

**ANALISA PERBAIKAN PROFIL TEGANGAN DENGAN PENEMPATAN  
KAPASITOR PADA SISTEM 20 KV GI SENGKALING PENYULANG  
BATU MENGGUNAKAN *SOFTWARE ETAP POWER STATION***

**SKRIPSI**



Disusun Oleh :  
**Rendra Aprilino Kurniawan**  
NIM. 97.12.008



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2012**

---

LEMBAR PERSETUJUAN

ANALISA PERBAIKAN PROFIL TEGANGAN DENGAN PENEMPATAN  
KAPASITOR PADA SISTEM 20 kV GI SENGKALING PENYULANG BATU  
MENGUNAKAN *SOFTWARE ETAP POWER STATION*

SKRIPSI

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

Disusun Oleh :

**RENDRA APRILINO KURNIAWAN**

97.12.008



Mengetahui

**Ketua Jurusan Teknik Elektro**

**Ir. YUSUF ISMAIL NAKHODA, MT**

NIP.Y. 1018800189

Diperiksa dan disetujui,

Dosen Pembimbing I

**Ir. H. TAUFIK HIDAYAT, MT**

NIP. Y. 1018700151

Diperiksa dan disetujui,

Dosen Pembimbing II

**BAMBANG PRIO HARTONO, ST, MT**

NIP. Y. 1028400082

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

## LEMBAR PERSEMBAHAN

Dalam kesempatan ini saya sebagai penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada :

- ❖ *ALLAH SWT* yang telah melancarkan dalam penulisan skripsi ini dan mendengarkan doa-doa saya.
- ❖ *Kedua ORANG TUA* saya tercinta, yang telah memberikan doa dan supportnya sehingga bisa menyelesaikan skripsi dan menjadi sarjana.
- ❖ *Almarhum Masku* tercinta, "*KAPTEN. ROBBY KURNIAWAN*" semoga tenang disisiNYA.
- ❖ *Mbak dan Abangku* tercinta, yang telah memberi semangat tiada tara.
- ❖ *Adik-adikku* semuanya, semoga kalian sukses selalu.
- ❖ *Ponakan-ponakanku* yang unyu-unyu, senyum dan canda tawa kalian adalah bahagiaku.
- ❖ *Buat BERNAT*, si moderator makasih yah buat waktunya.
- ❖ *Buat JOKO, GUNTUR, CEPEK, DONNY*, ingat lah saat suka duka yang gta lewati selama pembuatan skripsi ini.
- ❖ *Buat teman-teman angkatan '97*, akhirnya aku yg menjadi sarjana rek...!!!!
- ❖ *Tertasani Home's*, mami "*FATA*", *BAMBLE, YONGKI*, terima kasih atas waktu dan tempat yang kalian sediakan.

Tanpa kalian semua mungkin saya tidak akan berhasil. Semoga Allah SWT membalas jasa-jasa kalian semua. Amien !!!

## ABSTRAKSI

### **ANALISA PERBAIKAN PROFIL TEGANGAN DENGAN PENEMPATAN KAPASITOR PADA SISTEM 20 kV GI SENGKALING PENYULANG BATU MENGGUNAKAN *SOFTWARE ETAP POWER STATION***

( rendra aprilino kurniawan , Nim 97.12.008, Teknik Elektro/ T.Energi Listrik S-1 )

( Dosen Pembimbing : Ir. H. Taufik Hidayat, MT, Bambang Prio Hartono, ST, MT )

#### ***Abstrak :***

Daya reaktif dapat menyebabkan peningkatan rugi-rugi energi dan faktor daya yang rendah, dengan kondisi ini mempengaruhi kualitas tegangan. pada masing-masing bus mengalami penurunan yang signifikan, setelah pemasangan kapasitor dapat meningkatkan kualitas tegangan dari 94,5 %, dan naik menjadi 99,25 %, untuk faktor daya 87.10 % naik menjadi 96.07 %.

***Kata kunci: Penempatan Kapasitor, kualitas daya***

#### ***abstract:***

*Increment of reaktif power Demand can lead to increase of energy losses and severe low power factor this condition will influence voltage quality . especially voltage profile in each bus the same condition also. Experienced by Dinoyo feeder from the simulation there are several bus experienced a significant decline of 94,5 % and rose to 99,25 % for power faktor of 87.10 % increased to 96,07 %. In this reserved Optimal Capasitor Placement algorithm use is ETAP employed to find optimal placement of capasitor Bank to increased voltage profile.*

***Key words: Placement of Capacitors, power quality***

## KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan karunia-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi ini tepat pada waktunya. Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar sarjana teknik elektro di Institut Teknologi Nasional Malang.

Penyusun menyadari bahwa penyusun skripsi ini mungkin masih jauh dari kesempurnaan, sehingga sangat diharapkan adanya saran dan masukan yang bersifat membangun dari semua pihak untuk membantu penyelesaian penyusunan skripsi ini. Dalam penyusunan laporan skripsi ini, penulis tak lupa mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir Soeparno Djiwo, MT, selaku Rektor ITN Malang.
2. Bapak Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1.
3. Bapak Ir. H. Taufik Hidayat, MT, selaku Dosen Pembimbing I.
4. Bapak Bambang Prio Hartono, ST, MT, selaku Dosen Pembimbing II.
5. Bapak Ir. Abdul Hamid, MT selaku Dosen Penguji I.
6. Bapak Ir. Eko Nurcahyo selaku Dosen Penguji II.
7. Bapak Awan Uji Krismanto, ST, MT.
8. Orang Tua tercinta yang selalu memberikan semangat, motivasi serta do'a.
9. Semua pihak yang telah membantu terselesainya skripsi ini.

Akhirnya penulis mengharapkan skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak, khususnya pada jurusan Teknik Elektro konsentrasi Teknik Energi Listrik.

Malang,

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	i
SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
ABSTRAKSI .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR GRAFIK .....	ix
DAFTAR TABEL.....	x

### BAB I PENDAHULUAN

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

### BAB II SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

2.1. Sistem Distribusi Tenaga Listrik .....	5
2.1.1. Sistem Distribusi Primer (JTM).....	6
2.1.2. Sistem Distribusi Sekunder (JTR).....	6
2.2. Struktur Jaringan Distribusi Tenaga Listrik .....	6
2.2.1. Sistem Jaringan Distribusi Radial.....	6
2.2.1.1. Sistem Radial Pohon.....	7
2.2.1.2. Sistem Radial Dengan <i>Tie</i> dan <i>Switch</i> Pemisah .	8
2.2.1.3. Sistem Radial Dengan Pembagi <i>Phasa Area</i> .....	8
2.2.1.4. Sistem Radial Dengan Beban Terpusat .....	9

2.2.2. Sistem Jaringan Distribusi Tertutup ( <i>Loop</i> ) .....	10
2.2.3. Sistem Jaringan Distribusi <i>Mesh</i> .....	11
2.3. Daya Dalam Sistem Tenaga .....	11
2.3.1. Daya Nyata ( <i>Real Power</i> ) .....	11
2.3.2. Daya Reaktif ( <i>Reactive Power</i> ) .....	12
2.3.3. Daya Semu ( <i>Apparent Power</i> ) .....	12
2.3.4. Rugi-rugi Listrik .....	12
2.4. Kapasitor Daya .....	13
2.4.1. Kapasitor Seri dan Kapasitor <i>Shunt</i> .....	13
a. Kapasitor Seri .....	13
b. Kapasitor <i>Shunt</i> .....	14
2.4.2. Pemasangan Kapasitor <i>Shunt</i> .....	14
a. Kapasitor Tetap .....	14
b. Kapasitor Saklar .....	14
2.5. Faktor-faktor Pemilihan Kapasitor Seri dan <i>Shunt</i> .....	15
2.6. Sistem Per-Unit .....	16

### **BAB III PENGARUH PEMASANGAN KAPASITOR TERHADAP SISTEM**

#### **KELISTRIKAN**

3.1. Faktor Daya .....	17
3.1.1. Pengertian Faktor Daya .....	17
3.1.2. Faktor Daya <i>Leading</i> .....	20
3.1.3. Faktor Daya <i>Lagging</i> .....	20
3.2. Sumber Daya Reaktif Untuk Perbaikan Faktor Daya .....	21
3.3. Pengurangan Rugi Daya Dengan Kapasitor <i>Shunt</i> .....	21
3.4. Perbaikan Tegangan .....	22
3.5. Perbaikan Faktor Daya dan Kapasitas Sistem .....	23
3.5.1. Perhitungan Pengaruh Perbaikan Faktor Daya .....	24
3.5.2. Penentuan Rating Kapasitor Untuk Perbaikan Faktor DayaBeban .....	25

3.6. Analisa Aliran Daya .....	26
3.6.1. Metode Newton Rhapson .....	26
3.6.2. Algoritma Perhitungan Aliran Daya.....	29
3.6.3. <i>Flowchart</i> Aliran Daya .....	30
3.7. Algoritma Pemecahan Masalah .....	31
3.8. <i>Flowchart</i> Pemecahan Masalah .....	32

#### **BAB IV HASIL DAN ANALISA HASIL**

4.1. <i>Single line</i> GI Sengkaling penyulang Batu.....	33
4.2. Hasil Simulasi Load Flow Pada Etap Power Station.....	39
4.2.1. Hasil Simulasi Load Flow Tanpa Kapasitor .....	40
4.2.2. Hasil simulasi Load Flow Setelah Pemasangan Kapasitor .....	41
4.3. Perbandingan Hasil LoadFlow Pada sisi Tegangan Sebelum dan Sesudah Pemasangan Kapasitor.....	44

#### **BAB V PENUTUP**

5.1. Kesimpulan.....	45
----------------------	----

#### **DAFTAR PUSTAKA**

#### **LAMPIRAN**



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1.	Jaringan Distribusi Tegangan Menengah (JTM), Jaringan Distribusi Tegangan Rendah (JTR) dan Sambungan Rumah ke Pelanggan.....	5
Gambar 2-2.	Sistem Jaringan Distribusi Radial .....	7
Gambar 2-3.	Sistem Jaringan Distribusi Radial Dengan <i>Tie</i> dan <i>Switch</i> Pemisah.....	8
Gambar 2-4.	Jaringan Distribusi Radial Dengan Phasa Area.....	9
Gambar 2-5.	Jaringan Distribusi Radial Dengan Beban Terpusat.....	10
Gambar 2-6.	Sistem Jaringan Distribusi Loop .....	10
Gambar 2-7.	Sistem Jaringan Distribusi <i>Mesh</i> .....	11
Gambar 3-1.	Segitiga Daya.....	18
Gambar 3-2.	Segitiga Arus .....	19
Gambar 3-3.	Saluran Primer Dengan Beban Terpusat .....	19
Gambar 3-4.	Faktor Daya “ <i>Leading</i> ” .....	20
Gambar 3-5.	Faktor Daya “ <i>Lagging</i> ” .....	20
Gambar 3-6.	Vektor Diagram Sebelum (a), (c) dan Sesudah (b), (d) Pemasangan Kapasitor Shunt Pada Jaringan.....	22
Gambar 3-7.	Perbaikan Faktor Daya .....	23
Gambar 3-8.	Diagram Fasor dan Sudut Daya Beban pada Jaringan Distribusi .....	24
Gambar 3-9.	<i>Flowchart</i> Aliran Daya Newton Raphson .....	30
Gambar 3-10.	<i>Flowchart</i> Pemecahan Masalah Menggunakan <i>Software ETAP (PowerStation)</i> .....	32
Gambar 4-1.	<i>Single Line</i> GI Sengkaling Penyulang Batu .....	33
Gambar 4-2.	<i>Single Line</i> GI Sengkaling Penyulang Batu Data Penyaluran dan Pembebanan sebelum pemasangan kapasitor .....	39
Gambar 4-3.	<i>Single Line</i> GI Sengkaling Penyulang Batu Data Penyaluran dan Pembebanan setelah pemasangan kapasitor.....	39

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1	Hasil Analisa Loadflow Terhadap Tegangan Tanpa Kapasitor ...	41
Grafik 4.2.	Hasil Analisa Loadflow Terhadap Tegangan Menggunakan Kapasitor .....	43
Grafik 4.3.	Hasil LoadFlow Pada sisi Tegangan Sebelum dan Sesudah Pemasangan Kapasitor .....	44

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Kapasitor Seri dan Kapasitor <i>Shunt</i> .....	15
Tabel 4.1.	Data trafo GI Sengkaling Penyulang Batu .....	34
Tabel 4.2.	Data Pembebanan Trafo GI Sengkaling Penyulang Batu.....	35
Tabel 4.3.	Data Panjang Penyulang JTM GI Sengkaling Penyulang Batu.....	36
Tabel 4.4.	Hasil Analisa Load Flow Tanpa Kapasitor.....	40
Tabel 4.5.	Hasil Perhitungan dan Simulasi $\cos \phi$ dan Aliran Daya Sebelum Pemasangan Kapasitor Menggunakan Etap Power Station.....	40
Tabel 4.6.	Kapasitas dan Pncmpatan Kapasitor.....	42
Tabel 4.7.	Hasil Analisa Load Flow Setelah Pemasangan Kapasitor.....	42
Tabel 4.8.	Hasil Perhitungan dan Simulasi $\cos \phi$ dan Aliran Daya Setelah Pemasangan Kapasitor Menggunakan Etap Power Station.....	42

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang<sup>11)</sup>

Kebutuhan energi merupakan hal yang sangat penting dalam seluruh kehidupan manusia untuk meningkatkan kesejahteraan hidup. Salah satu kebutuhan yang tidak dapat dipisahkan lagi dalam kehidupan manusia pada masa sekarang ini adalah kebutuhan energi listrik. Pemanfaatan energi listrik ini secara luas telah digunakan untuk kebutuhan rumah tangga, komersial, instansi pemerintah, industri dan sebagainya.

Penyediaan energi listrik dituntut untuk menyediakan energi listrik yang handal, stabil, dan bermutu serta efisien yang sangat layak untuk dijadikan tumpuan dalam menjamin kesuksesan pelayanan kebutuhan secara cepat dan tepat.

Dengan makin pentingnya peranan energi listrik dalam kehidupan sehari-hari khususnya bagi keperluan industri, penyedia energi listrik dituntut untuk dapat memenuhi mutu tenaga listrik yang juga menjadi tuntutan yang makin besar dari pihak pemakai energi listrik.

Sistem tenaga listrik Gardu Induk Sengkaling penyulang Batu dihubungkan oleh Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 20 kV yang interkoneksi dalam menyuplai daya sistem tenaga listrik. Untuk itu salah satu permasalahan yang timbul pada sistem tenaga listrik adalah mengenai profil tegangan yang seringkali mengalami gangguan yang disebabkan rugi daya, rugi tegangan dan kemampuan hantar arus.

(*voltage drop*), dan kemampuan hantar arus (KHA), Sehingga apabila tidak diperhatikan dapat menyebabkan kerusakan pada sistem yang berdampak pada gangguan dalam penyaluran tenaga listrik.

Untuk mengantisipasi permasalahan profil tegangan yang timbul pada sistem tenaga listrik, maka dibutuhkan suatu usaha untuk meningkatkan nilai faktor daya  $\cos \phi$  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 profil tegangan dengan menggunakan *software ETAP Power Station*. Hasil yang dicapai diharapkan dapat mencapai kepuasan dan menunjukkan penampilan yang terbaik.

## 1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana solusi untuk meningkatkan kualitas tegangan pada sistem dengan penempatan kapasitor pada sistem tenaga listrik tegangan menengah 20 kV.
2. Bagaimana penentuan nilai kapasitor yang digunakan.
3. Bagaimana metode untuk menentukan nilai penurunan tegangan.

## 1.3. Maksud dan Tujuan

Menganalisa perbaikan profil tegangan berdasarkan penempatan kapasitor pada sistem 20 kV Gardu Induk Sengkaling penyulang Batu untuk meningkatkan kualitas tegangan pada sistem yang akan disimulasikan menggunakan *software ETAP Power Station*.

## 1.4. Batasan Masalah

Agar permasalahan yang dibahas tidak meluas, maka ruang lingkup pembahasan adalah sebagai berikut:

1. Studi dilakukan pada sistem sistem 20 kV GI Sengkaling penyulang Batu
  2. Perhitungan dan simulasi dilakukan dengan *software ETAP*
  3. Mekanisme kerja kapasitor pada sistem tenaga
  4. Tidak membahas secara detail mengenai *Circuit Breaker* dan proteksi yang digunakan
  5. Tidak membahas tentang *supresi harmonisa*.
-

### 1.5. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penyelesaian ini adalah:

1. Studi literatur berupa pengumpulan dan pembahasan referensi yang berkaitan dengan pokok pembahasan masalah ini, sehingga membantu dalam memahami dasar-dasar dari peralatan yang digunakan dalam sistem dan membantu dalam memahami prinsip dan karakteristik setiap parameter yang digunakan.
2. Pengumpulan data lapangan sebagai objek penelitian.  
Bentuk data yang digunakan adalah :
  - a. Data Kuantitatif, yaitu data yang dapat dihitung atau data yang berbentuk angka yaitu beberapa data saluran dan pembebanan.
  - b. Data Kualitatif, yaitu Data yang berbentuk diagram. Dalam hal ini *Single Line Diagram*.
3. Melakukan analisis berdasarkan hasil simulasi program *ETAP Power Station*
  - a. Analisis aliran daya aktif dan reaktif
  - b. Analisis profil tegangan sistem
4. Studi Dilakukan Pada system Saluran Udara Tegangan Menengah 20 kV GI Sengkaling penyulang Batu.
5. Analisa dilakukan hanya sebatas pengkajian beban yang telah ada.
6. Menarik kesimpulan.

