

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



**ANALISA PEMASANGAN *HARMONIC FILTER* UNTUK MEREDUKSI  
HARMONISA PADA GARDU INDUK PANDAAN MENGGUNAKAN  
*SOFTWARE ETAP POWER STATION***

**SKRIPSI**



*Disusun Oleh :*

**NURHANDAYANI SAIDI**  
**03.12.065**

**Maret 2008**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**ANALISA PEMASANGAN *HARMONIC FILTER* UNTUK MEREDUKSI  
HARMONISA PADA GARDU INDUK PANDAAN MENGGUNAKAN  
*SOFTWARE ETAP POWER STATION***

**SKRIPSI**

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

**Disusun Oleh :**

**NURHANDAYANI SAIDI**

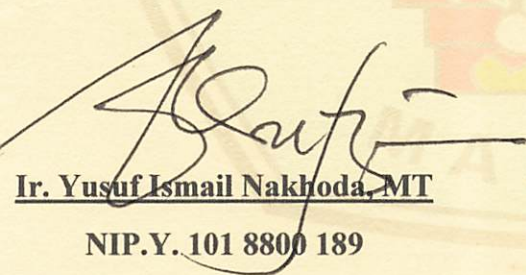
**03.12.065**


**Diperiksa dan disetujui,**

**Dosen Pembimbing I**

**Diperiksa dan disetujui,**

**Dosen Pembimbing II**

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

  
**Bambang Prio Hartono ST. MT**  
NIP.Y. 102 8400 082

**Mengetahui,**

**Ketua Jurusan Teknik Elektro**



  
**Ir. F. YUDI LIMPRAPTONO, MT**

NIP.Y. 103 9500 274

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

## ABSTRAKSI

### ANALISA PEMASANGAN *HARMONIC FILTER* UNTUK MEREDUKSI HARMONISA PADA GARDU INDUK PANDAAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE ETAP POWER STATION*

Nurhandayani Saidi  
Yusuf Ismail Nakhoda  
Bambang Prio Hartono

Salah satu masalah kualitas daya adalah permasalahan harmonisa. Harmonisa adalah salah satu komponen sinusoidal dari satu periode gelombang yang mempunyai satu frekuensi yang merupakan kelipatan integer dari frekuensi fundamentalnya. Harmonisa ditimbulkan oleh beban non linear. Harmonisa ini sangat mengganggu bahkan merugikan sistem bila melebihi batas standar yang ditetapkan, istilah harmonisa sebenarnya ditujukan untuk kandungan distorsi pada gelombang tegangan dan arus fundamental.

Pendistribusian pada Gardu Induk Pandaan untuk kebutuhan tenaga listrik diwilayah Pandaan, terdapat 3 (tiga) buah trafo dengan 7 (tujuh) penyulang. Beban-beban yang dilayani Gardu Induk Pandaan berupa motor-motor, lampu *flourescent*, komputer, perangkat elektronik untuk rumah tangga (TV, *microwave*, pemanas). *Variable speed drive* (VSD). *Charger* baterai, *Uninterruptible Power Supply* (UPS). Peralatan-peralatan ini dapat menyebabkan harmonisa.. Harmonisa terjadi karena adanya peralatan elektronik menyebabkan timbulnya gelombang arus dan tegangan menjadi cacat sehingga tidak sinusoidal lagi.

Penelitian ini dilakukan di Gardu Induk Pandaan dimana pemasangan *harmonic filter* dipasang pada bus-bus yang dijadikan sample. Setelah dianalisa diperoleh bahwa sebelum pemasangan *harmonic filter* VTHD rata-rata sebesar 10.5 %. Sedangkan sesudah pemasangan *harmonic filter* VTHD rata-rata sebesar 3.9 %. Hasil tersebut telah sesuai dengan standarisasi IEEE 519-1992 yang menjelaskan batas VTHD  $\leq 5$  %.

**Kata kunci :** *harmonisa, harmonic filter, filter passive, kualitas daya*

## **KATA PENGANTAR**

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran 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 Prof. Dr. Ir. Abraham Lomi, MSEE, selaku Rektor ITN Malang.
2. Bapak Ir. F. Yudi Limpraptono, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1
3. Bapak Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT, selaku Dosen Pembimbing.
4. Bapak Bambang Prio Hartono, ST, MT selaku Dosen Pembimbing
5. Orang Tua dan adik tercinta yang selalu memberikan semangat, motivasi dan do'a.
6. Teman-temanku yang telah memberikan bantuan, semangat, motivasi dan do'a.

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

Malang, / / 2008

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	i
<b>ABSTRAKSI</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR GRAFIK</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan Penelitian .....	2
1.4. Batasan Masalah .....	3
1.5. Metode Penelitian .....	3
1.6. Sistematika Pembahasan.....	4
1.7. Kontribusi Penelitian .....	5
<b>BAB II SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK</b>	
2.1. Sistem Distribusi Tenaga Elektrik .....	6
2.1.1. Sistem Distribusi Primer (JTM).....	7
2.1.2. Sistem Distribusi Sekunder (JTR) .....	7
2.2. Struktur Jaringan Distribusi Tenaga Listrik.....	8
2.2.1. Sistem Jaringan Distribusi Radial.....	8
2.2.2. Sistem Jaringan Distribusi Tertutup ( <i>Loop</i> ).....	10
2.2.3. Sistem Jaringan Distribusi <i>Mesh</i> .....	10
2.3 Kualitas Daya Listrik.....	11
2.4. Daya Dalam Sistem Tenaga .....	13

2.4.1. Faktor Daya .....	14
2.5. Teori Dasar Harmonisa.....	16
2.5.1. Pengertian Harmonisa.....	16
2.5.2. Sumber-Sumber Harmonisa.....	18
2.5.2.1. Konverter.....	18
2.5.2.2. Tanur Busur Listrik ( <i>Electric Arc Furnace</i> ).....	18
2.5.2.3 Transformator.....	19
2.5.3. Pengaruh yang Ditimbulkan oleh Harmonisa.....	20
2.5.3.1. Pengaruh Harmonisa Pada Komponen Peralatan Listrik.....	21
2.5.3.2. Pengaruh Harmonisa Pada Motor.....	22
2.6. Respon Sistem Terhadap Harmonisa .....	23
2.7. Metode Fourier Untuk Analisa Harmonisa .....	26
2.8. <i>Total Harmonic Distortion</i> (THD).....	27

### **BAB III MEREDUKSI HARMONISA MENGGUNAKAN *HARMONIC***

#### ***FILTER***

3.1. <i>Software ETAP POWER STATION</i> .....	31
3.2. Analisa Aliran Daya.....	32
3.2.1. Algoritma Perhitungan Aliran Daya dengan Metode Newton Rhapson.....	35
3.3. Algoritma Pemecahan Masalah.....	38
3.4. Data Saluran dan Data Pembebanan Sistem Tenaga Listrik Gardu Induk Pandaan .....	40
3.4.1 Data Saluran Sistem Tenaga Listrik Gardu Induk Pandaan Penyulang udiklat .....	40
3.4.2 .Data Pembebanan Sistem Tenaga Listrik Gardu Induk Pandaan Penyulang udiklat .....	41
2.9. Filter.....	42
2.9.1. Jenis-jenis Filter Pasif.....	43
2.9.1.1. <i>Single-Tuned Filter</i> .....	46
2.9.1.2. <i>Double-Tuned Filter</i> .....	46

2.9.1.3. <i>High Pass Filter</i> .....	48
--	----

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

4.1. <i>Single Line</i> GI Pandaan .....	50
4.2 Aliran Daya .....	51
4.2.1 Sebelum Pemasangan Harmonik Filter.....	51
4.2.2 Sesudah Pemasangan Harmonic Filter.....	59
4.3.Perbandingan Hasil Perhitungan dan Simulasi Sebelum Kompensasi dan Sesudah Kompensasi .....	67
4.3.1 Perbandingan <i>Power Factor</i> Sebelum Pemasangan <i>Harmonic Filter</i> Dan Sesudah Pemasangan <i>Harmonic Filter</i> .....	67

#### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1. Kesimpulan .....	79
5.2. Saran .....	80

#### **DAFTAR PUSTAKA**

#### **LAMPIRAN**

#### **DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1. Jaringan Distribusi Tegangan Menengah , Tegangan Rendah dan Sambungan Rumah ke Pelanggan.....	6
Gambar 2.2. Sistem Jaringan Distribusi Radial.....	9
Gambar 2.3. Sistem Jaringan Distribusi <i>Loop</i> .....	10
Gambar 2.4. Sistem Jaringan Distribusi <i>Mesh</i> .....	11
Gambar 2.5. Segitiga Daya.....	15
Gambar 2.6. Gelombang Sinusoidal Fundamental dan Harmonisa.....	16
Gambar 2.7. Gelombang Sinusoidal Terdistorsi.....	17
Gambar 2.8. Magnetisasi Transformator (Tanpa Histerisis).....	20
Gambar 2.9. Resonansi Seri.....	24
Gambar 2.10. Resonansi Paralel.....	25

Gambar 3.1. <i>Flowchart</i> Aliran Daya Newton Raphson.....	37
Gambar 3.2 <i>Flowchart</i> Analisa Pemasangan <i>Harmonic Filter</i> Menggunakan Software ETAP Power Station .....	39
Gambar 3.3. Rangkaian <i>Passive Filter</i> dalam Sistem .....	42
Gambar 3.4. Jenis-Jenis Filter Fasif yang Umum.....	44
Gambar 3.5. Rangkaian Filter Penalaan Tunggal.....	46
Gambar 3.6. Rangkaian Filter Penalaan Ganda.....	47
Gambar 3.7. High Pass filter.....	49
Gambar 4.1 <i>Single Lline</i> Gardu Induk Pandaan.....	50
Gambar 4.2 Spectrum pada DE012 Sebelum Pemasangan <i>Harmonic Filter</i> .....	55
Gambar 4.4. Spectrum pada DE012 Sesudah Pemasangan <i>Harmonic Filter</i> ....	63
Gambar 4.4. Diagram Perbandingan <i>Power Factor</i> Sebelum dan Sesudah Pemasangan <i>Harmonic Filter</i> .....	69
Gambar 4.5. Diagram Perbandingan Rugi-Rugi Daya Nyata Sebelum dan Sesudah Pemasangan <i>Harmonic Filter</i> .....	71
Gambar 4.6. Diagram Perbandingan Rugi-Rugi Daya Reaktif Sebelum dan Sesudah Pemasangan <i>Harmonic Filter</i> .....	72
Gambar 4.7. Diagram Perbandingan CTHD Sebelum dan Sesudah Pemasangan <i>Harmonic Filter</i> .....	77
Gambar 4.8. Diagram Perbandingan VTHD Sebelum dan Sesudah Pemasangan <i>Harmonic Filter</i> .....	78

#### DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Limit distorsi arus harmonisa .....	29
Tabel 2.2.Limit distorsi tegangan harmonisa.....	30
Tabel 3.1 Data Panjang Saluran dan Luas Penampang Penyulang Udiklat .....	40
Tabel 3.2 Data Kapasitas Trafo dan Daya pada Penyulang Udiklat .....	41
Tabel 4.1 Sumber-Sumber Harmonisa.....	51



Tabel 4.2 <i>Fundamental Load Flow Report</i> Menggunakan ETAP Power Station Pada Keadaan Sebelum Pemasangan <i>Harmonic Filter</i> .....	52
Tabel 4.3 <i>System Harmonics Information</i> Menggunakan ETAP Power Station Pada Keadaan Sebelum Pemasangan <i>Harmonic Filter</i> .....	53
Tabel 4.4 <i>Branch Tabulation</i> Menggunakan ETAP Power Station Pada Keadaan Sebelum Pemasangan Harmonik Filter.....	54
Tabel 4.5 Hasil <i>Brach Losses</i> Menggunakan ETAP Power Station Pada Keadaan Sebelum Pemasangan <i>Harmonic Filter</i> .....	56
Tabel 4.6 <i>Voltage Individual Harmonic Distorsion (VIHD) Report</i> .....	57
Tabel 4.7 <i>Voltage Total Harmonic Distorsion Report</i> .....	58
Tabel 4.8 <i>Fundamental Load Flow Report</i> Menggunakan ETAP Power Station Pada Keadaan Sesudah Pemasangan <i>Harmonic Filter</i> .....	60
Tabel 4.9 <i>System Harmonics Information</i> Menggunakan ETAP Power Station Pada Keadaan Sesudah Pemasangan <i>Harmonic Filter</i> .....	61
Tabel 4.10 <i>System Harmonics Information</i> Menggunakan ETAP Power Station Pada Keadaan Sesudah Pemasangan <i>Harmonic Filter</i> .....	62
Tabel 4.11 Hasil <i>Brach Losses</i> Menggunakan ETAP Power Station Pada Keadaan Sesudah Pemasangan <i>Harmonic Filter</i> .....	64
Tabel 4.12 <i>Voltage Individual Harmonic Distorsion (VIHD) Report</i> .....	65
Tabel 4.13 <i>Voltage Total Harmonic Distorsion Report</i> .....	66
Tabel 4.14 Perbandingan <i>Power Factor</i> Sebelum Pemasangan <i>Harmonic Filter</i> dan Sesudah Pemasangan <i>Harmonic Filter</i> .....	68
Tabel 4.15 <i>Branch Losses</i> Sebelum Pemasangan <i>Harmonic Filter</i> Dan Sesudah Pemasangan <i>Harmonic Filter</i> .....	70
Tabel 4.16. <i>Summary Of Total Generation, Loading, &amp; Demand</i> .....	73
Tabel 4.17 Perbandingan <i>Voltage distortion</i> Dan <i>Current Distortion</i> Sebelum Pemasangan <i>Harmonic Filter</i> dan Sesudah Pemasangan <i>Harmonic</i> <i>Filter</i> .....	75

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1.Latar Belakang

Gardu Induk Pandaan adalah salah satu gardu induk yang termasuk dalam Unit Pelayanan dan Jaringan Pandaan (UPJ Pandaan). Gardu induk Pandaan mempunyai 3 trafo utama dan 7 penyulang untuk pendistribusian tenaga listrik. Trafo I dengan kapasitas 30 MVA menyuplai daya ke Penyulang Udiklat, Penyulang Randu Pitu, dan Penyulang Tristate. Trafo II dengan kapasitas 20 MVA menyuplai daya ke Penyulang Trawas dan Penyulang Kebon Waris. Trafo III dengan kapasitas 30 MVA menyuplai daya ke Penyulang Tretes, Penyulang Ngerong, dan Penyulang Kasri.

Penyulang-penyulang tersebut menyuplai daya ke berbagai jenis pelanggan. Para pelanggan tersebut menggunakan peralatan-peralatan elektronika yang mengandung beban-beban non linear yang dapat menyebabkan timbulnya harmonisa. Peralatan-peralatan ini dirancang untuk menggunakan arus listrik secara hemat dan efisien karena arus listrik yang mengalir hanya dapat melalui komponen semikonduktornya selama periode pengaturan dan parameter dalam peralatan elektronika yang telah ditentukan. Adanya harmonisa ini menyebabkan timbulnya gelombang arus dan tegangan menjadi acak sehingga tidak sinusoidal lagi.

Peralatan-peralatan semikonduktor yang digunakan antara lain seperti *computer*, *printer*, lampu *fluorescent* yang menggunakan *elektronik ballast*, mesin fotokopi, kendali kecepatan motor, motor induksi, *batere charger*, *proses eletroplating*, dan lain-lain. Sehingga dapat dipastikan sistem juga mengandung harmonisa.

Penelitian ini menggunakan *software ETAP Power Station* yang dapat mensimulasikan keadaan sistem yang ada pada Gardu Induk Pandaan, khususnya tentang harmonisa. Untuk mereduksi harmonisa di Gardu Induk Pandaan ini peneliti menggunakan *harmonic filter*.

## 1.2 Rumusan masalah

1. Bagaimana keadaan harmonisa pada sistem kelistrikan GI Pandaan sebelum pemasangan *harmonic filter* dan sesudah pemasangan?
2. Apakah pemasangan *harmonic filter* dapat memperbaiki profil tegangan?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui besarnya harmonisa yang dihasilkan oleh sistem sehingga dapat minimalisir dengan cara pemasangan *harmonic filter* sehingga dapat memenuhi ketentuan  $THD$  (*Total Harmonic Distortion*)  $\leq 5\%$  dengan menggunakan *software ETAP Power Station*.

## 1.4 Batasan masalah

Permasalahan dalam penelitian ini dibatasi oleh beberapa hal sebagai berikut :

1. Simulasi dari rangkaian *single line diagram* pada Gardu Induk Pandaan untuk menganalisa seberapa besar harmonisa yang terjadi pada sistem menggunakan *Software ETAP Power Station*.
2. Analisa dilakukan dengan menganggap sistem dalam keadaan normal.
3. Analisa dilakukan hanya sebatas pengkajian beban yang telah ada.

4. Analisa dilakukan hanya membahas tentang THD tegangan.
5. Analisa yang dilakukan hanya tentang harmonisa di GI Pandaan.
6. Pemasangan sumber harmonisa pada *static load*.
7. Untuk *lump load* persentasenya 80 % untuk *motor load* dan 20 % untuk *static load*.

## 1.5 Metodologi Penelitian

Dalam penulisan tugas akhir ini digunakan metode sebagai berikut:

### 1. Studi literatur

Yaitu mempelajari mengenai teori harmonisa yang ada dalam sistem tenaga listrik

### 2. Studi lapangan

Pengumpulan data yang digunakan untuk mensimulasikan keadaan harmonisa yang ada di GI Pandaan yang meliputi :

- *Single line* GI Pandaan
- Data beban
- Data kabel yang meliputi jenis kabel, besar penampang, panjang kabel
- Data trafo
- Dan data-data yang lainnya

### 3. Selanjutnya melakukan simulasi harmonisa menggunakan *Software ETAP Power Station*.

### 4. Membuat analisis berdasarkan teori dan simulasi yang telah dilakukan.

## 1.6 Sistematika Pembahasan

Untuk pembahasan lebih lanjut, laporan tugas akhir ini disusun dengan sistematika sebagai berikut :

- Bab I : Pendahuluan yang membahas latar belakang, tujuan, perumusan masalah, batasan masalah, metodologi penelitian, sistematika pembahasan.
- Bab II : Teori dasar harmonisa dalam sistem tenaga listrik yang meliputi sumber-sumber harmonisa, akibat yang ditimbulkan, penanganan harmonisa, pengenalan jenis-jenis filter, dan konsep daya.
- Bab III : Pembahasan tentang prinsip kerja *Harmonic filter* yang digunakan.
- Bab IV : Simulasi dan analisis yang meliputi simulasi sebelum pemasangan harmonik filter dan sesudah pemasangan
- Bab V : Penutup yang berisi kesimpulan dan saran.

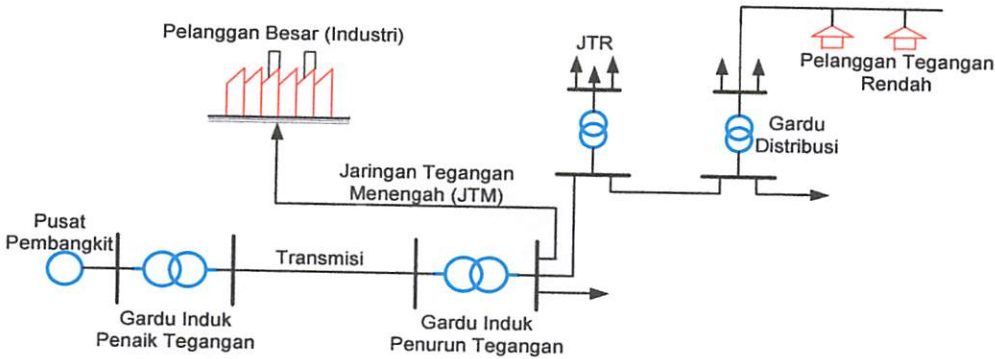
## 1.7 Kontribusi Penelitian

Dari tujuan penelitian yang telah penulis uraikan, maka kegunaan penelitian diharapkan dapat sebagai sumbangan bahan referensi dan informasi bagi peneliti selanjutnya yang berkenaan dengan upaya minimalis harmonisa dengan pemasangan *filter harmonic* menggunakan *software ETAP Power Station*. Selain itu juga sebagai sumbangan atau bahan masukan bagi GI Pandaan agar kedepannya dapat lebih meningkatkan pelayanannya karena rugi-rugi semakin kecil.

**BAB II**  
**SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK**  
**DAN TEORI HARMONISA**

**2.1. Sistem Distribusi Tenaga Elektrik<sup>[2]</sup>**

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**

Jaringan setelah keluar dari Gardu Induk biasanya disebut jaringan distribusi. Setelah tenaga listrik disalurkan melalui jaringan distribusi primer maka kemudiannya 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.

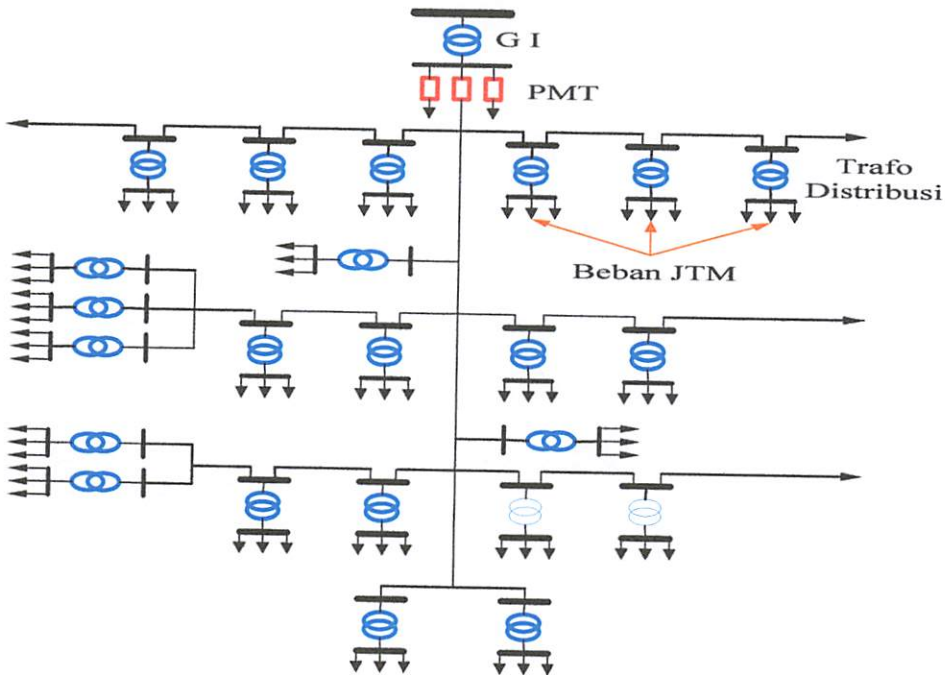
## 2.2. Struktur Jaringan Distribusi Tenaga Listrik<sup>[2]</sup>

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

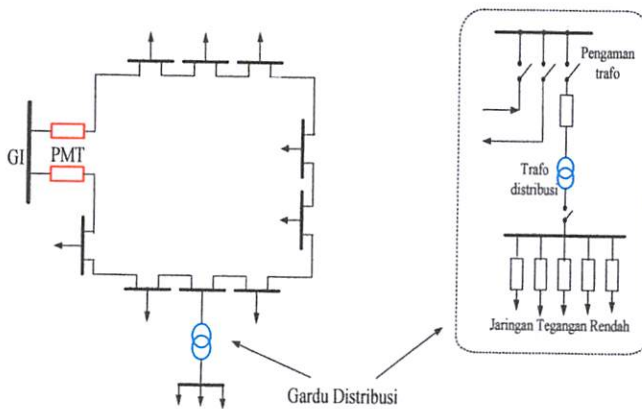


Pelayanan tenaga listrik untuk suatu daerah beban tertentu dilaksanakan dengan memasang transformator disebarkan titik pada jaringan yang sedekat mungkin dengan daerah beban yang dilayani. Untuk daerah beban yang menyimpang jauh dari saluran utama maupun saluran cabang, maka akan ditarik lagi saluran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

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

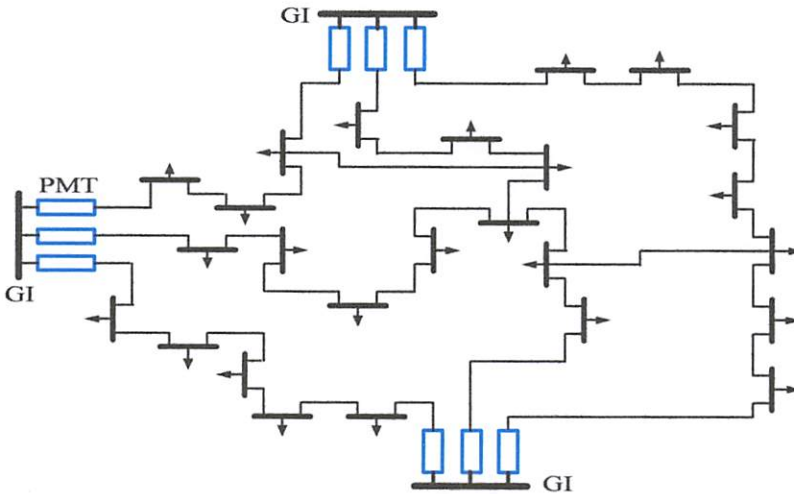
Sistem ini disebut jaringan distribusi *loop* karena saluran primer yang menyalurkan daya sepanjang daerah beban yang dilayani membentuk suatu rangkaian *loop*, seperti terlihat pada gambar 2.3.



**Gambar 2.3.**  
**Sistem Jaringan Distribusi Loop**

### 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 2.4.**  
**Sistem Jaringan Distribusi *Mesh***

### 2.3. Kualitas Daya Listrik

Dewasa ini kualitas daya listrik menjadi pertimbangan utama bagi dunia kelistrikan baik dari sisi penghasil, pengelola hingga pelanggan. Kualitas daya listrik memiliki beberapa definisi, tergantung dari sisi pengamatnya. Bagi pelanggan, kualitas daya listrik mereka definisikan sebagai keandalan sistem tenaga listrik atau energi listrik yang menyatakan 99,9% sistem kelistrikan tersebut dapat diandalkan. Sedangkan bagi para produsen peralatan listrik, mereka mendefinisikan kualitas daya listrik sebagai karakteristik suplai tenaga listrik sehingga dapat menyuplai beban yang mereka hasilkan agar berfungsi dengan baik. Secara umum, kualitas daya listrik dapat diartikan sebagai segala macam

permasalahan yang berhubungan dengan tegangan, arus, maupun frekuensi yang dapat menyebabkan kegagalan sistem maupun kesalahan operasional hingga sisi pelanggan.

Kualitas daya listrik dapat diperoleh dari berbagai penjelasan ruang lingkup beberapa parameter yang menjelaskan latar belakang suplai kualitas energi listrik menuju konsumen dalam kondisi normal dengan kontinuitas dan karakteristik tegangan (simetri, frekuensi, magnitude dan bentuk gelombang).

Alasan-alasan yang mendorong masalah kualitas daya listrik semakin lama semakin diperhatikan antara lain adalah :

1. Beban-beban yang ada saat ini baik industri maupun rumah tangga lebih sensitif terhadap perubahan daya listrik dibandingkan dengan beban yang ada dahulu. Sebagai contoh beban yang dimaksud adalah beban baru yang mengandung mikroprosesor yang dikendalikan dengan rangkaian listrik yang sensitif terhadap adanya gangguan.
2. Pertimbangan yang dititikberatkan pada efisiensi tenaga listrik, seiring dengan perkembangan peralatan yang ada. Banyak peralatan yang dirancang dengan efisiensi tinggi, seperti pengatur kecepatan motor, ataupun kapasitor paralel yang digunakan untuk koreksi faktor daya sistem maupun rugi-rugi sistem. Di sisi lain peralatan tersebut dapat meningkatkan level harmonisa pada sistem tenaga, permasalahan inilah yang mendorong banyak orang untuk lebih memperhatikan kondisi kemampuan ketahanan sistem tenaga listrik hingga masa yang akan datang.
3. Semakin luasnya informasi mengenai kualitas daya listrik hingga pada sisi pelanggan. Dengan demikian pelanggan mulai mengerti mengenai masalah

yang berhubungan dengan kualitas daya listrik seperti macam-macam gangguan yang ada pada sistem tenaga listrik, *switching transient*, *sags*, dan lain-lain..

4. Keterkaitan antarjaringan, sehingga tidak menutup kemungkinan gangguan pada saluran sistem yang satu akan berpengaruh pada sistem yang lain.

Seperti yang dijelaskan di atas kualitas daya listrik pada kenyataannya berhubungan dengan gangguan tegangan (*voltage disturbance*), harmonisa (*harmonics*), faktor daya (*power factor*) dan kompensasi daya reaktif (*reactive power compensation*).

#### 2.4. Daya Dalam Sistem Tenaga<sup>[3]</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 tersebut antara lain :

##### 1. Daya aktif (*Active Power*)

Secara umum daya aktif dinyatakan oleh persamaan :

$$P = [ V ] [ I ] \cos \varphi \quad (2.1)$$

dimana :

V = tegangan

I = Arus

P = Daya rata-rata yang disebut juga daya aktif.

## 2. Daya Reaktif (*Reactive Power*)

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

Persamaan daya reaktif adalah :

$$Q = [ V ] [ I ] \sin \varphi \quad (2.2)$$

Dua macam daya reaktif yaitu : daya reaktif induktif dan daya reaktif kapasitif, dimana keduanya memiliki tanda yang berlawanan. Daya reaktif kapasitif adalah daya yang dibutuhkan oleh kapasitor yang tidak menghasilkan kerja, tetapi tersimpan dalam bentuk energi magnetis atau energi kapasitif.

Daya reaktif induktif adalah daya listrik yang dibutuhkan untuk menghasilkan medan magnet yang dibutuhkan oleh alat-alat seperti motor induksi, transformator dan sebagainya.

## 3. Daya Semu (*Apparent Power*)

Daya semu merupakan penjumlahan secara vektoris antara daya aktif dan daya reaktif

$$S = |V| |I| \quad (2.3)$$

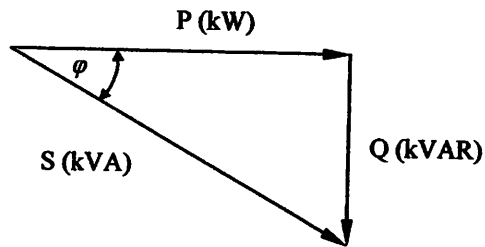
### 2.4.1. *Power Factor*

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

$$\text{Faktor Daya} = \frac{\text{Daya Nyata(kW)}}{\text{Daya Semu(kVA)}} \quad (2.4)$$

Untuk daya sendiri dibentuk oleh dua komponen, daya nyata (P) dan

komponen daya reaktif (Q). Hubungan ini dapat digambarkan dalam diagram vektor berikut:



**Gambar 2.5.**  
**Segitiga Daya**

Dengan Faktor Daya:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \frac{kW}{kVA} \quad (2.5)$$

$$kW = kVA \cos \varphi$$

$$kVAR = kVA \sin \varphi = kW \tan \varphi$$

$$\tan \varphi = \frac{kVAR}{kW}$$

dengan:

$\cos \varphi$  = Faktor Daya

P = Daya Nyata (kW)

S = Daya Semu (kVA)

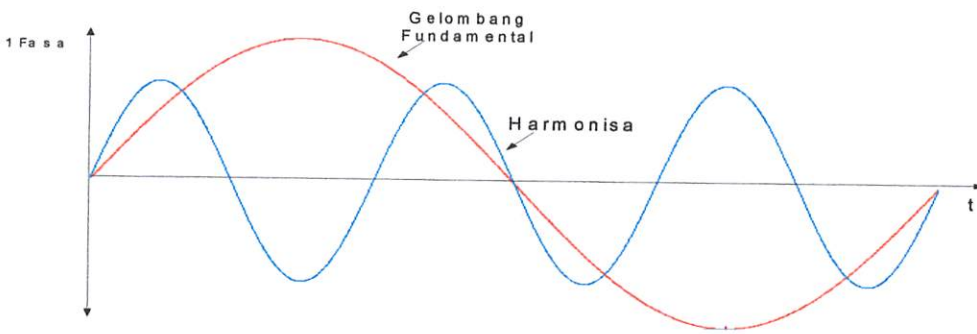
Q = Daya Reaktif (kVAR)

## 2.5. Teori Dasar Harmonisa

### 2.5.1. Pengertian Harmonisa

Gangguan yang terjadi pada sistem distribusi tenaga listrik akibat terjadinya distorsi gelombang arus dan tegangan disebut harmonisa. Pada dasarnya, harmonisa adalah gejala pembentukan gelombang-gelombang dengan

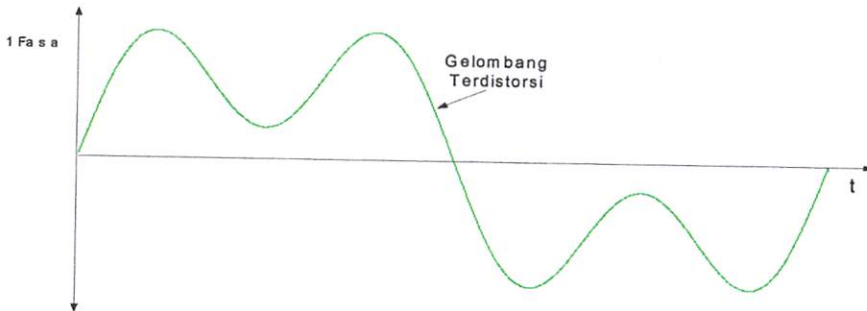
frekuensi berbeda yang merupakan perkalian bilangan bulat dengan frekuensi dasarnya. Hal ini disebut frekuensi harmonik yang timbul pada bentuk gelombang aslinya sedangkan bilangan bulat pengali frekuensi dasar disebut angka urutan harmonik. Misalnya, frekuensi dasar suatu sistem tenaga listrik adalah 50 Hz, maka harmonik keduanya adalah gelombang dengan frekuensi sebesar 100 Hz, harmonik ketiga adalah gelombang dengan frekuensi sebesar 150 Hz dan seterusnya. Gelombang-gelombang ini kemudian menumpang pada gelombang murni/aslinya sehingga terbentuk gelombang cacat yang merupakan jumlah antara gelombang murni sesaat dengan gelombang harmoniknya.



**Gambar 2.6. Gelombang Sinusoidal Fundamental dan Harmonisa**

Dalam sistem tenaga listrik dikenal dua jenis beban yaitu beban linier dan beban non linier. Beban linier adalah beban yang memberikan bentuk gelombang keluaran yang linier artinya arus yang mengalir sebanding dengan impedensi dan perubahan tegangan. Sedangkan beban non linier adalah bentuk gelombang keluarannya tidak sebanding dengan tegangan dalam setiap setengan siklus sehingga bentuk gelombang arus maupun tegangan keluarannya tidak sama dengan gelombang masukannya (mengalami distorsi). Beban non linier yang

umumnya merupakan peralatan elektronik yang didalamnya banyak terdapat komponen semi konduktor komponen elektronik seperti komputer, televisi, lampu dengan ballast elektronik, atau *Uninterruptible Power Supply* (UPS) dan lain-lain. Peralatan-peralatan tersebut dapat menyebabkan timbulnya harmonik.



**Gambar 2.7. Gelombang Sinusoidal Terdistorsi**

## 2.5.2. Sumber-Sumber Harmonisa

### 2.5.2.1. Konverter

Kebanyakan beban yang menimbulkan cacat gelombang (*deforming loads*) adalah beban-beban yang mengandung konverter (*static converter*). Beberapa contoh yang umum antara lain :

- a. Lampu *flourescent*, dimmer.
- b. Komputer.
- c. Perangkat elektronik untuk rumah tangga (TV, *microwave*, pemanas).
- d. *Variable speed drive* (VSD).
- e. *Charger* baterai.
- f. *Uninterruptible Power Supply* (UPS).



### **2.5.2.2. Tanur Busur Listrik (*Electric Arc Furnace*)**

Tanur busur listrik berfungsi untuk melebur biji besi dalam industri logam. Tanur busur listrik adalah elemen beban yang tidak linier dan inilah yang menyebabkan timbulnya arus harmonisa yang cukup besar pada jaringan yang terhubung dengan tanur busur listrik.

Penggunaan tanur busur listrik sering kali menimbulkan gangguan terhadap jaringan. Gangguan tersebut antara lain :

- a. Distorsi harmonisa.
- b. Kedip tegangan (*flicker*).
- c. Goncangan frekuensi.
- d. Ketidakseimbangan tegangan.

Busur listrik yang terjadi selama tanur busur listrik beroperasi hampir selalu tidak dalam keadaan stabil. Hal ini disebabkan oleh pengaruh perubahan elektroda, interaksi gaya elektromagnetik busur dan pengaruh riak permukaan biji yang telah melebur.

Bentuk gelombang arus tanur busur listrik pada setiap periode gelombang mempunyai bentuk yang tidak sama. Sehingga bentuk gelombang arus dari tanur busur bukanlah bersifat periodik. Maka dalam hal ini tidak bisa dibuat persamaan gelombangnya. Untuk mendapatkan level arus yang ditimbulkan oleh busur listrik sangat tergantung pada referensi yang dipakai.

### **2.5.2.3. Transformator**

*Saturable devices*, seperti transformator dan peralatan elektromagnetik lainnya dengan inti besi (*steel*), termasuk juga motor-motor (mesin-mesin berputar)

juga termasuk sumber harmonisa. Harmonisa dibangkitkan oleh karakteristik magnetisasi besi yang non-linier (Gambar 2.8).

Pada saat transformator tidak berbeban, tegangan primer sebanding dengan emf balik karena efek resistansi belitan dan reaktansi bocor diabaikan pada arus rendah. Tegangan tersebut dinyatakan dengan:

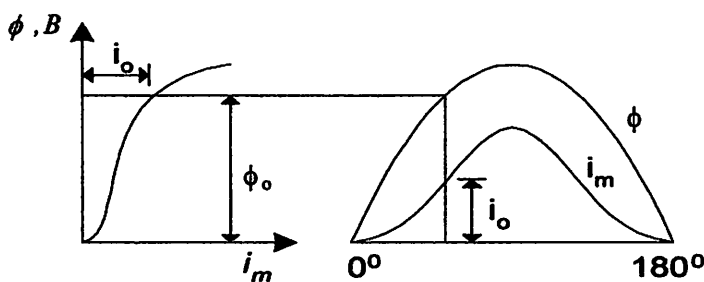
$$e_1 = -N_1 \frac{d\phi}{dt} \quad (2.6)$$

Dari persamaan di atas dapat diperoleh rata-rata fluks :

$$\phi = -\int \frac{e_1}{n_1} dt = \frac{E_m}{N_1 \omega} \sin \omega t = \phi_m \sin \omega t \quad (2.7)$$

Berarti bahwa tegangan primer yang sinusoidal akan menghasilkan fluks yang sinusoidal pula pada kondisi transformator tanpa beban.

Pada inti ideal tanpa rugi-rugi histeresis, hubungan fluks  $\phi$  dan arus magnetisasi  $I_m$  ditentukan oleh kurva magnetisasi bahan besi yang digunakan didalam laminasinya seperti terlihat pada Gambar 2.8.



**Gambar 2.8.**<sup>[4]</sup> Magnetisasi Transformator (Tanpa Histeresis)

**a. Kurva Magnetisasi.**

**b. Bentuk Gelombang Fluks dan Arus Magnetisasi**

Distorsi bentuk gelombang yang digambarkan di atas terutama disebabkan oleh harmonisa ketiga. Untuk menjaga tegangan suplai agar berbentuk sinusoidal

diperlukan jalur khusus untuk arus harmonisa ketiga dan biasanya didapat dengan menggunakan belitan hubungan delta. Distorsi arus magnetisasi akan meningkat pada level maksimum ketika sistem dibebani ringan. Untuk alasan ekonomis, transformator biasanya dirancang dengan memakai bahan inti yang memiliki sifat-sifat magnetis yang baik.

### 2.5.3. Pengaruh yang Ditimbulkan oleh Harmonisa<sup>[8]</sup>

Pengaruh negatif harmonisa dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu efek seketika (*instantaneous effects*) dan efek jangka panjang (*long-term effects*) karena *overheating*.

Yang termasuk pada efek seketika, contohnya adalah mengganggu pengoperasian kontroler pada sistem elektronik. Harmonisa juga dapat menyebabkan salah pembacaan (*misreading*) pada pengukuran besaran listrik. Gelombang terdistorsi pada saluran menimbulkan interferensi pada saluran komunikasi dan rangkaian kontrol atau monitoring.

Sedangkan efek jangka panjang yang sering terjadi adalah *overheating*, misalnya pada kapasitor. Selain itu, *overheating* pada mesin-mesin listrik maupun transformator terjadi karena adanya rugi-rugi energi tambahan akibat harmonisa.

Pada kabel dan peralatan, rugi-rugi energi tambahan ini disebabkan oleh bertambahnya nilai rms arus untuk daya aktif yang sama dan bertambahnya resistansi inti yang sebanding dengan bertambahnya frekuensi (karena *skin effect*).

### 2.5.3.1. Pengaruh Harmonisa Pada Komponen Peralatan Listrik

Harmonisa yang lebih banyak disebabkan karena adanya beban yang non linier ini membuat gangguan yang cukup besar kepada peralatan distribusi listrik. Beberapa komponen yang terpengaruhi oleh harmonisa, antara lain:

#### 1. *Konduktor*

Arus harmonisa dapat menyebabkan rugi-rugi pada kawat penghantar bertambah. Hal ini dikarenakan pada konduktor terdapat impedansi hambatan, yang meningkatkan arus. Arus harmonisa yang mengalir tersebutlah yang menyebabkan panas. Panas tersebut semakin lama akan mengurangi daya hantamnya. Sehingga pada akhirnya meningkatkan rugi-rugi daya dan menurunkan efisiensi.

#### 2. *Transformer*

Pada transformer, yang mengalami kerugian daya adalah pada kumparan primer, kumparan sekundernya dan inti besi (*ferromagnetic losses*). Telah diketahui bahwa arus harmonisa menambah kerugian daya pada penghantar yang berbentuk panas. Pada transformator berlaku sistem penginduksian, dimana bila arus berharmonisa mengalir, maka fluks magnetik pada kumparan transformatornya akan menghasilkan rugi-rugi histerisis dan *Eddy Current*. Rugi histerisis besarnya proporsional dengan harga frekuensinya dan *Eddy Current* proporsional dengan kuadrat frekuensinya. Gabungan dan rugi-rugi tembaga dan inti besi akan menyebabkan transformer menjadi *overheating*.

#### 3. *Circuit breaker*

Pada circuit breaker konvensional menggunakan panas untuk membuat kawat didalam circuit breaker tersebut menjadi panas dan pada akhirnya akan putus.

Arus harmonisa yang melewati circuit breaker tersebut masih dapat diamankan oleh circuit breaker yang konvensional ini. Hal ini dikarenakan panas yang terjadi karena arus harmonisa tersebut sama dengan panas yang timbul pada peralatan yang diproteksi tersebut.

