

**PEMODELAN DAN ANALISIS SHUNT AKTIF FILTER DENGAN  
METODE CASCADED MULTILEVEL INVERTER UNTUK  
MEREDUKSI HARMONISA**

**SKRIPSI**



**Disusun Oleh :  
EDWIN KRISDIANTO  
NIM. 1112014**

**MILIK  
PERPUSTAKAAN  
ITN MALANG**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2015**

1971

INTELLIGENCE INFORMATION SYSTEMS  
BY THE USE OF INTELLIGENCE INFORMATION  
SYSTEMS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF  
THE INTELLIGENCE INFORMATION SYSTEMS

INTELLIGENCE INFORMATION SYSTEMS  
BY THE USE OF INTELLIGENCE INFORMATION  
SYSTEMS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF  
THE INTELLIGENCE INFORMATION SYSTEMS

INTELLIGENCE INFORMATION SYSTEMS

INTELLIGENCE INFORMATION SYSTEMS  
BY THE USE OF INTELLIGENCE INFORMATION  
SYSTEMS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF  
THE INTELLIGENCE INFORMATION SYSTEMS

# LEMBAR PERSETUJUAN

## PEMODELAN DAN ANALISIS *SHUNT* AKTIF FILTER DENGAN METODE *CASCADED MULTILEVEL INVERTER* UNTUK MEREDUKSI HARMONISA

### SKRIPSI

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

Disusun oleh :  
**EDWIN KRISDIANTO**  
NIM : 11.12.014

Dosen Pembimbing I



Ir. Ni Putu Agustini, MT  
NIP. Y. 1030100371

Diperiksa dan Disetujui,


Dosen Pembimbing II



Lauhil Mahfudz Hayusman, ST, MT  
NIP. P. 1031400472

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1



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

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2015

## SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Edwin Krisdianto  
NIM : 1112014  
Program Studi : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

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 di kemudian hari ada pelanggaran atas surat pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksinya.

Malang, 16 Oktober 2015

Yang membuat Pernyataan,



Edwin Krisdianto

NIM : 1112014

# PEMODELAN DAN ANALISIS *SHUNT* AKTIF FILTER DENGAN METODE *CASCADED MULTILEVEL INVERTER* UNTUK MEREDUKSI HARMONISA

**Edwin Krisdianto**

**NIM : 1112014**

[krisdiantoEd@gmail.com](mailto:krisdiantoEd@gmail.com)

**Dosen pembimbing**

**Ir. Ni Putu Agustini, MT dan Lauhil Mahfudz Hayusman, ST, MT**

## **Abstrak**

Harmonisa merupakan permasalahan yang penting dalam kualitas daya yang baik. Gangguan harmonisa disebabkan oleh komponen elektronika daya yang banyak digunakan khususnya di industri saat ini. Akibatnya terjadi gangguan harmonisa terutama dalam penggunaan rangkaian *Inverter* dan *Variable Speed Drives*. Penggunaan rangkaian tersebut bertujuan sebagai pengendali motor listrik dengan kapasitas besar, untuk menunjang proses produksi. Skripsi ini membahas tentang *Shunt* aktif filter metode *Cascaded Multilevel Inverter*, dimana metode tersebut tidak memerlukan switching frekuensi dan daya yang dihasilkan juga lebih besar sehingga tidak dibutuhkan tambahan transformator. Diharapkan filter tersebut mampu mereduksi harmonisa yang terdapat di PT. Eastrentex – Pandaan, sesuai nilai yang ditentukan IEEE Std. 519-1992, maksimal sebesar 5%. Pemodelan dan analisis dari sistem sebelum dan sesudah pemasangan filter akan dilakukan dengan bantuan *software*. Hasil pemodelan dan analisis yang telah dilakukan diperoleh nilai THD sebelum pemasangan filter sebesar 18.87%, dimana nilai tersebut melebihi IEEE Std. 519-1992 yaitu > 5%. Dengan pemasangan *Shunt* aktif filter metode *Cascaded Multilevel Inverter* nilai THD yang didapat sebelum pemasangan filter berkurang secara signifikan yaitu menjadi 0.11%.

Kata kunci : Harmonisa, *Shunt* aktif filter metode *Cascaded Multilevel Inverter*, THD.

## **KATA PENGANTAR**

Puji Syukur Kehadiran Allah SWT atas berkat dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Skripsi ini yang berjudul “**Pemodelan Dan Analisis *Shunt* Aktif Filter Dengan Metode *Cascaded Multilevel Inverter* Untuk Mereduksi Harmonisa**” dapat terselesaikan.

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

1. Bapak Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MT selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. Anang Subardi, MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak M. Ibrahim Ashari, ST, MT selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Ibu Ir. Ni Putu Agustini, MT selaku Dosen Pembimbing I.
5. Bapak Lauhil Mahfudz Hayusman, ST, MT selaku Dosen Pembimbing II.
6. Kedua orang tua yang telah member doa, semangat dan materil.
7. Teman – teman yang turut memberi dukungan terhadap penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan pada skripsi ini, oleh karna itu penulis mengharapkan para pembaca dapat memberikan kritik dan saran yang membangun agar skripsi ini menjadi lebih baik.

Malang, 3 Agustus 2015

Penulis

## 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> .....	vi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	viii
<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 Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1 Harmonisa .....	4
2.1.1 Standar Harmonisa .....	4
2.1.2 Sumber Harmonisa .....	5
2.1.3 Pengaruh Harmonisa Pada Komponen Peralatan Listrik .....	6
2.1.4 Pengaruh Harmonisa Pada Faktor Daya .....	7
2.1.5 Pengaruh Harmonisa Pada Sistem Tegangan .....	7
2.1.6 Identifikasi Harmonisa .....	8
2.2 Indeks Harmonisa .....	8
2.2.1 <i>Total Harmonics Distortion</i> (THD) .....	8
2.3 Deret Fourier .....	9
2.4 Filter aktif .....	10
2.5 <i>Cascaded Multilevel Inverter</i> .....	11

<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>14</b>
3.1 Sisitem Jaringan Distribusi di PT. Eastrenex .....	14
3.1.1 Data Sumber, Trafo dan Beban pada PT. Easterntex .....	15
3.2 Konsep <i>Cascaded Multilevel Inverter</i> Sebagai Filter Aktif .....	20
3.3 Proses Filtering .....	22
3.4 Proses Leveling .....	23
3.5 Proses Triggering .....	26
3.6 Output Dari <i>Cascaded Multilevel Inverter</i> .....	27
3.7 <i>Flowchart</i> Hasil Simulasi Menggunakan <i>Software</i> .....	28
3.7.1 <i>Algoritma</i> Pemecahan Masalah Perbaikan Harmonisa Menggunakan <i>Shunt Aktif Filter</i> Metode <i>Cascaded</i> <i>Multilevel Inverter</i> .....	29
 <b>BAB IV ANALISIS HASIL .....</b>	 <b>30</b>
4.1 <i>Single Line</i> Sistem Kelistrikan di PT. Easterntex .....	30
4.2 Solusi Perbaikan Harmonisa Tegangan .....	31
4.3 Hasil Simulasi Sebelum Pemasangan Filter .....	31
4.4 Hasil Simulasi Setelah Pemasangan Filter .....	32
4.5 Perbandingan Perhitungan Nilai Harmonisa Tegangan .....	33
4.5.1 Perhitungan Nilai Harmonisa Tegangan Sebelum Pemasangan Filter .....	33
4.5.2 Perhitungan Nilai Harmonisa Tegangan Setelah Pemasangan Filter .....	34
 <b>BAB V PENUTUP .....</b>	 <b>36</b>
5.1. Kesimpulan .....	36
5.2 Saran .....	36
 <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	 <b>37</b>

**LAMPIRAN**



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bentuk Gelombang harmonisanya .....	4
Gambar 2.2 Perbandingan Sinyal Listrik Sinusoidal Terhadap Sinyal Listrik Berharmonisa .....	7
Gambar 2.3 Rangkaian Distribusi yang sederhana .....	7
Gambar 2.4 Diagram filter aktif .....	10
Gambar 2.5 Konfigurasi Filter Aktif Paralel .....	11
Gambar 2.6 Rangkaian inverter H-Bridge .....	13
Gambar 3.1 <i>Single line</i> distribusi tenaga listrik PT. Easterntex-Pandaan...	14
Gambar 3.2 Simulasi distribusi tenaga listrik PT. Easterntex dalam <i>PSIM</i> .....	18
Gambar 3.3 Grafik tegangan di PT. Easterntex .....	19
Gambar 3.4 Spektrum harmonisa tegangan .....	19
Gambar 3.5 Rangkaian <i>Cascaded Multilevel Inverter</i> 11-Level cascaded 5-Bridge .....	21
Gambar 3.6 Gelombang <i>Cascaded Multilevel Inverter</i> 11-Level cascaded 5-Bridge .....	21
Gambar 3.7 Blok diagram <i>Cascaded Multilevel Inverter</i> sebagai filter aktif .....	22
Gambar 3.8 Rangkaian filtering .....	22
Gambar 3.9 Gelombang harmonisa .....	23
Gambar 3.11 Rangkaian leveling (11 level) .....	26
Gambar 3.12 Output <i>Cascaded Multilevel Inverter</i> .....	27
Gambar 3.13 <i>Flowchart</i> penyelesaian masalah .....	28
Gambar 4.1 Simulasi distribusi tenaga listrik dengan <i>Cascaded Multilevel Inverter</i> sebagai filter aktif PT. Eastrentex dalam <i>PSIM</i> .....	30
Gambar 4.2 (a) Gambar gelombang tegangan sumber sebelum pemasangan filter dan (b) Spektrum tegangan sumber sebelum pemasangan filter ...	31

**Gambar 4.3 (a) Gambar gelombang tegangan sumber setelah pemasangan filter dan  
(b) Spektrum tegangan sumber setelah pemasangan filter ..... 32**

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Standar Harmonisa Tegangan .....	5
Tabel 2.2 Standar Harmonisa Arus .....	5
Tabel 3.1 Data Beban PT. Easterntex – Pandaan .....	16
Tabel 3.2 Variasi level amplitude dan pengaturan saklar .....	25
Tabel 4.1 Peforma sistem (harmonisa tegangan) sebelum pemasangan filter .....	33
Tabel 4.2 Peforma sistem (harmonisa tegangan) sesudah pemasangan filter .....	34
Tabel 4.3 Peforma sistem (harmonisa tegangan) sebelum dan sesudah pemasangan filter .....	35

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Harmonisa merupakan fenomena distorsi gelombang sinusoidal yang mempunyai kelipatan frekuensi fundamental. Masalah – masalah yang dapat ditimbulkan harmonisa antara lain adalah meningkatnya rugi-rugi energi, overheating dll. Harmonisa juga dapat mempengaruhi kerja peralatan pengaman dan pengukuran daya listrik. (T. Odinato dkk)

Dimana fenomena harmonisa tersebut juga terdapat di sistem kelistrikan pada PT. Easterntex yang telah menyebabkan performa sistem menurun yaitu berupa sering rusaknya motor induksi. Selain itu kandungan harmonisa pada sistem ini juga muncul karena beban - beban yang digunakan mengandung nilai kapasitif dan induktif yang sangat besar (beban *non linear*) sehingga berdampak pada performa sistem secara keseluruhan. (M. Rifki, 2013)

Salah satu alternatif yang dapat dipakai untuk menangani harmonisa yaitu menggunakan filter. Ada banyak macam filter yang dapat digunakan yaitu filter pasif atau filter aktif. Dalam pembahasan ini digunakan filter aktif yang dipasang secara paralel *Shunt Active Filter (SAF)*. Karena penguatan dan frekuensinya mudah di atur, selama op-amp masih memberikan penguatan dan sinyal input tidak selalu seperti pada filter pasif. Pada dasarnya filter aktif lebih gampang di atur dan filter aktif lebih ekonomis dari pada filter pasif.

