

# Rancang Bangun Modul Pengoperasian Motor Induksi dan Beban Resistif Menggunakan *Solid State Relay* (SSR)

Haikal Rayya Bramanta<sup>1</sup>, Siswoyo<sup>2</sup>, Yoseph Santosa<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40559

<sup>1</sup>E-mail : haikal.rayya.tlis21@polban.ac.id

<sup>2</sup>E-mail : siswoyo@polban.ac.id

<sup>3</sup>E-mail : yoseph.santosa@polban.ac.id

## ABSTRAK

Motor induksi dan beban resistif merupakan elemen penting dalam aplikasi industri untuk menggerakkan mesin dan menyediakan panas. Penggunaan SSR dipilih untuk menggantikan relay mekanis tradisional yang memiliki keterbatasan seperti keausan mekanis dan kegagalan operasional. SSR menggunakan komponen semikonduktor untuk mengontrol aliran listrik tanpa komponen mekanis bergerak, sehingga menghasilkan operasi yang lebih andal dan umur pakai yang lebih panjang. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan modul sistem pengoperasian motor induksi dan beban resistif menggunakan SSR serta menguji unjuk kerja sistem tersebut. Metodologi penelitian melibatkan identifikasi masalah, studi literatur, perancangan dan pembuatan alat, serta pengujian *switching* SSR pada berbagai beban. Hasil pengujian menunjukkan bahwa SSR mampu melakukan *switching* pada motor induksi dan beban resistif dengan baik, serta menjaga suhu operasi yang aman. Hasil pengujian menunjukkan bahwa SSR mampu melakukan *switching* ke motor induksi dan beban resistif dengan baik, Hasil dari penelitian ini adalah bahwa modul pengoperasian motor induksi dan beban resistif menggunakan *Solid State Relay* (SSR) mampu mengendalikan *switching* beban 1 Fasa dan 3 fasa.

**Kata Kunci:** Modul Solid State Relay, Motor Induksi, Beban Resistif.

## ABSTRACT

*Induction motors and resistive loads are essential elements in industrial applications for driving machinery and providing heat. The use of Solid State Relays (SSR) is chosen to replace traditional mechanical relays that have limitations such as mechanical wear and operational failure. SSRs use semiconductor components to control the flow of electricity without moving mechanical parts, resulting in more reliable operation and a longer lifespan. This research aims to design and implement a system module for operating induction motors and resistive loads using SSRs and to test the performance of the system. The research methodology involves problem identification, literature review, tool design and fabrication, and testing the switching of SSRs under various loads. Test results show that SSRs are capable of switching on induction motors and resistive loads effectively, while maintaining safe operating temperatures. The results of this study indicate that the operating module for induction motors and resistive loads using Solid State Relays (SSR) is capable of controlling the switching of both single-phase and three-phase loads effectively.*

**Keywords:** Solid State Relay Module, Induction Motor, Resistive Load.

## I. PENDAHULUAN

Motor induksi tiga fasa dan beban resistif adalah elemen penting dalam berbagai aplikasi industri, digunakan untuk menggerakkan mesin dan menyediakan panas. Motor induksi banyak dipilih karena konstruksinya yang sederhana, keandalan tinggi, dan kemudahan perawatan, sedangkan beban resistif seperti elemen pemanas banyak digunakan dalam industri. Pengendalian motor induksi dan beban resistif biasanya menggunakan relay mekanis, namun relay ini memiliki keterbatasan seperti keausan dan

kegagalan mekanis. Untuk mengatasi hal ini, teknologi Solid State Relay (SSR) menjadi alternatif yang lebih andal dan tahan lama karena menggunakan komponen semikonduktor tanpa bagian mekanis yang bergerak.

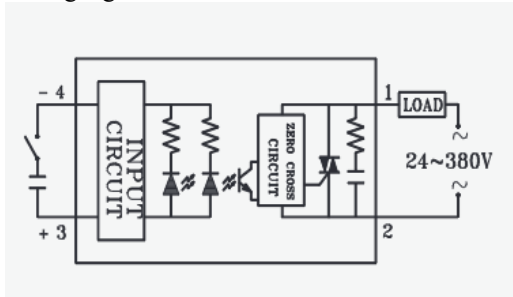
Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk mengembangkan dan menguji sistem pengoperasian motor induksi dan beban resistif menggunakan Solid State Relay (SSR). Sistem yang dirancang ini bertujuan untuk mengendalikan beban satu fasa dan tiga fasa, baik pada motor induksi maupun beban resistif.

