

**ANALISA PENGARUH DISTORSI HARMONISA TERHADAP  
RUGI-RUGI DAYA TRANSFORMATOR DISTRIBUSI  
SISTEM TENAGA AKIBAT PENGATURAN KECEPATAN  
MOTOR PADA INDUSTRI**

**SKRIPSI**

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Menyelesaikan Program Strata  
Satu (S-1) Pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Bung Hatta*

Oleh :

**INSANUL FIKRI**

**1610017111021**



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS BUNG HATTA**

**PADANG**

**2023**

**LEMBARAN PENGESAHAN**

**ANALISA PENGARUH DISTORSI HARMONISA TERHADAP RUGI-RUGI DAYA  
TRANSFORMATOR DISTRIBUSI SISTEM TENAGA AKIBAT PENGATURAN  
KECEPATAN MOTOR PADA INDUSTRI**

**SKRIPSI**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan  
Pendidikan pertahankan Strata Satu (S-1) Pada Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Bung Hatta*

*Oleh :*

**INSANUL FIKRI**

**1610017111021**

*Disetujui Oleh :*

**Pembimbing**

**Dr. Ir. Indra Nisja, M.Sc.**

**NIP : 201810683**

*Diketahui Oleh :*

**Fakultas Teknologi Industri**

**Jurusan Teknik Elektro**

**Dekan,**

**Ketua,**

**Prof. Dr. Eng. Reni Desmiarti, S.T., M.T**

**Ir. Arzul., MT**

**NIK : 990500496**

**NIK : 941100396**

**PERSETUJUAN PENGUJI**  
**ANALISA PENGARUH DISTORSI HARMONISA TERHADAP RUGI-RUGI DAYA**  
**TRANSFORMATOR DISTRIBUSI SISTEM TENAGA AKIBAT PENGATURAN**  
**KECEPATAN MOTOR PADA INDUSTRI**

**SKRIPSI**

**INSANUL FIKRI**

**1610017111021**

*Dipertahankan di depan Penguji Skripsi*  
*Program Strata Satu (S-1) Pada Jurusan Teknik Elektro*  
*Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta Padang*  
*Hari: Selasa, Tanggal: 22 Agustus 2023*

No. Nama

Tanda Tangan

1. **Dr.Ir. Indra Nisja, M.Sc**  
(Pembimbing)



2. **Ir. Cahayahati, MT**  
(Penguji)



3. **Ir. Arzul, MT**  
(Penguji)



## INTISARI

### ANALISA PENGARUH DISTORSI HARMONISA TERHADAP RUGI- RUGI DAYA TRANSFORMATOR DISTRIBUSI SISTEM TENAGA AKIBAT PENGATURAN KECEPATAN MOTOR PADA INDUSTRI

Insanul Fikri

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Bung Hatta

Jl. Gajah Mada No. 19 – Padang 15142

Email : Insanulfikri007@gmail.com

#### Intisari

*Harmonisa adalah gangguan yang terjadi pada sistem distribusi tenaga listrik akibat terjadinya distorsi gelombang arus dan tegangan. Distorsi terjadi karena perubahan atau penyimpangan pada gelombang. Pada dasarnya, harmonisa adalah gejala pembentukan gelombang-gelombang dengan frekuensi berbeda yang merupakan perkalian bilangan bulat positif dengan frekuensi dasarnya. Hal ini disebut frekuensi harmonisa yang timbul pada bentuk gelombang aslinya sedangkan bilangan bulat pengali frekuensi dasar disebut angka urutan harmonisa. Misalnya, frekuensi dasar suatu sistem tenaga listrik adalah 50 Hz, maka harmonisa keduanya adalah gelombang dengan frekuensi sebesar 100 Hz, harmonisa ketiga adalah gelombang dengan frekuensi sebesar 150 Hz dan seterusnya. Gelombang-gelombang ini kemudian menumpang pada gelombang murni/aslinya sehingga terbentuk gelombang cacat yang merupakan jumlah antara gelombang murni sesaat dengan gelombang harmoniknya. Harmonisa tidak bisa dihilangkan secara keseluruhan, tetapi dapat diredam nilainya sampai berada dalam batas aman. Banyak cara yang bisa dilakukan untuk meredam harmonisa, tetapi yang paling sering dilakukan adalah dengan pemasangan filter pasif pada sistem kelistrikan. Sebelum merencanakan sebuah filter, terlebih dahulu kita harus melakukan studi harmonisa untuk mengetahui kondisi harmonisa di sistem kelistrikan tersebut menggunakan software ETAP.*

