

# IMPLEMENTASI DIMMER AC BERBASIS ARDUINO PADA PENGATURAN KECEPATAN MOTOR INDUKSI SATU FASA

Fadhillah Hazrina<sup>1\*</sup>, Mifta Zulfahmi Muassar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Politeknik Negeri Cilacap; Jalan Dr. Soetomo No. 1 Sidakaya; (0282) 533329

<sup>2</sup>Institut Agama Islam Negeri Palopo; Balandai, Palopo; (0471) 22076

Riwayat artikel:

Received: 22 Juli 2023

Accepted: 16 Agustus 2023

Published: 11 September 2023

## Keywords:

Motor induction;

Dimmer AC;

Arduino;

Rotating speed;

## Correspondent Email:

[fadhillahazrina@pnc.ac.id](mailto:fadhillahazrina@pnc.ac.id)

**Abstrak.** Beberapa hal yang harus diperhatikan untuk meningkatkan kerja motor induksi adalah kecepatan putar motor yang diharapkan dapat terus dinaikkan, torsi yang dapat memenuhi beban, dan efisiensi yang semakin tinggi. Multilevel inverter akan memegang peranan penting dalam mengubah energi DC dari sumber baterai menjadi energi listrik AC. Penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem pengaturan kecepatan motor induksi satu fasa dengan Multilevel inverter berbasis Arduino Mega. Eksternal input pada penelitian ini menggunakan push button dengan tipe normally close dengan dua inialisasi, yaitu push button Up dan Down. Push button berfungsi sebagai kontrol kecepatan motor induksi dengan konversi kecepatan dalam bentuk parameter persen. Parameter akan tampil pada display LCD untuk setiap perubahan yang terjadi. Hasil pengujian diperoleh bahwa motor induksi akan mulai berputar pada persentase 20% yakni dengan kecepatan 1631,8 RPM, selanjutnya Up menjadi 40% dengan kecepatan 2260,2, Uplagi ke 60% dengan kecepatan 3261,8 RPM, dan pada kecepatan 80% menghasilkan 4163,8 dan kecepatan tertinggi mencapai 5241,4 RPM dengan persentase kecepatan 100%. Kecepatan putar motor dapat ditampilkan pada display LCD dalam bentuk tampilan digital.

**Abstract.** Some things that must be considered to improve the work of an induction motor are the rotational speed of the motor which is expected to continue to be increased, torque that can meet the load, and higher efficiency. Multilevel inverters will play an important role in converting DC energy from battery sources into AC electrical energy. This study aims to create a single-phase induction motor speed control system with an Arduino Mega-based Multilevel inverter. External input in this study uses a normally close push button with two initializations, namely the Up and Down push buttons. The push button functions as an induction motor speed control with speed conversion in the form of a percent parameter. Parameters will appear on the LCD display for every change that occurs. The test results show that the induction motor will start rotating at a percentage of 20%, namely at a speed of 1631.8 RPM, then Up to 40% at a speed of 2260.2, Up again to 60% at a speed 3261.8 RPM, and at 80% speed it produces 4163.8 and the highest speed reaches 5241.4 RPM with a speed percentage of 100%. The rotational speed of the motor can be displayed on the LCD display in the form of a digital display.

## 1. PENDAHULUAN

Penggunaan motor listrik khususnya motor sangkar tupai saat ini sudah meluas dan dapat dijumpai untuk berbagai keperluan terutama di bidang industri. Untuk meningkatkan performa motor sangkar tupai, antara lain harus diperhatikan kecepatan motor yang diperkirakan akan terus meningkat, torsi yang dapat menahan beban, dan efisiensi yang lebih tinggi. Dalam beberapa tahun terakhir, perkembangan dunia elektronik telah mengalami kemajuan pesat, semua didasarkan pada kemajuan pendidikan di masa lalu. Apalagi dengan situasi dunia elektronik yang terus berkembang, sumber daya mutlak diperlukan untuk pengoperasian perangkat elektronik tersebut. Salah satu sistem elektronik yang kita kenal adalah inverter yang mengubah tegangan 12 V DC menjadi tegangan 220 V AC. Selain itu, di masa mendatang, inverter DC-AC akan berperan penting dalam mengubah daya DC dari sumber baterai menjadi daya listrik AC yang kita gunakan sehari-hari, termasuk penggunaan pada motor listrik [1].