Melalui pengembangan modul ini, diharapkan dapat menggantikan penggunaan relay mekanis yang sering mengalami masalah keandalan akibat keausan dan kegagalan mekanis.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### II.1 SOLID STATE RELAY (SSR)

Solid State Relay (SSR) adalah perangkat pengalih elektronik yang menggunakan komponen elektronik aktif untuk mengatur arus dan tegangan listrik.



Gambar 1. Skematik Solid State Relay

Tidak seperti relay elektromagnetik yang mengandung komponen mekanis, SSR menggunakan transistor, TRIAC, atau SCR sebagai penggantinya. Meskipun komposisinya berbeda, fungsinya tetap sama dengan relay elektromagnetik (1).

### II.2 BAGIAN-BAGIAN PADA SOLID STATE RELAY (SSR)

#### 1. Sirkuit Input

Bagian ini menerima sinyal kontrol berupa tegangan rendah dari sumber eksternal seperti mikrokontroler, PLC, atau sensor, yang dapat berupa sinyal DC atau AC.

#### 2. Sirkuit Isolasi

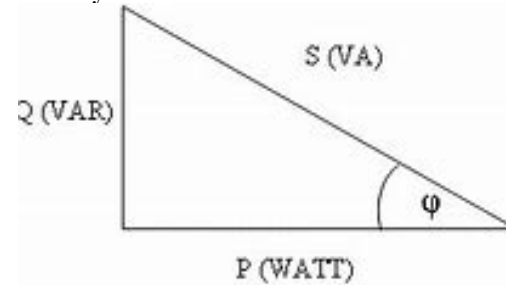
SSR menggunakan optocoupler untuk memisahkan sirkuit input dan output secara elektrik. Optocoupler mengubah sinyal listrik menjadi cahaya dan kembali menjadi sinyal listrik, memastikan tidak ada koneksi listrik langsung antara sirkuit kontrol dan sirkuit daya. Ini mengisolasi dan menghubungkan dua sirkuit listrik berbeda, menggunakan cahaya sebagai pemicu untuk menghidupkan atau mematikan perangkat.

#### 3. Sirkuit Output

Bagian ini biasanya menggunakan komponen semikonduktor seperti TRIAC atau thyristor untuk mengaktifkan atau mematikan beban yang terhubung ke SSR. Komponen semikonduktor ini

mengendalikan aliran arus listrik dalam kedua arah pada sirkuit AC, dengan tiga terminal: Gate (G), Main Terminal 1 (MT1), dan Main Terminal 2 (MT2). TRIAC digunakan dalam aplikasi kontrol daya seperti dimmer lampu dan pengendali kecepatan motor, memungkinkan arus listrik mengalir ke dua arah dengan arus kontrol yang rendah pada terminal Gate (2).

### II.3 Daya Listrik



Gambar 2. Segitiga Daya

Daya listrik adalah jumlah energi listrik yang digunakan atau dihasilkan oleh sebuah perangkat dalam satuan waktu. Daya listrik biasanya diukur dalam satuan watt (W) per detik. Terdapat beberapa jenis daya yang dikenal, yaitu daya aktif (P), daya reaktif (Q), dan daya semu (S) (3).

#### 1. Daya Aktif

Daya aktif adalah komponen dari daya listrik yang sebenarnya digunakan untuk melakukan kerja yang bermanfaat dalam suatu rangkaian listrik. Daya ini dikonversi menjadi bentuk energi lain seperti panas, cahaya, gerak mekanis, atau proses kimia, dan diukur dalam satuan watt (W) (4):

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (1)$$

dengan:

$P$  = Daya Aktif (Watt)

$V$  = Tegangan (Volt)

$I$  = Arus (Ampere)

#### 2. Daya Reaktif

Daya reaktif adalah komponen daya listrik yang tidak menghasilkan kerja yang bermanfaat tetapi diperlukan untuk mempertahankan medan magnetik atau medan listrik dalam komponen induktif atau kapasitif dari suatu rangkaian AC. Daya reaktif disimpan dan dilepaskan kembali ke sirkuit dalam setiap siklus AC, dan diukur dalam

satuan volt-ampere reaktif (VAR). Persamaan untuk menghitung daya reaktif adalah (5):

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \varphi \quad (2)$$

dengan:

