

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



**PENENTUAN LETAK DAN KAPASITAS KAPASITOR
DENGAN MENGGUNAKAN METODE
ALGORITMA PENCARIAN GRAFIK PADA
JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER TIPE RADIAL**

SKRIPSI

**Disusun oleh :
EDMUNDUS CHRISTIANUS PARERA
99.12.025**

MARET 2006

QUALITY IMPROVEMENT PROGRAMS
INTERNAL QUALITY CONTROL
CONTROL POINTS
INTERNAL QUALITY CONTROL PROGRAMS

INTERNAL QUALITY CONTROL PROGRAMS
INTERNAL QUALITY CONTROL PROGRAMS
INTERNAL QUALITY CONTROL PROGRAMS
INTERNAL QUALITY CONTROL PROGRAMS

1978

1978

INTERNAL QUALITY CONTROL PROGRAMS
INTERNAL QUALITY CONTROL PROGRAMS

1978

LEMBAR PERSETUJUAN

PENENTUAN LETAK DAN KAPASITAS KAPASITOR DENGAN MENGGUNAKAN METODE ALGORITMA PENCARIAN GRAFIK PADA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER TIPE RADIAL

SKRIPSI

Disusun dan diajukan untuk melengkapi dan memenuhi syarat guna mencapai gelar sarjana teknik

Disusun oleh :

EDMUNDUS CHRISTIANUS PARERA
99.12.025

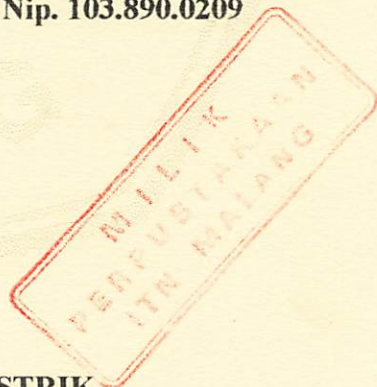
Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro



Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
Nip.103.950.0274

Menyetujui,
Dosen Pembimbing

Ir. Teguh Herbasuki, MT
Nip. 103.890.0209



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

ABSTRAKSI

PENENTUAN LETAK DAN KAPASITAS KAPASITOR DENGAN MENGGUNAKAN METODE ALGORITMA PENCARIAN GRAFIK PADA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER TIPE RADIAL

(EDMUNDUS CHRISTIANUS PARERA, DESEMBER 2005)

Sebagai salah satu jaringan listrik yang berhubungan langsung dengan konsumen, jaringan distribusi dituntut untuk memiliki kualitas dan kontinuitas pelayanan yang baik dan andal. Dengan meningkatnya kebutuhan akan tenaga listrik dan mayoritas beban listrik induktif yang selalu membutuhkan suply daya reaktif tambahan untuk mendukung kinerja jaringan serta menjaga kualitas jaringan dalam batas pengoperasian yang normal.

Alternatif yang sering digunakan adalah pemasangan sumber daya reaktif tambahan pada sisi beban berupa kapasitor daya guna meminimalisir rugi-rugi daya saluran dan menjaga tegangan saluran agar berada pada batas operasi yang normal.

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji dan syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Kuasa, karena atas berkat dan segala rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul : **“PENENTUAN LETAK DAN KAPASITAS KAPASITOR DENGAN MENGGUNAKAN METODE ALGORITMA PENCARIAN GRAFIK PADA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER TIPE RADIAL”**

Penyusunan skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Elektro program studi Teknik Energi Listrik Institut Teknologi Nasional Malang. Selama penyusunan skripsi ini penulis banyak mendapatkan bantuan baik moril maupun materil dari berbagai pihak dan pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada yang terhormat:

1. Dr.Ir Abraham Lomi, MSEE selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Ir. Mochtar Asroni, MSME selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Ir.F. Yudi Limpratono, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Ir. Teguh Herbasuki, MT selaku dosen pembimbing, atas saran dan masukan selama proses bimbingan.
5. Orang tua penulis atas segala perhatian dan kasih sayangnya.

Meskipun telah dikaji dan dikerjakan dengan sungguh-sungguh namun penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu

penulis dengan senang hati menerima segala kritik dan saran agar skripsi ini menjadi lebih sempurna. Akhir kata semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Malang, Maret 2006

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
ABSTRAKSI.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GRAFIK.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Pembahasan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Metodologi Pembahasan.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
1.7 Relevansi.....	5

3.2.1.2 Bentuk Pergerakan <i>Arc</i> Tipe III.....	31
3.2.1.3 Bentuk Pergerakan <i>Arc</i> Tipe IV.....	32
3.3 Rugi Daya Jaringan Dan Penghematan Biaya Kompensasi.....	33
3.4 Algoritma Program Pemecahan Masalah.....	35
BAB IV STUDI PENEMPATAN KAPASITOR PADA JARINGAN	
DISTRIBUSI 20 KV.....	36
4.1 Penempatan Kapasitor Menggunakan Metode Algoritma	
Pencarian Grafik.....	36
4.2 Flowchart Analisis.....	36
4.2.1 Flowchart Algoritma Pemecahan Masalah Penempatan Kapasitor	
Pada Jaringan Distribusi 20 KV Di Gardu Induk Sengkaling	
Penyulang Pujon.....	36
4.3 Data Perhitungan.....	38
4.3.1 Data Saluran.....	38
4.3.2 Pembebanan Penyulang Pujon.....	39
4.4 Analisa Perhitungan.....	42
4.5 Tampilan Program.....	43
4.6 Hasil Perhitungan.....	52
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	60
5.1 Kesimpulan.....	60
5.2 Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA.....	62
LAMPIRAN.....	63

DAFTAR GAMBAR

2-1	DIAGRAM SATU GARIS SISTEM PENYALURAN ENERGI LISTRIK.....	6
2-2	SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI RADIAL	8
2-3	SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI DENGAN <i>TIE</i> DAN SWITCH PEMISAH	9
2-4	SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI DENGAN PHASA AREA.....	10
2-5	SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI DENGAN BEBAN TERPUSAT.....	11
2-6	SEGI TIGA DAYA.....	11
2-7	SEGI TIGA ARUS.....	12
2-8	SALURAN PRIMER DENGAN BEBAN TERPUSAT	15
2-9	VEKTOR DIAGRAM SEBELUM DAN SESUDAH PEMASANGAN KAPASITOR	16
2-10	PERBAIKAN FAKTOR DAYA	17
2-11	DIAGRAM FASOR DAN SUDUT DAYA BEBAN PADA JARINGAN DISTRIBUSI.....	19
3-1	MODEL PENEMPATAN KAPASITOR PADA JARINGAN DISTRIBUSI.....	29
3-2	MODEL PERGERAKAN <i>ARC</i> TIPE I DAN II.....	30
3-3	MODEL PERGERAKAN <i>ARC</i> TIPE III.....	31
3-4	MODEL PERGERAKAN <i>ARC</i> TIPE IV	32
4-1	FLOWCHART PEMECAHAN MASALAH	37
4-2	SINGLE LINE DIAGRAM JARINGAN DISTRIBUSI PENYULANG PUJON	41

4-3	TAMPILAN UTAMA PROGRAM.....	43
4-4	TAMPILAN INPUTAN DATA	45
4-5	TAMPILAN DATA SALURAN	44
4-6	TAMPILAN DATA PEMBEBANAN	45
4-7	TAMPILAN DATA KAPASITOR DAN PARAMETER ALGORITMA PENCARIAN GRAFIK	46
4-8	TAMPILAN PROFIL TEGANGAN TIAP <i>BUS</i> SEBELUM KOMPENSASI	47
4-9	TAMPILAN HASIL ALIRAN DAYA SALURAN SEBELUM KOMPENSASI	48
4-10	TAMPILAN TOTAL ALIRAN DAYA PADA JARINGAN SEBELUM KOMPENSASI.....	48
4-11	TAMPILAN HASIL OPTIMASI DENGAN METODE ALGORITMA PENCARIAN GRAFIK.....	49
4-12	TAMPILAN HASIL PROFIL TEGANGAN TIAP <i>BUS</i> SETELAH KOMPENSASI.....	50
4-13	TAMPILAN HASIL ALIRAN DAYA SALURAN SETELAH KOMPENSASI	51
4-14	TAMPILAN TOTAL ALIRAN DAYA PADA JARINGAN SETELAH KOMPENSASI.....	51
4-15	TAMPILAN HASIL METODE ALGORITMA PENCARIAN GRAFIK...	54
4-16	SINGLE LINE DIAGRAM PENYULANG PUJON SETELAH PEMASANGAN KAPASITOR	59

DAFTAR TABEL

4-1	JENIS DAN SPESIFIKASI PENGHANTAR SALURAN DISTIBUSI 20 KV	39
4-2	DATA SALURAN PENYULANG PUJON.....	39
4-3	DATA PEMBEBANAN PENYULANG PUJON	40
4-4	DATA KAPASITOR	40
4-5	KONDISI TEGANGAN DAN SUDUT FASA TEGANGAN TIAP <i>NODE</i> PENYULANG PUJON SEBELUM KOMPENSASI.....	52
4-6	BESARNYA RUGI-RUGI DAYA TIAP SALURAN PENYULANG PUJON SEBELUM KOMPENSASI	52
4-7	BESARNYA ALIRA DAYA TIAP SALURAN PENYULANG PUJON SEBELUM KOMPENSASI.....	53
4-8	ARUS TIAP SALURAN PENYULANG PUJON SEBELUM KOMPENSASI	53
4-9	KODISI TEGANGAN DAN SUDUT FASA TEGANGAN TIAP <i>NODE</i> PENYULANG PUJON SETELAH KOMPENSASI.....	55
4-10	BESARNYA RUGI-RUGI DAYA TIAP SALURAN PENYULANG PUJON SETELAH KOMPENSASI.....	55
4-11	BESARNYA ALIRAN DAYA TIAP SALURAN PENYULANG PUJON SETELAH KOMPENSASI	56
4-12	ARUS TIAP SALURAN PENYULANG PUJON SETELAH KOMPENSASI	56
4-13	HASIL OPTIMASI PENEMPATAN KAPASITOR.....	58

DAFTAR GRAFIK

4-1	TEGANGAN TIAP-TIAP <i>NODE</i> TERHADAP ASUMSI TEGANGAN AWAL SEBELUM DAN SESUDAH KOMPENSASI	57
4-2	RUGI DAYA SEBELUM DAN SESUDAH KOMPENSASI.....	58

BAB I

PENDAHULUAN

BAB 1

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 dibutuhkan 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, transformator, lampu-lampu TL dan lain-lain. Beban industri sangat banyak membutuhkan daya reaktif induktif. Dengan meningkatnya beban-beban induktif dan mayoritas beban listrik yang bersifat induktif maka daya reaktif yang ada pada jaringan akan semakin besar yang berakibat pada meningkatnya komponen-komponen rugi daya, disamping itu dapat memperburuk kondisi tegangan.

Alternatif yang sering dipakai untuk memperbaiki kondisi tegangan akibat adanya rugi-rugi daya tersebut adalah dengan memasang sumber daya reaktif tambahan pada sisi beban yaitu pemasangan kapasitor.

Banyak metode yang dipakai dalam menganalisa masalah penentuan letak dan besar kapasitas kapasitor pada jaringan distribusi diantaranya seperti Metode Genetika Algoritma, Heuristik, Tabu Search, Algoritma Memetic, Aliran Daya Topologi dan lain-lain.

Pada skripsi ini akan dibahas teknik penempatan kapasitor pada jaringan distribusi dengan menggunakan Metode Algoritma Pencarian Grafik.

1.2. Rumusan Masalah

Salah satu cara pemasangan sumber daya reaktif tambahan pada sisi beban adalah dengan pemasangan kapasitor shunt pada jaringan distribusi primer, sehingga dapat mengurangi rugi-rugi saluran. Yang menjadi permasalahan adalah bagaimana cara menentukan letak, jumlah dan kapasitas kapasitor yang paling optimal pada jaringan distribusi primer agar terjadi peningkatan profil tegangan, penurunan rugi-rugi saluran dan memperoleh penghematan biaya instalasi kapasitor. Oleh karena itu pada skripsi ini akan menganalisa hal tersebut dengan suatu metode alternatif yaitu Metode Algoritma Pencarian Grafik.

Sehubungan dengan permasalahan di atas maka skripsi ini mengambil judul:

“ PENENTUAN LETAK DAN KAPASITAS KAPASITOR DENGAN MENGGUNAKAN METODE ALGORITMA PENCARIAN GRAFIK PADA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER TIPE RADIAL ”

1.3. Tujuan Pembahasan

Skripsi ini bertujuan untuk :

1. Mendapatkan jumlah dan letak titik yang optimal dalam pemasangan kapasitor pada jaringan distribusi primer penyulang Pujon.
2. Mengetahui kapasitas kapasitor yang sesuai kondisi kerja dan kebutuhan jaringan distribusi primer penyulang Pujon.
3. Mengetahui perubahan parameter-parameter saluran berupa profil tegangan, rugi-rugi daya sebelum dan setelah kompensasi.

1.4. Batasan Masalah

Permasalahan dalam sistem tenaga listrik adalah merupakan permasalahan yang luas, sehingga dalam menganalisa suatu permasalahan perlu adanya batasan-batasan yang sesuai dengan permasalahan tersebut.

Dalam penulisan skripsi ini, permasalahannya dibatasi pada hal-hal sebagai berikut :

1. Jaringan listrik yang akan dianalisa adalah jaringan distribusi primer 20 kV tipe radial pada penyulang Pujon, Gardu Induk Sengkaling.
2. Menggunakan Metode Algoritma Pencarian Grafik dalam menentukan lokasi dan kapasitas kapasitor shunt pada jaringan distribusi.
3. Jenis kapasitor yang dianalisa adalah kapasitor shunt tipe tetap.
4. Metode yang digunakan dalam perhitungan aliran daya adalah metode Newton Raphson.
5. Tidak membahas masalah proteksi jaringan distribusi.
6. Analisa dilakukan dengan bantuan perangkat lunak komputer dengan bahasa pemrograman Borland Delphi Versi 7.0.
7. Tidak membahas metode *Newton Raphson* secara mendetail.

1.5. Metodologi Pembahasan

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

1. Studi Literatur

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

2. Pengumpulan data lapangan yang dipakai dalam objek penelitian yaitu data Gardu Induk Sengkaling.
 - a. Data impedansi saluran distribusi penyulang Pujon.
 - b. Data pembebanan tiap transformator distribusi.
3. Melakukan analisa dengan bantuan perangkat lunak komputer dengan bahasa pemrograman Delphi Versi 7.0.
 - a. Analisa aliran daya menggunakan metode Newton Raphson.
 - b. Analisa penentuan lokasi dan kapasitas kapasitor shunt menggunakan Metode Algoritma Pencarian Grafik.
 - c. Analisa pengaruh pemasangan kapasitor terhadap sistem diantaranya perbaikan profil tegangan, pengurangan rugi-rugi saluran dan keuntungan yang diperoleh.

1.6. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan pada skripsi ini adalah sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan pembahasan, batasan masalah, metodologi penulisan, sistematika penulisan dan relevansi.

BAB II : LANDASAN TEORI

Di sini akan diuraikan mengenai sistem jaringan distribusi, faktordaya, penjelasan teori tentang kapasitor, perbaikan tegangan dan sistem per unit dalam jaringan

BAB III : ANALISIS PENEMPATAN KAPASITOR PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV MENGGUNAKAN ALGORITMA PENCARIAN GRAFIK

Menguraikan studi aliran daya Newton Raphson, Algoritma Pencarian Grafik Dan Algoritma Program Pemecahan Masalah.

BAB IV : STUDI PENEMPATAN KAPASITOR PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV

Bab ini akan dibahas mengenai penentuan letak dan kapasitas kapasitor, analisa perhitungan dengan menggunakan Metode Algoritma Pencarian Grafik, profil tegangan dan aliran daya sebelum dan setelah kompensasi.

BAB V : KESIMPULAN

Pada bab ini terdapat intisari dari hasil pembahasan, yang berisi kesimpulan yang dapat dipergunakan sebagai bahan pertimbangan untuk pengembangan dan penulisan selanjutnya.

1.7. Relevansi

Dengan diperkenalkannya Metode Algoritma Pencarian Grafik, maka hal ini akan menambah alternatif pilihan terhadap metode yang dapat digunakan dalam penyelesaian masalah penempatan kapasitor. Dimana metode tersebut merupakan metode dengan proses penyelesaian yang sangat baik.

BAB II

LANDASAN TEORI

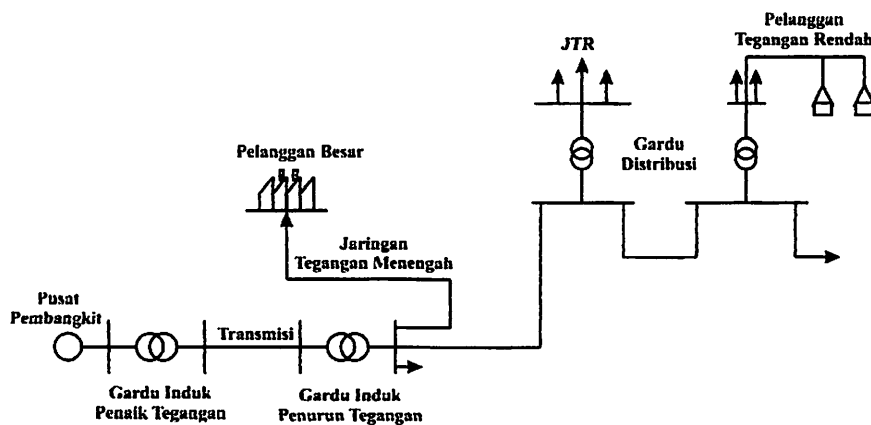
BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Di Indonesia, tenaga listrik dibangkitkan di pusat-pusat pembangkit tenaga listrik, seperti PLTA, PLTU, PLTG, PLTGU, PLTP dan PLTD yang kemudian disalurkan melalui saluran transmisi setelah terlebih dahulu dinaikkan tegangannya oleh transformator penaik tegangan (*step up transformer*) yang ada pada pusat listrik. Saluran transmisi tegangan tinggi di PLN mempunyai tegangan 150 kV dan 500 kV, selanjutnya tegangan tinggi tersebut diturunkan menjadi tegangan menengah sebesar 20 kV di Gardu Induk, dengan menggunakan transformator penurun tegangan (*step down transformer*), setelah melalui jaringan distribusi, tegangan diturunkan lagi pada gardu-gardu distribusi menjadi tegangan rendah sebesar 380/220 V untuk selanjutnya disalurkan ke pelanggan-pelanggan PLN.

Sebagai gambaran, diagram satu garis sistem tenaga listrik dapat diperjelas seperti pada gambar 2.1 di bawah ini :



Gambar 2-1

Diagram Satu Garis Sistem Penyaluran Energi Listrik Ke Pelanggan^[1]

Jaringan setelah keluar dari gardu induk biasa disebut jaringan distribusi.

Jarigan distribusi dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian sistem, yaitu :

1. Sistem distribusi primer atau sistem distribusi tegangan menengah.
2. Sistem distribusi sekunder atau sistem distribusi tegangan rendah.

