

**ANALISIS REDUKSI HARMONISA PADA *VARIABLE SPEED DRIVE*  
(VSD) MENGGUNAKAN FILTER PASIF DENGAN BEBAN MOTOR  
INDUKSI TIGA FASA PADA PT. EASTERNTEX PANDAAN**

**SKRIPSI**



**Disusun Oleh :  
PRIMA ARISTA  
NIM. 11.12.024**

**MILIK  
PERPUSTAKAAN  
ITN MALANG**

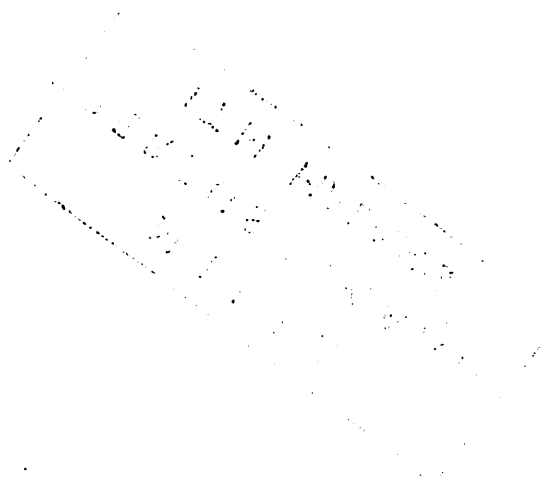
**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2015**

1948

REPUBLICAN PARTY NATIONAL COMMITTEE  
NATIONAL HEADQUARTERS  
1200 PENNSYLVANIA AVENUE, N.W.  
WASHINGTON, D.C. 20004

MR. A. W. WALKER  
1200 PENNSYLVANIA AVENUE  
WASHINGTON, D.C.



RECEIVED

RECEIVED BY THE NATIONAL COMMITTEE  
FOR THE REPUBLICAN PARTY  
ON FEBRUARY 12, 1948

## LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISIS REDUKSI HARMONISA PADA *VARIABLE SPEED DRIVE* (VSD)  
MENGUNAKAN FILTER PASIF DENGAN BEBAN MOTOR INDUKSI TIGA  
FASA PADA PT. EASTERNTX PANDAAN**

### SKRIPSI

*Disusun dan diajukan untuk melengkapi dan memenuhi persyaratan  
guna mencapai gelar Sarjana Teknik*

Disusun oleh :  
**PRIMA ARISTA**  
NIM : 11.12.024

Mengetahui,  
**Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1**

**M. Ibrahim Ashari, ST. MT**  
NIP. P. 1030100358

Diperiksa dan Disetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

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

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

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

**2015**

## SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Prima Arista  
NIM : 1112024  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik S-1

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang saya buat adalah hasil karya sendiri, tidak merupakan plagiasi dari karya orang lain. Dalam skripsi ini tidak memuat karya orang lain, kecuali dicantumkan sumbernya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dan apabila dikemudian hari ada pelanggaran atas surat pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksinya.

Malang, 19 November 2015

Yang membuat pernyataan,

A handwritten signature in blue ink is written over a yellow 6000 Rupiah stamp. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text 'METERAI TEMPEL', '6000 ENAM RIBU RUPIAH', and a unique identification number 'E603EADF456634803'.

Prima Arista

1112024

## ABSTRAK

### **ANALISIS REDUKSI HARMONISA PADA *VARIABLE SPEED DRIVE* (VSD) MENGGUNAKAN FILTER PASIF DENGAN BEBAN MOTOR INDUKSI TIGA FASA PADA PT. EASTERNTEX PANDAAN**

**Prima Arista, NIM 1112024**

**Dosen Pembimbing : Ir. Choirul Saleh, MT dan Ir. M. Abdul Hamid, MT**

Harmonisa merupakan salah satu permasalahan kualitas daya sistem kelistrikan industri. Harmonisa disebabkan oleh beban-benan nonlinier yang terpasang pada industri yang terdiri dari peralatan elektronika daya seperti *rectifier* dan *converter* yang terdapat pada peralatan *variable speed drive* (VSD). Sistem kelistrikan pada PT. Easterntex memiliki karakteristik instalasi beban motor induksi tiga fasa yang kecepatannya dikontrol dengan menggunakan *variable speed drive* (VSD). Sehingga pada PT. Easterntex memiliki permasalahan kualitas daya yang disebabkan tingkat distorsi harmonisa tegangan dan arus yang melebihi standar IEEE std. 519-1992.

Pada penelitian ini membahas analisa distorsi harmonisa tegangan yang terjadi pada sistem kelistrikan PT. Easterntex akibat banyaknya *variable speed drive* (VSD) yang terpasang dan mendesain filter pasif untuk mereduksi total distorsi harmonisa tegangan (THDv). Pemodelan sistem kelistrikan PT. Easterntex, simulasi tingkat distorsi harmonisa tegangan (THDv), serta perancangan filter pasif dengan jenis *single tuned filter* menggunakan *software* ETAP *Power Station* 7.0.0. Dari hasil simulasi tersebut didapatkan total distorsi harmonisa tegangan (THDv) pada LT 5, LT 6, LT 7 dan LT 8 adalah 8.24 %, 8.45 %, 7.67 % dan 17.36 %. Setelah pemasangan *single tuned filter*, total distorsi harmonisa tegangan (THDv) pada LT 5, LT 6, LT 7 dan LT 8 menjadi 1.43 %, 1.40 %, 1.12 % dan 2.44 %. Nilai total distorsi harmonisa tegangan (THDv) tersebut turun  $\pm$  84.68 % dan sudah sesuai dengan standart IEEE Std. 519-1992 yaitu tidak melebihi 5%.

**Kata kunci :** *Variable Speed Drive* (VSD), Motor Induksi, Harmonisa, *Single Tuned Filter*.

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur Kehadirat Allah SWT atas berkat dan rahmat-Nya, sehingga kami selaku penyusun dapat menyelesaikan Laporan Skripsi ini yang berjudul **“ANALISIS REDUKSI HARMONISA PADA *VARIABLE SPEED DRIVE (VSD)* MENGGUNAKAN FILTER PASIF DENGAN BEBAN MOTOR INDUKSI TIGA FASA PADA PT. EASTERNTEX PANDAAN”** dapat terselesaikan.

Adapun maksud dan tujuan dari penulisan laporan ini merupakan salah satu syarat untuk dapat menyelesaikan studi dan mendapatkan gelar Sarjana Program Studi Teknik Elektro S-1, Konsentrasi Teknik Energi Listrik ITN Malang.

Sebagai pihak penyusun penulis menyadari tanpa adanya kemauan dan usaha serta bantuan dari berbagai pihak, maka laporan ini tidak dapat diselesaikan dengan baik. Oleh sebab itu, penyusun mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MT selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Ir. H. Anang Subardi, MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
3. M. Ibrahim Ashari, ST. MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Ir. Choirul Saleh, MT selaku Dosen Pembimbing satu Tugas Skripsi.
5. Ir. M. Abdul Hamid, MT selaku Dosen Pembimbing dua Tugas Skripsi.
6. Sahabat-sahabat dan rekan-rekan yang tidak kami sebutkan satu-persatu, kami mengucapkan banyak terima kasih.

Usaha ini telah kami lakukan semaksimal mungkin, namun jika ada kekurangan dan kejanggalan dalam penyusunan, kami mohon saran dan kritik yang sifatnya membangun. Begitu juga sangat kami perlukan untuk menambah kesempurnaan laporan ini dan dapat bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa pada khususnya dan pembaca pada umumnya.

Malang, Agustus 2015

Penyusun

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	i
<b>ABSTRAK</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	ix
<b>DAFTAR GRAFIK</b> .....	x
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan .....	2
1.4. Batasan Masalah .....	2
1.5. Prosedur Penelitian .....	3
1.6. Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1. Harmonisa.....	5
2.1.1. Standar Harmonisa .....	5
2.1.2. Sumber Harmonisa.....	6
2.1.3. Pengaruh Harmonisa pada Komponen Peralatan Listrik .....	7
2.1.4. Pengaruh Hamonisa pada Faktor Daya .....	8
2.1.5. Pengaruh Harmonisa pada Tegangan Sistem.....	8
2.1.6. Identifikasi Harmonisa .....	9
2.2. Indeks Harmonisa .....	9
3.1.1. <i>Total Harmonic Distortion</i> (THD) .....	10
2.3. <i>Variable Speed Driver</i> (VSD).....	10
2.3.1. Prinsip Kerja <i>Variable Speed Drive</i> (VSD).....	11
2.3.2. Harmonisa pada <i>Variable Speed Drive</i> (VSD).....	12

2.3.3.	Dampak <i>Variable Speed Drive</i> (VSD) pada Motor Induksi .....	14
2.4.	Filter Pasif.....	15
2.4.1.	Komponen Filter Pasif.....	15
2.4.1.1.	Kapasitor .....	16
2.4.1.2.	Induktor.....	16
2.4.2.	Pengaruh Impedansi Jaringan terhadap Efektifitas Filter.....	17
2.5.	Software ETAP Power Station .....	17
2.5.1.	Studi Aliran Daya ( <i>Load Flow Analysis</i> ).....	18
2.5.2.	Studi Harmonisa ( <i>Harmonic Analysis</i> ).....	18
2.5.2.1.	<i>Harmonics Load Flow Study</i> .....	19
2.5.2.2.	<i>Harmonics Frequency Scan Study</i> .....	19
2.5.2.3.	<i>Harmonics Filter</i> pada ETAP Power <i>Station</i> .....	20

<b>BAB III</b>	<b>SINGLE TUNED FILTER DAN IMPLEMENTASI PADA JARINGAN DISTRIBUS PT. EASTERNTX PANDAAN.....</b>	<b>21</b>
3.1.	Metode Yang Digunakan.....	21
3.1.1.	Reduksi Harmonisa.....	21
3.1.2.	<i>Single Tuned Filter</i> .....	22
3.1.3.	Desain <i>Single Tuned Filter</i> .....	24
3.2.	Sistem Jaringan Distribusi di PT. Easterntex Pandaan.....	25
3.2.1.	Data Sumber, Trafo, dan Beban pada PT. Easterntex Pandaan.....	27
3.2.2.	Pemodelan Sistem Distribusi di PT. Easterntex Pandaan.....	30
3.3.	Flowchart Hasil Simulasi menggunakan Software ETAP <i>Power Station</i> .....	32
3.3.1.	Algoritma Program menggunakan Software ETAP <i>Power Station</i> .....	32
3.3.2.	Flowchart Penyelesaian Masalah.....	33



<b>BAB IV HASIL DAN ANALISIS HASIL.....</b>	<b>34</b>
4.1. Pemodelan <i>Single Line</i> Sistem Kelistrikan PT. Easterntex menggunakan <i>Software ETAP Power Station</i> .....	34
4.2. Simulasi <i>Load Flow Analysis</i> Sistem Kelistrikan PT. Easterntex menggunakan <i>Software ETAP Power Station</i> .....	35
4.3. Simulasi <i>Harmonic Analysis</i> Sistem Kelistrikan PT. Easterntex menggunakan <i>Software ETAP Power Station</i> .....	36
4.4. Desain <i>Single Tuned Filter</i> .....	40
4.4.1. Perbaikan Faktor Daya.....	41
4.4.2. Perhitungan Nilai Kapasitor (C).....	42
4.4.3. Perhitungan Nilai Induktor (L) .....	43
4.4.4. Perhitungan Nilai Resistor (R).....	45
4.4.5. Data Desain <i>Single Tuned Filter</i> .....	46
4.4.6. Pemasangan <i>Single Tuned Filter</i> .....	48
4.5. Perbandingan Sistem Kelistrikan PT. Easterntex Sebelum dan Setelah Pemasangan <i>Single Tuned Filter</i> .....	50
 <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	 <b>56</b>
5.1. Kesimpulan.....	56
5.2. Saran .....	56

## DAFTAR PUSTAKA

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Bentuk Gelombang Resultan dari Frekuensi Dasar dan Harmonisanya .....	5
Gambar 2.2	Perbandingan Sinyal Listrik Sinusoidal terhadap Sinyal Listrik Berharmonisa.....	8
Gambar 2.3	Rangkaian Distribusi yang Sederhana .....	8
Gambar 2.4	Rangkaian <i>Variable Speed Drive</i> (VSD).....	10
Gambar 2.5	Cara Kerja <i>Converter</i> pada <i>Variable Speed Drive</i> (VSD).....	11
Gambar 2.6	Cara Kerja DC Bus pada <i>Variable Speed Drive</i> (VSD) .....	11
Gambar 2.7	Cara Kerja <i>Inverter</i> pada <i>Variable Speed Drive</i> (VSD) .....	12
Gambar 2.8	Hasil Penggunaan <i>Variable Speed Drive</i> (VSD).....	12
Gambar 2.9	Prinsip Kerja Filter Pasif.....	15
Gambar 2.10	Tipe Filter Harmonisa pada <i>Software ETAP Power Station</i> ....	20
Gambar 3.1	(a) Rangkaian <i>Single Tuned Filter</i> (b) Kurva Impedansi Terhadap Frekuensi.....	22
Gambar 3.2	<i>Single Line Diagram</i> Sistem Distribusi di PT. Easterntex.....	26
Gambar 3.3	<i>Variable Speed Drive</i> (VSD) pada Panel LT 5.....	30
Gambar 3.4	Gelombang Harmonisa yang digunakan pada Sistem .....	31
Gambar 3.5	Spektrum Harmonisa yang digunakan pada Sistem .....	31
Gambar 3.6	Flowchart Penyelesaian Masalah.....	33
Gambar 4.1	<i>Single Line</i> Sistem Kelistrikan PT. Easterntex pada <i>Software ETAP Power Station</i> .....	34
Gambar 4.2	Tampilan Hasil <i>Running Load Flow</i> pada Sistem Kelistrikan PT. Easterntex.....	35
Gambar 4.3	Tampilan Hasil <i>Running Harmonic Load Flow</i> pada Sistem Kelistrikan PT. Easterntex .....	36
Gambar 4.4	(a) Spektrum Harmonisa Tegangan (b) Grafik Tegangan Bus Panel LT 5 Sebelum Pemasangan <i>Single Tuned Filter</i> .....	38
Gambar 4.5	(a) Spektrum Harmonisa Tegangan (b) Grafik Tegangan Bus Panel LT 6 Sebelum Pemasangan <i>Single Tuned Filter</i> .....	38

Gambar 4.6	(a) Spektrum Harmonisa Tegangan (b) Grafik Tegangan Bus Panel LT 7 Sebelum Pemasangan <i>Single Tuned Filter</i> .....	39
Gambar 4.7	(a) Spektrum Harmonisa Tegangan (b) Grafik Tegangan Bus Panel LT 8 Sebelum Pemasangan <i>Single Tuned Filter</i> .....	40
Gambar 4.9	Tampilan Parameter <i>Single Tuned Filter</i> pada <i>Software ETAP Power Station</i> .....	47
Gambar 4.10	Pemasangan <i>Single Tuned Filter</i> Orde 5 pada Bus LT 5.....	48
Gambar 4.11	Pemasangan <i>Single Tuned Filter</i> Orde 5 pada Bus LT 6.....	48
Gambar 4.12	Pemasangan <i>Single Tuned Filter</i> Orde 5 pada Bus LT 7.....	49
Gambar 4.13	Pemasangan <i>Single Tuned Filter</i> Orde 5 pada Bus LT 8.....	49
Gambar 4.14	Perbandingan Hasil Running Load Flow Sebelum dan Setelah Pemasangan <i>Single Tuned Filter</i> .....	51
Gambar 4.15	(a) Spektrum Harmonisa Tegangan (b) Grafik Tegangan Bus Panel LT 5 Setelah Pemasangan <i>Single Tuned Filter</i> .....	52
Gambar 4.16	(a) Spektrum Harmonisa Tegangan (b) Grafik Tegangan Bus Panel LT 6 Setelah Pemasangan <i>Single Tuned Filter</i> .....	53
Gambar 4.17	(a) Spektrum Harmonisa Tegangan (b) Grafik Tegangan Bus Panel LT 7 Setelah Pemasangan <i>Single Tuned Filter</i> .....	54
Gambar 4.18	(a) Spektrum Harmonisa Tegangan (b) Grafik Tegangan Bus Panel LT 8 Setelah Pemasangan <i>Single Tuned Filter</i> .....	55

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Standar Harmonisa Tegangan.....	6
Tabel 2.2	Standar Harmonisa Arus.....	6
Tabel 2.3	Harmonisa Arus sebagai Presentase Perkiraan Arus Frekuensi Dasar .....	14
Tabel 3.1	Data Beban PT. Easterntex Pandaan.....	28
Tabel 4.1	Hasil Simulasi Load Flow Analysis.....	35
Tabel 4.2	Data Total Distorsi Harmonisa Tegangan (THDv).....	36
Tabel 4.3	Data Harmonisa Tegangan Tiap Orde .....	37
Tabel 4.4	Parameter Desain <i>Single Tuned Filter</i> .....	41
Tabel 4.5	Data Jenis dan Nilai Komponen Perencanaan Single Tuned Filter.....	46
Tabel 4.6	Faktor Daya Sebelum dan Setelah Pemasangan Single Tuned Filter.....	50
Tabel 4.7	Total Distorsi Harmonisa Tegangan (THDv) Sebelum dan Setelah Pemasangan Single Tuned Filter .....	52

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1	Perbandingan PF (%) Sebelum dan Setelah Pemasangan Single Tuned Filter.....	50
Grafik 4.2	Perbandingan Total Distorsi Harmonisa Tegangan (THDv) Sebelum dan Setelah Pemasangan Single Tuned Filter.....	52

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Dengan meningkatnya usaha di sektor industri dan meningkatnya taraf hidup masyarakat maka kebutuhan akan energi listrik semakin meningkat pula, sehingga diperlukan penyediaan energi listrik beserta jaringan dan penyaluran yang sangat baik. Bertambahnya industri-industri menyebabkan peran penggunaan alat-alat listrik dan beban-beban non linier akan semakin luas yang dapat mengakibatkan harmonisa.

Dampak dari harmonisa dapat menjadi permasalahan yang sangat serius yaitu penurunan kualitas daya (*power quality*) pada sistem listrik. Akibat lain dari harmonisa adalah jumlah arus yang melewati peralatan seperti trafo dan motor akan semakin besar sehingga efisiensi peralatan akan menurun, komponen-komponen peralatan akan menurun kinerjanya, *over heating*, dan akhirnya peralatan akan cepat rusak. Fenomena seperti tersebut diatas terjadi pada sistem jaringan distribusi di industri tekstil PT. Easterntex yang banyak menggunakan motor induksi yang dilengkapi *variable speed drive* (VSD) dalam proses produksinya. *Variable speed drive* (VSD) merupakan suatu peralatan elektronika daya yang terdiri komponen elektronika daya *rectifier* dan *inverter* untuk mengatur kecepatan motor induksi.

Salah satu solusi yang dapat dilakukan untuk memperbaiki fenomena tersebut adalah dengan memasang filter pasif harmonisa, berupa *Single Tuned Filter*. Filter ini terdiri dari komponen kapasitor, induktor dan resistor yang dirangkai dengan konfigurasi tertentu. Filter ini lebih efisien dari segi biaya, lebih handal dan lebih mudah perawatannya selain itu distorsi harmonisa tegangan dapat diturunkan sehingga sesuai dengan standar IEEE Std. 519-1992, yaitu  $\leq 5.0 \%$  untuk sumber tegangan dibawah 69 kV.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka penulis dapat menentukan permasalahannya yaitu:

1. Bagaimana mendesain filter pasif (*single tuned filter*) untuk mereduksi *total harmonic distortion (THD)* pada *variable speed drive (VSD)* dengan beban motor induksi tiga fasa?
2. Berapa besar pengaruh *total harmonic distortion (THD)* pada *variable speed drive (VSD)* dengan beban motor induksi tiga fasa yang dapat direduksi setelah pemasangan filter pasif (*single tuned filter*) pada PT. Easterntex Pandaan?

## 1.3. Tujuan

Berdasarkan permasalahan yang dikemukakan di atas maka, tujuan dalam penulisan skripsi ini adalah:

1. Mendesain filter pasif (*single tuned filter*) untuk mereduksi *total harmonic distortion (THD)* pada *variable speed drive (VSD)* dengan beban motor induksi tiga fasa.
2. Menentukan nilai *total harmonic distortion (THD)* pada *variable speed drive (VSD)* dengan beban motor induksi tiga fasa yang dapat direduksi setelah pemasangan filter pasif (*single tuned filter*) pada PT. Easterntex Pandaan.

## 1.4. Batasan Masalah

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

1. Studi kasus dalam penelitian ini adalah sistem jaringan distribusi 0.38 kV di PT. Easterntex Pandaan.
2. Simulasi dan pemodelan sistem untuk merancang filter pasif menggunakan software ETAP 7.0.0
3. Rancangan filter harmonisa yang digunakan adalah filter pasif dengan jenis filter penalaan tunggal (*single tuned filter*).

4. Analisis dan standar yang digunakan pada penelitian ini adalah sistem dalam keadaan steady-state, semua beban beroperasi dan menggunakan standar IEEE 519-1992

### 1.5. Prosedur Penelitian

Prosedur yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Kajian literatur.

Yaitu kajian pustaka untuk mempelajari teori-teori yang terkait melalui literature yang ada, yang berhubungan dengan permasalahan

2. Pengumpulan data

Bentuk data yang digunakan adalah :

- Data kuantitatif yaitu data yang dapat dihitung atau data yang berbentuk angka-angka yang dapat mendukung simulasi *load flow*.  
(*Software ETAP Power Station*).
- Data kualitatif, yaitu data yang berbentuk diagram. Dalam hal ini *single line diagram* PT. Easterntex Pandaan.

3. Pengolahan data

Pada tahap ini dilakukan pengolahan data yang telah diperoleh apabila data yang diperoleh belum sesuai dengan data yang digunakan untuk simulasi.

