

**RANCANG BANGUN *DIODE CLAMPED MULTILEVEL*
INVERTER 7 TINGKAT UNTUK KONTROL DAN
MONITORING MOTOR INDUKSI SATU FASA BERBASIS
INTERNET OF THINGS**

(Skripsi)

Oleh

Farhan Adiwinata

1615031035



JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

2022

ABSTRAK

RANCANG BANGUN DIODE CLAMPED MULTILEVEL INVERTER 7 TINGKAT UNTUK KONTROL DAN MONITORING MOTOR INDUKSI SATU FASA BERBASIS INTERNET OF THINGS

Oleh:

FARHAN ADIWINATA

Kecepatan motor induksi dapat diatur dengan mengubah tegangan *input*, jumlah kutub ataupun frekuensi yang diberikan pada motor. Mengatur kecepatan motor induksi dengan cara mengubah tegangan *input* dan jumlah kutub cukup sulit dilakukan. Oleh karena itu hal yang paling mudah dilakukan adalah dengan mengubah frekuensi *input* pada motor induksi. Salah satu cara mendapatkan nilai frekuensi yang dapat diubah – ubah adalah dengan menggunakan inverter. Inverter yang digunakan pada penelitian ini adalah diode clamped multilevel inverter. Untuk memudahkan dalam melakukan kontrol kecepatan dan monitoring motor induksi, digunakan sensor tegangan ZMPT101B dan sensor kecepatan Optocoupler serta aplikasi blynk sebagai media dari *internet of things*. Hasil pengujian menunjukkan jika rangkaian alat dapat bekerja dengan baik. Perubahan frekuensi yang dilakukan diode clamped multilevel inverter berhasil mengubah kecepatan putaran motor induksi dan kontrol serta monitoring menggunakan konsep *internet of things* dapat bekerja sesuai kebutuhan.

Kata Kunci : Diode Clamped Multilevel Inverter, Motor Induksi, *Internet of Things*

ABSTRACT**DESIGN AND CONSTRUCTION OF 7 LEVEL DIODE CLAMPED
MULTILEVEL INVERTER FOR CONTROL AND MONITORING ONE
PHASE INDUCTION MOTOR USING INTERNET OF THINGS****By:****FARHAN ADIWINATA**

The speed of an induction motor can be adjusted by changing the input voltage, the number of poles, or the frequency applied to the motor. Adjusting the speed of an induction motor by changing the input voltage and the number of poles is quite difficult. Therefore the easiest thing to do is to change the input frequency on the induction motor. One way to get a variable frequency value is to use an inverter. The inverter used in this study is a seven level diode clamped multilevel inverter. To make it easier to control the speed and monitor the induction motor, the ZMPT101B voltage sensor and the Optocoupler speed sensor are used as well as the blynk application as a medium for the internet of things. The test results show that the series of tools can work well. The frequency changes carried out by the diode clamped multilevel inverter successfully change the rotation speed of the induction motor, the control and monitoring using the internet of things concept can work as needed.

Keyword : *Diode Clamped Multilevel Inverter, Induction motor, Internet of Things*

**RANCANG BANGUN DIODE CLAMPED MULTILEVEL INVERTER
7 TINGKAT UNTUK KONTROL DAN MONITORING MOTOR
INDUKSI SATU FASA BERBASIS INTERNET OF THINGS**

Oleh

FARHAN ADIWINATA

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

**Judul Skripsi : RANCANG BANGUN DIODE CLAMPED
MULTILEVEL INVERTER 7 TINGKAT
UNTUK KONTROL DAN MONITORING
MOTOR INDUKSI SATU FASA BERBASIS
INTERNET OF THINGS**

Nama Mahasiswa : Farhan Adiwinata

Nomor Pokok Mahasiswa : 1615031035

Jurusan : Teknik Elektro

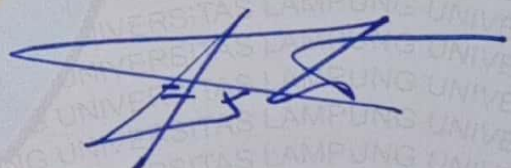
Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



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

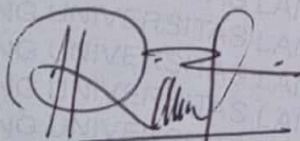


Dr. Eng. F.X Arinto Setyawan, S.T., M.T.
NIP 19691219 199903 1 002

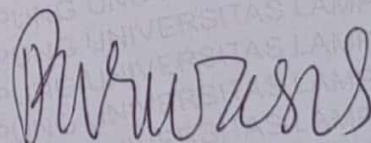
2. Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Herlinawati, S.T., M.T.
NIP 19710314 199903 2 001

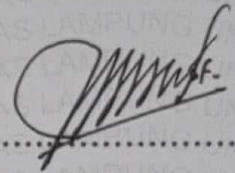


Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T.
NIP 19740422 200012 2 001

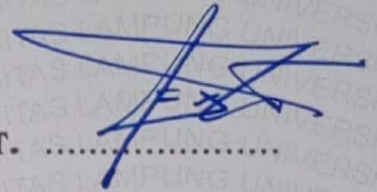
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

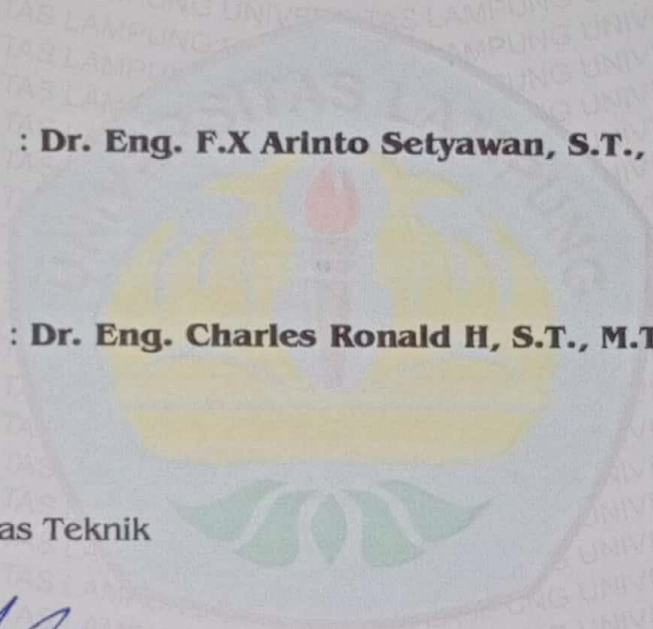
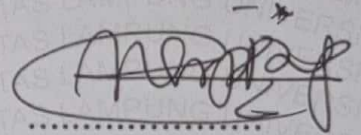
Ketua : Ir. Noer Soedjarwanto, M.T.



Sekretaris : Dr. Eng. F.X Arinto Setyawan, S.T., M.T.



Penguji : Dr. Eng. Charles Ronald H, S.T., M.T.



2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. A
NIP 19750928/200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 26 Agustus 2022

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana yang disebutkan dalam 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, 15 Agustus 2022



Farhan Adiwinata
1615031035

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Batam pada tanggal 12 April 1998, sebagai anak pertama dari dua bersaudara, dari pasangan Erman Rachman dan Siti Fadilah. Pendidikan normal penulis dimulai di Pendidikan Taman Kanak-Kanak (TK) An-Nur yang diselesaikan pada tahun 2004, Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SD Negeri 002 Lubuk Baja Kota Batam pada tahun 2010, Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP N 4 Batam pada tahun 2013, dan Sekolah Menengah Akhir (SMA) di SMA N 8 Batam pada tahun 2016.

Mulai tahun 2016, Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung dengan jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Selama menjadi mahasiswa Penulis pernah menjadi asisten Laboratorium Konversi Energi Elektrik Universitas Lampung. Selain menjadi asisten, Penulis aktif di Organisasi sebagai anggota Departemen Pendidikan dan Pengembangan Diri pada tahun 2016-2017, dan sebagai kepala Divisi Kerohanian Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Lampung (HIMATRO) pada tahun 2017-2018. Pada semester 5 Penulis memilih konsentrasi Teknik Tenaga Listrik (TTL) sebagai fokus dalam perkuliahan dan penelitian. Kemudian Penulis juga menjadi Asisten Lab Konversi Energi Elektrik dan menjadi asisten mata kuliah Praktikum Dasar Tenaga Listrik, Praktikum Mesin Mesin Listrik, dan Praktikum Elektronika Daya. Pada 1 Juli – 8 Agustus penulis melaksanakan kerja praktik di PT. Pembangkitan Jawa Bali Unit Pembangkit Cirata, Purwakarta, Jawa Barat. Pada saat kerja praktik penulis membuat laporan

tentang Sistem Konversi Energi PLTS Menggunakan Central Inverter, String Inverter, dan Bidirectional Inverter di PT. Pembangkitan Jawa-Bali (PJB) Cirata.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Puji serta syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat,
nikmat, dan karunia-Nya serta shalawatku kepada Nabi
Muhammad SAW yang senantiasa menjadi penuntun
hidupku*

*Kupersembahkan karya kecilku ini kepada kedua orangtuaku
Erman Rachman dan Siti Fadilah sebagai wujud
terimakasihku, baktiku, cintaku, dan kasih sayangku kepada
Ayah dan Bunda atas segala yang telah diberikan selama
ini, serta adikku Faridahanun Adiwinata yang aku sayangi*

MOTTO

"Ada hal-hal dibawah kendali (tergantung pada) kita, ada hal-hal yang tidak dibawah kendali (tidak tergantung pada) kita"

-epictetus

"Jangan mengkotak-kotakkan diri sendiri, siapapun bisa menjadi apapun"

-mark manson

"every action you take is a vote for the type of person you wish to become"

-james clear

"the difference between who you are and who you want to be is what you do"

