

SKRIPSI

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



**Disusun Oleh:
ACHMAD APRIONO
NIM: 89.12.111**

**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 PAKIS MALANG**



Disusun Oleh :

ACHMAD APRIONO

NIM: 89.12.111

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

LEMBAR PERSETUJUAN

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

SKRIPSI

*Disusun Untuk Melengkapi dan Memenuhi Persyaratan
Guna Mencapai Gelar Sarjana Teknik Elektro Strata Satu (S-1)*

Disusun Oleh :

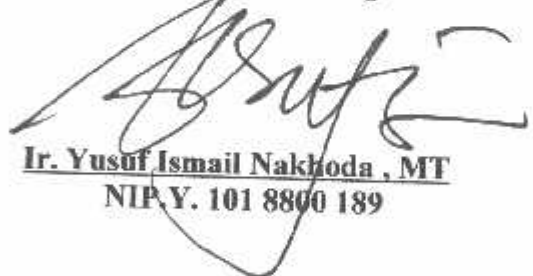
ACHMAD APRIONO
NIM: 89.12.111

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1



Ir. P. Yudi Limpraptono, MT
NIP. Y. 103 9500 274

Menyetujui,
Dosen Pembimbing



Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT
NIP. Y. 101 8800 189

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



PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

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

Hari : Selasa
Tanggal : 17 Maret 2009

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

1. Nama : Achmad Apriono
2. NIM : 89.12.111
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 PAKIS Malang.

Perbaikan meliputi :

No	Materi Perbaikan	Ket
1.	tambahkan teori penunjang	CS

Penguji Pertama

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

Dosen Pembimbing

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



PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

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

Hari : Selasa
Tanggal : 17 Maret 2009

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

1. Nama : Achmad Apriono
2. NIM : 89.12.111
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 PAKIS Malang.

Perbaikan meliputi :

No	Materi Perbaikan	Ket
1.	Abstrak	b
2.	Latar Belakang diberi pustaka	b
3.	Setiap gambar 4.4 s/d 4.23 diberi penjelasan	b
4.	Tabel 4.3 dan 4.4 diberi penjelasan	b

Penguji Kedua

Bambang Prio H, ST, MT
NIP.Y. 1028400082

Dosen Pembimbing

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



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : ACHMAD APRIONO
nim : 89.12.111
Waktu 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 PAKIS MALANG

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

Malang,
Dosen Pembimbing,

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

Form.S-4B

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 Pakis "** 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. Yusuf Ismail Nakhoda, 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 berharap masukan serta saran yang bersifat membangun. Dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, Maret 2009

Penyusun

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

Achmad Apriono
Jurusan Teknik Elektro S-1,
Konsentrasi Teknik Energi Listrik
Fakultas Teknologi Industri, Institut
Teknologi Nasional Malang
Jl. Raya Karanglo Km 2 Malang

Abstrak

Faktor daya mempunyai pengaruh yang besar terhadap konsumsi daya listrik. Beban-bahan 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 PAKIS menunjukkan dengan pemasangan kapasitor sebesar 1200 kVar mampu meningkatkan $\cos \phi$ dari 0,74 menjadi 0,88 dan menurunkan rugi-rugi daya menjadi 19,946 MW dan 70,075 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 PAKIS showed that 1200 kVar capacitors installation increasing power factor from 0,74 becomes 0,88 and reduce losses power from to 19,946 MW and 70,075Mvar.

Key Word : Reactive Power, Power Factor, Losses

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

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

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

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.....	75
5.2. SARAN.....	75

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

TABEL 2.1. Kapasitor Seri dan Kapasitor <i>Shunt</i>	18
TABEL 4.1. Saluran Sistem Distribusi Jatim APJ Malang	45
TABEL 4.2. Pembagian Beban Pada Distribusi Jatim APJ Malang	47
TABEL 4.3. Hasil <i>Load Flow</i> Menggunakan Etap Power Station Sebelum Kompensasi Kapasitor	52
TABEL 4.4. Hasil <i>Brach Losses</i> Menggunakan Etap Power Station Sebelum Kompensasi Kapasitor	54
TABEL 4.5. Hasil <i>Bus Loading</i> Menggunakan Etap Power Station Sebelum Kompensasi Kapasitor	55
TABEL 4.6. Hasil <i>Total Generation, Loading and Demand</i> Menggunakan Etap Power Station Sebelum Kompensasi Kapasitor	56
TABEL 4.7. Hasil <i>Load Flow</i> Menggunakan Etap Power Station Sesudah Kompensasi Kapasitor	62
TABEL 4.8. Hasil <i>Brach Losses</i> Menggunakan Etap Power Station Sesudah Kompensasi Kapasitor	64
TABEL 4.9. Hasil <i>Bus Loading</i> Menggunakan Etap Power Station Sesudah Kompensasi Kapasitor	65
TABEL 4.10. Hasil <i>Total Generation, Loading and Demand</i> Menggunakan Etap Power Station Sesudah Kompensasi Kapasitor	66

TABEL 4.11. Perbandingan Rugi-Rugi Daya Aktif Dan Daya Reaktif Sebelum Kompensasi Dan Sesudah Kompensasi Kapasitor	67
TABEL 4.12. Perbandingan Losses Tegangan Sebelum Dan Sesudah Kompensasi Kapasitor	68
TABEL 4.12. Perbandingan Cos ϕ Dan Aliran Daya Sebelum Kompensasi Kapasitor Dan Sesudah Kompensasi Kapasitor	69

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 PAKIS Malang	40
GAMBAR 4.2 <i>Single Line</i> Penyulang Asrikaton	41
GAMBAR 4.3 <i>Single Line</i> Penyulang Banjarejo	41
GAMBAR 4.4 <i>Single Line</i> Penyulang Sekarpuro.....	42
GAMBAR 4.5 <i>Single Line</i> Penyulang Abd. Rahman Saleh.....	43
GAMBAR 4.6 <i>Single Line</i> Penyulang Tumpang.....	44
GAMBAR 4.9. Modul Utama.....	51
GAMBAR 4.10 <i>Single Line</i> GI PAKJS Malang Baru	57
GAMBAR 4.11 <i>Single Line</i> Penyulang Asrikaton setelah pemasangan kapasitor.....	58
GAMBAR 4.12 <i>Single Line</i> Penyulang Banjarejo setelah pemasangan kapasitor.....	58
GAMBAR 4.13 <i>Single Line</i> Penyulang Sekarpuro setelah pemasangan kapasitor	59
GAMBAR 4.14 <i>Single Line</i> Penyulang Abd. R. Saleh setelah pemasangan kapasitor ...	59
GAMBAR 4.17 <i>Single Line</i> Penyulang Tumpang setelah pemasangan kapasitor	60

DAFTAR GRAFIK

GRAFIK 4.1. Perbandingan Aliran Daya Reaktif Sebelum dan Sesudah Pemasangan Kapasitor.....	72
GRAFIK 4.2. Perbandingan Daya Semu Sebelum dan Sesudah Pemasangan Kapasitor.....	73
GRAFIK 4.3. Perbandingan <i>Branch Losse</i> Sebelum dan Sesudah Pemasangan Kapasitor.....	73
GRAFIK 4.4. Perbandingan <i>Faktor Daya</i> Sebelum dan Sesudah Pemasangan Kapsitor.....	74

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 PAKIS MALANG

1.3. Tujuan

Memecahkan masalah perbaikan faktor daya dengan penempatan kapasitor untuk meningkatkan faktor daya pada sistem kelistrikan Di GI PAKIS 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 PAKIS 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 Rhapsion.

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.

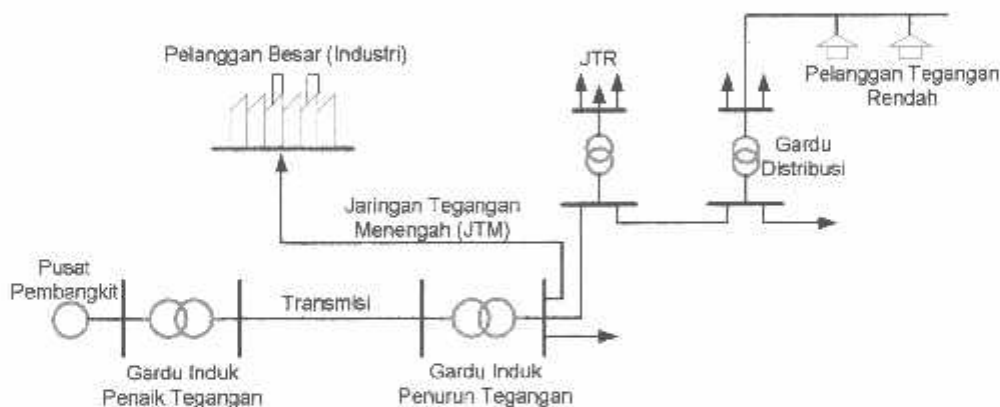
1.7. Relevansi

Dengan adanya penempatan kapasitor diharapkan akan memberikan solusi sistem kelistrikan pada GI PAKIS 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.

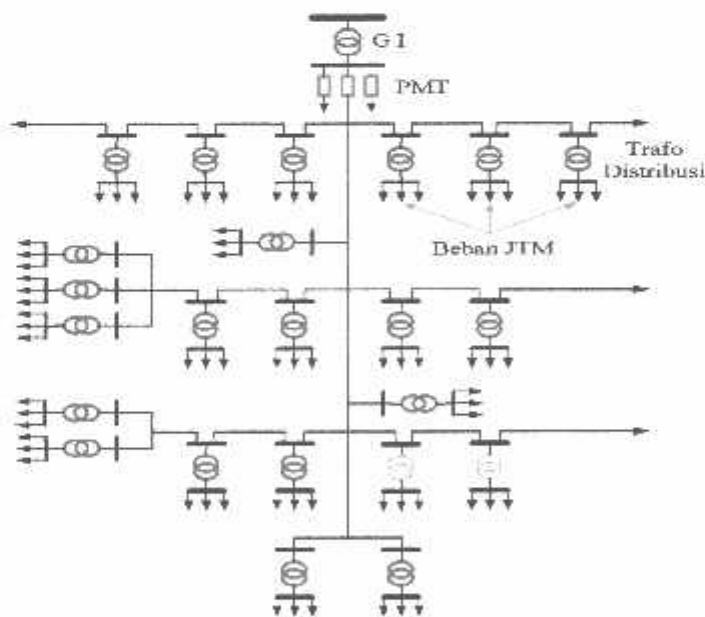
2.2. Struktur Jaringan Distribusi Tenaga Listrik^[2]

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 disebarkan titik pada jaringan yang sedekat mungkin dengan daerah beban yang dilayani. Untuk daerah beban yang menyimpang jauh dari saluran utama maupun saluran cabang, maka akan ditarik lagi saluran tambahan yang dicabangkan pada saluran tersebut.

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

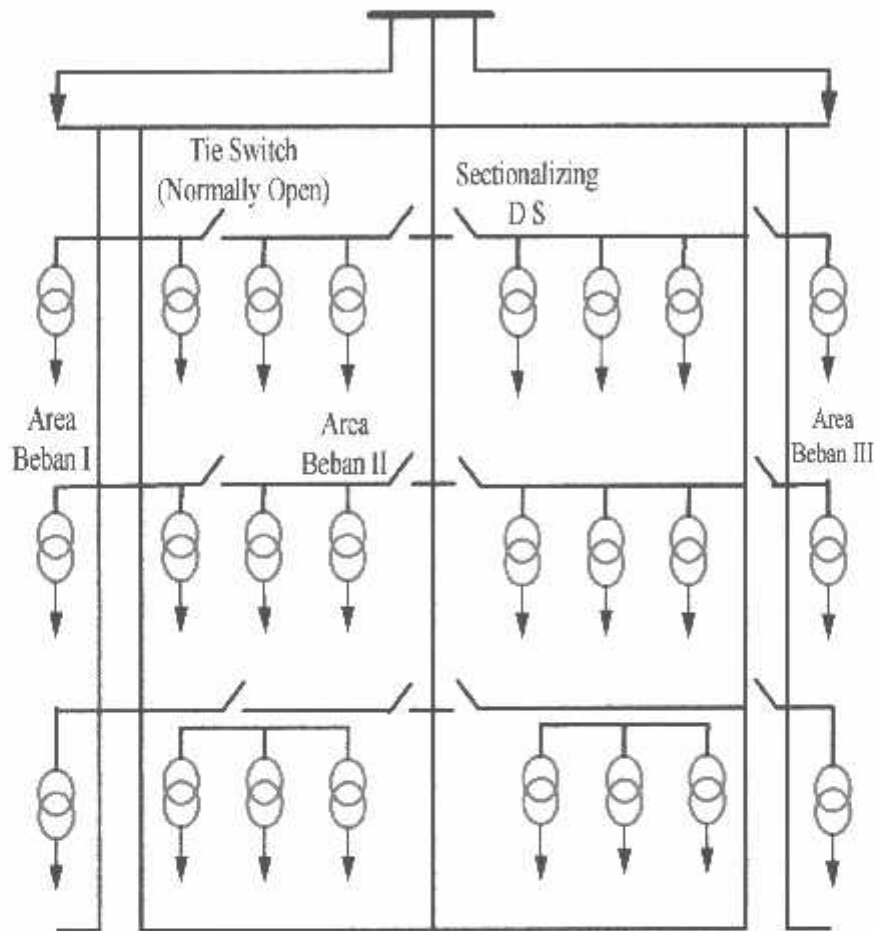
2.2.1.1. Sistem Radial Pohon

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*

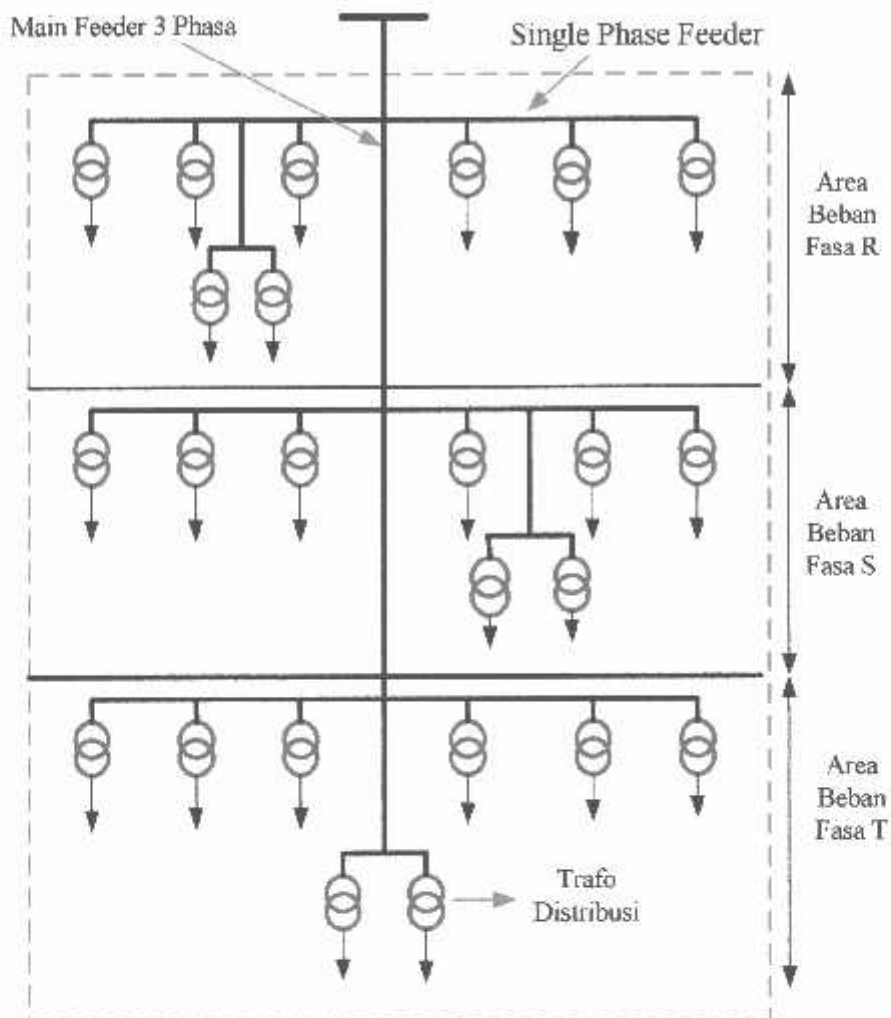
tersebut pelayanannya dialihkan pada *feeder* yang tidak terganggu. sistem radial dengan *Tie* dan *Switch* Pemisah dapat dilihat pada gambar 2.3.