Metode yang digunakan adalah *Cascaded Multilevel Inverter*, metode ini tidak membutuhkan *switching frekuensi* dan daya yang dihasilkan juga lebih besar sehingga tidak dibutuhkan *transformator*. Dibandingkan metode *Pulse Width Modulation (PWM)* yang membutuhkan *switching frekuensi* dan akan menimbulkan *Losses*. (Y. Ari, 2009) Filter daya aktif akan didesain menggunakan metode *Cascaded Multilevel Inverter 11 - Level Cascaded 5 - Bridge*. Sehingga sesuai standarisasi dari *IEEE Std. 519-1992*, yaitu  $\leq 5.00 \%$ .

## 1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan di bahas pada skripsi ini adalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana cara memodelkan *Shunt Active Filter* metode *Cascaded Multilevel Inverter*.
- b. Bagaimana kinerja *Shunt Active Filter* metode *Cascaded Multilevel Inverter*.
- c. Bagaimana pengaruh *Shunt Active Filter* metode *Cascaded Multilevel Inverter* terhadap harmonisa tegangan pada sistem kelistrikan di industri tekstil PT. Easterntex – Pandaan.

## 1.3 Tujuan

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

- a. Mengaplikasikan *Shunt Active Filter* metode *Cascaded Multilevel Inverter* pada sistem kelistrikan di industri tekstil PT. Easterntex Pandaan.
- b. Menganalisa hasil pemasangan *Shunt Active Filter* metode *Cascaded Multilevel Inverter*.
- c. Apakah harmonisa tegangan dapat direduksi oleh *Shunt Active Filter* metode *Cascaded Multilevel Inverter*.

## 1.4 Batasan Masalah

Agar pembahasan tidak menyimpang dari pokok perumusan masalah dan tujuan dalam penulisan skripsi ini maka penulis memberi batasan sebagai berikut :

- a. Tempat penelitian dilakukan di sistem kelistrikan PT. Easterntex – Pandaan.
- b. Metode yang digunakan yaitu *Cascaded Multilevel Inverer*.
- c. Membahas harmonisa tegangan.
- d. Tidak membahas harmonisa arus dan aspek ekonomis.
- e. Data untuk filter diambil dari refrensi jurnal dan software.
- f. Pemodelan serta simulasi akan dilakukan menggunakan *software PSIM*.

## 1.7 Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan skripsi ini disusun menjadi beberapa bab dan diuraikan dengan pembahasan sesuai daftar isi. Sistematika penyusunannya adalah sebagai berikut :

### **BAB I : PENDAHULUAN**

Berisikan penjelasan dari pengerjaan skripsi yang dikerjakan.

### **BAB II : KAJIAN PUSTAKA**

Pada bab ini dibahas tentang teori sistem tenaga listrik yang mendukung dalam simulasi dan analisa skripsi ini.

### **BAB III : METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini menjelaskan tentang analisa sistem kelistrikan di PT. Easterntex – Pandaan, serta pemodelan *Shunt Active Filter* metode *Cascaded Multilevel Inverter*.

### **BAB IV : ANALISA SISTEM DAN SIMULASI**

Pada bab ini berisi hasil simulasi dan menganalisa hasil pemasangan *Shunt Active Filter* metode *Cascaded Multilevel Inverter* untuk mereduksi harmonisa tegangan dari *software PSIM*.

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

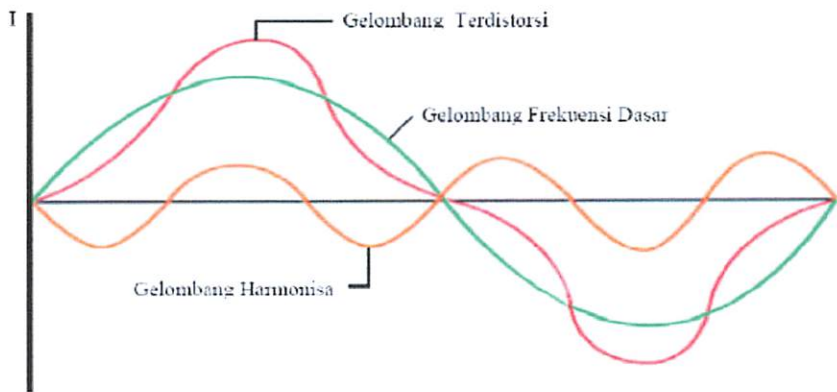
Bab ini berisikan kesimpulan – kesimpulan yang diperoleh dari perancangan dan pembuatan skripsi ini serta saran – saran guna menyempurnakan dan mengembangkan sistem lebih lanjut.

## 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 harmonisanya

##### 2.1.1 Standar Harmonisa

Standar harmonisa yang digunakan adalah *IEEE 519*. 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 *ISC/IL*.

$THD_v$  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	THD <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	$I_{sc} / I_{load}$	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*

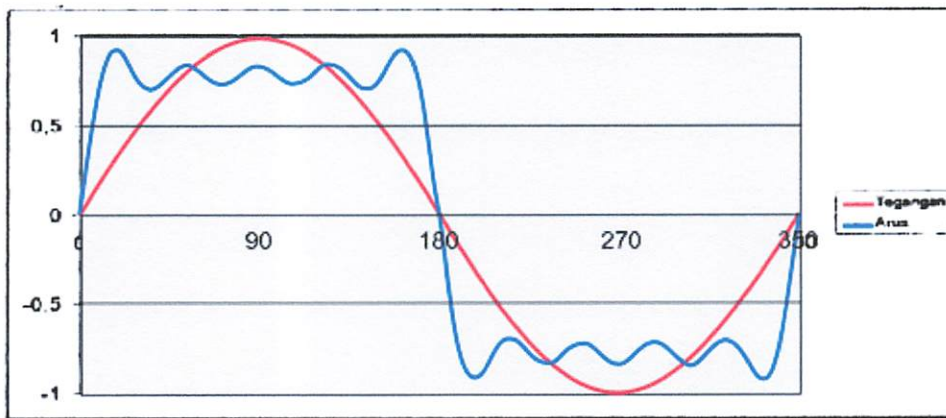
- *Circuit breaker*

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

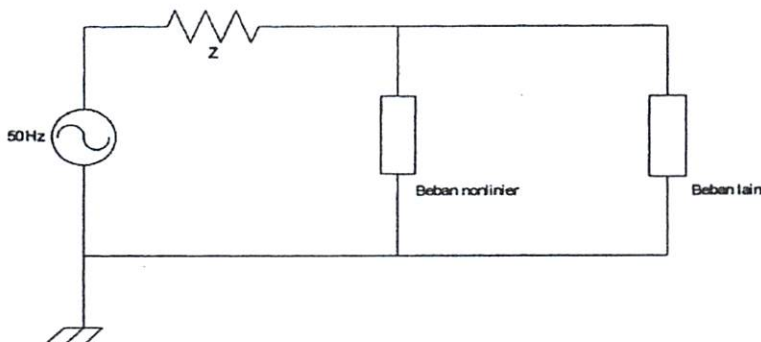
Arus harmonisa membuat peningkatan total arus rmsnya. Dan karena mempengaruhi harga arus total rmsnya, maka secara otomatis juga akan mempengaruhi faktor dayanya juga. Hal ini dikarenakan daya total dengan daya nyata dan selisih sudut yang dibuat oleh tegangan dan arus. Pada daya total tidak terjadi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

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} V_h^2}}{V_F} \text{ (THD untuk tegangan) } \dots \dots \dots (2.1)$$

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_F} \text{ (THD untuk arus) } \dots \dots \dots (2.2)$$

$V_h ; I_h$  = Komponen Harmonisa

$V_f ; I_f$  = Komponen Fundamenta

**2.3 Deret Fourier**

Gelombang periodik yang memiliki bentuk  $f(t) + f(t + T)$  dapat dinyatakan sebagai deret fourier bila memenuhi persyaratan :

1. Bila gelombang diskontinu, hanya terdapat jumlah diskontinuitas yang terbatas dalam periode T.
2. Gelombang memiliki rata – rata yang terbatas dalam periode T.
3. Gelombang memiliki jumlah maksimum dan minimum yang terbatas dalam periode T. Bila syarat – syarat tersebut terpenuhi, deret fourier dapat dinyatakan dalam bentuk sebagai berikut.

$$f(x) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n\omega t + b_n \sin n\omega t) \dots \dots \dots (2.3)$$

secara umum, tegangan dan arus dapat dinyatakan dalam deret fourier sebagai :

$$a_h = \sum_{h=1}^{\infty} a^h \cos(h\omega_0 + \theta_h) \dots \dots \dots (2.4)$$

$$a_h = \sum_{h=1}^{\infty} b^h \cos(h\omega_0 + \theta_h) \dots \dots \dots (2.5)$$

dengan :

$$a_h = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \cosh \omega t dt \dots \dots \dots (2.6)$$

$$b_h = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \sinh \omega t dt \dots \dots \dots (2.7)$$

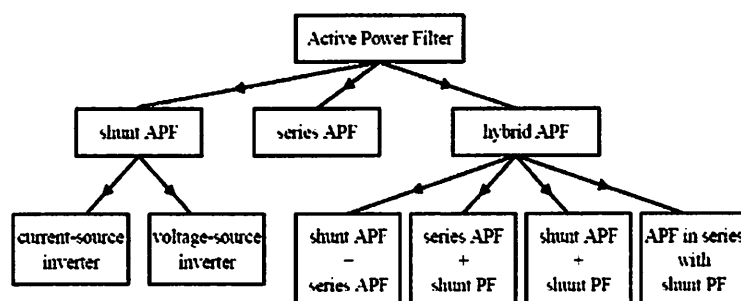
Dimana  $h$  adalah orde harmonisa, yaitu bilangan 1, 2, 3, dan seterusnya. Kasus pada sistem tenaga listrik, umumnya orde yang dominan adalah orde ganjil saja (1, 2, 3, dst). Orde  $h=1$  menyatakan komponen dasar atau fundamental dari gelombang. Suku  $a_0$  menyatakan komponen dc atau nilai rata – rata dari gelombang, yang umumnya komponen ini tidak muncul dalam jaringan sistem arus bolak – balik. Bila gelombang arus atau tegangan berbentuk sinusoidal sempurna, maka orde  $h=1$  saja yang ada. Gelombang yang cacat (terdistorsi) memiliki koefisien – koefisien dengan indeks  $h$ . Amplitudo harmonisa biasa dinyatakan sebagai :

$$c_h = \sqrt{a_h^2 + b_h^2}, h \geq 1 \dots \dots \dots (2.8)$$

Nilai – nilai  $c$  sebagai fungsi  $h$  seringkali digambarkan dalam suatu *barchat* dan dikenal dengan spectrum frekuensi gelombang. Tingkat kecacatan seringkali dinyatakan dengan *Total Harmonic Distortion (THD)*. (G.B. Folland, 1992)

## 2.4 Filter Aktif

Dalam dekade terakhir, telah muncul saklar-saklar semikonduktor yang dapat bekerja dengan frekuensi yang sangat tinggi. Sebuah aplikasinya adalah untuk pembuatan filter harmonisa aktif. Filter harmonisa aktif sering disebut sebagai Filter Daya Aktif (*Active Power Filter*). Istilah yang biasa digunakan adalah Filter Aktif. Filter aktif dapat dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu Filter Aktif (FA) shunt, seri dan hibrid.



Gambar 2.4 Diagram filter aktif

masing-masing memiliki keunggulan dan kekurangan. FA shunt adalah filter yang paling populer, memiliki *topology* dan prosedur instalasi yang telah dipahami dengan baik. Skema rangkaian sebuah FA yang menggunakan *Inverter* bersumber Tegangan (*Voltage Sourced Inverter*). Prinsip kerjanya dapat dijelaskan sebagai berikut. FA shunt harus menyediakan komponen harmonisa yang dibutuhkan oleh beban nonlinear. Dengan demikian, jika arus beban  $I_L$  dapat dinyatakan sebagai jumlah komponen dasar  $I_{L1}$  dan harmonisa-harmonisa yang lebih tinggi  $I_{Ln}$ , yang secara matematis dapat dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$I_L = I_{L1} = \sum_{n=2}^{\infty} I_{Ln} \dots \dots \dots (2.9)$$

Keterangan :

$I_L$  = Arus yang mengalir ke beban.

