

SKRIPSI

**ANALISA PENEMPATAN KAPASITOR UNTUK PERBAIKAN
FAKTOR DAYA DAN MEMINIMALISASI RUGI-RUGI DAYA
DENGAN MENGGUNAKAN
SOFTWARE ETAP POWER STATION PADA
SISTEM KELISTRIKAN DI GI POLEHAN MALANG**

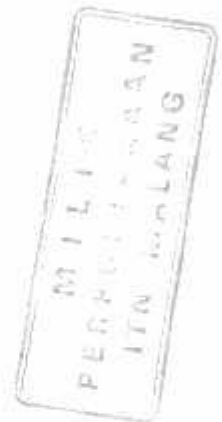


**Disusun Oleh:
PRIYONO KRISMOYO
NIM: 89.12.175**

**KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2009**

SKRIPSI

**ANALISA PENEMPATAN KAPASITOR UNTUK PERBAIKAN
FAKTOR DAYA DAN MEMINIMALISASI RUGI-RUGI DAYA
DENGAN MENGGUNAKAN
SOFTWARE ETAP POWER STATION PADA
SISTEM KELISTRIKAN DI GI POLEHAN MALANG**



Disusun Oleh :
PRIYONO KRISMOYO
NIM: 89.12.175

**KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2009**

**ANALISA PENEMPATAN KAPASITOR
UNTUK PERBAIKAN FAKTOR DAYA
DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE
ETAP POWER STATION PADA SISTEM
KELISTRIKAN DI GI POLEHAN**

PriyonoKrismoyo

Jurusan Teknik Elektro S-1,
Konsentrasi Teknik Energi Listrik
Fakultas Teknologi Industri, Institut
Teknologi Nasional Malang
Jl. Raya Karanglo Km 2 Malang
E-mail : yk11prie_7dk@yahoo.com

Abstrak

Faktor daya mempunyai pengaruh yang besar terhadap konsumsi daya listrik. Beban-beban yang bersifat induktif, seperti motor, transformator dan lainnya, mengakibatkan faktor daya rendah hal ini juga menyebabkan rugi-rugi daya menjadi besar. Pemasangan kapasitor akan membantu memperbaiki faktor daya.

Penggunaan software ETAP PowerStation versi 4.0.0, pada GI POLEHAN menunjukkan dengan pemasangan kapasitor sebesar 1200 kVar mampu meningkatkan $\cos \varphi$ dari 0,84 menjadi 0,99 dan menurunkan rugi-rugi daya menjadi 14,920 MW dan 0,936 MVar.

Kata Kunci : Daya Reaktif, Faktor Daya, Rugi-Rugi Daya.

Abstract

Power factor have a big impact to electrical power consume. Inductive loads such as motor, transformer, etc. make the lower power factor and losses power become increase. Instaling capacitors will helpping to increase power factor.

Using software ETAP Power Station 4.0.0 at GI POLEHAN showed that 1200 kVar capacitors installation increasing power factor from 0,84 becomes 0,99 and reduce losses power from to 14,920 MW and 0,936Mkvar.

Key Word : Reactive Power, Power Factor, Losses

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun ucapkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, dengan rahmat dan hidayahnya penyusun dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "**Analisa Penempatan kapasitor Untuk Perbaikan Faktor Daya Dengan Menggunakan Software Etap Power Station Pada Sistem Kelistrikan GI Polehan**" sesuai dengan waktunya sebagai persyaratan dalam menempuh ujian akhir strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi Energi Listrik, Fakultas Teknologi Industri ITN Malang.

Penyusunan skripsi ini bukanlah tanpa hambatan dan rintangan, untuk itu penyusun ucapkan terimakasih kepada Dosen Pembimbing Bpk. **Ir. Choirul Saleh, MT** atas bantuan dan dukungannya. Tak lupa pula penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ir. H. Sidik Noertjahjono, MT. Selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri ITN Malang.
2. Ir. F. Yudi Limpraptono, MT. Selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro ITN Malang.
3. Para Dosen Teknik Elektro ITN Malang Selaku Dosen Pengajar.
4. Rekan-rekan mahasiswa serta seluruh staf di ITN Malang.

Penyusun menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penyusun mengharap masukan serta saran yang bersifat membangun. Dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, Maret 2009

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
ABSTRAKSI.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR GRAFIK	xii

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Batasan Masalah.....	2
1.5. Metode Penelitian.....	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
1.7. Relevansi.....	5

BAB II SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

2.1. Sistem Distribusi Tenaga Elektrik.....	6
2.1.1. Sistem Distribusi Primer (JTM).....	7
2.1.2. Sistem Distribusi Sekunder (JTR).....	7

3.4. Perbaikan Tegangan	26
3.5. Perbaikan Faktor Daya dan Kapasitas Sistem	27
3.5.1. Perhitungan Pengaruh Perbaikan Faktor Daya	29
3.5.2. Penentuan Rating Kapasitor Untuk Perbaikan Faktor Daya Beban	30
3.6. Analisa Aliran Daya	31
3.6.1. Tujuan	31
3.6.2. Metode Newton Raphson	32
3.6.3. Algoritma Perhitungan Aliran Daya dengan Metode <i>Newton Rhapsion</i>	35
3.6.4. <i>Flowchart</i> Aliran Daya <i>Newton Raphson</i>	37
3.7. Algoritma Pemecahan Masalah	38
3.8. <i>Flowchart</i> Pemecahan Masalah	39

BAB IV HASIL DAN ANALISA HASIL

4.1. <i>Single Line</i> GI POLEHAN	40
4.2. Data Penyaluran dan Pembebanan	45
4.2.1. Data Saluran Sistem Tenaga Listrik GI. POLEHAN	45
4.2.2. Data Pembebanan Sistem Tenaga Listrik GI. POLEHAN Malang	48
4.3. Solusi Perbaikan Faktor Daya dengan ETAP <i>Power Station</i> 4.0.0	50
4.4. Aliran Daya	53
4.5. <i>Single Line</i> GI. POLEHAN Malang Setelah Pemasangan Kapasitor	58
4.6. <i>Validasie</i>	68
4.7. Hasil dan Analisa Hasil Perbandingan Kompensasi Sebelum dan Sesudah Kompensasi Kapasitor	69

2.2. Struktur Jaringan Distribusi Tenaga Listrik	8
2.2.1. Sistem Jaringan Distribusi Radial	8
2.2.1.1. Sistem Radial Pohon.....	9
2.2.1.2. Sistem Radial Dengan <i>Tie</i> Dan <i>Switch</i> Pemisah.....	9
2.2.1.3. Sistem Radial dengan Pembagian <i>Phasa Area</i>	10
2.2.1.4. Sistem Radial Dengan Beban Terpusat.....	11
2.2.2. Sistem Jaringan Distribusi Radial	12
2.2.3. Sistem Jaringan Distribusi <i>Mesh</i>	13
2.3. Daya Dalam Sistem Tenaga	14
2.3.1. Daya Nyata (<i>Real Power</i>).....	14
2.3.2. Daya Reaktif (<i>Reactive Power</i>).....	14
2.3.3. Daya Semu (<i>Apparent Power</i>)	15
2.4. Kapasitor Daya	15
2.4.1. Kapasitor Seri dan Kapasitor Shunt	15
2.4.2. Pemasangan Kapasitor Shunt	16
2.5. Faktor-faktor pemilihan kapasitor seri dan kapasitor	18

BAB III PENGARUH PENEMPATAN KAPASITOR TERHADAP SISTEM KELISTRIKAN

3.1. Faktor Daya	20
3.1.1. Pengertian Faktor Daya	20
3.1.2. Faktor daya " <i>Leading</i> "	23
3.1.3. Faktor Daya " <i>Lagging</i> "	24
3.2. Sumber Daya Reaktif Untuk Perbaikan Faktor Daya	24
3.3. Pengurangan Rugi Daya Dengan Kapasitor <i>Shunt</i>	25

4.7.1. Hasil Perhitungan dan Simulasi Kompensasi Perbandingan Sebelum dan Sesudah Kompensasi Kapasitor	69
4.8. Perbandingan Aliran Daya Sebelum dan Setelah Pemasangan Kapasitor	74

BAB V PENUTUP

5.1. KESIMPULAN	79
5.2. SARAN	79

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

TABEL 2.1. Kapasitor Seri dan Kapasitor <i>Shunt</i>	18
TABEL 4.1 Ukuran & Impedansi Kabel/ Konduktor (<i>Main_Bus 1 di Sistem Tegangan 20 Kv</i>)	45
TABEL 4.2. Ukuran & Impedansi Kabel/ Konduktor (<i>Main_Bus 2 di Sistem Tegangan 20 Kv</i>)	45
TABEL 4.3. Pembagian Beban Pada GI. POLEHAN Malang	48
TABEL 4.4. Hasil <i>Brach Losses</i> Menggunakan Etap Power Station Sebelum Kompensasi Penempatan Kapasitor	53
TABEL 4.5. Hasil <i>Bus Loading</i> Menggunakan Etap Power Station Sebelum Kompensasi Penempatan Kapasitor	55
TABEL 4.6. Hasil <i>Total Generation, Loading and Demand</i> Menggunakan Etap Power Station Sebelum Kompensasi Penempatan Kapasitor	57
TABEL 4.7. Hasil <i>Brach Losses</i> Menggunakan Etap Power Station Sesudah Kompensasi Penempatan dan Penambahan Kapasitor Baru	64
TABEL 4.8. Hasil <i>Bus Loading</i> Menggunakan Etap Power Station Sesudah Kompensasi Penempatan dan Penambahan Kapasitor Baru	66
TABEL 4.9. Hasil <i>Total Generation, Loading and Demand</i> Menggunakan Etap Power Station Sesudah Kompensasi Penempatan dan Penambahan Kapasitor Baru	68

TABEL 4.10. Perbandingan Rugi-Rugi Daya Aktif Dan Daya Reaktif Sebelum Kompensasi Dan Sesudah Kompensasi Kapasitor.....	69
TABEL 4.11. Perbandingan Losses Tegangan Sebelum Dan Sesudah Kompensasi Kapasitor	71
TABEL 4.12. Perbandingan Cos ϕ Dan Aliran Daya Sebelum Kompensasi Kapasitor Dan Sesudah Kompensasi Penempatan dan Penambahan Kapasitor	73

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR 2.1 JTM, JTR dan Sambungan Rumah Ke Pelanggan.....	6
GAMBAR 2.2 Sistem Jaringan Distribusi Radial.....	8
GAMBAR 2.3 Sistem Jaringan Distribusi Radial Dengan <i>Tie</i> dan <i>Switch</i> Pemisah	10
GAMBAR 2.4 Jaringan Distribusi Radial Dengan Phasa Area	11
GAMBAR 2.5 Jaringan Distribusi Radial Dengan Beban Terpusat.....	12
GAMBAR 2.6 Sistem Jaringan Distribusi <i>Loop</i>	12
GAMBAR 2.7 Sistem Jaringan Distribusi <i>Mesh</i>	13
GAMBAR 3.1 Segitiga Daya.....	21
GAMBAR 3.2 Segitiga Arus	22
GAMBAR 3.3 Saluran Primer Dengan Beban Terpusat.....	23
GAMBAR 3.4 Faktor Daya “ <i>Leading</i> ”	23
GAMBAR 3.5 Faktor Daya “ <i>Lagging</i> ”	24
GAMBAR 3.6 Vektor Diagram Sebelum (a), (c) dan Sesudah (b), (d) Pemasangan Kapasitor Shunt Pada Jaringan.....	26
GAMBAR 3.7 Perbaikan Faktor Daya	27
GAMBAR 3.8 Diagram Fasor dan Sudut Daya Beban pada Jaringan Distribusi.....	29
GAMBAR 3.9 <i>Flowchart</i> Aliran Daya Newton Raphson	37
GAMBAR 3.10 <i>Flowchart</i> Pemecahan Masalah Menggunakan Software ETAP Power Station	39

GAMBAR 4.1 Single Line GI. POLEHAN Malang.....	40
GAMBAR 4.2 <i>Single Line</i> Penyulang Zaenalsakse.....	41
GAMBAR 4.3 <i>Single Line</i> Penyulang Kedungkandang	41
GAMBAR 4.4 <i>Single Line</i> Penyulang Bunul.....	42
GAMBAR 4.5 <i>Single Line</i> Penyulang Jodipan.....	42
GAMBAR 4.6 <i>Single Line</i> Penyulang Agusalim.....	43
GAMBAR 4.7 <i>Single Line</i> Penyulang Sawojajar	43
GAMBAR 4.8 <i>Single Line</i> Penyulang Patimura.....	44
GAMBAR 4.9 Modul Utama.....	52
GAMBAR 4.10 <i>Single Line</i> GI.POLEHAN Malang Baru	58
GAMBAR 4.11 <i>Single Line</i> Penyulang Zaenalsakse setelah pemasangan kapasitor	58
GAMBAR 4.12 <i>Single Line</i> Penyulang Kedung Kandang setelah pemasangan kapasitor	59
GAMBAR 4.13 <i>Single Line</i> Penyulang Bunul setelah pemasangan kapasitor	60
GAMBAR 4.14 <i>Single Line</i> Penyulang Jodipan setelah pemasangan kapasitor	61
GAMBAR 4.15 <i>Single Line</i> Penyulang Agusalim setelah pemasangan kapasitor	61
GAMBAR 4.16 <i>Single Line</i> Penyulang Sawojajar setelah pemasangan kapasitor.....	62
GAMBAR 4.17 <i>Single Line</i> Penyulang Patimura setelah pemasangan kapasitor	62

DAFTAR GRAFIK

GRAFIK 4.1 Perbandingan Daya Aktif Sebelum dan Sesudah Pemasangan Harmonic Filter	57
GRAFIK 4.2 Perbandingan Faktor Daya Sebelum dan Sesudah Pemasangan Harmonic Filter	57
GRAFIK 4.3 Perbandingan <i>Voltage Individual Harmonic Distortion (VIHD)</i> Sebelum dan Sesudah Pemasangan Harmonic Filter	64
GRAFIK 4.4 Perbandingan <i>Voltage Total Harmonic Distortion (VTHD)</i> Sebelum dan Sesudah Pemasangan Harmonic Filter	66

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada saat ini kebutuhan energi listrik merupakan faktor yang sangat penting bagi industri dimana peningkatan kebutuhannya seiring dengan perkembangan industri tersebut, baik industri dalam skala kecil maupun industri dalam skala besar. Dalam hal ini banyak pihak-pihak yang telah berupaya untuk meningkatkan penyediaan energi listrik, salah satunya adalah pemerintah dimana pemerintah telah membangun beberapa unit pembangkit baru dan meningkatkan optimasi dari pembangkit-pembangkit yang sudah ada.

Dalam suatu industri yang besar, pada proses produksinya sebagian besar (mayoritas) beban yang digunakan adalah beban-beban yang sifatnya induktif seperti motor, trafo, AC, lampu TL dan lain-lain. Pada penggunaan beban induktif ini masalah yang sering terjadi adalah pada nilai faktor daya yang rendah, karena beban induktif ini mengakibatkan daya reaktif menjadi naik sehingga konsumsi daya (MVA) menjadi meningkat. Sedangkan ketentuan dari PLN minimum nilai $\text{Cos } \varphi$ tidak boleh kurang dari 0,85.

Untuk meningkatkan kualitas sistem kelistrikan dengan beban yang sama, maka dibutuhkan suatu usaha untuk meningkatkan nilai faktor daya $\text{Cos } \varphi$ dengan tujuan meningkatkan efisiensi, sehingga akan memberikan keuntungan-keuntungan, misalnya penambahan kapasitas daya listrik akibat berkurangnya rugi-rugi, meningkatnya masa pakai peralatan listrik, dsb. Peningkatan faktor daya

pada umumnya adalah menggunakan *kapasitor bank* sebagai kompensatornya, karena kapasitor merupakan komponen yang paling ekonomis serta mudah dalam pemasangan.

Pada skripsi ini akan dibahas metode untuk menyelesaikan masalah perbaikan faktor daya dengan menggunakan *software ETAP Power Station*. Hasil yang dicapai diharapkan dapat mencapai kepuasan dan menunjukkan penampilan yang terbaik.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan hal diatas maka timbul sebuah pokok permasalahan yaitu bagaimana memecahkan masalah perbaikan faktor daya dengan penempatan kapasitor, agar faktor daya tidak berada dibawah batas operasi yang ditetapkan (0,85) dan memperkecil rugi-rugi daya. Sehubungan dengan hal tersebut, maka skripsi ini diberi judul :

**ANALISA PENEMPATAN KAPASITOR UNTUK PERBAIKAN FAKTOR DAYA
DAN MEMINIMALISASI RUGI-RUGI DAYA DENGAN MENGGUNAKAN
SOFTWARE ETAP POWER STATION
PADA SISTEM KELISTRIKAN DI GI POLEHAN MALANG**

1.3. Tujuan

Memecahkan masalah perbaikan faktor daya dengan penempatan kapasitor untuk meningkatkan faktor daya pada sistem kelistrikan Di GI POLEHAN Malang dan mengurangi rugi-rugi daya dengan menggunakan *software ETAP Power Station*.

1.4. Batasan Masalah

Agar permasalahan mengarah sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan maka permasalahan dalam skripsi ini dibatasi pada hal-hal sebagai berikut :

1. Analisa perhitungan menggunakan program komputer *ETAP Power Station*.
2. Sistem kelistrikan yang dibahas adalah sistem kelistrikan di GI POLEHAN Malang.
3. Analisa dilakukan dengan menganggap sistem dalam keadaan normal.
4. Analisa dilakukan hanya sebatas pengkajian beban yang telah ada.
5. Tidak membahas masalah harmonisa.

1.5. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini adalah :

1. Studi literatur, yaitu kajian pustaka untuk mempelajari teori-teori yang terkait melalui literatur yang ada, yang berhubungan dengan permasalahan.
2. Pengumpulan Data

Bentuk data yang digunakan :

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

3. Pemodelan

Setelah mendapatkan data, maka disimulasikan dalam *software ETAP PowerStation*.

4. Analisa Data

Menganalisis data yang diperoleh dengan mempergunakan *software ETAP*.

5. Kesimpulan

Menarik kesimpulan dari hasil analisa data.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika dari pembahasan di dalam skripsi ini adalah sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, tujuan, perumusan masalah, metode penelitian yang digunakan, serta sistematika penulisan.

BAB II : SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

Disini akan dibahas masalah sistem jaringan distribusi, daya dalam sistem tenaga listrik dan kapasitor daya.

BAB III : PENGARUH PENEMPATAN KAPASITOR TERHADAP SISTEM KELISTRIKAN

Pada bab ini akan dibahas masalah faktor daya, perbaikan faktor daya, pengurangan rugi-rugi daya, perbaikan tegangan dan metode aliran daya Newton Rhapson.

BAB IV : HASIL DAN ANALISA HASIL

Pada bab ini berisi data dan analisa hasil simulasi dari *ETAP Power Station*.

BAB V : PENUTUP

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

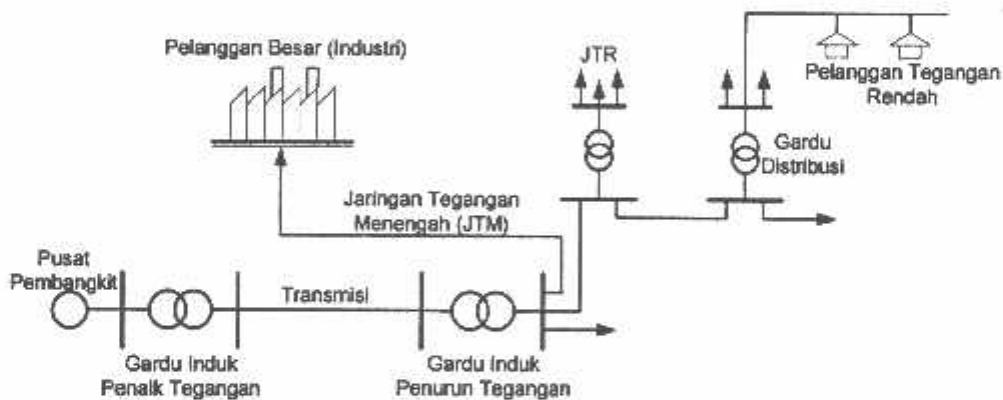
1.7. Relevansi

Dengan adanya penempatan kapasitor diharapkan akan memberikan solusi sistem kelistrikan pada GI POLEHAN Malang yaitu faktor dayanya bagus atau tidak berada dibawah pada batas yang diijinkan oleh PLN dan daya yang disuplai dari pembangkit atau PLN dapat mencukupi kebutuhan operasional konsumen karena rugi-rugi dayanya sudah diperkecil dengan penempatan kapasitor yang tepat.

