

**PENGATURAN KECEPATAN MOTOR INDUKSI
MENGUNAKAN MULTILEVEL INVERTER SATU FASA
DENGAN MENGATUR FREKUENSI**

(Skripsi)

Oleh

MOCHAMAD HARDY LAZUARDY



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

ABSTRACT

SPEED CONTROL OF INDUCTION MOTOR USING SINGLE PHASE MULTILEVEL INVERTER BY CONTROLLING FREQUENCY

By

MOCHAMAD HARDY LAZUARDY

The problem of controlling speed of an induction motor is the voltage source will be bigger if the load on the motor is increase. Frequency is becoming to the answer of these problems. Diode Clamped Multilevel Inverter is a converter that change a direct current to the alternating current and it can be used as a frequency controller. Therefore, this final project raises the issue entitled speed control of an induction motor using a multilevel inverter by controlling frequency.

In this research, Arduino Uno is used to test the effect of changing the frequency of the output voltage inverter and varying the frequency or switching the power transistor (Mosfet) for changing speed of the induction motor. The source voltage given is 150 volts DC and the frequency that used in this research are 25 Hz, 31 Hz, 41 Hz, and 61 Hz.

Based from the experiments results of changing the frequency at the Diode Clamped Multilevel Inverter, the experiment without load at 25 Hz, 31 Hz, 41 Hz, and 61 Hz the output voltage values are 107 volts, 108 volts, 111 volts and 115 volts. Beside that, in the experiment using induction motor, the motor speed changes are 1482 rpm, 1804 rpm, 2254 rpm and 2732 rpm.

Keywords: Diode Clamped Multilevel Inverter, frequency, motor speed

ABSTRAK

PENGATURAN KECEPATAN MOTOR INDUKSI MENGGUNAKAN MULTILEVEL INVERTER SATU FASA DENGAN MENGATUR FREKUENSI

Oleh

MOCHAMAD HARDY LAZUARDY

Permasalahan pengaturan kecepatan motor induksi yaitu semakin besar beban pada motor yang digunakan maka tegangan sumber yang diperlukan motor pun akan semakin besar. Frekuensi disebut sebagai jawaban dari permasalahan tersebut. Diode Clamped Multilevel Inverter adalah konverter DC (arus searah) ke AC serta bisa digunakan sebagai alat pengubah frekuensi. Oleh karena itu, tugas akhir ini mengangkat persoalan tersebut yang berjudul pengaturan kecepatan motor induksi menggunakan multilevel inverter dengan mengatur frekuensi.

Pada penelitian ini dilakukan pengujian menggunakan aplikasi arduino uno untuk melihat pengaruh perubahan frekuensi terhadap tegangan keluaran inverter dan kecepatan motor induksi dengan memvariasikan frekuensi atau pensaklaran transistor daya (Mosfet). Tegangan sumber yang diberikan yaitu 150 volt DC dan frekuensi yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan Frekuensi 25 Hz, 31 Hz, 41 Hz, dan 61 Hz.

Berdasarkan hasil percobaan mengenai perubahan frekuensi Diode Clamped Multilevel Inverter, mulai dari 25 Hz, 31 Hz, 41 Hz, dan 61 Hz didapatkan nilai tegangan output yaitu 107 volt, 108 volt, 111 volt, dan 115 volt pada percobaan tanpa menggunakan beban. Sedangkan pada percobaan perubahan frekuensi terhadap kecepatan motor induksi didapatkan perubahan kecepatan motor yaitu 1482 rpm, 1804 rpm, 2254 rpm, dan 2732 rpm.

Kata kunci : Diode Clamped Multilevel Inverter, frekuensi, kecepatan motor

**PENGATURAN KECEPATAN MOTOR INDUKSI
MENGUNAKAN MULTILEVEL INVERTER SATU FASA
DENGAN MENGATUR FREKUENSI**

Oleh

MOCHAMAD HARDY LAZUARDY

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

Judul Skripsi : **PENGATURAN KECEPATAN MOTOR
INDUKSI MENGGUNAKAN MULTILEVEL
INVERTER SATU FASA DENGAN
MENGATUR FREKUENSI**

Nama Mahasiswa : **MOCHAMAD HARDY LAZUARDY**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1315031054

Jurusan : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI,

1. Komisi Pembimbing

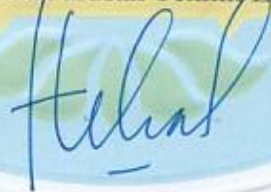


Ir. Noer Soedjarwanto, M.T.
NIP. 19631114 199903 1 001



Osea Zebua, S.T., M.T.
NIP. 19700609 199903 1 002

2. Ketua Jurusan Teknik Elektro



Dr. Herman Halomoan Sinaga, S.T., M.T.
NIP. 19711130 199903 1 003

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Ir. Noer Soedjarwanto, M.T.



Sekretaris : Osea Zebua, S.T., M.T.



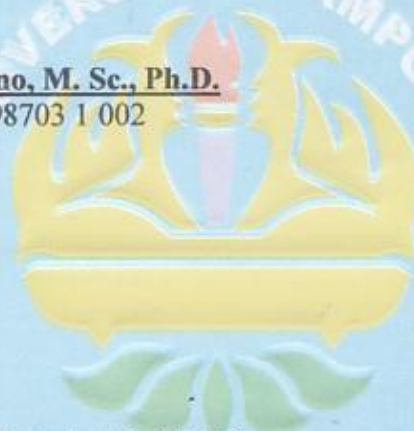
Penguji
Bukan Pembimbing : Ir. Abdul Haris, M.T.

Ketua


2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



Prof. Drs. Suharno, M. Sc., Ph.D.
NIP. 19620717 198703 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 4 Juli 2019

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain, dan sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang tertulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis dalam naskah ini sebagai mana yang disebutkan didalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 16 Juli 2019



Mochamad Hardy Lazuardy

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandung, Jawa Barat pada tanggal 23 April 1995, sebagai anak pertama dari empat bersaudara pasangan Mochamad Daudy Suhada dan Emma Siti Rosiana.

Penulis pertama kali mengenyam pendidikan tingkat sekolah dasar di SDN Cikumpa Depok, lulus tahun 2007, SMPN 6 Depok, lulus tahun 2010, dan SMAN 2 DEPOK lulus tahun

2013. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang perguruan tinggi di Universitas Lampung pada tahun 2013.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Universitas Lampung pada jurusan Teknik Elektro melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Setelah menginjak semester kelima, penulis memfokuskan diri pada konsentrasi sistem energi elektrik.

Selama masa kuliah penulis aktif dalam organisasi yang berada di jurusan Teknik Elektro yaitu Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (HIMATRO) sebagai anggota departemen Pengembangan dan Teknologi (BANGTEK) pada divisi Penelitian dan Pengembangan.