Motor sangkar tupai biasanya berputar dengan kecepatan konstan, dengan bertambahnya torsi beban kecepatannya sedikit menurun, sehingga motor sangkar tupai cocok untuk sistem yang membutuhkan kecepatan konstan. Dalam beberapa aplikasi perlu menggunakan motor listrik yang kecepatannya bervariasi sesuai kebutuhan atau perubahan beban. Salah satu cara untuk mengendalikan motor sangkar tupai adalah dengan mengatur kecepatan motor sangkar tupai [2]. Dalam konfigurasi motor induksi, inverter input/output satu fasa dapat digunakan untuk motor sangkar-tupai tiga fasa. Hal ini terbukti dari penelitian Yusuf Sebastian bahwa inverter dapat mengatur kecepatan motor sangkar tupai satu fasa dan tiga fasa dengan membuat diagram rangkaian yang terbagi menjadi dua bagian yaitu rangkaian utama dan rangkaian kontrol [3]. Dalam studi yang sama, jika sumber tegangan satu fasa, tegangan input fasa R dan nol diambil dari S. Cara lain untuk mengontrol kecepatan motor adalah dengan menggunakan PWM. Rangkaian PWM selanjutnya mempengaruhi proses penyaringan sinyal. Untuk mengubah tegangan DC tinggi menjadi tegangan AC, diperlukan modulasi dan frekuensi tinggi. Oleh karena itu digunakan metode natural sampling, yaitu mengambil sampel sinyal sinus pada setiap nilai

amplitudo sinyal sinus [4]. Kelemahan metode ini adalah hasilnya mungkin tidak seperti yang diharapkan. Salah satu alasannya adalah sulitnya membuat inti ferit yang besar bahkan untuk kawat berdiameter besar.

Oleh karena itu, penggunaan multilevel inverter untuk pengaturan kecepatan motor masih lebih diutamakan dibandingkan penggunaan PWM. Kelemahan lain dari PWM dibandingkan dengan inverter adalah nilai amplitudo keluaran yang kecil mempengaruhi nilai frekuensi, sehingga tegangan keluaran keluarannya juga kecil. Meningkatkan frekuensi mempengaruhi sinyal PWM di komparator. Pengembangan PWM dapat digunakan sebagai sistem perangkat switching dengan menambahkan MOSFET tipe IRF460. Pada tahap pembuatan, inverter ini menggunakan mikrokontroler ATmega328 + board Arduino Uno sebagai pembangkit sinyal SPWM. Berdasarkan hasil perhitungan, bagian filter LC menggunakan koil inti ferit 2,2mH dan kapasitor non-polar 47nF. Filter LC ini bertindak sebagai rangkaian inverter *output waveform filter* untuk menghasilkan bentuk gelombang yang lebih halus mendekati gelombang sinus murni dan meminimalkan tingkat harmonik yang dihasilkan oleh inverter [5].

Penelitian ini berfokus pada pengendalian kecepatan motor induksi satu fasa menggunakan inverter. Keunggulan dari penelitian ini adalah penggunaan multilevel inverter yang dinilai lebih efisien dibandingkan dengan metode lainnya. Dilengkapi dengan Arduino Mega 2560 sebagai prosesor untuk menampilkan nilai kecepatan motor secara digital pada layar LCD dan tambahan modul AC dimmer sebagai input eksternal untuk mengatur kecepatan motor induksi satu fasa.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Motor induksi pada dasarnya merupakan suatu perangkat elektromagnetik yang digunakan untuk mengkonversi atau mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Hasil konversi atau energi mekanik yang diperoleh nantinya dapat digunakan untuk berbagai macam keperluan seperti menggerakkan konveyor pada mesin, memompa suatu cairan dari satu tempat ke tempat lainnya pada mesin pompa, meniup udara pada blower dan

keperluan-keperluan lainnya. Umumnya motor induksi ini terbagi ke dalam dua jenis yaitu motor induksi 1 fasa dan motor induksi 3 fasa