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

2.2.1.3. Sistem Radial dengan Pembagian *Phasa Area*

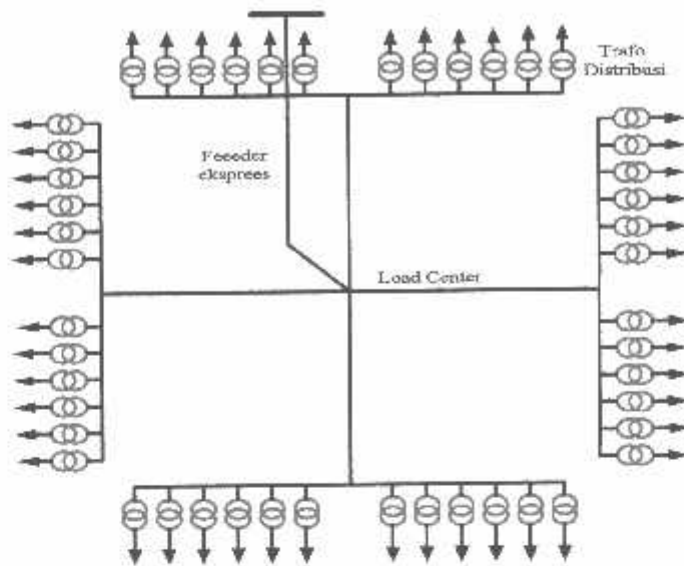
Pada bentuk ini masing-masing fasa dari jaringan bertugas untuk melayani daerah beban yang berlainan. Bentuk ini akan dapat menimbulkan kondisi sistem tiga fasa yang tidak seimbang (simetris), bila digunakan pada daerah beban yang baru dan belum mantap pembagian bebannya. Contoh dari sistem jaringan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

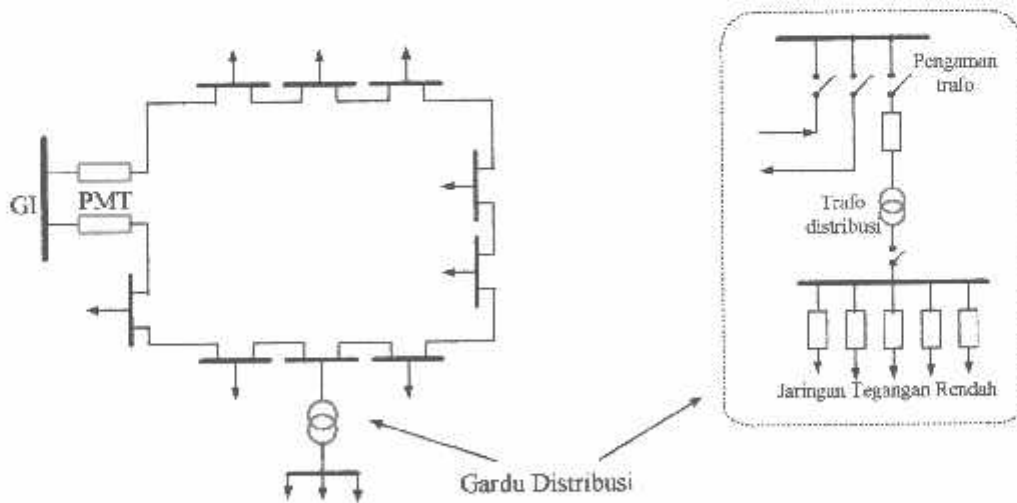
Bentuk dari sistem ini mensuplai daya dengan menggunakan *main feeder* yang disebut *express feeder* langsung ke pusat beban, dan dari titik pusat beban ini dikirim ke beban menggunakan *back feeder* secara radial seperti terlihat pada gambar 2.5.



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.

Ada dua cara dalam pemakaian kapasitor shunt:

- Kapasitor tetap
- Kapasitor saklar

a. Kapasitor Tetap

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

b. Kapasitor Saklar

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

2.5. 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

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

Impedansi dasar

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

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

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 didefenisikan 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.

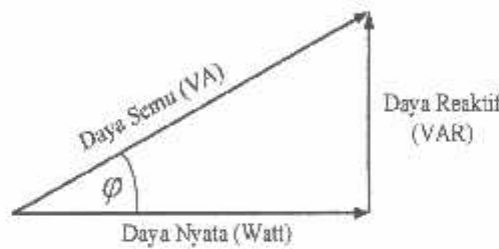
Setiap pemakaian daya reaktif akan menyebabkan turunnya faktor daya yang menyebabkan memburuknya karakteristik kerja peralatan-peralatan sistem

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]

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

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

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

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

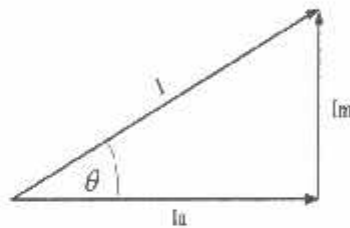
φ = sudut phase

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 :

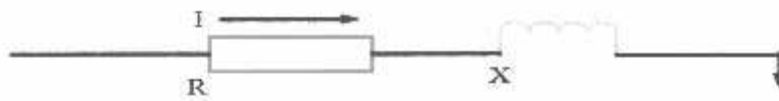


Gambar 3.2
Segitiga Arus^[3]

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 :

$$P_L = I^2 R$$

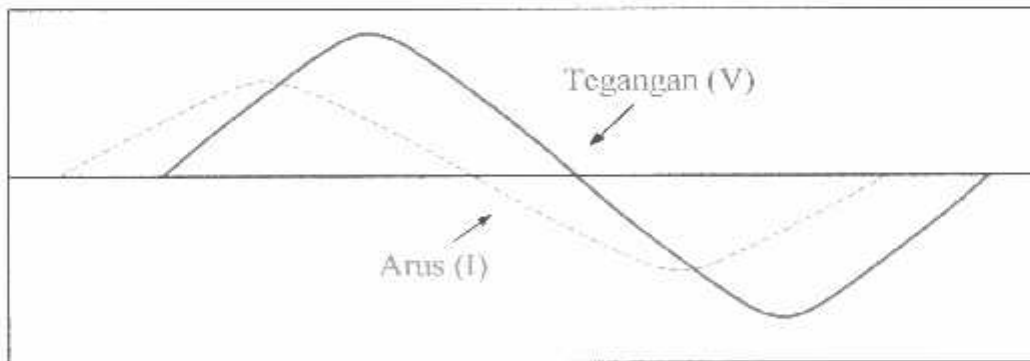
$$= (I \cos \theta)^2 R + (I \sin \theta)^2 R \dots\dots\dots(3.6)$$

dimana : I_R adalah arus aktif

I_X adalah arus reaktif

3.1.2. Faktor daya "Leading"^[6]

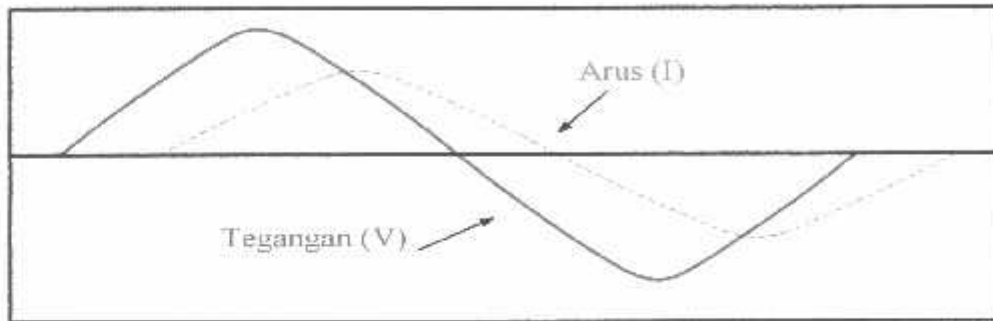
Apabila arus mendahului tegangan, maka faktor daya itu dikatakan *leading*. Faktor daya *leading* ini terjadi apabila bebannya kapasitif, seperti kapasitor, generator sinkron dan motor sinkron.



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 kompensator 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 seimbang 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 mempengaruhi penempatan kapasitor shunt pada saluran, hal ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

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

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

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:

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

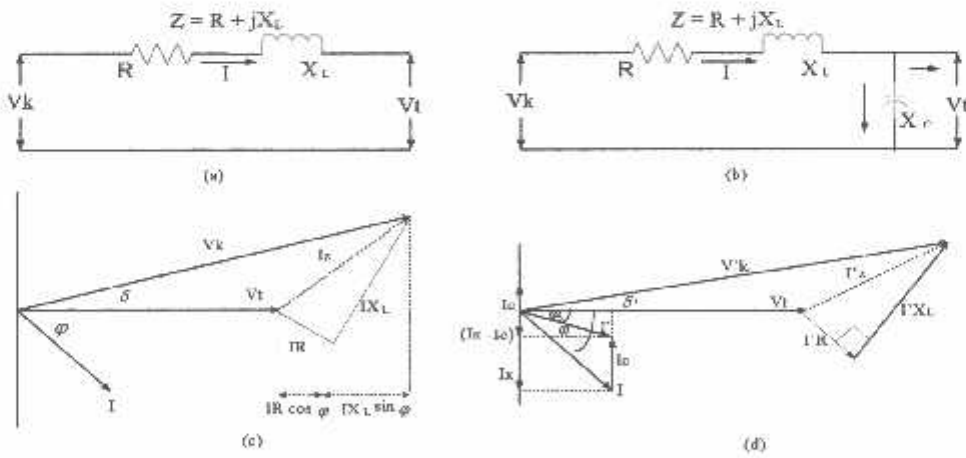
maka hanya komponen arus reaktif ($I \sin \theta$) saja yang berpengaruh terhadap pengurangan rugi daya I^2R akibat pemasangan kapasitor shunt pada saluran distribusi.

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:

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

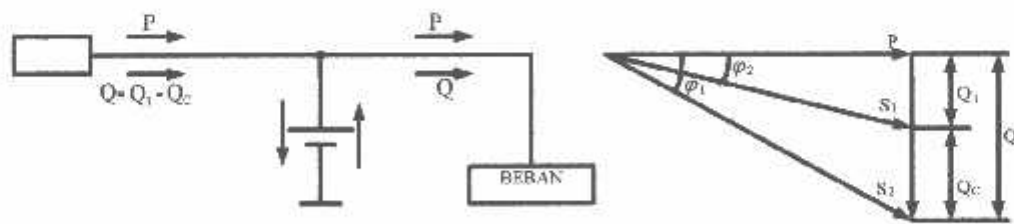
Jatuh tegangan setelah kapasitor dipasang:

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

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:

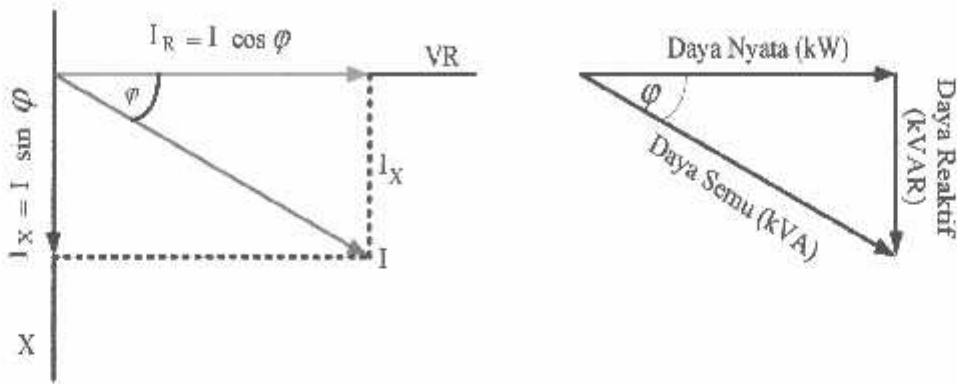
$$\% \text{ Rugi daya} = 100 \left(\frac{\text{Faktor daya mula - mula}(\cos \varphi_1)}{\text{Faktor daya baru}(\cos \varphi_2)} \right) \dots\dots\dots(3.17)$$

% 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:

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

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

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

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

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

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

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

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 $P_p = P_{bp} - P_{gp}$ 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

ketegangan dan sistem. Pada umumnya dalam analisis aliran daya hanya ada sebuah simpul referensi. Simpul referensi ini diperlukan karena nilai P_p dan Q_p untuk setiap simpul tidak ditentukan terlebih dahulu. Nilai P dan Q total dari sistem baru dapat dihitung setelah aliran tidak dapat ditentukan terlebih dahulu. Nilai P dan Q total dari sistem baru dapat dihitung setelah aliran daya antara simpul dihitung, kemudian rugi-rugi pada saluran dihitung. Rugi-rugi pada saluran ini mempunyai nilai daya nyata P_r dan daya reaktif Q_r , hal ini selanjutnya harus diperhitungkan dengan daya nyata dan daya reaktif yang dibangkitkan pada simpul referensi dengan persamaan sebagai berikut:

$$P_1 = \sum P_{Bp} + P_r - \sum P_{Gp} \quad (p \neq 1) \quad \dots\dots\dots(3.35)$$

$$Q_1 = \sum P_{Bp} + P_r - \sum P_{Qp} \quad (p \neq 1) \quad \dots\dots\dots(3.36)$$

Indeks 1 ($p = 1$) adalah indeks bagi simpul referensi.

Berdasarkan uraian diatas untuk sistem yang terdiri dari n buah simpul, $2n$ variabel telah diketahui, sedangkan $2n$ variabel yang lain harus dicari. Untuk mencari $2n$ variabel ini dipakai persamaan (3.33) dan persamaan (3.36) untuk setiap simpul sehingga didapat $2n$ persamaan yang merupakan syarat untuk mencari $2n$ variabel tersebut, yang merupakan syarat untuk mencari $2n$ variabel tersebut.