### 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 penulisan selanjutnya.

#### **1.7. Relevansi**

Dengan adanya pemasangan kapasitor pada sistem kelistrikan GI Sengkaling penyulang Batu maka diharapkan perbaikan profil tegangan dapat tercapai dan rugi-rugi tegangan bisa diminimalisir, sehingga dapat memperbaiki sistem kelistrikan pada GI Sengkaling penyulang Batu.

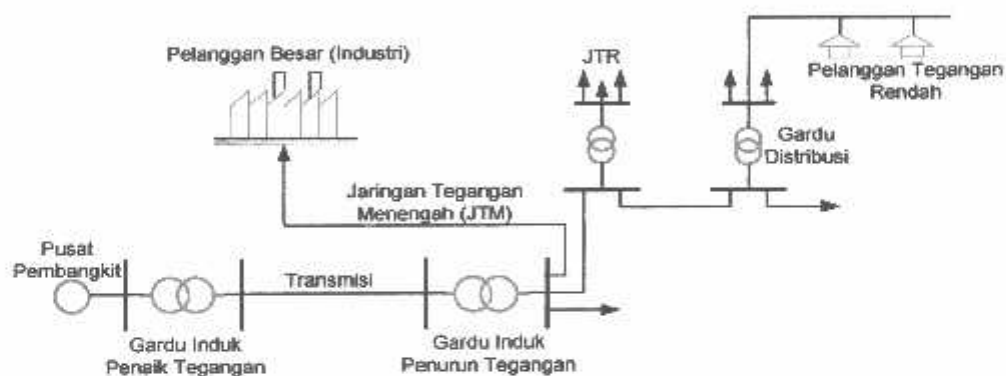
---

## BAB II

### SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

#### 2.1. Sistem Distribusi Tenaga Elektrik

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<sup>[2]</sup>**

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<sup>[2]</sup>**

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

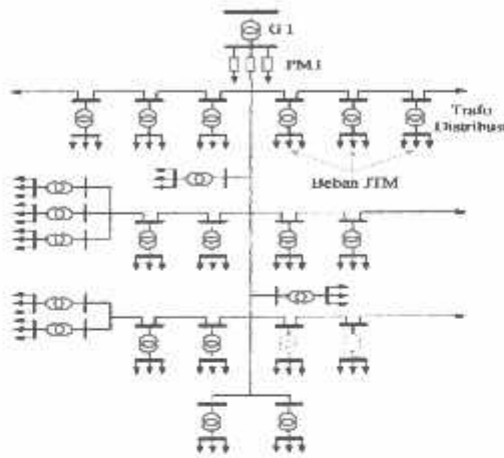
1. Sistem jaringan distribusi radial.
2. Sistem jaringan distribusi rangkaian tertutup (*loop*)
3. Sistem jaringan distribusi *mesh*.

### **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<sup>[2]</sup>**

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.

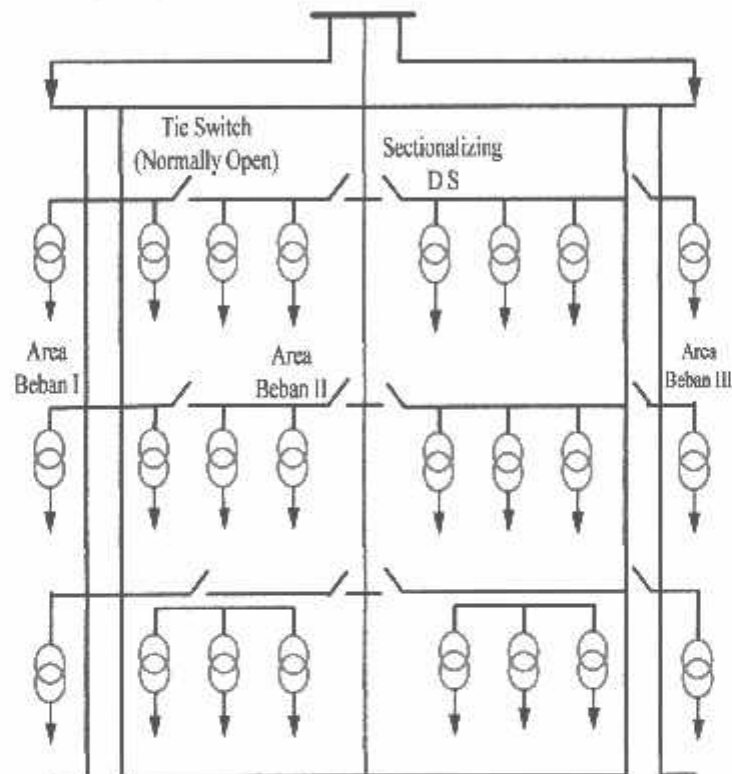
Kelemahan yang dimiliki oleh sistem radial adalah jatuh tegangan yang cukup besar dan bila terjadi gangguan pada sistem akan mengakibatkan jatuhnya sebagian atau bahkan keseluruhan beban sistem.

#### 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

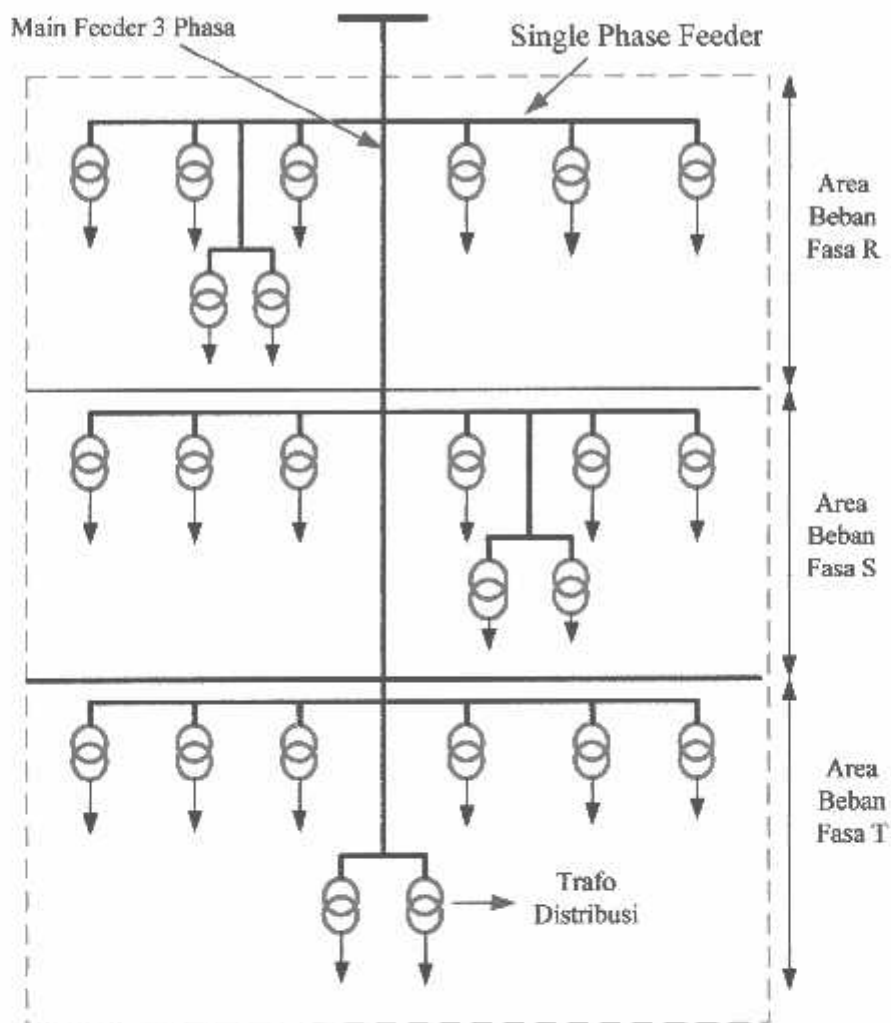
Sistem ini merupakan pengembangan dari sistem radial pohon, untuk meningkatkan keandalan sistem saat terjadinya gangguan maka *feeder* yang terganggu akan dilokalisir sedangkan area yang semula dilayani oleh *feeder* tersebut pelayanannya dialihkan pada *feeder* yang tidak terganggu. Sistem radial dengan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



Gambar 2-3  
Sistem Jaringan Distribusi Radial Dengan *Tie* dan *Switch* Pemisah<sup>[3]</sup>

### 2.2.1.3. Sistem Radial dengan Pembagian *Phasa Area*

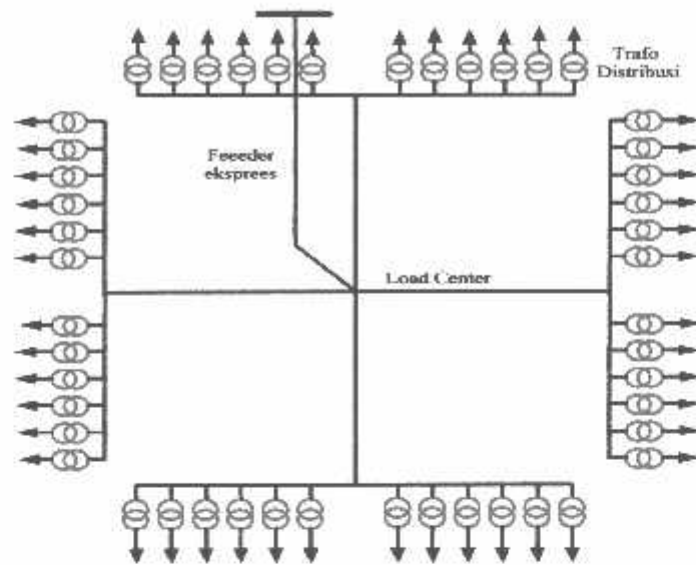
Pada bentuk ini masing-masing fasa dari jaringan bertugas untuk melayani daerah beban yang berlainan. Bentuk ini akan dapat menimbulkan kondisi sistem tiga fasa yang tidak seimbang (simetris), bila digunakan pada daerah beban yang baru dan belum mantap pembagian bebannya. Contoh dari sistem jaringan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



Gambar 2-4  
Jaringan Distribusi Radial Dengan *Phasa Area* <sup>[5]</sup>

#### 2.2.1.4. Sistem Radial Dengan Beban Terpusat

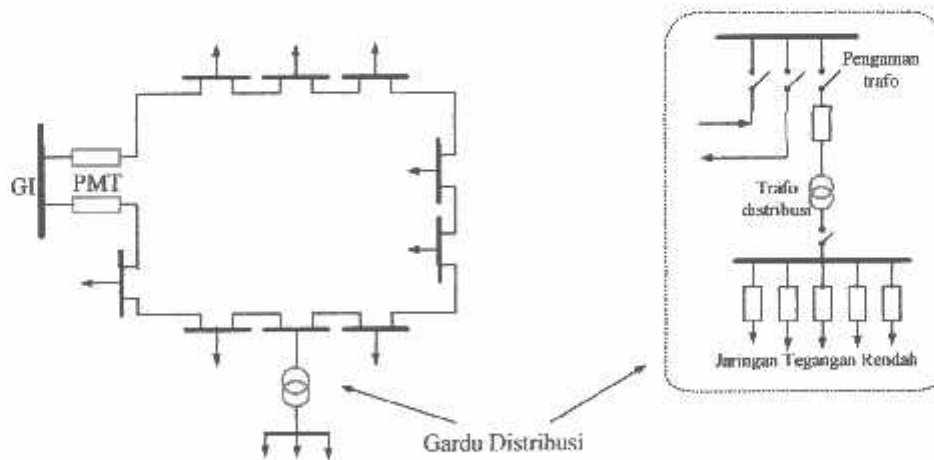
Bentuk dari sistem ini mensuplai daya dengan menggunakan *main feeder* yang disebut *express feeder* langsung ke pusat beban, dan dari titik pusat beban ini dikirim ke beban menggunakan *back feeder* secara radial seperti terlihat pada gambar 2-5.



**Gambar 2-5**  
**Jaringan Distribusi Radial Dengan Beban Terpusat**<sup>[5]</sup>

### 2.2.2. Sistem Jaringan Distribusi Tertutup (*Loop*)

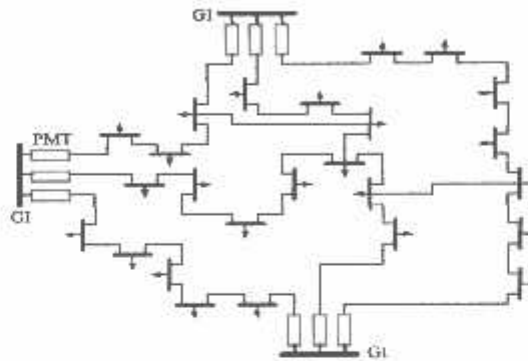
Sistem ini disebut jaringan distribusi *loop* karena saluran primer yang menyalurkan daya sepanjang daerah beban yang dilayani membentuk suatu rangkaian *loop*, seperti terlihat pada gambar 2-6.



**Gambar 2-6**  
**Sistem Jaringan Distribusi Loop**<sup>[2]</sup>

### 2.2.3. Sistem Jaringan Distribusi *Mesh*

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



**Gambar 2-7**  
**Sistem Jaringan Distribusi *Mesh***

### 2.3. Daya Dalam Sistem Tenaga<sup>[7]</sup>

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

#### 2.3.1. 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

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

### 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 :

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

### 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 :

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

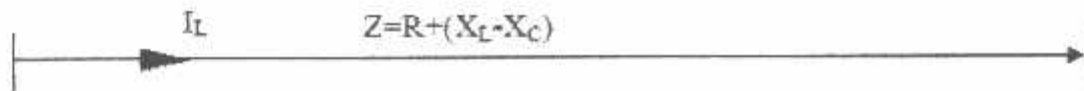
### 2.3.4. Rugi-rugi Listrik<sup>[8]</sup>

Semua komponen listrik mengandung material yang mempunyai tahanan baik material *konduktor*, *isolator* maupun *semi konduktor*. Pada volume yang kecil hambatannya kecil, jika *volumenya* besar maka hambatannya menjadi besar sehingga dapat merugikan, hal ini sering disebut dengan rugi teknik (*losses*).

1. Rugi tahanan murni
2. Rugi *dielektrik* ( media isolasi )

Kerugian ini selalu berhubungan dengan besarnya arus karena beban, jadi semakin besar arus kerugian juga meningkat bahkan *temperature* yang mempengaruhi nilai tahanan dan berkaitan langsung dengan kerugian pula.

Rugi pada penghantar



Drop tegangan pada konduktor

$$\Delta E = I_L \times Z \text{ (Volt)}$$

Rugi tegangan =  $\Delta E \times I$  ( watt )

$$= I^2 \times Z \text{ ( watt )}$$

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

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 faktor daya dan menaikkan kapasitas sistem 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*<sup>[2]</sup>

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<sup>[7]</sup>

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

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

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 didefinisikan sebagai berikut:

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

**BAB III**  
**PENGARUH PEMASANGAN KAPASITOR TERHADAP SISTEM**  
**KELISTRIKAN**

**3.1. Faktor Daya**<sup>[2]</sup>

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 :

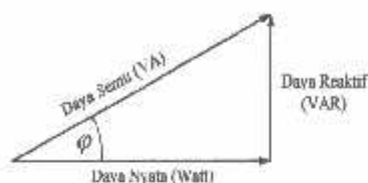
1. Arus beban resistif adalah arus yang dikonversikan menjadi kerja, biasanya dalam bentuk panas, kerja mekanik, cahaya dan bentuk energi lain. Daya yang dihasilkan dari adanya arus ini adalah daya kerja dengan satuan Watt, Kilo Watt, dsb.
2. Arus beban reaktif mengalir pada komponen beban yang tidak 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<sup>[3]</sup>**

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

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

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

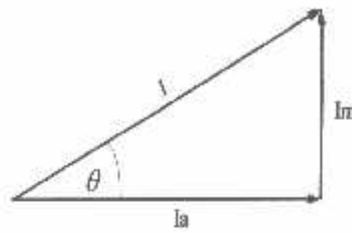
$$S = \text{daya semu (kVA)} \\ = V \cdot I \dots\dots\dots(3.5)$$

$\varphi$  = 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 :

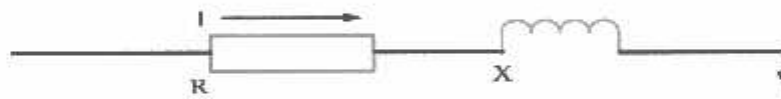


**Gambar 3-2**  
**Segitiga Arus<sup>[3]</sup>**

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

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

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



**Gambar 3-3**  
**Saluran Primer Dengan Beban Terpusat<sup>[3]</sup>**

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

$$P_L = I^2 R$$

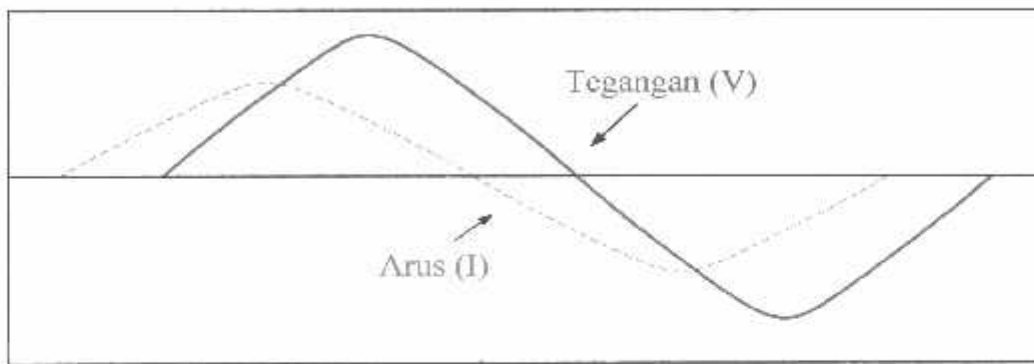
$$= (I \cos \theta)^2 R + (I \sin \theta)^2 R \dots\dots\dots(3.7)$$

dimana :  $I_R$  adalah arus aktif

$I_X$  adalah arus *reaktif*

### 3.1.1. Faktor daya "*Leading*" <sup>[6]</sup>

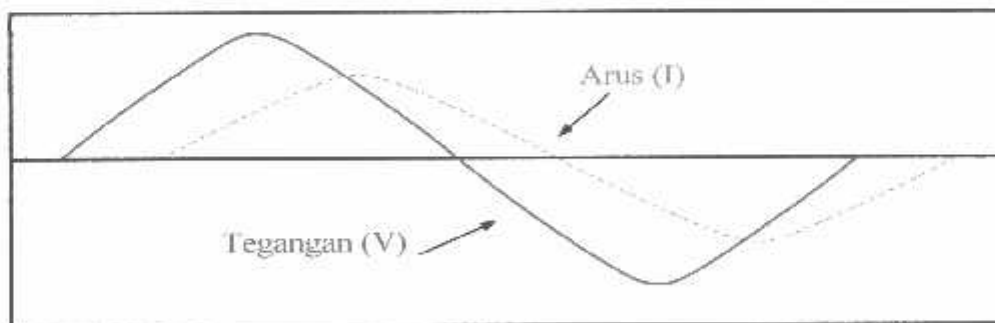
Apabila arus mendahului tegangan, maka faktor daya itu dikatakan *leading*. Faktor daya *leading* ini terjadi apabila bebannya kapasitif, seperti kapasitor, generator *sinkron* dan motor *sinkron*.



