

## Bab I Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan energi yang sangat diperlukan dalam kehidupan manusia. Hampir disemua aspek kehidupan manusia membutuhkan energi listrik. Pesatnya kemajuan teknologi mendorong naiknya kebutuhan energi listrik. Sehingga saat ini banyak berkembang sumber energi alternatif yang dikonversi menjadi energi listrik.

Sumber energi alternatif seperti matahari, angin, air, dan panas bumi yang di konversi menjadi energi listrik, masih berupa sumber tegangan dan arus searah. Sehingga untuk dapat dimanfaatkan berbagai macam kebutuhan, perlu dikonversi menjadi sumber tegangan dan arus bolak-balik.

Untuk mengkonversi sumber tegangan dan arus searah menjadi sumber tegangan dan arus bolak-balik diperlukan sebuah alat yang dinamakan inverter. Inverter dapat mengubah *direct current* (DC) menjadi *Alternate Current* (AC) dengan metode penyaklaran tertentu. Secara umum metode penyaklaran yang digunakan adalah *sinusoidal pulse width modulation* (SPWM). Ada dua jenis fasa output pada inverter yaitu inverter output satu fasa dan inverter output tiga fasa. Berdasarkan dari jenis bentuk gelombang output sebuah inverter ada tiga yaitu gelombang sinus murni (*pure sine wave*), gelombang sinus modifikasi (*sine wave modified*), dan gelombang kotak (*square wave*)[1].

Dalam proses konversi DC menjadi AC sering kali terjadi gangguan sehingga keluaran dari inverter tidak optimal. Salah satu gangguan penyebab tidak optimalnya keluaran dari inverter yaitu harmonisa yang merupakan gejala pembentukan gelombang sinusoida yang merupakan perkalian bilangan bulat dengan frekuensi fundamentalnya [2].

Definisi harmonisa dapat dijelaskan sebagai gelombang terdistorsi secara periodik pada keadaan *steady-state* yang disebabkan oleh interaksi antara bentuk

gelombang sinus sistem pada frekuensi fundamental dengan komponen gelombang lain yang merupakan frekuensi kelipatan integer dari frekuensi fundamental sumber. Untuk sistem tenaga dengan frekuensi 50 Hz, maka harmonisa pertama atau frekuensi fundamental dari sistem tenaga tersebut adalah 50 Hz, harmonisa kedua (100 Hz) merupakan kelipatan kedua dari harmonisa pertama, harmonisa ketiga (150 Hz) merupakan kelipatan ketiga dari harmonisa pertama, maka harmonisa ke- $n$  merupakan kelipatan  $n$  dari frekuensi fundamental. Perubahan bentuk dari gelombang arus dan tegangan yang disebabkan harmonisa akan mengganggu sistem distribusi listrik dan menurunkan kualitas daya sistem[3].

Metode untuk menunjukan besarnya kandungan harmonisa dari suatu gelombang adalah *Total Harmonic Distortion* (THD). THD adalah rasio nilai rms dari komponen harmonisa ke nilai rms dari komponen dasar yang biasanya dinyatakan dalam persen (%). Indeks tersebut digunakan untuk mengukur deviasi dari bentuk gelombang periodik yang mengandung harmonisa dari gelombang sinus sempurna[4].

Para peneliti telah melakukan beberapa perancangan untuk mendapatkan hasil terbaik melalui upaya menapis gangguan harmonik di antaranya dengan menggunakan metode Z-Source Inverter yaitu menggunakan susunan impedansi yang unik untuk menghubungkan rangkaian utama dan sumber[5]. Selain itu, metode-metode konvensional misalnya Algoritma Genetika juga dapat digunakan untuk meminimalisir gangguan harmonik[6].