-Charles Duhigg

"a journey of a thousand miles begins with a single step"

-Lao Tzu

SANWACANA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, nikmat, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Diode Clamped Multilevel Inverter 7 Tingkat Untuk Kontrol Dan Monitoring Motor Induksi Satu Fasa Berbasis Internet Of Things”. Banyak pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

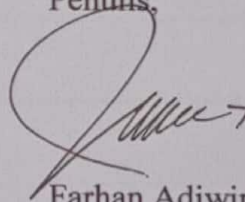
1. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Ibu Herlinawati, S.T, M.T. selaku Kepala Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
3. Ibu Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro.
4. Bapak Ir. Noer Soedjarwanto, M.T. selaku Pembimbing Utama yang telah memberikan arahan dan bimbingan serta motivasi yang sangat bermanfaat kepada penulis disetiap kesempatannya.
5. Bapak Dr. Eng. F.X Arinto Setyawan, S.T., M.T. selaku Pembimbing Pendamping atas kesediaannya untuk memberikan bimbingan dalam proses penyelesaian skripsi ini.
6. Bapak Dr. Eng. Charles R.Harahap.S.T.,M.T. selaku Penguji Utama yang telah memberikan koreksi, kritik, dan saran untuk kemajuan dalam penyelesaian skripsi ini.
7. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung atas pengajaran dan bimbingannya yang diberikan selama ini kepada Penulis;

8. Kedua orang tua Penulis, Ayah Erman Rachman dan Bunda Siti Fadilah tercinta yang selalu memberikan kasih sayang, semangat, dan tak henti-hentinya mendoakan serta mengingatkan penulis;
9. Adik penulis, Faridahanun Adiwinata yang selalu menjadi tempat bercanda, bercerita dan bertukar pikiran.
10. Salwa Nursalsabila, perempuan spesial dalam hidup penulis yang selalu menjadi tempat berbagi cerita, tertawa, dan banyak belajar tentang hidup. Serta tidak pernah bosan menemani, menyemangati, mengingatkan, dan mendoakan penulis.
11. Keluarga Kosan Hantu Aby, Asoy, Rahmat, Awi, Budi, Syahrul, Faisal, Anjas, Aan, Panji, Lukman, dan Malik yang menjadi teman menjalani hari-hari dengan segala canda tawa dan suka duka di masa perkuliahan.
12. Keluarga Laboratorium Konversi Energi Elektrik Bang Yayan, Kak Darma, Kak Paian, Kak Hardy, Kak Rizki, Kak Helmi, Kak Arnold, Sandi, Tio, Mardi, Syuja, Ali dan lainnya yang tidak bisa penulis tuliskan satu persatu atas segala bantuan dan kenangan yang telah dilalui bersama.
13. Teman-teman Anak Emak Paling Bungsu Ramadhan, Alif, Ogi, Dendi, Riyan, Kak Tuah, Kak Firyan, Raden dan lainnya yang tidak bisa penulis tuliskan satu persatu atas segala kebersamaan, kenangan, dan canda tawanya.
14. Ikfal, Qolbu, Ana, Dimas, Oney, dan Axel teman dekat yang tetap banyak membantu dan berbagi cerita meski terpisah jarak.
15. Keluarga Sins 16 yang sudah seperti saudara sendiri bagi penulis atas segala kebersamaannya.

16. Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (Himatro) atas segala pengalaman dan pembelajarannya yang sangat berharga.
17. Semua pihak yang telah membantu serta mendukung penulis dari awal kuliah hingga terselesaikannya skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satupersatu;

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dikarenakan terbatasnya ilmu dan pengalaman yang dimiliki penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan segala bentuk saran serta masukan yang membangun agar skripsi dapat menjadi lebih baik lagi. Di balik kekurangan tersebut, penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca sebagai referensi dalam bidang Teknik elektro

Bandar Lampung, 15 September 2022
Penulis,



Farhan Adiwinata
1615031035

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
LEMBAR PERSETUJUAN	iv
LEMBAR PENGESAHAN	v
SURAT PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
PERSEMBAHAN	ix
MOTTO	x
SANWACANA	xi
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
DAFTAR TABEL	xxi
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	2
1.3. Manfaat Penelitian.....	2
1.4. Rumusan Masalah	3
1.5. Batasan Masalah	3
1.6. Hipotesis.....	3
1.7. Sistematika Penulisan.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Motor Kapasitor.....	5

2.1.1.	Motor kapasitor <i>start</i> (<i>starting capacitor motor</i>).....	5
2.1.2.	Motor kapasitor tetap/ <i>running</i> (<i>permanent capacitor motor</i>).....	6
2.1.3.	Motor kapasitor <i>start-running</i> (<i>start running capacitor motor</i>)	6
2.2.	<i>Multilevel Inverter</i>	7
2.2.1.	<i>Cascaded multilevel inverter</i> (CMI)	8
2.2.2.	<i>Flying capacitor multilevel inverter</i> (FCMI)	8
2.2.3.	<i>Diode clamped multilevel inverter</i> (DCMI).....	8
2.3.	<i>Diode clamped multilevel inverter</i> (DCMI)	8
2.4.	<i>Pulse Width Modulation</i> (PWM)	12
2.5.	<i>Gate Driver</i>	14
2.6.	Mikrokontroler	15
2.7.	<i>Internet of Things</i>	16
2.8.	NodeMCU ESP8266	17
2.9.	Modul Wifi ESP-01	17
2.10.	Sensor Tegangan	18
2.11.	Sensor kecepatan / RPM	19
2.12.	Blynk	19
III.	METODE PENELITIAN	20
3.1.	Waktu dan Tempat Penelitian	20
3.2.	Alat dan Bahan	20
3.3.	Spesifikasi Alat dan Bahan	21

3.4.	Prosedur Penelitian.....	22
3.4.1.	Studi Literatur	22
3.4.2.	Perancangan Alat dan Sistem.....	22
3.4.3.	Pengujian alat.....	23
3.5.	Diagram alir penelitian.....	24
3.6.	Diagram Blok Perancangan Alat.....	24
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
4.1.	Hasil Perancangan Alat.....	26
4.2.	Mikrokontroler Arduino Mega 2560	26
4.3.	Gate Driver	27
4.4.	Diode Clamped Multilevel Inverter 7 Tingkat	28
4.5.	Internet of Things	29
4.5.1.	Node MCU ESP8266.....	30
4.5.2.	Sensor ZMPT101B	30
4.5.3.	Sensor Optocoupler.....	30
4.5.4.	Blynk.....	30
4.6.	Pengujian Mikrokontroler Arduino Mega 2560	31
4.7.	Pengujian Gate Driver.....	37
4.8.	Pengujian <i>Diode Clamped Multilevel Inverter</i>	44
4.9.	Pengujian Internet of Things	49
4.9.1.	Pengujian Sensor ZMPT101B	49

4.9.2.	Pengujian Sensor Optocoupler	50
4.9.3.	Pengujian NodeMCU dan aplikasi Blynk	51
4.10.	Pengujian Keseluruhan Rangkaian.....	53
V.	KESIMPULAN.....	55
5.1.	Kesimpulan.....	55
5.2.	Saran	56
DAFTAR PUSTAKA.....		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Motor kapasitor start	5
Gambar 2. 2 Motor kapasitor running	6
Gambar 2. 3 Motor kapasitor start-running	6
Gambar 2. 4 Rangkaian Diode Clamped Multilevel Inverter	9
Gambar 2. 5 Kondisi switching mosfet dalam polaritas positif (a) kondisi switching 1, (b) kondisi switching 2, dan (c) kondisi switching 3.....	10
Gambar 2. 6 Kondisi switching mosfet dalam keadaan off, kondisi switching 4	11
Gambar 2. 7 Kondisi switching mosfet dalam polaritas negatif (a) kondisi switching 5, (b) kondisi switching 6, dan (c) kondisi switching 7.....	11
Gambar 2. 8 Pulse width Modulation	13
Gambar 2. 9 Rangkaian IC HCPL-3120	15
Gambar 2. 10 Arduino Mega 2560	16
Gambar 2. 11 Internet of Things.....	17
Gambar 2. 12 NodeMCU ESP8266.....	17
Gambar 2. 13 Modul Wifi ESP-01.....	18
Gambar 2. 14 Sensor tegangan AC ZMPT101B.....	18
Gambar 2. 15 Sensor optocoupler.....	19
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian.....	24
Gambar 3. 2 Diagram blok perancangan alat.....	25
Gambar 4. 1 Rangkaian Gate Driver.....	27
Gambar 4. 2 Layout Gate Driver	28
Gambar 4. 3 Rangkaian Diode Clamped Multilevel Inverter 7 tingkat	29
Gambar 4. 4 Layout Diode Clamped Multilevel Inverter 7 tingkat	29