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

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

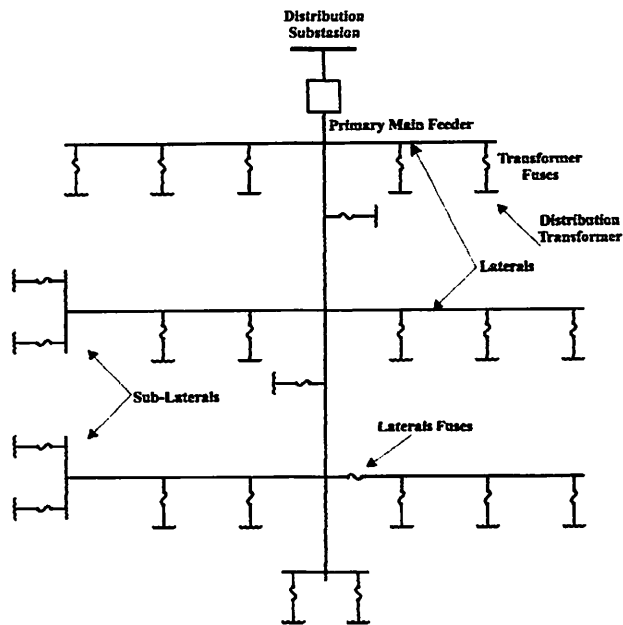
2.2. Struktur Jaringan Distribusi Tenaga Listrik

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

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

2.3. Sistem Jaringan Distribusi Radial

Bentuk jaringan ini merupakan bentuk dasar yang paling banyak digunakan dan yang paling sederhana. Sistem ini dikatakan radial karena dari kenyataan bahwa jaringan ini ditarik secara radial dari gardu induk ke pusat-pusat beban atau konsumen yang dilayaninya. Sistem ini terdiri dari saluran utama (*main feeder*) dan saluran cabang (*lateral*) seperti pada gamabar 2-2.



Gambar 2-2

Contoh Sistem Jaringan Distribusi Radial [2]

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

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

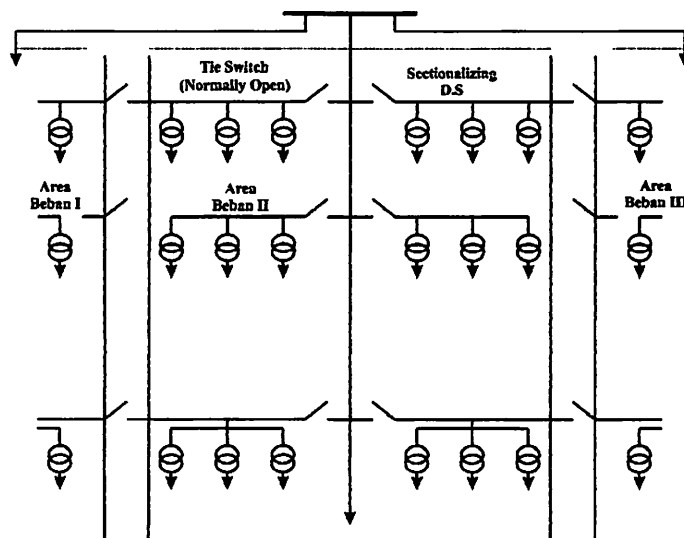
2.3.1. Sistem Radial Pohon

Sistem radial jaringan pohon ini merupakan bentuk yang paling dasar dari sistem jaringan radial. Saluran utama (*main feeder*) ditarik dari suatu gardu induk sesuai dengan kebutuhan kemudian dicabangkan melalui saluran cabang (*lateral*

feeder), selanjutnya dicabangkan lagi melalui saluran anak cabang (*sub-lateral feeder*). Ukuran dari masing-masing saluran tergantung dari kerapatan arus yang ada pada sistem. Dari gambar 2-2, *main feeder* merupakan saluran yang dialiri arus terbesar, selanjutnya arus mengecil pada tiap cabang tergantung dari besarnya beban.

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

Sistem ini merupakan pengembangan dari sistem radial pohon, untuk meningkatkan keandalan sistem saat terjadinya gangguan maka *feeder* yang terganggu akan dilokalisir sedangkan area yang semula dilayani oleh *feeder* tersebut pelayanannya dialihkan pada *feeder* yang sehat atau yang tidak terganggu. Sistem radial dengan *Tie* dan *Switch* Pemisah dapat dilihat pada gambar 2-3.

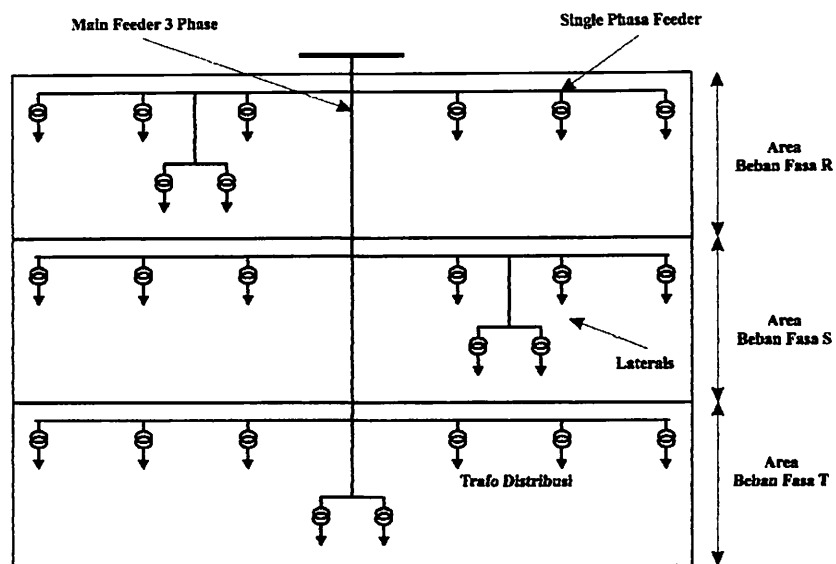


Gambar 2-3

**Contoh Sistem Jaringan Distribusi Radial
Dengan *Tie* dan *Switch* Pemisah ^[2]**

2.3.3. Sistem Radial dengan Pembagian Fasa Area

Pada bentuk ini masing-masing fasa dari jaringan bertugas untuk melayani daerah beban yang berlainan. Bentuk ini akan dapat menimbulkan kondisi sistem tiga fasa yang tidak seimbang (simetris), bila digunakan pada daerah beban yang baru dan belum mantap pembagian bebannya. Contoh dari sistem jaringan ini dapat dilihat pada gambar 2-4.

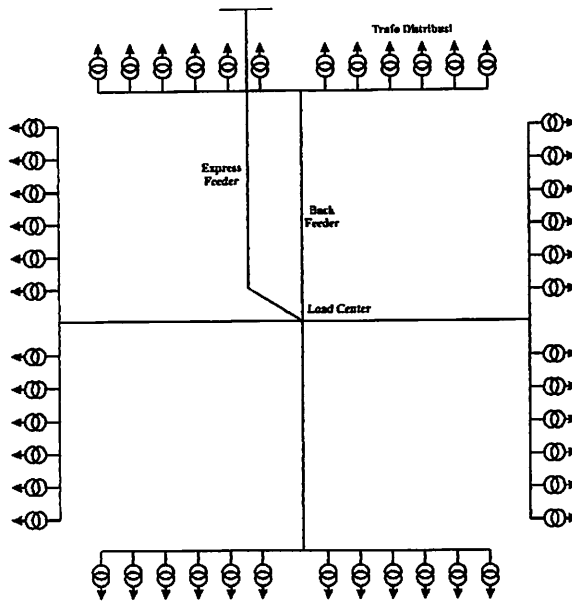


Gambar 2-4

Contoh Jaringan Distribusi Radial Dengan Fasa Area ^[2]

2.3.4. 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 dikirim ke beban menggunakan *back feeder* secara radial seperti terlihat pada gambar 2-5.



Gambar 2-5

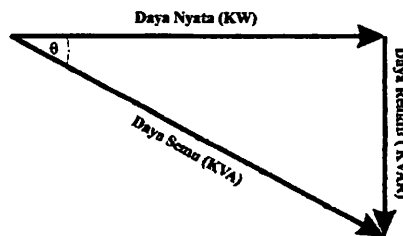
Contoh Jaringan Distribusi Radial Dengan Beban Terpusat ^[2]

2.4. Faktor Daya

Faktor daya pada dasarnya didefinisikan sebagai perbandingan antara daya nyata dan daya semu, dan dinyatakan oleh persamaan :

$$Faktor\ daya = \frac{Daya\ Nyata(kW)}{Daya\ Semu(kVA)} \dots\dots\dots (2.1)$$

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



Gambar 2-6 Segi Tiga Daya ^[1]

$$\text{Dengan faktor daya} = \cos \theta = \frac{P}{S}$$

Dimana :

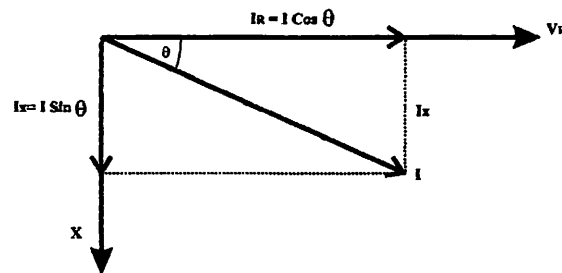
P = Daya Nyata (kW)

S = Daya Semu (kVA)

Q = Daya Reaktif (kVAR)

θ = Sudut Phasa

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



Gambar 2-7
Segi Tiga Arus

2.5. Kapasitor Daya

Secara sederhana kapasitor terdiri dari dua plat logam yang dipisahkan oleh suatu bahan dielektrik 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 dielektrik yang digunakan lebih efisien serta teknologi pembuatan kapasitor lebih baik.

2.5.1. Kapasitor Seri dan Kapasitor Shunt

Fungsi utama dari pemakaian kapasitor seri atau kapasitor shunt, dalam sistem tenaga adalah untuk membangkitkan daya reaktif, untuk memperbaiki faktor daya dan tegangan, sehingga meningkatkan kapasitas sistem dan mengurangi rugi daya jaringan.

Ada beberapa aspek yang tidak menyenangkan dalam kapasitor seri, secara umum biaya pemasangan kapasitor seri lebih tinggi dari biaya pemasangan kapasitor shunt, hal ini disebabkan karena peralatan pelindung untuk kapasitor seri lebih banyak, biasanya kapasitor seri didesain untuk daya yang lebih besar dari kapasitor shunt dengan tujuan untuk mengatasi kenaikan beban.

2.6. Pengaruh Pemasangan Kapasitor Shunt ^[1]

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

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

Ada dua cara dalam pemakaian kapasitor shunt:

- Kapasitor tetap
- Kapasitor saklar

a. Kapasitor Tetap

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

b. Kapasitor Saklar

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

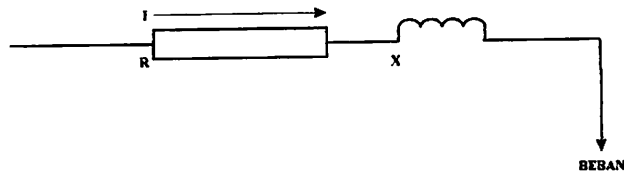
2.6.1. Pengurangan Rugi Daya Dengan Kapasitor Shunt

Rugi-rugi saluran perfasa dari saluran 3 fasa seimbang dengan beban terpusat seperti pada gambar 2-5 adalah $I^2 (R-j X)$ atau dapat dibedakan menjadi:

- Rugi daya aktif (I^2R) = $(I_R^2 + I_X^2) R$
- Rugi daya reaktif (I^2X) = $(I_R^2 + I_X^2) X$

Dimana: I_R adalah komponen arus aktif

I_X adalah komponen arus reaktif



Gambar 2-8
Saluran Primer Dengan Beban Terpusat ^[1]

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

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

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

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

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

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

Sehingga pengurangan rugi daya sebagai akibat pemasangan kapasitor didapat:

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

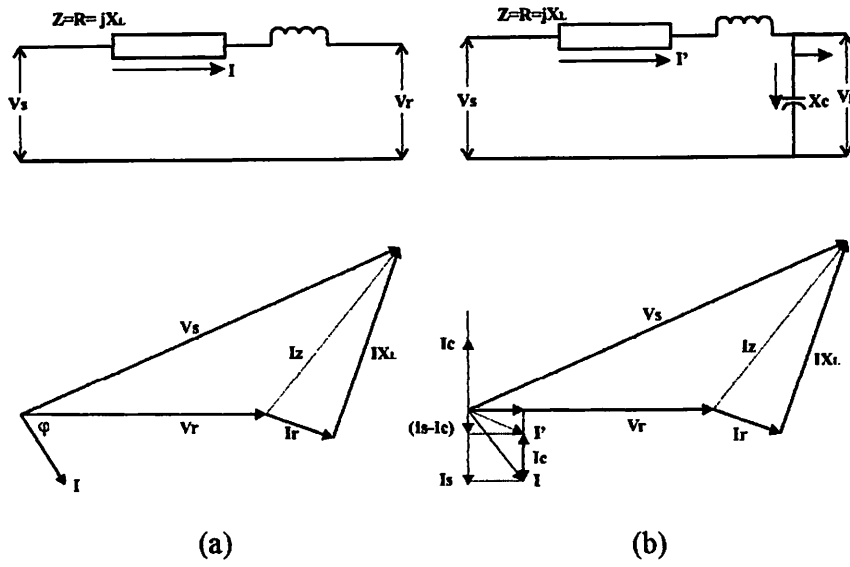
maka hanya komponen arus reaktif ($I \sin \theta$) saja yang berpengaruh terhadap pengurangan rugi daya I^2R akibat pemasangan kapasitor shunt pada saluran distribusi.

Pengurangan rugi daya saluran 3 fasa adalah:

$$\Delta p_{ls} = 3R (2 (I \sin \theta) I_c - I_c^2) \text{ Watt} \dots \dots \dots (2.5)$$

2.6.2. Perbaikan Tegangan

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



Gambar 2-9
Vektor Diagram Sebelum (a) dan Sesudah (b) Pemasangan
Kapasitor Shunt Pada Jaringan [1]

Jatuh tegangan yang disebabkan arus beban I sebelum kapasitor dipasang:

$$\delta V = I_R R + I_L X \dots \dots \dots (2.6)$$

Jatuh tegangan setelah kapasitor dipasang:

$$\delta V = I_R R + I_L X - I_c X \dots \dots \dots (2.7)$$

2.6.3. Perbaikan Faktor Daya dan Kapasitas Sistem

Manfaat terbesar yang diperoleh dari perbaikan faktor daya berasal dari pengurangan daya reaktif dalam sistem. Hal ini menghasilkan pengurangan biaya pemakaian daya yang lebih rendah, kenaikan kapasitas sistem, perbaikan tegangan dan pengurangan rugi daya dalam sistem. Satu-satunya cara untuk memperbaiki faktor daya adalah mengurangi daya reaktif pada jaringan. Jika komponen daya reaktif dapat dikurangi, maka total arus akan berkurang, sedang 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 menambahkan kapasitor, daya reaktif komponen Q akan berkurang, gambar 2-10 menunjukkan perbaikan faktor daya pada sistem, kapasitor mensuplai daya reaktif ke beban.



Gambar 2-10
Perbaikan Faktor Daya [1]

Diasumsikan bahwa beban disuplai oleh daya nyata P, daya reaktif (*lagging*) Q, dan daya semu S, pada faktor daya tertinggal $\cos \theta_1$

$$\cos \theta_1 = \frac{P}{S_1} \dots\dots\dots(2.8)$$

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

$$\begin{aligned} \cos \theta_2 &= \frac{P}{S_2} = \frac{P}{\sqrt{(P^2 + Q^2)}} \\ &= \frac{P}{\sqrt{P^2 + (Q_1 - Q_c)^2}} \dots\dots\dots(2.9) \end{aligned}$$

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

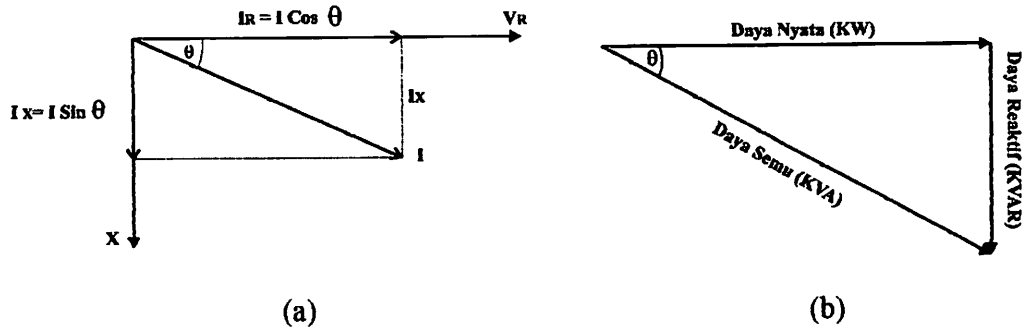
$$\% \text{ Rugi daya} = 100 \left(\frac{\text{Faktor daya mula} - \text{mula}(\cos \theta_1)}{\text{Faktor daya baru}(\cos \theta_2)} \right) \dots\dots\dots(2.10)$$

% Pengurangan rugi daya

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

2.6.3.1. Perhitungan Pengaruh Perbaikan Faktor Daya

Diagram fasor dari dua komponen arus nyata, arus aktif dan arus reaktif dapat dilihat pada gambar 2-11 berikut:



Gambar 2-11
Diagram Fasor dan Sudut Daya Beban pada
Jaringan Distribusi ^[1]

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

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

$$= \sqrt{(I \cos \theta)^2 + (I \sin \theta)^2}$$

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

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

$$(VI) = \sqrt{(VI \cos \theta)^2 + (VI \sin \theta)^2}$$

$$\text{Faktor daya} = \frac{\text{Daya aktif}}{\text{Daya semu}} = \frac{KW}{KVA}$$

$$\text{Daya aktif} = \text{Daya semu} \times \text{Faktor daya}$$

$$kW = kVA \times \text{Faktor daya} = kW = kVA \cos \theta$$

2.6.3.2. Penentuan Rating Kapasitor Untuk Perbaikan Faktor Daya Beban

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

$$\cos \theta = \frac{\text{Daya aktif}}{\text{Daya semu}} = \frac{(kW)}{(kVA)}$$

$$\sin \theta = \frac{\text{Daya reaktif}}{\text{Daya semu}} = \frac{(kVAR)}{(kVA)}$$

$$\tan \theta = \frac{\text{Daya reaktif}}{\text{Daya aktif}} = \frac{(kVAR)}{(kW)}$$

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:

$$\begin{aligned} \text{Daya reaktif pada faktor daya mula-mula} &= \text{Daya aktif} \times \tan \theta_1 \\ &= (kW) \times \tan \theta_1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya reaktif pada faktor daya baru} &= \text{Daya aktif} \times \tan \theta_2 \\ &= (kW) \times \tan \theta_2 \end{aligned}$$

Dengan θ_1 = sudut dari faktor daya mula-mula

θ_2 = sudut dari faktor daya yang telah diperbaiki

Rating kapasitor yang dibutuhkan perbaikan faktor daya:

$$\begin{aligned} \text{Daya reaktif (kVAR)} &= \text{Daya aktif} \times (\tan \theta_1 - \theta_2) \\ &= (kW) \times (\tan \theta_1 - \theta_2) \end{aligned}$$

Untuk penyederhanaan $(\tan \theta_1 - \tan \theta_2)$ sering ditulis $\Delta \tan$, yang merupakan suatu faktor pengali untuk menentukan daya reaktif.

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

2.7. Sistem Per-Unit ^[3]

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

$$\text{Besaran per-unit} = \frac{\text{Besaran sebenarnya}}{\text{Besaran dasar dengan ukuran yang sama}} \dots\dots(2.12)$$

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

➤ Untuk data 1 fasa

Arus dasar

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

Impedansi dasar

$$\begin{aligned} Z_d &= \frac{(kV \text{ dasar } L - N)^2 \times 1000}{kVA \text{ dasar 1 fasa}} \\ &= \frac{(kV \text{ dasar } L - N)^2}{MVA \text{ dasar 1 fasa}} \dots\dots\dots(2.14) \end{aligned}$$

Dalam persamaan di atas nilai-nilai besaran diberikan untuk rangkaian satu fasa. Jadi tegangannya adalah tegangan antara fasa dengan tanah dan daya setiap fasa. Setelah besaran-besaran dasar ditentukan maka besaran-besaran itu dinormalisasikan terhadap besaran dasar. Dengan demikian impedansi per-satuan didefenisikan sebagai berikut:

$$Z = \frac{\text{Im pedansi sebenarnya } Z (\Omega)}{\text{Im pedansi dasar } Z_d} \dots\dots\dots(2.15)$$

BAB III

ANALISIS PENEMPATAN

KAPASITOR PADA

JARINGAN DISTRIBUSI

20 KV MENGGUNAKAN

ALGORITMA PENCARIAN

GRAFIK

BAB III

ANALISIS PENEMPATAN KAPASITOR PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV MENGGUNAKAN ALGORITMA PENCARIAN GRAFIK

3.1. Analisa Aliran Daya Jaringan

Dalam analisis teknis penempatan kapasitor pada jaringan dengan menggunakan Algoritma Pencarian Grafik dibutuhkan suatu proses awal yaitu studi aliran daya pada jaringan guna mengetahui rugi-rugi daya saluran. Oleh karena itu pembahasan selanjutnya sebelum proses analisa penempatan kapasitor dengan menggunakan metode Algoritma Pencarian Grafik dilakukan, terlebih dahulu dilakukan proses studi aliran daya dengan menggunakan metode *Newton Raphson*.

