

PENGATURAN FREKUENSI TERHADAP KECEPATAN MOTOR 1 FASA

Mochammad Raki¹, Puji Slamet, ST. M.T²

1. Mahasiswa Prodi Teknik Elektro, 2. Dosen Prodi Teknik Elektro
Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Jl. Semolowaru 45 Surabaya 60118
Telp.(031)-5931800, Faks.(031)-5927817
E-mail: raki4501@yahoo.com

ABSTRAK

Motor induksi atau disebut juga motor AC memiliki kecepatan yang hampir konstan dan banyak digunakan didalam dunia industri maupun rumah tangga, yang dalam pemakaiannya terkadang memerlukan perubahan kecepatan putar yang dapat diatur. pengaturan ini dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu dengan mengubah jumlah kutub motor, mengubah frekuensi jala-jala, mengatur tegangan jala-jala, dan mengatur tahanan luar [1]. Untuk memperoleh stabilitas putaran motor induksi 1 fasa, salah satunya dengan cara mengubah frekuensi sumber tegangannya. Hal yang paling umum adalah menggunakan perangkat inverter. Inverter yang dirancang memiliki topologi gelombang penuh 1 fasa. Rangkaian ini langsung menggunakan sumber dari PLN 220V. Proses variabel frekuensi dan pembentukan SPWM menggunakan mikrokontroler ATmega328 dengan fungsi timer 1 mode fast PWM top ox3ff, dengan bantuan lain termasuk array table. Motor induksi yang diatur adalah motor universal. Pengaturan frekuensi masukan motor berdampak pada kecepatan putar motor. Semakin tinggi frekuensi masukan, maka semakin cepat putaran pada motor. Rangkaian ini dapat mengatur frekuensi dari 1 Hz sampai dengan 50 Hz, dengan keluaran gelombang mendekati sinusoidal.

Kata Kunci : Frekuensi, Inverter, Motor Induksi, 1 Fasa

ABSTRACT

Motor induction or also called AC Motor has an almost constant speed and is widely used in the world of industry and households, which in its use sometimes requires a change of turnable speed that can be adjusted. This arrangement can be done in several ways, by changing the number of poles the motor, changing the frequency, changing the voltage, and regulating the outer resistance [1]. To obtain the stability of the 1-phase induction motor, one of them by changing the frequency of its voltage source. The most common thing is using inverter devices. The Inverter is designed to have a full wave topology 1-phase . This circuit directly uses source from PLN 220V. The process of frequency variables and SPWM formation uses the ATmega328 microcontroller with the Timer 1 function fast PWM mode top ox3ff, with other help including a table array. The regulated induction motor is the universal motor. The frequency setting of the motor affects the motor's rotational speed. The higher the input frequency, the faster the rotation on the motor. This circuit can set the frequency from 1 Hz up to 50 Hz, with a waveform that approaches the sine wave.

Keywords : Frequency, Inverter, Induction Motor, 1-Phase

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Motor induksi dikategorikan menjadi dua jenis yaitu, motor induksi 1 fasa dan motor induksi 3 fasa. Namun dalam pemakaian motor induksi tersebut terkadang membutuhkan kecepatan putar yang sesuai dengan kebutuhan. Pengaturan kecepatan motor dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu, mengubah jumlah kutub, mengubah frekuensi, mengatur tegangan, dan mengatur tahanan luar. Untuk memperoleh stabilitas putaran motor 1 fasa, salah satu cara adalah mengubah sumber frekuensi tegangannya[1]. Pengaturan ini dapat dilakukan dengan menambahkan perangkat inverter. Oleh karena itu penulis mencoba merancang sebuah rangkaian inverter variabel frekuensi *output* dengan beban motor induksi 1 fasa.

1.2 Perumusan Masalah

- Bagaimana cara mendesain dan merancang rangkaian inverter yang dapat mengatur kecepatan motor induksi 1 fasa dengan variabel frekuensi ?
- Apakah dampak yang terjadi setelah frekuensi sumber tegangan motor induksi 1 fasa diubah-ubah ?
- Apakah motor induksi 1 fasa masih dapat bekerja dengan baik setelah frekuensi sumber tegangannya diubah-ubah ?