4. Simulasi

Melakukan simulasi sesuai dengan metode yang digunakan, dengan menggunakan *software ETAP power Station*.

5. Analisis dan Penarikan kesimpulan

Melakukan analisis dari hasil simulasi dan menarik kesimpulan secara keseluruhan dari apa yang dilakukan.

### 1.6. Sistematika Penulisan

Untuk mendapatkan arah yang tepat mengenai hal-hal yang akan dibahas, maka dalam skripsi ini disusun sebagai berikut :



**BAB I : PENDAHULUAN**

Dalam bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, prosedur penelitian, dan sistematika penulisan yang digunakan dalam pembuatan skripsi ini.

**BAB II : KAJIAN PUSTAKA**

Dalam bab ini membahas tentang teori-teori yang mendukung dalam simulasi dan analisis skripsi ini.

**BAB III : *SINGLE TUNED FILTER* DAN IMPLEMENTASI PADA JARINGAN DISTRIBUSI PT. EASTERNTX PANDAAN**

Dalam bab ini menjelaskan tentang analisa sistem jaringan distribusi 0.38 kV di PT. Easterntex Pandaan hingga pemasangan filter pasif untuk mereduksi harmonisa.

**BAB IV : HASIL DAN ANALISIS HASIL**

Dalam bab ini berisi data dan hasil simulasi menggunakan *ETAP Power Station 7.0.0*.

**BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN**

Dalam bab ini berisi kesimpulan-kesimpulan yang diperoleh dari perencanaan dan pembuatan tugas akhir ini serta saran-saran guna menyempurnakan dan mengembangkan sistem lebih lanjut.

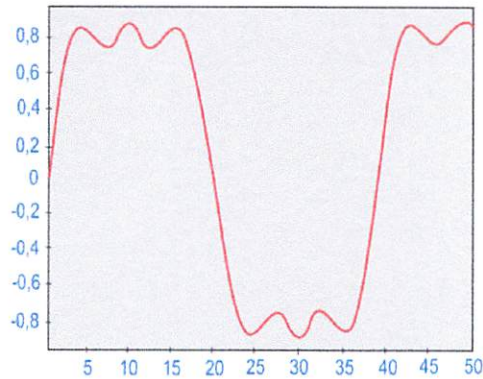
**DAFTAR PUSTAKA**

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

#### 2.1. Harmonisa

Harmonisa adalah gangguan yang terjadi pada sistem distribusi tenaga listrik akibat terjadinya distorsi gelombang arus dan tegangan. Pada dasarnya, harmonisa adalah gejala pembentukan gelombang-gelombang dengan frekuensi berbeda yang merupakan perkalian bilangan bulat dengan frekuensi dasarnya.



Gambar 2.1

Bentuk Gelombang Resultan dari Frekuensi Dasar dan Harmonisanya

(M.Aredes dkk,2003)

##### 2.1.1 Standar Harmonisa

Standar harmonisa yang digunakan adalah *IEEE 519-1992*. Ada dua kriteria yang digunakan untuk mengevaluasi distorsi harmonisa. Yang pertama adalah batasan harmonisa arus dan yang kedua adalah batasan harmonisa tegangan. Untuk standar harmonisa arus, ditentukan oleh  $I_{SC}/I_{load}$ .

$THD_V$  adalah persentase jumlah total tegangan yang terdistorsi oleh harmonisa terhadap frekuensi fundamentalnya dan  $THD_I$  adalah persentase jumlah total arus yang terdistorsi oleh harmonisa terhadap frekuensi fundamentalnya. (S. Jain dkk, 2006)

Tabel 2.1  
Standar Harmonisa Tegangan

Sistem Voltage	IHD <sub>v</sub> (%)	THD <sub>v</sub> (%)
$V_{rms} \leq 69 \text{ Kv}$	3.0	5.0
$69 \text{ kV} \leq V_{rms} \leq 161 \text{ Kv}$	1.5	2.5
$V_{rms} \geq 161 \text{ kV}$	1.0	1.5

Sumber : (S. Jain dkk, 2006)

Tabel 2.2  
Standar Harmonisa Arus

Sistem Voltage	I <sub>sc</sub> / I <sub>load</sub>	THD <sub>i</sub> (%)
$V_{rms} \leq 69 \text{ Kv}$	<20	3.0
	20-50	8.0
	50-100	12.0
	100-1000	15.0
	>1000	20.0
$69\text{kV} \leq V_{rms} \leq 161\text{kV}$	<20	2.5
	20-50	4.0
	50-100	6.0
	100-1000	7.5
	>1000	10.0
$V_{rms} \geq 161 \text{ kV}$	<50	2.5
	$\geq 50$	4.0

Sumber : (S. Jain dkk, 2006)

### 2.1.2 Sumber Harmonisa

Beban non linier yang umumnya merupakan peralatan elektronik yang didalamnya banyak terdapat komponen semi konduktor, dalam proses kerjanya berlaku sebagai saklar yang bekerja pada setiap siklus gelombang dan sumber tegangan. Proses kerja ini akan menghasilkan gangguan atau distorsi gelombang arus yang tidak sinusoidal. Bentuk gelombang ini tidak menentu dan dapat berubah menurut pengaturan pada parameter komponen semi konduktor dalam peralatan elektronik. Perubahan bentuk gelombang ini tidak terkait dengan sumber tegangannya.

Beberapa peralatan yang dapat menyebabkan timbulnya harmonisa antara lain komputer, printer, lampu fluorescent yang menggunakan elektronik ballast, kendali kecepatan motor, motor induksi, batere charger, dll. Peralatan ini

dirancang untuk menggunakan arus listrik secara hemat dan efisien karena arus listrik hanya dapat melalui komponen semikonduktornya selama periode pengaturan yang telah di tentukan.

### 2.1.3 Pengaruh Harmonisa pada Komponen Peralatan Listrik

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

- *Konduktor*

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

- *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 rugi *eddy current*-nya proporsional dengan kuadrat frekuensinya. Gabungan dan rugi-rugi tembaga dan inti besi akan menyebabkan transformer menjadi *overheating*

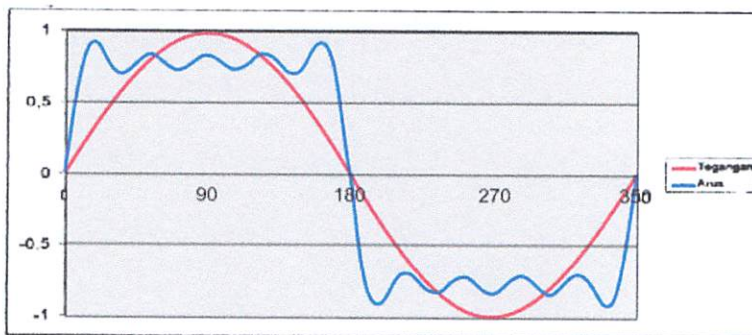
- *Circuit breaker*

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.

#### 2.1.4 Pengaruh Harmonisa pada Faktor Daya

Arus harmonisa membuat peningkatan total arus rmsnya. Dan karena mempengaruhi harga arus total rmsnya, maka secara otomatis juga akan mempengaruhi faktor dayanya juga. Hal ini dikarenakan daya total dengan daya nyata dan selisih sudut yang dibuat oleh tegangan dan arus. Pada daya total tidak terjadi pergeseran sudut antara tegangan dan arusnya. Tetapi untuk daya nyata, terdapat beda sudut yang dibuat oleh tegangan dan arus.



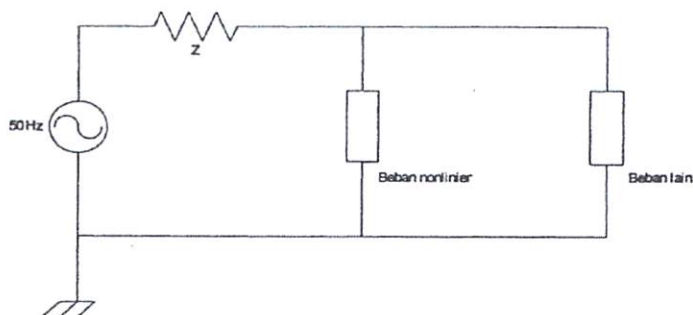
Gambar 2.2

Perbandingan Sinyal Listrik Sinusoidal Terhadap Sinyal Listrik Berharmonisa

(M. Aredes dkk, 2003)

#### 2.1.5 Pengaruh Harmonisa pada Sistem Tegangan

Peralatan yang diterapkan pada sistem tenaga listrik, seperti contoh yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.3

Rangkaian Distribusi yang sederhana

(M. Aredes dkk, 2003)

Sebuah suplai energi listrik yang disalurkan ke beberapa beban yang terhubung paralel melalui kawat penghantar (*Transmission Lines*) yang mengandung impedansi sebesar  $Z$ . Apabila ada arus harmonisa yang melalui impedansi  $Z$  dan sumber, maka akan menimbulkan tegangan harmonisa yang besar dan amplitudo tegangannya akan semakin meningkat disertai juga dengan peningkatan frekuensinya. Karena terdapat impedansi hambatan saluran, maka terdapat selisih tegangan yang secara signifikan terdistorsi oleh beban non linear. Yang dimana arus akan timbul pada saat tegangan suplai mencapai titik maksimum saja. Hal ini akan menyebabkan turunnya tegangan yang melewati impedansi  $Z$  dan akan menjadi lebih besar pula apabila tegangan pada sumber mencapai titik maksimum. Sehingga tegangan yang dikirimkan pada akhirnya akan menjadi turun.

### 2.1.6 Identifikasi Harmonisa

Untuk mengidentifikasi kehadiran harmonisa pada sistem distribusi, dapat diketahui melalui langkah-langkah sebagai berikut:

1. Identifikasi Jenis Beban yang digunakan.
2. Pemeriksaan Transformator

Apabila arus netralnya lebih besar dari arus fasa nya maka dapat diperkirakan adanya harmonisa dan kemungkinan turunnya kinerja transformator.

3. Pemeriksaan Tegangan Netral Tanah

Apabila tegangan yang terukur lebih besar dari 2 Volt maka terdapat indikasi adanya masalah harmonisa pada beban tersebut.

## 2.2. Indeks Harmonisa

Dalam analisa harmonisa terdapat beberapa indeks yang penting untuk menggambarkan efek dan harmonisa pada komponen sistem tenaga.

### 2.2.1 *Total Harmonic Distortion (THD)*

Pendefinisian rasio nilai rms komponen harmonisa ke nilai rms komponen dasar biasanya dinyatakan dalam bentuk persen. Indeks ini digunakan untuk

mengukur deviasi bentuk gelombang periodik yang mengandung harmonisa dari gelombang sinus sempurna. Pada saat terjadi gelombang sinus sempurna, nilai THD adalah nol. (S. Jain dkk, 2006)

$$\text{THD}_V = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} V_h^2}}{V_F} \quad (\text{THD untuk tegangan}) \dots \dots \dots (2-1)$$

$$\text{THD}_I = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_F} \quad (\text{THD untuk arus}) \dots \dots \dots (2-2)$$

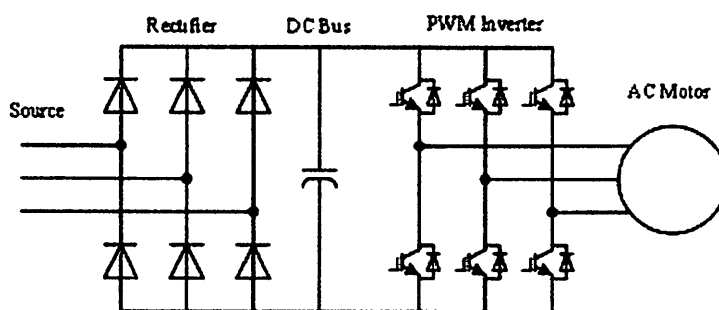
Keterangan:

$V_h ; I_h$  = Komponen Harmonisa

$V_f ; I_f$  = Komponen Fundamental

### 2.3. Variable Speed Drive (VSD)

*Variable speed drive* disebut juga dengan *variable frequency drive* atau disebut dengan *inverter*. Sebuah alat pengatur kecepatan motor dengan mengubah nilai frekuensi dan tegangan yang masuk ke motor. Pengaturan nilai frekuensi dan tegangan ini dimaksudkan untuk mendapatkan kecepatan putaran dan torsi motor yang diinginkan atau sesuai dengan kebutuhan. Secara sederhana prinsip dasar inverter untuk dapat mengubah frekuensi menjadi lebih kecil atau lebih besar yaitu dengan mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC kemudian dijadikan tegangan AC lagi dengan frekuensi yang berbeda atau dapat diatur.



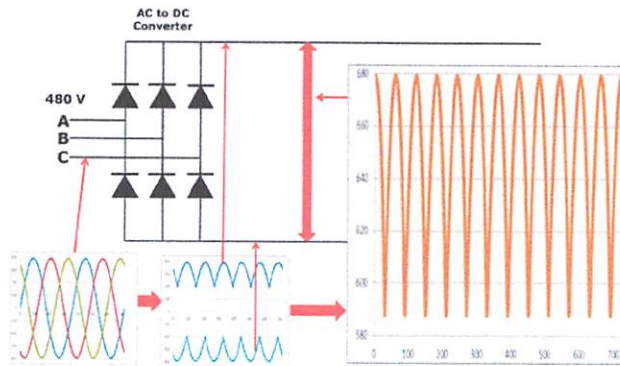
Gambar 2.4

Rangkaian *Variable Speed Drive (VSD)*

#### 2.3.1 Prinsip Kerja *Variable Speed Drive (VSD)*

Berikut ini adalah prinsip kerja dari *variable speed drive* antara lain;

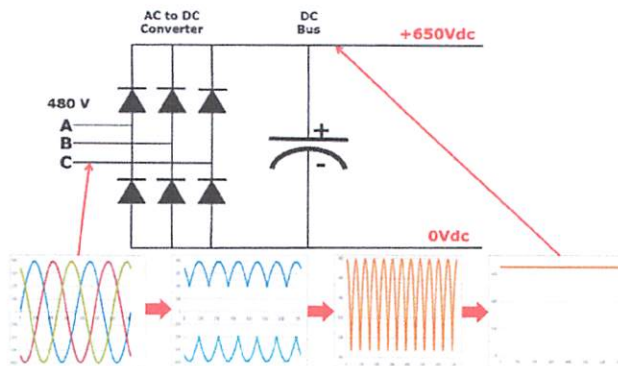
1. *Converter* mengubah tegangan bolak-balik (AC) dari input menjadi tegangan searah (DC).



Gambar 2.5

Cara Kerja *Converter* pada *Variable Speed Drive* (VSD)

2. DC Bus digunakan untuk menghaluskan hasil penyearah tegangan bolak-balik (AC) ke tegangan searah (DC) dengan frekuensi tertentu yang diatur tergantung kebutuhan.

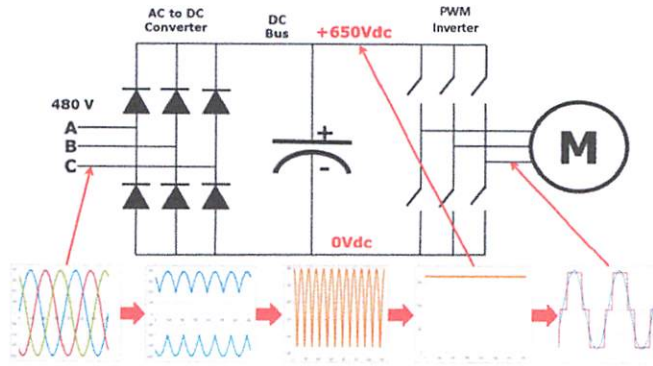


Gambar 2.6

Cara Kerja *DC Bus* pada *Variable Speed Drive* (VSD)

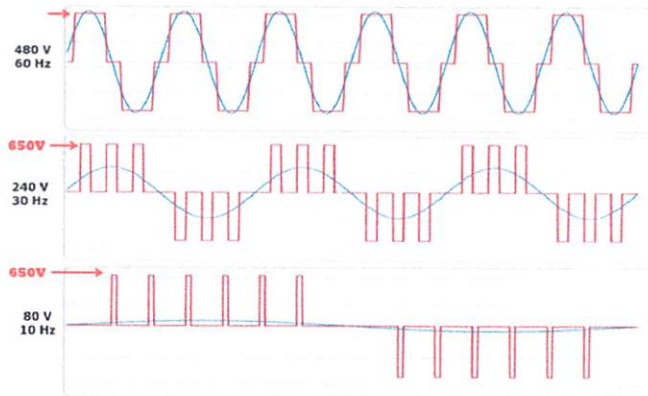
3. *PWM Inverter* digunakan untuk mengatur keluaran frekuensi tertentu yang sesuai dengan kebutuhan kecepatan motor induksi.





Gambar 2.7

Cara Kerja *PWM Inverter* pada *Variable Speed Drive* (VSD)



Gambar 2.8

Hasil Penggunaan *Variable Speed Drive* (VSD)

### 2.3.2 Harmonisa pada *Variable Speed Drive* (VSD)

*Variable Speed Drive* (VSD) merupakan sumber harmonisa arus pada sistem tenaga listrik karena sifat non linier dari elektronika daya komponen penyusunnya. Besarnya harmonisa pada *Variable Speed Drive* (VSD) dapat dievaluasi dengan menggunakan tiga pendekatan dasar, antara lain;

1. Solusi analitik menggunakan model perkiraan untuk komponen *Variable Speed Drive* (VSD).
2. Simulasi komputer menggunakan program khusus seperti ETAP.
3. Pengukuran langsung spektrum harmonisa menggunakan alat ukur khusus.

Solusi analitik menggunakan model perkiraan, harmonisa arus yang dihasilkan oleh komponen *variable speed drive* (VSD) khususnya converter dapat dihitung menggunakan rumus:

$$h = kp \pm 1 \dots \dots \dots (2-3)$$

Dimana :

$h$  = Harmonisa yang dibangkitkan

$k$  = Integer ( $k = 1, 2, 3 \dots$ )

$p$  = Jumlah pulsa pada converter

Sehingga biasanya, untuk converter dengan 6 pulsa akan membangkitkan karakteristik harmonisa pada orde 5<sup>th</sup>, 7<sup>th</sup>, 11<sup>th</sup>, 13<sup>th</sup>,.... kelipatan dari frekuensi fundamental. Untuk converter 12 pulsa akan membangkitkan karakteristik harmonisa pada orde 11<sup>th</sup>, 13<sup>th</sup>, 23<sup>th</sup>, 25<sup>th</sup>,... kelipatan dari frekuensi fundamental. Kebanyakan untuk tegangan rendah (480 v) tipe *variable speed drive* (VSD) banyak menggunakan 6 pulsa. Untuk jumlah pulsa yang lebih banyak 12 pulsa, 18 pulsa dan 24 pulsa masih jarang digunakan.

Besarnya masing-masing komponen harmonisa arus dapat dihitung menggunakan rumus:

$$I_h = \frac{I}{h} \dots \dots \dots (2-4)$$

Dimana :

$I_h$  = harmonisa arus pada orde tertentu

$I$  = arus pada frekuensi fundamental

$h$  = orde harmonisa arus

Tabel berikut ini akan menunjukkan frekuensi harmonisa dan perbandingan antara converter 6 pulsa dan 12 pulsa. Seperti yang dilihat harmonisa arus menurun mengikuti jumlah pulsa converter.

Tabel 2.3

Harmonisa Arus sebagai Persentase Perkiraan Arus Frekuensi Dasar

H	5	7	11	13	23
6 pulsa	20%	14%	9%	7%	4%
12 pulsa	-	-	9%	7%	4%

Meskipun metode perhitungan diatas dapat memberikan perkiraan pertama untuk harmonisa yang akan dihasilkan oleh *variable speed drive* (VSD), namun metode tersebut belum mencerminal semua karakteristik dari *variable speed drive* (VSD). Sehingga diperlukan analisa lebih lanjut untuk menentukan besarnya harmonisa arus yang dihasilkan dan bagaimana cara mengatasinya.

### 2.3.3 Dampak *Variable Speed Drive* (VSD) pada Motor Induksi

Penggunaan *variable speed drive* (VSD) telah menjadi lebih umum digunakan pada motor AC. Hal ini disebabkan fakta bahwa motor AC, seperti motor induksi dapat dioperasikan dibawah berbagai frekuensi dan tegangan yang berdampak pada penyesuaian kecepatan. Dalam banyak aplikasi motor penggunaan *variable speed drive* (VSD) menambahkan efisiensi energi dan performa dinamis. Namun *variable speed drive* (VSD) juga memiliki dampak terhadap motor induksi itu sendiri.

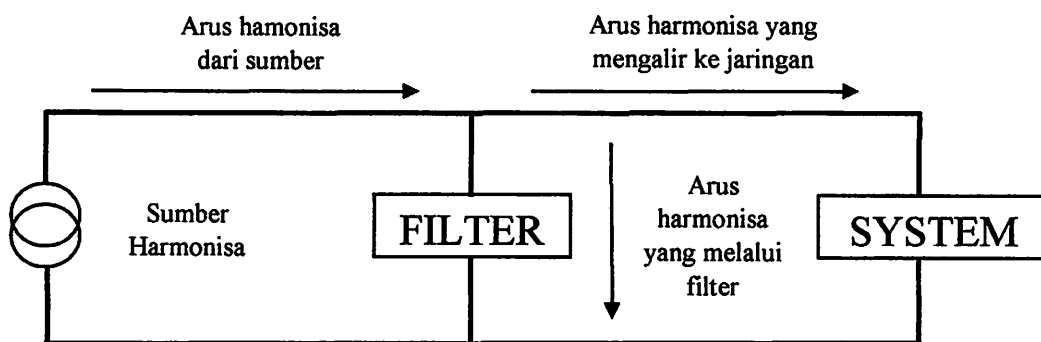
Semua *variable speed drive* (VSD) memanfaatkan teknologi elektronika daya untuk memberikan variabel frekuensi tegangan melalui penggunaan perangkat switching. Hal ini membuat *variable speed drive* (VSD) rentan terhadap masalah yang terkait dengan konversi tenaga listrik. Berikut ini dampak negatif yang timbul pada motor induksi akibat penggunaan *variable speed drive* (VSD) antara lain:

- Peningkatan rugi-rugi inti besi.
- Torsi motor menurun.
- Efek kulit (*skin effect*).
- Kerusakan isolasi dan bantalan motor.
- Penyimpangan kurva kecepatan torsi.
- Adanya *Electromagnetic Interference* (EMI).