**Gambar 3-4**  
Faktor Daya "*Leading*" <sup>[6]</sup>

### 3.1.1. Faktor Daya "*Lagging*" <sup>[6]</sup>

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*" <sup>[6]</sup>

### 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  $I^2 (R-j X)$  atau dapat dibedakan menjadi:

- Rugi daya aktif

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

- Rugi daya reaktif

$$(I^2 X) = (I_R^2 + I_X^2) X \dots\dots\dots(3.9)$$

Dimana:  $I_R$  adalah komponen arus aktif

$I_X$  adalah komponen arus reaktif

Rugi daya ( $I^2 R$ ) dapat dibagi menjadi dua komponen yaitu komponen arus aktif dan komponen arus reaktif. Rugi daya karena komponen arus aktif tidak akan memengaruhi penempatan kapasitor shunt pada saluran, hal ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

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

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



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

$$I^2R = (I \cos \theta)^2R + (I \sin \theta - I_c)^2R \dots\dots\dots(3.11)$$

Sehingga pengurangan rugi daya sebagai akibat pemasangan kapasitor didapat:

$$\begin{aligned} \Delta p_{ls} &= I^2R - I_1^2R \\ &= (I \cos \theta)^2R + (I \sin \theta)^2R - (I \cos \theta)^2R + (I \sin \theta - I_c)^2R \\ &= 2 (I \sin \theta) I_c R - I_c^2 R \dots\dots\dots(3.12) \end{aligned}$$

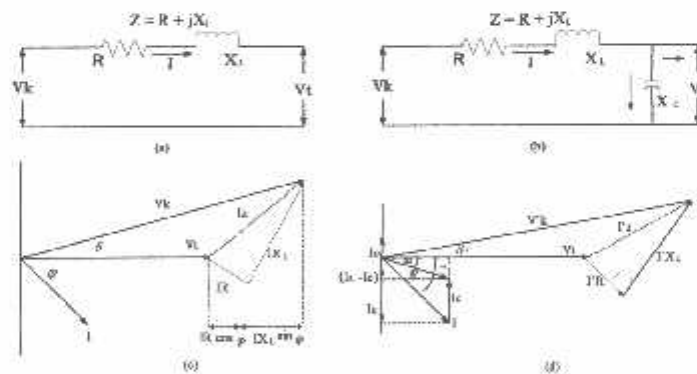
maka hanya komponen arus *reaktif* ( $I \sin \theta$ ) saja yang berpengaruh terhadap pengurangan rugi daya  $I^2R$  akibat pemasangan kapasitor shunt pada saluran distribusi.

Pengurangan rugi daya saluran 3 fasa adalah:

$$\Delta p_{ls} = 3R (2 (I \sin \theta) I_c - I_c^2) \text{ Watt} \dots\dots\dots(3.13)$$

**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:

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

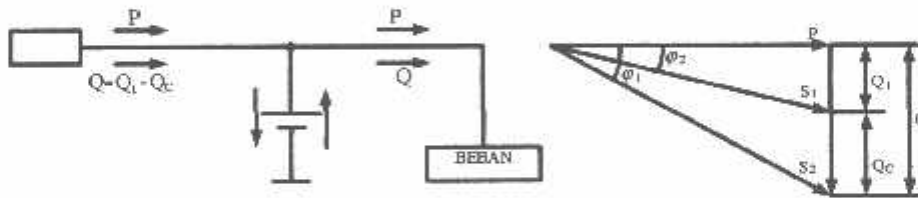
Jatuh tegangan setelah kapasitor dipasang:

$$\delta V = I_R R + I_L X - I_C X \dots \dots \dots (3.15)$$

**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<sup>[2]</sup>**

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

$$\cos \varphi_1 = \frac{P}{S_1} \dots \dots \dots (3.16)$$

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

$$\cos \varphi_2 = \frac{P}{S_2}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{P}{\sqrt{(P^2 + Q^2)}} \\
 &= \frac{P}{\sqrt{P^2 + (Q_1 - Q_c)^2}} \dots\dots\dots(3.17)
 \end{aligned}$$

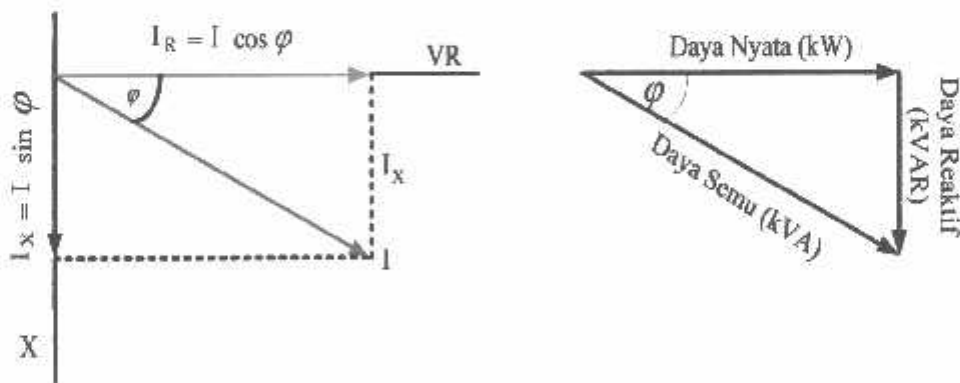
Sehingga daya semu dan daya reaktif berkurang dari  $S_1$  (kVA) ke  $S_2$  (kVA) dan dari  $Q_1$  (kVAR) ke  $Q_2$  (kVAR) sehingga kapasitas beban akan meningkat. Dengan demikian dapat diambil kesimpulan bahwa persentase pengurangan rugi daya jaringan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\%Rugi\ daya = 100 \left( \frac{Faktor\ daya\ mula - mula(Cos\phi_1)}{Faktor\ daya\ baru(Cos\phi_2)} \right) \dots\dots\dots(3.18)$$

$$\begin{aligned}
 \% Pengurangan\ rugi\ daya \\
 &= 100 \left( 1 - \left( \frac{Faktor\ daya\ mula - mula(Cos\phi_1)}{Faktor\ daya\ baru(Cos\phi_2)} \right)^2 \right) \dots\dots\dots(3.19)
 \end{aligned}$$

**3.5.1. Perhitungan Pengaruh Perbaikan Faktor Daya**

Diagram fasor dari dua komponen arus nyata, arus aktif dan arus reaktif dapat dilihat pada gambar 3-8 berikut:



**Gambar 3-8**  
**Diagram Fasor dan Sudut Daya Beban pada Jaringan Distribusi<sup>[2]</sup>**

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

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

$$= \sqrt{(I \cos \varphi)^2 + (I \sin \varphi)^2} \dots\dots\dots(3.20)$$

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

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

$$(VI) = \sqrt{(VI \cos \varphi)^2 + (VI \sin \varphi)^2} \dots\dots\dots(3.21)$$

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

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

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

$$kW = kVA \cos \varphi \dots\dots\dots(3.22)$$

### 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:

$$\cos \varphi = \frac{\text{Daya aktif}}{\text{Daya semu}} = \frac{(kW)}{(kVA)} \dots\dots\dots(3.23)$$

$$\sin \varphi = \frac{\text{Daya reaktif}}{\text{Daya semu}} = \frac{(kVAR)}{(kVA)} \dots\dots\dots(3.24)$$

$$\tan \varphi = \frac{\text{Daya reaktif}}{\text{Daya aktif}} = \frac{(kVAR)}{(kW)} \dots\dots\dots(3.25)$$

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 :

$$\begin{aligned} \text{Daya reaktif pada faktor daya mula-mula} &= \text{Daya aktif} \times \tan \varphi_1 \\ &= (kW) \times \tan \varphi_1 \dots\dots\dots(3.26) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya reaktif pada faktor daya baru} &= \text{Daya aktif} \times \tan \varphi_2 \\ &= (kW) \times \tan \varphi_2 \dots\dots\dots(3.27) \end{aligned}$$

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

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

Rating kapasitor yang dibutuhkan perbaikan faktor daya:

$$\begin{aligned} \text{Daya reaktif (kVAR)} &= \text{Daya aktif} \times (\tan \varphi_1 - \varphi_2) \\ &= (\text{kW}) \times (\tan \varphi_1 - \varphi_2) \dots\dots\dots(3.28) \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Daya reaktif (kVAR)} &= \text{Daya aktif} \times \Delta \tan \\ &= (\text{kW}) \times \Delta \tan \dots\dots\dots(3.29) \end{aligned}$$

### 3.6. Analisa Aliran Daya<sup>[3]</sup>

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

#### 3.6.1. Metode *Newton Raphson*<sup>[7]</sup>

Secara matematis persamaan aliran daya *Newton Raphson* dapat diselesaikan dengan menggunakan koordinat rektanguler 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 :

$$I_p = \sum_{q=1}^n Y_{pq} V_{pq} \dots\dots\dots(3.30)$$

Injeksi daya pada simpul  $p$  adalah :

$$S_p = P_p - jQ_p = V_p^* \cdot I_p \dots\dots\dots(3.31)$$

$$= V_p^* \sum_{q=1}^n Y_{pq} V_{pq} \dots\dots\dots(3.32)$$

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

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

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

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

Maka persamaan (3.32) dapat ditulis :

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

Dengan memisahkan bagian riil dan bagian imajiner maka diperoleh :

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

$$Q_p = \sum_{q=1}^n |V_p V_q Y_{pq}| \sin(\delta_p - \delta_q + \theta_{pq}) \dots\dots\dots(3.35)$$

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  $\delta$ . Untuk itu, besarnya beban  $P_{Bp}$  ditentukan berdasarkan perkiraan beban sedangkan daya yang dibangkitkan  $P_{Gp}$  dan  $Q_{Gp}$  ditentukan besarnya. Selanjutnya

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

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

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

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

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  $\delta_p$  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:

$$P_1 = \sum P_{Bp} + P_r - \sum P_{Gp} \quad (p \neq 1) \quad \dots\dots\dots(3.36)$$

$$Q_1 = \sum P_{Bp} + P_r - \sum P_{Qp} \quad (p \neq 1) \quad \dots\dots\dots(3.37)$$

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 (3.34) dan persamaan (3.35) 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 Rhapson, 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 (3.34) dan persamaan (3.35) 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 dikehendaki, 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 dikehendaki. Untuk simpul P V

yang tidak dibandingkan hanya selisih daya aktif  $\Delta P$  saja, karena daya reaktif  $Q$  yang diketahui, tidak ditentukan, akan merupakan hasil perhitungan. Untuk simpul referensi (*Slack Bus*) dihitung terakhir seperti telah dijelaskan. sedangkan  $\varepsilon$  adalah suatu angka yang ditentukan berdasarkan ketelitian yang diinginkan.

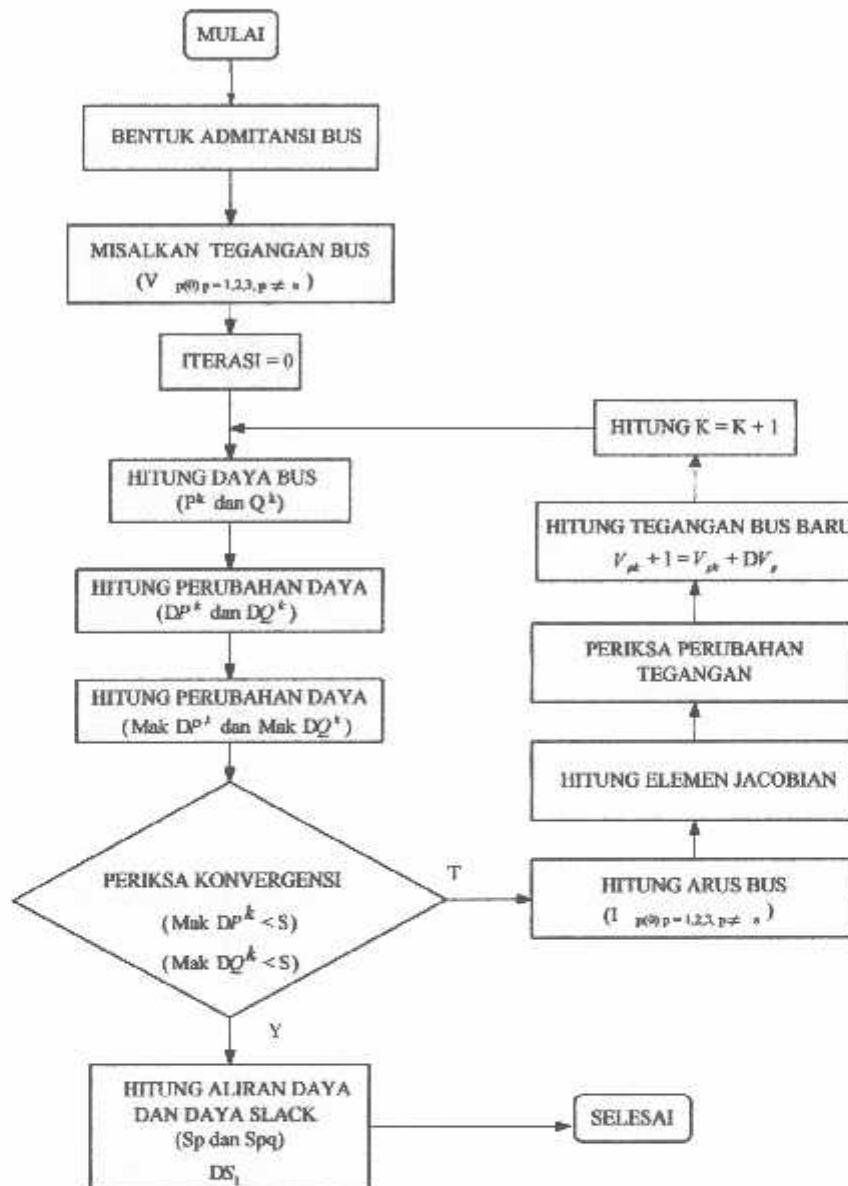
### 3.6.2. Algoritma Perhitungan Aliran Daya dengan Metode Newton Rhapson

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  $\delta$  dari simpul referensi (*Slack Bus*) diketahui
  - B. Kemudian dicoba nilai tertentu bagi besaran sebagai berikut:
    1. Besarnya tegangan  $|V|$  beserta sudut fasanya  $\delta$  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 (3.34) dan persamaan (3.35) 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  $< \varepsilon$  (nilai yang dikehendaki berdasarkan suatu ketelitian perhitungan yang diinginkan. Apabila nilai residu  $P$  dan  $Q$  ini belum  $< \varepsilon$ , maka harus dilakukan iterasi .
  - E. Proses iterasi dilakukan dengan mengkoreksi nilai yang dicoba bagi  $|V|$  dan  $\delta$  seperti yang disebutkan dalam butir B.
-