Q = Daya Reaktif (VAR)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

### 3. Daya Semu

Daya semu adalah total daya dalam suatu rangkaian AC, yang merupakan kombinasi dari daya aktif dan daya reaktif. Daya semu menunjukkan jumlah keseluruhan daya yang harus disuplai oleh sumber untuk mengoperasikan suatu perangkat atau sistem. Daya semu diukur dalam satuan volt-ampere (VA). Persamaan yang digunakan untuk mendapatkan daya semu adalah (6):

$$S = V \cdot I \quad (3)$$

dengan:

S = Daya Semu (S)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

## II.4 Beban Listrik

Beban listrik dalam sistem tenaga memiliki karakteristik yang mempengaruhi kinerja dan efisiensi sistem. Sifat-sifat beban listrik dikategorikan berdasarkan komponen dan perilakunya, mencakup beban resistif, induktif, dan kapasitif (7).

### 1. Beban Resistif

hanya memiliki komponen resistansi (R) tanpa komponen induktif (L) atau kapasitif (C). Beban ini mengubah energi listrik menjadi panas atau cahaya dengan efisiensi tinggi, seperti pada pemanas listrik, lampu pijar, dan elemen pemanas lainnya. Pada beban resistif, arus dan tegangan berada dalam fase yang sama, tanpa pergeseran fase (8).

### 2. Beban Induktif

Beban induktif memiliki komponen induktansi (L) dan memerlukan daya reaktif untuk menghasilkan medan magnetik. Contohnya termasuk motor listrik, transformator, solenoid, dan reaktor. Arus tertinggal (*lagging*) dari tegangan, menyebabkan pergeseran fase (9).

### 3. Beban Kapasitif

Beban kapasitif memiliki kapasitansi (C) yang menyimpan energi dalam medan listrik dan memerlukan daya reaktif. Contohnya termasuk kapasitor, lampu fluorescent, dan perangkat elektronik. Arus mendahului tegangan, sering digunakan untuk pengaturan faktor daya dan stabilisasi tegangan (10).

## II.5 Motor Induksi

Motor induksi adalah jenis motor listrik AC yang bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik (11). Motor ini terdiri dari dua bagian utama: stator (bagian diam) dan rotor (bagian berputar). Motor induksi adalah salah satu jenis motor yang paling umum digunakan dalam aplikasi industri dan komersial karena desainnya yang sederhana, keandalan yang tinggi, dan biaya pemeliharaan yang rendah. Medan magnet ini kemudian berinteraksi dengan rotor, yang merupakan bagian bergerak dari motor, untuk menghasilkan putaran (12).

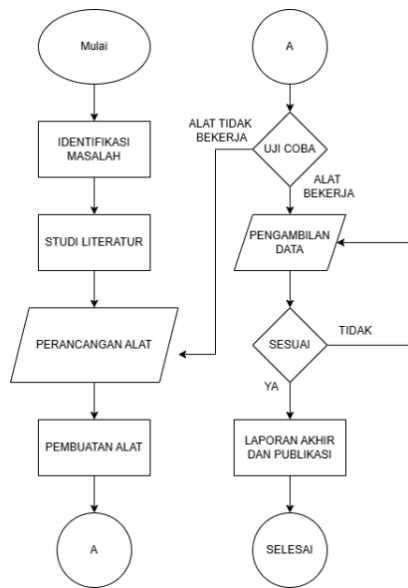
## II.6 Miniature Circuit Breaker (MCB)

*Miniature Circuit Breaker* (MCB) berfungsi untuk melindungi peralatan listrik dari arus berlebih yang diakibatkan oleh hubungan singkat (*short circuit*) (13). Prinsip dasar kerja MCB adalah memutus rangkaian listrik saat terjadi beban berlebih secara terus-menerus, yang dilakukan oleh logam bimetal di dalam MCB (14).

## II.7 Thermal Overload Relay (TOR)

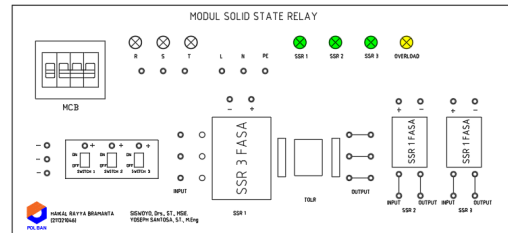
*Thermal Overload Relay* (TOR) adalah komponen yang berfungsi untuk melindungi motor listrik dari kondisi beban lebih (*overload*) dengan menggunakan prinsip perubahan suhu (15). TOR dirancang untuk memutuskan rangkaian listrik jika arus yang mengalir melebihi batas yang telah ditentukan dalam jangka waktu tertentu, mencegah kerusakan pada motor akibat panas berlebih.