## 2.4. Filter Pasif

Filter pasif merupakan metode penyelesaian yang efektif dan ekonomis untuk masalah harmonisa. Filter pasif sebagian besar didesain 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 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.

Dengan penambahan filter pasif pada suatu sistem tenaga yang mengandung sumber-sumber harmonisa, maka penyebaran arus harmonisa ke seluruh jaringan dapat ditekan sekecil mungkin. Selain itu filter pasif pada frekuensi fundamental dapat mengkompensasi daya reaktif dan dipergunakan untuk memperbaiki faktor daya sistem.



Gambar 2.9

Prinsip Kerja Filter Pasif

### 2.4.1 Komponen Filter Pasif

Dengan mengetahui tegangan fundamental dan harmonisa pada busbar, maka rating arus dan tegangan dari 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, deviasi frekuensi tertinggi serta arus harmonisa dari sumber-sumber lain dan dari resonansi yang mungkin terjadi antara filter dan sistem AC.

#### **2.4.1.1 Kapasitor**

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

- Koefisien suhu dari komponen kapasitor
- Daya reaktif per unit volume
- Rugi-rugi daya
- Realibility
- Harga

Koefisien suhu yang sangat rendah dari kapasitor lebih diharapkan untuk menala filter dalam orde penalaan supaya menghindari penalaan ulang karena perubahan kapasitansi oleh perubahan suhu di sekeliling atau oleh pemanasan sendiri oleh kapasitor tersebut. Hal ini tidak penting pada jenis filter damped atau untuk kapasitor daya.

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 untuk operasi yang lama pada tegangna lebih harus dihindari untuk mencegah terjadinya kerusakan dielektrik akibat panas. Rating daya reaktig kapasitor adalah penjumlahan daya reaktif pada masing-masing frekuensi yang diinginkan.

#### **2.4.1.2 Induktor**

Induktor yang digunakan dalam rangkaian filter dirancang mampu menahan selubung frekuensi tinggi diantaranya 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 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 pada bagian bawah filter

#### **2.4.2 Pengaruh Impedansi Jaringan terhadap Efektifitas Filter**

Impedansi jaringan dapat bersifat induktif atau kapasitif pada frekuensi-frekuensi harmonisa. Dalam perencanaan suatu filter harmonisa, perlu diketahui sifat impedansi jaringan ditinjau dari titik pemasangan filter. Dengan mengetahui sifat impedansi jaringan dapat dibuat penalaan yang tepat sehingga filter akan berfungsi optimal.

Rangkaian filter dan jaringan dapat membentuk resonansi paralel pada suatu frekuensi harmonisa. Jika frekuensi resonansi ini mendekati salah satu frekuensi harmonisa, maka filter tidak dapat mencegah masuknya harmonisa ke jaringan bahkan memperbesar distorsi harmonisa pada titik pemasangan filter.

Impedansi jaringan dapat diketahui dari pengukuran langsung maupun tidak langsung melalui perhitungan. Sifat impedansi jaringan ditinjau dari titik pemasangan filter dapat diketahui dari nilai impedansi bus jaringan sepanjang frekuensi harmonisa yang diperhitungkan. Nilai impedansi bus yang diperlukan adalah elemen matriks impedansi harmonisa sendiri (*Harmonic Driving Point Impedance*). Nilai impedansi ini dapat diperoleh dari persamaan matriks tiap komponen jaringan.

#### **2.5. Software ETAP**

*Electrical Transient Analyzer Program* (ETAP) adalah suatu perangkat lunak (*software*) untuk desain dan analisa sistem tenaga listrik yang dikembangkan oleh Operation Technology Inc. *Software* ETAP pertama kali dibuat pada tahun 1986 dan terus berkembang hingga pada tahun 1996 terealisasi *software* ETAP *Power Station* dengan analisa sistem tenaga listrik yang lebih kompleks dengan sistem operasi windows. *Software* ETAP yang digunakan adalah ETAP *Power*

*Station* versi 7.0.0. Analisa sistem tenaga listrik yang tersedia dalam ETAP *Power Station* antara lain:

- *Load Flow Analysis*
- *Unbalance Load Flow Analysis*
- *Short Circuit Analysis*
- *Motor Acceleration Analysis*
- *Harmonics Analysis*
- *Transient Stability Analysis*

Dalam penelitian ini digunakan program *Electrical Transient Analyzer Program* (ETAP) untuk melakukan pemodelan sistem kelistrikan PT. Easterntex Pandaan dengan memasukkan data yang dibutuhkan dan disamakan dengan kondisi eksisting. Setelah itu dilakukan *harmonics analysis*.

### **2.5.1 Studi Aliran Daya (*Load Flow Analysis*)**

Studi aliran daya (load flow analysis) adalah studi yang akan memberikan analisa aliran daya pada suatu sistem tenaga yang bertujuan antara lain:

- Memeriksa tegangan-tegangan pada setiap bus yang ada dalam sistem yang dipelajari. Biasanya variasi tegangan yang diperbolehkan adalah  $\pm 5\%$ .
- Memeriksa semua kapasitas peralatan yang ada dalam sistem apakah cukup besar untuk menyalurkan daya yang diinginkan.
- Memperoleh kondisi mula untuk studi-studi selanjutnya seperti hubung singkat, stabilitas dan juga rugi-rugi Dalam penelitian ini studi aliran daya menggunakan Load Flow Analysis dengan menggunakan metode Newton Rapshon sehingga dapat diketahui besarnya tegangan bus, faktor daya dan aliran daya yang terjadi pada saluran dalam sistem.

### **2.5.2 Studi Harmonisa (*Harmonic Analysis*)**

Studi harmonisa (harmonic analysis) adalah studi yang akan mengevaluasi kualitas sistem tenaga listrik diantaranya distorsi tegangan (VTHD) dan karakteristik jaringan (plot impedansi terhadap frekuensi).

Studi harmonisa (harmonic analysis) memiliki dua metode analisa yaitu *Harmonics Load Flow Study* dan *Harmonics Freaquency Scan* dengan dua kombinasi metode tersebut berbagai indikasi harmonisa dihitung dan dibandingkan dengan batasan standar di industri

#### **2.5.2.1 *Harmonics Load Flow Study***

Mensimulasikan perhitungan aliran daya pada frekuensi fundamental. Hasil dari analisa aliran daya tersebut ditetapkan sebagai dasar untuk tegangan fundamendal bus dan arus fundamental cabang yang selanjutnya digunakan untuk menghitung indikasi terjadinya harmonisa. Untuk setiap frekuensi harmonisa yang muncul pada sumber harmonisa dalam sistem, analisa aliran daya dilakukan dengan menggunakan metode injeksi arus. Frekuensi harmonisa yang dipertimbangkan merupakan seluruh frekuensi orde rendah antara orde ke 2 sampai 15, ditambah dengan karakteristik harmonisa pada peralatan dari orde 17 sampai 73. Impedansi komponen diatur berdasarkan frekuensi harmonisa dan jenis tipe komponen. Untuk harmonisa kelipatan tiga, impedansi urutan nol diatur pada frekuensi actual dan impedansi urutan nol dari jaringan digunakan dalam perhitungan.

Dari perhitungan aliran daya harmonisa, komponen harmonisa untuk tegangan bus dan arus cabang didapatkan, kemudian harmonisa yang terkandung dalam peralatan dihitung. Nilai THD dan IHD bus dibandingkan dengan batas yang ditentukan sebelumnya pada Bus Editor dan jika terjadi kondisi abnormal, maka akan muncul report keluaran

#### **2.5.2.2 *Harmonics Frequency Scan Study***

Salah satu perhatian dalam studi harmonisa adalah terjadinya kondisi resonansi pada sistem. Karena munculnya baik komponen induktif dan kapasitif pada sistem pada frekuensi tertentu akan terjadi kondisi resonansi pada bus-bus tertentu. Jika resonansi terjadi pada bus yang mengandung arus harmonisa, akan mengakibatkan timbulnya overvoltage pada sistem.

Frequency scan merupakan fasilitas yang dapat digunakan untuk melihat permasalahan resonansi pada sistem. Modul ini menghitung dan

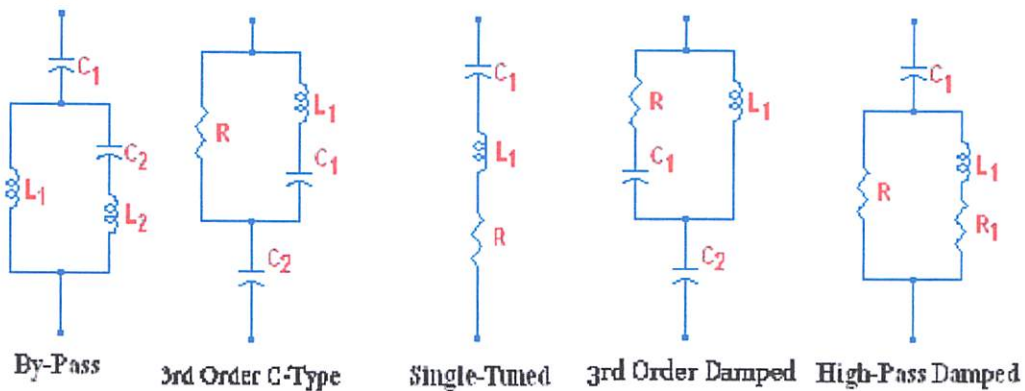


menggambarkan besaran dan sudut dari impedansi bus dalam range frekuensi yang telah ditentukan sehingga kondisi terjadinya resonansi paralel dan frekuensi resonansi dapat jelas diidentifikasi. Studi frekuensi scan juga dapat digunakan untuk menentukan nilai parameter filter harmonisa dan mengujinya ke dalam sistem.

### 2.5.2.3 Harmonics Filter pada ETAP

*Electrical Transient Analyzer Program* (ETAP) menyediakan berbagai desain filter harmonisa yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan harmonisa. Terdapat beberapa filter pasif yang dapat digunakan antara lain:

- *By Pass Filter*
- *High Pass Filter (Damped & Undamped)*
- *3<sup>rd</sup> Order (Damped & C-Type)*
- *Single Tuned*



Gambar 2.10

Tipe Filter Harmonisa pada ETAP *Power Station*

## **BAB III**

### **SINGLE TUNED FILTER DAN IMPLEMENTASI PADA JARINGAN DISTRIBUSI PT. EASTERNTEX PANDAAN**

#### **3.1. Metode yang digunakan**

Dalam analisis reduksi harmonisa ini menggunakan acuan standart IEEE Std. 519-1992. Pengujian dan penelitian ini dimulai dengan survey data yang mendukung untuk disimulasikan pada *software ETAP power Station*. Dengan data tersebut dapat disimulasikan ke dalam *software ETAP Power Station* untuk mengetahui distorsi harmonisa tegangan ke sistem. Langkah pertama dilakukan simulasi dengan *load flow analysis* pada *software ETAP Power Station* untuk mengetahui faktor daya (%PF) pada sistem. Kemudian dilakukan simulasi dengan *harmonic analysis* untuk melihat harmonisa tegangan setiap bus pada sistem, apabila *total harmonic distortion* (THD) melebihi standar IEEE Std. 519-1992 dilakukan desain filter (*single tuned filter*). Desain filter (*single tuned filter*) dilakukan dengan perhitungan secara manual menggunakan rumus-rumus tertentu untuk menentukan nilai kapasitor, induktor dan resistor (RLC). Karena mengandung kapasitor maka filter ini dapat meningkatkan nilai faktor daya awal (%PF) sehingga kita perlu tau nilai faktor daya awal lewat *load flow analysis*. Terakhir dilakukan pemasangan filter (*single tuned filter*) pada bus tertentu dan melihat apakah *total harmonic distortion* (THD) sudah sesuai standar IEEE Std. 519-1992.

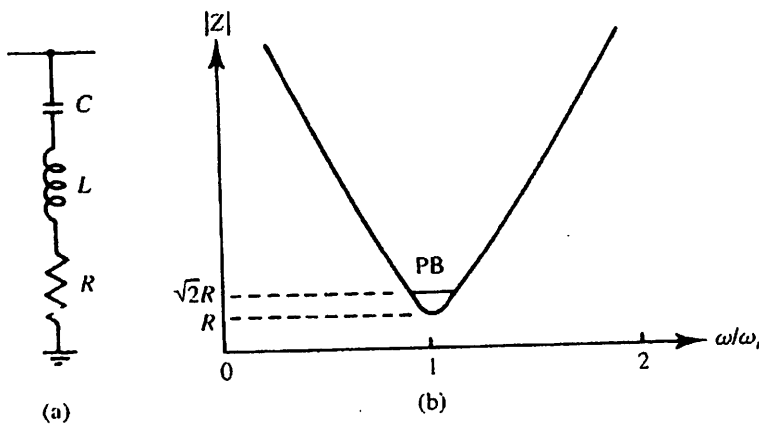
##### **3.1.1. Reduksi Harmonisa**

Penggunaan beban-beban nonlinier dalam sistem jaringan distribusi dapat menyebabkan munculnya distorsi harmonisa. Sumber harmonisa pada PT. Easterntex Pandaan kebanyakan berasal dari penggunaan *variable speed drive* (VSD) untuk mengontrol kecepatan motor induksi. *Variable speed drive* (VSD) merupakan sumber harmonisa arus yang dapat mengirim harmonisa arus pada sistem dan meningkatkan losses pada motor induksi. Orde harmonisa yang dominan pada *variable speed drive* (VSD) ini adalah orde 5<sup>th</sup>, 7<sup>th</sup> dan 11<sup>th</sup> (*Converter 6 pulsa*).

Salah satu cara untuk mereduksi harmonisa tersebut adalah penggunaan filter pasif. Filter pasif ini bekerja dengan mencegah frekuensi tertentu untuk masuk pada sistem tenaga. Untuk kasus penggunaan *variable speed drive* (VSD) dengan orde dominan tertentu, *single tuned filter* merupakan filter yang cocok untuk digunakan karena dapat mereduksi harmonisa pada salah satu orde harmonisa (umumnya orde rendah).

**3.1.2. Single Tuned Filter (Filter Penalaan Tunggal)**

Filter ini terdiri dari rangkaian seri kapasitor, induktor dan resistor (RLC). Berikut ini gambar rangkaian single tuned filter dan kurva impedansi:



Gambar 3.1

(a) Rangkaian *Single Tuned Filter* (a) Kurva Impedansi Terhadap Frekuensi

Impedansi *single tuned filter* diberikan oleh persamaan:

$$Z_f = R + j \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right) \dots\dots\dots(3.1)$$

Untuk *magnitude* impedansi *single tuned filter* adalah:

$$|Z_f| = \sqrt{R^2 + \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2} \dots\dots\dots(3.2)$$

Resonansi terjadi pada saat nilai reaktansi sama dengan kapasitansi. Filter diatur pada frekuensi  $f_r$  , yang menghasilkan resonansi seri. Berikut adalah persamaannya :

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \dots\dots\dots(3.3)$$

Pada frekuensi  $F_r$ , *single tuned filter* akan memiliki impedansi minimum yang dimana besarnya adalah resistansi R dari induktor. Filter ini akan menyerap semua arus harmonik yang dekat dengan frekuensi  $F_r$  yang diinjeksikan. *Single tuned filter* dihubungkan paralel pada busbar dimana pengurangan distorsi harmonisa ditentukan dan membentuk suatu filter bank.

Prinsip dasarnya ialah *single tuned filter* ini dipasang untuk setiap harmonik yang akan dihilangkan. Dua parameter yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan nilai R, L, dan C adalah :

a. Faktor Kualitas (Q)

Kualitas dari filter menunjukkan ketajaman pengaturan filter dalam mengeliminasi hamonik. Dalam *single tuned filter*, faktor kualitas Q didefinisikan sebagai perbandingan antara induktansi atau kapasitansi pada frekuensi resonansi terhadap resistansi. Persamaannya bisa dinyatakan sebagai berikut (Roger C. Dugan, 2002):

$$Q = \frac{X_0}{R} \dots\dots\dots(3.4)$$

Filter dengan Q tinggi diatur pada frekuensi rendah dan nilainya biasanya berkisar antar 30 dan 60. Filter yang efektif harus memiliki inikator dengan kualitas yang besar, oleh karena itu  $R \ll X_0$  pada frekuensi resonansi. Perkiraan nilai Q untuk reaktor inti udara adalah 75 dan untuk reaktor inti besi diatasnya (Roger C. Dugan, 2002).

b. Penyimpangan frekuensi relatif ( $\delta$ )

Penyimpangan frekuensi relatif menyatakan perubahan frekuensi dari frekuensi nominal pengaturannya, yang dinyatakan oleh (Rifky Cahyadi, 2003) :

$$\delta = \frac{\omega - \omega_n}{\omega} \dots\dots\dots(3.5)$$

Faktor  $\delta$  dipengaruhi oleh :

1. Variasi frekuensi dasar
2. Variasi kapasitansi dan induksi dari filter karena pengaruh suhu dan penuaan.

3. *Initial off-runing* yang disebabkan oleh toleransi pabrik dan batas ukuran langkah pengaturan.

### 3.1.3. Desain *Single Tuned Filter*

Perencanaan atau desain yang harus diperhatikan untuk *single tuned filter* adalah lokasi pemasangan filter, orde yang akan diredam, menghitung besar kompensasi daya reaktif, komponen induktor dan resistor. Berikut ini adalah persamaan yang digunakan untuk menghitung besar kompensasi daya reaktif, komponen induktor dan resistor:

1. Perhitungan perbaikan faktor daya.

$$Q = P (\tan \theta_1 - \tan \theta_2) \dots \dots \dots (3.6)$$

Keterangan:

$Q$  = Daya reaktif (kVar)

$P$  = Daya aktif (kW)

$\theta_1$  = Faktor daya awal (%)

$\theta_2$  = Faktor daya akhir (%)

2. Perhitungan nilai kapasitor (C).

$$Q = \frac{Vn^2}{x_c} \dots \dots \dots (3.7)$$

Maka,

$$Q = Vn^2 \omega_o C \dots \dots \dots (3.8)$$

Sehingga didapatkan nilai kapasitor:

$$C = \frac{Q}{\omega_o Vn^2} \dots \dots \dots (3.9)$$

Keterangan:

$C$  = Nilai kapasitor ( $\mu F$ )

$kVAR$  = Daya reaktif (kVar)

$Vn^2$  = Tegangan (V)

$\omega_o$  = Frekuensi fundamenta (Hz)

## 3. Perhitungan nilai induktor (L).

$$X_L = X_C = X_o \dots \dots \dots (3.10)$$

Maka:

$$\omega_n L = \frac{1}{\omega_n C} \dots \dots \dots (3.11)$$

Sehingga didapatkan nilai induktor:

$$L = \frac{1}{(\omega_n)^2 C} \dots \dots \dots (3.12)$$

$$X_L = \omega_o L \dots \dots \dots (3.13)$$

Keterangan:

$X_L$  = Reaktansi induktif ( $\Omega/\text{Ohm}$ )

$X_C$  = Reaktansi kapasitif ( $\Omega/\text{Ohm}$ )

$L$  = Nilai induktor (H)

$\omega_o$  = Frekuensi (Hz)

## 4. Perhitungan nilai resistor (R).

$$Q = \frac{X_o}{R} \dots \dots \dots (3.14)$$

Sehingga didapatkan nilai resistor:

$$R = \frac{X_o}{Q} \dots \dots \dots (3.15)$$

Keterangan:

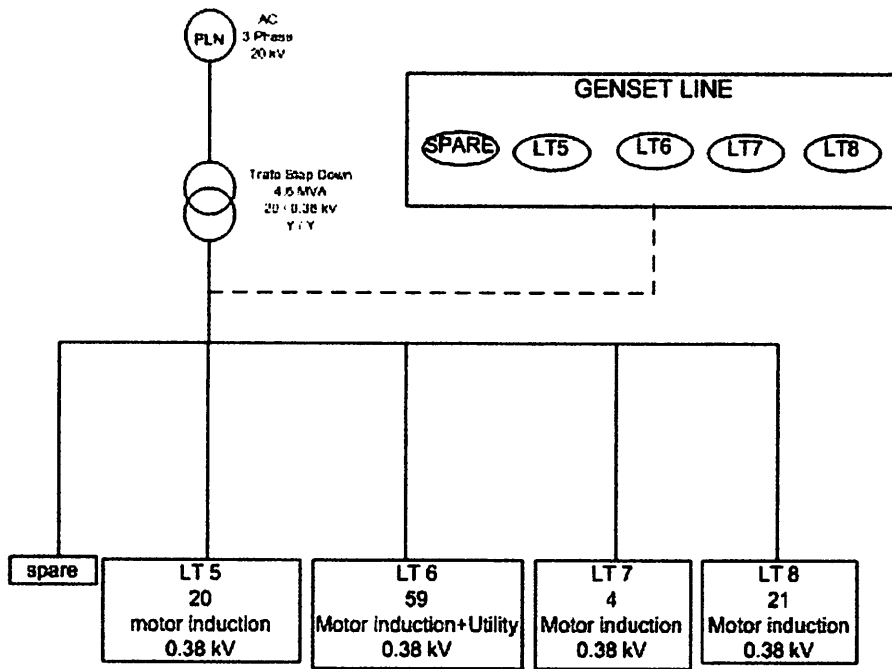
$R$  = Nilai resistor ( $\Omega/\text{Ohm}$ )

$Q$  = Faktor Kualitas ( $30 < Q < 60$ )

### 3.2. Sistem Jaringan Distribusi di PT. Easterntex Pandaan

PT. Easterntex adalah sebuah pabrik yang bergerak dibidang tekstil yang terletak di wilayah Jawa Timur tepatnya didaerah Pandaan-Pasuruan. Pabrik ini menggunakan motor induksi 3 fasa dalam jumlah yang cukup banyak dan menggunakan *variable speed drive* (VSD) untuk pengaturan kecepatan motor induksi 3 fasa tersebut. Hal ini tanpa disadari telah membuat kinerja sistem menurun yaitu berupa sering rusaknya motor induksi maupun peralatan lain yang sensitif. Menurunnya sistem tersebut dikarenakan kandungan harmonisa pada sistem ini muncul selain dikarena penggunaan dari *variable speed drive* (VSD) juga

dikarenakan beban-beban yang digunakan mengandung nilai kapasitif dan induktif yang sangat besar (beban *non linear*) sehingga berdampak pada performa sistem secara keseluruhan. Berikut adalah *single line* dari sistem distribusi PT.Easterntex Pandaan :



Gambar 3.2

### Single Line Diagram Distribusi Sistem Distribusi PT. Easterntex

Gambar diatas menunjukkan sistem jaringan distribusi di PT. Easterntex Pandaan, terdiri dari satu sumber 3 fasa dengan tegangan 20 kV yang di hubungkan trafo *step-down* dengan perbandingan CT primer dan sekunder 20 / 0.38 kV. Sistem ini terdiri atas 4 group beban (LT 5, LT 6 LT 7, dan LT 8) dimana masing-masing dari beban tersebut berupa motor induksi dengan tegangan 0.38 kV. Dan beberapa motor induksi dikontrol menggunakan variable speed drive (VSD) untuk mengatur kecepatan yang diinginkan.