Salah satu metode lain yang dapat digunakan adalah mengatur indeks modulasi amplitudo ( $M_a$ ) dan indeks modulasi frekuensi ( $M_f$ ). Nilai  $M_a$  akan menentukan lebar pulsa tegangan rata-rata dalam satu periode. Semakin besar  $M_a$ , maka lebar pulsa tegangan rata-rata dalam satu periode akan semakin besar. Nilai  $M_f$  menentukan kehalusan bentuk memori sinyal referensi yang dihasilkan[7][8]. Pada penelitian B.Saragih[9], nilai  $M_a$  yang digunakan adalah 0.1 sampai 0.9 dengan kenaikan 0.1. Ketika nilai  $M_a > 1$  maka akan terjadi over modulasi karena tidak terjadinya persinggungan antara gelombang referensi dan gelombang pembawa. Nilai  $M_f$  yang

digunakannya adalah 10 sampai 14 dengan kenaikan 2. Besar frekuensi gelombang pembawa sebaiknya kelipatan dari frekuensi gelombang keluarannya. Semakin besar nilai  $M_a$  dan  $M_f$  maka gangguan THD yang dihasilkan semakin kecil[10]. Pada penelitian Syafrudin[8], nilai THD akan menurun saat  $M_a$  bernilai 0.1 sampai 0.9 kemudian nilai THD akan meningkat ketika  $M_a$  bernilai 1 sampai 4. Namun peningkatannya tidak setajam penurunan pada rentang  $M_a$  0.1 sampai 0.9.  $M_f$  yang digunakan bernilai tetap yaitu sebesar 200. Penelitian Syarifudin hanya sampai simulasi, sehingga rugi-rugi komponen tidak berpengaruh terhadap nilai THD.

Pada penelitian sebelumnya membahas variasi nilai indeks modulasi amplitudo ( $M_a$ ) dan indeks modulasi frekuensi ( $M_f$ ) untuk mencari kombinasi nilai  $M_a$  dan  $M_f$  dengan minimum THD tegangan dan THD arus pada keluaran inverter satu fasa. Teknik penyaklaran yang akan digunakan adalah unipolar SPWM type 1 yang memiliki kandungan harmonik lebih rendah dibandingkan dengan bipolar SPWM dan unipolar SPWM type 2[11]. Pada penelitian ini akan membandingkan nilai THD keluaran dari inverter satu fasa sebelum menggunakan filter dan sesudah menggunakan filter. Maka penelitian ini memilih judul “Rancang Bangun Inverter dan Analisis *Total Harmonic Distortion* Pada Inverter Satu Fasa Dengan Pengaruh Indeks Modulasi Amplitudo dan Frekuensi”.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang sudah dikemukakan maka rumusan masalah penelitian ini sebagai berikut:

1. Pengaruh nilai variasi indeks modulasi amplitudo dan frekuensi terhadap *Total Harmonic Distortion* (THD) ?
2. Bagaimana perbandingan nilai THD keluaran inverter satu fasa yang tanpa menggunakan filter dan menggunakan filter?
3. Berapa nilai optimal dari indeks modulasi amplitudo dan indeks modulasi frekuensi agar dihasilkan THD lebih kecil dari 5% ?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Analisis nilai indeks modulasi amplitudo dan frekuensi terhadap *Total Harmonic Distortion* (THD).
2. Analisis nilai THD keluaran inverter satu fasa tanpa menggunakan filter dan menggunakan filter.
3. Analisis nilai optimal dari indeks modulasi amplitudo dan indeks modulasi frekuensi yang menghasilkan THD lebih kecil dari 5%.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Dengan pelaksanaan penelitian ini, diharapkan akan diperoleh manfaat baik dari sisi akademis dan juga dari sisi praktis. Manfaat dari penelitian ini adalah:

#### **1.4.1 Manfaat Akademis**

Mampu mengaplikasikan salah satu bidang ilmu pengetahuan yang telah didapatkan dari proses perkuliahan dan dapat memberikan kontribusi akademik pada penelitian analisis inverter satu fasa.

#### **1.4.2 Manfaat Praktis**

Mampu meminimalisir nilai THD keluaran dari inverter satu fasa dengan mencari nilai indeks modulasi amplitudo dan frekuensi optimum. Dengan meminimumkan nilai THD maka kualitas daya yang dihasilkan inverter semakin baik sehingga operasi beban efisien dan tidak merusak perangkat.

### **1.5 Batasan Masalah**

Mengingat banyaknya permasalahan yang dihadapi serta terbatasnya waktu dalam penelitian ini, maka penelitian harus dibatasi masalahnya agar target dapat tercapai tanpa mengesampingkan ruang lingkup dari penelitian itu sendiri.