### **2.5.3.2. Pengaruh Harmonisa Pada Motor**

Harmonisa pada tegangan dan arus memberikan tambahan kerugian energi kumparan stator, rotor, dan juga pada inti besi rotor maupun statornya. Macam-macam pengaruh harmonisa pada motor yang muncul adalah:

#### **1. Rugi-rugi arus bocor**

Kerugian atau losses arus bocor yang dialami pada kumparan stator dan rotor jauh lebih besar dibanding yang disebabkan *eddy current* dan *skin effect*. Hal ini disebabkan oleh arus harmonisa memperbesar arus bocor yang telah terjadi di stator dan rotor.

#### **2. Rugi-rugi besi dan tembaga**

Fluks yang timbul dari penginduksian tegangan dan stator yang kemudian timbul arus yang ada di slot-slot rotor dapat menimbulkan gerak relatif putar. Perubahan fluks yang terjadi pada rotor dan stator akan menimbulkan frekuensi harmonisa yang tinggi yang akan menghasilkan rugi-rugi besi dan tembaga pada stator dan rotor tersebut.

#### **3. Beda fasa**

Selain itu, motor induksi yang bisa disebut dengan motor asinkron merupakan motor yang kecepatan putarnya tidak sesuai atau tidak sama dengan medan putar dan stator. Melihat kenyataan ini, maka akan timbul beda fasa antara

tegangan dan arus. Karena motor induksi ini termasuk beban induktif maka arus yang mengalir tertinggal dengan tegangannya. Apabila sumber yang menyuplai motor ini mengandung harmonisa maka beda fasa yang terjadi pada motor induksi ini menjadi lebih besar.

## 2.6 Respon Sistem Tenaga Terhadap Harmonisa<sup>[4]</sup>

Impedansi sistem tenaga lebih kecil dibanding dengan impedansi beban, maka sistem tenaga sendiri bukan merupakan sumber harmonisa yang signifikan. Bagaimanapun juga, dapat terjadi masalah yang disebabkan resonansi ketika terjadi distorsi.

Dalam sistem tenaga, masalah resonansi yang penting adalah yang disebabkan oleh kapasitor yang dipasang untuk perbaikan faktor daya atau untuk keperluan pengaturan tegangan.

Ada dua macam tipe resonansi yang terjadi pada sistem tenaga, yaitu resonansi seri dan resonansi paralel. Resonansi seri merupakan impedansi rendah terhadap aliran arus harmonisa, sedangkan resonansi paralel adalah impedansi tinggi terhadap aliran arus harmonisa.

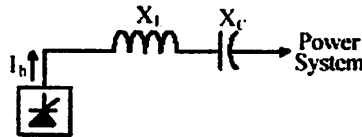
Seperti pada Gambar 2.9, jika *capacitor bank* terhubung seri dengan reaktansi sistem dan membuat bagian impedansi rendah terhadap arus harmonisa, kondisi resonansi yang mungkin terjadi. Resonansi seri dapat mengakibatkan gangguan tegangan lebih antara induktor dan kapasitor dalam rangkaian di mana arus harmonisa terkonsentrasi dalam bagian impedansi rendah.

Resonansi seri seringkali menyebabkan kapasitor dan pengaman mengalami kesalahan karena kelebihan arus. Kondisi resonansi seri dapat dibentuk dalam

persamaan dibawah ini :

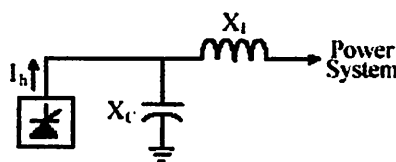
$$h_r = \sqrt{\frac{X_C}{X_L}} \quad (2.8)$$

di mana  $h_r$  adalah frekuensi resonansi pada harmonisa.



**Gambar 2.9. Resonansi Seri**

Gambar 2.9. menunjukkan topologi rangkaian yang seringkali menyebabkan resonansi paralel. Resonansi paralel dapat terjadi karena reaktansi induktif paralel dan reaktansi kapasitif paralel dari sistem adalah sama besarnya pada frekuensi tertentu, dan kombinasi paralel tersebut akan memunculkan impedansi yang sangat besar sekali terhadap sumber harmonisa. Frekuensi pada saat impedansi besar terjadi disebut juga sebagai frekuensi resonansi. Apabila resonansi paralel terjadi pada sistem tenaga listrik maka akan timbul distorsi tegangan dan penguatan arus yang tidak bisa diabaikan. Sebagian besar akibat yang ditimbulkan oleh tegangan bus yang terganggu adalah penyimpangan arus dalam rangkaian yang berdekatan. Penguatan arus dapat menyebabkan terjadinya kesalahan pada peralatan yang ada dalam sistem.



**Gambar 2.10. Resonansi Paralel**

Apabila resonansi paralel terjadi dalam rangkaian pada Gambar 2.10. frekuensi resonansi dapat dituliskan sebagai berikut :

$$h_r = \sqrt{\frac{X_C}{X_L}} = \sqrt{\frac{MVA_{SC}}{MVAR_{CAP}}} \quad (2.9)$$

di mana  $MVA_{SC}$  adalah MVA hubung singkat pada titik beban terhubung yang merupakan sumber harmonisa.  $MVAR_{CAP}$  adalah rating  $MVAR$  kapasitor. Persamaan di atas akurat hanya untuk sistem yang memiliki perbandingan  $X/R$  yang tinggi.

## 2.7. Metode Fourier Untuk Analisa Harmonisa<sup>[3]</sup>

Teori *Fourier Series* (deret Fourier) pertama kali diperkenalkan oleh ahli fisika dan matematika Joseph Fourier. Teori ini membuktikan bahwa suatu fungsi periodik dalam jangka waktu tertentu dapat direpresentasikan dengan penjumlahan komponen harmonisa dan kelanjutan orde yang lebih tinggi pada frekuensinya yang merupakan kelipatan dari komponen dasarnya.

Menurut metode Fourier, suatu fungsi dapat diuraikan menjadi fungsi-fungsi sinusoidal dengan frekuensi, amplitudo, dan sudut fasa tertentu jika memenuhi syarat – syarat :

- a. Merupakan fungsi periodik.  
 $x(t) = x(t + T)$ ,  $T =$  periode.
- b. Merupakan fungsi kontinyu atau fungsi tak kontinyu dengan jumlah ketidak-kontinyuan yang tertentu selama satu periode.
- c. Dalam suatu periode  $T$ , fungsi harus mempunyai harga maksimum atau



minimum yang jumlahnya tertentu.

d. Dalam suatu periode T, fungsi harus mempunyai harga rata-rata tertentu.

Apabila syarat-syarat di atas terpenuhi, maka fungsi  $x(t)$  dapat diuraikan menjadi deret Fourier yang bentuknya :

$$f(\omega t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n\omega t + b_n \sin n\omega t) \quad (2.10)$$

dengan :

$$a_0 = \frac{2}{T} \int_0^T f(\omega t) d(\omega t) \quad (2.11)$$

$$a_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(\omega t) \cos(n\omega t) d(\omega t) \quad (2.12)$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(\omega t) \sin(n\omega t) d(\omega t) \quad (2.13)$$

Penyederhanaan analisis Fourier dapat dilakukan dengan menggunakan sifat – sifat khusus sebagai berikut :

- a. Bila luas siklus positif dan negatif dalam satu periode sama maka  $a_0 = 0$ .
- b. Bila  $f(\omega t) = -f(\omega t + \pi)$  atau fungsi mempunyai simetri setengah gelombang maka tidak akan muncul harmonisa orde genap.
- c. Bila fungsi merupakan fungsi genap, biasanya simetri terhadap sumbu y,  $f(\omega t) = f(-\omega t)$ , maka  $b_n = 0$ .
- d. Bila fungsi merupakan fungsi ganjil,  $-f(\omega t) = f(-\omega t)$ , maka  $a_n = 0$ .

Dengan analisis Fourier pada bentuk gelombang arus yang diserap oleh komponen atau beban penyebab harmonisa, maka dapat ditentukan komponen – komponen harmonisa yang dibangkitkan.

## 2.8. Total Harmonic Distortion (THD)<sup>[4]</sup>

Total Harmonic Distortion (THD) didefinisikan sebagai persentase total komponen harmonisa terhadap komponen fundamentalnya (komponen dapat berupa tegangan atau arus). THD dituliskan sebagai :

$$THD = \frac{\left[ \sum_{n=2}^k U_n \right]^{\frac{1}{2}}}{U_1} \times 100\% \quad (2.14)$$

$U_n$  = komponen harmonisa

$U_1$  = komponen fundamental

$k$  = komponen harmonisa maksimum yang diamati

Secara umum digunakan indeks harmonisa yaitu :

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} V_h^2}}{V_1} \quad \text{atau} \quad THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_1} \quad (2.15)$$

yang didefinisikan sebagai perbandingan nilai rms antara komponen harmonisa dengan komponen fundamental yang biasanya ditulis dalam persen. Sehingga THD dapat menggambarkan rugi-rugi energi termal oleh setiap komponen harmonisa. Indeks ini digunakan untuk mengukur deviasi gelombang periodik yang mengandung harmonisa dari gelombang sinus murni. Untuk memperoleh gelombang sinus murni pada frekuensi fundamental, maka  $THD = 0$ .

Total Demand Distortion (TDD) didefinisikan sebagai perbandingan nilai rms antara komponen arus harmonisa dengan arus beban *demand* maksimum.

$$TDD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_L}, \quad (2.16)$$

di mana  $I_L$  adalah arus beban *demand* maksimum (15- atau 30- menit *demand*)

pada frekuensi fundamental di PCC (*point of common coupling*), dihitung sebagai arus rata-rata dari beban maksimum untuk 12 bulan sebelumnya. Konsep TDD ini relevan dengan aplikasi dari IEEE *Standard 519*.

Untuk suatu sistem tenaga listrik, ada suatu batas/limit untuk THD. Limit tersebut tidak sama untuk setiap negara, tergantung standar yang dipakai. Dalam hal ini diberikan contoh standar dari IEEE Std. 519-1992. Ada dua kriteria yang digunakan dalam analisis distorsi harmonisa. Pertama adalah limitasi untuk distorsi arus. Yang kedua adalah limitasi untuk distorsi tegangan.

**Tabel 2.1<sup>[1]</sup> Limit distorsi arus harmonisa**

<i>Maximum Harmonic Current Distortion in Percent of <math>I_L</math></i>						
$I_{SC}/I_L$	<i>Individual Harmonic Order (Odd Harmonic)</i>					TDD
	$<11$	$11 \leq h \leq 17$	$17 \leq h \leq 23$	$23 \leq h \leq 35$	$35 \leq h$	
$< 20^*$	4,0	2,0	1,5	0,6	0,3	5,0
20 – 50	7,0	3,5	2,5	1,0	0,5	8,0
50 – 100	10,0	4,5	4,0	1,5	0,7	12,0
100 – 1000	12,0	5,5	5,0	2,0	1,0	15,0
$> 1000$	15,0	7,0	6,0	2,5	1,4	20,0
<i>Even harmonic are limited to 25% of the odd harmonic above.</i>						
<i>Current distortion that result in a dc, e.g. half-wave converters, are not allowed.</i>						
<i>*All power generation equipment is limited to these values of current distortion regardless of the actual <math>I_{SC}/I_L</math>.</i>						
<i>Where :</i>						
<i><math>I_{SC}</math> = maximum short circuit at PCC</i>						
<i><math>I_L</math> = maximum demand load current (fundamental frequency component) at PCC</i>						

Tabel diatas memuat standar limitasi untuk distorsi arus. Rasio  $I_{SC}/I_L$  adalah arus hubung singkat pada Point of Common Coupling terhadap arus beban nominal pada frekuensi fundamental. Dalam tabel tersebut, tegangan yang dipakai adalah antara 120 V sampai 69 kV. Untuk tegangan 69 kV sampai dengan 161 kV dipakai standar limitasi untuk sistem subtransmisi.

Untuk limitasi distorsi tegangan maka tabel berikut ini memuat standar untuk limitasi distorsi tegangan pada PCC.

**Tabel 2.2.** <sup>[1]</sup> **Limit distorsi tegangan harmonisa.**

<i>Bus Voltage at PCC</i>	<i>Individual Voltage Distortion (%)</i>	<i>THD (%)</i>
<i>69 kV and below</i>	<i>3,0</i>	<i>5,0</i>
<i>69,001 kV through 161 kV</i>	<i>1,5</i>	<i>2,5</i>
<i>161,001 kV and above</i>	<i>1,0</i>	<i>1,5</i>

*Note : High voltage system can have up to 2,0 % THD where the cause is an HVDC*

## **BAB III**

### **MEREDUKSI HARMONISA MENGGUNAKAN *HARMONIC FILTER***

#### **3.1. *Software ETAP POWER STATION***

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

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

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

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

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

### c) Kesederhanaan Dalam Memasukkan Data

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

Standar yang digunakan ETAP *Power Station* versi 4.7.4 ada dua yaitu IEEE dan JEC. Hal ini berdasarkan kenyataan bahwa dalam sistem tenaga di dunia terbagi dalam dua satuan umum.

### 3.2. Analisa Aliran Daya<sup>[6]</sup>

Metode yang umum digunakan dan banyak disukai untuk mendapatkan penyelesaian aliran daya adalah Metode Newton Raphson. Dimana metode ini bila dibandingkan dengan metode-metode yang lain seperti Gauss-Seidel mempunyai waktu hitung yang lebih cepat.

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

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

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

Injeksi daya pada simpul p adalah :

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

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

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

$$\begin{aligned} V_p^* &= |V_p| e^{-j\delta_p} \\ V_q &= |V_q| e^{-j\delta_q} \\ V_{pq} &= |V_{pq}| e^{-j\theta_{pq}} \end{aligned} \quad (3.4)$$

Maka persamaan (3.5) dapat ditulis :

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

Dengan memisahkan bagian riil dan bagian imajiner maka diperoleh :

$$P_p = \sum_{q=1}^n |V_p| |V_q| |Y_{pq}| \cos(\delta_p - \delta_q + \theta_{pq}) \quad (3.6)$$

$$Q_p = \sum_{q=1}^n |V_p| |V_q| |Y_{pq}| \sin(\delta_p - \delta_q + \theta_{pq}) \quad (3.7)$$

Kedua persamaan diatas akan menghasilkan suatu kumpulan persamaan serempak (simultan) yang tidak linier untuk setiap simpul sistem tenaga listrik. Untuk mengetahui magnitude tegangan (V) dan sudut fasa ( $\delta$ ) disetiap simpul dapat diselesaikan dengan menggunakan persamaan (3.7) dan (3.8) yang dilinierkan dengan metode *Newton Raphson* yang dapat dilihat dari persamaan dibawah ini :

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H & N \\ M & L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta |V| \end{bmatrix} \quad (3.8)$$

Dimana :

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

$\Delta Q$  = selisih injeksi bersih daya reaktif dengan penjumlahan aliran daya nyata tiap saluran yang menghubungkan simpul dengan  $V$  yang didapat dari perhitungan iterasi ke-k

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

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

H, L, M, N merupakan elemen-elemen off dan diagonal dari sub matriks Jaqobian yang dibentuk dengan mendefinisikan persamaan (3.8) dan (3.9), dimana :

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

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

Persamaan (3.8) diselesaikan untuk menghitung vektor koreksi magnitude tegangan  $\Delta(|V|)$  dan sudut fasa tegangan ( $\Delta \delta$ ) yang baru. Sehingga diperoleh harga magnitude tegangan dan sudut fasa yang baru, yaitu :

$$|V|^{k+1} = |V|^k + \Delta |V|^k \quad (3.9)$$

$$\delta^{k+1} = \delta^k + \Delta \delta^k \quad (3.10)$$



Proses perhitungan akan berulang sampai selisih daya nyata dan daya reaktif antara yang dijadwalkan dengan yang dihitung, yaitu  $\Delta P$  dan  $\Delta Q$  untuk semua simpul mendekati nilai toleransi atau perhitungan iterasi mencapai konvergen.

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

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

A. Kebesaran-kebesaran 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:

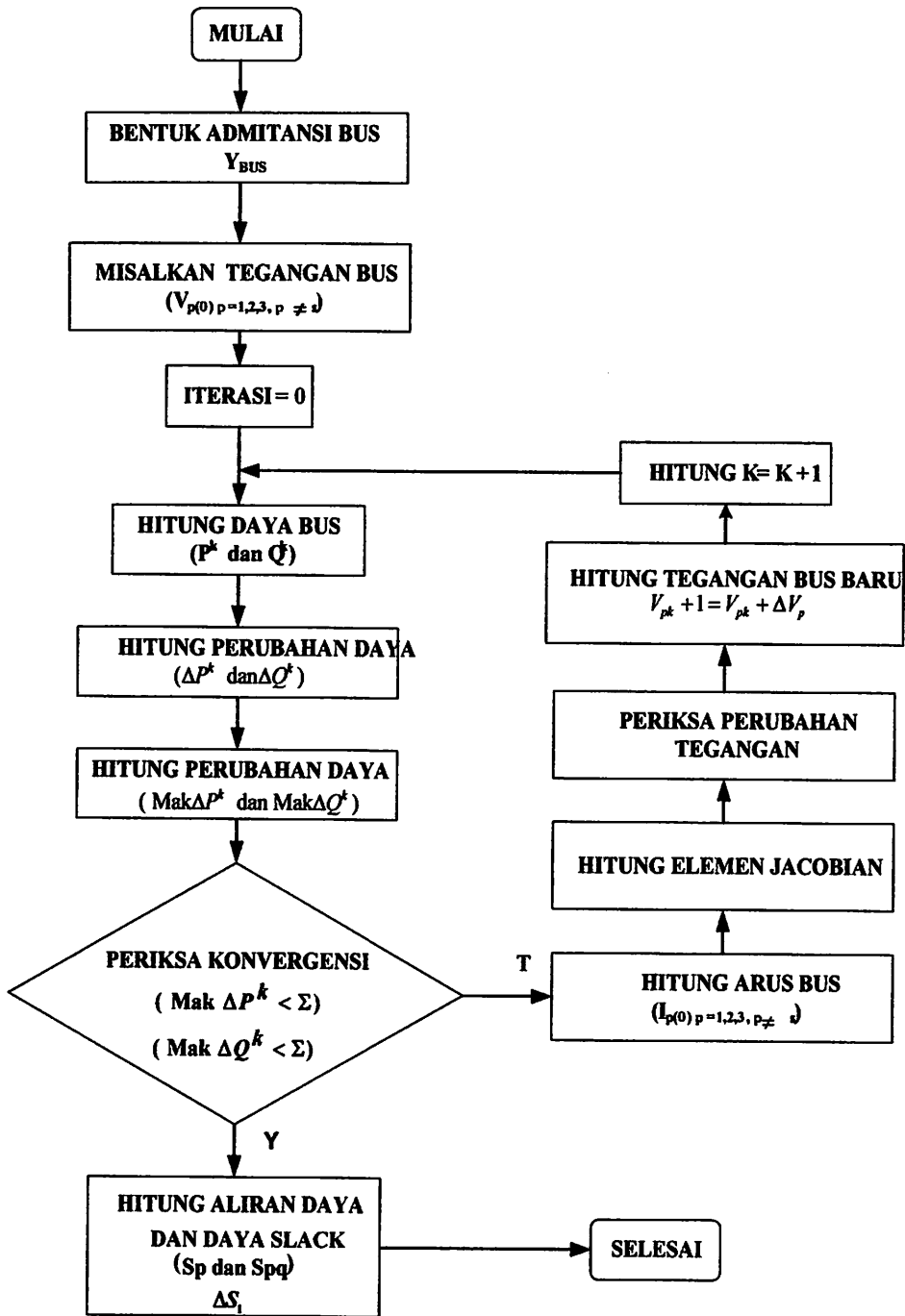
1. Besarnya tegangan  $|V|$  beserta sudut fasanya  $\delta$  pada semua simpul P Q
2. Besarnya sudut fasa tegangan pada semua simpul P V

C. Berdasarkan nilai yang dicoba tersebut pada butir B, dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan (3.6) dan persamaan (3.7) untuk mendapatkan:

1. Nilai P dan Q yang dihitung untuk simpul-simpul P Q
2. Nilai P yang dihitung untuk simpul P V

- D. Nilai P dan Q yang diketahui pada A dikurangi dengan nilai P dan Q yang didapat dari perhitungan pada C disebut nilai residu dari P dan Q. Nilai residu ini harus mendekati nol, atau  $< \epsilon$  (nilai yang dikehendaki berdasarkan suatu ketelitian perhitungan yang diinginkan). Apabila nilai residu P dan Q ini belum  $< \epsilon$ , maka harus dilakukan iterasi .
- E. Proses iterasi dilakukan dengan mengkoreksi nilai yang dicoba bagi  $|V|$  dan  $\delta$  seperti yang disebutkan dalam butir B.

Flowchart Aliran Daya Newton Raphson

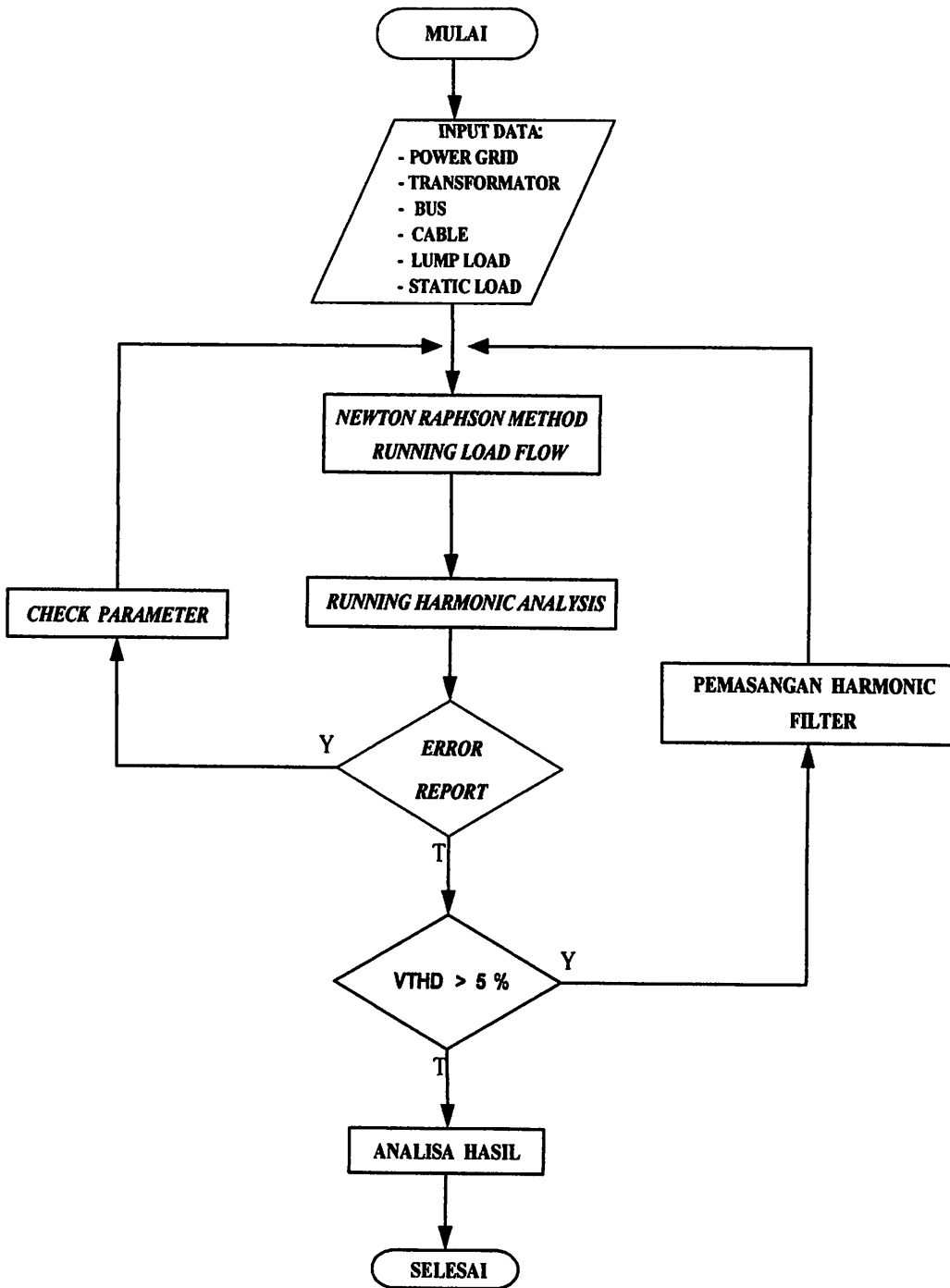


Gambar 3.1.  
Flowchart Aliran Daya Newton Raphson

### 3.3. Algoritma Pemecahan Masalah

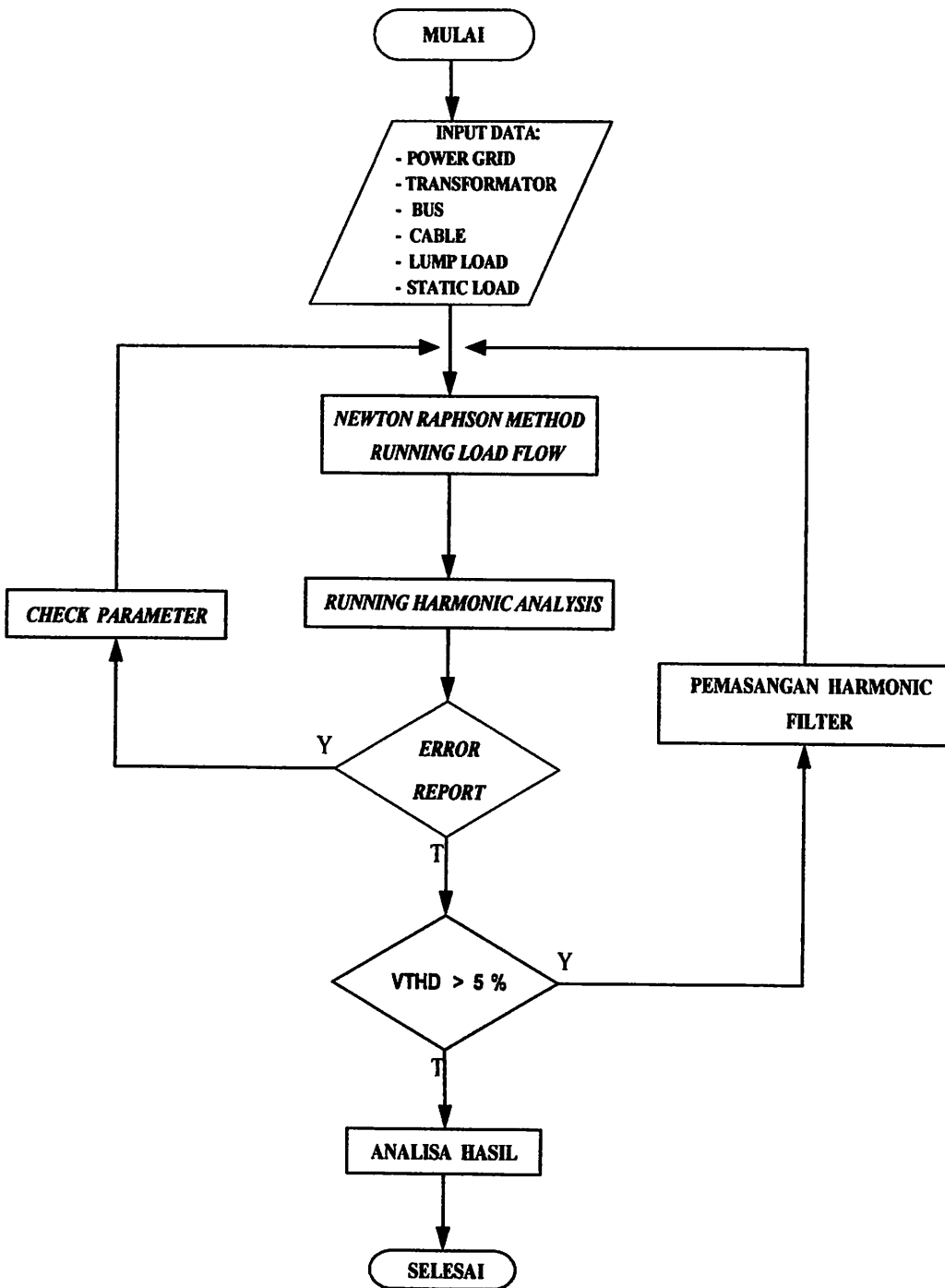
1. Mulai.
2. Masukkan Data : bus, *generator*, trafo, motor, *static load*, kabel.
3. Melakukan proses Aliran Daya atau *Load Flow* dengan menggunakan Metode Newton Raphson.
4. Melakukan *Running harmonic analysis* awal.
5. Mengecek apakah terjadi *Error Report* :
  - a. “Ya” : Cek data parameter lagi (langkah 3)
  - b. “Tidak” : Proses selanjutnya
6. Mengecek apakah VTHD lebih besar dari batas yang telah ditentukan yaitu  $> 5 \%$
7. Apabila “Ya” dilakukan pemasangan *Harmonic Filter* (langkah 3)
8. Apabila “Tidak” dilakukan cetak hasil.
9. Selesai.

Flowchart pemecahan masalah adalah sebagai berikut :



**Gambar 3.2**  
**Flowchart Analisa Pemasangan Harmonic Filter Menggunakan**  
**Software ETAP Power Station**

Flowchart pemecahan masalah adalah sebagai berikut :



**Gambar 3.2**  
**Flowchart Analisa Pemasangan Harmonic Filter Menggunakan**  
**Software ETAP Power Station**

### 3.4 Data Saluran dan Data Pembebanan Sistem Tenaga Listrik Gardu Induk

#### Pandaan<sup>[7]</sup>

#### 3.4.1 Data Saluran Sistem Tenaga Listrik Gardu Induk Pandaan

##### Penyulang udiklat

**Tabel 3.1 Data Panjang Saluran dan Luas Penampang Penyulang Udiklat**

Dari	Ke	Penampang (mm) <sup>2</sup>	Panjang (ft)
Bus 1115	Bus 460	3 x 150 Cu	4752.7
Bus 460	Bus 469	3 x 150 Cu	774.1
Bus 470	Bus 471	3 x 150 Cu	1348.1
Bus 470	Bus 472	3 x 150 Cu	206.6
Bus 472	Bus 476	3 x 150 Cu	206.6
Bus 472	Bus 474	3 x 150 Cu	272.2
Bus 476	Bus 479	3 x 150 Cu	285.4
Bus 479	Bus 481	3 x 150 Cu	790.5
Bus 481	Bus 483	3 x 150 Cu	328.0
Bus 483	Bus 484	3 x 150 Cu	567.0
Bus 483	Bus 486	3 x 150 Cu	459.2
Bus 486	Bus 488	3 x 150 Cu	465.8
Bus 488	Bus 495	3 x 150 Cu	990.6
Bus 488	Bus 489	3 x 150 Cu	364.1
Bus 489	Bus 491	3 x 150 Cu	164.0
Bus 491	Bus 493	3 x 150 Cu	328.0
Bus 491	Bus 906	3 x 150 Cu	1640.0
Bus 495	Bus 496	3 x 150 Cu	731.4
Bus 495	Bus 498	3 x 150 Cu	469.0
Bus 498	Bus 500	3 x 150 Cu	275.5
Bus 500	Bus 501	3 x 150 Cu	157.4
Bus 500	Bus 513	3 x 150 Cu	1666.2
Bus 501	Bus 503	3 x 150 Cu	269.0
Bus 503	Bus 510	3 x 150 Cu	1394.0
Bus 510	Bus 511	3 x 150 Cu	154.2

Data-data penyulang yang lain terlampir

### 3.4.2 Data Pembebanan Sistem Tenaga Listrik Gardu Induk Pandaan

#### Penyulang udiklat

**Tabel 3.2 Data Kapasitas Trafo dan Daya pada Penyulang Udiklat**

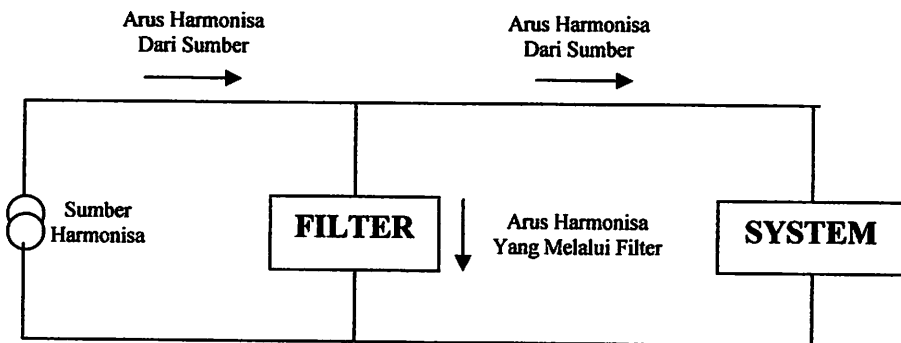
Kode Penyulang	Kode Gardu	Alamat Gardu	Kapasitas Trafo (kVA)	Daya (kVA)
UDKLA	DE 109	PT. SINGA MAS	160	105
UDKLA	DE 071	DS. SIDOMUKTI	100	65
UDKLA	DE 012	DS. JOGO NALAN	200	145
UDKLA	DE 068	JL. JUANDA	160	100
UDKLA	DE 080	PT. MINYAK GAJAH MAS	160	131
UDKLA	DE 223	PT. GATI WALUYO	50	41.5
UDKLA	DE 044	DS. KALI TENGAH	160	100
UDKLA	DE 085	DS.SANGAR REJO	160	150
UDKLA	DE 183	PT. KOKI INDOCHAN	200	131
UDKLA	DE 032	PT.ESSEX/SCHERIN G P	1000	865
UDKLA	DE 016	DS. KALI TENGAH	200	160
UDKLA	DE 063	DS. KEDUNG REJO	50	35
UDKLA	DE 045	DS. JATI ANOM	160	135
UDKLA	DE 116	PT. TAMAN DAYU	200	131
UDKLA	DE 035	PT.AQUA/TIRTA JAYA	6300	4330
UDKLA	DE 060	DS. JATI ANOM	100	67
UDKLA	DE 192	DN. JOGO SARI	100	86
UDKLA	DE 423		160	135
UDKLA	DE 023	JL. RAYA JETAK	200	160
UDKLA	DE 425	LBG PENELITIAN & KETERTIBAN	200	150
UDKLA	DE 136	CV. SINAR TERANG	200	131
UDKLA	DE 031	PT.GKSI MELK T	1600	690
UDKLA	DE 047	DS. LEBAK SARI	160	100
UDKLA	DE 011	PPL PLN UDIKLAT	250	200

Data-data penyulang yang lain terlampir



### 3.5. Filter<sup>[5]</sup>

Tujuan dari pemasangan filter harmonisa adalah untuk mereduksi amplitudofrekuensi tertentu dari sebuah tegangan dan arus. Dengan penambahan filter harmonisa pada suatu sistem tenaga listrik yang mengandung sumber-sumber harmonisa maka penyebaran arus harmonisa ke seluruh jaringan dapat ditekan sekecil mungkin. Selain itu filter harmonisa pada frekuensi dasar dapat mengkompensasi daya reaktif dan digunakan untuk memperbaiki faktor daya

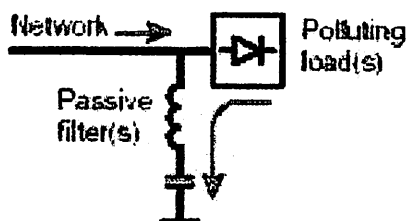


**Gambar 3.3 Pemasangan Filter Harmonisa**

Dari gambar 3.3 diketahui bahwa arus harmonisa dari sumber masuk melewati *harmonic filter* dan secara otomatis *harmonic filter* langsung mereduksi sistem yang terdistorsi akibat pengaruh harmonisa. Sehingga arus yang masuk pada sistem merupakan arus harmonisa yang telah tereduksi oleh *harmonic filter*.

Ada dua tipe dasar dari filter aktif yaitu tipe paralel dan seri. Filter aktif ini dapat bekerja untuk mengeliminasi timbulnya harmonisa dalam suatu sistem tenaga listrik 3 fasa, baik dengan kawat netral maupun tidak. Filter aktif ini bekerja dengan cara mengkompensasi arus harmonisa yang timbul pada sistem tenaga yang diakibatkan oleh penggunaan beban-beban non linier. Selain dapat mengeliminasi harmonisa yang timbul, filter aktif ini juga dapat memperbaiki

faktor daya dalam suatu sistem tenaga listrik. Saat ini, filter aktif paralel sudah banyak dikembangkan untuk memperbaiki kualitas sistem tenaga listrik.



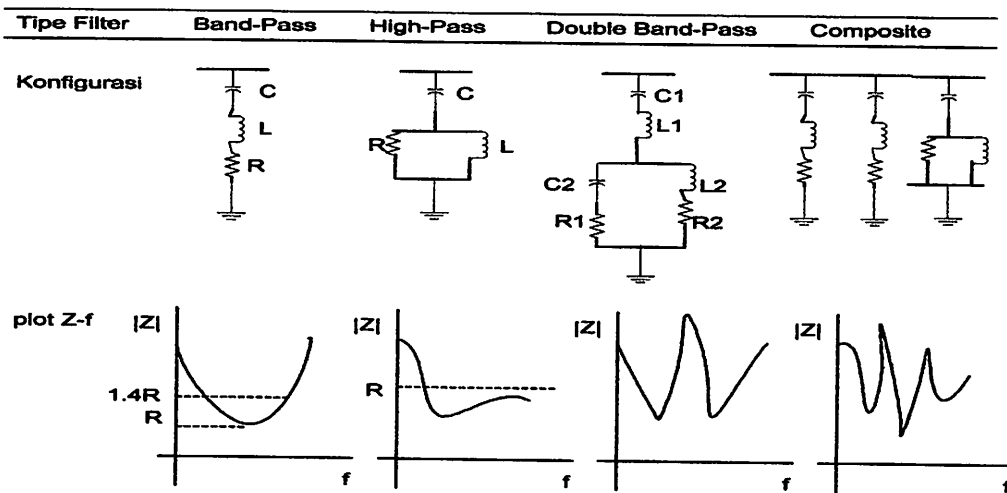
**Gambar 3.4. Rangkaian *Passive Filter* dalam Sistem<sup>[9]</sup>**

Filter pasif merupakan metode penyelesaian yang efektif dan ekonomis untuk masalah harmonisa. Filter pasif sebagian besar didisain untuk memberikan bagian khusus untuk mengalihkan arus harmonisa yang tidak diinginkan dalam sistem tenaga. Ada dua macam filter pasif yaitu filter pasif seri dan filter pasif paralel. Filter pasif seri memiliki karakteristik sebagai resonansi paralel dan merupakan tipe filter yang bersifat sebagai penghalang, yang memiliki impedansi tinggi pada frekuensi tertentu. Sebagai contohnya adalah penggunaan komponen penghalus atau perata gelombang pada peralatan elektronika daya. Sedangkan filter pasif paralel memiliki karakteristik sebagai resonansi seri dan merupakan filter yang bertipe *trap* yang memiliki impedansi yang rendah pada frekuensi tertentu.

### 3.5.1. Jenis-jenis Filter Pasif

Gambar 3.4. memperlihatkan beberapa jenis filter pasif yang umum beserta konfigurasi dan plot impedansinya. Secara umum filter pasif dapat dibedakan dalam tiga jenis :

1. *Single-Tuned / Band Pass Filter* (filter penalaan tunggal)
2. *Double-Tuned / Double Band Pass Filter* (filter penalaan ganda)
3. *High Pass Filter Type*



**Gambar 3.5. Jenis-Jenis Filter Fasif yang Umum <sup>[5]</sup>**

Plot impedansi dari sebuah *high-pass* filter orde dua (orde satu terdiri dari resistor seri dan kapasitor) memperlihatkan bahwa impedansi minimum *passband* filter ini lebih tinggi daripada sebuah *single-tuned* filter. Sebuah *high-pass* filter akan menarik sejumlah komponen harmonisa dengan frekuensi di atas frekuensi *notch*-nya. Hal ini menyebabkan rating yang tinggi pada frekuensi fundamentalnya dan rugi-rugi energi yang besar pada resistornya . Filter jenis ini biasanya digunakan untuk harmonisa orde tinggi .

*Composite* filter terdiri dari dua *bandpass* filter dan sebuah *high-pass* filter untuk frekuensi tinggi. Konfigurasi ini biasanya digunakan untuk beban tanur busur listrik (*arc-furnace*).

Dengan mengetahui tegangan fundamental dan harmonisa pada busbar, maka rating arus dan tegangan kapasitor, induktor dan resistor dapat ditentukan. Selain itu juga daya reaktif dan aktif serta rugi-ruginya dapat ditentukan pula.

Untuk mencegah kerusakan komponen-komponen ini, rating dari komponen harus didasarkan kepada beberapa kondisi yang ada yaitu tegangan fundamental tertinggi, keberadaan frekuensi tertinggi serta arus harmonisa dari sumber-sumber lain dan dari resonansi yang mungkin terjadi antara filter dan sistem ac.

Kapasitor tersusun dari unit standar yang dihubungkan seri atau paralel untuk memperoleh rating tegangan dan kVA yang diinginkan. Hal-hal pokok dari kapasitor adalah :

- a. Koefisien suhu dari komponen kapasitor.
- b. Daya reaktif per unit volume.
- c. Rugi-rugi daya.
- d. *Reliability*.
- e. Harga.

Koefisien suhu yang sangat rendah dari kapasitor lebih diharapkan untuk menala filter dalam orde penalaan supaya dapat dihindari penalaan ulang karena perubahan kapasitansi oleh perubahan suhu di sekeliling atau oleh pemanasan sendiri oleh kapasitor tersebut.

Kapasitor mendapatkan daya reaktif yang besar per unit volume dengan cara memiliki losses yang rendah dan dengan dioperasikan pada tegangan tinggi. Untuk alasan ini maka operasi yang lama pada tegangan lebih harus dihindari untuk mencegah terjadinya kerusakan dielektrik akibat panas. Rating daya reaktif kapasitor adalah penjumlahan daya reaktif pada masing-masing frekuensi yang diinginkan.

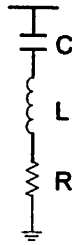
Induktor yang digunakan dalam rangkaian filter dirancang mampu menahan selubung frekuensi tinggi diantara efek kulit dan rugi-rugi histerisis harus dimasukkan dalam perhitungan rugi-rugi daya. Begitu juga efek dari level fluks dari inti besi, yaitu penalaan ulang yang disebabkan oleh magnetisasi yang tidak linier sehingga harus dipertimbangkan. Komponen induktor pada filter lebih baik dirancang dengan inti non magnetic. Rating induktor terutama tergantung pada arus rms maksimum dan pada level isolasi yang dibutuhkan agar tahan terhadap surja hubung. Umumnya R dan L ditempatkan di bagian bawah dari filter.

#### **3.5.1.1. Single-Tuned Filter**

Filter dengan penalaan tunggal ditala pada salah satu orde harmonisa (biasanya pada orde harmonisa rendah). Filter ini terdiri dari rangkaian seri kapasitor, reaktor dan resistor (RLC). Impedansi dari rangkaian *Single-Tuned Filter* dinyatakan dalam persamaan :

$$Z(\omega) = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) \quad (3.11)$$

Rangkaian filter ini mempunyai impedansi yang rendah pada frekuensi resonansinya. Sebuah shunt filter dikatakan ditala pada sebuah frekuensi jika pada frekuensi tersebut reaktansi induktif dan kapasitifnya sama dengan nol.



