

PENGATURAN KECEPATAN MOTOR INDUKSI TIGA FASA DENGAN PERUBAHAN TEGANGAN DAN FREKUENSI BERBASIS SMARTPHONE ANDROID**Noer Soedjarwanto¹, Osea Zebua²**

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Lampung

e-mail: noersoed

ABSTRACT

The use of three phase induction motor is widely used for large and small industry. Induction motor speed can be adjusted by changing the voltage and frequency of the source. Operation speed induction motors are generally manually and using cables. In facilitating the operation of induction motor speed, we need a device to control the speed of induction motors on remotely and wirelessly. This paper presents The purpose of this research is to design a device that can control the speed of 3-phase induction motor squirrel cage type remotely using supply voltage and frequency changes. To adjust the speed of the motor from a distance it takes an android smartphone with bluetooth, which is a wireless communication that provides data exchange services. 3-phase induction motor speed controller is done by regulating the voltage value and frequency source using buck converter and the inverter. Buck converter circuit is used to set the value of the voltage by changing the duty cycle value while the inverter circuit is used to set the value of the trigger frequency by using SPWM (Sinusoidal Pulse Width Modulation). Dynamic braking method is required. The test results show that of motor speed testing, it can be controlled up to 15 meters distance, where the speed will be faster when the source voltage and frequency values increased. Conversely, when the value of the voltage and frequency are decreased so the motor speed will decrease. This tool can adjust 287 Volt of DC Voltage and a buck converter will set the duty cycle value between 0.2 to 1 with an increase of 0.2 while the inverter adjust the frequency from 40 Hz to 55 Hz to 5 Hz increase.

Keywords : *three phase induction motor, android smartphone, bluetooth, buck converter, inverter***ABSTRAK**

Penggunaan motor induksi tiga fasa sudah banyak digunakan diindustri besar maupun kecil. Kecepatan motor induksi dapat diatur dengan mengubah tegangan dan frekuensi sumber. Pengoperasian kecepatan motor induksi pada umumnya secara manual dan menggunakan kabel. Dalam mempermudah pengoperasian kecepatan motor induksi, dibutuhkan suatu kontroler untuk mengendalikan kecepatan motor induksi dari jarak jauh dan tanpa kabel. **Makalah ini bertujuan** membuat suatu kontroler yang dapat mengatur kecepatan motor induksi 3 fasa tipe sangkar tupai dari jarak jauh dengan menggunakan perubahan tegangan dan frekuensi suplai. Untuk dapat mengatur kecepatan motor dari jarak jauh dibutuhkan sebuah *smartphone* android yang memiliki perangkat *bluetooth*, yaitu suatu komunikasi nirkabel yang menyediakan layanan pertukaran data. Pengaturan kecepatan motor induksi 3 fasa dengan cara mengatur nilai tegangan dan frekuensi sumber menggunakan buck converter dan inverter. Rangkaian buck converter digunakan untuk mengatur nilai tegangan dengan mengubah nilai *duty cycle* sedangkan rangkaian inverter digunakan untuk mengatur nilai frekuensi dengan pemicunya menggunakan metode SPWM (*Sinusoidal Pulse Width Modulation*). Metode pengereman kecepatan motor menggunakan metode pengereman dinamik. **Hasil pengujian menunjukkan bahwa** kecepatan motor dapat dikontrol sampai jarak 15 meter, dimana kecepatan akan semakin cepat ketika nilai tegangan dan frekuensi sumbernya dinaikkan. Sebaliknya, ketika nilai tegangan dan frekuensi diturunkan maka kecepatan motor akan menurun. Alat ini dapat mengatur tegangan DC sebesar 287 volt dan buck converter mengatur nilai *duty cycle* antara 0,2 sampai 1 dengan menaikkan 0,2 sedangkan inverter mengatur frekuensi dari 40 Hz sampai 55 Hz dengan menaikkan 5 Hz.

Kata kunci : *motor induksi 3 fasa, smartphone android, bluetooth, buck converter, inverter*

PENDAHULUAN

Saat ini perkembangan dibidang teknologi sangat berkembang pesat dan sudah menjadi salah satu kebutuhan hidup manusia. Penggunaan teknologi yang sering digunakan hanya sebatas umumnya saja tetapi tidak dimanfaatkan lebih baik. Teknologi yang dimaksud adalah teknologi seluler dimana teknologi seluler ini sudah menjadi seperti kebutuhan dasar bagi masyarakat. Hal ini dikarenakan *smartphone* berfungsi untuk menelpon, sms, bertukar atau berkirim data, *browsing*, dan lain-lain.

