan kerugian atau kecelakaan yang disebabkan oleh kelalaian saya.
5. Saya sanggup menanggung sendiri segala keperluan Training/Praktik Kerja/Riset, termasuk biaya perjalanan, penginapan dan sebagainya yang tidak menjadi tanggungan PT PLN (Persero).
6. Saya sanggup tidak membocorkan hal-hal yang bersifat rahasia PT PLN (Persero), dan bahan-bahan yang saya peroleh dalam melakukan Training/Praktek kerja/Riset di PT PLN (Persero) ini dan tidak saya gunakan untuk hal-hal yang dapat merugikan PT PLN (Persero).

Malang, 28 - Juni - 2004

Yang Membuat Pernyataan


(NANANG DWI NURDIYANTO)

PT. PLN (PERSERO)

DISTRIBUSI JAWA TIMUR

AREA PELAYANAN & JARINGAN MALANG



Certificate No: **OSC**
00475

0341 - 326034 (Hunting)
211

Facsimile : 0341 - 362048

Nomor : 0907 / 330 / APJ-MLG / 2006
Surat Sdr.No : ITN - 1753/III.TA/2/06
Lampiran : -
Perihal : Survey

Malang, 23 Juni 2006

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

Dengan Hormat,

Menindak lanjuti surat Saudara nomor ITN - 1753/III.TA/2/06 tanggal 13 Juni 2006 perihal tersebut di atas, maka dengan ini kami beritahukan bahwa pada prinsipnya kami tidak keberatan / mengizinkan mahasiswa saudara atas nama :

NANANG DWI NURDIYANTO NIM : 00.12.020

Untuk melaksanakan Survey di PT. PLN (PERSERO) Area Pelayanan dan Jaringan Malang mulai tanggal 03 Juli 2006 sampai dengan 31 Juli 2006 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.



Tembusan

1. Supervisor Terkait
2. Manajer UJ. & UPJ Terkait



**LEMBAR PENGAJUAN JUDUL SKRIPSI
 JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1**

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik/Teknik Elektronika *)

1.	Nama Mahasiswa : Nanang Dwi Nurdiyanto	Nim : 00.12.020
2.	Waktu Pengajuan :	Tanggal : 22 Bulan : 05 Tahun : 2006
3.	Spesifikasi Judul (berilah tanda silang)	
	a. Sistem Tenaga Elektrik b. Energi & Konversi Energi c. Tegangan Tinggi & Pengukuran d. Sistem Kendali Industri	e. Elektronika & Komponen f. Elektronika Digital & Komputer g. Elektronika Komunikasi h. Lainnya
4.	Konsultasikan judul sesuai materi bidang ilmu kepada Dosen *): <i>Ir. Taufiq Hidayat, MT</i>	Mengetahui, Ketua Jurusan Ir. F Yudi Limpraptono, MT Nip. Y.1075500274
5.	Judul yang diajukan mahasiswa	OPTIMISASI ALOKASI KAPASITOR SHUNT DALAM SISTEM DISTRIBUSI RADIAL MENGUNAKAN METODE ANT COLONY PADA PENYULANG ASAHAN DI G.I BLIMBING MALANG
6.	Perubahan Judul yang disetujui Dosen sesuai materi bidang ilmu	<i>Analisa permasalahan permasalahan kapasitor shunt dengan menggunakan metode "ANT COLONY OPTIMIZATION" pada sistem distribusi</i>
7.	Catatan :	
8.	Persetujuan Judul Skripsi yang dikonsultasikan kepada Kelompok Dosen materi bidang ilmu	Disetujui,.....,2006 Dosen <i>Ir. Taufiq Hidayat, MT</i>

Perhatian :

1. Formulir Pengajuan ini harap dikembalikan ke Jurusan paling lambat satu minggu setelah disetujui kelompok dosen keahlian dengan dilampirkan proposal skripsi beserta persyaratan skripsi sesuai Form S-1.
2. Keterangan : *) coret yang tidak perlu
**) dilingkari a, b, c,atau g, sesuai bidang keahlian.

Form.S-2



Lampiran : 1 (satu) berkas
Pembimbing Skripsi

Kepada : Yth. Bpk/Ibu Ir. H. Taufik Hidayat, MT
Dosen Institut Teknologi Nasional
MALANG

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Nanang Dwi Nurdiyanto
Nim : 00.12.020
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Energi Listrik

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

**ANALISA PEMASANGAN KAPASITOR SHUNT DENGAN
MENGUNAKAN METODE ANT COLONY OPTIMIZATION
PADA SISTEM DISTRIBUSI**

Adapun tugas tersebut sebagai salah satu syarat untuk menempuh Ujian Akhir Sarjana Teknik
Demikian permohonan kami dan atas kesediaan Bapak/Ibu kami ucapkan terimakasih.