**Gambar 3.6. Rangkaian Filter Penalaan Tunggal<sup>[5]</sup>**

### 3.5.1.2. Double-Tuned Filter

Sebuah impedansi ekuivalen dari dua buah filter penalaan tunggal ditunjukkan pada Gambar 3.6. (a) yang memiliki frekuensi resonansi yang berdekatan dalam prakteknya sama dengan konfigurasi sebuah filter penalaan ganda yang ditunjukkan pada Gambar 3.6. (b). Hubungan antara kedua rangkaian filter ini adalah sebagai berikut :

$$C_1 = C_a + C_b \tag{3.12}$$

$$C_2 = \frac{C_a C_b (C_a + C_b) (L_a + L_b)^2}{(L_a C_a - L_b C_b)^2} \tag{3.13}$$

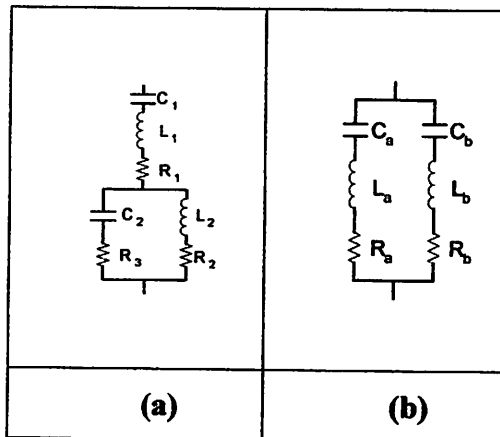
$$L_1 = \frac{L_a L_b}{L_a + L_b} \tag{3.14}$$

$$L_2 = \frac{(L_a C_a - L_b C_b)^2}{(C_a + C_b)^2 (L_a + L_b)^2} \tag{3.15}$$

$$R_2 = R_a \left[ \frac{a^2(a-X^2)}{(a+aX^2)^2(1+X^2)} \right] + R_b \left[ \frac{a-X^2}{(1+aX^2)^2(1+X^2)} \right] + R_1 \left[ \frac{(1-X^2)^2(1-aX^2)}{(1+X^2)^2(1+aX^2)} \right] \quad (3.16)$$

dengan

$$a = \frac{C_a}{C_b} \text{ dan } X = \sqrt{\frac{L_b C_b}{L_a C_a}}$$



**Gambar 3.7. Rangkaian Filter Penalaan Ganda** <sup>[5]</sup>  
**(a) Transformasi dari dua buah filter penalaan tunggal**  
**(b) Filter penalaan tunggal**

### 3.5.1.3. High Pass Filter

Sebuah high pass filter memiliki beberapa kelebihan antara lain :

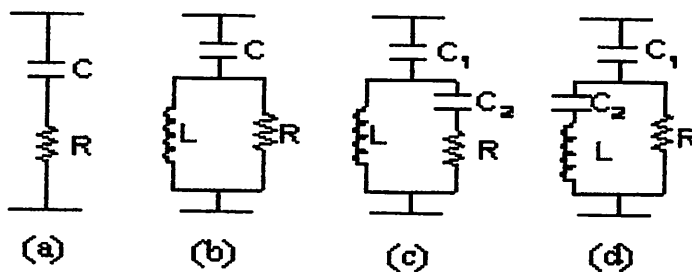
- High pass filter tidak terlalu peka terhadap perubahan suhu, perubahan frekuensi, toleransi komponen dari pabrik dan rugi-rugi dari kapasitor.
- Membuat impedansi yang rendah untuk spektrum frekuensi harmonisa yang lebar tanpa memerlukan sub-sub parallel cabang filter.

- c. Penggunaan filter penalaan sering mengakibatkan resonansi parallel antara filter dengan admitansi dari sistem pada frekuensi orde harmonisa dibawah penalaan filter yang lebih rendah. Dalam hal ini penggunaan satu atau lebih high pass filter menjadi alternatif yang dapat diterima.

Selain itu kelemahan dari high pass filter adalah :

- a. Dengan level filter yang sama perancangan high pass filter untuk VA rating yang besar (VA rating pada frekuensi fundamentalnya) akan mengalami kesulitan. Padahal dalam hal ini unjuk kerja yang baik dari suatu peralatan filter termasuk didalamnya adalah masalah koreksi faktor daya.
- b. Pada high pass filter rugi-rugi resistor dan reaktansi seera umum adalah besar.

Ada empat jenis dari high pass filter seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.7. yaitu high pass filter orde satu, orde dua, orde tiga dan jenis high pass filter tipe-C.



**Gambar 3.8. High Pass filter (a) Orde satu (b) Orde dua (c) Orde tiga (d) Type C <sup>[4]</sup>**

- a. Filter orde satu tidak biasa digunakan, jenis ini akan memerlukan kapasitor yang besar dan akan terjadi kerugian daya pada frekuensi dasarnya.



- b. Filter orde dua memberi unjuk kerja yang baik tetapi memiliki rugi-rugi yang lebih besar dibandingkan dengan high pass filter orde tiga.
- c. Filter orde tiga mempunyai keunggulan dibanding high pass filter orde dua yaitu mampu mereduksi rugi-rugi pada frekuensi dasar yang disebabkan oleh naiknya impedansi pada frekuensi tersebut. Hal ini karena kehadiran  $C_2$  dan lagi disini rating dari  $C_2$ .
- d. Unjuk kerja dari filter jenis C adalah modifikasi dari filter orde dua dan filter orde tiga. Kelebihan high pass filter jenis C adalah mampu mereduksi rugi-rugi pada frekuensi dasar ketika  $C_2$  dan L ditala seri dibawah frekuensi ini. Filter jenis C lebih mudah terpengaruh pada penyimpangan (deviasi) frekuensi dasar.

### 3.6 Penentuan Lokasi Pemasangan Harmonic Filter

Penentuan lokasi ataupun penempatan *harmonic filter* guna mereduksi harmonisa yang ada pada Gardu Induk Pandaan ialah :

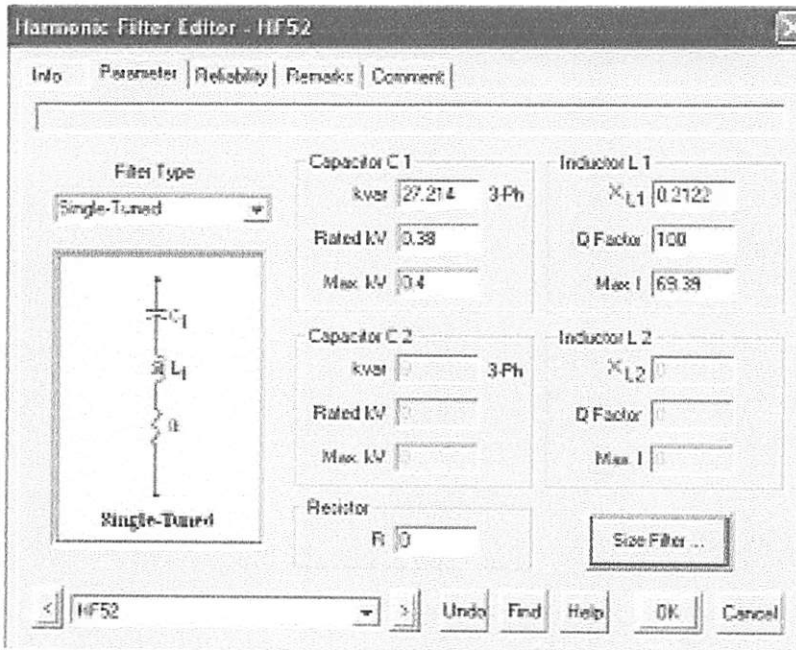
- Menjalankan/runing *load flow* guna mengetahui seberapa besar harmonisa yang ditimbulkan oleh sistem yang ada pada Gardu Induk Pandaan.
- Dari proses *load flow report*, Penentuan lokasi ataupun penempatan *harmonic filter* ditentukan melalui bus yang harmonisanya cukup besar.
- Pada Gardu Induk Pandaan, bus yang harmonisanya cukup besar ialah terletak pada bus-bus sampel yaitu bus 471, bus 490, dan bus 514, merupakan bus-bus sampel pada penyulang Udiklat. Bus 975, bus 990, bus 1066, dan bus 1082, merupakan bus-bus sampel pada penyulang Ngerong.

Bus 597, bus 662, bus 649, bus 730, dan bus 581, merupakan bus-bus sampel pada penyulang Trawas. Bus 24, bus 27, bus 39, bus 100, dan bus 108, merupakan bus-bus sampel pada penyulang Kebon Waris. Bus 807, bus 819, bus 834, bus 971, dan bus 900, merupakan bus-bus sampel pada penyulang Kasri.

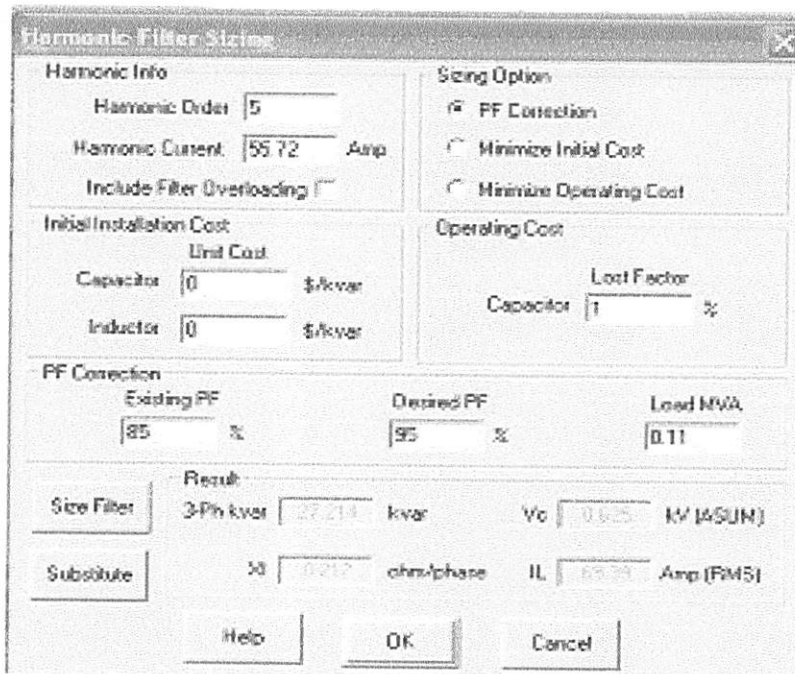
### **3.7 Penentuan Kapasitas Filter.**

Kapasitas filter ditentukan dengan melihat hasil dari *load flow report harmonic analysis* sebelum pemasangan *harmonic filter*.

- Dari *fundamental load flow report* data yang diambil antara lain ialah besarnya MVA, %PF dan Ampere pada bus yang akan dipasang *harmonic filter*.
- Dari *Harmonic Analysis* ialah pada bus *Tabulation harmonic Voltage (% of nominal voltage)* dan penentuannya dilihat pada bus yang akan dipasang dan pada orde yang harmonisanya besar.



Gambar 3.9 Harmonic Filter editor



Gambar 3.10. Harmonic Filter Sizing

Untuk mengetahui kapasitas filter, dapat dilihat seperti pada Gambar 3.9 dan Gambar 3.10. Pada parameter *harmonic filter* yang mana dapat diketahui melalui *harmonic info* yakni mengenai *harmonic orde*, *harmonic current*, *Power factor correction* yang mana meliputi *existing Power factor*, *desaired Power factor* dan load MVA. Dari data yang telah diketahui langsung dieksekusi melalui penjumlahan yang dilakukan secara otomatis melalui *Software Etap Power Station*.

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

## **BAB IV**

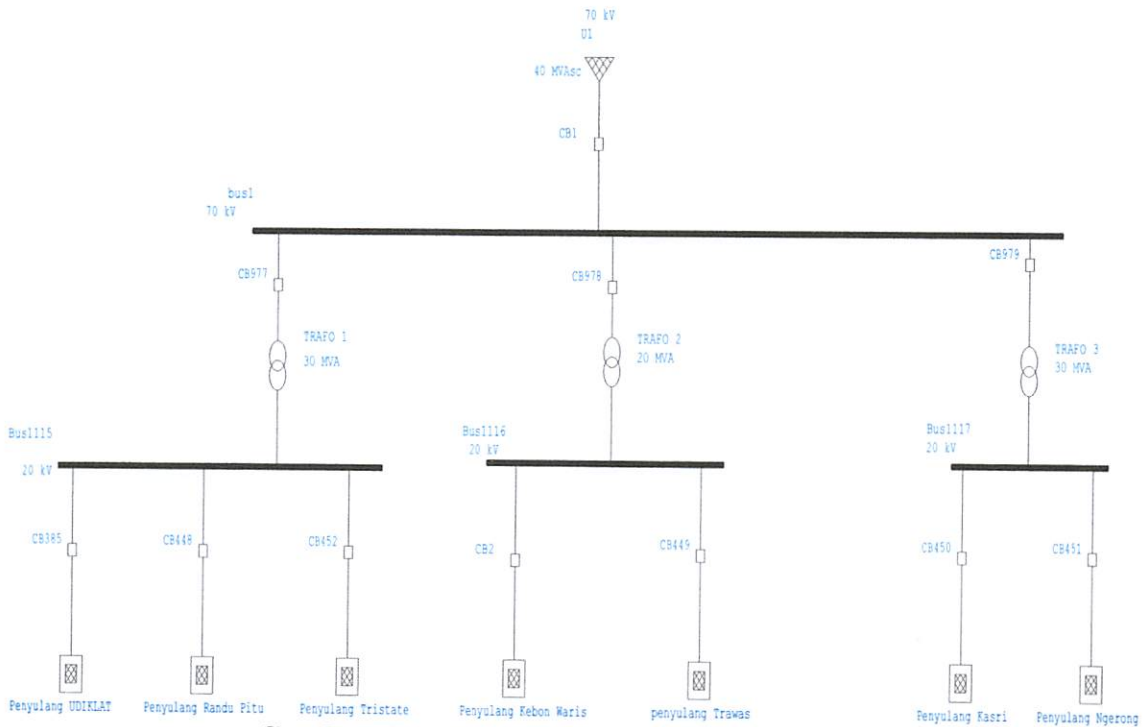
### **HASIL DAN ANALISA HASIL**

#### **4.1. Single Line GI Pandaan**

Sistem distribusi tenaga listrik diwilayah PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur Area Pelayanan dan Jaringan Pandaan disuplai 7 (tujuh) buah penyulang yang berfungsi untuk mensuplai daya listrik ke saluran pelanggan listrik.

Pendistribusian pada Gardu Induk Pandaan untuk kebutuhan tenaga listrik diwilayah Pandaan, terdapat 3 (tiga) buah trafo dengan 7 (tujuh) penyulang yang terdiri dari :

- . Trafo I Bertegangan 70/20 kV dengan daya 30 MVA
  - Penyulang Udiklat (9.07 MVA)
  - Penyulang Randu Pitu (8.02 MVA)
  - Penyulang Tristate (4 MVA)
- Trafo II Bertegangan 70/20 kV dengan daya 20 MVA
  - Penyulang Trawas (12.27 MVA)
  - Penyulang Kebon Waris (4.275 MVA)
- Trafo III Bertegangan 70/20 kV dengan daya 30 MVA
  - Penyulang Tretes (9.25 MVA)
  - Penyulang Ngerong (8.27 MVA)
  - Penyulang Kasri (11.12 MVA)



**Gambar 4.1 Single Line Gardu Induk Pandaan**

Sistem distribusi Gardu Induk Pandaan disebut dengan sistem distribusi tegangan menengah karena tegangan yang digunakan pada sistem distribusi primer adalah tegangan 20 kV. Bentuk jaringan yang dipergunakan untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik pada Gardu Induk Pandaan merupakan sistem distribusi jaringan radial karena dari *survey* dilapangan 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*).

Beban-beban yang dilayani Gardu Induk Pandaan berupa motor-motor, lampu *flourescent*, komputer, perangkat elektronik untuk rumah tangga (TV, *microwave*, pemanas). *Variable speed drive* (VSD). *Charger* baterai, *Uninterruptible Power Supply* (UPS). Peralatan-peralatan ini dapat menyebabkan

harmonisa. Asumsi ini berdasarkan teori yang telah ada bahwa harmonisa terjadi karena adanya peralatan elektronik menyebabkan timbulnya gelombang arus dan tegangan menjadi cacat sehingga tidak sinusoidal lagi.

Tujuan pemasangan *harmonic filter* pada Gardu Induk Pandaan ini untuk mereduksi harmonisa yang ada pada Gardu Induk Pandaan. Penelitian ini mengambil sampel pada 24 bus yang ada pada ke tujuh penyulang yang ada pada Gardu Induk Pandaan. Bus-bus tersebut adalah :

**Tabel 4.1 Data Harmonic Filter**

Bus Id	Kapasitor (kVar)	Reaktansi Induktor (ohm)	Resistor (ohm)
Bus 900	47	1.36	0.0673
Bus 971	34.6	0.5	0.0000
Bus 809	79.2	0.22	0.0000
Bus 819	39.6	0.44	0.0000
Bus 834	39.6	0.44	0.0000
Bus 1058	59.4	0.29	0.0000
Bus 990	66.9	0.44	0.1235
Bus 1066	39.6	0.44	0.0000
Bus 1082	39.6	0.44	0.0000
Bus 597	64.4	0.27	0.0000
Bus 649	39.6	0.44	0.0000
Bus 581	19.8	0.88	0.0000
Bus 662	39.6	0.44	0.0000
Bus 730	39.6	1.03	0.0000
Bus 27	44.6	0.39	0.0000
Bus 24	44.6	0.39	0.0000
Bus 39	34.6	0.46	0.0000
Bus 100	14.8	1.18	0.0000
Bus 108	29.6	0.59	0.34
Bus 471	54.4	0.32	0.0000
Bus 490	54.4	0.32	0.0000
Bus 514	32.2	0.18	0.0000
Bus 975	79.2	0.54	0.1362
Bus 533	69.2	0.26	0.0000
Total	1106.1	12.26	0.667

Berdasarkan pada tabel diatas dapat terlihat jumlah kapasitor yang digunakan adalah sebesar 1106.1 kVar, reaktansi induktor sebesar 12.26 ohm, dan resistor sebesar 0.667 ohm. Bus-bus Id pada tabel 4.1 merupakan tempat pemasangan *harmonic filter*. Bus 471, bus 490, dan bus 514, merupakan bus-bus sampel pada penyulang Udiklat. Bus 975, bus 990, bus 1066, dan bus 1082, merupakan bus-bus sampel pada penyulang Ngerong. Bus 597, bus 662, bus 649, bus 730, dan bus 581, merupakan bus-bus sampel pada penyulang Trawas. Bus 24, bus 27, bus 39, bus 100, dan bus 108, merupakan bus-bus sampel pada penyulang Kebon Waris. Bus 807, bus 819, bus 834, bus 971, dan bus 900, merupakan bus-bus sampel pada penyulang Kasri.

## **4.2 Aliran Daya**

### **4.2.1 Sebelum Pemasangan Harmonik Filter**

Tabel 4.1 menjelaskan jenis-jenis sumber harmonisa yang digunakan dalam penelitian. Bus-bus yang tertulis dalam tabel tersebut merupakan bus beban yang diberi sumber harmonisa. Sumber-sumber harmonisa yang digunakan adalah sesuai dengan library pada ETAP *Power Station*.



**Tabel 4.2 Fundamental Load Flow Report Menggunakan ETAP Power Station Pada Keadaan Sebelum Pemasangan Harmonic Filter**

FUNDAMENTAL LOAD FLOW REPORT														
Bus		Voltage		Generation		Motor Load		Static Load		Load Flow				
ID	kV	%Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%PF
Bus471	0.380	96.778	-62.0	0	0	0	0	0.12	0.07	Bus470	-0.12	-0.07	213	85.00
Bus490	0.380	97.085	-61.8	0	0	0	0	0.10	0.06	Bus489	-0.10	-0.06	191	84.99
Bus514	0.380	96.730	-62.0	0	0	0	0	0.12	0.07	Bus513	-0.12	-0.07	213	84.99
Bus975	0.380	97.235	-61.7	0	0	0	0	0.08	0.05	Bus973	-0.08	-0.05	146	84.99
Bus990	0.380	97.635	-61.5	0	0	0	0	0.09	0.05	Bus989	-0.09	-0.05	155	84.99
Bus1066	0.380	97.165	-61.8	0	0	0	0	0.08	0.05	Bus1067	-0.08	-0.05	147	85.02
Bus1082	0.380	97.753	-61.4	0	0	0	0	0.08	0.05	Bus1083	-0.08	-0.05	148	85.02
Bus597	0.380	97.518	-61.5	0	0	0	0	0.12	0.08	Bus1113	-0.12	-0.08	222	85.01
Bus662	0.380	97.201	-61.8	0	0	0	0	0.08	0.05	Bus661	-0.08	-0.05	147	84.99
Bus649	0.380	97.221	-61.8	0	0	0	0	0.08	0.05	Bus647	-0.08	-0.05	147	85.00
Bus730	0.380	97.732	-61.4	0	0	0	0	0.08	0.05	Bus731	-0.08	-0.05	148	85.02
Bus581	0.380	97.309	-61.7	0	0	0	0	0.04	0.02	Bus580	-0.04	-0.02	66	84.99
Bus807	0.380	96.948	-61.9	0	0	0	0	0.02	0.01	Bus806	-0.05	-0.03	100	85.00
Bus819	0.380	97.212	-61.8	0	0	0	0	0.08	0.05	Bus818	-0.08	-0.05	147	84.99
Bus834	0.380	97.175	-61.8	0	0	0	0	0.08	0.05	Bus833	-0.08	-0.05	140	84.99
Bus971	0.380	96.234	-62.4	0	0	0	0	0.07	0.04	Bus970	-0.07	-0.04	124	85.00
Bus900	0.380	97.272	-61.7	0	0	0	0	0.02	0.01	Bus1010	-0.02	-0.01	44	85.04
Bus533	0.380	97.459	-61.6	0	0	0	0	0.07	0.05	Bus532	-0.07	-0.05	133	84.99

Tabel 4.2 diatas merupakan tabel *Fundamental Load Flow Report* yang didapat dari simulasi ETAP *Power Station* pada keadaan sebelum pemasangan harmonik filter. Beban yang digunakan berupa beban *static load*. Seperti dilihat dapat diketahui besar daya nyata (MW) dan reaktifnya (Mvar). Pada bagian *load flow* dapat dilihat bus ID yang merupakan bus aliran daya, terdapat pula aliran daya nyata (MW) dan daya reaktif (Mvar), Arus dan *Power Factor*.

**Tabel 4.3 System Harmonics Information Menggunakan ETAP Power Station Pada Keadaan Sebelum Pemasangan Harmonic Filter**

SYSTEM HARMONICS INFORMATION													
Bus		Voltage Distortion						Current Distortion					
		Fund.	RMS	ASUM	THD			Fund.	RMS	ASUM	THD		
ID	kV	%	%	%	%	TIF	To Bus ID	Amp	Amp	Amp	%	TIF	IT
Bus24	0.380	97.22	97.66	128.83	9.53	443.86	Bus5	147.74	152.66	232.52	26.01	370.84	56611.82
Bus27	0.380	97.76	97.96	114.34	6.28	339.05	Bus14	148.58	149.57	181.85	11.57	393.70	58884.98
Bus39	0.380	96.24	97.06	139.40	13.12	610.49	Bus37	124.31	128.53	196.37	26.28	374.39	48120.05
Bus100	0.380	97.31	97.72	127.65	9.14	425.21	Bus98	44.37	45.84	69.80	25.98	370.47	16983.55
Bus108	0.380	96.88	97.27	119.85	8.97	481.48	Bus109	103.02	103.72	126.31	11.68	397.42	41219.48
Bus471	0.380	96.78	97.39	133.92	11.22	523.32	Bus470	213.26	220.42	336.19	26.13	372.41	82087.15
Bus490	0.380	97.08	97.44	118.60	8.51	450.81	Bus489	191.83	193.13	235.08	11.65	396.38	76550.48
Bus581	0.380	97.31	97.59	117.00	7.58	409.33	Bus580	66.55	67.00	81.53	11.62	395.48	26498.25
Bus597	0.380	97.52	97.87	126.38	8.50	424.50	Bus1113	222.20	229.56	349.37	25.94	369.92	84917.74
Bus662	0.380	97.20	97.50	117.66	7.90	426.52	Bus661	147.72	148.72	181.00	11.64	395.95	58884.98
Bus809	0.380	96.45	97.21	138.13	12.58	587.92	Bus808	293.14	303.05	462.70	26.22	373.61	113223.65
Bus819	0.380	97.21	97.55	118.47	8.33	441.58	Bus818	147.74	148.74	181.01	11.63	395.90	58884.98
Bus514	0.380	96.73	96.88	109.78	5.62	202.83	Bus513	213.18	214.24	261.77	9.97	250.54	53676.41
Bus533	0.380	97.46	97.82	126.25	8.65	402.97	Bus532	133.33	137.74	209.63	25.94	369.90	50950.64
Bus649	0.380	97.22	97.66	128.79	9.51	444.11	Bus647	147.74	152.66	232.52	26.01	370.84	56611.82
Bus730	0.380	97.73	98.01	122.75	7.51	351.28	Bus731	148.42	153.31	233.20	25.89	369.26	56611.82
Bus834	0.380	97.18	97.65	130.21	9.91	461.78	Bus833	140.30	144.97	220.84	26.02	370.98	53781.23
Bus900	0.380	97.27	99.36	177.60	20.81	1617.79	Bus1010	44.31	46.30	83.52	30.32	833.30	38583.02
Bus971	0.380	96.23	97.09	140.47	13.37	625.49	Bus970	124.31	128.53	196.38	26.27	374.38	48120.05
Bus975	0.380	97.24	99.46	180.16	21.49	1668.07	Bus973	146.30	152.87	275.70	30.30	832.89	127323.97
Bus990	0.380	97.64	98.91	142.49	16.24	1361.21	Bus989	155.82	157.50	212.93	14.75	731.97	115287.95
Bus1082	0.380	97.75	97.97	115.12	6.70	353.11	Bus1083	148.48	149.47	181.75	11.58	393.96	58884.98
Bus1058	0.380	96.64	97.13	122.06	10.08	535.38	Bus1059	220.18	221.69	270.09	11.71	398.44	88327.48
Bus1066	0.380	97.16	97.63	129.88	9.81	456.87	Bus1067	147.57	152.49	232.35	26.04	371.24	56611.82

Tabel 4.3 diatas menjelaskan *System Harmonics Information* menggunakan ETAP Power Station pada keadaan sebelum pemasangan *Harmonic Filter*. Tabel tersebut terbagi atas 2 bagian yaitu *Voltage Distortion* dan *Current Distortion*. Dari *Voltage Distortion* dapat terlihat THD tegangan dan *Current Distortion* dapat terlihat THD arusnya.

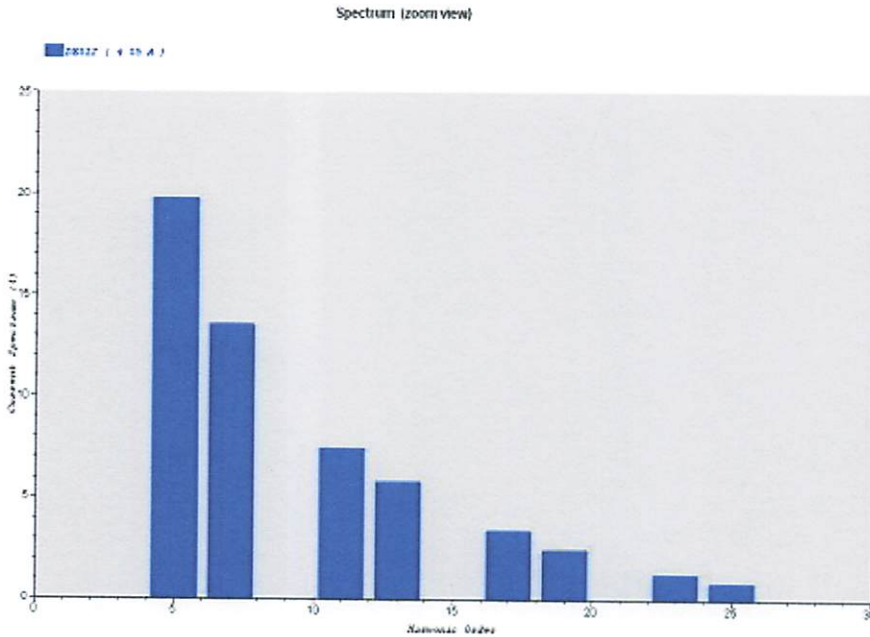
**Tabel 4.4 Branch Tabulation Menggunakan ETAP Power Station  
Pada Keadaan Sebelum Pemasangan Harmonik Filter**

BRANCH TABULATION																		
Branch ID	Fundamental (A)	% Harmonic Currents (% of Fundamental Current)																
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	19	23
		25	29	31	35	37	41	43	47	49	53	55	59	61	65	67	71	73
able3	3.14	0.00	0.00	0.00	34.42	0.00	27.71	0.00	0.00	0.00	31.08	0.00	21.74	0.00	0.00	6.08	3.77	4.86
		7.45	1.91	1.20	1.84	1.42	0.98	1.15	1.50	1.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ble14	5.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.61	0.00	3.70	0.00	0.00	0.00	0.00	1.56
		1.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ble24	2.76	0.00	0.00	0.00	12.31	0.00	8.76	0.00	0.00	0.00	7.34	0.00	5.29	0.00	0.00	0.00	0.00	1.43
		1.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ble72	2.53	0.00	0.00	0.00	6.97	0.00	4.83	0.00	0.00	0.00	3.24	0.00	2.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ble77	1.89	0.00	0.00	0.00	1.78	0.00	2.08	0.00	0.00	0.00	7.66	0.00	5.40	0.00	0.00	0.00	0.00	2.57
		2.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E001	4.22	0.00	0.00	0.00	19.59	0.00	13.44	0.00	0.00	0.00	7.38	0.00	5.74	0.00	0.00	3.38	2.46	1.23
		0.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E002	2.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.49	0.00	6.85	0.00	0.00	0.00	0.00	2.86
		2.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E007	2.81	0.00	0.00	0.00	19.64	0.00	13.47	0.00	0.00	0.00	7.40	0.00	5.76	0.00	0.00	3.39	2.47	1.23
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E012	4.05	0.00	0.00	0.00	19.73	0.00	13.53	0.00	0.00	0.00	7.44	0.00	5.78	0.00	0.00	3.41	2.48	1.24
		0.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E014	0.84	0.00	0.00	0.00	21.61	0.00	13.42	0.00	0.00	0.00	9.24	0.00	7.30	0.00	0.00	5.80	4.95	4.18
		3.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

lanjutan tabel dapat dilihat pada lampiran

Tabel 4.4 menjelaskan *branch tabulation* yang terdiri dari branch ID yang merupakan data ID yang terdapat harmonisa. ID DE merupakan kode yang digunakan Gardu Induk Pandaan untuk menyatakan penamaan pada trafo. Pada

tabel ini dapat dilihat orde-orde yang banyak menghasilkan harmonisa. Adapun gambar diagram dari tabel dibawah dapat dilihat pada gambar diagram 4.2 dibawah ini.



**Gambar 4.2 Spectrum pada DE012 Sebelum Pemasangan *Harmonic Filter***

Gambar 4.2 menggambarkan kondisi harmonisa arus sebelum pemasangan *harmonic filter* sesuai dengan data tabel 4.4. Dari gambar tersebut diketahui bahwa harmonisa arus terbesar terdapat pada orde 5 sebesar 19.73 % dan terkecil pada orde 23 sebesar 1.24 %.

**Tabel 4.5 Hasil *Brach Losses* Menggunakan *ETAP Power Station*  
Pada Keadaan Sebelum Pemasangan *Harmonic Filter***

BRANCH LOSSES Summary Report									
CKT / Branch ID	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	Kvar	From	To	
DE012	0.109	0.073	-0.108	-0.067	1.1	6.1	96.5	93.4	3.10
DE016	0.097	0.065	-0.096	-0.060	0.8	4.9	96.2	93.4	2.77
DE023	0.107	0.072	-0.106	-0.066	1.0	6.0	96.0	92.9	3.08
DE066	0.071	0.047	-0.070	-0.043	0.6	3.4	93.8	91.2	2.57
DE020	0.074	0.049	-0.074	-0.046	0.5	3.0	93.1	91.0	2.17
DE037	-0.070	-0.043	0.070	0.046	0.5	2.7	90.5	92.6	2.06
DE001	-0.107	-0.066	0.108	0.071	0.9	4.4	91.5	93.8	2.31
DE007	0.071	0.047	-0.070	-0.043	0.6	3.4	93.4	90.8	2.59
DE072	0.071	0.047	-0.070	-0.043	0.6	3.4	93.4	90.8	2.59
DE112	-0.069	-0.043	0.069	0.045	0.5	2.7	90.0	92.0	2.04
DE046	0.032	0.021	-0.032	-0.020	0.3	1.5	93.9	91.4	2.50
DE371	0.075	0.052	-0.074	-0.046	1.0	6.0	95.2	90.8	4.39
DE002	0.074	0.048	-0.073	-0.045	0.5	2.9	95.0	92.9	2.11
DE058	0.061	0.041	-0.060	-0.037	0.7	4.0	95.0	91.4	3.56
DE171	0.022	0.015	-0.022	-0.014	0.2	1.0	95.0	92.4	2.53
DE186	-0.050	-0.031	0.051	0.034	0.5	2.8	92.0	95.0	2.94
DE200	0.053	0.035	-0.052	-0.032	0.5	3.0	94.3	91.2	3.09
DE027	0.071	0.047	-0.070	-0.043	0.6	3.4	93.3	90.7	2.58
DE028	0.067	0.044	-0.066	-0.041	0.6	3.3	93.1	90.4	2.61
DE014	-0.021	-0.013	0.021	0.014	0.2	1.0	90.1	92.6	2.46
DE015	0.058	0.039	-0.058	-0.036	0.7	3.8	92.7	89.2	3.48
DE091	0.069	0.046	-0.069	-0.043	0.5	3.0	97.2	94.8	2.43
Cable289	6.773	4.476	-6.762	-4.478	11.0	-1.1	96.7	96.5	0.17
Cable301	0.236	0.140	-0.236	-0.143	0.0	-2.6	96.2	96.2	0.00
Cable309	1.161	0.752	-1.161	-0.764	0.4	-11.5	96.0	96.0	0.04
Cable551	-0.158	-0.091	0.158	0.084	0.0	-7.7	93.8	93.8	0.00
Cable560	6.012	3.984	-6.011	-3.985	0.8	-0.2	93.1	93.1	0.01
Cable599	1.546	0.962	-1.546	-0.966	0.2	-3.2	92.8	92.8	0.01
Cable608	0.481	0.321	-0.481	-0.323	0.0	-2.0	92.6	92.6	0.00
Cable621	9.348	5.669	-9.332	-5.661	16.7	7.9	94.0	93.8	0.19
Cable363	7.218	4.329	-7.207	-4.329	10.3	0.6	93.5	93.4	0.14
Cable382	0.245	0.136	-0.245	-0.139	0.0	-2.9	93.4	93.4	0.00
Cable416	0.069	0.025	-0.069	-0.045	0.0	-19.9	92.0	92.0	0.00
Cable347	0.032	0.018	-0.032	-0.021	0.0	-3.7	93.9	93.9	0.00
Cable3	4.174	2.019	-4.170	-2.026	3.5	-6.2	95.2	95.1	0.09
Cable14	0.074	0.046	-0.074	-0.048	0.0	-2.4	95.0	95.0	0.00
Cable24	0.447	0.167	-0.447	-0.179	0.1	-11.9	95.0	95.0	0.01
Cable72	0.095	0.010	-0.095	-0.050	0.0	-40.1	95.0	95.0	0.01
Cable77	0.051	-0.000	-0.051	-0.034	0.0	-34.1	95.0	95.0	0.00
Cable460	14.826	10.168	-14.781	-10.140	45.2	27.8	94.3	94.0	0.30

Lanjutan tabel 4.5

CKT / Branch ID	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	Kvar	From	To	
Cable467	13.888	9.535	-13.840	-9.506	48.3	28.9	93.7	93.3	0.34
Cable476	10.767	7.419	-10.761	-7.416	6.5	3.2	93.1	93.1	0.06
Cable497	5.956	4.108	-5.955	-4.109	1.3	-0.2	92.7	92.7	0.02
Cable570	0.021	0.012	-0.021	-0.014	0.0	-1.3	92.6	92.6	0.00
Cable320	-5.423	-3.585	5.432	3.579	9.4	-6.0	97.2	97.4	0.18
					167.257	-12.7			

Tabel 4.5 menjelaskan Hasil *Brach Losses* Menggunakan ETAP *Power Station* Pada Keadaan Sebelum Pemasangan *Harmonic Filter*. Dari tabel tersebut dapat terlihat rugi-rugi (*losses*) daya nyata (kW) dan daya reaktif (kvar).

**Tabel 4.6 Voltage Individual Harmonic Distorsion (VIHD) Report**

<b>VIHD (Individual Harmonic Distortion) Report</b>				
Bus		Voltage Distortion		
		Fund.	VHD	Order
ID	kV	%	%	
Bus24	0.380	97.22	9.53	27
Bus27	0.380	97.76	6.27	19
Bus39	0.380	96.24	13.12	27
Bus100	0.380	97.31	9.14	27
Bus108	0.380	96.88	8.95	23
Bus471	0.380	96.78	11.53	27
Bus490	0.380	97.08	8.69	23
Bus514	0.380	96.73	5.64	19
Bus533	0.380	97.46	8.97	17
Bus554	0.380	96.68	11.49	27
Bus581	0.380	97.31	7.56	22
Bus597	0.380	97.52	8.49	27
Bus649	0.380	97.22	9.49	27
Bus662	0.380	97.20	7.88	22
Bus819	0.380	97.21	8.35	22
Bus900	0.380	97.27	20.82	27

Lanjutan tabel 4.6

Bus		Voltage Distortion		
		Fund.	VHD	
ID	kV	%	%	Order
Bus730	0.380	97.73	7.48	17
Bus809	0.380	96.45	12.63	27
Bus834	0.380	97.18	9.96	27
Bus971	0.380	96.23	13.42	27
Bus975	0.380	97.24	21.51	27
Bus990	0.380	97.64	16.24	27
Bus1058	0.380	96.64	10.10	23
Bus1066	0.380	97.16	9.86	27

Tabel 4.6 menjelaskan *Voltage Individual Harmonic Distorsion (VIHD) Report* dimana terdapat bus ID dan % THD tegangan dan ordenya. Begitu pula pada tabel 4.7 berupa total dari tegangan harmonisa.

**Tabel 4.7 Voltage Total Harmonic Distorsion Report**

VTHD (Total Harmonic Distortion) Report			
Bus		Voltage Distortion	
		fund	THD
ID	kV	%	%
Bus24	0.380	97.22	9.53
Bus27	0.380	97.76	6.27
Bus39	0.380	96.24	13.12
Bus554	0.380	96.68	11.49
Bus581	0.380	97.31	7.56
Bus597	0.380	97.52	8.49
Bus649	0.380	97.22	9.49
Bus662	0.380	97.20	7.88
Bus730	0.380	97.73	7.48

Lanjutan tabel 4.7

Bus		Voltage Distortion	
		fund	THD
ID	%	%	%
Bus100	0.380	97.31	9.14
Bus108	0.380	96.88	8.95
Bus471	0.380	96.78	11.53
Bus490	0.380	97.08	8.69
Bus514	0.380	96.73	5.64
Bus533	0.380	97.46	8.97
Bus809	0.380	96.45	12.63
Bus819	0.380	97.21	8.35
Bus834	0.380	97.18	9.96
Bus900	0.380	97.27	20.82
Bus971	0.380	96.23	13.42
Bus975	0.380	97.24	21.51
Bus990	0.380	97.64	16.24
Bus1058	0.380	96.64	10.10
Bus1066	0.380	97.16	9.86

#### 4.2.2 Sesudah Pemasangan Harmonic Filter

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

Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan *software* ETAP Power Station sebelum pemasangan harmonic filter. Diperoleh  $\cos \phi$  pada bus-bus yang



diberi sumber harmonisa dapat dilihat pada tabel 4.8 *Fundamental Load Flow Report*.

**Tabel 4.8 *Fundamental Load Flow Report* Menggunakan ETAP Power Station Pada Keadaan Sesudah Pemasangan *Harmonic Filter***

FUNDAMENTAL LOAD FLOW REPORT														
Bus		Voltage		Generation		Motor Load		Static Load		Load Flow				
ID	kV	%Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%PF
Bus471	0.380	98.547	-62.3	0	0	0	0	0.12	0.05	Bus470	-0.12	-0.02	187	98.67
Bus490	0.380	98.866	-62.0	0	0	0	0	0.11	0.04	Bus489	-0.11	-0.01	167	99.38
Bus514	0.380	97.778	-62.2	0	0	0	0	0.12	0.04	Bus513	-0.12	-0.04	193	94.44
Bus975	0.380	100.495	-62.1	0	0	0	0	0.08	0.03	Bus973	-0.09	0.03	135	94.71
Bus990	0.380	99.841	-61.7	0	0	0	0	0.09	0.03	Bus989	-0.09	0.01	137	98.95
Bus1066	0.380	98.786	-62.0	0	0	0	0	0.08	0.03	Bus1067	-0.08	-0.01	128	99.05
Bus1082	0.380	99.062	-61.6	0	0	0	0	0.08	0.03	Bus1083	-0.08	-0.01	129	99.05
Bus597	0.380	99.014	-61.7	0	0	0	0	0.13	0.05	Bus1113	-0.13	-0.01	192	99.51
Bus662	0.380	98.822	-62.0	0	0	0	0	0.08	0.03	Bus661	-0.08	-0.01	128	99.04
Bus649	0.380	98.843	-62.0	0	0	0	0	0.08	0.03	Bus647	-0.08	-0.01	128	99.04
Bus730	0.380	98.520	-61.5	0	0	0	0	0.08	0.05	Bus731	-0.08	-0.03	133	94.99
Bus581	0.380	99.045	-61.9	0	0	0	0	0.04	0.01	Bus580	-0.04	-0.00	57	99.63
Bus807	0.380	96.949	-61.9	0	0	0	0	0.02	0.01	Bus806	-0.05	-0.03	100	85.00
Bus819	0.380	98.834	-62.0	0	0	0	0	0.08	0.03	Bus818	-0.08	-0.01	128	99.04
Bus834	0.380	98.905	-62.0	0	0	0	0	0.08	0.03	Bus833	-0.08	-0.01	122	99.35
Bus971	0.380	98.467	-62.7	0	0	0	0	0.07	0.03	Bus970	-0.07	-0.01	108	99.22
Bus900	0.380	103.649	-62.5	0	0	0	0	0.03	-0.00	Bus1010	-0.03	0.03	64	92.31
Bus533	0.380	100.349	-61.9	0	0	0	0	0.08	0.01	Bus532	-0.08	0.02	122	95.42

Tabel 4.9 dibawah menjelaskan *System Harmonics Information* menggunakan ETAP Power Station pada keadaan sesudah pemasangan *Harmonic Filter*. Tabel tersebut terbagi atas 2 bagian yaitu *Voltage Distortion* dan *Current Distortion*. Dari *Voltage Distortion* dapat terlihat THD tegangan dan *Current Distortion* dapat terlihat THD arusnya. THD tegangan dan THD arus pada tabel tersebut bila dibandingkan dengan sebelum pemasangan harmonic filter telah terjadi perubahan. Dan perubahannya itu telah mencapai standar IEEE.