Gambar 4. 5 output sinyal PWM mikrokontroler pada pin 2 arduino dengan frekuensi 30, 40, 50, dan 60 Hz	31
Gambar 4. 6 output sinyal PWM mikrokontroler pada pin 3 arduino dengan frekuensi 30, 40, 50, dan 60 Hz	32
Gambar 4. 7 output sinyal PWM mikrokontroler pada pin 4 arduino dengan frekuensi 30, 40, 50, dan 60 Hz	32
Gambar 4. 8 output sinyal PWM mikrokontroler pada pin 5 arduino dengan frekuensi 30, 40, 50, dan 60 Hz	33
Gambar 4. 9 output sinyal PWM mikrokontroler pada pin 6 arduino dengan frekuensi 30, 40, 50, dan 60 Hz	33
Gambar 4. 10 output sinyal PWM mikrokontroler pada pin 7 arduino dengan frekuensi 30, 40, 50, dan 60 Hz	34
Gambar 4. 11 output sinyal PWM mikrokontroler pada pin 8 arduino dengan frekuensi 30, 40, 50, dan 60 Hz	34
Gambar 4. 12 output sinyal PWM mikrokontroler pada pin 9 arduino dengan frekuensi 30, 40, 50, dan 60 Hz	35
Gambar 4. 13 output sinyal PWM mikrokontroler pada pin 10 arduino dengan frekuensi 30, 40, 50, dan 60 Hz	35
Gambar 4. 14 output sinyal PWM mikrokontroler pada pin 11 arduino dengan frekuensi 30, 40, 50, dan 60 Hz	36
Gambar 4. 15 output sinyal PWM mikrokontroler pada pin 12 arduino dengan frekuensi 30, 40, 50, dan 60 Hz	36
Gambar 4. 16 output sinyal PWM mikrokontroler pada pin 13 arduino dengan frekuensi 30, 40, 50, dan 60 Hz	37
Gambar 4. 17 output sinyal PWM gate driver 1 frekuensi 30, 40, 50, dan 60 Hz	38
Gambar 4. 18 output sinyal PWM gate driver 2 frekuensi 30, 40, 50, dan 60 Hz	39

Gambar 4. 19 output sinyal PWM gate driver 3 frekuensi 30, 40, 50, dan 60 Hz	39
Gambar 4. 20 output sinyal PWM gate driver 4 frekuensi 30, 40, 50, dan 60 Hz	40
Gambar 4. 21 output sinyal PWM gate driver 5 frekuensi 30, 40, 50, dan 60 Hz	40
Gambar 4. 22 output sinyal PWM gate driver 6 frekuensi 30, 40, 50, dan 60 Hz	41
Gambar 4. 23 output sinyal PWM gate driver 7 frekuensi 30, 40, 50, dan 60 Hz	41
Gambar 4. 24 output sinyal PWM gate driver 8 frekuensi 30, 40, 50, dan 60 Hz	42
Gambar 4. 25 output sinyal PWM gate driver 9 frekuensi 30, 40, 50, dan 60 Hz	42
Gambar 4. 26 output sinyal PWM gate driver 10 frekuensi 30, 40, 50, dan 60 Hz	43
Gambar 4. 27 output sinyal PWM gate driver 11 frekuensi 30, 40, 50, dan 60 Hz	43
Gambar 4. 28 output sinyal PWM gate driver 12 frekuensi 30, 40, 50, dan 60 Hz	44
Gambar 4. 29 Output Diode clamped multilevel inverter dengan frekuensi 30Hz.....	45
Gambar 4. 30 Output Diode clamped multilevel inverter dengan frekuensi 40Hz.....	45
Gambar 4. 31 Output Diode clamped multilevel inverter dengan frekuensi 50Hz.....	45
Gambar 4. 32 Output Diode clamped multilevel inverter dengan frekuensi 60Hz.....	46
Gambar 4. 33 Grafik Pengaruh Frekuensi Terhadap Tegangan Output.....	47
Gambar 4. 34 Grafik Pengaruh Frekuensi Terhadap Kecepatan Putaran Motor	48
Gambar 4. 35 Grafik Pengaruh Frekuensi Terhadap Arus Output.....	49
Gambar 4. 36 Tampilan Aplikasi Blynk	52
Gambar 4. 37 Keseluruhan Rangkaian Penelitian	53

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Proses pensaklaran diode clamped multilevel inverter	9
Tabel 4. 1 Pengaruh Frekuensi Terhadap Tegangan Output.....	46
Tabel 4. 2 Pengaruh Frekuensi Terhadap Kecepatan Putaran Motor.....	47
Tabel 4. 3 Pengaruh Frekuensi Terhadap Arus Output.....	48
Tabel 4. 4 Data Hasil Pengujian Sensor ZMPT101B	50
Tabel 4. 5 Data Hasil Pengujian Sensor Optocoupler.....	51

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi memberikan perubahan yang besar terhadap kehidupan masyarakat baik pada bidang rumah tangga maupun industri. Salah satu peralatan yang digunakan pada bidang rumah tangga maupun industri adalah motor induksi. Meski merupakan alat yang bermanfaat, masih terdapat kekurangan pada motor induksi yaitu dalam hal pengaturan kecepatannya. Kecepatan motor induksi dapat diatur dengan mengubah tegangan input, jumlah kutub ataupun frekuensi yang terdapat pada motor. Mengatur kecepatan motor dengan cara mengubah jumlah kutub cukup sulit dilakukan dikarenakan harus membongkar dan mengubah konstruksi dari motor tersebut. Hal yang lebih mungkin dilakukan adalah dengan mengubah kecepatan motor dengan mengubah frekuensi pada sumber stator dikarenakan tidak perlu membongkar atau mengubah konstruksi dari motor[1].

Inverter adalah alat yang dapat mengubah arus searah menjadi bolak – balik. Selain itu, inverter juga dapat digunakan untuk mengubah frekuensi yang terdapat yang terdapat pada tegangan outputnya. Dari sinilah inverter bisa digunakan sebagai pengontrol yang dapat mengatur perubahan pada motor induksi.

Akan tetapi, inverter masih menghasilkan harmonisa yang cukup tinggi, sehingga inverter memerlukan filter untuk mengurangi besarnya harmonisa tegangan. Kapasitas dari filter yang diperlukan akan semakin besar bergantung pada seberapa besar daya yang digunakan. Oleh karena itu dibuatlah multilevel inverter jenis DCMI (diode clamped multilevel inverter) untuk mengatasi kendala tersebut. DCMI adalah salah satu jenis dari multilevel inverter yang nilai harmonisa tegangannya dapat dikurangi dengan cara menambah tingkat yang terdapat pada inverter [2].

Berdasarkan penelitian sebelumnya, penelitian tersebut melakukan perancangan sistem untuk mengendalikan kecepatan motor AC satu fasa dengan menggunakan multilevel inverter tipe DCMI (*diode clamped multilevel inverter*) sebagai alat yang digunakan untuk mengatur besaran frekuensi pada tegangan outputnya. Kemudian dalam hal pengontrolan dan monitoring, pengontrolan kecepatan motor AC satu fasa menggunakan potensiometer untuk mengubah besaran frekuensi dan monitoring nya menggunakan multimeter untuk mengetahui besaran tegangan dan arus serta menggunakan tachometer untuk mengetahui besaran kecepatan putaran motor[2].

Dari latar belakang ini timbul suatu ide untuk membuat rancang bangun sistem kendali dan monitoring kecepatan motor AC satu fasa dengan menggunakan *diode clamped multilevel inverter* berbasis IoT (*Internet of Things*) sebagai alat yang dapat mengatur frekuensi keluaran dan dapat diakses kapanpun dan dimanapun tanpa perlu mengkhawatirkan jarak tertentu.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Membuat rancang bangun *diode clamped multilevel inverter* 7 tingkat yang dapat mengendalikan kecepatan motor induksi satu fasa.
- b. Merancang sebuah sistem kendali kecepatan motor induksi satu fasa menggunakan *diode clamped multilevel inverter* yang dapat melakukan pengaturan frekuensi dengan metode PWM (*pulse width modulation*).
- c. Merancang sistem IoT (*Internet of Things*) yang dapat di akses melalui perangkat *smartphone* ataupun komputer untuk memudahkan pengontrolan dan monitoring kecepatan motor induksi satu fasa.

1.3. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Dapat menghasilkan suatu prototipe pengontrol dan monitoring motor AC satu fasa dengan memanfaatkan *diode clamped multilevel inverter* sebagai pengatur kecepatan dan menggunakan teknologi *Internet of Things* sebagai kontrol yang terhubung dengan jaringan internet.

- b. Dapat menjadi referensi dibidang riset atau pengembangan dari aplikasi motor induksi satu fasa yang menggunakan teknologi *Internet of Things*.

1.4. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana cara mengatur kecepatan putaran motor induksi satu fasa dengan mengubah – ubah frekuensi keluaran menggunakan *diode clamped multilevel inverter*
- b. Bagaimana cara merancang *diode clamped multilevel inverter* satu fasa sebagai alat yang dapat mengubah – ubah frekuensi keluaran.
- c. Bagaimana cara merancang sistem IoT agar memudahkan dalam hal pengendalian dan monitoring jarak jauh dari rangkaian prototipe.

1.5. Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki batasan – batasan masalah sebagai berikut:

- a. Motor yang digunakan adalah motor kapasitor satu fasa
- b. Menggunakan *diode clamped multilevel inverter* satu fasa sebagai kontroler pengatur besaran frekuensi
- c. Menggunakan mikrokontroler arduino
- d. Menggunakan metode PWM (*Pulse Width Modulation*)

1.6. Hipotesis

Pada penelitian ini akan dilakukan rancang bangun suatu prototipe untuk monitoring dan mengendalikan kecepatan putaran motor induksi satu fasa. Cara pengendalian kecepatan putaran adalah dengan menggunakan *diode clamped multilevel inverter* satu fasa sebagai pengatur frekuensi. Kemudian monitoring dilakukan melalui aplikasi yang akan dibuat untuk menampilkan besaran besaran dari variabel yang dibutuhkan, serta pengaturan atau perubahan besaran frekuensi juga dilakukan melalui aplikasi. Pada rangkaian prototipe akan dipasang sensor – sensor yang dibutuhkan untuk keperluan monitoring dan kemudian sensor tersebut akan dihubungkan pada aplikasi.

1.7. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian ini terbagi menjadi beberapa bab sebagai berikut:

I. PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, hipotesis, dan sistematika penulisan laporan penelitian.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang penjelasan secara umum tentang teori dasar yang digunakan sebagai referensi dalam penelitian.