Dalam metode Newton Rhapsion, variabel-variabel yang harus dicari dimisalkan dulu nilainya, jadi untuk setiap simpul ada dua variabel yang diketahui dan dua variabel yang dimisalkan, kecuali untuk simpul referensi yang akan

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 dikehendaki, 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

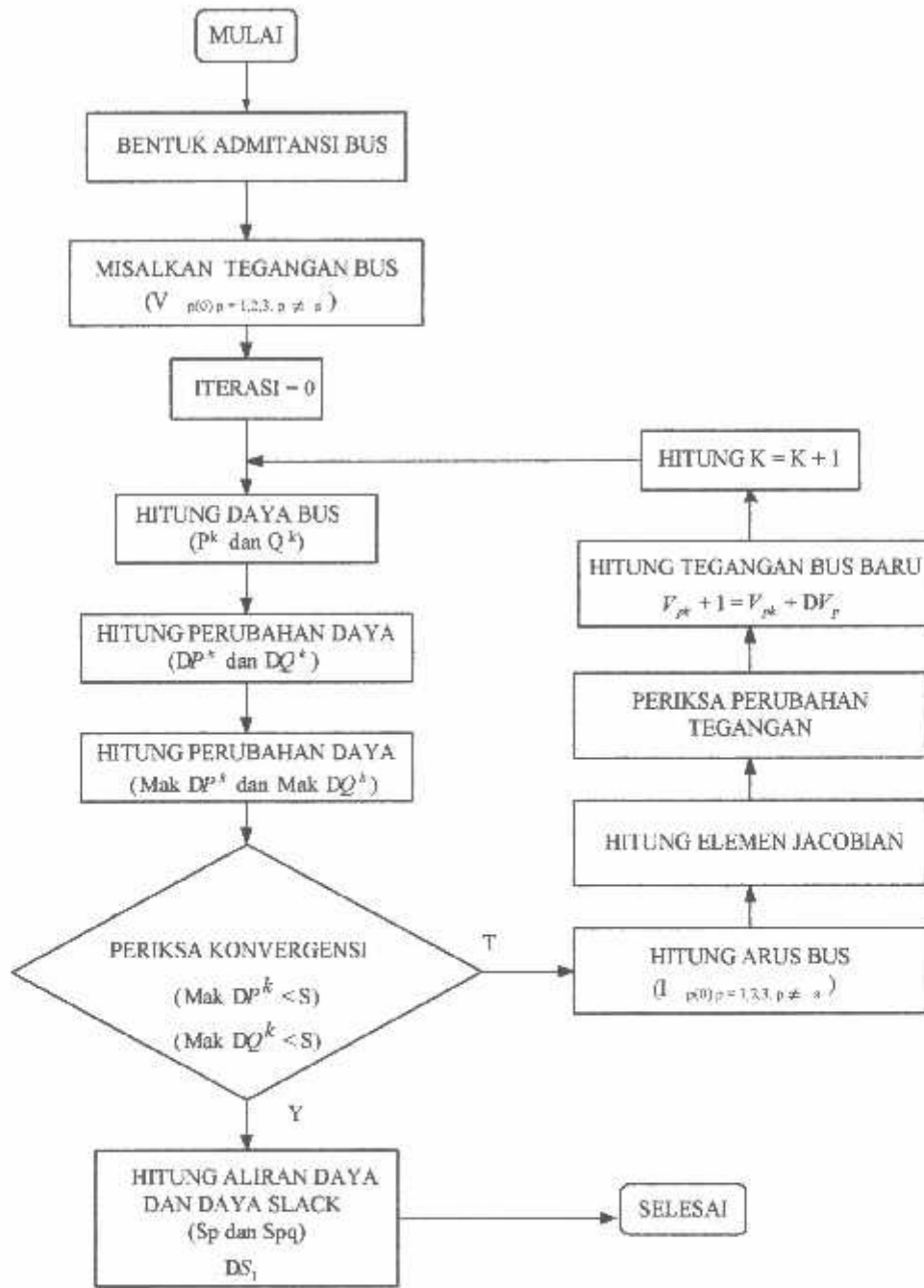
Dalam perhitungan aliran daya dengan metode Newton Rhapson, langkah-langkahnya adalah sebagai berikut

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

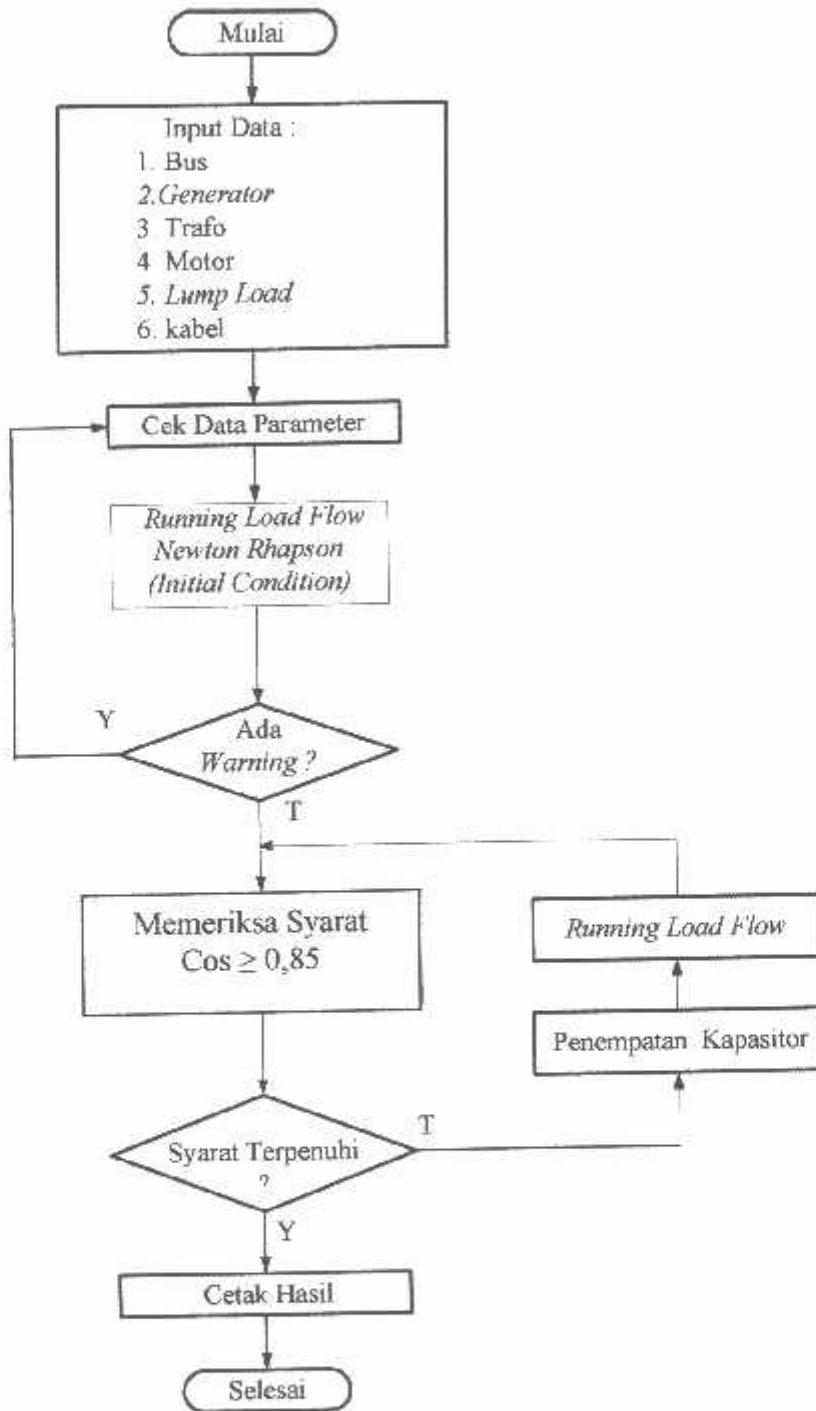


Gambar 3.9
Flowchart Aliran Daya Newton Raphson

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

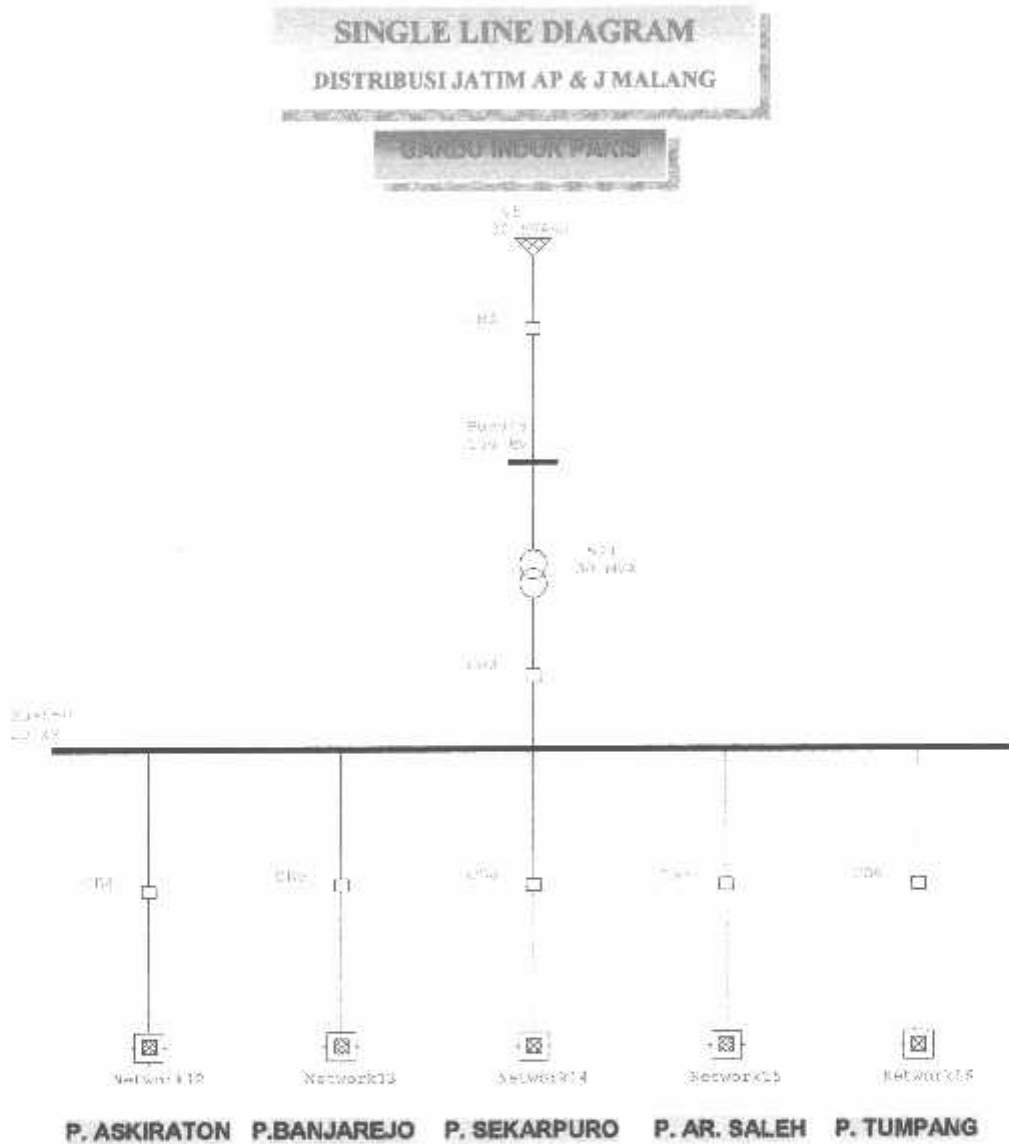


Gambar 3.10

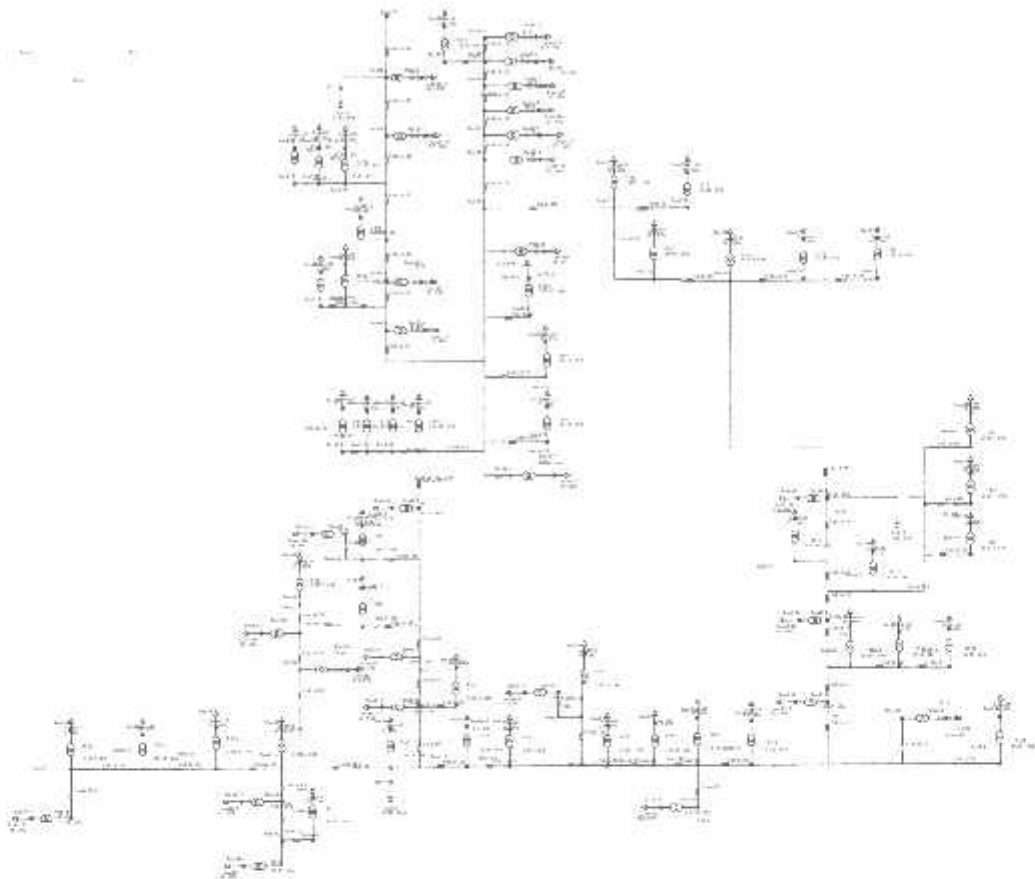
Flowchart Pemecahan Masalah Menggunakan Software ETAP PowerStation

BAB IV
HASIL DAN ANALISA HASIL

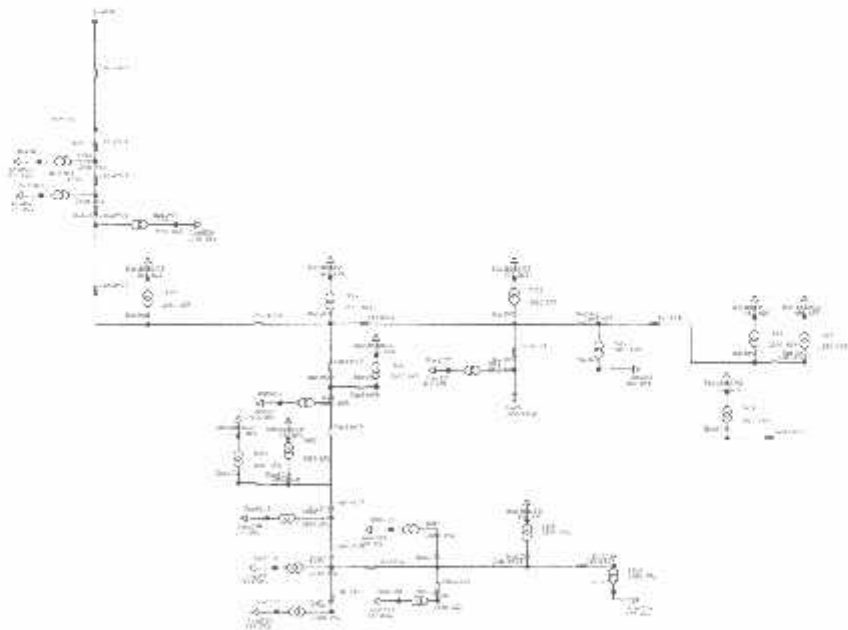
4.1. Single Line Distribusi Jatim AP & J Malang



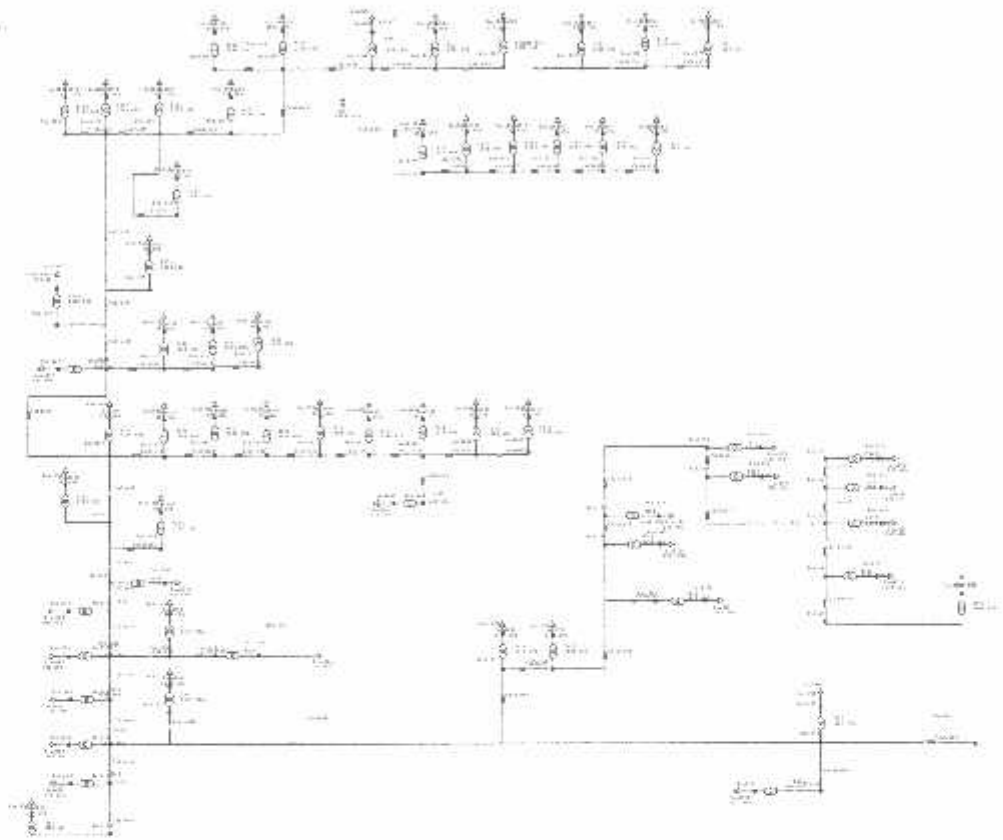
Gambar 4.1. Single Line Distribusi Jatim AP & J Malang