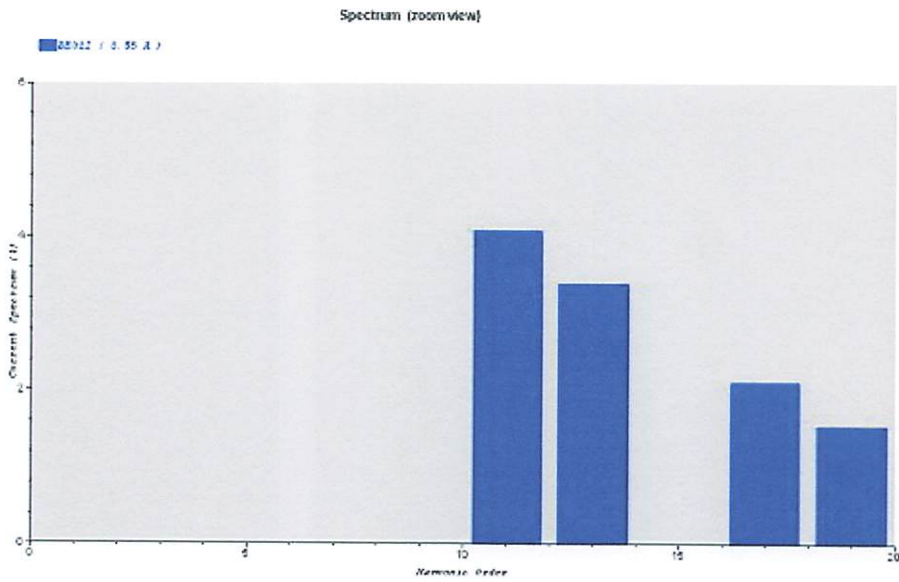
**Tabel 4.9 System Harmonics Information Menggunakan ETAP Power Station Pada Keadaan Sesudah Pemasangan Harmonic Filter**

SYSTEM HARMONICS INFORMATION													
Bus		Voltage Distortion						Current Distortion					
		Fund.	RMS	ASUM	THD			Fund.	RMS	ASUM	THD		
ID	kV	%	%	%	%	TIF	To Bus ID	Amp	Amp	Amp	%	TIF	IT
Bus24	0.380	99.05	99.11	111.13	3.70	224.69	Bus5	128.36	128.61	147.31	6.17	224.09	28820.05
Bus27	0.380	99.24	99.31	108.23	3.59	198.18	Bus14	128.62	128.99	147.93	7.60	266.69	34400.11
Bus39	0.380	98.47	98.57	113.07	4.51	271.76	Bus37	108.98	109.14	123.16	5.44	198.52	21665.74
Bus100	0.380	99.27	99.33	110.48	3.42	207.66	Bus98	38.49	38.56	44.00	6.00	217.67	8392.26
Bus108	0.380	98.81	98.90	109.71	4.39	241.69	Bus109	90.70	90.89	102.24	6.43	227.56	20683.57
Bus471	0.380	98.55	98.64	112.88	4.42	267.02	Bus470	187.08	187.42	214.21	6.02	220.10	41250.42
Bus490	0.380	98.87	98.96	109.59	4.33	237.43	Bus489	167.09	167.47	189.28	6.69	237.55	39781.95
Bus581	0.380	99.05	99.12	108.98	3.99	219.86	Bus580	57.80	57.94	65.77	7.00	246.51	14283.17
Bus597	0.380	99.01	99.08	111.08	3.65	228.69	Bus113	192.77	193.21	223.75	6.76	243.15	46978.67
Bus662	0.380	98.82	98.91	109.50	4.30	236.66	Bus661	128.91	129.24	147.20	7.19	252.96	32693.14
Bus809	0.380	98.49	98.60	113.16	4.52	272.56	Bus808	256.96	257.35	291.29	5.55	203.27	52313.32
Bus819	0.380	98.83	98.93	109.73	4.38	241.14	Bus818	128.92	129.24	146.80	6.98	247.58	31996.22
Bus514	0.380	97.78	97.87	107.14	4.24	157.63	Bus513	193.95	194.47	224.01	7.35	209.33	40709.40
Bus533	0.380	100.35	100.38	108.85	2.58	154.16	Bus532	122.30	122.42	135.27	4.39	161.45	19765.63
Bus649	0.380	98.84	98.92	111.64	3.92	239.21	Bus647	128.93	129.20	149.01	6.51	235.92	30481.64
Bus730	0.380	98.52	98.62	113.14	4.48	275.23	Bus731	133.92	134.47	162.80	9.00	320.36	43077.22
Bus834	0.380	98.90	98.98	111.72	3.93	237.76	Bus833	122.18	122.41	140.20	6.12	223.62	27372.15
Bus900	0.380	103.65	103.67	111.17	1.97	165.45	Bus1010	64.57	64.57	67.36	1.38	61.10	3945.63
Bus971	0.380	98.47	98.57	113.26	4.56	274.67	Bus970	108.98	109.13	122.83	5.29	193.75	21143.69
Bus975	0.380	100.50	100.54	111.03	3.01	261.38	Bus973	135.75	135.78	145.15	1.94	136.74	18565.36
Bus990	0.380	99.84	99.94	111.54	4.56	401.38	Bus989	137.04	137.12	149.23	3.40	238.68	32728.74
Bus1082	0.380	99.06	99.14	108.76	3.88	213.41	Bus1083	129.17	129.56	148.96	7.72	272.74	35335.06
Bus1058	0.380	98.57	98.68	110.49	4.82	264.93	Bus1059	192.79	193.18	217.13	6.36	225.90	43639.24
Bus1066	0.380	98.79	98.87	111.88	4.01	243.14	Bus1067	128.81	129.06	148.37	6.30	230.07	29693.40

Tabel 4.10 menjelaskan *branch tabulation* yang terdiri dari branch ID yang merupakan data ID yang terdapat harmonisa. ID DE merupakan kode yang digunakan Gardu Induk Pandaan untuk menyatakan penamaan pada trafo. Pada tabel ini dapat dilihat orde-orde yang awalnya menghasilkan harmonisa yang besar telah tereduksi. Data-data pada tabel 4.10 dapat digambarkan seperti gambar berikut ini.

**Tabel 4.10 System Harmonics Information Menggunakan ETAP Power Station Pada Keadaan Sesudah Pemasangan Harmonic Filter**

<b>BRANCH TABULATION</b>																		
<b>% Harmonic Currents (% of Fundamental Current)</b>																		
Branch ID	Fundamental A	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	19	23
		25	29	31	35	37	41	43	47	49	53	55	59	61	65	67	71	73
Cable3	3.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.57	0.00	11.85	0.00	0.00	3.60	2.27	2.68
		4.00	0.00	0.00	0.95	0.00	0.00	0.00	0.95	1.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cable14	4.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.80	0.00	2.40	0.00	0.00	0.00	0.00	1.04
		0.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cable24	2.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.71	0.00	2.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cable72	2.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.59	0.00	1.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cable77	2.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.28	0.00	2.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BE001	3.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.62	0.00	3.84	0.00	0.00	2.30	1.67	0.84
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BE002	2.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.39	0.00	4.64	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00
		1.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BE007	2.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.42	0.00	3.69	0.00	0.00	2.23	1.63	0.00
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BE012	3.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.07	0.00	3.39	0.00	0.00	2.10	1.54	0.00
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BE014	1.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BE001	3.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.62	0.00	3.84	0.00	0.00	2.30	1.67	0.84
		0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



**Gambar 4.3. Spectrum pada DE012 Sesudah Pemasangan *Harmonic Filter***

Gambar 4.3. merupakan diagram batang yang menggambarkan kondisi harmonisa arus sesudah pemasangan *harmonic filter* sesuai dengan data tabel 4.10. Dari gambar tersebut diketahui harmonisa arus terbesar terdapat pada orde 5 harmonisanya 19.73 % dan terkecil pada orde 19 sebesar 1.54 %.

**Tabel 4.11 Hasil *Brach Losses* Menggunakan ETAP Power Station  
Pada Keadaan Sesudah Pemasangan *Harmonic Filter***

<b>BRANCH LOSSES Summary Report</b>									
<b>CKT / Branch</b>	<b>From-To Bus Flow</b>		<b>To-From Bus Flow</b>		<b>Losses</b>		<b>% Bus Voltage</b>		<b>Vd % Drop in Vmag</b>
<b>ID</b>	<b>MW</b>	<b>Mvar</b>	<b>MW</b>	<b>Mvar</b>	<b>kW</b>	<b>Kvar</b>	<b>From</b>	<b>To</b>	
DE012	0.113	0.023	-0.112	-0.018	0.8	4.7	96.6	95.2	1.39
DE016	0.101	0.015	-0.100	-0.011	0.6	3.7	96.3	95.2	1.06
DE023	0.110	0.043	-0.109	-0.038	0.9	5.0	96.1	94.0	2.07
DE066	0.076	-0.023	-0.075	0.025	0.5	2.9	94.0	94.4	0.48
DE020	0.078	-0.009	-0.078	0.011	0.4	2.4	93.3	93.2	0.12
DE037	-0.072	-0.010	0.072	0.012	0.4	2.1	91.9	92.8	0.85
DE001	-0.110	-0.011	0.111	0.014	0.7	3.3	93.0	93.9	0.91
DE007	0.073	0.013	-0.073	-0.010	0.5	2.6	93.5	92.5	1.07
DE072	0.073	0.013	-0.073	-0.010	0.5	2.6	93.5	92.5	1.07
DE112	-0.070	-0.023	0.071	0.025	0.4	2.2	90.9	92.2	1.32
DE046	0.032	0.021	-0.032	-0.02	0.3	1.5	93.9	91.4	2.5
DE371	0.075	0.052	-0.074	-0.046	1.0	6.0	95.4	91.0	4.39
DE002	0.076	0.008	-0.076	-0.006	0.4	2.2	95.2	94.5	0.71
DE058	0.064	0.011	-0.063	-0.008	0.5	3.1	95.2	93.7	1.44
DE171	0.023	0.001	-0.023	-0.000	0.1	0.8	95.1	94.5	0.67
DE186	-0.053	-0.006	0.053	0.008	0.4	2.1	94.0	95.1	1.11
DE200	0.053	0.035	-0.052	-0.032	0.5	3.0	94.4	91.3	3.08
DE027	0.073	0.013	-0.073	-0.010	0.5	2.6	93.5	92.4	1.07
DE028	0.069	0.010	-0.069	-0.008	0.4	2.5	93.2	92.2	1.00
DE014	-0.024	0.030	0.024	-0.028	0.4	2.1	96.2	92.7	3.45
DE015	0.061	0.011	-0.060	-0.008	0.5	3.0	92.9	91.5	1.41
DE091	0.073	-0.020	-0.073	0.023	0.4	2.6	97.3	97.7	0.38
Cable289	6.786	4.350	-6.775	-4.351	10.8	-1.3	96.8	96.6	0.16
Cable301	0.240	0.091	-0.240	-0.093	0.0	-2.6	96.3	96.3	0.00
Cable309	1.164	0.724	-1.163	-0.735	0.4	-11.5	96.1	96.1	0.03
Cable551	-0.163	-0.022	0.163	0.014	0.0	-7.7	94.0	94.0	0.00
Cable560	6.028	3.809	-6.027	-3.809	0.8	-0.2	93.3	93.3	0.01
Cable599	1.551	0.895	-1.551	-0.898	0.2	-3.2	92.9	92.9	0.01
Cable608	0.484	0.287	-0.484	-0.289	0.0	-2.0	92.8	92.8	0.00
Cable621	9.369	5.529	-9.352	-5.521	16.5	7.7	94.1	93.9	0.19
Cable363	7.230	4.278	-7.219	-4.277	10.2	0.5	93.7	93.5	0.14
Cable382	0.248	0.102	-0.248	-0.105	0.0	-3.0	93.5	93.5	0.00
Cable416	0.071	0.005	-0.071	-0.025	0.0	-20.0	92.2	92.2	0.00
Cable347	0.033	0.000	-0.033	-0.004	0.0	-3.7	94.0	94.0	0.00
Cable3	4.192	1.871	-4.188	-1.877	3.5	-6.3	95.4	95.3	0.09

Lanjutan tabel 4.11

CKT / Branch ID	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop Mvar
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	MW	Mvar	MW	
Cable14	0.076	0.006	-0.076	-0.008	0.0	-2.4	95.2	95.2	0.00
Cable24	0.450	0.145	-0.450	-0.157	0.0	-12.0	95.2	95.2	0.01
Cable72	0.096	-0.004	-0.096	-0.036	0.0	-40.2	95.1	95.1	0.01
Cable77	0.053	-0.027	-0.053	-0.008	0.0	-34.2	95.1	95.1	0.00
Cable460	14.849	9.961	-14.804	-9.934	44.6	27.3	94.4	94.1	0.30
Cable467	13.905	9.397	-13.857	-9.369	47.8	28.5	93.8	93.5	0.34
Cable476	10.781	7.316	-10.774	-7.313	6.4	3.1	93.3	93.2	0.06
Cable497	5.965	4.039	-5.964	-4.039	1.3	-0.2	92.9	92.9	0.02
Cable570	0.024	-0.029	-0.024	0.028	0.0	-1.3	92.7	92.7	0.00
Cable320	-5.430	-3.520	5.439	3.514	9.4	-6.1	97.3	97.4	0.18
					163.1	-27.8			

Tabel 4.11 menjelaskan Hasil *Brach Losses* Menggunakan ETAP *Power Station* Pada Keadaan Sesudah Pemasangan *Harmonic Filter*. Dari tabel tersebut dapat terlihat rugi-rugi (*losses*) daya nyata (kW) dan daya reaktif (kvar) semakin berkurang bila dibandingkan dengan sebelum pemasangan.

**Tabel 4.12 Voltage Individual Harmonic Distorsion (VIHD) Report**

<b>VIHD (Individual Harmonic Distorsion) Report</b>				
Bus		Voltage Distortion		
		Fund.	VHD	Order
ID	kV	%	%	
Bus24	0.380	99.05	3.70	13
Bus27	0.380	99.24	3.59	19
Bus39	0.380	98.47	4.51	16
Bus100	0.380	99.27	3.42	13
Bus108	0.380	98.81	4.39	19
Bus471	0.380	98.55	4.42	16
Bus490	0.380	98.87	4.33	19
Bus514	0.380	97.78	4.24	13
Bus533	0.380	99.05	3.99	19

Lanjutan tabel 4.12

Bus		Voltage Distortion		
		Fund.	VHD	Order
ID	kV	%	%	Order
Bus554	0.380	99.01	3.65	13
Bus581	0.380	98.84	3.92	16
Bus597	0.380	98.82	4.30	19
Bus649	0.380	98.52	4.48	16
Bus662	0.380	98.49	4.52	16
Bus730	0.380	98.83	4.38	19
Bus809	0.380	98.90	3.93	16
Bus819	0.380	98.47	4.56	17
Bus834	0.380	99.84	4.56	27
Bus900	0.380	98.57	4.82	19
Bus971	0.380	98.79	4.01	16
Bus975	0.380	99.06	3.88	19

**Tabel 4.13 Voltage Total Harmonic Distorsion Report**

VTHD (Total Harmonic Distortion) Report			
Bus		Voltage Distortion	
		fund	THD
ID	kV	%	%
Bus24	0.380	99.05	3.70
Bus27	0.380	99.24	3.59
Bus39	0.380	98.47	4.51
Bus100	0.380	99.27	3.42
Bus108	0.380	98.81	4.39
Bus471	0.380	98.55	4.42
Bus490	0.380	98.87	4.33
Bus514	0.380	97.78	4.24
Bus533	0.380	100.35	2.58
Bus554	0.380	99.05	3.99
Bus581	0.380	99.01	3.65
Bus597	0.380	98.84	3.92
Bus649	0.380	98.82	4.30
Bus662	0.380	98.52	4.48

Lanjutan tabel 4.13

Bus		Voltage	
		Distortion	
		fund	THD
ID	kV	%	%
Bus730	0.380	98.49	4.52
Bus809	0.380	98.83	4.38
Bus819	0.380	98.90	3.93
Bus834	0.380	98.47	4.56
Bus900	0.380	100.50	3.01
Bus971	0.380	99.84	4.56
Bus975	0.380	98.57	4.82
Bus990	0.380	98.79	4.01
Bus1058	0.380	99.06	3.88

Tabel 4.12 menjelaskan *Voltage Individual Harmonic Distorsion (VIHD) Report* dimana terdapat bus ID dan % THD tegangan dan ordenya. Begitu pula pada table Tabel 4.13 *Voltage Total Harmonic Distorsion Report* terdapat data voltage distortion berupa nilai THD yang apabila dibandingkan dengan sebelum pemasangan telah terjadi penurunan sehingga standar IEEE dapat terpenuhi.

### 4.3. Perbandingan Hasil Perhitungan dan Simulasi Sebelum Kompensasi dan Sesudah Kompensasi.

#### 4.3.1 Perbandingan *Power Factor* Sebelum Pemasangan *Harmonic Filter*

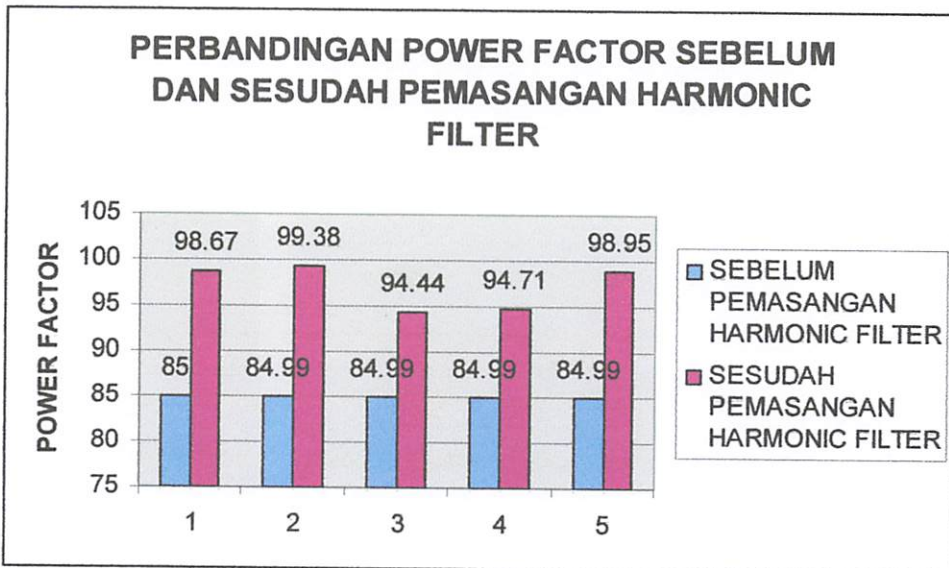
##### Dan Sesudah Pemasangan *Harmonic Filter*

Penambahan Filter Harmonisa juga berfungsi untuk meningkatkan faktor daya, karena dalam komponen filter harmonisa *single tuned* yang digunakan tersebut terdapat kapasitor. Jadi untuk sistem yang terdapat harmonisa, lebih baik menggunakan filter harmonisa, karena selain dapat mengurangi rugi-rugi akibat harmonisa, juga dapat berfungsi untuk meningkatkan faktor daya pada sistem.



**Tabel 4.14 Perbandingan *Power Factor* Sebelum Pemasangan *Harmonic Filter* dan Sesudah Pemasangan *Harmonic Filter***

Bus		Sebelum Pemasangan Harmonic Filter	Sesudah Pemasangan Harmonic Filter
ID	kV	%PF	%PF
Bus471	0.380	85	98.67
Bus490	0.380	84.99	99.38
Bus514	0.380	84.99	94.44
Bus975	0.380	84.99	94.71
Bus990	0.380	84.99	98.95
Bus1066	0.380	85.02	99.05
Bus1082	0.380	85.02	99.05
Bus597	0.380	85.01	99.51
Bus662	0.380	84.99	99.04
Bus649	0.380	85	99.04
Bus730	0.380	85.02	94.99
Bus581	0.380	84.99	99.63
Bus807	0.380	85	95.01
Bus819	0.380	84.99	99.04
Bus834	0.380	84.99	99.35
Bus971	0.380	85	99.22
Bus900	0.380	85.04	92.31
Bus533	0.380	84.99	95.42



**Gambar 4.4. Diagram Perbandingan *Power Factor* Sebelum dan Sesudah Pemasangan *Harmonic Filter***

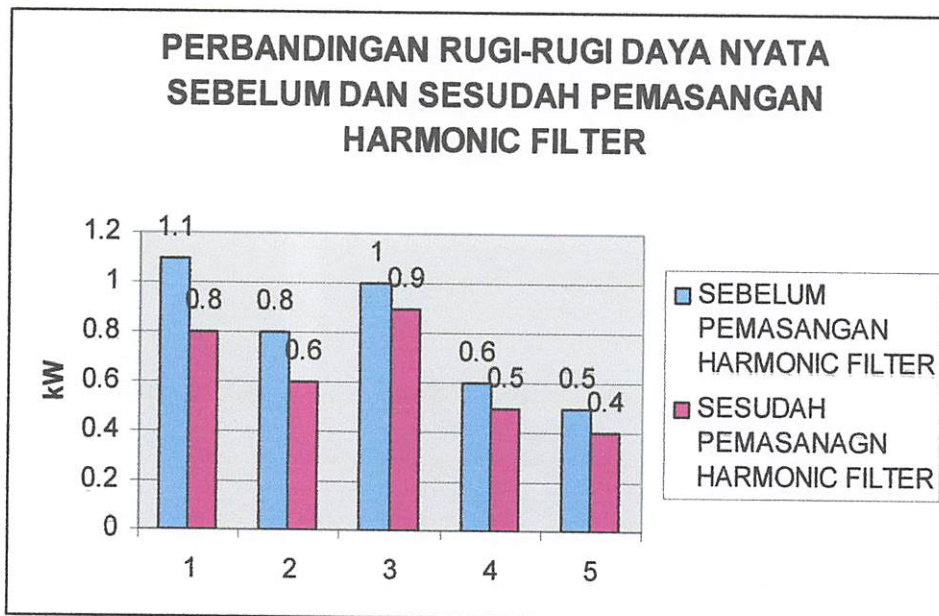
Diagram diatas menggambarkan keadaan *power factor* sebelum pemasangan *harmonic filter* dan sesudah pemasangan *harmonic filter* sesuai tabel 4.14.yang mewakili keseluruhan sampel. Pada kondisi 1 sebelum pemasangan *harmonic filter*, *power factor* sebesar 85 %. Dan setelah pemasangan *harmonic filter*, *power factor* menjadi 98.67 %. Begitu juga dengan kondisi-kondisi selanjutnya terjadi peningkatan *power factor* setelah pemasangan *harmonic filter*.

#### 4.3.2. Perbandingan *Branch Losses Summary Report*

**Tabel 4.15 *Branch Losses* Sebelum Pemasangan Harmonic Filter Dan Sesudah Pemasangan Harmonic Filter**

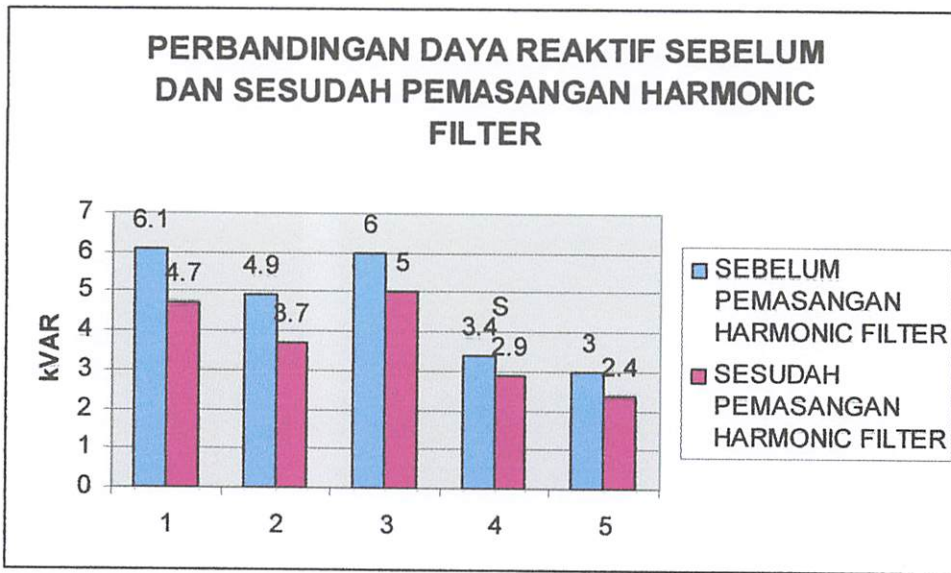
CKT / Branch	Sebelum Pemasangan Harmonic Filter		Sesudah Pemasangan Harmonic Filter	
	Losses		Losses	
ID	kW	Kvar	kW	Kvar
DE012	1.1	6.1	0.8	4.7
DE016	0.8	4.9	0.6	3.7
DE023	1	6	0.9	5
DE066	0.6	3.4	0.5	2.9
DE020	0.5	3	0.4	2.4
DE037	0.5	2.7	0.4	2.1
DE007	0.6	3.4	0.5	2.6
DE072	0.6	3.4	0.5	2.6
DE112	0.5	2.7	0.4	2.2
DE046	0.3	1.5	0.3	1.5
DE371	1	6	1	6
DE002	0.5	2.9	0.4	2.2
DE058	0.7	4	0.5	3.1
DE171	0.2	1	0.1	0.8
DE186	0.5	2.8	0.4	2.1
DE200	0.5	3	0.5	3
DE001	0.9	4.4	0.7	3.3
DE027	0.6	3.4	0.5	2.6
DE028	0.6	3.3	0.4	2.5
DE014	0.2	1	0.4	2.1
DE015	0.7	3.8	0.5	3
DE091	0.5	3	0.4	2.6
Cable289	11	-1.1	10.8	-1.3

Cable301	0	-2.6	0	-2.6
Cable309	0.4	-11.5	0.4	-11.5
Cable551	0	-7.7	0	-7.7
Cable560	0.8	-0.2	0.8	-0.2
Cable599	0.2	-3.2	0.2	-3.2
Cable608	0	-2	0	-2
Cable621	16.7	7.9	16.5	7.7
Cable363	10.3	0.6	10.2	0.5
Cable382	0	-2.9	0	-3
Cable416	0	-19.9	0	-20
Cable347	0	-3.7	0	-3.7
Cable3	3.5	-6.2	3.5	-6.3
Cable14	0	-2.4	0	-2.4
Cable24	0.1	-11.9	0	-12
Cable72	0	-40.1	0	-40.2
Cable77	0	-34.1	0	-34.2
Cable460	45.2	27.8	44.6	27.3
Cable467	48.3	28.9	47.8	28.5
Cable476	6.5	3.2	6.4	3.1
Cable497	1.3	-0.2	1.3	-0.2
Cable570	0	-1.3	0	-1.3
Cable320	9.4	-6	9.4	-6.1
	167.257	-12.7	163.1	-27.8



**Gambar 4.5. Diagram Perbandingan Rugi-Rugi Daya Nyata Sebelum dan Sesudah Pemasangan *Harmonic Filter***

Diagram diatas menggambarkan perbandingan rugi-rugi daya nyata sebelum dan sesudah pemasangan *harmonic filter* sesuai tabel 4.15. Pada kondisi 1 sebelum pemasangan *harmonic filter*, rugi-rugi daya nyata sebesar 1.1 kW. Dan setelah pemasangan *harmonic filter*, rugi-rugi daya turun menjadi 0.8 kW. Begitu juga dengan kondisi-kondisi selanjutnya terjadi penurunan rugi-rugi daya sesudah pemasangan *harmonic filter*.



**Gambar 4.6. Diagram Perbandingan Rugi-Rugi Daya Reaktif Sebelum dan Sesudah Pemasangan *Harmonic Filter***

Diagram diatas menggambarkan perbandingan rugi-rugi daya reaktif sebelum dan sesudah pemasangan *harmonic filter* sesuai tabel 4.15. Pada kondisi 1 sebelum pemasangan *harmonic filter*, rugi-rugi daya nyata sebesar 6.1 kVar Dan setelah pemasangan *harmonic filter*, rugi-rugi daya turun menjadi 4.7 kVar. Begitu juga dengan kondisi-kondisi selanjutnya terjadi penurunan rugi-rugi daya reaktif sesudah pemasangan *harmonic filter*.

Selain dapat mereduksi harmonisa pemasangan *harmonic filter* juga dapat mengurangi rugi-rugi hal ini dapat dilihat pada tabel 4.15 diatas ini. Hal ini dilakukan karena didalam harmonik terdapat kapasitor hanya saja tidak dapat mengurangi day reaktif karena *harmonic filter* ini sendiri juga membutuhkan daya reaktif sehingga kompensasi daya reaktif tidak maksimal. Sehubungan pemasangan *harmonic filter* hanya berupa sampel maka kompensasinya sendiri terhadap sistem keseluruhan tidak ada kenaikan namun untuk bus-bus yang dijadikan sampel mengalami perubahan.

$$\begin{aligned} \text{Penurunan rugi-rugi daya aktif (kW)} &= P_{\text{sebelum}} - P_{\text{sesudah}} \\ &= 167.257 \text{ kW} - 163.1 \text{ kW} \\ &= 4.157 \text{ kW} \end{aligned}$$

jadi, penurunan rugi-rugi daya aktif (kW) sebesar 4.157 kW

$$\begin{aligned} \text{Penurunan rugi-rugi daya reaktif} &= Q_{\text{sebelum}} - Q_{\text{sesudah}} \\ &= (-12.7) \text{ kvar} - (-27.8) \text{ kvar} \\ &= 15.1 \text{ kvar} \end{aligned}$$

jadi,penurunan rugi-rugi daya reaktif adalah sebesar 15.1 kvar.

**Tabel 4.16. Summary Of Total Generation, Loading, & Demand**

SUMMARY OF TOTAL GENERATION, LOADING & DEMAND										
	MW	Mvar	MVA	% PF		MW	Mvar	MVA	% PF	
Swing Bus(es):	53.012	38.775	65.679	80.71	Lagging	53.109	37.740	65.153	81.51	Lagging
Total Demand:	53.012	38.775	65.679	80.71	Lagging	53.109	37.740	65.153	81.51	Lagging
Total Motor Load:	35.020	21.717	41.207	84.99	Lagging	35.020	21.717	41.207	84.99	Lagging
Total Static Load:	16.268	10.085				16.384	9.171			
Apparent Losses:	1.723	6.973				1.705	6.852			
System Mismatch:	0.000	0.000				0.000	0.000			
Number of Iterations: 4										

Secara keseluruhan sistem tidak mengalami banyak perubahan ini dapat dilihat pada tabel 4.16. yang menunjukkan perubahan *power factor* pada sistem dari 80.71 % menjadi 81.51 %. Hal ini disebabkan karena daya kompensasi hanya cukup untuk bus-bus sampel sehingga perubahan pada keadaan sistem tidak signifikan. Kenaikan daya aktif dapat dilihat dari perbandingan seperti ditunjukkan tabel 4.16.

$$\begin{aligned}\text{Kenaikan daya aktif} &= 53.109 \text{ MW} - 53.012 \text{ MW} \\ &= 0.097 \text{ MW}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Penurunan daya reaktif} &= 38.775 \text{ Mvar} - 37.740 \text{ Mvar} \\ &= 1.035 \text{ Mvar}\end{aligned}$$

Dengan pemasangan *harmonic filter* maka diperoleh kompensasi daya reaktif sebesar 1.035 MVar , hal ini terjadi disebabkan rugi-rugi daya reaktif pada bus-bus yang menjadi sample sebesar turun sebesar 15.1 kvar

$$\begin{aligned}\text{Penurunan daya nyata} &= 65.679 \text{ MVA} - 65.153 \text{ MVA} \\ &= 0.544 \text{ MVA}\end{aligned}$$

Pemasangan filter sebagai kompensator harmonisa dan daya reaktif akan menyebabkan daya reaktif yang diserap oleh beban dari sumber akan berkurang dan pengurangan daya reaktif ini menyebabkan daya total (MVA) yang diserap beban dari sumber juga akan berkurang sehingga sejumlah kenaikan daya (MVA) dapat digunakan untuk menanggung beban lagi.

### 4.3.2 Perbandingan Voltage distortion Dan Current Distortion

**Tabel 4.17 Perbandingan *Voltage distortion* Dan *Current Distortion* Sebelum Pemasangan *Harmonic Filter* dan Sesudah Pemasangan *Harmonic Filter***

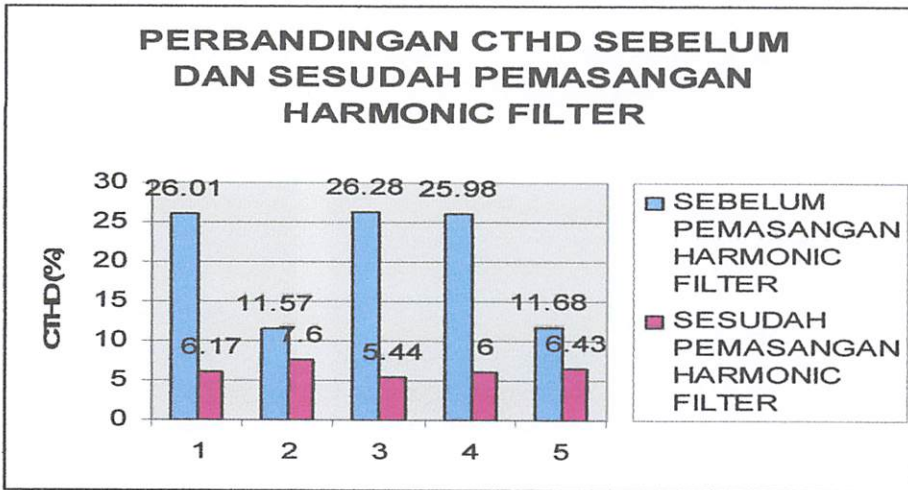
bus ID	Voltage Distortion	Current Distortion	Voltage Distortion	Current Distortion
	THD	THD	THD	THD
	%	%	%	%
Bus971	13.37	26.27	4.56	5.29
Bus975	21.49	30.3	3.01	1.94
Bus990	16.24	14.75	4.56	3.4
Bus1082	6.7	11.58	3.88	7.72
Bus1058	10.08	11.71	4.82	6.36
Bus1066	9.81	26.04	4.01	6.3
Bus24	9.53	26.01	3.7	6.17
Bus27	6.28	11.57	3.59	7.6
Bus39	13.12	26.28	4.51	5.44
Bus100	9.14	25.98	3.42	6
Bus108	8.97	11.68	4.39	6.43
Bus471	11.22	26.13	4.42	6.02
Bus490	8.51	11.65	4.33	6.69
Bus581	7.58	11.62	3.99	7
Bus597	8.5	25.94	3.65	6.76
Bus662	7.9	11.64	4.3	7.19
Bus809	12.58	26.22	4.52	5.55
Bus819	8.33	11.63	4.38	6.98
Bus514	5.62	9.97	4.24	7.35
Bus533	8.65	25.94	2.58	4.39
Bus649	9.51	26.01	3.92	6.51
Bus730	7.51	25.89	4.48	9
Bus834	9.91	26.02	3.93	6.12
Bus900	20.81	30.32	1.97	1.38
Bus971	13.37	26.27	4.56	5.29
Bus975	21.49	30.3	3.01	1.94
Bus990	16.24	14.75	4.56	3.4

Lanjutan tabel 4.17

Bus ID	Sebelum Pemasangan Harmonic Filter		Setelah Pemasangan Harmonic Filter	
	Voltage Distortion	Current Distortion	Voltage Distortion	Current Distortion
	THD	THD	THD	THD
	%	%	%	%
Bus1082	6.7	11.58	3.88	7.72
Bus1058	10.08	11.71	4.82	6.36
Bus1066	9.81	26.04	4.01	6.3
Bus490	8.51	11.65	4.33	6.69
Bus581	7.58	11.62	3.99	7
Bus597	8.5	25.94	3.65	6.76
Bus662	7.9	11.64	4.3	7.19
Bus809	12.58	26.22	4.52	5.55
Bus819	8.33	11.63	4.38	6.98
Bus514	5.62	9.97	4.24	7.35
Bus533	8.65	25.94	2.58	4.39
Bus649	9.51	26.01	3.92	6.51
Bus730	7.51	25.89	4.48	9
Bus834	9.91	26.02	3.93	6.12
Bus900	20.81	30.32	1.97	1.38

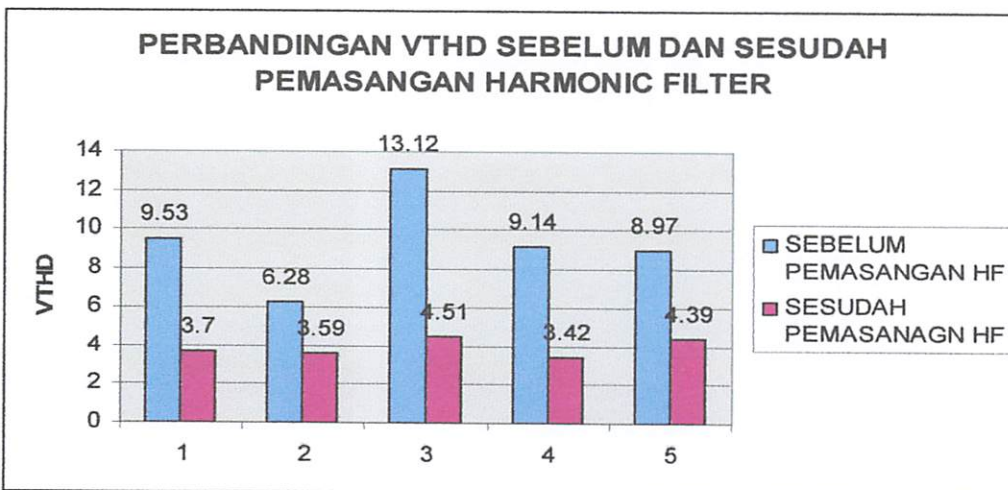
Sebelum kompensasi dengan pemasangan *harmonic filter* sistem pada Gardu Induk Pandaan memiliki rata-rata VTHD 10.58 % sedangkan CTHD rata-rata 20,34 %. Setelah dikompensasi dengan menggunakan harmonic filter VTHD rata-rata menjadi 3,95 % sedangkan CTHD rata-rata yang dapat direduksi 5,94 %. Dengan kompensasi pemasangan *harmonic filter* pada Gardu Induk Pandaan dapat mereduksi harmonisa baik tegangan maupun arus sehingga dapat memenuhi standarisasi IEEE 519-1992. Adapun penjelasan diatas dapat digambarkan seperti gambar diagram 4.7. dan gambar diagram 4.8.





**Gambar 4.7. Grafik Perbandingan CTHD Sebelum dan Sesudah Pemasangan *Harmonic Filter***

Grafik diatas menggambarkan perbandingan *Current Total Harmonic Distortion* (CTHD) sebelum dan sesudah pemasangan *harmonic filter* sesuai tabel 4.17. Pada kondisi 1 sebelum pemasangan *harmonic filter*, CTHD 26.01 %. Dan sesudah pemasangan *harmonic filter*, CTHD turun menjadi 6.17 %. Begitu juga dengan kondisi-kondisi selanjutnya terjadi penurunan rugi-rugi daya reaktif sesudah pemasangan *harmonic filter*.



**Gambar 4.8. Grafik Perbandingan VTHD Sebelum dan Sesudah Pemasangan *Harmonic Filter***

Grafik diatas menggambarkan perbandingan *Voltage Total Harmonic Distortion* (VTHD) sebelum dan sesudah pemasangan *harmonic filter* sesuai tabel 4.17. Pada kondisi 1 sebelum pemasangan harmonic filter, VTHD 9.53 %. Dan sesudah pemasangan *harmonic filter*, VTHD turun menjadi 3.7 %. Begitu juga dengan kondisi-kondisi selanjutnya terjadi penurunan rugi-rugi daya reaktif sesudah pemasangan *harmonic filter*.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil analisa pemasangan *harmonic filter* pada bus-bus sampel dengan jumlah kapasitor yang digunakan adalah sebesar 1106.1 kVar, reaktansi induktor sebesar 12.26 ohm, dan resistor sebesar 0.667 ohm untuk kompensasi harmonisa pada sistem kelistrikan Gardu Induk Pandaan, dapat disimpulkan bahwa dengan Pemasangan *harmonic filter* mampu menurunkan *Voltage Total Harmonic Distortion* (VTHD) pada sistem dimana sebelum pemasangan *Harmonic Filter*, rata-rata VTHD (*Total Harmonic Distortion*) sebesar 10.58 %. setelah pemasangan *Harmonic Filter*, rata-rata VTHD (*Total Harmonic Distortion*) dapat direduksi hinga turun menjadi 3.95 %. Sehingga terjadi penurunan sebesar 6.63 %.