PERSEMBAHAN

*Bismillaahirrohmaanirrahiim,
Dengan mengharapkan ridho dari Allah SWT,
Kupersembahkan karyaku ini untuk orang-orang yang
kusayangi dengan setulus hati:
Ayah dan Mamah tercinta,
Adik – Adikku
Serta seluruh keluarga besarku
Dan
Para Teman – Teman Seperjuangan.
Terimakasih untuk segalanya,
Kalian adalah tempatku belajar menuju kesuksesan.*

*Moto Hidup :
“Segala masalah yang terjadi pada anda itulah masalah anda,
Pelajarilah cara untuk memecahkan masalah anda sendiri”*

KATA PENGANTAR

Assalammu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji kita sanjungkan hanya kepada Allah Subhanawata'ala. Kepada-Nya kita memohon pertolongan, ampunan, dan petunjuk. Kepada-Nya kita berlindung dari segala kejahatan diri kita dan keburukan perbuatan kita. Barang siapa diberi petunjuk oleh Allah, niscaya tidak akan ada yang mampu menyesatkannya, dan barangsiapa yang disesatkan-Nya maka tidak akan ada yang mampu untuk memberinya petunjuk. Aku bersaksi bahwa tiada Tuhan selain Allah, dan aku bersaksi bahwa Muhammad adalah hamba dan Rasul-Nya.

Skripsi yang berjudul “**PENGATURAN KECEPATAN MOTOR INDUKSI MENGGUNAKAN MULTILEVEL INVERTER SATU FASA DENGAN MENGATUR FREKUENSI**” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Dalam masa perkuliahan dan penelitian, penulis mendapat banyak hal baik berupa dukungan, semangat, motivasi dan banyak hal yang lainnya. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Prof. Suharno, M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.

2. Bapak Dr. Herman Halomoan Sinaga, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Bapak Ir. Noer Soedjarwanto, S.T, M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama, terimakasih atas kesediaan waktunya untuk membimbing dan memberikan ilmu.
4. Bapak Osea Zebua, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Kedua, terimakasih atas waktu bimbingannya dan ilmu yang diberikan selama mengerjakan tugas akhir.
5. Bapak Ir. Abdul Haris, M.T. selaku Dosen Penguji tugas akhir, terimakasih atas masukan guna membuat tugas akhir ini menjadi lebih baik lagi.
6. Ibu Yetti Yuniati, S.T., M.T. selaku pembimbing akademik yang telah memberikan motivasi dan nasehat.
7. Bapak serta Ibu dosen jurusan Teknik Elektro atas didikannya, bimbingan dan arahan yang telah diberikan.
8. Mbak Ning dan jajaran staff Jurusan Teknik Elektro.
9. Ayah dan Mamah yang saya sayangi, yang senantiasa memberikan semangat, dukungan, nasihat dan doa yang tak henti-hentinya di berikan kepada saya selama ini.
10. M. Azyi mardi, Katlya Nindari, M. Riski Khairiyadi dan keluarga besar yang selalu memberikan dukungan kepada saya.
11. Seluruh teman – teman jurusan Teknik Elektro Angkatan 2013 yang penulis tidak dapat sebutkan satu persatu.
12. Kepada inisial nama DNS yang telah memberikan support yang luar biasa untuk penulis.

Akhir kata, semoga skripsi / tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembacanya.

Wassalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Bandar Lampung, 16 Juli 2019

Mochamad Hardy Lazuardy

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Manfaat Penelitian.....	3
1.4 Rumusan Masalah	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Motor Kapasitor	5
2.2 Multilevel Inverter.....	7
2.3 <i>Diode Clamped Multilevel Inverter</i>	8
2.4 Prinsip Kerja Multilevel Inverter.....	9
2.5 Pulse Width Modulation.....	11

METODE PENELITIAN.....	14
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	14
3.2 Alat dan Bahan.....	14
3.3 Spesifikasi Alat	15
3.4 Prosedur Penelitian.....	16
3.5 Diagram Alir Penelitian	19
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	21
4.1 Hasil Perancangan Rancang Bangun.....	21
4.1.1 Arduino Uno	21
4.1.2 <i>Gate Driver</i> :	23
4.1.3 Multilevel Inverter :	24
4.1.4 Rangkaian Keseluruhan Diode Clamped Multilevel Inverter	25
4.2 Motor Kapasitor	26
4.3 Pengujian Penelitian.....	26
4.3.1 Pengujian Arduino Uno.....	27
4.3.2 Pengujian Gate Driver	30
4.3.3 Pengujian Multilevel Inverter	34
4.3.4 Pengujian Menggunakan Resistor	37
4.3.5 Pengujian Menggunakan Beban Motor.....	40
KESIMPULAN DAN SARAN.....	46
5.1 Kesimpulan.....	46

5.2	Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA		48
LAMPIRAN.....		49

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2.1 Motor Kapasitor Start.....	5
Gambar 2.2 Motor Kapasitor Tetap	6
Gambar 2.3 Rangkaian Diode Clamped Multilevel Inverter	9
Gambar 2.4 Prinsip Kerja Diode Clamped Multilevel Inverter	10
Gambar 2.5 Pulse Width Modulation	12
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	19
Gambar 3.2 Diagram Blok Perancangan Alat dan Sistem Keseluruhan	20
Gambar 4.1 Arduino Uno.....	22
Gambar 4.2 Rangkaian Gate Driver	23
Gambar 4.3 Rangkaian Diptrace Gate Driver	23
Gambar 4.4 Rangkaian Diode Clamped Multilevel Inverter	24
Gambar 4.5 Rangkaian Diptrace Diode Clamped Multilevel Inverter	24
Gambar 4.6 Rancang Bangun <i>Diode Clamped Multilevel Inverter 5 Stage</i>	25
Gambar 4.7 Motor Induksi.....	26
Gambar 4.8 Gelombang PWM Pada Pin 2 Arduino Frekuensi 25 Hz.....	27
Gambar 4.9 Gelombang PWM Pada Pin 2 Arduino Frekuensi 31 Hz.....	27
Gambar 4.10 Gelombang PWM Pada Pin 2 Arduino Frekuensi 41 Hz.....	28
Gambar 4.11 Gelombang PWM Pada Pin 2 Arduino Frekuensi 61 Hz.....	28
Gambar 4.12 Gelombang PWM Pada Pin 3 Arduino Frekuensi 25 Hz.....	28
Gambar 4.13 Gelombang PWM Pada Pin 3 Arduino Frekuensi 31 Hz.....	29
Gambar 4.14 Gelombang PWM Pada Pin 3 Arduino Frekuensi 41 Hz.....	29
Gambar 4.15 Gelombang PWM Pada Pin 3 Arduino Frekuensi 61 Hz.....	29