III. METODE PENELITIAN

Bab ini berisi tentang tahapan penelitian yang meliputi waktu, tempat, alat, bahan, spesifikasi alat, dan metode penelitian.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang hasil pengujian dan pembahasan terhadap hasil dari penelitian.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari penelitian dan saran untuk referensi dalam melanjutkan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

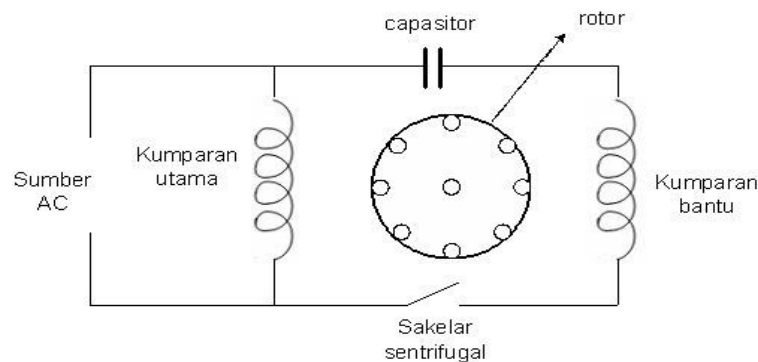
II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Motor Kapasitor

Salah satu jenis dari motor induksi satu fasa adalah motor kapasitor, motor ini digunakan pada listrik tegangan AC satu fasa. Konstruksi dari motor kapasitor cukup serupa dengan motor *split phase*, akan tetapi perbedaannya motor kapasitor memiliki sebuah kapasitor tambahan. Salah satu contoh penerapan dari motor kapasitor adalah pada kompresor udara, mesin cuci, pompa air, refrigotor, dan lain-lain. Letak dari kapasitor pada motor adalah pada bagian atas motor, ataupun di dalam kerangka motor itu sendiri. Fungsi dari kapasitor ini adalah untuk menaikkan kopel awal dan mengurangi arus start yang terdapat pada motor dan juga untuk mempertajam geseran fasa antara belitan utama dan belitan bantu[1].

Berdasarkan penggunaan kapasitornya jenis motor kapasitor dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu:

2.1.1. Motor kapasitor *start* (*starting capacitor motor*)

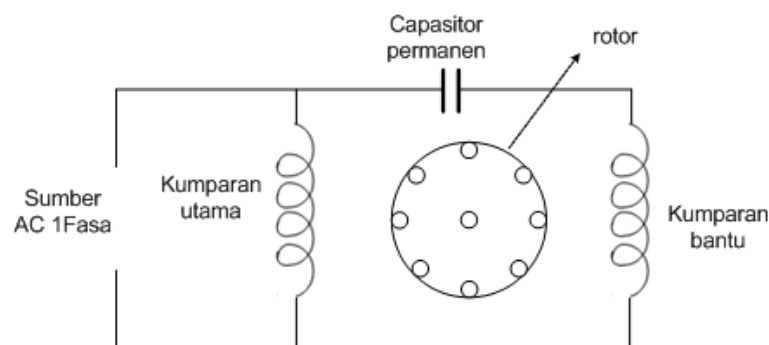


Gambar 2. 1 Motor kapasitor *start*

Motor kapasitor start mirip seperti motor *split phase*, yang membedakan keduanya adalah terdapat *switch* atau saklar diantara kapasitor dan salah satu stator winding. Saklar akan *close* pada saat motor baru mulai bekerja dan kondisi saklar akan *open* pada saat motor mencapai kecepatan yang dibutuhkan.

Guna menghindari panas yang berlebih pada winding, jumlah belitan pada winding yang dihubung seri pada kapasitor umumnya ditambah atau diperbanyak, hal ini dilakukan untuk menghindari panas yang berlebih pada winding. Penggunaan motor jenis ini umumnya adalah pada alat elektronik yang membutuhkan daya tinggi seperti *Air Conditioner*.

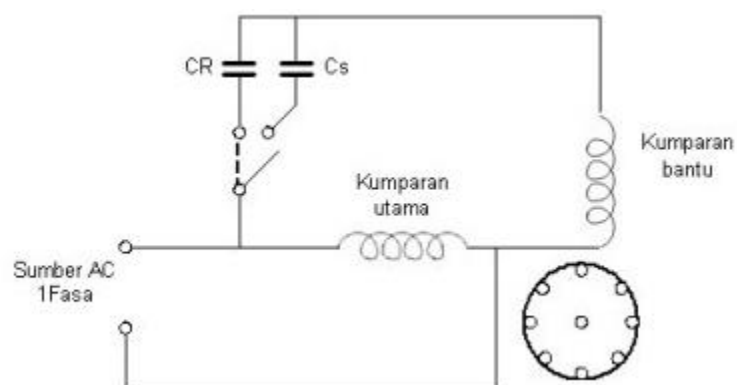
2.1.2. Motor kapasitor tetap/ *running* (*permanent capacitor motor*)



Gambar 2. 2 Motor kapasitor *running*

Perbedaan yang terdapat pada motor kapasitor jenis ini dengan motor kapasitor jenis *start* adalah motor ini memiliki kapasitor besar yang di hubung paralel dengan *switch* dan kapasitor lain yang ukurannya lebih kecil. Pengaplikasian motor kapasitor *running* sama seperti motor kapasitor *start*, yaitu pada alat yang membutuhkan torsi tinggi, akan tetapi arus yang mengalir motor cukup kecil.

2.1.3. Motor kapasitor *start-running* (*start running capacitor motor*)



Gambar 2. 3 Motor kapasitor *start-running*

Motor kapasitor tipe ini memiliki 2 kapasitor, satu berperan pada saat motor tengah dihidupkan(Cs) serta kapasitor yang lain(Cr) bekerja terus–menerus. Saat putaran motor menggapai 70–80% dari putaran nominalnya, kapasitor starting akan terlepas namun kapasitor running akan tetap terhubung.

keadaan ini menimbulkan perbandingan fasa antara flux utama serta bantu menurun, dikarenakan perbandingan fasa yang menurun, fasa antara flux utama serta bantu juga menurun yang kesimpulannya menyebabkan torsi pada motor juga menurun. Penggunaan motor ini juga sama dengan jenis motor sebelumnya, namun perbedaannya adalah motor tipe ini mempunyai torsi serta efisiensi yang lebih besar. Tidak hanya itu motor ini juga lebih sanggup dalam menerima beban lebih serta mempunyai putaran yang lebih halus dibanding dengan tipe motor kapasitor lain. Kecepatan putaran motor atau disingkat n adalah jumlah revolusi untuk suatu periode waktu tertentu. RPM atau revolusi per menit dan RPS atau revolusi per detik merupakan satuan dari kecepatan putaran motor, namun pada motor listrik umumnya satuan yang digunakan adalah RPM. Motor induksi pada umumnya berputar dengan kecepatan konstant, mendekati kecepatan sinkronnya. Kecepatan putaran motor dapat dihitung dengan menggunakan rumus 2.1. [1].

$$n_s = \frac{120 \times f}{p} \quad 2.1.$$

Dimana :

n_s = kecepatan motor (RPM)

f = frekuensi (Hz)

p = jumlah kutub motor

2.2. Multilevel Inverter

Multilevel inverter adalah tipe inverter yang gelombang keluaran tegangannya mempunyai tingkatan ataupun level yang sesuai dengan jumlah sumber tegangan DC yang digunakan, bentuk gelombang dari multilevel inverter berupa gelombang kotak bertingkat, dan jumlah tingkatnya sesuai dengan tingkatan atau level yang di buat pada inverter. Bersumber pada topologinya multilevel inverter bagi jadi 3 tipe, yaitu :

2.2.1. *Cascaded multilevel inverter (CMI)*

Cascaded multilevel inverter ialah tipe multilevel inverter dimana keluaran tegangannya dihasilkan dari sumber DC yang terpisah. Keluaran tegangan dari tipe multilevel inverter ini berupa gelombang kotak yang bertingkat, dimana keluaran tegangan tersebut akan semakin banyak tingkatannya bergantung pada jumlah sumber DC yang digunakan pada multilevel inverter ini[1].

2.2.2. *Flying capacitor multilevel inverter (FCMI)*

Flying capacitor multilevel inverter ialah tipe inverter dimana keluaran tegangannya dihasilkan dari satu sumber tegangan DC. Keluaran gelombang kotak bertingkat dari multilevel ini dihasilkan dari variasi topologi inverter yang memakai kapasitor sebagai penyuplai tegangan[1].

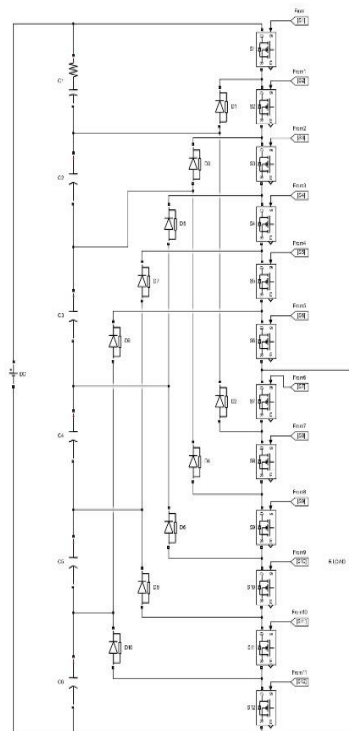
2.2.3. *Diode clamped multilevel inverter (DCMI)*

Diode clamped multilevel inverter ialah tipe inverter yang prinsip kerjanya nyaris sama dengan flying capacitor multilevel inverter. akan tetapi diode clamped multilevel inverter memanfaatkan dioda selaku penyearah serta pembatas arus agar dihasilkan bentuk keluaran gelombang yang menyerupai gelombang sinus[1].

2.3. *Diode clamped multilevel inverter (DCMI)*

DCMI adalah bagian dari multilevel inverter yang bekerja dengan satu sumber DC. cara penggunaannya adalah dengan menggunakan kapasitor sebagai pembagi tegangan pada sumber tegangan dc yang menghasilkan gelombang keluaran menyerupai gelombang sinus.

