

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

Noer Soedjarwanto¹, F. X. Arinto Setyawan², Farhan Adiwinata³

^{1,2,3}Jurusan teknik Elektro, Universitas Lampung; Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No. 1, Bandar Lampung

Riwayat artikel:

Received: 20 September 2022

Accepted: 8 November 2022

Published: 15 Januari 2023

Keywords:

Diode Clamped Multilevel Inverter, Motor Induksi, Internet of Things.

Correspondent Email:

farhanadiwinata35@gmail.com

How to cite this article:

Farhan (2023). Rancang Bangun Diode Clamped Multilevel Inverter 7 Tingkat Untuk Kontrol dan Monitoring Motor Induksi Satu Fasa Berbasis IoT. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 11(1).

© 2023 JITET (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan). This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

Abstrak. 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.

Abstract. 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.

1. PENDAHULUAN

Motor induksi merupakan salah satu peralatan yang banyak digunakan pada industri maupun rumah tangga. Meskipun begitu pada motor induksi juga terdapat kekurangan yaitu

pada kecepatan putaran motornya. Salah satu cara untuk mengubah kecepatan motor induksi adalah dengan mengubah frekuensi input pada sumber statornya[1].

Inverter merupakan alat yang mampu menghasilkan arus bolak-balik yang nilai frekuensi pada tegangan output nya dapat diubah. Akan tetapi inverter biasa masih menghasilkan harmonisa yang cukup tinggi. Untuk mengatasi kendala tersebut dibuat multilevel inverter jenis DCMI (diode clamped multilevel inverter). DCMI adalah tipe inverter yang besar harmonisa tegangannya dapat dikurangi dengan menambah tingkatan 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 Internet of Things sebagai alat yang dapat mengatur frekuensi keluaran dan dapat diakses kapanpun dan dimanapun tanpa perlu mengkhawatirkan jarak tertentu.

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. 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, refrigator, 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].

Kecepatan putaran motor induksi dapat diketahui dengan menggunakan rumus:

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

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

- Motor kapasitor *start*
- Motor Kapasitor *running*
- Motor Kapasitor *start-running*

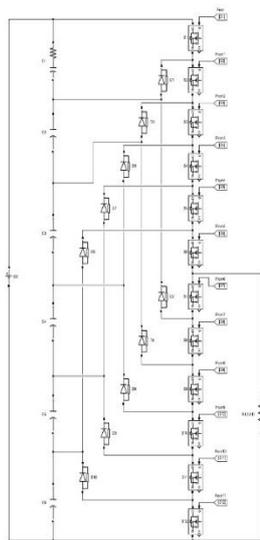
B. Multilevel Inverter

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 :

- Cascaded multilevel inverter (CMI)
- Flying capacitor multilevel inverter (FCMI)
- Diode clamped multilevel inverter (DCMI)

C. 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 yang didapat dari sumber tegangan dc. Pada DCMI juga terdapat mosfet yang 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 1. Rangkaian DCMI 7 Tingkat

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) memiliki tujuh level tegangan yaitu $+V_{dc}/2$, $+V_{dc}/3$, $+V_{dc}/6$, 0 , $-V_{dc}/6$, $-V_{dc}/3$, dan $-V_{dc}/2$.

Untuk mengubah tegangan DC menjadi AC dan menghasilkan 7 level tegangan dibutuhkan pensaklaran secara bergantian pada mosfet yang dilakukan secara berulang-ulang. Tabel 1 memperlihatkan proses pensaklaran DCMI pada tiap level tegangan.

Tabel 1. Pensaklaran pada DCMI 7 tingkat

Sakelar	$V_{dc}/2$	$V_{dc}/3$	$V_{dc}/6$	0	$-V_{dc}/6$	$-V_{dc}/3$	$-V_{dc}/2$
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

D. Pulse Width Modulation

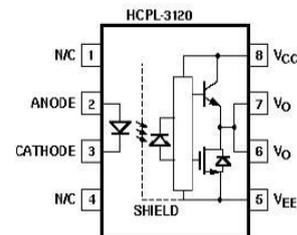
Pulse Width Modulation (PWM) atau modulasi lebar pulsa merupakan suatu teknik yang membandingkan sinyal referensi (V_r) dengan sinyal *carrier* (V_c). Sinyal *carrier* yang

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*[3].