Berbagai macam jenis *handphone* sudah banyak yang muncul di kehidupan ini dengan berbagai fungsi dan kegunaannya. Pada saat ini *handphone* yang sedang menguasai teknologi seluler adalah *handphone* pintar atau biasa disebut dengan *smartphone*.

Smartphone memiliki banyak fitur-fitur yang dapat dimanfaatkan, terdapat sebuah aplikasi yang dapat menerima atau mengirim suatu data yaitu aplikasi *bluetooth*. Aplikasi *bluetooth* ini dapat dimanfaatkan lebih baik lagi dibandingkan hanya untuk bertukar data saja. Dari aplikasi *bluetooth* ini, terdapat sebuah pemikiran untuk membuat sebuah perintah yang dapat mengendalikan kecepatan motor induksi. Sehingga motor induksi dapat dikendalikan dari jarak jauh hanya dengan menyentuh tombol perintah yang sudah terdapat di layar *smartphone*.

Motor induksi yang ingin dikendalikan merupakan motor listrik yang hanya bekerja berdasarkan sumber tegangan bolak-balik. Motor jenis ini juga banyak digunakan di industri besar dan kecil. Pengaturan kecepatan pada motor induksi dapat diatur dengan mengubah nilai-nilai tegangan sumber, arus, dan frekuensi. Pada penelitian yang akan dilakukan menggunakan metode perubahan nilai tegangan dan frekuensi sumber pada motor tersebut.

Makalah ini menyajikan suatu mkemudahan untuk mengoperasikan suatu peralatan dan memanfaatkan suatu fitur *bluetooth* yang terdapat di *smartphone*. Penggunaan dari *bluetooth* tersebut dapat dikendalikan dari jarak 15 meter sehingga pengaturan motor induksi dapat dikendalikan dari jarak jauh. Berdasarkan hal-hal diatas, muncul sebuah ide untuk menciptakan sebuah pengaturan kecepatan motor induksi yang dikendalikan dengan menggunakan komunikasi tanpa kabel atau *wireless*.

Pada penelitian tersebut perangkat kontrolnya menggunakan mikrokontroler AT89S51/52 dan tidak adanya pengereman serta tidak ada rangkaian *filter*. Berdasarkan

latar belakang tersebut, muncul suatu ide untuk membuat suatu *prototype* pengaturan kecepatan motor induksi tiga fasa serta pengeremannya dengan menggunakan *smartphone*. Penelitian yang akan dilakukan menggunakan mikrokontroler Arduino dengan penambahan rangkaian *filter* serta memiliki rangkaian pengereman. Pada penelitian ini digunakan juga *smartphone* sebagai kontroler kecepatan motor, dimana kontroler ini dapat mengatur kecepatan motor dari jarak jauh dengan menggunakan *bluetooth*. *Smartphone* digunakan sebagai perangkat untuk pengendalian kecepatan motor melalui sebuah aplikasi yang terintegrasi dengan alat kontrol. Teknologi *smartphone* sudah banyak diterapkan dirangkaian kontrol alat seperti pengendali rumah cerda serta *remote control* untuk robot.

STUDI PUSTAKA

Motor asinkron atau juga disebut motor induksi merupakan motor listrik arus bolak-balik (AC) yang bekerja berdasarkan induksi medan magnet stator ke rotor. Arus rotor diperoleh dari arus induksi yang diakibatkan karena adanya perbedaan antara putaran rotor dengan medan putar yang dihasilkan arus stator. Prinsip kerja dari sebuah motor adalah mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor induksi bekerja berdasarkan dari induksi elektromagnetik yang berasal dari kumparan stator kepada kumparan rotor. Kumparan stator akan menginduksikan garis-garis gaya fluks sehingga akan memotong kumparan rotor yang menyebabkan timbulnya Gaya Gerak Listrik (GGL) atau juga disebut dengan tegangan induksi. Arus pada kumparan rotor akan mengalir disebabkan kumparan pada rotor merupakan rangkaian tertutup. Kumparan (penghantar) rotor yang dialiri oleh arus akan berada dalam garis gaya fluks dari kumparan stator sehingga kumparan pada rotor akan mengalami gaya Lorentz, rotor akan bergerak sesuai dengan arah dari pergerakan medan induksi dari stator akibat torsi yang ditimbulkan oleh gaya *Lorentz*.