$I_{L1}$  = Arus fundamental (arus sumber).

$I_{Ln}$  = Arus frekuensi kelipatan fundamental.

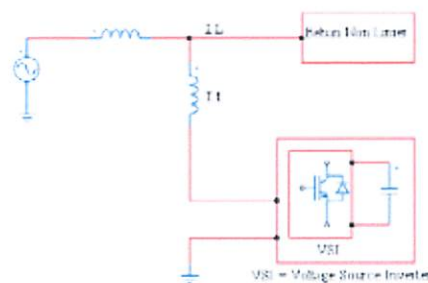
Maka FA Shunt harus menyediakan arus harmonisa  $I_f$ .

$$I_f = \sum_{n=2}^{\infty} I_{Ln} \dots \dots \dots (2.10)$$

Keterangan :

$I_f$  = Arus filter aktif

Hasilnya, sumber listrik akan menganggap beban tidak linear tersebut hanya membutuhkan  $I_{L1}$  saja. (Y. Ari, 2009)



Gambar 2.5 Konfigurasi Filter Aktif Paralel

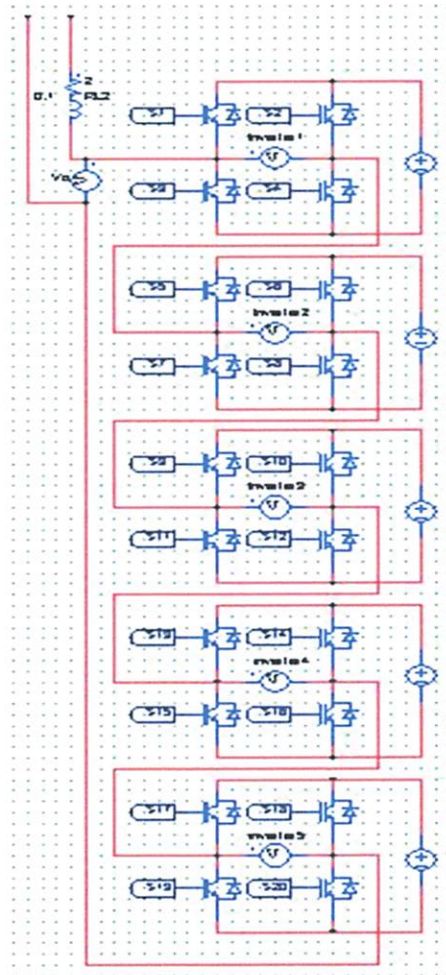
## 2.4 Cascaded Multilevel Inverter

Prinsip dasar yang dibutuhkan peralatan semikonduktor, yaitu kemampuan mensuplai daya yang besar dan tegangan output yang halus (*smooth*). Pada metode PWM (*pulse width modulation*) untuk memperoleh tegangan output yang halus dapat dilakukan dengan menaikkan *frekuensi switching*. Namun pada aplikasi daya yang lebih, besar *frekuensi switching* tidak bisa dinaikkan disebabkan karena besar *losses* yang timbul pada switch itu sendiri. Kelemahan tersebut dapat diatasi dengan metode *multilevel inverter*. Pada metode *multilevel inverter* rangkaian tegangan pada *switch* bisa lebih rendah dan mengatasi *losses* pada *switch*. (Y. Ari, 2009)

Sebuah cascaded multilevel inverter terdiri dari satu jembatan inverter penuh terhubung seri, masing-masing terisolasi dc bus mereka. Inverter multilevel ini dapat menghasilkan hampir sinusoidal gelombang tegangan dari beberapa sumber dc terpisah, yang dapat diperoleh dari sel surya, sel bahan bakar, baterai, kapasitor yang ultra, dll. Jenis converter ini tidak memerlukan transformator atau penjepit dioda atau kapasitor. Setiap tingkat dapat menghasilkan tiga output tegangan yang berbeda + VDC, 0 dan -Vdc dengan menghubungkan sumber dc ke sisi output ac dengan kombinasi yang berbeda. Tegangan output dari inverter M-level adalah jumlah dari semua output inverter individu. Masing-masing perangkat switch aktif h-bridge itu hanya pada frekuensi dasar, dan setiap unit H-jembatan menghasilkan kuasi-persegi sebuah gelombang dengan fase-fase pergeseran kaki beralih timing positif dan negatif. Selanjutnya, masing-masing perangkat beralih 180° (atau setengah siklus) terlepas dari lebar pulsa gelombang kuasi-persegi sehingga hasil metode switching dalam menyamakan saat masing-masing perangkat aktif.

Topologi inverter ini cocok untuk tegangan tinggi dan daya inversi tinggi karena kemampuannya untuk mensintesis bentuk gelombang dengan spektrum harmonik yang lebih baik dan frekuensi switching rendah. Mengingat kesederhanaan sirkuit dan keuntungan, Topologi Cascaded H-bridge dipilih untuk pekerjaan yang diberikan. Sebuah inverter multilevel memiliki empat keuntungan utama atas inverter bipolar konvensional. Pertama, gangguan tegangan pada setiap switch menurun karena koneksi seri switch. Oleh karena itu, akibatnya tegangan

dan daya total inverter dapat ditingkatkan dengan aman. Kedua, laju perubahan tegangan ( $dV / dt$ ) menurun karena tegangan rendah setiap siklus switching. Ketiga, distorsi harmonik berkurang karena tingkat produksi yang lebih. Keempat, kebisingan rendah dan gangguan elektromagnetik (EMI) diperoleh. (Mohan.D dkk, 2012)



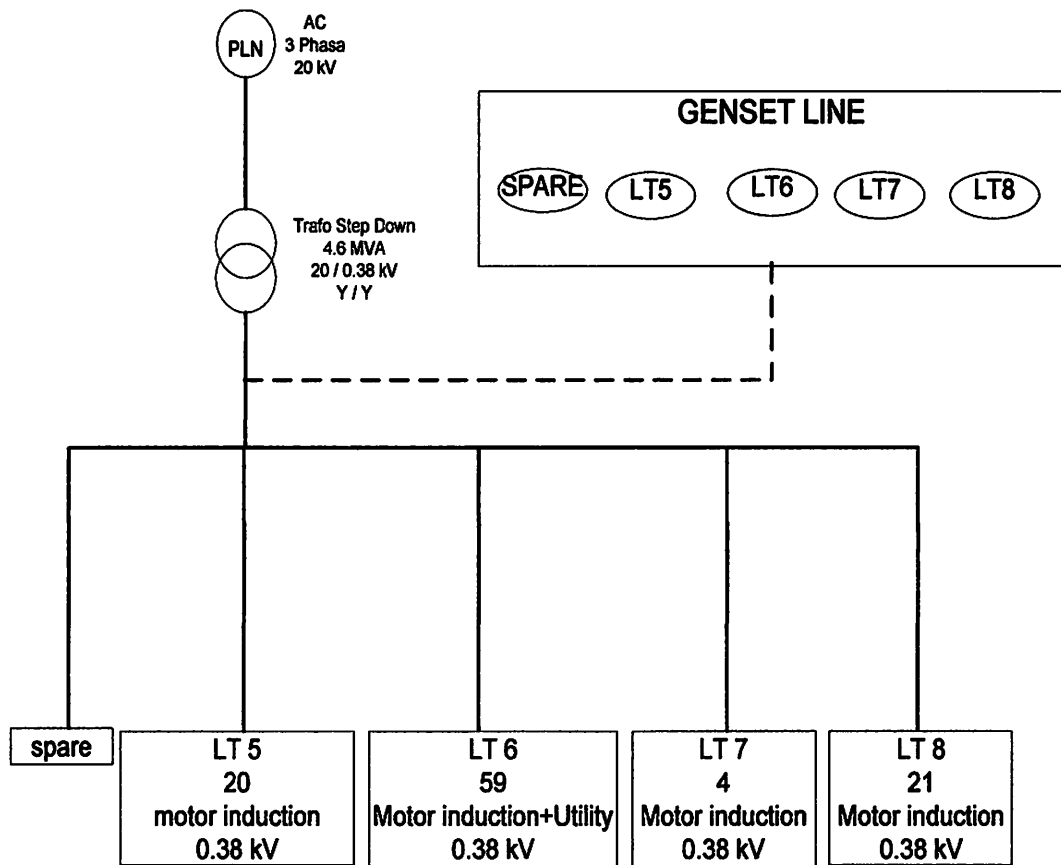
Gambar 2.6 Rangkaian inverter H-Bridge



### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Sistem Kelistrikan di PT. Easterntex-Pandaan

PT. Easterntex adalah sebuah pabrik yang bergerak dibidang tekstil yang terletak di wilayah Jawa Timur tepatnya di daerah Pandaan – Pasuruan. Pabrik ini menggunakan motor induksi 3 fasa dalam jumlah yang cukup banyak untuk menunjang tingkat produksi pemasaran. Hal ini tanpa disadari telah membuat kinerja sistem menurun yaitu berupa sering rusaknya motor induksi maupun peralatan lain yang sensitive. Menurunnya sistem tersebut dikarenakan kandungan harmonisa pada sistem ini juga muncul 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 jaringan PT.Easterntex.



Gambar 3.1 *Single line* distribusi tenaga listrik PT. Easterntex-Pandaan

Gambar 3.1 menunjukkan Sistem Jaringan Distribusi di PT. Easterntex - Pandaan, terdiri dari satu sumber 3 phasa 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.

### 3.1.1 Data Sumber, Trafo dan Beban pada PT. Easterntex.

- **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 :**

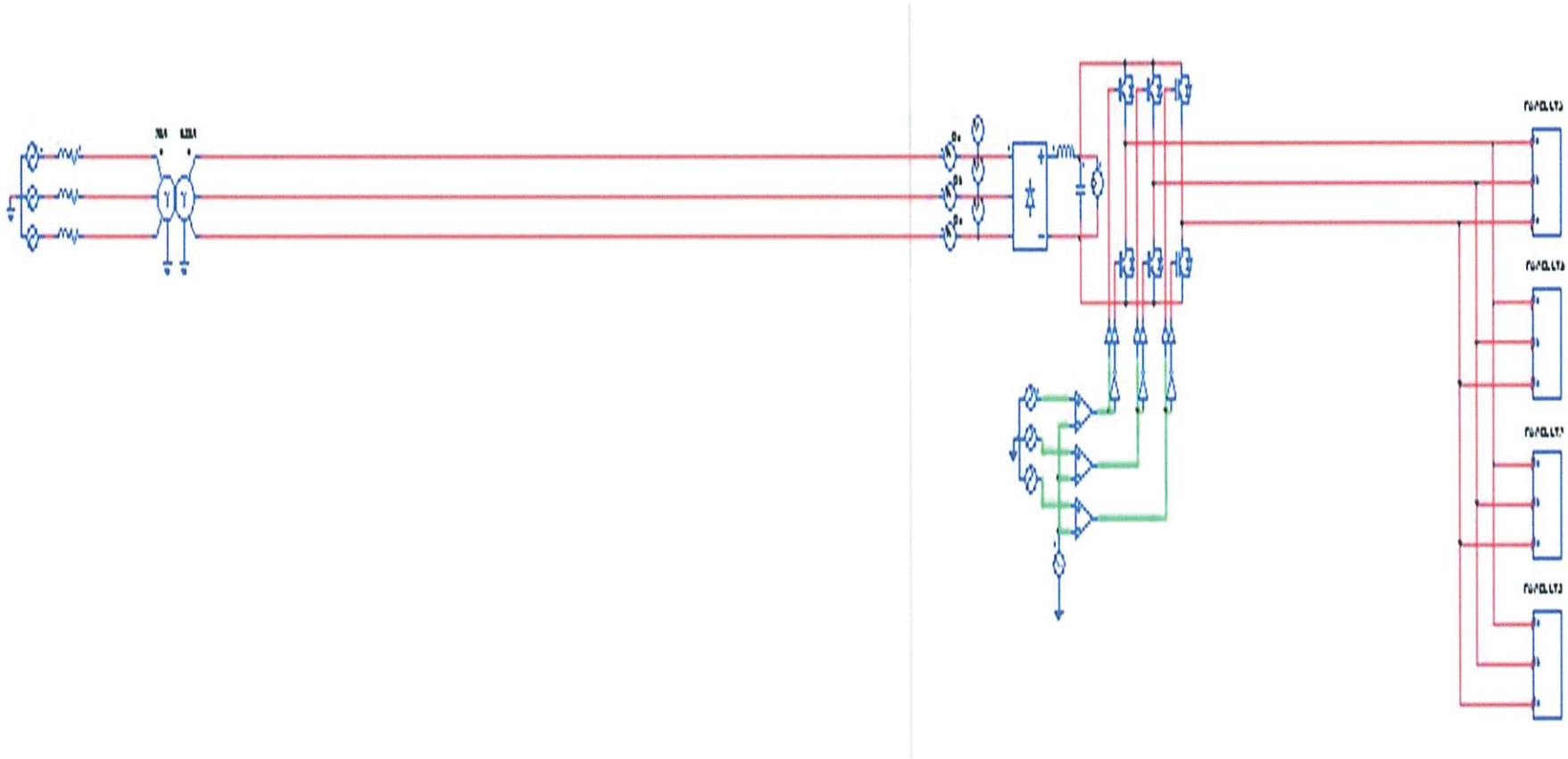
Daya	: 4.6 MVA
Tipe Konstruksi	: <i>Outdoor / Indoor</i>
Tegangan Primer / Sekunder	: 20 kV / 380 kV
Arus Primer / Sekunder	: 46169 A / 2509.40 A
Hubungan	: Y / Y
Frekuensi	: 50 Hz
Volume Minyak	: 1115 L
Impedansi	: 6 %
Berat Total	: 3855 Kg
Sistem Pendingin	: Onan