### 3.2.1. Data Sumber, Trafo, Beban dan *Variable Speed Drive* (VSD) pada PT. Easterntex Pandaan

- **Data Sumber Pabrik :**

Daya	: 20 kV	Hubungan	: Y
Tegangan	: 220 / 380 V	Jumlah Fasa	: 3
Arus	: 1250 A	Faktor Daya	: 0.85
Frekuensi	: 50 Hz	Kelas Isolasi	: H

- **Data Trafo :**

Daya	: 4.6 MVA
Tipe Konstruksi	: <i>Outdoor / Indoor</i>
Tegangan Primer / Sekunder	: 20 kV / 380 kV
Arus Primer / Sekunder	: 46169 A / 2509.40 A
Hubungan	: Y / Y
Frekuensi	: 50 Hz
Volume Minyak	: 1115 L
Impedansi	: 6 %
Berat Total	: 3855 Kg
Sistem Pendingin	: Onan

- **Data Beban :**

Berikut ini adalah data beban pada PT. Easterntex yang didapatkan melalui pengukuran langsung dan melihat nameplate peralatan :



Tabel 3.1  
Data Beban PT Easterntex Pandaan

Panel	Nama Mesin	Jumlah Mesin	Arus (A)	Tegangan (V)	THD V (%)	Kw	Rpm	Cos Phi
LT 5	RSF (TOYODA)	10	650	347.7	7.45	300	2420	0.73
	RSF (HOWA)	10	660	347.7	7.28	300	2350	0.75
LT 6	BLOWING 1	9	158.4	342,0	6.32	67.5	1435	0.68
	BLOWING 2	10	115	342,0	6.55	44	1420	0.63
	CARDING	10	680	342,0	7.23	300	2450	0.69
	SLIVER LAP	10	130	342,0	7.14	55	1440	0.64
	RIBBON LAP	10	135	342,0	6.98	55	1375	0.61
	COMBING	10	345	342,0	6.86	150	980	0.68
	LIGHTING	-	31	342,0	5.62	30	-	0.83
LT 7	BLOWING Poly.	1	244.7	347,0	6.32	137.5	2910	0.81
	CARDING Poly.	1	244.7	347,0	6.15	137.5	2910	0.82
	PRE-DRAWING Poly. 1	1	244.7	347,0	6.23	137.5	2910	0.81
	PRE-DRAWING Poly. 2	1	244.7	347,0	6.45	137.5	2910	0.83
LT 8	DRAWING MIXING	1	325	340.1	18.53	200	1350	0.79
	DRAWING SECONG	1	422	340.1	18.57	250	1420	0.77
	DRAWING FINISHER 1	1	81	340.1	18.49	50	1380	0.75

DRAWIING FINISHER 2	1	244.7	340.1	16.32	137.5	2910	0.81
DRAWIING FINISHER 3	1	244.7	340.1	16.15	137.5	2910	0.82
DRAWIING FINISHER 4	1	244.7	340.1	16.23	137.5	2910	0.81
DRAWIING FINISHER 5	1	244.7	340.1	16.45	137.5	2910	0.83
ROVIING	1	41	340.1	18.37	20	1450	0.73
BOILER	1	55	340.1	18.45	25	1470	0.79
RING SPINNING	2	124	340.1	18.13	60	1435	0.78
WINDING	10	300	340.1	18.29	150	985	0.77

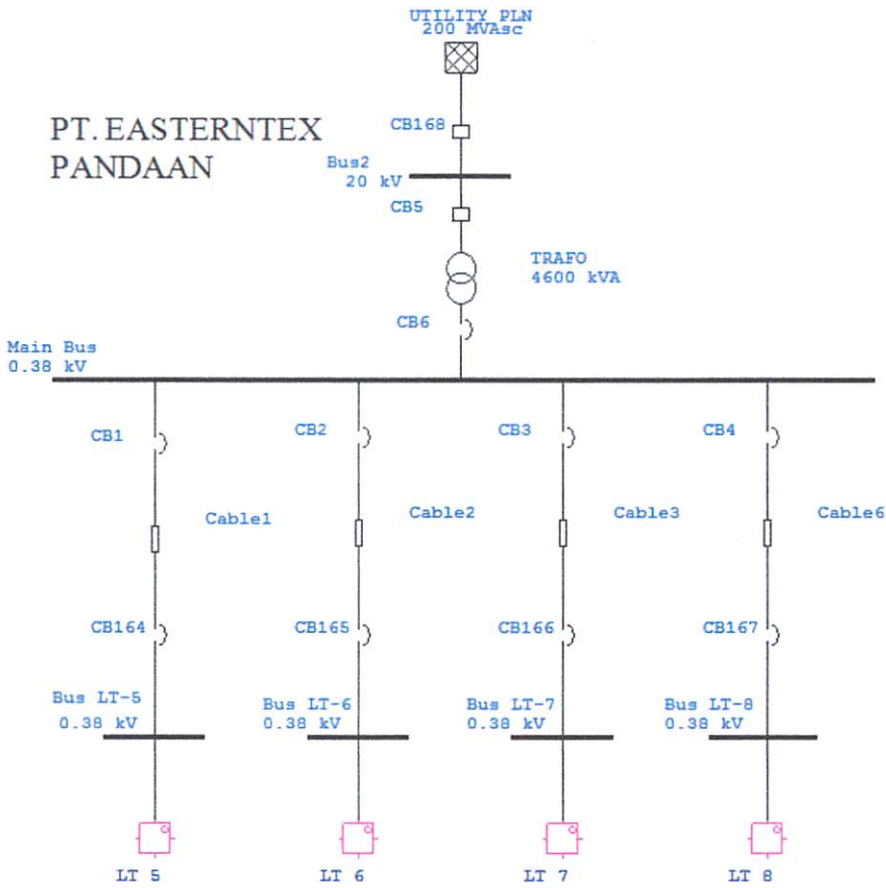


**P.T. EASTERNTEx**

**PANDAAN-PASURUAN**

### 3.2.2. Pemodelan Sistem Jaringan Distribusi di PT. Easterntex Pandaan

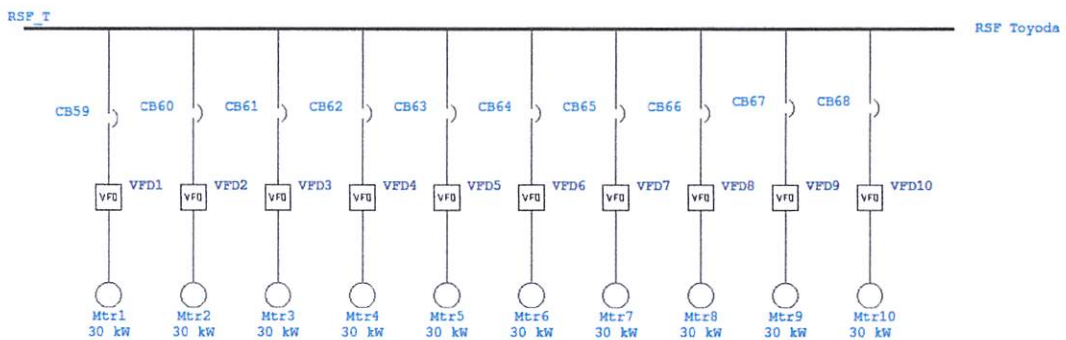
#### 1. Single line jaringan distribusi di PT. Easterntex Pandaan



Gambar 3.3

Single Line Jaringan Distribusi PT. Easterntex dalam ETAP Power Station

#### 2. Variable speed drive (VSD) yang terpasang pada panel LT 5



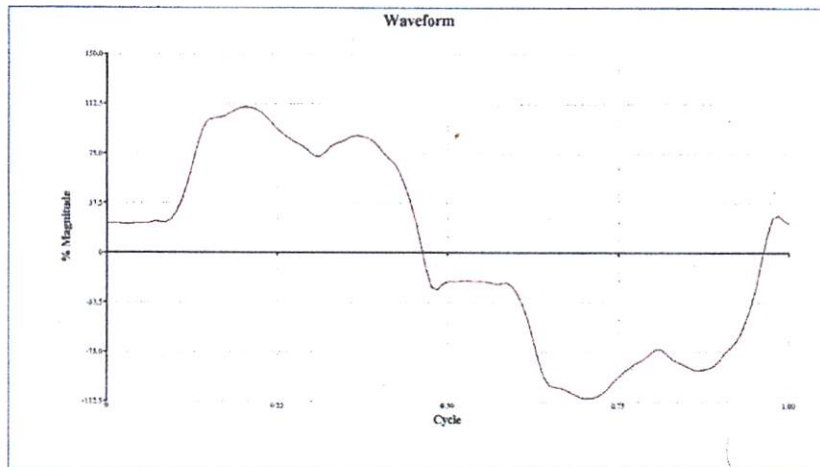
Gambar 3.4

Variable Speed Drive (VSD) pada Panel LT 5

### 3. Gelombang dan spektrum harmonisa yang digunakan dalam sistem.

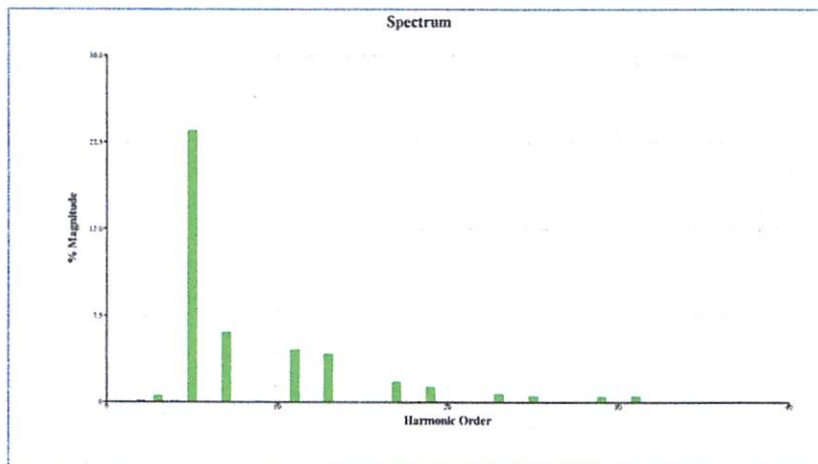
#### Harmonic Library

- Type : Current Source
- Manufacturer : Rockwell
- Model : 6 Pulse VFD



Gambar 3.5

Gelombang Harmonisa yang digunakan pada Sistem



Gambar 3.6

Spektrum Harmonisa yang digunakan pada Sistem

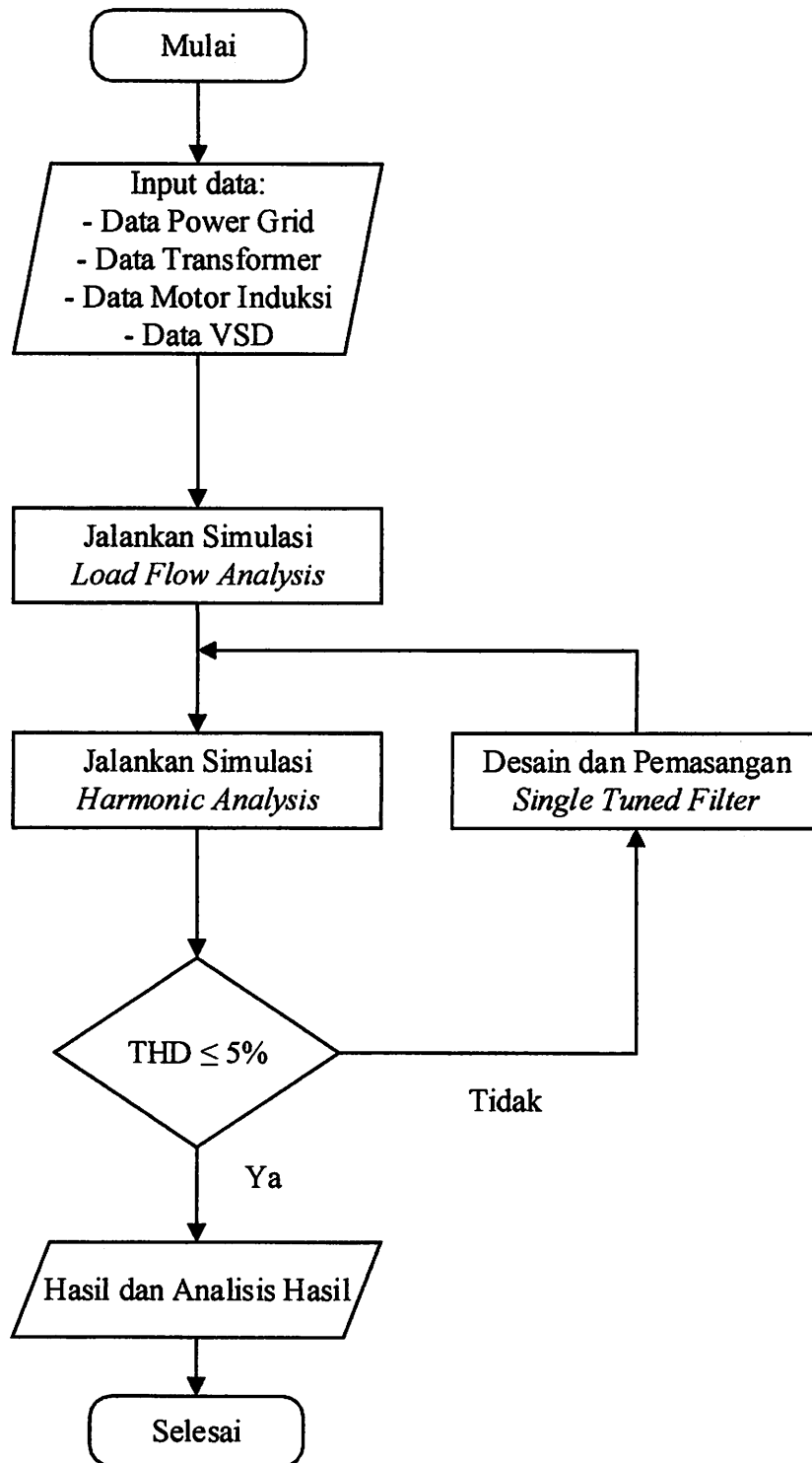
### 3.3. *Flowchart* Hasil Simulasi Menggunakan Software ETAP Power Station

#### 3.3.1. Algoritma Program menggunakan Software ETAP Power Station

Algoritma pemecahan masalah reduksi harmonisa pada *variable speed drive (VSD)* menggunakan filter pasif (*single tuned filter*) yakni :

1. Mulai
2. Menggambar *single line diagram*
3. Input data : Data *Power Grid*, Datar Transformator, Data Motor Induksi dan Data *Variable Speed Drive*.
4. Menjalankan simulasi *load flow analysis* dengan metode *newton-raphson*
5. Menjalankan simulasi *harmonic analysis*.
6. Mengecek apakah *Total Harmonic Distortion (THD<sub>v</sub>)*  $\leq 5\%$ 
  - a. “Ya” : Cek hasil dan analisa hasil
  - b. “Tidak” : Lakukan pemasangan *single tuned filter*. Setelah itu kembali di proses *harmonic analysis* untuk menganalisis keadaan sistem setelah dipasang *single tuned filter*.
7. Setelah proses simulasi *harmonic analysis* selesai dan *Total Harmonic Distortion (THD<sub>v</sub>)*  $\leq 5\%$ , kemudian cetak dan analisa data.
8. Selesai

### 3.3.2. Flowchart Penyelesaian Masalah



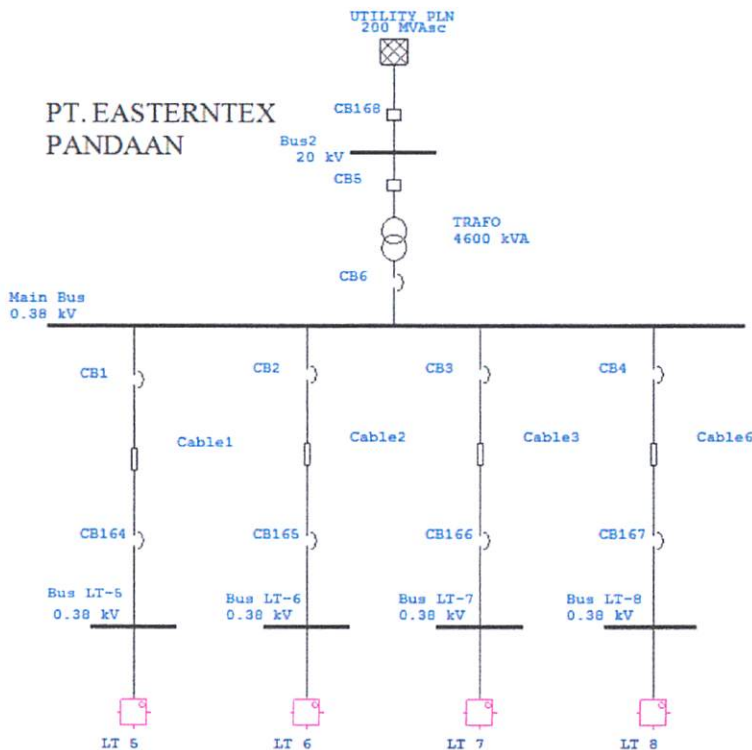
Gambar 3.7

*Flowchart Penyelesaian Masalah*

## BAB IV HASIL DAN ANALISIS HASIL

### 4.1. Pemodelan *Single Line* Sistem Kelistrikan di PT. Easterntex menggunakan *Software ETAP Power Station*

Pada simulasi akan dilakukan pengambilan data dengan perbandingan saat menggunakan *single tuned filter* dan tanpa menggunakan *single tuned filter*. Setelah itu hasil keluaran tegangan dan arus akan dianalisa dan dapat dilihat seberapa besar kemampuan *single tuned filter* dalam mereduksi harmonisa pada sistem. Untuk mensimulasikan sistem dalam software *ETAP Power Station* maka terlebih dahulu digambarkan *single line* sistem jaringan PT. Easterntex Pandaan. Kemudian mensimulasikan sesuai dengna langkah kerja dan mengalisa hasilnya. Berikut *single line* sistem kelistrikan PT. Easterntex Pandaan yang digambarkan menggunakan software *ETAP Power Station*.



Gambar 4.1

*Single Line* Sistem Kelistrikan PT. Easterntex Pandaan dalam *ETAP Power Station*

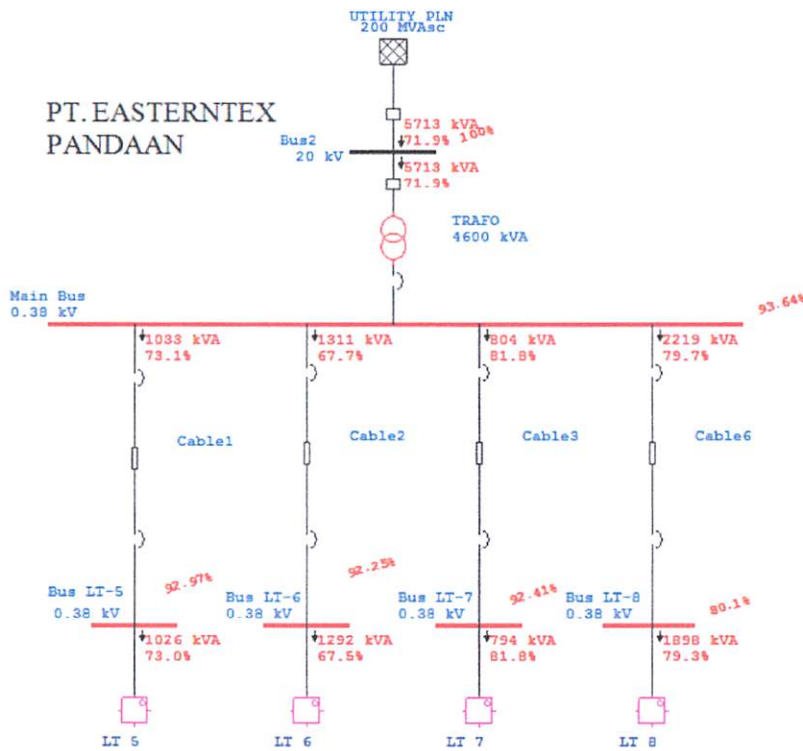
#### 4.2. Simulasi *Load Flow Analysis* Sistem Kelistrikan di PT. Easterntex menggunakan *Software ETAP Power Station*

Simulasi *load flow analysis* sistem kelistrikan di PT. Easterntex dilakukan untuk mengetahui aliran daya pada saat kondisi operasi normal. Data-data mengenai aliran daya diambil saat beban dalam kondisi yaitu semua beban beroperasi dan dalam keadaan steady steady state.