E. Gate Driver

Gate driver adalah salah satu rangkaian elektronika yang memiliki fungsi sebagai gerbang (pemisah) antara saklar daya (MOSFET) dengan mikrokontroler. *Gate driver* juga dapat digunakan sebagai penguat tegangan dari mikrokontroler yang nilai keluarannya sebesar 3,3 V atau 5V menjadi lebih besar sesuai dengan tegangan yang dibutuhkan untuk memicu *gate* pada saklar daya (MOSFET). Pada penelitian ini *gate driver* yang digunakan menggunakan IC jenis HCPL, yang bekerja dengan menggunakan optocoupler[4]. Berikut rangkaian terpadu pada IC HCPL, yang dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian IC HCPL-3120

F. 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[5]. 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[7]. Jenis mikrokontroler yang digunakan pada penelitian ini adalah Arduino Mega dan NodeMCU ESP8266.

G. Internet of Things

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[6].

Pada penelitian ini komponen *Internet of Things* yang digunakan adalah sensor tegangan AC ZMPT101B, sensor kecepatan Optocoupler, mikrokontroler NodeMCU ESP8266, dan modul wifi ESP-01 serta *platform* yang digunakan adalah Blynk[8][9][10].

3. METODE PENELITIAN

A. 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:

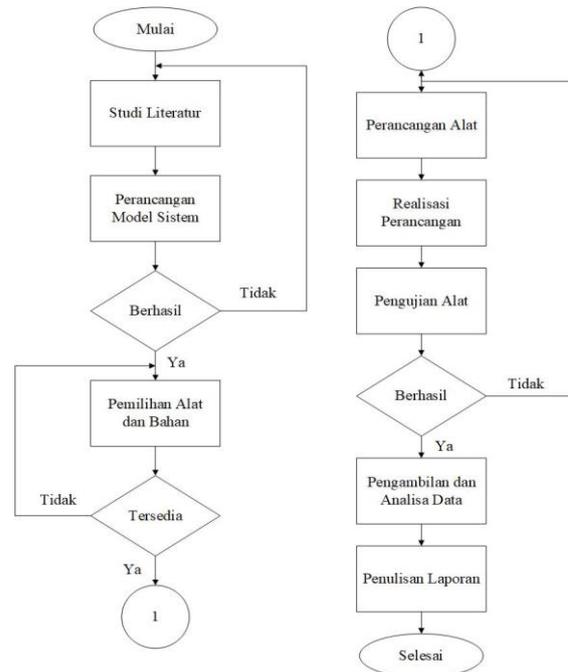
1. Rangkaian diode clamped multilevel inverter (DCMI) 7 Tingkat satu fasa
2. Rangkaian gate driver mosfet
3. Rangkaian catu daya (power supply)
4. Motor Kapasitor Tipe 73134 Class 0.1
5. Arduino Mega 2560
6. Node MCU ESP8266
7. Laptop Asus X456UF
8. Osiloskop digital
9. Sensor tegangan ZMPT101B
10. Sensor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

Perangkat lunak yang digunakan, yaitu:

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

B. Diagram Alir Penelitian

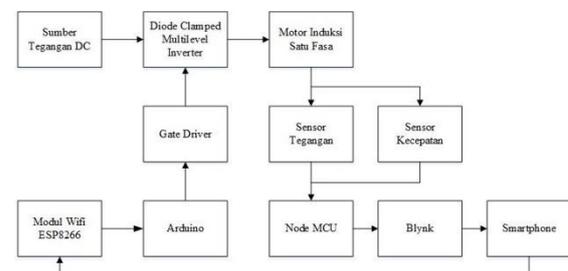
Penyelesaian tugas akhir dilakukan dalam beberapa tahap, secara umum tahap tahap tersebut dijelaskan pada Gambar 3



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

C. Diagram Blok

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 4.



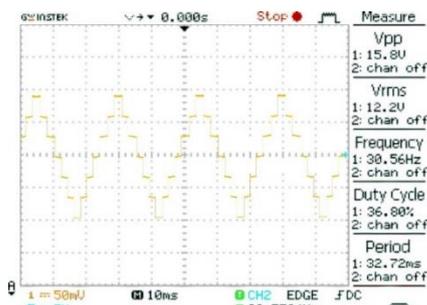
Gambar 4. Diagram Blok Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

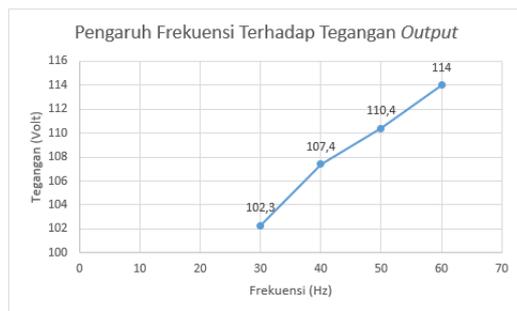
A. Pengujian Diode Clamped Multilevel Inverter