Tabel 3.1 Data Beban PT. Easterntex – Pandaan

Panel	NamaMesin	JumlahMesin	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

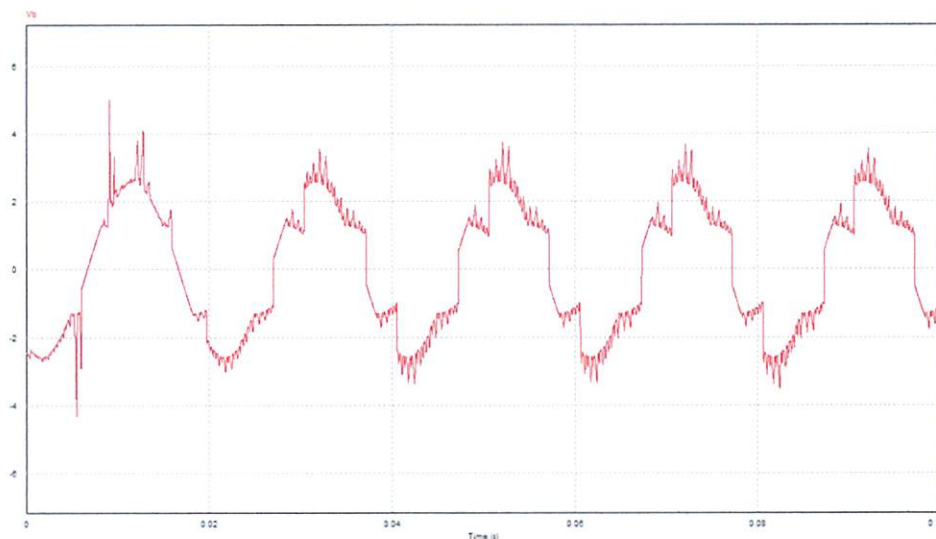
Panel	NamaMesin	JumlahMesin	Arus (A)	Tegangan (V)	THD V (%)	Kw	Rpm	Cos Phi
LT 8	DRAWING MIXING	1	325	340.1	18.53	200	1350	0.79
	DRAWING SECONG	1	422	340.1	18.57	250	1420	0.77
	DRAWIING FINISHER 1	1	81	340.1	18.49	50	1380	0.75
	DRAWIING FINISHER 2	1	244.7	340.1	16.32	137.5	2910	0.81
	DRAWIING FINISHER 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


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

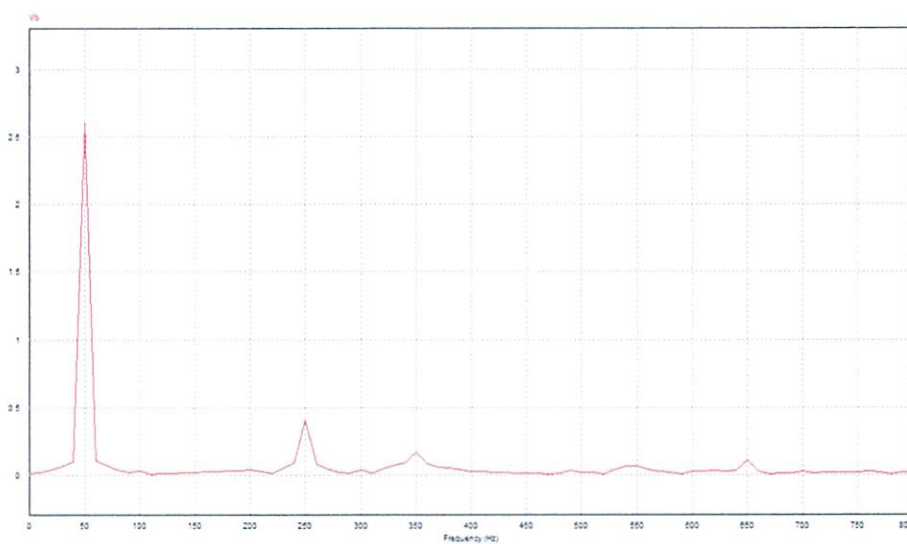


Gambar 3.2 Simulasi distribusi tenaga listrik PT. Easterntex dalam PSIM

- Tampilan hasil running simulasi harmonisa tegangan.



Gambar 3.3 Grafik tegangan di PT. Easterntex



Gambar 3.4 Spektrum harmonisa tegangan

Gambar di atas menunjukkan gelombang tegangan dari simulasi sistem kelistrikan PT. Eastrentex – Pandaan. Dapat dilihat bahwa gelombang tegangan tidak sinusoidal dimana itu tidak baik untuk sebuah sistem kelistrikan. Yang mana fenomena tersebut akan menyebabkan performa sistem menurun yaitu berupa sering rusaknya motor induksi maupun peralatan lain yang sensitive.

### 3.2 Konsep *Shunt* Aktif Filter Metode *Cascaded Multilevel Inverter*

Salah satu cara untuk mengimplementasikan metode *Cascaded Multilevel inverter* adalah menggunkan inverter full bridge 1 fasa yang dihubung seri dengan sumber tegangan terpisah. *n-level cascaded H-Bridge*, dimana *n* adalah jumlah level dari output *Multilevel Inverter* sedannngkan *H* adalah jumlah *inverter full bridge* yang di *cascaded*.

$$n = 2H + 1 \dots \dots \dots (3.1)$$

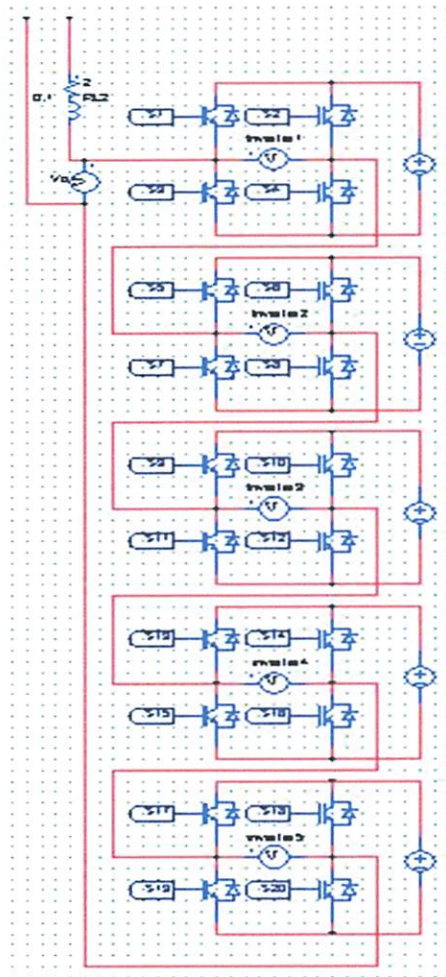
Keterangan:

*n* = Jumlah level *Cascaded Multilevel Inverter*

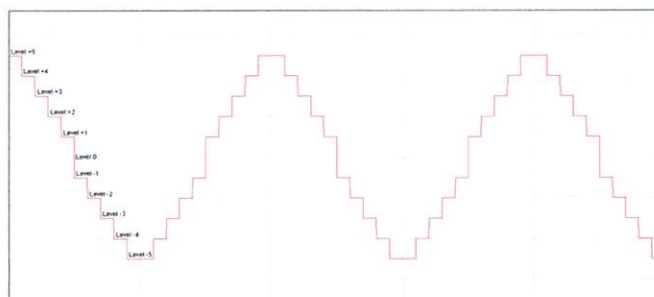
*H* = Jumlah inverter Full bridge

Semakin banyak level pada *Cascaded Multilevel inverter* maka tegangan outputnya juga akan semakin halus. Akan tetapi jika levelnya semakin tinggi, maka *H* (jumlah inverter) juga akan semakin banyak sehingga membutuhkan banyak komponen. Gambar rangkaian dan bentuk gelombang keluaran *Cascaded Multilevel Inverter 11-Level cascaded 5-Bridge*.

Keluaran dari rangkaian gambar 3.1 terdiri dari 11 level amplitudo, yaitu +5, +4, +3, +2, +1, 0, -1, -2, -3, -4, -5. Bentuk gelombang keluaran dari rangkaian *Cascaded Multilevel Inverter 11-Level cascaded 5-Bridge* ditunjukkan pada Gambar 3.6. Pada Gambar tersebut gelombang referensi berupa gelombang sinus murni dan sehingga gelombang keluaran dari *Cascaded multilevel Inverter* juga berbentuk sinus tetapi bertingkat (tangga).



Gambar 3.5 Rangkaian *Cascaded Multilevel Inverter* 11-Level cascaded 5-Bridge

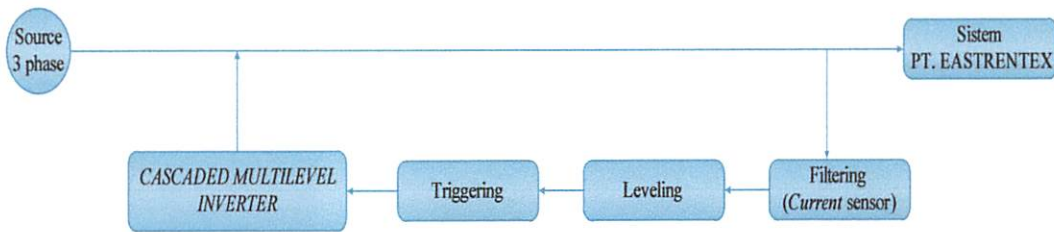


Gambar 3.6 Gelombang *Cascaded Multilevel Inverter* 11-Level cascaded 5-Bridge

Cara kerja metode *cascaded multilevel inverter* sebagai filter aktif adalah dengan mengambil gelombang harmonisa sistem. Gelombang harmonisa dari sistem menjadi referensi dari rangkaian inverter ini. Dengan harapan rangkaian *cascaded Multilevel Inverter* dapat membangkitkan gelombang yang sama bentuk



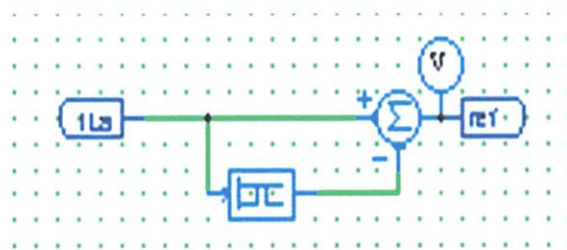
dan amplitudonya dengan gelombang harmonisa sistem. Selajutnya keluaran dari *inverter* tersebut diinjeksikan ke sistem sebagai kompensasi harmonisa.