Adapun batasan masalahnya sebagai berikut :

1. Penelitian ini terfokus pada penentuan nilai optimum untuk indeks modulasi amplitudo dan frekuensi agar gangguan harmonisa dapat diminimalisasi tanpa memperhitungkan rugi-rugi daya dan efisiensi inverter.
2. Pembangkitan gelombang Unipolar SPWM menggunakan mikrokontroller AtMega 16 dengan bantuan perangkat lunak Microsoft Excel sebagai perangkat pengolah datanya.
3. Amplitudo gelombang sinusoidal dibuat tetap 1 dan frekuensi 50 Hz.
4. Tegangan input dibuat tetap 12 volt.
5. Indeks modulasi amplitudo dibuat bervariasi sebesar 0.2; 0.6; 0.8; dan 1.0.
6. Indeks modulasi frekuensi dibuat bervariasi sebesar 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 dan 110.
7. Untuk inverter yang sudah di produksi masal dengan keluaran dibawah standar tidak perlu digunakan penelitian ini.

#### 1.6 Posisi Penelitian (*State of The Art*)

*State of The Art* adalah bentuk penegasan keaslian karya yang dibuat agar dapat dipertanggung jawabkan sehingga tidak terjadi tindakan plagiat sebagai bentuk pembajakan terhadap karya orang lain, selain itu *State of The Art* menunjukkan sejauh mana tahapan penelitian yang sudah dicapai oleh para peneliti lain untuk sebuah topik penelitian tertentu.

Penelitian tugas akhir ini berada pada ranah rancang bangun inverter dan analisis *Total Harmonic Distortion* (THD) pada inverter satu fasa. Adapun *State of The Art* rancang bangun dan analisis *Total Harmonic Distortion* (THD) pada inverter penelitian dijabarkan pada bagan berikut ini.

**Tabel 1.1.** Referensi Utama Penelitian Analisis THD pada Inverter Satu Fasa

JUDUL	PENELITI	KONSEP MODEL
Desain Inverter Tiga Fasa dengan Minimum	Lalu Riza Aliyan, Rini	Metode yang digunakan adalah SPWM dengan $M_a$ 0,9 dan $M_f$ 50

JUDUL	PENELITI	KONSEP MODEL
<p><i>Total Harmonic Distortion</i> Menggunakan Metode SPWM</p>	<p>Nur Hasanah, M.Aziz Muslim (2014)</p>	<p>dan penambahan buck-boost converter sebagai input dan filter, mampu meminimalisir THD sebesar 17,63% untuk THD tegangan dan 7,40% untuk THD arus</p>
<p><i>Sinusoidal Pulse Width Modulation</i> Berbasis <i>Lookup Table</i> untuk Inverter Satu Fasa Menggunakan 16-Bit <i>Digital Signal Controller</i></p>	<p>Yohan Fajar Sidik, F.Danang Wijaya, Eka Firmansyah (2013)</p>	<p>Membangkitkan sinyal SPWM dengan menggunakan teknik penyaklaran unipolar SPWM dan IGBT sebagai saklar. Pola penyaklaran diperoleh melalui perangkat lunak PSIM yang diimplementasikan kedalam mikrokontroler dengan <math>M_a</math> 0,8 dan <math>M_f</math> 50.</p>
<p>Perbaikan Unjuk Kerja Inverter Satu Fasa Dengan Menggunakan Kontrol Sinyal Modulasi Lebar Pulsa</p>	<p>Budiman Saragih (2008)</p>	<p>nilai <math>M_a</math> yang digunakan adalah 0.1 sampai 0.9 dengan kenaikan 0.1. Nilai <math>M_f</math> yang digunakannya adalah 10 sampai 14 dengan kenaikan 2</p>
<p>Grid Tie Photovoltaic Inverter for Residential Application</p>	<p>Tan Kheng Kwang and Syarifudin Bin Masri (2011)</p>	<p>nilai THD akan menurun saat <math>M_a</math> bernilai 0.1 sampai 0.9 kemudian nilai THD akan meningkat ketika <math>M_a</math> bernilai 1 sampai 4. Namun peningkatannya tidak setajam penurunan pada rentang <math>M_a</math> 0.1 sampai 0.9. <math>M_f</math> yang digunakan</p>