### 3.6.3. Flowchart Aliran Daya Newton Raphson

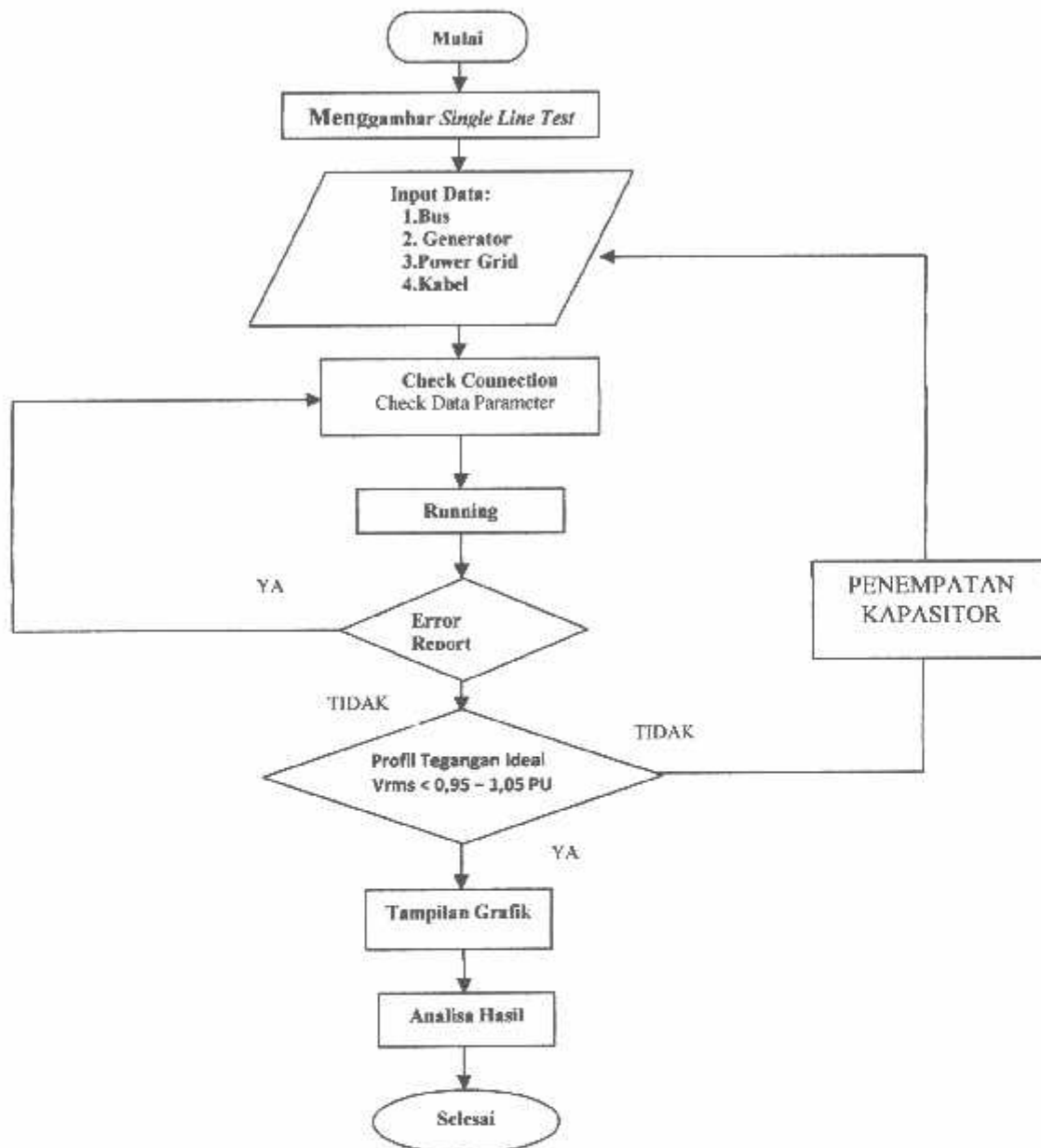


Gambar 3-9  
Flowchart Aliran Daya Newton Raphson

### 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 pemasangan kapasitor.
  8. Analisa hasil.
  9. Selesai.
-

### 3.8. Flowchart Pemecahan Masalah



Gambar 3-10

Flowchart Pemecahan Masalah Menggunakan Software ETAP (PowerStation)



**Tabel 4-1**  
**Data Trafo GI Sengkaling Penyulang Batu**

NO	PENY.	GARDU TRAFO				TEGANGAN ( VOLT )		
		NO. Grd	ALAMAT	DAYA ( KVA )	TEG. ( V )	PADA TRAFO		
						R	S	T
1	BTU	34	Jl. Raya Mojorejo	100	220/380	227	230	227
2	BTU	43	Jl. Ngandat	160	220/380	224	225	220
3	BTU	84	Jl. Diponegoro	200	220/380	218	223	220
4	BTU	85	Ds. Oro Oro Ombo	100	220/380	224	221	210
5	BTU	127	Jl. Patimura	160	220/380	225	223	228
6	BTU	131	Holtikultura	160	220/380	218	219	223
7	BTU	132	Beji - Krajan	100	220/380	225	228	224
8	BTU	136	Panderman Hill	50	220/380	230	230	35
9	BTU	138	Jl. Sultan Agung	100	220/380	224	223	228
10	BTU	144	Ds. Oro Oro Ombo	100	220/380	224	221	210
11	BTU	159	Perum Kusuma Estit	100	220/380	224	226	230
12	BTU	177	Belakang Pasar Batu	100	220/380	220	221	220
13	BTU	193	Jl. Arjuno	150	220/380	212	218	218
14	BTU	199	Jl. Mojorejo	160	220/380	219	220	223
15	BTU	209	Jl. WR. Supratman	160	220/380	217	222	216
16	BTU	230	Jl. Kartika Bunga	100	220/380	228	233	228
17	BTU	233	Jl. Dewisartika	160	220/380	223	228	220
18	BTU	242	Dk. Poh Kopek	100	220/380	228	239	231

**Tabel 4-2**  
**Data Pembebanan Trafo GI Sengkaling Penyulang Batu**

NO	GARDU TRAFO				TGL. UKUR	JAM UKUR	TEGANGAN PADA TRAFO (VOLT)			BEBAN TRAFO	
	NO. Grd	ALAMAT	DAYA (KVA)	TEG. (V)			R	S	T	(KVA)	(% )
1	34	Jl. Raya Mojorejo	100	220/380	9/7/2010	19:00	227	230	227	44	44
2	43	Jl. Ngandat	160	220/380	9/7/2010	19:22	224	225	220	120	75
3	84	Jl. Diponegoro	200	220/380	10/2/2010	19:19	218	223	220	96	48
4	85	Ds. Oro Oro Ombo	100	220/380	23/09/2010	18:31	224	221	210	25	25
5	127	Jl. Patimura	160	220/380	10/7/2010	20:32	225	223	228	115	72
6	131	Holtikultura	160	220/380	10/5/2010	19:45	218	219	223	40	25
7	132	Beji - Krajan	100	220/380	9/7/2010	20:10	225	228	224	55	55
8	136	Panderman Hill	50	220/380	10/12/2010	19:31	230	230	35	17	35
9	138	Jl. Sultan Agung	100	220/380	10/14/2010	19:34	224	223	228	33	33
10	144	Ds. Oro Oro Ombo	100	220/380	23/09/2010	18:31	224	221	210	25	25
11	159	Perum Kusuma Estit	100	220/380	10/17/2010	19:30	224	226	230	28	28
12	177	Blkang Pasar Batu	100	220/380	10/7/2010	20:44	220	221	220	71	71
13	193	Jl. Arjuno	150	220/380	9/21/2010	17:39	212	218	218	68	45
14	199	Jl. Mojorejo	160	220/380	7/9/2010	18:29	219	220	223	88	55
15	209	Jl. WR. Supratman	160	220/380	9/21/2010	18:20	217	222	216	80	50
16	230	Jl. Kartika Bunga	100	220/380	10/16/2010	20:45	228	233	228	44	44
17	233	Jl. Dewisartika	160	220/380	8/9/2010	18:41	223	228	220	107	67
18	242	Dk. Poh Kopek	100	220/380	10/17/2010	18:40	228	239	231	70	70

**Tabel 4-3**  
**Data Panjang Penyulang JTM GI Sengkaling Penyulang Batu**

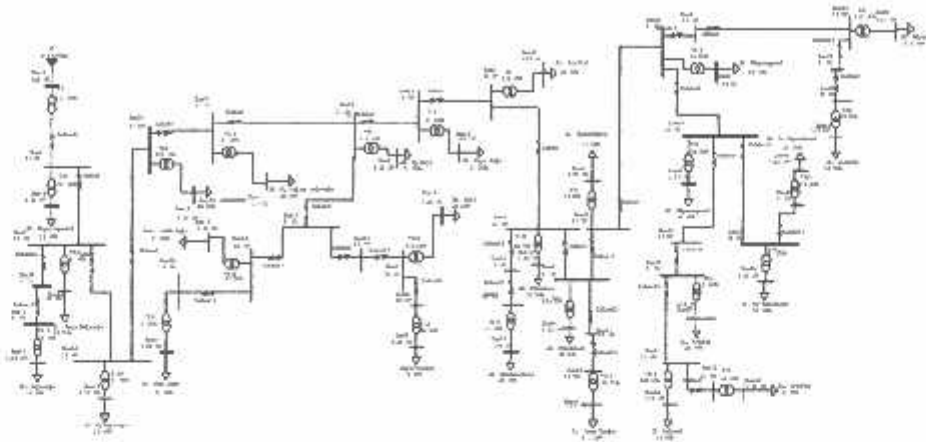
NO	GARDU INDUK TRAFO PENYULANG	TEG	PANJANG PENYULANG		PANJANG JTM (ms)	
			SKTM	SUTM		
<b>I.</b>	<b>GI. KEBON AGUNG</b>					
	<b>Trafo IV / 60 MVA</b>	<b>150 / 20 KV</b>				
1	P. KLAYATAN	20	373	12,456	12,829	
2	P. GADANG	20	261	8,944	9,205	KBA
3	P. PAKISAJI	20	322	105,328	105,650	KPJ
4	P. WAGIR	20	144	1,281	1,425	KPJ
5	P. JANTI	20	555	14,460	15,015	KOT/KBA
6	P. BUMIAYU	20	650	28,145	28,795	KBA
7	P. KOL. SUGIONO	20	651	86,351	87,002	BLLW
	<b>Trafo V / 30 MVA</b>	<b>150 / 20 KV</b>				
8	P. MATOS	20	584	7,000	7,584	KBA
9	P. KARANG DUREN	20	308	60,695	61,003	BLW/KPJ
10	P. SITIREJO	20	1,061	58,002	59,063	KBA
	SUB JUMLAH I		4,909	382,662	387,571	
<b>II.</b>	<b>GI. BLIMBING</b>					
	<b>Trafo I / 20 MVA</b>	<b>70 / 20 KV</b>				
11	P. MOJOLANGU	20	168	22,407	22,575	DNY
12	P. SINGOSARI	20	912	78,960	79,872	SGS / DNY / BLM
13	P. PANDANWANGI	20	251	11,304	11,555	BLB
14	P. TELKOM	20	410	260	670	BLB
	<b>Trafo II / 30 MVA</b>	<b>70 / 20 KV</b>				
15	P. MAWAR	20	838	36,870	37,708	BLB/KOT
16	P. ASAHAN	20	953	28,819	29,772	BLB/KOT
17	P. WENDIT	20	472	18,473	18,945	BLB
18	P. GLINTUNG	20	338	25,735	26,073	
	<b>Trafo III / 10 MVA</b>	<b>70 / 20 KV</b>				
19	P. BENTOEL	20	241	7,396	7,637	SGS
	SUB JUMLAH II		4,583	230,224	234,607	
<b>III.</b>	<b>GI. POLEHAN</b>					
	<b>Trafo I / 30 MVA</b>	<b>70 / 20 KV</b>				
20	P. PATIMURA	20	357	11,717	12,074	KOT
21	P. SAWOJAJAR	20	120	5,822	5,942	BLB
22	P. AGUS SALIM	20	496	5,356	5,852	KOT
23	P. JODIPAN	20	1,853	22,409	24,262	DNY/KOT
24	P. LOWOKWARU	20				KOT
	<b>Trafo II / 20 MVA</b>	<b>70 / 20 KV</b>				
25	P. BUNUL	20	115	21,709	21,824	KOT / BLB
26	P. KD. KANDANG	20	80	16,451	16,531	
27	P. ZAENAL ZAKSE	20	401	10,295	10,696	DNY/KOT
	SUB JUMLAH III		3,422	93,758	97,180	

<b>IV.</b>	<b>GI. GAMPINGAN</b>					
	Trafo I / 20MVA	70 / 20 KV				
28	P. AYUWANGI	20	-	-	-	KPJ
	SUB JUMLAH IV		-	-	-	
<b>V.</b>	<b>GI. PAKIS</b>					
	Trafo I / 30 MVA	150 / 20 KV				
29	P. BANJAREJO	20	62	139,691	139,753	TMP / BLM
30	P. ASRIKATON	20	62	52,742	52,804	TMP
31	P. A.R. SALEH	20	45	16,285	16,330	BLB
32	P. SEKARPURO	20	112	5,816	5,928	BLB
33	P. TUMPANG	20				TUM
	SUB JUMLAH V		281	214,534	214,816	
<b>VI.</b>	<b>GI. SENGKALING</b>					
	Trafo III / 30 MVA	150 / 20 KV				
34	P. JUNREJO	20	619	20,060	20,679	BTU
35	P. PUJON	20	379	64,218	64,597	BTU
36	P. WASTRA INDAH	20	446	8,362	8,808	BTU
37	P. KARANG PLOSO	20	626	35,055	35,681	SGS
	Trafo IV / 30 MVA	150 / 20 KV				
38	P. BATU	20	430	28,443	28,873	BTU
39	P. DINOYO	20	842	30,021	30,863	DNY/BTU
40	P. SELECTA	20	912	76,041	76,953	BTU/SGS
41	P. TEGALGONDO	20				DNY
	SUB JUMLAH VI		4,254	262,200	266,454	
<b>VII.</b>	<b>GI. LAWANG</b>					
	Trafo I / 30 MVA	150 / 20 KV				
42	P. BEDALI	20	959	37,080	38,039	LWG/SGS
43	P. SUMBER WUNI	20	154	17,599	17,753	LWG
44	P. NONGKOJAJAR	20	894	29,277	30,171	P. Khusus / LWG
45	P. POLAMAN	20	170	4,829	4,999	P. Khusus / LWG
46	P. KOSTRAD	20				SGS
	Trafo II / 30 MVA					
47	P. PATAL	20	175	112	287	LWG
48	P. NEW MINATEX	20	441	353	794	P. Khusus / LWG
49	P. SIDOBANGUN	20	923	9,065	9,988	P. Khusus/LWG/SGS
50	P. MOLINDO	20	864	2,425	3,289	LWG
	SUB JUMLAH VII		4,580	100,740	105,320	
<b>VIII.</b>	<b>GI. KARANG KATES</b>					
	Trafo I / 20 MVA	70 / 20 KV				
51	P. KALIPARE	20	164	118,457	118,621	KPJ
52	P. OLAK ALEN	20	239	67,561	67,800	KPJ
53	P. SMBR PUCUNG	20	219	61,465	61,684	KPJ
	SUB JUMLAH VIII		622	247,483	248,105	
<b>IX.</b>	<b>GI. TUREN</b>					
	Trafo I / 30 MVA	70 / 20 KV				
54	P. DAMPIT	20	155	88,640	88,795	GDL

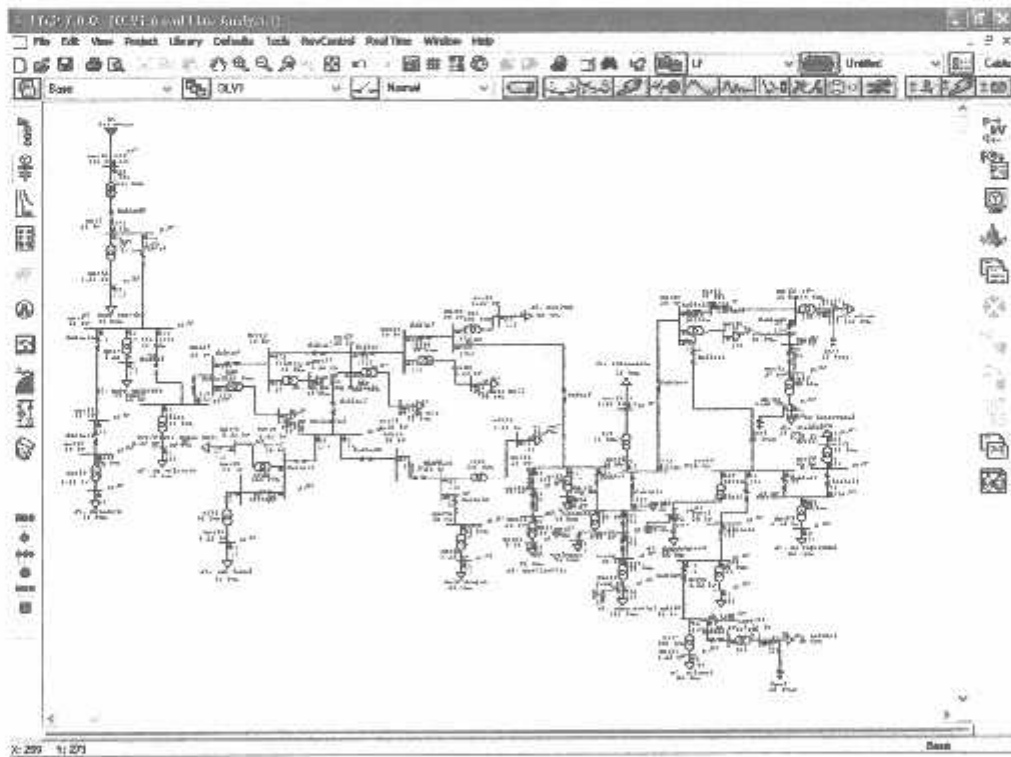


55	P. BAKALAN	20	85	77,141	77,226	GDL / BLW
56	P. SMBR MANJING	20	200	186,392	186,592	GDL
57	P. BANTUR	20	165	118,331	118,496	
58	P. PINDAD II	20	115	0	115	P. Khusus / GDL
59	P. WAJAK	20	0	0	0	BLLW
60	P. TIRTOYUDO	20	105	276,736	276,841	GDL
	Trafo II / 20 MVA	70 / 20 KV				
61	P. BOKOR	20	55	77,755	77,810	GDL / BLW / TMP
62	P. GONDANG LEGI	20	155	105,408	105,563	GDL
63	P. PINDAD I	20	115	0	115	P. Khusus / GDL
	SUB JUMLAH IX		1,150	930,403	931,553	
<b>X.</b>	<b>GI. SENGGURUH</b>					
	Trafo I / 30 MVA	70 / 20 KV				
64	P. KEPANJEN	20	127	22,625	22,752	KPJ
65	P. PAGAK	20	124	98,100	98,224	KPJ
66	P. PROYEK	20	163	307	470	P. Khusus / KPJ
67	P. REJOYOSO	20				GDL
68	P. GUNUNG KAWI	20				KPJ
	SUB JUMLAH X		414	121,032	121,446	
<b>XI.</b>	<b>GI. SELOREJO</b>					
	Trafo I / 6 MVA	70 / 20 KV				
69	P. NGANTANG	20	80	39,704	39,784	NGT
70	P. SIDODADI	20	60	15,836	15,896	NGT / Pemak. Proyek
	SUB JUMLAH XI		140	55,540	55,680	
<b>TOTAL</b>			<b>24,355</b>	<b>2,638,577</b>	<b>2,662,931</b>	

#### 4.2. Hasil Simulasi LoadFlow Pada Etap Power Station



**Gambar 4-2**  
*Single Line GI Sengkaling Penyulang Batu Data Penyaluran dan Pembebanan sebelum pemasangan kapasitor*



**Gambar 4-3**  
*Single Line GI Sengkaling Penyulang Batu Data Penyaluran dan Pembebanan setelah pemasangan kapasitor*

#### 4.2.1. Hasil Simulasi *Load Flow* Tanpa Kapasitor

Berdasarkan hasil perhitungan program *ETAP PowerStation* dapat dilihat pada *report* seperti di tunjukkan dalam tabel di bawah ini.