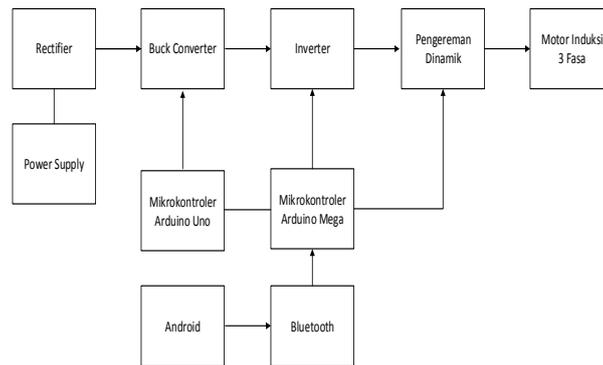
Arduino merupakan suatu papan mikrokontroler tipe arduino yang berdasarkan mikrokontroler Atmega. Arduino mempunyai beberapa jenis seperti Arduino uno dan arduino Mega 2560. Arduino 2560 mempunyai 54 digital pin, dimana pin tersebut terdiri dari *input* dan *output* dengan 15 pin dapat digunakan sebagai *output* untuk PWM, 16 analog *input*, 4 UART (*hardware port serial*), osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, *socket jack*, *header ICSP*, dan tombol *reset*. Semua fasilitas tersebut digunakan untuk

mendukung mikrokontroler agar terhubung dengan komputer dengan kabel USB atau adaptor AC-DC.

METODE

A. Perancangan dan Pembuatan Alat

Perancangan peralatan yaitu ada beberapa tahap diantaranya pembuatan aplikasi pengendali, modul buck converter, *inverter*, pemrograman pada mikrokontroler Arduino, dan pembuatan *power supply*. Blok diagram sederhana perancangan pelacak otomatis energi surya ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Blok Diagram Perancangan Alat

Aplikasi pengendali merupakan suatu control yang terdapat pada *smartphone*. Sebelum berada di *smartphone*, aplikasi dirancang dan dibuat terlebih dahulu. Pembuatan aplikasi ini menggunakan sebuah *software open source* yang dimiliki oleh google, yaitu App Inventor. Pada aplikasi ini terdapat dua buah *sub* sistem yaitu *designer* dan *code block*.

Modul *power supply* merupakan suatu rangkaian penyerah agar sumber dari tegangan bolak-balik menjadi tegangan searah agar dapat masuk ke rangkaian. Sumber yang disearahkan oleh *power supply* sebesar 220 volt AC.

Buck converter merupakan salah satu rangkaian utama pada penelitian ini, hal ini disebabkan karena dapat mengatur nilai tegangan. Pembuatan buck converter harus memiliki hantar arus listrik, bekerja pada frekuensi yang tinggi dan dapat digunakan pada tegangan yang tinggi sebesar 220 volt.

Selain buck converter, inverter juga rangkaian utama pada penelitian ini karena inverter bekerja dengan mengubah nilai frekuensi. Inverter bekerja dengan mengubah tegangan searah menjadi tegangan bolak-balik. Pengereman dinamik pada penelitian ini bertujuan untuk menghentikan kecepatan motor induksi. Komponen pada rangkaian ini berupa *relay* tiga buah dan resistor.

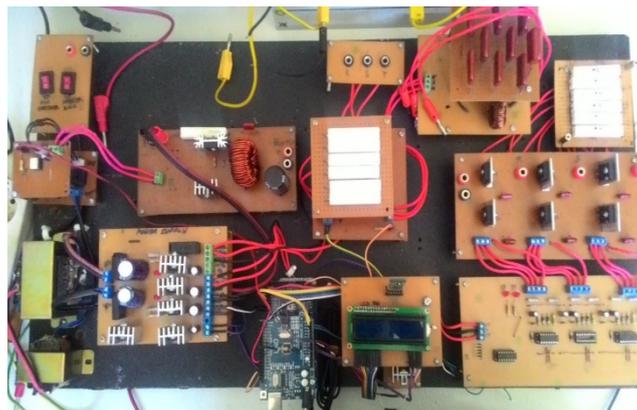
Pemrograman pada mikrokontroler bertujuan untuk membangkitkan gelombang pwm pada pada rangkaian buck converter dan inverter. Pemrograman untuk membangkitkan gelombang pwm dengan menggunakan *timer interrupt* dan *register OCR*.