**Kata kunci :** Harmonisa, Frekuensi, VFD, ETAP, Transformator Distribusi, Rugi-rugi Daya, Motor 3 phasa.

## ABSTRACT

### ANALYSIS OF THE EFFECT OF HARMONIC DISTORTION ON POWER LOSS OF TRANSFORMER DISTRIBUTION OF POWER SYSTEMS DUE TO MOTOR SPEED REGULATION IN INDUSTRY

Insanul Fikri

Department of Electrical Engineering, Faculty of Industrial Technology, Bung

Hatta University

Gajah Mada, St No. 19 - Padang 15142

Email: Insanulfikri007@gmail.com

#### Abstract

*Harmonics are disturbances that occur in the electric power distribution system due to distortion of current and voltage waves. Distortion occurs due to changes or deviations in the waveform. Basically, harmonics are symptoms of the formation of waves with different frequencies which are the product of a positive integer with the fundamental frequency. This is called the frequency of the harmonics that occur in the original waveform while the integer multiplier of the fundamental frequency is called the sequence number of the harmonics. For example, the fundamental frequency of an electric power system is 50 Hz, then the second harmonic is a wave with a frequency of 100 Hz, the third harmonic is a wave with a frequency of 150 Hz and so on. These waves then hitch a ride on the pure/original wave so that a defective wave is formed which is the sum of the pure momentary wave and the hormonal wave. Harmonics can't be completely eliminated, but the value can be reduced until it is within a safe limit. There are many ways that can be done to reduce harmonics, but the most common is the installation of passive filters in the electrical system. Before planning a filter, we must first conduct a harmonic study to determine the condition of the harmonics in the electrical system using ETAP software.*

**Keywords:** Harmonics, Frequency, VFD, ETAP, Distribution Transformer, Power Losses, 3 Phase Motor.

## DAFTAR ISI

<b>INTISARI</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>ix</b>
<b>BAB I : PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang Masalah	I-1
1.2. Rumusan Masalah	I-2
1.3. Batasan Masalah	I-3
1.4. Tujuan Penelitian	I-3
1.5. Manfaat Penelitian	I-3
1.6. Sistematika Penulisan	I-4
<b>BAB II : TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Tinjauan Pustakan	II-1
2.2. Landasan Teori	II-4
2.2.1. Sistem Tenaga Listrik	II-4
2.2.2. Sistem Distribusi Tenaga Listrik	II-5
2.2.3. Transformator	II-7
2.2.3.1. Bagian-bagian Transformator	II-8
2.2.3.2. Rugi-rugi Pada Transformator	II-11
2.2.3.3. Rugi-rugi Pada Tembaga	II-13
2.2.3.4. Rugi-rugi Arus Eddy	II-14
2.2.3.5. Rugi-rugi Histeris	II-15

2.2.4. Motor Induksi 3 Phasa	II-15
2.2.5. Variabel Frekuensi Drive(VFD)	II-17
2.2.6. Rectifier	II-19
2.2.7. Inverter	II-21
2.2.8. Harmonisa	II-24
2.3. Hipotesis	II-32

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

3.1. Alat dan Bahan Penelitian	III-1
3.1.1. Alat Penelitian	III-1
3.1.2. Bahan Penelitian	III-1
3.2. Alur Penelitian	III-2
3.3. Deskripsi Sistem dan Analisis	III-3
3.3.1. Deskripsi Sistem	III-4
3.3.2. Analisa	III-4

### **BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

4.1. Deskripsi Penelitian	IV-1
4.2. Pengumpulan Data	IV-1
4.3. Perhitungan Dan Analisis	IV-5
4.3.1. Simulasi Harmonisa TDHi 11 Motor Sekunder Trafo	IV-6
4.3.2. Simulasi Harmonisa TDHi 7 Motor Sekunder Trafo	IV-9
4.3.3. Simulasi Harmonisa TDHi 3 Motor Sekunder Trafo	IV-13
4.4. Pembahasan	IV-21