Gambar 4.16 Gelombang PWM Pada Pin 2 Gate Driver Frekuensi 25 Hz	30
Gambar 4.17 Gelombang PWM Pada Pin 2 Gate Driver Frekuensi 31 Hz	31
Gambar 4.18 Gelombang PWM Pada Pin 2 Gate Driver Frekuensi 41 Hz	31
Gambar 4.19 Gelombang PWM Pada Pin 2 Gate Driver Frekuensi 61 Hz	31
Gambar 4.20 Gelombang PWM Pada Pin 3 Gate Driver Frekuensi 25 Hz	32
Gambar 4.21 Gelombang PWM Pada Pin 3 Gate Driver Frekuensi 31 Hz	32
Gambar 4.22 Gelombang PWM Pada Pin 3 Gate Driver Frekuensi 41 Hz	33
Gambar 4.23 Gelombang PWM Pada Pin 3 Gate Driver Frekuensi 61 Hz	33
Gambar 4.24 Tegangan Output Diode Clamped Multilevel Inverter 25 Hz Tanpa Menggunakan Beban.....	34
Gambar 4.25 Tegangan Output Diode Clamped Multilevel Inverter 31 Hz Tanpa Menggunakan Beban.....	35
Gambar 4.26 Tegangan Output Diode Clamped Multilevel Inverter 41 Hz Tanpa Menggunakan Beban.....	35
Gambar 4.27 Tegangan Output Diode Clamped Multilevel Inverter 61 Hz Tanpa Menggunakan Beban.....	36
Gambar 4.28 Grafik Pengaruh Frekuensi Terhadap Tegangan Output.....	37
Gambar 4.29 Tegangan Output Diode Clamped Multilevel Inverter 25 Hz Dengan Beban Resistif 2200 Ohm	38
Gambar 4.30 Tegangan Output Diode Clamped Multilevel Inverter 31 Hz Dengan Beban Resistif 2200 Ohm	38
Gambar 4.31 Tegangan Output Diode Clamped Multilevel Inverter 41 Hz Dengan Beban Resistif 2200 Ohm	38

Gambar 4.32 Tegangan Output Diode Clamped Multilevel Inverter 61 Hz Dengan Beban Resistif 2200 Ohm	39
Gambar 4.33 Pengaruh Frekuensi Terhadap Tegangan Output Dengan Beban R	40
Gambar 4.34 Gelombang Tegangan Output Dengan Beban Motor 25 Hz	41
Gambar 4.35 Gelombang Tegangan Output Dengan Beban Motor 31 Hz	41
Gambar 4.36 Gelombang Tegangan Output Dengan Beban Motor 41 Hz	42
Gambar 4.37 Gelombang Tegangan Output Dengan Beban Motor 61 Hz	42
Gambar 4.38 Pengaruh Frekuensi Terhadap Tegangan Output	43
Gambar 4.39 Pengaruh Frekuensi Terhadap Kecepatan Putaran	44
Gambar 4.40 Pengaruh Frekuensi Terhadap Arus Output	45

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 4.1 Pengaruh frekuensi terhadap tegangan output tanpa beban	36
Tabel 4.2 Pengaruh frekuensi terhadap tegangan output dengan beban resistif ...	40
Tabel 4.3 Pengaruh frekuensi terhadap tegangan output dengan beban motor.	42
Tabel 4.4 Pengaruh Perubahan Frekuensi Terhadap Kecepatan Putaran Motor...	44
Tabel 4.5 Pengaruh Perubahan Frekuensi Terhadap Arus Motor	45

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi semakin berkembang pesat sejalan dengan berkembangnya zaman. Hal tersebut dapat dilihat dari munculnya kemudahan pada pengoperasian berbagai peralatan listrik menggunakan kontroler. Kontroler yang digunakan pun mengalami perkembangan, baik dari segi bentuk, ukuran, dan fasilitas yang diberikan.

Sejatinya, inverter adalah peralatan pengubah arus searah menjadi arus bolak-balik. Selain bisa mengubah arus searah menjadi arus bolak-balik, inverter pun bisa juga digunakan sebagai alat yang bisa mengubah frekuensi yang ada pada tegangan outputnya. Dari sinilah inverter dapat difungsikan sebagai kontroler yang bisa mengatur perubahan frekuensi pada peralatan listrik yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari.

Namun, harmonisa yang dihasilkan inverter masihlah tinggi, sehingga inverter membutuhkan filter untuk mengurangi nilai harmonisa tegangan. Ukuran filter pun akan semakin besar sejalan dengan besarnya daya yang digunakan. Dalam mengatasi hal tersebut dibuatlah multilevel inverter berjenis *diode clamped multilevel inverter*. *Diode clamped multilevel inverter* merupakan jenis inverter yang nilai harmonisa tegangannya bisa diperkecil dengan menambahkan jumlah

tingkat inverternya. Sehingga tanpa menggunakan filter pun inverter bisa memiliki nilai harmonisa yang rendah.

Motor kapasitor merupakan jenis motor AC satu fasa yang pengaplikasiannya banyak digunakan pada kehidupan sehari-hari. Biasanya, parameter yang digunakan dalam mengontrol kecepatan motor kapasitor adalah besarnya tegangan sumber yang diberikan. Jadi kecepatan motor kapasitor pun akan semakin cepat sejalan dengan besarnya tegangan sumber yang diberikan. Namun permasalahannya semakin besar beban motor yang digunakan maka tegangan sumber yang diperlukan motor kapasitor pun semakin besar.

Dari latar belakang di atas timbul suatu ide untuk merancang bangun suatu sistem pengendalian kecepatan motor AC satu fasa dengan menggunakan *diode clamped multilevel inverter* sebagai alat yang bisa mengatur tinggi rendahnya frekuensi yang diberikan.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Membuat sistem kendali kecepatan motor AC satu fasa menggunakan mikrokontroler sebagai pengatur frekuensi.
2. Merancang sebuah sistem kendali pada motor AC yang dapat melakukan pengaturan frekuensi pada putaran motor dengan menggunakan metode pwm (*pulse width modulation*) yang mampu mengatur frekuensi yang diberikan ke motor AC.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Dapat menghasilkan suatu prototipe kontroler motor AC satu fasa dengan memanfaatkan mikrokontroler sebagai pengatur kecepatan.
2. Dapat mengetahui hubungan antara besaran frekuensi terhadap kecepatan motor yang dihasilkan dengan mengatur sudut penyalanya.

1.4 Rumusan Masalah

Bagaimana mengontrol putaran motor AC satu fasa dengan mengatur frekuensi dan sudut penyalanya menggunakan mikrokontroler, Bagaimana cara merancang mikrokontroler untuk *diode clamped multilevel inverter* satu fasa sebagai alat pengatur frekuensi.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian ini terdiri atas beberapa bab, antara lain:

I. PENDAHULUAN

Bab ini meliputi latar belakang, tujuan penelitian, rumusan masalah dan sistematika penulisan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi budaya Lampung, bahasa Lampung, aksara Lampung, *Mobile Device*, *Mobile Application*, PWA, CASE tools, teori penunjang, dan penelitian terdahulu secara garis besar yang berkaitan dalam penelitian tugas akhir ini.

III. METODE PENELITIAN

Bab ini berisi mengenai langkah-langkah dalam penelitian diantaranya waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan, prosedur penelitian dengan metode RAD.

IV. PEMBAHASAN

Pada bab pembahasan berisi tentang pengembangan sistem *Mobile Dictionary* Aksara Lampung berbasis teknologi PWA, penjelasan mengenai aplikasi yang dibangun dan pengujian sistem aplikasi tersebut.