Gambar 3.7 Blok diagram *Cascaded Multilevel Inverter* sebagai filter aktif

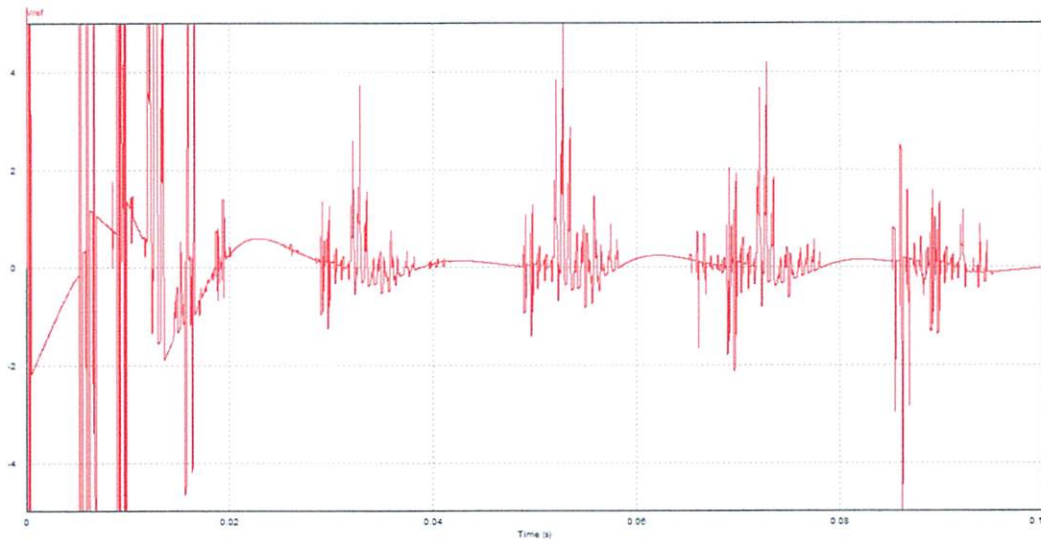
### 3.3 Proses Filtering

Proses *filtering* bertujuan untuk mendapatkan gelombang harmonisa, caranya adalah dengan menggunakan band pass filter. Rangkaian filtering dapat dilihat pada gambar 3.8.



Gambar 3.8 Rangkaian filtering

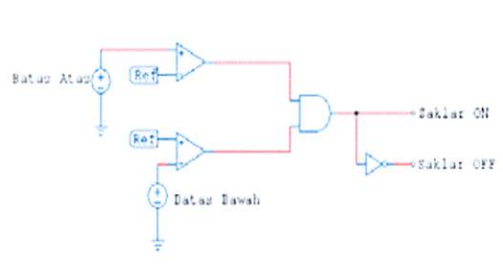
Untuk mendapatkan gelombang referensi, maka  $v_{La}$  sebagai tegangan sistem dikurangi dengan komponen fundamental. Dengan cara memfilter tegangan pada frekuensi band pass 50 Hz, kemudian tegangan dikurangi dengan komponen fundamental, sehingga didapatkan tegangan dengan komponen harmonisa saja. Gelombang tersebut sebagai referensi untuk rangkaian *Cascaded Multilevel Inverter*. Bentuk gelombang harmonisa dapat dilihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.9 Gelombang harmonisa

### 3.4 Proses Leveling

Supaya menghasilkan bentuk yang sama dengan gelombang referensi, maka dilakukan pendeteksian level gelombang referensi atau yang disebut dengan leveling. Gelombang yang menjadi referensi dinormalisasikan terlebih dahulu sehingga didapatkan amplitude maksimal +5 dan minimal -5. Rangkaian leveling menggunakan Op-Amp dan gerbang logika AND dapat dilihat pada gambar 3.10. Rangkaian leveling ini bertujuan agar *Cascaded Multilevel Inverter* dapat menghasilkan keluaran yang sama dengan gelombang referensinya.



Gambar 3.10 Gelombang harmonisa

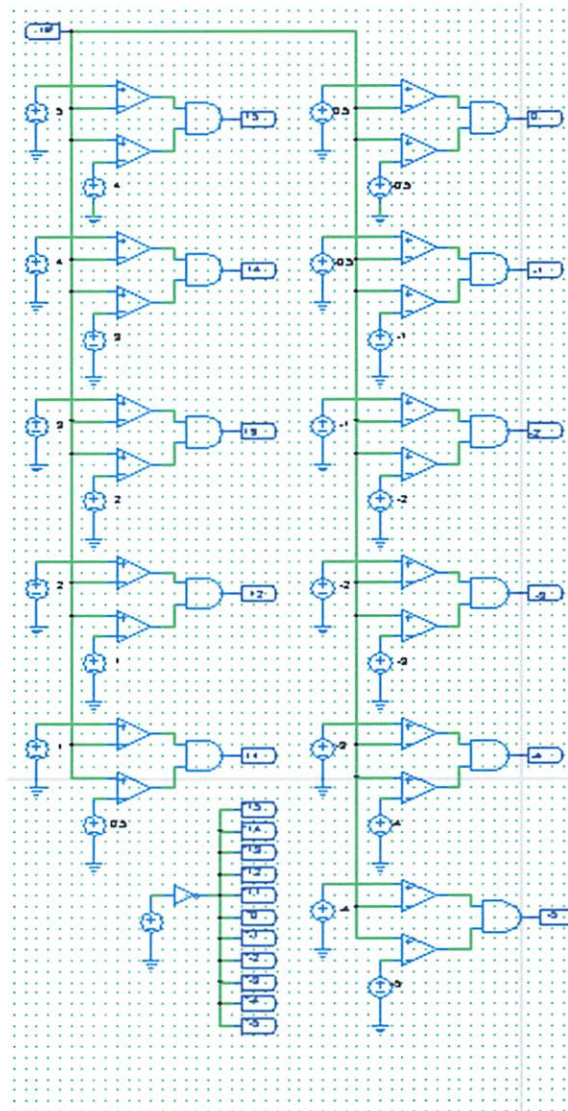
Pada gambar 3.10 terdapat 2 *Op-Amp* (A dan B) dan 1 gerbang AND. Untuk *Op-Amp* A input non inverting adalah amplitude batas atas level sedangkan gelombang referensi pada input negatif. Sedangkan untuk *Op-Amp* B input non Inverting adalah gelombang referensi dan input inverting adalah batas bawah level. Batas atas dan batas bawah yang dimaksud pada gambar 3.10 adalah batas

amplitude untuk tiap level. Sedangkan gerbang AND berfungsi untuk memastikan bahwa amplitude berada diantara batas atas dan batas bawah. Sehingga apabila salah satu batas tidak terpenuhi, maka saklar pada level tersebut tidak bekerja atau dalam keadaan *OFF*.

Untuk tiap level memiliki pengaturan saklar yang bervariasi, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 3.2. Pada tiap level memerlukan rangkaian seperti pada gambar 3.10. Sehingga total rangkaian pendeteksi level ada 11 rangkaian sesuai dengan jumlah levelnya (11 level). Untuk rangkaian lengkapnya dapat dilihat pada gambar 3.11.

Tabel 3.2 Variasi level amplitudo dan pengaturan saklar

Level	Amplitudo	Saklar																			
	Output	Inverter 1				Inverter 2				Inveretr 3				Inverter 4				Inverter 5			
	(Vo)	S1 <sub>1</sub>	S2 <sub>1</sub>	S3 <sub>1</sub>	S4 <sub>1</sub>	S5 <sub>1</sub>	S6 <sub>1</sub>	S7 <sub>1</sub>	S8 <sub>1</sub>	S9 <sub>1</sub>	S10 <sub>1</sub>	S11 <sub>1</sub>	S12 <sub>1</sub>	S13 <sub>1</sub>	S14 <sub>1</sub>	S15 <sub>1</sub>	S16 <sub>1</sub>	S17 <sub>1</sub>	S18 <sub>1</sub>	S19 <sub>1</sub>	S20 <sub>1</sub>
5	$V1+V2+V3+V4+V5$	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1
4	$V1+V2+V3+V4$	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0
3	$V1+V2+V3$	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0
2	$V1+V2$	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
1	$V1$	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
-1	$(-V1)$	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
-2	$(-V1)+(-V2)$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
-3	$(-V1)+(-V2)+(-V3)$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1
-4	$(-V1)+(-V2)+(-V3)+(-V4)$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1
-5	$(-V1)+(-V2)+(-V3)+(-V4)+(-V5)$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0



Gambar 3.11 Rangkaian leveling (11 level)

### 3.5 Proses Triggering

Banyak saklar pada *inverter* ini disimbolkan dengan huruf  $S$ , dengan rumus seperti persamaan di bawah berikut.

$$S = 2(n - 1) \dots \dots \dots (3.2)$$

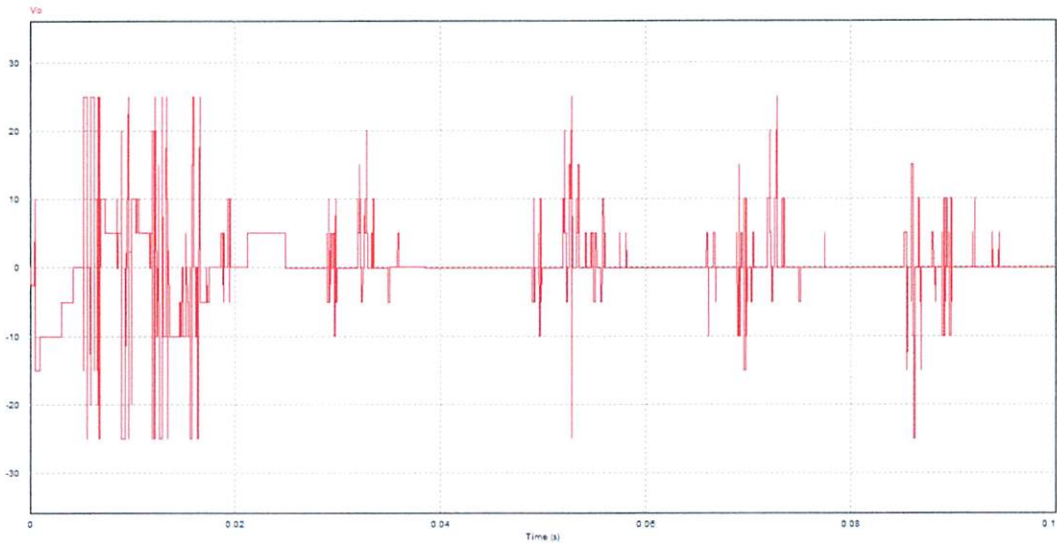
Sesuai dengan persamaan tersebut, jumlah saklar untuk 11 level cascaded 5 bridge adalah sebanyak 20. Keluaran pada setiap rangkaian *full bridge inverter* mempunyai 3 variasi tegangan output antara lain  $+V$ ,  $0$  dan  $-V$ . Ketiga variasi tegangan tersebut dihasilkan dari pengaturan *switching* ( $S_1, S_2, S_3$  dan  $S_4$ ).

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, bahwa pada 11 level cascaded 5 bridge, amplitudo yang dihasilkan oleh inverter ini bervariasi dari  $-V_5$  sampai

dengan V5. Untuk mengatur variasi amplitudo, yang berperan utama adalah ke 20 saklar tersebut.