BAB II SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

2.1. Sistem Distribusi Tenaga Elektrik^[2]

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



Gambar 2.1
Jaringan Distribusi Tegangan Menengah (JTM), Jaringan Distribusi Tegangan Rendah (JTR) dan Sambungan Rumah ke Pelanggan ^[2]

Jaringan setelah keluar dari G.I. biasanya disebut jaringan distribusi. Setelah tenaga listrik disalurkan melalui jaringan distribusi primer maka kemudian tenaga listrik diturunkan tegangannya dalam gardu-gardu distribusi menjadi tegangan menengah dan tegangan rendah, kemudian disalurkan ke industri-industri, rumah-rumah atau pelanggan (konsumen).

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

1. Sistem distribusi primer (Jaringan Tegangan Menengah)
2. Sistem distribusi sekunder (Jaringan Tegangan Rendah)

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

2.1.1. Sistem Distribusi Primer (Jaringan Tegangan Menengah)

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

2.1.2. Sistem Distribusi Sekunder (Jaringan Tegangan Rendah)

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

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

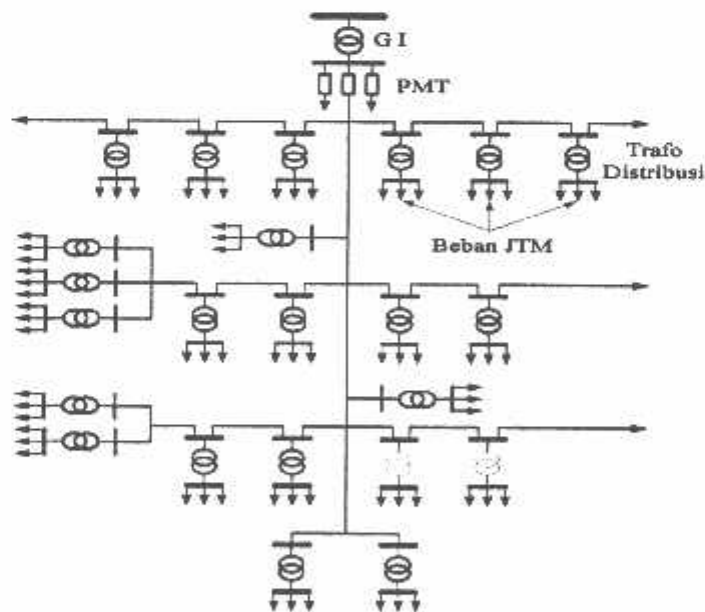
2.2. Struktur Jaringan Distribusi Tenaga Listrik^[2]

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

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

2.2.1. 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 gambar 2.2.



Gambar 2.2
Sistem Jaringan Distribusi Radial^[2]

Pelayanan tenaga listrik untuk suatu daerah beban tertentu dilaksanakan dengan memasang transformator disembarang 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.

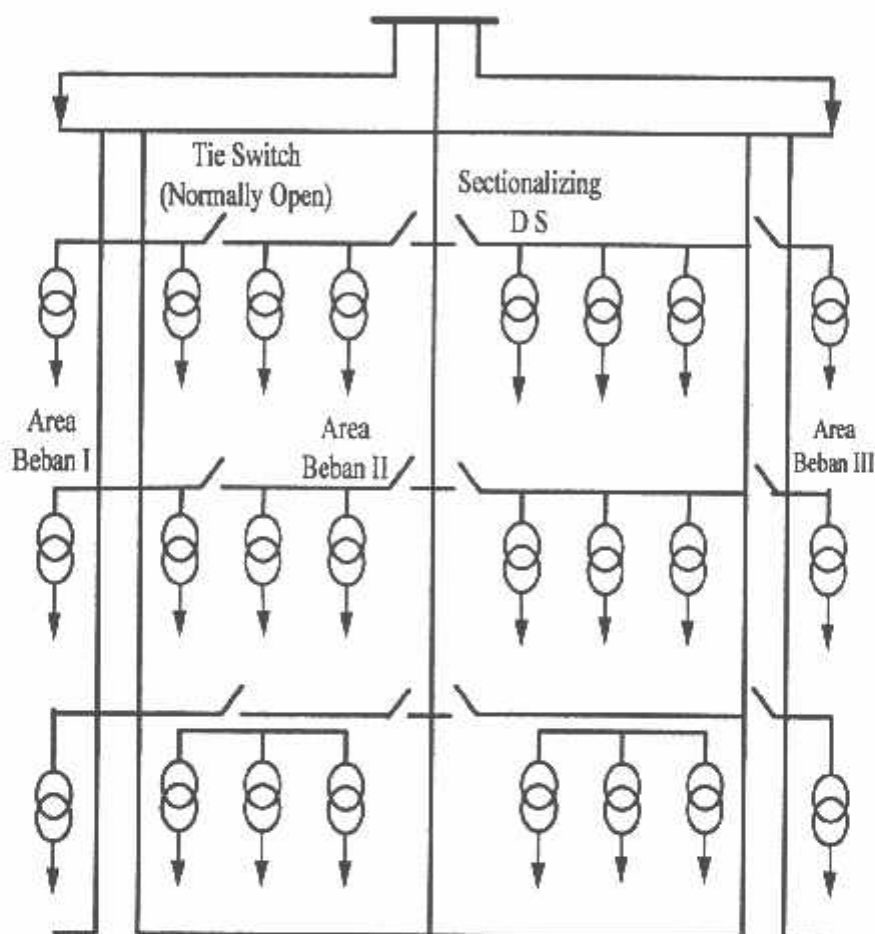
2.2.1.1. Sistem Radial Pohon

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.

2.2.1.2. 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*

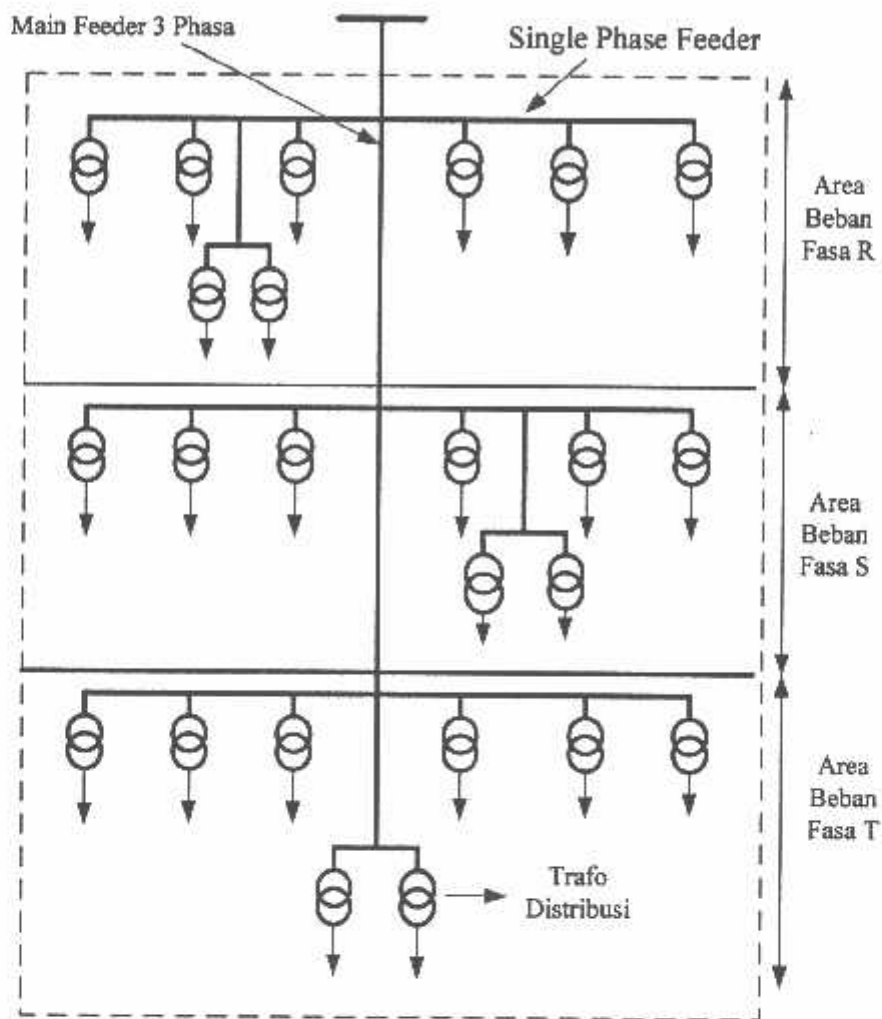
tersebut pelayanannya dialihkan pada *feeder* yang tidak terganggu. sistem radial dengan *Tie* dan *Switch* Pemisah dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3
Sistem Jaringan Distribusi Radial Dengan *Tie* dan *Switch* Pemisah ^[3]

2.2.1.3. Sistem Radial dengan Pembagian *Phasa Area*

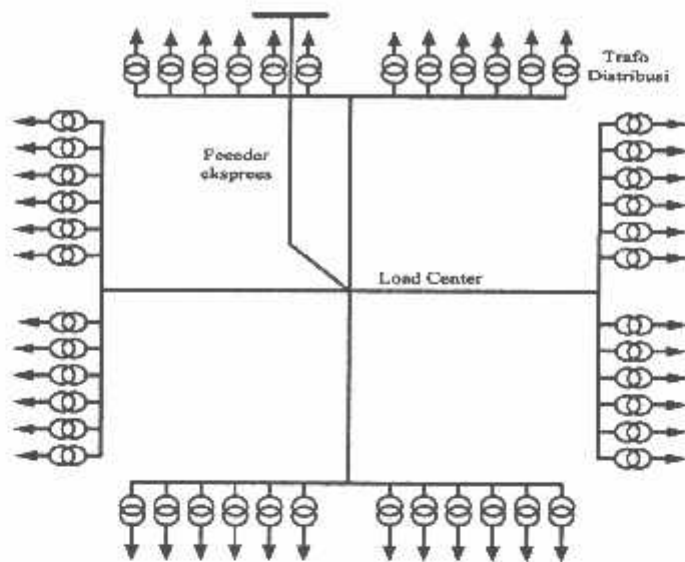
Pada bentuk ini masing-masing fasa dari jaringan bertugas untuk melayani daerah beban yang berlainan. Bentuk ini akan dapat menimbulkan kondisi sistem tiga fasa yang tidak seimbang (simetris), bila digunakan pada daerah beban yang baru dan belum mantap pembagian bebannya. Contoh dari sistem jaringan ini dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4
Jaringan Distribusi Radial Dengan Phasa Area^[5]

2.2.1.4. Sistem Radial Dengan Beban Terpusat

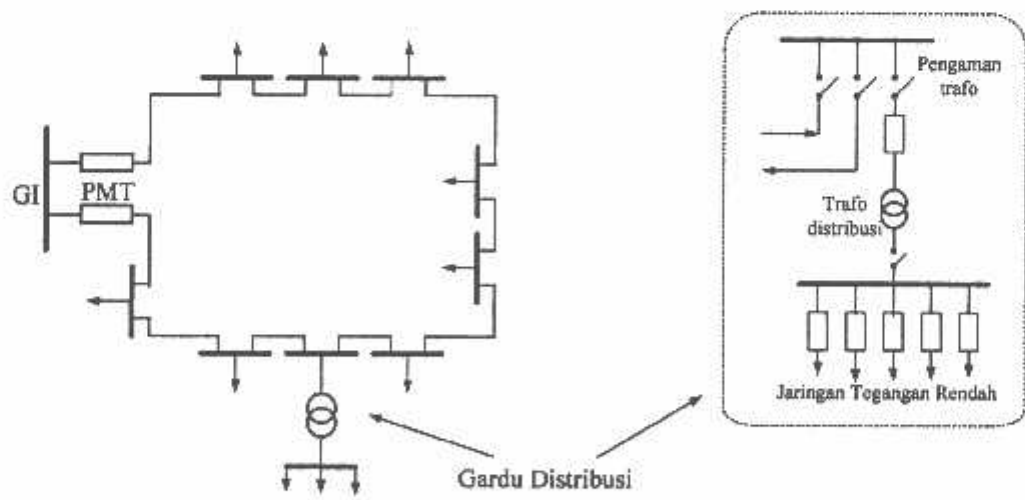
Bentuk dari sistem ini mensuplai daya dengan menggunakan *main feeder* yang disebut *express feeder* langsung ke pusat beban, dan dari titik pusat beban ini dikirim ke beban menggunakan *back feeder* secara radial seperti terlihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Jaringan Distribusi Radial Dengan Beban Terpusat^[5]

2.2.2. Sistem Jaringan Distribusi Tertutup (Loop)

Sistem ini disebut jaringan distribusi *loop* karena saluran primer yang menyalurkan daya sepanjang daerah beban yang dilayani membentuk suatu rangkaian *loop*, seperti terlihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Sistem Jaringan Distribusi *Loop*^[2]

2.3. Daya Dalam Sistem Tenaga^[7]

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

Daya listrik yang dibangkitkan dikenal dengan istilah :

2.3.1. Daya Nyata (*Real Power*)

Daya nyata dinyatakan dalam persamaan :

$$P = |V| |I| \cos \theta \dots\dots\dots(2.1)$$

Daya nyata untuk beban 3 fasa seimbang

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

2.3.2. Daya Reaktif (*Reactive Power*)

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

Daya reaktif dinyatakan dalam persamaan :

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

Daya reaktif untuk beban 3 fasa seimbang :

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

2.3.3. Daya Semu (*Apparent Power*)

Daya semu dinyatakan dalam persamaan :

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

Daya semu untuk beban 3 fasa seimbang :

$$S = \sqrt{3} |V| |I| \dots\dots\dots(2.6)$$

2.4. Kapasitor Daya^[2]

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.

2.4.1. 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.

a. Kapasitor Seri

Kapasitor seri adalah kapasitor yang dihubungkan seri dengan impedansi saluran yang bersangkutan, pemakaiannya amat dibatasi pada saluran distribusi, karena peralatan pengamannya cukup rumit. Jadi secara umum dikatakan biaya untuk pemasangan kapasitor seri lebih mahal dari pada biaya pemasangan kapasitor *shunt* (paralel).

b. Kapasitor *Shunt* (paralel)

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

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

2.4.2 Pemasangan Kapasitor *Shunt*

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

2.5. Faktor-faktor pemilihan kapasitor seri dan kapasitor *shunt*^[2]

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

Tabel 2.1
Kapasitor Seri dan Kapasitor *Shunt*

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

2.6. Sistem Per-Unit^[7]

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:

$$\text{Besaran per-unit} = \frac{\text{Besaran sebenarnya}}{\text{Besaran dasar dengan ukuran yang sama}} \dots\dots\dots(2.7)$$

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

➤ Untuk data 1 fasa

Arus dasar

$$I_d = \frac{\text{kVA dasar 1 fasa}}{\text{kVA dasar L-N}} \dots\dots\dots(2.8)$$

Impedansi dasar

$$Z_d = \frac{(\text{kV dasar L-N})^2 \times 1000}{\text{kVA dasar 1 fasa}} \dots\dots\dots(2.9)$$

$$= \frac{(\text{kV dasar L-N})^2}{\text{MVA dasar 1 fasa}} \dots\dots\dots(2.10)$$

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 didefinisikan sebagai berikut:

$$Z = \frac{\text{impedansi sebenarnya } Z (\Omega)}{\text{impedansi dasar } Z_d} \dots\dots\dots(2.11)$$

BAB III
PENGARUH PEENEMPATAN KAPASITOR TERHADAP SISTEM
KELISTRIKAN

3.1. Faktor Daya^[2]

3.1.1. Pengertian Faktor Daya

Pada sebagian besar peralatan mengandung dua unsur/ jenis beban yaitu beban resistif dan beban reaktif. Dalam hal ini maka akan membutuhkan pula komponen arus yang disebut arus I_r (arus beban resistif) dan arus I_x (arus beban reaktif), kedua komponen arus tersebut adalah :

1. Arus beban resistif adalah arus yang dikonversikan menjadi kerja, biasanya dalam bentuk panas, kerja mekanik, cahaya dan bentuk energi lain. Daya yang dihasilkan dari adanya arus ini adalah daya kerja dengan satuan Watt, Kilo Watt, dsb.
2. Arus beban reaktif mengalir pada komponen beban yang tidak dapat dikonversikan menjadi bentuk penggunaan energi lain secara langsung, tetapi keberadaannya tidak dapat dipisahkan dari kebutuhan beban antara lain untuk menghasilkan fluks dalam pengoperasian peralatan elektromagnetis (misalnya : trafo, motor induksi, dsb). Tanpa arus ini maka tidak ada arus magnetisasi dan energi tidak mengalir melalui trafo atau menembus celah udara pada motor induksi.

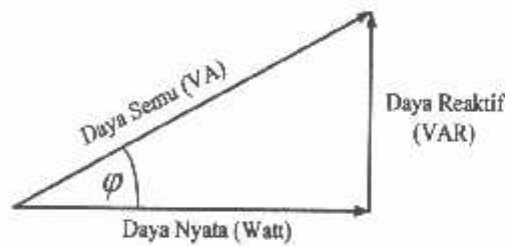
Setiap pemakaian daya reaktif akan menyebabkan turunnya faktor daya yang menyebabkan memburuknya karakteristik kerja peralatan-peralatan sistem

pada umumnya, baik dari segi teknik operasional maupun segi ekonomisnya, faktor daya adalah perbandingan antara daya nyata dan daya semu.

$$\text{Faktor Daya} = \frac{\text{Daya Nyata (kW)}}{\text{Daya Semu (kVA)}} \dots\dots\dots(3.1)$$

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

Hubungan ini dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 3.1
Segitiga Daya [3]

$$\text{Dengan faktor daya} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \dots\dots\dots(3.2)$$

$$\begin{aligned} P &= \text{daya nyata (kW)} \\ &= V \cdot I \cdot \cos \varphi \dots\dots\dots(3.3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= \text{daya reaktif (kVAR)} \\ &= V \cdot I \cdot \sin \varphi \dots\dots\dots(3.4) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= \text{daya semu (kVA)} \\ &= V \cdot I \dots\dots\dots(3.5) \end{aligned}$$

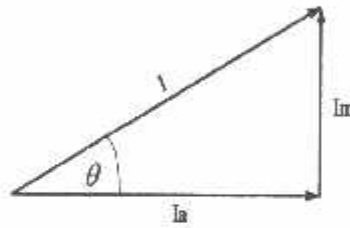
φ = sudut phase

Suatu beban akan membutuhkan suplai daya aktif jika beban tersebut bersifat induktif dan suatu beban membutuhkan suplai daya reaktif jika beban

tersebut bersifat kapasitif. Jadi faktor daya dapat dilihat dari hubungan antara arus aktif, arus magnetisasi dan arus total.

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

Dalam bentuk hubungan tersebut digambarkan sebagai berikut :

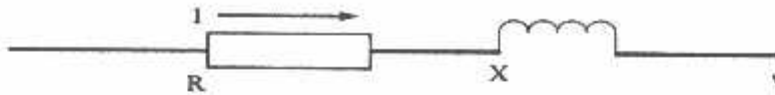


Gambar 3.2
Segitiga Arus^[3]

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

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

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



Gambar 3.3
Saluran Primer Dengan Beban Terpusat^[3]

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

$$P_L = I^2 R$$

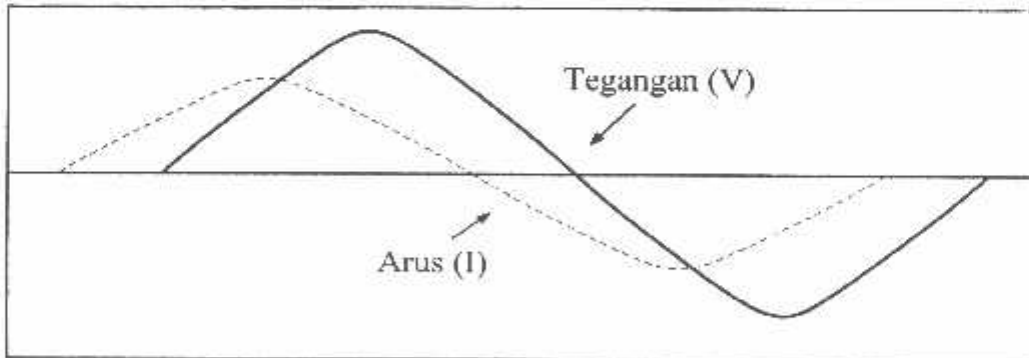
$$= (I \cos \theta)^2 R + (I \sin \theta)^2 R \dots\dots\dots(3.6)$$

dimana : I_R adalah arus aktif

I_X adalah arus reaktif

3.1.2. Faktor daya "Leading"^[6]

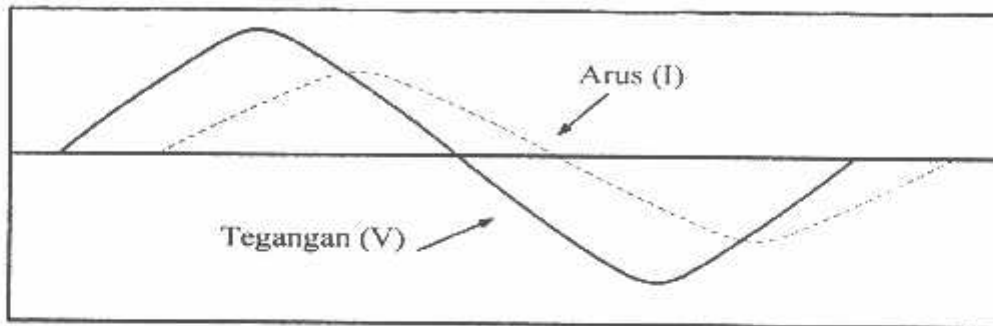
Apabila arus mendahului tegangan, maka faktor daya itu dikatakan *leading*. Faktor daya *leading* ini terjadi apabila bebannya kapasitif, seperti kapasitor, generator sinkron dan motor sinkron.