Motor induksi 3 fasa memiliki konstruksi yang hampir sama dengan motor listrik jenis lainnya. Motor ini memiliki dua bagian utama, yaitu stator dan rotor yang dipisahkan oleh celah udara yang sempit dengan jarak berkisar dari 0,4 mm sampai 4 mm. Motor induksi bekerja berdasarkan induksi elektromagnetik dari kumparan stator kepada kumparan rotornya. Pada dasarnya motor induksi tiga fasa memiliki dua pengendalian, yakni hubungan bintang dan hubungan delta.

Beragam operasi motor diterapkan agar sesuai dengan kebutuhan operasi dari peralatan - peralatan yang digunakan tersebut. Supaya motor dapat beroperasi sesuai dengan kebutuhan, maka motor harus dikendalikan. Banyak macam kendali yang diterapkan pada motor induksi, seperti kendali kecepatan, kendali arah putaran, pengereman, pengasutan arus star dan sebagainya [6]. Berbagai jenis peralatan digunakan untuk mengendalikan motor induksi, seperti penggunaan inverter untuk kendali kecepatan motor yang bervariasi [7] - [9], pengereman dinamik motor induksi dengan PLC [10], kendali kecepatan dengan mikrokontroller [11], kendali kecepatan dengan PLC [12] - [13] dan sebagainya.

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Analisa Kebutuhan

Analisis kebutuhan dalam perancangan sistem dijelaskan sebagai berikut:

##### 1. Analisis Kebutuhan Antarmuka Perangkat Lunak.

Spesifikasi perangkat lunak yang digunakan dalam perancangan dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 1. Perangkat Lunak yang Dibutuhkan

No.	Perangkat Lunak	Keterangan
1	Windows 11	Sistem Operasi yang dibutuhkan.
2	Arduino IDE 1.8.8	Software yang digunakan untuk membuat program.

##### 2. Analisis Kebutuhan Antarmuka Perangkat Keras

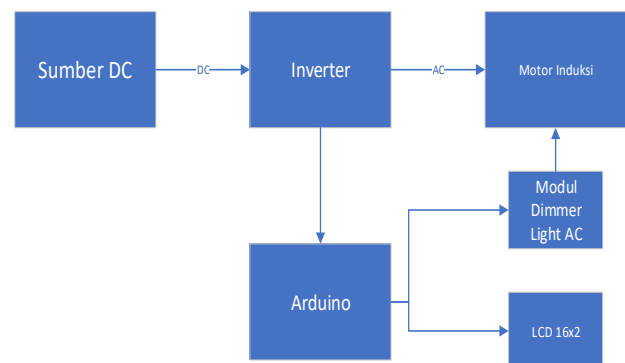
Analisis kebutuhan perangkat keras untuk sistem yang akan dikembangkan dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 2. Perangkat Keras yang Dibutuhkan

No.	Perangkat Keras	Fungsi
1	Laptop	Untuk membuat program
2	Arduino Mega 2560	Sebagai Kontrol Sistem
3	Module dimmer AC Ligth	Sebagai pengontrol tegangan
4	Motor Induksi	Digunakan untuk beban output
5	LCD I2C 16x2	Untuk menampilkan hasil perintah
6	Accumulator	Sebagai sumber listrik

#### 3.2 Perancangan Penelitian

Penjelasan dari rancangan penelitian ini diuraikan di bawah ini dalam bentuk diagram blok.



Gambar 1. Blok Diagram Penelitian

Pada Gambar 1. Motor induksi akan mendapatkan input tegangan AC dari keluaran inverter. Arduino tersambung dengan modul Dimmer AC yang berfungsi untuk mengatur tegangan motor induksi. Pembacaan kecepatan motor induksi akan terbaca pada LCD, sebagai pembanding pada penelitian ini dilakukan pengukuran juga dengan tachometer.