1.3 Tujuan Penelitian

- Dapat mendesain dan merancang rangkaian inverter variabel frekuensi *output*.
- Dapat mengatur kecepatan motor induksi 1 fasa secara variabel.

- c. Dapat menganalisa dampak dari perubahan frekuensi sumber tegangan motor induksi 1 fasa.

2. PEMBAHASAN

2.1 Motor Induksi

Motor induksi berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik yang berupa tenaga putar. Motor induksi terdiri dari dua bagian yang penting yaitu stator adalah bagian yang diam dan rotor adalah bagian yang berputar. Pada motor AC, kumparan rotor tidak menerima energi listrik secara langsung. Tetapi secara induksi seperti yang terjadi pada energi kumparan transformator. Oleh karena itu motor AC dikenal dengan motor induksi[1].

2.2 Prinsip Kerja Motor Induksi

Pada dasarnya ada beberapa prinsip penting pada motor induksi yaitu, apabila sumber tegangan diberikan pada kumparan stator, timbullah medan putar dengan kecepatan :

$$n_s = 120xf/p \quad (2.1)$$

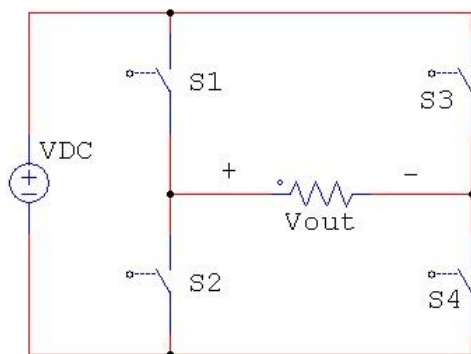
Dengan :

- n_s = Kecepatan sinkron (rpm)
- f = Frekuensi (Hz)
- p = Jumlah kutub

2.3 Full Bridge Inverter

Full bridge inverter atau rangkaian daya. Rangkaian ini memiliki masukan sumber tegangan DC dan memiliki 4 buah saklar elektronik dengan pengoprasian waktu saklar yang diatur sebagai berikut :

- a. Waktu penyalan saklar S1 = S4
- b. Waktu penyalan saklar S3 = S2
- c. Antara saklar S1 - S4 dan S3 - S2 memiliki waktu operasi yang berbeda.



Gambar 2.6 Ilustrasi Rangkaian Full Bridge Inverter 4 Saklar

Perbedaan waktu operasi saklar tersebut akan menimbulkan rekasaya aliran listrik yang mengalir pada rangkaian gambar 2.6.

2.4 LCD (Liquid Crystal Display)

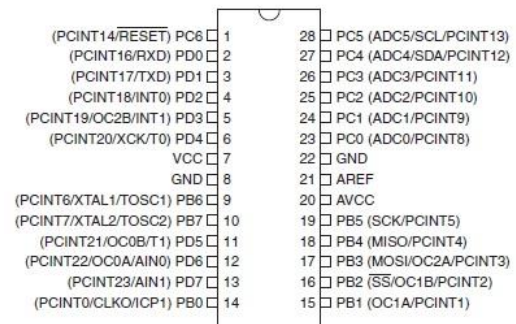
LCD adalah komponen yang dapat menampilkan teks yang terdiri dari berbagai karakter dan berfungsi untuk menampilkan status kerja frekuensi dari perangkat inverter.