Malang, Mei 2006

Ketua
Jurusan Teknik Eektro S-1


Ir. F Yudi Limpraptono, MT
NIP.Y. 1939500274

Hormat kami,


Nanang Dwi Nurdiyanto

*) Coret yang tidak perlu

Form.S-3a



PERNYATAAN KESEDIAAN DALAM PEMBIMBINGAN SKRIPSI

Sesuai permohonan dari mahasiswa :

Nama : Nanang Dwi Nurdiyanto

Nim : 00.12.020

Semester : XII (Dua Belas)

Jurusan : Teknik Elektro S-1

Konsentrasi : Energi Listrik

Dengan ini Menyatakan bersedia / tidak bersedia *) Membimbing Skripsi dari mahasiswa tersebut, dengan judul :

**ANALISA PEMASANGAN KAPASITOR SHUNT DENGAN
MENGUNAKAN METODE ANT COLONY OPTIMIZATION
PADA SISTEM DISTRIBUSI**

Demikian surat Pernyataan ini kami buat agar dapat digunakan seperlunya.

Malang,

Kami yang Membuat pernyataan,

Ir. H. Taufik Hidayat, MT
NIP. P. 101 8700 015

Catatan:


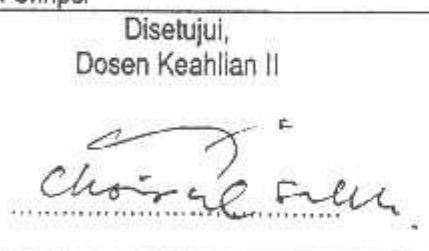
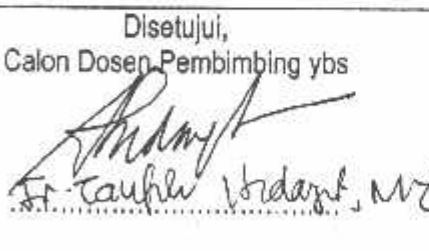
Setelah disetujui agar formulir ini
Diserahkan mahasiswa/i yang bersangkutan
Kepada Jurusan untuk diproses lebih lanjut.
) Coret yang tidak perlu

Form.S-3b



BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik/Teknik Elektronika*)

1.	Nama Mahasiswa: <u>NANANG DWI NURDIYANTO</u>	Nim: <u>00.12020</u>
2.	Keterangan	Tanggal
	Pelaksanaan	<u>08-06-2006</u>
		Waktu
		Tempat
		Ruang:
Spesifikasi Judul (berilah tanda silang)**)		
3.	a. Sistem Tenaga Elektrik	e. Elektronika & Komponen
	b. Energi & Konversi Energi	f. Elektronika Digital & Komputer
	c. Tegangan Tinggi & Pengukuran	g. Elektronika Komunikasi
	d. Sistem Kendali Industri	h. lainnya
4.	Judul Proposal yang diseminarkan Mahasiswa	<u>ANALISA PEMASANGAN KAPASITOR SHUNT DENGAN MENUNDAKAN METODE ANTI-COLONY OPTIMIZATION PADA SISTEM DISTRIBUSI</u>
5.	Perubahan Judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian
6.	Catatan:	
	Catatan:	
Persetujuan Judul Skripsi		
7.	Disetujui, Dosen Keahlian I 	Disetujui, Dosen Keahlian II 
	Mengetahui, Ketua Jurusan. <u>Ir. F. Yudi Limpraptono, MT</u> NIP. P. 1039500274	Disetujui, Calon Dosen Pembimbing ybs  <u>Fr. Taufik Hidayat, MT</u>

Perhatian:

1. Keterangan: *) Coret yang tidak perlu

**) dilingkari a, b, c, atau g sesuai bidang keahlian



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

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

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

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

Malang, 28 Juni 2006

Nomor : ITN-1503/L.TA/2/06
Lampiran : satu lembar
Perihal : **BIMBINGAN SKRIPSI**

Kepada : Yth. Sdr. **Ir. H. TAUFIK HIDAYAT, MT**
Dosen Institut Teknologi Nasional
di -
Malang

Dengan Hormat,
Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam proposal skripsi melalui seminar proposal yang telah dilakukan untuk mahasiswa :