DCMI hanya menggunakan satu buah sumber tegangan DC sebagai *input*, kapasitor pada DCMI digunakan untuk membagi tegangan yang dapat dari sumber DC, mosfet berfungsi untuk mengatur pensaklaran inverter, dioda berfungsi untuk mengatur dan membatasi tegangan pada komponen mosfet, dan resistor berfungsi sebagai beban rangkaian, yang dapat diganti dengan beban lain sesuai dengan kebutuhan[2].



Gambar 2. 4 Rangkaian *Diode Clamped Multilevel Inverter*

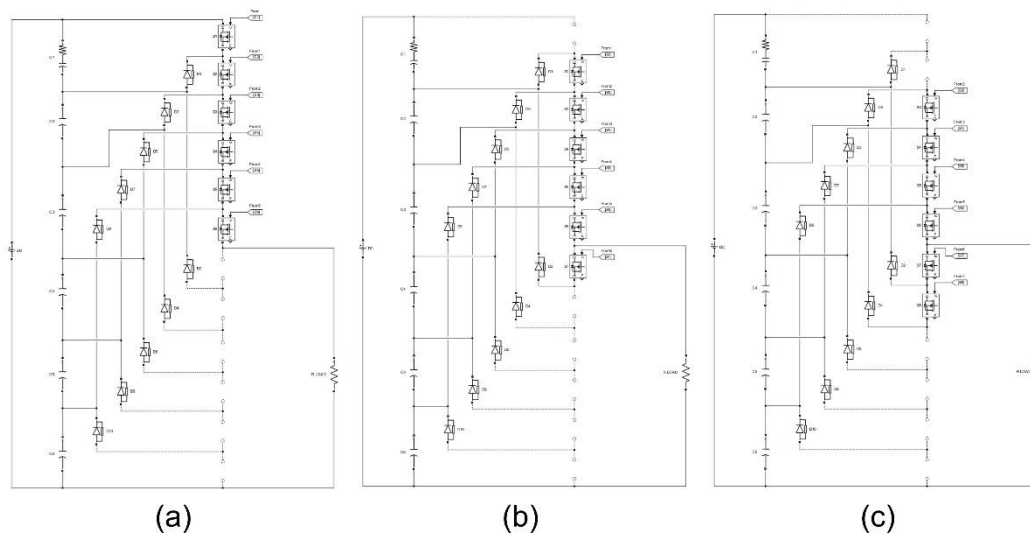
Multilevel inverter dengan sumber DC sendiri maupun terpisah akan menghasilkan keluaran tegangan yang sesuai dengan level tingkatan inverter tersebut. Dimana pada DCMI 7 tingkat, tegangan keluaran (V_o) akan memiliki tujuh level tegangan yaitu $+V_{dc}/2$, $+V_{dc}/3$, $+V_{dc}/6$, 0 , $-V_{dc}/6$, $-V_{dc}/3$, dan $-V_{dc}/2$.

Tabel 3. 1 Proses pensaklaran diode clamped multilevel inverter

Sakelar	(1) $V_{dc}/2$	(2) $V_{dc}/3$	(3) $V_{dc}/6$	(4) 0	(5) $-V_{dc}/6$	(6) $-V_{dc}/3$	(7) $-V_{dc}/2$
S1	1	0	0	0	0	0	0
S2	1	1	0	0	0	0	0
S3	1	1	1	0	0	0	0
S4	1	1	1	1	0	0	0
S5	1	1	1	1	1	0	0
S6	1	1	1	1	1	1	0

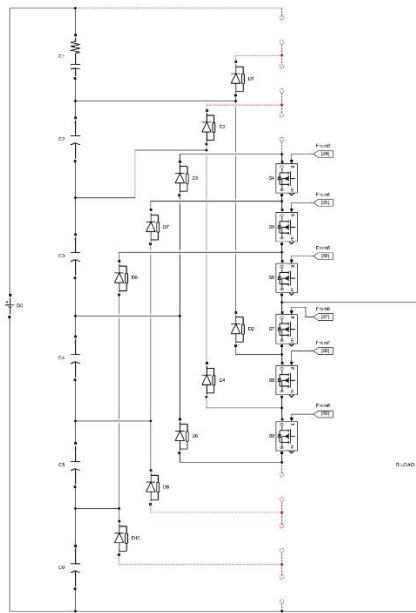
S7	0	1	1	1	1	1	1
S8	0	0	1	1	1	1	1
S9	0	0	0	1	1	1	1
S10	0	0	0	0	1	1	1
S11	0	0	0	0	0	1	1
S12	0	0	0	0	0	0	1

Pada tabel 3.1 terdapat 7 kondisi *switching* pada DCMI 7 tingkat, yaitu kondisi *switching* 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7. Dimana setiap kondisi akan menghasilkan tegangan *output* berturut – turut sebesar $+V_{dc}/2$, $+V_{dc}/3$, $+V_{dc}/6$, 0, $-V_{dc}/6$, $-V_{dc}/3$, dan $-V_{dc}/2$. Tanda positif dan negatif menunjukkan polaritas tegangan AC tersebut.



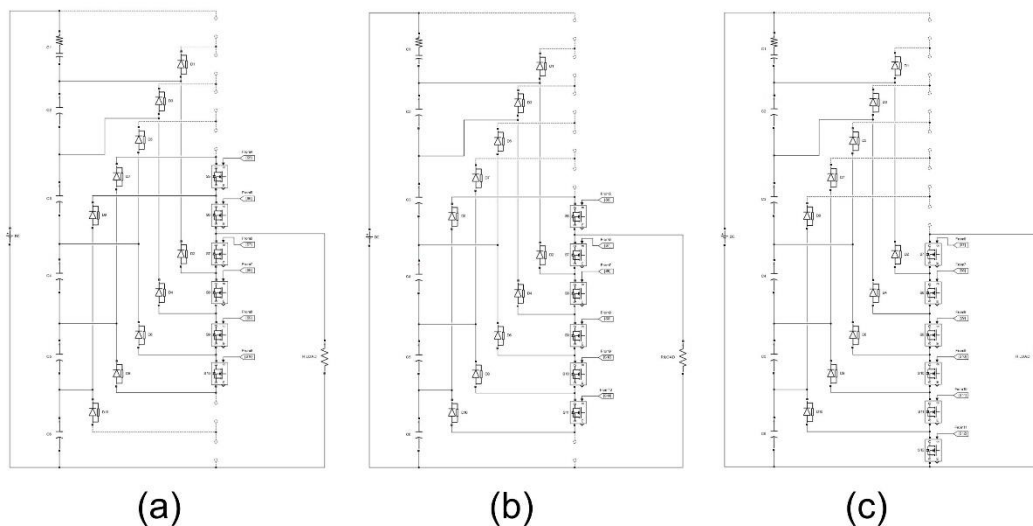
Gambar 2. 5 Kondisi *switching* mosfet dalam polaritas positif (a) kondisi *switching* 1, (b) kondisi *switching* 2, dan (c) kondisi *switching* 3.

Gambar 2.5 menunjukkan kondisi *switching* mosfet dalam polaritas positif yang terbagi menjadi 3 kondisi, yaitu kondisi *switching* 1 (mosfet 1-6 ON dan mosfet 7-12 OFF) yang menghasilkan tegangan puncak sebesar $+V_{dc}/2$, kondisi *switching* 2 (mosfet 1 OFF, mosfet 2-7 ON, dan mosfet 8-12 OFF) yang menghasilkan tegangan puncak sebesar $+V_{dc}/3$, dan kondisi *switching* 3 (mosfet 1-2 OFF, mosfet 3-8 ON, dan mosfet 9-12 OFF) yang menghasilkan tegangan puncak sebesar $+V_{dc}/6$.



Gambar 2. 6 Kondisi *switching* mosfet dalam keadaan off, kondisi *switching* 4

Gambar 2.6 menunjukkan kondisi *switching* mosfet dalam keadaan off, yaitu pada kondisi *switching* mosfet 4 (mosfet 1-3 OFF, mosfet 4-9 ON, dan mosfet 10-12 OFF) yang menghasilkan tegangan sebesar 0 volt.



Gambar 2. 7 Kondisi *switching* mosfet dalam polaritas negatif (a) kondisi *switching* 5, (b) kondisi *switching* 6, dan (c) kondisi *switching* 7.

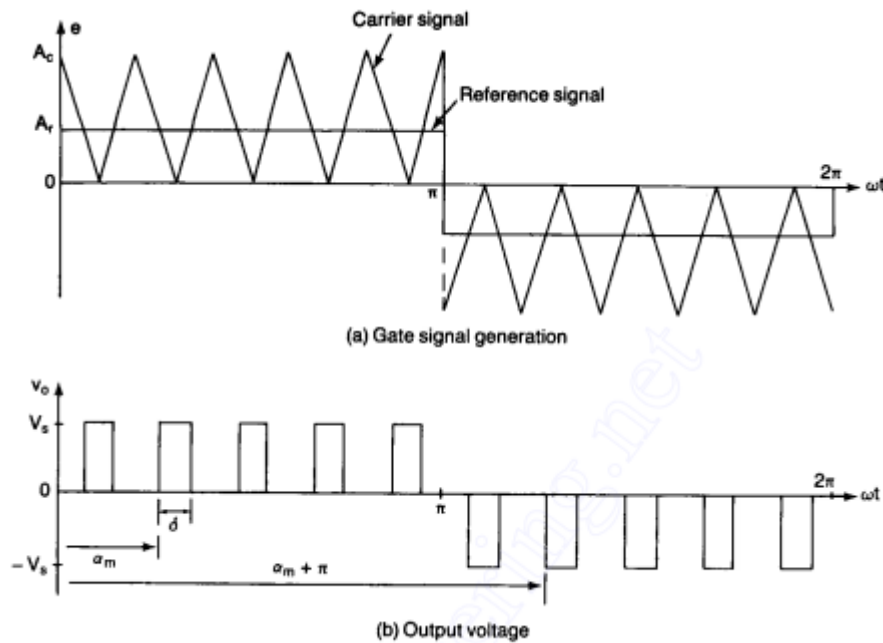
Gambar 2.7 menunjukkan kondisi *switching* mosfet dalam polaritas negatif yang terbagi menjadi 3 kondisi, yaitu kondisi *switching* 5 (mosfet 1-4 OFF, mosfet 5-10 ON, dan mosfet 11-12 OFF) yang menghasilkan tegangan puncak sebesar $-V_{dc}/6$, kondisi *switching* 6 (mosfet 1-5 OFF, mosfet 6-11 ON, dan mosfet 12 OFF) yang menghasilkan tegangan puncak sebesar $-V_{dc}/3$, dan kondisi *switching* 7 (mosfet 1-6 OFF, dan mosfet 7-12 ON) yang menghasilkan tegangan puncak sebesar $-V_{dc}/2$.