**Tabel 4-4**  
**Hasil Analisa *LoadFlow* Sebelum Dipasang Kapasitor**

<i>Device ID</i>	<i>Condition</i>	<i>Rating/ Limit</i>	<i>Unit</i>	<i>Operating</i>	<i>% Voltage</i>	<i>Phase Type</i>
Bus72	marginal	0.22	kV	0.215	97.8	3-Phase
Bus89	critical	0.22	kV	0.209	94.9	3-Phase
Bus90	marginal	0.22	kV	0.215	97.5	3-Phase
Bus91	critical	0.22	kV	0.208	94.5	3-Phase
Bus92	marginal	0.22	kV	0.214	97.4	3-Phase
Bus93	marginal	0.22	kV	0.213	96.5	3-Phase
Bus94	critical	0.22	kV	0.209	94.9	3-Phase
Bus96	marginal	0.22	kV	0.215	96.4	3-Phase
Bus97	critical	0.22	kV	0.208	94.7	3-Phase
Bus98	critical	0.22	kV	0.208	94.5	3-Phase

Dari hasil analisa *loadflow* terhadap tegangan pada *Etap Power Station* dapat dilihat dari tabel diatas dimana pada bus 89, bus 91, bus 94, bus 97, dan bus 98 mengalami penurunan profil tegangan dengan kondisi *critical* dengan persen *Voltage* dibawah 100 %.

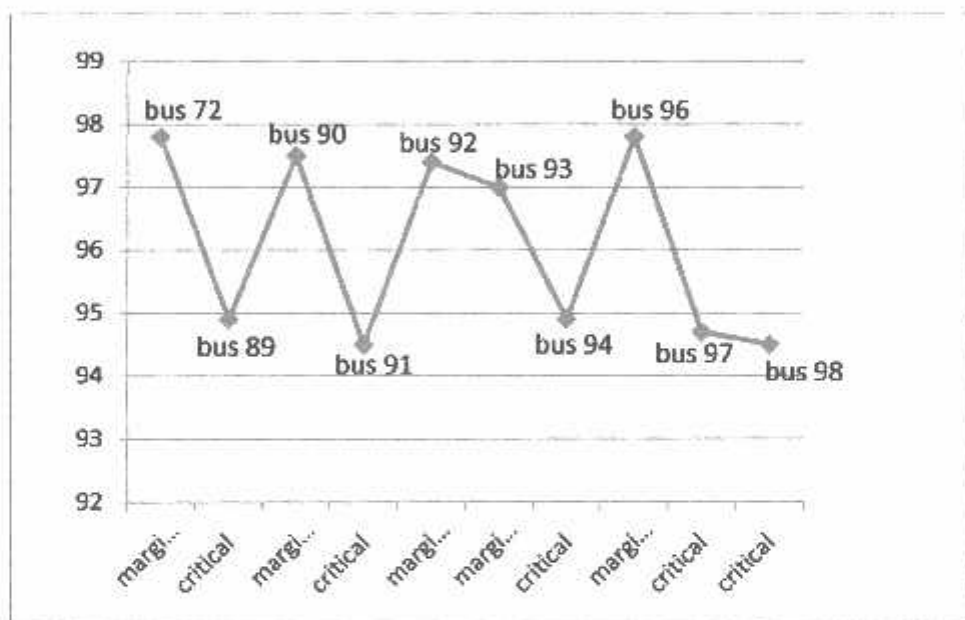
**Tabel 4-5**  
**Hasil Perhitungan dan Simulasi  $\cos \phi$  dan Aliran Daya Sebelum Pemasangan Kapasitor Menggunakan *Etap Power Station***

SUMMARY OF TOTAL GENERATION, LOADING & DEMAND					
	MW	Mvar	MVA	% PF	
Swing Bus(es):	0.917	0.550	1.070	85.75	Lagging
Generators:	0	0	0	0	
Total Demand:	0.917	0.550	1.070	85.75	Lagging
Total Motor Load:	0	0	0	0	
Total Static Load:	0.900	0.508	1.034	87.10	Lagging
Apparent Losses:	0.017	0.043			
System Mismatch:	0	0			
Number of Iterations:	2				

Dari hasil analisa *loadflow* terhadap faktor daya menggunakan software *Etap Power Station* tanpa kapasitor dapat di lihat tabel diatas dimana pada saat

bus mengalami kondisi *critical* dan *marginal* akan berpengaruh juga pada faktor daya yang mengalami penurunan pada swing bus 85.75 % pada beban static 87.10 %. Untuk memperbaiki kondisi tersebut maka perlu perbaikan tegangan menggunakan kapasitor daya yang sesuai. Agar kapasitor yang digunakan sesuai dengan kondisi pada bus yang mengalami penurunan tegangan maka diperlukan perhitungan yang langsung menggunakan *Etap Power Station*.

**Grafik 4-1**  
**Hasil Analisa *Loadflow* Terhadap Tegangan**  
**Sebelum Pemasangan Kapasitor**



Hasil grafik diatas merupakan hasil analisa *loadflow* tanpa kapasitor pada bus 72 sebesar 97.8 %, bus 89 sebesar 94.9 %, bus 90 sebesar 97.5 %, bus 91 sebesar 94.5 %, bus 92 sebesar 97.4 %, bus 93 sebesar 96.5 %, bus 94 sebesar 95.5 %, bus 96 sebesar 96.4 %, bus 97 sebesar 94.7 %, bus 98 sebesar 94.5 %.

#### 4.2.2. Hasil simulasi *Loud Flow* Setelah Pemasangan kapasitor

Dari hasil simulasi *loadflow* sebelumnya maka perlu adanya penempatan kapasitor daya untuk memperbaiki profil tegangan pada bus yang mengalami penurunan tegangan yang dapat dilihat pada tabel 4-3 dibawah ini :

**Tabel 4-6**  
**Kapasitas dan Penempatan Kapasitor**

NO	ID. BUS	KAPASITAS KAPASITOR
1	Bus89	50 Kvar
2	Bus91	25 Kvar
3	Bus94	25 Kvar
4	Bus97	25 Kvar
5	Bus98	20 Kvar

**Tabel 4-7**  
**Hasil Analisa Load Flow Setelah Pemasangan Kapasitor**

Device ID	Condition	Rating/ Limit	Unit	Operating	% Voltage	Phase Type
Bus72	Normal	0.22	kV	0.215	99.65	3-Phase
Bus89	Normal	0.22	kV	0.209	99.6	3-Phase
Bus90	Normal	0.22	kV	0.215	99.21	3-Phase
Bus91	Normal	0.22	kV	0.208	99.25	3-Phase
Bus92	Normal	0.22	kV	0.214	99.7	3-Phase
Bus93	Marginal	0.22	kV	0.213	97	3-Phase
Bus94	Marginal	0.22	kV	0.209	95.5	3-Phase
Bus96	Marginal	0.22	kV	0.215	97.8	3-Phase
Bus97	Marginal	0.22	kV	0.208	96.1	3-Phase
Bus98	Marginal	0.22	kV	0.208	96.7	3-Phase

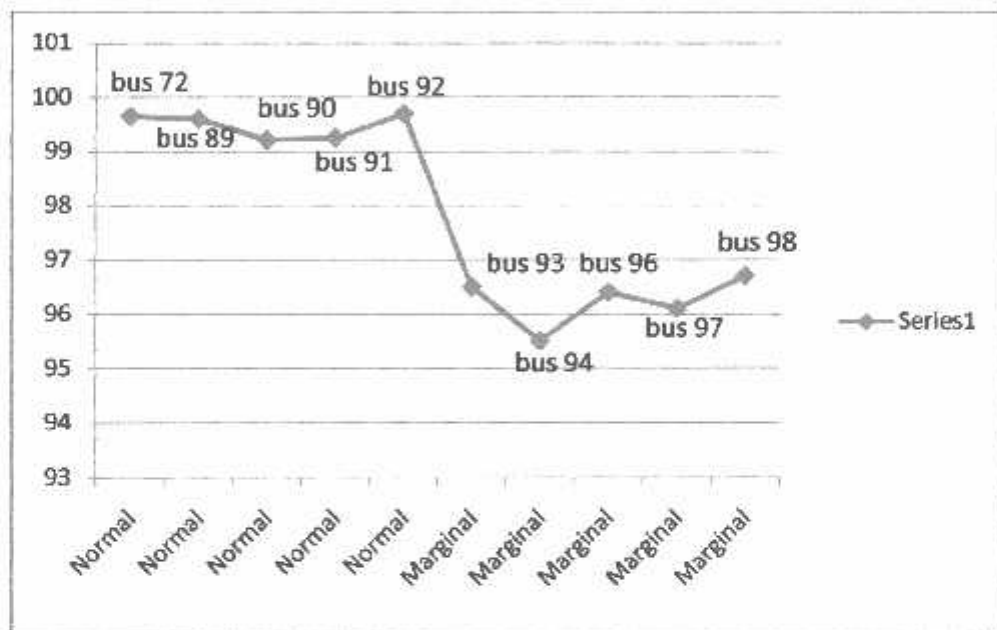
Tabel diatas menjelaskan hasil analisa *loadflow* setelah penempatan kapasitor daya dimana terjadi perbaikan profil tegangan pada tiap busnya.

**Tabel 4-8**  
**Hasil Perhitungan dan Simulasi Cos  $\phi$  dan Aliran Daya Setelah Pemasangan Kapasitor Menggunakan Etap Power Station**

SUMMARY OF TOTAL GENERATION, LOADING & DEMAND					
	MW	Mvar	MVA	% PF	
Swing Bus(es):	0.933	0.302	0.981	95.15	Lagging
Generators:	0	0	0	0	
Total Demand:	0.933	0.302	0.981	95.15	Lagging
Total Motor Load:	0	0	0	0	
Total Static Load:	0.919	0.266	0.957	96.07	Lagging
Apparent Losses:	0.014	0.036			
System Mismatch:	0	0			
Number of Iterations:	2				

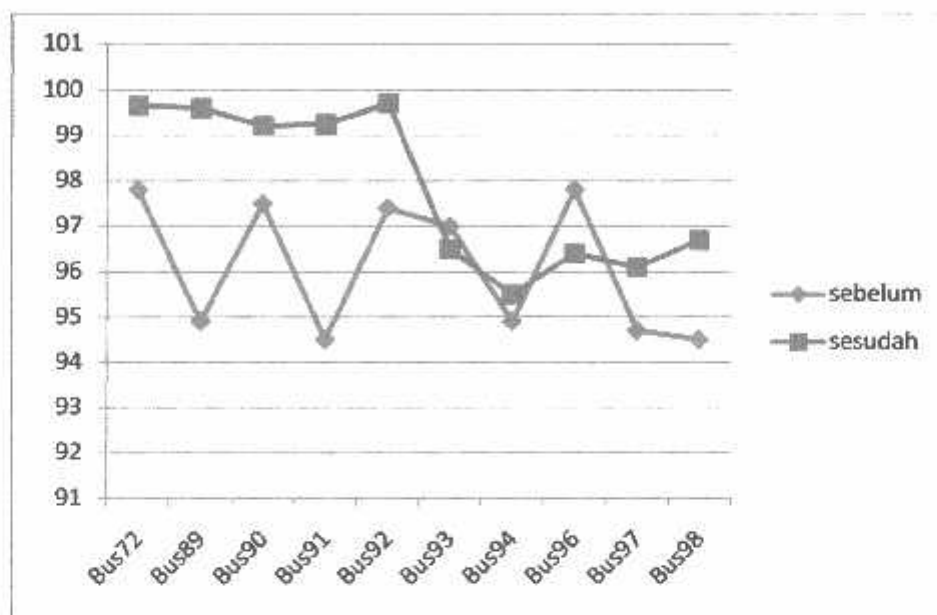
Dari hasil analisa *load flow* terhadap faktor daya menggunakan *software Etap Power Station* menggunakan kapasitor dapat di lihat tabel diatas dimana pada saat bus mengalami kondisi *critical* dan *marginal* akan mengalami peningkatan faktor daya pada *swing bus* menjadi 95.15 % pada beban *static* menjadi 95.15 %.

**Grafik 4-2**  
**Hasil Analisa Loadflow Terhadap Tegangan Menggunakan Kapasitor**



Dari hasil analisa *power factor* menggunakan *software Etap Power Station* setelah pemasangan kapasitor dapat di lihat tabel diatas dimana pada saat terjadi penurunan profil tegangan *power factor* mengalami peningkatan pada bus 72 menjadi 99.65 %, pada bus 89 menjadi 99.6 %, pada bus 90 menjadi 99.21 %, pada bus 91 menjadi 99.25 %, pada bus 92 menjadi 99.7 %, pada bus 93 menjadi 96.5 %, pada bus 94 menjadi 95.5 %, pada bus 96 menjadi 96.4 %, pada bus 97 menjadi 96.1 %, pada bus 98 menjadi 96.7 %.