V. PENUTUP

Pada bab pembahasan berisi tentang Simpulan dan saran hasil penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

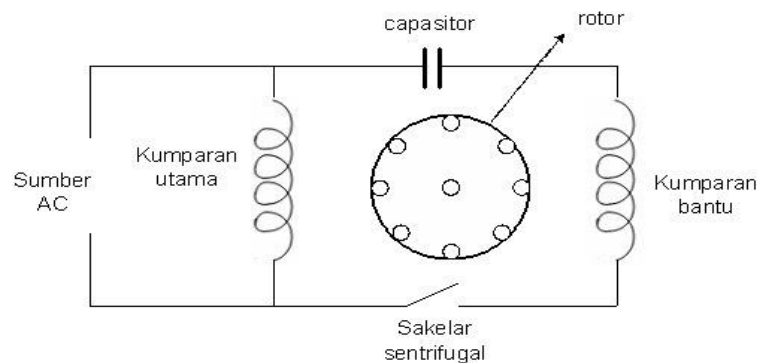
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Motor Kapasitor

Motor kapasitor merupakan salah satu jenis motor arus bolak – balik satu fasa. Motor kapasitor memiliki konstruksi yang mirip dengan motor fasa belah, hanya pada jenis kapasitor ini di tambah satu unit kapasitor. Motor kapasitor bekerja untuk tegangan AC satu fasa dan umumnya banyak digunakan untuk pompa air, refrigerator, compressor udara, mesin cuci dan lainnya. Tempat kedudukan kapasitor pada motor terletak pada bagian atas motor ada juga yang di dalam kerangka motor itu sendiri. Kapasitor ini berfungsi untuk mempertinggi kopel awal dan mengurangi arus start pada motor kapasitor dan geseran fasa antara belitan utama dan bantu lebih dipertajam. Menurut hubungan kapasitornya jenis motor kapasitor dapat dibagi menjadi dua macam yaitu:

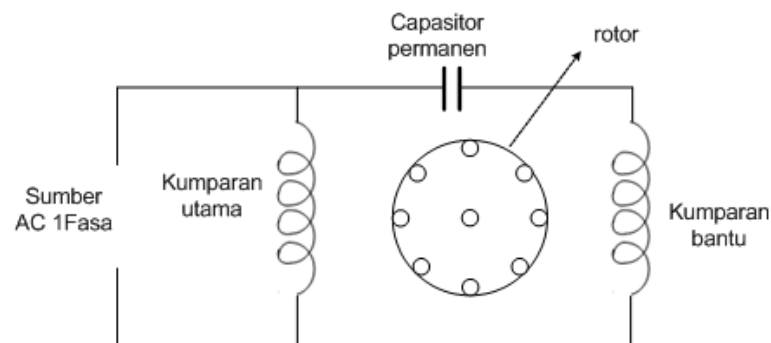
1. Motor kapasitor start (starting capacitor motor)



Gambar 2.1 Motor kapasitor start

Motor jenis ini kurang lebih sama dengan motor induksi tipe split-phase. Perbedaannya ialah adanya switch yang dipasang antara salah satu stator winding dan kapasitor. Kondisi dari switch akan menjadi close saat motor mulai berputar dan menjadi open ketika motor mulai mencapai kecepatan yang diinginkan. Umumnya belitan pada winding yang diserikan dengan kapasitor dibuat lebih banyak untuk mencegah panas berlebihan pada winding tersebut. Motor jenis ini dipakai pada alat elektronik yang memakan daya tinggi seperti AC.

2. Motor kapasitor tetap/ running (permanent capacitor motor)



Gambar 2.2 Motor Kapasitor Running

Perbedaan motor tipe ini dengan motor sebelumnya ialah adanya kapasitor yang besar yang di-paralel dengan switch dan kapasitor lainnya (yang kecil). Umumnya motor induksi tipe ini bekerja pada torsi yang lebih tinggi sama seperti motor sebelumnya, hanya saja arus yang mengalir motor cukup kecil.

Kecepatan putaran motor atau disingkat n adalah jumlah revolusi untuk suatu periode waktu tertentu. Kecepatan putaran motor diukur dalam satuan revolusi per menit (rpm) atau revolusi per detik (rps), kecepatan putaran motor listrik umumnya menggunakan satuan revolusi per menit (rpm). Motor induksi pada umumnya

berputar dengan kecepatan konstant, mendekati kecepatan sinkronnya. Kecepatan putaran motor dapat dihitung dengan menggunakan rumus.

$$n_s = \frac{120 \times f}{p}$$

Dimana :

n_s = kecepatan motor (RPM)

f = frekuensi (Hz)

p = jumlah kutub motor

Pada motor induksi emf diinduksikan oleh induksi yang sama dengan transformator, seperti berikut

$$E \text{ or } V = 4,44\phi K T f \text{ or } \phi = \frac{V}{4,44 K T f}$$

Dimana K adalah konstanta, T adalah jumlah putaran per fasa dan f adalah frekuensi. Dari persamaan diatas, ketika merubah nilai frekuensi maka kecepatan sinkron akan ikut berubah, tetapi saat penurunan fluks menyebabkan frekuensi akan meningkat [1].

2.2 Multilevel Inverter

Multilevel inverter merupakan jenis inverter yang gelombang keluaran tegangannya memiliki tingkatan atau level yang sesuai dengan jumlah sumber tegangan DC yang digunakan. Berdasarkan topologinya multilevel inverter dibagi menjadi tiga jenis :

1. Cascaded multilevel inverter (CMI)

Cascaded inverter merupakan jenis multilevel inverter dimana keluaran tegangannya dihasilkan dari sumber DC yang terpisah. Keluaran tegangan dari jenis

multilevel inverter ini berbentuk gelombang kotak yang bertingkat, dimana keluaran tegangan tersebut akan semakin bertingkat sejalan dengan sumber DC yang digunakan pada multilevel inverter ini.

2. *Flying capacitor* multilevel inverter (FCMI)

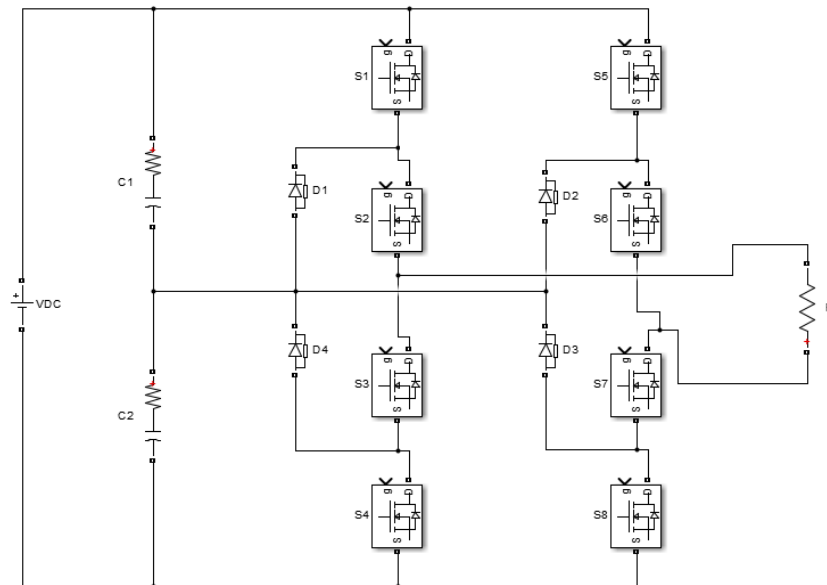
Flying capacitor multilevel inverter merupakan jenis inverter dimana keluaran tegangan dihasilkan dari satu sumber tegangan DC. Keluaran gelombang kotak bertingkat dari multilevel ini dihasilkan dari variasi topologi inverter yang menggunakan kapasitor sebagai penyuplai tegangan.