3.1.1. Metode *Newton Raphson*

Secara matematis persamaan aliran daya *Newton Raphson* dapat diselesaikan dengan menggunakan koordinat rectanguler, 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 bentuk polar, dimana tegangan dinyatakan dalam bentuk polar, yaitu :

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

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

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

Maka persamaan (3.1) 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 di atas akan menghasilkan suatu kumpulan persamaan serempak (simultan) yang tidak linier untuk setiap simpul sistem tenaga listrik. Untuk mengetahui magnitudo tegangan (V) dan sudut fasa (δ) di setiap simpul dapat diselesaikan dengan menggabungkan persamaan (3.5) dan (3.6) yang dilinierkan dengan metode *Newton Raphson* yang dapat dilihat pada persamaan di bawah 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 diperoleh dari perhitungan iterasi ke- k.

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

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

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

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

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

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

Adapun rumus dari elemen matriks Jacobian adalah:

Untuk H:

$$\frac{\partial P_p}{\partial \delta_q} = |V_p V_q Y_{pq}| \sin (\delta_p - \delta_q + \theta_{pq}) \quad q \neq p$$

$$\frac{\partial P_p}{\partial \delta_p} = - \sum_{q=1}^n |V_p V_q Y_{pq}| \sin (\delta_p - \delta_q + \theta_{pq})$$

Untuk N:

$$\frac{\partial P_p}{\partial |V_p|} = |V_p Y_{pq}| \cos (\delta_p - \delta_q + \theta_{pq}) \quad q \neq p$$

$$\frac{\partial P_p}{\partial |V_q|} = 2 |V_p Y_{pq}| \cos \theta_{pp} + \sum_{q=1}^n |V_p Y_{pq}| \cos (\delta_p - \delta_q + \theta_{pq})$$

$q \neq p$

Untuk M:

$$\frac{\partial Q_p}{\partial \delta_q} = - |V_p V_q Y_{pq}| \cos(\delta_p - \delta_q + \theta_{pq}) \quad q \neq p$$

$$\frac{\partial Q_p}{\partial \delta_p} = \sum_{q=1}^n |V_p V_q Y_{pq}| \cos(\delta_p - \delta_q + \theta_{pq})$$

$q \neq p$

Untuk L:

$$\frac{\partial Q_p}{\partial |V_q|} = |V_p Y_{pq}| \sin(\delta_p - \delta_q + \theta_{pq}) \quad q \neq p$$

$$\frac{\partial Q_p}{\partial |V_p|} = 2 |V_p Y_{pq}| \sin \theta_{pp} + \sum_{q=1}^n |V_p Y_{pq}| \sin(\delta_p - \delta_q + \theta_{pq})$$

$q \neq p$

Untuk menghitung selisih daya, maka mula-mula ditentukan nilai awal tegangan simpul dan sudut fasanya. Kemudian daya nyata dan daya reaktif dihitung dengan menggunakan persamaan (3.5) dan (3.6). Selisih antara daya yang telah ditentukan dengan daya hasil perhitungan ini merupakan perubahan daya yang terjadi pada simpul.

$$\Delta P = P_{\text{pembangkitan}} - P_{\text{beban}} - P_{\text{perhitungan}} \dots \dots \dots (3.8)$$

$$\Delta Q = Q_{\text{pembangkitan}} - Q_{\text{beban}} - Q_{\text{perhitungan}} \dots \dots \dots (3.9)$$

Magnitude tegangan $|V|$ dan sudut fasa δ_p yang diasumsikan serta selisih daya yang dihitung (ΔP_p dan ΔQ_p) digunakan untuk memperoleh elemen-elemen matriks *Jacobian*.

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

$$|V|^{k+1} = |V|^k + \Delta |V|^k$$

$$\delta^{k+1} = \delta^k + \Delta \delta^k$$

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

3.1.2. Algoritma Aliran Daya *Newton Raphson*

1. Tentukan nilai P_p (ditetapkan) dan Q_p (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 dan ΔQ pada setiap rel.
3. Hitung nilai-nilai matriks *Jacobian* dengan menggunakan nilai-nilai perkiraan atau yang ditentukan dari besar sudut tegangan dalam persamaan untuk turunan parsial yang ditentukan dengan differensiasi persamaan (3.5) dan (3.6).
4. Balikanlah *Jacobian* itu dan hitung koreksi-koreksi tegangan $\Delta \delta_p$ dan $\Delta |V_p|$ pada nilai sebelumnya.
5. Hitung nilai baru dari δ_p dan $|V_p|$ dengan menambahkan $\Delta \delta_p$ dan $\Delta |V_p|$ 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.

3.2. Algoritma Pencarian Grafik

Dalam memilih suatu metode solusi untuk aplikasi praktis seringkali mengalami kesulitan, pilihan itu memerlukan analisis yang cermat atas kelebihan dan kekurangan dari sekian banyak metode yang ada. Untuk solusi dari permasalahan ini maka digunakan suatu alternatif metode yaitu metode Algoritma Pencarian Grafik.

Metode Algoritma Pencarian Grafik ini adalah salah satu metode penentuan letak titik atau *node* penempatan kapasitor beserta kapasitasnya yang optimal dengan pemodelan satu set titik yang dihubungkan oleh garis busur atau *arc*. Tiap-tiap pergerakan dari garis busur atau *arc* mengkombinasikan kapasitas dari sejumlah kapasitor dan lokasi yang memungkinkan untuk ditempatkan di sepanjang saluran.

Untuk menyelesaikan permasalahan ini, *arc-arc* dalam setiap grafik ditentukan sedemikian rupa sehingga algoritma dapat bergerak dari satu titik ke titik yang lain dalam mencari solusi yang paling optimal.

Selanjutnya akan ditunjukkan suatu prosedur yang disederhanakan dari penerapan Algoritma Pencarian Grafik, yaitu :

1. Mempertimbangkan jumlah kapasitor yang akan ditempatkan.
2. Menentukan solusi awal kapasitas kapasitor yang akan digunakan.
3. Menjalankan algoritma pergerakan *arc* type I dan II.
4. Mengevaluasi pergerakan *arc* type I dan II secara sistematis.

Tiap pergerakan yang berhasil menambah penghematan segera diterima tanpa perlu memandang sisa *arc* yang meninggalkan titik yang lain, pada tahapan ini dilakukan untuk mencari nilai optimum lokal.

5. Menjalankan algoritma pergerakan *arc* type III

6. Mengevaluasi pergerakan *arc* type III.

Jika pergerakan *arc* tipe III diterima maka proses kembali pada langkah 4 di atas untuk mengevaluasi kembali pergerakan *arc* tipe I dan II. Apabila semua kombinasi pergerakan *arc* tipe III gagal, maka langsung ke pergerakan berikut.

7. Menjalankan algoritma pergerakan *arc* tipe IV.

8. Mengevaluasi pergerakan *arc* tipe IV, jika pergerakan ini diterima maka kembali ke langkah 4 untuk mengevaluasi kembali pergerakan *arc* tipe I dan II.

9. Jika semua pergerakan *arc* tipe IV gagal maka solusi optimal yang mendekati dapat segera diterima.

10. Bandingkan hasil penghematan optimal dari solusi ini dengan hasil sebelumnya, jika penghematannya belum mencapai nilai optimal maka tambalah kapasitor dan kembali ke langkah 2 di atas.

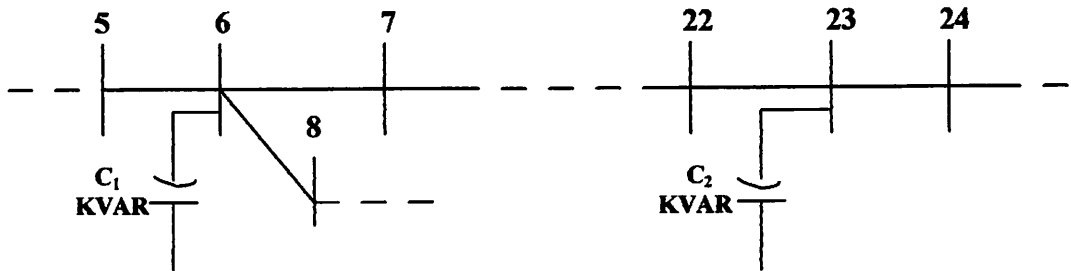
11. Bandingkan hasil penghematan untuk tiap penambahan kapasitor dan pilihlah hasil penghematan maksimalnya untuk optimasi total.

Pergerakan *arc* tipe I dan II dianggap sebagai variasi lokal karena terdapat perubahan hanya dalam satu variabel keputusan dalam jumlah yang kecil. Pergerakan yang berdekatan ini akan dievaluasi secara sistematis hingga diperoleh hasil yang optimal (optimum lokal). Bila hasil yang diperoleh belum mencapai nilai optimal, maka pergerakan selanjutnya (*arc* tipe III dan IV) dapat segera dilakukan. Pergerakan *arc* tipe III dan IV ini bertujuan untuk memudahkan algoritma keluar dari optimum lokal dalam mencapai nilai optimum globalnya.

3.2.1. Pemodelan Pergerakan Garis Busur (*Arc*)

Sebelum menguraikan langkah-langkah di atas, berikut ini disajikan fungsi dan kegunaan dari masing-masing tipe garis busur (*arc*) untuk setiap pergerakannya dalam mencapai solusi optimalnya.

Untuk memudahkan pemahaman dari pergerakan tiap-tiap *arc*, ditampilkan juga bentuk atau model jaringan dan titik-titik lokasi sebagai solusi awal penempatan kapasitor seperti pada gambar 3-1 di bawah ini:



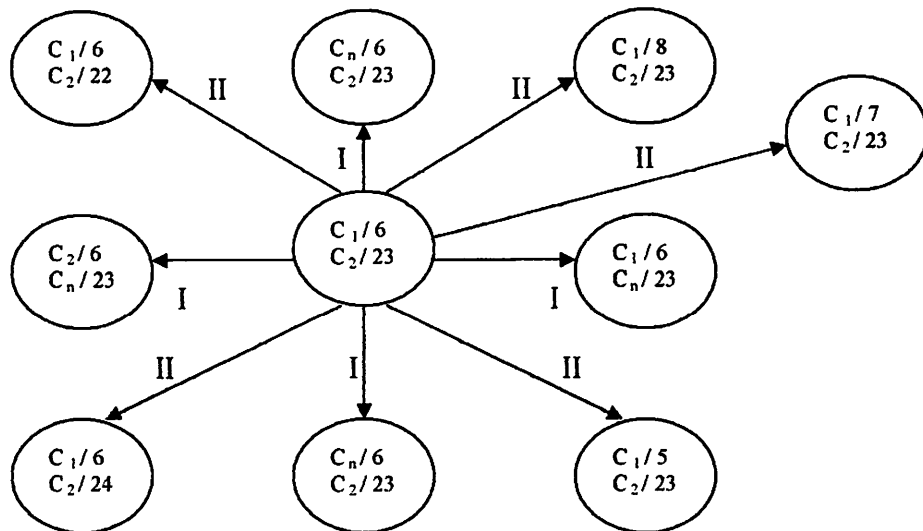
Gambar 3-1

Model Penempatan Kapasitor Pada Jaringan Distribusi

3.2.1.1. Bentuk Pergerakan *Arc* Tipe I dan II

Model pergerakan *arc* tipe I menggambarkan pergerakan *arc* yang memodelkan perubahan hanya pada satu ukuran kapasitas kapasitor saja dengan lokasi bus yang tetap.

Pada pergerakan *arc* tipe II menggambarkan pergerakan *arc* yang memodelkan perubahan lokasi bus dengan kapasitas kapasitor yang tetap. Untuk perubahan lokasi bus ini hanya dibolehkan pada bus yang terdekat dengan lokasi pada penentuan solusi awal.

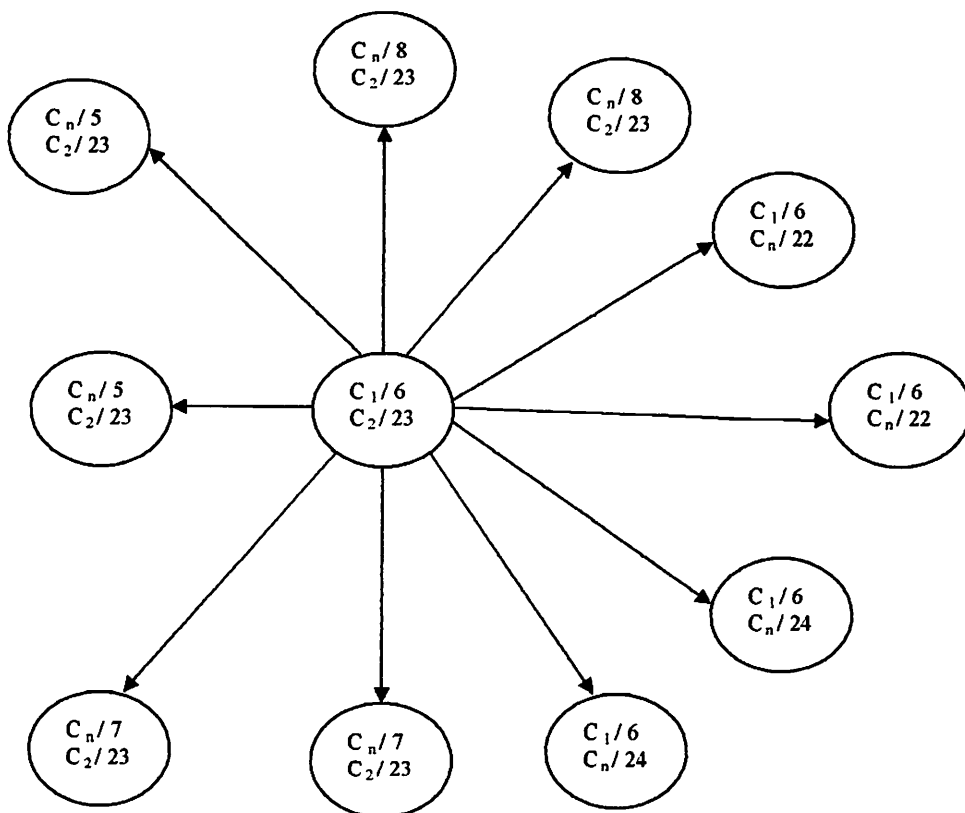


Gambar 3-2
Model Pergerakan *Arc* Tipe I dan II

3.2.1.2. Bentuk Pergerakan *Arc* Tipe III

Model ini menggambarkan pergerakan *arc* yang memodelkan perubahan yang serentak baik dalam ukuran kapasitas kapasitor maupun lokasi.

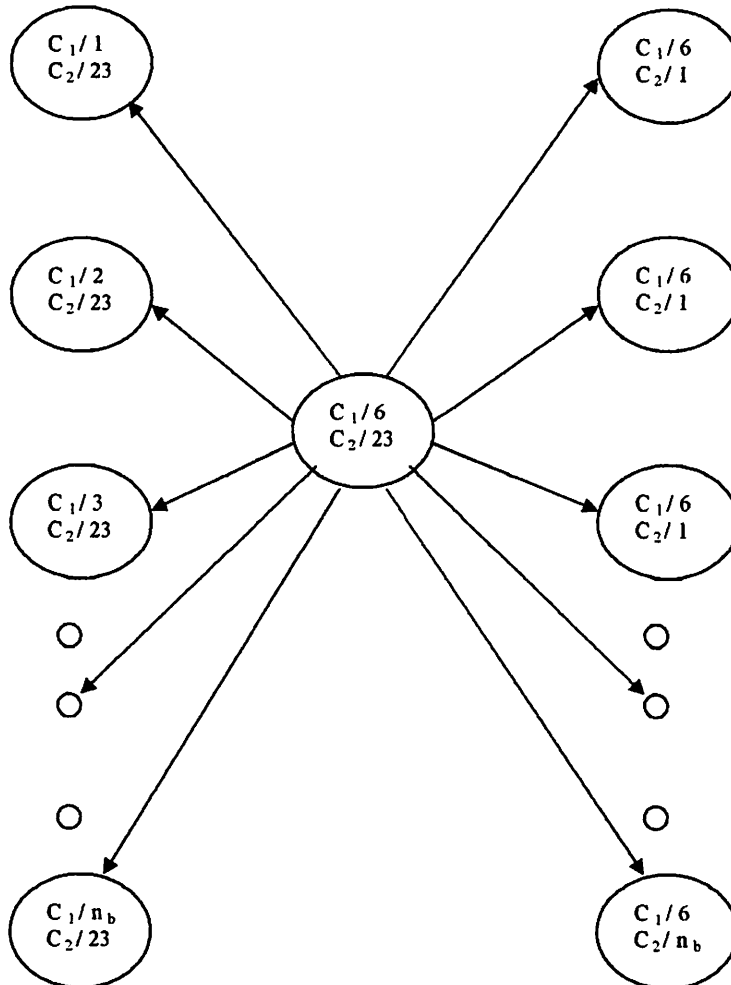
Untuk perubahan kapasitas hanya dibolehkan untuk satu kapasitor saja, sedangkan untuk perubahan lokasi hanya dibolehkan pada lokasi yang berdekatan dengan lokasi pada solusi awal.



Gambar 3-3
Model Pergerakan *Arc* Tipe III

3.2.1.3. Bentuk Pergerakan *Arc* Tipe IV

Model ini menggambarkan pergerakan *arc* yang memodelkan perubahan lokasi kapasitor tanpa harus berdekatan dengan lokasi pada solusi awal. Untuk ukuran kapasitas kapasitor yang digunakan adalah ukuran pada kondisi solusi awal.



Gambar 3-4
Model Pergerakan *Arc* Tipe IV

3.3. Rugi Daya Jaringan dan Penghematan Biaya Kompensasi

Secara teknis, tujuan dari pemasangan kapasitor pada jaringan distribusi adalah untuk meminimalkan rugi daya jaringan agar total daya yang dibangkitkan atau yang dikirim sebanding dengan permintaan daya pada konsumen. Pertimbangan ekonomis juga digunakan dalam hal penghematan biaya tahunan yang diperoleh setelah pemasangan kapasitor.

Secara matematis perhitungan rugi daya dan total keuntungan tahunan yang diperoleh setelah kompensasi dapat dirumuskan dengan persamaan di bawah ini .