#### 4.3. Perbandingan Hasil *LoadFlow* Pada sisi Tegangan Sebelum dan Sesudah Pemasangan Kapasitor



**Grafik 4-3**  
**Hasil LoadFlow Pada sisi Tegangan Sebelum dan Sesudah Pemasangan Kapasitor**

Grafik diatas menerangkan hasil perbandingan *loadflow* pada sisi tegangan sebelum pemasangan kapasitor dan sesudah pemasangan kapasitor pada bus 72 selisihnya sebesar 1.85 %, kapasitor pada bus 89 selisihnya sebesar 4.7 %, kapasitor pada bus 90 selisihnya sebesar 1.71 %, kapasitor pada bus 91 selisihnya sebesar 4.75 %, kapasitor pada bus 92 selisihnya sebesar 2.3 %, kapasitor pada bus 93 selisihnya sebesar 1.85 %, kapasitor pada bus 94 selisihnya sebesar 0.6 %, kapasitor pada bus 96 selisihnya sebesar 1.4 %, kapasitor pada bus 96 selisihnya sebesar 1.4 %, kapasitor pada bus 97 selisihnya sebesar 1.4%, kapasitor pada bus 98 selisihnya sebesar 2.2 %.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

1. Dari Hasil Analisa Load Flow pada GI Sengkaling penyulang Batu perlu dipasang kapasitor untuk perbaikan profil tegangan yang mengalami kondisi marginal dan critical.
2. Jumlah kapasitor yang digunakan untuk memperbaiki profil tegangan pada GI Sengkaling penyulang Batu sebanyak 5 buah yaitu :
  - Pada bus 89 kapasitas kapasitor yang digunakan 50 Kvar,
  - Pada bus 91 kapasitas kapasitor yang digunakan 25 Kvar,
  - Pada bus 94 kapasitas kapasitor yang digunakan 25 Kvar,
  - Pada bus 97 kapasitas kapasitor yang digunakan 25 Kvar,
  - Pada bus 98 kapasitas kapasitor yang digunakan 20 Kvar,
3. Dengan pemasangan kapasitor maka pada sisi faktor daya mengalami peningkatan dari 87.10 % menjadi 96.07 %.
4. Rugi tegangan sebelum dipasang kapasitor besarnya 94.5 % dan setelah dipasang kapasitor menjadi 99.7 %.
5. Dengan pemasangan kapasitor pada bus maka kondisi marginal dan critical pada kualitas tegangan dapat diperbaiki menjadi kondisi normal dan marginal.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Almanda, Deni, 2000." *Peranan Kapasitor Dalam Penggunaan Energi Listrik*", Elektro Indonesia, nomor 30, Tahun VI.  
<http://www.elektroindonesia.com/elektro/ener30a.html>.
  - [2]. Basri, Hasan, 1997 *Sistem Distribusi Daya Listrik* (Jakarta : ISTN).
  - [3]. Djiteng, Marsudi, 1990 *Operasi Sistem Tenaga Listrik* (Jakarta : ISTN).
  - [4]. Elgerd, OI, "*Electric Energy System Theory an Introduction*", Tata Mc Graw-Hill, New Delhi, 1071.
  - [5]. Turan Gonen, 1986" *Electric Power Distribution System Engineering*", Mc Graw- Hill.
  - [6]. Saadat, Hadi, 1999 "*Power System Analysis*", Singapore: McGraw Hill Inc, p.20.
  - [7]. William D. Stevensen. JR "*Analisis Sistem Tenaga Listrik*", Edisi Ke-4. Erlangga.
  - [8]. 1999, Roger C.D., Mark F., McGragnaghan dan H. Wayne Beaty, "*Electrcal Power Sistem Quality*", Singapore: McGraw Hill Inc, p.20.
-

LAMPYRAN

---



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

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

PT. BNI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

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

---

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**


1. Nama : RENDRA APRILINO KURNIAWAN
2. NIM : 97.12.008
3. Jurusan : TEKNIK ELEKTRO S-1
4. Konsentrasi : TEKNIK ENERGI LISTRIK
5. Judul Skripsi : ANALISA PERBAIKAN PROFIL TEGANGAN DENGAN PENEMPATAN KAPASITOR PADA SISTEM 20 kV GI SENGKALING PENYULANG BATU MENGGUNAKAN *SOFTWARE ETAP POWER STATION*

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


Hari : Rabu  
Tanggal : 22 Februari 2012  
Dengan Nilai : 78.05 ( B + )

**Panitia Ujian Skripsi**

**Ketua**


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

**Sekretaris**

  
( Dr. Eng. Aryuanto Soetedjo, ST, MT )  
NIP. Y. 1030800417

**Anggota Penguji**

**Penguji I**

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

**Penguji II**

  
( Ir. Eko Nurcahyo )  
NIP. Y. 1028700172

---



## PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

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

Hari : Rabu  
Tanggal : 22 Februari 2012

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

1. Nama : Rendra Aprilino Kurniawan
2. NIM : 97.12.008
3. Jurusan : Teknik Elektro
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi

**ANALISA PERBAIKAN PROFIL TEGANGAN  
DENGAN PENEMPATAN KAPASITOR PADA  
SISTEM 20 kV GI SENGKALING PENYULANG  
BATU MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP POWER  
STATION**

No	Materi Perbaikan	Ket
1	Sesuaikan antara grafik dan judul	✓
2	Perbaiki hasil tabel	✓
3	Perbaiki hasil kesimpulan	✓
4	Judul gambar dan tabel disesuaikan dengan format yang berlaku	✓
5	Istilah T & bus yang dipakai yang mana	✓
6	Tabel 4-1 ; 4-2 dan lain-lain dibetulkan	✓
7	Gambar grafik harus jelas sb. vertikal & sb. horisontalnya	✓

Diperiksa dan disetujui,

Dosen Penguji I

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

Dosen Penguji II

Ir. Eko Nurcahyo  
NIP. Y. 1028700172

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I

Ir. H. Taufik Hidayat, MT  
NIP. Y. 1018700151

Dosen Pembimbing II

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

ject:  
ation:  
ract:  
sheet:  
write: **malang**

**ETAP**  
7.0.0  
Study Case: **LF**

Page: 1  
Date: 03-12-2012  
SN: 12345678  
Revision: Base  
Config.: Normal

Electrical Transient Analyzer Program

Load Flow Analysis

Loading Category (1): **Design**  
Generation Category (1): **Design**  
Load Diversity Factor: **None**

Number of Buses:

<u>Swing</u>	<u>N-Control</u>	<u>Load</u>	<u>Total</u>
<b>1</b>	<b>0</b>	<b>63</b>	<b>64</b>

Number of Branches:

<u>NFMR2</u>	<u>XFMR2</u>	<u>Breaker</u>	<u>Line/Cable</u>	<u>Impedance</u>	<u>Tie PD</u>	<u>Total</u>
<b>28</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>35</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>63</b>

Method of Solution: **Newton-Raphson Method**  
Maximum No. of Iteration: **99**  
Precision of Solution: **0.0001000**

System Frequency: **60 Hz**  
Unit System: **English**  
Project Filename: **malang**  
Output Filename: **E:\readme\program\desigam kapsiur\Untitled.lfr**

est:  
ation:  
tract:  
inber:  
name: **makang**

**ETAP**  
7.0.0  
Study Case: **LP**

Page: **2**  
Date: **03-12-2012**  
SN: **12345678**  
Revision: **Base**  
Config.: **Normal**

**Adjustments**

Tolerance	Apply Adjustments	Individual /Global	Percent
Transformer Impedance:	Yes	Individual	
Reactor Impedance:	Yes	Individual	
Overload Heater Resistance:	No		
Transmission Line Length:	No		
Cable Length:	No		

Temperature Correction	Apply Adjustments	Individual /Global	Degree C
Transmission Line Resistance:	Yes	Individual	
Cable Resistance:	Yes	Individual	



ETAP

7.0.0

Page: 4

Date: 03-12-2012

SN: 12345678

Revision: Base

Config: Normal

Study Case: LP

out:  
 ution:  
 tract:  
 iner:  
 name: malang

Load

Bus			Initial Voltage		Constant KVA		Constant Z		Constant I		Generic	
ID	KV	Sub-sys	% Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar
59	20.000	1	100.0	0.0								
70	150.000	1	100.0	0.0								
71	20.000	1	100.0	0.0								
72	0.220	1	100.0	0.0			0.030	0.013				
73	0.220	1	100.0	0.0			0.011	0.007				
74	0.220	1	100.0	0.0			0.009	0.005				
75	0.220	1	100.0	0.0			0.018	0.011				
76	0.220	1	100.0	0.0			0.030	0.018				
77	0.220	1	100.0	0.0			0.029	0.007				
78	0.220	1	100.0	0.0			0.025	0.016				
79	0.220	1	100.0	0.0			0.025	0.016				
80	0.220	1	100.0	0.0			0.029	0.006				
81	0.220	1	100.0	0.0			0.025	0.016				
82	0.220	1	100.0	0.0			0.010	0.002				
83	0.220	1	100.0	0.0			0.021	0.016				
84	0.220	1	100.0	0.0			0.025	0.016				
85	0.220	1	100.0	0.0			0.025	0.016				
86	0.220	1	100.0	0.0			0.029	0.006				
87	0.220	1	100.0	0.0			0.029	0.006				
88	0.220	1	100.0	0.0			0.009	0.005				
89	0.220	1	100.0	0.0			0.151	0.045				
90	0.220	1	100.0	0.0			0.034	0.021				
91	0.220	1	100.0	0.0			0.082	0.026				
92	0.220	1	100.0	0.0			0.038	0.024				
93	0.220	1	100.0	0.0			0.077	0.047				
94	0.220	1	100.0	0.0			0.077	0.022				
95	0.220	1	100.0	0.0			0.019	0.012				
96	0.220	1	100.0	0.0			0.043	0.026				
97	0.220	1	100.0	0.0			0.085	0.028				
98	0.220	1	100.0	0.0			0.045	0.008				
					0.003	0.000	1.017	0.446	0.000	0.000	0.000	0.000

Number of Buses: 64

Generation Bus				Voltage		Generation			Mvar Limits	
ID	KV	Type	Sub-sys	% Mag.	Angle	MW	Mvar	% PF	Max	Min
670	150.000	Swing	1	100.0	0.0					



ETAP

Page: 5

obj: 7.1.0  
stud: 7.1.0  
racc:  
ncor: Study Case: LF  
unsc: malang

Date: 03-12-2012  
SN: 12345678  
Revision: Base  
Config: Normal

---

---

Generation Bus				Voltage		Generation			Mvar Limits	
ID	kV	Type	Subsys	% Mag	Angle	MW	Mvar	% PE	Max	Min
						0.000	0.000			

---

acf:  
 ation:  
 tract:  
 noc:  
 unrc:

**ETAP**  
 7.0.0  
 Study Case: LF

Page: 6  
 Date: 03-12-2012  
 SN: 12345678  
 Revision: Base  
 Config: Normal

**Line/Cable Input Data**

Ohms or Siemens/1000 ft per Conductor (Cable) or per Phase (Line)

Line/Cable ID	Library	Size	Length		A/Phase	T (%)	R	X	Y
			Adj. (ft)	% Tol					
Cable1			3280.8	0.0	1	75	0.005000	0.001000	
Cable2			3280.8	0.0	1	75	0.005000	0.001000	
Cable3			3280.8	0.0	1	75	0.005000	0.001000	
Cable4			3280.8	0.0	1	75	0.005000	0.001000	
Cable5			3280.8	0.0	1	75	0.005000	0.001000	
Cable6			3280.8	0.0	1	75	0.005000	0.001000	
Cable7			1280.8	0.0	1	75	0.005000	0.001000	
Cable8			9842.5	0.0	1	75	0.057500	0.048700	
Cable9			3280.8	0.0	1	75	0.005000	0.001000	
Cable10			3280.8	0.0	1	75	0.005000	0.001000	
Cable11			3280.8	0.0	1	75	0.005000	0.001000	
Cable12			3280.8	0.0	1	75	0.005000	0.001000	
Cable13			3280.8	0.0	1	75	0.005000	0.001000	
Cable14			9842.5	0.0	1	75	0.057500	0.048700	
Cable15			3280.8	0.0	1	75	0.005000	0.001000	
Cable16			3280.8	0.0	1	75	0.005000	0.001000	
Cable17			3280.8	0.0	1	75	0.005000	0.001000	
Cable18			3280.8	0.0	1	75	0.005000	0.001000	
Cable19			32803.4	0.0	1	75	0.045200	0.165200	
Cable20			3280.8	0.0	1	75	0.005000	0.001000	
Cable21			3280.8	0.0	1	75	0.005000	0.001000	
Cable22			9842.5	0.0	1	75	0.057500	0.048700	
Cable23			3280.8	0.0	1	75	0.005000	0.001000	
Cable24			22965.9	0.0	1	75	0.045200	0.165200	
Cable25			3280.8	0.0	1	75	0.005000	0.001000	
Cable26			9842.5	0.0	1	75	0.057500	0.048700	
Cable27			1280.8	0.0	1	75	0.045200	0.165200	
Cable28			9842.5	0.0	1	75	0.057500	0.048700	
Cable29			3280.8	0.0	1	75	0.005000	0.001000	
Cable30			9842.5	0.0	1	75	0.057500	0.048700	
Cable31			9842.5	0.0	1	75	0.057500	0.048700	
Cable32			3280.8	0.0	1	75	0.005000	0.001000	
Cable33			9842.5	0.0	1	75	0.057500	0.048700	
Cable34			9842.5	0.0	1	75	0.057500	0.048700	

act:  
sion:  
lect:  
noct:  
rart: **malang**

**KTAP**  
7.0.0  
  
Study Case: **LF**

Page: 7  
Date: 03-12-2012  
SN: 12345678  
Revision: Base  
Config: Normal

**Ohms or Siemens/1000 ft per Conductor (Cable) or per Phase (Line)**

Line/Cable ID	Library	Size	Length		#/Phase	T (°C)	R	X	Y
			Adj. (ft)	% Tol					
Cable35			3280 ft	0.0	1	75	0.005000	0.001000	

Note: Cable resistances are listed at the specified temperature.

act:  
 stion:  
 tract:  
 neet:  
 name: **unalong**

**ETAP**  
 7.0.0  
 Study Case: **LF**

Page: **8**  
 Date: **03-12-2012**  
 SN: **12345678**  
 Revision: **Base**  
 Config: **Normal**

**2-Winding Transformer Input Data**

Transformer ID	Rating			Z Variation			% Tap Setting		Adjusted		Phase Shift		
	MVA	Prim kV	Sec kV	% Z	X/R	5%	5%	% Tol	Prim	Sec	% Z	Type	Angle
	100.000	150.000	20.000	9.50	34.10	0	0	0	0	0	9.5000	Std Pos. Seq.	0.000
	0.139	20.000	0.220	6.75	2.47	0	0	0	0	0	6.7500	Std Pos. Seq.	0.000
	0.078	20.000	0.220	6.75	2.47	0	0	0	0	0	6.7500	Std Pos. Seq.	0.000
	0.100	20.000	0.220	6.75	2.47	0	0	0	0	0	6.7500	Std Pos. Seq.	0.000
	0.095	20.000	0.220	6.75	2.47	0	0	0	0	0	6.7500	Std Pos. Seq.	0.000
	0.063	20.000	0.220	6.75	2.47	0	0	0	0	0	6.7500	Std Pos. Seq.	0.000
	0.104	20.000	0.220	6.75	2.47	0	0	0	0	0	6.7500	Std Pos. Seq.	0.000
	0.053	20.000	0.220	6.75	2.47	0	0	0	0	0	6.7500	Std Pos. Seq.	0.000
	0.100	20.000	0.220	6.75	2.47	0	0	0	0	0	6.7500	Std Pos. Seq.	0.000
	0.120	20.000	0.220	6.75	2.47	0	0	0	0	0	6.7500	Std Pos. Seq.	0.000
	0.051	20.000	0.220	6.75	2.47	0	0	0	0	0	6.7500	Std Pos. Seq.	0.000
	0.044	20.000	0.220	6.75	2.47	0	0	0	0	0	6.7500	Std Pos. Seq.	0.000
	0.049	20.000	0.220	6.75	2.47	0	0	0	0	0	6.7500	Std Pos. Seq.	0.000
	0.070	20.000	0.220	6.75	2.47	0	0	0	0	0	6.7500	Std Pos. Seq.	0.000
	0.098	20.000	0.220	6.75	2.47	0	0	0	0	0	6.7500	Std Pos. Seq.	0.000
	0.103	20.000	0.220	6.75	2.47	0	0	0	0	0	6.7500	Std Pos. Seq.	0.000
	0.115	20.000	0.220	6.75	2.47	0	0	0	0	0	6.7500	Std Pos. Seq.	0.000
	0.055	20.000	0.220	2.60	1.92	0	0	0	0	0	2.6000	Std Pos. Seq.	0.000
	0.098	20.000	0.220	6.75	2.47	0	0	0	0	0	6.7500	Std Pos. Seq.	0.000
	0.080	20.000	0.220	6.75	2.47	0	0	0	0	0	6.7500	Std Pos. Seq.	0.000
	0.185	20.000	0.220	6.75	3.09	0	0	0	0	0	6.7500	Std Pos. Seq.	0.000
	0.130	20.000	0.220	6.75	2.47	0	0	0	0	0	6.7500	Std Pos. Seq.	0.000
	0.110	20.000	0.220	6.75	2.47	0	0	0	0	0	6.7500	Std Pos. Seq.	0.000
	0.088	20.000	0.220	6.75	2.47	0	0	0	0	0	6.7500	Std Pos. Seq.	0.000
	0.107	20.000	0.220	6.75	2.47	0	0	0	0	0	6.7500	Std Pos. Seq.	0.000
	0.070	20.000	0.220	6.75	2.47	0	0	0	0	0	6.7500	Std Pos. Seq.	0.000
	0.080	20.000	0.220	6.75	2.47	0	0	0	0	0	6.7500	Std Pos. Seq.	0.000
	0.059	20.000	0.220	6.75	2.47	0	0	0	0	0	6.7500	Std Pos. Seq.	0.000

ETAP

Page: 9

ver: 7.0.0

Date: 03-12-2012

name: malang Study Case: LF

SN: 12145678

Revision: Base

Config: Normal

2-Winding Transformer Load Tap Changer (LTC) Settings

Transformer ID	Connected Buses (***) LTC Side		Transformer Load Tap Changer Setting					
	Primary Bus ID	Secondary Bus ID	% Min. Tap	% Max. Tap	% Step	Regulate Bus ID	V/V	kV