Tabel 4.1

Hasil Simulasi *Load Flow Analysis*

No.	Bus	kV	%V	kW	kvar	A	%PF
1	Panel LT 5	0.380	92.37	749	701	1677	73
2	Panel LT 6	0.380	91.01	871	954	2128	67.5
3	Panel LT 7	0.380	92.30	649	457	1305	81.8
4	Panel LT 8	0.380	85.66	1504	1157	3600	79.3



Gambar 4.2

Tampilan Hasil *Running Load Flow* pada Sistem Kelistrikan PT. Easterntex Pandaan



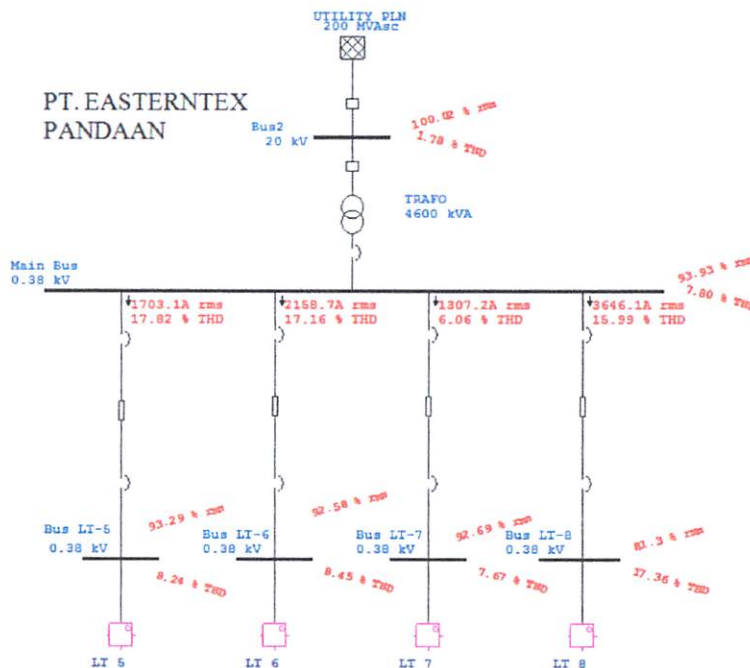
#### 4.3. Simulasi *Harmonic Analysis* Sistem Kelistrikan di PT. Easterntex menggunakan *Software ETAP Power Station*

Simulasi *harmonic analysis* sistem kelistrikan di PT. Easterntex dilakukan untuk mengetahui harmonisa tegangan yang dapat diamati pada bus. Karakteristik beban pada sistem kelistrikan PT. Easterntex antara lain motor induksi yang dikontrol dengan *variable speed drive* (VSD), lighting, dan semua peralatan beroperasi pada standar frekuensi 50 Hz. Data-data berikut ini dapat digunakan untuk mendesain filter pasif (*single tuned filter*).

Tabel 4.2

Data Total Distorsi Harmonisa Tegangan (THDv)

No.	Bus Beban	THDv (%)	Standar IEEE THDv (%)	Kondisi	Orde yang Melebihi
1	Panel LT 5	8.24	5	Exceeds Limit	5
2	Panel LT 6	8.45	5	Exceeds Limit	5
3	Panel LT 7	7.67	5	Exceeds Limit	5
4	Panel LT 8	17.36	5	Exceeds Limit	5 dan 7

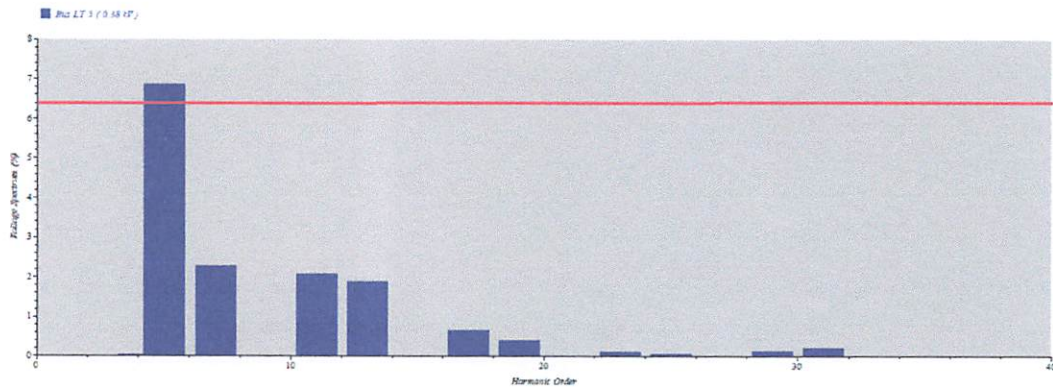


Gambar 4.3

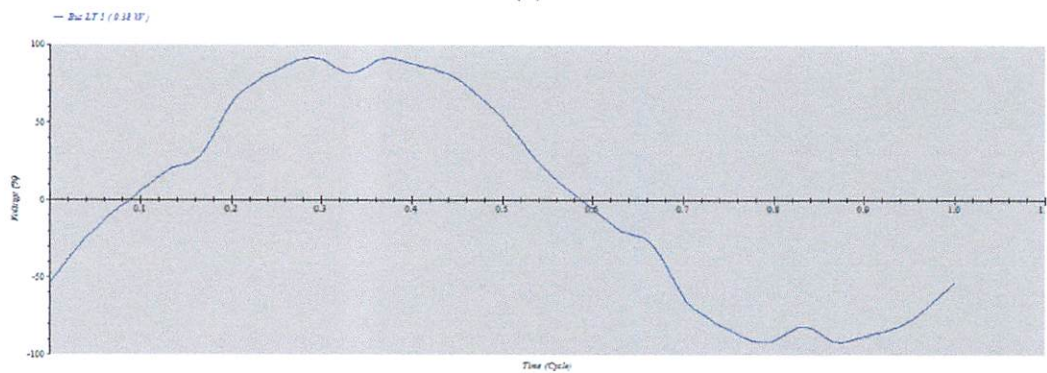
Tampilan *Running Harmonic Load Flow* pada Sistem Kelistrikan PT. Easterntex



Dari tabel diatas diketahui bahwa seluruh bus di sistem kelistrikan PT. Easterntex Pandaan nilai harmonisa tegangan sebagian besar melebihi standar IEEE Std. 519-1992 dimana rata-rata total distorsi harmonisa tegangannya di atas 10.45%. Orde dominan harmonisa tegangan sistem dapat dilihat melalui spectrum harmonisa dan tegangan terdistorsi masing-masing bus.



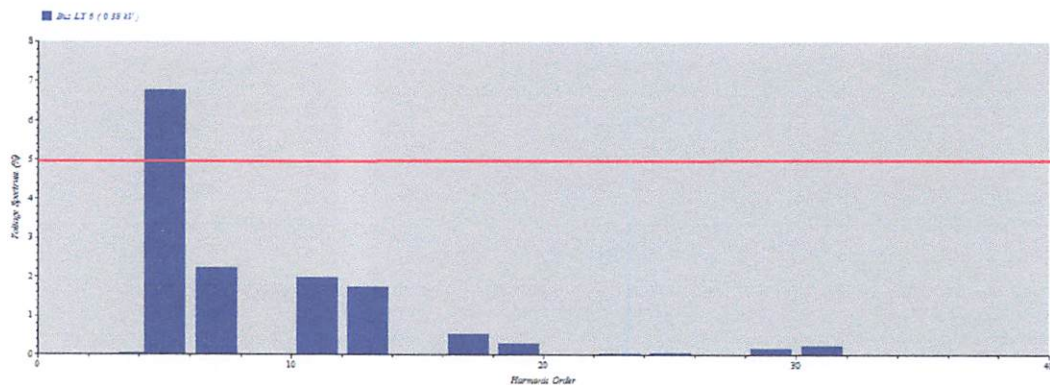
(a)



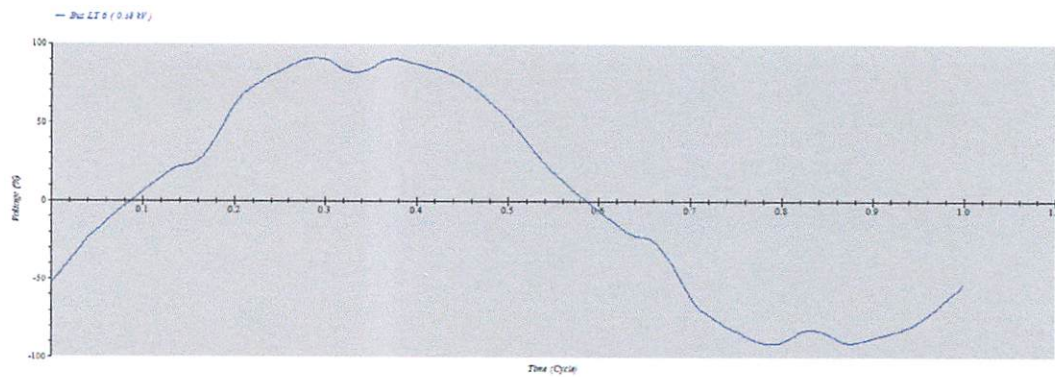
(b)

Gambar 4.4

(a) Spektrum Harmonisa Tegangan (b) Grafik Tegangan Bus Panel LT 5



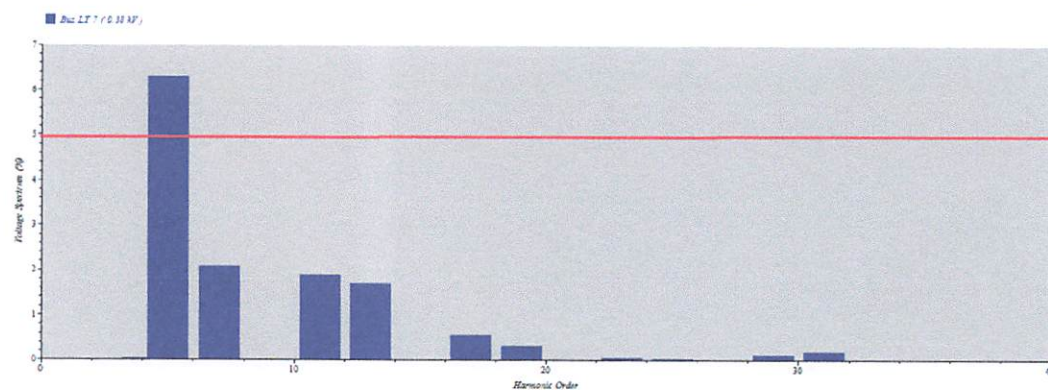
(a)



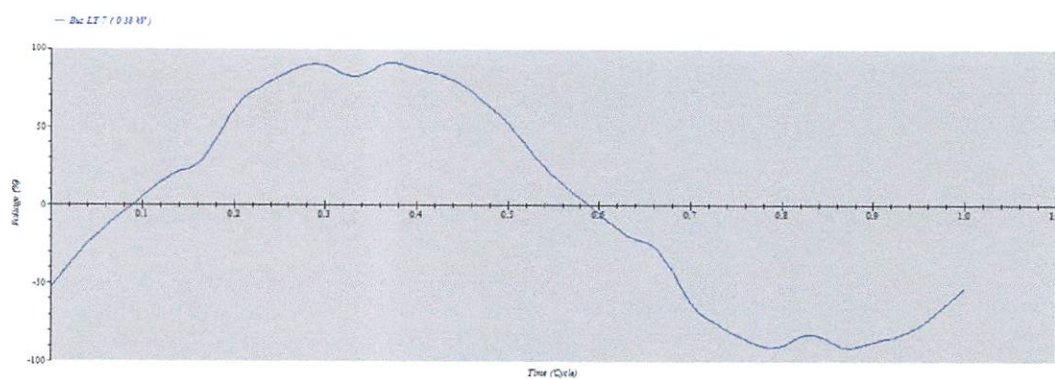
(b)

Gambar 4.5

(a) Spektrum Harmonisa Tegangan (b) Grafik Tegangan Bus Panel LT 6



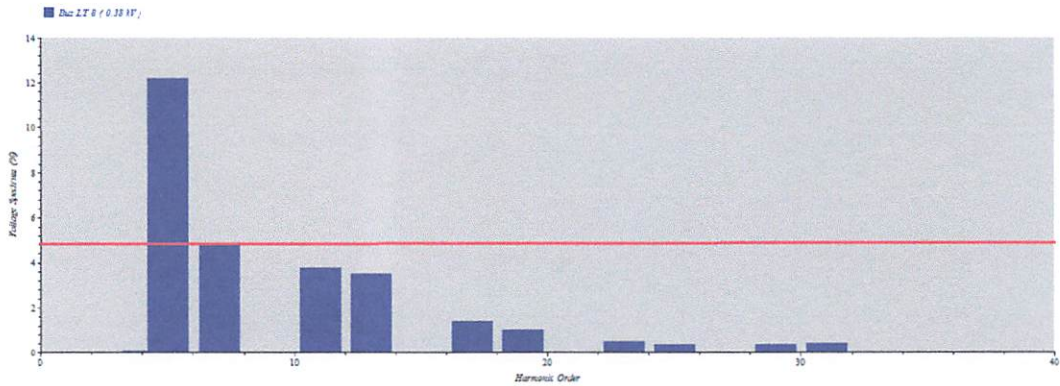
(a)



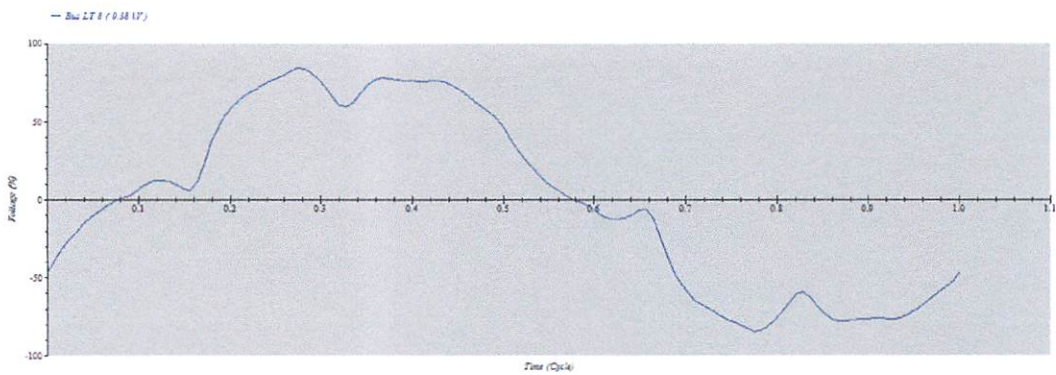
(b)

Gambar 4.6

(a) Spektrum Harmonisa Tegangan (b) Grafik Tegangan Bus Panel LT 7



(a)



(b)

Gambar 4.7

(a) Spektrum Harmonisa Tegangan (b) Grafik Tegangan Bus Panel LT 8

#### 4.4. Desain *Single Tuned Filter*

Desain *single tuned filter* dilakukan dengan menentukan orde yang akan diredam, lokasi pemasangan, menghitung besar kompensasi daya reaktif, komponen induktor, dan komponen resistor. Berdasarkan data yang sudah kita dapat, berikut ini adalah parameter yang digunakan untuk menghitung besar kompensasi daya reaktif, komponen induktor dan komponen resistor. Nilai faktor kualitas filter ( $Q$ ) yakni antara rentan  $30 < Q < 100$ , dipilih untuk desain filter digunakan faktor kualitas filter yakni 30.

Tabel 4.4  
Parameter Desain *Single Tuned Filter*

No.	Bus Beban	V (kV)	P (kW)	PF Awal (%)	PF Baru (%)	Q Faktor	F (Hz)	Orde (HZ)
1	Panel LT 5	0.380	749	73	99	30	50	245
2	Panel LT 6	0.380	871	67.5	99	30	50	245
3	Panel LT 7	0.380	649	81.8	99	30	50	245
4	Panel LT 8	0.380	1504	79.3	99	30	50	245 & 345

#### 4.4.1. Perbaikan Faktor Daya

1. Perbaikan Faktor Daya pada Bus LT 5

$$Q = P (\tan \theta_1 - \tan \theta_2)$$

$$Q = 749 (\tan(PF \text{ lama}) - \tan(PF \text{ baru}))$$

$$Q = 749 (\tan(\cos^{-1}0.73) - \tan(\cos^{-1}0.99))$$

$$Q = 749 (\tan(44.114) - \tan(8.110))$$

$$Q = 749 (0.9362 - 0.1425)$$

$$Q = 749 (0.7937)$$

$$Q = 595 \text{ kVAR}$$

2. Perbaikan Faktor Daya pada Bus LT 6

$$Q = P (\tan \theta_1 - \tan \theta_2)$$

$$Q = 871 (\tan(PF \text{ lama}) - \tan(PF \text{ baru}))$$

$$Q = 871 (\tan(\cos^{-1}0.675) - \tan(\cos^{-1}0.99))$$

$$Q = 871 (\tan(47.546) - \tan(8.110))$$

$$Q = 871 (1.0931 - 0.1425)$$

$$Q = 871 (0.9506)$$

$$Q = 828 \text{ kVAR}$$

### 3. Perbaikan Faktor Daya pada Bus LT 7

$$Q = P (\tan \theta_1 - \tan \theta_2)$$

$$Q = 649 (\tan(PF \text{ lama}) - \tan(PF \text{ baru}))$$

$$Q = 649 (\tan(\cos^{-1}0.818) - \tan(\cos^{-1}0.99))$$

$$Q = 649 (\tan(35.115) - \tan(8.110))$$

$$Q = 649 (0.7032 - 0.1425)$$

$$Q = 649 (0.5607)$$

$$Q = 364 \text{ kVAR}$$

### 4. Perbaikan Faktor Daya pada Bus LT 8

$$Q = P (\tan \theta_1 - \tan \theta_2)$$

$$Q = 1504 (\tan(PF \text{ lama}) - \tan(PF \text{ baru}))$$

$$Q = 1504 (\tan(\cos^{-1}0.793) - \tan(\cos^{-1}0.99))$$

$$Q = 1504 (\tan(37.533) - \tan(8.110))$$

$$Q = 1504 (0.7682 - 0.1425)$$

$$Q = 1504 (0.6258)$$

$$Q = 941 \text{ kVAR}$$

Filter yang akan dipasang di bus LT 8 direncanakan lebih dari satu filter sehingga pembagian kompensator daya reaktif untuk filter mempengaruhi kemampuan filter dalam mereduksi distorsi harmonisa. Penentuan besarnya nilai kVAR dari masing-masing filter melalui perbandingan dari besarnya distorsi harmonisa masing-masing orde. Dengan nilai perbandingan antara orde 5<sup>th</sup>, dan 7<sup>th</sup>, sehingga nilai *single tuned* orde 5, dan 7 direncanakan menggunakan kompensator daya reaktif sebesar 707 kVAR, dan 234 kVAR