Rugi daya :

$$P_{Loss} (t) = \sum_{i=1}^{N_{Set}} [I_i (t)^2]R_i (t) \dots\dots\dots(3.10)$$

$$P_{Loss} (t) = \sum_{t=1}^{8760} P_{Loss} (t) \dots\dots\dots(3.11)$$

Penghematan biaya tahunan :

$$S_{max} = K_p LP + K_e LE - CC \dots\dots\dots(3.12)$$

Dimana:

- LP = Pengurangan Rugi Daya (kW)
- LE = Pengurangan Rugi Energi (kW/Jam)
- CC = Biaya Total Kapasitor (\$/Tahun)
- K_p = Faktor Konversi Rugi Daya (\$ 200 / kW/Tahun)
- K_e = Faktor Konvesi Rugi Energi (\$ 0.03/ kWh)
- P_{Loss} = Rugi-Rugi Daya (kW)
- (t) = 8760 (Jam)

I_i = Arus Saluran ke- i (Ampere)

R_i = Resistansi Saluran ke- i (Ω)

3.4. Algoritma Program

3.4.1 Algoritma Pemecahan Masalah Penempatan Kapasitor Pada Jaringan Distribusi 20 KV Dengan Menggunakan Pendekatan Algoritma Pencarian Grafik Di Gardu Induk Sengkaling Penyulang Pujon

Selanjutnya akan dibahas tentang algoritma pemecahan masalah penempatan kapasitor pada jaringan distribusi 20 kV di Gardu Induk Sengkaling Penyulang Pujon dengan menggunakan metode Algoritma Pencarian Grafik :

1. Mulai
2. Memasukan inputan data beban, yang meliputi daya aktif (P), daya reaktif (Q), tegangan dasar, sudut fasa dan data impedansi saluran.
3. Memilih solusi awal untuk kapasitor ke- N_1 dan bus ke- N_1 .
4. Evaluasi f (arc I dan II) sampai diperoleh nilai optimum lokal maksimum.
5. Jika f (arc I dan II) mencapai optimum lokal maksimal lanjut ke langkah berikut.
6. Evaluasi f (arc III).
7. Jika f (arc III) diterima, lanjut ke langkah berikut.
8. Jika gagal, kembali ke langkah 4 di atas.
9. Evaluasi f (arc IV).
10. Jika pergerakan f Arc IV mencapai nilai optimum global maka diambil sebagai optimasi akhir.
11. Jika gagal kembali ke langkah 4 di atas.
12. Selesai

BAB IV

STUDI PENEMPATAN

KAPASITOR PADA

JARINGAN DISTRIBUSI

20 KV

BAB IV
STUDI PENEMPATAN KAPASITOR PADA JARINGAN
DISTRIBUSI 20 KV

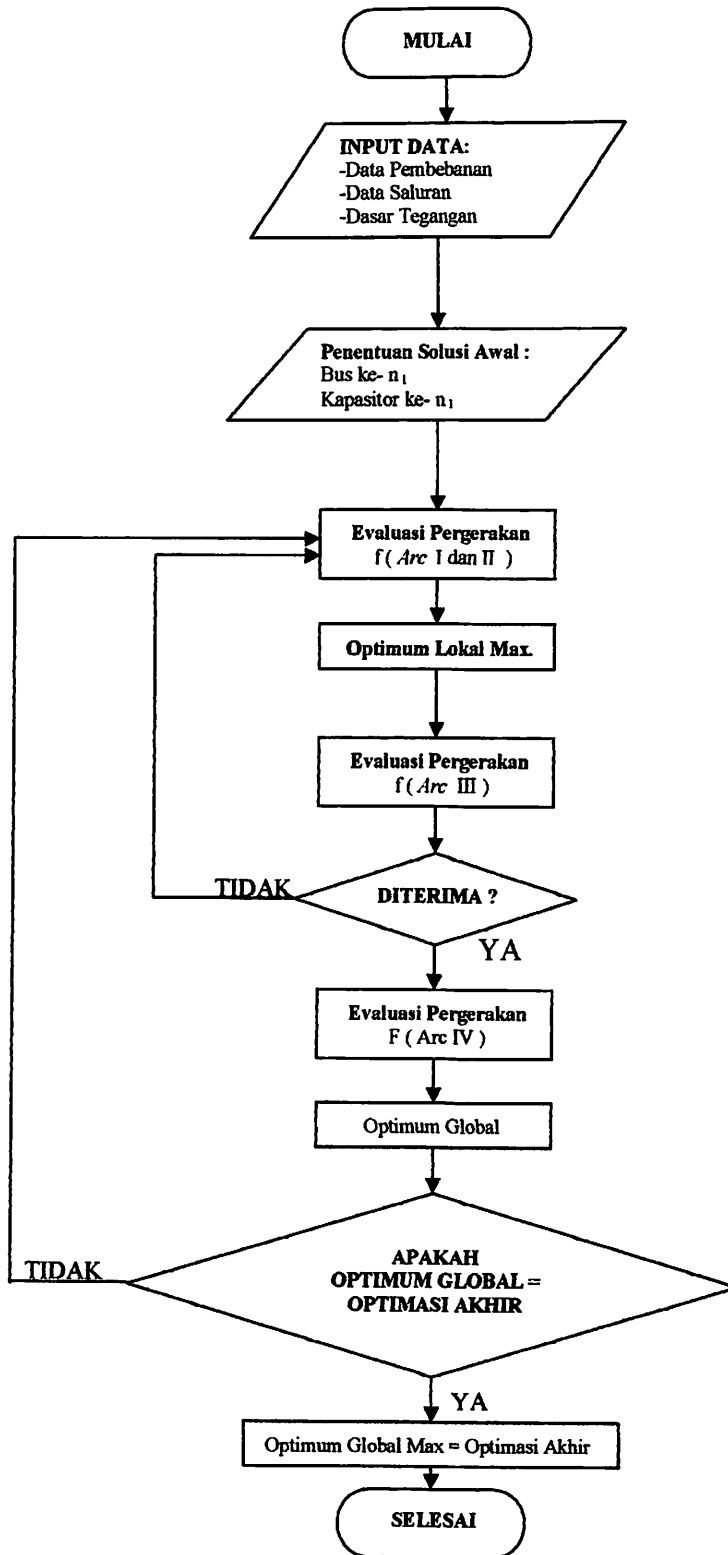
4.1 Penempatan Kapasitor Menggunakan Metode Algoritma Pencarian Grafik

Pemasangan kapasitor shunt pada lokasi yang tepat pada jaringan distribusi dapat mereduksi rugi daya dan juga dapat memperbaiki profil tegangan baik pada penyulang maupun sepanjang saluran. Untuk mengatasi permasalahan dalam menentukan lokasi penempatan kapasitor dan besarnya kapasitas kapasitor adalah dengan menggunakan suatu alternatif metode yaitu metode Algoritma Pencarian Grafik.

Dalam perhitungan analisa penempatan kapasitor, kita menggunakan program komputer. Pada prinsipnya penggunaan komputer dapat menganalisa sebuah jaringan distribusi dengan jumlah cabang atau jumlah *node* yang besar tergantung dari jumlah memori yang tersedia pada komputer yang digunakan.

4.2 Flowchart Algoritma Program

4.2.1. Flowchart Algoritma Pemecahan Masalah Penempatan Kapasitor Pada Jaringan Distribusi 20 kV Di Gardu Induk Sengkaling Penyulang Pujon



Gambar 4-1

Flowchart Pemecahan Masalah

4.3 Data Perhitungan

Dalam perhitungan aliran daya, data yang diambil dari Gardu Induk Sengkaling, yang melayani 6 (enam) buah penyulang dengan 2 (dua) buah transformator yang mempunyai rating masing-masing 150/20 kV – 30 MVA dan 150/20 kV -30 MVA.

Pada skripsi ini hanya menganalisa satu penyulang saja, yaitu pada penyulang Pujon. Sistem distribusi radial pada Gardu Induk Sengkaling menggunakan tegangan distribusi 20 kV. Untuk menyelesaikan perhitungan aliran daya terlebih dahulu ditetapkan *Single Line Diagram* yang akan dianalisa. Agar memudahkan perhitungan , maka digunakan sistem dalam *per-unit* (pu), dimana dasar yang digunakan adalah :

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

Selanjutnya *bus-bus* yang ada diklasifikasikan, yaitu *busbar* Gardu Induk Sengkaling diasumsikan sebagai *Slack Bus*, sedangkan *bus-bus* yang lain sepanjang saluran radial dipandang sebagai *bus* beban (*load bus*).

4.3.1. Data Saluran

Untuk menyalurkan tenaga listrik dari Gardu Induk Sengkaling ke pelanggan, pada penyulang Pujon digunakan saluran jenis hantaran udara dengan luas penampang nominal 150 mm², dengan spesifikasi jenis konduktor seperti pada tabel 4-1.

Tabel 4-1
Jenis dan Spesifikasi Penghantar Saluran Distribusi 20 kV

Jenis Konduktor	Penampang Nominal (mm ²)	Impedansi Saluran (Ω/km)
AAAC	35	0,9217 + j 0,3790
AAAC	50	0,6452 + j 0,3678
AAAC	70	0,4608 + j 0,3572
AAAC	120	0,2688 + j 0,3376
AAAC	150	0,2162 + j 0,3305

Adapun data saluran penyulang Pujon seperti pada table 4-2.

Tabel 4-2
Data Saluran Penyulang Pujon

Saluran	Dari	Ke	Panjang Saluran (Meter)	Impedansi Saluran	
	Node	Node		R (Ohm)	X (Ohm)
1	1	2	580.3	0.1255	0.1918
2	2	3	1432.6	0.3097	0.4735
3	3	4	863.9	0.1868	0.2855
4	4	5	85.4	0.0185	0.0282
5	4	6	683.3	0.1477	0.0282
6	6	7	2082.8	0.4503	0.6884

Tabel 4-2 selengkapnya dapat dilihat pada lampiran

4.3.2. Pembebanan Penyulang Pujon

Pembebanan diperoleh dengan mengambil data dari kVA masing-masing trafo distribusi, dimana besarnya beban pada masing-masing fasa diasumsikan seimbang. Jika besarnya pembebanan adalah nol, maka pada *node* tersebut tidak terdapat trafo distribusi tetapi hanya merupakan *node*.

Berhubung tidak dilakukan pengukuran faktor daya ($\cos \phi$) pada jaringan, maka faktor daya disini diasumsikan sebesar $\cos \phi$ 0,86 sehingga diperoleh pembebanan aktif dan pembebanan reaktif seperti pada table 4-3.

Tabel 4-3
Data Pembebanan Penyulang Pujon

Nomor Bus	Kode Trafo	Lokasi	Pembebanan		Tipe Bus
			P (kW)	Q(kVAR)	
1			0	0	<i>Slack</i>
2	T 55	Jl. Raya Ngandat	36.980	21.940	<i>Load</i>
3	T 43	Jl. Raya Mojorejo	103.20	63.24	<i>Load</i>
4					<i>Node</i>
5	T 67	Ds. Beji	61.920	36.740	<i>Load</i>

Sumber : PT PLN (Persero) Distribusi Jatim APJ Malang Unit-PJ Batu

Tabel 4-3 selengkapnya dapat dilihat pada lampiran

Tabel 4-4
Data Kapasitor^[4]

Kapasitas (kVAR)	Harga Kapasitor (\$/Tahun)
300	525.10
450	572.72
600	579.15
900	664.95

4.4 Analisa Perhitungan

Dalam perhitungan penempatan kapasitor diawali dengan melakukan analisa studi aliran daya dengan menggunakan metode *Newton Raphson*. Studi aliran daya dilakukan untuk mengetahui harga tegangan dan sudut fasa di tiap-tiap *node*. Setelah studi aliran daya dilakukan, barulah dilakukan perhitungan aliran daya dan rugi-rugi daya pada saluran.

Untuk mengetahui letak penempatan kapasitor, besar kapasitas yang terpasang dan total biaya keuntungan tahunan akan ditentukan melalui program komputer.

Untuk memudahkan perhitungan dan analisa pada sistem tenaga, biasanya dipakai harga-harga dalam per-satuan (*pu*). Harga per-satuan adalah harga yang sebenarnya dibagi dengan harga dasar. Harga dasar pada studi ini adalah 20 kV dan 100 kVA sebagai harga tegangan dasar dan daya dasar. Mengingat bahwa pada jaringan tidak dilakukan pengukuran faktor daya maka pada perhitungan ini diambil harga faktor daya rata-rata diasumsikan sebesar 0,86.

Perhitungan diawali dengan menampilkan *Single Line* diagram dari penyulang yang mewakili keadaan sistem yang sesungguhnya. Dari gambar 4-2 diperlihatkan *single line* diagram dari penyulang Pujon. Pada penyulang ini jumlah bus dan jumlah saluran masing-masing adalah :

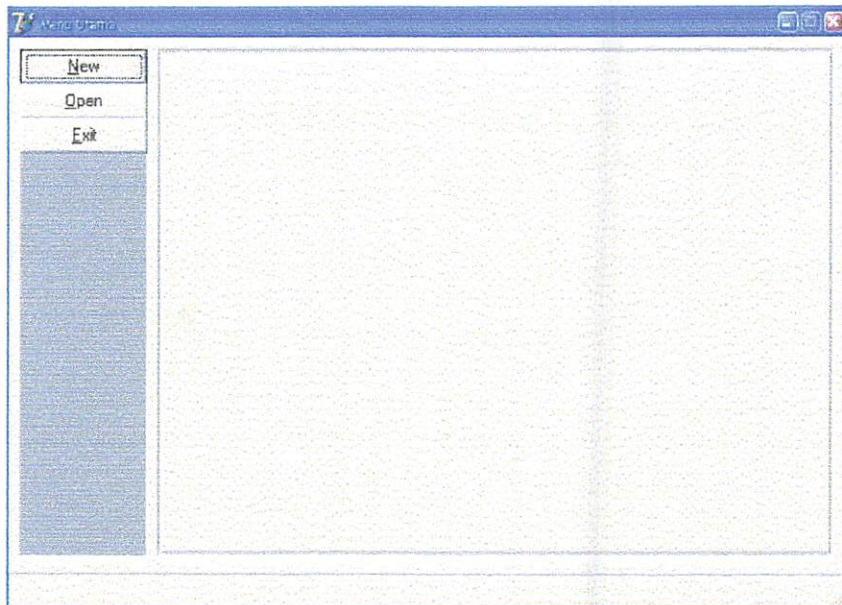
- *Slack Bus* = 1
- *Load Bus* = 100
- Jumlah Saluran = 100

4.5 Tampilan Program

Program dalam skripsi ini dieksekusi dengan menggunakan bantuan perangkat lunak komputer dengan bahasa pemrograman Borland Delphi versi 7.0 dan diaplikasikan pada komputer processor AMD Sempron XP 2600 MHz, dengan memori 512. Mengenai jalanya program ikutilah prosedur berikut ini :

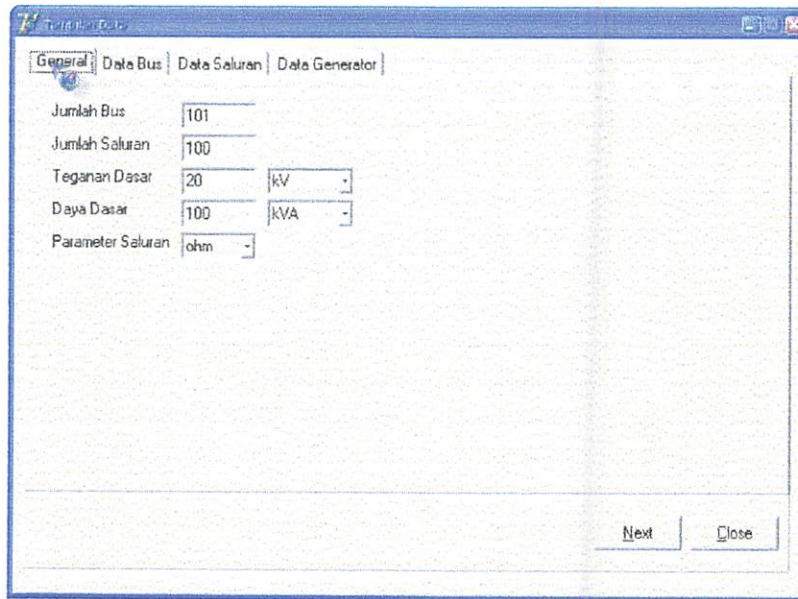
1. Tampilan Program

Tekan tombol *Open File* untuk membuka data yang sudah tersimpan atau tombol *New* untuk data baru.



Gambar 4-3
Tampilan Utama Program

2. Tekan tombol *General* untuk membuka data yang sudah tersimpan



Gambar 4-4
Tampilan Inputan Data

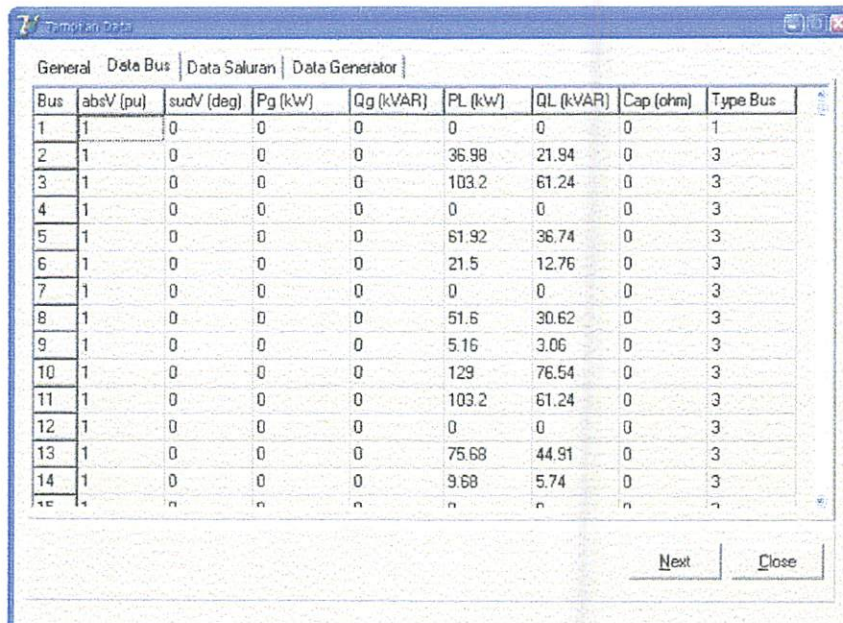
3. Kemudian tekan tombol *Data Saluran*

No	Dari	Ke	R (ohm)	X (ohm)	Lc (ohm)	Tr	Tu	Su (deg)	Kap (KVA)
1	1	2	0.1255	0.1918	0	0	0	0	10000
2	2	3	0.3097	0.4735	0	0	0	0	10000
3	3	4	0.1868	0.2655	0	0	0	0	10000
4	4	5	0.0185	0.0282	0	0	0	0	10000
5	4	6	0.1477	0.2258	0	0	0	0	10000
6	6	7	0.4503	0.6884	0	0	0	0	10000
7	7	8	0.0334	0.051	0	0	0	0	10000
8	8	9	0.0896	0.137	0	0	0	0	10000
9	9	10	0.1938	0.2963	0	0	0	0	10000
10	10	11	0.1002	0.1532	0	0	0	0	10000
11	11	12	0.0977	0.1494	0	0	0	0	10000
12	12	13	0.308	0.4708	0	0	0	0	10000
13	12	14	0.2668	0.4075	0	0	0	0	10000
14	7	15	0.2691	0.4114	0	0	0	0	10000

The image shows the same software window "Tampilkan Data" but with the "Data Saluran" tab selected. It displays a table with 14 rows of transmission line data. The columns are: No, Dari, Ke, R (ohm), X (ohm), Lc (ohm), Tr, Tu, Su (deg), and Kap (KVA). All "Su (deg)" and "Kap (KVA)" values are 0 and 10000 respectively. At the bottom right, there are "Next" and "Close" buttons.