.exe  
 ation:  
 direct:  
 .msw  
 name: malang

ETAP  
 7.0.0  
 Study Case: LF

Page: 10  
 Date: 03-12-2012  
 SN: 12345678  
 Revision: Base  
 Config: Normal

**Branch Connections**

CKT/Branch		Connected Bus ID		% Impedance, Pos. Seq., 100 MVA Base			
ID	Type	From Bus	To Bus	R	X	Z	Y
T1	2W XFMR	Bus70	Bus71	0.28	9.50	9.50	
T5	2W XFMR	Bus2	Bus7	1822.35	4501.21	4856.12	
T12	2W XFMR	Bus17	Bus25	3247.53	8021.39	8633.85	
T17	2W XFMR	Bus10	Bus84	2333.07	6256.68	6750.00	
T27	2W XFMR	Bus15	Bus21	2638.61	6317.38	7031.25	
T28	2W XFMR	Bus65	Bus72	1724.10	9201.00	9926.47	
T34	2W XFMR	Bus59	Bus97	2435.64	6016.04	6490.39	
T35	2W XFMR	Bus62	Bus98	4779.38	11805.06	12735.85	
T38	2W XFMR	Bus22	Bus78	2533.07	6256.68	6750.00	
T43	2W XFMR	Bus27	Bus76	2110.89	5213.90	5625.00	
T55	2W XFMR	Bus1	Bus72	4966.80	12268.00	13235.29	
T56	2W XFMR	Bus4	Bus73	5756.98	14219.73	15340.91	
T71	2W XFMR	Bus33	Bus88	3169.51	12768.74	13775.11	
T121	2W XFMR	Bus16	Bus77	3618.67	8938.32	9642.86	
T127	2W XFMR	Bus69	Bus94	2584.77	6384.37	6887.76	
T131	2W XFMR	Bus48	Bus81	2459.29	6074.45	6553.40	
T132	2W XFMR	Bus31	Bus83	2202.67	5440.39	5869.57	
T138	2W XFMR	Bus50	Bus82	2183.69	4192.69	4727.27	
T144	2W XFMR	Bus29	Bus81	2584.77	6384.37	6887.76	
T139	2W XFMR	Bus13	Bus75	3166.34	7820.85	8417.50	
T175	2W XFMR	Bus56	Bus89	1123.43	3471.39	3648.65	
T177	2W XFMR	Bus67	Bus93	1822.35	4501.21	4856.12	
T192	2W XFMR	Bus43	Bus79	2302.79	5687.89	6136.36	
T209	2W XFMR	Bus40	Bus74	2878.49	7109.37	7670.46	
T214	2W XFMR	Bus53	Bus86	2367.35	5947.37	6308.41	
T238	2W XFMR	Bus45	Bus80	3618.67	8938.32	9642.86	
T242	2W XFMR	Bus38	Bus96	3166.34	7820.85	8437.50	
T243	2W XFMR	Bus34	Bus90	4253.34	10604.54	11440.68	
Cable1	Cable	Bus4	Bus13	0.41	0.08	0.42	
Cable2	Cable	Bus1	Bus4	0.41	0.08	0.42	
Cable3	Cable	Bus27	Bus13	0.41	0.08	0.42	
Cable4	Cable	Bus27	Bus16	0.41	0.08	0.42	
Cable5	Cable	Bus16	Bus22	0.41	0.08	0.42	
Cable6	Cable	Bus22	Bus29	0.41	0.08	0.42	
Cable7	Cable	Bus29	Bus10	0.41	0.08	0.42	
Cable8	Cable	Bus50	Bus31	14.15	11.98	18.54	
Cable9	Cable	Bus11	Bus12	0.41	0.08	0.42	

ETAP

7.0.0

Page: 11

Date: 03-12-2012

SN: 12345678

Revision: Base

Config: Normal

ject:  
 about:  
 mact:  
 yneer:  
 name: malaeg

Study Case: LF

Ckt/Branch		Connected Bus ID		% Impedance, Pos. Seq., 100 MVA Base			
ID	Type	From Bus	To Bus	R	X	Z	Y
Cable10	Cable	Bus33	Bus32	0.41	0.08	0.42	
Cable11	Cable	Bus34	Bus33	0.41	0.08	0.42	
Cable12	Cable	Bus34	Bus35	0.41	0.08	0.42	
Cable13	Cable	Bus35	Bus37	0.41	0.08	0.42	
Cable14	Cable	Bus38	Bus37	14.15	11.98	18.54	
Cable15	Cable	Bus4	Bus39	0.41	0.08	0.42	
Cable16	Cable	Bus39	Bus40	0.41	0.08	0.42	
Cable17	Cable	Bus22	Bus41	0.41	0.08	0.42	
Cable18	Cable	Bus41	Bus43	0.41	0.08	0.42	
Cable19	Cable	Bus43	Bus45	37.07	135.53	140.12	
Cable20	Cable	Bus43	Bus46	0.41	0.08	0.42	
Cable21	Cable	Bus46	Bus48	0.41	0.08	0.42	
Cable22	Cable	Bus48	Bus50	14.15	14.44	20.22	
Cable23	Cable	Bus51	Bus51	0.41	0.08	0.42	
Cable24	Cable	Bus51	Bus53	25.95	94.85	98.24	
Cable25	Cable	Bus32	Bus54	0.41	0.08	0.42	
Cable26	Cable	Bus54	Bus56	14.15	11.98	18.54	
Cable27	Cable	Bus54	Bus57	1.71	13.55	14.05	
Cable28	Cable	Bus57	Bus59	14.15	11.98	18.54	
Cable29	Cable	Bus59	Bus60	0.41	0.08	0.42	
Cable30	Cable	Bus60	Bus62	14.15	11.94	18.54	
Cable31	Cable	Bus65	Bus63	14.15	11.98	18.54	
Cable32	Cable	Bus63	Bus65	0.41	0.08	0.42	
Cable33	Cable	Bus65	Bus67	14.15	11.98	18.54	
Cable34	Cable	Bus67	Bus69	14.15	11.98	18.54	
Cable35	Cable	Bus71	Bus1	0.41	0.08	0.42	





Project:  
 Station:  
 Contract:  
 Engineer:  
 Filename: mnleng

ETAP  
 7.0.0  
 Study Case: LF

Page: 13  
 Date: 03-12-2012  
 SN: 12345678  
 Revision: Base  
 Config: Normal

Bus ID	Voltage			Generation		Load		ID	Load Flow			XFMR	
	kV	% Mag	Ang	MW	Mvar	MW	Mvar		MW	Mvar	Amp	% PF	% Tap
Bus34	20.000	99.777	-0.1	0	0	0	0	Bus38	0.008	0.005	0.3	84.6	
								Bus33	-0.472	-0.222	15.1	90.5	
								Bus35	0.317	0.162	10.3	89.1	
								Bus37	0.128	0.040	3.7	95.2	
								Bus39	0.052	0.021	1.1	83.6	
Bus35	20.000	99.776	-0.1	0	0	0	0	Bus34	-0.316	-0.162	10.3	89.1	
								Bus37	0.058	0.018	2.0	83.9	
								Bus63	0.181	0.096	5.9	88.4	
								Bus61	0.077	0.028	2.4	94.0	
Bus37	20.000	99.775	-0.1	0	0	0	0	Bus35	-0.058	-0.038	2.0	83.9	
								Bus38	0.080	0.028	1.4	83.7	
								Bus65	0.018	0.011	0.0	84.4	
Bus38	20.000	99.767	-0.1	0	0	0	0	Bus37	-0.040	-0.026	1.4	83.7	
								Bus36	0.040	0.026	1.4	83.7	
Bus39	20.000	99.944	-0.1	0	0	0	0	Bus4	-0.008	-0.003	0.3	84.8	
								Bus40	0.008	0.003	0.3	84.8	
Bus40	20.000	99.944	-0.1	0	0	0	0	Bus39	-0.008	-0.003	0.3	84.8	
								Bus74	0.008	0.003	0.3	84.8	
Bus41	20.000	99.928	0.0	0	0	0	0	Bus33	-0.088	-0.040	2.8	51.0	
								Bus43	0.054	0.022	1.7	92.3	
								Bus46	0.035	0.018	1.1	88.9	
Bus43	20.000	99.928	0.0	0	0	0	0	Bus41	-0.054	-0.022	1.7	92.3	
								Bus45	0.029	0.007	0.9	97.5	
								Bus79	0.025	0.016	0.9	84.4	
Bus45	20.000	99.908	-0.1	0	0	0	0	Bus43	-0.029	-0.007	0.9	97.5	
								Bus80	0.020	0.007	0.9	97.5	
Bus46	20.000	99.918	0.0	0	0	0	0	Bus41	-0.035	-0.018	1.1	88.9	
								Bus48	0.035	0.018	1.1	88.9	
Bus48	20.000	99.927	0.0	0	0	0	0	Bus46	-0.035	-0.018	1.1	88.9	
								Bus50	0.010	0.002	0.3	97.9	
								Bus81	0.025	0.016	0.9	84.4	
Bus50	20.000	99.926	-0.1	0	0	0	0	Bus48	-0.010	-0.003	0.3	97.9	
								Bus82	0.010	0.002	0.3	97.9	
Bus51	20.000	99.784	-0.1	0	0	0	0	Bus51	-0.029	-0.006	0.9	97.7	
								Bus53	0.029	0.006	0.9	97.7	
Bus53	20.000	99.771	-0.1	0	0	0	0	Bus51	-0.029	-0.006	0.9	97.7	
								Bus86	0.029	0.006	0.9	97.7	
Bus54	20.000	99.781	-0.1	0	0	0	0	Bus32	-0.145	-0.050	4.4	94.6	
								Bus56	-0.145	-0.050	4.4	94.6	

ETAP

7.0.0

Page: 14

Date: 03-12-2012

SN: 12345678

Revision: Base

Config: Normal

Project: malang  
 Location:  
 Contract:  
 Engineer:  
 Filename:

Study Case: LF

Bus	Voltage			Generation		Load		ID	Load Flow				XFMR	
	ID	KV	%Mag	Arg	MW	Mvar	MW		Mvar	MW	Mvar	Amp	% PF	% Tap
Bus54		20.000	99.754	-0.1	0	0	0	0	Bus54	-0.145	-0.050	4.4	94.6	
									Bus89	0.145	0.050	4.4	94.6	
Bus57		20.000	99.767	-0.1	0	0	0	0	Bus34	-0.123	-0.040	3.7	95.2	
									Bus59	0.123	0.040	3.7	95.2	
Bus59		20.000	99.745	-0.1	0	0	0	0	Bus57	-0.123	-0.040	3.7	95.2	
									Bus60	0.043	0.010	1.3	97.5	
									Bus97	0.080	0.030	2.5	93.7	
Bus60		20.000	99.745	-0.1	0	0	0	0	Bus59	-0.043	-0.010	1.3	97.5	
									Bus62	0.043	0.010	1.3	97.5	
Bus62		20.000	99.737	-0.1	0	0	0	0	Bus60	-0.043	-0.010	1.3	97.5	
									Bus98	0.043	0.010	1.3	97.5	
Bus63		20.000	99.739	-0.1	0	0	0	0	Bus55	-0.181	-0.096	5.9	88.4	
									Bus65	0.181	0.096	5.9	88.4	
Bus65		20.000	99.738	-0.3	0	0	0	0	Bus63	-0.181	-0.096	5.9	88.4	
									Bus67	0.145	0.072	4.7	89.6	
									Bus92	0.036	0.024	1.3	85.5	
Bus67		20.000	99.709	-0.1	0	0	0	0	Bus55	-0.145	-0.072	4.7	89.6	
									Bus69	0.073	0.025	2.2	94.7	
									Bus93	0.072	0.047	2.5	83.7	
Bus69		20.000	99.695	-0.1	0	0	0	0	Bus67	-0.073	-0.025	2.2	94.7	
									Bus94	0.073	0.025	2.2	94.7	
Bus70		150.000	100.000	0.0	0.994	0.463	0	0	Bus71	0.994	0.463	4.2	90.6	
Bus71		20.000	99.933	-0.1	0	0	0	0	Bus1	0.994	0.463	31.7	90.7	
									Bus70	-0.994	-0.463	31.7	90.7	
Bus72		0.220	96.312	-1.6	0	0	0.028	0.017	Bus3	-0.028	-0.017	88.5	85.0	
Bus73		0.220	98.334	-0.7	0	0	0.031	0.007	Bus4	-0.031	-0.007	31.6	85.0	
Bus74		0.220	99.328	-0.3	0	0	0.008	0.005	Bus40	-0.008	-0.005	26.1	85.0	
Bus75		0.220	98.526	-0.6	0	0	0.037	0.011	Bus15	-0.037	-0.011	54.3	85.0	
Bus76		0.220	98.366	-0.7	0	0	0.029	0.018	Bus27	-0.029	-0.018	90.4	85.0	
Bus77		0.220	98.231	-1.4	0	0	0.028	0.007	Bus16	-0.028	-0.007	71.3	85.0	
Bus78		0.220	98.314	-0.7	0	0	0.025	0.015	Bus22	-0.025	-0.015	77.4	85.0	
Bus79		0.220	98.459	-0.7	0	0	0.025	0.015	Bus43	-0.025	-0.015	77.5	85.0	
Bus80		0.220	98.109	-1.4	0	0	0.028	0.006	Bus45	-0.028	-0.006	77.4	98.0	
Bus81		0.220	98.300	-0.7	0	0	0.025	0.015	Bus48	-0.025	-0.015	77.4	85.0	
Bus82		0.220	99.825	-0.3	0	0	0.010	0.002	Bus50	-0.010	-0.002	26.1	98.0	
Bus83		0.220	98.278	-0.7	0	0	0.025	0.015	Bus29	-0.025	-0.015	77.4	85.0	
Bus84		0.220	98.308	-0.7	0	0	0.025	0.015	Bus30	-0.025	-0.015	77.4	85.0	
Bus85		0.220	98.381	-0.7	0	0	0.025	0.015	Bus31	-0.025	-0.015	77.5	85.0	

object:  
 location:  
 contract:  
 engineer:  
 version:

ETAP  
 7.0.0

Study Case: LF

Page: 15  
 Date: 03-12-2012  
 SN: 12345678  
 Revision: Base  
 Config: Normal

Bus		Voltage			Generation		Load		Load Flow				XFMR	
ID	kV	% Mag	Ang	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	% PF	% Tap	
Bus86	0.220	98.727	-1.0	0	0	0.029	0.006	Bus51	-0.029	-0.006	77.7	98.0		
Bus87	0.220	98.978	-0.8	0	0	0.029	0.006	Bus32	-0.029	-0.006	77.9	98.0		
Bus88	0.220	98.879	-0.5	0	0	0.008	0.005	Bus33	-0.008	-0.005	25.9	85.0		
Bus89	0.220	96.487	-2.7	0	0	0.142	0.042	Bus56	-0.142	-0.042	403.7	96.0		
Bus90	0.220	96.190	-1.5	0	0	0.031	0.019	Bus34	-0.031	-0.019	101.0	85.0		
Bus91	0.220	96.009	-2.6	0	0	0.075	0.024	Bus35	-0.075	-0.024	213.3	91.4		
Bus92	0.220	96.135	-1.5	0	0	0.035	0.022	Bus65	-0.035	-0.022	113.6	85.0		
Bus93	0.220	96.281	-1.3	0	0	0.071	0.044	Bus67	-0.071	-0.044	227.4	85.0		
Bus94	0.220	96.326	2.5	0	0	0.071	0.021	Bus69	-0.071	-0.021	201.3	96.0		
Bus95	0.220	98.259	-0.7	0	0	0.018	0.011	Bus17	-0.018	-0.011	56.7	85.0		
Bus96	0.220	96.453	-1.5	0	0	0.040	0.025	Bus18	-0.040	-0.025	126.6	85.0		
Bus97	0.220	96.063	-2.5	0	0	0.078	0.026	Bus59	-0.078	-0.026	225.4	95.1		
Bus98	0.220	96.539	-2.8	0	0	0.042	0.007	Bus62	-0.042	-0.007	116.0	98.3		

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

Project:  
 Location:  
 Contract:  
 Engineer:  
 Filename: **malimg**

**ETAP**  
 7.0.0  
 Study Case: **LF**

Page: 16  
 Date: 03-12-2012  
 SN: 12345678  
 Revision: Base  
 Config: Normal

**Bus Loading Summary Report**

Bus ID	kV	Rated Amp	Directly Connected Load								Total Bus Load			
			Constant kVA		Constant Z		Constant I		Generic		MVA	% PF	Amp	Percent Loading
			MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar				
Bus1	20.000		0	0	0	0	0	0	0	0	1.097	90.7	31.7	
Bus4	20.000		0	0	0	0	0	0	0	0	1.063	90.9	30.7	
Bus13	20.000		0	0	0	0	0	0	0	0	1.041	91.0	30.1	
Bus16	20.000		0	0	0	0	0	0	0	0	0.996	91.3	28.3	
Bus22	20.000		0	0	0	0	0	0	0	0	0.957	91.1	27.6	
Bus27	20.000		0	0	0	0	0	0	0	0	1.020	91.1	29.5	
Bus29	20.000		0	0	0	0	0	0	0	0	0.831	91.3	24.0	
Bus30	20.000		0	0	0	0	0	0	0	0	0.802	91.6	23.2	
Bus31	20.000		0	0	0	0	0	0	0	0	0.771	91.8	22.3	
Bus32	20.000		0	0	0	0	0	0	0	0	0.713	91.7	20.6	
Bus33	20.000		0	0	0	0	0	0	0	0	0.531	90.4	15.4	
Bus34	20.000		0	0	0	0	0	0	0	0	0.522	90.5	15.1	
Bus35	20.000		0	0	0	0	0	0	0	0	0.355	89.1	10.3	
Bus37	20.000		0	0	0	0	0	0	0	0	0.070	83.9	2.0	
Bus38	20.000		0	0	0	0	0	0	0	0	0.048	83.7	1.4	
Bus39	20.000		0	0	0	0	0	0	0	0	0.010	84.8	0.3	
Bus40	20.000		0	0	0	0	0	0	0	0	0.010	84.8	0.3	
Bus41	20.000		0	0	0	0	0	0	0	0	0.097	91.0	2.8	
Bus43	20.000		0	0	0	0	0	0	0	0	0.058	92.3	1.7	
Bus45	20.000		0	0	0	0	0	0	0	0	0.025	97.5	0.9	
Bus46	20.000		0	0	0	0	0	0	0	0	0.039	88.9	1.1	
Bus48	20.000		0	0	0	0	0	0	0	0	0.039	88.9	1.1	
Bus50	20.000		0	0	0	0	0	0	0	0	0.010	97.9	0.3	
Bus51	20.000		0	0	0	0	0	0	0	0	0.030	97.7	0.9	
Bus53	20.000		0	0	0	0	0	0	0	0	0.030	97.7	0.9	
Bus54	20.000		0	0	0	0	0	0	0	0	0.153	94.6	4.4	
Bus56	20.000		0	0	0	0	0	0	0	0	0.153	94.6	4.4	
Bus57	20.000		0	0	0	0	0	0	0	0	0.130	95.2	3.7	
Bus59	20.000		0	0	0	0	0	0	0	0	0.129	95.2	3.7	
Bus60	20.000		0	0	0	0	0	0	0	0	0.044	97.5	1.3	
Bus62	20.000		0	0	0	0	0	0	0	0	0.044	97.5	1.3	
Bus63	20.000		0	0	0	0	0	0	0	0	0.205	88.4	5.9	
Bus65	20.000		0	0	0	0	0	0	0	0	0.205	88.4	5.9	
Bus67	20.000		0	0	0	0	0	0	0	0	0.162	89.6	4.7	
Bus69	20.000		0	0	0	0	0	0	0	0	0.077	94.7	2.2	
Bus70	150.000		0	0	0	0	0	0	0	0	1.097	90.6	4.2	