B. Pengujian

Pengujian yang dilakukan antara lain adalah pengujian aplikasi, pengujian mikrokontroler, pengujian *Bluetooth*, pengujian *buck converter*, pengujian inverter, pengujian rangkaian pengereman dan pengujian keseluruhan.

II. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bentuk fisik peralatan dapat ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. Tampilan Alat Secara Keseluruhan



Gambar 3. Tampilan aplikasi pada layar *smartphone* saat terhubung dan tidak terhubung dengan *Bluetooth*

Pengujian aplikasi ditunjukkan pada gambar 3. Diatas. Dari gambar 3 terlihat tampilan ketika *smartphone* terhubung dengan alat pengendali yang ditandai dengan tulisan *connected* dengan layar tulisan berwarna hijau. Ketika *smartphone* tidak terhubung dengan alat pengendali ditandai dengan tulisan *disconnected* dengan layar berwarna merah. Pada aplikasi pengendali terdapat 23 tombol yang dapat digunakan, dimana terdapat satu tombol untuk menghubungkan ke *bluetooth*, satu tombol untuk memutuskan hubungan dari *bluetooth*, dua puluh tombol untuk mengatur nilai tegangan dan frekuensi, dan satu tombol untuk menghentikan putaran motor.

Tabel 1. Hasil Pengujian *Bluetooth* di Ruang Terbuka

Jarak (m)	Hasil Pengujian
1	Terhubung
3	Terhubung
5	Terhubung
7	Terhubung
10	Terhubung
11	Terhubung
12	Terhubung
13	Terhubung
14	Terhubung
15	Sulit terhubung
16	Gagal

Tabel 2. Hasil Pengujian *Bluetooth* di Ruangan Tertutup

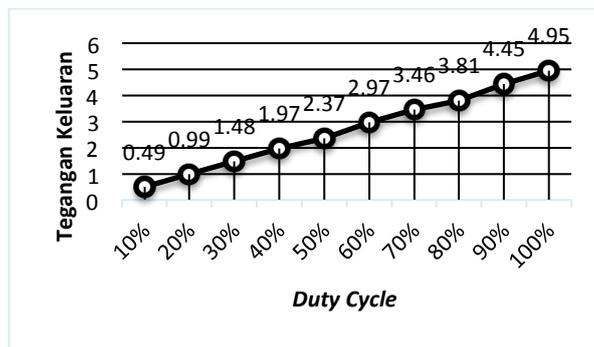
Jarak (m)	Hasil Pengujian
1	Terhubung
2	Terhubung
3	Terhubung
4	Terhubung
5	Terhubung
6	Terhubung
7	Terhubung
8	Terhubung
9	Sulit rerhubung
10	Sulit rerhubung
11	Gagal

Pengujian pada ruang terbuka. Pada tabel tersebut kedua perangkat *bluetooth* dapat terhubung dengan baik dari jarak 1 meter sampai 14 meter. Pada jarak 15 meter, *bluetooth* dapat terkoneksi namun perlu beberapa kali percobaan sedangkan pada jarak 16 meter *bluetooth* sudah tidak dapat terhubung. Tabel 2 merupakan hasil pengujian *bluetooth* pada ruang tertutup, dimana kondisi ruangan ketika melakukan pengujian dibatasi oleh dinding ruangan. Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa perangkat *bluetooth* hanya dapat beroperasi atau terhubung sampai jarak 8 meter. Pada jarak 9 dan 10 meter perangkat dapat terhubung namun perlu beberapa kali percobaan serta pada jarak 11 meter perangkat sudah tidak dapat terhubung.