### III. METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 3. Diagram Alir

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental untuk mengungkapkan hasil dari percobaan modul praktikum. Proses dimulai dengan identifikasi masalah terkait penggunaan SSR sebagai pengganti kontaktor elektromagnetik, dilanjutkan dengan studi literatur untuk membandingkan data dari berbagai sumber. Tahap berikutnya adalah perancangan alat, meliputi penentuan spesifikasi komponen, pembuatan gambar rancangan, dan penyusunan Bill of Quantity. Setelah itu, dilakukan pembuatan dan perakitan alat sesuai desain. Pengujian switching SSR dilakukan dengan beberapa jenis pengujian, termasuk pengujian SSR 1 fasa beban resistif, SSR 1 fasa beban motor, SSR 3 fasa beban motor induksi tanpa beban, dan SSR 3 fasa motor induksi berbeban. Pengambilan data mencakup suhu SSR, daya, tegangan, dan arus, yang kemudian dianalisis untuk memastikan hasil sesuai harapan. Tahap akhir adalah pelaporan dan publikasi hasil penelitian, menyelesaikan seluruh proses dari identifikasi masalah hingga publikasi untuk mencapai tujuan penelitian.



Gambar 4. Rancangan Modul

Penelitian ini melibatkan perancangan dengan AutoCAD, pembelian komponen, pembuatan dan pemasangan papan modul, perakitan dengan wiring, pengujian alat berdasarkan jobsheet, dan pembuatan laporan dengan analisis hasil pengujian.



Gambar 5. Realisasi Modul

#### III.1 Pengujian *Solid State Relay* (SSR) 1 Fasa beban resistif

Menggunakan beban lampu dari 100Watt, 200Watt, 300Watt sampai dengan 1000 Watt. Tegangan kontrol untuk SSR yaitu 3-32VDC, sedangkan tegangan terminal nya 220 VAC. Lalu amati lampu dan ukur besarnya suhu SSR, daya, arus dan tegangan.

#### III.2 Pengujian *Solid State Relay* (SSR) 1 Fasa menggunakan beban motor AC 1 Fasa

Amati kondisi motor induksi 1 fasa yang dioperasikan oleh *solid state relay* apakah bekerja atau tidak dan ukur besarnya suhu SSR, daya, tegangan dan arus pada terminal motor.

#### III.3 Pengujian *Solid State Relay* (SSR) 3 Fasa beban Motor AC 3 Fasa

Sebuah SSR mengendalikan motor induksi 3 fasa dengan 3 terminal input, 3 terminal output, dan terminal kontrol. Terminal kontrol dihubungkan ke tegangan kontrol, terminal input ke sumber listrik, dan terminal output ke motor. SSR dilengkapi dengan Thermal Overload Relay (TOR) untuk melindungi motor dari overload. Saat terjadi overload, TOR memutuskan rangkaian kontrol. Amati kondisi motor dan ukur suhu SSR, daya, tegangan, serta arus pada terminal motor.

### III.4 Pengujian SSR 3 Fasa Beban Resistif 3 Fasa

Sebuah SSR mengontrol beban resistif 3 fasa berupa 9 lampu pijar dengan 3 terminal input, 3 terminal output, dan terminal kontrol yang dihubungkan ke sumber tegangan DC 12V. Terminal input dihubungkan ke sumber listrik dan terminal output ke beban lampu pijar 900W. Pengujian dilakukan bertahap mulai dari 300W, 600W hingga 900W. Amati dan ukur suhu SSR, daya, tegangan, dan arus pada terminal.

## IV. HASIL DAN ANALISIS

### IV.1 Hasil Pengujian Solid State Relay (SSR) 1 Fasa beban resistif

Tabel 1. Hasil Pengujian Solid State Relay (SSR) 1 Fasa beban resistif

V input (DC)	V Load (AC)	Daya pada Lampu (Watt)	Arus (A)	Suhu SSR (°C)
12	220	100	0,427	32
12	220	200	0,854	32,4
12	220	300	1,283	32,9
12	220	400	1,691	33,5
12	220	500	2,111	34,5
12	220	600	2,531	35,5
12	220	700	2,949	36,2
12	220	800	3,370	37,8
12	220	900	3,800	38,7
12	220	1000	4,222	39,7

Dilihat dari tabel 1 diatas kita bisa melihat beberapa dalam pengujian SSR 1 fasa menggunakan beban resistif dengan tegangan kontrol yang diatur konstan pada 12VDC dan tegangan terminal diatur konstan di 220VAC dengan melihat hubungan antara Daya (Watt), Arus (Ampere) dan Tegangan (Volt) bahwa arus akan naik Ketika beban nya juga naik.