Berikut merupakan hasil pengujian Diode Clamped Multilevel Inverter. Terdapat duabelas buah mosfet, sepuluh buah diode,

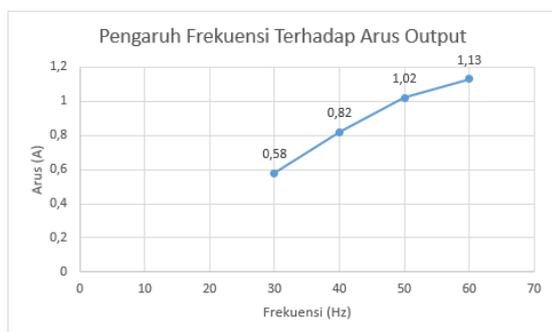
enam buah kapasitor dan satu sumber tegangan. Pada pengujian ini dilakukan dengan melihat gelombang dari tegangan output yang dihasilkan dari rangkaian diode clamped multilevel inverter. Tegangan output yang diuji memiliki nilai frekuensi sebesar 30, 40, 50, dan 60 Hz. Berikut merupakan gelombang *output* dari rangkaian DCMI serta pengaruh perubahan frekuensi terhadap tegangan, arus dan kecepatan.



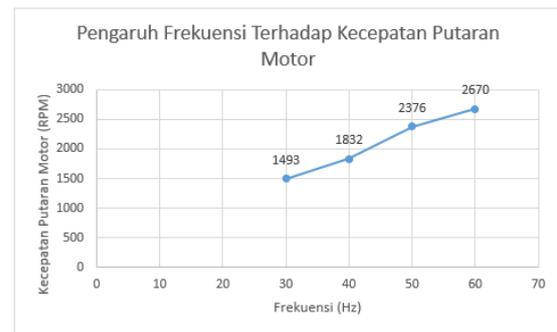
Gambar 5 Gelombang keluaran DCMI



Gambar 6 Grafik pengaruh frekuensi terhadap tegangan *output*



Gambar 7 Grafik pengaruh frekuensi terhadap arus *output*



Gambar 8 Grafik pengaruh frekuensi terhadap kecepatan putaran motor

B. Pengujian Internet of Things

Pada penelitian ini, untuk menghubungkan rangkaian dengan IoT digunakan 2 buah sensor (Sensor Tegangan AC ZMPT101B dan Sensor Kecepatan Optocoupler), Satu buah mikrokontroler NodeMCU, Modul wifi ESP-01 dan *platform* Blynk. Berikut merupakan hasil dari pengujian masing masing komponen.

1. Sensor ZMPT101B

Pengujian sensor ZMPT101B digunakan untuk mengetahui kinerja dari sensor dalam membaca nilai tegangan AC. Pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan data keluaran tegangan dari sensor dengan alat ukur multimeter. Tabel 2 memperlihatkan perbandingan antara sensor dan alat ukur.

Tabel 2. Perbandingan antara sensor Tegangan AC dan Multimeter

No	Sumber Tegangan AC	Sensor ZMPT101B	Multimeter	Error Sensor ZMPT101B
1	50	50,17	50	0,34%
2	60	60,29	60	0,48%
3	70	70,56	70	0,80%
4	80	80,34	80	0,43%
5	90	90,45	90	0,50%
6	100	100,87	100	0,87%
7	110	110,21	110	0,19%
8	120	120,27	120	0,22%
9	130	130,36	130	0,28%
10	140	140,32	140	0,24%
Rata – rata error				0,44%

2. Sensor Optocoupler

Pengujian sensor Optocoupler digunakan untuk mengetahui kinerja dari sensor dalam membaca nilai kecepatan putaran motor. Pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan data

keluaran kecepatan dari sensor dengan alat ukur tachometer. Tabel 3 memperlihatkan perbandingan antara sensor dan alat ukur.

Tabel 3 Perbandingan antara sensor kecepatan dan Tachometer

No	Tachometer (RPM)	Sensor Optocoupler (RPM)	Error Sensor Optocoupler
1	1000	1007	0,70%
2	1100	1125	2,27%
3	1200	1212	1,00%
4	1300	1329	2,23%
5	1400	1431	2,21%
6	1500	1517	1,13%
7	1600	1631	1,93%
8	1700	1713	0,76%
9	1800	1825	1,38%
10	1900	1940	2,10%
Rata – rata error			1,57%