Pembangkitan gelombang PWM (*Pulse Width Modulation*) pada penelitian ini dilakukan dengan mengubah nilai *duty cycle*. Pengujian ini dapat dilakukan dengan melihat nilai gelombang *output* PWM pada osiloskop. Selain melihat gelombang PWM dilakukan juga pengukuran nilai tegangan yang dihasilkan pada setiap gelombang. Hasil dari pengukuran tegangan keluaran terhadap nilai *duty cycle* yang diberikan dapat dilihat pada tabel 4.4

Tabel 3. Hasil Pengukuran Tegangan Keluaran Gelombang PWM

<i>Duty Cycle</i>	V_{out} PWM (Volt)
10%	0,49
20%	0,99
30%	1,48
40%	1,97
50%	2,37
60%	2,97
70%	3,46
80%	3,81
90%	4,45
100%	4,95



Gambar 4. Grafik hubungan tegangan keluaran PWM dengan *duty cycle*

pengujian *driver* mosfet ini dilakukan dengan mengukur tegangan gelombang serta melihat bentuk gelombang keluarannya. Tabel berikut ini merupakan hasil pengukuran tegangan keluaran terhadap *duty cycle* yang dibangkitkan. Seperti hasil pengujian gelombang pwm, perubahan *duty cycle* akan mempengaruhi tegangan keluaran *driver* mosfet ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengujian Tegangan Keluaran *Driver* Mosfet

<i>Duty Cycle</i>	V_{output} (volt)
10%	1,87
20%	3,24
30%	4,56
40%	5,93
50%	7,23
60%	8,60

70%	9,93
80%	11,32
90%	12,60
100%	13,25

Pada tabel 4 terlihat bagaimana hubungan *duty cycle* terhadap tegangan bentuk gelombang keluaran *driver* mosfet. Bentuk dari gelombang keluaran pada driver mosfet ini sama seperti bentuk gelombang pwm pada keluaran mikrokontroler arduino. Dari tabel diatas didapat perubahan *duty cycle* akan berpengaruh pada perubahan nilai tegangan keluaran yang dihasilkan.

Tabel 5. Hasil Pengujian Buck Converter

Duty Cycle (%)	Vinput (Ukur)	Vout (Ukur)	Vout (Hitung)	Error (%)
10%	19.52 V	3,5 V	1,95 V	79,30 %
20%	19.52 V	4,89 V	3,9 V	25,26 %
30%	19.52 V	6,54 V	5,86 V	11,68 %
40%	19.52 V	8,31 V	7,81 V	6,43 %
50%	19.52 V	10,14 V	9,76 V	3,89 %
60%	19.52 V	12,03 V	11,71 V	2,72 %
70%	19.52 V	13,95 V	13,66 V	2,09 %
80%	19.52 V	15,89 V	15,62 V	1,75 %
90%	19.52 V	17,85 V	17,57 V	1,61 %
100%	19.52 V	19,31 V	19,52 V	-1,08 %
Rata-rata Error				13,37 %

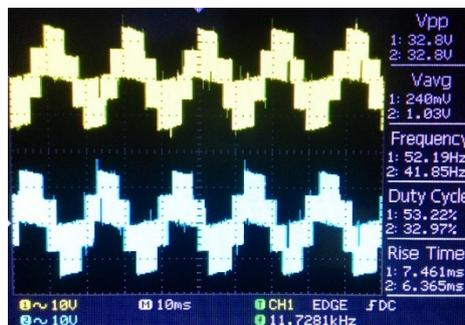
Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai tegangan yang dihasilkan pada buck converter telah sesuai ketika nilai *duty cycle* diubah-ubah. Namun nilai tegangan yang dihasilkan ketika diukur tidak sesuai dengan nilai tegangan pada perhitungan. Berdasarkan tabel nilai rata-rata tegangan pada saat diukur lebih besar dibandingkan nilai tegangan pada perhitungan. Hal ini disebabkan karena efek dari kapasitor yang digunakan, dimana muatan arus pengisian dan pembuangan kapasitor tidak terbuang semua sehingga nilai tegangan yang dikeluarkan lebih besar dibandingkan perhitungan.