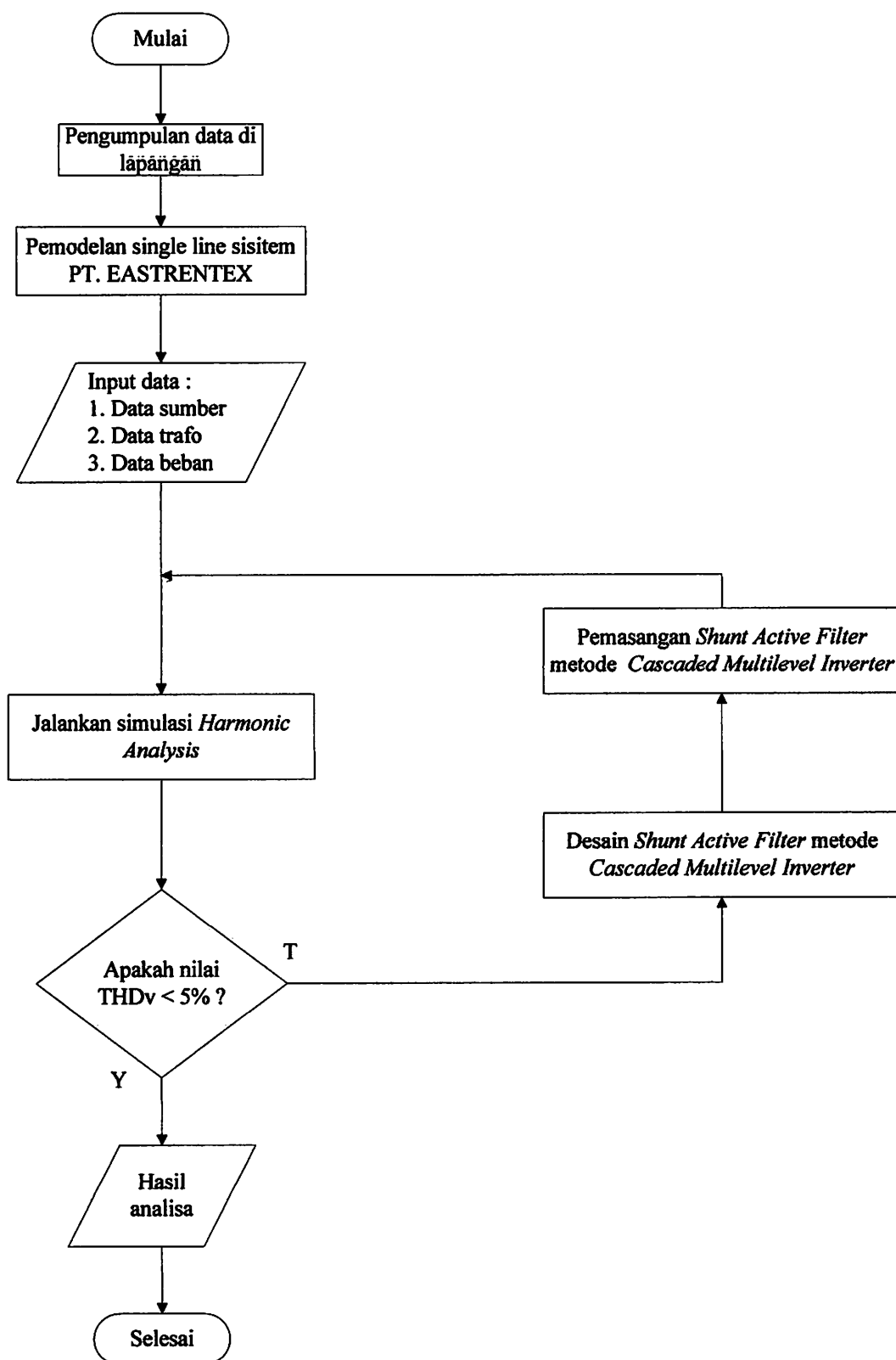
### 3.6 Output Dari *Cascaded Multilevel Inverter*

Setelah melalui tahap filtering, leveling dan triggering maka di dapat output rangkaian *Cascaded Multilevel inverter*.



Gambar 3.12 Output *Cascaded Multilevel Inverter*

### 3.7 Flowchart Penyelesaian Masalah



Gambar 3.13 Flowchart penyelesaian masalah

### **3.7.1 Algoritma Pemecahan Masalah Perbaikan Harmonisa Menggunakan Shunt Aktif Filter Metode Cascaded Multilevel Inverter**

1. Mulai.
2. Pengambilan data di tempat penelitian yaitu PT. EASTRENTEX.
3. Menggambar *single line* jaringan kelistrikan PT. EASTRENTEX.
4. Menginputkan data sumber, traro dan beban.
5. Menjalankan *Harmonics Analysis*.
6. Apakah  $THD_v < 5\%$  ?

Jika ya, lanjut ke step berikutnya.

Jika tidak, mendesain *Shunt Active Filter* metode *Cascaded Multilevel Inverter* kemudian memasangkan pada sisitem jaringan kelistrikan PT. EASTRENTEX menggunakan *software PSIM*.

7. Tampilkan hasil simulasi program.
8. Selesai.

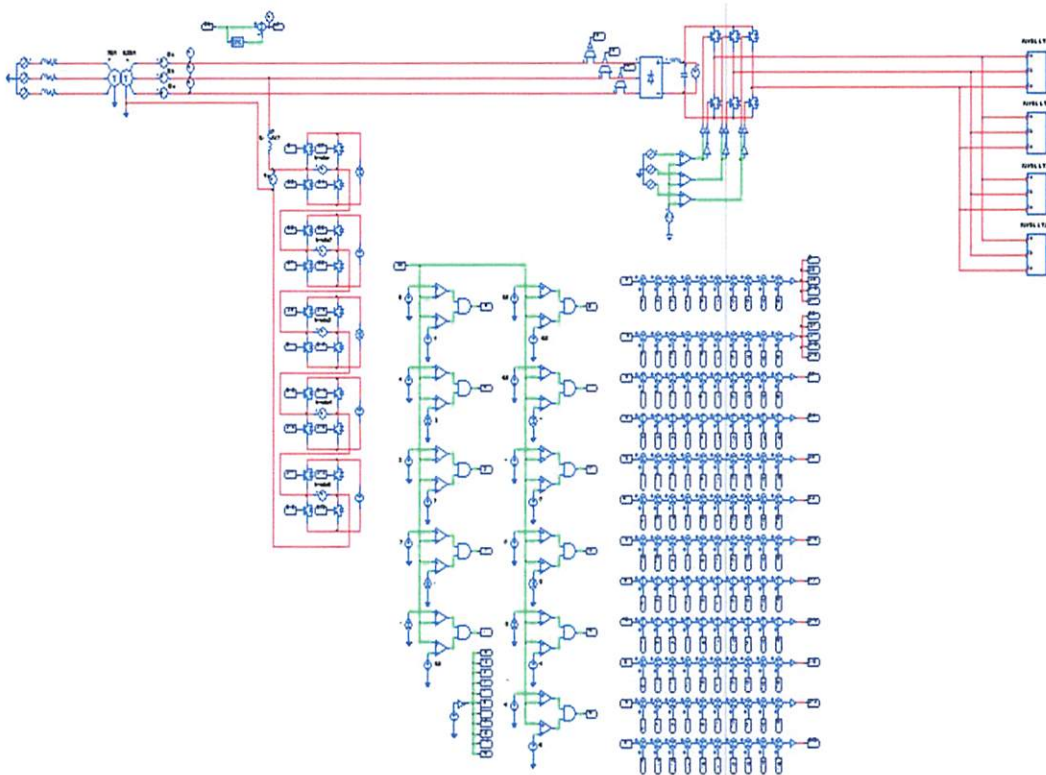


## BAB IV

### ANALISA HASIL

#### 4.1. *Single Line* Sistem Kelistrikan di PT. Easterntex

Pada simulasi akan dilakukan pengambilan data dengan perbandingan saat sebelum dan sesudah pemasangan *Cascaded Multilevel Inverter* sebagai filter aktif. Setelah itu hasil keluaran harmonisa tegangan akan dianalisa dan dapat dilihat seberapa besar kemampuan filter dalam mereduksi harmonisa tegangan pada sistem. Untuk mensimulasi sistem dalam software *PSIM* maka terlebih dahulu digambarkan *single line* sistem jaringan PT. Easterntex. Kemudian mensimulasikan sesuai dengan langkah kerja dan menganalisa hasilnya. Berikut *single line* sistem kelistrikan PT. Easterntex yang digambarkan menggunakan software *PSIM*.



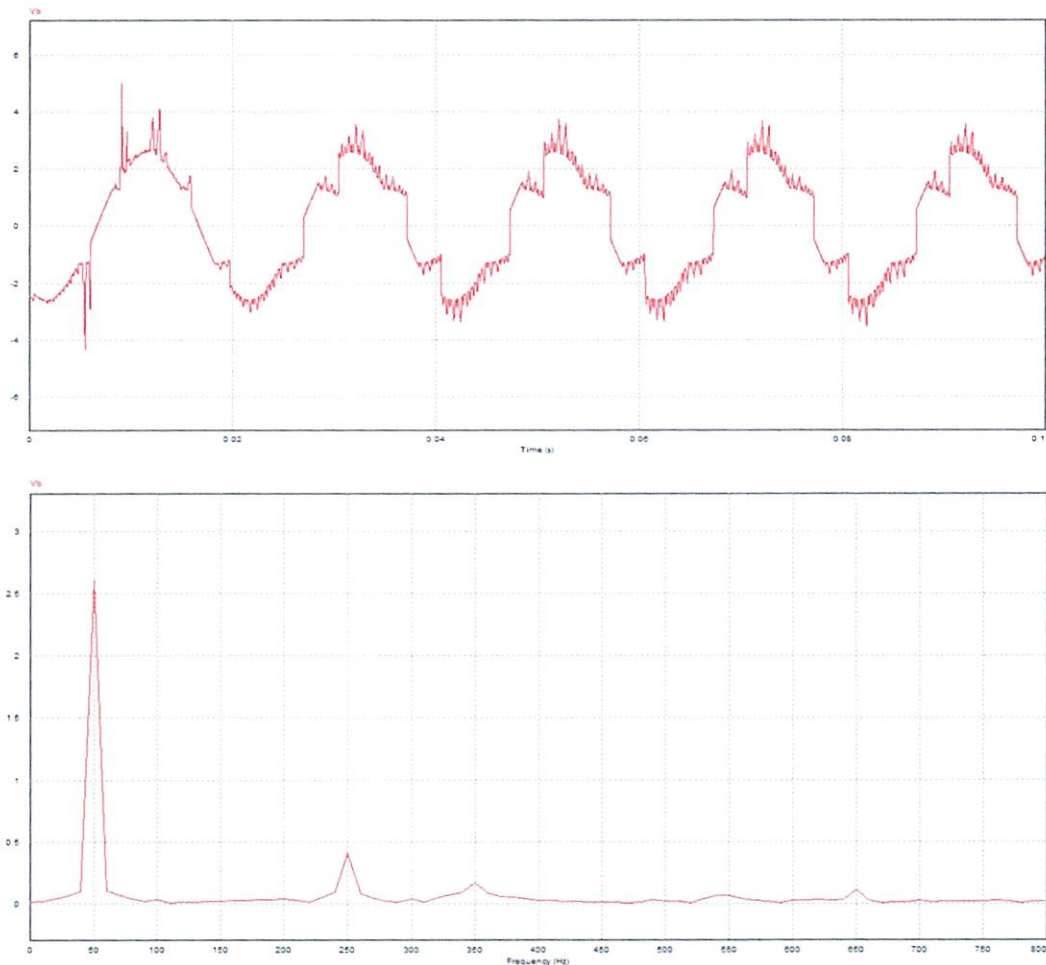
Gambar 4.1 Simulasi distribusi tenaga listrik dengan *Cascaded Multilevel Inverter* sebagai filter aktif PT. Eastrentex dalam *PSIM*

#### 4.2. Solusi Perbaikan Harmonisa Tegangan

Dengan menggunakan *Software PSIM* ini secara skematik kita dapat mengkonstruksi rangkaian, menjalankan simulasi, menganalisa hasil dan manajemen data dalam sebuah integrasi yang lengkap dalam hal grafis, termasuk kontrol dan alat-alat ukur. Dengan demikian permasalahan yang ada pada PT. Easterntex - pandangan dan solusi yang ingin diberikan dapat dilakukan menggunakan *software PSIM*.