### IV.2 Hasil pengujian Solid State Relay (SSR) 1 fasa menggunakan beban motor AC 1 Fasa

Tabel 2. Hasil pengujian Solid State Relay (SSR) 1 fasa menggunakan beban motor AC 1 Fasa

V Control (VDC)	V Load (VAC)	Daya (Watt)	I Load (A)	I Start (A)	Power Factor	Suhu SSR (°C)
12	220	149	3,2	13A	0,21	32,6

Dari tabel 2 data pengujian SSR 1 fasa beban motor 1 Fasa dapat dilihat tegangan kontrol diatur di 12VDC dan tegangan terminal diatur di 220V

dan faktor daya terlihat cukup rendah yang berada pada nilai 0.21 yang menunjukkan bahwa beban sangat bersifat induktif. Arus start yang tinggi yang bernilai sampai 13A saat kondisi start namun seiring kecepatan motor mencapai kecepatan operasionalnya (*steady state*) arus turun menjadi 3,2A.

### IV.3 Hasil pengujian Solid State Relay (SSR) 3 Fasa beban Motor AC 3 Fasa

Tabel 3. Hasil pengujian Solid State Relay (SSR) 3 Fasa beban Motor AC 3 Fasa

V Control (VDC)	V Terminal (VAC)	I Load (A)	I Start (A)	Daya (Watt)	Suhu SSR (°C)
12	380	2,2	5,5	240	31,6

Berdasarkan tabel 3 dapat dilihat tegangan kontrol diatur di 12VDC dan tegangan terminal diatur di 380V dan terlihat arus start saat motor di aktifkan sebesar 5,5A dan setelah motor mencapai putaran optimalnya (*steady state*) arus yang mengalir ke motor turun menjadi 2,2A. Daya listrik yang terukur sebesar 242 W menunjukkan konsumsi daya oleh motor induksi selama operasi. Suhu SSR sebesar 31.6 °C panas yang dihasilkan oleh SSR selama beroperasi dalam batas aman untuk operasi SSR.

### IV.4 Hasil pengujian SSR 3 Fasa Beban Resistif 3 Fasa

Tabel 4. Hasil pengujian SSR 3 Fasa Beban Resistif 3 Fasa

V Control (VDC)	V Terminal (VAC)	I Load (A)	Daya (Watt)	°C
12	380	0,42	300	30,6
12	380	0,85	600	30,9
12	380	1,27	900	31,2

Dilihat dari tabel 4 tegangan kontrol yang digunakan dalam pengujian ini tetap konstan pada 12 VDC. Tegangan terminal juga dijaga konstan pada 380 VAC. Arus beban (I Beban) menunjukkan peningkatan yang sejalan dengan peningkatan daya beban. Arus yang mengalir melalui beban resistif meningkat dari 0.42 A menjadi 1.27 A ketika daya beban meningkat dari 300 W menjadi 900 W. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan daya beban menyebabkan peningkatan arus. Daya beban yang diuji dalam pengujian ini meningkat dalam langkah-langkah 300 W, dimulai dari 300 W, 600 W, dan 900 W. Suhu SSR sedikit meningkat seiring dengan peningkatan daya beban. Suhu awal adalah 30.6°C pada daya 300 W, dan meningkat menjadi 31.2°C pada daya 900 W. Manajemen panas tetap

penting untuk memastikan operasi yang aman dan efisien dari SSR.