### **BAB V : KESIMPULAN**

5.1. Kesimpulan	V-1
5.2. Saran	V-2

### **DAFTAR PUSTAKA**

### **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Sistem kelistrikan jaringan distribusi menuju ke beban	II-7
Gambar 2.2. Inti besi transformator	II-9
Gambar 2.3. Bagian utama VFD	II-18
Gambar 2.4. Penyearah 3 fasa	II-20
Gambar 2.5. Gelombang konduksi penyearah 3 fasa	II-21
Gambar 2.6. Topologi inverter 3 fasa	II-23
Gambar 2.7. Bentuk sinusoidal dan gelombang yang terdistorsi	II-24
Gambar 2.8. Fundamental, Third and Fifth Harmonic	II-25
Gambar 2.9. Harmonisa yang disebabkan oleh Beban <i>Non Linear</i>	II-27
Gambar 3.1. Logo ETAP	III-1
Gambar 3.2. <i>Flowchart</i> Metode Penelitian	III-3
Gambar 4.1. Single Line Diagram Sistem Tenaga	IV-2
Gambar 4.2. Single Line Diagram Beban Motor Induksi 3 Phassa	IV-4
Gambar 4.3. Single Line Diagram Simulasi Harmonisa Beban 11 Motor Induksi (Full Load)	IV-6
Gambar 4.4. Spectrum Perbandingan Sisi Transformator Simulasi Harmonisa Beban 11 Motor (Full Load) dan THD 0,62%	IV-8
Gambar 4.5. Waveform Perbandingan Sisi Transformator Simulasi Harmonisa Beban 11 Motor (Full Load) dan THD 0,62%	IV-9
Gambar 4.6. Single Line Diagram Simulasi Harmonisa Beban 7 Motor Induksi	IV-9
Gambar 4.7. Spectrum Perbandingan Sisi Transformator Simulasi Harmonisa Beban 7 Motor dan THD 0,22%	IV-12
Gambar 4.8. Waveform Perbandingan Sisi Transformator Simulasi Harmonisa Beban 7 Motor dan THD 0,22%	IV-12
Gambar 4.9. Single Line Diagram Simulasi Harmonisa Beban 3 Motor Induksi	IV-13

Gambar 4.10. Spectrum Perbandingan Sisi Transformator Simulasi	
Harmonisa Beban 3 Motor dan THD 0,03%	IV-15
Gambar 4.11. Waveform Perbandingan Sisi Transformator Simulasi	
Harmonisa Beban 3 Motor dan THD 0,03%	IV-16

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Status saklar valid untuk VSI 3phasa	II-23
Tabel 2.2. Urutan phasa harmonisa	II-26
Tabel 2.3. Limit distorsi arus harmonisa sistem distribusi < 69 kV	II-32
Tabel 4.1. Spesifikasi Dari GI Ke TR <sub>2</sub> Hingga SS 448	IV-2
Tabel 4.2. Spesifikasi Pabrik Baru Bara TR2 SS 448	IV-3
Tabel 4.3. Spesifikasi 11 Motor Cooler Fan Di Area Pabrik Batu Bara	IV-4
Tabel 4.4. Tabel Nilai Arus RMS Saluran Sekunder 11 Motor	IV-6
Tabel 4.5. Tabel Nilai Arus RMS Saluran Sekunder 7 Motor	IV-10
Tabel 4.6. Tabel Nilai Arus RMS Saluran Sekunder 3 Motor	IV-13

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Perusahaan dalam negeri yang bergerak dalam bidang produksi, menggunakan motor-motor listrik dalam proses produksinya. Motor-motor listrik ini perlu dikendalikan kecepatannya dengan menggunakan VFD (Variable Frequency Drive). VFD merupakan salah satu beban non linear. Beban non linear adalah beban yang bentuk gelombang arus maupun tegangan keluarannya tidak sama dengan gelombang masukannya (mengalami distorsi). Beban non linear dapat mengakibatkan munculnya harmonisa. Harmonisa jika nilainya sudah diluar batas kewajaran dapat mempengaruhi sistem kelistrikan dan dapat menimbulkan masalah pada peralatan-peralatan listrik. Dampak harmonisa jika dibiarkan akan menimbulkan kerugian teknis dan finansial bagi pihak perusahaan[1].

Harmonisa adalah gangguan yang terjadi pada sistem distribusi tenaga listrik akibat terjadinya distorsi gelombang arus dan tegangan. Distorsi terjadi karena perubahan atau penyimpangan pada gelombang. Pada dasarnya, harmonisa adalah gejala pembentukan gelombang-gelombang dengan frekuensi berbeda yang merupakan perkalian bilangan bulat positif dengan frekuensi dasarnya. Hal ini disebut frekuensi harmonisa yang timbul pada bentuk gelombang aslinya sedangkan bilangan bulat pengali frekuensi dasar disebut angka urutan harmonisa. Misalnya, frekuensi dasar suatu sistem tenaga listrik adalah 50 Hz, maka harmonisa keduanya adalah gelombang dengan frekuensi sebesar 100 Hz, harmonisa ketiga adalah gelombang dengan frekuensi sebesar 150 Hz dan seterusnya. Gelombang-gelombang ini kemudian menumpang pada gelombang murni/aslinya sehingga terbentuk gelombang cacat yang merupakan jumlah antara gelombang murni sesaat dengan gelombang harmoniknya [1],[2].