#### 4.3 Hasil Simulasi Sebelum Pemasangan Filter

Untuk langkah awal akan dilakukan simulais tanpa pemasangan filter pada sisi sumber 3 fasa untuk mengetahui besar harmonisa tegangan yang ada pada sistem kelistrikan PT. Eastrentex.

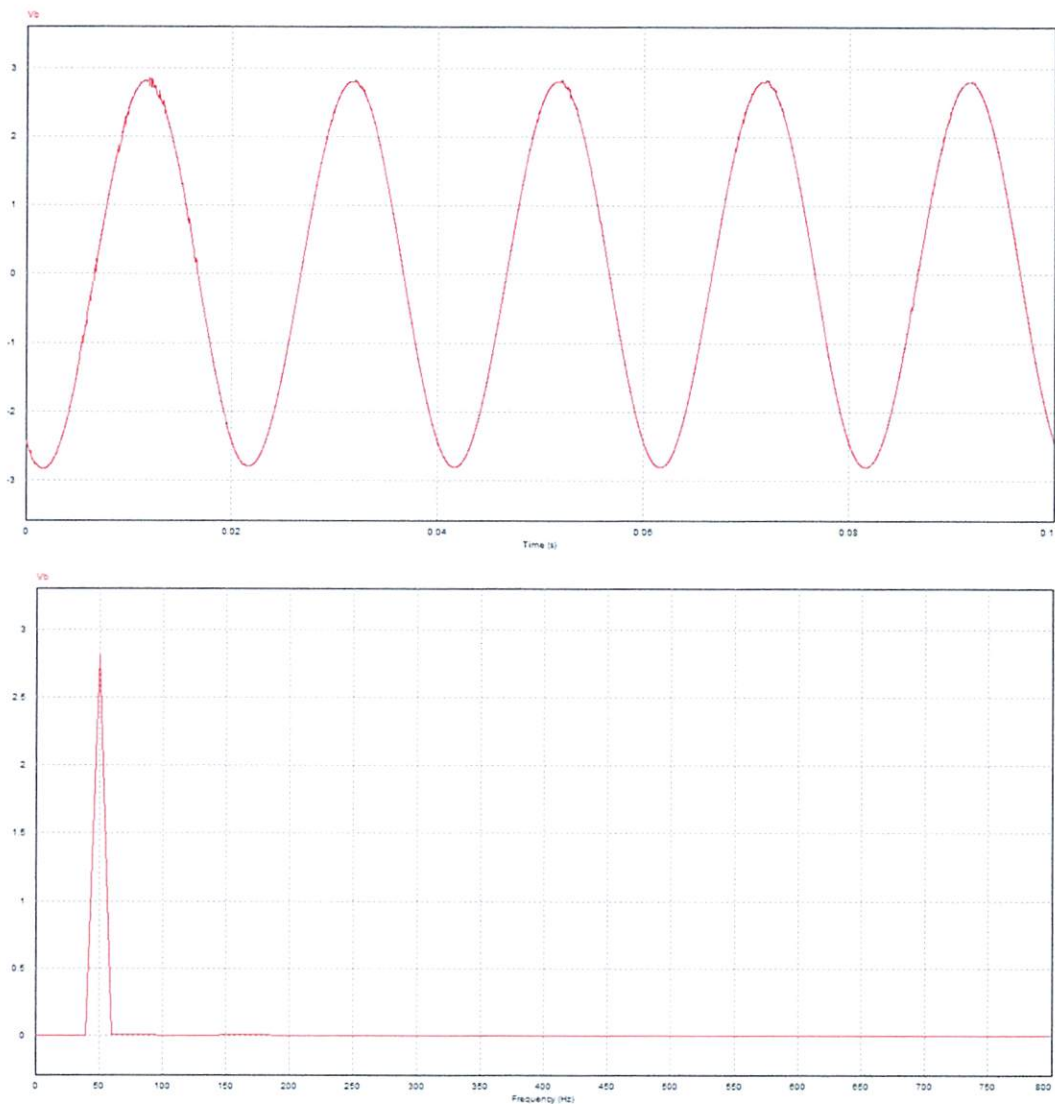


Gambar 4.2 (a) Gambar gelombang tegangan sumber sebelum pemasangan filter dan  
(b) Spektrum tegangan sumber sebelum pemasangan filter

Gambar 4.2 (a) menunjukkan bentuk gelombang tegangan pada sistem jaringan distribusi PT.Eastrentex. Terlihat pada gambar gelombang tidak berbentuk sinusoida secara sempurna melainkan mengalami cacat pada bentuk gelombangnya karena terdistorsi harmonisa dengan THD sebesar 18.87 %.

#### 4.4 Hasil Simulasi Setelah Pemasangan Filter

Untuk langkah selanjutnya akan dilakukan simulasi dengan pemasangan filter pada sisi sumber 3 fasa untuk mengetahui berapa besar harmonisa tegangan yang dapat direduksi filter aktif metode *Cascaded Multilevel Inverter* pada sistem kelistrikan PT. Eastrentex.



Gambar 4.3 (a) Gambar gelombang tegangan sumber setelah pemasangan filter dan

(b) Spektrum tegangan sumber setelah pemasangan filter

Gambar 4.3 (a) menunjukkan bentuk gelombang tegangan yang awalnya tidak berbentuk sinusoida karena efek terdistorsi harmonisa berubah menjadi sinusoida. Itu menunjukkan bahwa *Cascaded Multilevel Inverter* sebagai filter mampu untuk mereduksi harmonisa tegangan pada system jaringan kelistrikan PT. Eastrentex dengan THD sebesar 0.11 %.

#### 4.5 Perbandingan Perhitungan Nilai Harmonisa Tegangan

##### 4.5.1 Perhitungan Nilai Harmonisa Tegangan Sebelum Pemasangan Filter

Tabel 4.1 Peforma sistem (harmonisa tegangan) sebelum pemasangan filter

Konfigurasi Sistem	Tanpa Filter	
Harmonisa Tegangan	3 <sup>th</sup>	0.025
	5 <sup>th</sup>	0.41
	7 <sup>th</sup>	0.15
	9 <sup>th</sup>	0.015
	11 <sup>th</sup>	0.072
	13 <sup>th</sup>	0.11
	15 <sup>th</sup>	0.022
Analisa THD %	V	18.87 %

$$\text{THD}_V = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} V_h^2}}{V_F} \dots \dots \dots (4.1)$$

$$\text{THD}_V = \frac{\sqrt{\left(\frac{0.025}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.41}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.15}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.015}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.072}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.11}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.022}{\sqrt{2}}\right)^2}}{\frac{2.43}{\sqrt{2}}} \times 100\%$$

$$\text{THD}_V = \frac{\sqrt{0.00031 + 0.084 + 0.011 + 0.00011 + 0.0025 + 0.006 + 0.00024}}{1.71} \times 100\%$$

$$\text{THD}_V = 18.87 \%$$

**4.5.2 Perhitungan Nilai Harmonisa Tegangan Setelah Pemasangan Filter**

Tabel 4.2 Peforma sistem (harmonisa tegangan) sesudah pemasangan filter

Konfigurasi Sistem	Dengan Filter	
<b>Harmonisa Tegangan</b>	3 <sup>th</sup>	0.0024
	5 <sup>th</sup>	0.00079
	7 <sup>th</sup>	0.00078
	9 <sup>th</sup>	0.00063
	11 <sup>th</sup>	0.00070
	13 <sup>th</sup>	0.00062
	15 <sup>th</sup>	0.00069
<b>Analisa THD %</b>	<b>V</b>	<b>0.11 %</b>

$$THD_v = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} V_h^2}}{V_F} \dots \dots \dots (4.2)$$

$$THD_v = \frac{\sqrt{\left(\frac{0.0024}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.00079}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.00078}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.00063}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.00070}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.00062}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{0.00069}{\sqrt{2}}\right)^2}}{\frac{2.67}{\sqrt{2}}} \times 100\%$$

$$THD_v = \frac{\sqrt{0.0000028 + 0.00000031 + 0.0000003 + 0.00000019 + 0.00000025 + 0.00000019 + 0.00000024}}{1.88} \times 100\%$$

THD<sub>v</sub> = 0.11 %

Tabel 4.3 Peforma sistem (harmonisa tegangan) sebelum dan sesudah pemasangan filter

Konfigurasi Sistem	Sebelum	Sesudah
<b>Pengukuran THD %</b>	18.57 %	0.11 %
<b>Analisa THD %</b>	18.87 %	0.11 %

Tabel 4.3 menjelaskan tentang peforma sistem sebelum dan sesudah pemasangan *Cascaded Multilevel Inverter* sebagai filter aktif pada sistem jaringan kelistrikan PT. Eastrentex – Pandaan. Pada saat kondisi sebelum terpasang filter

dapat dilihat bahwa nilai THD harmonisa tegangan sebesar 18.87 %. Namun sesudah pemasangan *Cascaded Multilevel Inverter* sebagai filter maka nilai THD tegangan yang didapat berkurang secara signifikan yaitu menjadi 0.11 %.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dengan diperolehnya hasil analisa *Shunt Active Filter* metode *Cascaded multilevel Inverter* dengan menggunakan bantuan *software* PSIM, maka dapat diambil kesimpulan :

- a. Metode *Cascaded multilevel Inverter* dapat diaplikasikan sebagai filter aktif dan mampu mereduksi harmonisa tegangan.
- b. Harmonisa tegangan dapat direduksi oleh metode *Cascaded multilevel Inverter* sebagai filter aktif, dari sebelum pemasangan filter nilai THD sebesar 18.87 % turun menjadi 0.11 % setelah pemasangan filter.
- c. Dengan pemasangan *Cascaded multilevel Inverter* sebagai filter aktif mampu meningkatkan performa system jaringan kelistrikan pada PT. Eastrentex – Pandaan.

#### **5.2 Saran**

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

- a. Analisa ini hanya membahas tentang harmonisa tegangan saja, pada penelitian selanjutnya dapat ditambahkan harmonisa arus agar hasil bisa lebih optimal dalam mereduksi harmonisa.
- b. Ditambahkan juga untuk analisa daya reaktif.
- c. Disarankan untuk membahas fungsi biaya agar bisa melihat nilai yang ekonomis dan optimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- C. Dugan Roger, F. McGranaghan, Santoso Surya. Beaty H. Wayne, “ *Electrical Power System Quality Second Edition*”, McGraw-Hill Companies, 2004.
- D. Mohan, Sreejith B.Kurub, “ *A Comparative Analysis of Multi Carrier SPWM Control Strategies using Fifteen Level Cascaded H – bridge Multilevel Inverter*”, International Journal of Computer Applications (0975 – 8887), Volume 41– No.21, March 2012.
- D. William, and Jr. Stevenson, 1990, “ *Analisa Sistem Tenaga Listrik*” Jakarta, Erlangga.
- G. B. Folland (1992), *Fourier Analysis and Its Applications*, Wardsworth & Brooks/Cole, Paci\_c Grove.
- M. Aredes, L.F.C. Monteiro, and J.M. Miguel, “ *Control Strategies for Series and Shunt Active Filters*”, IEEE Bologna Power Tech Conference, 23-26 Juni 2003, Bologna-Italy.
- M. Rifki, “ *Implementasi Dynamic Voltage Restorer (DVR) untuk perbaikan kualitas tegangan dan mereduksi harmonisa di PT. Easterntex – Pandaan*”, Institut Teknologi Nasional Malang, 2013.
- S. jain, S.S. Thakur and S.P. Phulambrikar, “ *Improve Power Quality and Reduce The Harmonics Distorsion of Sensitive Load*”, International Journal Of Engineering Research and Application (IJEKA), Vol.2, Issue.6, November-Desember 2012, pp. 806-815, ISSN : 2248-9622.
- T. Odinanto, S. Winardi, K.H.Saputra, “ *Perancangan filter aktif tiga fasa menggunakan control Propotional integral Derivative (PID) untuk mereduksi harmonisa pada sisitem tenaga listrik*”, Jurusan teknik elektro – ITATS.
- Y. Ari, “ *Desain dan Simulasi Filter Daya Aktif Shunt Untuk Kompensasi Harmonisa Menggunakan Metode Cascaded Multilevel Inverter*”, FTI Institut Teknologi Sepuluh November, 2009.