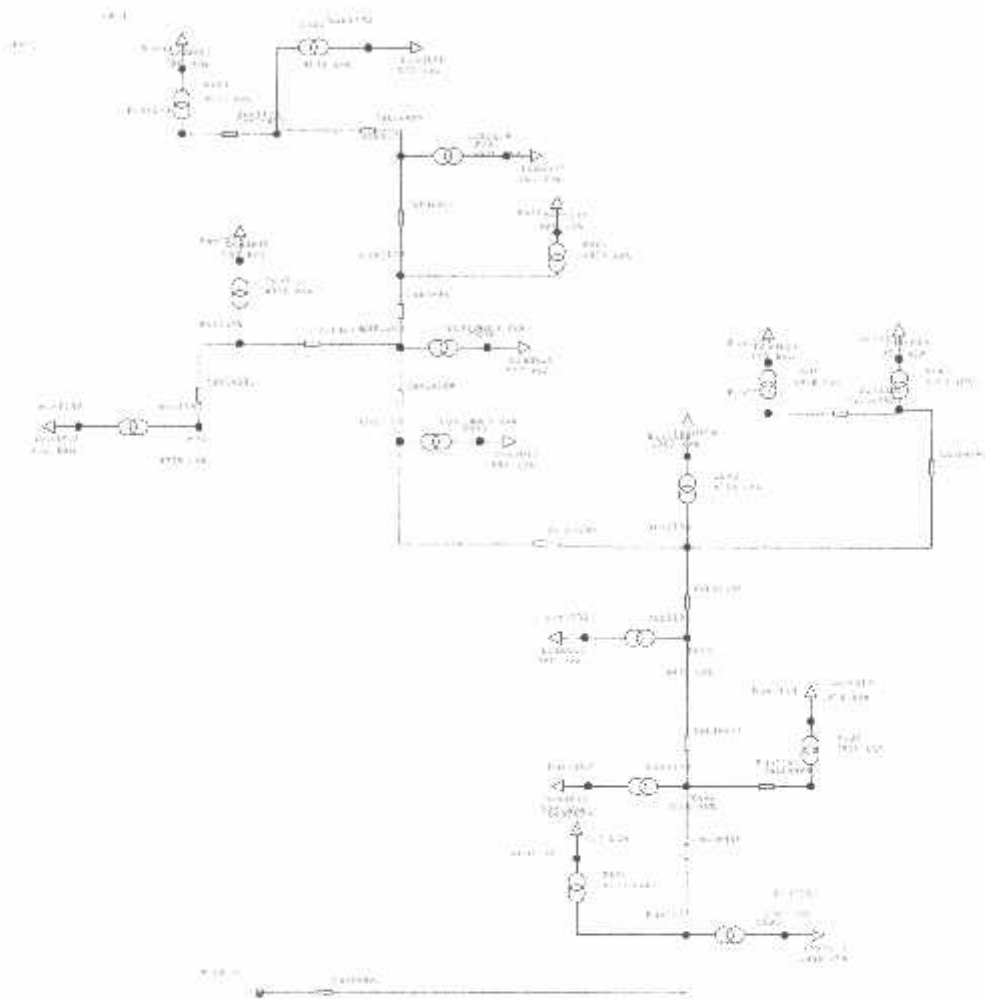
Gambar 4.2. *Diagram Single Line Penyulang Asrikaton*



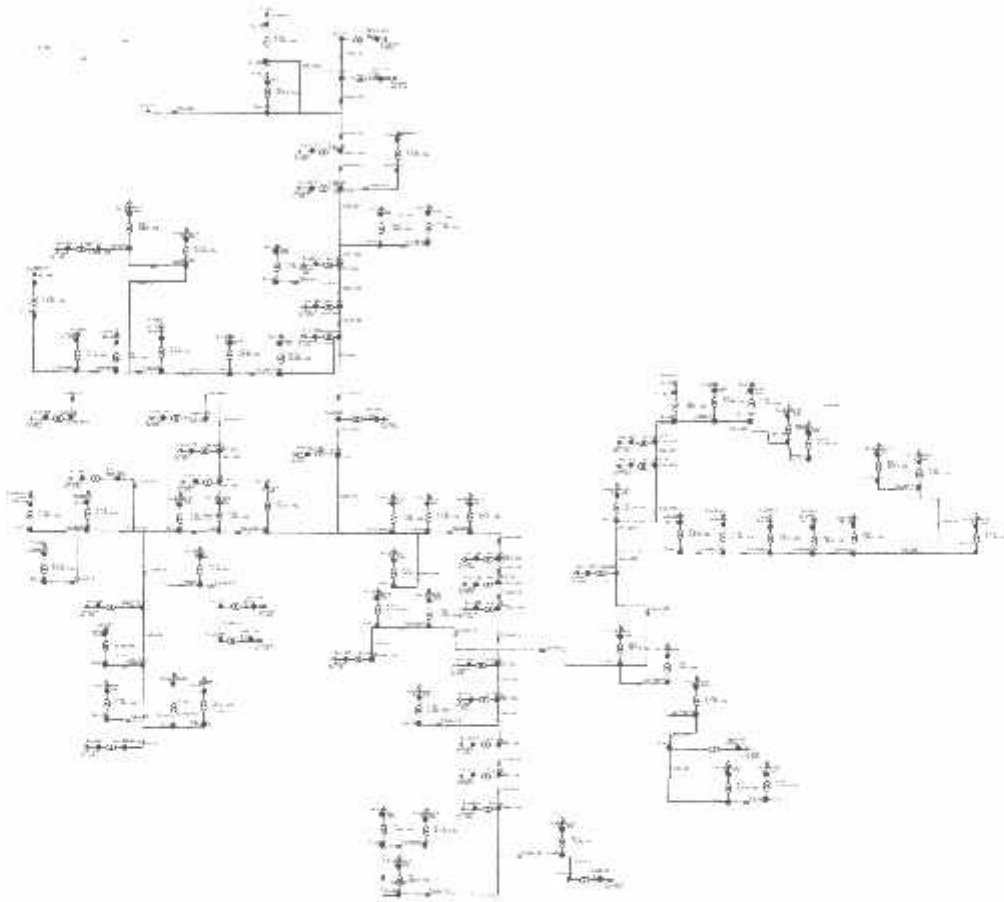
Gambar 4.3. *Diagram Single Line Penyulang Banjarejo*



Gambar 4.4. Diagram Single Line Penyulang Sekarpuro



Gambar 4.5. Diagram Single Line Penyulang AR. Saleh



Gambar 4.6. *Diagram Single Line Penyulang Tumpang*

4.2. Data Penyaluran dan Pembebanan

4.2.1. Data Saluran Distribusi Jatim AP& J Malang

Tabel 4.1. Saluran Sistem Distribusi Jatim AP& J Malang

CKT/Branch		Connected Bus ID		%Impedance(100MVABase)		
ID	Type	From	To	R	X	Z
Cable327	Line/Cable	Bus996	Bus852	0.3	0.3	0.5
Cable328	Line/Cable	Bus856	Bus854	0.2	0.2	0.3
Cable329	Line/Cable	Bus985	Bus856	0.2	0.2	0.3
Cable330	Line/Cable	Bus858	Bus862	0.2	0.2	0.3
Cable331	Line/Cable	Bus862	Bus860	0.2	0.2	0.3
Cable332	Line/Cable	Bus862	Bus864	0.2	0.2	0.3
Cable333	Line/Cable	Bus864	Bus866	0.3	0.3	0.4
Cable334	Line/Cable	Bus866	Bus868	0.2	0.2	0.3
Cable335	Line/Cable	Bus868	Bus870	0.3	0.3	0.4
Cable336	Line/Cable	Bus870	Bus983	0.2	0.2	0.3
Cable337	Line/Cable	Bus872	Bus973	0.2	0.2	0.3
Cable338	Line/Cable	Bus874	Bus876	0.3	0.3	0.4
Cable339	Line/Cable	Bus876	Bus969	0.2	0.2	0.3
Cable340	Line/Cable	Bus878	Bus880	0.3	0.3	0.4
Cable341	Line/Cable	Bus880	Bus952	0.2	0.2	0.3
Cable342	Line/Cable	Bus885	Bus883	0.2	0.2	0.3
Cable343	Line/Cable	Bus887	Bus885	0.2	0.2	0.3
Cable344	Line/Cable	Bus889	Bus887	0.2	0.3	0.4
Cable345	Line/Cable	Bus983	Bus889	0.3	0.3	0.4
Cable346	Line/Cable	Bus889	Bus897	0.2	0.2	0.3
Cable347	Line/Cable	Bus892	Bus894	0.3	0.3	0.4
Cable348	Line/Cable	Bus897	Bus894	0.3	0.3	0.4
Cable349	Line/Cable	Bus897	Bus896	0.3	0.3	0.4
Cable350	Line/Cable	Bus897	Bus898	0.3	0.3	0.4
Cable351	Line/Cable	Bus898	Bus902	0.2	0.2	0.3
Cable352	Line/Cable	Bus901	Bus902	230	217.8	316.7
Cable353	Line/Cable	Bus902	Bus926	0.2	0.2	0.3
Cable354	Line/Cable	Bus906	Bus904	0.2	0.2	0.3
Cable355	Line/Cable	Bus908	Bus906	0.2	0.2	0.3
Cable356	Line/Cable	Bus910	Bus908	0.2	0.2	0.3
Cable357	Line/Cable	Bus924	Bus910	0.2	0.2	0.3
Cable358	Line/Cable	Bus912	Bus914	0.2	0.2	0.3
Cable359	Line/Cable	Bus914	Bus916	0.3	0.3	0.4
Cable360	Line/Cable	Bus916	Bus924	0.3	0.3	0.4
Cable361	Line/Cable	Bus920	Bus921	0.2	0.2	0.3
Cable362	Line/Cable	Bus922	Bus921	0.2	0.2	0.3
Cable363	Line/Cable	Bus924	Bus922	0.3	0.3	0.4
Cable364	Line/Cable	Bus926	Bus924	0.2	0.2	0.3
Cable365	Line/Cable	Bus928	Bus926	0.2	0.2	0.3
Cable366	Line/Cable	Bus934	Bus928	0.2	0.2	0.3
Cable367	Line/Cable	Bus930	Bus932	0.2	0.2	0.3

Cable368	Line/Cable	Bus932	Bus934	0.3	0.3	0.4
Cable369	Line/Cable	Bus936	Bus934	0.2	0.2	0.3
Cable370	Line/Cable	Bus938	Bus936	0.3	0.3	0.5
Cable371	Line/Cable	Bus942	Bus938	0.3	0.3	0.4
Cable372	Line/Cable	Bus942	Bus940	0.2	0.2	0.3
Cable373	Line/Cable	Bus948	Bus942	0.2	0.2	0.3
Cable374	Line/Cable	Bus944	Bus948	0.3	0.3	0.4
Cable375	Line/Cable	Bus946	Bus948	0.3	0.3	0.4
Cable376	Line/Cable	Bus950	Bus948	0.3	0.3	0.4
Cable377	Line/Cable	Bus952	Bus950	0.3	0.3	0.5
Cable378	Line/Cable	Bus954	Bus952	0.3	0.3	0.5
Cable379	Line/Cable	Bus963	Bus954	0.3	0.3	0.4
Cable380	Line/Cable	Bus956	Bus961	0.2	0.2	0.3
Cable381	Line/Cable	Bus958	Bus961	0.2	0.2	0.3
Cable382	Line/Cable	Bus960	Bus961	0.3	0.3	0.5
Cable383	Line/Cable	Bus961	Bus963	0.3	0.3	0.4
Cable384	Line/Cable	Bus965	Bus963	0.2	0.2	0.3
Cable385	Line/Cable	Bus967	Bus965	0.3	0.3	0.4
Cable386	Line/Cable	Bus969	Bus967	0.2	0.2	0.3
Cable387	Line/Cable	Bus969	Bus971	0.2	0.2	0.3
Cable388	Line/Cable	Bus973	Bus971	0.3	0.3	0.4
Cable389	Line/Cable	Bus973	Bus983	0.3	0.3	0.4
Cable390	Line/Cable	Bus975	Bus983	0.2	0.2	0.3
Cable391	Line/Cable	Bus977	Bus983	0.2	0.2	0.3
Cable392	Line/Cable	Bus979	Bus983	0.3	0.3	0.5
Cable393	Line/Cable	Bus981	Bus983	0.2	0.2	0.3
Cable394	Line/Cable	Bus985	Bus983	0.2	0.2	0.3
Cable395	Line/Cable	Bus987	Bus985	0.3	0.3	0.4
Cable396	Line/Cable	Bus989	Bus987	0.2	0.2	0.3
Cable397	Line/Cable	Bus995	Bus989	0.3	0.3	0.5
Cable398	Line/Cable	Bus850	Bus991	12.7	17.5	21.6
Cable399	Line/Cable	Bus991	Bus993	0.2	0.2	0.3
Cable400	Line/Cable	Bus993	Bus995	0.2	0.2	0.3
Cable401	Line/Cable	Bus995	Bus996	0.3	0.3	0.5
Cable403	Line/Cable	Bus850	Bus1000	12.7	17.5	21.6
Cable404	Line/Cable	Bus1000	Bus1002	0.2	0.2	0.3
Cable405	Line/Cable	Bus1002	Bus1004	0.2	0.2	0.3
Cable406	Line/Cable	Bus1004	Bus1006	0.2	0.2	0.3
Cable407	Line/Cable	Bus1006	Bus1008	0.3	0.3	0.5

*.Selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

4.2.2. **Data Pembebanan Sistem Tenaga Listrik Distribusi Jatim AP & J Malang**

Tabel 4.2. Pembagian Beban Pada Distribusi Jatim AP & J Malang

Bus Information & Nominal KV			Static Load	
ID	TYPE	KW	MW	MVAR
Bus1191	Load	20	0	0
Bus1192	Load	0.38	0.903	0.559
Bus1193	Load	20	0	0
Bus1194	Load	0.38	0.76	0.471
Bus1195	Load	20	0	0
Bus1196	Load	0.38	0.81	0.502
Bus1197	Load	20	0	0
Bus1198	Load	0.38	0.643	0.398
Bus1199	Load	20	0	0
Bus1200	Load	20	0	-1.2
Bus1201	Load	0.38	0.473	0.293
Bus1202	Load	20	0	-1.2
Bus1203	Load	0.38	0.097	0.06
Bus1204	Load	0.38	0.134	0.083
Bus1205	Load	20	0	0
Bus1206	Load	0.38	0.133	0.083
Bus1207	Load	20	0	0
Bus1208	Load	0.38	0.133	0.082
Bus1209	Load	20	0	0
Bus1210	Load	0.38	0.132	0.082
Bus1211	Load	20	0	0
Bus1212	Load	0.38	0.131	0.081
Bus1213	Load	20	0	0
Bus1214	Load	20	0	0
Bus1215	Load	0.38	0.096	0.06
Bus1216	Load	0.38	0.071	0.044
Bus1217	Load	20	0	0
Bus1218	Load	0.38	0.071	0.044
Bus1219	Load	20	0	0
Bus1220	Load	0.38	0.118	0.073
Bus1221	Load	20	0	0
Bus1222	Load	0.38	0.03	0
Bus1223	Load	20	0	0
Bus1224	Load	0.38	0.029	0
Bus1225	Load	20	0	0
Bus1226	Load	0.38	0.028	0
Bus1227	Load	20	0	0
Bus1228	Load	0.38	0.023	0.014
Bus1229	Load	20	0	0

Bus1230	Load	0.38	0.026	0
Bus1231	Load	0.38	0.014	0.008
Bus1232	Load	20	0	0
Bus1233	Load	0.38	0.041	0.025
Bus1234	Load	0.38	0.031	0.019
Bus1235	Load	20	0	0
Bus1236	Load	0.38	0.003	0.002
Bus1237	Load	20	0	0
Bus1238	Load	0.38	0.126	0.078
Bus1239	Load	20	0	0
Bus1240	Load	0.38	0.031	0.019
Bus1241	Load	20	0	0
Bus1242	Load	20	0	0
Bus1243	Load	0.38	0.001	0.001
Bus1244	Load	0.38	0.079	0.049
Bus1245	Load	20	0	0
Bus1246	Load	20	0	0
Bus1247	Load	0.38	0.052	0.032
Bus1248	Load	20	0	0
Bus1249	Load	0.38	0.001	0.001
Bus1250	Load	0.38	0.12	0.074
Bus1251	Load	20	0	0
Bus1252	Load	20	0	0
Bus1253	Load	0.38	0.038	0.024
Bus1254	Load	20	0	0
Bus1255	Load	0.38	0.002	0.001
Bus1256	Load	0.38	0.073	0.045
Bus1257	Load	20	0	0
Bus1258	Load	0.38	0.036	0.022
Bus1259	Load	20	0	0
Bus1260	Load	0.38	0.037	0.023
Bus1261	Load	20	0	0
Bus1262	Load	0.38	0.056	0.035
Bus1263	Load	20	0	0
Bus1264	Load	0.38	0.098	0.061
Bus1265	Load	20	0	0
Bus1266	Load	0.38	0.061	0.038
Bus1267	Load	20	0	0
Bus1268	Load	0.38	0.035	0.022
Bus1269	Load	20	0	0
Bus1270	Load	0.38	0.048	0.029
Bus1271	Load	20	0	0
Bus1272	Load	0.38	0.054	0.034
Bus1273	Load	20	0	0
Bus1274	Load	0.38	0.055	0.034

*.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*.