#### **5.2 Saran**

1. Pada era sekarang ini banyak sekali penggunaan beban non linear yang dapat menghasilkan harmonisa sangat besar sehingga dapat menurunkan kualitas dan efisiensi listrik. Maka perlu dilakukan pengkajian penggunaan *harmonic filter* yang lebih efektif.
2. Penulis mengharapkan agar pembahasan permasalahan mengenai harmonisa dapat dibahas lebih lanjut dengan melakukan reevaluasi pada koordinasi pada system pengaman agar diperoleh efisiensi sistem yang lebih baik dan andal.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] IEEE Standard 519. 1992. *IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic control in Electrical Power Systems*
- [2] Basri, Hasan. 1997. *Sistem Distribusi Daya Listrik*. Jakarta. ISTN
- [3] William D. Stevensen. JR. *Analisa Sistem Tenaga Listrik* . edisi ke-4. Erlangga
- [4] J. Arrillaga, D.A. Bradley dan P.S Brodger. 1985. *Power System Harmonics*. Jhon wiley & Sons
- [5] Roger C. D, Mark F, McGragnaghan dan H. Wayne Beaty. 1996. *Electrical Power System Quality*. New York. McGraw-Hill
- [6] Djiteng, Marsudi. 1990. *Operasi Sstem Tenaga Listrik*. Jakarta. ISTN
- [7] Data Dari Unit Pelayanan dan Jaringan Pandaan (UPJ Pandaan)
- [8] Saadat, Hadi. 1999. *Power System Analysis*. Singapore. McGraw Hill Inc
- [9] Tanota, Yusak. Dkk. 2005. *Simulasi Filter Pasif dan Perbandingan Unjuk Kerjanya Untuk Filter Aktif dan Filter Hibrid dalam Meredam Harmonisa pada Induction Furnace*. Surabaya. Jurnal Teknik Elaktro Uk Petra

**LAMPIRAN**



**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

1. **Nama** : Nurhandayani Saidi
2. **NIM** : 03.12.065
3. **Jurusan** : Teknik Elektro S-1
4. **Konsentrasi** : Teknik Energi Listrik
5. **Judul Skripsi** : ANALISA PEMASANGAN *HARMONIC FILTER* UNTUK MEREDUKSI HARMONISA PADA GARDU INDUK PANDAAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE ETAP POWER STATION*

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

- hari** : Senin  
**tanggal** : 17 Maret 2008  
**Angka Nilai** : 83,495 (A) *BY*

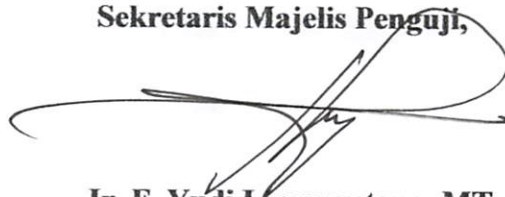


**Ketua Majelis Penguji,**

**Ir. Mochtar Asroni, MSME**  
NIP. Y. 101 8100 036

**Panitia Ujian Skripsi**

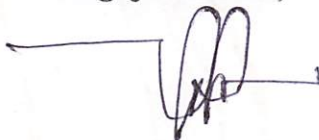
**Sekretaris Majelis Penguji,**



**Ir. F. Yudi Limpraptono, MT**  
NIP. Y. 103 9500 274

**Anggota Penguji**

**Penguji Pertama,**



**Ir. M. Abdul Hamid, MT**  
NIP. Y. 101 880 0188

**Penguji Kedua,**



**Irrine Budi Sulistiawati, ST. MT**  
NIP. 132 314 400

## FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI

Nama : NURHANDAYANI SAIDI  
NIM : 03.12.065  
Masa Bimbingan : 29 Desember 2007 sampai 29 Juni 2008  
Judul Skripsi : ANALISA PEMASANGAN HARMONIC FILTER  
UNTUK MEREDUKSI HARMONISA PADA GARDU  
INDUK PANDAAN MENGGUNAKAN SOFTWARE  
ETAP POWER STATION

No.	Tanggal	Uraian	Paraf Penguji
1.		Abstraksi diperbaiki	
2.		Algoritma jelaskan dengan rinci & lengkap	
3.		Penulisan gambar & tabel disempurnakan	
4.		Kesimpulan sesuaikan, mengacu pada tujuan bab I	
5.		Penulisan daftar pustaka diperbaiki	
6.		Bagaimana penentuan sumber harmonisa jika diimplementasikan pada tempat survey? Kenapa sumber harmonisa pada 24 bus? Bagaimana penentuannya?	
7.		Tidak jelas untuk GI Pandaan seperti apa sistem, tipe, dan karakteristik bebannya berkaitan pertanyaan diatas	
8.		Bagaimana pembuktian secara analisis matematis bahwa harmonisa orde 3 mempengaruhi besar tegangan? Secara teori bab II?	
9.		Penjelasan harmonik filter mampu mereduksi harmonisa tegangan atau harmonisa arus?	
10.		Pemasangan harmonik filter harus jelas dimana dan berapa kapasitasnya. Bagaimana cara menentukan?	

Disetujui :

Penguji Kedua



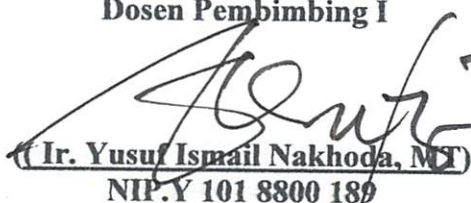
(Irrine Budi Sulistiawati, ST, MT)

NIP. 132 314 400

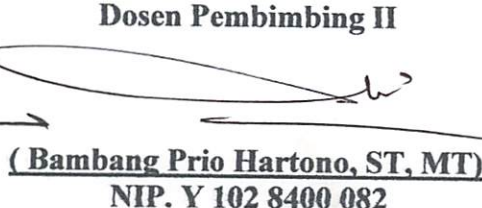
Mengetahui :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



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



(Bambang Prio Hartono, ST, MT)  
NIP. Y 102 8400 082

**FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI**

Nama : NURHANADAYANI SAIDI  
 NIM : 09.12.005  
 Masa Bimbingan : 29 Desember 2007 sampai 29 Juni 2008  
 Judul Skripsi : ANALISA PERMASANGAN HARMONIC FILTER UNTUK MEREDUKSI HARMONISA PADA GARDU INDUK PANDUAN MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP POWER STATION


No.	Tanggul	Tertanyaan	Jawab
1.		Abstraksi diperbaiki	
2.		Algoritma jelaskan dengan rinci & lengkap	
3.		Penulisan gambar & tabel disempurnakan	
4.		Kesimpulan sesuaikan dengan pada tujuan bab I	
5.		Penulisan daftar pustaka diperbaiki	
6.		Bagaimana penentuan sumber harmonisa jika diimplementasikan pada tempat survey? Kenapa sumber harmonisa pada 24 bus? Bagaimana penentuan?	
7.		Tidak jelas untuk (1) Bandam seperti apa sistem tipe dan karakteristik bebannya berkaitan pembahasan diatas	
8.		Bagaimana pembuatan secara analisis matematis bahwa harmonisa orde 3 menggunakan besor tegangan? Secara teori bab II	
9.		Penjelasan harmonik filter mampu mereduksi harmonisa tegangan atau harmonisa arus?	
10.		Permasalahan harmonik filter harus jelas dimana dan berapa kapasitansnya. Bagaimana cara menentukan?	

Disetujui :


  
 Irine Budi Sulistiyani, ST, MT  
 NIP. 132 314 100

Mengetahui :

Dosen Pembimbing II

  
 Bambang Prio Hartono, ST, MT  
 NIP. 7 402 8400 082




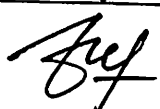
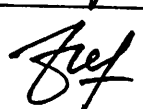
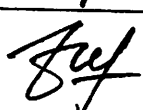
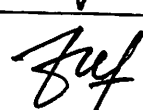
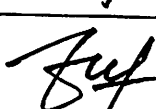
Dosen Pembimbing I

  
 Irine Yusuf Ismail, ST, MT  
 NIP. 7 101 8800 180



## FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Nurhandayani Saidi  
Nim : 03.12.065  
Masa Bimbingan : 29 Nopember 2007 s/d 29 Mei 2008  
Judul Skripsi : ANALISA PEMASANGAN HARMONIC FILTER UNTUK MEREDUKSI HARMONISA MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP POWER STATION PADA GARDU INDUK PANDAAN

Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
22-01-2008	Revisi Bab I dan II. Revisi tata cara penulisan dan isi	
25-01-2008	Revisi isi bab II, konsultasi bab III tentang format penulisan dan isinya.	
12-02-2008	Revisi Bab III tentang Alogaritma dan <i>flowchart</i>	
20-02-2008	konsultasi bab IV tentang penyelesaian menggunakan <i>software</i> , penulisan beserta isinya	
27-02-2008	Revisi Bab IV perbaiki format penulisan, perbaiki grafik, perbaiki tabel, konsultasi bab V	
1-03-2008	Acc Seminar Hasil	
5-03-2008	Revisi format penulisan keseluruhan, perbaiki kesimpulan	
14-03-2008	Acc Ujian Skripsi	

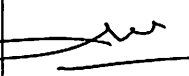
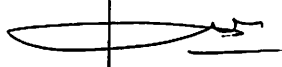

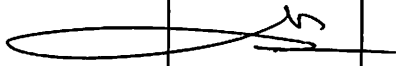
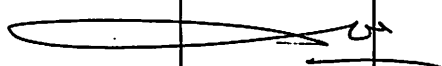

Malang, Maret 2008  
Dosen Pembimbing I,

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

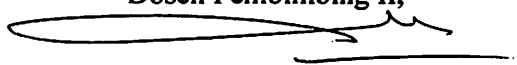
Form.S-4b

**FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI**

Nama : NURHANDAYANI SAIDI  
 Nim : 03.12.065  
 Masa Bimbingan : 29 Desember 2007 / 29 Juni 2008  
 Judul Skripsi : ANALISA PENEMPATAN *HARMONIC FILTER* UNTUK MEREDUKSI HARMONISA PADA GARDU INDUK PANDAAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE ETAP POWER STATION*

No.	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.		BAB I. Ada revisi pendahuluan	
2.		BAB II revisi teori	
3.		BAB III revisi	
4.		BAB IV	
5.		Acc BAB V	
6.		Acc ujian	
7.			
8.			
9.			
10.			

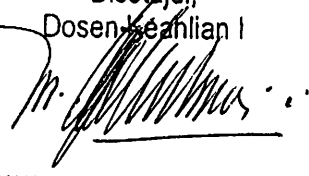
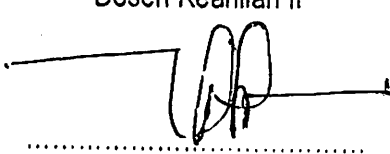
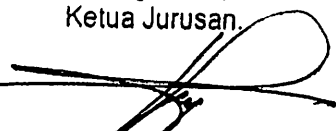
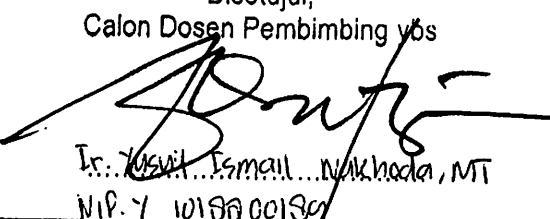
Malang,  
 Dosen Pembimbing II,



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

## BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1

Spesifikasi : Teknik Energi Listrik/Teknik Elektronika\*)

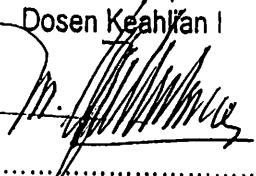
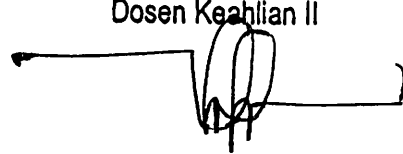
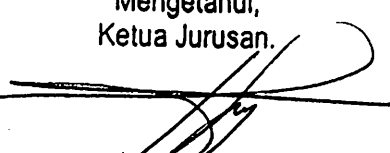
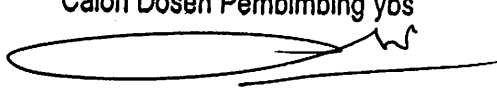
Nama Mahasiswa: <u>NURHANDAYANI SAIDI</u>		Nim: <u>0312.065</u>	
Keterangan	Tanggal	Waktu	Tempat
Pelaksanaan	<u>29-12-2007</u>		Ruang:
<b>Spesifikasi Judul (berilah tanda silang)**)</b>			
<input checked="" type="checkbox"/> a. Sistem Tenaga Elektrik <input type="checkbox"/> b. Energi & Konversi Energi <input type="checkbox"/> c. Tegangan Tinggi & Pengukuran <input type="checkbox"/> d. Sistem Kendali Industri		<input type="checkbox"/> e. Elektronika & Komponen <input type="checkbox"/> f. Elektronika Digital & Komputer <input type="checkbox"/> g. Elektronika Komunikasi <input type="checkbox"/> h. lainnya .....	
Judul Proposal yang diseminarkan Mahasiswa	<u>ANALISA PENEMPATAN HARMONIC FILTER UNTUK MEREDUKSI HARMONISA PADA GARDU INDUK PANDAYAN MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP POWER STATION</u>		
Perubahan Judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian	..... ..... .....		
Catatan:	<u>masukkan data/asumsi yg terkait dg harmonisa yg ada di 6.1. pembatalan</u>		
Catatan:	..... ..... .....		
<b>Persetujuan Judul Skripsi</b>			
Disetujui, Dosen Keahlian I 	Disetujui, Dosen Keahlian II 		
Mengetahui, Ketua Jurusan  Ir. F. Yudi Limpraptono, MT NIP. P. 1039500274	Disetujui, Calon Dosen Pembimbing ybs  Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT NIP. 7 0130 00130		

Keterangan: \*) Coret yang ttdak perlu

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

## BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1

Diseminasi : Teknik Energi Listrik/Teknik Elektronika\*)

Nama Mahasiswa: <u>NURHANUNDAWI SAIDI</u>		Nim: <u>03.12.005</u>	
Detail Keterangan	Tanggal	Waktu	Tempat
Detail Pelaksanaan	<u>29.12.2007</u>		Ruang:
<b>Spesifikasi Judul (berilah tanda silang)**)</b>			
a. Sistem Tenaga Elektrik	e. Elektronika & Komponen		
b. Energi & Konversi Energi	f. Elektronika Digital & Komputer		
c. Tegangan Tinggi & Pengukuran	g. Elektronika Komunikasi		
d. Sistem Kendali Industri	h. lainnya .....		
Judul Proposal yang diseminarkan mahasiswa	<u>ANALISA PENEMPATAN HARMONIC FILTER</u> <u>UNTUK MEREDUKSI HARMONISA PADA GARIS INDUK DAN DAMPAK</u> <u>MENEGUNAKAN SOFTWARE ETAP POWER STATION.</u>		
Perubahan Judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian	..... ..... .....		
Keputusan:	..... ..... .....		
Keputusan:	..... ..... .....		
<b>Persetujuan Judul Skripsi</b>			
Disetujui, Dosen Keahlian I 	Disetujui, Dosen Keahlian II 		
Mengetahui, Ketua Jurusan  <u>Ir. F. Yudi Limpraptono, MT</u> NIP. P. 1039500274	Disetujui, Calon Dosen Pembimbing ybs  <u>Bambang Priat Hartono, ST, MT</u>		

Keterangan: \*) Coret yang tidak perlu

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



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

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

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

nomor : ITN- 1454 /III.TA-2/2/07  
 lampiran : -  
 perihal : Survey

Malang, 10 Agustus 2007

di pada : Yth. Pimpinan  
 PT. PLN (Persero) UPJ Pandaan  
 Jl. Kasri No. 48  
 Di - Pandaan - Pasuruan

Bersama ini dengan hormat kami mohon kebijaksanaan Saudara agar Mahasiswa kami dari Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Elektro S-1 Konsentrasi Teknik Energi Listrik dapat diijinkan untuk melaksanakan survey pada perusahaan yang saudara pimpin untuk mendapatkan data - data guna penyusunan Skripsi dengan Judul : Analisa Penempatan Harmonic Filter Menggunakan Software ETAP (Power Station) Pada GI Pandaan

Mahasiswa tersebut Adalah :

Nurhandayani S Nim. 03.12.065

Adapun lamanya Survey adalah : 7 Hari

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



DEKAN  
 Fakultas Teknologi Industri

*H. Mochtar Asroni, MSME*  
 Nip. Y.1018100036

*Supri Opdust*

*wa dbantu data*

*PDF*

*Meg 15/8/07*

## FORMULIR PENGENDALIAN SURAT MASUK

PENGENDALIAN	PENGOLAHAN															
<p>Agenda : 0432</p> <p>Tgl Terima : 15 Agustus 2007</p> <p>No Surat : ITN-1454/III.TA-2/2/07</p> <p>Tgl : 10 Agustus 2008</p> <p> : INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG</p> <p> : SURVEY</p> <p> : UPJ PANDAAN</p> <p style="text-align: center;"><b>DITERUSKAN</b></p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%; vertical-align: top;"> <p>Kepada</p> <p>Manajer Unit</p> <p>Div. ADM &amp; Keu</p> <p>Div. Opdist &amp; Pel. Teknik</p> <p>Div. Pel. Pelanggan</p> <p>Div. Peng. Rekening</p> <p>Div. Dal. Losses</p> <p>Div. UP/UPJ/UJ</p> <p>Div. APJ</p> <p>Man APJ</p> <p>Retariat</p> </td> <td style="width: 30%; vertical-align: top;"> <p>Tanggal</p> <p>Paraf</p> <p>15-Agust-07</p> <p>16/8/07</p> </td> <td style="width: 40%;"></td> </tr> </table> <p> : 1 tahun setelah perjanjian selesai</p>	<p>Kepada</p> <p>Manajer Unit</p> <p>Div. ADM &amp; Keu</p> <p>Div. Opdist &amp; Pel. Teknik</p> <p>Div. Pel. Pelanggan</p> <p>Div. Peng. Rekening</p> <p>Div. Dal. Losses</p> <p>Div. UP/UPJ/UJ</p> <p>Div. APJ</p> <p>Man APJ</p> <p>Retariat</p>	<p>Tanggal</p> <p>Paraf</p> <p>15-Agust-07</p> <p>16/8/07</p>		<p><b>DISPOSISI :</b></p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">1. Untuk Diketahui</td> <td style="width: 50%;">7. Diteruskan Kepada</td> </tr> <tr> <td>2. Mohon Pendapat</td> <td>8. Sesuai Permintaan</td> </tr> <tr> <td>3. Mohon Mendapat Perhati</td> <td>9. Siapkan Jawaban</td> </tr> <tr> <td>4. Mohon Penyelesaian</td> <td>10. Mohon Persetujuan</td> </tr> <tr> <td>5. Bicarakan Dengan Saya</td> <td>11. Mohon TT / Paraf</td> </tr> <tr> <td>6. Mohon Kedatangan</td> <td>12. Teliti / Pelajari</td> </tr> </table> <p style="font-size: 1.2em; margin-top: 20px;">AS. Supv Opnet</p> <hr style="border: 0.5px dashed black;"/> <p style="font-size: 1.2em; margin-top: 20px;">Mohon Di Bantu</p> <p style="font-size: 1.2em; margin-top: 20px;">Data PD PJ</p> <p style="font-size: 1.2em; margin-top: 20px; text-align: right;">Heg</p>	1. Untuk Diketahui	7. Diteruskan Kepada	2. Mohon Pendapat	8. Sesuai Permintaan	3. Mohon Mendapat Perhati	9. Siapkan Jawaban	4. Mohon Penyelesaian	10. Mohon Persetujuan	5. Bicarakan Dengan Saya	11. Mohon TT / Paraf	6. Mohon Kedatangan	12. Teliti / Pelajari
<p>Kepada</p> <p>Manajer Unit</p> <p>Div. ADM &amp; Keu</p> <p>Div. Opdist &amp; Pel. Teknik</p> <p>Div. Pel. Pelanggan</p> <p>Div. Peng. Rekening</p> <p>Div. Dal. Losses</p> <p>Div. UP/UPJ/UJ</p> <p>Div. APJ</p> <p>Man APJ</p> <p>Retariat</p>	<p>Tanggal</p> <p>Paraf</p> <p>15-Agust-07</p> <p>16/8/07</p>															
1. Untuk Diketahui	7. Diteruskan Kepada															
2. Mohon Pendapat	8. Sesuai Permintaan															
3. Mohon Mendapat Perhati	9. Siapkan Jawaban															
4. Mohon Penyelesaian	10. Mohon Persetujuan															
5. Bicarakan Dengan Saya	11. Mohon TT / Paraf															
6. Mohon Kedatangan	12. Teliti / Pelajari															

Surat ini selesai diproses, harap dikembalikan kepada Unit Tata Usaha  
 mengenai Rahasia Perusahaan / Negara, berusaha dan bantulah untuk tetap memegang rahasia tersebut

ETAP PowerStation  
4.0.0C

Page: 92  
Date: 07-02-2008  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config.: Normal

Study Case: HA

SYSTEM HARMONICS INFORMATION

Bus	Voltage Distortion						Current Distortion						
	kV	Fund. %	RMS %	ASUM %	THD %	TIF	To Bus ID	Fund. Amp	RMS Amp	ASUM Amp	THD %	TIF	IT
20.000	99.99	99.99	100.63	0.34	9.98	Bus7	2.90	2.93	3.70	13.67	449.61	1316.13	
						Bus116	0.79	0.88	1.59	50.10	1486.82	1315.53	
						Bus117	0.30	0.30	0.30	0	0.50	0.15	
0.380	95.52	95.52	95.76	0.10	3.80	Bus501	233.51	233.51	233.93	0.08	3.09	722.68	
0.380	98.12	98.12	98.64	0.31	8.71	Bus921	1692.81	1692.81	1700.30	0.26	7.25	12274.70	
70.000	100.00	100.00	100.47	0.20	7.38	Bus1115	0.43	0.44	0.62	24.79	689.68	303.98	
						Bus1116	0.31	0.43	0.84	97.26	2068.58	882.67	
						Bus1117	0.53	0.55	0.87	26.93	1023.50	566.73	
20.000	99.99	99.99	100.60	0.34	9.69	Bus6	4.67	4.67	4.67	0	0.50	2.34	
						Bus4	1.22	1.39	2.61	54.48	1576.61	2191.29	
						Bus1116	1.03	1.23	2.44	65.60	1808.91	2226.93	
20.000	99.99	99.99	100.61	0.34	9.79	Bus2	1.20	1.37	2.57	54.43	1576.63	2159.49	
						Bus5	3.18	3.25	4.56	20.68	666.87	2168.70	
						Bus23	2.74	2.74	2.74	0	0.50	1.37	
20.000	99.99	99.99	100.62	0.34	9.89	Bus4	3.08	3.15	4.43	21.01	677.61	2132.50	
						Bus7	1.07	1.29	2.69	68.23	1931.15	2491.45	
						Bus24	2.44	2.44	2.72	6.06	205.12	501.19	
20.000	99.98	99.98	100.60	0.34	9.69	Bus2	4.89	4.89	4.89	0	0.50	2.44	
						Bus22	4.48	4.48	4.48	0	0.50	2.24	
20.000	99.99	99.99	100.63	0.34	9.92	Bus5	1.10	1.32	2.71	65.96	1887.12	2481.86	
						Bus8	2.21	2.25	3.00	18.44	575.97	1293.21	
						20	2.94	2.97	3.76	13.81	453.99	1349.36	
20.000	99.99	99.99	100.63	0.34	9.95	Bus7	2.27	2.31	3.06	17.71	554.23	1279.73	
						Bus9	1.82	1.83	2.10	8.72	269.69	493.74	
						Bus18	4.04	4.05	4.58	6.75	216.09	875.02	
20.000	99.99	99.99	100.63	0.34	9.96	Bus8	1.93	1.93	2.19	8.09	252.11	486.96	
						Bus10	5.33	5.33	5.33	0	0.50	2.66	
						Bus11	1.69	1.70	1.97	9.55	295.19	501.50	
20.000	99.98	99.98	100.62	0.34	9.96	Bus9	5.43	5.43	5.43	0	0.50	2.71	
						Bus25	4.61	4.61	4.61	0	0.50	2.30	
20.000	99.99	99.99	100.63	0.34	9.97	Bus9	1.47	1.48	1.74	10.56	332.20	490.39	
						Bus12	4.02	4.02	4.02	0	0.50	2.01	
						Bus13	4.20	4.20	4.47	3.79	119.22	500.82	
20.000	99.99	99.99	100.63	0.35	9.97	Bus11	4.09	4.09	4.09	0	0.50	2.04	
						Bus26	2.75	2.75	2.75	0	0.50	1.37	

**ETAP PowerStation**  
4.0.0C

Page: 93  
Date: 07-02-2008  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config.: Normal

Study Case: HA

p1

Bus	Voltage Distortion						Current Distortion						
	kV	Fund. %	RMS %	ASUM %	THD %	TIF	To Bus ID	Fund. Amp	RMS Amp	ASUM Amp	THD %	TIF	IT
20.000	99.99	99.99	100.63	0.34	9.98	Bus11	4.21	4.22	4.49	3.76	118.60	500.25	
						Bus14	4.66	4.67	4.99	3.92	134.41	627.09	
						Bus16	2.64	2.64	2.88	5.79	176.12	465.48	
20.000	99.99	99.99	100.63	0.34	9.97	Bus13	4.68	4.68	5.01	3.95	135.38	634.01	
						Bus27	2.44	2.45	2.78	7.57	258.70	634.01	
20.000	99.99	99.99	100.63	0.35	10.00	Bus13	2.80	2.80	3.02	5.06	154.26	432.23	
						Bus17	6.11	6.11	6.11	0	0.50	3.05	
						Bus34	0.29	0.32	0.51	47.23	1296.47	421.08	
20.000	99.98	99.98	100.63	0.35	10.00	Bus16	6.24	6.24	6.24	0	0.50	3.12	
						Bus28	5.63	5.63	5.63	0	0.50	2.82	
20.000	99.99	99.99	100.63	0.34	9.97	Bus8	4.09	4.10	4.62	6.54	209.53	859.10	
						Bus20	1.47	1.49	2.00	18.61	585.18	873.90	
						Bus29	4.45	4.45	4.45	0	0.50	2.23	
20.000	99.99	99.99	100.64	0.35	10.10	Bus18	0.98	1.01	1.45	24.43	759.03	764.02	
						Bus73	3.40	3.41	3.88	7.22	229.10	781.90	
						Bus30	4.44	4.44	4.44	0	0.50	2.22	
0.380	95.52	95.52	95.91	0.24	6.67	Bus6	235.78	235.79	236.54	0.20	5.42	1278.74	
0.380	95.61	95.61	96.01	0.24	6.77	Bus4	144.38	144.38	144.83	0.20	5.46	787.98	
0.380	99.05	99.11	111.13	3.70	224.69	Bus5	128.36	128.61	147.31	6.17	224.09	28820.05	
0.380	95.39	95.39	95.79	0.25	6.83	Bus10	242.49	242.49	243.26	0.20	5.39	1308.06	
0.380	95.61	95.61	96.02	0.25	6.88	Bus12	144.51	144.51	144.96	0.21	5.54	800.25	
0.380	99.24	99.31	108.23	3.59	198.18	Bus14	128.62	128.99	147.93	7.60	266.69	34400.11	
0.380	95.49	95.49	95.90	0.25	6.84	Bus17	296.36	296.36	297.34	0.20	5.56	1647.22	
0.380	97.09	97.09	97.53	0.26	7.34	Bus18	234.26	234.26	235.11	0.22	6.10	1428.86	
0.380	95.57	95.57	95.98	0.25	6.90	Bus20	233.64	233.64	234.43	0.20	5.66	1322.60	
20.000	100.00	100.00	100.65	0.35	10.12	Bus32	2.89	2.89	2.89	0	0.50	1.45	
						Bus40	7.28	7.28	7.52	2.07	61.81	449.92	
						Bus1094	33.65	33.65	33.88	0.44	13.04	438.87	
20.000	100.00	100.00	100.65	0.35	10.12	Bus31	2.96	2.96	2.96	0	0.50	1.48	
						Bus33	2.87	2.87	2.87	0	0.50	1.44	
0.380	95.42	95.42	95.82	0.25	6.84	Bus32	151.12	151.12	151.60	0.20	5.52	834.46	
20.000	99.99	99.99	100.63	0.34	10.01	Bus16	0.17	0.22	0.36	76.11	1662.72	358.98	
						Bus37	2.81	2.81	3.00	4.75	130.20	366.31	
						Bus36	2.08	2.08	2.08	0.05	0.50	1.04	
0.380	95.57	95.57	95.98	0.25	6.88	Bus34	109.42	109.42	109.75	0.20	5.49	600.74	
20.000	99.99	99.99	100.64	0.35	10.04	Bus34	2.61	2.61	2.78	4.55	124.34	324.97	
						Bus40	4.59	4.60	4.94	4.05	130.50	599.73	
						Bus39	2.07	2.07	2.25	5.16	164.23	340.49	
0.380	98.47	98.57	113.07	4.51	271.76	Bus37	108.98	109.14	123.16	5.44	198.52	21665.74	



**ETAP PowerStation**  
4.0.0C

Page: 94  
Date: 07-02-2008  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config.: Normal

Study Case: HA

Bus	Voltage Distortion						To Bus ID	Current Distortion					
	kV	Fund. %	RMS %	ASUM %	THD %	TIF		Fund. Amp	RMS Amp	ASUM Amp	THD %	TIF	IT
20.000	99.99	99.99	100.64	0.35	10.07	Bus37	4.49	4.49	4.76	3.73	111.24	499.34	
						Bus31	7.44	7.44	7.71	2.26	67.49	502.48	
						Bus44	2.74	2.74	2.74	0.04	0.50	1.37	
0.380	95.63	95.63	96.04	0.25	6.94	Bus40	144.11	144.11	144.57	0.21	5.60	806.32	
20.000	99.99	100.00	100.65	0.35	10.14	Bus1094	8.30	8.30	8.52	1.68	49.30	409.27	
						Bus48	6.35	6.35	6.57	2.21	64.95	412.31	
						Bus47	2.71	2.71	2.71	0	0.50	1.35	
0.380	95.68	95.68	96.09	0.25	6.97	Bus45	142.58	142.58	143.04	0.21	5.68	810.19	
20.000	99.99	99.99	100.65	0.35	10.19	Bus45	6.57	6.57	6.73	1.74	48.69	320.00	
						Bus51	4.37	4.37	4.37	0	0.50	2.19	
						Bus53	3.24	3.24	3.37	2.83	79.15	256.64	
20.000	99.98	99.98	100.64	0.35	10.19	Bus48	4.70	4.70	4.70	0	0.50	2.35	
						Bus52	4.48	4.48	4.48	0	0.50	2.24	
0.380	95.51	95.51	95.92	0.25	6.96	Bus51	236.00	236.00	236.79	0.21	5.65	1332.58	
20.000	99.98	99.98	100.64	0.35	10.23	Bus48	3.68	3.68	3.76	1.60	44.50	163.80	
						Bus58	3.24	3.24	3.32	1.81	50.46	163.50	
						Bus57	2.73	2.73	2.73	0	0.50	1.36	
0.380	95.63	95.63	96.05	0.25	7.02	Bus53	143.61	143.61	144.07	0.21	5.68	815.22	
20.000	99.98	99.98	100.64	0.35	10.24	Bus53	3.38	3.38	3.45	1.46	40.52	137.10	
						Bus61	2.30	2.30	2.37	2.13	59.37	136.79	
						Bus60	2.70	2.70	2.70	0	0.50	1.35	
0.380	95.67	95.67	96.09	0.25	7.02	Bus58	142.21	142.21	142.67	0.21	5.74	815.62	
20.000	99.98	99.98	100.64	0.35	10.24	Bus58	2.45	2.45	2.48	1.24	28.03	68.59	
						Bus62	5.93	5.93	5.93	0.04	0.50	2.97	
						Bus64	4.90	4.90	4.90	0	0.50	2.45	
20.000	99.97	99.97	100.64	0.35	10.24	Bus61	5.98	5.98	5.98	0	0.50	2.99	
						Bus63	2.72	2.72	2.72	0	0.50	1.36	
0.380	95.64	95.64	96.06	0.25	7.03	Bus62	143.09	143.09	143.56	0.20	5.70	816.04	
20.000	99.97	99.97	100.64	0.35	10.25	Bus61	5.06	5.06	5.06	0	0.50	2.53	
						Bus67	2.77	2.77	2.77	0.04	0.50	1.39	
						Bus66	3.01	3.01	3.01	0	0.50	1.50	
0.380	97.00	97.00	97.48	0.28	7.86	Bus64	158.38	158.38	159.00	0.23	6.54	1035.30	
20.000	99.97	99.97	100.64	0.35	10.25	Bus64	3.00	3.00	3.00	0	0.50	1.50	
						Bus71	4.70	4.70	4.70	0	0.50	2.35	
						Bus69	2.73	2.73	2.73	0.04	0.50	1.37	
0.380	97.84	97.84	98.31	0.27	7.60	Bus67	143.86	143.86	144.41	0.23	6.35	913.62	
20.000	99.97	99.97	100.63	0.35	10.25	Bus67	4.77	4.77	4.77	0	0.50	2.38	
						Bus72	2.42	2.42	2.42	0	0.50	1.21	
0.380	97.59	97.59	98.10	0.30	8.32	Bus71	127.13	127.13	127.65	0.24	6.81	865.87	

**ETAP PowerStation**  
4.0.0C

Page: 95  
Date: 07-02-2008  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config.: Normal

Study Case: HA

Bus	Voltage Distortion						Current Distortion						
	kV	Fund. %	RMS %	ASUM %	THD %	TIF	To Bus ID	Fund. Amp	RMS Amp	ASUM Amp	THD %	TIF	IT
20.000	99.99	99.99	100.64	0.35	10.11	Bus1094	6.50	6.50	6.50	0	0.50	3.25	
						Bus20	3.32	3.33	3.79	7.25	230.14	767.03	
						Bus74	3.45	3.46	3.82	6.07	184.21	637.48	
20.000	99.99	99.99	100.64	0.35	10.16	Bus73	3.46	3.46	3.79	5.58	169.14	585.73	
						Bus88	2.35	2.36	2.69	8.42	253.86	597.87	
						Bus78	2.72	2.72	2.72	0	0.50	1.36	
0.380	95.65	95.65	96.07	0.25	6.99	Bus74	143.22	143.22	143.68	0.21	5.67	811.74	
0.380	95.95	95.95	96.38	0.26	7.14	Bus88	66.73	66.73	66.94	0.21	5.85	390.29	
20.000	99.99	99.99	100.65	0.35	10.21	Bus74	2.15	2.16	2.47	8.46	254.56	550.45	
						Bus92	3.55	3.55	3.86	5.21	156.76	556.51	
						Bus86	1.27	1.27	1.27	0	0.50	0.63	
20.000	99.99	99.99	100.65	0.35	10.22	Bus88	3.49	3.49	3.79	5.12	153.88	537.12	
						Bus93	1.43	1.43	1.43	0	0.50	0.72	
						Bus97	3.25	3.25	3.50	4.86	140.53	457.37	
20.000	99.98	99.98	100.65	0.35	10.23	Bus92	1.62	1.62	1.62	0	0.50	0.81	
						Bus94	1.29	1.29	1.29	0	0.50	0.64	
0.380	95.88	95.88	96.31	0.26	7.16	Bus93	67.87	67.87	68.08	0.21	5.76	390.97	
20.000	99.98	99.98	100.65	0.35	10.25	Bus92	3.15	3.15	3.35	4.60	121.88	383.97	
						Bus98	2.56	2.56	2.63	1.98	53.36	136.85	
						Bus103	2.03	2.04	2.17	4.77	126.05	256.67	
20.000	99.98	99.98	100.64	0.35	10.26	Bus97	2.76	2.76	2.76	0	0.50	1.38	
						Bus101	2.96	2.96	2.96	0	0.50	1.48	
						Bus100	0.73	0.73	0.76	4.06	91.67	67.09	
0.380	99.27	99.33	110.48	3.42	207.66	Bus98	38.49	38.56	44.00	6.00	217.67	8392.26	
20.000	99.97	99.97	100.64	0.35	10.26	Bus98	3.18	3.18	3.18	0	0.50	1.59	
						Bus102	2.72	2.72	2.72	0.04	0.50	1.36	
0.380	95.64	95.64	96.06	0.25	7.05	Bus101	143.22	143.22	143.69	0.21	5.71	818.21	
20.000	99.98	99.98	100.65	0.35	10.26	Bus97	2.00	2.00	2.12	4.48	118.26	236.48	
						Bus105	1.29	1.29	1.41	7.18	189.11	243.69	
						Bus104	1.27	1.27	1.27	0	0.50	0.63	
0.380	95.95	95.95	96.38	0.26	7.17	Bus103	66.75	66.75	66.96	0.22	5.87	391.97	
20.000	99.98	99.98	100.65	0.35	10.28	Bus103	1.03	1.03	1.14	7.90	209.78	216.92	
						Bus106	5.99	5.99	6.11	1.37	37.22	222.97	
						Bus113	1.03	1.03	1.03	0	0.50	0.52	
20.000	99.98	99.98	100.65	0.35	10.28	Bus105	6.01	6.01	6.12	1.38	37.62	225.99	
						Bus109	2.13	2.14	2.26	4.10	111.04	237.18	
						Bus107	2.72	2.72	2.72	0	0.50	1.36	
0.380	95.64	95.64	96.06	0.25	7.06	Bus106	143.22	143.22	143.69	0.21	5.72	819.50	
0.380	98.81	98.90	109.71	4.39	241.69	Bus109	90.70	90.89	102.24	6.43	227.56	20683.57	

**ETAP PowerStation**  
4.0.0C

Page: 96  
Date: 07-02-2008  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config.: Normal

Study Case: HA

Bus	Voltage Distortion						Current Distortion						
	kV	Fund. %	RMS %	ASUM %	THD %	TIF	To Bus ID	Fund. Amp	RMS Amp	ASUM Amp	THD %	TIF	IT
20.000	99.98	99.98	100.64	0.35	10.26	Bus106	1.99	1.99	2.16	5.42	173.46	345.03	
						Bus108	1.72	1.73	1.90	6.24	199.81	345.03	
0.380	98.24	98.24	98.70	0.27	7.56	Bus113	30.05	30.05	30.14	0.23	6.10	183.38	
20.000	99.98	99.98	100.65	0.35	10.28	Bus105	1.07	1.07	1.07	0	0.50	0.54	
						Bus112	0.57	0.57	0.57	0	0.50	0.29	
20.000	99.98	99.98	100.44	0.18	7.54	Bus502	2.81	2.81	2.81	0	0.50	1.40	
						Bus531	4.44	4.44	4.44	0.05	0.50	2.22	
0.380	95.54	95.54	95.95	0.25	6.85	Bus116	293.88	293.88	294.86	0.20	5.62	1651.29	
20.000	99.99	99.99	100.64	0.34	10.04	20	0.99	1.06	1.76	38.98	1205.41	1280.21	
						Bus123	12.46	12.47	13.24	3.10	103.02	1284.77	
						Bus115	5.58	5.58	5.58	0	0.50	2.79	
0.380	99.69	99.70	100.32	0.34	9.73	20	15.96	15.96	16.02	0.28	7.63	121.72	
0.380	95.65	95.65	96.06	0.25	6.92	Bus122	143.20	143.20	143.65	0.21	5.61	803.83	
20.000	99.99	99.99	100.64	0.34	10.05	Bus123	2.15	2.15	2.15	0	0.50	1.07	
						Bus121	2.72	2.72	2.72	0	0.50	1.36	
20.000	99.99	99.99	100.64	0.34	10.05	Bus122	1.84	1.84	1.84	0	0.50	0.92	
						Bus116	12.47	12.48	13.25	3.10	102.77	1282.30	
						Bus128	3.25	3.27	3.98	11.16	368.54	1206.61	
0.380	97.09	97.09	97.54	0.27	7.45	Bus127	234.18	234.18	235.05	0.22	6.19	1449.54	
20.000	99.98	99.98	100.64	0.35	10.16	Bus131	3.36	3.36	3.36	0	0.50	1.68	
						Bus126	4.45	4.45	4.45	0	0.50	2.22	
20.000	99.99	99.99	100.64	0.35	10.11	Bus123	3.36	3.38	4.07	10.47	345.78	1169.09	
						Bus131	2.01	2.04	2.72	17.54	574.18	1170.58	
						Bus130	2.37	2.37	2.37	0	0.50	1.18	
0.380	96.23	96.23	96.67	0.26	7.28	Bus128	124.50	124.50	124.92	0.22	5.93	737.72	
20.000	99.99	99.99	100.65	0.35	10.16	Bus127	3.17	3.17	3.17	0	0.50	1.58	
						Bus128	2.08	2.11	2.76	16.47	539.89	1136.74	
						Bus133	0.81	0.87	1.47	40.45	1247.83	1091.63	
0.380	96.42	96.42	96.87	0.27	7.39	Bus133	29.57	29.57	29.66	0.22	5.94	175.70	
20.000	99.99	99.99	100.65	0.35	10.20	Bus131	0.60	0.68	1.24	52.96	1556.98	1062.74	
						Bus134	0.55	0.64	1.20	57.64	1661.78	1063.10	
						Bus132	0.56	0.56	0.56	0	0.50	0.28	
20.000	99.99	99.99	100.65	0.35	10.24	Bus133	0.38	0.50	1.01	80.92	2092.56	1036.03	
						Bus135	4.06	4.06	4.28	3.38	99.80	405.09	
						Bus149	2.80	2.81	3.10	6.17	190.72	535.19	
20.000	99.98	99.98	100.65	0.35	10.27	Bus134	4.14	4.14	4.31	2.91	81.47	337.68	
						Bus137	3.08	3.08	3.25	3.94	110.34	339.98	
						Bus136	1.27	1.27	1.27	0	0.50	0.63	
0.380	95.95	95.95	96.38	0.26	7.16	Bus135	66.74	66.74	66.96	0.22	5.86	390.90	

**ETAP PowerStation**  
4.0.0C

Page: 97  
Date: 07-02-2008  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config.: Normal

Study Case: HA

p1

Bus	Voltage Distortion						Current Distortion						
	kV	Fund. %	RMS %	ASUM %	THD %	TIF	To Bus ID	Fund. Amp	RMS Amp	ASUM Amp	THD %	TIF	IT
20.000	99.98	99.98	100.65	0.35	10.34	Bus135		3.42	3.42	3.53	2.32	65.17	222.73
							Bus140	4.77	4.77	4.77	0	0.50	2.39
							Bus141	8.94	8.94	9.03	0.70	19.73	176.43
0.380	95.55	95.55	95.97	0.25	7.02	Bus140	233.57	233.57	234.38	0.21	5.76	1345.44	
20.000	99.97	99.97	100.65	0.35	10.35	Bus137	5.02	5.02	5.02	0	0.50	2.51	
						Bus138	4.44	4.44	4.44	0	0.50	2.22	
20.000	99.97	99.98	100.65	0.35	10.35	Bus137	8.96	8.96	9.05	0.67	18.84	168.91	
						Bus146	1.46	1.46	1.55	4.35	121.79	178.39	
						Bus142	4.44	4.44	4.44	0	0.50	2.22	
0.380	95.56	95.56	95.98	0.25	7.02	Bus141	233.43	233.43	234.23	0.21	5.76	1345.54	
0.380	95.89	95.89	96.32	0.26	7.22	Bus146	67.51	67.51	67.72	0.22	5.83	393.80	
20.000	99.97	99.97	100.65	0.35	10.38	Bus141	1.45	1.45	1.45	0	0.50	0.73	
						Bus145	1.28	1.28	1.28	0	0.50	0.64	
0.380	95.73	95.73	96.15	0.25	7.03	Bus149	140.70	140.70	141.16	0.21	5.80	815.94	
20.000	99.99	99.99	100.66	0.35	10.27	Bus134	2.73	2.73	2.97	5.78	167.39	456.93	
						Bus150	4.30	4.30	4.55	3.64	105.72	455.12	
						Bus148	2.67	2.67	2.67	0	0.50	1.34	
20.000	99.99	99.99	100.66	0.35	10.29	Bus149	4.25	4.26	4.49	3.57	103.46	440.36	
						Bus152	6.42	6.42	6.65	2.35	68.37	438.73	
						Bus151	2.72	2.72	2.72	0	0.50	1.36	
0.380	95.65	95.65	96.07	0.25	7.04	Bus150	143.22	143.22	143.68	0.21	5.70	816.69	
20.000	99.99	99.99	100.66	0.35	10.30	Bus150	6.36	6.37	6.60	2.30	66.91	425.95	
						Bus153	6.44	6.44	6.52	0.88	24.59	158.43	
						Bus1095	13.09	13.09	13.22	0.72	19.64	257.12	
20.000	99.98	99.98	100.65	0.35	10.32	Bus152	6.85	6.85	6.85	0	0.50	3.42	
						Bus155	5.46	5.46	5.46	0	0.50	2.73	
						Bus159	4.05	4.05	4.05	0.05	0.50	2.02	
0.380	95.56	95.56	95.97	0.25	7.01	Bus155	233.61	233.61	234.41	0.21	5.75	1342.66	
20.000	99.98	99.98	100.65	0.35	10.32	Bus153	5.51	5.51	5.51	0	0.50	2.76	
						Bus154	4.44	4.44	4.44	0	0.50	2.22	
0.380	95.56	95.56	95.98	0.25	7.02	Bus159	218.54	218.54	219.29	0.21	5.75	1257.43	
20.000	99.97	99.97	100.65	0.35	10.32	Bus153	4.35	4.35	4.35	0	0.50	2.18	
						Bus158	4.15	4.15	4.15	0	0.50	2.08	
20.000	100.00	100.00	100.67	0.35	10.31	Bus164	1.31	1.31	1.31	0	0.50	0.65	
						Bus165	13.07	13.07	13.18	0.61	16.69	218.03	
						Bus1095	36.67	36.67	36.79	0.23	6.32	231.65	
0.380	97.00	97.00	97.48	0.28	7.87	Bus162	99.72	99.72	100.09	0.23	6.43	641.13	
20.000	100.00	100.00	100.67	0.35	10.31	Bus1095	0.56	0.56	0.56	0	0.50	0.28	
						Bus161	1.89	1.89	1.89	0	0.50	0.95	