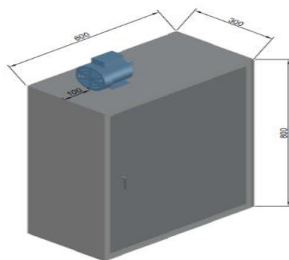
Daya DC untuk desain penelitian ini berasal dari baterai 12V yang diumpungkan ke inverter untuk mengubah arus searah (*direct current*) menjadi tegangan AC. Inverter diprogram

dengan Arduino PWM untuk mengontrol kecepatan motor induksi satu fasa. Berikut penjelasan cara kerja masing-masing komponen yang digunakan:

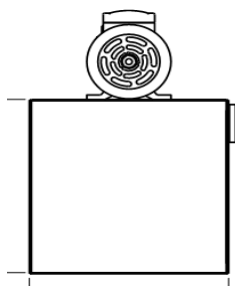
1. Sumber DC (arus searah) Digunakan untuk menyalurkan tegangan DC (*Direct Current*) dengan kapasitas 12 VDC.
2. Inverter. Digunakan untuk mengubah arus searah menjadi arus bolak-balik.
3. PWM Arduino. Digunakan untuk memprogram mesin dengan modul peredupan AC agar mesin bekerja pada kecepatan rendah, sedang, dan tinggi.
4. Motor Induksi. Digunakan untuk mengisi daya dari output inverter, memungkinkannya berputar dan menyesuaikan kecepatan.

### 3.3 Perancangan Desain Mekanik

Struktur mekanis terdiri dari rangka dengan dudukan motor dengan penutup, motor sangkar tupai dengan dudukan motor, dan rumah panel sakelar untuk inverter. Pengemasan yang baik akan memberikan nilai tambah pada perangkat. Untuk itu pada penelitian ini selain perancangan perangkat keras dan lunak terdapat juga perancangan mekanik. Mekanik yang dibuat menggunakan box dan stop kontak yang dipadukan sehingga lebih kuat dan *user-friendly*. Detail desain yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3 dibawah ini.



Gambar 2. Box Panel untuk Inverter

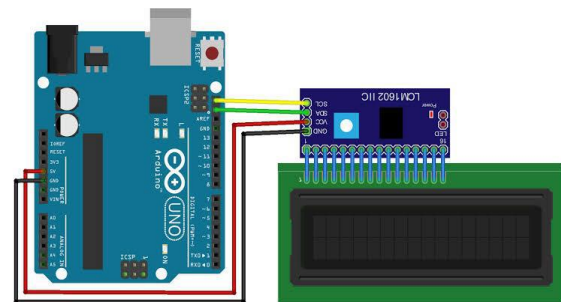


Gambar 3. Posisi Motor Induksi Pada Box Panel

Berdasarkan desain tersebut, mekanik alat berukuran panjang 60 cm, lebar 30 cm, dan tinggi 80 cm. Terbuat dari plat galvalum dengan ketebalan 2 mm sebagai sisi – sisinya, pipa hollow berukuran 3 x 3 cm dengan ketebalan pipa 2 mm sebagai kerangka.

### 3.4 Perancangan Antarmuka

Perancangan elektrik merupakan *wiring* atau pengkabelan antara komponen - komponen yang digunakan. Pada Gambar 4 di bawah terlihat bahwa antarmuka LCD terhubung langsung dengan mikrokontroler Arduino Mega. Berikut adalah elektrik wiring untuk bagian antarmuka LCD yang terhubung dengan Arduino Mega.



Gambar 4. Elektrikal Wiring Antarmuka

Berikut adalah penjelasan konfigurasi Arduino dengan LCD. Pada LCD terdapat pin – pin yang terhubung dengan Arduino yaitu:

1. Pin Vcc (pada gambar berwarna merah) berfungsi sebagai sumber energi listrik utama. Tegangan kerja dari komponen ini adalah 3.3V hingga 5V dan pada rangkaian ini dihubungkan ke pin 5V Arduino.
2. Pin Gnd (pada gambar berwarna hitam) dihubungkan ke pin GND Arduino.
3. Pin SDA dihubungkan ke pin SDA Arduino.
4. Pin SCL terhubung dengan pin SCL Arduino.