Project:  
Location:  
Contract:  
Engineer:  
Filename: **malang**

**ETAP**  
7.0.0  
Study Case: **LF**

Page: 17  
Date: 03-12-2012  
SN: 12345678  
Revision: Base  
Config: Normal

Bus	Directly Connected Load										Total Bus Load				
	ID	KV	Rated Amp	Constant KVA		Constant Z		Constant I		Generic		MVA	% PF	Amp	Percent Loading
				MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar				
bus71		20.000		0	0	0	0	0	0	0	0	1.097	90.7	31.7	
bus72		0.220		0	0	0.028	0.017	0	0	0	0	0.032	85.0	88.5	
bus73		0.220		0	0	0.011	0.007	0	0	0	0	0.013	85.0	33.6	
bus74		0.220		0	0	0.008	0.005	0	0	0	0	0.010	85.0	26.1	
bus75		0.220		0	0	0.017	0.011	0	0	0	0	0.020	85.0	56.3	
bus76		0.220		0	0	0.029	0.018	0	0	0	0	0.034	85.0	90.4	
bus77		0.220		0	0	0.028	0.007	0	0	0	0	0.029	87.0	77.2	
bus78		0.220		0	0	0.025	0.015	0	0	0	0	0.029	85.0	77.4	
bus79		0.220		0	0	0.023	0.015	0	0	0	0	0.029	85.0	77.3	
bus80		0.220		0	0	0.024	0.006	0	0	0	0	0.029	98.0	77.4	
bus81		0.220		0	0	0.023	0.015	0	0	0	0	0.029	85.0	77.4	
bus82		0.220		0	0	0.010	0.002	0	0	0	0	0.010	98.0	26.1	
bus83		0.220		0	0	0.023	0.015	0	0	0	0	0.029	85.0	77.4	
bus84		0.220		0	0	0.023	0.015	0	0	0	0	0.029	85.0	77.4	
bus85		0.220		0	0	0.025	0.015	0	0	0	0	0.029	85.0	77.5	
bus86		0.220		0	0	0.029	0.006	0	0	0	0	0.029	98.0	77.7	
bus87		0.220		0	0	0.029	0.006	0	0	0	0	0.029	98.0	77.9	
bus88		0.220		0	0	0.008	0.005	0	0	0	0	0.010	85.0	25.9	
bus89		0.220		0	0	0.142	0.042	0	0	0	0	0.168	85.0	455.8	
bus90		0.220		0	0	0.011	0.019	0	0	0	0	0.037	85.0	101.0	
bus91		0.220		0	0	0.075	0.024	0	0	0	0	0.088	85.0	241.0	
bus92		0.220		0	0	0.035	0.022	0	0	0	0	0.042	85.0	113.6	
bus93		0.220		0	0	0.071	0.044	0	0	0	0	0.083	85.0	227.4	
bus94		0.220		0	0	0.073	0.021	0	0	0	0	0.084	85.0	227.5	
bus95		0.220		0	0	0.038	0.011	0	0	0	0	0.021	85.0	56.7	
bus96		0.220		0	0	0.040	0.025	0	0	0	0	0.047	85.0	126.6	
bus97		0.220		0	0	0.078	0.026	0	0	0	0	0.092	85.0	252.1	
bus98		0.220		0	0	0.042	0.007	0	0	0	0	0.049	85.0	134.4	

\* Indicates operating load of a bus exceeds the bus thermal limit ( 100.0% of the Continuous Ampere rating)  
 † Indicates operating load of a bus exceeds the bus marginal limit ( 95.0% of the Continuous Ampere rating)

Project:  
Location:  
Contract:  
Engineer:  
Reference: **maling**

**ETAP**  
7.0.0  
Study Case: **LP**

Page: **18**  
Date: **03-12-2012**  
SN: **12345678**  
Revision: **Base**  
Config: **Normal**

**Branch Loading Summary Report**

Ckt / Branch		Cable & Reactor			Transformer				
ID	Type	Capacity (Amp)	Loading Amp	%	Capacity (MVA)	Loading (input)		Loading (output)	
						MVA	%	MVA	%
T1	Transformer				100.000	1.097	1.1	1.097	1.1
T5	Transformer				0.139	0.030	21.3	0.029	21.1
T12	Transformer				0.078	0.022	27.7	0.021	27.2
T17	Transformer				0.100	0.029	29.5	0.029	29.0
T27	Transformer				0.056	0.082	85.1	0.079	82.1
T28	Transformer				0.008	0.043	63.5	0.042	61.3
T34	Transformer				0.104	0.066	82.4	0.082	79.5
T35	Transformer				0.053	0.044	83.2	0.043	80.6
T38	Transformer				0.100	0.029	29.5	0.029	29.0
T43	Transformer				0.120	0.034	28.7	0.034	28.2
T55	Transformer				0.051	0.034	66.1	0.032	61.7
T56	Transformer				0.044	0.013	29.0	0.011	28.6
T71	Transformer				0.049	0.010	20.3	0.010	19.9
T121	Transformer				0.070	0.029	42.1	0.029	41.4
T127	Transformer				0.098	0.077	78.1	0.074	75.5
T133	Transformer				0.103	0.029	28.6	0.029	28.2
T132	Transformer				0.113	0.029	25.6	0.029	25.2
T138	Transformer				0.055	0.070	18.1	0.010	18.0
T144	Transformer				0.098	0.029	30.1	0.029	29.6
T159	Transformer				0.080	0.021	23.8	0.020	25.5
T173	Transformer				0.185	0.153	82.9	0.148	80.2
T177	Transformer				0.139	0.086	62.2	0.083	60.0
T192	Transformer				0.110	0.030	26.8	0.029	26.4
T209	Transformer				0.088	0.010	11.3	0.010	11.2
T214	Transformer				0.107	0.030	27.6	0.029	27.3
T238	Transformer				0.070	0.029	42.1	0.029	41.4
T242	Transformer				0.080	0.048	60.1	0.047	58.1
T243	Transformer				0.059	0.038	65.1	0.037	62.7

\* Indicates a branch with operating load exceeding the branch capability.

object:  
 location:  
 structure:  
 geometry:  
 filename: mslang

ETAP  
 7.0.0  
 Study Case: LP

Page: 19  
 Date: 03-12-2013  
 SN: 12345678  
 Revision: Base  
 Config: Normal

**Branch Losses Summary Report**

CKT / Branch ID	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vol % Drop in Vmag
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	
Cable2	0.966	0.444	-0.966	-0.444	0.0	0.0	99.9	99.9	0.00
Cable35	-0.994	-0.462	0.994	0.462	0.0	0.0	99.9	100.0	0.00
T55	0.028	0.018	-0.028	-0.017	0.6	1.4	99.9	96.3	3.64
Cable1	0.947	0.432	-0.947	-0.432	0.0	0.0	99.9	99.9	0.00
Cable13	0.008	0.005	-0.008	-0.005	0.0	0.0	99.9	99.9	0.00
T56	0.011	0.007	-0.011	-0.007	0.1	0.2	99.9	98.4	1.59
Cable1	0.929	0.421	-0.929	-0.421	0.0	0.0	99.9	99.9	0.00
T159	0.017	0.011	-0.017	-0.011	0.1	0.3	99.9	98.5	1.41
Cable4	-0.900	-0.402	0.900	0.402	0.0	0.0	99.9	99.9	0.00
Cable5	0.872	0.394	-0.872	-0.394	0.0	0.0	99.9	99.9	0.00
T121	0.028	0.208	-0.028	-0.007	0.3	0.8	99.9	98.2	1.70
Cable6	0.759	0.338	-0.759	-0.338	0.0	0.0	99.9	99.9	0.00
Cable17	0.088	0.040	-0.088	-0.040	0.0	0.0	99.9	99.9	0.00
T38	0.025	0.016	-0.025	-0.015	0.2	0.5	99.9	98.3	1.61
T43	0.029	0.018	-0.029	-0.018	0.3	0.6	99.9	98.4	1.57
Cable7	0.734	0.322	-0.734	-0.322	0.0	0.0	99.9	99.9	0.00
T144	0.025	0.016	-0.025	-0.015	0.2	0.6	99.9	98.3	1.65
Cable8	0.709	0.307	-0.709	-0.306	0.8	0.7	99.9	99.8	0.14
T17	0.025	0.016	-0.025	-0.015	0.2	0.5	99.9	98.3	1.61
Cable9	0.654	0.284	-0.654	-0.284	0.0	0.0	99.8	99.8	0.00
Cable23	0.629	0.096	-0.629	-0.096	0.0	0.0	99.8	99.8	0.00
T132	0.625	0.016	-0.625	-0.015	0.2	0.5	99.8	98.4	1.40
Cable10	0.480	0.228	-0.480	-0.228	0.0	0.0	99.8	99.8	0.00
Cable25	0.145	0.050	-0.145	-0.050	0.0	0.0	99.8	99.8	0.00
T5	0.029	0.096	-0.029	-0.006	0.2	0.4	99.8	99.0	0.80
Cable11	0.472	0.222	-0.472	-0.222	0.0	0.0	99.8	99.8	0.00
T71	0.008	0.005	-0.008	-0.005	0.1	0.1	99.8	98.7	1.10
Cable12	0.317	0.162	-0.316	-0.162	0.0	0.0	99.8	99.8	0.00
Cable27	0.123	0.040	-0.123	-0.040	0.0	0.0	99.8	99.8	0.01
T243	0.032	0.021	-0.031	-0.019	0.6	1.6	99.8	96.2	3.59
Cable13	0.058	0.038	-0.058	-0.038	0.0	0.0	99.8	99.8	0.00
Cable31	0.181	0.096	-0.181	-0.096	0.3	0.1	99.8	99.7	0.04
T27	0.077	0.028	-0.075	-0.024	1.8	4.4	99.8	96.0	3.77
Cable14	0.040	0.026	-0.040	-0.026	0.0	0.0	99.8	99.8	0.01
T12	-0.018	0.012	-0.018	-0.011	0.2	0.4	99.8	98.3	1.52

Project:  
Location:  
Contract:  
Site/Client:  
Filename: malang

**ETAP**  
7.6.0  
  
Study Case: LF

Page: 20  
Date: 03-12-2012  
SN: 12345678  
Revision: Base  
Config: Normal

Ckt / Branch ID	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop m Vreg
	MW	kvar	MW	kvar	KW	kvar	From	To	
T242	0.040	0.026	-0.040	-0.025	0.7	1.3	99.8	96.5	3.31
Cable15	0.008	0.005	-0.008	-0.005	0.0	0.0	99.9	99.9	0.00
T209	0.008	0.005	-0.008	-0.005	0.0	0.1	99.9	99.3	0.62
Cable18	0.054	0.022	-0.054	-0.022	0.0	0.0	99.9	99.9	0.00
Cable20	0.035	0.018	-0.035	-0.018	0.0	0.0	99.9	99.9	0.00
Cable19	0.029	0.007	0.029	-0.007	0.0	0.0	99.9	99.9	0.02
T192	0.025	0.016	-0.025	-0.015	0.2	0.5	99.9	98.5	1.47
T238	0.029	0.007	-0.028	-0.006	0.3	0.8	99.9	98.3	1.60
Cable21	0.035	0.018	-0.035	-0.018	0.0	0.0	99.9	99.9	0.00
Cable22	0.010	0.002	-0.010	-0.002	0.0	0.0	99.9	99.9	0.00
T131	0.025	0.016	-0.025	-0.015	0.2	0.5	99.9	98.4	1.57
T138	0.010	0.002	-0.010	-0.002	0.0	0.0	99.9	99.6	0.30
Cable24	0.029	0.006	-0.029	-0.006	0.0	0.0	99.8	99.8	0.01
T214	0.029	0.006	-0.029	-0.006	0.2	0.5	99.8	98.7	1.04
Cable26	0.145	0.050	-0.145	-0.050	0.0	0.0	99.8	99.8	0.03
T173	0.145	0.030	-0.142	-0.042	2.7	8.2	99.8	96.5	3.27
Cable28	0.123	0.040	-0.123	-0.040	0.0	0.0	99.8	99.7	0.02
Cable29	0.043	0.010	-0.043	-0.010	0.0	0.0	99.7	99.7	0.00
T34	0.080	0.030	-0.078	-0.026	1.8	4.4	99.7	96.1	3.68
Cable30	0.043	0.010	-0.043	-0.010	0.0	0.0	99.7	99.7	0.01
T35	0.043	0.010	-0.042	-0.007	0.9	2.3	99.7	96.6	3.10
Cable32	0.181	0.096	-0.181	-0.096	0.0	0.0	99.7	99.7	0.00
Cable33	0.145	0.072	-0.145	-0.072	0.0	0.0	99.7	99.7	0.03
T28	0.036	0.024	-0.035	-0.022	0.7	1.7	99.7	96.2	3.50
Cable34	0.073	0.025	-0.073	-0.025	0.0	0.0	99.7	99.7	0.01
T177	0.072	0.047	-0.071	-0.046	1.4	3.4	99.7	96.3	3.41
T127	0.073	0.025	-0.073	-0.021	1.5	3.8	99.7	96.3	3.37
T1	0.994	0.463	-0.964	-0.462	0.0	1.1	100.0	100.0	0.05
					17.1	42.5			



Object: ETAP  
 Location: 7.0.0  
 Contract:  
 Engineer:  
 Filename: malang  
 Study Case: LF

Page: 21  
 Date: 03-12-2012  
 SN: 12345678  
 Revision: Base  
 Config: Normal

**Alert Summary Report**

**% Alert Settings**

	<u>Critical</u>	<u>Marginal</u>
<b>Loading</b>		
Bus	100.0	95.0
Cable	100.0	95.0
Reactor	100.0	95.0
Line	100.0	95.0
Transformer	100.0	95.0
Panel	100.0	95.0
Protective Device	100.0	95.0
Generator	100.0	95.0
<b>Bus Voltage</b>		
Over Voltage	105.0	102.0
Under Voltage	95.0	98.0
<b>Generator Excitation</b>		
Over Excited (Q Max.)	100.0	95.0
Under Excited (Q Min.)	100.0	

**Marginal Report**

Device ID	Type	Condition	Rating/Limit	Unit	Operating	% Operating	Phase Type
Bus72	Bus	Under Voltage	0.220	kV	0.212	96.3	3-Phase
Bus80	Bus	Under Voltage	0.220	kV	0.212	96.5	3-Phase
Bus90	Bus	Under Voltage	0.220	kV	0.212	96.2	3-Phase
Bus91	Bus	Under Voltage	0.220	kV	0.211	96.0	3-Phase
Bus92	Bus	Under Voltage	0.220	kV	0.212	96.2	3-Phase
Bus93	Bus	Under Voltage	0.220	kV	0.212	96.3	3-Phase
Bus94	Bus	Under Voltage	0.220	kV	0.212	96.3	3-Phase
Bus96	Bus	Under Voltage	0.220	kV	0.212	96.5	3-Phase
Bus97	Bus	Under Voltage	0.220	kV	0.211	95.1	3-Phase
Bus98	Bus	Under Voltage	0.220	kV	0.213	95.6	3-Phase

Project:  
Location:  
Contract:  
Engineer:  
Filename: **malang**

**ETAP**  
7.0.0  
Study Case: **LF**

Page: 22  
Date: 03-12-2012  
SN: 12345678  
Revision: **Base**  
Config: **Normal**

SUMMARY OF TOTAL GENERATION, LOADING & DEMAND

	<u>MW</u>	<u>Mvar</u>	<u>MVA</u>	<u>% PF</u>
Source (Swing Buses):	0.994	0.463	1.097	90.64 Lagging
Source (Non-Swing Buses):	0.000	0.000	0.000	
Total Demand:	0.994	0.463	1.097	90.64 Lagging
Total Motor Load:	0.000	0.000	0.000	
Total Static Load:	0.977	0.421	1.064	91.84 Lagging
Total Constant I Load:	0.000	0.000	0.000	
Total Generic Load:	0.000	0.000	0.000	
Apparent Losses:	0.017	0.043		
System Mismatch:	0.000	0.000		

Number of Iterations: 2

Project:  
Location:  
Contract:  
Engineer:  
Filename: malang

ETAP  
7.0.0

Study Case: LF

Page: 23  
Date: 05-12-2012  
SN: 12345678  
Revision: Base  
Config: Manual

**Capacitor Information Data**

Max. Voltage kV	Bank Size kvar	Bus ID	Cost		
			Purchase \$/kvar	Installation \$/Bank	Operation \$/Bank per Year
20.000	50	89	10.00	800.00	100.00
20.000	25	91	10.00	400.00	100.00
20.000	25	94	10.00	400.00	100.00
10.000	15	97	10.00	200.00	100.00
10.000	10	98	10.00	100.00	100.00