## V. KESIMPULAN

Realisasi Modul sistem pengoperasian motor induksi dan beban resistif menggunakan *Solid State Relay* (SSR) dengan modul yang sudah dilengkapi alat proteksi seperti MCB dan *Thermal Overload Relay* (TOR) mampu mengendalikan *switching* beban 1 fasa resistif yaitu lampu pijar 100Watt s.d 1000Watt dan motor induksi 1 fasa lalu mampu mengendalikan beban 3 fasa yaitu motor induksi 3 fasa tanpa beban dan motor induksi 3 fasa berbeban dan beban resistif 3 fasa berupa lampu pijar 900 Watt. Dalam uji unjuk kerja menunjukkan bahwa sistem sudah dilakukan pengujian *switching* ke beban dengan pengujian SSR 1 fasa dengan beban resistif dan beban motor induksi lalu, SSR 3 fasa dengan beban motor induksi tanpa beban dan berbeban 1 Nm s.d 6 Nm lalu SSR 3 fasa Beban resistif lampu pijar. Hasil pengujian menunjukkan bahwa SSR bekerja dengan baik dalam mengendalikan *switching* pada beban motor induksi dan beban resistif lampu pijar dengan menggunakan tegangan 12Vdc untuk mengaktifkan sirkuit isolasi yang berupa *optocoupler*.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Saya Mahasiswa peneliti Tugas Akhir tahun akademik 2022/2023 mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Bandung atas dukungannya karena telah memberikan kesempatan kepada saya untuk mendapat bantuan dana Tugas Akhir.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kustiawan, Eko. Meningkatkan efisiensi peralatan dengan menggunakan solid state relay (SSR) dalam pengaturan suhu pack pre-heating oven (PHO). *Jurnal STT Yuppentek*, 2018, 9.1: 1-6.
- [2] Omron, *Technical Explanation For Solid State Relay*, Csm\_Ssr\_Tg\_E\_9\_2
- [3] Harahap, Partaonan; Adam, Muhammad. Efisiensi Daya Listrik Pada Dispenser Dengan Jenis Merk Yang Berbeda Menggunakan Inverter. *Resistor (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer)*, 2021, 4.1: 37-42.
- [4] Noor, Fachry Azharuddin; Ananta, Henry; Sunardiyo, Said. Pengaruh Penambahan Kapasitor Terhadap tegangan, arus, faktor daya, dan daya aktif pada beban listrik di minimarket. *Jurnal Teknik Elektro*, 2017, 9.2: 66-73.
- [5] Yendi, Esye; Sigit, Lesmana. Analisa Perbaikan Faktor Daya Sistem Kelistrikan. *Jurnal Sains & Teknologi Fakultas Teknik*, 2021, 11.1: 103-113.
- [6] Setiaji, Nanang; Sumpena, Sumpena; Sugiharto, Agus. Analisis Konsumsi Daya Dan Distribusi Tenaga Listrik. *Jurnal Teknologi Industri*, 2022, 11.1.
- [7] Sinaga, Joslen; Hanif, Yuana; Ramadhan, Fajri. Studi Ketidak Seimbangan Beban Jaringan Tegangan Rendah. *Jurnal Teknologi Energi Uda: Jurnal Teknik Elektro*, 2021, 10.1: 25-34.
- [8] Abdussamad, Syahrir. Implementasi Pengukuran Beban Resistif Pada Lampu Pijar. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 2022, 4.1: 83-86.
- [9] Yanie, Ahmad; Erwin, Erwin; Matondang, Safar Ibrahim. Pengaruh Beban Induktif Terhadap Sistem Tenaga Listrik. *Buletin Utama Teknik*, 2022, 17.2: 168-171.
- [10] Muhammad, Umar; Azis, Fatmawati. Rancang Bangun Media Pembelajaran Cos Phi Meter Dan Wattmeter Berbasis Arduino. *Joule (Journal of Electrical Engineering)*, 2020, 1.2: 54-56.
- [11] B.L.Theraja and A.K.Theraja, "Induction Motor," in *Electrical Technology in SI Units Volume II AC & DC Machines*, 1959, pp. 1243-1311.
- [12] Aripriharta, Ari. Kendali Motor Induksi Menggunakan Variable Speed Drive. *Jurnal Kajian Teknik Elektro*, 2023, 8.1: 1-6.
- [13] Syafruddin, R., ET AL. Rancang bangun sistem prpteksi daya listrik menggunakan sensor arus dan tegangan berbasis arduino. *Jurnal online sekolah tinggi teknologi mandala*, 2021, 16.1: 36-43.
- [14] Muhyidin, Muhyidin; Supriyono, Supriyono; Purwiyanto, Purwiyanto. *Tugas Akhir: Rancang Bangun Alat Pengereng Cabai Rotari (Rotary Dryer) Sistem Pemanas Heater*. 2023. PhD Thesis. Politeknik Negeri Cilacap.

- [15] Sinaga, Joslen; Jumari, Jumari; Sitompul, Marolop. Studi Sistem Proteksi Motor Listrik Pada Sistem Pendingin PT. LOTTE SHOPPING Indonesia Medan. *Jurnal teknologi energi uda: jurnal teknik elektro*, 2020, 9.1: 20-30.