#### 4.4.2. Perhitungan Nilai Kapasitor (C)

##### 1. Perhitungan Nilai Kapasitor pada Bus LT 5

$$C = \frac{Q}{\omega_o V n^2} = \frac{595 \times 10^3}{(2\pi 50)(0.38 \times 10^3)^2} = \frac{595000}{314 \times 144400} = \frac{595000}{45341600}$$

$$C = 0.013112 \text{ F} = 13112 \mu\text{F}$$

## 2. Perhitungan Nilai Kapasitor pada Bus LT 6

$$C = \frac{Q}{\omega_o V n^2} = \frac{828 \times 10^3}{(2\pi 50)(0.38 \times 10^3)^2} = \frac{828000}{314 \times 144400} = \frac{828000}{45341600}$$

$$C = 0.01826 F = 18260 \mu F$$

## 3. Perhitungan Nilai Kapasitor pada Bus LT 7

$$C = \frac{Q}{\omega_o V n^2} = \frac{364 \times 10^3}{(2\pi 50)(0.38 \times 10^3)^2} = \frac{364000}{314 \times 144400} = \frac{364000}{45341600}$$

$$C = 8.026 \times 10^{-3} F = 8026 \mu F$$

## 4. Perhitungan Nilai Kapasitor pada Bus LT 8

- Perhitungan untuk Orde 5<sup>th</sup>

$$C = \frac{Q}{\omega_o V n^2} = \frac{707 \times 10^3}{(2\pi 50)(0.38 \times 10^3)^2} = \frac{707000}{314 \times 144400}$$

$$C = \frac{707000}{45341600} = 0.015593 F = 15593 \mu F$$

- Perhitungan untuk Orde 7<sup>th</sup>

$$C = \frac{Q}{\omega_o V n^2} = \frac{234 \times 10^3}{(2\pi 50)(0.38 \times 10^3)^2} = \frac{234000}{314 \times 144400}$$

$$C = \frac{234000}{45341600} = 5.161 \times 10^{-3} F = 5161 \mu F$$

## 4.4.3. Perhitungan Nilai Induktor (L)

## 1. Perhitungan Nilai Induktor pada Bus LT 5

$$L = \frac{1}{(\omega_n)^2 C} = \frac{1}{(2\pi 245)^2 \times 13112 \times 10^{-6}} = \frac{1}{2367289,96 \times 13112 \times 10^{-6}}$$

$$L = \frac{1}{31039.37} = 0,00003222 H$$

$$X_L = \omega_o L = 2\pi 50 (0,00003222) = 314 (0,00003222) = 0,01012 \Omega$$



## 2. Perhitungan Nilai Induktor pada Bus LT 6

$$L = \frac{1}{(\omega_n)^2 C} = \frac{1}{(2\pi 245)^2 \times 18260 \times 10^{-6}} = \frac{1}{2367289,96 \times 18260 \times 10^{-6}}$$

$$L = \frac{1}{43227.22} = 0,00002313 \text{ H}$$

$$X_L = \omega_o L = 2\pi 50 (0,00002313) = 314 (0,00002313) = 0,00726 \Omega$$

## 3. Perhitungan Nilai Induktor pada Bus LT 7

$$L = \frac{1}{(\omega_n)^2 C} = \frac{1}{(2\pi 245)^2 \times 8026 \times 10^{-6}} = \frac{1}{2367289,96 \times 8026 \times 10^{-6}}$$

$$L = \frac{1}{18999.25} = 0,00005263 \text{ H}$$

$$X_L = \omega_o L = 2\pi 50 (0,00005263) = 314 (0,00005263) = 0,01653 \Omega$$

## 4. Perhitungan Nilai Induktor pada Bus LT 8

- Perhitungan untuk Orde 5<sup>th</sup>

$$L = \frac{1}{(\omega_n)^2 C} = \frac{1}{(2\pi 245)^2 \times 15593 \times 10^{-6}}$$

$$L = \frac{1}{2367289,96 \times 15593 \times 10^{-6}}$$

$$L = \frac{1}{36912.55} = 0,00002709 \text{ H}$$

$$X_L = \omega_o L = 2\pi 50 (0,00002709) = 0,00851 \Omega$$

- Perhitungan untuk Orde 7<sup>th</sup>

$$L = \frac{1}{(\omega_n)^2 C} = \frac{1}{(2\pi 345)^2 \times 5161 \times 10^{-6}}$$

$$L = \frac{1}{4694155,56 \times 5161 \times 10^{-6}}$$

$$L = \frac{1}{24225.71} = 0,00004128 \text{ H}$$

$$X_L = \omega_o L = 2\pi 50 (0,00008185) = 0,01296 \Omega$$

#### 4.4.4. Perhitungan Nilai Resistor (R)

1. Perhitungan Nilai Resistor pada Bus LT 5

$$R = \frac{X_o}{Q} = \frac{0,01012}{30} = 0,000337 \Omega$$

2. Perhitungan Nilai Resistor pada Bus LT 6

$$R = \frac{X_o}{Q} = \frac{0,00726}{30} = 0,000242 \Omega$$

3. Perhitungan Nilai Resistor pada Bus LT 7

$$R = \frac{X_o}{Q} = \frac{0,01653}{30} = 0,000551 \Omega$$

4. Perhitungan Nilai Resistor pada Bus LT 8

- Perhitungan untuk Orde 5<sup>th</sup>

$$R = \frac{X_o}{Q} = \frac{0,00851}{30} = 0,000284 \Omega$$

- Perhitungan untuk Orde 7<sup>th</sup>

$$R = \frac{X_o}{Q} = \frac{0,02570}{30} = 0,000432 \Omega$$

#### 4.4.5. Data Desain *Single Tuned Filter*

Perencanaan pemasangan *single tuned filter* dalam usaha untuk meredam distorsi harmonisa di sistem kelistrikan PT. Easterntex Pandaan secara lengkap dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.5

Data Jenis dan Nilai Komponen Perencanaan *Single Tuned Fiter*

No.	Bus Beban	Jenis Filter	C ( $\mu$ F)	XL ( $\Omega$ )	R ( $\Omega$ )	Q (kVAR)
1	Panel LT 5	Single Tuned Orde 5	13112	0.01012	0.000337	595
2	Panel LT 6	Single Tuned Orde 5	18260	0.00726	0,000242	828
3	Panel LT 7	Single Tuned Orde 5	8026	0,01653	0,000551	364
4	Panel LT 8	Single Tuned Orde 5	15593	0.00851	0.000284	707
		Single Tuned Orde 7	5161	0.01296	0.000432	234

Selanjutnya memasukkan data jenis dan nilai komponen perencanaan *single tuned fiter* pada ETAP Power Station

Harmonic Filter Editor - 5th Order (LT 5)

Info Parameter Reliability Remarks Comment

Info

ID

Bus  0.38 kV

Equipment

Tag #

Name

Description

Data Type

Priority

Configuration

Status

Connection

Grounding

In Service  
 Out of Service

(a)

Harmonic Filter Editor - 5th Order (LT 5)

Info Parameter Reliability Remarks Comment

Filter Type

Capacitor C 1

kvar	595	1-Ph
$\mu\text{F}$	13116	1-Ph
Rated kV	0.38	
Max. kV	0	

Inductor L 1

$X_{L1}$	0.0101
Q Factor	30
Max. I	0

Capacitor C 2

kvar	<input type="text" value="0"/>	1-Ph
$\mu\text{F}$	<input type="text" value="0"/>	1-Ph
Rated kV	<input type="text" value="0"/>	
Max. kV	<input type="text" value="0"/>	

Inductor L 2

$X_{L2}$	<input type="text" value="0"/>
Q Factor	<input type="text" value="0"/>
Max. I	<input type="text" value="0"/>

Resistor

R	0.0003
---	--------

Single-Tuned

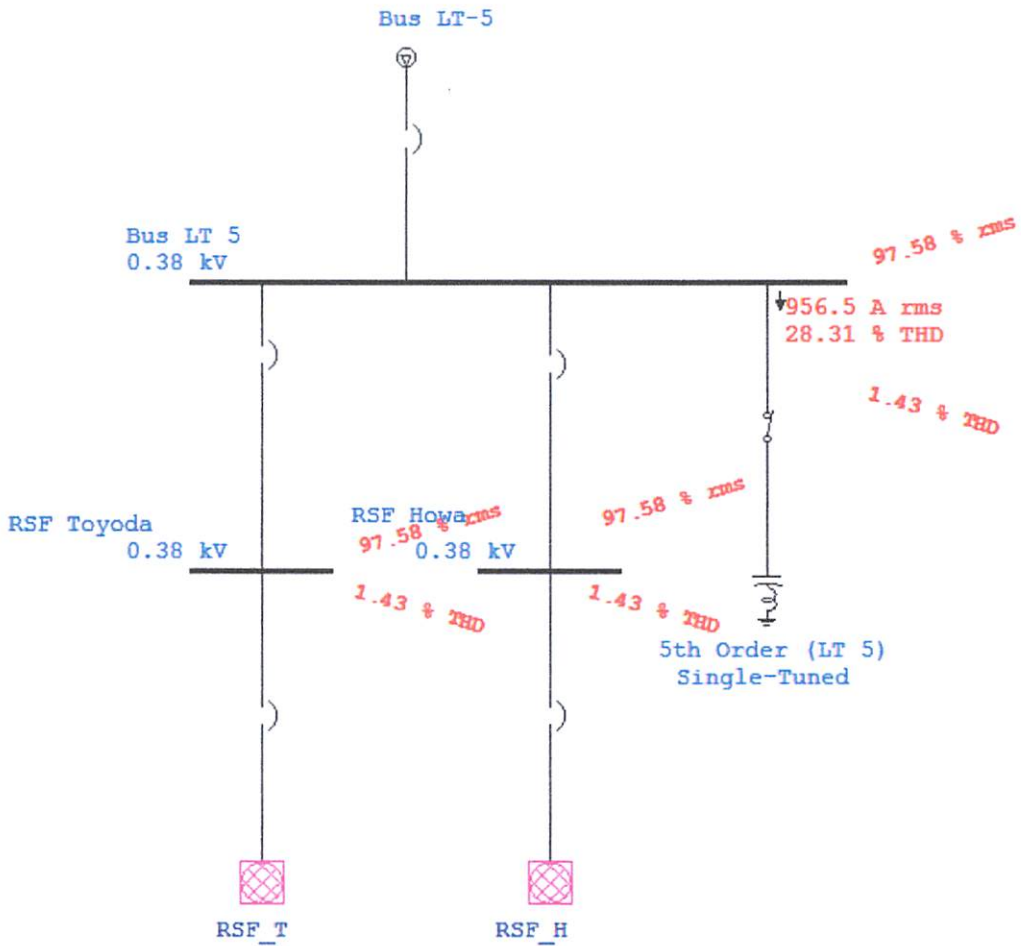
(b)

Gambar 4.9

(a) Tampilan *Harmonic Filter* (b) Tampilan Parameter *Single Tuned Filter*

4.4.6. Pemasangan *Single Tuned Filter*

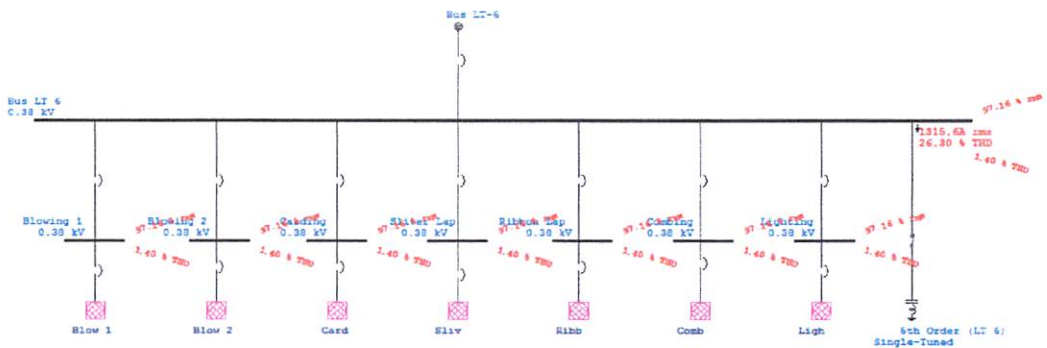
1. Pemasangan *Single Tuned Filter* Orde 5 pada Bus LT 5.



Gambar 4.10

Pemasangan *Single Tuned Filter* Orde 5 pada Bus LT 5

2. Pemasangan *Single Tuned Filter* Orde 5 pada Bus LT 6.



Gambar 4.11

Pemasangan *Single Tuned Filter* Orde 5 pada Bus LT 6



#### 4.5. Perbandingan Sistem Kelistrikan Sebelum dan Setelah Pemasangan *Single Tuned Filter*

1. Hasil Simulasi *Load Flow Analysis* Sebelum dan Setelah Pemasangan *Single Tuned Filter*

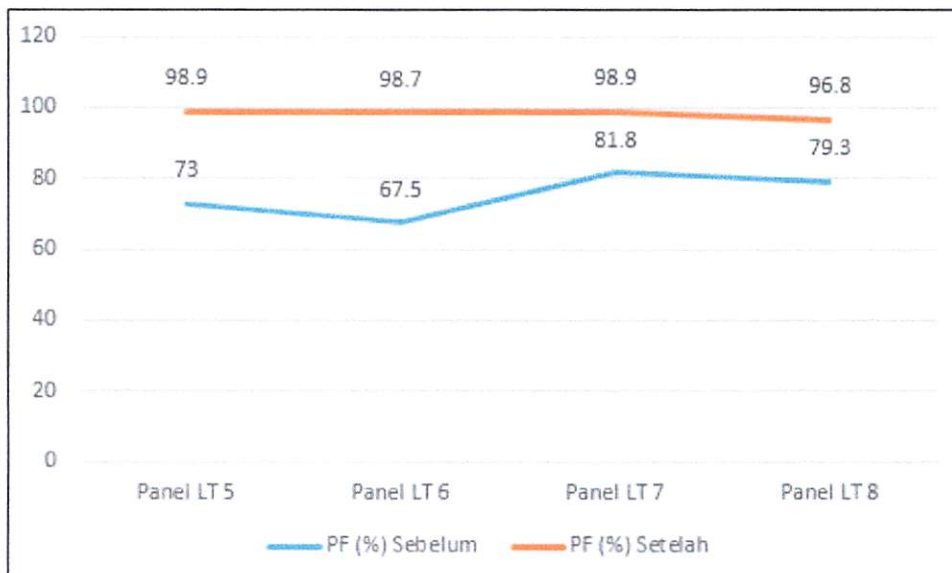
Tabel 4.6

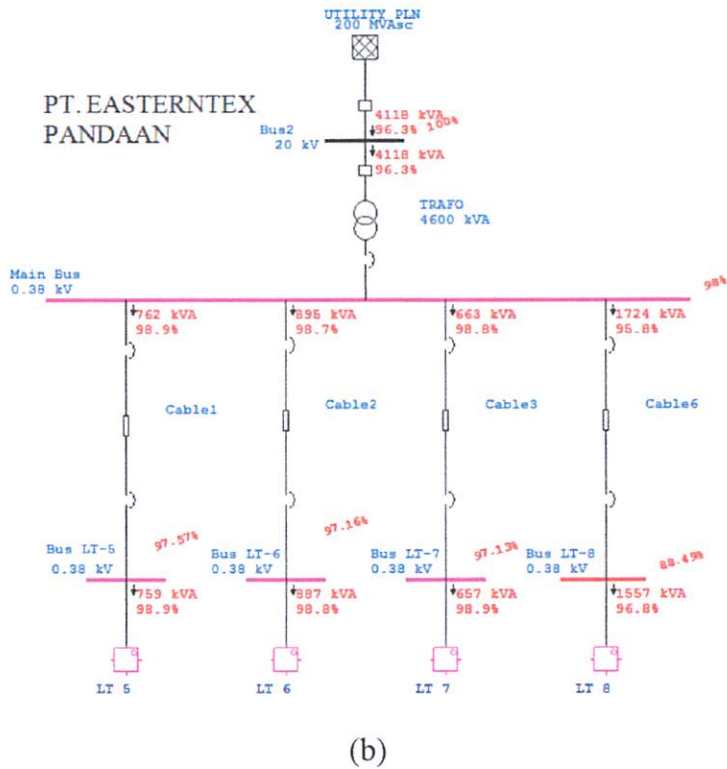
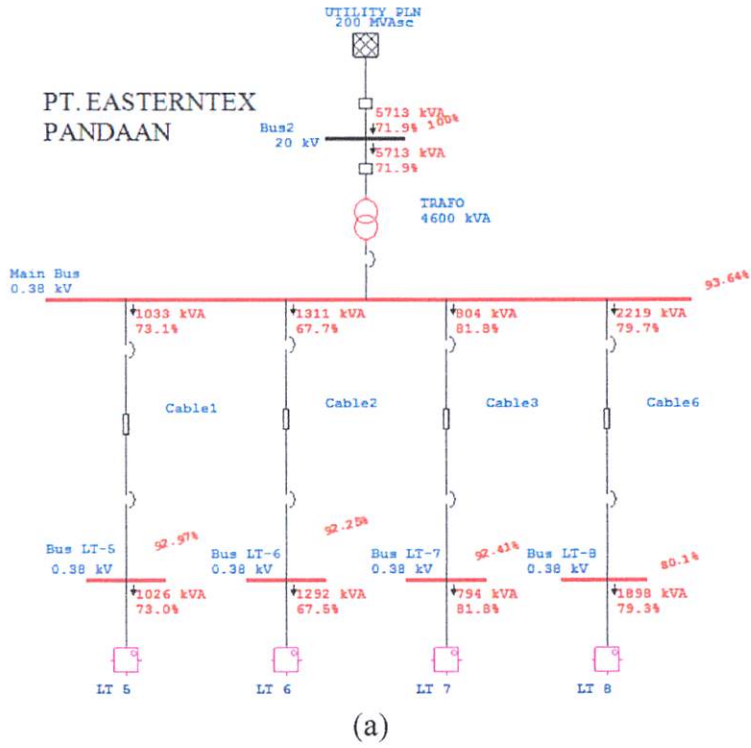
Faktor Daya Sebelum dan Setelah Pemasangan *Single Tuned Filter*

No.	Bus Beban	kV	PF (%) Sebelum	PF (%) Setelah
1	Panel LT 5	0,380	73	98.9
2	Panel LT 6	0,380	67.5	98.7
3	Panel LT 7	0,380	81.8	98.9
4	Panel LT 8	0,380	79.3	96.8

Grafik 4.1

Perbandingan PF (%) Sebelum dan PF (%) setelah Pemasangan *Single Tuned Filter*





Gambar 4.14

Perbandingan Hasil *Running Load Flow* Sebelum (a) dan Setelah (b) Pemasangan *Single Tuned Filter*



2. Hasil Simulasi *Harmonic Load Flow* Sebelum dan Setelah Pemasangan *Single Tuned Filter*

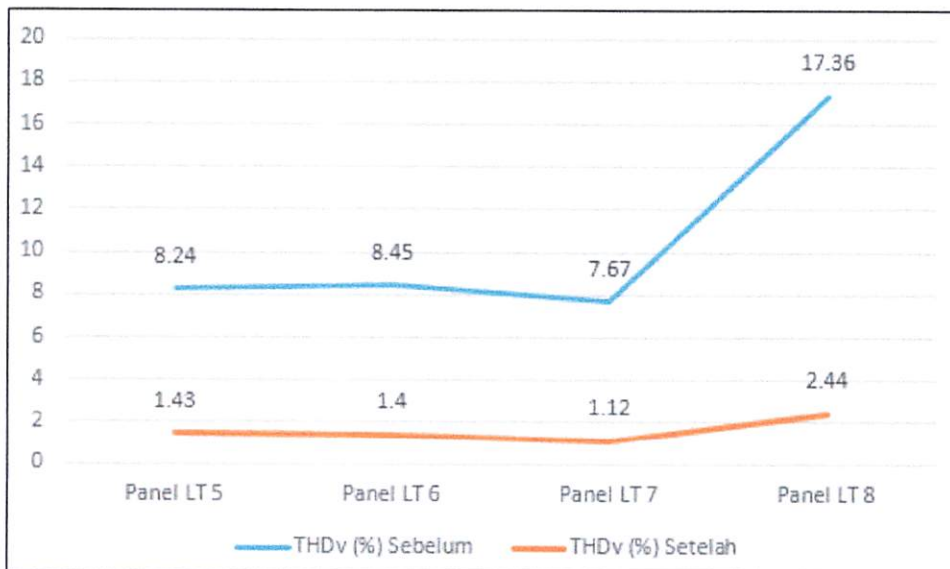
Tabel 4.7

Total Distorsi Harmonisa Tegangan (THDv) setelah Pemasangan *Single Tuned Filter*

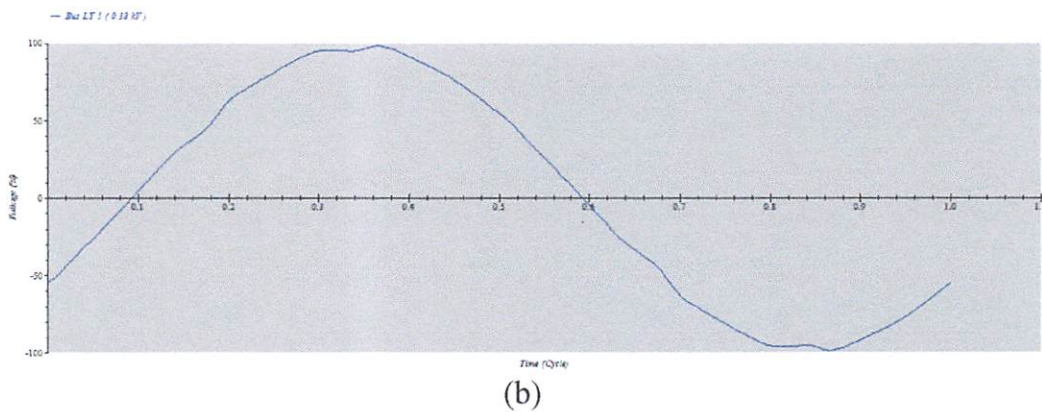
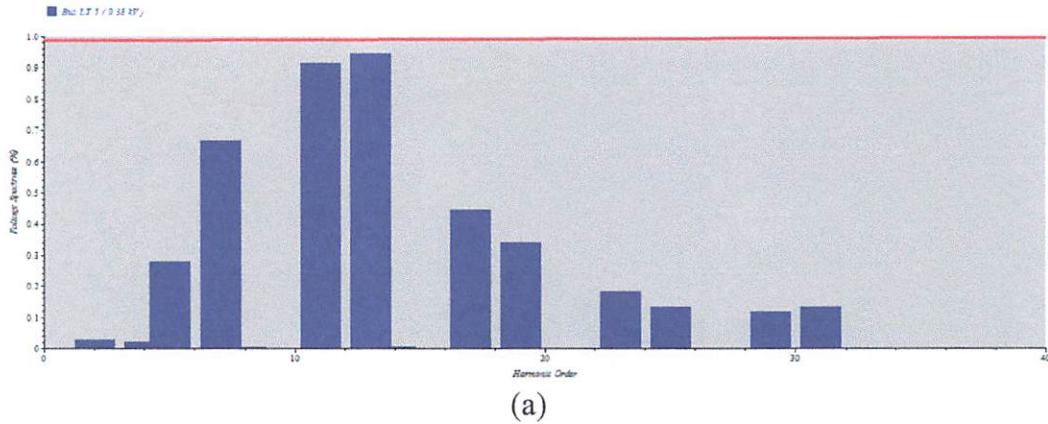
No	Bus Beban	kV	THDv (%) Sebelum	THDv (%) Setelah	Kondisi
1	Panel LT 5	0,380	8.24	1.43	<i>Under Limit</i>
2	Panel LT 6	0,380	8.45	1.40	<i>Under Limit</i>
3	Panel LT 7	0,380	7.67	1.12	<i>Under Limit</i>
4	Panel LT 8	0,380	17.36	2.44	<i>Under Limit</i>