3. *Diode clamped* multilevel inverter (DCMI)

Diode clamped multilevel inverter merupakan jenis inverter yang prinsip kerjanya hampir sama dengan *flying capacitor* multilevel inverter. Hanya saja *diode clamped* multilevel inverter ini menggunakan dioda sebagai penyearah dan pembatas arus agar dihasilkan bentuk keluaran gelombang yang menyerupai gelombang sinusoidal.

2.3 *Diode clamped* Multilevel Inverter (DCMI)

DCMI merupakan salah satu dari jenis multilevel inverter yang cara penggunaannya menggunakan prinsip pembagi tegangan pada sumber tegangan dc dengan variasi topologi inverter yang menghasilkan gelombang keluaran menyerupai gelombang sinusoidal.

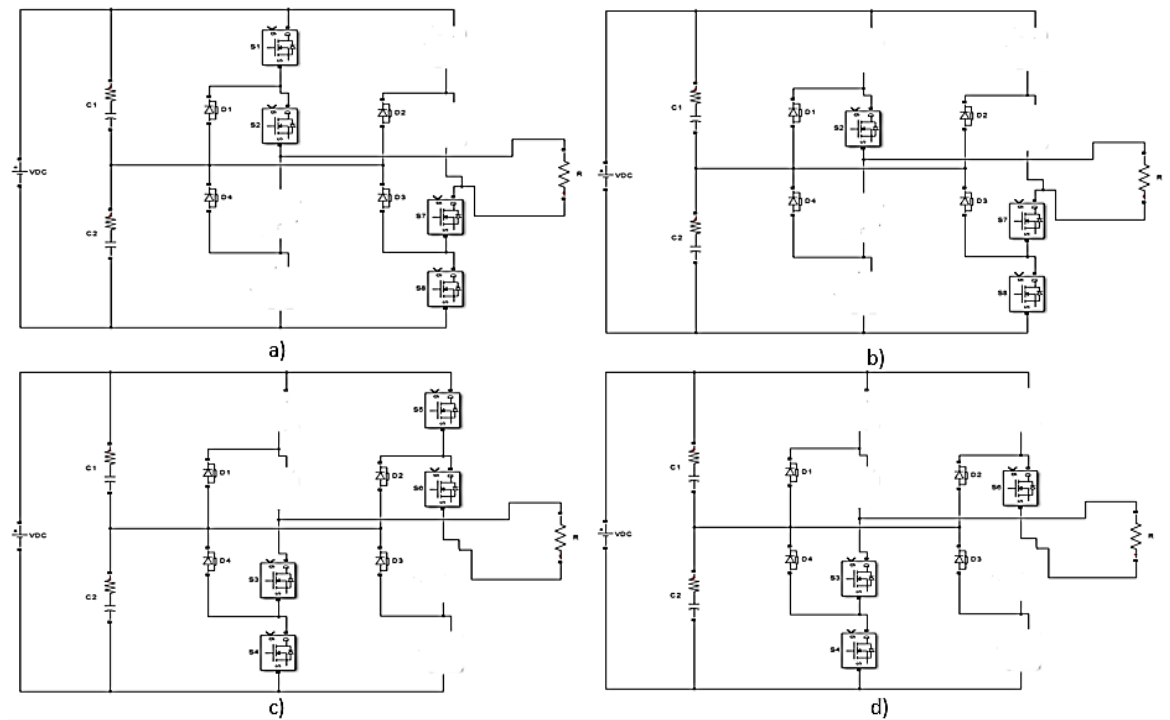


Gambar 2.3 Rangkaian *Diode clamped* Multilevel Inverter

Pada topologi DCMI ini menggunakan satu sumber tegangan DC sebagai *supply*, kapasitor berfungsi untuk membagi tegangan yang diberikan dari sumber tegangan DC, mosfet yang berfungsi sebagai media pensaklaran untuk DCMI ini, dioda yang berfungsi membatasi tegangan yang masuk ke komponen mosfet, dan resistor sebagai beban yang ada pada rangkaian DCMI [2].

2.4 Prinsip kerja *diode clamped* multilevel inverter

Prinsip kerja DCMI ini menyerupai prinsip kerja inverter *full bridge*, dimana masing – masing komponen mosfet berpasangan dengan komponen mosfet lainnya. Prinsip kerja inverter ini dicontohkan menggunakan topologi *diode clamped multilevel inverter* satu fasa 3 tingkat yang memiliki gelombang output 5 tingkatan.



Gambar 2.4 Prinsip kerja *diode clamped* multilevel inverter (a) siklus penuh positif (b) siklus setengah positif (c) siklus penuh negatif (d) siklus setengah negatif

Dari gambar a) diatas dapat dilihat untuk mendapatkan keluaran penuh positif maka S1 dan S2 akan mendapatkan suplai dari tegangan DC yang bernilai VDC dan diarahkan ke beban. Keluaran setengah positif pada gambar b) didapatkan dari kapasitor bawah yang bernilai $\frac{1}{2}$ VDC yang diarahkan ke S2 lalu ke arah beban. Begitu pula untuk mendapatkan keluaran penuh negatif dan keluaran setengah negatif. Prinsip yang digunakan dalam mendapatkan nilai keluarannya adalah sama, hanya saja metode pensaklarannya yang berbeda. Jadi saklar yang bekerja adalah saklar S5, S6, S3, dan S4.

2.5 Pulse Width Modulation (PWM)

Pulse Width Modulation (PWM) atau modulasi lebar pulsa merupakan suatu teknik yang membandingkan sinyal referensi (V_r) dengan sinyal *Carrier* (V_c). Sinyal *carrier* yang biasa digunakan berupa gelombang segitiga ataupun gelombang gigi gergaji.

Prinsip dasar dari teknik PWM adalah ketika besarnya amplitudo sinyal referensi (V_r) lebih besar dari amplitudo sinyal *carrier* (V_c) maka dihasilkan sinyal *high* atau *on* dan jika besar amplitudo sinyal referensi (V_r) berada lebih kecil dari amplitudo sinyal *carrier* (V_c) maka dihasilkan sinyal *low* atau *off*.