JUDUL	PENELITI	KONSEP MODEL
		bernilai tetap yaitu sebesar 200.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Lalu Riza Aliyan, Rini Nur Hasanah, M.Aziz Muslim dengan judul “Desain Inverter Tiga Fasa dengan Minimum *Total Harmonic Distortion* Menggunakan Metode SPWM” pada penelitiannya membahas perancangan inverter tiga fasa dengan minimum THD dengan metode *Sinusoidal Pulse Width Modulation* (SPWM). Dimana dengan metode ini nilai THD dapat diturunkan hingga mencapai 7.40% untuk THD arus dan 17.63% untuk THD tegangan [2]. Untuk penelitian yang berjudul “*Sinusoidal Pulse Width Modulation Berbasis Lookup Table* untuk Inverter Satu Fasa Menggunakan 16-Bit *Digital Signal Controller*” dilakukan pembangkitkan sinyal SPWM dengan menggunakan teknik penyaklaran unipolar SPWM dan IGBT sebagai saklar. Pola penyaklaran diperoleh melalui perangkat lunak PSIM yang diimplementasikan kedalam mikrokontroler dengan  $M_a$  0.8 dan  $M_f$  50[12]. B.Saragih[9], nilai  $M_a$  yang digunakan adalah 0.1 sampai 0.9 dengan kenaikan 0.1. Ketika nilai  $M_a > 1$  maka akan terjadi over modulasi karena tidak terjadinya persinggungan antara gelombang referensi dan gelombang pembawa. Nilai  $M_f$  yang digunakannya adalah 10 sampai 14 dengan kenaikan 2. Besar frekuensi gelombang pembawa sebaiknya kelipatan dari frekuensi gelombang keluarannya. Semakin besar nilai  $M_a$  dan  $M_f$  maka gangguan THD yang dihasilkan semakin kecil[10]. Pada penelitian Syafrudin[8], nilai THD akan menurun saat  $M_a$  bernilai 0.1 sampai 0.9 kemudian nilai THD akan meningkat ketika  $M_a$  bernilai 1 sampai 4. Namun peningkatannya tidak setajam penurunan pada rentang  $M_a$  0.1 sampai 0.9.  $M_f$  yang digunakan bernilai tetap yaitu sebesar 200. Penelitian Syarifudin hanya sampai simulasi, sehingga rugi-rugi komponen tidak berpengaruh terhadap nilai THD.

Berdasarkan tinjauan terhadap beberapa literatur tersebut penelitian ini akan merancang bangun inverter satu fasa dan menganalisis THD dengan melakukan variasi nilai indeks modulasi amplitudo ( $M_a$ ) dan indeks modulasi frekuensi ( $M_f$ )