**ETAP PowerStation**  
4.0.0C

Page: 98  
Date: 07-02-2008  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config.: Normal

Study Case: HA

p1

Bus	Voltage Distortion						Current Distortion						
	kV	Fund. %	RMS %	ASUM %	THD %	TIF	To Bus ID	Fund. Amp	RMS Amp	ASUM Amp	THD %	TIF	IT
0.380	95.96	95.96	96.40	0.26	7.18	Bus164	66.75	66.75	66.96	0.21	5.87	391.72	
20.000	100.00	100.00	100.67	0.35	10.31	Bus160	1.38	1.38	1.38	0	0.50	0.69	
						Bus163	1.27	1.27	1.27	0	0.50	0.63	
20.000	99.99	99.99	100.67	0.35	10.31	Bus160	13.16	13.16	13.27	0.58	15.69	206.55	
						Bus168	7.79	7.79	7.89	0.91	24.77	193.01	
						Bus167	5.58	5.58	5.58	0.04	0.50	2.79	
0.380	95.54	95.54	95.96	0.25	6.99	Bus165	293.91	293.91	294.92	0.20	5.73	1683.85	
20.000	99.99	99.99	100.66	0.35	10.32	Bus165	7.87	7.87	7.96	0.85	23.22	182.74	
						Bus170	5.16	5.16	5.25	1.25	34.18	176.48	
						Bus169	2.86	2.86	2.86	0	0.50	1.43	
0.380	95.42	95.42	95.84	0.25	6.93	Bus168	150.69	150.70	151.19	0.21	5.64	849.59	
20.000	99.99	99.99	100.66	0.35	10.32	Bus175	0.32	0.32	0.39	16.62	449.28	144.42	
						Bus168	5.24	5.24	5.33	1.16	31.56	165.51	
						Bus174	5.72	5.72	5.72	0	0.50	2.86	
0.380	95.49	95.49	95.91	0.25	6.97	Bus174	296.90	296.90	297.91	0.21	5.71	1695.03	
20.000	99.99	99.99	100.66	0.35	10.32	Bus170	5.80	5.80	5.80	0	0.50	2.90	
						Bus173	5.64	5.64	5.64	0	0.50	2.82	
20.000	99.99	99.99	100.66	0.35	10.33	Bus177	6.98	6.98	6.98	0.04	0.50	3.49	
						Bus170	0.10	0.11	0.14	34.35	734.13	80.16	
						Bus178	6.56	6.56	6.56	0	0.50	3.28	
0.380	98.25	98.26	98.81	0.31	8.82	Bus177	366.01	366.01	367.64	0.26	7.34	2686.56	
20.000	99.99	99.99	100.66	0.35	10.33	Bus175	7.08	7.08	7.08	0.04	0.50	3.54	
						Bus176	6.95	6.95	6.95	0	0.50	3.48	
20.000	99.99	99.99	100.67	0.35	10.33	Bus175	6.41	6.41	6.41	0	0.50	3.21	
						Bus1096	10.38	10.38	10.38	0	0.50	5.19	
						Bus180	4.15	4.15	4.15	0	0.50	2.08	
0.380	97.72	97.72	98.23	0.30	8.41	Bus181	152.69	152.69	153.33	0.24	6.95	1061.25	
0.380	95.58	95.58	96.00	0.25	7.02	Bus178	218.56	218.56	219.31	0.21	5.75	1257.79	
20.000	100.00	100.00	100.67	0.35	10.33	Bus1097	8.32	8.32	8.32	0	0.50	4.16	
						Bus1096	22.18	22.18	22.18	0	0.50	11.09	
						Bus179	2.90	2.90	2.90	0.04	0.50	1.45	
0.380	95.74	95.74	96.16	0.25	7.05	Bus1097	140.72	140.72	141.18	0.21	5.82	818.64	
0.380	95.66	95.66	96.09	0.25	7.06	Bus190	143.21	143.21	143.68	0.21	5.72	818.75	
20.000	100.00	100.00	100.67	0.35	10.33	Bus1096	2.28	2.28	2.28	0	0.50	1.14	
						Bus189	2.72	2.72	2.72	0	0.50	1.36	
20.000	99.99	99.99	100.44	0.17	7.46	Bus1115	0.28	0.51	1.05	150.95	2388.82	1214.28	
						Bus468	0.97	1.06	1.74	43.96	1153.94	1219.75	
						Bus467	3.05	3.05	3.05	0	0.50	1.53	
0.380	96.97	96.97	97.26	0.13	4.58	Bus460	160.62	160.62	160.97	0.11	3.71	596.08	

**ETAP PowerStation**  
4.0.0C

Page: 99  
Date: 07-02-2008  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config.: Normal

Study Case: HA

p1

Bus	Voltage Distortion						Current Distortion						
	kV	Fund. %	RMS %	ASUM %	THD %	TIF	To Bus ID	Fund. Amp	RMS Amp	ASUM Amp	THD %	TIF	IT
20.000	99.99	99.99	100.44	0.17	7.44	Bus460	1.07	1.15	1.85	39.86	1063.75	1227.50	
						Bus470	1.31	1.37	2.09	32.79	895.39	1231.15	
						Bus469	2.77	2.77	2.77	0	0.50	1.39	
0.380	95.57	95.57	95.82	0.11	3.93	Bus468	145.82	145.82	146.09	0.09	3.14	457.64	
20.000	99.99	99.99	100.43	0.17	7.41	Bus472	7.93	7.94	8.53	3.82	111.68	886.73	
						Bus468	1.18	1.26	1.97	36.52	989.91	1245.29	
						Bus471	3.55	3.56	3.95	5.90	200.78	714.92	
0.380	98.55	98.64	112.88	4.42	267.02	Bus470	187.08	187.42	214.21	6.02	220.10	41250.42	
20.000	99.99	99.99	100.43	0.18	7.41	Bus470	7.96	7.97	8.57	3.81	111.58	889.26	
						Bus474	8.98	8.98	8.98	0	0.50	4.49	
						Bus476	10.11	10.11	10.71	3.01	88.19	891.91	
0.380	95.48	95.48	95.72	0.11	3.87	Bus474	237.92	237.92	238.35	0.09	3.09	736.22	
20.000	99.98	99.98	100.43	0.17	7.41	Bus472	9.02	9.02	9.02	0	0.50	4.51	
						Bus473	4.52	4.52	4.52	0	0.50	2.26	
0.380	96.20	96.20	96.46	0.12	4.16	Bus476	200.71	200.71	201.10	0.08	3.35	672.17	
20.000	99.98	99.98	100.43	0.17	7.40	Bus472	10.17	10.17	10.77	3.01	88.21	897.38	
						Bus479	15.66	15.66	16.26	1.96	57.29	897.22	
						Bus475	3.81	3.81	3.81	0.04	0.50	1.91	
20.000	99.98	99.98	100.43	0.18	7.39	Bus481	14.60	14.60	15.21	2.11	61.73	901.48	
						Bus476	15.69	15.70	16.30	1.96	57.39	900.75	
						Bus480	1.18	1.18	1.18	0	0.50	0.59	
0.380	98.08	98.08	98.36	0.12	4.31	Bus479	62.36	62.36	62.46	0.09	3.09	192.69	
20.000	99.97	99.97	100.42	0.17	7.37	Bus479	14.71	14.71	15.33	2.11	61.99	912.14	
						Bus483	22.54	22.54	23.15	1.38	40.45	911.69	
						Bus482	4.36	4.36	4.36	0	0.50	2.18	
0.380	95.63	95.63	95.87	0.11	3.84	Bus481	229.47	229.47	229.90	0.09	3.19	731.26	
20.000	99.97	99.97	100.42	0.17	7.36	Bus481	22.58	22.58	23.22	1.39	41.38	934.30	
						Bus484	7.80	7.80	7.80	0	0.50	3.90	
						Bus486	27.66	27.66	28.31	1.14	34.08	942.74	
20.000	99.97	99.97	100.41	0.17	7.36	Bus483	7.87	7.87	7.87	0	0.50	3.94	
						Bus485	4.44	4.44	4.44	0	0.50	2.22	
						Bus484	233.65	233.65	234.08	0.10	3.13	730.67	
20.000	99.96	99.96	100.41	0.17	7.35	Bus483	27.72	27.72	28.37	1.14	34.28	950.25	
						Bus488	9.96	9.96	10.61	3.22	95.66	952.83	
						Bus487	25.20	25.20	25.20	0	0.50	12.60	
0.380	95.96	95.96	96.21	0.12	4.04	Bus486	1326.54	1326.54	1329.33	0.10	3.27	4343.89	
20.000	99.96	99.96	100.41	0.17	7.34	Bus486	10.01	10.02	10.67	3.21	95.85	960.01	
						Bus495	42.34	42.34	42.92	0.62	19.52	826.35	
						Bus489	15.38	15.38	15.75	1.34	46.47	714.62	

**ETAP PowerStation**  
4.0.0C

Page: 100  
Date: 07-02-2008  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config.: Normal

Study Case: HA

pl

Bus	Voltage Distortion					Current Distortion							
	kV	Fund. %	RMS %	ASUM %	THD %	TIF	To Bus ID	Fund. Amp	RMS Amp	ASUM Amp	THD %	TIF	IT
20.000		99.97	99.97	100.41	0.17	7.34	Bus488	15.33	15.33	15.70	1.35	46.62	714.60
							Bus491	8.91	8.91	8.91	0	0.50	4.45
							Bus490	3.17	3.18	3.56	6.65	230.13	732.23
0.380		98.87	98.96	109.59	4.33	237.43	Bus489	167.09	167.47	189.28	6.69	237.55	39781.95
20.000		99.96	99.96	100.41	0.17	7.34	Bus906	2.63	2.63	2.63	0	0.50	1.32
							Bus489	8.93	8.93	8.93	0	0.50	4.46
							Bus493	11.32	11.32	11.32	0	0.50	5.66
0.380		95.86	95.86	96.11	0.12	3.96	Bus906	67.84	67.84	67.93	0.09	2.78	188.46
20.000		99.96	99.96	100.41	0.17	7.34	Bus491	11.36	11.36	11.36	0.04	0.50	5.68
							Bus494	3.76	3.76	3.76	0	0.50	1.88
0.380		96.99	96.99	97.27	0.13	4.50	Bus493	197.97	197.97	198.40	0.10	3.70	731.78
20.000		99.94	99.94	100.38	0.17	7.32	Bus488	42.46	42.46	43.05	0.62	19.90	845.03
							Bus496	8.39	8.39	8.39	0	0.50	4.20
							Bus498	55.17	55.17	55.76	0.48	15.42	850.60
20.000		99.94	99.94	100.38	0.17	7.32	Bus495	8.48	8.48	8.48	0	0.50	4.24
							Bus497	4.44	4.44	4.44	0	0.50	2.22
0.380		95.51	95.51	95.75	0.11	3.81	Bus496	233.65	233.65	234.08	0.09	3.10	724.84
20.000		99.93	99.93	100.37	0.17	7.30	Bus495	55.23	55.23	55.82	0.49	15.57	859.90
							Bus500	50.75	50.75	51.16	0.47	12.35	626.56
0.380		97.11	97.11	97.43	0.14	5.06	Bus499	125.82	125.82	126.07	0.11	3.83	482.20
20.000		99.93	99.94	100.38	0.17	7.30	Bus498	6622.36	6622.36	6639.96	0.10	4.16	27568.75
							Bus501	50.72	50.72	51.12	0.47	12.40	628.87
							Bus513	9.07	9.07	9.07	0	0.50	4.54
20.000		99.94	99.94	100.38	0.17	7.30	Bus500	3.08	3.09	3.50	7.97	210.06	649.21
							Bus503	9.05	9.05	9.05	0	0.50	4.53
							0423	7.17	7.17	7.17	0	0.50	3.59
20.000		99.99	99.99	100.44	0.18	7.54	Bus114	4.44	4.44	4.44	0	0.50	2.22
							Bus1115	2.55	2.55	2.55	0	0.50	1.28
20.000		99.94	99.94	100.38	0.17	7.30	Bus501	58.90	58.90	58.90	0	0.50	29.45
							Bus510	7.14	7.14	7.14	0.04	0.50	3.57
							Bus504	17.59	17.59	17.59	0	0.50	8.79
20.000		99.94	99.94	100.40	0.18	7.58	Bus335	3.76	3.76	3.76	0	0.50	1.88
							Bus339	67.18	67.18	67.46	0.22	8.48	569.41
0.380		96.45	96.45	96.73	0.12	4.37	Bus337	6.89	6.89	6.89	0	0.50	3.44
20.000		99.93	99.93	100.39	0.18	7.59	Bus337	362.37	362.37	363.17	0.10	3.60	1303.76
							Bus903	60.51	60.51	60.78	0.24	9.06	548.53
							Bus542	58.18	58.18	58.22	0.06	1.57	91.16
0.380		96.05	96.05	96.32	0.12	4.35	Bus903	16.24	16.24	16.46	0.67	29.42	477.95
								2650.73	2650.73	2656.78	0.10	3.53	9368.68

**ETAP PowerStation**  
4.0.0C

Study Case: HA

Page: 101  
Date: 07-02-2008  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config.: Normal

p1

Bus	Voltage Distortion						Current Distortion						
	kV	Fund. %	RMS %	ASUM %	THD %	TIF	To Bus ID	Fund. Amp	RMS Amp	ASUM Amp	THD %	TIF	IT
20.000	99.89	99.89	100.35	0.18	7.70	Bus540	16.84	16.85	17.03	0.58	22.24	374.63	
						Bus904	47.29	47.29	47.29	0	0.50	23.65	
						Bus544	7.14	7.14	7.14	0.04	0.50	3.57	
						Bus547	31.40	31.40	31.48	0.19	4.96	155.80	
20.000	99.88	99.88	100.35	0.18	7.71	Bus542	7.33	7.33	7.33	0	0.50	3.66	
						Bus545	3.05	3.05	3.05	0	0.50	1.53	
0.380	96.86	96.86	97.16	0.13	4.69	Bus544	160.73	160.73	161.08	0.11	3.79	608.53	
0.380	95.90	95.90	96.17	0.12	4.33	Bus904	1700.59	1700.59	1704.43	0.09	3.52	5982.49	
20.000	99.88	99.88	100.34	0.18	7.71	Bus905	81.58	81.58	81.62	0.04	1.19	96.68	
						Bus542	31.47	31.47	31.55	0.18	4.93	155.22	
						Bus549	15.72	15.72	15.72	0	0.50	7.86	
0.380	95.96	95.96	96.23	0.12	4.37	Bus905	2680.65	2680.65	2686.79	0.10	3.55	9507.32	
20.000	99.87	99.87	100.33	0.18	7.74	Bus547	15.89	15.89	15.89	0	0.50	7.94	
						Bus551	11.56	11.56	11.56	0	0.50	5.78	
						Bus550	2.77	2.77	2.77	0	0.50	1.39	
0.380	95.44	95.44	95.70	0.11	4.04	Bus549	145.91	145.91	146.19	0.09	3.21	468.92	
20.000	99.83	99.83	100.30	0.18	7.79	Bus549	12.25	12.25	12.25	0	0.50	6.12	
						Bus553	23.26	23.26	23.26	0	0.50	11.63	
						Bus552	3.05	3.05	3.05	0	0.50	1.53	
0.380	96.81	96.81	97.10	0.13	4.73	Bus551	160.76	160.76	161.12	0.11	3.81	612.25	
20.000	99.82	99.82	100.29	0.18	7.79	Bus551	23.39	23.39	23.39	0	0.50	11.69	
						Bus554	16.47	16.47	16.47	0	0.50	8.24	
0.380	95.65	95.65	95.92	0.12	4.20	Bus553	867.04	867.04	868.86	0.09	3.33	2884.21	
20.000	99.98	99.98	100.59	0.34	9.67	Bus1116	1.77	1.86	3.15	31.93	1329.75	2474.74	
						Bus556	5.17	5.17	5.17	0	0.50	2.58	
						Bus558	5.73	5.76	7.10	9.79	427.95	2464.22	
						Bus555	5.23	5.23	5.23	0	0.50	2.62	
20.000	99.98	99.98	100.59	0.34	9.67	Bus557	2.94	2.94	2.94	0	0.50	1.47	
						Bus556	154.94	154.94	155.47	0.22	6.03	934.57	
0.380	96.88	96.88	97.32	0.27	7.51	Bus556	154.94	154.94	155.47	0.22	6.03	934.57	
20.000	99.98	99.98	100.59	0.34	9.68	Bus555	5.83	5.86	7.20	9.56	419.69	2458.73	
						Bus562	5.72	5.72	5.95	2.49	74.78	428.02	
						Bus1113	1.07	1.16	2.17	42.36	1909.24	2222.30	
						Bus559	4.44	4.44	4.44	0	0.50	2.22	
0.380	95.56	95.56	95.95	0.25	6.72	Bus558	233.64	233.64	234.39	0.20	5.50	1285.73	
20.000	99.98	99.98	100.59	0.34	9.71	Bus566	14.20	14.20	14.40	0.87	26.35	374.09	
						Bus562	2.20	2.21	2.40	5.61	169.03	372.78	
						Bus565	2.72	2.72	2.72	0	0.50	1.36	



**ETAP PowerStation**  
4.0.0C

Page: 102  
Date: 07-02-2008  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config: Normal

Study Case: HA

ap1

Bus	Voltage Distortion					Current Distortion						
	kV	Fund. %	RMS %	ASUM %	THD %	To Bus ID	Fund. Amp	RMS Amp	ASUM Amp	THD %	TIF	IT
20.000		99.98	99.98	100.58	0.34	9.70 Bus558	5.91	5.91	6.12	2.24	67.36	398.05
						Bus561	2.23	2.23	2.45	5.95	178.98	399.97
0.380		95.52	95.52	95.91	0.25	Bus564	5.58	5.58	5.58	0	0.50	2.79
0.380		95.64	95.64	96.04	0.25	Bus562	293.93	293.93	294.86	0.20	5.50	1616.06
20.000		99.98	99.98	100.58	0.34	Bus561	143.22	143.22	143.67	0.21	5.54	793.11
						Bus561	14.22	14.22	14.42	0.86	25.95	369.10
						Bus910	19.09	19.09	19.09	0.04	0.50	9.54
0.380		95.89	95.89	96.30	0.25	Bus568	3.71	3.71	3.91	3.33	100.56	373.32
20.000		99.97	99.98	100.58	0.34	Bus910	850.95	850.95	853.83	0.21	5.64	4797.53
						Bus566	3.73	3.73	3.92	3.22	97.40	363.25
						Bus570	6.99	6.99	7.19	1.81	54.38	380.00
						Bus569	10.02	10.02	10.02	0	0.50	5.01
0.380		97.47	97.47	97.94	0.29	Bus568	527.18	527.18	529.25	0.24	6.52	3437.68
20.000		99.97	99.97	100.58	0.34	Bus568	7.00	7.00	7.20	1.78	53.54	374.59
						Bus572	2.46	2.46	2.67	5.09	152.68	376.27
						Bus571	0.95	0.95	0.95	0	0.50	0.48
0.380		98.49	98.49	99.01	0.31	Bus570	50.01	50.01	50.21	0.26	7.08	354.19
20.000		99.97	99.97	100.58	0.34	Bus570	2.32	2.33	2.51	4.91	147.56	343.43
						Bus573	0.84	0.85	0.88	4.46	100.63	85.09
						Bus582	6.73	6.73	6.84	1.24	34.66	233.20
20.000		99.97	99.97	100.58	0.34	Bus572	0.84	0.84	0.84	0	0.50	0.42
						Bus575	2.23	2.23	2.26	1.59	35.96	80.02
0.380		95.46	95.47	95.86	0.25	Bus574	4.52	4.52	4.52	0	0.50	2.26
20.000		99.97	99.97	100.58	0.34	Bus573	237.99	238.00	238.74	0.20	5.44	1294.10
						Bus573	2.25	2.25	2.28	1.52	34.41	77.29
						Bus576	4.80	4.80	4.87	1.01	28.20	135.41
20.000		99.97	99.97	100.58	0.34	Bus580	4.49	4.49	4.58	1.53	42.59	191.18
						Bus575	4.99	4.99	4.99	0	0.50	2.50
						Bus578	6.27	6.27	6.27	0	0.50	3.13
						Bus577	1.98	1.98	1.98	0	0.50	0.99
0.380		96.83	96.83	97.28	0.27	Bus576	104.24	104.24	104.59	0.23	6.13	639.00
20.000		99.96	99.96	100.58	0.34	Bus913	3.03	3.03	3.03	0	0.50	1.52
						Bus576	6.37	6.37	6.37	0	0.50	3.18
						Bus579	2.77	2.77	2.77	0	0.50	1.39
0.380		95.55	95.55	95.94	0.25	Bus578	145.84	145.84	146.29	0.20	5.46	796.86
20.000		99.97	99.97	100.58	0.34	Bus575	4.53	4.53	4.63	1.59	44.21	200.35
						Bus581	1.10	1.10	1.20	6.55	182.04	200.34
0.380		99.05	99.12	108.98	3.99	Bus580	57.80	57.94	65.77	7.00	246.51	14283.17

ETAP PowerStation

4.0.0C

Study Case: HA

Page: 103  
 Date: 07-02-2008  
 SN: KLGCONSULT  
 Revision: Base  
 Config.: Normal

p1

Bus	Voltage Distortion						Current Distortion					
	kV	Fund. %	RMS %	ASUM %	THD %	TIF	To Bus ID	Fund. Amp	RMS Amp	ASUM Amp	THD %	TIF
20.000	99.97	99.97	100.58	0.34	9.75	Bus572	6.77	6.77	6.88	1.15	32.02	216.84
						Bus584	6.84	6.84	6.95	1.15	32.14	219.86
						Bus583	2.77	2.77	2.77	0	0.50	1.39
0.380	95.55	95.55	95.95	0.25	6.81	Bus582	145.83	145.83	146.29	0.19	5.46	795.81
20.000	99.97	99.97	100.58	0.34	9.76	Bus915	6.68	6.68	6.68	0	0.50	3.34
						Bus582	6.88	6.89	6.99	1.05	29.39	202.35
						Bus591	2.51	2.51	2.58	2.09	58.49	146.86
0.380	95.55	95.55	95.95	0.25	6.77	Bus915	218.50	218.50	219.20	0.20	5.55	1212.18
0.380	95.63	95.63	96.03	0.25	6.82	Bus591	143.17	143.17	143.62	0.20	5.57	797.45
20.000	99.96	99.96	100.57	0.34	9.78	Bus584	3.00	3.00	3.00	0	0.50	1.50
						Bus590	2.72	2.72	2.72	0	0.50	1.36
0.380	99.01	99.08	111.08	3.65	228.69	Bus1113	192.77	193.21	223.75	6.76	243.15	46978.67
20.000	99.98	99.98	100.59	0.34	9.72	Bus1113	6.88	6.91	8.21	8.96	357.87	2471.13
						Bus599	8.39	8.39	8.39	0	0.50	4.19
						Bus601	7.66	7.68	8.98	7.96	319.68	2456.65
20.000	99.98	99.98	100.59	0.34	9.72	Bus598	8.44	8.44	8.44	0	0.50	4.22
						Bus600	5.48	5.48	5.48	0	0.50	2.74
0.380	95.61	95.61	96.00	0.24	6.72	Bus599	288.65	288.65	289.59	0.21	5.61	1620.11
20.000	99.98	99.98	100.59	0.34	9.72	Bus598	7.69	7.71	9.01	7.92	318.13	2454.26
						Bus603	12.17	12.19	13.48	4.97	200.66	2445.12
20.000	99.97	99.97	100.58	0.34	9.78	Bus605	16.23	16.24	17.57	3.75	151.86	2466.19
						Bus662	2.45	2.46	2.77	7.16	245.45	602.72
0.380	98.82	98.91	109.50	4.30	236.66	Bus661	128.91	129.24	147.20	7.19	252.96	32693.14
20.000	99.97	99.97	100.58	0.35	9.80	Bus661	20.16	20.18	21.75	3.75	139.95	2823.62
						Bus921	34.96	34.96	35.07	0.23	6.27	219.25
						Bus676	10.26	10.28	11.78	7.01	265.86	2734.34
0.380	95.84	95.84	96.25	0.26	7.01	Bus676	218.62	218.62	219.35	0.21	5.75	1258.03
0.380	95.40	95.40	95.80	0.25	6.85	Bus673	302.46	302.46	303.42	0.20	5.50	1664.24
20.000	99.99	99.99	100.61	0.35	9.95	Bus686	34.42	34.42	34.42	0	0.50	17.21
						Bus674	26.89	26.89	26.89	0	0.50	13.45
						Bus672	5.75	5.75	5.75	0	0.50	2.87
20.000	99.98	99.99	100.61	0.35	9.95	Bus673	26.90	26.90	26.90	0	0.50	13.45
						Bus924	11.16	11.16	11.16	0	0.50	5.58
						Bus675	5.75	5.75	5.75	0	0.50	2.87
0.380	95.40	95.40	95.80	0.25	6.85	Bus674	302.52	302.52	303.49	0.20	5.50	1664.24
20.000	99.98	99.98	100.59	0.35	9.88	Bus663	10.08	10.10	11.58	7.03	267.78	2704.91
						Bus686	12.75	12.77	14.25	5.54	211.41	2700.51
						Bus670	4.15	4.15	4.15	0	0.50	2.08

**E-TAP PowerStation**  
4.0.0C

Page: 104  
Date: 07-02-2008  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config.: Normal

Study Case: HA

Bus	Voltage Distortion					Current Distortion						
	kV	Fund. %	RMS %	ASUM %	THD %	To Bus ID	Fund. Amp	RMS Amp	ASUM Amp	THD %	TIF	IT
20.000	99.98	99.98	100.61	0.35	9.95	Bus673	34.44	34.44	34.44	0	0.50	17.22
						Bus676	12.63	12.65	14.11	5.53	211.87	2679.27
0.380	95.77	95.77	96.18	0.26	7.12	Bus691	19.04	19.05	20.51	3.63	139.51	2658.09
0.380	95.87	95.87	96.29	0.26	7.18	Bus690	222.40	222.40	223.14	0.21	5.74	1276.45
20.000	99.97	99.97	100.60	0.35	10.16	Bus689	67.84	67.84	68.06	0.22	5.81	394.46
						Bus690	6.73	6.76	8.14	9.85	381.81	2580.84
						Bus693	10.33	10.35	11.74	6.41	249.23	2579.89
						Bus688	1.29	1.29	1.29	0	0.50	0.64
20.000	99.97	99.97	100.60	0.35	10.06	Bus689	6.61	6.65	8.05	10.19	393.30	2613.78
						Bus691	9.95	9.97	11.39	6.79	262.40	2616.92
						Bus687	4.23	4.23	4.23	0	0.50	2.11
20.000	99.98	99.98	100.60	0.35	9.97	Bus686	19.08	19.10	20.55	3.60	138.74	2649.51
						Bus690	9.83	9.85	11.29	6.97	268.52	2645.63
						Bus692	5.86	5.86	5.86	0	0.50	2.93
0.380	95.30	95.30	95.70	0.25	6.87	Bus691	308.38	308.38	309.36	0.20	5.42	1671.27
20.000	99.96	99.96	100.60	0.36	10.24	Bus723	4.43	4.48	5.82	14.57	566.10	2535.94
20.000	99.98	99.98	100.75	0.40	12.23	Bus743	6.72	6.75	7.95	8.64	316.16	2132.55
						Bus742	7.34	7.34	7.34	0	0.50	3.67
						Bus1106	5.27	5.30	6.49	10.88	398.81	2114.13
						Bus928	4.30	4.30	4.30	0	0.50	2.15
0.380	95.78	95.78	96.28	0.29	8.31	Bus756	222.39	222.39	223.29	0.23	6.72	1494.27
20.000	99.98	99.98	100.76	0.40	12.33	Bus1106	3.50	3.54	4.66	15.61	565.96	2004.43
						Bus757	14.13	14.13	14.13	0	0.50	7.06
						Bus761	23.49	23.49	24.63	2.29	84.61	1987.77
						Bus755	4.23	4.23	4.23	0	0.50	2.11
20.000	99.98	99.98	100.76	0.40	12.33	Bus756	14.14	14.14	14.14	0	0.50	7.07
						Bus758	3.02	3.02	3.02	0	0.50	1.51
0.380	98.23	98.23	98.85	0.34	10.14	Bus757	159.04	159.04	159.87	0.29	8.50	1352.27
20.000	99.98	99.98	100.76	0.40	12.35	Bus756	23.51	23.52	24.65	2.28	84.20	1980.42
						Bus766	13.04	13.04	13.04	0	0.50	6.52
						Bus770	38.91	38.91	40.02	1.34	49.98	1944.60
0.380	97.50	97.50	98.09	0.33	9.63	Bus766	521.51	521.51	524.11	0.27	8.03	4189.69
20.000	99.98	99.98	100.75	0.40	12.35	Bus761	13.10	13.10	13.10	0	0.50	6.55
						Bus765	9.91	9.91	9.91	0	0.50	4.95
0.380	96.16	96.16	96.68	0.30	8.59	Bus770	126.40	126.41	126.94	0.25	6.98	882.27
0.380	96.09	96.09	96.60	0.30	8.63	Bus932	128.43	128.43	128.97	0.23	6.89	884.91
20.000	99.98	99.98	100.75	0.40	12.36	Bus761	38.92	38.93	40.04	1.34	49.84	1940.01
						Bus771	29.89	29.89	31.00	1.74	64.84	1938.02
						Bus767	2.40	2.40	2.40	0	0.50	1.20

**ETAP PowerStation**  
4.0.0C

Page: 105  
Date: 07-02-2008  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config.: Normal

Study Case: HA

p1

Bus	Voltage Distortion						Current Distortion						
	kV	Fund. %	RMS %	ASUM %	THD %	TIF	To Bus ID	Fund. Amp	RMS Amp	ASUM Amp	THD %	TIF	IT
20.000	99.97	99.97	100.75	0.40	12.41	12.41	Bus772	30.97	30.98	32.04	1.60	60.34	1869.05
							Bus770	29.98	29.99	31.08	1.71	63.72	1910.68
							Bus932	20.06	20.06	20.09	0.16	3.72	74.60
20.000	99.96	99.96	100.74	0.40	12.44	12.44	Bus771	31.03	31.03	32.09	1.58	59.66	1851.51
							Bus776	6.49	6.51	7.53	7.39	283.57	1845.95
							Bus773	25.15	25.15	25.24	0.26	7.00	175.95
0.380	96.88	96.88	97.45	0.32	9.38	Bus772	1323.57	1323.57	1329.89	0.26	7.68	10168.73	
20.000	99.95	99.96	100.74	0.40	12.52	12.52	Bus772	6.63	6.64	7.64	7.07	271.01	1800.37
							Bus779	5.14	5.16	6.16	9.09	348.74	1800.20
							Bus777	3.81	3.81	3.81	0	0.50	1.90
0.380	96.94	96.94	97.51	0.32	9.30	Bus776	200.43	200.43	201.36	0.26	7.63	1528.63	
0.380	96.02	96.02	96.54	0.30	8.64	Bus779	260.53	260.53	261.64	0.24	7.01	1825.52	
20.000	99.95	99.95	100.75	0.41	12.62	12.62	Bus776	5.31	5.33	6.29	8.54	327.43	1744.88
							Bus780	17.96	17.97	18.95	2.52	97.22	1746.89
							Bus778	4.95	4.95	4.95	0	0.50	2.48
20.000	99.95	99.95	100.74	0.41	12.64	12.64	Bus779	18.00	18.00	18.98	2.50	96.35	1734.65
							Bus781	12.55	12.55	12.55	0.04	0.50	6.27
							Bus787	31.52	31.52	32.47	1.38	53.75	1694.16
20.000	99.94	99.94	100.74	0.41	12.64	12.64	Bus780	12.66	12.66	12.66	0	0.50	6.33
							Bus782	10.02	10.02	10.02	0	0.50	5.01
0.380	97.43	97.44	98.03	0.33	9.81	Bus781	527.26	527.27	529.91	0.27	8.09	4266.03	
20.000	99.94	99.95	100.74	0.41	12.65	12.65	Bus780	31.54	31.54	32.49	1.38	53.46	1686.05
							Bus792	13.96	13.97	14.93	3.18	124.54	1739.47
							Bus788	40.27	40.27	40.42	0.26	7.06	284.13
0.380	96.87	96.87	97.44	0.32	9.50	Bus787	2119.41	2119.42	2129.66	0.26	7.78	16491.29	
0.380	96.14	96.14	96.66	0.30	8.77	Bus792	126.40	126.40	126.94	0.25	7.12	900.34	
0.380	96.22	96.22	96.76	0.31	8.95	Bus938	124.43	124.44	124.98	0.25	7.16	891.17	
20.000	99.95	99.95	100.75	0.41	12.70	12.70	Bus787	13.87	13.87	14.82	3.15	123.28	1710.40
							Bus793	15.13	15.13	16.09	2.90	113.35	1715.13
							Bus789	2.40	2.40	2.40	0	0.50	1.20
20.000	99.96	99.96	100.76	0.41	12.77	12.77	Bus792	14.99	14.99	15.92	2.85	111.45	1670.79
							Bus794	8.42	8.43	9.11	3.75	147.28	1241.30
							Bus938	6.20	6.20	6.40	1.73	64.50	399.90
20.000	99.97	99.97	100.78	0.41	12.89	12.89	Bus793	8.13	8.13	8.77	3.57	140.50	1142.80
							Bus796	14.63	14.63	14.63	0	0.50	7.32
							Bus797	2.15	2.16	2.78	13.45	525.29	1137.21
20.000	99.96	99.96	100.78	0.41	12.89	12.89	Bus794	14.69	14.69	14.69	0	0.50	7.34
							Bus799	10.12	10.12	10.12	0	0.50	5.06

**ETAP PowerStation**  
4.0.0C

Page: 106  
Date: 07-02-2008  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config.: Normal

Study Case: HA

Bus	Voltage Distortion						Current Distortion						
	kV	Fund. %	RMS %	ASUM %	THD %	TIF	To Bus ID	Fund. Amp	RMS Amp	ASUM Amp	THD %	TIF	IT
20.000	99.97	99.97	100.78	0.41	12.90	Bus794		2.12	2.13	2.74	13.45	525.60	1121.84
							Bus802	11.43	11.43	12.05	2.50	98.51	1125.98
							Bus801	1.94	1.94	1.94	0	0.50	0.97
0.380	97.43	97.43	98.04	0.34	9.97	Bus796	532.72	532.72	535.41	0.28	8.14	4334.45	
0.380	96.89	96.89	97.47	0.33	9.51	Bus797	102.26	102.26	102.74	0.26	7.69	786.74	
20.000	99.97	99.97	100.78	0.41	12.92	Bus797		11.45	11.45	12.07	2.47	97.26	1113.65
							Bus804	2.42	2.44	3.05	11.81	460.69	1123.60
							Bus803	4.15	4.15	4.15	0	0.50	2.07
0.380	95.84	95.84	96.36	0.30	8.72	Bus802	218.39	218.39	219.31	0.24	6.93	1513.90	
20.000	99.97	99.97	100.80	0.42	13.17	Bus802		1.31	1.33	1.79	16.66	649.13	861.41
							Bus952	1.67	1.68	2.15	13.13	513.69	864.70
							Bus805	1.33	1.33	1.33	0	0.50	0.67
0.380	95.71	95.71	96.24	0.30	8.76	Bus804	70.25	70.25	70.52	0.24	6.74	473.23	
20.000	99.98	99.98	100.58	0.21	10.22	Bus1117		2.06	2.07	2.57	11.75	416.65	863.96
							Bus808	3.27	3.28	3.79	7.42	264.01	866.77
							Bus807	1.92	1.92	1.92	0	0.50	0.96
0.380	96.95	96.95	97.31	0.15	5.87	Bus806	100.97	100.97	101.24	0.12	4.67	471.14	
20.000	99.98	99.98	100.58	0.21	10.22	Bus806		3.45	3.46	3.96	7.09	250.50	866.02
							Bus810	3.41	3.42	3.73	5.26	195.48	668.08
							Bus809	4.88	4.89	5.42	5.49	191.04	934.10
0.380	98.49	98.60	113.16	4.52	272.56	Bus808	256.96	257.35	291.29	5.55	203.27	52313.32	
20.000	99.98	99.98	100.58	0.21	10.22	Bus808		3.54	3.54	3.86	5.13	190.08	673.09
							Bus813	4.09	4.09	4.39	4.14	153.00	625.65
							Bus963	20.68	20.68	20.68	0	0.50	10.34
0.380	95.82	95.82	96.14	0.14	5.18	Bus963	865.57	865.57	867.79	0.11	4.12	3565.56	
20.000	99.98	99.98	100.58	0.21	10.21	Bus810		4.11	4.12	4.41	4.13	152.43	627.31
							Bus817	1.36	1.37	1.66	12.25	444.17	610.35
							Bus815	3.07	3.07	3.07	0	0.50	1.54
0.380	99.98	99.98	100.58	0.21	10.21	Bus813	161.62	161.62	162.30	0.17	7.98	1289.47	
0.380	95.36	95.36	95.66	0.13	4.94	Bus817	305.07	305.07	305.78	0.10	3.88	1185.18	
20.000	99.98	99.98	100.58	0.21	10.21	Bus813		1.47	1.48	1.77	11.50	416.67	615.15
							Bus818	5.44	5.45	5.74	3.02	109.95	598.84
							Bus816	5.80	5.80	5.80	0	0.50	2.90
20.000	99.98	99.98	100.58	0.21	10.20	Bus817		5.35	5.36	5.65	3.16	114.76	614.54
							Bus820	34.00	34.00	34.53	0.83	31.87	1083.68
							Bus819	2.45	2.46	2.76	6.95	239.81	588.84
0.380	98.83	98.93	109.73	4.38	241.14	Bus818	128.92	129.24	146.80	6.98	247.58	31996.22	

**ETAP PowerStation**  
4.0.0C

Page: 107  
Date: 07-02-2008  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config.: Normal

Study Case: HA

p1

Bus	Voltage Distortion						Current Distortion					
	kV	Fund. %	RMS %	ASUM %	THD %	TIF	To Bus ID	Fund. Amp	RMS Amp	ASUM Amp	THD %	TIF
20.000	99.98	99.98	100.58	0.21	10.20	Bus818	34.01	34.01	34.54	0.83	31.88	1084.18
						Bus822	6.35	6.35	6.35	0.04	0.50	3.18
						Bus825	22.47	22.47	22.99	1.24	47.55	1068.51
0.380	95.35	95.35	95.66	0.14	4.93	Bus822	305.07	305.07	305.77	0.11	3.88	1182.98
0.380	96.96	96.96	97.24	0.13	4.47	Bus503	197.98	197.98	198.40	0.10	3.67	726.26
0.380	95.62	95.62	95.86	0.11	3.84	Bus510	143.14	143.14	143.40	0.09	3.12	447.26
20.000	99.95	99.95	100.39	0.17	7.30	Bus511	25.27	25.27	25.27	0	0.50	12.64
						Bus503	17.42	17.42	17.42	0	0.50	8.71
						Bus509	2.72	2.72	2.72	0	0.50	1.36
20.000	99.95	99.95	100.39	0.17	7.30	Bus510	25.29	25.29	25.29	0	0.50	12.65
						Bus512	3.76	3.76	3.76	0	0.50	1.88
0.380	96.97	96.97	97.26	0.13	4.47	Bus511	197.98	197.98	198.40	0.10	3.67	726.35
20.000	99.94	99.94	100.38	0.17	7.27	Bus500	2.81	2.82	3.27	8.98	246.00	694.17
						Bus520	2.45	2.45	2.45	0	0.50	1.22
						Bus514	3.69	3.69	4.17	7.28	201.12	743.12
0.380	97.78	97.87	107.14	4.24	157.63	Bus513	193.95	194.47	224.01	7.35	209.33	40709.40
0.380	95.27	95.27	95.50	0.11	3.76	Bus520	308.28	308.28	308.81	0.06	2.94	907.01
20.000	99.94	99.94	100.38	0.17	7.27	Bus521	9.22	9.22	9.22	0.05	0.50	4.61
						Bus513	2.31	2.31	2.31	0	0.50	1.15
						Bus519	5.86	5.86	5.86	0	0.50	2.93
20.000	99.94	99.94	100.38	0.17	7.27	Bus520	9.27	9.27	9.27	0	0.50	4.64
						Bus529	7.26	7.26	7.26	0	0.50	3.63
						Bus528	20.01	20.01	20.01	0.04	0.50	10.01
0.380	98.04	98.04	98.37	0.14	5.30	Bus521	1053.29	1053.29	1056.18	0.12	4.41	4640.77
20.000	99.94	99.94	100.38	0.17	7.27	Bus907	20.87	20.87	20.87	0	0.50	10.43
						Bus521	7.30	7.30	7.30	0	0.50	3.65
						Bus530	4.52	4.52	4.52	0	0.50	2.26
0.380	95.43	95.43	95.67	0.10	3.79	Bus529	238.04	238.04	238.46	0.09	3.02	719.03
0.380	95.56	95.56	95.81	0.11	3.94	Bus114	233.64	233.64	234.09	0.09	3.21	749.38
20.000	99.96	99.96	100.41	0.18	7.57	Bus1115	32.02	32.02	32.17	0.29	12.81	410.19
						Bus535	71.93	71.93	72.25	0.24	8.72	627.32
						Bus533	2.32	2.33	2.49	4.16	132.88	309.05
0.380	100.35	100.38	108.85	2.58	154.16	Bus532	122.30	122.42	135.27	4.39	161.45	19765.63
20.000	99.95	99.95	100.41	0.18	7.58	Bus532	71.96	71.96	72.27	0.23	8.69	624.95
						Bus537	67.16	67.16	67.44	0.22	8.53	572.65
						Bus536	25.15	25.15	25.15	0	0.50	12.58
0.380	96.87	96.87	97.17	0.14	4.75	Bus535	1323.70	1323.70	1326.97	0.11	3.89	5149.30
20.000	99.94	99.94	100.40	0.18	7.58	Bus540	60.45	60.45	60.73	0.24	9.21	556.99
20.000	99.98	99.98	100.59	0.34	9.72	Bus602	5.75	5.75	5.75	0	0.50	2.87

**ETAP PowerStation**  
4.0.0C

Page: 108  
Date: 07-02-2008  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config.: Normal