Penting juga untuk mengetahui inisialisasi awal untuk menampilkan nilai yang terukur pada LCD. Nilai yang terbaca pada LCD berdasar dari hasil pembacaan Arduino yang diberikan input secara eksternal oleh Dimmer AC. Untuk kode pemrograman LCD adalah sebagai berikut:

```

#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4);
void setup()
{
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.print("KECEPATAN");
  lcd.setCursor(0,1);//memilih mulai dari mana
  teks ditampilkan
  lcd.print("Keik Apapun Sesuai Yang Akan
  ditampilkan");
}
void loop()
{
  lcd.setCursor(0,2);//memilih mulai dari mana
  teks ditampilkan
  lcd.print("Keik Apapun Sesuai Yang Akan
  ditampilkan");
  lcd.setCursor(0,3);//memilih mulai dari mana
  teks ditampilkan
  lcd.print("Keik Apapun Sesuai Yang Akan
  ditampilkan");
}

```

### 3.5 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret sampai Mei 2023 di Laboratorium Mesin Listrik Program Studi Teknik Listrik, Jurusan Rekayasa Elektro dan Mekatronika, Politeknik Negeri Cilacap.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian langsung dilakukan pada keluaran inverter. Hasil pengujian yang dilakukan pada keluaran inverter adalah 220 Volt dan sesuai dengan kebutuhan beban dalam penelitian ini. Penelitian ini menggunakan beban motor induksi. Pengukuran pada inverter menggunakan alat ukur Voltmeter dengan memastikan knob pada alat ukur sudah pada tegangan AC atau VAC. Selanjutnya adalah pengujian pengaturan kecepatan motor induksi dengan menggunakan dimmer AC. Pengujian awal dilakukan dengan menentukan persentase kecepatan dari yang terbaca oleh Arduino.

Hasil penelitian yang ditampilkan pada Tabel 3 terlihat bahwa pengaturan kenaikan kecepatan motor induksi berawal dari nilai

persentase 20%. Artinya motor induksi akan mulai berputar pada porosnya pada level 20% dan nilai kecepatan motor induksi akan semakin naik pada level 100%.

Tabel 3. Pengujian Pembacaan Dimmer AC

20 %	
40 %	
60 %	
80 %	
100 %	

Pada pengujian kendali level 20% sampai 100% tegangan mikrokontroler Arduino akan menerima perintah dan mengubah kecepatan motor induksi menjadi tingkat 20% - 100%. Selanjutnya adalah melakukan pengukuran nilai RPM kecepatan putar motor induksi dengan menyesuaikan *setting* level dimmer AC yang terbaca oleh Arduino. Berikut adalah tabel hasil pengujiannya RPM motor induksi terhadap level kecepatan.


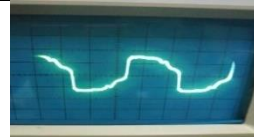

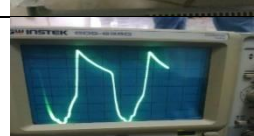


Tabel 4. Pengukuran Nilai RPM Motor Induksi Terhadap Level Kecepatan

Level Kecepatan (%)	RPM
20	1631,8
40	2260,2
60	3261,8
80	4163,8
100	5241,4

Hasil pengukuran didukung oleh alat ukur analog yaitu revolution meter. Pengontrol kecepatan motor dengan peredup lampu AC dilengkapi dengan input eksternal sebagai model potensiometer. Memutar kenop dimmer AC searah jarum jam membuat motor berputar lebih cepat. Sebaliknya, memutar kenop peredup AC berlawanan arah jarum jam akan menurunkan kecepatan motor. Akan tetapi, saat Anda memutar kenop dimmer AC, kecepatan motor tidak berubah seiring dengan putaran potensiometer [14]. Hal ini mungkin karena lag atau loading, sehingga respon tidak bekerja dengan cepat. Keterlambatan tersebut dikarenakan mikrokontroler membaca data dari dimmer saat potensiometer diputar kemudian mengirimkan output ke motor sesuai dengan putaran dimmer. Selanjutnya hasil pengecekan input dimmer AC dengan osiloskop.