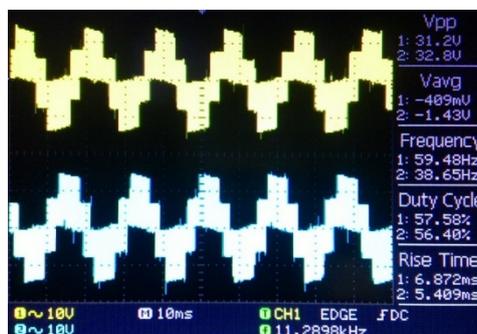
Gambar 4. Tampilan gelombang keluaran inverter frekuensi 40 Hz



Gambar 5. Tampilan gelombang keluaran inverter frekuensi 45 Hz

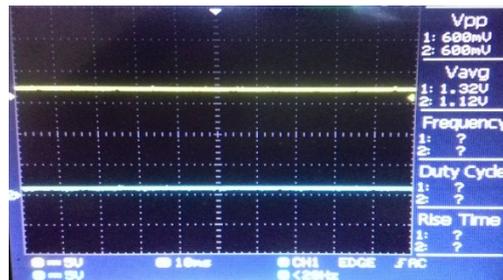


Gambar 6. Tampilan gelombang keluaran inverter frekuensi 50 Hz



Gambar 7. Tampilan gelombang keluaran inverter frekuensi 55 Hz

Gambar-gambar diatas menunjukkan bentuk gelombang yang ditampilkan di layar osiloskop pada saat pengujian. Gelombang yang dihasilkan berbentuk gelombang bolak-balik karena sesuai dengan prinsip kerja inverter yaitu mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC. Pada gambar yang ditampilkan nilai gelombang pada frekuensi 40 Hz lebih renggang dibandingkan gelombang frekuensi 55 Hz. Bentuk gelombang ketika nilai frekuensi dinaikan maka gelombang tersebut akan semakin rapat, hal ini ditunjukkan pada gambar gelombang frekuensi 55 Hz.



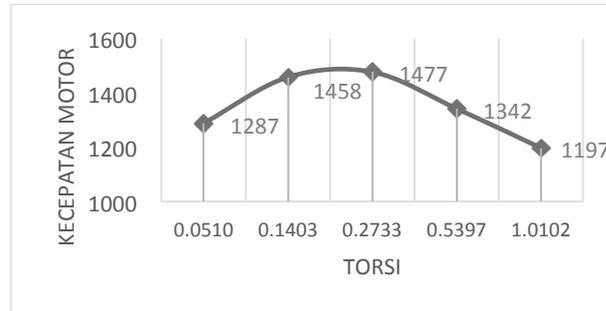
Gambar 8. Tampilan Gelombang Saat Pengereman Dinamik

Gambar 8. merupakan bentuk gelombang yang tertampil di layar osiloskop, dimana bentuk gelombang yang dihasilkan berupa garis lurus yang menandakan bentuk gelombang tegangan searah. Hal ini dikarenakan ketika pengereman dilakukan maka tegangan searah akan diinjeksikan ke motor induksi sehingga ketika diukur tegangan yang tertampil adalah tegangan searah.

Tabel 5. Nilai kecepatan motor dan torsi saat tegangan dan frekuensi dinaikan bersama

Frek (Hz)	Duty Cycle (%)	Kec Motor (rpm)	Torsi (Nm)
40	20%	1090	0.0629
40	40%	1176	0.1474
45	60%	1335	0.2733
50	80%	1490	0.4078
55	100%	1641	0.6179

Dari tabel diatas, kecepatan motor berada dititik tertinggi ketika nilai frekuensi dan *duty cycle* pada titik tertinggi yaitu sebesar 55 Hz dan 100% begitu juga dengan nilai torsi yang berada pada nilai tertinggi yaitu sebesar 0,6179 Nm. Kecepatan motor berada pada kecepatan dititik terendah yaitu ketika nilai frekuensi 40 Hz dan *duty cycle* 20% serta nilai torsi akan berada dititik terendah juga dengan nilai 0,0629 Nm.