Gambar 4-5
Tampilan Data Saluran

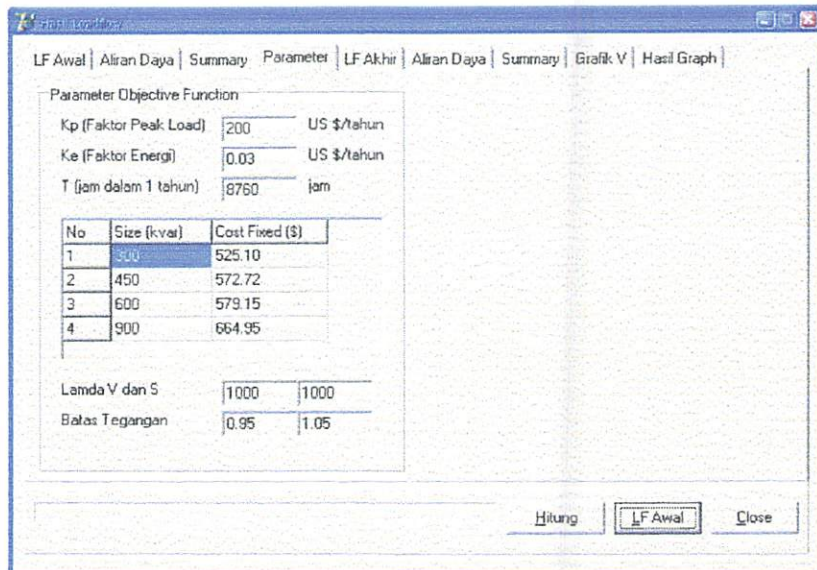
4. Kemudian tekan tombol *Data Bus* untuk menampilkan data pembebanan tiap bus



Bus	absV (pu)	sudV (deg)	Pg (kW)	Qg (kVAR)	PL (kW)	QL (kVAR)	Cap (ohm)	Type Bus
1	1	0	0	0	0	0	0	1
2	1	0	0	0	36.98	21.94	0	3
3	1	0	0	0	103.2	61.24	0	3
4	1	0	0	0	0	0	0	3
5	1	0	0	0	61.92	36.74	0	3
6	1	0	0	0	21.5	12.76	0	3
7	1	0	0	0	0	0	0	3
8	1	0	0	0	51.6	30.62	0	3
9	1	0	0	0	5.16	3.06	0	3
10	1	0	0	0	129	76.54	0	3
11	1	0	0	0	103.2	61.24	0	3
12	1	0	0	0	0	0	0	3
13	1	0	0	0	75.68	44.91	0	3
14	1	0	0	0	9.68	5.74	0	3
15	1	0	0	0	0	0	0	3

Gambar 4-6
Tampilan Data Pembebanan

5. Tekan tombol *Parameter* untuk memasukan parameter Algoritma Pencarian Grafik serta data kapasitor



Gambar 4-7

Tampilan Data Kapasitor dan Parameter Algoritma Pencarian Grafik

6. Tekan tombol *Next* kemudian tekan tombol *LF* awal untuk mengetahui hasil perhitungan aliran daya dengan Metode *Newton Raphson* dan profil tegangan pada kondisi awal

Bus	absV (pu)	sudV (deg)	Pg (kW)	Qg (kVAR)	PL (kW)	QL (kVAR)	Sups (pu)	Type Bus
1	1.00000	0.00000	4001.325	2461.264	0.000	0.000	0.000	1
2	0.99757	-0.06584	0.000	0.000	36.980	21.940	0.000	3
3	0.99162	-0.22826	0.000	0.000	103.200	61.240	0.000	3
4	0.98812	-0.32447	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3
5	0.98812	-0.32463	0.000	0.000	61.920	36.740	0.000	3
6	0.98541	-0.39980	0.000	0.000	21.500	12.760	0.000	3
7	0.97719	-0.63067	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3
8	0.97711	-0.63284	0.000	0.000	51.600	30.620	0.000	3
9	0.97693	-0.63802	0.000	0.000	5.160	3.060	0.000	3
10	0.97663	-0.64666	0.000	0.000	129.000	76.540	0.000	3
11	0.97654	-0.64932	0.000	0.000	103.200	61.240	0.000	3
12	0.97650	-0.65049	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3
13	0.97639	-0.65376	0.000	0.000	75.680	44.910	0.000	3
14	0.97649	-0.65085	0.000	0.000	9.680	5.740	0.000	3
15	0.97289	-0.75284	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3

Gambar 4-8
Tampilan Hasil Profil Tegangan Tiap Bus
Sebelum Kompensasi

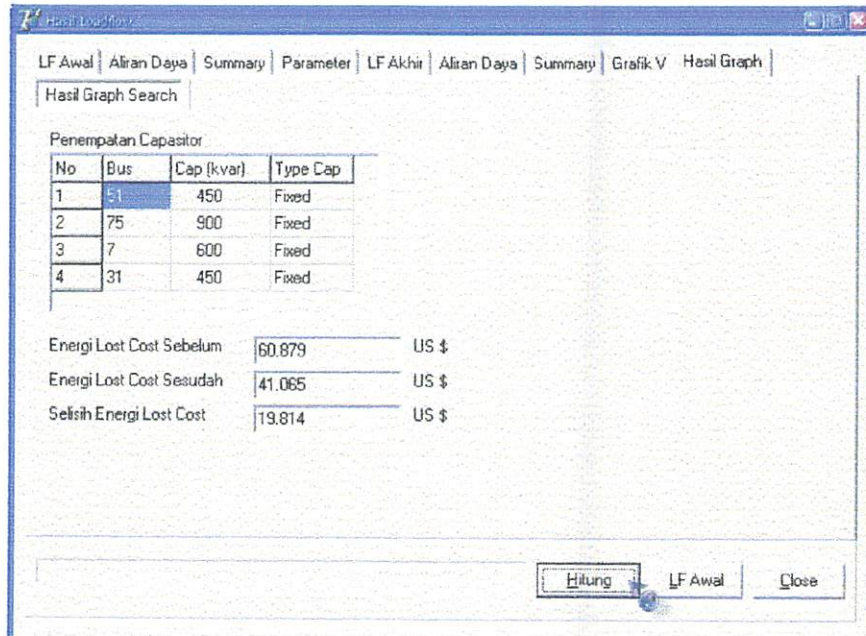
No	Dari	Ke	P (kW)	Q (kVAR)	Arus re (A)	Arus im (A)	Dari	Ke	P (kW)	Q (kVAR)
1	1	2	4001.325	2461.264	200.066	123.063	2	1	-3994.401	-24
2	2	3	3957.420	2428.742	198.214	121.961	3	2	-3940.646	-24
3	3	4	3837.446	2341.855	193.023	118.853	4	3	-3827.847	-23
4	4	5	61.920	36.740	3.123	1.877	5	4	-61.920	-36
5	4	6	3765.927	2290.444	189.900	116.976	6	4	-3758.579	-22
6	6	7	3737.078	2266.450	188.814	116.321	7	6	-3714.932	-22
7	7	8	463.608	275.240	23.565	14.344	8	7	-463.583	-27
8	8	9	411.983	244.581	20.942	12.748	9	8	-411.929	-24
9	9	10	317.651	188.569	16.149	9.831	10	9	-317.581	-18
10	10	11	188.581	111.923	9.589	5.839	11	10	-188.569	-11
11	11	12	85.369	50.664	4.341	2.643	12	11	-85.366	-50
12	12	13	75.686	44.920	3.849	2.344	13	12	-75.680	-44
13	12	14	9.680	5.740	0.492	0.300	14	12	-9.680	-5
14	7	15	3251.323	1957.352	165.248	101.977	15	7	-3241.176	-19
15	15	16	161.790	90.072	7.740	4.731	16	15	-161.790	-90

Gambar 4-9
Tampilan Hasil Aliran Daya Tiap Saluran
Sebelum Kompensasi

Summary Loadflow		
Jumlah Pembangkitan	4001.325+ j2461.264	kVA
Jumlah Pembebanan	3069.700+ j2296.140	kVA
Jumlah Rugi-Rugi	131.545+ j165.124	kVA
Iterasi	4	
Waktu Hitung	0:00:313	

Gambar 4-10
Tampilan Total Aliran Daya Pada Jaringan
Sebelum Kompensasi

7. Tekan tombol Hitung untuk melakukan proses komputasi atau menjalankan program.



Gambar 4-11

Tampilan Hasil Optimasi Dengan Metode Algoritma Pencarian Grafik

8. Setelah itu tekan tombol *LF* akhir untuk mengetahui hasil aliran daya dan perubahan profil tegangan setelah kompensasi

Bus	absV (pu)	sudV (deg)	Pg (kW)	Qg (KVAR)	PL (kW)	OL (KVAR)	Sups (pu)	Type Bus
1	1.00000	0.00000	3963.675	14.071	0.000	0.000	0.000	1
2	0.99875	-0.10878	0.000	0.000	36.980	21.940	0.000	3
3	0.99574	-0.37693	0.000	0.000	103.200	61.240	0.000	3
4	0.99403	-0.53677	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3
5	0.99402	-0.53692	0.000	0.000	61.920	38.740	0.000	3
6	0.99272	-0.66233	0.000	0.000	21.500	12.760	0.000	3
7	0.98882	-1.04583	0.000	600.000	0.000	0.000	0.000	3
8	0.98874	-1.04794	0.000	0.000	51.600	30.620	0.000	3
9	0.98856	-1.05300	0.000	0.000	5.160	3.060	0.000	3
10	0.98827	-1.06144	0.000	0.000	129.000	76.540	0.000	3
11	0.98818	-1.06404	0.000	0.000	103.200	61.240	0.000	3
12	0.98814	-1.06518	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3
13	0.98802	-1.06838	0.000	0.000	75.680	44.910	0.000	3
14	0.98812	-1.06554	0.000	0.000	9.680	5.740	0.000	3
15	0.98648	-1.23562	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3

Gambar 4-12
Tampilan Hasil Profil Tegangan Tiap Bus
Setelah Kompensasi

No	Dari	Ke	P (kW)	Q (kVAR)	Arus re (A)	Arus im (A)	Dari	Ke	P (kW)	Q (kVAR)
1	2	3	3963.675	14.071	198.184	0.704	2	3	-3958.745	-6.071
2	2	3	3921.766	-15.403	196.335	-0.398	3	2	-3909.827	3.071
3	3	4	3806.627	-94.895	191.173	-3.507	4	3	-3799.798	10.071
4	4	5	61.920	36.740	3.097	1.877	5	4	-61.920	-3.097
5	4	6	3737.878	-142.073	188.076	-5.385	6	4	-3732.649	15.071
6	6	7	3711.149	-162.827	187.000	-6.040	7	6	-3695.386	18.071
7	7	8	463.604	275.234	23.184	14.343	8	7	-463.579	-27.071
8	8	9	411.979	244.576	20.604	12.747	9	8	-411.926	-24.071
9	9	10	317.649	188.566	15.888	9.831	10	9	-317.581	-18.071
10	10	11	188.581	111.922	9.434	5.838	11	10	-188.569	-11.071
11	11	12	85.369	50.663	4.271	2.643	12	11	-85.366	-5.071
12	12	13	75.686	44.919	3.787	2.344	13	12	-75.680	-4.071
13	12	14	9.680	5.740	0.484	0.300	14	12	-9.680	-5.071
14	7	15	3231.782	137.842	163.262	9.952	15	7	-3224.583	-12.071
15	15	16	151.790	90.070	7.592	4.730	16	15	-151.790	-90.070

Gambar 4-13
Tampilan Hasil Aliran Daya Tiap Saluran
Setelah Kompensasi

Summary Loadflow		
Jumlah Pembangkitan	3963.675+ j2414.071	KVA
Jumlah Pembebanan	3869.790+ j2296.140	KVA
Jumlah Rugi-Rugi	93.895+ j117.931	KVA
Iterasi	0	
Waktu Hitung	0:0:0	

Gambar 4-14
Tampilan Hasil Total Aliran Daya Jaringan
Setelah Kompensasi

4.6 Hasil Perhitungan

Setelah melakukan analisa dengan metode *Newton Raphson* maka akan diperoleh besarnya tegangan dari tiap-tiap *node*, besarnya rugi-rugi daya saluran, dan aliran daya saluran seperti pada tabel 4-5 samapai 4-8 :

Tabel 4-5
Kondisi Tegangan Dan Sudut Fasa Tegangan Tiap Node
Penyulang Pujon Sebelum Kompensasi

Nomor Bus	Tegangan (pu)	Sudut V (Deg)
1	1,00000	0,00000
2	0,99757	-0,06584
3	0,99162	-0,22825
4	0,98812	-0,32447
5	0,98812	-0,32463

Tabel 4-5 selengkapnya dapat dilihat pada lampiran

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

Saluran	Daya Aktif (P) (KW)	Daya Reaktif(Q) (KVAR)
1-2	6,92	10,58
2-3	16,77	25,40
3-4	9,59	14,67
4-5	0,00	0,00
4-6	7,34	11,23

Tabel 4-6 selengkapnya dapat dilihat pada lampiran

Figure 1: Comparison of the two models.

Model	Model 1	Model 2
Number of parameters	10	10
Number of variables	10	10
Number of constraints	10	10
Number of objectives	10	10
Number of constraints per variable	10	10
Number of objectives per variable	10	10
Number of constraints per objective	10	10
Number of objectives per objective	10	10
Number of constraints per constraint	10	10
Number of objectives per constraint	10	10
Number of constraints per objective	10	10
Number of objectives per objective	10	10

Figure 1: Comparison of the two models. The table shows that both models have the same number of parameters, variables, constraints, and objectives. However, the number of constraints per variable and objectives per variable are higher in Model 2 than in Model 1. This indicates that Model 2 is more complex than Model 1.

Figure 2: Comparison of the two models.

Model	Model 1	Model 2
Number of parameters	10	10
Number of variables	10	10
Number of constraints	10	10
Number of objectives	10	10
Number of constraints per variable	10	10
Number of objectives per variable	10	10
Number of constraints per objective	10	10
Number of objectives per objective	10	10
Number of constraints per constraint	10	10
Number of objectives per constraint	10	10
Number of constraints per objective	10	10
Number of objectives per objective	10	10

Figure 2: Comparison of the two models. The table shows that both models have the same number of parameters, variables, constraints, and objectives. However, the number of constraints per variable and objectives per variable are higher in Model 2 than in Model 1. This indicates that Model 2 is more complex than Model 1.

Figure 3: Comparison of the two models.

Figure 3: Comparison of the two models. The table shows that both models have the same number of parameters, variables, constraints, and objectives. However, the number of constraints per variable and objectives per variable are higher in Model 2 than in Model 1. This indicates that Model 2 is more complex than Model 1.

Tabel 4-7
Besarnya Aliran Daya Tiap Saluran Penyulang Pujon
Sebelum Kompensasi

Saluran	Daya Aktif (P) (kW)	Daya Reaktif (Q) (KVAR)
1-2	4001,325	2461,264
2-3	3957,426	2428,742
3-4	3837,446	2341,855
4-5	61,920	36,740
4-6	3765,927	2290,444

Tabel 4-7 selengkapnya dapat dilihat pada lampiran

Tabel 4-8
Arus Tiap Saluran Penyulang Pujon
Sebelum Kompesasi

Saluran	Arus <i>re</i> (Ampere)	Arus <i>im</i> (Ampere)
1-2	200,06	123,06
2-3	198,21	121,96
3-4	193,02	118,85
4-5	3,12	1,87
4-6	184,90	116,97

Tabel 4-8 selengkapnya dapat dilihat pada lampiran

Banyaknya Saluran = 100

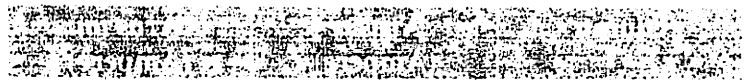
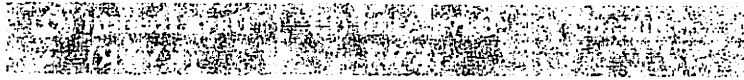
Banyaknya *Node* = 101

Banyaknya Iterasi = 4

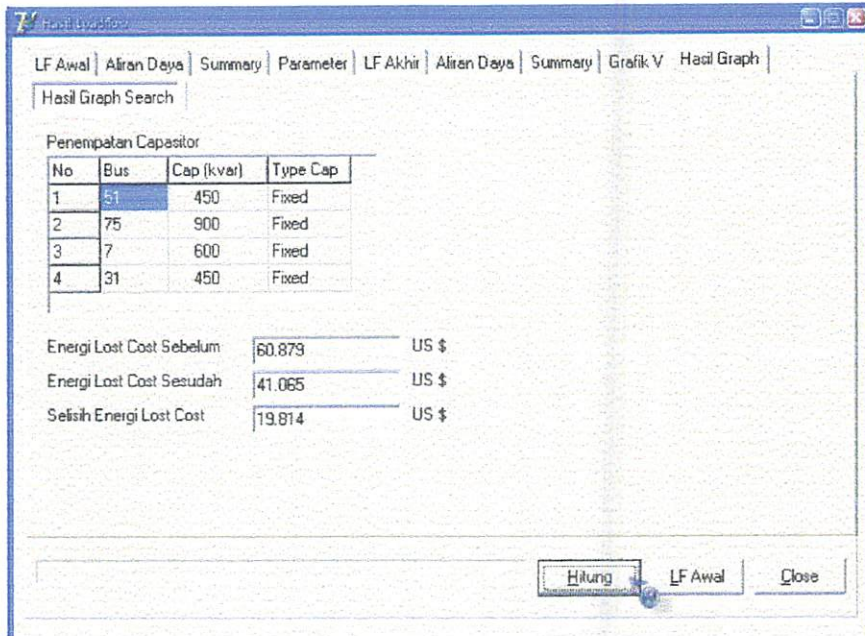
Total Pembangkitan = $4001,32 + j 2461,264$ kVA

Total Pembebanan = $3869,78 + j 2296,140$ kVA

Rugi Total Saluran = $131,545 + j 165,124$ kVA



Setelah dilakukan analisa dengan menggunakan metode Algoritma Pencarian Grafik, maka diperoleh hasil yaitu letak pemasangan kapasitor, kapasitas kapasitor serta total penghematan energi dalam waktu satu tahun seperti pada gambar 4-15 di bawah ini :



Gambar 4-15
Tampilan Hasil Metode Algoritma Pencarian Grafik

Dari tampilan hasil program di atas dapat dilihat bahwa kapasitor dipasang pada *node* 7, 31, 51 dan 75 dengan kapasitas masing-masing sebesar 600, 450, 450 dan 900 kVAR.

Setelah dilakukan optimasi dengan pemasangan kapasitor, diperoleh perbaikan profil tegangan dan rugi-rugi saluran. Dapat dilihat pada tabel 4-9 sampai 4-12.