Tabel 5. Pengujian Input Dimmer AC Dengan Osiloskop

Bentuk Sinyal	RPM
	1631,8
	2260,2
	3261,8
	4163,8

	5241,4
--	--------

Pengujian dimmer ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana alat penghitung kecepatan putaran motor bekerja dan mengetahui apakah alat tersebut dapat bekerja dengan baik dan sesuai dengan yang diinginkan. Pengujian ini dilakukan dengan cara melakukan pengukuran kecepatan putaran motor sebanyak lima kali kemudian hasilnya dibandingkan dengan kecepatan maksimum motor yang ada di *data sheet* motor induksi tersebut. Seperti yang diketahui dari beberapa teori bahwa besarnya tegangan akan mempengaruhi kecepatan proses motor induksi, dengan kata lain performa motor induksi dipengaruhi oleh besarnya tegangan yang diperoleh dari inverter. Beberapa hal teknis yang dapat mengurangi performa motor induksi adalah kurangnya perawatan motor induksi ataupun kondisi motor yang sudah tua, dapat menyebabkan tahanan stator menjadi tidak seimbang. Hal ini akan mempengaruhi kinerja motor induksi pada torsi (T) atau putarannya [15].

Pengujian kestabilan putaran motor juga dapat dilakukan sebagai pengujian tambahan. Caranya yaitu, dengan menggunakan empat plat CD *room* yang berbeda dengan gelombang yang dibuat berbeda satu dengan yang lain. Hal ini dilakukan untuk membuat seolah-olah motor berputar dengan tidak stabil sehingga dapat terlihat bagaimana alat pendeteksi kestabilan putaran bekerja. Uji eksperimen terakhir yang dilakukan adalah pengujian *relay timer* yang berfungsi sebagai peralatan proteksi dari arus pendek, sebagai antisipasi proteksi terjadinya *over speed* dan ditambahkan saklar *normally open* dan *normally close* [16].

Besaran arus yang dikonsumsi motor induksi cenderung naik dengan bertambahnya putaran dan nilai tegangan. Kecepatan putaran motor induksi akan stabil diatas 1000 rpm. Hal ini sesuai dengan karakteristik motor listrik arus bolak balik dimana kenaikan arus penggunaan akan stabil bila mendekati dengan rating kerja motor. Hal lain yang mempengaruhi performa motor induksi adalah dari sudut pandang

konstruksi alat bantu mekanik mesin yang dibuat [17]. Hasil dari penelitian ini menampilkan karakteristik dari regulator AC. Regulator AC digunakan untuk mengendalikan tegangan rms output pada motor induksi [18]. Pemanfaatan regulator AC ini adalah untuk kendali kecepatan motor termasuk motor induksi dan motor universal.