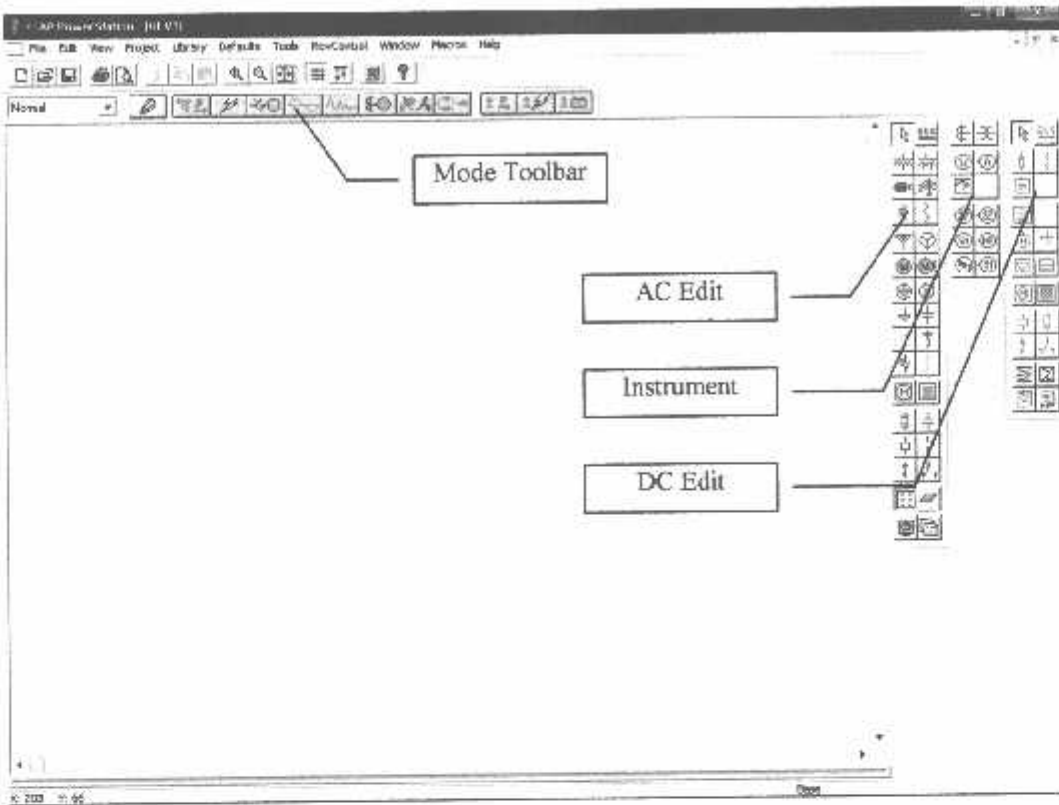
- Data Gabungan Total (*Total Integration of Data*)

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 prosce 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 4.2. 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 diletakan 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 4.7. Tampilan Modul Utama

4.4. Aliran Daya

Tabel 4.3. Hasil *Load Flow* Menggunakan ETAP *Power Station* Sebelum Kompensasi Kapasitor

LOAD FLOW REPORT														
Bus	kV	Voltage		Generation		Motor Load		Static Load		Load Flow				
ID		% Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	% PF
*Bus849	150	100	0	56.31	49.88	0	0	0	0	Bus850	56.31	49.88	289	74.9
Bus850	20	85.2	11.6	0	0	0	0	0	0	Bus849	-55.56	31.57	2171	86.7
										Bus398	4.3	2.65	171	85.1
										Bus1045	9.67	4.57	362	90.4
										Bus1168	28.35	16.97	1119	85.8
										Bus1202	8.14	5.15	326	84.5
										Bus1380	5.09	2.64	194	88.8
Bus851	0.38	85.1	11.6	0	0	0	0	0.08	0.05	Bus852	-0.08	-0.05	173	85
Bus852	20	85.2	11.6	0	0	0	0	0	0	Bus896	-0.08	-0.05	3	85
										Bus851	0.08	0.05	3	85
Bus853	0.38	85.1	11.6	0	0	0	0	0.04	0.02	Bus854	-0.04	-0.02	81	85
Bus854	20	85.1	11.6	0	0	0	0	0	0	Bus856	-0.04	-0.02	1	85
										Bus853	0.04	0.02	1	85
Bus855	0.38	85.1	11.6	0	0	0	0	0.05	0.03	Bus856	-0.05	-0.03	103	85
Bus856	20	85.1	11.6	0	0	0	0	0	0	Bus854	0.04	0.02	1	85
										Bus905	-0.06	-0.05	3	86
										Bus855	0.05	0.03	1	85
Bus857	0.38	85	11.7	0	0	0	0	0.11	0.07	Bus858	-0.11	-0.07	220	86
Bus858	20	85.1	11.6	0	0	0	0	0	0	Bus862	-0.11	-0.07	4	85
										Bus857	0.11	0.07	4	85
Bus859	0.38	85	11.7	0	0	0	0	0.09	0.06	Bus860	-0.09	-0.06	191	85
Bus860	20	85.1	11.6	0	0	0	0	0	0	Bus862	-0.09	-0.06	3	85
										Bus859	0.09	0.06	3	85
Bus861	0.38	85	11.7	0	0	0	0	0.07	0.05	Bus862	-0.07	-0.05	155	85

Bus862	20	85.1	11.6	0	0	0	0	0	0	Bus858	0.11	0.07	4	85
										Bus860	0.09	0.06	3	85
										Bus864	-0.27	-0.17	10	85
										Bus861	0.07	0.05	2	85
Bus863	0.38	85.1	11.7	0	0	0	0	0.07	0.05	Bus864	-0.07	-0.05	153	85
Bus864	20	85.1	11.6	0	0	0	0	0	0	Bus862	0.27	0.17	10	85
										Bus866	-0.34	-0.21	13	85
										Bus863	0.07	0.05	2	85
Bus865	0.38	85	11.7	0	0	0	0	0.08	0.05	Bus866	-0.08	-0.05	169	85
Bus866	20	85.1	11.6	0	0	0	0	0	0	Bus864	0.34	0.21	13	85
										Bus868	-0.42	-0.26	16	85
										Bus865	0.08	0.05	3	85
Bus867	0.38	85.1	11.6	0	0	0	0	0.05	0.03	Bus868	-0.05	-0.03	105	85
Bus868	20	85.1	11.6	0	0	0	0	0	0	Bus866	0.42	0.26	16	85
										Bus870	-0.47	-0.29	18	85
										Bus867	0.05	0.03	2	85
Bus869	0.38	85.1	11.6	0	0	0	0	0.06	0.03	Bus870	-0.05	-0.03	104	85
Bus870	20	85.1	11.6	0	0	0	0	0	0	Bus868	0.47	0.29	18	85
										Bus863	-0.52	-0.32	20	85
										Bus869	0.05	0.03	1	85
Bus871	0.38	85	11.7	0	0	0	0	0.08	0.05	Bus872	-0.08	-0.05	167	85
Bus872	20	85.1	11.6	0	0	0	0	0	0	Bus873	-0.08	-0.05	3	85
										Bus871	0.08	0.05	3	85
Bus873	0.38	85	11.7	0	0	0	0	0.05	0.03	Bus874	-0.05	-0.03	114	85
Bus874	20	85.1	11.6	0	0	0	0	0	0	Bus876	-0.05	-0.03	2	85
										Bus873	0.05	0.03	2	85
Bus875	0.38	85	11.7	0	0	0	0	0.09	0.05	Bus876	-0.09	-0.05	179	85
Bus876	20	85.1	11.6	0	0	0	0	0	0	Bus874	0.05	0.03	2	85
										Bus869	-0.14	-0.09	5	85
										Bus875	0.09	0.05	3	85

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

BRANCH LOSSES Summary Report											
CKT / Branch	Connected Bus Info.		From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % drop in Vmag
	ID	From Bus ID	To Bus ID	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	
T521	Bus849	Bus850	56.315	49.878	-56.569	-31.973	755.5	-7904.7	100	85.21	14.79
T522	Bus851	Bus852	-0.083	-0.051	0.083	0.051	0	0.1	85.13	85.16	0.03
Cable327	Bus852	Bus896	-0.083	-0.051	0.083	0.051	0	0	85.16	85.16	0
T523	Bus853	Bus854	-0.039	-0.024	0.039	0.024	0	0	85.08	85.1	0.01
Cable328	Bus854	Bus856	-0.039	-0.024	0.039	0.024	0	0	85.1	85.1	0
T524	Bus855	Bus856	-0.049	-0.031	0.049	0.031	0	0	85.08	85.1	0.02
Cable328	Bus856	Bus885	-0.088	-0.055	0.088	0.055	0	0	85.1	85.1	0
T525	Bus857	Bus858	-0.105	-0.065	0.105	0.065	0	0.1	85.03	85.07	0.04
Cable330	Bus858	Bus862	-0.105	-0.065	0.105	0.065	0	0	85.07	85.07	0
T526	Bus859	Bus860	-0.091	-0.056	0.091	0.056	0	0.1	85.04	85.07	0.03
Cable331	Bus860	Bus862	-0.091	-0.056	0.091	0.056	0	0	85.07	85.07	0
T527	Bus861	Bus862	-0.074	-0.046	0.074	0.046	0	0	85.04	85.07	0.03
Cable332	Bus862	Bus864	-0.27	-0.167	0.27	0.167	0	0	85.07	85.07	0
T528	Bus863	Bus864	-0.073	-0.045	0.073	0.045	0	0	85.05	85.07	0.03
Cable333	Bus864	Bus866	-0.343	-0.213	0.343	0.213	0	0	85.07	85.07	0
T529	Bus865	Bus866	-0.081	-0.05	0.081	0.05	0	0.1	85.04	85.07	0.03
Cable334	Bus866	Bus868	-0.424	-0.263	0.424	0.263	0	0	85.07	85.07	0
T530	Bus867	Bus868	-0.05	-0.031	0.05	0.031	0	0	85.06	85.07	0.02
Cable335	Bus868	Bus870	-0.474	-0.294	0.474	0.294	0	0	85.07	85.08	0
T531	Bus869	Bus870	-0.05	-0.031	0.05	0.031	0	0	85.06	85.08	0.02
Cable336	Bus870	Bus883	-0.524	-0.325	0.524	0.325	0	0	85.08	85.08	0
T532	Bus871	Bus872	-0.08	-0.05	0.08	0.05	0	0.1	85.04	85.07	0.03
Cable337	Bus872	Bus873	-0.08	-0.05	0.08	0.05	0	0	85.07	85.07	0
T533	Bus873	Bus874	-0.055	-0.034	0.055	0.034	0	0	85.04	85.06	0.02
Cable338	Bus874	Bus876	-0.055	-0.034	0.055	0.034	0	0	85.06	85.06	0
T534	Bus875	Bus876	-0.085	-0.053	0.085	0.053	0	0.1	85.03	85.06	0.03
Cable339	Bus876	Bus889	-0.14	-0.087	0.14	0.087	0	0	85.06	85.06	0
T535	Bus877	Bus878	-0.073	-0.045	0.073	0.045	0	0	85.02	85.05	0.03
Cable340	Bus878	Bus880	-0.073	-0.045	0.073	0.045	0	0	85.05	85.05	0
T536	Bus879	Bus880	-0.072	-0.045	0.072	0.045	0	0	85.02	85.05	0.03
Cable341	Bus880	Bus852	-0.144	-0.09	0.144	0.09	0	0	85.05	85.05	0
T537	Bus881	Bus898	-0.089	-0.055	0.089	0.055	0	0.1	85.03	85.06	0.03
T538	Bus882	Bus883	-0.107	-0.066	0.107	0.066	0	0.1	85.03	85.07	0.04
Cable342	Bus883	Bus885	-0.107	-0.066	0.107	0.066	0	0	85.07	85.07	0
T539	Bus884	Bus885	-0.105	-0.066	0.108	0.068	0	0.1	85.03	85.07	0.04
Cable343	Bus885	Bus887	-0.213	-0.132	0.213	0.132	0	0	85.07	85.07	0
T540	Bus886	Bus887	-0.003	-0.002	0.003	0.002	0	0	85.07	85.07	0
Cable344	Bus887	Bus889	-0.216	-0.134	0.216	0.134	0	0	85.07	85.07	0
T541	Bus888	Bus889	-0.004	-0.002	0.004	0.002	0	0	85.07	85.07	0
Cable345	Bus889	Bus863	-1.709	-1.052	1.709	1.052	0.2	0.2	85.07	85.08	0.01
Cable346	Bus889	Bus897	1.489	0.915	-1.489	-0.92	0.1	-4.8	85.07	85.06	0.01
T542	Bus890	Bus897	-0.09	-0.056	0.09	0.056	0	0.1	85.03	85.06	0.03