LAMPIRAN



## PERMOHONAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Yang Bertanda Tangan Dibawah Ini:

Nama : Edwin Krisdianto  
 N I M : 1112014  
 Semester : 8  
 Fakultas : Teknologi Industri  
 Jurusan : Teknik Elektro S-I  
 Konsentrasi : TEKNIK ENERGI LISTRIK  
TEKNIK ELEKTRONIKA  
TEKNIK KOMPUTER DAN INFORMATIKA  
TEKNIK KOMPUTER  
TEKNIK TELEKOMUNIKASI  
 Alamat : Jl. Colonel Sugoto 99 3A No. 250

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.

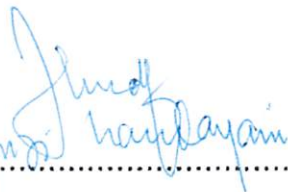
Adapun persyaratan- persyaratan pengambilan SKRIPSI adalah sebagai berikut:


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

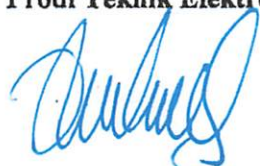
Malang, 5 Maret .....2015  
 Pemohon

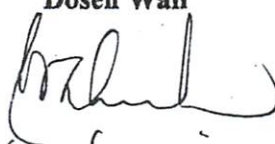
  
 (.....)

  
 (Edwin Krisdianto  
 .....) )

Disetujui  
 Ketua Prodi Teknik Elektro S-I

Mengetahui  
 Dosen Wali


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

  
 (A. Lomri  
 .....) )

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



Tanggal :

1.	NIM	1112014
2.	Nama	Edwin Kresnanto
3.	Judul yang diajukan	deu ✓
4.	<b>Disetujui/Ditolak*</b>	
5.	Catatan:	
6.	Pembimbing yang diusulkan: 1. <del>Ir Ni Puhi</del> <del>[redacted]</del> , MT ✓ 2. Laulul Mahfudz Hayasman, STMT ✓	
Menyetujui		
1. Koordinator Dosen Kelompok Keahlian		
		
2. Dosen Kelompok Keahlian (Terlampir)		

\* : Coret yang tidak perlu

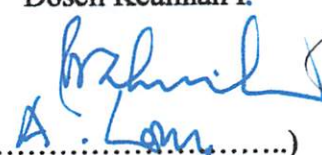
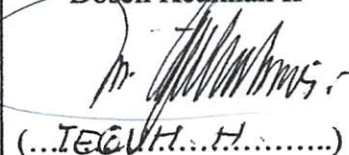
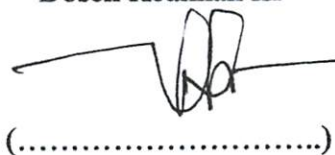

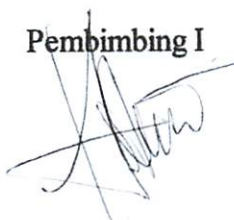



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Kampus II : Jl. Raya Karanglo Km. 2 Telp. (0341) 417636 Malang

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

1.	Nim	: 1112014		
2.	Nama	: EDWIN KRISDIANTO		
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	DESAIN FILTER AKTIF SHUNT DENGAN METODE CASCADED MULTILEVEL INVERTER UNTUK MEREDUKSI HARMONISA DI RSTK.II DR. SOEPRAOEN MALANG MENGGUNAKAN SOFTWARE PSCAD/EMTDC		
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	
	 (.....A. Lan.....)	 (.....TEGUH.....H.....)	 (.....)	
	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	EDWIN KRISDIANTO	NIM	1112014
2.	Keterangan	Tanggal	Waktu	Tempat / Ruang
	Pelaksanaan	11 Juni 2015	09.00	1-5
3.	Judul Skripsi	DESAIN FILTER AKTIF SHUNT DENGAN METODE CASCADED MULTILEVEL INVERTER UNTUK MEREDUKSI HARMONISA DI RSTK.II DR. SOEPRAOEN MALANG MENGGUNAKAN SOFTWARE PSCAD/EMTDC		
4.	Perubahan Judul	<i>Penodelan dan Analisis Shunt Aktif Filter dengan Metode Cascaded Multilevel Inverter Untuk Mereduksi Harmonisa.</i>		
5.	Catatan :			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Diskripsikan flowchart.</i></li> <li>- <i>flowchart dilengkapi, untuk input data trafo.</i></li> <li>- <i>fix ke tempat penelitian yang dilakukan.</i></li> </ul>			
6.	Mengetahui, Ketua Jurusan.		Disetujui, Dosen Pembimbing	
	 <u>M. Ibrahim Ashari, ST, MT</u>		Pembimbing I	Pembimbing II
			 Ir. Ni Putu Agustini, MT	 Lauhil Mahfudz Hayusman, ST, MT



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
Jl. Raya Karangrejo, Km. 2 MALANG

### Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

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

Nama : Edwin Kisdianto  
NIM : 112 014  
Perbaikan Meliputi :

7. Pustaka referensi?

Malang,.....20

(.....)



## PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

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

Hari/Tanggal : Selasa, 18 Agustus 2015

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

Nama : EDWIN KRISDIANTO  
NIM : 1112014  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik  
Judul Skripsi : **Pemodelan Dan Analisis *Shunt* Aktif Filter Dengan Metode *Cascaded Multilevel Inverter* Untuk Mereduksi Harmonisa**

No	Materi Perbaikan	Ket
1.	Pustaka referensi	

Dosen Penguji I

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

Dosen Pembimbing I

Ir. Ni Putu Agustini, MT  
NIP.Y. 1030100371

Dosen Pembimbing II

Lauhil Mahfudz Hayusman, ST, MT  
NIP.P. 1031400472



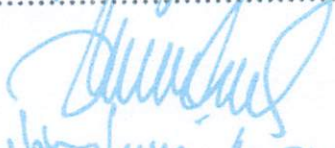
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
Jl. Raya Karangie, Km. 2 MALANG

### Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

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

Nama : Edion Kresdianto  
NIM : 112014  
Perbaikan Meliputi :

Perbaikan Paragraf dan tabel

Malang, 18 Agustus 2015  
  
(M. Ibrahim A. S.M.T.)





## PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

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

Hari/Tanggal : Selasa , 18 Agustus 2015

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

Nama : EDWIN KRISDIANTO  
NIM : 1112014  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik  
Judul Skripsi : **Pemodelan Dan Analisis *Shunt* Aktif Filter Dengan Metode *Cascaded Multilevel Inverter* Untuk Mereduksi Harmonisa**

No	Materi Perbaikan	Ket
1.	Perbaiki penulisan gambar dan table	

Dosen Penguji II

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

Dosen Pembimbing I

Ir. Ni Putu Agustini, MT  
NIP.Y. 1030100371

Dosen Pembimbing II

Lauhil Mahfudz Hayusman, ST, MT  
NIP.P. 1031400472



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 : EDWIN KRISDIANTO
2. NIM : 1112014
3. Jurusan : TEKNIK ELEKTRO S-1
4. Konsentrasi : TEKNIK ENERGI LISTRIK
5. Judul Skripsi : **PEMODELAN DAN ANALISIS SHUNT AKTIF FILTER DENGAN METODE CASCADED MULTILEVEL INVERTER UNTUK MEREDUKSI HARMONISA**

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

Hari : Selasa

Tanggal : 18 Agustus 2015

Dengan Nilai : 81,32 (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**

**(Bambang Priyo Hartono, ST, MT)**

NIP. Y. 1028400082

**Penguji II**

**(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-167/EL-FTI/2015 Tanggal, 28 Mei 2015  
Lampiran : -  
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Kepada : Yth. Bapak/Ibu **Ir. Ni Putu Agustini, MT**  
Dosen Teknik Elektro S-1  
ITN MALANG

Dengan Hormat

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa :

Nama : **EDWIN KRISDIANTO**  
Nim : **1112014**  
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-167/EL-FTI/2015  
Lampiran : -  
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Tanggal, 28 Mei 2015

Kepada : Yth. Bapak/Ibu **Lauhil Mahfudz Hayusman, ST, MT**  
Dosen Teknik Elektro S-1  
ITN MALANG

Dengan Hormat

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa :

Nama : **EDWIN KRISDIANTO**  
Nim : **1112014**  
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



## FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : EDWIN KRISDIANTO  
Nim : 11.12.014  
Masa Bimbingan : April 2015 – Agustus 2015  
Judul Skripsi : **PEMODELAN DAN ANALISIS SHUNT AKTIF FILTER DENGAN METODE CASCADED MULTILEVEL INVERTER UNTUK MEREDUKSI HARMONISA**

No.	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.	10/A 15	ACC makalah Seminar proposal.	
2.	15/A 15	Bimbingan konsep awal untuk perbaikan jaringan listrik PT. Easterntex.	
3.	11/A 15	ACC makalah Seminar progres.	
4.	7/7 15	Revisi makalah Seminar hasil.	
5.	9/7 15	ACC makalah Seminar hasil.	
6.	1/8 15	Bimbingan Laporan Skripsi bab 1-3.	
7.	3/8 15	Bimbingan Laporan Skripsi bab 4-5.	
8.	1/9 15	ACC Laporan Skripsi bab 1-5.	
9.			
10.			

Malang, 2015  
Dosen Pembimbing I,

**Ir. Ni Putu Agustini, MT**  
NIP. Y. 1030100371



## FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : EDWIN KRISDIANTO  
Nim : 11.12.014  
Masa Bimbingan : April 2015 – Agustus 2015  
Judul Skripsi : **PEMODELAN DAN ANALISIS SHUNT AKTIF FILTER DENGAN METODE CASCADED MULTILEVEL INVERTER UNTUK MEREDUKSI HARMONISA**

No.	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.	9/4 15	Revisi makalah serta presentasi seminar proposal.	
2.	10/4 15	ACC makalah seminar proposal.	
3.	15/4 15	Bimbingan konsep CM4I untuk perbaikan jaringan keelektrikan PT. Easterntex.	
4.	5/6 15	Revisi makalah serta presentasi seminar progres.	
5.	10/6 15	ACC makalah seminar progres.	
6.	6/7 15	Revisi makalah seminar hasil. → abstrak, tata tulis.	
7.	9/7 15	ACC makalah seminar hasil	
8.	1/8 15	Revisi bab I → Latar belakang, tujuan, rumusan dan batasan.	
9.	3/8 15	Perbaikan bab 1-5 → abstrak, kata pengantar, tata tulis.	
10.	1/8 15	ACC Laporan Skripsi Bab 1-5	

Malang, 2015  
Dosen Pembimbing II,

**Lauhil Mahfudz Hayusman, ST, MT**  
NIP. P. 1031400472

**Kepada Yth :**

**Saudara Edwin Krisdianto**

**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 : Edwin Krisdianto**  
**NIM : 11.12.014**  
**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 :**

***PEMODELAN DAN ANALISIS SHUNT AKTIF FILTER DENGAN METODE CASCADED MULTILEVEL INVERTER UNTUK MEREDUKSI HARMONISA.***

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**