Grafik 4.2

Perbandingan THDv (%) Sebelum dan Setelah Pemasangan *Single Tuned Filter*

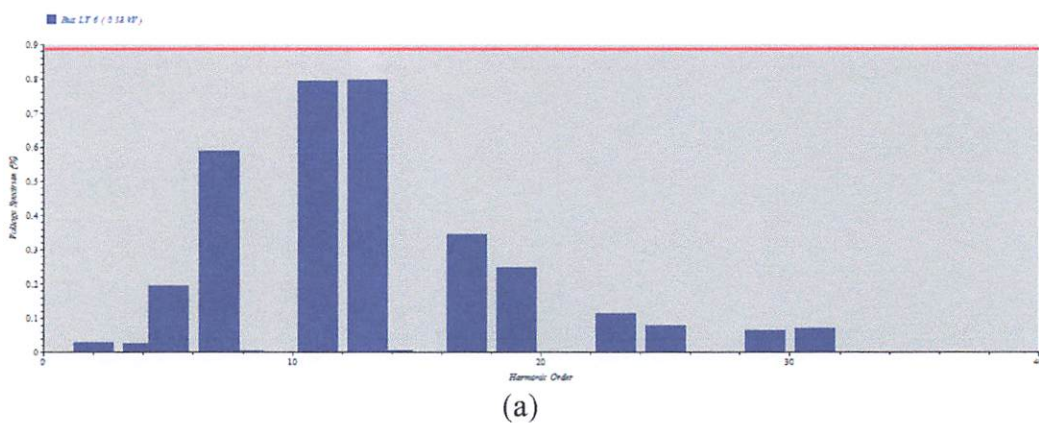


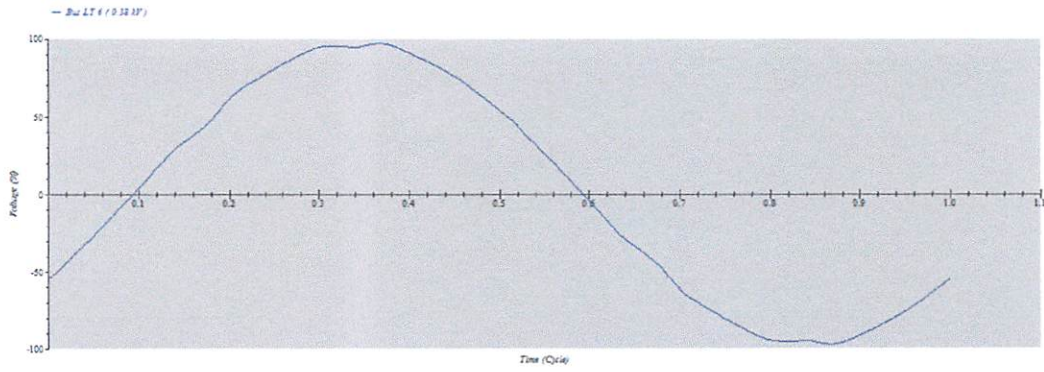
Dari tabel diatas diketahui bahwa sistem kelistrikan PT. Easterntex Pandaan sudah memenuhi standar harmonisa tegangan sesuai dengan strandar IEEE Std. 519-1992 dimana rata-rata total distorsi harmonisa tegangannya di bawah 5%. Orde harmonisa tegangan sistem dapat dilihat melalui spectrum harmonisa dan tegangan terdistorsi masing-masing bus.



Gambar 4.15

(a) Spektrum Harmonisa Tegangan (b) Grafik Tegangan Bus Panel LT 5 Setelah Pemasangan *Single Tuned Filter*

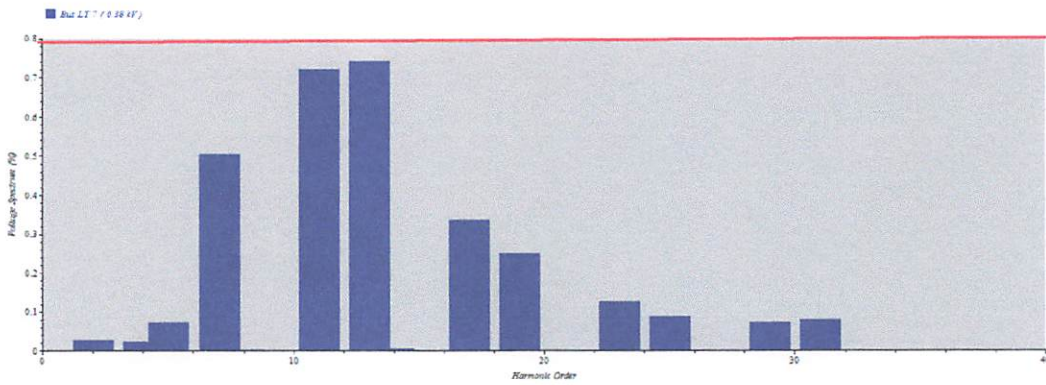




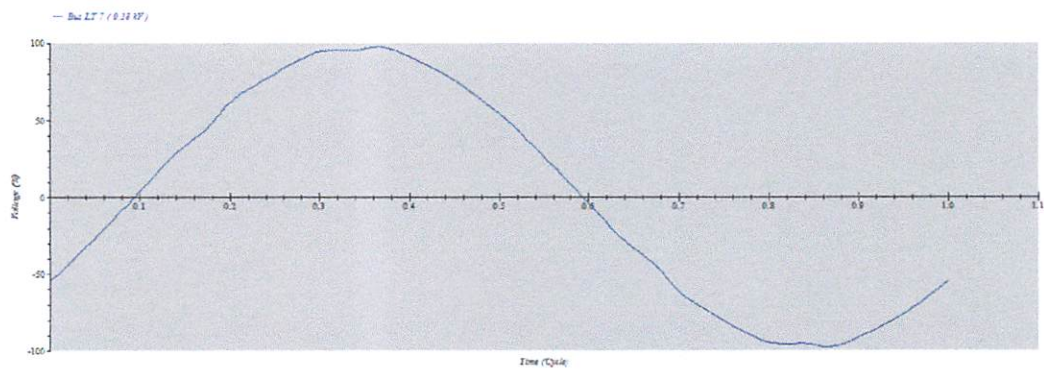
(b)

Gambar 4.16

(a) Spektrum Harmonisa Tegangan (b) Grafik Tegangan Bus Panel LT 6 Setelah Pemasangan *Single Tuned Filter*



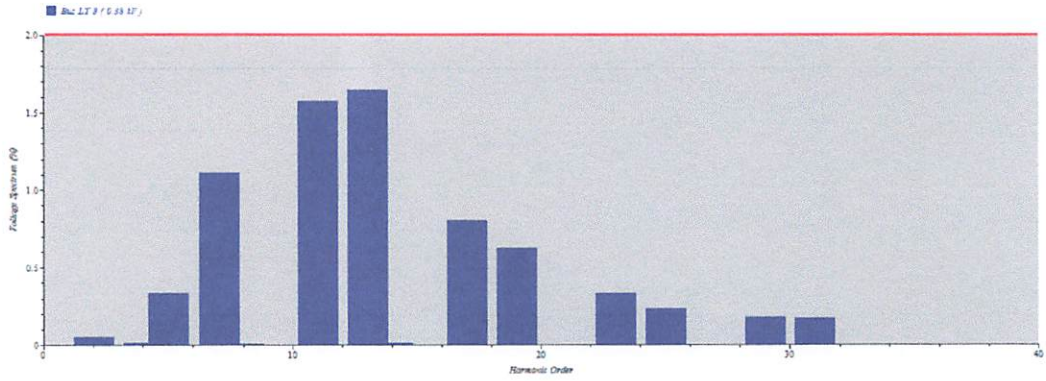
(a)



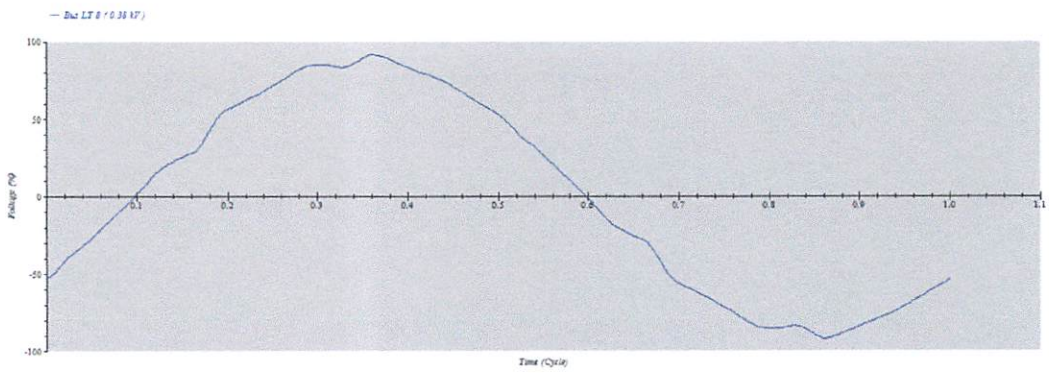
(b)

Gambar 4.17

(a) Spektrum Harmonisa Tegangan (b) Grafik Tegangan Bus Panel LT 7 Setelah Pemasangan *Single Tuned Filter*



(a)



(b)

Gambar 4.18

(a) Spektrum Harmonisa Tegangan (b) Grafik Tegangan Bus Panel LT 8 Setelah Pemasangan *Single Tuned Filter*

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Adapun kesimpulan yang dapat dikemukakan berdasarkan hasil simulasi dan analisis sebagai berikut:

1. Dengan menjalankan simulasi *load flow analysis* dapat diketahui parameter yang akan digunakan untuk mendesain *single tuned filter* untuk mereduksi harmonisa pada orde-orde tertentu. Dengan menjalankan simulasi *Harmonics Analysis* dapat diketahui orde yang akan direduksi. Pada Bus LT 5 dipilih *single tuned filter* orde 5, Bus LT 6 dipilih *single tuned filter* orde 5, Bus LT 7 dipilih *single tuned filter* orde 5, dan Bus LT 8 dipilih *single tuned filter* orde 5 dan 7
2. Perbandingan total distorsi harmonisa tegangan (THDv) sebelum dan sesudah pemasangan *single tuned filter* yakni pada Bus LT 5 sebesar 8.24 % menjadi 1.43 %, Bus LT6 sebesar 8.45 % menjadi 1.40 %, Bus LT 7 sebesar 7.67 % menjadi 1.12%, dan Bus LT 8 sebesar 17.36 % menjadi 2.44 %. Nilai total distorsi harmonisa tegangan (THDv) tersebut turun  $\pm 84.68$  %. Perbandingan faktor daya (PF%) sebelum dan setelah pemasangan *single tuned filter* yakni pada Bus LT 5 sebesar 73% menjadi 98.9%, Bus LT 6 sebesar 67.5% menjadi 98.7%, Bus 7 sebesar 81.8% menjadi 98.9% dan Bus LT 8 sebesar 79.3% menjadi 96.8%. Nilai faktor daya (PF%) tersebut naik  $\pm 22.53$  %

#### **5.2. Saran**

Adapun saran yang dapat dikemukakan agar aplikasi ini bisa berfungsi lebih maksimal adalah:

1. Dalam mendesain sistem kelistrikan pada industri sebaiknya dilakukan dengan lebih teliti lagi agar kualitas sistem listrik yang dihasilkan baik. Seiring dengan penambahan beban pada sistem kelistrikan terutama beban non linier, maka studi harmonisa harus dilakukan secara berkala karena

kemungkinan akan terjadinya distorsi harmonisa yang melebihi toleransi dapat mengakibatkan kerusakan pada peralatan.

2. Untuk pengembangan selanjutnya dapat digunakan filter aktif agar semua orde harmonisa pada sistem bisa dapat tereduksi secara sempurna.

## DAFTAR PUSTAKA

- Chalmers, B.J. and Srakar, B.R. (1968) Induction motor losses due to non-sinusoidal waveforms, *Proc. IEE*, 115, 1777-82.
- Damian, A. G. and John, C. M. (1987) Designing of Filters to Reduce Harmonic Distortion in Industrial Power Systems, *Trans. IEEE Industrial Application*, 23 (3), 504-11.
- Hoevenaars, T., LeDoux, K. and Matt, C. (2003) Interpreting IEEE Std 519 and Meeting Its Harmonics Limits in VFD Application, *Trans. IEEE Industrial Application*. PCIC-2003-15.
- Hiyama, T., Hammam, M.S.A.A. and Ortmeyer, T.H. (1989) Distribution system modelling with distributed harmonic sources, *Trans. IEEE Power Delivery*, 4 (2), 1297-1304.
- IEEE Std. 519-1992. (1992) IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Power Systems, *Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.*
- Liang, X. and Ilochonwu, O. (2009) Passive Harmonic Filter Design Scheme for Subsea Cable Applications with 6 Pulse Variable Frequency Drives, *Energy Conversion Congress and Exposition (ECEE) 2009 IEEE*.
- Ortmeyer, T.H. and Hiyama, T. (1996) Distribution system harmonic filter planning, *Trans. IEEE Power Delivery*, 11 (4), 2005-12.
- Ross, N. W. (1982) Harmonic and ripple control carrier series resonances with P.F. correction capacitors, *Trans. Electr. Supply Authority (N.Z.)*, 52, 48-6.

Thasananutariya, T. and Chatratana, S. (2009) Planning Study of Harmonic Filter for ASDs in Industrial Facilities, *Trans. IEEE Industry Applications*, 45 (1), 295-302.

Venkatesh, C., Kumar, D. S., Siva, S. D. V. S. S., and Syudulu, M. (2008) Estimation and Mitigation of Voltage and Current Harmonics in Distribution Systems, *TENCON 2008 – 2008 IEEE Region 10 Conference*.

Rifki, M. (2013) Implementasi Dynamic Voltage Restorer (DVR) untuk Perbaikan Kualitas Tegangan dan Reduksi Harmonisa di PT. Easterntex Pandaan, *Institut Teknologi Nasional Malang, Malang*.

Hartman, C. (2014) Variable Frequency Drives (VFD), URL: <http://www.vfds.com/blog/what-is-a-vfd>





LAMPIRAN



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

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

PT. BNI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

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

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

1. Nama : PRIMA ARISTA
2. NIM : 11.12.024
3. Program Studi : TEKNIK ELEKTRO S-1
4. Konsentrasi : TEKNIK ENERGI LISTRIK
5. Judul Skripsi : **ANALISIS REDUKSI HARMONISA PADA *VARIABLE SPEED DRIVE* (VSD) MENGGUNAKAN FILTER PASIF DENGAN BEBAN MOTOR INDUKSI TIGA FASA PADA PT. EASTERNTEX PANDAAN**

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

**Hari** : Selasa  
**Tanggal** : 18 Agustus 2015  
**Dengan Nilai** : 91,5 (A)

**Panitia Ujian Skripsi**

**Ketua Majelis Penguji**

M. Ibrahim Ashari, ST. MT  
NIP.P. 1030100358

**Sekretaris Majelis Penguji**

Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST. MT  
NIP.P. 1030100361

**Anggota Penguji**

**Penguji I**

M. Ibrahim Ashari, ST. MT  
NIP.P. 1030100358

**Penguji II**

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



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

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

NI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

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

Nomor Surat : ITN-170/EL-FTI/2015 Tanggal, 28 Mei 2015  
Lampiran : -  
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI  
Kepada : Yth. Bapak/Ibu **Ir. Choirul Saleh, MT**  
Dosen Teknik Elektro S-1  
ITN MALANG

Dengan Hormat

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa :

Nama : **PRIMA ARISTA**  
Nim : **1112024**  
Fakultas : **Teknologi Industri**  
Program Studi : **Teknik Elektro S-1**  
Konsentrasi : **Teknik Energi Listrik**

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada Saudara/i selama masa waktu :

**“Semester Genap Tahun Akademik Genap 2014 - 2015”**

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



Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1

**M. Ibrahim Ashari, ST, MT**  
NIP.P. 1030100358



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

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

(PERSERO) MALANG  
K NIAGA MALANG

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

Nomor Surat : ITN-170/EL-FTI/2015  
Lampiran : -  
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Tanggal, 28 Mei 2015

Kepada : Yth. Bapak/Ibu **Ir. M. Abdul Hamid, MT**  
Dosen Teknik Elektro S-1  
ITN MALANG

Dengan Hormat

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa :

Nama : **PRIMA ARISTA**  
Nim : **1112024**  
Fakultas : **Teknologi Industri**  
Program Studi : **Teknik Elektro S-1**  
Konsentrasi : **Teknik Energi Listrik**

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada Saudara/i selama masa waktu :

**“ Semester Genap Tahun Akademik Genap 2014 - 2015 “**

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



Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1

**M. Ibrahim Ashari, ST, MT**  
NIP.P. 1030100358



## PERMOHONAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Yang Bertanda Tangan Dibawah Ini:

Nama : Prima Arista  
 N I M : 11.12.024  
 Semester : Dekapen (Genap)  
 Fakultas : Teknologi Industri  
 Jurusan : Teknik Elektro S-I  
 Konsentrasi : TEKNIK ENERGI LISTRIK  
                   : ~~TEKNIK ELEKTRONIKA~~  
                   : ~~TEKNIK KOMPUTER DAN INFORMATIKA~~  
                   : ~~TEKNIK KOMPUTER~~  
                   : ~~TEKNIK TELEKOMUNIKASI~~  
 Alamat : Jl. Terusan ITN Leciwi Desa Tasikmadia RT.04 RW.01 Malang

Dengan ini kami mengajukan permohonan untuk mendapatkan persetujuan untuk membuat SKRIPSI Tingkat Sarjana. Untuk melengkapi permohonan tersenut, bersama ini kami lampirkan persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi.

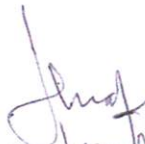
Adapun persyaratan- persyaratan pengambilan SKRIPSI adalah sebagai berikut:

- |  |         |
|--|---------|
| 1. Telah melaksanakan semua praktikum sesuai dengan konsentrasinya             | (.....) |
| 2. Telah lulus dan menyerahkan laporan Praktek Kerja                           | (.....) |
| 3. Telah lulus seluruh mata kuliah keahlian (MKB)sesuai konsentrasinya         | (.....) |
| 4. Telah menempuh matakuliah > 134 sks dengan IPK > 2 dan tidak ada nilai E    | (.....) |
| 5. Telah mengikuti secara aktif kegiatan seminar Skripsi yang diadakan Jurusan | (.....) |
| 6. Memenuhi persyaratan administrasi   | (.....) |

Demikian permohonan ini untuk mendapatkan penyelesaian lebih lanjut dan atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

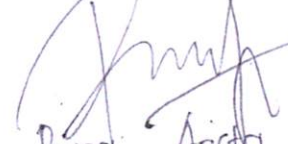
Telah diteliti kebenarannya data tersebut diatas

**Recording Teknik Elektro S-I**

  
 (.....)

Malang.....201

**Pemohon**

  
 (.....)

**Disetujui  
 Ketua Prodi Teknik Elektro S-I**



**M. Ibrahim Ashari, ST, MT  
 NIP. P. 1030100358**

**Mengetahui  
 Dosen Wali**

  
 (.....)

**Catatan:**


Bagi mahasiswa yang telah memenuhi persyaratan mengambil SKRIPSI agar membuat proposal dan mendapat persetujuan dari Ketua Prodi T. elektro S-I

1 IP 515 / = 3.68

✓

**BERITA ACARA RAPAT PERSETUJUAN JUDUL/PROPOSAL SKRIPSI**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1**  
**Konsentrasi : Teknik Energi Listrik**

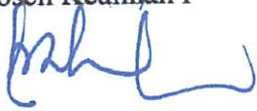


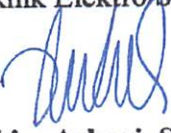


Tanggal :

1.	NIM	1112024
2.	Nama	Prima Arista
3.	Judul yang diajukan	ok
4.	<del>Disetujui/Ditolak</del>	
5.	Catatan:	
6.	Pembimbing yang diusulkan:	
	1.	15. Choirul Saleh Mt. ✓
	2.	15. Abd Hamid Mt. ✓
Menyetujui		
1. Koordinator Dosen Kelompok Keahlian		
		
2. Dosen Kelompok Keahlian (Terlampir)		




\* : Coret yang tidak perlu



**BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1**  
**Konsentrasi : Teknik Energi Listrik**

1.	Nim	: 1112024		
2.	Nama	: PRIMA ARISTA		
3.	Konsentrasi Jurusan	: Teknik Energi Listrik		
4.	Jadwal Pelaksanaan:	Waktu	Tempat	
	11 April 2015	09:00	III.1.5	
5.	Judul proposal yang diseminarkan Mahasiswa	ANALISIS REDUKSI HARMONISA PADA VARIABLE SPEED DRIVE (VSD) MENGGUNAKAN FILTER PASIF DENGAN BEBAN MOTOR INDUKSI TIGA FASA PADA PT. EXTERRAN INDONESIA		
6.	Perubahan judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian			
7.	Catatan :			
8.	Catatan :			
	Persetujuan judul Skripsi			
	Disetujui, Dosen Keahlian I	Disetujui, Dosen Keahlian II	Disetujui, Dosen Keahlian III	
	 (.....)	 (.....)	 (.....)	
	Mengetahui, Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1	Disetujui, Calon Dosen Pembimbing ybs		
 <b>M. Ibrahim Ashari, ST, MT</b> NIP. P 1030100358	Pembimbing I	Pembimbing II		
	 (.....)	 (.....)		