Study Case: HA

p1

Bus	Voltage Distortion						Current Distortion						
	kV	Fund. %	RMS %	ASUM %	THD %	TIF	To Bus ID	Fund. Amp	RMS Amp	ASUM Amp	THD %	TIF	IT
0.380	95.40	95.40	95.79	0.25	6.72	Bus601	302.53	302.53	303.47	0.21	5.39	1631.67	
	20.000	99.98	99.98	100.59	0.34	9.73	Bus601	12.19	12.21	13.50	4.96	200.15	2443.12
							Bus605	12.16	12.18	13.46	4.95	200.12	2436.48
							Bus604	4.15	4.15	4.15	0	0.50	2.08
0.380	95.57	95.57	95.96	0.25	6.76	Bus603	218.57	218.57	219.27	0.21	5.54	1210.35	
	20.000	99.98	99.98	100.59	0.34	9.74	Bus603	12.19	12.20	13.49	4.92	199.43	2433.71
							Bus610	4.21	4.21	4.25	0.85	43.24	182.11
							Bus661	16.10	16.11	17.45	3.82	154.00	2481.34
20.000	99.98	99.98	100.59	0.34	9.73	Bus605	4.12	4.12	4.21	1.36	65.99	271.57	
						Bus612	2.48	2.48	2.55	1.91	101.47	252.11	
						Bus611	1.52	1.52	1.52	0	0.50	0.76	
						Bus610	80.17	80.17	80.46	0.23	6.54	524.15	
20.000	99.98	99.98	100.59	0.34	9.73	Bus610	2.44	2.44	2.54	2.38	114.43	279.62	
						Bus614	4.23	4.23	4.29	1.14	60.58	256.04	
						Bus613	4.61	4.61	4.61	0	0.50	2.30	
						Bus612	242.49	242.49	243.24	0.20	5.33	1292.84	
20.000	99.98	99.98	100.59	0.34	9.72	Bus612	4.17	4.17	4.27	1.41	67.81	283.00	
						Bus616	15.86	15.86	15.95	0.36	17.46	276.83	
						Bus615	5.64	5.64	5.64	0.04	0.50	2.82	
						Bus614	296.92	296.92	297.86	0.20	5.49	1631.35	
0.380	95.48	95.49	95.87	0.24	6.71	Bus614	15.87	15.87	15.97	0.36	17.54	278.38	
	20.000	99.98	99.98	100.59	0.34	9.72	Bus614	3.10	3.10	3.20	1.83	89.25	276.80
							Bus618	1.89	1.89	1.89	0	0.50	0.95
							Bus617	1.89	1.89	1.89	0	0.50	0.95
20.000	96.99	96.99	97.44	0.28	7.57	Bus616	3.27	3.27	3.41	2.17	94.56	308.84	
20.000	99.98	99.98	100.59	0.34	9.71	Bus616	3.55	3.55	3.69	2.00	86.41	306.97	
						Bus628	3.59	3.59	3.59	0	0.50	1.79	
						Bus620	188.70	188.70	189.35	0.22	5.96	1124.63	
						Bus618	218.63	218.63	219.34	0.21	5.66	1238.28	
0.380	96.43	96.43	96.85	0.26	7.22	Bus618	3.61	3.61	3.75	2.05	87.66	316.26	
	20.000	99.98	99.98	100.59	0.34	9.71	Bus618	1.11	1.11	1.26	6.72	283.21	314.93
							Bus630	4.15	4.15	4.15	0	0.50	2.08
							Bus627	188.58	188.58	189.21	0.21	5.83	1099.15
20.000	99.98	99.98	100.59	0.34	9.70	Bus628	0.96	0.97	1.13	8.54	349.91	338.20	
						Bus640	13.02	13.02	13.05	0.24	5.53	71.98	
						Bus643	12.30	12.30	12.51	0.89	32.13	395.27	
						Bus629	3.58	3.58	3.58	0	0.50	1.79	
0.380	98.25	98.25	98.76	0.30	8.41	Bus640	363.34	363.34	364.87	0.25	7.06	2564.93	

**ETAP PowerStation**  
4.0.0C

Page: 109  
Date: 07-02-2008  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config.: Normal

Study Case: HA

p1

Bus	Voltage Distortion					Current Distortion						
	KV	Fund. %	RMS %	ASUM %	THD %	To Bus ID	Fund. Amp	RMS Amp	ASUM /Amp	THD %	TIF	IT
20.000	20.000	99.97	99.97	100.58	0.34	Bus630	13.19	13.19	13.22	0.25	5.63	74.31
						Bus641	13.62	13.62	13.62	0	0.50	6.81
20.000	20.000	99.97	99.97	100.58	0.34	Bus639	6.90	6.90	6.90	0	0.50	3.45
						Bus640	13.65	13.65	13.65	0.04	0.50	6.82
0.380	20.000	97.46	97.46	97.93	0.28	Bus642	10.02	10.02	10.02	0.04	0.50	5.01
						Bus641	527.15	527.15	529.21	0.24	6.51	3431.02
20.000	20.000	99.98	99.98	100.59	0.34	Bus630	12.25	12.25	12.47	0.91	32.82	402.09
						Bus645	15.08	15.08	15.30	0.76	27.03	407.62
0.380	20.000	96.97	96.97	97.41	0.27	Bus644	3.05	3.05	3.05	0	0.50	1.53
						Bus643	160.62	160.62	161.19	0.22	6.19	994.51
20.000	20.000	99.99	99.99	100.60	0.34	Bus643	15.00	15.00	15.23	0.79	27.88	418.37
						Bus647	16.59	16.59	16.83	0.77	26.70	442.89
0.380	20.000	95.56	95.56	95.95	0.25	Bus920	4.95	4.95	4.95	0	0.50	2.48
						Bus920	233.61	233.61	234.35	0.20	5.52	1288.38
20.000	20.000	99.99	99.99	100.60	0.34	Bus645	16.54	16.54	16.78	0.78	27.26	450.72
						Bus655	27.16	27.16	27.16	0	0.50	13.58
0.380	20.000	98.84	98.92	111.64	3.92	Bus649	2.45	2.45	2.74	6.39	215.84	529.81
						Bus647	128.93	129.20	149.01	6.51	235.92	30481.64
20.000	20.000	99.99	99.99	100.60	0.34	Bus655	0.47	0.47	0.47	0	0.50	0.24
						Bus654	0.87	0.87	0.87	0	0.50	0.44
0.380	20.000	97.24	97.24	97.70	0.28	Bus650	45.86	45.86	46.01	0.22	6.12	280.87
						Bus647	27.17	27.17	27.17	0	0.50	13.58
20.000	20.000	99.99	99.99	100.60	0.34	Bus650	0.64	0.64	0.64	0	0.50	0.32
						Bus656	5.65	5.65	5.65	0	0.50	2.83
0.380	20.000	96.68	96.68	97.10	0.26	Bus655	297.51	297.51	298.55	0.22	5.97	1775.90
						Bus845	31.03	31.03	31.06	0.11	2.60	80.72
20.000	20.000	99.98	99.98	100.57	0.21	Bus847	15.14	15.14	15.14	0	0.50	7.57
						Bus846	35.62	35.62	35.62	0.05	0.50	17.81
20.000	20.000	99.97	99.97	100.58	0.34	Bus663	20.12	20.13	21.71	3.77	140.55	2829.49
						Bus689	10.44	10.46	11.84	6.25	243.73	2550.34
0.380	20.000	97.45	97.45	97.95	0.30	Bus695	10.02	10.02	10.02	0	0.50	5.01
						Bus693	527.21	527.21	529.40	0.25	6.83	3600.87
20.000	20.000	99.96	99.96	100.60	0.36	Bus693	4.43	4.48	5.80	14.43	561.96	2516.25
						Bus728	2.38	2.47	3.75	26.79	1018.86	2515.22
0.380	20.000	95.70	95.70	96.12	0.26	Bus724	2.01	2.01	2.01	0	0.50	1.00
						Bus723	105.55	105.55	105.88	0.22	5.79	611.14
20.000	20.000	99.96	99.96	100.62	0.37	Bus723	1.89	1.98	3.18	31.85	1210.59	2400.34
						Bus751	3.01	3.01	3.39	6.84	226.67	683.37
						Bus736	7.97	8.01	9.63	9.78	359.22	2877.29



**ETAP PowerStation**  
4.0.0C

Page: 110  
Date: 07-02-2008  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config.: Normal

Study Case: HA

p1

Bus	Voltage Distortion						Current Distortion						
	kV	Fund. %	RMS %	ASUM %	THD %	TIF	To Bus ID	Fund. Amp	RMS Amp	ASUM Amp	THD %	TIF	IT
0.380	98.52	98.62	113.14	4.48	275.23	Bus731	133.92	134.47	162.80	9.00	320.36	43077.22	
20.000	99.95	99.95	100.62	0.36	10.54	Bus728	3.18	3.19	3.60	7.06	234.38	747.95	
						Bus730	2.54	2.55	2.96	8.84	292.80	747.95	
0.380	95.70	95.70	96.13	0.26	7.37	Bus736	211.00	211.00	211.76	0.22	6.06	1277.99	
0.380	96.20	96.20	96.67	0.29	7.97	Bus926	31.11	31.11	31.21	0.22	6.04	187.79	
0.380	95.90	95.90	96.37	0.28	7.90	Bus739	214.64	214.64	215.46	0.23	6.39	1372.13	
0.380	95.62	95.62	96.06	0.27	7.52	Bus737	143.16	143.16	143.68	0.22	6.14	878.57	
20.000	99.95	99.95	100.62	0.37	10.65	Bus728	8.01	8.05	9.67	9.68	355.53	2862.73	
						Bus737	1.58	1.76	3.23	49.04	1626.81	2860.12	
						Bus732	4.01	4.01	4.01	0	0.50	2.00	
20.000	99.95	99.95	100.64	0.37	11.02	Bus736	1.57	1.73	3.14	47.13	1577.91	2734.88	
						Bus739	0.20	0.74	1.73	355.73	3569.46	2651.15	
						Bus926	1.11	1.11	1.11	0	0.50	0.55	
						Bus735	2.72	2.72	2.72	0	0.50	1.36	
20.000	99.95	99.95	100.66	0.38	11.31	Bus743	3.73	3.79	5.18	18.34	669.83	2537.10	
						Bus737	0.64	0.94	2.11	106.33	2700.08	2540.47	
						Bus734	4.08	4.08	4.08	0	0.50	2.04	
0.380	97.02	97.03	97.58	0.31	9.11	Bus742	98.49	98.49	98.95	0.26	7.66	754.75	
20.000	99.98	99.98	100.75	0.40	12.23	Bus745	7.31	7.31	7.31	0.04	0.50	3.65	
						Bus741	1.87	1.87	1.87	0	0.50	0.94	
20.000	99.96	99.96	100.70	0.39	11.80	Bus739	3.36	3.42	4.70	18.80	683.09	2332.92	
						Bus745	7.06	7.09	8.40	8.90	328.76	2329.37	
						Bus744	4.23	4.23	4.23	0	0.50	2.11	
0.380	95.76	95.76	96.23	0.28	8.06	Bus743	222.47	222.47	223.35	0.23	6.51	1447.62	
20.000	99.98	99.98	100.58	0.21	10.20	Bus820	6.47	6.47	6.47	0	0.50	3.23	
						Bus823	4.91	4.91	4.91	0	0.50	2.45	
						Bus821	5.80	5.80	5.80	0	0.50	2.90	
20.000	99.98	99.98	100.58	0.21	10.20	Bus822	4.97	4.97	4.97	0	0.50	2.48	
						Bus824	2.44	2.44	2.44	0	0.50	1.22	
0.380	96.10	96.10	96.43	0.14	5.33	Bus823	128.47	128.47	128.77	0.11	4.14	531.77	
20.000	99.98	99.98	100.58	0.21	10.20	Bus820	22.50	22.50	23.03	1.24	47.59	1071.01	
						Bus826	41.58	41.58	41.58	0	0.50	20.79	
						Bus828	1.45	1.47	1.91	16.94	651.00	954.13	
20.000	99.98	99.98	100.57	0.21	10.20	Bus825	41.60	41.60	41.60	0	0.50	20.80	
						Bus827	32.88	32.88	32.88	0	0.50	16.44	
0.380	95.93	95.93	96.26	0.14	5.40	Bus826	1730.42	1730.43	1735.15	0.11	4.31	7453.80	
20.000	99.98	99.98	100.58	0.21	10.19	Bus825	1.56	1.58	2.02	15.78	606.91	958.59	
						Bus829	50.60	50.60	50.70	0.13	3.89	196.60	
						Bus833	24.84	24.84	25.17	0.69	27.44	681.74	

**ETAP PowerStation**  
4.0.0C

Page: 111  
 Date: 07-02-2008  
 SN: KLGCONSULT  
 Revision: Base  
 Config: Normal

Study Case: HA

Bus	Voltage Distortion					Current Distortion							
	kV	Fund. %	RMS %	ASUM %	THD %	TIF	To Bus ID	Fund. Amp	RMS Amp	ASUM /Amp	THD %	TIF	IT
20.000	99.97	99.97	99.97	100.57	0.21	10.19	Bus828	50.62	50.62	50.72	0.14	3.90	197.34
							Bus831	50.91	50.91	50.94	0.05	1.47	74.83
0.380	95.93	95.93	96.26	96.26	0.14	5.40	Bus829	32.88	32.88	32.88	0	0.50	16.44
20.000	99.97	99.97	100.57	100.57	0.21	10.19	Bus829	1730.44	1730.44	1735.16	0.11	4.30	7446.81
							Bus832	50.92	50.92	50.95	0.05	1.47	74.97
0.380	98.11	98.11	98.56	98.56	0.18	7.51	Bus831	32.42	32.42	32.45	0.10	2.23	72.35
20.000	99.98	99.98	100.58	100.58	0.21	10.19	Bus828	1706.50	1706.50	1712.97	0.15	6.20	10581.15
							Bus835	24.81	24.81	25.13	0.70	27.54	683.34
0.380	98.90	98.98	111.72	111.72	3.93	237.76	Bus833	22.80	22.80	23.30	1.20	42.58	970.97
20.000	99.99	99.99	100.58	100.58	0.21	10.19	Bus833	2.32	2.33	2.58	6.00	203.93	474.25
							Bus834	122.18	122.41	140.20	6.12	223.62	27372.15
							Bus836	22.76	22.77	23.27	1.20	42.71	972.26
20.000	99.98	99.99	100.58	100.58	0.21	10.19	Bus835	15.15	15.15	15.15	0	0.50	7.57
							Bus841	5.64	5.64	6.12	4.69	166.65	940.24
							Bus839	21.36	21.36	21.36	0	0.50	10.68
0.380	96.14	96.14	96.46	96.46	0.14	5.33	Bus836	15.16	15.16	15.16	0	0.50	7.58
20.000	99.98	99.99	100.58	100.58	0.21	10.19	Bus835	3.87	3.87	3.87	0	0.50	1.94
20.000	99.98	99.98	100.60	100.60	0.22	10.54	Bus982	203.94	203.94	204.44	0.11	4.21	857.87
							Bus983	21.37	21.37	21.37	0	0.50	10.69
20.000	99.98	99.98	100.59	100.59	0.22	10.54	Bus986	12.84	12.84	12.84	0	0.50	6.42
							Bus984	22.80	22.80	22.80	0.04	0.50	11.40
0.380	96.92	96.92	97.29	97.29	0.15	6.04	Bus982	6.71	6.72	7.42	4.88	200.75	1349.18
0.380	95.82	95.82	96.15	96.15	0.14	5.31	Bus983	12.86	12.86	12.86	0	0.50	6.43
20.000	99.97	99.97	100.59	100.59	0.22	10.66	Bus981	3.09	3.09	3.09	0	0.50	1.55
							Bus988	22.83	22.83	22.83	0	0.50	11.42
0.380	97.15	97.15	97.53	97.53	0.15	6.21	Bus986	16.45	16.45	16.45	0	0.50	8.23
20.000	99.97	99.97	100.59	100.59	0.22	10.71	Bus986	162.64	162.64	163.09	0.12	4.81	782.14
							Bus985	865.82	865.82	868.10	0.11	4.22	3655.91
							Bus989	7.00	7.01	7.63	4.56	182.36	1277.65
							Bus987	8.21	8.22	8.85	3.93	156.98	1290.57
0.380	97.15	97.15	97.53	97.53	0.15	6.21	Bus986	2.86	2.86	2.86	0	0.50	1.43
20.000	99.97	99.97	100.59	100.59	0.22	10.71	Bus986	150.37	150.37	150.81	0.13	5.10	766.73
							Bus989	8.35	8.35	8.98	3.84	151.85	1268.34
20.000	99.97	99.97	100.59	100.59	0.22	10.71	Bus988	19.01	19.02	19.79	2.12	80.36	1528.22
							Bus991	31.43	31.43	31.58	0.29	9.67	304.06
							Bus988	19.02	19.03	19.81	2.12	80.22	1526.52
							Bus1032	2.22	2.25	2.91	16.45	571.19	1285.92
							Bus990	2.60	2.61	2.76	3.10	198.49	517.07
0.380	99.84	99.94	111.54	111.54	4.56	401.38	Bus989	137.04	137.12	149.23	3.40	238.68	32728.74

**ETAP PowerStation**  
4.0.0C

Page: 112  
Date: 07-02-2008  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config.: Normal

Study Case: HA

p1

Bus	Voltage Distortion						Current Distortion						
	kV	Fund. %	RMS %	ASUM %	THD %	TIF	To Bus ID	Fund. Amp	RMS Amp	ASUM Amp	THD %	TIF	IT
20.000	99.96	99.96	100.58	0.22	10.72	Bus988	31.54	31.54	31.70	0.29	9.54	300.87	
						Bus992	70.31	70.31	70.40	0.10	2.68	188.62	
						Bus995	21.92	21.92	21.92	0	0.50	10.96	
20.000	99.94	99.94	100.57	0.22	10.72	Bus991	70.35	70.35	70.45	0.10	2.71	190.62	
						Bus993	64.46	64.46	64.56	0.11	2.95	190.10	
0.380	96.19	96.19	96.56	0.15	6.14	Bus992	3392.87	3392.87	3403.27	0.12	4.91	16665.26	
20.000	99.98	99.98	100.59	0.22	10.48	Bus978	3.87	3.88	4.55	7.96	337.96	1311.66	
						Bus1117	1.28	1.32	2.00	24.95	1104.00	1457.13	
						Bus973	2.40	2.40	2.40	0.04	0.50	1.20	
20.000	99.96	99.96	100.59	0.22	10.73	Bus991	21.84	21.84	21.84	0	0.50	10.92	
						Bus1014	20.50	20.50	20.50	0	0.50	10.25	
						Bus999	3.09	3.09	3.09	0	0.50	1.55	
0.380	96.91	96.91	97.28	0.15	6.12	Bus995	162.66	162.66	163.12	0.12	4.87	792.41	
0.380	99.09	99.09	99.59	0.19	8.27	Bus1003	300.85	300.85	302.03	0.16	6.89	2072.61	
20.000	99.96	99.96	100.59	0.22	10.84	Bus1032	48.36	48.36	49.06	0.83	27.14	1312.42	
						Bus1059	111.62	111.62	112.33	0.36	11.91	1329.60	
						Bus1057	4.76	4.76	4.76	0	0.50	2.38	
0.380	95.20	95.20	95.51	0.14	5.11	Bus1055	250.64	250.64	251.22	0.10	3.97	995.35	
0.380	98.57	98.68	110.49	4.82	264.93	Bus1059	192.79	193.18	217.13	6.36	225.90	43639.24	
20.000	99.95	99.95	100.58	0.22	10.84	Bus1055	111.63	111.63	112.34	0.36	11.90	1328.66	
						Bus1063	81.81	81.81	82.12	0.21	7.06	577.44	
						Bus1058	3.66	3.67	4.08	6.33	218.92	803.51	
0.380	95.85	95.85	96.18	0.14	5.48	Bus1063	5401.96	5401.96	5416.87	0.12	4.37	23588.93	
20.000	99.93	99.93	100.56	0.22	10.86	Bus1059	81.89	81.89	82.16	0.21	6.52	534.15	
						Bus1065	10.98	10.98	11.56	2.60	90.29	991.71	
						Bus1062	102.64	102.64	102.82	0.09	3.53	362.26	
0.380	98.75	98.75	99.25	0.19	8.30	Bus1065	63.46	63.46	63.68	0.16	6.55	415.89	
20.000	99.93	99.93	100.56	0.22	10.88	Bus1063	10.92	10.92	11.50	2.61	90.00	982.98	
						Bus1067	7.54	7.54	8.12	3.80	131.28	990.08	
						Bus1064	1.21	1.21	1.21	0	0.50	0.60	
0.380	98.79	98.87	111.88	4.01	243.14	Bus1067	128.81	129.06	148.37	6.30	230.07	29693.40	
20.000	99.93	99.93	100.56	0.22	10.89	Bus1065	7.46	7.46	8.03	3.83	131.31	979.71	
						Bus1069	3.34	3.34	3.34	0.04	0.50	1.67	
						Bus1071	11.26	11.26	11.53	1.30	49.68	559.41	
0.380	96.03	96.03	96.37	0.14	5.61	Bus1066	2.45	2.45	2.73	6.18	209.78	514.38	
						Bus1069	64.62	64.62	64.75	0.12	4.07	263.23	
20.000	99.93	99.93	100.56	0.22	10.90	Bus1067	3.47	3.47	3.47	0	0.50	1.74	
						Bus1068	1.23	1.23	1.23	0	0.50	0.61	

**ETAP PowerStation**  
4.0.0C

Page: 113  
Date: 07-02-2008  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config.: Normal

Study Case: HA

pl

Bus	Voltage Distortion						Current Distortion					
	kV	Fund. %	RMS %	ASUM %	THD %	TIF	To Bus ID	Fund. Amp	RMS Amp	ASUM Amp	THD %	TIF
20.000	99.95	99.95	100.58	0.22	10.97	Bus1067	10.91	10.91	11.16	1.27	45.33	494.53
						Bus1075	6.57	6.57	6.57	0	0.50	3.29
						Bus1076	8.75	8.75	9.01	1.61	56.77	496.87
0.380	97.04	97.04	97.43	0.16	6.36	Bus1075	154.69	154.69	155.13	0.13	5.07	783.95
20.000	99.94	99.95	100.58	0.22	10.97	Bus1071	6.64	6.64	6.64	0	0.50	3.32
						Bus1074	2.94	2.94	2.94	0	0.50	1.47
20.000	99.96	99.96	100.60	0.22	11.00	Bus1071	8.42	8.42	8.63	1.60	50.46	424.77
						Bus1078	26.50	26.50	26.50	0	0.50	13.25
						Bus1079	27.69	27.69	28.00	0.61	21.06	583.07
0.380	97.96	97.96	98.40	0.17	7.28	Bus1078	1330.20	1330.20	1335.09	0.14	6.00	7978.79
20.000	100.00	100.00	100.67	0.35	10.33	Bus181	8.32	8.32	8.32	0	0.50	4.16
						Bus186	2.67	2.67	2.67	0	0.50	1.34
20.000	99.98	99.98	100.75	0.40	12.24	Bus745	5.31	5.34	6.52	10.76	394.21	2105.55
						Bus756	3.48	3.52	4.66	16.01	581.71	2050.19
						Bus931	0.51	0.51	0.51	0	0.50	0.26
20.000	99.98	99.98	100.59	0.34	9.69	Bus598	6.94	6.97	8.28	8.94	356.03	2482.16
						Bus558	0.95	1.05	2.04	47.44	2110.99	2219.35
						Bus597	3.66	3.67	4.15	6.70	229.71	843.22
20.000	99.99	99.99	100.44	0.18	7.54	Bus460	0.80	0.90	1.54	51.87	1309.36	1174.12
						Bus502	58.91	58.91	58.91	0	0.50	29.46
						Bus532	31.79	31.79	31.95	0.30	14.00	445.15
						bus1	1.50	1.54	2.16	24.79	689.68	1063.94
20.000	99.99	99.99	100.59	0.33	9.58	Bus2	0.92	1.15	2.35	74.74	1972.24	2262.40
						Bus555	0.66	0.89	2.09	89.56	2818.67	2507.15
						bus1	1.07	1.49	2.96	97.26	2068.58	3089.36
20.000	99.98	99.98	100.58	0.21	10.21	Bus806	2.02	2.03	2.53	11.95	425.69	865.41
						Bus994	0.68	0.75	1.47	49.64	2127.00	1602.93
						bus1	1.87	1.94	3.04	26.93	1023.50	1983.54
20.000	99.98	99.99	100.58	0.21	10.19	Bus840	5.86	5.86	5.86	0	0.50	2.93
0.380	95.31	95.31	95.61	0.13	4.90	Bus839	308.36	308.37	309.07	0.11	3.85	1186.05
20.000	99.98	99.99	100.58	0.21	10.19	Bus835	5.68	5.69	6.17	4.66	165.57	941.45
						Bus842	13.74	13.74	13.74	0	0.50	6.87
						Bus844	32.24	32.24	32.72	0.81	28.83	929.63
20.000	99.98	99.98	100.58	0.21	10.19	Bus841	13.75	13.75	13.75	0	0.50	6.88
						Bus843	3.09	3.09	3.09	0	0.50	1.54
0.380	96.93	96.93	97.29	0.15	5.86	Bus842	162.63	162.63	163.07	0.13	4.67	759.19
20.000	99.98	99.98	100.58	0.21	10.19	Bus841	32.26	32.26	32.74	0.81	28.84	930.18
						Bus845	30.99	30.99	31.21	0.39	13.96	432.46
						Bus849	37.28	37.29	37.54	0.38	13.36	498.20

**ETAP PowerStation**  
4.0.0C

Page: 114  
Date: 07-02-2008

SN: KLGCONSULT

Study Case: HA

Revision: Base

Config: Normal

Bus	Voltage Distortion							Current Distortion						
	kV	Fund. %	RMS %	ASUM %	THD %	TIF	To Bus ID	Fund. Amp	RMS Amp	ASUM Amp	THD %	TIF	IT	
20,000	99.98	99.98	100.58	0.21	10.19	Bus660	30.99	30.99	31.03	0.12	2.58	79.86		
						Bus852	4.70	4.70	4.80	1.46	38.17	179.61		
						Bus844	31.00	31.00	31.23	0.39	13.97	432.98		
0.380	95.58	95.58	95.90	0.14	5.20	Bus660	1874.99	1874.99	1879.90	0.10	4.12	7729.87		
20,000	99.98	99.98	100.57	0.21	10.19	Bus660	15.17	15.17	15.17	0	0.50	7.58		
						Bus848	10.16	10.16	10.16	0.04	0.50	5.08		
0.380	95.94	95.94	96.26	0.14	5.22	Bus847	534.68	534.68	536.01	0.11	4.14	2214.67		
20,000	99.98	99.98	100.58	0.21	10.19	Bus844	37.30	37.30	37.55	0.38	13.37	498.73		
						Bus850	53.27	53.27	53.34	0.10	2.60	138.49		
						Bus852	9.56	9.56	9.69	0.87	28.80	275.27		
20,000	99.97	99.97	100.56	0.21	10.19	Bus849	53.33	53.33	53.41	0.10	2.65	141.24		
						Bus851	51.21	51.21	51.28	0.10	2.75	141.05		
						Bus849	2695.11	2695.11	2702.54	0.11	4.36	11742.27		
0.380	96.03	96.03	96.36	0.14	5.46	Bus850	4.67	4.68	4.77	1.48	38.66	180.75		
20,000	99.98	99.98	100.58	0.21	10.19	Bus845	9.53	9.53	9.67	0.88	28.91	275.60		
						Bus849	13.08	13.08	13.38	1.25	46.03	602.11		
						Bus855	13.06	13.06	13.36	1.26	46.11	602.11		
20,000	99.98	99.98	100.58	0.21	10.19	Bus852	23.15	23.15	23.15	0	0.50	11.57		
						Bus856	16.02	16.02	16.30	0.92	34.26	548.99		
						Bus858	23.17	23.17	23.17	0	0.50	11.58		
20,000	99.98	99.98	100.58	0.21	10.19	Bus855	16.45	16.45	16.45	0	0.50	8.22		
						Bus857	865.76	865.76	867.97	0.11	4.10	3546.33		
0.380	95.83	95.83	96.14	0.14	5.16	Bus856	16.00	16.00	16.27	0.93	34.30	548.79		
20,000	99.98	99.98	100.58	0.21	10.19	Bus855	21.08	21.08	21.08	0	0.50	10.54		
						Bus859	28.45	28.45	28.70	0.46	17.45	496.54		
20,000	99.98	99.98	100.58	0.21	10.19	Bus858	21.10	21.10	21.10	0	0.50	10.55		
						Bus861	16.45	16.45	16.45	0	0.50	8.22		
						Bus860	865.75	865.75	867.96	0.11	4.10	3546.15		
0.380	95.83	95.83	96.14	0.14	5.16	Bus859	32.03	32.03	32.03	0	0.50	16.02		
20,000	99.99	99.99	100.59	0.21	10.20	Bus864	28.39	28.39	28.64	0.47	17.46	495.69		
						Bus858	25.71	25.71	25.92	0.44	16.83	432.62		
0.380	95.84	95.84	96.16	0.14	5.16	Bus864	865.57	865.57	867.78	0.11	4.10	3545.89		
20,000	99.99	99.99	100.59	0.21	10.20	Bus861	25.73	25.73	25.94	0.44	16.79	432.05		
						Bus870	38.44	38.44	38.64	0.28	10.54	405.17		
						Bus869	13.76	13.76	13.76	0	0.50	6.88		
0.380	97.21	97.21	97.58	0.15	6.06	Bus869	370.96	370.96	372.02	0.12	4.91	1819.61		

ETAP PowerStation  
4.0.0C

Page: 115  
Date: 07-02-2008  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config.: Normal

Study Case: HA

pl

Bus	Voltage Distortion						Current Distortion						
	kV	Fund. %	RMS %	ASUM %	THD %	TIF	To Bus ID	Fund. Amp	RMS Amp	ASUM Amp	THD %	TIF	IT
20.000	99.98	99.98	100.58	0.21	10.20	Bus885		52.44	52.44	52.70	0.28	9.36	490.78
							Bus868	3.27	3.27	3.27	0	0.50	1.63
							Bus870	2.81	2.81	2.85	1.24	28.03	78.77
							Bus970	22.00	22.00	22.38	0.90	30.58	672.97
20.000	99.98	99.98	100.58	0.21	10.20	Bus866	3.36	3.36	3.36	0	0.50	1.68	
						Bus869	2.94	2.94	2.94	0	0.50	1.47	
0.380	97.07	97.08	97.44	0.15	5.97	Bus868	154.75	154.75	155.17	0.12	4.77	737.54	
20.000	99.99	99.99	100.58	0.21	10.21	Bus866	2.70	2.70	2.74	1.30	29.38	79.36	
						Bus871	18.27	18.27	18.27	0	0.50	9.13	
						Bus873	12.00	12.00	12.00	0	0.50	6.00	
20.000	99.98	99.98	100.58	0.21	10.21	Bus870	18.33	18.33	18.33	0	0.50	9.17	
						Bus872	16.45	16.45	16.45	0	0.50	8.22	
0.380	95.82	95.82	96.14	0.14	5.16	Bus871	865.77	865.77	867.98	0.11	4.10	3546.61	
20.000	99.99	99.99	100.59	0.21	10.21	Bus870	11.96	11.96	11.96	0	0.50	5.98	
						Bus876	7.45	7.45	7.45	0	0.50	3.72	
						Bus878	13.02	13.02	13.02	0	0.50	6.51	
20.000	99.99	99.99	100.58	0.21	10.21	Bus873	7.51	7.51	7.51	0	0.50	3.76	
						Bus877	5.86	5.86	5.86	0	0.50	2.93	
0.380	95.31	95.31	95.61	0.13	4.89	Bus876	308.36	308.36	309.07	0.10	3.84	1185.37	
20.000	99.99	99.99	100.59	0.21	10.21	Bus873	12.99	12.99	12.99	0	0.50	6.50	
						Bus879	13.18	13.18	13.18	0	0.50	6.59	
						Bus881	11.00	11.00	11.00	0	0.50	5.50	
20.000	99.99	99.99	100.59	0.21	10.21	Bus878	13.21	13.21	13.21	0	0.50	6.60	
						Bus1003	7.37	7.37	7.37	0	0.50	3.68	
						Bus880	5.86	5.86	5.86	0	0.50	2.93	
0.380	95.31	95.31	95.61	0.13	4.89	Bus879	308.35	308.35	309.06	0.11	3.84	1185.43	
20.000	99.99	99.99	100.59	0.21	10.21	Bus878	10.98	10.98	10.98	0	0.50	5.49	
						Bus883	15.07	15.07	15.07	0.04	0.50	7.54	
						Bus1004	3.88	3.88	3.88	0	0.50	1.94	
0.380	97.68	97.68	98.08	0.16	6.49	Bus1004	154.10	154.10	154.56	0.13	5.22	804.00	
20.000	99.99	99.99	100.59	0.21	10.21	Bus881	15.01	15.01	15.01	0.04	0.50	7.51	
						Bus1006	28.30	28.30	28.30	0.04	0.50	14.15	
						Bus884	5.86	5.86	5.86	0	0.50	2.93	
0.380	95.32	95.32	95.62	0.13	4.89	Bus883	308.34	308.34	309.04	0.10	3.84	1185.40	
20.000	99.97	99.97	100.57	0.21	10.20	Bus866	52.50	52.50	52.76	0.29	9.46	496.72	
						Bus888	68.73	68.73	68.99	0.22	7.07	486.12	
						Bus887	2.42	2.42	2.42	0	0.50	1.21	
0.380	97.59	97.59	97.98	0.16	6.41	Bus885	127.25	127.25	127.61	0.13	5.05	642.66	

**ETAP PowerStation**  
4.0.0C

Page: 116  
Date: 07-02-2008  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config.: Normal

Study Case: HA

p1

Bus	Voltage Distortion						Current Distortion						
	kV	Fund. %	RMS %	ASUM %	THD %	TIF	To Bus ID	Fund. Amp	RMS Amp	ASUM Amp	THD %	TIF	IT
20.000	99.96	99.96	100.56	0.21	10.19	Bus885	68.77	68.77	69.03	0.22	7.13	490.11	
						Bus891	93.99	93.99	94.26	0.16	5.27	495.22	
						Bus1007	7.05	7.05	7.05	0.04	0.50	3.52	
0.380	96.86	96.86	97.21	0.15	5.81	Bus1007	30.97	30.97	31.01	0.11	2.91	90.10	
20.000	99.95	99.95	100.55	0.21	10.19	Bus888	94.03	94.03	94.29	0.17	5.31	499.19	
						Bus893	103.80	103.80	104.06	0.14	4.74	491.71	
						Bus892	1.55	1.55	1.55	0.04	0.50	0.77	
0.380	98.44	98.44	98.88	0.17	7.35	Bus891	81.33	81.33	81.59	0.14	5.81	472.23	
20.000	99.93	99.93	100.53	0.21	10.19	Bus891	103.84	103.84	104.11	0.14	4.79	497.48	
						Bus895	17.94	17.94	17.94	0	0.50	8.97	
						Bus896	124.21	124.21	124.39	0.10	2.92	363.26	
20.000	99.93	99.93	100.53	0.21	10.19	Bus893	17.96	17.96	17.96	0	0.50	8.98	
						Bus901	48.74	48.74	48.74	0	0.50	24.37	
						Bus1010	17.29	17.29	17.29	0	0.50	8.64	
20.000	99.89	99.89	100.49	0.21	10.18	Bus893	124.28	124.28	124.46	0.10	2.98	370.78	
						Bus898	118.64	118.64	118.83	0.09	3.12	370.32	
0.380	95.16	95.16	95.45	0.13	4.86	Bus896	6244.32	6244.33	6259.60	0.10	3.82	23875.38	
0.380	103.65	103.67	111.17	1.97	165.45	Bus1010	64.57	64.57	67.36	1.38	61.10	3945.63	
20.000	99.92	99.92	100.52	0.21	10.19	Bus895	48.78	48.78	48.78	0.04	0.50	24.39	
						Bus902	36.91	36.91	36.91	0	0.50	18.45	
0.380	95.21	95.21	95.50	0.13	4.87	Bus901	1942.46	1942.46	1947.22	0.10	3.84	7450.52	
20.000	99.91	99.91	100.37	0.18	7.59	Bus540	58.24	58.24	58.28	0.06	1.59	92.43	
						Bus541	50.36	50.36	50.40	0.08	1.81	91.27	
20.000	99.88	99.88	100.34	0.18	7.70	Bus542	47.35	47.35	47.35	0	0.50	23.67	
						Bus546	32.31	32.31	32.31	0	0.50	16.16	
20.000	99.87	99.87	100.33	0.18	7.71	Bus547	81.61	81.61	81.65	0.04	1.19	97.30	
						Bus548	50.93	50.93	50.97	0.08	1.81	91.93	
20.000	99.96	99.96	100.41	0.17	7.34	Bus491	2.81	2.81	2.81	0	0.50	1.41	
						Bus492	1.29	1.29	1.29	0	0.50	0.64	
20.000	99.93	99.93	100.37	0.17	7.27	Bus529	20.90	20.90	20.90	0.04	0.50	10.45	
						Bus909	7.30	7.30	7.30	0	0.50	3.65	
0.380	95.27	95.27	95.51	0.11	3.73	Bus907	384.09	384.09	384.78	0.07	2.97	1141.72	
20.000	99.97	99.97	100.58	0.34	9.72	Bus566	19.15	19.15	19.15	0	0.50	9.58	
						Bus567	16.17	16.17	16.17	0	0.50	8.08	
20.000	99.96	99.96	100.57	0.34	9.77	Bus578	3.36	3.36	3.36	0	0.50	1.68	
						Bus914	2.77	2.77	2.77	0	0.50	1.39	
0.380	95.54	95.54	95.94	0.25	6.82	Bus913	145.84	145.84	146.29	0.20	5.47	797.16	

**ETAP PowerStation**  
4.0.0C

Page: 117  
Date: 07-02-2008  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config.: Normal

Study Case: HA

p1

Bus	Voltage Distortion						Current Distortion						
	kV	Fund. %	RMS %	ASUM %	THD %	TIF	To Bus ID	Fund. Amp	RMS Amp	ASUM Amp	THD %	TIF	IT
20.000	99.97	99.97	100.58	0.34	9.76	9.76	Bus584	6.77	6.77	6.77	0	0.50	3.38
							Bus919	3.56	3.56	3.56	0	0.50	1.78
							Bus585	4.15	4.15	4.15	0	0.50	2.08
0.380	99.96	99.96	100.58	0.34	9.76	9.76	Bus919	117.64	117.64	118.43	0.40	11.23	1321.53
20.000	99.96	99.96	100.58	0.34	9.76	9.76	Bus915	3.66	3.66	3.66	0	0.50	1.83
							Bus918	2.24	2.24	2.24	0	0.50	1.12
20.000	99.99	99.99	100.59	0.34	9.69	9.69	Bus645	5.08	5.08	5.08	0	0.50	2.54
							Bus646	4.44	4.44	4.44	0	0.50	2.22
20.000	99.96	99.96	100.57	0.34	9.79	9.79	Bus663	35.01	35.01	35.13	0.23	6.35	222.31
							.38	32.16	32.16	32.28	0.25	6.91	222.21
20.000	99.98	99.98	100.61	0.35	9.95	9.95	Bus674	11.18	11.18	11.18	0	0.50	5.59
							Bus925	5.75	5.75	5.75	0	0.50	2.87
0.380	95.40	95.40	95.80	0.25	6.85	6.85	Bus924	302.52	302.52	303.49	0.20	5.50	1664.22
20.000	99.95	99.95	100.64	0.37	11.02	11.02	Bus737	1.26	1.26	1.26	0	0.50	0.63
							Bus733	0.59	0.59	0.59	0	0.50	0.30
0.380	95.70	95.70	96.19	0.29	8.27	8.27	Bus745	226.39	226.39	227.29	0.23	6.56	1485.30
0.380	95.65	95.65	96.13	0.29	8.13	8.13	Bus931	143.18	143.18	143.76	0.23	6.68	955.78
20.000	99.98	99.98	100.75	0.40	12.25	12.25	Bus1106	0.73	0.73	0.73	0	0.50	0.37
							Bus930	2.72	2.72	2.72	0	0.50	1.36
20.000	99.96	99.96	100.74	0.40	12.41	12.41	Bus771	20.10	20.10	20.13	0.17	3.79	76.21
							Bus936	19.41	19.41	19.41	0	0.50	9.70
							Bus768	2.44	2.44	2.44	0	0.50	1.22
0.380	95.94	95.94	96.45	0.29	8.43	8.43	Bus936	836.79	836.79	840.38	0.24	6.94	5806.18
20.000	99.96	99.96	100.74	0.40	12.41	12.41	Bus932	19.47	19.47	19.50	0.16	3.57	69.46
							Bus935	15.90	15.90	15.93	0.19	4.35	69.23
20.000	99.98	99.98	100.79	0.41	12.85	12.85	Bus793	5.43	5.43	5.43	0	0.50	2.71
							Bus942	7.65	7.65	7.65	0	0.50	3.83
							Bus790	2.36	2.36	2.36	0	0.50	1.18
0.380	95.74	95.74	96.26	0.30	8.61	8.61	Bus942	70.22	70.22	70.49	0.24	6.63	465.80
20.000	99.99	99.99	100.80	0.41	12.86	12.86	Bus938	7.26	7.26	7.26	0	0.50	3.63
							Bus944	10.29	10.29	10.29	0	0.50	5.14
							Bus941	1.33	1.33	1.33	0	0.50	0.67
0.380	96.24	96.24	96.78	0.31	8.95	8.95	Bus944	93.33	93.33	93.73	0.25	7.17	668.90
20.000	99.99	99.99	100.80	0.41	12.86	12.86	Bus942	10.30	10.30	10.30	0	0.50	5.15
							Bus943	1.77	1.77	1.77	0	0.50	0.89
0.380	95.71	95.71	96.23	0.30	8.67	8.67	Bus955	140.64	140.64	141.26	0.25	7.25	1019.61
20.000	99.97	99.97	100.81	0.42	13.37	13.37	Bus804	0.39	0.41	0.69	37.58	1374.75	569.51
							Bus956	4.72	4.73	5.01	2.88	112.22	530.37
							Bus955	4.79	4.79	4.79	0	0.50	2.39



ETAP PowerStation  
4.0.0C

Page: 118  
Date: 07-02-2008  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config.: Normal