Gambar 2.13 LCD (Liquid Crystal Display)

2.5 ATmega328

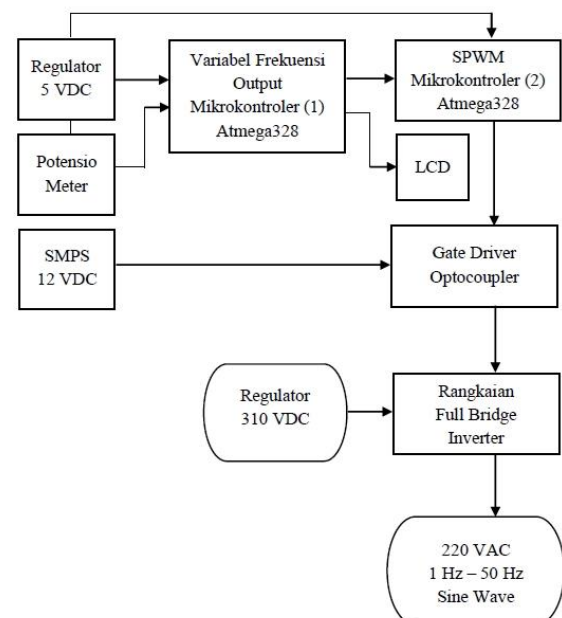
Atmega328 merupakan mikrokontroler keluarga AVR 8 bit yang memiliki ukuran fisik lebih kecil, namun memori dan peripheral lainnya tidak kalah dengan ukuran AVR yang lain[12].



Gambar 2.14 Pin ATmega328

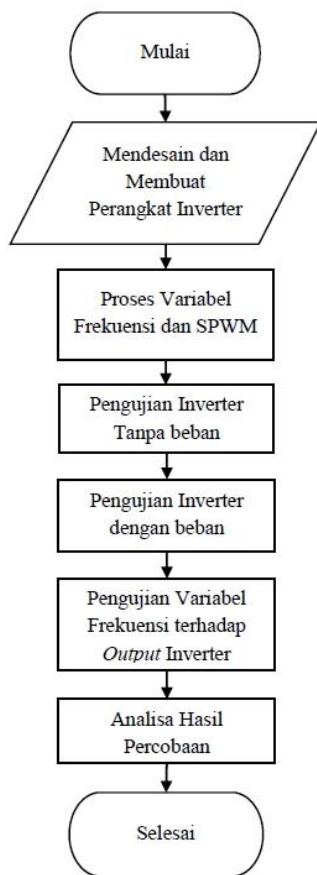
3. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN

3.1 Diagram Alir Penelitian Inverter



Gambar 3.1 Blok Skematik Sistem

3.2 Alur Penelitian Inverter



Gambar 3.2 Flowchart Penelitian

3.3 Desain Inverter

Blok diagram alat ditunjukkan pada gambar 3.1. sumber tegangan input yang digunakan adalah 220 VAC, tegangan 220 VAC diubah menjadi tegangan 310 VDC oleh rangkaian regulator. Kemudian rangkaian daya mengubah kembali tegangan 310 VDC menjadi tegangan 220 VAC dengan variabel frekuensi 1 Hz – 50 Hz. Rangkaian inverter terdiri dari :

- SMPS 12 VDC
- Regulator tegangan 5 VDC
- Mikrokontroler (1) Atmega328
- Mikrokontroler (2) Atmega328
- Liquid Crystal Display
- Rangkaian optocoupler (Gate Driver)
- Regulator tegangan 310 VDC
- Rangkaian Full Bridge inverter

3.4 SPWM dan Variabel Frekuensi

Mikrokontroler (2) membentuk sistem SPWM dengan fungsi *timer 1 mode fast PWM top* 0x3ff dengan bantuan fungsi lain termasuk *array table*. (*array table* berfungsi sebagai *table lookup*,

sebagai data referensi nilai sinus) dan menghasilkan *output* SPWM yang berupa variabel frekuensi *output*. *Output* dari SPWM mikrokontroler (2) dikeluarkan pada pin OC1A dan OC1B (*mode non inverted output*).

- Didalam *table lookup* terdapat 40 data *array*.
- Data-data tersebut mengikuti fungsi sinus.
- Besar sudut yang diwakili masing-masing data tersebut dihitung berdasarkan rumus $360^\circ \div 40 = 9^\circ$.
- Nilai OCR1A dan OCR1B ditentukan oleh data-data tersebut, dengan perhitungan sebagai berikut :
 $\text{Sin}(9^\circ \times n \times \text{nilai TOP fast PWM timer 1}) = \text{data ke } - n$, dimana n adalah urutan data $\{0,1,2,3,\dots,39\}$ dan nilai *TOP fast PWM timer 1* sama dengan 1023 (0x3ff Hex).

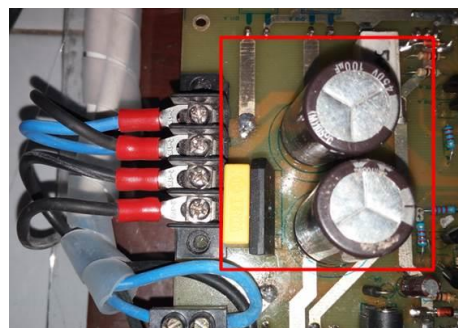
Sedangkan untuk pembentukan variabel frekuensi sebagai berikut :

- Variabel frekuensi ditentukan oleh VFO *output* dari mikrokontroler (1).
- VFO menentukan periode dari pertambahan sudut gelombang.
- Pertambahan sudut gelombang tersebut merupakan pertambahan urutan data *array*.
- Periode pertambahan sudut gelombang tersebut dihitung berdasarkan :
 $\text{Periode variable frekuensi} \div 40 = \text{pertambahan sudut gelombang}$.

4. HASIL PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Regulator 310 VDC

Rangkaian ini langsung menggunakan sumber dari PLN 220 VAC, agar memperoleh tegangan *output* DC yang besar sesuai dengan kebutuhan rangkaian inverter. Rangkaian regulator 310 VDC seperti terlihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Rangkaian Regulator 310 VDC

Pada gambar 4.2 merupakan hasil pengukuran tegangan dari sisi *input* regulator dengan menggunakan alat ukur Avometer.



Gambar 4.2 Hasil Pengukuran Regulator Dari Sisi Input

Pada gambar 4.3 merupakan hasil pengukuran tegangan dari sisi *output* regulator.



Gambar 4.3 Hasil Pengukuran Regulator Dari Sisi Output

Berdasarkan rumus, besar tegangan yang telah disearahkan oleh dioda atau rangkaian regulator adalah sebesar V_{max} , dimana :

$$\begin{aligned} V_{max} &= \sqrt{2} \times VAC \\ &= 1,41 \times 220 VAC \\ &= 310 VDC \end{aligned}$$

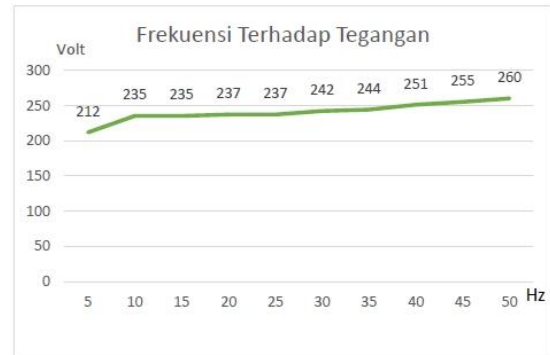
4.2 Pengujian Inverter Tanpa Beban

Pengujian ini menggunakan alat ukur Avometer untuk mengetahui besar tegangan *output* inverter terhadap perubahan frekuensi. Adapun hasil yang didapat setelah melakukan pengujian tersebut, maka didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.1 Pengujian Inverter Tanpa Beban

No	Frekuensi (Hz)	Tegangan AC (V)
1	5	212
2	10	235
3	15	235
4	20	237
5	25	237
6	30	242
7	35	244
8	40	251
9	45	255
10	50	260

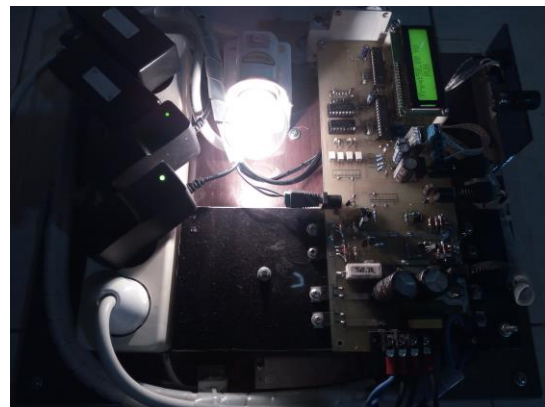
Dari tabel 4.1 terlihat bahwa, semakin tinggi frekuensi maka semakin besar tegangan *output* inverter. Kenaikan tegangan motor ini sifatnya tidak linier terhadap perubahan frekuensi. Terutama pada frekuensi 25 Hz – 50 Hz. Grafik seperti terlihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Frekuensi Terhadap Tegangan (Tanpa Beban)

4.3 Pengujian Inverter Dengan Beban Lampu

Pada pengujian inverter dengan menggunakan beban lampu pijar ini tegangan DC terukur 290.5 VDC, arus *input* lampu terukur sebesar 0.74 Ampere, sedangkan tegangan *input* lampu yang terukur sebesar 226.3 VAC.



Gambar 4.5 Pengujian Inverter Dengan Beban Lampu Pijar

4.4 Pengujian Inverter Dengan Beban Motor Induksi 1 Fasa

Pengujian pengaturan variabel frekuensi terhadap motor induksi 1 fasa, rangkaian inverter ini dihubungkan ke sebuah motor induksi 1 fasa yang porosnya tidak dihubungkan ke suatu beban mekanis apapun. Motor tersebut memiliki spesifikasi sebagai berikut :

- Jenis = Motor Universal
- Frekuensi = 50 Hz
- Tegangan = 220 – 240 Volt
- Kecepatan = 10000 Rpm
- Arus = 10 Ampere
- Resistansi Stator = 2.08 Ohm



Gambar 4.6 Motor Universal

Pada tabel 4.2 merupakan hasil pengujian inverter dengan beban motor induksi 1 fasa.

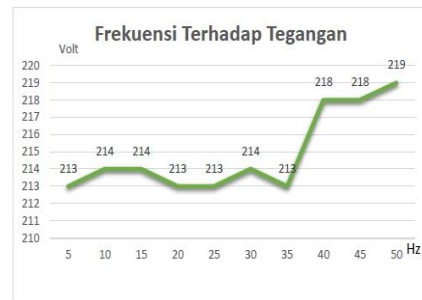
Tabel 4.2 Pengujian Inverter Dengan Beban Motor Induksi

No	Frek (Hz)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Kecepatan (RPM)
1	5	213	3,1	660,3	750
2	10	214	3,1	663,4	800
3	15	214	3,2	684,8	870
4	20	213	3,2	681,6	930
5	25	213	3,3	702,9	1110
6	30	214	3,2	684,8	3050
7	35	213	3,2	681,6	5200
8	40	218	3,4	741,2	6820
9	45	218	3,5	763	8200
10	50	219	3,5	766,5	9300

a. Perubahan Frekuensi Terhadap Tegangan Motor.

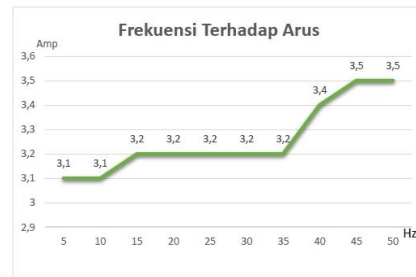
Dari tabel 4.2 terlihat bahwa ketika frekuensi yang dipicu oleh rangkaian inverter sebesar 5 Hz, maka tegangan *input* motor sebesar 213 VAC. Ketika frekuensi dinaikkan 10 Hz, maka tegangan input motor sebesar 214 VAC. Sehingga pada kenaikan frekuensi sebesar 5 Hz dihasilkan perubahan tegangan sebesar 1 VAC. Ketika frekuensi dinaikkan 15 Hz, maka tegangan input motor sebesar 214 VAC. Sehingga pada kenaikan frekuensi sebesar 5 Hz tidak terjadi perubahan tegangan. Ketika frekuensi dinaikkan 20 Hz, maka tegangan input motor sebesar 213 VAC. Sehingga pada kenaikan frekuensi sebesar 5 Hz dihasilkan perubahan tegangan sebesar 1 VAC. Ketika frekuensi dinaikkan 25 Hz, maka tegangan input motor sebesar 213 VAC. Sehingga pada kenaikan frekuensi sebesar 5 Hz tidak terjadi perubahan tegangan. Ketika frekuensi dinaikkan 30 Hz, maka tegangan input motor sebesar 214 VAC. Sehingga pada kenaikan frekuensi sebesar 5 Hz dihasilkan perubahan tegangan sebesar 1 VAC. Ketika frekuensi dinaikkan 35 Hz, maka tegangan input motor sebesar 213 VAC. Sehingga pada kenaikan frekuensi sebesar 5 Hz tidak terjadi perubahan tegangan. Ketika frekuensi dinaikkan 40 Hz, maka tegangan input motor sebesar 218

VAC. Sehingga pada kenaikan frekuensi sebesar 5 Hz dihasilkan perubahan tegangan sebesar 5 VAC. Ketika frekuensi dinaikkan 45 Hz, maka tegangan input motor sebesar 218 VAC. Sehingga pada kenaikan frekuensi sebesar 5 Hz tidak terjadi perubahan tegangan. Ketika frekuensi dinaikkan 50 Hz, maka tegangan input motor sebesar 219 VAC. Sehingga pada kenaikan frekuensi sebesar 5 Hz dihasilkan perubahan tegangan sebesar 1 VAC. Hasil pengujian ditunjukkan pada tabel 4.2. terlihat bahwa semakin tinggi frekuensi, maka semakin besar tegangan pada motor. Grafik seperti terlihat pada gambar 4.7.



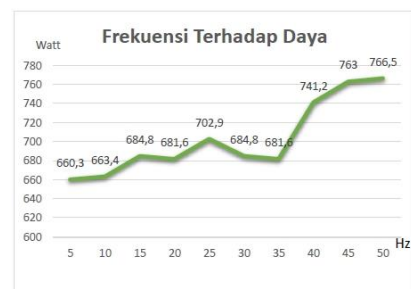
Gambar 4.7 Frekuensi Terhadap Tegangan

b. Perubahan Frekuensi Terhadap Arus Motor Hasil pengujian terlihat bahwa arus yang mengalir pada motor berbanding lurus dengan kenaikan frekuensi. Semakin tinggi frekuensi, maka semakin besar arus yang mengalir pada motor. Grafik seperti terlihat pada gambar 4.8.



Gambar 4.8 Frekuensi Terhadap Arus

c. Perubahan Frekuensi Terhadap Daya Motor Hasil pengujian terlihat bahwa daya yang mengalir pada motor berbanding lurus dengan kenaikan frekuensi. Grafik seperti terlihat pada gambar 4.9.



Gambar 4.9 Frekuensi Terhadap Daya Motor

d. Perubahan Frekuensi Terhadap Kecepatan Putar Motor

Motor induksi yang digunakan adalah motor universal. Dari hasil pengujian terlihat bahwa semakin tinggi frekuensi *input* pada motor, maka semakin besar kecepatan putar motor. Kecepatan putar motor berbanding lurus dengan frekuensi.