Gambar 3.4
Faktor Daya "Leading"^[6]

3.1.3. Faktor Daya “Lagging” [6]

Apabila arus tertinggal dari tegangan, maka faktor daya itu dikatakan *lagging*. Faktor daya *lagging* ini terjadi apabila bebannya induktif, seperti motor induksi (AC) dan transformator.



Gambar 3.5

Faktor Daya “Lagging” [6]

3.2. Sumber Daya Reaktif Untuk Perbaikan Faktor Daya

Perbaikan faktor daya pada umumnya adalah penambahan komponen sebagai pembangkit daya reaktif yang memungkinkan mensuplai kebutuhan kVAR pada beban-beban induktif. Untuk merencanakan suatu sistem dalam memperbaiki faktor daya, dapat dipergunakan suatu konsep yaitu kompensasi ideal, dimana sistem ini dapat dihubungkan pada titik penyambungan secara paralel dengan beban dan memenuhi tiga fungsi utama, yaitu :

1. Memperbaiki faktor daya mendekati nilai satu.
2. Mengurangi atau mengeliminasi regulasi tegangan.
3. Menyeimbangkan arus beban dan tegangan fasa.

Untuk memenuhi kebutuhan daya reaktif yang efektif dan efisien, maka perlu dilakukan pemilihan sumber daya reaktif. Terdapat beberapa komponen-komponen atau peralatan yang menghasilkan daya reaktif yaitu kondensor sinkron, kapasitor seri dan kapasitor *shunt*.

3.3. Pengurangan Rugi Daya Dengan Kapasitor *Shunt*

Rugi-rugi saluran perfasa dari saluran 3 fasa scimbang dengan beban terpusat seperti pada gambar 3.3 adalah $I^2(R-jX)$ atau dapat dibedakan menjadi:

- Rugi daya aktif

$$(I^2R) = (I_R^2 + I_X^2) R \dots\dots\dots(3.7)$$

- Rugi daya reaktif

$$(I^2X) = (I_R^2 + I_X^2) X \dots\dots\dots(3.8)$$

Dimana: I_R adalah komponen arus aktif

I_X adalah komponen arus reaktif

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 memengaruhi 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:

$$I^2R = (I \cos \theta)^2R + (I \sin \theta)^2R \dots\dots\dots(3.9)$$

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

$$I^2R = (I \cos \theta)^2R + (I \sin \theta - I_c)^2R \dots\dots\dots(3.10)$$

Sehingga pengurangan rugi daya sebagai akibat pemasangan kapasitor didapat:

$$\begin{aligned} \Delta p_{ls} &= I^2R - I_1^2R \\ &= (I \cos \theta)^2R + (I \sin \theta)^2R - (I \cos \theta)^2R + (I \sin \theta - I_c)^2R \\ &= 2 ((I \sin \theta) I_c R - I_c^2 R) \dots\dots\dots(3.11) \end{aligned}$$

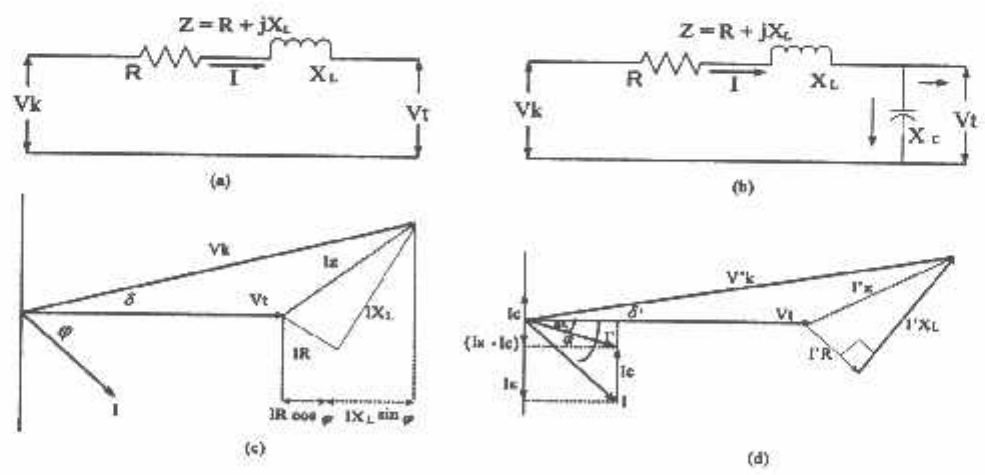
maka hanya komponen arus reaktif ($I \sin \theta$) saja yang berpengaruh terhadap pengurangan rugi daya I^2R akibat pemasangan kapasitor shunt pada saluran distribusi.

Pengurangan rugi daya saluran 3 fasa adalah:

$$\Delta p_{ls} = 3R (2 (I \sin \theta) I_c - I_c^2) \text{ Watt} \dots\dots\dots(3.12)$$

3.4. 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 3.6
Vektor Diagram Sebelum (a), (c) dan Sesudah (b), (d) Pemasangan Kapasitor Shunt Pada Jaringan [2]

Jatuh tegangan yang disebabkan arus beban I sebelum kapasitor dipasang:

$$\delta V = I_R R + I_L X \dots \dots \dots (3.13)$$

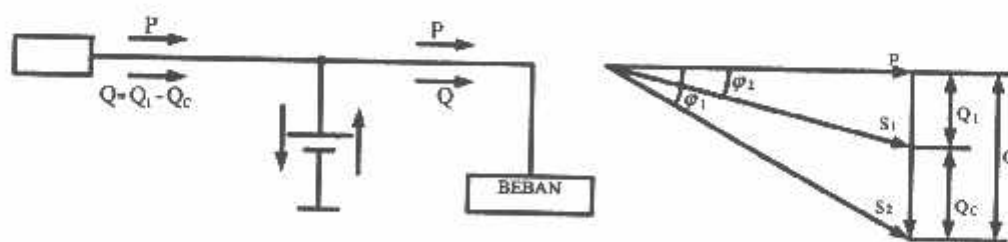
Jatuh tegangan setelah kapasitor dipasang:

$$\delta V = I_R R + I_L X - I_C X \dots \dots \dots (3.14)$$

3.5. 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 3.7 menunjukkan perbaikan faktor daya pada sistem, kapasitor mensuplai daya reaktif ke beban.



Gambar 3.7
Perbaikan Faktor Daya [2]

Diasumsikan bahwa beban disuplai oleh daya nyata P, daya reaktif (*lagging*) Q, dan daya semu S, pada faktor daya tertinggal $\cos \varphi_1$

$$\cos \varphi_1 = \frac{P}{S_1} \dots\dots\dots(3.15)$$

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

$$\begin{aligned} \cos \varphi_2 &= \frac{P}{S_2} \\ &= \frac{P}{\sqrt{(P^2 + Q^2)}} \\ &= \frac{P}{\sqrt{P^2 + (Q_1 - Q_c)^2}} \dots\dots\dots(3.16) \end{aligned}$$

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:

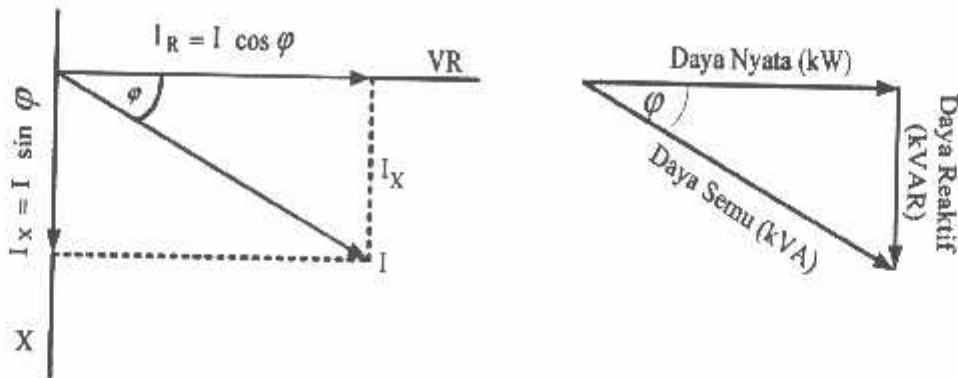
$$\% \text{ Rugi daya} = 100 \left(\frac{\text{Faktor daya mula - mula}(\cos \varphi_1)}{\text{Faktor daya baru}(\cos \varphi_2)} \right) \dots\dots\dots(3.17)$$

% Pengurangan rugi daya

$$= 100 \left(1 - \left(\frac{\text{Faktor daya mula - mula}(\cos \varphi_1)}{\text{Faktor daya baru}(\cos \varphi_2)} \right)^2 \right) \dots\dots\dots(3.18)$$

3.5.1. 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 3.8
Diagram Fasor dan Sudut Daya Beban pada Jaringan Distribusi [2]

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

$$\begin{aligned}
 I = \text{Arus Semu} &= \sqrt{(\text{arus aktif})^2 + (\text{arus reaktif})^2} \\
 &= \sqrt{(I \cos \varphi)^2 + (I \sin \varphi)^2} \dots\dots\dots(3.19)
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 \text{Daya semu (kVA)} &= \sqrt{(\text{Daya aktif})^2 + (\text{Daya reaktif})^2} \\
 (VI) &= \sqrt{(VI \cos \varphi)^2 + (VI \sin \varphi)^2} \dots\dots\dots(3.20)
 \end{aligned}$$

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

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

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

$$kW = kVA \cos \varphi \dots\dots\dots(3.21)$$

3.5.2. Penentuan Rating Kapasitor Untuk Perbaikan Faktor Daya Beban

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

$$\cos \varphi = \frac{\text{Daya aktif}}{\text{Daya semu}} = \frac{(kW)}{(kVA)} \dots\dots\dots(3.22)$$

$$\sin \varphi = \frac{\text{Daya reaktif}}{\text{Daya semu}} = \frac{(kVAR)}{(kVA)} \dots\dots\dots(3.23)$$

$$\tan \varphi = \frac{\text{Daya reaktif}}{\text{Daya aktif}} = \frac{(kVAR)}{(kW)} \dots\dots\dots(3.24)$$

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 :

$$\begin{aligned} \text{Daya reaktif pada faktor daya mula-mula} &= \text{Daya aktif} \times \tan \varphi_1 \\ &= (kW) \times \tan \varphi_1 \dots\dots\dots(3.25) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya reaktif pada faktor daya baru} &= \text{Daya aktif} \times \tan \varphi_2 \\ &= (kW) \times \tan \varphi_2 \dots\dots\dots(3.26) \end{aligned}$$

Dengan φ_1 = sudut dari faktor daya mula-mula

φ_2 = sudut dari faktor daya yang telah diperbaiki

Rating kapasitor yang dibutuhkan perbaikan faktor daya:

$$\begin{aligned} \text{Daya reaktif (kVAR)} &= \text{Daya aktif} \times (\tan \varphi_1 - \varphi_2) \\ &= (\text{kW}) \times (\tan \varphi_1 - \varphi_2) \dots\dots\dots(3.27) \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Daya reaktif (kVAR)} &= \text{Daya aktif} \times \Delta \tan \\ &= (\text{kW}) \times \Delta \tan \dots\dots\dots(3.28) \end{aligned}$$

3.6. Analisa Aliran Daya^[3]

Sebelum melakukan optimasi terlebih dahulu dilakukan suatu proses analisa aliran daya untuk mengetahui kondisi suatu sistem.

3.6.1. Tujuan

Tujuan analisa aliran daya pada skripsi ini adalah :

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

3.6.2. Metode Newton Raphson^[7]

Secara matematis persamaan aliran daya Newton Raphson dapat diselesaikan dengan menggunakan koordinat rektangular atau koordinat 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 :

$$I_p = \sum_{q=1}^n Y_{pq} V_{pq} \dots\dots\dots(3.29)$$

Injeksi daya pada simpul p adalah :

$$S_p = P_p - jQ_p = V_p^* \cdot I_p \dots\dots\dots(3.30)$$

$$= V_p^* \sum_{q=1}^n Y_{pq} V_{pq} \dots\dots\dots(3.31)$$

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

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

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

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

Maka persamaan (3.32) dapat ditulis :

$$P_p - jQ_p = \sum_{q=1}^n |V_p V_q Y_{pq}| e^{-j(\delta_p - \delta_q + \theta_{pq})} \dots\dots\dots(3.32)$$

Dengan memisahkan bagian riil dan bagian imajiner maka diperoleh :

$$P_p = \sum_{q=1}^n |V_p V_q Y_{pq}| \cos(\delta_p - \delta_q + \theta_{pq}) \dots\dots\dots(3.33)$$

$$Q_p = \sum_{q=1}^n |V_p V_q Y_{pq}| \sin(\delta_p - \delta_q + \theta_{pq}) \dots\dots\dots (3.34)$$

Dengan menggunakan persamaan (3.34) dan persamaan (3.35) untuk n buah simpul dalam sistem didapat 2n persamaan, sedangkan disetiap simpul ada 4 variabel. Untuk memecahkan persoalan ini, 2n variabel perlu ditentukan terlebih dahulu, sehingga 2n variabel yang lain dapat dicari dengan menggunakan 2n persamaan yang ada. Penentuan 2n variabel ini dilakukan dengan menentukan beberapa macam simpul dalam sistem, yaitu :

a. Simpul PQ (Simpul Beban)

Pada simpul ini jumlah netto daya nyata dan daya reaktif P_p dan Q_p diketahui, sedangkan yang dicari adalah $|V_p|$ dan sudutnya δ . Untuk itu, besarnya beban P_{Bp} ditentukan berdasarkan perkiraan beban sedangkan daya yang dibangkitkan P_{Gp} dan Q_{Gp} ditentukan besarnya. Selanjutnya

$$P_p = P_{Bp} - P_{Gp} \text{ dan } Q_p = Q_{Bp} - Q_{Gp}$$

Simpul beban (P Q) yang murni mempunyai nilai $P_{Gp} = 0$ dan $Q_{Gp} = 0$

b. Simpul PV atau simpul Generator, atau simpul yang dayanya dapat diatur:

Pada simpul ini nilai P dan $|V|$ diketahui, sedangkan yang dicari adalah nilai Q dan δ .

c. Simpul Referensi (*Slack Bus*)

Bedanya dengan kedua macam simpul yang terdahulu adalah bahwa pada simpul ini, daya nyata maupun daya reaktif tidak ditentukan. Di lain pihak, yang ditentukan adalah besarnya tegangan $|V_i|$ dan sudutnya δ_p yang biasanya ditentukan = 0, sehingga merupakan sudut referensi bagi

dihitung terakhir. Kemudian digunakan persamaan (3.33) dan persamaan (3.34) untuk menghitung nilai P dan nilai Q pada setiap simpul.

Pada setiap simpul P Q, nilai P dan nilai Q diketahui dan nilai yang diketahui inilah yang dibandingkan dengan nilai hasil perhitungan di atas. Apabila selisih antara nilai yang diketahui dan hasil perhitungan di atas lebih kecil dari pada suatu nilai yang dikeendaki, maka nilai variabel yang dimisalkan tersebut diatas dapat dianggap benar. Apabila selisih tersebut lebih besar dari nilai yang dikehandaki, maka harus dilakukan proses iterasi sampai selisih tersebut mencapai nilai yang dikendaki. Untuk simpul P V yang tidak dibandingkan hanya selisih daya aktif ΔP saja, karena daya reaktif Q yang diketahui, tidak ditentukan, akan merupakan hasil perhitungan. Untuk simpul referensi (*Slack Bus*) dihitung terakhir seperti telah dijelaskan. sedangkan ϵ adalah suatu angka yang ditentukan berdasarkan ketelitian yang diinginkan.

3.6.3. Algoritma Perhitungan Aliran Daya dengan Metode Newton Rhapson

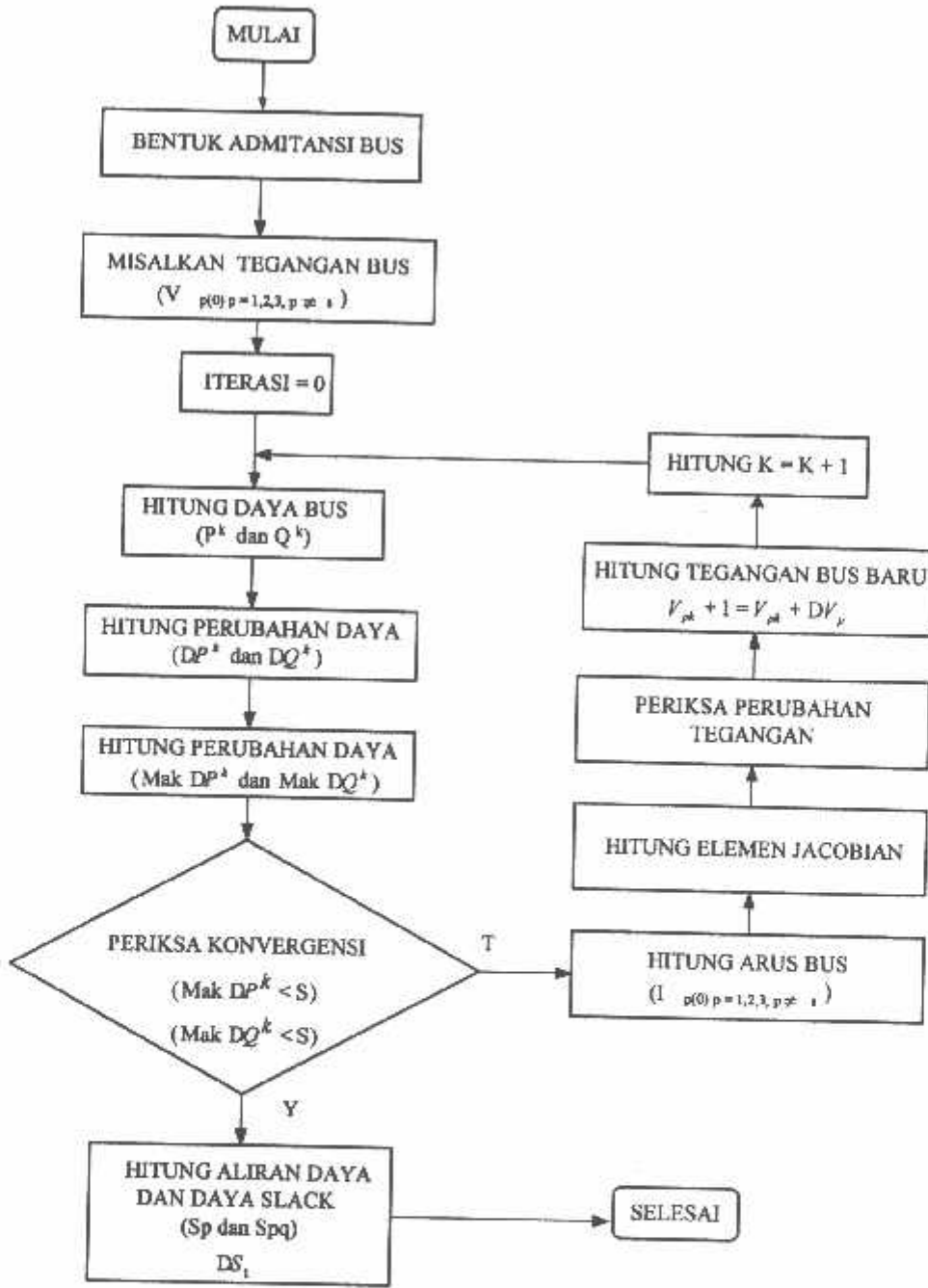
Dalam perhitungan aliran daya dengan metode Newton Rhapson, langkah-langkahnya adalah sebagai berikut

A. Kebebasan-kebebasan yang diketahui:

1. Daya nyata P dan daya reaktif Q pada simpul P Q diketahui
2. Daya nyata P dan besarnya tegangan $|V|$ pada simpul P V diketahui
3. Besar tegangan $|V|$ dan sudut fasa teangan δ dari simpul referensi (*Slack Bus*) diketahui

- B. Kemudian dicoba nilai tertentu bagi besaran sebagai berikut:
1. Besarnya tegangan $|V|$ beserta sudut fasanya δ pada semua simpul P Q
 2. Besarnya sudut fasa tegangan pada semua simpul P V
- C. Berdasarkan nilai yang dicoba tersebut pada butir B, dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan (3.33) dan persamaan (3.34) untuk mendapatkan:
1. Nilai P dan Q yang dihitung untuk simpul-simpul P Q
 2. Nilai P yang dihitung untuk simpul P V
- D. Nilai P dan Q yang diketahui pada A dikurangi dengan nilai P dan Q yang didapat dari perhitungan pada C disebut nilai residu dari P dan Q. Nilai residu ini harus mendekati nol, atau $< \epsilon$ (nilai yang dikehendaki berdasarkan suatu ketelitian perhitungan yang diinginkan. Apabila nilai residu P dan Q ini belum $< \epsilon$, maka harus dilakukan iterasi .
- E. Proses iterasi dilakukan dengan mengkoreksi nilai yang dicoba bagi $|V|$ dan δ seperti yang disebutkan dalam butir B.

3.6.4. Flowchart Aliran Daya Newton Raphson

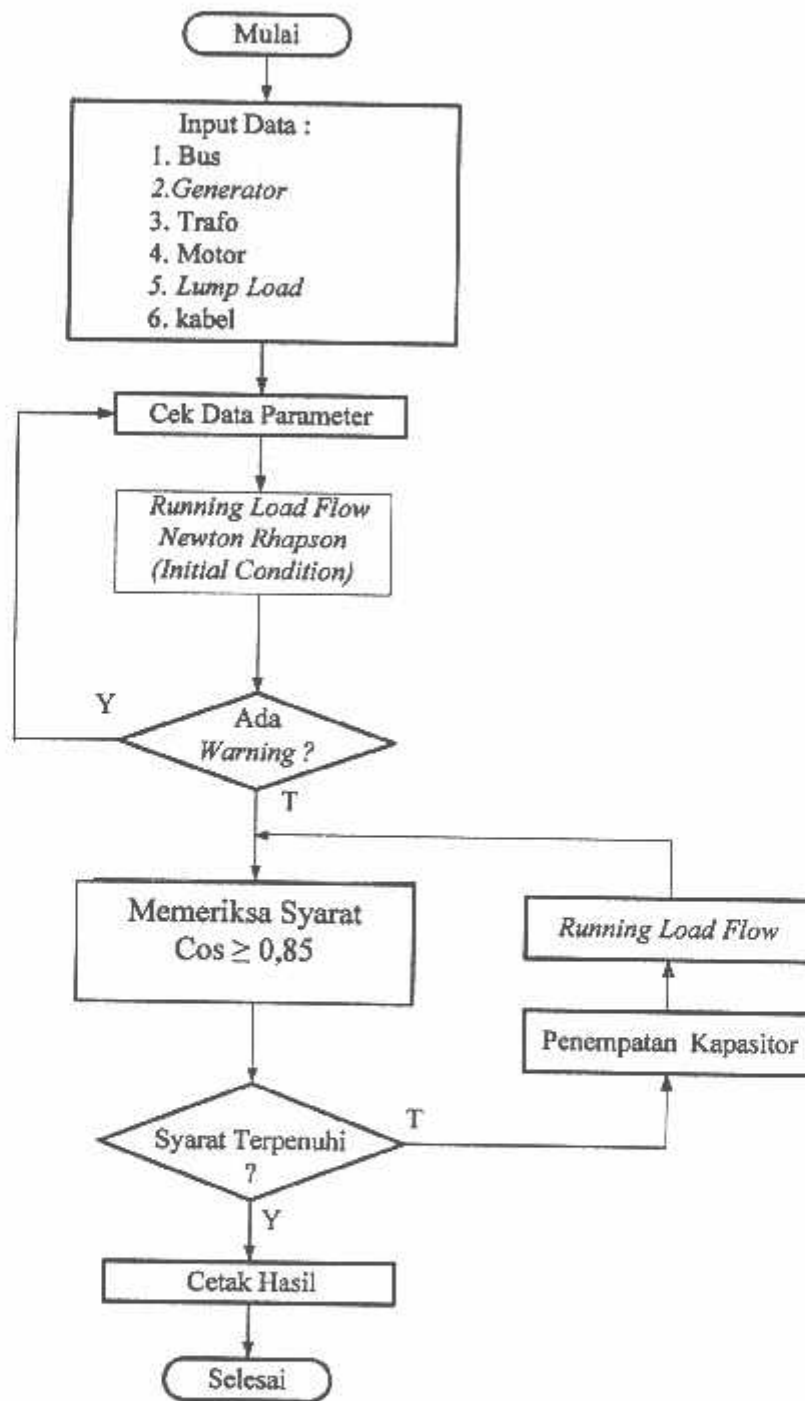


Gambar 3.9
Flowchart Aliran Daya Newton Raphson

3.7. Algoritma Pemecahan Masalah

1. Mulai.
2. Masukkan Data : bus, *power grid*, trafo, motor, *lump load*, kabel.
3. Cek data parameter.
4. Melakukan proses Aliran Daya dengan menggunakan Metode Newton Raphson.
5. Mengeck apakah terjadi *Error Reprort* :
 - a. "Ya" : Cek data parameter lagi.
 - b. "Tidak" : Proses selanjutnya (langkah 6).
6. Mengecek apakah $\text{Cos } \varphi$ lebih kecil dari batas yang diijinkan
7. Melakukan penempatan kapasitor.
8. Cetak hasil.
9. Selesai.

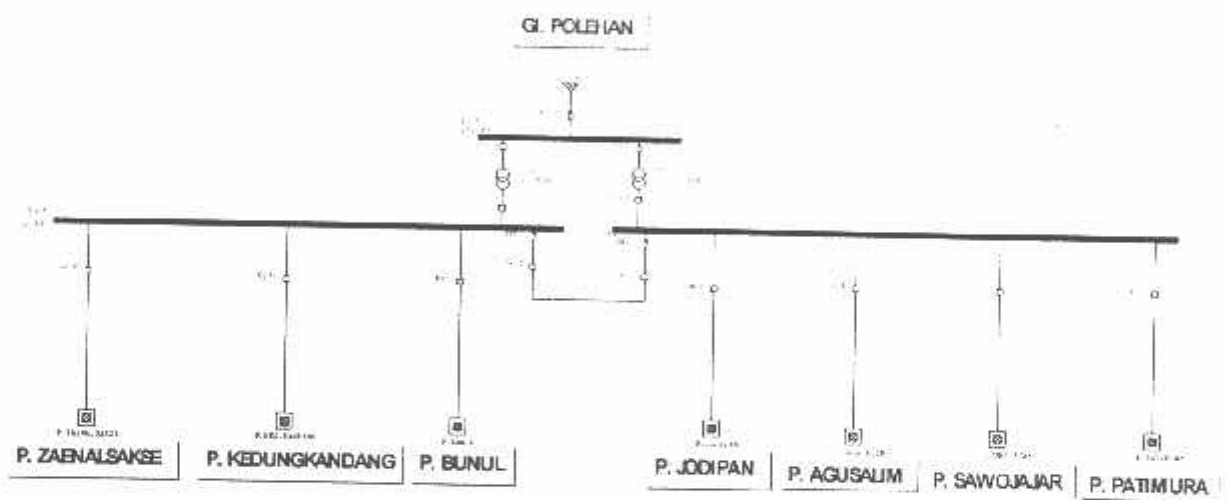
3.8. Flowchart Pemecahan Masalah



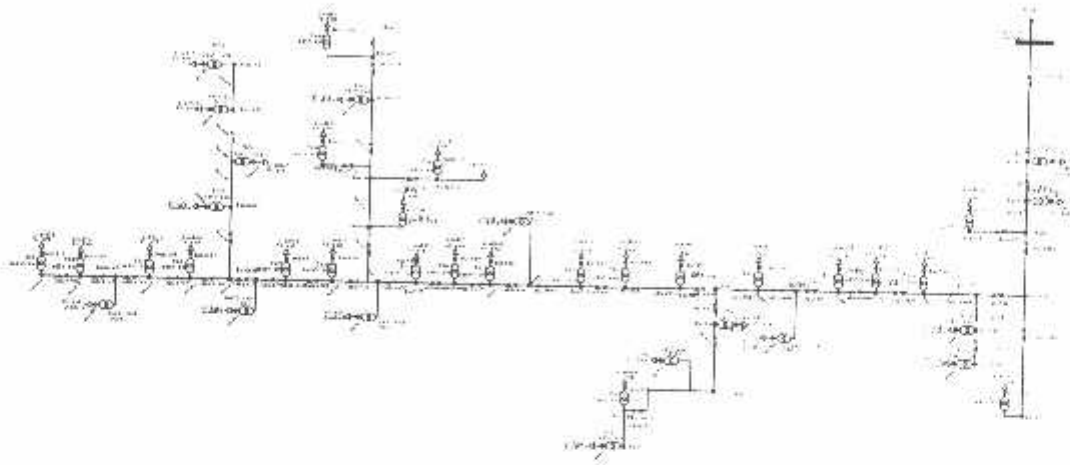
Gambar 3.10
Flowchart Pemecahan Masalah Menggunakan Software ETAP PowerStation

BAB IV HASIL DAN ANALISA HASIL

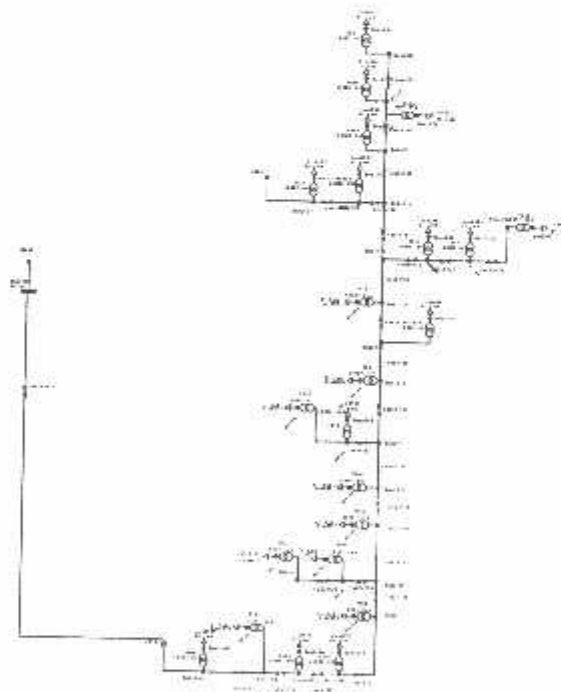
4.1. *Single Line* GI POLEHAN



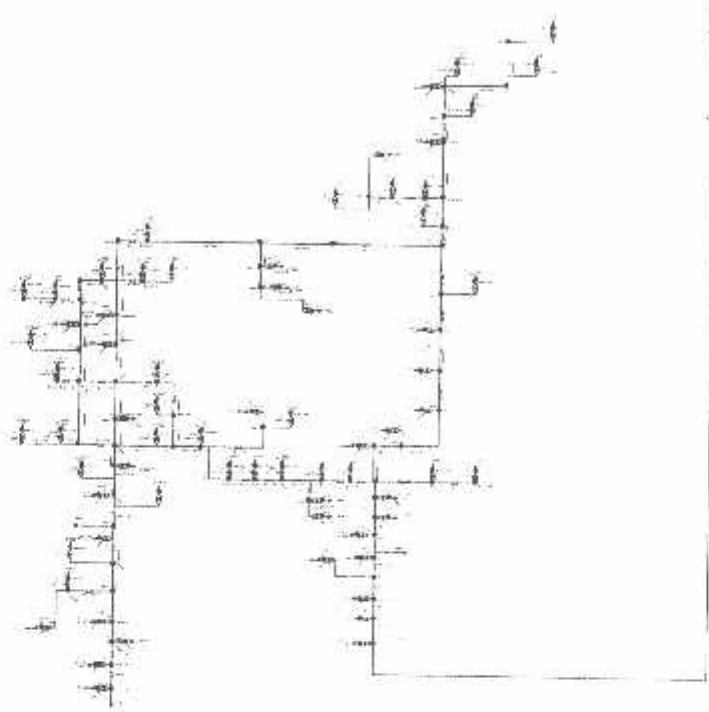
Gambar 4.1. *Single Line* GI. POLEHAN Malang



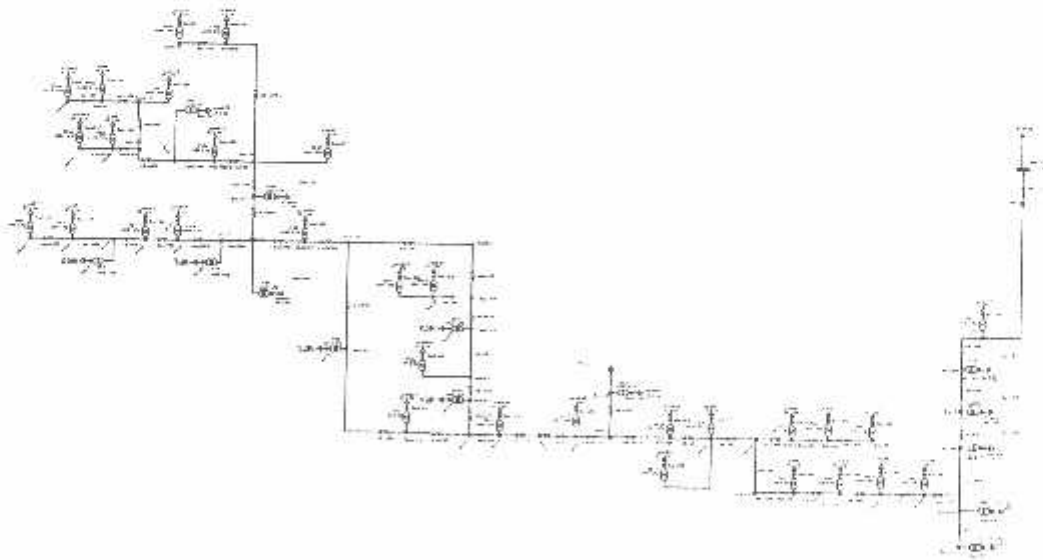
Gambar 4.2. *Single Line* Penyulang Zaenalsakse



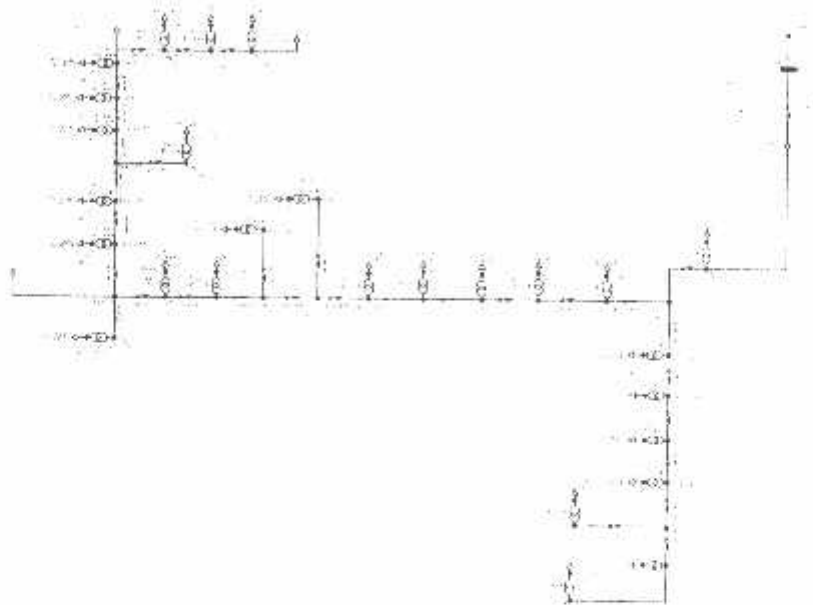
Gambar 4.3. *Single Line* Penyulang Kedungkandang



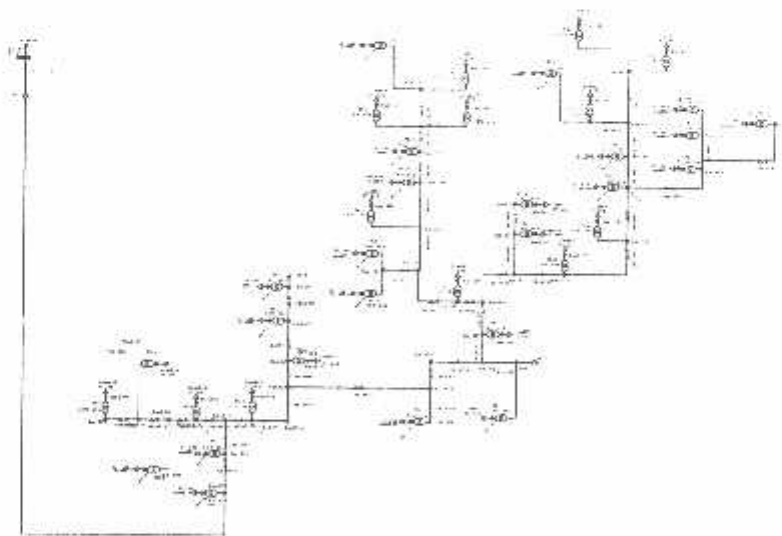
Gambar 4.4. *Single Line Penyulang Bunul*



Gambar 4.5. *Single Line Penyulang Jodipan*



Gambar 4.6. *Single Line* Penyulang Agusalim



Gambar 4.7. *Single Line* Penyulang Sawojajar

Tabel 4.7. Hasil *Branch Losses* Menggunakan ETAP *Power Station* Sesudah Kompensasi Penempatan dan Penambahan Kapasitor Baru

BRANCH LOSSES Summary Report									
C/O / Branch	From To Bus Flow		To From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		
ID	From	To	From	To	kW	kvar	From	To	Volt Drop
T3	5,971	0,333	-5,962	-0,181	8,2	151,8	100,0	99,8	0,25
T605	8,949	0,603	-8,940	-0,375	9,6	227,8	100,0	99,8	0,25
T606	-0,062	-0,040	0,062	0,040	0,0	0,0	99,6	99,6	0,02
T607	-0,050	-0,032	0,050	0,032	0,0	0,0	99,6	99,6	0,01
T608	-0,062	-0,040	0,062	0,040	0,0	0,0	99,6	99,6	0,02
T609	-0,048	-0,036	0,048	0,036	0,0	0,0	99,6	99,6	0,02
T610	-0,052	-0,039	0,052	0,039	0,0	0,0	99,6	99,6	0,02
T611	-0,060	-0,045	0,060	0,045	0,0	0,0	99,5	99,5	0,02
T612	-0,058	-0,038	0,058	0,038	0,0	0,0	99,6	99,6	0,02
T613	-0,054	-0,035	0,054	0,035	0,0	0,0	99,6	99,6	0,02
T614	-0,054	-0,035	0,054	0,035	0,0	0,0	99,6	99,6	0,02
T615	-0,058	-0,038	0,058	0,038	0,0	0,0	99,6	99,6	0,02
T616	-0,063	-0,040	0,063	0,040	0,0	0,0	99,6	99,6	0,02
Cable672	-0,063	-0,040	0,063	0,040	0,0	0,0	99,6	99,6	0,00
Cable673	-0,121	-0,078	0,121	0,078	0,0	0,0	99,6	99,6	0,00
Cable674	-0,175	-0,113	0,175	0,113	0,0	0,0	99,6	99,6	0,00
Cable675	-0,229	-0,148	0,229	0,148	0,0	0,0	99,6	99,6	0,00
T617	-0,056	-0,042	0,056	0,042	0,0	0,0	99,6	99,6	0,02
T618	-0,040	-0,030	0,040	0,030	0,0	0,0	99,6	99,7	0,01
T619	-0,044	-0,033	0,044	0,033	0,0	0,0	99,6	99,7	0,01
T620	-0,046	-0,030	0,046	0,030	0,0	0,0	99,6	99,7	0,01
Cable676	-0,046	-0,030	0,046	0,030	0,0	0,0	99,7	99,7	0,00
Cable677	-0,090	-0,062	0,090	0,062	0,0	0,0	99,7	99,7	0,00
T621	-0,056	-0,042	0,056	0,042	0,0	0,0	99,7	99,7	0,02
Cable678	-0,056	-0,042	0,056	0,042	0,0	0,0	99,7	99,7	0,00
T622	-0,054	-0,035	0,054	0,035	0,0	0,0	99,7	99,7	0,02
Cable679	2,136	1,533	-2,135	-1,533	0,1	0,1	99,7	99,7	0,01
Cable003	-2,190	-1,568	2,191	1,598	1,1	-170,1	99,7	99,8	0,07
T623	-0,042	-0,027	0,042	0,027	0,0	0,0	99,7	99,7	0,01

Cable680	2,094	1,506	-2,094	-1,505	0,1	0,1	99,7	99,7	0,01
Cable681	2,038	1,464	-2,038	-1,464	0,1	0,1	99,7	99,7	0,01
T624	-0,043	-0,032	0,043	0,032	0,0	0,0	99,7	99,7	0,01
Cable682	-0,043	-0,032	0,043	0,032	0,0	0,0	99,7	99,7	0,00
Cable683	1,995	1,431	-1,995	-1,431	0,1	0,1	99,7	99,7	0,01
Cable684	1,905	1,369	-1,905	-1,369	0,1	0,1	99,7	99,7	0,01
Cable685	1,865	1,339	-1,865	-1,339	0,1	0,1	99,7	99,7	0,01
T625	-0,044	-0,033	0,044	0,033	0,0	0,0	99,6	99,7	0,01
Cable686	1,822	1,306	-1,822	-1,306	0,1	0,1	99,7	99,6	0,01
T626	-0,040	-0,030	0,040	0,030	0,0	0,0	99,6	99,6	0,01
Cable687	1,782	1,276	-1,782	-1,276	0,1	0,1	99,6	99,6	0,01
T627	-0,060	-0,045	0,060	0,045	0,0	0,0	99,6	99,6	0,02
Cable688	1,722	1,231	-1,722	-1,231	0,1	0,1	99,6	99,6	0,01
Cable689	1,667	1,190	-1,667	-1,190	0,1	0,1	99,6	99,6	0,01
Cable690	1,437	1,041	-1,437	-1,041	0,1	0,1	99,6	99,6	0,00
Cable691	1,379	1,004	-1,379	-1,004	0,1	0,1	99,6	99,6	0,00
T628	-0,060	-0,045	0,060	0,045	0,0	0,0	99,6	99,6	0,02
Cable692	1,319	0,959	-1,319	-0,959	0,1	0,0	99,6	99,6	0,00
T629	-0,071	-0,046	0,071	0,046	0,0	0,0	99,6	99,6	0,02
Cable693	1,248	0,913	-1,248	-0,913	0,0	0,0	99,6	99,6	0,00
Cable694	1,189	0,868	-1,189	-0,868	0,0	0,0	99,6	99,6	0,00
Cable695	1,137	0,830	-1,137	-0,830	0,0	0,0	99,6	99,6	0,00
Cable696	1,090	0,794	-1,090	-0,794	0,0	0,0	99,6	99,6	0,00
Cable697	1,027	0,754	-1,027	-0,754	0,0	0,0	99,6	99,6	0,00
T630	-0,044	-0,033	0,044	0,033	0,0	0,0	99,6	99,6	0,01
T631	-0,042	-0,026	0,042	0,026	0,0	0,0	99,6	99,6	0,01
T632	-0,056	-0,042	0,056	0,042	0,0	0,0	99,6	99,6	0,02
T633	-0,067	-0,051	0,067	0,051	0,0	0,0	99,6	99,6	0,02
T634	-0,059	-0,045	0,059	0,045	0,0	0,0	99,6	99,6	0,02
T635	-0,067	-0,051	0,067	0,051	0,0	0,0	99,6	99,6	0,02
T636	-0,052	-0,039	0,052	0,039	0,0	0,0	99,6	99,6	0,02
Cable698	-0,052	-0,039	0,052	0,039	0,0	0,0	99,6	99,6	0,00
Cable699	-0,119	-0,089	0,119	0,089	0,0	0,0	99,6	99,6	0,00
Cable700	-0,178	-0,134	0,178	0,134	0,0	0,0	99,6	99,6	0,00
Cable701	-0,246	-0,184	0,246	0,184	0,0	0,0	99,6	99,6	0,00
T637	-0,056	-0,042	0,056	0,042	0,0	0,0	99,6	99,6	0,02

Tabel 4.8. Hasil *Bus Loading* Menggunakan ETAP *Power Station* Sesudah Kompensasi Penempatan dan Penambahan Kapasitor

BUS LOADING Summary Report						
Bus		Bus Total Load				
ID	kVA	MW	Mvar	MVA	% PF	Amp
Bus5	150,000	14,920	0,936	14,949	99,8	57,54
Bus6	20,000	8,134	2,168	8,418	96,6	243,51
Bus944	20,000	8,940	1,766	9,113	98,1	263,71
Bus946	0,380	0,062	0,040	0,074	84,0	113,47
Bus947	0,380	0,050	0,032	0,059	84,0	90,78
Bus948	0,380	0,062	0,040	0,074	84,0	113,47
Bus949	0,380	0,048	0,036	0,060	80,0	90,78
Bus950	0,380	0,052	0,039	0,064	80,0	98,35
Bus951	0,380	0,060	0,045	0,074	80,0	113,48
Bus952	0,380	0,058	0,038	0,069	84,0	105,94
Bus953	0,380	0,054	0,035	0,064	84,0	98,37
Bus954	0,380	0,054	0,035	0,064	84,0	98,37
Bus955	0,380	0,058	0,038	0,069	84,0	105,94
Bus956	0,380	0,063	0,040	0,074	84,0	113,50
Bus957	20,000	0,063	0,040	0,074	84,0	2,16
Bus958	20,000	0,121	0,078	0,144	84,0	4,17
Bus959	20,000	0,175	0,113	0,208	84,0	6,04
Bus960	20,000	0,229	0,148	0,273	84,0	7,91
Bus961	0,380	0,056	0,042	0,069	80,0	105,94
Bus962	0,380	0,040	0,030	0,050	80,0	75,70
Bus963	0,380	0,044	0,033	0,055	80,0	83,27
Bus964	0,380	0,046	0,030	0,055	84,0	83,27
Bus965	20,000	0,046	0,030	0,055	84,0	1,58
Bus966	20,000	0,090	0,062	0,109	82,0	3,16
Bus967	0,380	0,056	0,042	0,070	80,0	105,99
Bus968	20,000	0,056	0,042	0,070	80,0	2,01
Bus969	0,380	0,054	0,035	0,065	84,0	98,44
Bus970	20,000	2,190	1,568	2,693	81,3	77,09
Bus971	0,380	0,042	0,027	0,050	84,0	75,72
Bus972	20,000	2,135	1,533	2,628	81,2	76,12
Bus973	20,000	2,094	1,505	2,579	81,2	74,68

Bus974	0,380	0,043	0,032	0,054	80,0	81,76
Bus975	20,000	0,043	0,032	0,054	80,0	1,55
Bus976	20,000	2,038	1,464	2,509	81,2	72,67
Bus977	20,000	1,995	1,431	2,455	81,3	71,12
Bus978	20,000	1,905	1,369	2,346	81,2	67,95
Bus979	0,380	0,044	0,033	0,055	80,0	83,26
Bus980	20,000	1,865	1,339	2,296	81,2	66,52
Bus981	0,380	0,040	0,030	0,050	80,0	75,69
Bus982	20,000	1,822	1,306	2,241	81,3	64,93
Bus983	0,380	0,060	0,045	0,074	80,0	113,52
Bus984	20,000	1,782	1,276	2,192	81,3	63,50
Bus985	20,000	1,722	1,231	2,117	81,3	61,34
Bus986	20,000	1,667	1,190	2,048	81,4	59,33
Bus987	20,000	1,437	1,041	1,775	81,0	51,43
Bus988	0,380	0,060	0,045	0,074	80,0	113,49
Bus989	20,000	1,379	1,004	1,705	80,9	49,42
Bus990	0,380	0,071	0,046	0,084	84,0	128,62
Bus991	20,000	1,319	0,959	1,631	80,9	47,26
Bus992	20,000	1,248	0,913	1,547	80,7	44,82
Bus993	20,000	1,189	0,868	1,472	80,8	42,67
Bus994	20,000	1,137	0,830	1,408	80,8	40,80
Bus995	20,000	1,090	0,794	1,348	80,8	39,07
Bus996	0,380	0,044	0,033	0,055	80,0	83,21
Bus997	0,380	0,042	0,026	0,050	85,0	75,65
Bus998	0,380	0,056	0,042	0,069	80,0	105,90
Bus999	0,380	0,067	0,051	0,084	80,0	128,58
Bus1000	0,380	0,059	0,045	0,074	80,0	113,46
Bus1001	0,380	0,067	0,051	0,084	80,0	128,58
Bus1002	0,380	0,052	0,039	0,064	80,0	98,33
Bus1003	20,000	0,052	0,039	0,064	80,0	1,87
Bus1004	20,000	0,119	0,089	0,149	80,0	4,31
Bus1005	20,000	0,178	0,134	0,223	80,0	6,47
Bus1006	20,000	0,246	0,184	0,307	80,0	8,91
Bus1007	0,380	0,056	0,042	0,069	80,0	105,90
Bus1008	0,380	0,067	0,051	0,084	80,0	128,58
Bus1009	0,380	0,059	0,045	0,074	80,0	113,46
Bus1010	0,380	0,048	0,036	0,059	80,0	90,77

Tabel 4.9. Hasil *Total Generation, Loading and Demand* Menggunakan ETAP *Power Station* Sesudah Kompensasi Penempatan dan Penambahan Kapasitor

SUMMARY OF TOTAL GENERATION, LOADING & DEMAND					
	MW	Mvar	MVA	% PF	
Swing Bus(es)	14,920	0,936	14,949	99,80	Lagging
Generators:	-	-	-	-	-
Total Demand:	14,920	0,936	14,949	99,80	Lagging
Total Motor Load:	-	-	-	-	-
Total Static Load:	14,881	2,065			
Apparent Losses:	0,039	-1,129			
System Mismatch:	0,000	0,000			
Number of Iterations:	3				

4.6. Validasi

Perhitungan dan simulasi dengan program ETAP *Power Station* telah dilakukan pada sistem kelistrikan GI. POLEHAN, berdasarkan hasil perbandingan nilai referensi dan hasil perhitungan program maka ETAP *Power Station* dapat melakukan perhitungan dengan sempurna ini dapat dilihat pada report yang menunjukkan kecenderungan hampir sama dengan nilai referensi. Hal ini dapat di lihat pada tegangan, $\cos \phi$ dan aliran daya.

4.7. Hasil dan Analisa Hasil Perbandingan Kompensasi Sebelum dan Sesudah Kompensasi Kapasitor.

4.7.1. Hasil Perhitungan dan Simulasi Kompensasi Perbandingan Sebelum Dan Sesudah Kompensasi Kapasitor.

Tabel 4.10. Perbandingan Rugi-rugi Daya Aktif Dan Daya Reaktif Sebelum Kompensasi Kapasitor Dan Sesudah Kompensasi Kapasitor.

Perbandingan Losses Daya Aktif Dan Daya Reaktif				
Ckt / Branch	Sesudah		Sebelum	
ID	Losses		Losses	
	kW	Kvar	kW	Kvar
T3	8,2	151,8	10,8	200,0
T605	9,6	227,8	12,7	300,2
T606	0,0	0,0	0,0	0,0
T607	0,0	0,0	0,0	0,0
T608	0,0	0,0	0,0	0,0
T609	0,0	0,0	0,0	0,0
T610	0,0	0,0	0,0	0,0
T611	0,0	0,0	0,0	0,0
T612	0,0	0,0	0,0	0,0
T613	0,0	0,0	0,0	0,0
T614	0,0	0,0	0,0	0,0
T615	0,0	0,0	0,0	0,0
T616	0,0	0,0	0,0	0,0
Cable672	0,0	0,0	0,0	0,0
Cable673	0,0	0,0	0,0	0,0
Cable674	0,0	0,0	0,0	0,0
Cable675	0,0	0,0	0,0	0,0
T617	0,0	0,0	0,0	0,0
T618	0,0	0,0	0,0	0,0
T619	0,0	0,0	0,0	0,0
T620	0,0	0,0	0,0	0,0
Cable676	0,0	0,0	0,0	0,0
Cable677	0,0	0,0	0,0	0,0

T621	0,0	0,0	0,0	0,0
Cable678	0,0	0,0	0,0	0,0
T622	0,0	0,0	0,1	0,1
Cable679	0,1	0,1	1,1	-165,4
Cable1003	1,1	-170,1	0,0	0,0
T623	0,0	0,0	0,1	0,1
Cable680	0,1	0,1	0,1	0,1
Cable681	0,1	0,1	0,0	0,0
T624	0,0	0,0	0,0	0,0
Cable682	0,0	0,0	0,1	0,1
Cable683	0,1	0,1	0,1	0,1
Cable684	0,1	0,1	0,1	0,1
Cable685	0,1	0,1	0,0	0,0
T625	0,0	0,0	0,1	0,1
Cable686	0,1	0,1	0,0	0,0
T626	0,0	0,0	0,1	0,1
Cable687	0,1	0,1	0,0	0,0
T627	0,0	0,0	0,1	0,1
Cable688	0,1	0,1	0,1	0,1
Cable689	0,1	0,1	0,1	0,1
Cable690	0,1	0,1	0,1	0,1
Cable691	0,1	0,1	0,0	0,0
T628	0,0	0,0	0,0	0,0
Cable692	0,1	0,0	0,0	0,0
T629	0,0	0,0	0,0	0,0
Cable693	0,0	0,0	0,0	0,0
Cable694	0,0	0,0	0,0	0,0
Cable695	0,0	0,0	0,0	0,0
Cable696	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabel 4.11. Perbandingan Losses Tegangan Sebelum dan Sesudah Kompensasi Kapasitor

Perbandingan Losses Tegangan						
Ckt / Branch	Sebelum			Sesudah		
	% Reg Voltage	% Reg Voltage	Losses (%)	% Reg Voltage	% Reg Voltage	Losses (%)
T3	100	98,4	1,64	100	98,4	0,25
T605	100	98,4	1,64	100	99,8	0,25
T606	98,2	98,2	0,02	100	99,8	0,25
T607	98,2	98,2	0,01	99,6	99,6	0,02
T608	98,2	98,2	0,02	99,6	99,6	0,01
T609	98,2	98,2	0,02	99,6	99,6	0,02
T610	98,2	98,2	0,02	99,6	99,6	0,02
T611	98,2	98,2	0,02	99,6	99,6	0,02
T612	98,2	98,2	0,02	99,6	99,6	0,02
T613	98,2	98,2	0,02	99,6	99,6	0,02
T614	98,2	98,2	0,02	99,6	99,6	0,02
T615	98,2	98,2	0,02	99,6	99,6	0,02
T616	98,2	98,2	0,02	99,6	99,6	0,02
Cable672	98,2	98,2	0	99,6	99,6	0,02
Cable673	98,2	98,2	0	99,6	99,6	0
Cable674	98,2	98,2	0	99,6	99,6	0
Cable675	98,2	98,2	0	99,6	99,6	0
T617	98,2	98,2	0,02	99,6	99,6	0
T618	98,2	98,3	0,01	99,6	99,6	0,02
T619	98,3	98,3	0,01	99,6	99,7	0,01
T620	98,3	98,3	0,01	99,6	99,7	0,01
Cable676	98,3	98,3	0	99,6	99,7	0,01
Cable677	98,3	98,3	0	99,7	99,7	0
T621	98,3	98,3	0,02	99,7	99,7	0
Cable678	98,3	98,3	0	99,7	99,7	0,02
T622	98,3	98,3	0,02	99,7	99,7	0
Cable679	98,3	98,3	0,01	99,7	99,7	0,02
Cable1003	98,3	98,4	0,06	99,7	99,7	0,01
T623	98,3	98,3	0,01	99,7	99,8	0,07
Cable680	98,3	98,3	0,01	99,7	99,7	0,01

Cable681	98,3	98,3	0,01	99,7	99,7	0,01
T624	98,3	98,3	0,01	99,7	99,7	0,01
Cable682	98,3	98,3	0	99,7	99,7	0,01
Cable683	98,3	98,3	0,01	99,7	99,7	0
Cable684	98,3	98,3	0,01	99,7	99,7	0,01
Cable685	98,3	98,3	0,01	99,7	99,7	0,01
T625	98,2	98,3	0,01	99,7	99,7	0,01
Cable686	98,3	98,2	0,01	99,6	99,7	0,01
T626	98,2	98,2	0,01	99,7	99,6	0,01
Cable687	98,2	98,2	0,01	99,6	99,6	0,01
T627	98,2	98,2	0,02	99,6	99,6	0,01
Cable688	98,2	98,2	0,01	99,6	99,6	0,02
Cable689	98,2	98,2	0,01	99,6	99,6	0,01
Cable690	98,2	98,2	0	99,6	99,6	0,01
Cable691	98,2	98,2	0	99,6	99,6	0
T628	98,2	98,2	0,02	99,6	99,6	0
Cable692	98,2	98,2	0	99,6	99,6	0,02
T629	98,2	98,2	0,02	99,6	99,6	0
Cable693	98,2	98,2	0	99,6	99,6	0,02
Cable694	98,2	98,2	0	99,6	99,6	0
Cable695	98,2	98,2	0	99,6	99,6	0
Cable696	98,2	98,2	0	99,6	99,6	0
Cable697	98,2	98,2	0	99,6	99,6	0
T630	98,2	98,2	0,01	99,6	99,6	0
T631	98,2	98,2	0,01	99,6	99,6	0,01
T632	98,2	98,2	0,02	99,6	99,6	0,01
T633	98,2	98,2	0,02	99,6	99,6	0,02
T634	98,2	98,2	0,02	99,6	99,6	0,02
T635	98,2	98,2	0,02	99,6	99,6	0,02
T636	98,2	98,2	0,02	99,6	99,6	0,02
Cable698	98,2	98,2	0	99,6	99,6	0,02
Cable699	98,2	98,2	0	99,6	99,6	0
Cable700	98,2	98,2	0	99,6	99,6	0
Cable701	98,2	98,2	0	99,6	99,6	0
T637	98,2	98,2	0,02	99,6	99,6	0
T638	98,2	98,2	0,02	99,6	99,6	0,02
T639	98,2	98,2	0,02	99,6	99,6	0,02

Tabel 4.12. Perbandingan $\cos \phi$ dan Aliran Daya Sebelum Kompensasi Kapasitor Dan Sesudah Kompensasi Penempatan dan Penambahan Kapasitor.

SUMMARY OF TOTAL GENERATION, LOADING & DEMAND										
	Sebelum Kompensasi					Sesudah Kompensasi				
	MW	Mvar	MVA	PF		MW	Mvar	MVA	PF	
Swing Bus(es):	14,511	9,167	17,164	84,54	Lagging	14,920	0,936	14,949	99,80	Lagging
Generators:	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Demand:	14,511	9,167	17,164	84,54	Lagging	14,920	0,936	14,949	99,80	Lagging
Total Motor Load:	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Static Load:	14,467	10,133				14,881	2,065			
Apparent Losses:	0,044	-0,966				0,039	-1,129			
System Mismatch:	0,000	0,000				0,000	0,000			
Number of Iterations: 3										

Dari tabel di atas dapat kita lihat bahwa dengan adanya kompensasi daya reaktif dari kapasitor, maka akan meningkatkan faktor daya. Sehingga mengakibatkan penurunan konsumsi daya reaktif dan penurunan daya semu terlihat bahwa dengan penambahan dan penempatan kapasitor yang tepat menunjukkan yang lebih baik jika dibandingkan dengan sebelumnya.

Berdasarkan tabel 4.12 dapat disimpulkan bahwa kualitas daya pada sistem ini kurang baik, oleh karena itu pemasangan kapasitor dengan daya total sebesar 3600 kVar dapat mengurangi rugi-rugi saluran mampu memberikan perbaikan $\cos \phi$ dari 0,84 menjadi 0,99. Faktor daya tersebut merupakan nilai rata-rata dari bus sistem sehingga pada bus-bus lain memungkinkan terdapat nilai faktor daya yang buruk. Ini terjadi karena pada bus tersebut terhubung beban-beban induktif dengan kapasitas yang besar yang berpeluang sangat besar pula memperburuk nilai faktor daya sistem.

Dengan *Load Flow Analysis* dalam *ETAP Power Station*, besar kandungan daya reaktif bisa menjadi indikasi bahwa ada distorsi harmonik di dalamnya, tetapi dengan menggunakan kompensasi kapasitor ini tidak begitu memberikan kontribusi yang berarti dalam hal mereduksi distorsi harmonik. Akan lebih baik jika digunakan harmonik filter. Tetapi kedua cara mengatasi permasalahan faktor daya ini memiliki kelebihan masing-masing. Jika menggunakan kapasitor biaya relatif lebih murah, pengerjaan instalasi lebih mudah, sedangkan dengan menggunakan harmonik filter membutuhkan biaya yang lebih mahal dan pengerjaan instalasi yang lebih rumit tetapi memiliki satu kelebihan mampu mereduksi distorsi harmonik.

4.8. Perbandingan Aliran Daya Sebelum dan Setelah Pemasangan Kapasitor

Berdasarkan tabel 10. di atas dapat kita ketahui seberapa besar kenaikan daya aktif, penurunan daya reaktif, penurunan *losses* serta penurunan daya semu melalui analisa berikut ini :

- **Daya Aktif**

Secara keseluruhan dapat diamati ditabel 12. Perbandingan sebelum dan setelah kompensasi penempatan dan penambahan kapasitor. Aliran daya aktif pada setiap bus dengan kedua macam kompensasi tidak ada perubahan.

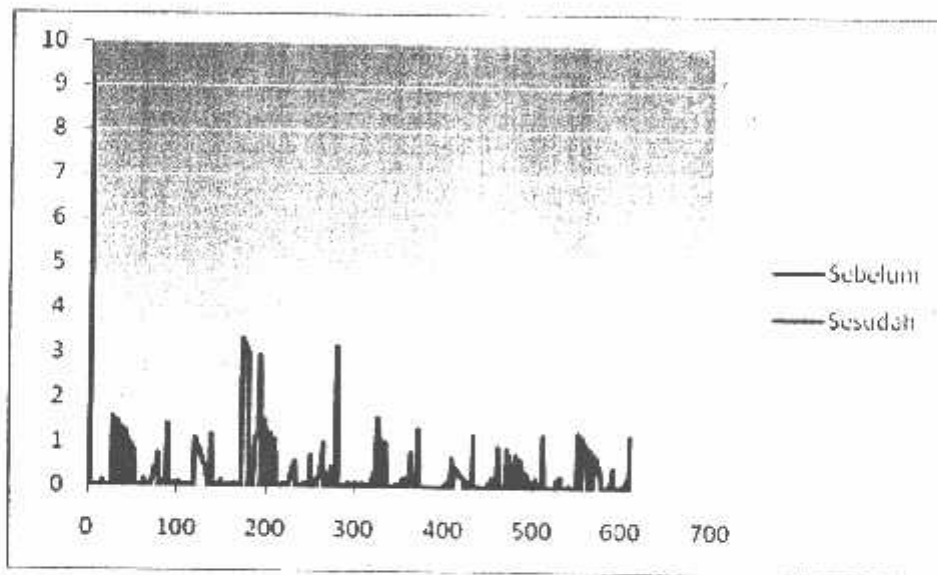
$$\text{Kenaikan Daya Nyata / Aktif} = 14.920 \text{ MW} - 14.511 \text{ MW}$$

$$= 409\text{MW}$$

- **Daya Reaktif**

$$\text{Penurunan Daya Reaktif} = 9,167 \text{ Mvar} - 0,936 \text{ Mvar}$$

$$= 8,23 \text{ MVar}$$



Grafik 4.1. Perbandingan Aliran Daya Reaktif Sebelum dan Setelah Penempatan dan Penambahan Kapasitor

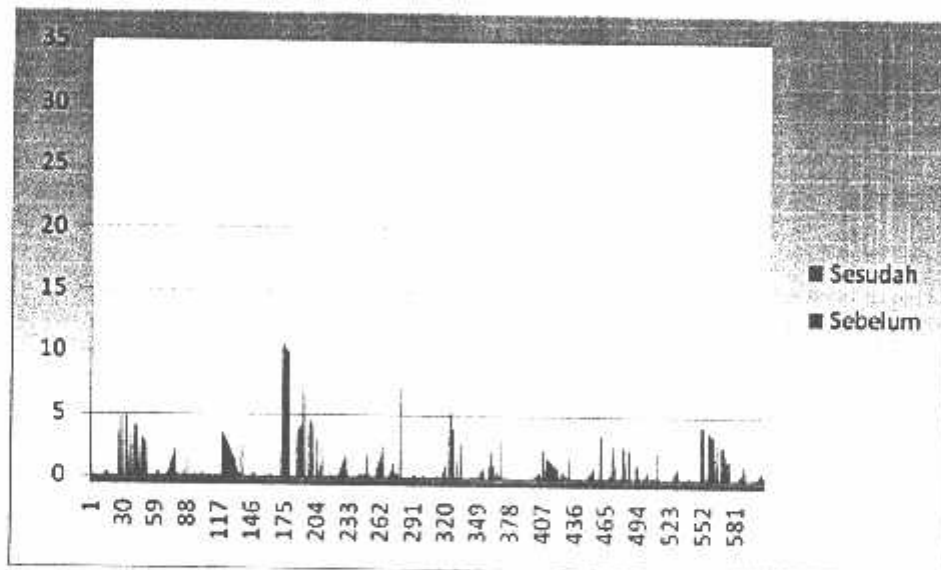
- **Daya Semu**

$$\text{Penurunan Daya Semu (MVA)} = 17,164 \text{ MVA} - 14,949 \text{ MVA}$$

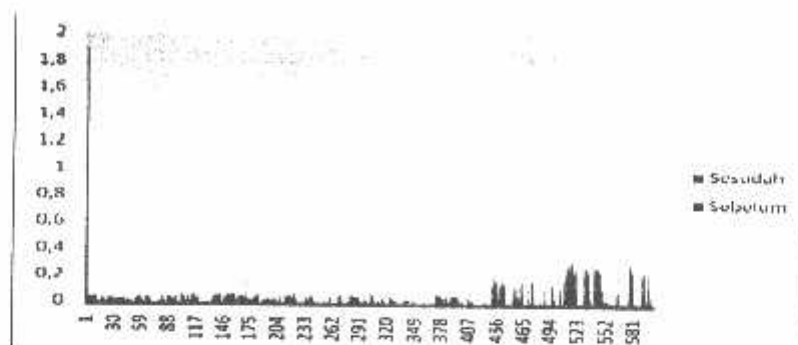
$$= 2,215 \text{ MVA}$$

$$= 2215 \text{ kVA}$$

Pemasangan kapasitor sebagai kompensator daya reaktif akan menyebabkan daya reaktif yang diserap oleh beban dari sumber akan berkurang dan pengurangan daya reaktif ini menyebabkan daya total (MVA) yang diserap beban dari sumber juga akan berkurang sehingga sejumlah kenaikan daya (MVA) dapat digunakan untuk menanggung beban lagi. Berdasarkan hasil perhitungan dan simulasi maka daya total yang berhasil diturunkan adalah sebesar $2,215 \text{ MVA} = 2215 \text{ kVA}$. Dari tabel di atas dapat kita lihat bahwa dengan adanya kompensasi daya reaktif dari Kapasitor, maka akan meningkatkan faktor daya. Sehingga mengakibatkan penurunan konsumsi daya reaktif dan peningkatan daya aktif.



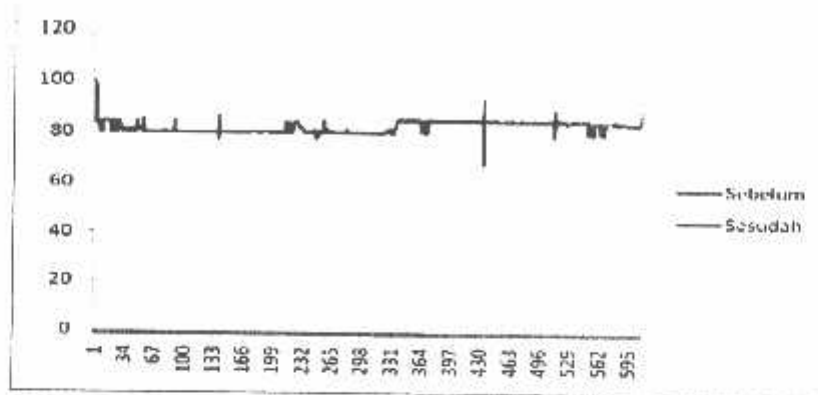
Grafik 4.2. Perbandingan Daya Semu Sebelum dan Setelah Pemasangan Kapasitor



Grafik 4.3. Perbandingan Branch Losses Sebelum Dan Setelah Pemasangan Kapasitor

• Faktor Daya

Dengan penambahan kompensasi kapasitor sebesar 1200 Kvar pada setiap penyulang, maka koreksi faktor daya dari $\cos \phi$ 0,84 menjadi 0,99. Hal ini membuat sistem menjadi lebih baik karena dapat mengurangi konsumsi daya reaktif dan daya semu. Untuk melihat perbandingan kondisi sebelum dan sesudah pemasangan kapasitor dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Grafik 4.4. Perbandingan Faktor Daya Sebelum Dan Setelah Pemasangan Kapasitor

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

1. Peningkatan faktor daya dari 0,74 menjadi 0,88 membutuhkan analisis pengaturan letak kapasitor dengan kapasitas daya yang sama 1200 kVar.
2. Peningkatan faktor daya dari 0,74 menjadi 0,88 menyebabkan daya reaktif menurun dari 49,878 MVar menjadi 32,939 MVar. Dan terjadi penurunan daya semu dari 75,227 MVA menjadi 70,075 MVA.
3. Dengan menggunakan kompensasi pemasangan dan pengaturan ulang letak kapasitor dengan kapasitas total 1200 kVar sistem masih memiliki daya sisa sebesar $5,152 \text{ MVA} = 5152 \text{ kVA}$.

5.2. Saran

Jika ingin dilakukan perluasan jaringan yang kemungkinan akan terjadi penambahan beban dalam jumlah besar, maka perlu terlebih dahulu dilakukan analisa *load flow* agar sistem dapat tetap dipertahankan dalam kondisi stabil serta penyaluran daya aktif dan reaktif yang optimal dan faktor daya yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Almanda, Deni." *Peranan Kapasitor Dalam Penggunaan Energi Listrik*", Elektro Indonesia, nomor30, Tahun VI, 2000
<http://www.elektroindonesia.com/elektro/ener30a.html>.
- [2]. Basri, Hasan, *Sistem Distribusi Daya Listrik* (Jakarta : ISTN, 1997).
- [3]. Djiteng, Marsudi, *Operasi Sistem Tenaga Listrik* (Jakarta : ISTN, 1990).
- [4]. Elgerd, OI,"*Electric Energy System Theory an Introduction*", Tata Mc Graw-Hill, New Delhi, 1071.
- [5]. Turan Gonen," *Electric Power Distribution System Engineering*", Mc Graw-Hill, 1986.
- [6]. Saadat, Hadi. "*Power System Analysis*", Singapore: McGraw Hill Inc, 1999, p.20.
- [7]. William D. Stevensen. JR "*Analisis Sistem Tenaga Listrik*", Edisi Ke-4, Erlangga.




FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : PRIYONO K
Nim : 89.12.175
Masa Bimbingan : 10 Desember 2008 s/d 10 Juni 2009
Judul Skripsi : ANALISA PENEMPATAN KAPASITOR UNTUK PERBAIKAN FAKTOR DAYA DAN MEMINIMALISASI RUGI-RUGI DAYA DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP POWERSTATION PADA GI POLEHAN MALANG

NO	TANGGAL	URAIAN	PARAF PEMBIMBING
1	27-2-2009	Konsultasi Bab I, II dan III	CS
2	2-3-2009	Perbaikan Sistematika Penulisan Bab I, II, III, IV	CS
3	5-3-2009	Periksa kembali hasil rugi-rugi daya	CS
4	7-3-2009	Perbaikan Grafik	CS
5	10-3-2009	Siapkan Makalah Seminar Hasil	CS
6			
7			
8			
9			
10			

Malang,
Dosen Pembimbing,


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

Form.S-4B



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

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

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

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

Malang, 11 Desember 2008

Nomor : ITN-514/I.TA/2/08
Lampiran : -
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Kepada : Yth. Sdr. **IR. H. CHOIRUL SALAEH, MT**
Dosen Institut Teknologi Nasional Malang

Dosen Pembimbing
Jurusan Teknik Elektro S-1
di
Malang

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

Nama : PRIYONO K
Nim : 8912175
Fakultas : Teknologi Industri
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

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

10 Desember 2008 s/d 10 Juni 2009

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



Ketua Jurusan
Teknik Elektro S-1

M. F. Yudi Limpraptono, MT
Nip. Y. 1039500274

Tembusan Kepada Yth :

1. Mahasiswa Yang Bersangkutan
2. Arsip

Form. S 4a



PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

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

Hari : Sabtu
Tanggal : 21 Maret 2009

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

1. Nama : Priyono Krismoyo
2. NIM : 89.12.175
3. Jurusan : Teknik Elektro
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi : Analisa Penempatan Kapasitor untuk Perbaikan Faktor Daya dan Meminimalisasi Rugi-Rugi Daya dengan Menggunakan *Software Etap Power Station* pada Sistem Kelistrikan di GI POLEHAN Malang.

Perbaikan meliputi :

No	Materi Perbaikan	Ket
1.	Dihitung kembali untuk daya nyata sebelum dan sesudah pemasangan kapasitor	<i>CF</i>
2.		
3.		

Penguji Pertama

Ir. Eko Nurcahyo
NIP.Y. 1028700172

Dosen Pembimbing

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



PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

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

Hari : Sabtu
Tanggal : 21 Maret 2009

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

1. Nama : Priyono Krismoyo
2. NIM : 89.12.175
3. Jurusan : Teknik Elektro
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi : Analisa Penempatan Kapasitor untuk Perbaikan Faktor Daya dan Meminimalisasi Rugi-Rugi Daya dengan Menggunakan *Software Etap Power Station* pada Sistem Kelistrikan di GI POLEHAN Malang.

Perbaikan meliputi :

No	Materi Perbaikan	Ket
1	Mengapa dengan penambahan kapasitor menyebabkan naiknya beban	

Penguji Kedua

Ir. M. Abdul Hamid, MT
NIP.Y. 1018800188

Dosen Pembimbing

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



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KAMPUS II : Jl. Karanglo Km 2 MALANG

SURAT PERMOHONAN

Dengan Hormat,

Yang bertanda tangan di bawah ini sebagai pemohon, saya mahasiswa dengan identitas sebagai berikut :

Nama : PRIYONO K
NIM : 89.12.175
Jurusan : Teknik Energi Listrik S-1
Fakultas : Teknologi Industri

Mengajukan permohonan penggunaan fasilitas Laboratorium Simulasi Sistem Tenaga Elektrik untuk keperluan Mengerjakan Skripsi menggunakan software *Etap Powerstation* di Lab.Simulasi Sistem Tenaga Elektrik.

Demikian surat permohonan ini saya buat dengan sebenarnya dan dapat dipertanggung jawabkan, terima kasih.

Mengetahui,

Kajur Teknik Elektro S-1

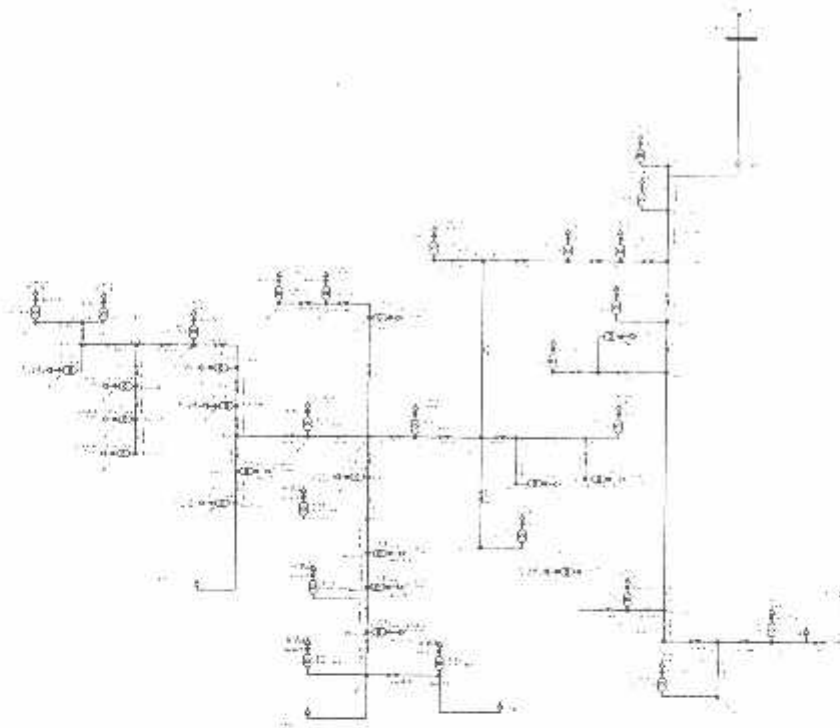
Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
NIP. Y. 1039500274

Pemohon

Priyono K
Nim. 8912175

Acc

Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
NIP. Y. 1018800189



Gambar 4.8. *Single Line* Penyulang Patimura

4.2. Data Penyaluran dan Pembebanan

4.2.1. Data Saluran Sistem Tenaga Listrik GI. POLEHAN

Tabel 4.1. Ukuran & Impedansi Kabel/ Konduktor

(Main_Bus1 di Sistem Tegangan 20 kV)

Dari	Ke	Pemampang (mm ²)	Panjang (m)	R (pu)	X (pu)	Y (pu)
MAIN_BUS 1032	p.zaenalsakse	1x3x 240 Cu	2000	0.098	0.098	0.0000719
MAIN_BUS 1081	P.Ked.kandang	1x3x 240 Cu	3000	0.098	0.125	0.0000719
MAIN_BUS 1223	P.Bunul	1x3x 240 Cu	2000	0.098	0.125	0.0000719
MAIN_BUS 1552	P.Jodipan	1x3x 240 Cu	3000	0.098	0.125	0.0000719
MAIN_BUS 1375	P.Agusalim	1x3x 240 Cu	3000	0.098	0.125	0.0000719
MAIN_BUS 1454	P.Sawojajar	1x3x 240 Cu	2000	0.098	0.125	0.0000719
MAIN_BUS 1314	P.Patimura	1x3x 240 Cu	3000	0.098	0.125	0.0000719

Tabel 4. 2. Ukuran & Impedansi Kabel/ Konduktor

(Main_Base 2 di Sistem Tegangan 20 kV)

ID	Pemampang (mm ²)	Panjang (m)	R (pu)	X (pu)	Y (pu)
Cable672	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,028555	
Cable673	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,028555	
Cable674	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,028555	
Cable675	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,028555	
Cable676	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,028555	
Cable677	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,028555	
Cable678	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,028555	
Cable679	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,028555	
Cable680	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,028555	
Cable681	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,028555	
Cable682	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,028555	

Cable683	1x3x 240 Cu	250	0,028048	0,026555	
Cable684	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable685	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable686	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable687	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable688	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable689	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable690	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable691	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable692	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable693	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable694	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable695	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable696	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable697	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable698	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable699	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable700	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable701	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable702	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable703	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable704	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable705	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable706	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable707	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable708	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable709	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable710	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable711	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable712	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable713	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable714	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable715	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable716	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable722	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable723	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable724	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable725	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	

Cable726	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable727	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable728	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable729	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable730	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable731	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable732	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable733	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable734	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable735	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable736	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable737	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable738	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable739	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable740	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable741	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable742	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable743	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable744	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable745	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable746	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable747	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable748	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable749	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable750	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable751	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable752	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable753	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable754	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable755	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable756	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable757	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable758	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable759	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable760	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable761	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	
Cable762	1x3x 240 Cu	250	0,028049	0,026555	

*.Selengkapnya dapat dilihat pada lampiran

4.2.2. Data Pembebanan Sistem Tenaga Listrik GI. POLEHAN Malang

Tabel 4.3. Pembagian Beban Pada GI. POLEHAN Malang

Waktu	W	W ₁	W ₂	W ₃
Load	0,380	0,0	0,063	0,041
Load	0,380	0,0	0,050	0,033
Load	0,380	0,0	0,063	0,041
Load	0,380	0,0	0,048	0,036
Load	0,380	0,0	0,052	0,039
Load	0,380	0,0	0,060	0,045
Load	0,380	0,0	0,059	0,038
Load	0,380	0,0	0,055	0,035
Load	0,380	0,0	0,055	0,035
Load	0,380	0,0	0,059	0,038
Load	0,380	0,0	0,063	0,041
Load	0,380	0,0	0,056	0,042
Load	0,380	0,0	0,040	0,030
Load	0,380	0,0	0,044	0,033
Load	0,380	0,0	0,046	0,030
Load	0,380	0,0	0,056	0,042
Load	0,380	0,0	0,055	0,035
Load	0,380	0,0	0,042	0,027
Load	0,380	0,0	0,043	0,032
Load	0,380	0,0	0,044	0,033
Load	0,380	0,0	0,040	0,030
Load	0,380	0,0	0,060	0,045
Load	0,380	0,0	0,060	0,045
Load	0,380	0,0	0,071	0,046
Load	0,380	0,0	0,044	0,033
Load	0,380	0,0	0,043	0,026
Load	0,380	0,0	0,056	0,042
Load	0,380	0,0	0,068	0,051
Load	0,380	0,0	0,060	0,045
Load	0,380	0,0	0,068	0,051
Load	0,380	0,0	0,052	0,039
Load	0,380	0,0	0,056	0,042
Load	0,380	0,0	0,068	0,051

Load	0,380	0,0	0,060	0,045
Load	0,380	0,0	0,048	0,036
Load	0,380	0,0	0,056	0,042
Load	0,380	0,0	0,068	0,051
Load	0,380	0,0	0,068	0,051
Load	0,380	0,0	0,056	0,042
Load	0,380	0,0	0,052	0,039
Load	0,380	0,0	0,052	0,039
Load	0,380	0,0	0,060	0,045
Load	0,380	0,0	0,068	0,051
Load	0,380	0,0	0,064	0,048
Load	0,380	0,0	0,076	0,057
Load	0,380	0,0	0,066	0,049
Load	0,380	0,0	0,060	0,045
Load	0,380	0,0	0,052	0,039
Load	0,380	0,0	0,076	0,057
Load	0,380	0,0	0,052	0,039
Load	0,380	0,0	0,072	0,054
Load	0,380	0,0	0,060	0,045
Load	0,380	0,0	0,056	0,042
Load	0,380	0,0	0,064	0,048
Load	0,380	0,0	0,068	0,051
Load	0,380	0,0	0,056	0,042
Load	0,380	0,0	0,052	0,039
Load	0,380	0,0	0,068	0,051
Load	0,380	0,0	0,072	0,054
Load	0,380	0,0	0,060	0,045
Load	0,380	0,0	0,072	0,054
Load	0,380	0,0	0,068	0,051
Load	0,380	0,0	0,076	0,057
Load	0,380	0,0	0,064	0,048
Load	0,380	0,0	0,068	0,051
Load	0,380	0,0	0,060	0,045
Load	0,380	0,0	0,076	0,057
Load	0,380	0,0	0,060	0,045
Load	0,380	0,0	0,068	0,051
Load	0,380	0,0	0,052	0,039

*.Selengkapnya dapat dilihat pada lampiran

4.3. Solusi Perbaikan Faktor Daya dengan ETAP *Power Station* 4.0.0

ETAP *Power Station* 4.0.0 merupakan program untuk menganalisa kondisi transien suatu sistem kelistrikan. ETAP *Power Station* memungkinkan antar muka secara grafis dan komputasi yang sempurna dan secara langsung kita dapat menggambar *single line diagram*. Program ini didesain berdasarkan tiga konsep, yaitu:

- Operasi Nyata Secara Virtual (*Virtual Reality Operation*)

Pengoperasian program mirip dengan pengoperasian listrik secara nyata. Seperti ketika menutup atau membuka CB, membuat suatu elemen keluar dari rangkaian, mengganti status operasi motor dan lain sebagainya. ETAP *PowerStation* memiliki konsep-konsep baru dalam menentukan koordinasi peralatan pengaman secara langsung dari *single line diagram*.

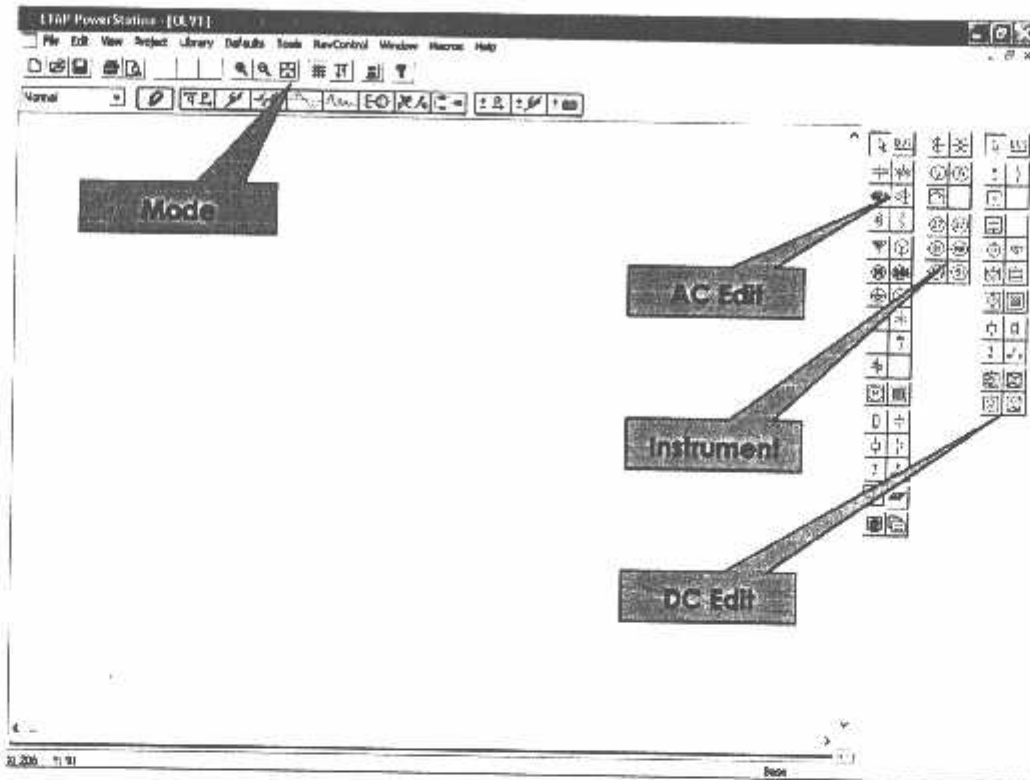
- Data Gabungan Total (*Total Integration of Data*)

ETAP *Power Station* menggabungkan konsep elektrik, logika, mekanik dan fisik dari suatu elemen sistem dalam database yang sama. Sebagai contoh: sebuah kabel, tidak hanya terdiri dari data sifat-sifat listrik dan dimensi fisik, tetapi juga informasi yang mengindikasikan jalur yang dilalui. Gabungan data-data ini menentukan konsistensi sistem secara keseluruhan dan menghindarkan dari pemasukan data yang berulang-ulang untuk element yang sama.

- Kesederhanaan Dalam Memasukkan Data

ETAP *Power Station* menggunakan data lengkap dan setiap peralatan listrik yang kadang hanya membutuhkan sama jenis pemasukan data. Data editor dapat mempercepat proses memasukkan data dengan membutuhkan data minimum.

Standar yang digunakan ETAP *Power Station* versi 4.0.0 ada dua yaitu IEEE JEC. Hal ini berdasarkan kenyataan bahwa dalam sistem tenaga di dunia terbagi dalam dua satuan umum. Dalam gambar 4.1. terdapat *toolbar AC Edit, DC Edit dan Instrument* yang merupakan kumpulan dari alat-alat ukur. *AC Edit* digunakan untuk menggambar jaringan AC, *DC Edit* digunakan untuk menggambar rangkaian DC. Dimana setiap kelompok *tools* tersebut terdapat bus, kabel, CB, fuse, beban dan lain sebagainya. Mode *Toolbar* digunakan untuk me-running program. Analisa yang dapat dilakukan antara lain adalah analisa aliran daya, hubung singkat, motor *starting*, harmonisa, stabilitas transient, koordinasi relay dan lain sebagainya. Komponen diletakkan pada modul dengan cara *click* kiri sekali pada salah satu *tool* yang diinginkan, lalu diletakkan pada modul dengan *click* kiri. Kemudian melakukan pengisian data dengan cara *double click* salah satu peralatan yang ada di modul yang telah dipilih untuk pengisian data parameter maupun keterangan secara lengkap.



Gambar 4.9
Modul Utama

4.4. Aliran Daya

Tabel 4.4. Hasil *Branch Losses* Menggunakan ETAP Power Station Sebelum Kompensasi Penempatan Kapasitor

BRANCH LOSSES Summary Report									
Circuit Name	From Cable		To From Bus		Losses		Voltage		Watt Drop
	From	To	From	To	W	%	V	%	
TJ	5,830	3,627	-5,819	-3,427	10,8	200,0	100,0	98,4	1,64
T605	8,681	5,541	-8,669	-5,240	12,7	300,2	100,0	98,4	1,64
T606	-0,061	-0,039	0,061	0,039	0,0	0,0	98,2	98,2	0,02
T607	-0,049	-0,031	0,049	0,031	0,0	0,0	98,2	98,2	0,01
T608	-0,061	-0,039	0,061	0,039	0,0	0,0	98,2	98,2	0,02
T609	-0,046	-0,035	0,046	0,035	0,0	0,0	98,2	98,2	0,02
T610	-0,050	-0,038	0,050	0,038	0,0	0,0	98,2	98,2	0,02
T611	-0,058	-0,043	0,058	0,043	0,0	0,0	98,2	98,2	0,02
T612	-0,057	-0,037	0,057	0,037	0,0	0,0	98,2	98,2	0,02
T613	-0,053	-0,034	0,053	0,034	0,0	0,0	98,2	98,2	0,02
T614	-0,053	-0,034	0,053	0,034	0,0	0,0	98,2	98,2	0,02
T615	-0,057	-0,037	0,057	0,037	0,0	0,0	98,2	98,2	0,02
T616	-0,061	-0,039	0,061	0,039	0,0	0,0	98,2	98,2	0,02
Cable672	-0,061	-0,039	0,061	0,039	0,0	0,0	98,2	98,2	0,00
Cable673	-0,117	-0,076	0,117	0,076	0,0	0,0	98,2	98,2	0,00
Cable674	-0,170	-0,110	0,170	0,110	0,0	0,0	98,2	98,2	0,00
Cable675	-0,223	-0,144	0,223	0,144	0,0	0,0	98,2	98,2	0,00
T617	-0,054	-0,041	0,054	0,041	0,0	0,0	98,2	98,2	0,02
T618	-0,039	-0,029	0,039	0,029	0,0	0,0	98,2	98,3	0,01
T619	-0,042	-0,032	0,042	0,032	0,0	0,0	98,3	98,3	0,01
T620	-0,045	-0,029	0,045	0,029	0,0	0,0	98,3	98,3	0,01
Cable676	-0,045	-0,029	0,045	0,029	0,0	0,0	98,3	98,3	0,00
Cable677	-0,087	-0,061	0,087	0,061	0,0	0,0	98,3	98,3	0,00
T621	-0,054	-0,041	0,054	0,041	0,0	0,0	98,3	98,3	0,02
Cable678	-0,054	-0,041	0,054	0,041	0,0	0,0	98,3	98,3	0,00
T622	-0,053	-0,034	0,053	0,034	0,0	0,0	98,3	98,3	0,02
Cable679	2,076	1,490	-2,076	-1,490	0,1	0,1	98,3	98,3	0,01
Cable1003	-2,129	-1,524	2,130	1,350	1,1	-165,4	98,3	98,4	0,06
T623	-0,041	-0,026	0,041	0,026	0,0	0,0	98,3	98,3	0,01
Cable680	2,036	1,464	-2,035	-1,464	0,1	0,1	98,3	98,3	0,01
Cable681	1,981	1,423	-1,981	-1,423	0,1	0,1	98,3	98,3	0,01
T624	-0,042	-0,031	0,042	0,031	0,0	0,0	98,3	98,3	0,01
Cable682	-0,042	-0,031	0,042	0,031	0,0	0,0	98,3	98,3	0,00
Cable683	1,939	1,392	-1,939	-1,391	0,1	0,1	98,3	98,3	0,01
Cable684	1,852	1,331	-1,852	-1,331	0,1	0,1	98,3	98,3	0,01

Cable685	1,814	1,302	-1,813	-1,302	0,1	0,1	98,3	98,3	0,01
T625	-0,042	-0,032	0,042	0,032	0,0	0,0	98,2	98,3	0,01
Cable686	1,771	1,270	-1,771	-1,270	0,1	0,1	98,3	98,2	0,01
T626	-0,039	-0,029	0,039	0,029	0,0	0,0	98,2	98,2	0,01
Cable687	1,732	1,241	-1,732	-1,241	0,1	0,1	98,2	98,2	0,01
T627	-0,058	-0,043	0,058	0,043	0,0	0,0	98,2	98,2	0,02
Cable688	1,674	1,197	-1,674	-1,197	0,1	0,1	98,2	98,2	0,01
Cable689	1,620	1,157	-1,620	-1,156	0,1	0,1	98,2	98,2	0,01
Cable690	1,397	1,012	-1,397	-1,012	0,1	0,1	98,2	98,2	0,00
Cable691	1,341	0,976	-1,340	-0,976	0,1	0,1	98,2	98,2	0,00
T628	-0,058	-0,043	0,058	0,043	0,0	0,0	98,2	98,2	0,02
Cable692	1,283	0,932	-1,283	-0,932	0,0	0,0	98,2	98,2	0,00
T629	-0,069	-0,044	0,069	0,045	0,0	0,0	98,2	98,2	0,02
Cable693	1,214	0,888	-1,214	-0,888	0,0	0,0	98,2	98,2	0,00
Cable694	1,156	0,844	-1,156	-0,844	0,0	0,0	98,2	98,2	0,00
Cable695	1,106	0,807	-1,106	-0,807	0,0	0,0	98,2	98,2	0,00
Cable696	1,059	0,772	-1,059	-0,772	0,0	0,0	98,2	98,2	0,00
Cable697	0,999	0,733	-0,999	-0,733	0,0	0,0	98,2	98,2	0,00
T630	-0,042	-0,032	0,042	0,032	0,0	0,0	98,2	98,2	0,01
T631	-0,041	-0,025	0,041	0,025	0,0	0,0	98,2	98,2	0,01
T632	-0,054	-0,040	0,054	0,041	0,0	0,0	98,2	98,2	0,02
T633	-0,066	-0,049	0,066	0,049	0,0	0,0	98,2	98,2	0,02
T634	-0,058	-0,043	0,058	0,043	0,0	0,0	98,2	98,2	0,02
T635	-0,066	-0,049	0,066	0,049	0,0	0,0	98,2	98,2	0,02
T636	-0,050	-0,038	0,050	0,038	0,0	0,0	98,2	98,2	0,02
Cable698	-0,050	-0,038	0,050	0,038	0,0	0,0	98,2	98,2	0,00
Cable699	-0,116	-0,087	0,116	0,087	0,0	0,0	98,2	98,2	0,00
Cable700	-0,173	-0,130	0,173	0,130	0,0	0,0	98,2	98,2	0,00
Cable701	-0,239	-0,179	0,239	0,179	0,0	0,0	98,2	98,2	0,00
T637	-0,054	-0,040	0,054	0,040	0,0	0,0	98,2	98,2	0,02
T638	-0,066	-0,049	0,066	0,049	0,0	0,0	98,2	98,2	0,02
T639	-0,058	-0,043	0,058	0,043	0,0	0,0	98,2	98,2	0,02
T640	-0,046	-0,035	0,046	0,035	0,0	0,0	98,2	98,2	0,02
T641	-0,054	-0,040	0,054	0,040	0,0	0,0	98,2	98,2	0,02
Cable702	-0,054	-0,040	0,054	0,040	0,0	0,0	98,2	98,2	0,00
Cable703	-0,100	-0,075	0,100	0,075	0,0	0,0	98,2	98,2	0,00
Cable704	-0,158	-0,119	0,158	0,119	0,0	0,0	98,2	98,2	0,00
Cable705	-0,224	-0,168	0,224	0,168	0,0	0,0	98,2	98,2	0,00
Cable706	-0,278	-0,208	0,278	0,208	0,0	0,0	98,2	98,2	0,00
Cable707	-0,517	-0,388	0,517	0,388	0,0	0,0	98,2	98,2	0,00
Cable708	-0,571	-0,428	0,571	0,428	0,0	0,0	98,2	98,2	0,00

Tabel 4.5. Hasil *Bus Loading* Menggunakan ETAP *Power Station* Sebelum Kompensasi Penempatan Kapasitor

BUS LOADING Summary Report						
Bus	kV	Bus Total Load				
		MVA	MVA	MVA	PF	Amper
Bus5	150,000	14,511	9,167	17,164	84,5	66,06
Bus6	20,000	7,908	5,245	9,489	83,3	278,50
Bus944	20,000	8,669	5,240	10,129	85,6	297,30
Bus946	0,380	0,061	0,039	0,072	84,0	111,88
Bus947	0,380	0,049	0,031	0,058	84,0	89,51
Bus948	0,380	0,061	0,039	0,072	84,0	111,88
Bus949	0,380	0,046	0,035	0,058	80,0	89,51
Bus950	0,380	0,050	0,038	0,063	80,0	96,97
Bus951	0,380	0,058	0,043	0,072	80,0	111,89
Bus952	0,380	0,057	0,037	0,068	84,0	104,45
Bus953	0,380	0,053	0,034	0,063	84,0	97,00
Bus954	0,380	0,053	0,034	0,063	84,0	96,99
Bus955	0,380	0,057	0,037	0,068	84,0	104,45
Bus956	0,380	0,061	0,039	0,072	84,0	111,91
Bus957	20,000	0,061	0,039	0,072	84,0	2,13
Bus958	20,000	0,117	0,076	0,140	84,0	4,21
Bus959	20,000	0,170	0,110	0,203	84,0	5,95
Bus960	20,000	0,223	0,144	0,265	84,0	7,80
Bus961	0,380	0,054	0,041	0,068	80,0	104,46
Bus962	0,380	0,039	0,029	0,048	80,0	74,64
Bus963	0,380	0,042	0,032	0,053	80,0	82,10
Bus964	0,380	0,045	0,029	0,053	84,0	82,10
Bus965	20,000	0,045	0,029	0,053	84,0	1,56
Bus966	20,000	0,087	0,061	0,106	82,0	3,12
Bus967	0,380	0,054	0,041	0,068	80,0	104,50
Bus968	20,000	0,054	0,041	0,068	80,0	1,99
Bus969	0,380	0,053	0,034	0,063	84,0	97,06
Bus970	20,000	2,129	1,524	2,618	81,3	76,89
Bus971	0,380	0,041	0,026	0,048	84,0	74,66
Bus972	20,000	2,076	1,490	2,555	81,2	75,05
Bus973	20,000	2,035	1,464	2,507	81,2	73,64
Bus974	0,380	0,042	0,031	0,052	80,0	80,62
Bus975	20,000	0,042	0,031	0,052	80,0	1,53
Bus976	20,000	1,981	1,423	2,439	81,2	71,65
Bus977	20,000	1,939	1,391	2,387	81,3	70,12