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

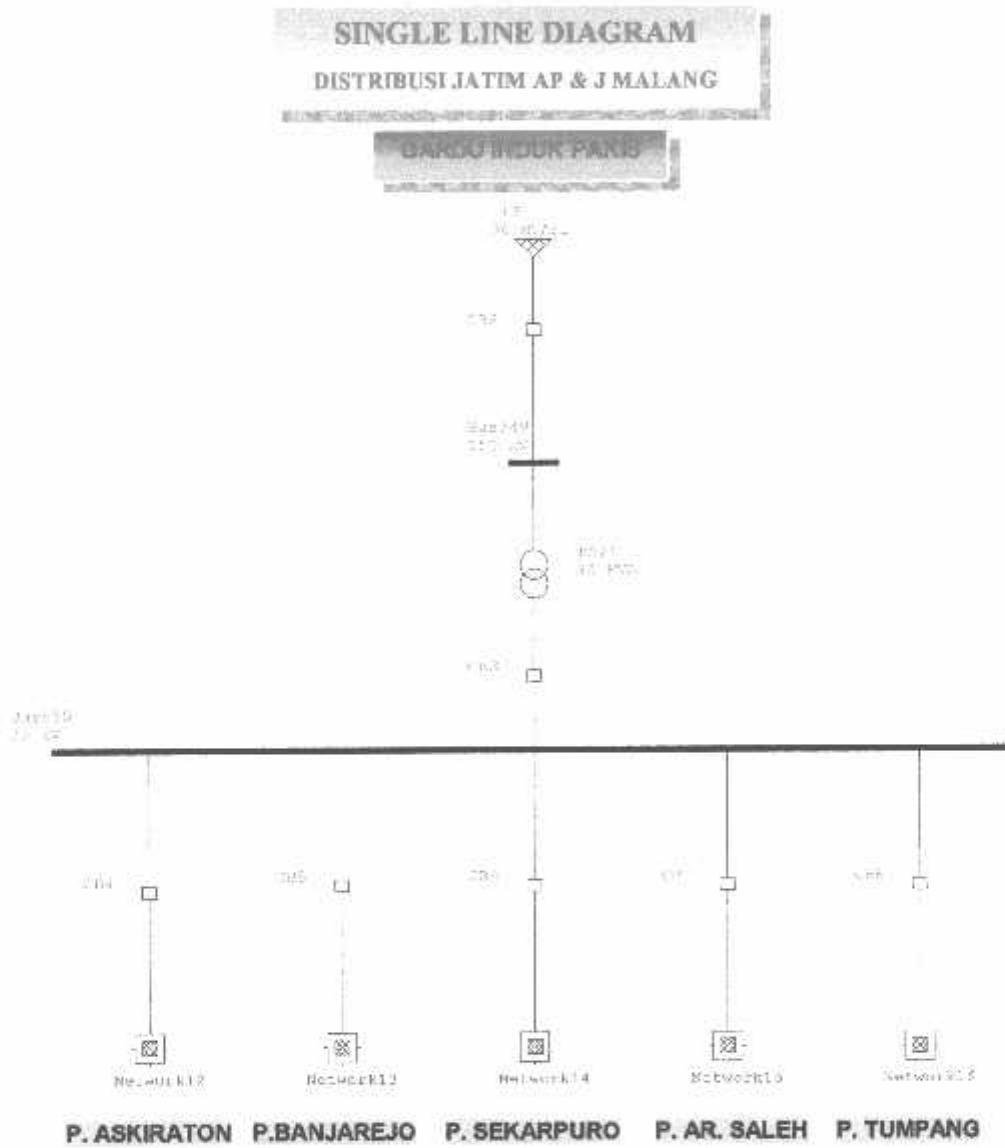
BUS LOADING Summary Report						
Bus		Bus Total Load				
ID	kV	MW	Mvar	MVA	% PF	Amp
Bus849	150.000	56.315	49.878	75.227	74.9	289.55
Bus850	20.000	55.559	31.973	64.102	86.7	2171.62
Bus851	0.380	0.083	0.051	0.097	85.0	173.31
Bus852	20.000	0.083	0.051	0.097	85.0	3.29
Bus853	0.380	0.039	0.024	0.046	85.0	81.44
Bus854	20.000	0.039	0.024	0.046	85.0	1.55
Bus855	0.380	0.049	0.031	0.058	85.0	103.41
Bus856	20.000	0.088	0.055	0.104	85.0	3.51
Bus857	0.380	0.105	0.065	0.124	85.0	220.92
Bus858	20.000	0.105	0.065	0.124	85.0	4.20
Bus859	0.380	0.091	0.056	0.107	85.0	191.22
Bus860	20.000	0.091	0.056	0.107	85.0	3.63
Bus861	0.380	0.074	0.046	0.087	85.0	155.05
Bus862	20.000	0.270	0.167	0.318	85.0	10.78
Bus863	0.380	0.073	0.045	0.086	85.0	153.76
Bus864	20.000	0.343	0.213	0.404	85.0	13.70
Bus865	0.380	0.081	0.050	0.095	85.0	169.27
Bus866	20.000	0.424	0.263	0.498	85.0	16.91
Bus867	0.380	0.050	0.031	0.059	85.0	105.97
Bus868	20.000	0.474	0.294	0.558	85.0	18.93
Bus869	0.380	0.050	0.031	0.059	85.0	104.68
Bus870	20.000	0.524	0.325	0.616	85.0	20.92
Bus871	0.380	0.080	0.050	0.094	85.0	167.98
Bus872	20.000	0.080	0.050	0.094	85.0	3.19
Bus873	0.380	0.055	0.034	0.064	85.0	115.00
Bus874	20.000	0.055	0.034	0.064	85.0	2.18
Bus875	0.380	0.085	0.053	0.101	85.0	179.58
Bus876	20.000	0.140	0.087	0.165	85.0	5.60
Bus877	0.380	0.073	0.045	0.085	85.0	152.44
Bus878	20.000	0.073	0.045	0.085	85.0	2.90
Bus879	0.380	0.072	0.045	0.085	85.0	151.14
Bus880	20.000	0.144	0.090	0.170	85.0	5.77
Bus881	0.380	0.089	0.055	0.105	85.0	187.32
Bus882	0.380	0.107	0.066	0.126	85.0	224.79
Bus883	20.000	0.107	0.066	0.126	85.0	4.27
Bus884	0.380	0.106	0.065	0.125	85.0	223.50
Bus885	20.000	0.213	0.132	0.251	85.0	8.52
Bus886	0.380	0.003	0.002	0.004	85.0	6.46
Bus887	20.000	0.216	0.134	0.255	85.0	8.64
Bus888	0.380	0.004	0.002	0.004	85.0	7.75
Bus889	20.000	1.709	1.052	2.007	85.2	68.11

*Selengkapnya dapat dilihat pada lampiran

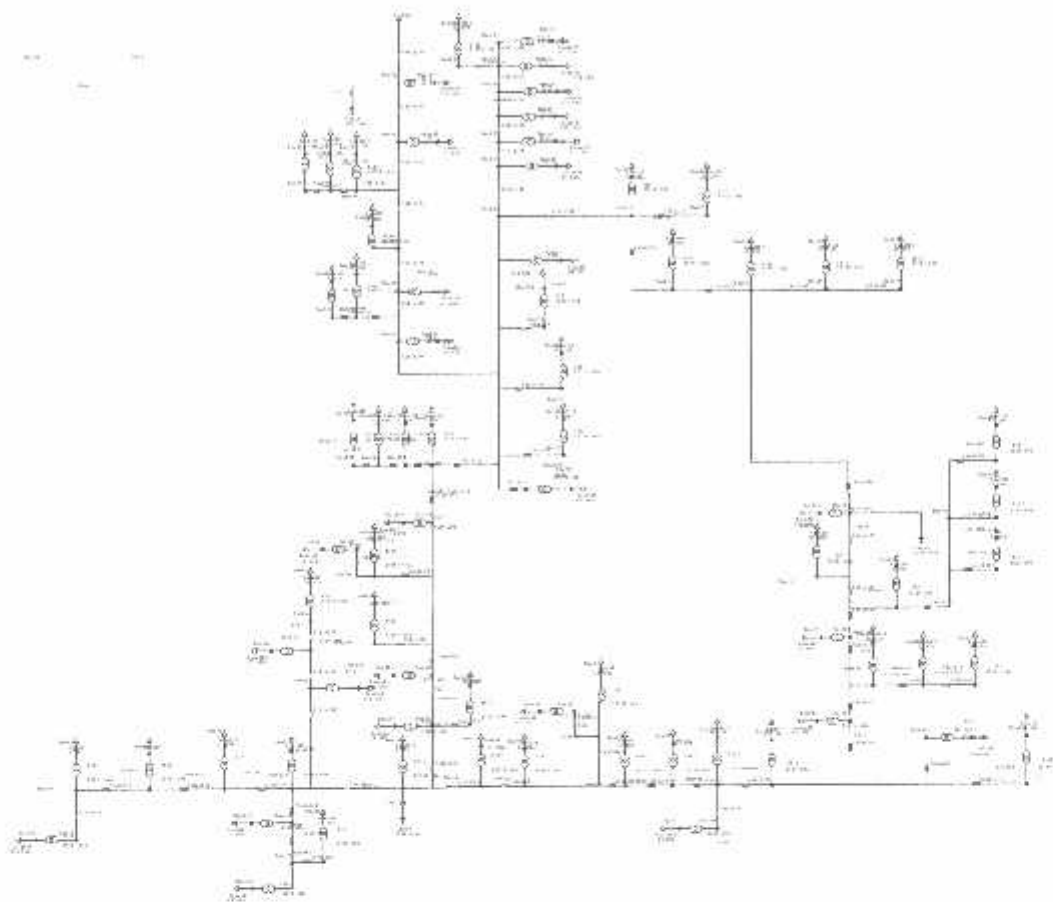
Tabel 4.6. Hasil *Total Generation, Loading and Demand* Menggunakan ETAP
Power Station Sebelum Kompensasi Kapasitor

SUMMARY OF TOTAL GENERATION , LOADING & DEMAND					
	MW	Mvar	MVA	% PF	
Swing Bus(es):	56.315	49.878	75.227	74.9	Lagging
Generators:	-	-	-	-	-
Total Demand:	56.315	49.878	75.227	74.9	Lagging
Total Motor Load:	-	-	-	-	-
Total Static Load:	53.882	29.931			
Apparent Losses:	2.432	19.946			
System Mismatch:	0	0			
Number of Iterations =	4				

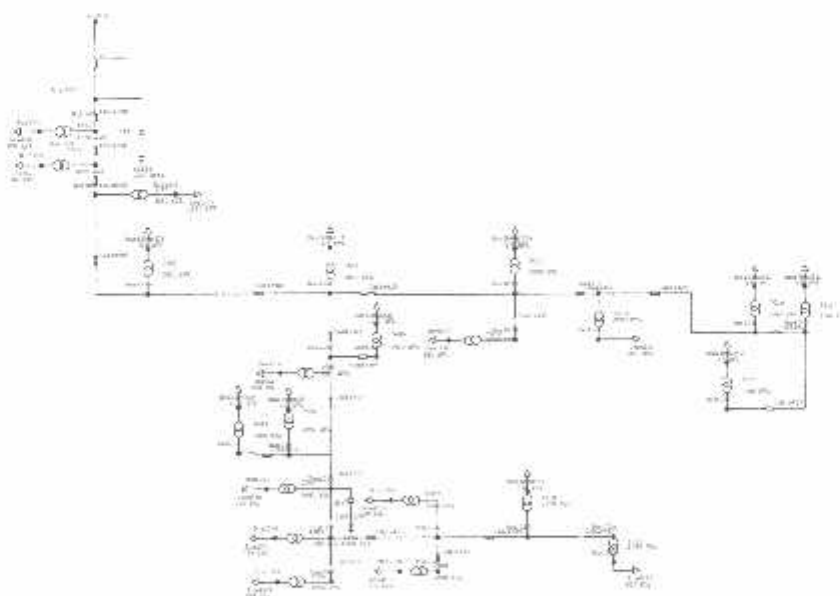
4.5. Single Line Distribusi Jatim AP& J Malang Setelah Kompensasi Kapasitor



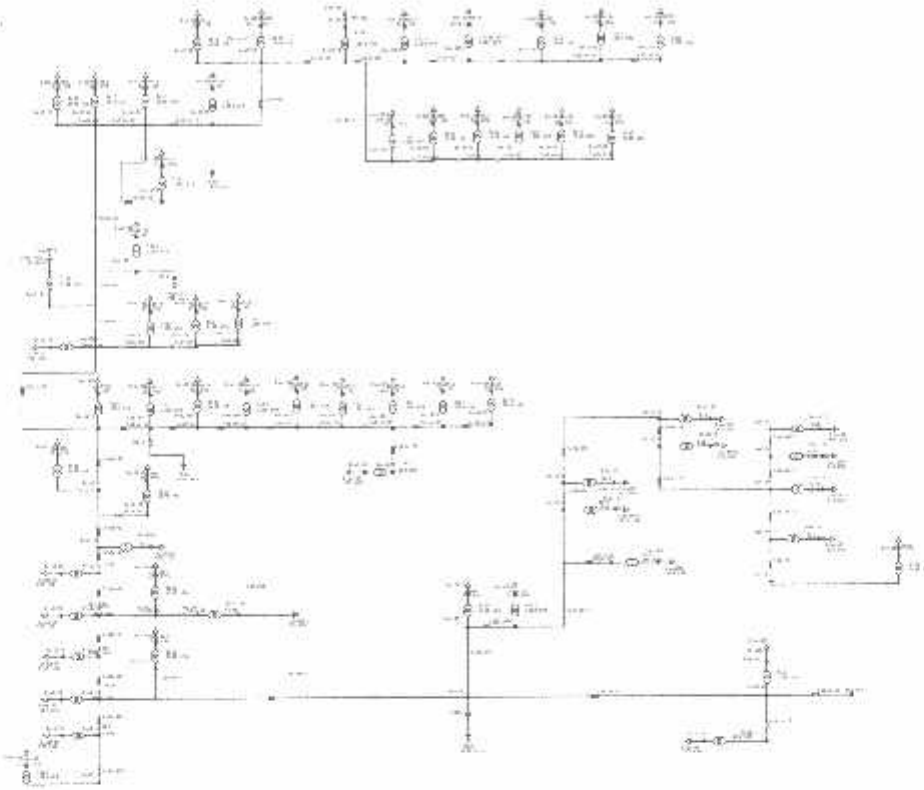
Gambar 4.8. Diagram Single Line Distribusi Jatim AP& J Malang Baru



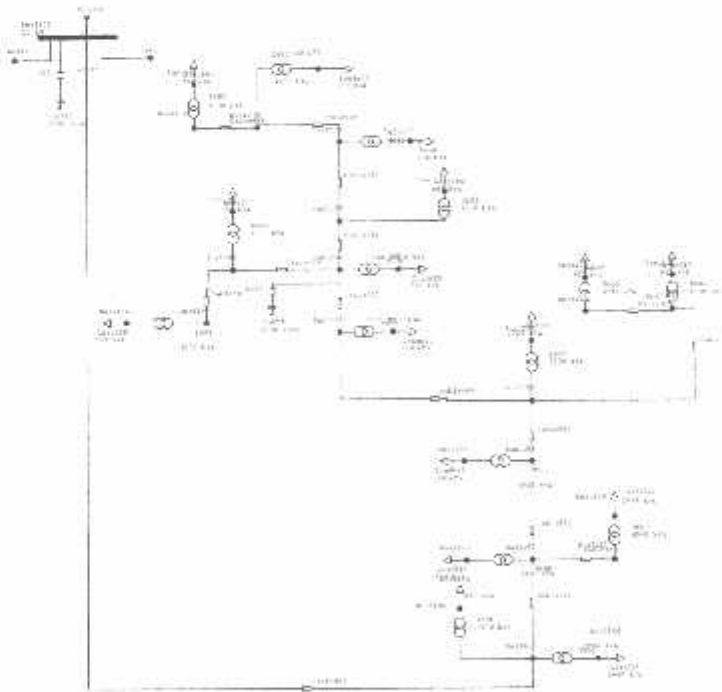
Gambar 4.9. Diagram Single Line Penyulang Asrikaton Baru



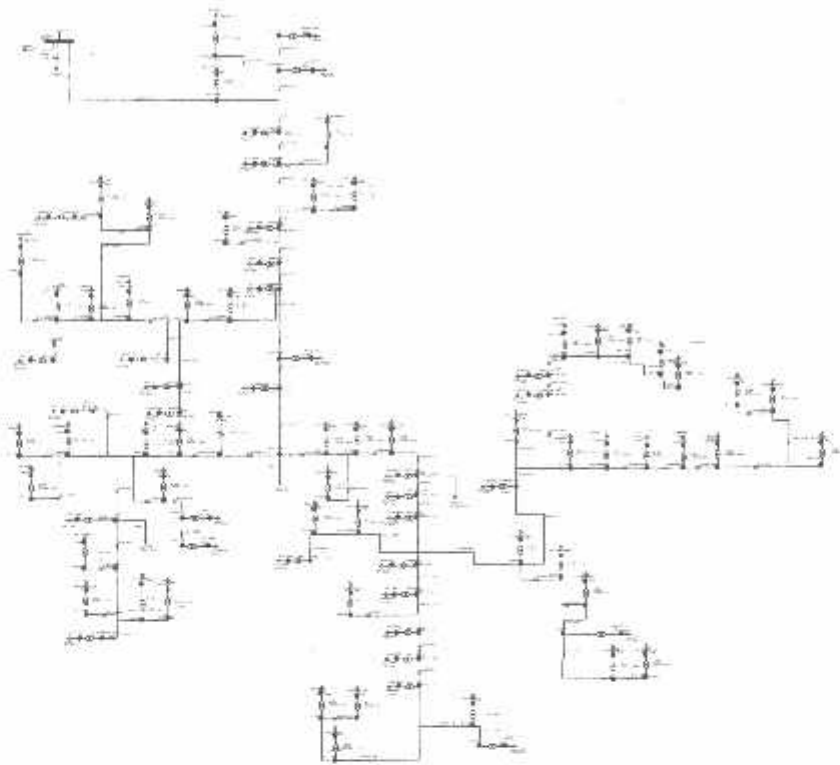
Gambar 4.10. Diagram Single Line Penyulang Banjarejo Baru



Gambar 4.11. *Diagram Single Line Penyulang Sekarpuro Baru*



Gambar 4.12. *Diagram Single Line Penyulang AR. Saleh Baru*



Gambar 4.13. *Diagram Single Line* Penyulang Tumpang Baru

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 4.7 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), 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.