Proses membandingkan sinyal referensi dengan sinyal *carrier* terlihat pada Gambar 2.9 sehingga dapat menghasilkan nilai *duty cycle* pada PWM dari perbandingan kedua gelombang tersebut. Pulse-width modulation (PWM) merupakan cara untuk mengurangi THD dari arus beban. Dimana keluaran PWM inverter, dengan menggunakan *filter*, umumnya dapat memperkecil THD dari *switching* gelombang persegi (kotak).[3]

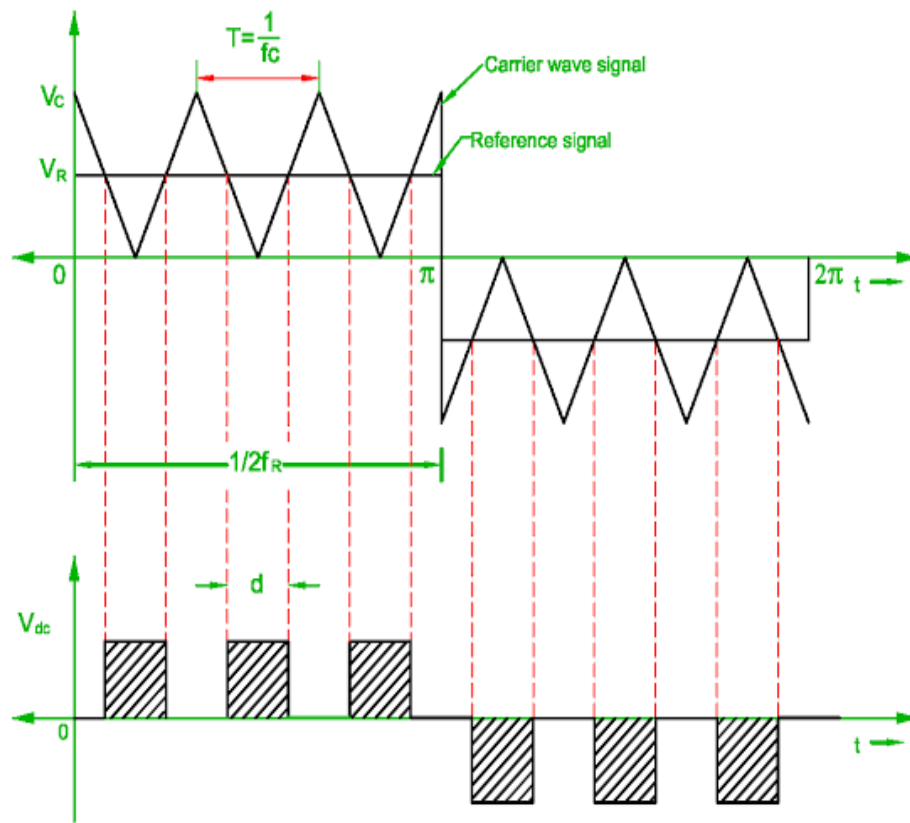


FIG J : MULTIPLE PULSE WIDTH MODULATION

Gambar 2.5 *Pulse width Modulation*

T_{on} pada gambar di atas menunjukkan lama waktu tegangan keluaran berada di posisi *high* atau *on* sedangkan T_{off} merupakan lama waktu tegangan keluaran berada di posisi *low* atau *off*. Penjumlahan lama waktu dari T_{on} dengan T_{off} disebut dengan T_{total} yang biasa dikenal dengan satu perioda gelombang.[5]

$$T_{total} = T_{on} + T_{off} \quad (2.3)$$

Dari besarnya T_{on} dan T_{off} ini maka dapat ditentukan besarnya *duty cycle* yaitu perbandingan antara waktu ketika gelombang berada dalam keadaan *on* dibagi dengan total waktu antara gelombang dalam keadaan *on* dan gelombang dalam keadaan *off* sehingga *duty cycle* dapat ditulis seperti pada persamaan di bawah ini.

$$Duty\ Cycle = \frac{T_{on}}{T_{on}+T_{off}} \times 100\% \quad (2.4)$$

- a. *Duty cycle* inilah yang akan menentukan waktu kerja pada komponen saklar semikonduktor sehingga akan menjadi pulsa penyalan yang mengontrol keadaan *on* dan *off* pada saklar. Oleh karena itu prinsip kerja dari PWM untuk mengontrol kerja dari saklar semikonduktor adalah ketika $V_{control}/V_{ref}$ memiliki amplitudo lebih besar dari gelombang segitiga maka PWM akan mengeluarkan kondisi *high* yang menyebabkan saklar dalam keadaan *on* sehingga saklar menutup, sebaliknya ketika $V_{control}/V_{ref}$ memiliki amplitudo lebih kecil dari gelombang segitiga maka PWM akan mengeluarkan kondisi *low* yang menyebabkan saklar dalam keadaan *off* sehingga saklar akan membuka. Sinyal PWM pada inverter dihasilkan dari dua jenis komponen, yaitu komponen analog dan komponen digital. Salah satu contoh komponen analog adalah dari beberapa jenis IC (*Integrated Circuit*) sedangkan komponen digital salah satunya dihasilkan oleh mikrokontroler [3].

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian tugas akhir dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Elektrik, Laboratorium Terpadu Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung. Penelitian dimulai pada bulan Januari sampai dengan April 2019.

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini dibagi menjadi perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) sebagai berikut:

Perangkat keras yang digunakan, yaitu:

1. Rangkaian catu daya (*power supply*)
2. Motor Kapasitor Tipe 73206 Class 0.3
3. Rangkaian *diode clamped* multilevel inverter satu fasa
4. Rangkaian *gate driver* mosfet
5. Arduino uno
6. Potensiometer
7. Laptop Asus X450JF
8. Osiloskop digital
9. Multimeter digital

Perangkat lunak yang digunakan, yaitu:

1. MATLAB 2014a
2. Diptrace 2.3
3. Arduino 1.8.2
4. Microsoft Office 2013

3.3 Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Spesifikasi perangkat keras yang digunakan:

1. Menggunakan motor kapasitor 73026 class 0.3 dengan rating tegangan 230 V, arus 2.2 A, $\cos \phi$ 0.85, dan frekuensi 50 Hz.
2. Menggunakan rangkaian catu daya dengan *output* 5 volt, 150 volt, dan 15 volt untuk mensuplai tegangan ke arduino, diode clamped multilevel inverter, dan *gate driver* mosfet.
3. Menggunakan rangkaian *diode clamped* multilevel inverter untuk merubah sumber arus dc menjadi sumber arus ac.
4. Menggunakan rangkaian *gate driver* mosfet dengan IC HCPL3120 sebanyak delapan buah untuk memberi sudut penyalan pada *gate mosfet* agar mosfet dapat berfungsi sebagai saklar elektronik.
5. Menggunakan arduino uno untuk mengolah perintah berupa data informasi dan memberi *trigger* ke perangkat keras yang diperintahkan.
6. Menggunakan laptop Lenovo Asus X450JF untuk merancang alat dan sistem keseluruhan serta mengerjakan laporan dan file presentasi penelitian.
7. Menggunakan osiloskop untuk melihat bentuk dari gelombang pada *gate driver* dan fasa pada stator motor.