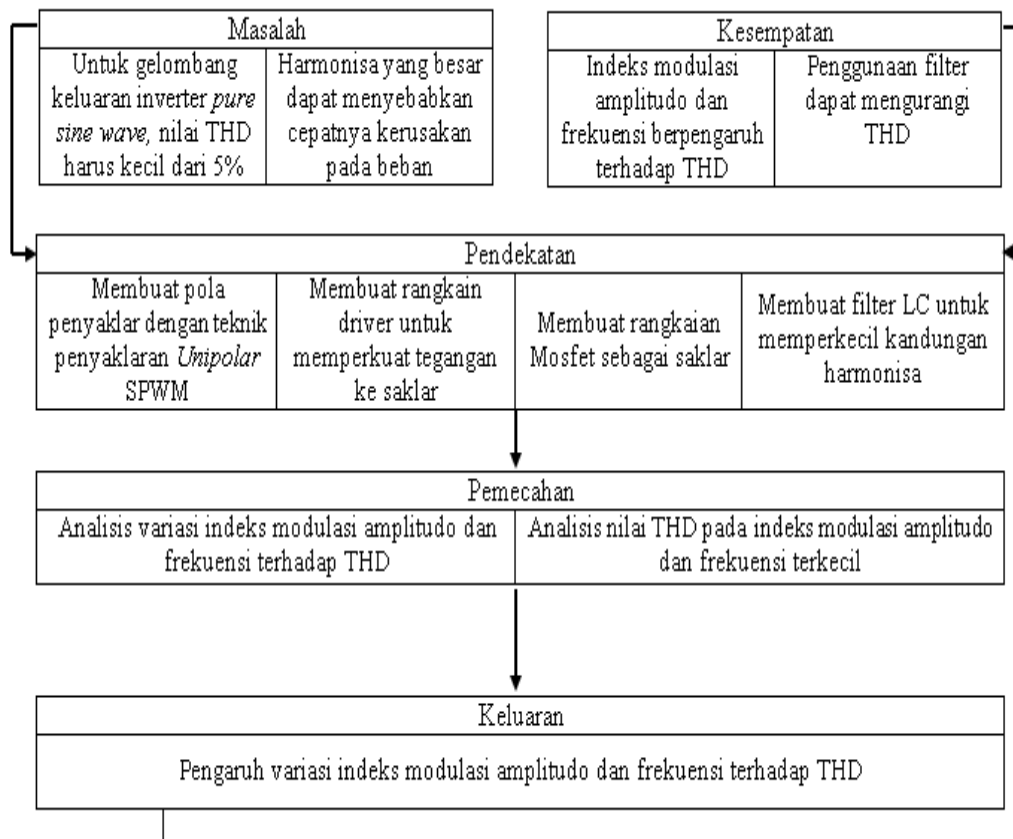


untuk mencari nilai minimum THD tegangan dan THD arus pada keluaran inverter satu fasa. Teknik penyaklaran yang akan digunakan adalah unipolar SPWM type 1 yang memiliki kandungan harmonik lebih rendah dibandingkan dengan bipolar SPWM dan unipolar SPWM type 2. Pada penelitian ini juga akan membandingkan nilai THD keluaran dari inverter satu fasa sebelum menggunakan filter dan sesudah menggunakan filter. Variasi indeks modulasi amplitudo dan indeks modulasi frekuensi diperoleh dengan perangkat lunak PSIM. Variasi nilai  $M_a$  yang akan digunakan adalah 0.4 sampai 1 dengan kenaikan 0.2, sementara nilai  $M_f$  yang digunakan dari 10 sampai 110 dengan kenaikan setiap kelipatan 10.

### **1.7 Kerangka Berpikir**

Kerangka berpikir merupakan model konseptual tentang bagaimana teori berhubungan dengan berbagai faktor yang telah diidentifikasi sebagai hal yang penting. Jadi, dengan demikian maka kerangka berfikir adalah sebuah pemahaman yang melandasi pemahaman-pemahaman yang lainnya, sebuah pemahaman yang paling mendasar dan menjadi pondasi bagi setiap pemikiran atau suatu bentuk proses dari keseluruhan dari penelitian yang akan dilakukan. Kerangka pemikiran pada penelitian ini terlihat pada gambar dibawah ini.





**Gambar 1.1.** Kerangka Berfikir

## 1.8 Sistematika Penulisan

Laporan penelitian tugas akhir ini disusun dengan sistematika penulisan sebagai berikut

### BAB I      Pendahuluan

Menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, posisi penelitian, dan kerangka berpikir.

### BAB II      Tinjauan Pustaka

Menjelaskan mengenai konsep teori-teori pendukung tentang harmonisa, SPWM dan Atmega 16.

**BAB III** Metodologi Penelitian

Menjelaskan tentang objek penelitian, variabel, metode penelitian, metode pengumpulan data dan metode analisis data yang digunakan pada penelitian ini menyelesaikan dan memaparkan hasil penelitian.

**BAB IV** Perancangan dan Implementasi

Menjelaskan tentang alur dan diagram blok dari masing-masing bagian sistem.

**BAB V** Hasil dan Pembahasan

Menjelaskan tentang hasil penelitian dan analisa dari hasil pengujian dan pengambilan data.

**BAB VI** Kesimpulan dan Saran

Menjelaskan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada BAB V dan saran untuk pembaca dalam melakukan perbaikan dan pengembangan Tugas Akhir yang telah dikerjakan.