Tabel 4.7. Hasil *Load Flow* Menggunakan ETAP *Power Station* Dengan Kompensasi Kapasitor

LOAD FLOW REPORT														
Bus ID	kV	Voltage		Generation		Motor Load		Static Load		Load Flow				
		%Mag	Ang	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	% PF
*Bus849	150	100	0	61.85	32.94	0	0	0	0	Bus850	61.85	32.94	269	98.3
Bus850	20	90.79	-12.2	0	0	0	0	0	0	Bus991	4.86	-1.49	181	-95.8
										Bus1000	10.84	3.65	363	94.8
										Bus1160	30.76	15.42	1093	89.4
										Bus849	-61.2	-17.4	2022	98.2
										Bus1202	8.99	2.3	295	98.9
										Bus1360	5.75	-2.48	199	-91.8
Bus851	0.38	90.19	-12.9	0	0	0	0	0.09	0.06	Bus852	-0.09	-0.06	183	85
Bus852	20	90.22	-12.8	0	0	0	0	0	0	Bus996	-0.09	-0.06	3	85
										Bus851	0.09	0.06	3	85
Bus853	0.38	90.16	-12.9	0	0	0	0	0.04	0.03	Bus854	-0.04	-0.03	86	85
Bus854	20	90.17	-12.9	0	0	0	0	0	0	Bus856	-0.04	-0.03	1	85
										Bus853	0.04	0.03	1	85
Bus855	0.38	90.15	-12.9	0	0	0	0	0.06	0.03	Bus856	-0.06	-0.03	109	85
Bus856	20	90.17	-12.9	0	0	0	0	0	0	Bus854	0.04	0.03	1	85
										Bus865	-0.1	-0.06	3	85
										Bus855	0.06	0.03	2	85
Bus857	0.38	90.11	-12.9	0	0	0	0	0.12	0.07	Bus858	-0.12	-0.07	234	85
Bus858	20	90.15	-12.9	0	0	0	0	0	0	Bus862	-0.12	-0.07	4	85
										Bus857	0.12	0.07	4	85
Bus859	0.38	90.12	-12.9	0	0	0	0	0.1	0.06	Bus860	-0.1	-0.06	202	85
Bus860	20	90.15	-12.9	0	0	0	0	0	0	Bus862	-0.1	-0.06	3	85
										Bus859	0.1	0.06	3	85
Bus861	0.38	90.12	-12.9	0	0	0	0	0.08	0.05	Bus862	-0.08	-0.05	164	85
Bus862	20	90.15	-12.9	0	0	0	0	0	0	Bus858	0.12	0.07	4	85

										Bus860	0.1	0.06	3	85
										Bus864	-0.3	-0.19	11	85
										Bus861	0.08	0.05	3	85
Bus863	0.38	90.12	12.9	0	0	0	0	0.08	0.05	Bus864	-0.08	-0.05	162	85
Bus864	20	90.15	12.9	0	0	0	0	0	0	Bus862	0.3	0.19	11	85
										Bus866	-0.39	-0.24	14	85
										Bus863	0.08	0.05	3	85
Bus865	0.38	90.12	12.9	0	0	0	0	0.09	0.06	Bus866	-0.09	-0.06	179	85
Bus866	20	90.15	12.9	0	0	0	0	0	0	Bus864	0.39	0.24	14	85
										Bus868	-0.48	-0.3	17	85
										Bus865	0.09	0.06	3	85
Bus867	0.38	90.14	12.9	0	0	0	0	0.06	0.04	Bus868	-0.06	-0.04	112	85
Bus868	20	90.15	12.9	0	0	0	0	0	0	Bus866	0.48	0.3	17	85
										Bus870	-0.53	-0.33	20	85
										Bus867	0.06	0.04	2	85
Bus869	0.38	90.14	12.9	0	0	0	0	0.06	0.03	Bus870	-0.06	-0.03	110	85
Bus870	20	90.16	12.9	0	0	0	0	0	0	Bus866	0.53	0.33	20	85
										Bus863	-0.59	-0.36	22	85
										Bus869	0.06	0.03	2	85
Bus871	0.38	90.13	12.9	0	0	0	0	0.09	0.06	Bus872	-0.09	-0.06	179	85
Bus872	20	90.16	12.9	0	0	0	0	0	0	Bus873	-0.09	-0.06	3	85
										Bus871	0.09	0.06	3	85
Bus873	0.38	90.13	12.9	0	0	0	0	0.06	0.04	Bus874	-0.06	-0.04	121	85
Bus874	20	90.15	12.9	0	0	0	0	0	0	Bus876	-0.06	-0.04	2	85
										Bus873	0.06	0.04	2	85
Bus875	0.38	90.12	12.9	0	0	0	0	0.1	0.08	Bus876	-0.1	-0.06	190	85
Bus876	20	90.15	12.9	0	0	0	0	0	0	Bus874	0.06	0.04	2	85
										Bus869	-0.16	-0.1	5	85
										Bus875	0.1	0.06	3	85
Bus877	0.38	90.11	12.9	0	0	0	0	0.08	0.05	Bus878	-0.08	-0.05	161	85

Tabel 4.8. Hasil *Branch Losses* Menggunakan ETAP *Power Station* Dengan Kompensasi Kapasitor

BRANCH LOSSES Summary Report											
CKT / Branch	Connected Bus Info.		From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % drop in Vmag
	ID	From Bus ID	To Bus ID	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	
T521	Bus849	Bus850	61.851	32.939	-61.196	-17.402	655.5	15536.3	100	90.79	9.21
Cable398	Bus850	Bus891	4.862	-1.493	-4.825	-0.051	37.2	-1543.7	90.79	90.25	0.54
Cable403	Bus850	Bus1000	10.836	3.655	-10.624	-4.927	211.8	-1271.7	90.79	88.43	2.36
Cable486	Bus850	Bus1160	30.755	15.422	-28.891	-13.886	1863.9	1535.6	90.79	83.01	7.78
T522	Bus851	Bus852	-0.093	-0.057	0.093	0.057	0	0.1	90.19	90.22	0.03
Cable327	Bus852	Bus996	-0.093	-0.057	0.093	0.057	0	0	90.22	90.22	0
T523	Bus853	Bus854	-0.044	-0.027	0.044	0.027	0	0	90.16	90.17	0.01
Cable328	Bus854	Bus856	-0.044	-0.027	0.044	0.027	0	0	90.17	90.17	0
T524	Bus855	Bus856	-0.055	-0.034	0.055	0.034	0	0	90.15	90.17	0.02
Cable329	Bus856	Bus985	-0.099	-0.061	0.099	0.061	0	0	90.17	90.17	0
T525	Bus857	Bus858	-0.118	-0.073	0.118	0.073	0	0.1	90.11	90.15	0.04
Cable330	Bus858	Bus862	-0.118	-0.073	0.118	0.073	0	0	90.15	90.15	0
T526	Bus859	Bus860	-0.102	-0.063	0.102	0.063	0	0.1	90.12	90.15	0.03
Cable331	Bus860	Bus862	-0.102	-0.063	0.102	0.063	0	0	90.15	90.15	0
T527	Bus861	Bus862	-0.083	-0.051	0.083	0.051	0	0.1	90.12	90.15	0.03
Cable332	Bus862	Bus864	-0.303	-0.188	0.303	0.188	0	0	90.15	90.15	0
T528	Bus863	Bus864	-0.082	-0.051	0.082	0.051	0	0.1	90.12	90.15	0.03
Cable333	Bus864	Bus866	-0.385	-0.239	0.385	0.239	0	0	90.15	90.15	0
T529	Bus865	Bus866	-0.49	-0.056	0.09	0.056	0	0.1	90.12	90.15	0.03
Cable334	Bus866	Bus868	-0.476	-0.295	0.476	0.295	0	0	90.15	90.15	0
T530	Bus867	Bus868	-0.057	-0.035	0.057	0.035	0	0	90.14	90.15	0.02
Cable335	Bus868	Bus870	-0.532	-0.33	0.532	0.33	0	0	90.15	90.16	0
T531	Bus869	Bus870	-0.056	-0.035	0.056	0.035	0	0	90.14	90.16	0.02
Cable336	Bus870	Bus983	-0.588	-0.365	0.588	0.365	0	0	90.16	90.16	0
T532	Bus871	Bus872	-0.09	-0.056	0.09	0.056	0	0.1	90.13	90.16	0.03
Cable337	Bus872	Bus973	-0.09	-0.056	0.09	0.056	0	0	90.16	90.16	0
T533	Bus873	Bus874	-0.061	-0.038	0.061	0.038	0	0	90.13	90.15	0.02
Cable338	Bus874	Bus876	-0.061	-0.038	0.061	0.038	0	0	90.15	90.15	0
T534	Bus875	Bus876	-0.096	-0.059	0.096	0.06	0	0.1	90.12	90.15	0.03
Cable339	Bus876	Bus969	-0.157	-0.098	0.157	0.098	0	0	90.15	90.15	0
T535	Bus877	Bus878	-0.081	-0.05	0.081	0.051	0	0	90.11	90.14	0.03
Cable340	Bus878	Bus880	-0.081	-0.051	0.081	0.051	0	0	90.14	90.14	0
T536	Bus879	Bus880	-0.081	-0.05	0.081	0.05	0	0	90.11	90.14	0.03
Cable341	Bus880	Bus952	-0.162	-0.101	0.162	0.101	0	0	90.14	90.14	0
T537	Bus881	Bus898	-0.1	-0.062	0.1	0.062	0	0.1	90.11	90.14	0.03
T538	Bus882	Bus883	-0.12	-0.074	0.12	0.075	0	0.1	90.11	90.15	0.04
Cable342	Bus883	Bus885	-0.12	-0.075	0.12	0.075	0	0	90.15	90.15	0
T539	Bus884	Bus885	-0.119	-0.074	0.119	0.074	0	0.1	90.11	90.15	0.04
Cable343	Bus885	Bus887	-0.24	-0.149	0.24	0.149	0	0	90.15	90.15	0
T540	Bus886	Bus887	-0.003	-0.002	0.003	0.002	0	0	90.15	90.15	0
Cable344	Bus887	Bus889	-0.243	-0.151	0.243	0.151	0	0	90.15	90.15	0
T541	Bus888	Bus889	-0.004	-0.003	0.004	0.003	0	0	90.15	90.15	0

Tabel 4.9. Hasil *Bus Loading* Menggunakan ETAP *Power Station* Dengan Kompensasi Kapasitor

BUS LOADING Summary Report						
Bus		Bus Total Load				
ID	kV	MW	Mvar	MVA	% PF	Amp
Bus849	150.000	61.851	32.939	70.075	88.3	269.72
Bus850	20.000	61.196	21.379	64.823	94.4	2061.08
Bus851	0.380	0.093	0.057	0.109	85.0	183.62
Bus852	20.000	0.093	0.057	0.109	85.0	3.49
Bus853	0.380	0.044	0.027	0.051	85.0	86.30
Bus854	20.000	0.044	0.027	0.051	85.0	1.64
Bus855	0.380	0.055	0.034	0.065	85.0	109.58
Bus856	20.000	0.099	0.061	0.116	85.0	3.72
Bus857	0.380	0.118	0.073	0.139	85.0	234.11
Bus858	20.000	0.118	0.073	0.139	85.0	4.45
Bus859	0.380	0.102	0.063	0.120	85.0	200.64
Bus860	20.000	0.102	0.063	0.120	85.0	3.85
Bus861	0.380	0.083	0.051	0.097	85.0	164.31
Bus862	20.000	0.303	0.188	0.357	85.0	11.42
Bus863	0.380	0.082	0.051	0.097	85.0	162.95
Bus864	20.000	0.385	0.239	0.453	85.0	14.52
Bus865	0.380	0.090	0.056	0.106	85.0	179.38
Bus866	20.000	0.476	0.295	0.560	85.0	17.92
Bus867	0.380	0.057	0.035	0.067	85.0	112.30
Bus868	20.000	0.532	0.330	0.626	85.0	20.06
Bus869	0.380	0.056	0.035	0.066	85.0	110.93
Bus870	20.000	0.588	0.365	0.672	85.0	22.17
Bus871	0.380	0.093	0.056	0.106	85.0	178.01
Bus872	20.000	0.093	0.056	0.106	85.0	3.38
Bus873	0.380	0.061	0.038	0.072	85.0	121.87
Bus874	20.000	0.061	0.038	0.072	85.0	2.32
Bus875	0.380	0.096	0.059	0.113	85.0	190.32
Bus876	20.000	0.157	0.098	0.185	85.0	5.93
Bus877	0.380	0.081	0.050	0.096	85.0	161.55
Bus878	20.000	0.081	0.051	0.096	85.0	3.07
Bus879	0.380	0.081	0.050	0.095	85.0	160.18
Bus880	20.000	0.162	0.101	0.191	85.0	6.11
Bus881	0.380	0.100	0.062	0.118	85.0	198.52
Bus882	0.380	0.120	0.074	0.141	85.0	238.22
Bus883	20.000	0.120	0.075	0.141	85.0	4.53
Bus884	0.380	0.119	0.074	0.140	85.0	236.86
Bus885	20.000	0.240	0.149	0.282	85.0	9.03
Bus886	0.380	0.003	0.302	0.004	85.0	6.85
Bus887	20.000	0.243	0.151	0.286	85.0	9.16
Bus888	0.380	0.004	0.003	0.005	85.0	8.22
Bus889	20.000	1.921	0.248	1.937	99.2	62.01

Tabel 4.10. Hasil *Total Generation, Loading and Demand* Menggunakan ETAP *Power Station* Dengan Kompensasi Kapasitor

SUMMARY OF TOTAL GENERATION, LOADING & DEMAND					
	MW	Mvar	MVA	% PF	
(Swing Buses)	61.851	32.939	70.075	88.26	Lagging
(Generators)	-	-	-	-	-
Total Demand:	61.851	32.939	70.075	88.26	Lagging
Total Motor Load:	-	-	-	-	-
Total Static Load	58.509	19.959			
Apparent Losses:	3.342	12.98			
System Mismatch:					
Number of Iterations	4				

4.6. Validasi

Perhitungan dan simulasi dengan program ETAP *Power Station* telah dilakukan pada sistem kelistrikan PT. Industri Sandang Nusantara Malang 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 Dengan Kompensasi Kapasitor dan Tanpa Kompensasi Kapasitor.