Bus978	20,000	1,852	1,331	2,281	81,2	67,00
Bus979	0,380	0,042	0,032	0,053	80,0	82,09
Bus980	20,000	1,813	1,302	2,232	81,2	65,58
Bus981	0,380	0,039	0,029	0,048	80,0	74,63
Bus982	20,000	1,771	1,270	2,179	81,3	64,02
Bus983	0,380	0,058	0,043	0,072	80,0	111,93
Bus984	20,000	1,732	1,241	2,131	81,3	62,61
Bus985	20,000	1,674	1,197	2,058	81,3	60,48
Bus986	20,000	1,620	1,156	1,991	81,4	58,50
Bus987	20,000	1,597	1,012	1,725	81,0	50,71
Bus988	0,380	0,058	0,043	0,072	80,0	111,90
Bus989	20,000	1,340	0,976	1,658	80,9	48,73
Bus990	0,380	0,069	0,044	0,082	84,0	126,82
Bus991	20,000	1,283	0,932	1,586	80,9	46,60
Bus992	20,000	1,214	0,888	1,504	80,7	44,20
Bus993	20,000	1,156	0,844	1,431	80,8	42,07
Bus994	20,000	1,106	0,807	1,369	80,8	40,23
Bus995	20,300	1,059	0,772	1,311	80,8	38,53
Bus996	0,380	0,042	0,032	0,053	80,0	82,05
Bus997	0,380	0,041	0,025	0,048	85,0	74,59
Bus998	0,380	0,054	0,040	0,067	80,0	104,41
Bus999	0,380	0,066	0,049	0,082	80,0	126,78
Bus1000	0,380	0,058	0,043	0,072	80,0	111,87
Bus1001	0,380	0,066	0,049	0,082	80,0	126,78
Bus1002	0,380	0,050	0,038	0,063	80,0	96,95
Bus1003	20,000	0,050	0,038	0,063	80,0	1,84
Bus1004	20,000	0,116	0,087	0,145	80,0	4,25
Bus1005	20,000	0,173	0,130	0,217	80,0	6,38
Bus1006	20,000	0,239	0,179	0,299	80,0	8,79
Bus1007	0,380	0,054	0,040	0,067	80,0	104,41
Bus1008	0,380	0,066	0,049	0,082	80,0	126,78
Bus1009	0,380	0,058	0,043	0,072	80,0	111,87
Bus1010	0,380	0,046	0,035	0,058	80,0	89,50
Bus1011	0,380	0,054	0,040	0,067	80,0	104,41
Bus1012	20,000	0,054	0,040	0,067	80,0	1,98
Bus1013	20,000	0,100	0,075	0,125	80,0	3,68
Bus1014	20,000	0,158	0,119	0,198	80,0	5,81
Bus1015	20,000	0,224	0,168	0,280	80,0	8,22
Bus1016	20,000	0,278	0,208	0,347	80,0	10,20
Bus1017	20,000	0,517	0,388	0,646	80,0	18,99
Bus1018	20,000	0,571	0,428	0,713	80,0	20,97
Bus1019	20,000	0,612	0,454	0,761	80,3	22,38
Bus1020	20,000	0,654	0,485	0,814	80,3	23,94

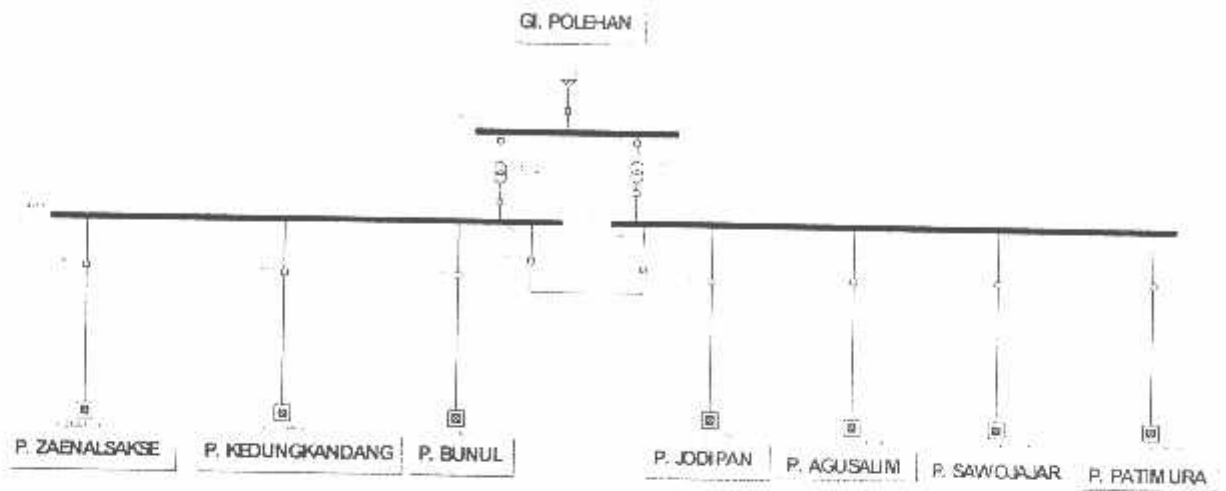
*.Selengkapnya dapat dilihat pada lampiran

Tabel 4.6. Hasil *Total Generation, Loading and Demand* Menggunakan ETAP
Power Station Sebelum Kompensasi Penempatan Kapasitor

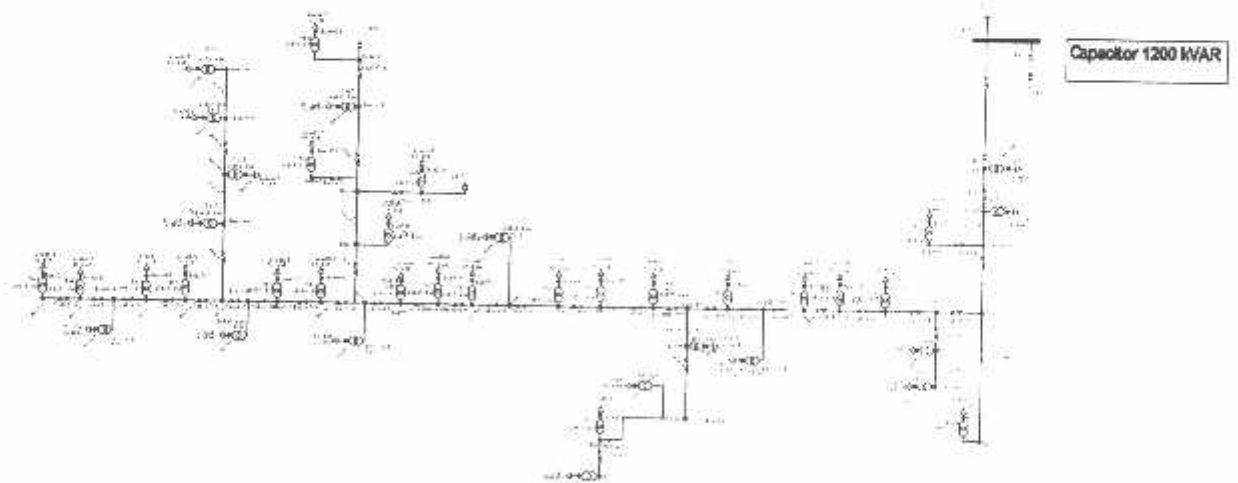
SUMMARY OF TOTAL GENERATION, LOADING & DEMAND					
	MW	Mvar	MVA	% PF	
Swing Buses):	14,511	9,167	17,164	84,54	Lagging
Generators:	-	-	-	-	-
Total Demand:	14,511	9,167	17,164	84,54	Lagging
Total Motor Load:	-	-	-	-	-
Total Static Load:	14,467	10,133			
Apparent Losses:	0,044	-0,966			
System Mismatch	0,000	0,000			
Number of Iterations:	3				

Sistem Kelistrikan GI. POLEHAN Malang dengan daya 20 Mva dan 30 Mva. Berdasarkan tabel 6 dapat disimpulkan bahwa kualitas daya pada sistem ini kurang baik, sehingga terjadi rugi daya reaktif sebesar 9,167 Mvar sehingga hanya mampu memberikan perbaikan $\cos \phi$ menjadi 0,84. Faktor daya tersebut merupakan nilai rata-rata dari bus sistem sehingga pada bus-bus lain memungkinkan terdapat nilai faktor daya yang buruk. Ini terjadi karena pada sistem terdapat banyak beban-beban induktif dengan kapasitas yang besar yang berpeluang sangat besar pula memperburuk nilai faktor daya sistem.

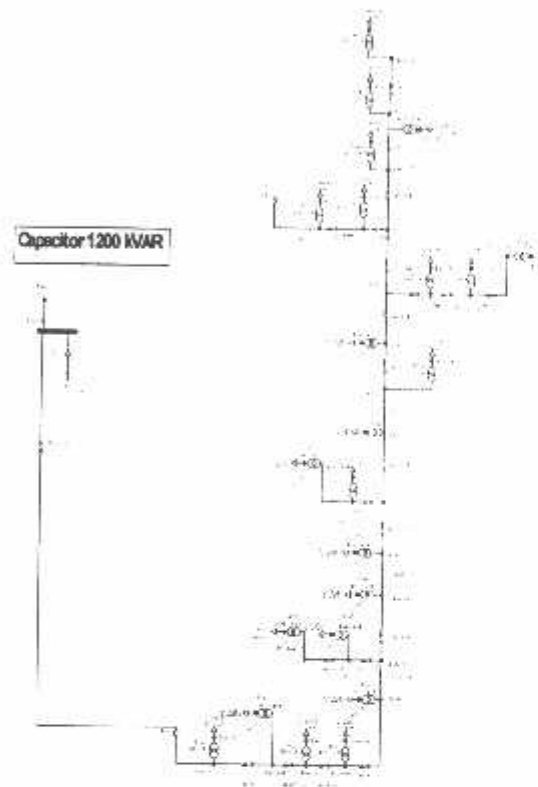
4.5. Single Line GI. POLEHAN Malang Setelah Pemasangan Kapasitor



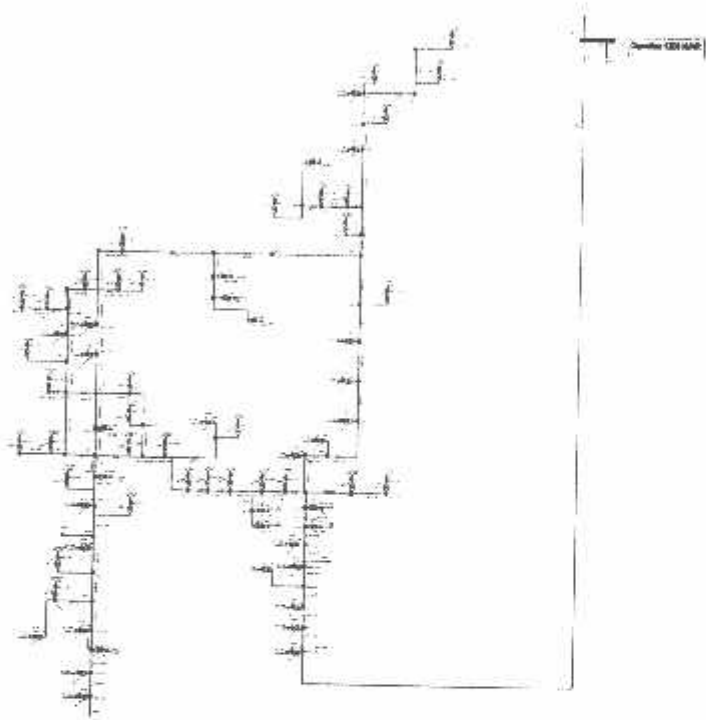
Gambar 4.10. Single Line GI. POLEHAN Malang Baru.



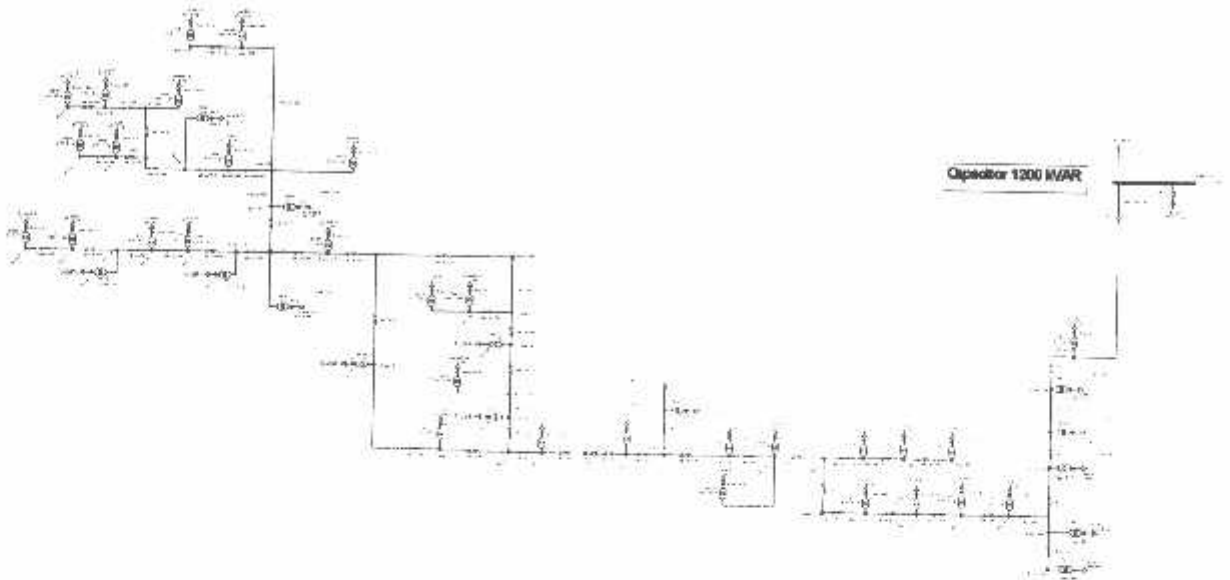
Gambar 4.11. Single Line Penyulang Zaenalsakse setelah pemasangan kapasitor.



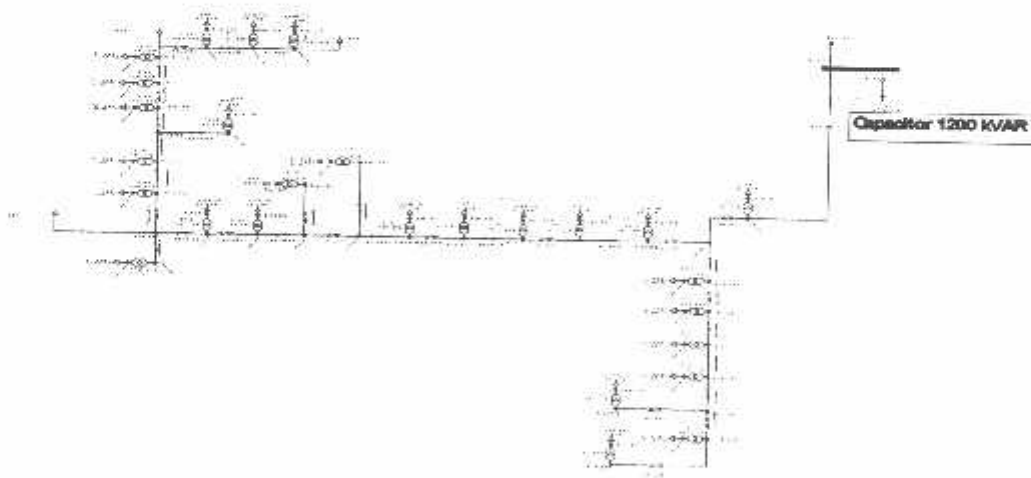
Gambar 4.12. *Single Line* Penyulang Kedung Kandang setelah pemasangan kapasitor.



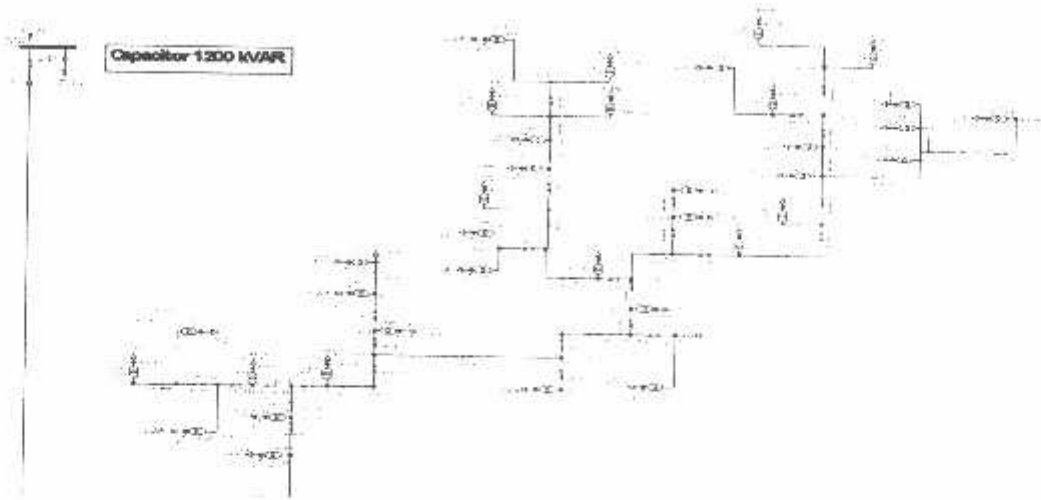
Gambar 4.13. *Single Line* Penyulang Bunul setelah pemasangan kapasitor.



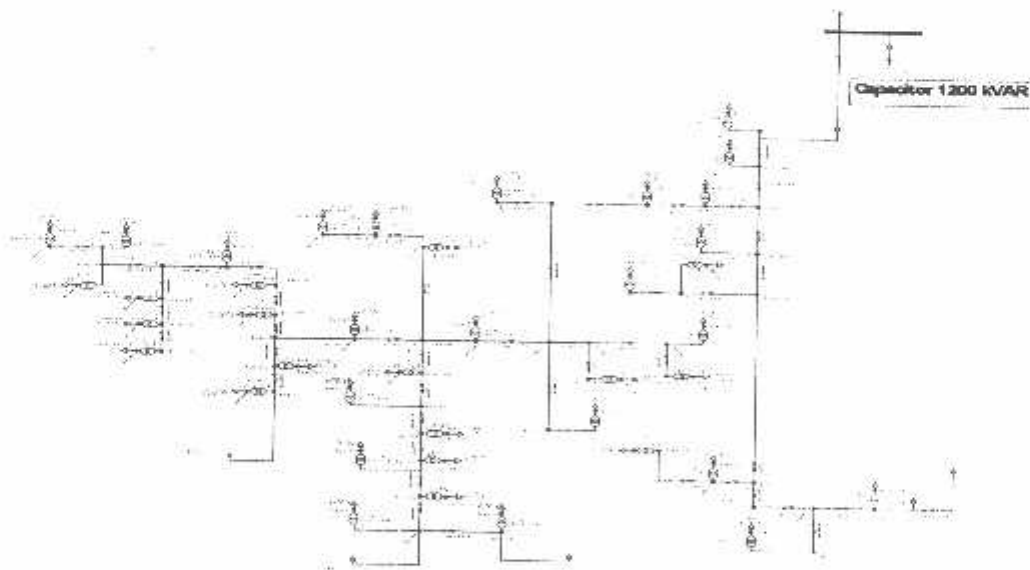
Gambar 4.14. *Single Line* Penyulang Jodipan setelah pemasangan kapasitor.



Gambar 4.15. *Single Line* Penyulang Agusalim setelah pemasangan kapasitor.



Gambar 4.16. *Single Line* Penyulang Sawojajar setelah pemasangan kapasitor.



Gambar 4.17. *Single Line* Penyulang Patimura setelah pemasangan kapasitor.

Dengan penempatan/ penambahan kapasitor yang baru akan memberikan hasil yang lebih baik. Hal ini dapat dilihat antara lain pada peningkatan nilai faktor daya, penurunan *losses* daya reaktif, daya (MVA) yang dibutuhkan cenderung mengalami penurunan. Ini menunjukkan kondisi sistem yang lebih baik, artinya penghematan daya yang diserap maka sistem memiliki daya tersimpan sehingga secara ekonomis terjadi penghematan biaya operasional dan secara teknis akan membawa dampak yang baik pada peralatan-peralatan yang ada dalam sistem.

Pada tabel 8 dapat kita lihat juga bahwa dengan penempatan kapasitor yang baru atau penambahan kompensasi kapasitor ini menyebabkan faktor daya pada setiap bus mengalami perbaikan. Dengan kompensasi daya reaktif (Var) sebesar 1200 kVar rata-rata faktor daya pada sistem menjadi lagging ini disebabkan karena penempatan kapasitor yang tepat dan jumlah pemasangan kompensasi (Var) yang tepat pada sistem sehingga secara merata dapat mengkompensasi ke beberapa bus maupun feeder-feeder yang berada di dekat lokasi pemasangan kapasitor tersebut.

Walaupun secara umum kondisi bus mengalami perbaikan, pada beberapa bus terdapat nilai faktor daya di bawah standard (≤ 0.85) ini disebabkan pada bus-bus tersebut terpasang peralatan-peralatan lain dengan kapasitas yang besar dan jarak yang jauh dari lokasi pemasangan kapasitor tetapi sebelum penambahan kapasitor terdistribusi jumlah bus dengan faktor daya yang buruk lebih banyak jika dibandingkan dengan setelah penambahan kapasitor.