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

Nomor Bus	Tegangan (pu)	Sudut V (Deg)
1	1,00000	0,00000
2	0,99875	-0,10878
3	0,99574	-0,37693
4	0,99403	-0,53677
5	0,99402	-0,53692

Tabel 4-9 selengkapnya dapat dilihat pada lampiran

Tabel 4-10
Besarnya Rugi-Rugi Daya Tiap Saluran
Penyulang Pujon Setelah Kompensasi

Saluran	Daya Aktif (P) (KW)	Daya Reaktif(Q) (KVAR)
1-2	4,93	7,53
2-3	11,93	18,25
3-4	6,82	10,43
4-5	0,00	0,00
4-6	5,22	7,99

Tabel 4-10 selengkapnya dapat dilihat pada lampiran

შპს-ის სახელი	(K/M) D963 / 194 (B)	(K/ T6) D963 B019HO
---------------	-------------------------	------------------------

პირ სახელი	(ბმ) ქვემოთ	(D65) საბჭო
---------------	----------------	----------------

Tabel 4-11
Besar Aliran Daya Tiap Saluran
Penyulang Pujon Setelah Kompensasi

Saluran	Daya Aktif (P) (KW)	Daya Reaktif (Q) (KVAR)
1-2	3963,675	14,07
2-3	3921,766	-15,403
3-4	3806,627	-94,895
4-5	61,920	36,540
4-6	3737,878	-142,073

Tabel 4-11 selengkapnya dapat dilihat pada lampiran

Tabel 4-12
Arus Tiap Saluran Penyulang Pujon
Setelah Kompensasi

Saluran	Arus <i>re</i> (Ampere)	Arus <i>im</i> (Ampere)
1-2	198,18	0,70
2-3	196,33	-0,34
3-4	191,17	-3,507
4-5	3,09	1,87
4-6	188,07	-5,38

Tabel 4-12 selengkapnya dapat dilihat pada lampiran

Banyaknya Saluran = 100

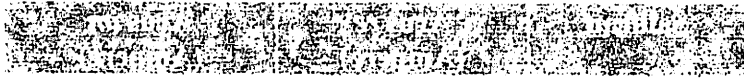
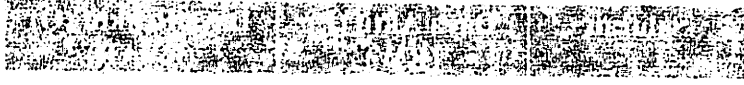
Banyaknya Node = 101

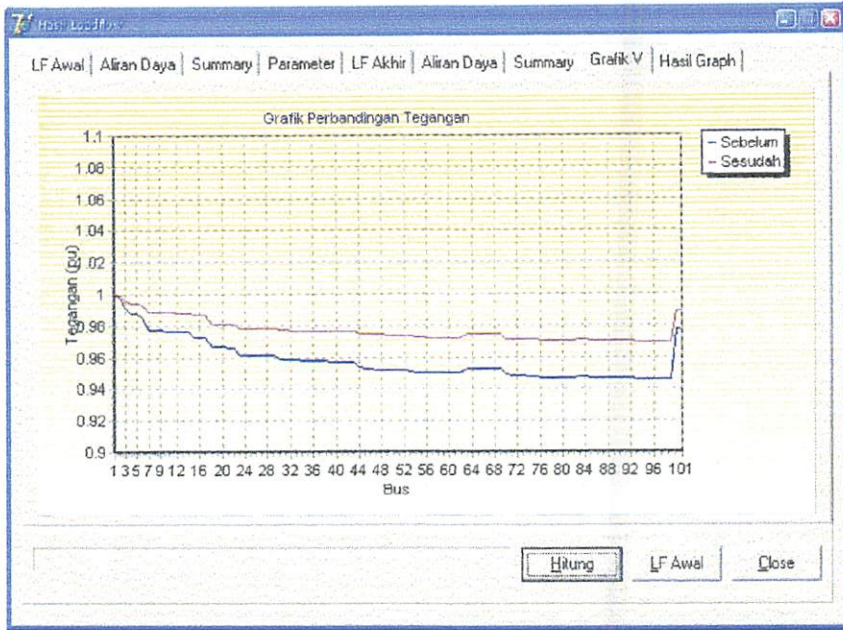
Banyaknya Iterasi = 4

Total Pembangkitan = $3963,675 + j 2414,074$ kVA

Total Pembebanan = $3869,780 + j 2296,140$ kVA

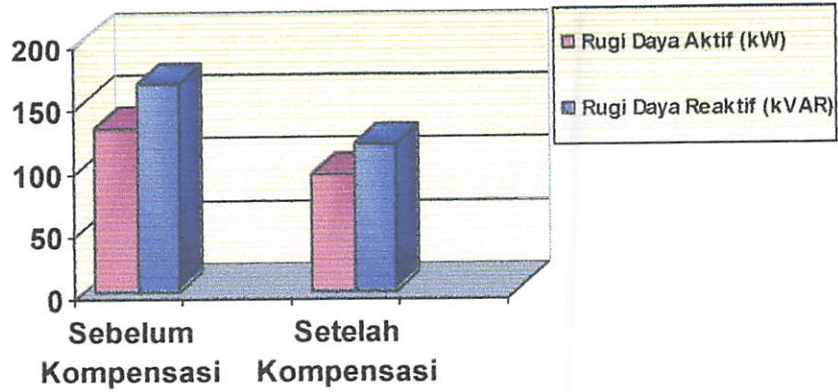
Rugi Total Saluran = $93,895 + j 117,931$ kVA





Grafik 4-1
Tegangan Tiap-Tiap *Node* Terhadap Asumsi Tegangan Awal
Sebelum dan Sesudah Kompensasi

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa perubahan tegangan dari asumsi tegangan awal tiap-tiap *node* berada dibawah batas-batas yang diijinkan, dengan tegangan paling rendah terjadi pada *node* ke-98 dan 99 yaitu sebesar 0,9452 pu atau 18,9 kV, dan setelah kompensasi tegangan pada *node* tersebut mengalami kenaikan sebesar 0,9689 pu atau 19,37 kV.



Grafik 4-2

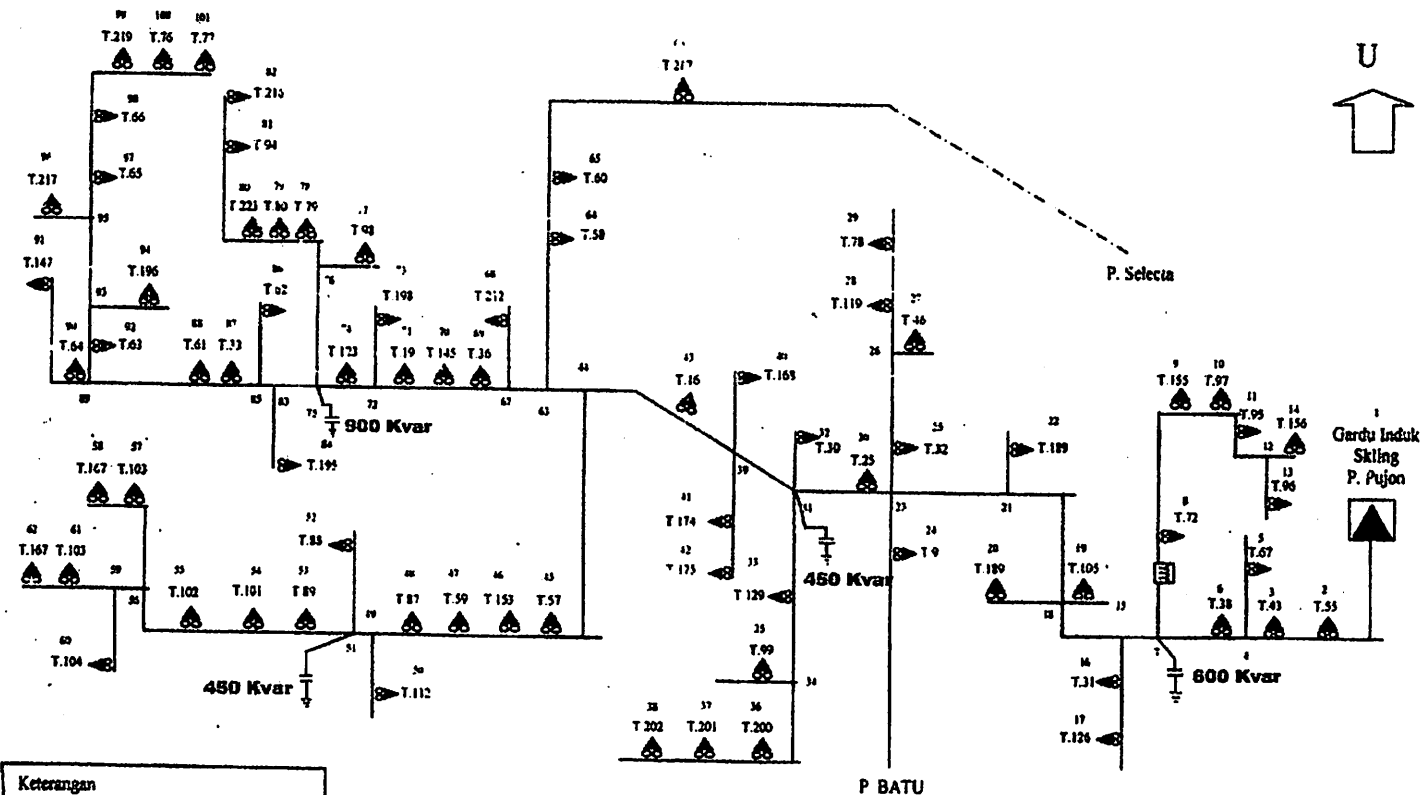
Rugi Daya Sebelum Dan Sesudah Kompensasi

Dari grafik di atas dapat dilihat perubahan rugi daya sebelum jaringan dikompensasi untuk daya aktif sebelum kompensasi sebesar 131,54 kW setelah kompensasi rugi daya aktif mengalami penurunan yaitu sebesar 93,89 kW, untuk daya reaktif sebelum kompensasi sebesar 165,12 kVAR setelah kompensasi mengalami penurunan yaitu sebesar 117,93 kVAR.

Tabel 4-13

Hasil Optimasi Penempatan Kapasitor

		Sebelum Kompensasi	Setelah Kompensasi
Rugi Daya Aktif (kW)		131,54	93,89
Rugi Daya Reaktif (kVAR)		165,12	117,93
Kompensasi	<i>Node 7 (kVAR)</i>	-	600
	<i>Node 31 (kVAR)</i>	-	450
	<i>Node 51 (kVAR)</i>	-	450
	<i>Node 75 (kVAR)</i>	-	900
V_{max} (pu)		0.9975	0.9987
V_{min} (pu)		0.9452	0.9689



GAMBAR 4-16
SINGLE LINE DIAGRAM PENYULANG PUJON SETELAH PEMASANGAN KAPASITOR

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan analisa penentuan letak dan kapasitas kapasitor dengan metode Algoritma Pencarian Grafik pada jaringan distribusi dapat diambil beberapa kesimpulan, antara lain :

1. Dari hasil perhitungan aliran daya pada Penyulang Pujon sebelum dikompensasi, tegangan paling rendah terjadi pada *node* 98 dan 99 yang besarnya 0,9452 atau 18,9 kV. Setelah kompensasi profil tegangan pada semua *node* Penyulang Pujon mengalami perubahan, yaitu untuk *node* 98 dan 99 mengalami kenaikan menjadi 0,9689 atau 19,37 kV atau mengalami kenaikan sebesar 2,62 %.
2. Rugi-rugi daya mengalami penurunan yaitu untuk daya aktif sebesar 37,65 kW dari 131,54 menjadi 93,89 kW. Sedangkan untuk daya reaktif sebesar 47,19 kVAR dari 165,12 kVAR menjadi 117,93 kVAR
3. Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa dengan metode Algoritma Pencarian Grafik, letak dan kapastas kapasitor yang optimal pada *node* 7, 31, 51 dan 75 dengan kapasitas masing-masing sebesar 600, 450, 450 dan 900 kVAR.

5.2. Saran

Optimasi penentuan letak dan kapasitas kapasitor pada jaringan distribusi primer tipe radial dengan menggunakan metode Algoritma PencarianGrafik perlu dikembangkan dan diaplikasikan dalam menganalisa saluran-saluran yang telah ada

maupun untuk perencanaan perluasan jaringan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hasan Basri “**Sistem Distribusi Tenaga Listrik** “
- [2] Turan Gonen “ **Electric Power Distribution System Engineering** “University Of Missouri at Columbia.
- [3] William D. Stevenson, Jr, 1996, “ **Analisis Sistem Tenaga Listrik**”, Edisi Ke-Empat, Erlangga, Jakarta.
- [4] J. C. Carlisle and A. A. El-Keib, “ **A Graph Search Algorithm for Optimal Placement of Fixed and Switched Capacitors on Radial Distribution System**”, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol 15, No 1, January 2000.
- [5] Djiteng Maesudi “ **Operasi Sistem Tenaga Listrik**” Balai Penerbit dan Humas ISTN 1990.
- [6] A.S Pabla dan Ir. Abdul Hadi “ **Sistem Distribusi Daya Listrik** “ Penerbit Erlangga, Jakarta 1991.

LAMPIRAN

A

- ***DATA SALURAN***
- ***DATA PEMBEBANAN***
- ***DATA HASIL PERHITUNGAN LOAD
FLOW***

A.Data Saluran Penyulang Pujon

Nomor Saluran	Dari Node	Ke Node	Panjang Saluran (Meter)	Resistansi (Ohm)	Reaktansi (Ohm)
1	1	2	580.3	0.1255	0.1918
2	2	3	1432.6	0.3097	0.4735
3	3	4	863.9	0.1868	0.2855
4	4	5	85.4	0.0185	0.0282
5	4	6	683.3	0.1477	0.2258
6	6	7	2082.8	0.4503	0.6884
7	7	8	154.4	0.0344	0.0510
8	8	9	414.5	0.0896	0.1370
9	9	10	896.5	0.1938	0.2963
10	10	11	463.5	0.1002	0.1532
11	11	12	452	0.0977	0.1494
12	12	13	1424.5	0.3080	0.4708
13	12	14	1233	0.2666	0.4075
14	7	15	1244.8	0.2691	0.4114
15	15	16	90.5	0.0196	0.0299
16	16	17	20.4	0.0044	0.0067
17	15	18	338	0.0731	0.1117
18	18	19	182.2	0.0490	0.0615
19	18	20	402.8	0.1083	0.1360
20	18	21	304.3	0.0658	0.1006
21	21	22	293.7	0.0790	0.0992
22	21	23	1257.4	0.2719	0.4156
23	23	24	406.5	0.0879	0.1344
24	23	25	154.2	0.0995	0.0567
25	25	26	627.4	0.5783	0.2378
26	26	27	6.4	0.0059	0.0024
27	26	28	204.2	0.1882	0.0774
28	28	29	1145.9	1.0562	0.4343
29	23	30	868.2	0.1877	0.2869
30	30	31	141.2	0.0305	0.0467
31	31	32	848.8	0.1835	0.2805
32	31	33	272.5	0.1758	0.1002
33	33	34	1127.05	0.7272	0.4145
34	34	35	102.2	0.0659	0.0376
35	34	36	496.35	0.1073	0.1640
36	36	37	282.5	0.0611	0.0934

37	37	38	294.5	0.0673	0.0973
38	31	39	943.3	0.2039	0.3118
39	39	40	302.31	0.1951	0.1112
40	39	40	548.11	0.1185	0.1812
41	41	42	105.9	0.0229	0.035
42	39	43	40.5	0.0088	0.0134
43	43	44	1653.6	0.3575	0.5465
44	44	45	785.2	0.1698	0.2595
45	45	46	335.9	0.0726	0.111
46	46	47	793.2	0.1715	0.2622
47	47	48	571	0.1235	0.1887
48	48	49	365.5	0.079	0.1208
49	49	50	729.8	0.1578	0.2412
50	49	51	54.10	0.0117	0.0179
51	51	52	121.8	0.0263	0.0403
52	51	53	940.35	0.2033	0.1308
53	53	54	1715.3	0.7904	0.6127
54	54	55	1192.7	0.5496	0.426
55	55	56	1123.5	0.2429	0.3713
56	56	57	1353.3	0.2926	0.4473
57	57	58	1067.1	0.2307	0.3527
58	56	59	396.5	0.0857	0.131
59	59	60	296.8	0.0645	0.0981
60	59	61	1093.4	0.2364	0.3614
61	61	62	1162.6	0.2514	0.3842
62	44	63	497.1	0.1075	0.1643
63	63	64	570.4	0.1233	0.1885
64	64	65	907	0.1961	0.2998
65	65	66	1769.8	0.3826	0.5849
66	63	67	135.2	0.0292	0.0447
67	67	68	821.6	0.1776	0.2715
68	67	69	110.15	0.0238	0.0364
69	69	70	891.3	0.1927	0.2946
70	70	71	603.2	0.1304	0.1994
71	71	72	27.3	0.0059	0.009
72	72	73	233.1	0.0504	0.077
73	72	74	258.7	0.0559	0.0855
74	74	75	198.1	0.0428	0.0655
75	75	76	1538.1	0.3325	0.5083

76	76	77	391.43	0.0895	0.1261
77	76	78	472	0.1021	0.156
78	78	79	449.6	0.0972	0.1486
79	79	80	721.4	0.156	0.2384
80	80	81	940.5	0.2033	0.3108
81	81	82	1428.3	0.3088	0.4721
82	75	83	322.1	0.0696	0.1065
83	83	84	186.4	0.0403	0.0616
84	83	85	98.5	0.0213	0.0326
85	85	86	243.9	0.0527	0.0806
86	85	87	205.3	0.0444	0.0679
87	87	88	590.3	0.1276	0.1951
88	88	89	856.6	0.1852	0.2831
89	89	90	458.3	0.0991	0.1515
90	90	91	1162.2	0.2513	0.3841
91	89	92	207.4	0.0448	0.0686
92	92	93	1061.5	0.2295	0.3508
93	93	94	1321.52	0.8527	0.4861
94	93	95	385.1	0.2485	0.1416
95	95	96	478.3	0.3086	0.1759
96	95	97	332.6	0.1246	0.1223
97	97	98	1161.5	0.7494	0.4272
98	98	99	100.4	0.0217	0.033
99	99	100	785.8	0.507	0.289
100	100	101	285.3	0.1841	0.1049

B. Data Pembebanan Penyulang Pujon

Nomor Node	Kode Trafo	Lokasi	Pembebanan		Type Bus
			P (kW)	Q (kVAR)	
1			0.0000	0.0000	Slack
2	T 55	Jl. Raya Ngandat	36.98	21.94	Load
3	T 43	Jl. Raya Mojo Rejo	103.20	61.24	Load
4			0.0000	0.0000	Node
5	T 67	Ds. Beji	61.42	36.74	Load
6	T.38	Jl.Raya Beji	21.50	12.76	Load
7			0.0000	0.0000	Node
8	T.72	Emanuel Temas	51.60	30.62	Load
9	T.115	Jl.Wukir Temas	5.16	3.06	Load
10	T.97	Ds.Temas Klerek	129.00	76.54	Load
11	T.95	Ds. Torong Rejo	103.20	61.24	Load
12			0.0000	0.0000	Node
13	T.156	Ds.Wukir	75.68	44.91	Load
14	T.96	Ds.Torong Rejo Tutup	9.68	5.74	Load
15			0.0000	0.0000	Node
16	T.31	Jl.Sudiro	122.55	72.72	Load
17	T.126	Jl.Sudiro	29.24	17.35	Load
18			0.0000	0.0000	Node
19	T.105	R.S Paru-Paru	33.54	19.90	Load
20	T.189	Jl.Kasiman	41.28	24.49	Load
21			0.0000	0.0000	Node
22	T.188	Jl.Lesti	38.70	22.96	Load
23			0.0000	0.0000	Node
24	T.9	Jl.Hasanudin	41.28	24.49	Load
25	T.32	Jl.Indragiri	55.90	33.17	Load
26			0.0000	0.0000	Node
27	T.46	Ds.Sumber Rejo	21.56	12.76	Load
28	T.119	Ds.Sumber rejo	34.40	20.41	Load
29	T.78	Ds.Santrehan	29.03	17.22	Load
30	T.25	Jl.Trunojoyo	49.02	29.09	Load
31			0.0000	0.0000	Node
32	T.30	Ds. Songgoriti	172.00	102.06	Load
33	T.129	Jl.Flamboyan	23.65	14.03	Load
34			0.0000	0.0000	Node

35	T.99	Jl. Flamboyan	79.81	47.36	<i>Load</i>
36	T.200	Ds.Tanbuh	21.50	12.76	<i>Load</i>
37	T.201	Ds.Tanbuh	68.80	40.82	<i>Load</i>
38	T.202	Ds.Tanbuh	63.21	37.51	<i>Load</i>
39			0.0000	0.0000	<i>Node</i>
40	T.168	Bukt Pinus	38.06	22.58	<i>Load</i>
41	T.174	Jl.Songgoriti	55.90	33.17	<i>Load</i>
42	T.175	Jl.Songgoriti	15.48	9.19	<i>Load</i>
43	T.16	Jl.Songgoriti	11.83	7.02	<i>Load</i>
44			0.0000	0.0000	<i>Node</i>
45	T. 57	Dk. Sebaluh	59.34	35.21	<i>Load</i>
46	T. 153	Dk. Sebaluh	68.80	40.82	<i>Load</i>
47	T. 59	Dk. Maron	59.34	35.21	<i>Load</i>
48	T. 87	Dk. Maron	68.80	40.82	<i>Load</i>
49			0.0000	0.0000	<i>Node</i>
50	T.197	Ds. Gunung Sari	13.38	7.91	<i>Load</i>
51			0.0000	0.0000	<i>Node</i>
52	T.88	Ds. Pujon Kidul	31.82	18.88	<i>Load</i>
53	T.89	Ds. Pujon Kidul	96.32	57.15	<i>Load</i>
54	T.101	Dk.Biyan	32.12	21.43	<i>Load</i>
55	T.102	Dk. Bakir	78.26	45.44	<i>Load</i>
56			0.0000	0.0000	<i>Node</i>
57	T.103	Dk. Cukal	35.26	20.96	<i>Load</i>
58	T. 167	Dk. Dadapan	21.07	12.50	<i>Load</i>
59			0.0000	0.0000	<i>Load</i>
60	T. 213	Ds. Cukal	36.12	21.43	<i>Load</i>
61	T.104	Dk.Tretes	43.00	25.51	<i>Load</i>
62	T.166	Dk.Dadapan	11.18	6.63	<i>Load</i>
63			0.0000	0.0000	<i>Node</i>
64	T.58	Dk.Pande Mas	33.54	19.90	<i>Load</i>
65	T.60	Ds.Jurang Rejo	86.69	51.44	<i>Load</i>
66	T.217	Ds.Brau	12.90	7.65	<i>Load</i>
67			0.0000	0.0000	<i>Node</i>
68	T.212	Dk.Don Bayi	10.32	6.12	<i>Load</i>
69	T.36	Ds.Pande Sari	101.91	60.47	<i>Load</i>
70	T.145	Dk. Watu Gong	50.74	30.11	<i>Load</i>
71	T.19	Jl.Raya Pujon	71.55	42.46	<i>Laad</i>
72			0.0000	0.0000	<i>Node</i>
73	T.198	Pasar Baru	47.30	28.07	<i>Load</i>