4.7.1. Hasil Perhitungan dan Simulasi Dengan Kompensasi Kapasitor dan Tanpa Kompensasi Kapasitor.

Tabel 4.11. Perbandingan Rugi-rugi Daya Aktif Dan Daya Reaktif Tanpa Kompensasi Kapasitor Dengan Kompensasi Kapasitor

Perbandingan Losses Daya Aktif Dan Daya Reaktif				
CKT / Branch	Tanpa Kompensasi		Dengan Kompensasi	
	Losses		Losses	
ID	KW	Kvar	KW	Kvar
Cable429	0.1	0.1	0.1	0.1
Cable430	0.2	0.2	0.2	0.2
Cable431	0.4	0.4	0.4	0.4
Cable432	0.3	0.3	0.3	0.3
Cable433	0.4	0.3	0.4	0.4
Cable434	0.4	0.4	0.3	0.3
T630	3.8	27.2	4.1	28.9
T631	0.4	2.8	0.4	3.0
T632	3.4	24.1	3.6	25.7
T633	3.6	25.6	3.8	27.3
T634	3.4	23.9	3.6	25.4
T635	3.4	23.9	3.6	25.5
T636	2.1	14.7	2.2	13.6
T637	1.1	7.5	1.1	8.0
T638	3.7	26.5	4.0	28.2
T639	3.7	26.5	4.0	28.3
T640	2.7	19.0	2.9	20.3
T641	3.4	24.0	3.6	25.5
Cable435	0.0	0.0	0.0	0.0
Cable436	0.0	0.0	0.0	0.0
Cable437	0.1	0.1	0.0	-13.8
Cable438	0.2	0.2	0.1	-13.7
T642	3.5	25.0	3.8	26.6
T643	3.5	25.0	3.7	26.6
T644	2.0	14.0	2.1	14.9
T645	2.1	15.1	2.3	16.1
T646	1.3	9.2	1.4	9.8
T647	1.9	13.2	2.0	14.1
Cable439	0.0	0.0	0.0	0.0
Cable440	0.0	0.0	0.0	0.0
Cable441	0.1	0.1	0.1	0.1

Cable442	0.1	0.1	0.1	0.1
Cable443	0.2	0.2	0.2	0.2
Cable444	0.3	0.3	0.4	0.3
Cable445	1.2	1.1	0.4	0.4
Cable446	1.4	1.3	1.5	1.4
T648	3.4	23.9	3.6	25.4
Cable447	0.0	0.0	0.0	0.0
Cable448	2.0	1.9	2.1	2.0
Cable449	2.3	2.2	2.3	2.2
T649	3.6	25.6	3.8	27.2
Cable450	0.0	0.0	0.0	0.0
Cable451	3.1	2.9	3.1	2.9
T650	4.1	29.4	4.4	31.3
Cable452	0.0	0.0	0.0	0.0
Cable453	4.0	3.8	4.0	3.8

Tabel 4.12. Perbandingan Losses Tegangan Tanpa Kompensasi Kapasitor dan Dengan Kompensasi Kapasitor

Perbandingan Losses Tegangan						
CKT / Branch	Tanpa Kompensasi			Dengan Kompensasi		
	% Bus Voltage			% Bus Voltage		
ID	From	To	Vd % Drop	From	To	Vd % Drop
Cable429	79.9	79.9	0.01	82.4	82.4	0.01
Cable430	79.9	79.9	0.01	82.4	82.4	0.01
Cable431	79.9	79.9	0.02	82.4	82.5	0.02
Cable432	79.9	79.9	0.01	82.5	82.3	0.01
Cable433	79.9	80.0	0.01	82.5	82.5	0.01
Cable434	80.0	80.0	0.01	82.5	82.5	0.01
T630	77.7	79.9	2.16	80.2	82.4	2.23
T631	79.2	79.8	0.69	81.7	82.4	0.71
T632	77.8	79.8	2.03	80.2	82.3	2.10
T633	77.7	79.8	2.10	80.1	82.3	2.17
T634	77.7	79.7	2.02	80.2	82.3	2.09
T635	77.7	79.7	2.03	80.2	82.3	2.09
T636	78.1	79.7	1.58	80.6	82.2	1.63
T637	78.5	79.7	1.13	81.1	82.2	1.16
T638	77.5	79.7	2.13	80.0	82.2	2.20
T639	77.5	79.7	2.14	80.0	82.2	2.20
T640	77.8	79.6	1.80	80.4	82.2	1.86
T641	77.6	79.6	2.03	80.1	82.2	2.09
Cable435	79.6	79.6	0.00	82.2	82.2	0.00
Cable436	79.6	79.7	0.00	82.2	82.2	0.00
Cable437	79.7	79.7	0.01	82.2	82.2	0.00
Cable438	79.7	79.7	0.01	82.2	82.2	0.00

T642	79.2	79.7	0.51	81.7	82.2	0.52
T643	79.1	79.7	0.50	81.7	82.2	0.52
T644	79.3	79.6	0.37	81.8	82.2	0.38
T645	79.3	79.6	0.38	81.8	82.2	0.39
T646	79.3	79.6	0.29	81.9	82.2	0.30
T647	79.3	79.6	0.35	81.8	82.2	0.37
Cable439	79.6	79.6	0.00	82.2	82.2	0.00
Cable440	79.6	79.6	0.00	82.2	82.2	0.00
Cable441	79.6	79.6	0.01	82.2	82.2	0.01
Cable442	79.6	79.7	0.01	82.2	82.2	0.01
Cable443	79.7	79.7	0.01	82.2	82.2	0.01
Cable444	79.7	79.7	0.01	82.2	82.2	0.01
Cable445	79.7	79.7	0.02	82.2	82.2	0.01
Cable446	79.7	79.7	0.02	82.2	82.3	0.02
T648	77.7	79.7	2.02	80.2	82.2	2.09
Cable447	79.7	79.7	0.00	82.2	82.3	0.00
Cable448	79.7	79.7	0.03	82.3	82.3	0.03
Cable449	79.7	79.8	0.03	82.3	82.3	0.03
T649	77.7	79.8	2.10	80.1	82.3	2.16
Cable450	79.8	79.8	0.00	82.3	82.3	0.00
Cable451	79.8	79.8	0.03	82.3	82.3	0.03
T650	77.5	79.8	2.25	80.0	82.3	2.32
Cable452	79.8	79.8	0.00	82.3	82.3	0.00
Cable453	79.8	79.8	0.04	82.3	82.4	0.04

Tabel 4.13. Perbandingan $\cos \phi$ dan Aliran Daya Tanpa Kompensasi Kapasitor dan Dengan Kompensasi Kapasitor

SUMMARY OF TOTAL GENERATION, LOADING & DEMAND										
	Tanpa Kompensasi				Dengan Kompensasi					
	MW	Mvar	MVA	% PF	MW	Mvar	MVA	% PF		
Swing Bus(es):	56.315	49.878	75.227	74.9	Lagging	61.851	32.939	70.075	88.26	Lagging
Generators	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Demand:	56.315	49.878	75.227	74.9	Lagging	61.851	32.939	70.075	88.26	Lagging
Total Motor Load:	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Static Load:	53.882	29.931				58.509	19.959			
Apparent Losses:	2.432	19.946				3.342	12.980			
System Mismatch:	0	0				0	0			
Number of Iterations:	4					4				

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 4.3 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 0,74 menjadi 0,88. 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 Pemasangan dengan Setelah Pemasangan Kapasitor.

Untuk mengetahui hasil kompensasi yang lebih baik maka hasil dari kedua metode penempatan ini dapat dibandingkan. Dari tabel 4.12. dan 4.13, dapat disimpulkan bahwa setelah dilakukan pengaturan penempatan kapasitor memberikan hasil yang lebih baik jika dibandingkan dengan hasil sebelum penempatan awal kapasitor. Dalam analisis ini yang diutamakan adalah perbaikan faktor daya dari 0,74 menjadi 0,88 dengan kompensasi kapasitor, maka:

- **Daya Aktif**

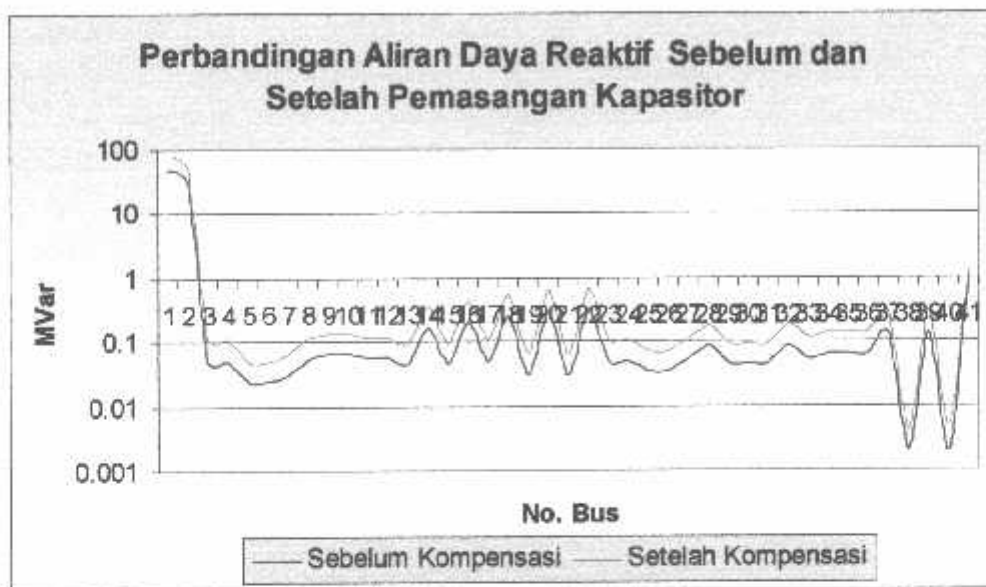
Secara keseluruhan dapat diamati ditabel 4.13. Perbandingan sebelum dan setelah kompensasi penempatan dan pengaturan letak kapasitor. Aliran daya aktif pada setiap bus dengan kedua macam kompensasi tidak ada perubahan.

- **Daya Reaktif**

$$\begin{aligned}\text{Penurunan Daya Reaktif} &= 49,878 \text{ Mvar} - 32,939 \text{ Mvar} \\ &= 16,939 \text{ Mvar} \\ &= 16939 \text{ kvar}\end{aligned}$$

Dengan pemasangan dan pengaturan letak kapasitor maka diperoleh kompensasi daya reaktif sebesar $16,939 \text{ Mvar} = 16939 \text{ kvar}$, besar kompensasi ini sedikit lebih rendah jika dibandingkan dengan kompensasi harmonik filter ini menunjukkan bahwa kapasitor tidak dapat mereduksi daya reaktif yang di timbulkan dalam orde yang berbeda pada saat sistem terdistorsi harmonik sedangkan pada harmonik filter kapasitor dalam rangkaianannya dapat di *setting* untuk mereduksi harmonik pada tiap-tiap orde. Untuk mengamati perbedaan

kompensasi kedua metode di bawah ini ditampilkan grafik-grafik daya aktif pada bus-bus.



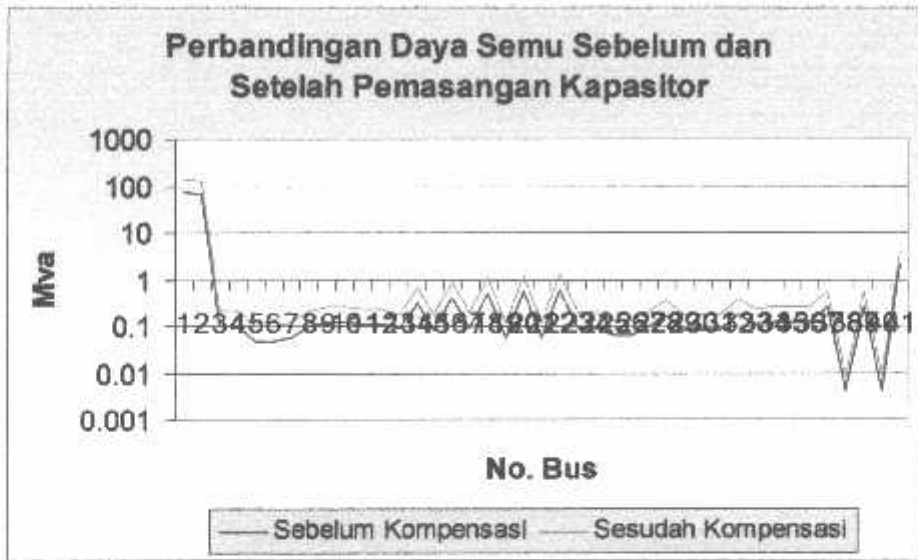
Grafik 4.1. Perbandingan Aliran Daya Reaktif Sebelum dan Setelah Pemasangan Kapasitor

- **Daya Semu**

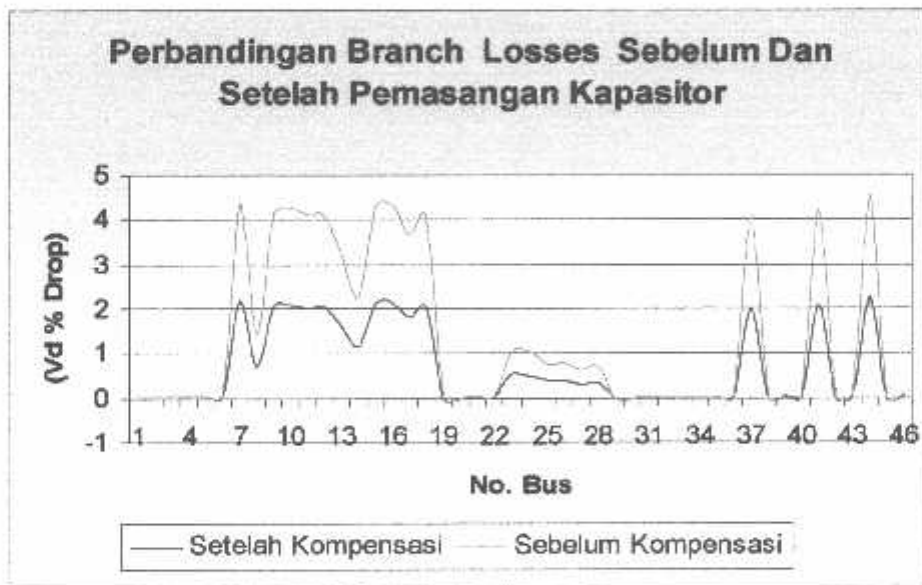
$$\begin{aligned}
 \text{Kenaikan Daya Total (MVA)} &= 75,227 \text{ MVA} - 70,075 \text{ MVA} \\
 &= 5,152 \text{ MVA} \\
 &= 5152 \text{ kVA}
 \end{aligned}$$

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 5,152 MVA = 5152 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.



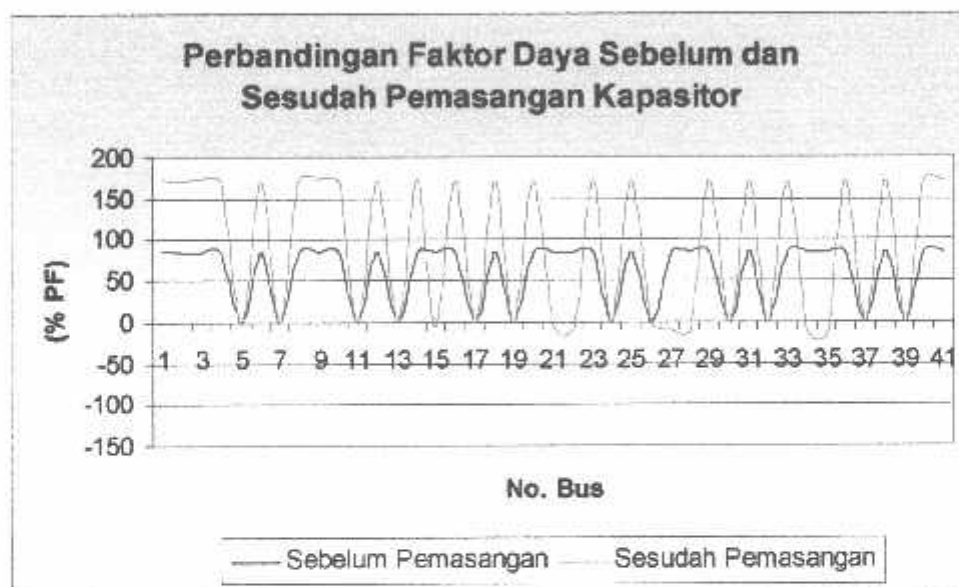
Grafik 4.2. Perbandingan Daya Semu Sebelum dan Setelah Pemasangan Kapasitor



Grafik 4.3. Perbandingan Branch Losses Sebelum Dan Setelah Pemasangan Kapasitor

• **Faktor Daya**

Dengan pemasangan kapasitor sebesar 1200 Kvar pada setiap pentulang maka koreksi faktor daya dari $\cos \phi$ 0,74 menjadi 0,88. Hal ini membuat sistem menjadi lebih baik karena dapat mengurangi konsumsi daya reaktif, rugi-rugi saluran 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 tersimpan sebesar $5,152 \text{ MVA} = 5,152 \text{ kVA}$.

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, 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.clektroindonesia.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.



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 : ACHMAD APRIONO
NIM : 89.12.111
Jurusan : Teknik Energi Listrik S-1
Fakultas : Tekonologi 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,

Wakil Teknik Elektro S-1

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

Pemohon

Achmad Apriono
Nim.8912111



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

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

P.T. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

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

Malang, 11 Desember 2008

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

Kepada : Yth. Sdr. **IR. YUSUF ISMAIL NAKHODA, 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 : ACHMAD APRIONO
Nim : 8912111
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

[Signature]
F. F. Yudi Limpraptono, MT
Nip. Y. 1039500274

Tembusan Kepada Yth.

1. Mahasiswa Yang Bersangkutan
2. Arsip

Form S 4a