2.4. 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 2.8 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 [3].



Gambar 2. 8 *Pulse width Modulation*

T_{on} pada gambar 2.8 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.

$$T_{total} = T_{on} + T_{off} \quad 2.2$$

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.

$$Duty\ Cycle = \frac{T_{on}}{T_{on} + T_{off}} \times 100\% \quad 2.3$$

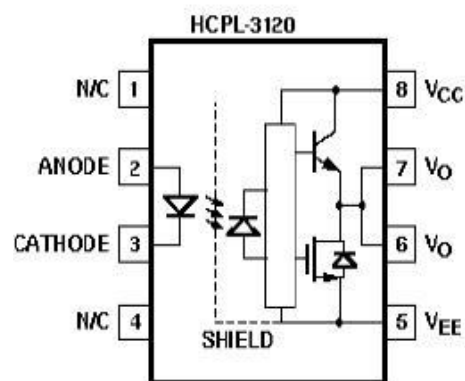
Duty cycle inilah yang akan menentukan waktu kerja pada komponen saklar semikonduktor sehingga akan menjadi pulsa penyalaan yang mengontrol keadaan *on* dan *off* pada saklar. Oleh karena itu prinsip kerja dari PWM untuk mengontrol kerja dari saklar semikonduktor adalah ketika $V_{control} / V_{reff}$ 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.

Pulse-width modulation (PWM) memiliki karakteristik dimana *duty cycle* dari pulsa meningkat secara gradual dan kemudian menurun secara gradual dalam deretan pulsa proporsional terhadap nilai sudut sinus dalam setengah gelombang gelombang sinus.

2.5. Gate Driver

Gate driver adalah salah satu rangkaian elektronika yang memiliki fungsi sebagai gerbang (pemisah) antara saklar daya (MOSFET) dengan *microcontroller*. *Gate driver* juga dapat digunakan sebagai penguat tegangan dari *microcontroller* yang nilai keluarannya sebesar 3,3 V atau 5V menjadi lebih besar sesuai dengan tegangan yang dibutuhkan untuk memicu gate pada saklar daya (MOSFET) yang nilainya bervariasi tergantung jenis MOSFET yang digunakan. Pada penelitian ini *gate driver* yang digunakan menggunakan IC jenis HCPL, yang bekerja dengan menggunakan optocoupler. Optocoupler dapat bekerja dengan memanfaatkan cahaya optik, dimana didalamnya terdapat *transmitter* dan *receiver*. *Transmitter* memiliki fungsi untuk mengirim cahaya optik dan *receiver* berfungsi untuk mendeteksi sumber cahaya. Kedua komponen tersebut berada dalam satu kemasan akan tetapi tidak memiliki hubungan konduktif rangkaian secara langsung. Berikut rangkaian terpadu pada IC HCPL, yang dapat dilihat pada gambar 2.9

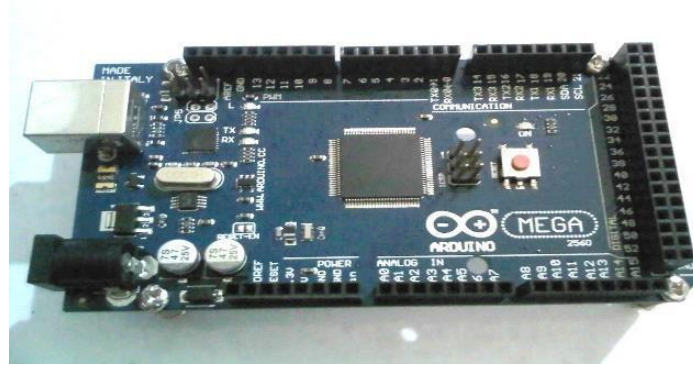


Gambar 2. 9 Rangkaian IC HCPL-3120

Pada optocoupler terdapat komponen LED yang berfungsi untuk memancarkan cahaya inframerah dan phototransistor sebagai semikonduktor yang peka terhadap cahaya yang berfungsi untuk mendeteksi cahaya inframerah yang dihasilkan dari LED [9]. Cahaya inframerah tersebut yang menyebabkan switch menjadi ON pada transistor. IC jenis HCPL pemanfaatannya banyak digunakan sebagai driver pada rangkaian *microcontroller* dan driver motor[4].

2.6. Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan suatu rangkaian terpadu elektronik yang berfungsi sebagai pengendali yang mengatur jalannya proses kerja dari suatu rangkaian elektronik. Didalam sebuah rangkaian, Arduino merupakan suatu modul mikrokontroler yang sangat populer saat ini, terdapat beberapa macam arduino sesuai kebutuhan. Jenis Arduino yang digunakan pada penelitian ini adalah Arduino Mega. Arduino Mega adalah mikrokontroler yang memanfaatkan Atmega 2560. Arduino MEGA memiliki total 54 pin digital keluaran / masukan dimana 15 diantaranya dapat dipergunakan sebagai PWM, 16 *input*, dan osilator Kristal 16 MHz. Arduino MEGA menggunakan kabel koneksi USB, sebuah power jack, ICSP *header*, serta tombol reset [5].



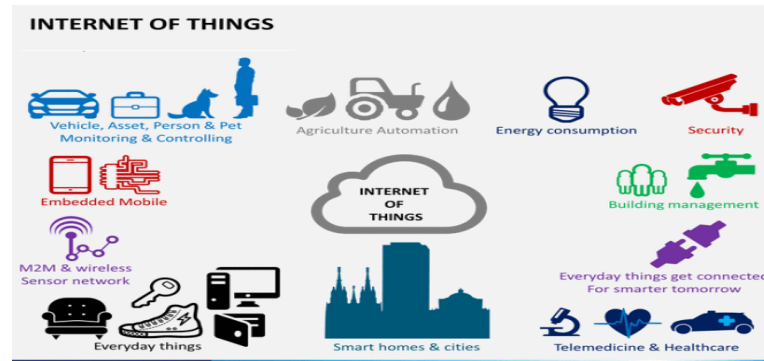
Gambar 2. 10 Arduino Mega 2560

2.7. *Internet of Things*

Perkembangan internet sudah sangat membantu kehidupan masyarakat yang mana pengguna layanan internet dapat mengakses berbagai informasi baik berupa informasi gambar, berita, video, audio, maupun file. Adanya internet juga memberikan kemudahan dalam berinteraksi dan berkomunikasi jarak jauh antar penggunanya. Perkembangan dari internet ini sendiri dapat dikatakan cukup pesat dikarenakan sudah banyak penggunaan perangkat lunak dan perangkat keras yang memanfaatkan internet.

Internet of Things adalah salah satu bentuk teknologi masa kini dari perkembangan jaringan internet. *Internet of Things* dapat didefinisikan sebagai hubungan atau kesinambungan antara komputer, *smartphone*, sensor, aktuator dan perangkat lain yang mampu terhubung dengan jaringan internet, sehingga informasi yang dihasilkan oleh perangkat tersebut dapat diakses dan digunakan oleh masyarakat umum maupun sistem lain.

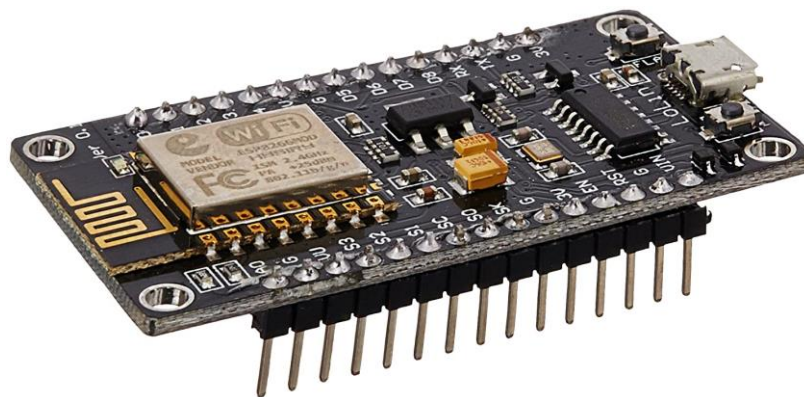
Internet of things terdiri dari 3 bagian terpenting yaitu: benda atau komponen yang telah dihubungkan dengan modul sensor, jaringan internet, dan *database* pada server untuk menyimpan data ataupun informasi dari aplikasi. Benda atau sensor yang digunakan akan terkoneksi dengan internet yang kemudian data yang dihasilkan akan terkumpul dan menjadi *big data* untuk selanjutnya diolah dan di analisa sesuai dengan kebutuhan[6].