74	T.123	Jl.Raya Pujon	91.59	54.35	<i>Load</i>
75			0.0000	0.0000	<i>Node</i>
76			0.0000	0.0000	<i>Node</i>
77	T.98	Dk.Kalangan	64.50	38.27	<i>Load</i>
78	T.79	Ds.Wiyun Rejo	105.95	62.87	<i>Load</i>
79	T.80	Ds.Madirejo	40.64	24.11	<i>Load</i>
80	T.223	Dk.Sobo	14.19	8.42	<i>Load</i>
81	T.231	Dk.Sobo	50.25	43.22	<i>Load</i>
82	T.216	Dk.Delik	69.66	41.33	<i>Load</i>
83			0.0000	0.0000	<i>Node</i>
84	T.195	KOPSAE	11.01	6.53	<i>Load</i>
85			0.0000	0.0000	<i>Node</i>
86	T.62	KOPSAE	70.95	42.10	<i>Load</i>
87	T.33	Ds.Ngroto	124.70	73.99	<i>Load</i>
88	T.61	Ds.Ngroto	62.78	37.25	<i>Load</i>
89			0.0000	0.0000	<i>Node</i>
90	T.64	Dk.Lebak Sari	31.39	18.63	<i>Load</i>
91	T.147	Dk. Torong	26.23	15.56	<i>Load</i>
92	T.63	Dk.Mantung	34.40	20.41	<i>Load</i>
93			0.0000	0.0000	<i>Node</i>
94	T.196	Dk.Buder	14.19	8.42	<i>Load</i>
95			0.0000	0.0000	<i>Node</i>
96	T.198	Ds.Ngabab	30.96	18.37	<i>Load</i>
97	T.65	Ds.Ngabab	100.45	59.60	<i>Load</i>
98	T.66	Ds.Ngabab	55.04	32.66	<i>Load</i>
99	T.219	Ds.Manting	38.70	22.96	<i>Load</i>
100	T.76	Ds.Manting	12.04	7.14	<i>Load</i>
101	T.77	Dk.Gerih	77.06	45.72	<i>Load</i>

Sumber : PT PLN (Persero) Distribusi Jatim APJ Malang Unit-PJ Batu

C. Hasil Perhitungan Load Flow

Kodisi Tegangan dan Sudut Fasa Tegangan Tiap Node Penyulang Pujon Sebelum Kompensasi

Nomor Node	Tegangan (Pu)	Sudut V (Deg)	Nomor Node	Tegangan (Pu)	Sudut V (Deg)
1	1.0000	0.0000	41	0.9572	-0.9319
2	0.9975	-0.0658	42	0.9572	-0.9320
3	0.9916	-0.2282	43	0.9571	-0.9334
4	0.9881	-0.3244	44	0.9533	-1.0459
5	0.9881	-0.3246	45	0.9527	-1.0632
6	0.9854	-0.3998	46	0.9525	-1.0699
7	0.9771	-0.6306	47	0.9520	-1.0842
8	0.9771	-0.6328	48	0.9517	-1.0934
9	0.9769	-0.6380	49	0.9515	-1.0985
10	0.9766	-0.6466	50	0.9515	-1.0995
11	0.9765	-0.6493	51	0.9515	-1.0991
12	0.9765	-0.6504	52	0.9515	-1.0933
13	0.9763	-0.6537	53	0.9511	-1.1099
14	0.9764	-0.6508	54	0.9503	-1.1159
15	0.9728	-0.7528	55	0.9498	-1.1194
16	0.9728	-0.7532	56	0.9497	-1.1247
17	0.9728	-0.7532	57	0.9496	-1.1272
18	0.9665	-0.5992	58	0.9496	-1.1279
19	0.9665	-0.5993	59	0.9496	-1.1259
20	0.9665	-0.5996	60	0.9496	-1.1262
21	0.9655	-0.6271	61	0.9496	-1.1278
22	0.9655	-0.6274	62	0.9495	-1.1282
23	0.9616	-0.7417	63	0.9525	-1.0689
24	0.9615	-0.7422	64	0.9524	-1.0713
25	0.9615	-0.7417	65	0.9523	-1.0742
26	0.9614	-0.7403	66	0.9523	-1.0749
27	0.9614	-0.7403	67	0.9523	-1.0746
28	0.9614	-0.7401	68	0.9523	-1.0749
29	0.9613	-0.7395	69	0.9522	-1.0792
30	0.9590	-0.8163	70	0.9487	-1.0302
31	0.9586	-0.8283	71	0.9479	-1.0526
32	0.9584	-0.8329	72	0.9479	-1.0521
33	0.9584	-0.8281	73	0.9479	-1.0525
34	0.9578	-0.8275	74	0.9476	-1.0607
35	0.9578	-0.8275	75	0.9474	-1.0667
36	0.9577	-0.8299	76	0.9468	-1.0838
37	0.9576	-0.8310	77	0.9468	-1.0845
38	0.9576	-0.9307	78	0.9467	-1.0879
39	0.9572	-0.9307	79	0.9466	-1.0904
40	0.9572	-0.9306	80	0.9465	-1.0933

81	0.9464	-1.0965	91	0.9461	-1.1240
82	0.9463	-1.0997	92	0.9461	-1.1240
83	0.9472	-1.0730	93	0.9458	-1.1323
84	0.9472	-1.0731	94	0.9458	-1.1322
85	0.9468	-1.1020	95	0.9456	-1.1321
86	0.9468	-1.1025	96	0.9456	-1.1320
87	0.9467	-1.1054	97	0.9455	-1.1319
88	0.9465	-1.1129	98	0.9452	-1.1317
89	0.9462	-1.1221	99	0.9452	-1.1318
90	0.9461	-1.1230	100	0.9767	-0.6378
			101	0.9767	-0.6278

**Kodisi Tegangan dan Sudut Fasa Tegangan Tiap Node
Penyulang Pujon Sesudah Kompensasi**

Nomor Node	Tegangan (pu)	Sudut V (Deg)	Nomor Node	Tegangan (pu)	Sudut V (Deg)
1	1.0000	0.0000	41	0.9766	-1.7598
2	0.9987	-0.1087	42	0.9766	-1.7610
3	0.9987	-0.3769	43	0.9766	-1.7642
4	0.9940	-0.5367	44	0.9747	-1.9445
5	0.9940	-0.5369	45	0.9744	-1.9726
6	0.9927	-0.6623	46	0.9743	-1.9840
7	0.9888	-1.0458	47	0.9742	-2.0093
8	0.9887	-1.0530	48	0.9741	-2.0264
9	0.9885	-1.0474	49	0.9741	-2.0366
10	0.9882	-1.0530	50	0.9728	-2.0533
11	0.9881	-1.0640	51	0.9728	-2.0537
12	0.9881	-1.0651	52	0.9728	-2.0538
13	0.9880	-1.0683	53	0.9725	-2.0635
14	0.9881	-1.0655	54	0.9717	-2.0689
15	0.9864	-1.2536	55	0.9713	-2.0721
16	0.9864	-1.2360	56	0.9711	-2.0773
17	0.9864	-1.3360	57	0.9710	-2.0802
18	0.9807	-1.2824	58	0.9710	-2.0814
19	0.9807	-1.2826	59	0.9711	-2.0782
20	0.9807	-1.2828	60	0.9711	-2.0785
21	0.9802	-1.3275	61	0.9710	-2.0798
22	0.9802	-1.3272	62	0.9710	-2.0809
23	0.9782	-1.5117	63	0.9727	-2.0031
24	0.9782	-1.5112	64	0.9728	-2.0056
25	0.9782	-1.5099	65	0.9727	-2.0088
26	0.9781	-1.5098	66	0.9727	-2.0095
27	0.9781	-1.5097	67	0.9728	-2.0128
28	0.9781	-1.5097	68	0.9728	-2.0134
29	0.9780	-1.5090	69	0.9727	-2.0206
30	0.9770	-1.6338	70	0.9699	-2.0994
31	0.9768	-1.6536	71	0.9696	-2.1390
32	0.9767	-1.6536	72	0.9696	-2.1394
33	0.9767	-1.6534	73	0.9696	-2.1394
34	0.9761	-1.6528	74	0.9695	-2.1553
35	0.9761	-1.6528	75	0.9695	-2.1670
36	0.9759	-1.6562	76	0.9689	-2.1839
37	0.9759	-1.6551	77	0.9689	-2.1847
38	0.9759	-1.6568	78	0.9688	-2.1880
39	0.9766	-1.7598	79	0.9687	-2.1903
40	0.9766	-1.7598	80	0.9686	-2.1931

81	0.9685	-2.1960	91	0.9683	-2.2190
82	0.9684	-2.1988	92	0.9682	-2.2196
83	0.9693	-2.1729	93	0.9680	-2.2280
84	0.9693	-2.1731	94	0.9679	-2.2279
85	0.9690	-2.1984	95	0.9678	-2.2278
86	0.9690	-2.1984	96	0.9677	-2.2278
87	0.9683	-2.2017	97	0.9676	-2.2277
88	0.9686	-2.2091	98	0.9689	-2.2274
89	0.9683	-2.2178	99	0.9689	-2.2276
90	0.9683	-2.2185	100	0.9872	-1.0395
			101	0.9871	-1.0394

**Besar Rugi-Rugi Daya Tiap Saluran
Penyulang Pujon Sebelum Kompensasi**

Saluran	Daya Nyata P (kW)	Daya Reaktif Q (kVAR)	Saluran	Daya Nyata P (kW)	Daya Reaktif Q (kVAR)
1-2	6.92	10.58	44-45	0.300	0.462
2-3	16.77	25.40	45-46	0.108	0.165
3-4	9.59	14.67	46-47	0.203	0.311
4-5	0.00	0.00	47-48	0.117	0.179
4-6	7.34	11.23	48-49	0.056	0.085
6-7	22.146	33.86	49-50	0.001	0.048
7-8	0.025	0.039	49-51	0.007	0.010
8-9	0.054	0.090	51-52	0.000	0.000
9-10	0.070	0.106	51-53	0.097	0.149
10-11	0.012	0.020	53-54	0.202	0.156
11-12	0.003	0.004	54-55	0.104	0.081
12-13	0.006	0.010	55-56	0.023	0.030
12-14	0.000	0.000	56-57	0.004	0.005
7-15	10.147	15.510	57-58	0.000	0.001
15-16	0.002	0.002	56-59	0.003	0.004
16-17	0.000	0.000	59-60	0.000	0.000
15-18	25.048	3.827	51-61	0.003	0.004
18-19	0.000	0.000	61-62	0.000	0.024
18-20	0.001	0.001	44-63	0.845	0.000
18-21	2.147	3.281	63-64	0.009	1.292
21-22	0.001	0.000	64-65	0.007	0.013
21-23	8.641	13.216	65-66	0.000	0.000
23-24	0.001	0.001	63-67	0.189	0.290
23-25	0.001	0.001	67-68	0.000	0.000
23-26	0.015	0.006	67-69	0.152	0.233
26-27	0.001	0.000	69-70	5.036	1.006
26-28	0.001	0.000	70-71	0.050	0.994
26-29	0.003	0.001	71-72	0.026	-0.197
23-30	5.251	8.027	72-73	0.000	0.001
30-31	-4.177	1.261	72-74	0.224	0.343
31-32	0.000	0.030	74-75	0.123	0.218
31-33	0.043	0.015	75-76	0.140	0.220
33-34	0.146	0.083	76-77	0.001	0.002
34-35	0.013	0.008	76-78	0.029	0.045
35-36	0.009	0.006	78-79	0.011	0.016
36-37	0.004	0.006	79-80	0.009	0.015
37-38	0.001	0.001	80-81	0.011	0.045
31-39	0.701	5.961	81-82	0.006	0.009
39-40	0.001	0.001	75-83	0.095	0.145
39-41	0.002	0.003	83-84	0.000	0.000
41-42	0.000	0.000	83-85	0.041	0.428
39-43	0.152	0.233	85-86	0.001	0.001
43-44	6.126	9.367	85-87	0.045	0.069

87-88	0.075	0.115	93-95	0.048	0.027
88-89	0.077	0.117	95-96	0.001	0.001
89-90	0.001	0.002	95-97	0.030	0.018
90-91	0.001	0.001	97-98	0.025	0.014
89-92	0.012	0.019	98-99	0.000	0.000
92-93	0.049	0.076	99-100	0.014	0.080
93-94	0.001	0.0250	100-101	0.004	0.002

**Besar Rugi-Rugi Daya Tiap Saluran
Penyulang Pujon Sesudah Kompensasi**

Saluran	Daya Nyata P (kW)	Daya Reaktif Q (kVAR)	Saluran	Daya Nyata P (kW)	Daya Reaktif Q (kVAR)
1-2	4.93	7.53	44-45	0.215	0.328
2-3	11.93	18.25	45-46	0.077	0.188
3-4	6.82	10.43	46-47	0.149	-0.228
4-5	0.00	0.00	47-48	0.090	-0.237
4-6	5.22	7.99	48-49	0.047	-0.072
6-7	15.83	-24.19	49-50	0.001	0.002
7-8	0.025	0.038	49-51	0.007	0.041
8-9	0.053	0.127	51-52	0.000	0.000
9-10	0.068	0.104	51-53	0.092	-0.309
10-11	0.020	0.019	53-54	0.193	0.150
11-12	0.003	0.004	54-55	0.099	0.077
12-13	0.006	0.009	55-56	0.019	0.028
12-14	0.000	0.000	56-57	0.004	0.025
7-15	0.199	0.007	57-58	0.001	0.001
15-16	0.002	0.002	56-59	0.002	0.004
16-17	0.000	0.000	59-60	0.000	0.000
15-18	0.734	0.710	51-61	0.003	0.004
18-19	0.000	0.000	61-62	0.000	0.000
18-20	0.001	0.001	44-63	0.596	0.911
18-21	1.591	-22.998	63-64	0.008	0.012
21-22	0.000	0.001	64-65	0.009	0.011
21-23	6.114	-80.594	65-66	0.000	0.000
23-24	0.001	0.001	63-67	0.135	-0.206
23-25	0.001	0.001	67-68	0.000	0.000
23-26	0.015	0.002	67-69	0.008	-0.265
26-27	0.000	0.000	69-70	3.630	0.154
26-28	0.001	0.001	70-71	0.473	0.276
26-29	0.003	0.009	71-72	0.019	0.003
23-30	3.742	5.692	72-73	0.000	0.000
30-31	0.585	0.895	72-74	0.170	0.740
31-32	0.019	0.029	74-75	0.113	0.174
31-33	0.051	0.024	75-76	0.133	0.209
33-34	0.141	0.079	76-77	0.001	0.002
34-35	0.012	0.007	76-78	0.027	0.042
35-36	0.009	0.014	78-79	0.010	0.015
36-37	0.004	0.006	79-80	0.009	0.014
37-38	0.001	0.001	80-81	0.001	0.014
31-39	0.526	4.207	81-82	0.005	0.008
39-40	0.001	0.001	75-83	0.080	0.038
39-41	0.002	0.003	83-84	0.000	0.000
41-42	0.000	0.000	83-85	0.039	0.407
39-43	0.108	-0.164	85-86	0.001	0.001
43-44	4.325	6.612	85-87	0.043	0.066

87-88	0.072	0.009	93-95	0.045	0.026
88-89	0.073	0.111	95-96	0.001	0.001
89-90	0.001	0.002	95-97	0.029	0.016
90-91	0.001	0.001	97-98	0.024	0.014
89-92	0.012	0.019	98-99	0.000	0.000
92-93	0.046	0.072	99-100	0.014	0.018
93-94	0.001	0.001	100-101	0.004	0.002

**Besar Aliran Daya Tiap Saluran
Penyulang Pujon Sebelum Kompensasi**

Saluran	Daya Nyata P (kW)	Daya Reaktif Q (kVAR)	Saluran	Daya Nyata P (kW)	Daya Reaktif Q (kVAR)
1-2	4001.32	2461.26	44-45	691.80	411.38
2-3	3957.42	2428.74	45-46	632.16	375.71
3-4	3837.44	2341.85	46-47	563.25	334.72
4-5	61.92	36.74	47-48	503.71	299.20
4-6	3765.92	2290.44	48-49	434.79	258.20
6-7	3737.07	2260.45	49-50	45.15	26.79
7-8	463.60	275.24	49-51	389.58	231.33
8-9	411.983	244.58	51-52	31.82	18.88
9-10	317.65	188.56	51-53	357.76	212.44
10-11	188.58	111.92	53-54	261.34	155.14
11-12	85.36	50.66	54-55	225.62	133.55
12-13	75.68	44.92	55-56	146.65	87.03
12-14	9.68	5.74	56-57	56.33	33.42
7-15	3251.32	1957.35	57-58	21.07	12.50
15-16	151.79	90.07	56-59	90.30	53.57
16-17	29.24	17.35	59-60	36.12	21.43
15-18	3089.38	1851.76	51-61	54.18	32.14
18-19	33.54	19.90	61-62	11.18	6.63
18-20	41.28	24.49	44-63	1453.48	864.04
18-21	2989.51	1803.54	63-64	133.14	79.01
21-22	38.70	22.96	64-65	99.59	59.10
21-23	2948.66	1777.30	65-66	12.90	7.65
23-24	41.28	24.91	63-67	1319.49	783.73
23-25	55.90	33.17	67-68	10.320	6.120
23-26	84.94	50.39	67-69	1308.989	777.324
26-27	21.50	12.76	69-70	1206.926	716.622
26-28	34.40	20.41	70-71	1151.151	684.911
26-29	29.03	17.22	71-72	1078.950	641.458
23-30	2757.89	1656.02	72-73	47.300	28.071
30-31	2703.62	1618.91	72-74	1031.625	613.383
31-32	172.02	102.09	74-75	939.811	558.690
31-33	257.18	152.61	75-76	338.367	200.959
33-34	233.49	138.56	76-77	64.501	38.722
34-35	233.34	138.47	76-78	273.725	162.468
35-36	153.52	91.11	78-79	167.747	99.554
36-37	132.01	78.33	79-80	127.096	75.428
37-38	63.21	37.51	80-81	112.897	66.933
31-39	2273.59	1362.94	81-82	69.666	41.339
39-40	38.06	22.58	75-83	601.302	357.513
39-41	71.38	42.36	83-84	11.010	6.530
41-42	15.48	9.19	83-85	590.197	350.838
39-43	2163.40	1292.04	85-86	70.951	42.101
43-44	2151.42	1284.78	85-87	519.205	308.309

87-88	394.460	234.250	93-95	224.254	133649
88-89	331.605	196.855	95-96	30.961	18.371
89-90	57.622	34.193	95-97	194.245	115.252
90-91	26.231	15.561	97-98	93.765	55.634
89-92	273.906	162.575	98-99	38.700	22.900
92-93	239.494	142.146	99-100	89.118	52.870
93-94	14.191	8.420	100-101	77.064	45.722