Gambar 9. Grafik hubungan kecepatan motor dengan torsi saat tegangan dinaikan dan frekuensi diturunkan

Gambar 9. merupakan grafik hubungan antara kecepatan motor dengan torsi ketika nilai tegangan dinaikan dan frekuensi diturunkan. Dimana nilai tegangan dan frekuensi yang digunakan yaitu frekuensi 55 Hz dengan *duty cycle* 20%, frekuensi 50 Hz dengan *duty cycle* 40%, frekuensi 50 Hz dengan *duty cycle* 60%, frekuensi 45 Hz dengan *duty cycle* 80%, dan frekuensi 40 Hz dengan *duty cycle* 100%. Dari gambar grafik diatas, kecepatan motor semakin cepat dan berada dititik tertinggi pada kecepatan 1477 rpm kemudian kecepatan motor akan berkurang ketika nilai frekuensi diturunkan dan *duty cycle* dinaikan.

KESIMPULAN

Setelah melakukan pengujian dan pembahasan dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Pengaturan kecepatan motor induksi tiga fasa dapat dikontrol sampai jarak maksimal 15 meter, dengan pengaturan perubahan nilai tegangan dan frekuensi.
2. Rangkaian buck converter pada penelitian ini berfungsi untuk mengatur nilai tegangan DC dengan nilai *duty cycle* dari 20% sampai 100% dengan variasi kenaikan sebesar 20%. Rangkaian inverter pada penelitian ini berfungsi untuk mengatur nilai frekuensi dari nilai 40 Hz sampai 55 Hz dengan variasi kenaikan 5 Hz.

3. Selain berpengaruh pada semakin cepatnya putaran motor, perubahan nilai tegangan semakin besar maka akan mengakibatkan nilai torsi juga ikut naik sedangkan perubahan nilai frekuensi semakin besar maka nilai torsi akan semakin menurun.
4. Bila nilai tegangan semakin besar maka nilai arus yang pada motor akan naik. Pada perubahan frekuensi, semakin besar nilai frekuensi maka nilai arus pada motor akan semakin kecil.
5. Bila nilai tegangan dan frekuensi dinaikkan bersama maka kecepatan motor akan semakin cepat, dimana ketika kecepatan motor semakin cepat dan nilai torsi pada motor juga akan semakin naik.

DAFTAR PUSTAKA

- Arindya, Radita.2013. *"Penggunaan dan Pengaturan Motor Listrik"*.Yogyakarta: Graha Ilmu.
- EL – Sharkawi Mohamed A.2000. *"Fundamental of Electric Drivers.Brooks.Washington DC..*
- Haryanto, Hari. *"Pembuatan Modul Inverter sebagai Kendali Kecepatan Putaran Motor Induksi"*.Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Internalis, Baskara.2007. *"Pengaruh Variasi Tegangan DC Chopper dan Variasi Frekuensi Inverter pada Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa 1 HP Berbasis Mikrokontroler AT89S51/52"*. Universitas Diponegoro.
- Jee, Devraj dan Patel, Nikhar.2013. *"V/f Control of Induction Motor Drive"*.National Institute of Technology Rourkela.
- Masihin, Elvys Hirsley Anthon.2008. *"Pemodelan dan Simulasi Pengereman Dinamik Motor Induksi Tiga Fasa"*.Universitas Indonesia.
- Nugroho, Emmanuel Agung.2009. *"Inverter Volt/Hertz Kontrol sebagai Pengendali Motor AC 3 Fasa"*.Universitas Semarang.
- Nugroho,A.B, Hidayat,S.s, Suharjono,A. 2016. "Analisis Daya Tahan Baterai dan Akurasi Pengukuran Sensor Suhu dan Kelembaban Jaringan Sensor Nirkabel untuk Mesin Pengering Gabah". Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif. Semarang.
- Rashid, M.H.2011. *"Power Electronics Handbook Third Edition.California:Elsevier, Inc.*
- Sardiyanto.2009. *"Pembuatan Modul Inverter 3 Fasa Sinusoidal Pulse Width Modulation sebagai Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa terhubung Segitiga 220 Volt"*.Universitas Diponegoro Semarang.
- Theraja, B.L., dan Theraja, A.K.2005. *"Electrical Technology Volume I: Basic Electrical Engineering"*. New Delhi: S. Chand & Company.
- User Manual DataSheet. 2012. *2.0 Amp Output Current IGBT Gate Drive Optocoupler.* Agilent Technologies.
- Wildi, Theodore.2002. *"Electrical Machines, Drives, and Power Systems Fifth Edition"*. Ohio:Prentice Hall.
- www.alldatasheet.com
- www.arduino.cc