Study Case: HA

Bus	Voltage Distortion						Current Distortion						
	kV	Fund. %	RMS %	ASUM %	THD %	TIF	To Bus ID	Fund. Amp	RMS Amp	ASUM Amp	THD %	TIF	IT
0.380	96.70	96.70	97.29	0.33	9.63	Bus954	108.52	108.52	109.03	0.26	7.77	843.28	
20.000	99.96	99.97	100.81	0.42	13.40	Bus956	0.54	0.54	0.54	0	0.50	0.27	
						Bus953	2.06	2.06	2.06	0	0.50	1.03	
20.000	99.96	99.97	100.81	0.42	13.37	Bus952	4.89	4.89	4.89	0	0.50	2.44	
						Bus951	2.67	2.67	2.67	0.04	0.50	1.34	
20.000	99.97	99.97	100.81	0.42	13.39	Bus952	4.76	4.76	4.99	2.52	96.55	460.04	
						Bus954	0.13	0.13	0.13	0	0.50	0.07	
						Bus960	3.77	3.77	3.92	2.32	78.97	297.85	
0.380	96.70	96.70	97.28	0.33	9.65	Bus960	108.52	108.52	109.04	0.27	7.79	844.84	
20.000	99.96	99.96	100.81	0.42	13.43	Bus956	3.91	3.91	3.99	1.38	39.12	153.02	
						Bus962	2.11	2.11	2.19	2.62	74.39	157.05	
						Bus959	2.06	2.06	2.06	0	0.50	1.03	
0.380	96.69	96.69	97.28	0.33	9.67	Bus962	108.52	108.52	109.04	0.27	7.80	846.31	
20.000	99.95	99.96	100.81	0.42	13.46	Bus960	2.47	2.47	2.47	0	0.50	1.23	
						Bus961	2.06	2.06	2.06	0	0.50	1.03	
20.000	99.98	99.98	100.58	0.21	10.22	Bus810	20.71	20.71	20.71	0	0.50	10.36	
						Bus811	16.45	16.45	16.45	0	0.50	8.22	
20.000	99.99	99.99	100.59	0.21	10.20	Bus861	32.02	32.02	32.02	0	0.50	16.01	
						Bus968	48.14	48.14	48.14	0	0.50	24.07	
						Bus863	16.45	16.45	16.45	0.05	0.50	8.22	
0.380	96.94	96.94	97.30	0.15	5.85	Bus968	162.58	162.58	163.02	0.12	4.67	758.82	
20.000	99.99	99.99	100.59	0.21	10.20	Bus964	48.14	48.14	48.14	0	0.50	24.07	
						Bus967	3.09	3.09	3.09	0	0.50	1.54	
20.000	99.99	99.99	100.59	0.21	10.20	Bus864	13.78	13.78	13.78	0.04	0.50	6.89	
						Bus865	7.05	7.05	7.05	0	0.50	3.52	
20.000	99.99	99.99	100.58	0.21	10.20	Bus864	38.46	38.46	38.66	0.27	10.52	404.56	
						Bus866	21.98	21.98	22.36	0.90	30.61	672.90	
						Bus971	2.07	2.07	2.24	5.01	159.67	331.02	
0.380	98.47	98.57	113.26	4.56	274.67	Bus970	108.98	109.13	122.83	5.29	193.75	21143.69	
20.000	99.98	99.98	100.59	0.22	10.49	Bus994	2.26	2.26	2.26	0	0.50	1.13	
						Bus976	3.39	3.39	3.39	0	0.50	1.69	
						Bus975	2.58	2.58	2.58	0	0.50	1.29	
0.380	100.50	100.54	111.03	3.01	261.38	Bus973	135.75	135.78	145.15	1.94	136.74	18565.36	
20.000	99.98	99.98	100.59	0.21	10.50	Bus973	3.67	3.67	3.67	0	0.50	1.83	
						Bus977	3.13	3.13	3.13	0	0.50	1.56	
0.380	94.97	94.97	95.27	0.13	4.87	Bus976	164.73	164.73	165.08	0.10	3.73	613.81	
20.000	99.98	99.98	100.60	0.22	10.53	Bus994	3.92	3.93	4.59	7.79	328.09	1290.75	
						Bus979	8.81	8.81	8.81	0	0.50	4.41	
						Bus981	9.80	9.80	10.47	3.17	132.15	1295.17	

ETAP PowerStation  
4.0.0C

Page: 119  
Date: 07-02-2008  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config.: Normal

Study Case: HA

p1

Bus	Voltage Distortion						Current Distortion						
	kV	Fund. %	RMS %	ASUM %	THD %	TIF	To Bus ID	Fund. Amp	RMS Amp	ASUM Amp	THD %	TIF	IT
20.000	99.98	99.98	99.98	100.59	0.22	10.53	Bus978	8.90	8.90	8.90	0	0.50	4.45
							Bus980	7.09	7.09	7.09	0	0.50	3.54
0.380	96.41	96.41	96.76	0.15	5.66	Bus979	372.97	372.97	373.97	0.11	4.52	1687.45	
20.000	99.98	99.98	100.60	0.22	10.54	Bus978	9.84	9.84	10.51	3.15	130.82	1287.54	
20.000	99.99	99.99	100.58	0.21	10.21	Bus879	7.42	7.42	7.42	0	0.50	3.71	
						Bus1002	5.72	5.72	5.72	0	0.50	2.86	
20.000	99.99	99.99	100.59	0.21	10.21	Bus881	3.96	3.96	3.96	0	0.50	1.98	
						Bus882	2.93	2.93	2.93	0	0.50	1.46	
0.380	95.32	95.32	95.62	0.13	4.89	Bus1006	308.31	308.31	309.01	0.12	3.84	1185.40	
20.000	99.99	99.99	100.59	0.21	10.21	Bus883	28.30	28.30	28.30	0	0.50	14.15	
						Bus1005	5.86	5.86	5.86	0	0.50	2.93	
20.000	99.96	99.96	100.56	0.21	10.19	Bus888	7.10	7.10	7.10	0.04	0.50	3.55	
						Bus889	0.59	0.59	0.59	0	0.50	0.29	
20.000	99.93	99.93	100.52	0.21	10.19	Bus895	17.31	17.31	17.31	0	0.50	8.65	
						Bus900	1.23	1.23	1.23	0.04	0.50	0.61	
20.000	99.97	99.97	100.59	0.22	10.74	Bus995	20.43	20.43	20.43	0	0.50	10.22	
						Bus1018	13.20	13.20	13.20	0.04	0.50	6.60	
						Bus1020	9.61	9.61	9.61	0.04	0.50	4.81	
						Bus1030	13.10	13.10	13.10	0	0.50	6.55	
0.380	97.43	97.43	97.83	0.16	6.57	Bus1018	532.34	532.34	534.05	0.13	5.35	2847.21	
20.000	99.96	99.96	100.59	0.22	10.74	Bus1014	13.27	13.27	13.27	0	0.50	6.63	
						Bus1017	10.11	10.11	10.11	0	0.50	5.06	
0.380	96.13	96.13	96.47	0.14	5.57	Bus1020	203.88	203.88	204.40	0.12	4.39	894.64	
20.000	99.97	99.97	100.60	0.22	10.74	Bus1014	9.46	9.46	9.46	0	0.50	4.73	
						Bus1022	22.62	22.62	22.62	0	0.50	11.31	
						Bus1019	3.87	3.87	3.87	0	0.50	1.94	
0.380	95.30	95.30	95.61	0.13	5.11	Bus1022	308.29	308.29	309.03	0.10	4.01	1235.98	
20.000	99.97	99.97	100.60	0.22	10.74	Bus1020	22.63	22.63	22.63	0	0.50	11.32	
						Bus1021	5.86	5.86	5.86	0.04	0.50	2.93	
0.380	97.67	97.67	98.08	0.16	6.79	Bus1031	77.04	77.04	77.26	0.13	5.35	412.40	
0.380	96.64	96.64	97.13	0.19	8.39	Bus1029	38.76	38.76	38.78	0.04	1.21	46.90	
20.000	99.98	99.98	100.60	0.22	10.75	Bus1030	2.65	2.65	2.65	0	0.50	1.33	
						Bus1028	0.74	0.74	0.74	0	0.50	0.37	
20.000	99.97	99.97	100.60	0.22	10.74	Bus1014	12.99	12.99	12.99	0	0.50	6.49	
						Bus1029	2.77	2.77	2.77	0.04	0.50	1.39	
						Bus1031	13.71	13.71	13.71	0	0.50	6.86	
20.000	99.97	99.97	100.60	0.22	10.74	Bus1030	13.73	13.73	13.73	0	0.50	6.86	
						Bus1027	1.46	1.46	1.46	0	0.50	0.73	

ETAP PowerStation  
4.0.0C

Page: 120  
Date: 07-02-2008  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config.: Normal

Study Case: HA

p1

Bus	Voltage Distortion						Current Distortion						
	kV	Fund. %	RMS %	ASUM %	THD %	TIF	To Bus ID	Fund. Amp	RMS Amp	ASUM Amp	THD %	TIF	IT
20.000	99.96	99.96	100.59	0.22	10.83	Bus989		2.58	2.61	3.22	13.93	464.78	1210.77
							Bus1035	11.38	11.38	11.42	0.30	6.75	76.80
							Bus1055	48.33	48.33	49.03	0.83	27.22	1315.65
0.380	97.66	97.67	98.08	0.16	6.84	Bus1035	77.02	77.02	77.25	0.13	5.39	415.51	
20.000	99.97	99.97	100.60	0.22	10.84	Bus1032		11.33	11.33	11.36	0.30	6.78	76.80
							Bus1039	16.66	16.66	16.69	0.20	4.45	74.15
							Bus1034	1.46	1.46	1.46	0	0.50	0.73
0.380	98.39	98.39	98.85	0.18	7.69	Bus1040	528.91	528.91	530.94	0.16	6.38	3376.93	
20.000	99.97	99.97	100.60	0.22	10.84	Bus1035		16.68	16.68	16.71	0.20	4.45	74.17
							Bus1040	14.15	14.15	14.15	0	0.50	7.07
							Bus1042	3.62	3.62	3.62	0	0.50	1.81
20.000	99.96	99.96	100.59	0.22	10.84	Bus1039	14.22	14.22	14.22	0	0.50	7.11	
0.380	95.22	95.22	95.53	0.13	5.11	Bus1042		10.05	10.05	10.05	0	0.50	5.02
							Bus1042	250.51	250.51	251.09	0.10	3.97	995.21
20.000	99.96	99.96	100.59	0.22	10.84	Bus1039		3.73	3.73	3.73	0	0.50	1.86
							Bus1044	2.27	2.27	2.27	0	0.50	1.14
							Bus1041	4.76	4.76	4.76	0	0.50	2.38
0.380	95.62	95.62	95.95	0.14	5.33	Bus1044	229.53	229.53	230.08	0.11	4.16	955.80	
20.000	99.96	99.96	100.59	0.22	10.85	Bus1042		2.39	2.39	2.39	0	0.50	1.20
							Bus1046	10.93	10.93	10.93	0	0.50	5.46
							Bus1043	4.36	4.36	4.36	0	0.50	2.18
0.380	95.29	95.29	95.60	0.14	5.15	Bus1047	308.29	308.29	309.03	0.10	4.04	1245.98	
20.000	99.96	99.96	100.59	0.22	10.85	Bus1044		10.97	10.97	10.97	0	0.50	5.48
							Bus1047	12.65	12.65	12.65	0	0.50	6.33
							Bus1051	21.63	21.63	21.63	0	0.50	10.81
20.000	99.96	99.96	100.59	0.22	10.85	Bus1046	12.69	12.69	12.69	0.04	0.50	6.35	
0.380	97.51	97.51	97.92	0.16	6.71	Bus1051		5.86	5.86	5.86	0	0.50	2.93
							Bus1051	81.73	81.73	81.97	0.14	5.28	431.54
20.000	99.96	99.96	100.59	0.22	10.85	Bus1046		21.67	21.67	21.67	0	0.50	10.84
							Bus1053	18.85	18.85	18.85	0	0.50	9.43
							Bus1050	1.55	1.55	1.55	0.04	0.50	0.78
0.380	95.80	95.80	96.13	0.14	5.43	Bus1053	865.57	865.57	867.91	0.11	4.32	3739.39	
20.000	99.95	99.95	100.58	0.22	10.85	Bus1051		18.97	18.97	18.97	0	0.50	9.49
							Bus1052	16.45	16.45	16.45	0.05	0.50	8.22
20.000	99.94	99.94	100.58	0.22	11.00	Bus1076		26.66	26.66	26.66	0	0.50	13.33
							Bus1077	25.27	25.27	25.27	0.04	0.50	12.64
20.000	99.97	99.97	100.61	0.22	11.00	Bus1076		27.60	27.60	27.90	0.61	21.04	580.75
							Bus1081	15.63	15.63	15.63	0	0.50	7.81
						Bus1083	10.71	10.71	11.02	1.63	55.98	599.43	

**ETAP PowerStation**  
4.0.0C

Study Case: HA

Page: 121  
Date: 07-02-2008  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config.: Normal

Bus	Voltage Distortion						Current Distortion					
	kV	Fund. %	RMS %	ASUM %	THD %	TIF	To Bus ID	Fund. Amp	RMS Amp	ASUM Amp	THD %	TIF
0.380	95.30	95.30	95.61	0.14	5.21	Bus1081	308.30	308.30	309.04	0.12	4.09	1260.13
20.000	99.97	99.97	100.61	0.22	11.00	Bus1079	15.65	15.65	15.65	0	0.50	7.83
						Bus1080	5.86	5.86	5.86	0	0.50	2.93
0.380	99.06	99.14	108.76	3.88	213.41	Bus1083	129.17	129.56	148.96	7.72	272.74	35335.06
20.000	99.97	99.97	100.61	0.22	11.00	Bus1079	10.67	10.67	10.98	1.63	56.14	599.07
						Bus1085	17.68	17.68	17.68	0	0.50	8.84
						Bus1087	5.15	5.15	5.15	0	0.50	2.58
						Bus1082	2.45	2.46	2.80	7.68	264.02	649.89
0.380	95.30	95.30	95.61	0.14	5.21	Bus1085	308.30	308.30	309.04	0.10	4.09	1260.27
20.000	99.97	99.97	100.61	0.22	11.00	Bus1083	17.70	17.70	17.70	0	0.50	8.85
						Bus1084	5.86	5.86	5.86	0	0.50	2.93
0.380	96.92	96.92	97.30	0.15	6.25	Bus1088	162.57	162.57	163.03	0.12	4.98	808.95
20.000	99.97	99.97	100.61	0.22	11.01	Bus1083	5.07	5.07	5.07	0	0.50	2.54
						Bus1088	10.68	10.68	10.68	0	0.50	5.34
						Bus1090	11.41	11.41	11.41	0	0.50	5.71
20.000	99.97	99.97	100.61	0.22	11.01	Bus1087	10.70	10.70	10.70	0	0.50	5.35
						Bus1086	3.09	3.09	3.09	0	0.50	1.54
0.380	95.30	95.30	95.61	0.14	5.21	Bus1090	308.29	308.29	309.04	0.10	4.09	1260.37
20.000	99.97	99.97	100.61	0.22	11.01	Bus1087	11.45	11.45	11.45	0	0.50	5.73
						Bus1089	5.86	5.86	5.86	0	0.50	2.93
20.000	100.00	100.00	100.65	0.35	10.12	Bus73	6.30	6.30	6.30	0	0.50	3.15
						Bus45	8.20	8.20	8.44	1.82	53.55	439.11
						Bus31	33.65	33.65	33.88	0.44	13.04	438.79
20.000	100.00	100.00	100.67	0.35	10.31	Bus152	12.99	12.99	13.11	0.67	18.39	238.87
						Bus162	0.54	0.54	0.54	0	0.50	0.27
						Bus160	36.67	36.67	36.79	0.23	6.32	231.70
20.000	100.00	100.00	100.67	0.35	10.33	Bus190	2.23	2.23	2.23	0	0.50	1.11
						Bus178	10.28	10.28	10.28	0	0.50	5.14
						Bus181	22.18	22.18	22.18	0	0.50	11.09

Total Harmonic Distortion) Exceeds the Limit

Individual Harmonic Distortion) Exceeds the Limit

















ETAP PowerStation  
4.0.0C

Page: 129  
Date: 07-02-2008  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config.: Normal

Study Case: HA

p1

Branch	% Harmonic Current Contents in 1 MVA Base																
ID	2 25	3 29	4 31	5 35	6 37	7 41	8 43	9 47	10 49	11 53	12 55	13 59	14 61	15 65	17 67	19 71	23 73
476	0 0.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0.46	0	0.22	0	0	0	0	0.23
497	0 0.11	0	0	0	0	0	0	0	0	0.28	0	0.15	0	0	0	0	0.13
551	0 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
660	0 0.34	0	0	0.13	0	0	0	0	0	0.86	0	0.95	0	0	0	0	0.43
770	0 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
999	0 0.18	0	0	0	0	0	0	0	0	0.69	0	0.61	0	0	0.17	0.13	0.24
108	0 0.13	0	0	0	0	0	0	0	0	0.43	0	0.37	0	0	0	0	0.16
121	0 0.72	0	0	0.12	0.12	0	0	0	0	0.83	0	0.79	0	0	0.27	0.27	0.68
	0 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.59	0	0.49	0	0	0.29	0.21	0.11
	0 0.14	0	0	0	0	0	0	0	0	0.46	0	0.39	0	0	0	0	0.17
	0 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.38	0	0.31	0	0	0.19	0.14	0
	0 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.50	0	0.42	0	0	0.26	0.19	0
	0 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.26	0	0.21	0	0	0.13	0	0
	0 0.16	0	0	0	0	0	0	0	0	0.52	0	0.45	0	0	0	0	0.20
	0 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.35	0	0.30	0	0	0.18	0.13	0
	0 0.14	0	0	0.13	0	0	0	0	0	0	0	0.15	0	0	0	0	0.14











**ETAP PowerStation**  
4.0.0C

Page: 134  
Date: 07-02-2008  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config.: Normal

Study Case: HA

p1

Filter Overloading

ID	Filter	Type	Conn.	Capacitor C1			Inductor L1			Capacitor C2			Inductor L2		
				Max. kV	Opt. kV	% OverVolt	Max. Amp	Opt. Amp	% Overload	Max. kV	Opt. kV	% OverVolt	Max. Amp	Opt. Amp	% Overload
3		3	wye	0.40	0.32	0.0	51.20	49.36	0.0						
3		3	wye	0.40	0.31	0.0	51.20	48.37	0.0						
3		3	wye	0.40	0.32	0.0	43.40	49.46	14.0						
3		3	wye	0.40	0.31	0.0	37.95	48.47	27.7						
3		3	wye	0.40	0.32	0.0	41.95	38.17	0.0						
3		3	wye	0.40	0.31	0.0	41.95	37.41	0.0						
3		3	wye	0.40	0.32	0.0	16.13	16.49	2.2						
3		3	wye	0.40	0.31	0.0	16.13	16.16	0.2						
3		3	wye	0.40	0.31	0.0	25.56	32.17	25.9						
3		3	wye	0.40	0.32	0.0	25.56	32.82	28.4						
3		3	wye	0.40	0.31	0.0	69.39	60.03	0.0						
3		3	wye	0.40	0.32	0.0	69.39	58.83	0.0						
3		3	wye	0.40	0.32	0.0	47.00	60.22	28.1						
3		3	wye	0.40	0.31	0.0	47.00	59.02	25.6						
3		3	wye	0.40	0.32	0.0	53.29	70.39	32.1						
3		3	wye	0.40	0.32	0.0	62.97	77.79	23.5						
3		3	wye	0.40	0.32	0.0	62.97	76.24	21.1						
3		3	wye	0.40	0.32	0.0	78.78	21.94	0.0						
3		3	wye	0.40	0.31	0.0	78.78	21.50	0.0						
3		3	wye	0.40	0.32	0.0	75.57	71.28	0.0						
3		3	wye	0.40	0.31	0.0	75.57	69.85	0.0						
3		3	wye	0.40	0.32	0.0	48.80	43.79	0.0						
3		3	wye	0.40	0.31	0.0	48.80	42.91	0.0						
3		3	wye	0.40	0.31	0.0	34.64	42.90	23.8						
3		3	wye	0.40	0.32	0.0	36.64	43.78	19.5						
3		3	wye	0.40	0.32	0.0	48.79	43.65	0.0						
3		3	wye	0.40	0.31	0.0	40.70	8.55	0.0						
3		3	wye	0.40	0.31	0.0	99.18	85.52	0.0						
3		3	wye	0.40	0.32	0.0	99.18	87.27	0.0						
3		3	wye	0.40	0.32	0.0	34.63	43.78	26.4						
3		3	wye	0.40	0.31	0.0	34.63	42.91	23.9						
3		3	wye	0.40	0.31	0.0	47.29	42.94	0.0						
3		3	wye	0.40	0.32	0.0	47.29	43.82	0.0						
3		3	wye	0.40	0.33	0.0	15.39	11.48	0.0						
3		3	wye	0.40	0.33	0.0	36.40	50.62	39.1						
3		3	wye	0.40	0.32	0.0	32.93	44.45	35.0						
3		3	wye	0.40	0.32	0.0	41.94	38.17	0.0						
3		3	wye	0.40	0.31	0.0	41.94	37.40	0.0						
3		3	wye	0.40	0.32	0.0	53.57	44.52	0.0						
3		3	wye	0.40	0.32	0.0	53.57	43.63	0.0						
3		3	wye	0.40	0.31	0.0	53.57	43.09	0.0						
3		3	wye	0.40	0.31	0.0	53.57	42.99	0.0						
3		3	wye	0.40	0.32	0.0	40.90	49.76	21.7						
3		3	wye	0.40	0.32	0.0	40.90	48.76	19.2						

**ETAP PowerStation**  
4.0.0C

Page: 135  
Date: 07-02-2008  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config.: Normal

Study Case: HA

p1

Filter	ID	Type	Conn.	Capacitor C1			Inductor L1			Capacitor C2			Inductor L2		
				Max. kV	Opr. kV	% OverVolt	Max. Amp	Opr. Amp	% Overload	Max. kV	Opr. kV	% OverVolt	Max. Amp	Opr. Amp	% Overload
	3	wye		0.40	0.31	0.0	40.90	48.17	17.8						
	3	wye		0.40	0.32	0.0	48.79	43.76	0.0						
	3	wye		0.40	0.31	0.0	48.79	42.89	0.0						
	3	wye		0.40	0.32	0.0	34.64	43.88	26.7						
	3	wye		0.40	0.31	0.0	34.64	43.01	24.2						

Notes: 0 = By-Pass, 1 = High-Pass (Damped), 2 = High-Pass (Undamped), 3 = Single Tuned

ETAP PowerStation  
4.0.0C

Study Case: HA

Page: 136  
Date: 07-02-2008  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config.: Normal

VIHD (Individual Harmonic Distortion) Report

Bus		Voltage Distortion		
ID	kV	Fund. %	VHD %	Order
Bus24	0.380	99.05	3.70	13
Bus27	0.380	99.24	3.59	19
Bus39	0.380	98.47	4.51	16
Bus100	0.380	99.27	3.42	13
Bus108	0.380	98.81	4.39	19
Bus471	0.380	98.55	4.42	16
Bus490	0.380	98.87	4.33	19
Bus514	0.380	97.78	4.24	13
Bus581	0.380	99.05	3.99	19
Bus597	0.380	99.01	3.65	13
Bus649	0.380	98.84	3.92	16
Bus662	0.380	98.82	4.30	19
Bus730	0.380	98.52	4.48	16
Bus809	0.380	98.49	4.52	16
Bus819	0.380	98.83	4.38	19
Bus834	0.380	98.90	3.93	16
Bus971	0.380	98.47	4.56	17
Bus990	0.380	99.84	4.56	27
Bus1058	0.380	98.57	4.82	19
Bus1066	0.380	98.79	4.01	16
Bus1082	0.380	99.06	3.88	19

Indicates buses with IHD (Individual Harmonic Distortion) exceeding the limit

**ETAP PowerStation**  
4.0.0C

Page: 137  
Date: 07-02-2008  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config.: Normal

Study Case: HA

V/THD (Total Harmonic Distortion) Report

Bus ID	Bus KV	Voltage Distortion	
		Fund. %	THD %
Bus24	0.380	99.05	3.70
Bus27	0.380	99.24	3.59
Bus39	0.380	98.47	4.51
Bus100	0.380	99.27	3.42
Bus108	0.380	98.81	4.39
Bus471	0.380	98.55	4.42
Bus490	0.380	98.87	4.33
Bus514	0.380	97.78	4.24
Bus533	0.380	100.35	2.58
Bus581	0.380	99.05	3.99
Bus597	0.380	99.01	3.65
Bus649	0.380	98.84	3.92
Bus662	0.380	98.82	4.30
Bus730	0.380	98.52	4.48
Bus809	0.380	98.49	4.52
Bus819	0.380	98.83	4.38
Bus834	0.380	98.90	3.93
Bus971	0.380	98.47	4.56
Bus975	0.380	100.50	3.01
Bus990	0.380	99.84	4.56
Bus1058	0.380	98.57	4.82
Bus1066	0.380	98.79	4.01
Bus1082	0.380	99.06	3.88

Indicates buses with THD (Total Harmonic Distortion) exceeding the limit

ETAP PowerStation  
4.0.0C

Study Case: HA

Page: 137  
Date: 07-02-2008  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config.: Normal

VTHD (Total Harmonic Distortion) Report

Bus		Voltage Distortion	
ID	kV	Fund. %	THD %
Bus24	0.380	99.05	3.70
Bus27	0.380	99.24	3.59
Bus39	0.380	98.47	4.51
Bus100	0.380	99.27	3.42
Bus108	0.380	98.81	4.39
Bus471	0.380	98.55	4.42
Bus490	0.380	98.87	4.33
Bus514	0.380	97.78	4.24
Bus533	0.380	100.35	2.58
Bus581	0.380	99.05	3.99
Bus597	0.380	99.01	3.65
Bus649	0.380	98.84	3.92
Bus662	0.380	98.82	4.30
Bus730	0.380	98.52	4.48
Bus809	0.380	98.49	4.52
Bus819	0.380	98.83	4.38
Bus834	0.380	98.90	3.93
Bus971	0.380	98.47	4.56
Bus975	0.380	100.50	3.01
Bus990	0.380	99.84	4.56
Bus1058	0.380	98.57	4.82
Bus1066	0.380	98.79	4.01
Bus1082	0.380	99.06	3.88

Indicates buses with THD (Total Harmonic Distortion) exceeding the limit





**ETAP PowerStation**  
4.0.0C

Page: 124  
Date: 07-02-2008  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config.: Normal

Study Case: HA

p1

Bus	Harmonic Voltages (% of Fundamental Voltage)																	
	Fundamental kV	2 25	3 29	4 31	5 35	6 37	7 41	8 43	9 47	10 49	11 53	12 55	13 59	14 61	15 65	17 67	19 71	23 73
19.996	0 0.07	0 0.01	0 0.01	0 0.03	0 0.03	0 0.01	0 0.01	0 0.01	0 0.01	0 0.01	0.13 0	0 0	0.10 0	0 0	0 0	0.04 0	0.04 0	0.09 0
0.376	0 0.66	0 0.20	0 0.22	0.04 0.52	0 0.69	0.01 0.79	0 0.85	0 0.77	0 0.82	0 0	1.81 0	0 0	1.83 0	0 0	0 0	1.55 0	1.31 0	0.88 0
0.394	0 0.56	0 0.58	0 0.58	0.29 0.60	0 0.58	0.03 0.59	0 0.57	0 0.57	0 0.55	0 0	0 0	0 0	0.25 0	0 0	0 0	0.46 0	0.48 0	0.56 0
19.997	0 0.07	0 0.01	0 0.01	0 0.03	0 0.03	0 0.01	0 0.01	0 0.01	0 0.01	0 0.01	0.13 0	0 0	0.10 0	0 0	0 0	0.04 0	0.04 0	0.09 0
0.374	0 0.77	0 0.23	0 0.25	0.04 0.60	0 0.80	0.01 0.91	0 0.97	0 0.88	0 0.94	0 0	2.10 0	0 0	2.13 0	0 0	0 0	1.82 0	1.54 0	1.02 0
19.996	0 0.08	0 0.01	0 0.01	0 0.03	0 0.03	0 0.01	0 0.01	0 0.01	0 0.01	0 0.01	0.13 0	0 0	0.10 0	0 0	0 0	0.04 0	0.04 0	0.09 0
0.382	0 0.85	0 0.91	0 0.90	0.04 0.94	0 0.93	0.02 0.95	0 0.93	0 0.93	0 0.90	0 0	0.05 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0.61 0	0.68 0	0.84 0
19.993	0 0.08	0 0.01	0 0.01	0 0.03	0 0.03	0 0.01	0 0.01	0 0.01	0 0.01	0 0.01	0.13 0	0 0	0.11 0	0 0	0 0	0.04 0	0.04 0	0.09 0
0.379	0 1.53	0 0	0 0	0 2.36	0 1.76	0 0	0 0	0 1.88	0 1.89	0 0	0.05 0	0 0	0.75 0	0 0	0 0	0.01 0	0.01 0	1.46 0
19.985	0 0.07	0 0.01	0 0.01	0 0.03	0 0.03	0 0.01	0 0.01	0 0.01	0 0.01	0 0.01	0.13 0	0 0	0.10 0	0 0	0 0	0.04 0	0.04 0	0.09 0
0.375	0 0.68	0 0.20	0 0.22	0.04 0.53	0 0.71	0.01 0.81	0 0.87	0 0.79	0 0.84	0 0	1.85 0	0 0	1.87 0	0 0	0 0	1.58 0	1.34 0	0.90 0
19.986	0 0.08	0 0.01	0 0.01	0 0.04	0 0.03	0 0.01	0 0.01	0 0.01	0 0.01	0 0.01	0.13 0	0 0	0.11 0	0 0	0 0	0.04 0	0.04 0	0.09 0
0.376	0 1.65	0 0.01	0 0.01	0 0.92	0 0.75	0 0.01	0 0.01	0 0.36	0 0.38	0 0	1.89 0	0 0	1.97 0	0 0	0 0	0.03 0	0.03 0	1.79 0
19.994	0 0.08	0 0.01	0 0.01	0 0.04	0 0.03	0 0.01	0 0.01	0 0.01	0 0.01	0 0.01	0.13 0	0 0	0.11 0	0 0	0 0	0.04 0	0.04 0	0.09 0
19.996	0 0.01	0 0	0 0	0.01 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0.27 0	0 0	0.20 0	0 0	0 0	0.05 0	0.03 0	0.02 0







**ETAP PowerStation**  
4.0.0C

Page: 127  
Date: 07-02-2008  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config.: Normal

Study Case: HA

p1

Bus	Nominal kV	Harmonic Voltages (% of Nominal Voltage)																
		2 25	3 29	4 31	5 35	6 37	7 41	8 43	9 47	10 49	11 53	12 55	13 59	14 61	15 65	17 67	19 71	23 73
20.000	0	0.07	0.01	0.01	0.03	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.13	0	0.10	0	0	0.04	0.04	0.09
0.380	0	0.65	0.19	0.21	0.51	0.68	0.78	0.84	0.77	0.81	1.79	0	1.81	0	0	1.54	1.30	0.87
0.380	0	0.58	0.61	0.60	0.62	0.60	0.61	0.60	0.59	0.57	0	0	0.26	0	0	0.47	0.50	0.58
20.000	0	0.07	0.01	0.01	0.03	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.13	0	0.10	0	0	0.04	0.04	0.09
0.380	0	0.76	0.23	0.25	0.59	0.79	0.90	0.96	0.87	0.92	2.06	0	2.10	0	0	1.79	1.52	1.01
20.000	0	0.08	0.01	0.01	0.03	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.13	0	0.10	0	0	0.04	0.04	0.09
0.380	0	0.85	0.91	0.91	0.95	0.93	0.95	0.93	0.93	0.91	0.05	0	0	0	0	0.61	0.69	0.84
20.000	0	0.08	0.01	0.01	0.03	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.13	0	0.11	0	0	0.04	0.04	0.09
0.380	0	1.52	0	0	2.36	1.76	0	0	1.88	1.89	0.05	0	0.75	0	0	0.01	0.01	1.45
20.000	0	0.07	0.01	0.01	0.03	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.13	0	0.10	0	0	0.04	0.04	0.09
0.380	0	0.67	0.20	0.22	0.52	0.70	0.80	0.86	0.78	0.83	1.83	0	1.85	0	0	1.56	1.32	0.89
20.000	0	0.08	0.01	0.01	0.04	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.13	0	0.11	0	0	0.04	0.04	0.09
0.380	0	1.63	0.01	0.01	0.91	0.74	0.01	0.01	0.35	0.37	1.88	0	1.95	0	0	0.03	0.03	1.78
20.000	0	0.08	0.01	0.01	0.04	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.13	0	0.11	0	0	0.04	0.04	0.09
20.000	0	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0.27	0	0.20	0	0	0.05	0.03	0.02

ETAP PowerStation  
4.0.0C

Page: 128  
Date: 07-02-2008  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config.: Normal

Study Case: HA

BRANCH TABULATION

Branch	% Harmonic Current Contents in 1 MVA Base																
ID	2 25	3 29	4 31	5 35	6 37	7 41	8 43	9 47	10 49	11 53	12 55	13 59	14 61	15 65	17 67	19 71	23 73
3	0 0.44	0 0	0 0	0 0.11	0 0	0 0	0 0	0 0.10	0 0.13	1.72 0	0 0	1.31 0	0 0	0 0	0.40 0	0.25 0	0.30 0
4	0 0.14	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0.45 0	0 0	0.39 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0.17 0
4	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0.36 0	0 0	0.29 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
2	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0.14 0	0 0	0.10 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
7	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0.24 0	0 0	0.18 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
89	0.13 0.14	0 0	0 0	0 0	0 0	0.12 0	0 0	0 0	0 0	1.13 0	0 0	0.92 0	0 0	0 0	0.12 0	0 0	0.15 0
01	0 0.16	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0.51 0	0 0	0.44 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0.19 0
09	0.14 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0.15 0	0 0	0 0	0 0	0.65 0	0 0	0.50 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
20	0 0.15	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0.24 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0.16 0
02	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
07	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0.18 0	0 0	0.15 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
03	0 0.70	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1.36 0	0 0	1.21 0	0 0	0 0	0.42 0	0.32 0	0.67 0
02	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0.30 0	0 0	0.24 0	0 0	0 0	0.17 0	0.12 0	0 0
06	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0.52 0	0 0	0.39 0	0 0	0 0	0.24 0	0.18 0	0 0
00	0 0.11	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0.58 0	0 0	0.45 0	0 0	0 0	0.32 0	0.21 0	0.10 0
07	0 0.17	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0.48 0	0 0	0.17 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0.19 0

ETAP PowerStation  
4.0.0C

Page: 129  
Date: 07-02-2008  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config.: Normal

Study Case: HA

p1

Branch	% Harmonic Current Contents in 1 MVA Base																
	2 25	3 29	4 31	5 35	6 37	7 41	8 43	9 47	10 49	11 53	12 55	13 59	14 61	15 65	17 67	19 71	23 73
476	0 0.20	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0.46 0	0 0	0.22 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0.23 0
497	0 0.11	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0.28 0	0 0	0.15 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0.13 0
551	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
560	0 0.34	0 0	0 0	0.13 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0.86 0	0 0	0.95 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0.43 0
570	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
599	0 0.18	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0.69 0	0 0	0.61 0	0 0	0 0	0.17 0	0.13 0	0.24 0
608	0 0.13	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0.43 0	0 0	0.37 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0.16 0
621	0 0.72	0 0	0 0	0 0.12	0 0.12	0 0	0 0	0 0	0 0	0.83 0	0 0	0.79 0	0 0	0 0	0.27 0	0.27 0	0.68 0
	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0.59 0	0 0	0.49 0	0 0	0 0	0.29 0	0.21 0	0.11 0
	0 0.14	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0.46 0	0 0	0.39 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0.17 0
	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0.38 0	0 0	0.31 0	0 0	0 0	0.19 0	0.14 0	0 0
	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0.50 0	0 0	0.42 0	0 0	0 0	0.26 0	0.19 0	0 0
	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0.26 0	0 0	0.21 0	0 0	0 0	0.13 0	0 0	0 0
	0 0.16	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0.52 0	0 0	0.45 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0.20 0
	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0.35 0	0 0	0.30 0	0 0	0 0	0.18 0	0.13 0	0 0
	0 0.14	0 0	0 0	0 0.13	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0.15 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0.14 0





ETAP PowerStation  
4.0.0C

Page: 132  
Date: 07-02-2008  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config.: Normal

Study Case: HA

p1

Branch	% Harmonic Currents (% of Fundamental Current)																	
	Fundamental A	2 25	3 29	4 31	5 35	6 37	7 41	8 43	9 47	10 49	11 53	12 55	13 59	14 61	15 65	17 67	19 71	23 73
24.84	0 0.23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.54	0	0.26	0	0	0	0	0.27
38.44	0 0.09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.21	0	0.11	0	0	0	0	0.10
2.40	0 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19.01	0 0.52	0	0	0	0.20	0	0	0	0	0	1.31	0	1.44	0	0	0	0	0.66
17.29	0 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.54	0 0.70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.64	0	2.34	0	0	0.65	0.48	0.92
10.71	0 0.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.16	0	1.00	0	0	0	0	0.44
1.07	0 19.47	0	0	0	3.31	3.18	0	0	0	0	22.29	0	21.35	0	0	7.33	7.25	18.31
3.66	0 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.62	0	3.84	0	0	2.30	1.67	0.84
2.44	0 1.64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.39	0	4.64	0	0	0	0	2.00
2.45	0 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.42	0	3.69	0	0	2.23	1.63	0
3.55	0 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.07	0	3.39	0	0	2.10	1.54	0
1.23	0 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.07	0 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.57	0	2.98	0	0	1.86	0	0
3.17	0 1.49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.71	0	4.07	0	0	0	0	1.81
2.44	0 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.18	0	3.51	0	0	2.13	1.55	0
2.60	0 1.50	0	0	0	1.43	0	0	0	0	0	0	0	1.66	0	0	0	0	1.59





**ETAP PowerStation**  
4.0.0C

Page: 134

Date: 07-02-2008

SN: KLGCONSULT

Revision: Base

Config: Normal

Study Case: HA

p1

Filter Overloading

Filter ID	Type	Conn.	Capacitor C1			Inductor L1			Capacitor C2			Inductor L2		
			Max. KV	Oper. KV	% OverVolt	Max. Amp	Oper. Amp	% Overload	Max. KV	Oper. KV	% OverVolt	Max. Amp	Oper. Amp	% Overload
3	3	wye	0.40	0.32	0.0	51.20	49.36	0.0						
3	3	wye	0.40	0.31	0.0	51.20	48.37	0.0						
3	3	wye	0.40	0.32	0.0	43.40	49.46	14.0						
3	3	wye	0.40	0.31	0.0	37.95	48.47	27.7						
3	3	wye	0.40	0.32	0.0	41.95	38.17	0.0						
3	3	wye	0.40	0.31	0.0	41.95	37.41	0.0						
3	3	wye	0.40	0.32	0.0	16.13	16.49	2.2						
3	3	wye	0.40	0.31	0.0	16.13	16.16	0.2						
3	3	wye	0.40	0.31	0.0	25.56	32.17	25.9						
3	3	wye	0.40	0.32	0.0	25.56	32.82	28.4						
3	3	wye	0.40	0.32	0.0	69.39	60.03	0.0						
3	3	wye	0.40	0.31	0.0	69.39	58.83	0.0						
3	3	wye	0.40	0.32	0.0	47.00	60.22	28.1						
3	3	wye	0.40	0.31	0.0	47.00	59.02	25.6						
3	3	wye	0.40	0.32	0.0	53.29	70.39	32.1						
3	3	wye	0.40	0.32	0.0	62.97	77.79	23.5						
3	3	wye	0.40	0.32	0.0	62.97	76.24	21.1						
3	3	wye	0.40	0.32	0.0	78.78	21.94	0.0						
3	3	wye	0.40	0.31	0.0	78.78	21.50	0.0						
3	3	wye	0.40	0.32	0.0	75.57	71.28	0.0						
3	3	wye	0.40	0.31	0.0	75.57	69.85	0.0						
3	3	wye	0.40	0.32	0.0	48.80	43.79	0.0						
3	3	wye	0.40	0.31	0.0	48.80	42.91	0.0						
3	3	wye	0.40	0.32	0.0	34.64	42.90	23.8						
3	3	wye	0.40	0.31	0.0	34.64	43.78	19.5						
3	3	wye	0.40	0.32	0.0	48.79	43.65	0.0						
3	3	wye	0.40	0.32	0.0	48.79	43.65	0.0						
3	3	wye	0.40	0.31	0.0	40.70	8.35	0.0						
3	3	wye	0.40	0.31	0.0	99.18	85.52	0.0						
3	3	wye	0.40	0.32	0.0	99.18	87.27	0.0						
3	3	wye	0.40	0.32	0.0	34.63	43.78	26.4						
3	3	wye	0.40	0.31	0.0	34.63	42.91	23.9						
3	3	wye	0.40	0.32	0.0	47.29	42.94	0.0						
3	3	wye	0.40	0.31	0.0	47.29	43.82	0.0						
3	3	wye	0.40	0.33	0.0	15.39	11.48	0.0						
3	3	wye	0.40	0.33	0.0	36.40	50.62	39.1						
3	3	wye	0.40	0.32	0.0	32.93	44.45	35.0						
3	3	wye	0.40	0.32	0.0	41.94	38.17	0.0						
3	3	wye	0.40	0.31	0.0	41.94	37.40	0.0						
3	3	wye	0.40	0.32	0.0	53.57	43.63	0.0						
3	3	wye	0.40	0.31	0.0	53.57	43.09	0.0						
3	3	wye	0.40	0.31	0.0	53.57	42.99	0.0						
3	3	wye	0.40	0.32	0.0	40.90	49.76	21.7						
3	3	wye	0.40	0.32	0.0	40.90	48.76	19.2						

**ETAP PowerStation**  
4.0.0C

Study Case: HA

Page: 135  
Date: 07-02-2008  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config.: Normal

p1

Filter			Capacitor C1			Inductor L1			Capacitor C2			Inductor L2		
ID	Type	Conn.	Max. kV	Opr. kV	% OverVolt	Max. Amp	Opr. Amp	% Overload	Max. kV	Opr. kV	% OverVolt	Max. Amp	Opr. Amp	% Overload
	3	wye	0.40	0.31	0.0	40.90	48.17	17.8						
	3	wye	0.40	0.32	0.0	48.79	43.76	0.0						
	3	wye	0.40	0.31	0.0	48.79	42.89	0.0						
	3	wye	0.40	0.32	0.0	34.64	43.88	26.7						
	3	wye	0.40	0.31	0.0	34.64	43.01	24.2						

0 = By-Pass, 1 = High-Pass (Damped), 2 = High-Pass (Undamped), 3 = Single Tuned

ETAP PowerStation  
4.0.0C

Page: 136  
Date: 07-02-2008  
SN: KLGCONSULT  
Revision: Base  
Config.: Normal

Study Case: HA

VIHD (Individual Harmonic Distortion) Report

Bus ID	kV	Voltage Distortion		
		Fund. %	VHD %	Order
Bus24	0.380	99.05	3.70	13
Bus27	0.380	99.24	3.59	19
Bus39	0.380	98.47	4.51	16
Bus100	0.380	99.27	3.42	13
Bus108	0.380	98.81	4.39	19
Bus471	0.380	98.55	4.42	16
Bus490	0.380	98.87	4.33	19
Bus514	0.380	97.78	4.24	13
Bus581	0.380	99.05	3.99	19
Bus597	0.380	99.01	3.65	13
Bus649	0.380	98.84	3.92	16
Bus662	0.380	98.82	4.30	19
Bus730	0.380	98.52	4.48	16
Bus809	0.380	98.49	4.52	16
Bus819	0.380	98.83	4.38	19
Bus834	0.380	98.90	3.93	16
Bus971	0.380	98.47	4.56	17
Bus990	0.380	99.84	4.56	27
Bus1058	0.380	98.57	4.82	19
Bus1066	0.380	98.79	4.01	16
Bus1082	0.380	99.06	3.88	19

Indicates buses with IHD (Individual Harmonic Distortion) exceeding the limit