**Besar Aliran Daya Tiap Saluran
Penyulang Pujon Sesudah Kompensasi**

Saluran	Daya Nyata P (kW)	Daya Reaktif Q (kVAR)	Saluran	Daya Nyata P (kW)	Daya Reaktif Q (kVAR)
1-2	3963.675	14.07	44-45	691.578	-38.955
2-3	3921.766	-15.403	45-46	632.023	-74.493
3-4	3806.627	-94.895	46-47	563.146	115.431
4-5	61.920	36.547	47-48	503.657	150.869
4-6	3737.878	-142.073	48-49	434.767	191.826
6-7	3711.199	-162.827	49-50	45.151	26.792
7-8	463.604	275.234	49-51	389.569	218.690
8-9	411.979	244.576	51-52	31.820	18.880
9-10	317.649	188.566	51-53	357.742	212.420
10-11	188.581	111.922	53-54	261.330	155.129
11-12	85.369	50.663	54-55	225.017	133.549
12-13	75.686	44.919	55-56	146.658	87.032
12-14	9.680	5.740	56-57	56.334	33.426
7-15	3231.782	137.842	57-58	21.070	12.501
15-16	151.792	90.702	56-59	90.305	53.578
16-17	29.240	17.350	59-60	36.120	21.430
15-18	3072.791	36.763	51-61	54.183	32.144
18-19	33.540	19.900	61-62	11.180	6.630
18-20	41.281	24.491	44-63	1451.435	37.402
18-21	2980.236	10.338	63-64	133.145	79.013
21-22	38.700	22.961	64-65	99.597	59.101
21-23	2940.017	-35.621	65-66	12.900	7.650
23-24	41.281	24.491	63-67	1317.694	117.326
23-25	55.901	33.171	67-68	10.320	6.120
23-26	84.949	50.398	67-69	1307.239	123.652
26-27	21.500	12.760	69-70	1205.221	184.287
26-28	34.401	20.410	70-71	1150.851	215.551
26-29	29.033	17.221	71-72	1078.828	258.735
23-30	2751.771	153.032	72-73	47.300	28.071
30-31	2699.027	187.814	72-74	1031.508	286.808
31-32	172.019	102.089	74-75	939.748	341.418
31-33	257.178	152.612	75-76	338.357	200.944
33-34	233.487	138.558	76-77	64.501	38.272
34-35	233.346	138.478	76-78	273.722	162.463
35-36	153.254	91.111	78-79	167.745	99.551
36-37	132.015	78.337	79-80	127.095	75.426
37-38	63.211	37.511	80-81	112.896	66.992
31-39	2269.245	6.590	81-82	69.665	41.338
39-40	38.061	22.581	75-83	601.278	357.464
39-41	71.382	42.363	83-84	11.010	6.530
41-42	15.480	9.190	83-85	590.178	350.796
39-43	2159.276	62.561	85-86	70.591	42.101
43-44	2147.338	69.745	85-87	519.188	308.287

87-88	394.445	234.231	93-95	225.249	133.647
88-89	331.593	196.872	95-96	30.961	18.371
89-90	57.622	34.193	95-97	194.243	115.250
90-91	26.231	15.561	97-98	93.764	55.634
89-92	273.898	162.528	98-99	38.700	22.960
92-93	239.486	142.139	99-100	89.118	52.870
93-94	14.191	8.420	100-101	77.064	45.722

Arus Tiap Saluran Sebelum Kompensasi

Saluran	Arus Re (Ampere)	Arus Im (Ampere)	Saluran	Arus Re (Ampere)	Arus Im (Ampere)
1-2	200.06	123.06	44-45	32.804	22.355
2-3	198.21	121.96	45-46	29.234	20.330
3-4	193.02	118.85	46-47	26.153	18.120
4-5	3.12	1.87	47-48	22.580	16.212
4-6	184.90	116.97	48-49	2.345	13.999
6-7	188.84	116.32	49-50	20.235	1.453
7-8	23.565	14.34	49-51	1.657	12.546
8-9	20.94	12.748	51-52	18.582	1.024
9-10	16.149	4.831	51-53	13.578	11.522
10-11	9.589	5.839	53-54	11.700	8.420
11-12	4.341	2.643	54-55	7.629	7.256
12-13	3.849	2.344	55-56	2.931	4.731
12-14	0.492	0.300	56-57	1.096	1.818
7-15	165.248	101.977	57-58	4.698	0.680
15-16	7.740	4.731	56-59	1.879	2.914
16-17	1.491	0.911	59-60	2.819	1.165
15-18	157.509	97.246	51-61	0.582	1.748
18-19	1.742	1.048	61-62	75.392	0.361
18-20	2.122	1.289	44-63	79.014	46.701
18-21	153.663	94.909	63-64	5.169	79.001
21-22	1.991	1.211	64-65	0.670	3.200
21-23	151.672	93.698	65-66	68.482	0.414
23-24	2.130	1.301	63-67	0.530	42.424
23-25	2.884	1.762	67-68	67.946	0.331
23-26	4.393	2.677	67-69	62.656	42.092
26-27	1.109	0.678	69-70	60.011	38.817
26-28	1.775	1.084	70-71	56.278	37.182
26-29	1.498	0.915	71-72	2.467	34.874
23-30	142.275	87.958	72-73	53.811	1.526
30-31	139.741	86.405	72-74	49.032	33.347
31-32	8.894	5.454	74-75	17.656	30.391
31-33	13.298	8.153	75-76	3.367	10.936
33-34	12.075	7.404	76-77	14.289	2.085
34-35	7.945	7.404	76-78	8.758	8.851
35-36	6.832	4.872	78-79	6.636	5.425
36-37	3.271	4.189	79-80	5.895	4.111
37-38	117.549	2.006	80-81	3.638	3.652
31-39	1.969	72.797	81-82	31.376	2.254
39-40	3.692	1.212	75-83	0.575	19.455
39-41	0.801	2.273	83-84	30.802	0.356
41-42	111.088	0.493	83-85	3.703	19.099
39-43	111.276	69.312	85-86	27.098	2.295
43-44	35.844	68.936	85-87	20.589	16.805

87-88	17.312	12.771	93-95	1.617	7.299
88-89	3.009	10.739	95-96	10.148	1.003
89-90	1.370	1.866	95-97	4.899	6.295
90-91	14.303	0.849	97-98	2.023	3.039
89-92	12.507	8.873	98-99	4.531	1.255
92-93	0.741	7.759	99-100	3.918	2.757
93-94	11.765	0.460	100-101	11.225	2.384

Arus Tiap Saluran Sesudah Kompensasi

Saluran	Arus Re (Ampere)	Arus Im (Ampere)	Saluran	Arus Re (Ampere)	Arus Im (Ampere)
1-2	198.18	0.70	44-45	35.522	0.793
2-3	196.33	-0.34	45-46	32.541	2.704
3-4	191.17	-3.507	46-47	29.085	4.919
4-5	3.09	1.87	47-48	26.105	6.832
4-6	188.07	-5.38	48-49	22.650	9.051
6-7	187.00	6.040	49-50	2.267	1.457
7-8	23.184	14.343	49-51	20.383	10.058
8-9	20.604	12.474	51-52	1.598	1.027
9-10	15.888	9.831	51-53	17.963	11.550
10-11	9.434	5.838	53-54	13.162	8.440
11-12	4.271	2.643	54-55	11.310	7.273
12-13	3.787	2.344	55-56	7.375	4.742
12-14	0.484	0.300	56-57	2.833	1.822
7-15	163.262	9.952	57-58	1.060	0.681
15-16	7.594	4.730	56-59	4.542	2.921
16-17	1.463	0.911	59-60	1.817	1.186
15-18	155.669	5.221	51-61	2.725	1.752
18-19	1.687	1.053	61-62	0.562	0.361
18-20	2.076	1.295	44-63	47.474	0.609
18-21	151.906	2.874	63-64	6.688	4.288
21-22	1.946	1.217	64-65	5.003	3.208
21-23	149.960	1.657	65-66	0.648	0.415
23-24	2.076	1.307	63-67	67.786	3.679
23-25	2.811	1.770	67-68	0.518	0.332
23-26	4.272	2.689	67-69	67.267	4.012
26-27	1.081	0.681	69-70	62.148	7.296
26-28	1.730	1.089	70-71	59.595	8.393
26-29	1.460	0.919	71-72	55.994	11.260
23-30	140.800	4.109	72-73	2.380	1.534
30-31	138.335	5.669	72-74	53.614	12.744
31-32	8.650	5.477	74-75	49.006	-15.766
31-33	12.932	8.188	75-76	17.023	10.991
33-34	11.743	7.435	76-77	3.246	2.096
34-35	11.743	7.453	76-78	13.776	8.896
35-36	7.726	4.892	78-79	8.443	5.452
36-37	6.644	4.207	79-80	6.398	4.132
37-38	3.181	2.015	80-81	5.683	3.670
31-39	116.088	3.689	81-82	3.507	2.265
39-40	1.912	1.215	75-83	30.249	19.561
39-41	3.586	2.280	83-84	0.554	0.357
41-42	0.778	0.495	83-85	29.695	19.194
39-43	110.590	0.194	85-86	3.570	2.306
43-44	109.996	0.184	85-87	26.125	16.888

87-88	19.850	12.834	93-95	11.342	7.335
88-89	16.690	10.792	95-96	1.559	1.008
89-90	2.901	1.875	95-97	9.783	6.326
90-91	1.321	0.854	97-98	4.723	3.054
89-92	13.789	8.916	98-99	1.950	1.261
92-93	12.057	7.797	99-100	4.458	2.756
93-94	0.715	0.462	100-101	3.855	2.384

LAMPIRAN
B



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

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik/Teknik Elektronika *)

1	Nama Mahasiswa : EDMUNDUS CHR. PARERA Nim : 99.12.025		
2	Waktu pengajuan	Tanggal : 15	Bulan : 06 Tahun : 05
3	Spesifikasi judul (berilah tanda silang)		
	<input checked="" type="checkbox"/> a. Sistem Tenaga Elektrik <input type="checkbox"/> b. Energi & Konversi Energi <input type="checkbox"/> c. Tegangan Tinggi & Pengukuran <input type="checkbox"/> d. Sistem Kendali Industri	<input type="checkbox"/> e. Elektronika & Komponen <input type="checkbox"/> f. Elektronika Digital & Komputer <input type="checkbox"/> g. Elektronika Komunikasi <input type="checkbox"/> h. lainnya	
4	Konsultasikan judul sesuai materi bidang ilmu kepada Dosen *) :		Mengetahui, Ketua Jurusan.
	L. Taufiq Hidayat, MT		 Ir. F. Yudi Limpraptono, MT Nip. Y. 1039500274
5	Judul yang diajukan mahasiswa :	APLIKASI METODE ALGORITMA PENCARIAN GRAFIK DALAM PENENTUAN LETAK DAN KAPASITAS KAPASITOR PADA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER TIPE RADIAL	
6	Perubahan Judul yang disetujui Dosen sesuai materi bidang ilmu	Tidak ada perubahan judul	
7	Catatan : Penentuan letak dan kapasitas kapasitor dengan menggunakan metode algoritma pencarian Grafik pada jaringan distribusi primer tipe radial		Disetujui, _____, 200..... Dosen
	Persetujuan Judul Skripsi yang dikonsultasikan kepada Dosen materi bidang ilmu		

Perhatian :

1. Formulir Pengajuan ini harap dikembalikan kepada 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

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

Lampiran : 1 (satu) berkas
Pembimbing Skripsi

Kepada : Yth. Bapak Ir. Teguh Herbasuki, MT
Dosen Institut Teknologi Nasional
MALANG

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Edmundus Christianus Parera

Nim : 99.12.025

Jurusan : Teknik Elektro S-1

Konsentrasi : Energi Listrik

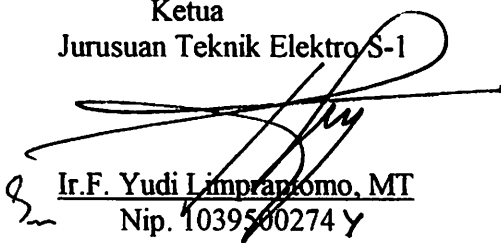
Dengan ini menyatakan permohonan, kiranya Bapak/Ibu bersedia Menjadi Dosen Pembimbing Utama /Pendamping *) untuk penyusunan Skripsi dengan judul (proposal terlampir) :

Penentuan Letak Dan Kapasitas Kapasitor Dengan Menggunakan Metode Algoritma Pencarian Grafik Pada Jaringan Distribusi Primer Tipe Radial

Adapun tugas tersebut sebagai salah satu syarat untuk menempuh Ujian Akhir Sarjana Teknik.

Demikian permohonan kami dan atas kesediaan Bapak / Ibu kami ucapkan terima kasih.

Ketua
Jurusan Teknik Elektro S-1


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

Malang.
Hormat kami,


Edmundus Christianus Parera

*) Coret yang tidak perlu

Form S-3a

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

PERNYATAAN KESEDIAAN DALAM PEMBIMBINGAN SKRIPSI

Sesuai permohonan dari mahasiswa /i :

Nama : Edmundus Christianus Parera
Nim : 99.12.025
Semester : X11
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Energi Listrik

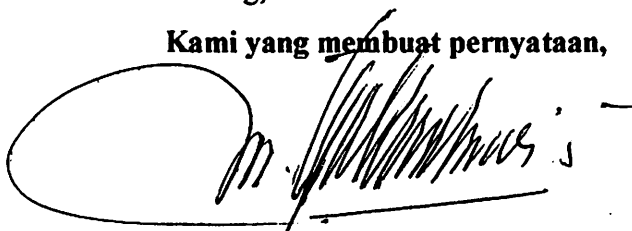
Dengan ini menyatakan bersedia /tidak bersedia *) Membimbing skripsi dari mahasiswa tersebut, dengan judul :

Penentuan Letak Dan Kapasitas Kapasitor Dengan Menggunakan Metode Algoritma Pencarian Grafik Pada Jaringan Distribusi Primer Tipe Radial

Demikian surat Pernyataan ini kami buat agar dapat dipergunakan seperlunya.

Malang,

Kami yang membuat pernyataan,



Ir. Teguh Herbasuki, MT

NIP. Y. 1038900209

Catatan :

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

Form S-3b



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : EDMUNDUS CHRISTIANUS PARERA
Nim : 99.12.025
Masa Bimbingan : 08 Agustus 2005 s/d 08 Februari 2006
Judul Skripsi : PENENTUAN LETAK DAN KAPASITAS KAPASITOR
DENGAN MENGGUNAKAN METODE ALGORITMA
PENCARIAN GRAFIK PADA JARINGAN DISTRIBUSI
PRIMER TIPE RADIAL

No	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1	15/08-05	Konsultasi isi dan tujuan skripsi	
2	18/08-05	Konsultasi bab I	
3	17/09-05	Konsultasi teori penunjang.	
4	22/09-05	Konsultasi program Delphi	
5	21/11-05	Revisi & tambahan teori	
6	28/11-05	Konsultasi Data & Analisa	
7	08/12-05	Revisi tujuan sesuai kesimp.	
8	12/12-05	Konsultasi kesimpulan.	
9	20/12-05	Acc seminar.	
10			

Malang, 20/12/2005
Dosen Pembimbing

Ir. Teguh Herbasuki, MT
NIP. 103 890 0209



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

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

BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

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

Nomor : ITN- 047 /III.TA/2/05
Lampiran : -
Perihal : Survey

Malang, 17 September 2005

Kepada : Yth. Pimpinan
PT. PLN (Persero) Distribusi Jatim UPJ Batu
Jl. Diponegoro
Di - Batu


Bersama ini dengan hormat kami mohon kebijaksanaan Saudara agar Mahasiswa kami dari Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Elektro S-1 Konsentrasi Energi Listrik dapat diijinkan untuk melaksanakan survey pada perusahaan yang saudara pimpin untuk mendapatkan data - data guna penyusunan Skripsi dengan judul :
Penentuan Letak Dan Kapasitas Kapasitor Dengan Menggunakan Metode Algoritma Pencarian Grafik Pada Jaringan Distribusi Primer Tipe Radial
Mahasiswa tersebut Adalah :

Edr.undus CHR Parera Nim. 99.12.025

Adapun lamanya Survey adalah : 14 Hari

Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami ucapkan terima kasih.

DEKAN
Fakultas Teknologi Industri



Ir. Mochtar Asroni, MSME
Nip. Y.1018100036

Tembusan disampaikan kepada Yth :

1. Ketua Jurusan
2. Arsip



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
JL. RAYA KARANGLO KM 02
MALANG

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

1. Nama : EDMUNDUS CHRISTIANUS PARERA
2. NIM : 99. 12. 025
3. Jurusan : Teknik Elektro
4. Program Studi : Teknik Energi Listrik S-1
5. Judul Skripsi :

**PENENTUAN LETAK DAN KAPASITAS KAPASITOR DENGAN
MENGUNAKAN METODE ALGORITMA PENCARIAN GRAFIK
PADA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER TIPE RADIAL.**

Dipertahankan dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S1) pada :

Hari : Sabtu
Tanggal : 18 Maret 2006
Dengan Nilai : 77,5 (B⁺)

Panitia Ujian Skripsi



Ketua

(Ir. Mochtar Asroni, MSME)
NIP. Y : 101 810 0036

Sekretaris

(Ir. F. Yudi Limpraptono, MT)
NIP. Y : 103 950 0274

Anggota Penguji

Penguji Pertama

(Ir. M. Abdul Hamid, MT)
NIP. Y : 101 880 0188

Penguji Kedua

(Ir. Eko Nurcahyo)
NIP. Y : 102 870 0172



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
JL. RAYA KARANGLO KM 02
MALANG

PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Dari hasil ujian skripsi Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Energi Listrik jenjang strata satu (S1) yang dilaksanakan pada :

Hari : Sabtu
Tanggal : 18 Maret 2006

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh:

Nama : EDMUNDUS CHRISTIANUS PARERA
Nim : 99. 12. 025
Fakultas/ Jurusan : Teknologi Industri / Teknik Elektro
Program Studi : Teknik Energi Listrik
Judul Skripsi : Penentuan Letak Dan Kapasitas Kapasitor Dengan Menggunakan Metode Algoritma Pencarian Grafik Pada Jaringan Distribusi Primer Tipe Radial.

Adapun materi perbaikan meliputi :

No	Materi Perbaikan	Paraf Dosen Penguji
1	Flow Chart	
2	Gambar Single Line Diagram Setelah Pemasangan Kapasitor	

Penguji Pertama

(Ir. M. Abdul Hamid, MT)

Penguji Kedua

(Ir. Eko Nurcahyo)

Dosen Pembimbing

(Ir. Teguh Herbasuki, MT)



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
JL. RAYA KARANGLO KM 02
MALANG

LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

- | | |
|----------------------------------|--|
| 1. Nama | : EDMUNDUS CHR. PARERA |
| 2. NIM | : 99. 12. 025 |
| 3. Jurusan | : TEKNIK ELEKTRO |
| 4. Program Studi | : TEKNIK ENERGI LISTRIK S-1 |
| 5. Judul Skripsi | : PENENTUAN LETAK DAN KAPASITAS KAPASITOR DENGAN MENGGUNAKAN METODE ALGORITMA PENCARIAN GRAFIK PADA JARINGAN DISTRIBUSI PRIMER TIPE RADIAL |
| 6. Tanggal Mengajukan Skripsi | : 08 Agustus 2005 |
| 7. Tanggal Menyelesaikan Skripsi | : 20 Desember 2005 |
| 8. Dosen Pembimbing | : Ir. Teguh Herbasuki, MT |
| 9. Telah Dievaluasi Dengan Nilai | : 85 (Delapan Puluh Lima) $\frac{85}{100}$ |

Malang, 23 Maret 2006

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Elektro

(Ir. F. Yudi Limpraptono, MT)
NIP .Y : 103 950 0274

Disetujui
Dosen Pembimbing

(Ir. Teguh Herbasuki, MT)
NIP. Y : 103 890 0209