8. Menggunakan multimeter digital untuk mengukur tegangan dan arus pada penelitian.
9. Menggunakan potensiometer sebagai pengatur frekuensi keluaran tegangan inverter.

Spesifikasi perangkat lunak yang digunakan:

1. Menggunakan *Matlab* 2014a untuk membuat gambar rangkaian pada laporan penelitian.
2. Menggunakan *diptrace* 2.3 untuk membuat *layout* pcb untuk inverter, *gate driver* mosfet, pengereman, dan *power supply*.
3. Menggunakan *software* arduino 1.8.2 untuk memprogram arduino.

Menggunakan Microsoft Office 2013 membuat laporan penelitian, file presentasi dan pengolahan data penelitian.

3.4 Prosedur Penelitian

Dalam melakukan penelitian tugas akhir ini ada beberapa tahap / prosedur yang akan dilakukan antara lain:

1. Studi literatur

Pada tahap studi literatur ini akan dilakukan pengumpulan referensi yang akan digunakan sebagai pedoman dalam melakukan perancangan alat. Dari referensi referensi tersebut akan dipelajari komponen, metode, rangkaian, dan hal hal lainnya yang berhubungan dengan perancangan alat. Tahap ini juga bertujuan untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan karakteristik dan prinsip kerja dari

komponen komponen maupun program yang akan digunakan dalam merancang alat. Beberapa referensi yang dikumpulkan antara lain:

- a. Prinsip kerja motor kapasitor
- b. Prinsip kerja *diode clamped multilevel inverter*
- c. Pengaturan kecepatan motor kapasitor satu fasa
- d. Arduino uno dan pemrogramannya
- e. Rangkaian dan karakteristik komponen yang akan digunakan (*Data sheet*)

2. Perancangan Alat

Dalam tahap perancangan alat ini terdiri dari beberapa tahap yang akan dilakukan antara lain:

- a. Perancangan modul catu daya
- b. Perancangan modul kontrol *gate driver*
- c. Perancangan modul diode clamped multilevel inverter
- d. Pemrograman arduino uno

3. Pengujian alat

Dalam tahap pengujian ini akan dilakukan untuk melihat keberhasilan alat sesuai dengan prinsip kerjanya dan referensi yang digunakan. Selain itu, saat pengujian berlangsung akan dilakukan pengambilan data data yang akan digunakan sebagai acuan untuk menganalisa hasil pengujian. Tahap pengujian ini terdiri dari beberapa proses antara lain:

- a. Pengujian Mikrokontroler Arduino uno

Pengujian mikrokontroler ini dilakukan dengan melihat *output* gelombang PWM yang dihasilkan dari mikrokontroler.

b. Pengujian modul *gate driver*

Gate driver merupakan penghubung antara mikrokontroler dan rangkaian daya. Dengan rangkaian ini maka amplitudo sinyal kontrol dari mikrokontroler akan dikuatkan sehingga dapat mengendalikan komponen *switching* yaitu mosfet. Pengujian modul *gate driver* ini akan dilakukan dengan melihat gelombang keluaran dari hasil pemrograman mikrokontroler arduino uno.

c. Pengujian diode clamped multilevel inverter

Pengujian ini dilakukan dengan melihat pengaruh perubahan frekuensi yang diakibatkan oleh proses *switching* mosfet. Proses *switching* mosfet akan menghasilkan aliran arus searah yang direkayasa sehingga menjadi arus bolak – balik.

d. Pengujian beban motor

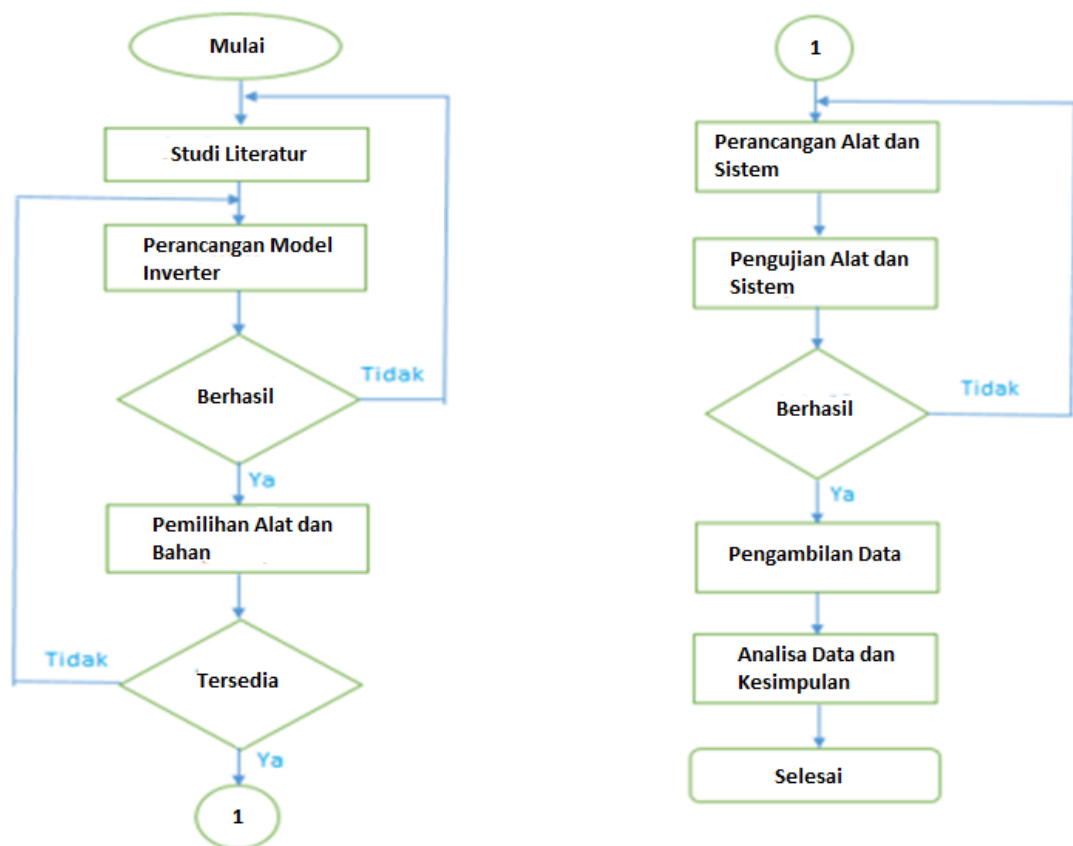
Pengujian ini dilakukan dengan melihat pengaruh pembebanan motor terhadap kecepatan motor yang dihasilkan. Pembebanan motor yang dimaksud berupa beban yang dipasangkan pada rotor dengan variabel berat pada nilai tertentu sehingga akan berpengaruh terhadap kecepatan motor tersebut.

e. Pengujian keseluruhan

Pengujian ini merupakan pengujian tahap akhir dimana pengujian dilakukan secara menyeluruh. Pengujian ini dilakukan dengan melihat interaksi yang terjadi antara perubahan frekuensi yang dihasilkan inverter dengan aksi pada motor yaitu berupa kecepatan yang dihasilkan.