**BERITA ACARA SEMINAR PROGRESS SKRIPSI**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S1**

<b>KONSENTRASI</b>		Energi Listrik		
1.	Nama Mahasiswa	PRIMA ARISTA	NIM	1112024
2.	Keterangan	Tanggal	Waktu	Tempat / Ruang
	Pelaksanaan			
3.	Judul Skripsi	ANALISIS REDUKSI HARMONISA PADA VARIABLE SPEED DRIVE (VSD) MENGGUNAKAN FILTER PASIF DENGAN BEBAN MOTOR INDUKSI TIGA FASA PADA PT. EXTERRAN INDONESIA		
4.	Perubahan Judul	<del>Fanpa</del>		
5.	Catatan :	Tempat survey ada perubahan yaitu di Easternex Pandaan		
6.	Mengetahui, Ketua Jurusan.	Disetujui, Dosen Pembimbing		
		Pembimbing I	Pembimbing II	
				
	<u>M. Ibrahim Ashari, ST, MT</u>	Ir. Choirul Saleh, MT	Ir. M. Abdul Hamid, MT	



### Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

Untuk Pelaksanaan Ujian Skripsi Jenjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T.Energi Listrik/  
Elektronika, /T. Komputer, / T.Telekomunikasi, Maka Perlu Adanya Perbaikan Skripsi Untuk Mahasiswa:

Nama : Prima Arista  
NIM : 11-12-014  
Perbaikan Meliputi :

Menuliskan gambar dibutuhkannya (ubahannya terlampir)

Malang, 18 Agustus ..... 2015

  
M. Ibrahim A. S. S. M.



## PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

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

Hari : Selasa  
Tanggal : 18 Agustus 2015

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

Nama : Prima Arista  
NIM : 1112024  
Perogram Studi : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik  
Judul Skripsi : **Analisis Reduksi Harmonisa pada *Variable Speed Drive* (VSD) menggunakan Filter Pasif dengan Beban Motor Induksi Tiga Fasa pada PT. Easterntex Pandaan**

No	Materi Perbaikan	Keterangan
1.	Penulisan Gambar Dibetulkan (Kebanyakan Terpotong)	

Dosen Penguji I

M. Ibrahim Ashari, ST. MT  
NIP.P. 1030100358

Dosen Pembimbing I

Ir. Choirul Saleh, MT  
NIP.Y. 1018800190

Dosen Pembimbing II

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

### Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

Pelaksanaan Ujian Skripsi Jenjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T.Energi Listrik,  
tronika, /T. Komputer, / T.Telekomunikasi, Maka Perlu Adanya Perbaikan Skripsi Untuk Mahasiswa:

: Bima Arista  
: 1112024

ikan Meliputi :

1. Daftar Pustaka (referensi ?)

Malang,.....20



(.....)




## PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

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

Hari : Selasa  
Tanggal : 18 Agustus 2015

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

Nama : Prima Arista  
NIM : 1112024  
Perogram Studi : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik  
Judul Skripsi : **Analisis Reduksi Harmonisa pada *Variable Speed Drive* (VSD) menggunakan Filter Pasif dengan Beban Motor Induksi Tiga Fasa pada PT. Easterntex Pandaan**

No	Materi Perbaikan	Keterangan
1.	Daftar Pustaka atau Referensi	

Dosen Penguji II



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

Dosen Pembimbing I



Ir. Choirul Saleh, MT  
NIP.Y. 1018800190

Dosen Pembimbing II



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

**MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI**  
**SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2014-2015**

Nama Mahasiswa : PRIMA ARISTA  
 NIM : 1112024  
 Nama Pembimbing : Ir. Choirul Saleh, MT  
 Judul Skripsi : ANALISIS REDUKSI HARMONISA PADA *VARIABLE SPEED DRIVE* (VSD) MENGGUNAKAN FILTER PASIF DENGAN BEBAN MOTOR INDUKSI TIGA FASA PADA PT. EASTERNTX PANDAAN.

No.	Tanggal	Uraian	Paraf
1	9 April 2015	Penjelasan Konsep Skripsi dan Tempat <i>Study Case</i>	<i>es</i>
2	10 April 2015	Bimbingan Makalah Seminar Proposal.	<i>es.</i>
3	11 Mei 2015	Pergantian Tempat <i>Study Case</i>	<i>es.</i>
4	9 Juni 2015	Bimbingan Laporan Skripsi Bab 1, Bab 2 dan Bab 3	<i>es</i>
5	10 Juni 2015	Bimbingan Makalah Seminar Progres	<i>es.</i>
6	12 Juni 2015	Revisi Judul Skripsi yakni Tempat <i>Study Case</i>	<i>es.</i>
7	7 Juli 2015	Bimbingan Laporan Skripsi Bab 4, Bab 5 dan Makalah Seminar Hasil.	<i>es.</i>
8	8 Juli 2015	ACC Makalah Seminar Hasil	<i>es.</i>

Malang, September 2015  
 Dosen Pembimbing I,



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

**MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI**  
**SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2014-2015**

Nama Mahasiswa : PRIMA ARISTA  
 NIM : 1112024  
 Nama Pembimbing : Ir. M. Abdul Hamid, MT  
 Judul Skripsi : ANALISIS REDUKSI HARMONISA PADA *VARIABLE SPEED DRIVE* (VSD) MENGGUNAKAN FILTER PASIF DENGAN BEBAN MOTOR INDUKSI TIGA FASA PADA PT. EASTERNTEX PANDAAN.

No.	Tanggal	Uraian	Paraf
1	9 April 2015	Bimbingan Makalah Seminar Proposal dan Penjelasan Tempat Study Case.	
2	10 April 2015	Bimbingan Presentasi Seminar Proposal.	
3	11 Mei 2015	Pergantian Tempat Study Case.	
4	9 Juni 2015	Bimbingan Laporan Skripsi Bab 1, Bab 2, dan Bab 3.	
5	10 Juni 2015	Bimbingan Makalah Seminar Progres dan Presentasi Seminar Progres.	
6	12 Juni 2015	Revisi Judul Skripsi yakni Tempat Study Case	
7	7 Juli 2015	Bimbingan Laporan Skripsi Bab 4, Bab 5 dan Makalah Seminar Hasil.	
8	8 Juli 2015	Revisi Makalah Seminar Hasil: 1. Gambar Spektrum Harmonisa di tambah Batas THD <sub>v</sub> 5%. 2. Flowchart Penyelesaian Masalah.	

Malang, September 2015  
 Dosen Pembimbing II,



**Ir. M. Abdul Hamid, MT**

NIP. Y. 1018800188

**Kepada Yth :**

Saudara Prima Arista

Mahasiswa Teknik Elektro S-1

Di Tempat.

Dengan Hormat,

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Mohammad Rifki,ST  
Alumni : ITN MALANG PERIODE I TAHUN 2013  
Fakultas : Teknologi Industri  
Program Studi : Teknik Energi Listrik S-1  
No. KTP : 3514140804900002  
Pekerjaan : Karyawan Swasta

Menerangkan bahwa,

Nama : Prima Arista  
NIM : 11.12.024  
Fakultas : Teknologi Industri  
Program Studi : Teknik Energi Listrik S-1  
Pekerjaan : Mahasiswa

Telah saya setuju untuk menggunakan data penelitian yang saya peroleh di PT Easterntex Pandaan, untuk kepentingan pengembangan penelitian dengan Judul :

***ANALISIS REDUKSI HARMONISA PADA VARIABLE SPEED DRIVE (VSD) MENGGUNAKAN FILTER PASIF DENGAN BEBAN MOTOR INDUKSI TIGA FASA PADA PT EASTERNTEX PANDAAN.***

Demikian surat ini saya sampaikan agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya, atas perhatiannya saya ucapkan terima kasih.

Jakarta, 22 Juni 2015

Hormat Saya,



Mohammad Rifki, ST.

**Alumni ITN Malang  
PERIODE I TAHUN 2013**





**Data Beban PT. Easterntex Pandaan**

Panel	Nama Mesin	Jumlah Mesin	Arus (A)	Tegangan (V)	THD V (%)	Kw	Rpm	Cos Phi
LT 5	RSF (TOYODA)	10	650	347,7	7,45	300	2420	0,73
	RSF (HOWA)	10	660	347,7	7,28	300	2350	0,75
LT 6	BLOWING 1	9	158,4	342,0	6,32	67,5	1435	0,68
	BLOWING 2	10	115	342,0	6,55	44	1420	0,63
	CARDING	10	680	342,0	7,23	300	2450	0,69
	SLIVER LAP	10	130	342,0	7,14	55	1440	0,64
	RIBBON LAP	10	135	342,0	6,98	55	1375	0,61
	COMBING	10	345	342,0	6,86	150	980	0,68
	LIGHTING	-	31	342,0	5,62	30	-	0,83
LT 7	BLOWING Poly.	1	244,7	347,0	6,32	137,5	2910	0,81
	CARDING Poly.	1	244,7	347,0	6,15	137,5	2910	0,82
	PRE-DRAWING Poly. 1	1	244,7	347,0	6,23	137,5	2910	0,81
	PRE-DRAWING Poly. 2	1	244,7	347,0	6,45	137,5	2910	0,83
LT 8	DRAWING MIXING	1	325	340,1	18,53	200	1350	0,79
	DRAWING SECONG	1	422	340,1	18,57	250	1420	0,77
	DRAWIING FINISHER 1	1	81	340,1	18,49	50	1380	0,75
	DRAWIING FINISHER 2	1	244,7	340,1	16,32	137,5	2910	0,81
	DRAWIING FINISHER 3	1	244,7	340,1	16,15	137,5	2910	0,82
	DRAWIING FINISHER 4	1	244,7	340,1	16,23	137,5	2910	0,81
	DRAWIING FINISHER 5	1	244,7	340,1	16,45	137,5	2910	0,83
	ROVIING	1	41	340,1	18,37	20	1450	0,73
	BOILER	1	55	340,1	18,45	25	1470	0,79
	RING SPINNING	2	124	340,1	18,13	60	1435	0,78
	WINDING	10	300	340,1	18,29	150	985	0,77

## Data Inverter PT. Easterntex Pandaan

RSF (E-7) TYPE : VT - 86 S - H 250 DATE : 1991 M/C No. :	SERIAL	KETERANGAN
1	OB 1675 A9	ORIGINAL
2	OB 1675 A16	ORIGINAL
3	OB 1675 A4	ORIGINAL
4	OB 1675 A7	ORIGINAL
5	OB 1675 A2	TANPA INVERTER (RUSAK)
6	OB 1675 A6	ORIGINAL
7	OB 1675 A10	TANPA INVERTER (RUSAK)
8	OB 1675 A3	ORIGINAL
9	OB 1675 A17	ORIGINAL
10	OB 1675 A15	TANPA INVERTER (RUSAK)
11	OB 1675 A11	ORIGINAL
12	OB 1676 A1	ORIGINAL
13	OB 1677 A14	MEIDEN NEW TYPE (VT-240S)
14	OB 1678 A13	MEIDEN NEW TYPE (VT-240S)
15	OB 1679 A8	MEIDEN NEW TYPE (VT-240S)
16	OB 1680 A13	MEIDEN NEW TYPE (VT-240S)
17	OB 1681 A18	MEIDEN NEW TYPE (VT-240S)
18	OB 1675 A2	MEIDEN NEW TYPE (VT-240S)
37	OB 1675 A06	ORIGINAL
38	OB 1675 A08	ORIGINAL
39	OB 1675 A10	TANPA INVERTER (RUSAK)
40	OB 1675 A07	ORIGINAL
41	OB 1675 A05	ORIGINAL
42	OB 1675 A11	ORIGINAL
43	OB 1675 A17	ORIGINAL
44	OB 1675 A09	ORIGINAL
45	OB 1675 A	ORIGINAL
46	OB 1675 A15	ORIGINAL
47	OB 1675 A14	ORIGINAL
48	OB 1675A16	ORIGINAL
49	OB 1675 A07	ORIGINAL
50	OB 1675 AA18	ORIGINAL
51	OB 1675 A01	ORIGINAL
52	OB 1675 A12	ORIGINAL
53	OB 1675 A04	ORIGINAL
54	OB 1675	ORIGINAL



**P.T. EASTERNTEX**

**PANDAAN-PASURUAN**

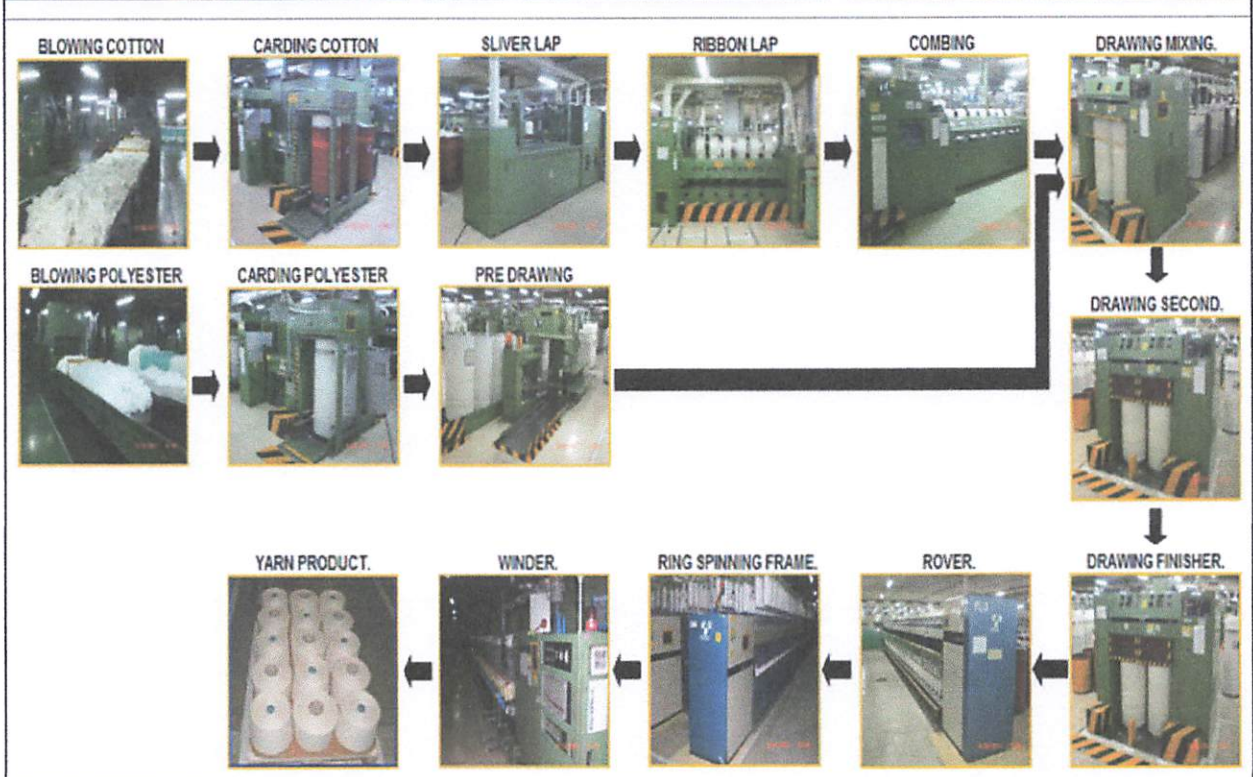
RSF (E-8) TYPE : VT - 200 S - H 250 DATE : 1993 M/C No. :	SERIAL	KETERANGAN
19	OC 3282 A02	MEIDEN NEW TYPE (VT-240S)
20	OC 3282 A05	MEIDEN NEW TYPE (VT-240S)
21	OC 3282 A03	MEIDEN NEW TYPE (VT-240S)
22	OC 3592 A100.4	MEIDEN NEW TYPE (VT-240S)
23	OC 3282 A07	MEIDEN NEW TYPE (VT-240S)
24	OC 3282 A10	MEIDEN NEW TYPE (VT-240S)
25	OC 3282 A04	TANPA INVERTER (RUSAK)
26	OC 3592 A100.3	ORIGINAL
27	OC3779 E	ORIGINAL
28	OC 3281 A101.4	GANTI FUJI TYPE FRN 18.5 GIS-4A
29	OC 3282 A09	ORIGINAL
30	OC 3282 A01	GANTI FUJI TYPE FRN 18.5 GIS-4A
31	OC 3281 A101.3	ORIGINAL
32	OC 3281 A101.1	TANPA INVERTER (RUSAK)
33	OC 3592 A100.2	GANTI FUJI TYPE FRN 18.5 GIS-4A
34	OC 3592 A100.1	ORIGINAL
35	OC 328S A06	ORIGINAL
36	OC 3263 A14	ORIGINAL
55	OC 3263	ORIGINAL
56	OC 3263 A18	TANPA INVERTER (RUSAK)
57	OC 3263 A10	ORIGINAL
58	OC 3263 A12	ORIGINAL
59	OC 3263 A15	GANTI FUJI TYPE FRN 18.5 GIS-4A
60	OC 3263 A13	ORIGINAL
61	OC 3263 A17	ORIGINAL
62	OC 3263 A16	ORIGINAL
63	OC 3263 A08	ORIGINAL
64	OC 3263 A03	ORIGINAL
65	OC 3263 A02	ORIGINAL
66	OC 3263 A04	GANTI FUJI TYPE FRN 18.5 GIS-4A
67	OC 3263 A09	ORIGINAL
68	OC 3263 A07	ORIGINAL
69	OC 3263 A05	TANPA INVERTER (RUSAK)
70	OC 3263 A01	ORIGINAL
71	OC 3263 A08	ORIGINAL
72	OC 3263 A06	GANTI FUJI TYPE FRN 18.5 GIS-4A



**P.T. EASTERNTEx**

**PANDAAN-PASURUAN**

## Proses Produksi PT. Easterntex Pandaan




**P.T. EASTERNTEX**  
**PANDAAN-PASURUAN**

### Keterangan :

- Mesin Blowing  
 Disini gumpalan raw material yaitu polyester dan cotton diuraikan, kemudian bahan yang dicampur antara polyester dan cotton atau tidak dibuka menjadi jumbai-jumbai serat dan memisahkannya benda-benda asing/kotoran. Kemudian jumbai serat-serat dibuat gulungan lembaran (lap) polyester atau cotton atau kedua-duanya.

- **Mesin Carding**  
Hasil akhir dari mesin blowing dipisahkan dengan mesin ini ,antara serat pendek dan serat panjang. Pada polyester panjangnya relative sama tapi tidak serat cotton.disini serat dibuka lebih lanjut, sehingga mulai terarah letak seratnya. Hasil akhir serat-serat tersebut dibentuk menjadi sliver.
- **Sliver Lap**  
Hasil dari mesin carding dikumpulkan dan dijadikan sliver lap kecil melalui pekerjaan: penyuaapan, perenggangan, dan penggulungan.
- **Ribbon Lap**  
Hasil dari ribbon lap mengalami pengolahan yang mirip dengan sliver lap, tapi punya tingkatan yang berbeda, antara lain: perenggangan dilakukan sebesar 5-6 kali, perangkapan lap-lap hasil dari sliver lap disini 6 buah lap dirangkap menjadi satu.
- **Mesin Combing**  
Hasil dari ribbon lap dilakukan lagi penyisiran serat, hingga serat-serat pendek berikut kotorannya dipisahkan. Ujung-ujung serat yang tertekuk diluruskan dan letak seratnya disejajarkan satu sama lainnya. Hasil akhir adalah sliver dengan serat yang relatif sama panjangnya.
- **Mesin Drawing**  
Pada mesin ini hasil dari mesin combing yang berupa bahan cotton dan polyester digabungkan dan penyisiran lanjut dari serat-serat yang prosesnya kurang sempurna pada mesin combing.
- **Mesin Flayer (Roving)**  
Hasil dari mesin drawing, dicekikan lagi sampai ukuran yang di inginkan kemudian sliver dipilih sehingga menghasilkan benang yang disebut roving dengan kekuatan sekedarnya, benang digulung pada bobbin plastic.
- **Mesin Ring Spinning**  
Gulungan roving pada bobbin ditarik dan seterusnya dipuntir dengan ukuran yang diinginkan kemudian digulung dengan bobbin ring
- **Mesin Winding**  
Hasil dari ring spinning digulung dalam cone-cone benang yang sudah digulung kualitasnya sudah terjamin, sehingga dari benang-benang ini dijual setelah melalui proses oven dimana benang-benang tersebut dikeringkan / dioven dengan uap kenyang yang dihasilkan oleh boiler. Sebagian lagi diproses lebih lanjut untuk pembuatan kain.

## BIOGRAFI PENULIS



Prima Arista lahir di Batola pada tanggal 31 Maret 1993. Anak tunggal dari pasangan Musta'in dan Lasmi W. Mendapat pendidikan di TK. Jelapat Utama dan lulus pada tahun 1999, kemudian melanjutkan SD di SD Swasta Jelapat Utama, Batola, Kalimantan Selatan dan lulus di SD Negeri Gayam 1, Bojonegoro, Jawa Timur pada tahun 2005. Setelah lulus melanjutkan pendidikannya di SMP Negeri 2 Ngasem pada tahun 2005-2008 dan melanjutkan di SMK Negeri 2 Bojonegoro Jurusan Teknik Instalasi Tenaga Listrik pada tahun 2008-2011. Setelah lulus melanjutkan pendidikannya di Institut Teknologi Nasional Malang Fakultas Teknologi Industri Program Studi Teknik Elektro S-1 Konsentrasi Teknik Energi Listrik S-1 pada tahun 2011. Saat ini penulis aktif sebagai Asisten Laboratorium Konversi Energi Elektrik dan aktif diberbagai lomba seperti OSN Pertamina dan Program Kreativitas Mahasiswa (PKM). Pada tanggal 25 Agustus s.d. 29 Agustus 2014 penulis mengikuti ajang paling bergengsi mahasiswa tingkat nasional yaitu Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional (PIMNAS) XXVII yang diselenggarakan oleh Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan bekerjasama dengan Universitas Diponegoro Semarang sebagai Penyaji Tingkat Nasional. Penulis mengambil judul skripsi "Analisis Reduksi Harmonisa pada Variable Speed Drive (VSD) menggunakan Filter Pasif dengan Beban Motor Induksi Tiga Fasa pada PT. Easterntex Pandaan" sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST).