

RANGKAIAN INVERTER SATU FASA BERDASARKAN PERUBAHAN FREKUENSI UNTUK PENGENDALIAN KECEPATAN MOTOR KAPASITOR

Single Phase Inverter Circuit Based on Frequency Variation For Controlling The Speed of a Capacitor Motor

Ahmad Antares Adam¹

¹Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

Abstract

This research is aimed to build a single phase inverter circuit as a speed controller for a single phase induction motor which operates based on the variation of frequency. In this circuit, the variation of frequency is developed by an oscillator which work by the variation of the value ratio between a capacitor and a resistance. The capacity of the capacitor is choosen constant while the value of the resistance is varied by a potentiometer. The performance of this circuit is then examined to drive a single phase induction motor capacitor start and run tipe in no load and loaded conditions. The result showed that this inverter circuit can control the speeds of the capacitor motor proportionally to the stator voltage frequencies. The others motor quantities such as motor voltage, current, power, and slip also observed in this study.

The result showed that the other motor quantities namely motor voltage, current, power also increased as the motor frequency is increased.

Keywords: single-phase, inverter-circuit, frequency, oscilator, capacitor-motor.

I PENDAHULUAN

Inverter adalah suatu alat yang dapat mengubah tegangan bolak-balik menjadi tegangan searah dengan frekuensi dan tingkat tegangan yang dapat diatur (Rashid, 1993). Rangkaian inverter terdiri dari tiga bagian, bagian pertama sebuah rangkaian yang terbentuk dari rangkaian konverter yang mengubah sumber tegangan bolak-balik jala-jala menjadi tegangan searah dan menghilangkan riak pada keluaran tegangan searah ini. Bagian kedua adalah rangkaian inverter yang mengubah tegangan searah menjadi tegangan bolak-balik satu fasa dengan frekuensi beragam. Kedua rangkaian ini disebut rangkaian utama. Bagian yang ketiga adalah sebuah rangkaian kontrol berfungsi sebagai pengendali rangkaian utama. Gabungan keseluruhan rangkaian ini disebut unit inverter (FATEC, 2006).

Inverter dapat secara luas diklasifikasikan ke dalam dua tipe, yaitu inverter satu fasa dan inverter tiga fasa. Setiap tipe inverter ini dapat menggunakan piranti terkendali turn-on dan turn-off (seperti BJTT, MOSFET, IGBT, MCT, SIT, GTO) atau thyristor komutasi paksa tergantung pada aplikasinya. Sebuah inverter disebut voltage fed inverter (VFI) jika tegangan masukan inverter dijaga konstan, current fed inverter (CFI) jika arus masukan inverter dijaga konstan dan variable DC linked inverter jika tegangan

masukannya dapat dikendalikan (Rashid, 1993).

Pada penelitian ini, inverter yang dibuat adalah inverter yang menghasilkan frekuensi yang dapat diubah-ubah untuk mengendalikan kecepatan putar sebuah motor induksi satu fasa tipe kapasitor start dan berputar. Variasi frekuensi tegangan keluaran inverter diperoleh dengan cara merubah-rubah nilai tahanan variabel dari sebuah potensio (R) yang terhubung secara seri dengan kapasitor eksternal dengan nilai kapasitansi C . Ketika nilai tahanan variabel potensio $R = \frac{1}{\omega C}$, maka akan terjadi osilasi pada rangkaian osilator dengan frekuensi osilasi sebesar $f_c = \frac{1}{2\pi RC}$. Frekuensi yang dihasilkan oleh rangkaian osilator adalah dalam kisaran 10 – 50 Hz. Frekuensi yang dihasilkan oleh rangkaian osilator inilah yang selanjutnya menjadi masukan bagi rangkaian driver. Kemudian keluaran dari rangkaian driver ini digunakan untuk menyulut mosfet pada rangkaian inverter. Keluaran inverter inilah yang pada akhirnya diaplikasikan ke terminal motor induksi satu fasa tipe motor kapasitor. Pengujian rangkaian inverter satu fasa pada penelitian ini dilakukan pada motor kapasitor pada kondisi tanpa beban dan berbeban mekanis untuk melihat hubungan antara frekuensi masukan motor terhadap tegangan, arus, daya dan kecepatan motor.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Motor-motor satu fasa adalah motor berukuran kecil, yang dibuat dalam kisaran daya pecahan daya kuda (fractional horse power). Motor-motor ini digunakan untuk berbagai tipe (macam) peralatan dalam rumah tangga, kantor, toko, dan pabrik (industri), seperti mesin cuci, kipas angin, pompa air, mesin pendingin (kulkas), blender dan mikser. Motor-motor ini mempunyai konstruksi yang relatif sederhana. Kebanyakan dari motor pecahan daya kuda adalah tipe motor induksi satu fasa. Motor-motor ini diklasifikasikan menurut metode yang digunakan untuk menstart mereka. Yaitu tipe split fasa (resistansi start motor), kapasitor start, kapasitor run, dan motor kutub bayangan (Cyne dan Joseph, 1987).

Dalam banyak aplikasi dari motor induksi satu fasa, kecepatan harus divariasikan pada wilayah tertentu. Sebagai contoh, kecepatan dari blender dan sekop listrik sering harus berubah-ubah dalam pengoperasiannya. Secara umum kecepatan motor induksi satu fasa dapat dikendalikan dengan cara yang sama dengan kecepatan motor induksi fasa banyak. Untuk motor induksi satu fasa tipe rotor sangkar kecepatannya dapat dikendalikan dengan metode: memvariasikan frekuensi stator, mengubah jumlah kutub stator, dan

mengubah tegangan terminal stator (Chapman, 1991).

Dalam perancangan praktis yang melibatkan motor dengan slip yang tinggi, pendekatan yang biasa digunakan untuk mengendalikan kecepatan motor adalah dengan mengubah-ubah nilai tegangan terminal motor. Tegangan terminal motor ini dapat divariasikan dengan cara (Chapman, 1991):

- (a) Sebuah autotrafo dapat digunakan untuk secara kontinyu mengatur tegangan saluran. Metode ini adalah metode yang paling mahal dari pengendalian kecepatan berdasarkan tegangan dan digunakan hanya ketika dibutuhkan pengendalian kecepatan yang sangat halus.
- (b) Sebuah rangkaian SCR atau TRIAC (komponen semikonduktor) dapat digunakan untuk mereduksi tegangan rms yang diaplikasikan ke motor oleh pengontrol fasa bolak-balik. Rangkaian pengendali semikonduktor ini lebih murah dari autotrafo dan semakin umum digunakan.
- (c) Mengubah nilai dari sebuah tahanan luar variabel yang terhubung secara seri dengan motor. Cara ini mudah untuk dilaksanakan, tetapi mempunyai kekurangan yaitu menghasilkan rugi daya dalam tahanan, sehingga mengurangi efisiensi konversi daya secara keseluruhan.

Penelitian sebelumnya tentang aplikasi inverter satu fasa sebagai rangkaian pengendali kecepatan motor induksi yang terkait dengan penelitian ini dua di antaranya adalah sebagai berikut:

Penelitian yang dilakukan oleh Kresna (2014) yang berjudul Prototipe Kendali Motor Induksi Satu Fasa, telah merancang dan membuat prototipe peralatan pengaturan kecepatan motor induksi satu fasa dengan kendali mikrokontroler dan dari hasil pengujian rangkaian tersebut diperoleh kecepatan putaran motor mendekati konstan walaupun beban mekanik motor berfluktuasi. Pada rangkaian pengendali kecepatan motor induksi satu fasa dengan pengaturan PWM ini, sumber tegangan motor adalah tegangan keluaran dari rangkaian inverter dengan menggunakan transistor. Tegangan keluaran inverter dapat divariasikan dengan mengatur trigger transistor pada rangkaian inverter. Perbedaan utama antara penelitian ini dengan penelitian yang dilakukan penulis adalah terletak pada jenis komponen utama pada rangkaian inverternya dan metode pengaturan kecepatan motor itu sendiri. Pada penelitian sebelumnya komponen utama inverternya adalah transistor sementara pada penelitian ini menggunakan mosfet, sedangkan metode pengendalian motor pada penelitian sebelumnya menggunakan PWM sementara pada

penelitian ini menggunakan perubahan frekuensi.

Penelitian yang dilakukan oleh Kustanto (2008) yang berjudul Sistem Pengendalian Kecepatan Motor Induksi 1 Fasa dengan Perubahan Tegangan Berbasis MCU MC68HC11, telah membuat sistem pengendalian kecepatan motor induksi satu fasa dengan perubahan tegangan berbasis MCU MC68HC11, dimana sebuah personal komputer digunakan untuk mengatur kerja MCU MC68HC11. Selanjutnya sistem MC68HC11 ini akan mengatur sudut picu thyristor yang berfungsi mengendalikan tegangan jala-jala PLN. Tegangan keluaran thyristor inilah yang kemudian dipakai sebagai tegangan input kumparan stator motor induksi satu fasa. Perbedaan antara penelitian tersebut dengan penelitian ini adalah pada penelitian sebelumnya komponen inverternya menggunakan back to back thyristor sedangkan pada penelitian ini komponen utama inverternya menggunakan mosfet.

III. METODE PENELITIAN

A. Bahan Penelitian:

1. Kabel penghubung rangkaian
2. Mosfet
3. Dioda
4. Kapasitor
5. Papan PCB
6. Timah solder
7. Trafo 18 Volt

8. Trafo 12 Volt

9. Potensiometer

10. Rangkaian Osilator

B. Alat Penelitian:

1. Motor induksi satu fasa tipe motor kapasitor start dan berputar

2. Tachometer

3. Voltmeter

4. Amperemeter

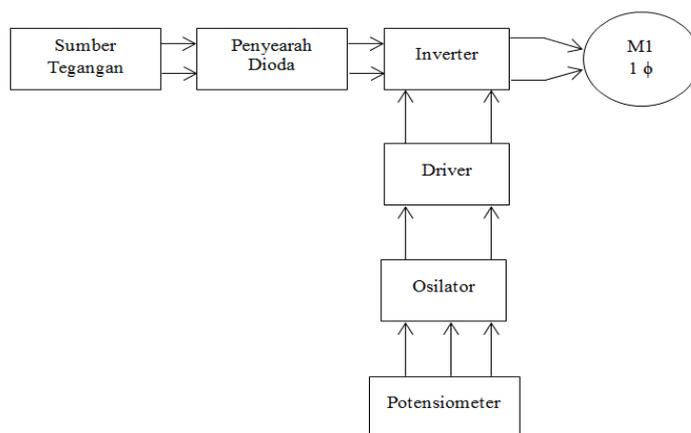
5. Wattmeter

C. Langkah-langkah Penelitian

Adapun langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini adalah:

1. Perancangan rangkaian inverter satu fasa

Rangkaian inverter satu fasayang dibuat dalam penelitian ini bekerja berdasarkan perubahan frekuensi teganganyang masuk ke motor. Gambar skematis rancangan rangkaian inverter tersebut diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Skema rancangan rangkaian inverter satu fasa berdasarkan perubahan frekuensi

Keterangan:

1. Potensiometer

Potensio ini mempunyai tiga kaki, terhubung dengan osilator dan berfungsi untuk mengatur perbandingan antara nilai tahanan R dan nilai kapasitor eksternal C. Nilai kapasitansi kapasitor yang digunakan adalah 100 pF atau 10^{-7} Farad. Maka harga resistansi variabel R tertinggi dari potensio untuk menghasilkan frekuensi terendah 10 Hertz dapat dihitung dengan menggunakan persamaan

$$R = \frac{1}{2\pi C f_c} = \frac{1}{2 \times 3,14 \times 10^{-7} \times 10} = 159,24 \text{ K Ohm}$$

Sehingga nilai R tertinggi potensio dibulatkan menjadi 160 Kohm. Potensio yang digunakan mempunyai harga resistansi variabel R antara 0 sampai dengan 160 kΩ. Resistansi variabel ini terhubung secara seri dengan sebuah kapasitor dengan nilai kapasitansi 100 μF atau 10^{-7} Farad.

2. Rangkaian Osilator

Rangkaian osilator berfungsi untuk menghasilkan frekuensi penyulutan mosfet. Frekuensi yang dihasilkan adalah merupakan perbandingan antara nilai R dan C. Frekuensi yang dihasilkan osilator berkisar 10- 50 Hz. Osilator yang digunakan pada penelitian ini adalah IC 4047.

3. Rangkaian driver mosfet

Rangkaian driver ini akan menerima sinyal dari rangkaian osilator dan berfungsi menyulut mosfet pada inverter. Rangkaian yang digunakan pada driver mosfet adalah jenis IC TLP250. Jenis IC ini telah dirancang khusus untuk driver mosfet maupun IGBT yang beroperasi pada tegangan dan daya besar.

4. Penyearah dioda

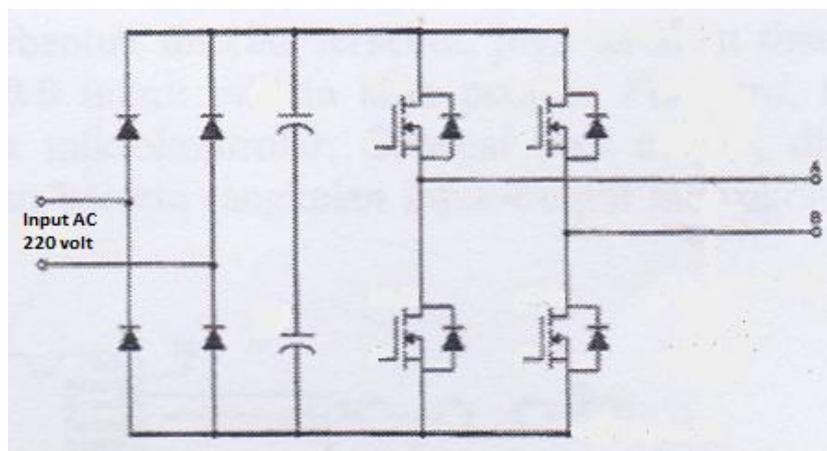
Penyearah dioda berfungsi menyearahkan tegangan jala-jala secara tidak terkendali.

Penyearah dioda ini secara teoritis akan menghasilkan tegangan searah dari tegangan jala-jala satu fasa 220 volt sebesar:

$$V_d = \frac{2V_m}{\pi} = 0,637 V_m = 0,637 \times \sqrt{2} \times 220 = 198,16 \text{ volt.}$$

5. Inverter Satu Fasa

Inverter satu fasa berfungsi mengubah tegangan searah yang dihasilkan penyearah dioda berdasarkan frekuensi penyulutan mosfet. Inverter yang digunakan sebagai pengendali kecepatan motor induksi satu fasa pada penelitian ini adalah inverter satu fasa dengan konfigurasi empat buah mosfet dan empat dioda seperti diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Inverter satu fasa

2. Pembuatan rangkaian inverter yang sesuai dengan rancangan yang telah dibuat.

3. Pengujian kinerja rangkaian inverter sebagai pengendali kecepatan motor induksi satu fasa.

Hal ini dilakukan dengan cara merubah-ubah nilai tahanan variabel potensio

sehingga dihasilkan frekuensi penyulutan yang bervariasi dari pasangan mosfet pada inverter, sehingga frekuensi dari tegangan terminal motor menjadi berubah-ubah. Frekuensi dan perubahannya diukur dan diamati dengan osiloskop. Perubahan kecepatan motor ini diukur dengan tachometer. Besar tegangan, arus dan daya yang masuk ke motor diukur pula pada percobaan ini masing-masing dengan menggunakan voltmeter, amperemeter dan wattmeter.

4. Pengujian kinerja rangkaian inverter sebagai pengendali kecepatan motor induksi satu fasa pada 3 dilakukan untuk kondisi motor tanpa beban dan berbeban sebesar 0,06 N-m dan 0,12 N-m untuk frekuensi penyulutan mosfet yang bervariasi.
5. Membuat kesimpulan tentang kinerja alat yang dibuat.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil

Hasil pengukuran tegangan keluaran penyearah tak terkendali satu fasa = 178 volt.

Hasil pengukuran tegangan keluaran inverter satu fasa = 156 sampai dengan 160 volt

1. Hasil pengujian pengaturan frekuensi masukan motor tanpa beban

Pada kondisi ini rangkaian inverter dihubungkan ke sebuah motor satu fasa tipe kapasitor yang porosnya tidak dihubungkan ke suatu beban mekanik apapun.

Spesifikasi motor tersebut adalah sebagai berikut:

Motor Kapasitor Start dan Berputar (Capacitor start and run motor).

$\text{Cos } \phi = 0,8$

Frekuensi = 50 Hz

Tegangan = 220 volt

Kecepatan medan sinkron = 3000 rpm

Kapasitor = 6,3 μF

Arus = 1,4 A

Daya = 200 W

Tabel 1 Pengujian pengaturan frekuensi motor tanpa beban

Frekuensi (Hertz)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)	Kecepatan (Rpm)
25	136	0,71	60	1400
30	148	0,74	69	1780
35	152	0,79	87	2050
40	154	0,87	108	2325
45	155	0,96	130	2600
50	156	1,05	153	2890

2. Hasil pengujian pengaturan

frekuensi motor berbeban mekanis 0,06 N-m

Pada kondisi ini rangkaian inverter dihubungkan ke sebuah motor satu fasa tipe kapasitor yang porosnya dihubungkan ke suatu beban mekanis sebesar 0,06 N-m.

Tabel 2 Pengujian pengaturan frekuensi motor berbeban mekanis 0,06 N-m

Frekuensi (Hertz)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)	Kecepatan (Rpm)	Slip (%)
30	148	0,85	85	1700	5,56
35	151	1,1	120	1840	12,38
40	154	1,21	148	2150	10,42
45	155	1,25	152	2470	8,52
50	156	1,3	175	2710	9,67

3. Hasil pengujian pengaturan frekuensi motor berbeban mekanis 0,12 N-m

Pada kondisi ini rangkaian inverter dihubungkan ke sebuah motor satu fasa tipe kapasitor yang porosnya dihubungkan ke suatu beban mekanis sebesar 0,12 N-m.

Tabel 3 Pengujian pengaturan frekuensi motor berbeban mekanis 0,12 N-m

Frekuensi (Hertz)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)	Kecepatan (Rpm)	Slip (%)
30	148	1,25	120	1210	32,77
35	151	1,4	150	1400	33,33
40	154	1,42	160	1990	17,08
45	155	1,55	180	2250	16,67
50	156	1,62	190	2460	18

4.2. Pembahasan

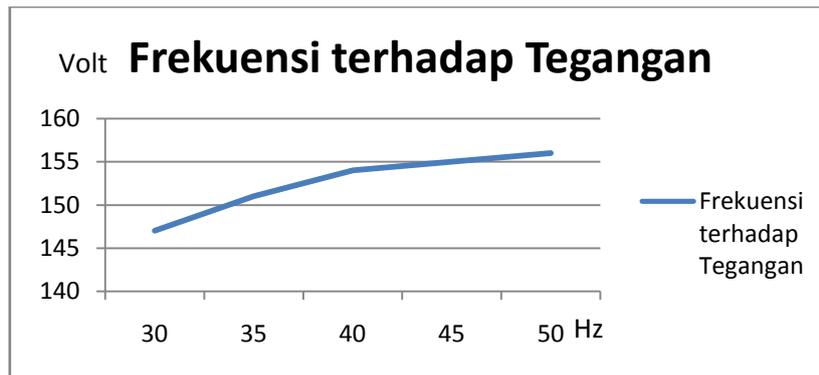
1. Pengujian pengaturan frekuensi masukan motor tanpa beban

Dari hasil pengujian pengaturan frekuensi masukan motor tanpa beban di atas, diperoleh hubungan antara:

a. Perubahan frekuensi masukan terhadap tegangan masukan motor

Dari hasil percobaan terlihat bahwa ketika frekuensi yang dipicu oleh rangkaian driver (yang mana frekuensi ini sama dengan frekuensi masukan motor) 25 Hz, maka tegangan stator adalah sebesar 136 Volt. Ketika frekuensi dinaikkan menjadi 30 Hz, tegangan naik menjadi 148 Volt, sehingga pada kenaikan frekuensi 5 Hz dihasilkan perubahan tegangan sebesar 12 Volt. Ketika frekuensi naik menjadi 35 Hz, tegangan meningkat menjadi 152 Volt, sehingga pada range kenaikan frekuensi 5 Hz dihasilkan perubahan tegangan sebesar 4 Volt. Ketika frekuensi naik menjadi 40 Hz, tegangan bertambah menjadi 154 Volt, sehingga pada range kenaikan frekuensi 5 Hz dihasilkan perubahan tegangan sebesar 2 Volt. Pada saat frekuensi dinaikkan menjadi 45 Hz, tegangan motor hanya naik sebesar 1 Volt menjadi 155 Volt. Demikian halnya ketika frekuensi bertambahnya menjadi 50 Hz, tegangan motor hanya bertambah sebesar 1 Volt menjadi 156 Volt.

Tabel 1 menunjukkan bahwa semakin tinggi frekuensi masukan motor, maka semakin besar tegangan motor yang dihasilkan, walaupun perubahan kenaikan tegangan motor ini sifatnya tidak linier terhadap perubahan frekuensi terutama pada daerah frekuensi 35 – 50 Hz. Grafik frekuensi terhadap tegangan motor diberikan pada Gambar 3.

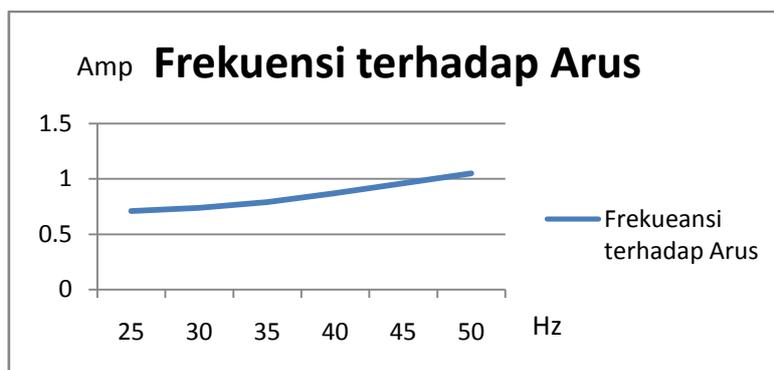


Gambar 3. Frekuensi terhadap tegangan motor

b. Perubahan frekuensi masukan terhadap arus motor

Dari hasil pengamatan terlihat bahwa arus yang ditarik motor sebanding dengan

kenaikan frekuensi motor. Semakin tinggi frekuensi, semakin besar arus motor. Grafik frekuensi terhadap arus motor diberikan pada Gambar 4.

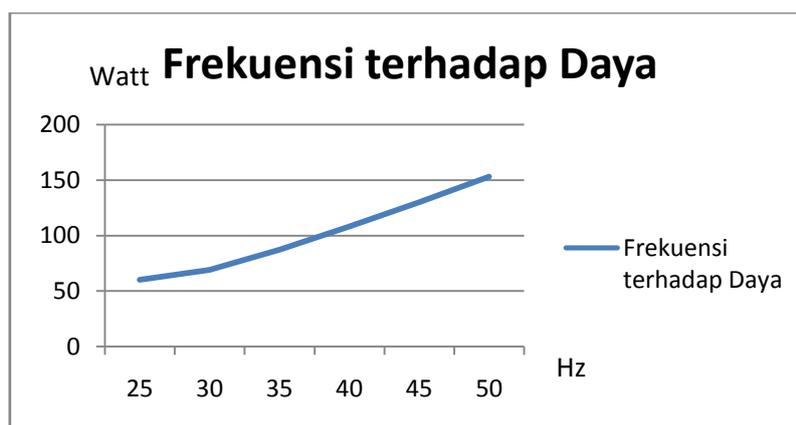


Gambar 4 Frekuensi terhadap arus motor

c. Perubahan frekuensi masukan terhadap daya motor

Dari hasil pengamatan terlihat bahwa daya yang ditarik oleh motor berbanding lurus dengan dengan frekuensi masukan motor.

Grafik frekuensi terhadap daya motor diberikan pada Gambar 5.



Gambar 5 Frekuensi terhadap daya motor

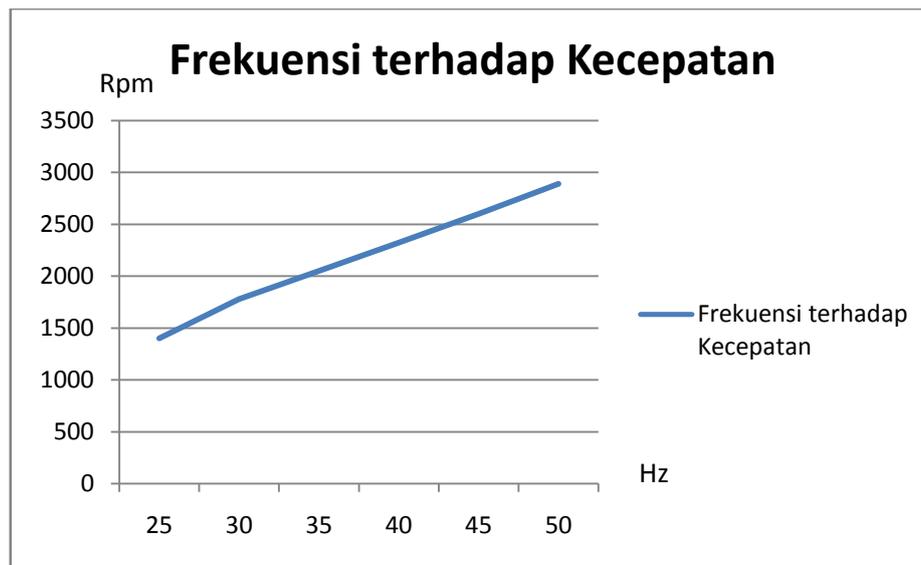
d. Perubahan frekuensi masukan terhadap putaran motor

Motor induksi yang digunakan pada penelitian ini mempunyai kecepatan sinkron (n_s) = 3000 rpm. Dari percobaan ini terlihat bahwa semakin besar frekuensi masukan motor, maka semakin besar kecepatan putar motor, atau dengan kata lain kecepatan putar motor berbanding lurus dengan frekuensi. Pada frekuensi 25 Hz, kecepatan sinkron motor adalah $n_s = (120 \times 25)/2 = 1500$ rpm, sedangkan kecepatan aktual motor adalah 1400 rpm. Sehingga slip adalah $(1500 - 1400)/1500 = 6,67\%$. Saat frekuensi 30 Hz, kecepatan sinkron motor adalah $n_s = (120 \times 30)/2 = 1800$ rpm, sedangkan kecepatan motor adalah 1780 rpm. Dengan demikian slip adalah $(1800 - 1780)/1800 = 1,11\%$. Ketika frekuensi 35 Hz, kecepatan sinkron motor adalah $n_s = (120 \times 35)/2 = 2100$ rpm,

sedangkan kecepatan motor 2050 rpm, slip adalah $(2100 - 2050)/2100 = 2,38\%$. Pada frekuensi 40 Hz, kecepatan sinkron motor $n_s = (120 \times 40)/2 = 2400$ rpm, sedangkan kecepatan motor adalah 2325 rpm, slip adalah $(2400 - 2325)/2400 = 3,13\%$. Pada frekuensi masukan 45 Hz, kecepatan sinkron motor adalah 2700 rpm, sementara kecepatan putar motor 2600 rpm, harga slip adalah $(2700 - 2600)/2700 = 3,7\%$. Pada frekuensi masukan 50 Hz, kecepatan sinkron motor adalah 3000 rpm, sementara kecepatan putar motor 2890 rpm, maka slip adalah $(3000 - 2890)/3000 = 3,67\%$.

Dari hasil di atas dapat dilihat bahwa motor berputar mendekati kecepatan sinkronnya, dimana kecepatan putar ini sebanding dengan frekuensi.

Grafik frekuensi terhadap kecepatan motor diberikan pada Gambar 6.



Gambar 6 Frekuensi terhadap kecepatan motor

2. Pengujian pengaturan frekuensi masukan motor berbeban mekanis 0,06 N-m

Dari hasil pengujian diperoleh hubungan antara:

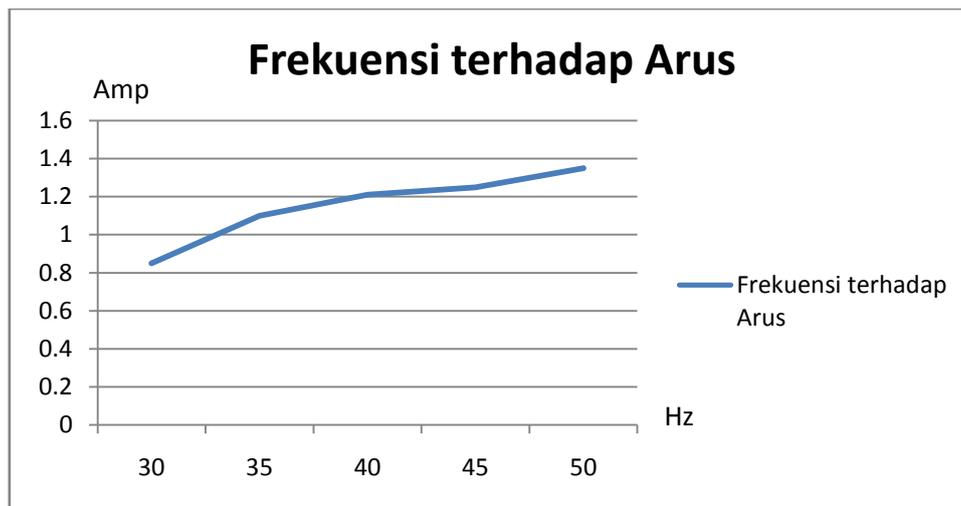
a. Perubahan frekuensi masukan terhadap tegangan masukan motor

Tabel 2 menunjukkan bahwa untuk nilai frekuensi yang sama dengan tabel 1, tegangan motor yang dihasilkan juga sesuai dengan tabel 1. Atau dengan kata lain baik untuk kondisi motor tanpa beban maupun berbeban 0,06 N-m, untuk frekuensi motor

yang sama tegangan motor juga berharga sama.

b. Perubahan frekuensi masukan terhadap arus motor

Dari hasil pengamatan terlihat bahwa arus yang ditarik motor sebanding dengan kenaikan frekuensi motor. Semakin tinggi frekuensi, semakin besar arus motor. Terlihat bahwa pada kondisi berbeban, arus yang ditarik motor lebih tinggi daripada kondisi tanpa beban untuk nilai frekuensi masukan motor yang sama. Grafik frekuensi terhadap arus motor diberikan pada Gambar 7.

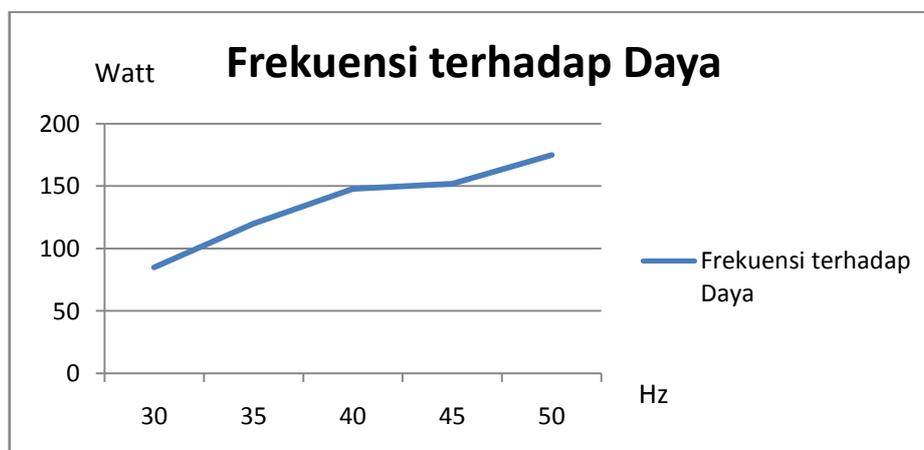


Gambar 7 Frekuensi terhadap arus motor

- c. Perubahan frekuensi masukan terhadap daya motor

Dari hasil pengamatan terlihat bahwa daya yang ditarik oleh motor berbanding lurus dengan dengan frekuensi masukan motor.

Daya yang ditarik motor dari inverter semakin besar pada kondisi motor berbeban mekanis 0,06 Nm daripada pada kondisi tanpa beban. Grafik frekuensi terhadap daya motor diberikan pada Gambar 8.

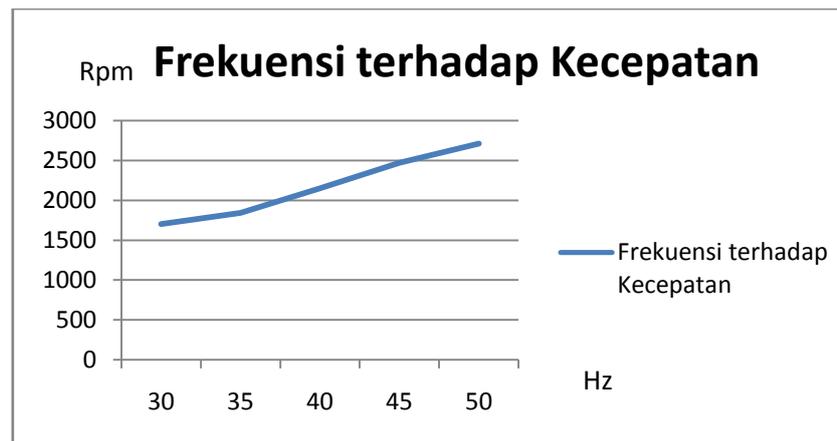


Gambar 8 Frekuensi terhadap daya motor

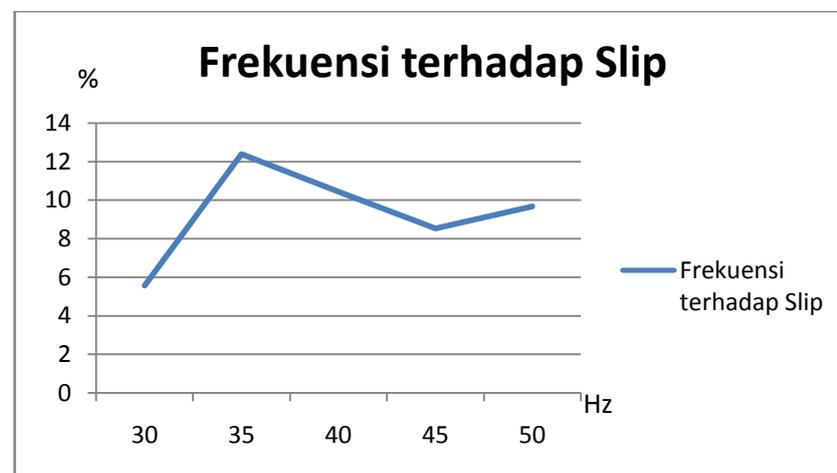
- d. Perubahan frekuensi masukan terhadap putaran motor

Dari percobaan ini terlihat bahwa semakin besar frekuensi masukan motor, maka semakin besar kecepatan putar motor, atau dengan kata lain kecepatan putar motor berbanding lurus dengan frekuensi. Namun

jika dibandingkan dengan kondisi tanpa beban, pada kondisi berbeban ini untuk frekuensi motor yang sama kecepatan motor turun cukup signifikan. Grafik frekuensi terhadap kecepatan motor dan frekuensi terhadap slip diberikan pada Gambar 9 dan Gambar 10.



Gambar 9 Grafik frekuensi terhadap kecepatan motor



Gambar 10 Grafik frekuensi terhadap slip

3. Pengujian pengaturan frekuensi masukan motor berbeban mekanis 0,12 N-m

Dari hasil pengujian diperoleh hubungan antara:

- a. Perubahan frekuensi masukan terhadap tegangan masukan motor

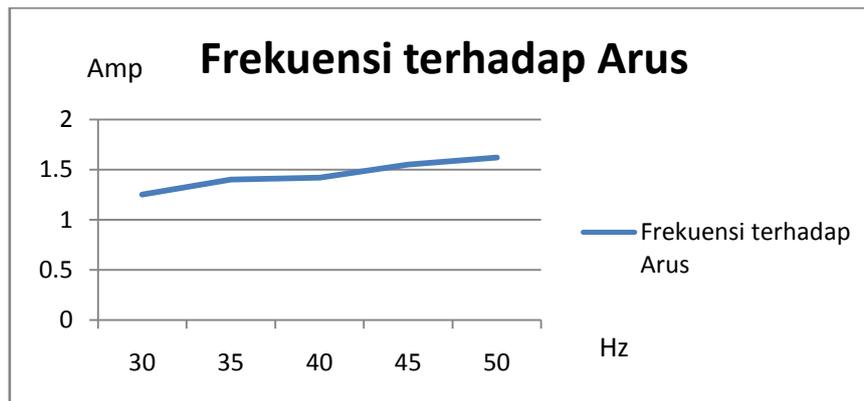
Tabel 3 menunjukkan bahwa untuk nilai frekuensi yang sama dengan tabel 1 dan 2, tegangan motor yang dihasilkan juga sesuai dengan tabel 1 dan. Atau dengan kata lain baik untuk kondisi motor tanpa beban

maupun berbeban 0,06 N-m dan 0,12 N-m, untuk frekuensi motor yang sama tegangan motor juga berharga sama.

- b. Perubahan frekuensi masukan terhadap arus motor

Dari hasil pengamatan terlihat bahwa arus yang ditarik motor sebanding dengan kenaikan frekuensi motor. Semakin tinggi frekuensi, semakin besar arus motor. Pada kondisi berbeban 0,12 N-m ini, terlihat bahwa arus yang ditarik motor lebih tinggi daripada kondisi tanpa beban maupun berbeban 0,06 N-m. Grafik frekuensi

terhadap arus motor diberikan pada Gambar 11.



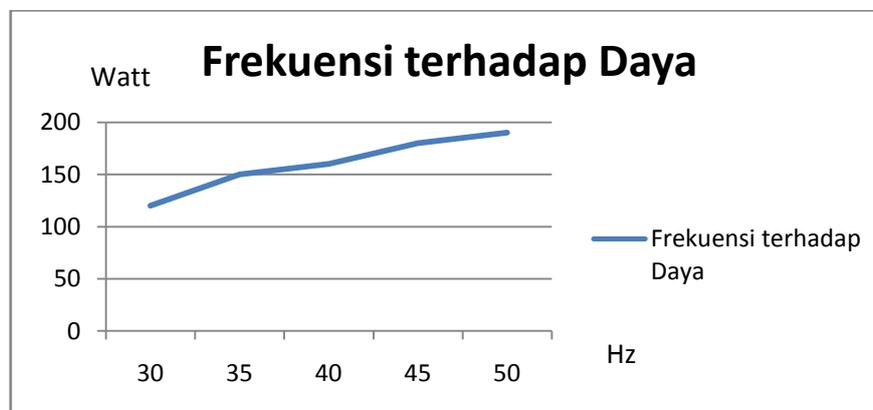
Gambar 11 Frekuensi terhadap arus motor

c. Perubahan frekuensi masukan terhadap daya motor

Dari hasil pengamatan terlihat bahwa daya yang ditarik oleh motor berbanding lurus dengan dengan frekuensi masukan motor.

Daya yang ditarik motor dari inverter

semakin besar pada kondisi motor berbeban mekanis 0,12 Nm daripada pada kondisi tanpa beban atau berbeban mekanis 0,06 N-m. Grafik frekuensi terhadap daya motor diberikan pada Gambar 11.



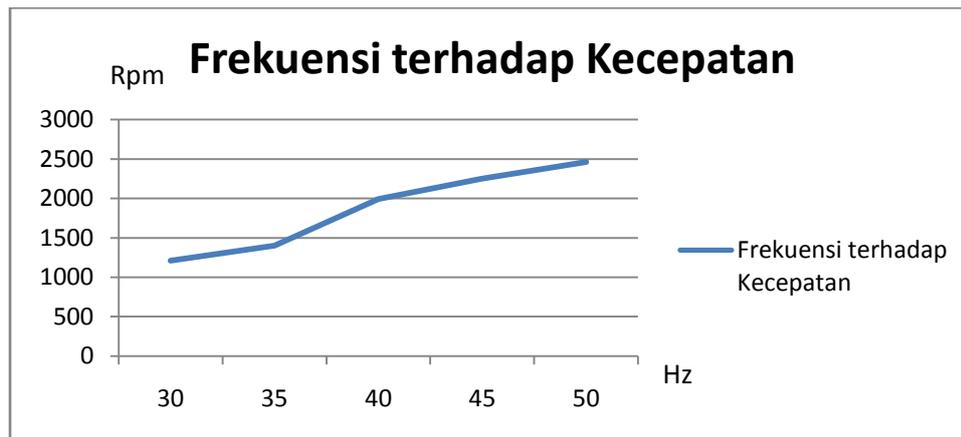
Gambar 12 Frekuensi terhadap daya motor

d. Perubahan frekuensi masukan terhadap putaran motor

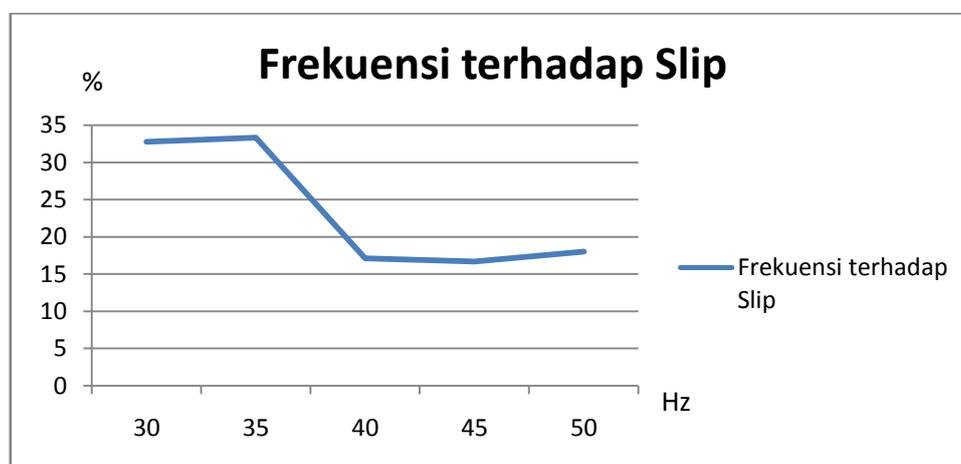
Dari percobaan ini terlihat bahwa semakin besar frekuensi masukan motor, maka semakin besar kecepatan putar motor, atau dengan kata lain kecepatan putar motor

berbanding lurus dengan frekuensi. Namun jika dibandingkan dengan kondisi tanpa beban dan berbeban 0,06 N-m, pada kondisi berbeban 0,12 N-m ini untuk frekuensi motor yang sama kecepatan motor turun lebih tajam lagi, sehingga motor induksi bekerja dengan harga slip yang relatif tinggi. Grafik frekuensi terhadap kecepatan motor

dan frekuensi terhadap slip diberikan pada Gambar 13 dan Gambar 14.



Gambar 13 Grafik frekuensi terhadap kecepatan motor



Gambar 14 Grafik frekuensi terhadap slip

V KESIMPULAN

1. Untuk kondisi motor tidak berbeban maupun berbeban, tegangan yang dihasilkan inverter untuk frekuensi yang sama adalah sama. Tegangan yang dihasilkan tidak linier terhadap pertambahan nilai frekuensi, terutama untuk daerah frekuensi 35 – 50 Hz.
2. Arus yang ditarik oleh motor dari inverter berbanding lurus dengan kenaikan harga frekuensi dan kenaikan beban. Untuk frekuensi motor yang sama, semakin tinggi beban mekanis motor, semakin tinggi arus motor. Hal yang sama berlaku pula untuk daya, yaitu daya berbanding lurus dengan peningkatan frekuensi dan kenaikan beban.
3. Semakin tinggi frekuensi, maka kecepatan motor juga semakin meningkat untuk kondisi motor tanpa beban dan berbeban mekanis. Namun, kecepatan motor turun secara cukup tajam seiring dengan meningkatnya beban mekanis yang terhubung dengan poros motor untuk nilai frekuensi motor yang sama.

DAFTAR PUSTAKA

- Chapman, S. J., 1991, "*Electric Machinery Fundamentals*", McGraw-Hill Inc., Singapore.
- Cyne, V. G., and Joseph, M. E., 1987, "*Fractional and Subfractional Horse Power*", Mc. Graw Hill International Edition, Singapore.
- FATEC, 2006, "*Inverter School Text, Inverter Practical Course*", Mitsubishi Electric Corporation, Tokyo, Japan, p.211.
- Kresna, N. H., 2014, "*Prototipe Kendali Motor Induksi Satu Fasa*", Jurnal Teknik Elektro Volume 3, No.1 Januari 2014, p.62-69.
- Kustanto, 2008, "*Sistem Pengendalian Kecepatan Motor Induksi 1 Fasa dengan Perubahan Tegangan Berbasis MCU MC68HC11*", <http://www.kus2008.filewordpress.com/2008/07>.
- Rashid, M.H., 1993, "*Power Electronics: Circuits, Devices, and Applications*", Prentice Hall International, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.