Gambar 4.10 Frekuensi Terhadap Kecepatan Putar

Dari frekuensi 5 Hz sampai dengan 10 Hz terjadi kenaikan kecepatan putar sebesar 6,6%. Dari frekuensi 10 Hz sampai dengan 15 Hz terjadi kenaikan kecepatan putar sebesar 8,7%. Dari frekuensi 15 Hz sampai dengan 20 Hz terjadi kenaikan kecepatan putar sebesar 6,8%. Dari frekuensi 20 Hz sampai dengan 25 Hz terjadi kenaikan kecepatan putar sebesar 19,3%. Dari frekuensi 25 Hz sampai dengan 30 Hz terjadi kenaikan kecepatan putar sebesar 174%. Dari frekuensi 35 Hz sampai dengan 40 Hz terjadi kenaikan kecepatan putar sebesar 123%. Dari frekuensi 40 Hz sampai dengan 45 Hz terjadi kenaikan kecepatan putar sebesar 20%. Dan dari frekuensi 45 Hz sampai dengan 50 Hz terjadi kenaikan kecepatan putar sebesar 13%. Terlihat pada gambar 4.10, terjadi perubahan kecepatan putar yang lebar Pada *range* frekuensi 25 Hz sampai dengan 50 Hz. Rata-rata kenaikan kecepatan putar motor adalah 46,4%. Dengan demikian bahwa mengatur frekuensi yang dihasilkan dari rangkaian inverter, dapat mempengaruhi kecepatan putar terhadap motor induksi.

5. KESIMPULAN

Inverter ini bisa diaplikasikan sebagai pengatur kecepatan alat-alat bengkel, untuk mempermudah proses pekerjaan. Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari perancangan inverter ini adalah :

1. Inverter ini dapat mengatur kecepatan putaran pada motor universal, presentase perubahan kecepatan putar motor terlalu lebar terhadap pertambahan nilai frekuensi, terutama untuk frekuensi 25 Hz sampai dengan 50 Hz.
2. Semakin tinggi frekuensi masukan, maka semakin tinggi arus yang mengalir pada motor. Dan semakin cepat putaran pada motor.

6. SARAN

Berdasarkan perancangan dan penelitian ini masih ada beberapa kekurangan yang diharapkan dapat disempurnakan oleh peneliti-peneliti selanjutnya, adapun kekurangan tersebut sebagai berikut :

1. Menggunakan transformator sebagai pengganti modul SMPS.
2. Memperbaiki bentuk gelombang agar menjadi sinus murni.
3. Mengganti tipe Mosfet dengan daya yang lebih besar, sehingga proses perancangan alat lebih optimal.

7. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rijono, Yon. 1997. Dasar Teknik Tenaga Listrik. Yogyakarta : Andi Offset. Hal : 310.
- [2] Zuhail, Dasar Tenaga Listrik. Bandung: Penerbit ITB, 1991.
- [3] Sumanto, "Motor Listrik Arus Bolak-Balik", Andi Offset Yogyakarta, Edisi pertama, 1993.
- [4] Barry G. Woollard, H. Kristiono, "Elektronika Praktis", Pradnya Paramita, Jakarta, cetakan kelima, 2003.
- [5] Djatmiko. W Istanto. 2010. Elektronika Daya. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta
- [6] Haryanto Heri. 2011. Pembuatan Modul Inverter sebagai Kendali Kecepatan Putaran Motor Induksi. Universitas Sultan Agung Tirtayasa. Cilegon.
- [7] Asad S. Muhammad. 2012. Oscillators. Ferris State University. Michigan. EEET 201-Chapter 16.
- [8] Ismail, Baharuddin Bin. 2008. Design and Development Of Unipolar SPWM Switching Pulses For Single Phase Full Bridge Inverter.
- [9] Y. A. Sinaga, A. S. Samosir, and A. Haris, "Rancang Bangun Inverter 1 Fasa dengan Kontrol Pembangkit Pulse Width Modulation," Electrician, vol. 11, no. 2, pp. 81–90, 2017.
- [10] D. R. P and M. G. E, "Study of Single Phase H-Bridge Inverter Using Various Sinusoidal Pwm Techniques," vol. 3, no. August, pp. 240–243, 2015.
- [11] Kadir, Abdul. 2012. Panduan praktis mempelajari aplikasi mikrokontroler dan pemrograman menggunakan arduino. Yogyakarta: C.V ANDI Offset.
- [12] Wardhana, Lingga. 2006. Mikrokontroler AVR Seri ATmega 8535. CV Andi Offset. Yogyakarta.
- [13] Wardhana, L. Belajar sendiri Mikrokontroler AVR seri ATmega 328, Andi Offset, Yogyakarta, 2006