3.5 Diagram Alir Penelitian

Pada tahapan alat dan sistem dilakukan suatu perancangan alat secara keseluruhan membentuk suatu sistem penghasil tegangan ac yang frekuensinya bisa di atur. Tahapan perancangan alat dan sistem ini digambarkan dalam diagram alir perancangan alat sebagai berikut:

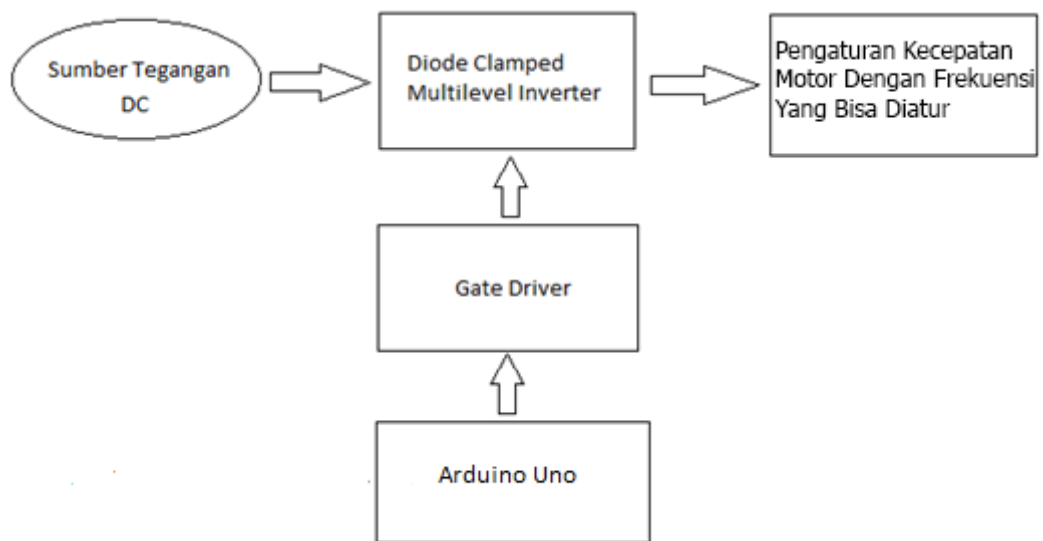


Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Berikut ini adalah penjelasan tentang perancangan dari perangkat keras dan perangkat lunak dalam penelitian ini:

a. Perancangan Perangkat Keras

Jika arduino memberikan *trigger* ke rangkaian *gate driver* lalu ke rangkaian inverter maka inverter akan melakukan pengaturan dengan mengubah nilai frekuensi. Tegangan satu fasa yang dihasilkan inverter akan masuk ke beban motor. Lalu pengaturan kecepatan motor akan dilakukan berdasarkan frekuensi yang diberikan oleh inverter. Diagram blok perancangan perangkat keras ini terlihat pada gambar berikut:



Gambar 3.2 Diagram Blok Perancangan Alat dan Sistem Keseluruhan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari serangkaian penelitian, pengujian dan analisa yang telah dilakukan pada tugas akhir ini dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Telah dirancang sistem kendali kecepatan motor AC satu fasa menggunakan mikrokontroler sebagai pengatur frekuensi.
2. Proses switching mosfet pada inverter sangat berpengaruh terhadap tegangan output inverter dan kecepatan putaran motor.
3. Perubahan nilai frekuensi pada inverter mempengaruhi nilai tegangan output yang dihasilkan. Frekuensi yang digunakan yaitu 25 Hz, 31 Hz, 41 Hz, dan 61 Hz didapatkan nilai tegangan output yaitu 107 volt, 108 volt, 111 volt, dan 115 volt dengan percobaan tanpa menggunakan beban.
4. Perubahan nilai frekuensi pada inverter mempengaruhi kecepatan putaran motor. Frekuensi yang digunakan yaitu 25 Hz, 31 Hz, 41 Hz, dan 61 Hz. Didapatkan kecepatan putaran motor berturut - turut yaitu 1482 rpm, 1804 rpm, 2254 rpm, dan 2732 rpm dengan percobaan tanpa menggunakan beban.

5.2 Saran

Sebagai masukan dan memudahkan dalam penelitian yang akan dilakukan selanjutnya, berikut ini saran-saran yang perlu diperhatikan:

1. Untuk mendapatkan variable frekuensi yang linier diperlukan pengembangan *coding* dari *software* Arduino.
2. Untuk mendapatkan bentuk keluaran gelombang yang bertingkat diperlukan resistor sebagai bebannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Kumar, A. Dutt and G. S. , "Single Phase Motor Induction," *International Journal of Research (IJR)*, vol. 1, no. 11 Desember 2014, p. 5, 2014.
- [2] D. D. Khaimar dan V. M. Deshmukh, "Performance Analysis of Diode Clamped 3 Level MOSFET Based Inverter," *onal Electrical Engineering Journal (IEEJ)*, vol. 5, p. 6, 2014.
- [3] D. W. Hart, Power Electronics, Valparaiso, Indiana: Mc Graw Hill, 2010.
- [4] M. Verma, "WORKING, OPERATION AND TYPES OF ARDUINO MICROCONTROLLER," *INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCES & RESEARCH TECHNOLOGY*, vol. 6, no. Juni 2017, p. 4, 2017.
- [5] H. Rasyid, M. 1993. *Power Electronics: Circuit , Devices, and Application(2nd Edition)*. Prentice, New York.
- [6] Shalini,S. "*Voltage Balancing in Diode Clamped Multilevel Inverter Using Sinusoidal PWM*". *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)*, Vol 6 (2013) No 2.groho, Rekayasa Perangkat Lunak Berorientasi Objek dengan Metode USDP (Unified Software Development

Process), Yogyakarta: Penerbit Andi, 2010.

- [7] Sudarsanan, Anjali, R, Roopa, Sanjana, S. “Comparison of Conventional & New Multilevel Inverter Topology”. International Journal of Scientific & Engineering Research. Volume 6, Issue 2, February-2015 ISSN 2229-5518
- [8] Rodriguez, Jose, Lai, Jih-Sheng, Zheng Peng, Fang. “Multilevel Inverter : A Survey of Topologies, Controls, and Applications”. IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS. VOL. 49, NO.4, AUGUST 2002
- [9] Zheng, Xu , Song, Li dan Hongying, Pan. “Study of Five-level diodes-clamped Inverter Modulation Technology Based on Three-harmonic Injection Method”. 2nd International Conference on Electronic & Mechanical Engineering and Information Technology (EMEIT-2012).
- [10] Yuan, Xiaoming, Barbi, Ivo. “Fundamentals of a New Diode Clamping Multilevel Inverter”. IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, VOL. 15 (2000) NO. 4.