Gambar 2. 11 *Internet of Things*

2.8. NodeMCU ESP8266

NodeMCU adalah mikrokontroler yang merupakan sebuah *open source platform* IoT dan merupakan modul pengembangan yang menggunakan bahasa pemrograman untuk mempermudah dalam membuat suatu produk IoT. NodeMCU dapat digunakan pada *sketch* Arduino IDE dan berukuran panjang 4.83cm, lebar 2.54cm, dan berat 7 gram. Pada NodeMCU sudah terdapat fitur WiFi dan *Firmware* yang bersifat *open source* [7].

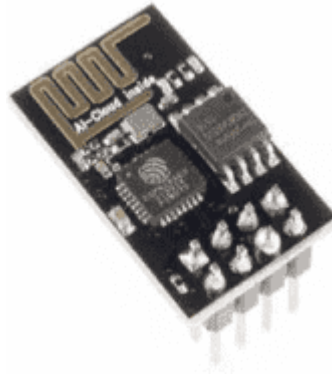


Gambar 2. 12 NodeMCU ESP8266

2.9. Modul Wifi ESP-01

Modul Wifi ESP-01 adalah modul yang dapat digunakan sebagai komponen tambahan mikrokontroler seperti Arduino, agar mikrokontroler dapat terkoneksi dengan wifi dan membuat koneksi TCP/IP.

Modul Wifi ESP-01 memerlukan daya sebesar 3.3v dan terdapat tiga mode wifi yaitu Station, Access Point dan Both. Pada modul ini juga terdapat prosesor, memori dan GPIO dan jumlah pin yang terdapat pada modul ini tergantung dengan jenis ESP8266 yang digunakan. Modul ini juga dapat berdiri sendiri tanpa menggunakan mikrokontroler lain seperti arduino, dikarenakan modul ini memiliki perlengkapan seperti mikrokontroler.



Gambar 2. 13 Modul Wifi ESP-01

2.10. Sensor Tegangan

Sensor tegangan AC ZMPT101B merupakan module yang dapat dipergunakan untuk mengetahui besaran tegangan AC. Sensor hanya dapat membaca tegangan AC dikarenakan sensor ini dirancang dengan menggunakan transformator[8].

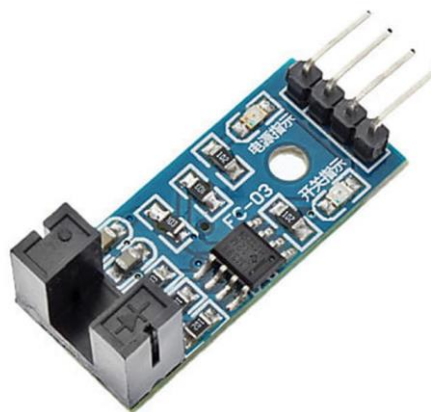


Gambar 2. 14 Sensor tegangan AC ZMPT101B.

Sensor tegangan ini dapat membaca tegangan antara 110 V- 250 V, sangat cocok dalam penggunaan Arduino maupun AVR. sensor ini berukuran 50 x 19 mm dengan nilai arus masukan maksimal 2 mA. Kisaran linier sensor sendiri adalah 0 – 1000 V dengan suhu operasi -40°C + 70°C.

2.11. Sensor kecepatan / RPM

Sensor Optocoupler merupakan alat yang terdiri dari 2 bagian utama yaitu *transmitter* dan *receiver*, dimana *transmitter* berfungsi untuk menghasilkan cahaya dan *receiver* berfungsi sebagai pendeteksi sumber cahaya terpisah. Sensor optocoupler dapat difungsikan sebagai alat yang dapat mengukur kecepatan putaran motor induksi. Penempatan sensor ini tepat sejajar dengan motor induksi, jadi setiap perubahan kecepatan motor akan ikut mempengaruhi perubahan pulsa pada sensor [9].



Gambar 2. 15 Sensor optocoupler

2.12. Blynk

Blynk merupakan platform IoS atau ANDROID yang digunakan untuk mengendalikan Arduino, Rasbery Pi, Wemos dan modul sejenisnya termasuk Node MCU melalui internet. Aplikasi ini cukup mudah digunakan bagi orang yang masih awam mengenai aplikasi IoT. Pada aplikasi ini juga sudah terdapat banyak pilihan menu dan fitur dalam memudahkan penggunaan IoT. Blynk tidak terkait dengan modul atau papan tertentu. Dengan menggunakan aplikasi blynk pengguna dapat melakukan *monitoring* ataupun melakukan pengendalian jarak jauh dengan menggunakan jaringan internet. Hal ini yang disebut dengan IoT (Internet Of Things) [10].

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 ini dimulai pada bulan september 2020 sampai dengan Juni 2022.

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 *diode clamped multilevel inverter* (DCMI) 7 Tingkat satu fasa
2. Rangkaian *gate driver* mosfet
3. Rangkaian catu daya (*power supply*)
4. Motor Kapasitor Tipe 73134 Class 0.1
5. Arduino Mega 2560
6. Node MCU ESP8266
7. Laptop Asus X456UF
8. Osiloskop digital
9. Sensor tegangan ZMPT101B
10. Sensor optocoupler

Perangkat lunak yang digunakan, yaitu:

1. Matlab 2018b
2. Diptrace 2.3
3. Microsoft Office 2013
4. Arduino IDE
5. Blynk

3.3. Spesifikasi Alat dan Bahan

Spesifikasi alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Spesifikasi perangkat keras yang digunakan:

1. Menggunakan rangkaian catu daya dengan *output* 5 volt, 15 volt, dan 150 volt untuk mensuplai tegangan ke arduino, *gate driver* mosfet, dan *diode clamped* multilevel inverter.
2. Menggunakan motor kapasitor 73134 class 0.1 dengan rating tegangan 230 V, arus 1.4 A, $\cos \phi$ 0.87, dan frekuensi 50 Hz.
3. Menggunakan rangkaian *diode clamped* multilevel inverter untuk mengubah sumber arus dc menjadi sumber arus ac.
4. Menggunakan rangkaian *gate driver* mosfet dengan IC HCPL 3120 sebanyak delapan buah untuk memberi sudut penyalan pada *gate driver* mosfet agar mosfet dapat berfungsi sebagai saklar elektronik.
5. Menggunakan arduino mega 2560 untuk mengolah perintah berupa sinyal PWM dan memberi *trigger* ke perangkat keras *gate driver* yang diperintahkan.
6. Menggunakan Node MCU ESP 8266 sebagai prosesor yang akan dihubungkan dengan sensor – sensor untuk kemudian dihubungkan dengan database agar dapat dilakukan monitoring secara online.
7. Menggunakan laptop Asus X456UF untuk merancang alat dan sistem keseluruhan serta mengerjakan laporan dan file presentasi penelitian.
8. Menggunakan osiloskop untuk melihat bentuk dari gelombang pada *gate driver* dan fasa pada stator motor.
9. Menggunakan sensor tegangan ZMPT101B untuk mengukur tegangan keluaran DCMI dan kemudian dikirim ke database
10. Menggunakan sensor optocoupler untuk mengukur kecepatan putaran RPM motor kapasitor satu fasa.

Spesifikasi perangkat lunak yang digunakan:

1. Menggunakan *Matlab* 2018b untuk membuat simulasi rangkaian.
2. Menggunakan diptrace 2.3 untuk membuat *layout* pcb untuk inverter, *gate driver* mosfet, dan *power supply*.

3. Menggunakan Microsoft Office 2013 untuk membuat laporan penelitian, file presentasi dan pengolahan data pada penelitian.
4. Menggunakan *software* arduino IDE untuk memprogram arduino.
5. Menggunakan *software* blynk sebagai database penyimpanan dan penampil data

3.4. Prosedur Penelitian

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

3.4.1. 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 induksi kapasitor
- b. Prinsip kerja *diode clamped multilevel inverter* 5 tingkat
- c. Pengaturan kecepatan motor kapasitor satu fasa
- d. Pemrograman Arduino dan Node MCU
- e. Rangkaian dan karakteristik komponen yang akan digunakan (*Data sheet*).

3.4.2. Perancangan Alat dan Sistem

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

- a. Perancangan modul kontrol *gate driver*
- b. Perancangan modul *diode clamped multilevel inverter*
- c. Perancangan modul *Internet of Things*
- d. Pemrograman arduino dan Node MCU

3.4.3. 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

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 dengan frekuensi tertentu.