Harmonisa tidak bisa dihilangkan secara keseluruhan, tetapi dapat diredam nilainya sampai berada dalam batas aman. Banyak cara yang bisa dilakukan untuk meredam harmonisa, tetapi yang paling sering dilakukan adalah dengan pemasangan filter pasif pada sistem kelistrikan. Sebelum merencanakan sebuah filter, terlebih dahulu kita harus melakukan studi harmonisa untuk mengetahui

kondisi harmonisa di sistem kelistrikan tersebut. Pada skripsi ini dilakukan analisa harmonisa sistem tenaga dari pengaturan kecepatan motor pada industri menggunakan software ETAP[1].

Seiring dengan pertumbuhan teknologi moderen yang ditandai dengan peningkatan penggunaan komponen semikonduktor, masalah - masalah harmonisa menjadi meningkat. Yang menjadi tantangan saat ini adalah bagaimana cara membuktikan sumber harmonisa tersebut, siapa yang bertanggung-jawab terhadap gangguan harmonisa tersebut dan bagaimana cara penanganan harmonisa tersebut[5].

Seiring dengan pertumbuhan teknologi modern yang ditandai dengan peningkatan penggunaan komponen semikonduktor, masalah - masalah harmonisa menjadi meningkat. Yang menjadi tantangan saat ini adalah bagaimana cara membuktikan sumber harmonisa tersebut, siapa yang bertanggung-jawab terhadap gangguan harmonisa tersebut dan bagaimana cara penanganan harmonisa tersebut[5].

Harmonisa sistem tenaga adalah topik yang sangat diperhatikan saat dipertimbangkan masalah kualitas daya dalam sistem yang berisi penggerak kecepatan variabel. Sejauh mana penggerak motor berbasis elektronika daya yang terhubung ke jaringan memengaruhi kualitas daya. Model harmonik dari variable speed drives dan relevan komponen dari sistem tenaga yang terhubung dievaluasi. Bila perlu, Hasil analisis dapat digunakan untuk membantu desain langkah- langkah mitigasi harmonik tambahan. Penilaian harmonik paling sering dilakukan dengan menggunakan model domain waktu. implementasi ETAP dari dasar-dasar tersebut dibahas, dengan komentar tentang akurasi dan batasan masing-masing.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan di atas, terdapat beberapa masalah yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh distorsi harmonisa yang dihasilkan oleh percepatan motor menggunakan VFD terhadap rugi-rugi daya sekunder transformator?

2. Bagaimana memodelkan sistem distribusi terhadap pengaruh distorsi harmonisa dengan menggunakan software ETAP?
3. Bagaimana menganalisa hasil akhir dari simulasi dengan menggunakan ETAP?

### **1.3 Batasan Masalah**

Agar penelitian ini dapat dilakukan lebih fokus, sempurna dan mendalam maka penulis memandang permasalahan penelitian yang diangkat perlu dibatasi variabelnya. Oleh sebab itu penulis membatasi batasan masalah sebagai berikut:

1. Transformator distribusi menuju ke beban motor.
2. Pengaruh distorsi harmonisa yang dihasilkan beban motor terhadap sistem distribusi.
3. Menghitung rugi-rugi daya sekunder pada transformator akibat distorsi harmonisa.
4. Pemodelkan beban dan sistem distribusi dengan ETAP.

### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang akan dicapai dalam melaksanakan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui harmonisa yg dihasilkan oleh percepatan motor menggunakan VFD.
2. Mengetahui spectrum harmonisa yang paling besar akibat distorsi harmonisa pada sistem distribusi.
3. Mengetahui rugi-rugi daya akibat harmonisa pada sistem distribusi.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat Penelitian yang dilakukan ini ialah :

1. Agar PLN mempersiapkan pencegahan untuk menerima beban yang menghasilkan distorsi harmonisa yang nantinya akan menimbulkan rugi-rugi daya.
2. Mengetahui harmonisa mana yang akan dieliminasi untuk pencegahan.
3. Mengetahui filter sebagai penyelesaian dari pencegahan harmonisa.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisikan tentang penelitian-penelitian sebelumnya, yang merupakan uraian/deskripsi/gambaran umum atas subjek penelitian yang akan diteliti. Dilakukan dengan merujuk kepada data (jurnal, proses, artikel ilmiah) penelitian sebelumnya, ataupun fakta yang bersifat umum sebagai wacana umum variabel-variabel yang berkaitan dengan penelitian.

### **BAB III METODE PENELITIAN**

Bab ini menjelaskan secara rinci peralatan dan bahan-bahan yang dibutuhkan, menjelaskan tahapan-tahapan penelitian dalam bentuk flowchart, gambaran sistem analisa yang akan diteliti.

### **BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisikan data-data penelitian, yang menjelaskan tentang pengumpulan, pengujian, simulasi, penghitungan, dan pengumpulan data teknis analisis sehingga penelitian dapat diarahkan dengan jelas.

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

Bab ini berisikan kesimpulan dari hasil analisa data dan juga berisi saransaran untuk penelitian selanjutnya.