3. NodeMCU, ESP-01, dan Blynk

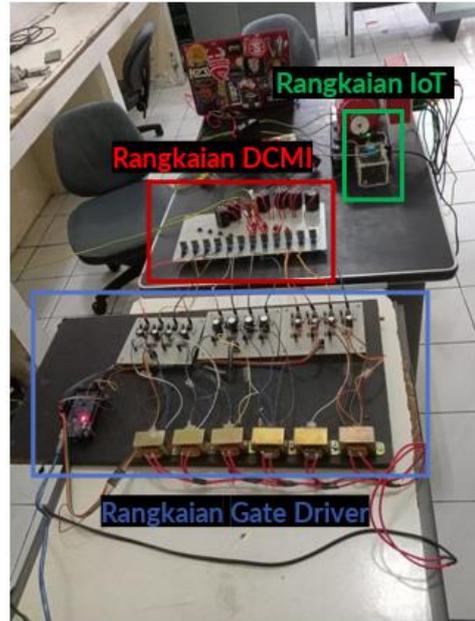
Pada pengujian ini sensor ZMPT101B dan sensor Optocoupler dihubungkan dengan mikrokontroler NodeMCU yang kemudian NodeMCU akan mengirim hasil keluaran sensor kepada aplikasi Blynk dan nilai keluaran sensor akan terlihat pada aplikasi Blynk, dan nilai frekuensi juga dapat diatur nilainya yang kemudian akan dikirim ke arduino yang telah terhubung dengan modul wifi ESP-01, sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9 Tampilan aplikasi blynk

C. Pengujian Keseluruhan Rangkaian

Penelitian ini terdiri dari tiga rangkaian utama, yaitu rangkaian gate driver, rangkaian diode clamped multilevel inverter, dan rangkaian IoT (Internet of Things) sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10 Keseluruhan Rangkaian Penelitian

Rangkaian gate driver berfungsi untuk menaikkan tegangan dari Arduino yang nilainya adalah 5 Volt, menjadi 15 Volt agar sesuai dengan tegangan kerja mosfet yang digunakan pada diode clamped multilevel inverter, Arduino pada penelitian ini digunakan untuk menghasilkan sinyal PWM yang duty cycle nya dapat diatur agar dapat menghasilkan gelombang bertingkat, dan menghasilkan frekuensi yang berbeda – beda. Rangkaian diode clamped multilevel inverter berfungsi untuk mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC dengan gelombang kotak bertingkat yang menyerupai sinusoidal agar dapat digunakan untuk menyalakan motor induksi, besar tegangan DC yang dibutuhkan adalah sebesar 150 Volt DC yang didapatkan dari power supply. Rangkaian IoT (Internet of Things) berfungsi untuk memonitoring dan mengontrol beban, dimana mikrokontroler yang digunakan adalah NodeMCU ESP8266 dan sensor yang digunakan adalah sensor tegangan AC ZMPT101B dan sensor kecepatan optocoupler. Sensor yang digunakan diletakkan pada beban motor induksi, yang kemudian hasil dari nilai sensor dikirimkan ke aplikasi blynk

melalui nodeMCU ESP8266. Untuk pengontrolan kecepatan dengan cara mengubah frekuensi, dari aplikasi blynk mengirimkan nilai frekuensi yang diinginkan kepada Arduino yang telah dipasang modul wifi ESP-01.

D. Hasil Perancangan Alat

Pada penelitian ini terdapat beberapa modul rangkaian pengendali yaitu: modul gate driver, modul diode clamped multilevel inverter 7 tingkat, mikrokontroler Arduino mega dan NodeMCU.

Pengaturan frekuensi pada inverter dikendalikan menggunakan aplikasi blynk. Frekuensi yang diberikan kepada inverter adalah sebesar 30 Hz, 40 Hz, 50 Hz, dan 60 Hz. Tegangan DC yang diberikan sebagai sumber oleh catu daya adalah sebesar 150 Volt DC. Dan keluaran tegangan AC pada inverter pada setiap frekuensi adalah sebesar 102,3 V, 107,4 V, 110,4 V, dan 114 V pada saat menggunakan beban motor. Dan kecepatan yang dihasilkan adalah sebesar 1493, 1832, 2376, dan 2670 RPM.

5. KESIMPULAN

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

Telah berhasil dirancang diode clamped multilevel inverter 7 tingkat yang mampu mengontrol dan melakukan monitoring pada motor induksi dan terintegrasikan dengan *Internet of Things*.

Perubahan Nilai frekuensi pada DCMI mempengaruhi tegangan dan arus *output* serta kecepatan putaran motor, dimana semakin besar frekuensi yang diberikan maka semakin besar pula nilai tegangan dan arus *output* serta kecepatan putaran motor.

Sensor tegangan AC 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%.

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 27 Juni 2022]
- [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