Nama : NANANG DWIN
Nim : 0012020
Fakultas : Teknologi Industri
Jurusan : Teknik Elektro
Konsentrasi : T. Energi Listrik (S-1)

Dengan ini pembimbingan skripsi tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada saudara/l selama masa waktu **6 (enam) bulan** terhitung mulai tanggal:

08 Juni 2006 s/d 08 Des. 2006

Adapun tugas tersebut merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik, Jurusan Teknik Elektro.
Demikian atas perhatian serta kerjasamanya yang baik kami ucapkan terima kasih



Ketua
Jurusan Teknik Elektro S-1

[Signature]
Ir. F. Yudi Lirapraptono, MT
Nip. Y. 4039500274

Tindakan :

1. Mahasiswa yang bersangkutan
2. Arsip.

Form. S-4a



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : NANANG DWI NURDIYANTO
Nim : 00.12.020
Masa Bimbingan : 06 Juni 2006 s/d 06 Desember 2006
Judul Skripsi : ANALISA PEMASANGAN KAPASITOR SHUNT
DENGAN MENGGUNAKAN METODE
ANT COLONY OPTIMIZATION
PADA SISTEM DISTRIBUSI

No	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	7-08-06	Selesaikan Bab IV	Al
2	12-08-06	Revisi Bab IV Tambahkan Contoh	Al
3		perhitungan, kemudian tabelkan	
4	20-08-06	Lampirkan Bab IV,	Al
5	26-08-06	Keampuhan Busa "Angka"	Al
6	3-09-06	Lampirkan Bab III, Bab II	Al
7	11-09-06	Revisi Bab III, uraian semua parameter	
8		model	Al
9	26-09-06	Tambah Rumus dasar perhitungan	Al
10		see summary	Al

Malang, 2000
Dosen Pembimbing,

Ir. H. Taufik Hidayat, MT
NIP. P. 101 8700 015

Form.S-4b



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

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

Hari : Senin
Tanggal : 25 September 2006

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

Nama Mahasiswa : NANANG DWI NURDIYANTO
NIM : 00.12.020
Jurusan : Teknik Elektro
Konsentrasi : Energi Listrik
Judul Skripsi :

**ANALISA PEMASANGAN KAPASITOR SHUNT DENGAN MENGGUNAKAN
METODE ANT COLONY OPTIMIZATION PADA SISTEM DISTRIBUSI**

Perbaikan meliputi :

No	Materi Perbaikan	Ket
1.	<input checked="" type="checkbox"/> Penjelasan unsur mana yang diumpamakan sebagai semut <input checked="" type="checkbox"/> Validasi Program <input checked="" type="checkbox"/> Urutan Pustaka	

Disetujui/Diperiksa

Ir. H. Almizan Abdullah, MSSE
Penguji Pertama

Mengetahui/menyetujui
Dosen Pembimbing

Ir. H. Taufik Hidayat, MT



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

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

Hari : Senin
Tanggal : 25 September 2006

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

Nama Mahasiswa : NANANG DWI NURDIYANTO
NIM : 00.12.020
Jurusan : Teknik Elektro
Konsentrasi : Energi Listrik
Judul Skripsi :

**ANALISA PEMASANGAN KAPASITOR SHUNT DENGAN MENGGUNAKAN
METODE ANT COLONY OPTIMIZATION PADA SISTEM DISTRIBUSI**

Perbaikan meliputi :

No	Materi Perbaikan	Ket
1.	<input checked="" type="checkbox"/> Abstraksi <input checked="" type="checkbox"/> Diagram Phasor <input checked="" type="checkbox"/> Flowchart program	

Disetujui/Diperiksa

Irrine Budi S. ST, MT
Penguji Kedua

Mengetahui/menyetujui
Dosen Pembimbing

Ir. H. Taufik Hidayat, MT



**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : NANANG DWI NURDIYANTO
NIM : 00.12.020
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
Judul Skripsi : **ANALISA PEMASANGAN KAPASITOR SHUNT
DENGAN MENGGUNAKAN METODE ANT
COLONY OPTIMIZATION PADA SISTEM
DISTRIBUSI**

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

Hari : Senin
Tanggal : 25 September 2006
Dengan Nilai : 77,65 (B+)



Panitia Ujian Skripsi

Ketua

Ir. Mochtar Asroni, MSME
NIP.Y. 1018100036

Sekretaris

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

Anggota Penguji

Penguji Pertama

Ir. H. Amizan Abdulfah, MSEE
NIP.Y. 1039000208

Penguji Kedua

Irrine Budi S. ST, MT
NIP. 132314400