## 5. KESIMPULAN

- a. Pengaturan kecepatan motor induksi satu fasa dengan dimmer AC berhasil dibuat dengan menentukan lima level kecepatan motor mulai dari level terendah 20% dengan kecepatan motor 1631,8 RPM, level 40% dengan kecepatan 2260,2, level 60% dengan kecepatan motor 3261,8 RPM, level 80% dengan kecepatan motor 4163,8 RPM, dan terakhir level tertinggi pada knob dimmer 100% dengan kecepatan motor 5241,4 RPM.
- b. Sistem secara keseluruhan dapat bekerja cukup baik. Perintah kecepatan motor yang diatur dengan dengan dimmer AC akan diproses oleh Arduino lalu responsnya akan dikirim ke motor induksi satu fasa sesuai dengan level kecepatan yang diterima sehingga motor induksi dapat berputar dari tingkat minimal sampai maksimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Harmini. ST, 2015. *Pengembangan inverter sebagai pengendali kecepatan motor induksi 1 fasa*. Laporan Penelitian Universitas Semarang. 98/USM.H9/L.
- [2] Azmi Khairul, 2017. *Desain dan Analisis Inverter Satu Fasa dengan Menggunakan Metode SPWM Berbasis Arduino*. Jurnal Teknik Elektro dan Komputer. ISSN: 2252-7036.
- [3] Panggabean Yusuf Subastian. 2017. *Rancang Bangun Inverter Satu Fasa Menggunakan Teknik High Voltage PWM (Pulse Width Modulation)*. Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro.
- [4] Nazaruddin Nazris, 2011. *Pembuatan Pembuatan Inverter Satu Fasa Berbasis Mikrokontroler Dengan Gelombang Sinus Untuk Kontinuitas Pelayanan Listrik*, Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Padang. ISSN: 1858-3709.
- [5] Evalina Noorly, 2018. *Pengaturan Kecepatan Putaran Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Programmable logic controller*. Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. ISSN: 2598 – 1099.
- [6] S. J. S. Prasad, R. Suganesh, R. Suresh Kumar, “Safe operation of Induction Motor with Programmable Logic Controller and Human Machine Interface,” *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)*, vol. 8, no. 12, pp. 2307-2311, 2019.
- [7] T. Putra and M. Yuhendri, “Implementasi Hysteresis Current Control Pulse Width Modulation (HCCPWM) Untuk Inverter 3 Fasa,” *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, vol. 2, no. 1, pp. 91-97, 2021, doi : <https://doi.org/10.24036/jtein.v2i1.127>.
- [8] R. Santhosh, M. V. Siddharthan, Sailakshmi and S. Yadav, "Protection and Control of 3 Phase Induction Motors in Industrial Plants with Smart Remote Monitoring and Control on a Centralized System", *2022 6th International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI)*, pp.317-326, 2022.
- [9] M. Padri and M. Yuhendri, “Inverter 3 Fasa Menggunakan Metoda Space Vector Pulse Width Modulation (SVPWM),” *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, vol. 2, no. 2, pp. 190-197, 2021. doi : <https://doi.org/10.24036/jtein.v2i2.161>.
- [10] M. Yuhendri and Aswardi, “Pengeraman Dinamik Pada Motor Induksi Tiga Fasa Dengan PLC,” *TEKNIKA*, vol. 32, no. 1, pp.25-34, 2009.
- [11] E. Mariani and Hastuti, “Kendali Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Arduino Mega Berbasis HMI (Human Machine Interface),” *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, vol. 1, no. 2, pp. 179-186, 2020. doi : <https://doi.org/10.24036/jtein.v1i2.70>
- [12] N. Evalina and A. A. Zulfikar, “Pengaturan Kecepatan Putaran Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Programmable Logic Controller,” *Journal of Electrical Technology*, vol. 3, no. 2, pp. 73–80, 2018.
- [13] S. R. Venupriya, K. P. Thanusre and P. Saranya, “A Novel Method of Induction Motor Speed Control Using PLC,” *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)*, vol. 3, no. 2, pp. 233-237, 2015.

- [14] Pribadi Jagat, 2013. *Inverter 500 VA*. Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektronika Politeknik Negeri Batam.
- [15] Arduino. EEPROM Library. <https://www.arduino.cc/en/Reference/EEPROM>. (Diakses pada tanggal 20 Juni 2023, 12.24 PM)
- [16] Kardha, D., Haryanto, H., & Aziz, M. A. (2021). Kendali Lampu dengan AC Light Dimmer Berbasis Internet of Things. *Go Infotech: Jurnal Ilmiah STMIK AUB*, 27(1), 13-24.
- [17] Muhammad, M., Yuniarti, E., Sofiah, S., Saputra, A., & Pani, A. (2021). Performa Motor Induksi Satu Fasa Sebagai Penggerak Mesin Pengering. *Jurnal Tekno*, 18(2), 1-10.
- [18] D. Darmawansyah, M. K. A. Rosa, and I. N. Anggraini, (2020), "Sistem Proteksi Motor Induksi 3 Fasa Terhadap Berbagai Gangguan Menggunakan Mikrokontroler," *J. Amplif. J. Ilm. Bid. Tek. Elektro Dan Komput.*, vol. 10, no. 1, pp. 9–17,