d. Pengujian rangkaian *Internet of Things*

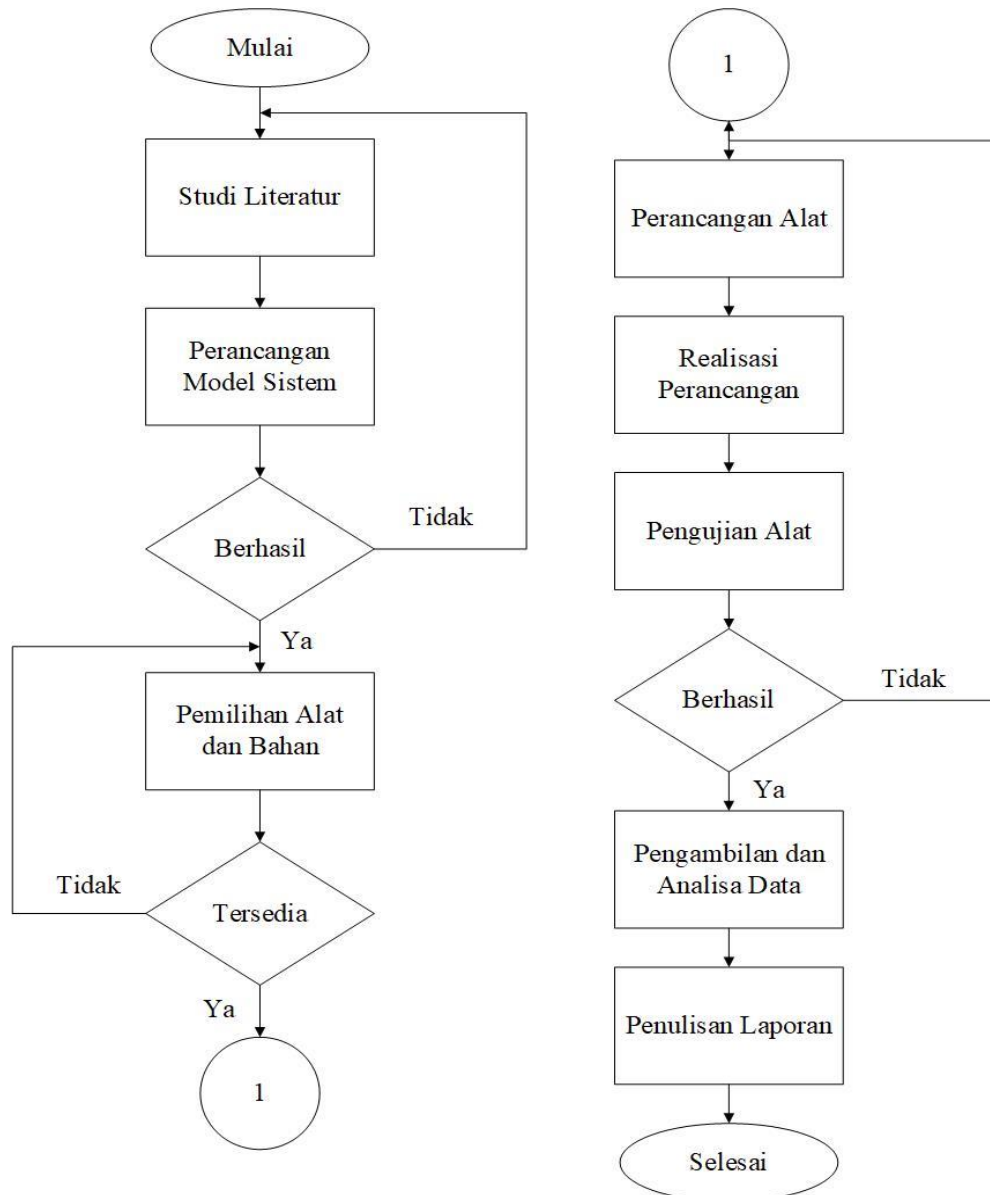
Pengujian ini dilakukan dengan melihat kinerja sensor – sensor untuk menampilkan nilai yang dibutuhkan dari rangkaian. Kemudian nilai keluaran dari sensor dikirim ke database lalu ditampilkan secara online.

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 dan kemudian data tersebut ditampilkan secara online.

3.5. Diagram alir penelitian

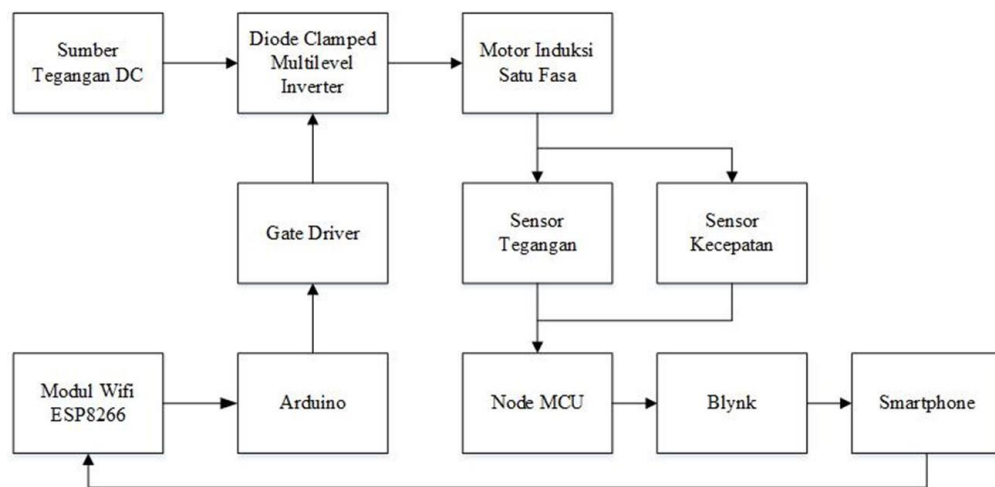
Penyelesaian tugas akhir dilakukan dalam beberapa tahap, secara umum tahap tahap tersebut dijelaskan pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian

3.6. Diagram Blok Perancangan Alat

Saat 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. Nilai tegangan dan arus keluaran inverter, serta kecepatan putaran motor akan diterima oleh sensor yang kemudian akan diproses oleh Node MCU dan kemudian dikirim ke database yang kemudian dapat ditampilkan secara online. Diagram blok perancangan alat dapat dilihat pada Gambar 3.2



Gambar 3. 2 Diagram blok perancangan alat

V. KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

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

1. Telah dirancang sistem kontrol dan monitoring kecepatan motor induksi satu fasa berbasis IoT menggunakan mikrokontroler arduino sebagai pengatur frekuensi dan NodeMCU sebagai penghubung antara sensor dan internet.
2. Perubahan nilai frekuensi yang dihasilkan oleh inverter berhasil mengendalikan kecepatan motor induksi, dimana perbandingan antara nilai frekuensi dan kecepatan putaran motor berbanding lurus, semakin besar nilai frekuensi maka kecepatan putaran motor juga akan semakin besar. Nilai frekuensi yang digunakan adalah sebesar 30Hz, 40Hz, 50Hz dan 60Hz. Menghasilkan kecepatan motor sebesar 1493 RPM, 1832 RPM, 2376 RPM, dan 2670 RPM.
3. Perubahan nilai frekuensi mempengaruhi nilai tegangan *output* pada inverter, dimana perbandingan antara nilai frekuensi dan tegangan *output* pada inverter berbanding lurus, semakin besar nilai frekuensi maka tegangan *output* pada inverter juga akan semakin besar. Nilai frekuensi yang digunakan adalah sebesar 30Hz, 40Hz, 50Hz, dan 60Hz. Menghasilkan tegangan *output* pada inverter sebesar 102,3 Volt, 107,4 Volt, 110,4 Volt, dan 114 Volt.
4. Perubahan nilai frekuensi mempengaruhi nilai arus *output* pada inverter dimana perbandingan antara nilai frekuensi dan arus *output* pada inverter berbanding lurus, semakin besar nilai frekuensi maka arus *output* pada inverter juga akan semakin besar. Nilai frekuensi yang digunakan adalah sebesar 30Hz, 40Hz, 50Hz, dan 60Hz. Menghasilkan arus *output* pada inverter sebesar 0,58 A, 0,82 A, 1,02 A, dan 1,13 A.

5. Sensor tegangan ZMPT101B yang digunakan memiliki rata – rata nilai error sebesar 0,44%. dan sensor Kecepatan Optocoupler yang digunakan memiliki rata – rata nilai error sebesar 2,54%.

5.2. Saran

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

1. Untuk mengurangi harmonisa dan membentuk gelombang yang lebih menyerupai sinusoidal disarankan menggunakan filter pada keluaran inverter dan menambah tingkat pada multilevel inverter
2. Untuk menghasilkan nilai frekuensi yang lebih linier dan akurat diperlukan pengembangan *coding* dari *software* Arduino

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. W. Hart, *Power Electronics*, Valparaiso, Indiana: Mc Graw Hill, 2010
- [2] N. Soedjarwanto, O. Zebua, M. H. Lazuardy, "Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Menggunakan Multilevel Inverter Dengan Mengatur Frekuensi," *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Elektro Terapan*, Vol. 03, ISSN: 2581-0049, 2019
- [3] D. D. Khaimar dan V. M. Deshmukh, "Performance Analysis of Diode Clamped 3 Level MOSFET Based Inverter," *International Electrical Engineering Journal (IEEJ)*, vol. 5, No.7, pp. 1484-1489, 2014.
- [4] Rendi Febrianto, "Rancang Bangun Boost Converter Untuk Proses Discharging Baterai Pada Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (Pjuts)," *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Elektro Terapan*, vol. 02 No.01, ISSN: 2581-0049, 2018
- [5] Anonim, "Arduino Mega 2560 rev3", *Arduino Store*, [Online]. Available: <https://store.arduino.cc/usa/mega-2560-r3>. [Diakses 30 September 2020]
- [6] D. Setiadi, M. N. Abdul Muhaemin, "Penerapan Internet of Things (IoT) Pada Sistem Monitoring Irigasi (Smart Irigasi)," *Jurnal Infotronik*, vol. 3 No.2, p-ISSN : 2548-1932, 2018
- [7] Siswanto, T. Nurhadian, M. Junaedi, "Prototype Smart Home Dengan Konsep IoT (Internet of Thing) Berbasis NodeMCU dan Telegram," *Jurnal SIMIKA*, vol. 3 No.1, 2020
- [8] H. Susanto, A. Hamzah, "Penerapan Konsep Internet of Things (IoT) Sebagai Monitoring Tegangan dan Arus Pada Motor Induksi 1 Phase," *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi dan Teknologi (SNAST)*, ISSN: 1979-911X, 2018
- [9] A. R. Nugraha, Rahmadwati, Retnowati, "Sistem Pengaturan Kecepatan Motor DC Pada Alat Pengaduk Adonan Dodol Menggunakan Kontroler PID," *Jurnal Mahasiswa TEUB*, vol.2 No.2, 2014
- [10] R. P. Gozal, A. Setiawan, H. Khoswanto, "Aplikasi SmartRoom Berbasis Blynk Untuk Mengurangi Pemakaian Tenaga Listrik," *Jurnal Infra*, vol.8 No.1, 2020