

# Fuzzy Control Innovation: Optimizing DC Motor Performance with Solar Energy

## Inovasi Kontrol Fuzzy: Optimalisasi Kinerja Motor DC dengan Energi Matahari

Agus Kiswanto<sup>1</sup>, Yusron Aminullah S<sup>2</sup>, M Anas Muhibudin A<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Surabaya

E-mail: \*<sup>1</sup>[kiswanto@ubhara.ac.id](mailto:kiswanto@ubhara.ac.id), <sup>2</sup>[y.aminullah@gmail.com](mailto:y.aminullah@gmail.com),

<sup>3</sup>[anasmuhibudin89@gmail.com](mailto:anasmuhibudin89@gmail.com)

**Abstract** – The small-scale or prototype motor DC speed control system is widely used in medium to large-scale industries. It is commonly employed in industrial processes where precise RPM adjustments are required. In this research, a solar panel is utilized as a voltage source for DC motor speed control in the prototype. This aims to optimize cost efficiency by reducing the reliance on PLN electricity. The monitoring system for voltage, current, and RPM sources is implemented using the Blynk application on an Internet of Things (IoT)-based smartphone. The Internet of Things is a concept that enables data transfer through networks without requiring direct human-to-computer or human-to-human interaction. This study explores DC motor speed control with monitoring through the Blynk application on a smartphone. The research findings indicate that the solar panel interval reaches its peak at 1:00 PM, with  $V_{out}$  at 15.87 V,  $I_{out}$  at 0.31 A, and DC Motor speed of 2660 RPM. This process involves the use of voltage, current, RPM sensors, and PWM as speed control for the motor. The results provide reliable insights for optimizing the use of renewable energy sources. The study contributes to the development of an efficient and sustainable DC motor speed control system with potential applications in various industries.

**Keywords** — blynk application, current sensor, internet of things, voltage sensor

**Abstrak** – Sistem pengendalian kecepatan putar motor DC dalam skala kecil atau prototipe banyak digunakan dalam industri, terutama pada sistem industri proses yang memerlukan pengaturan presisi terhadap RPM. Penelitian ini difokuskan pada penerapan solar panel sebagai sumber tegangan dalam pengendalian kecepatan motor DC pada prototipe, bertujuan untuk mengoptimalkan efisiensi biaya produksi melalui pengurangan penggunaan listrik PLN. Sistem monitoring untuk sumber tegangan, arus, dan RPM diterapkan menggunakan aplikasi *Blynk* pada *smartphone* berbasis *Internet of Things* (IoT). IoT adalah konsep yang memungkinkan transfer data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi manusia secara langsung. Penelitian ini mengeksplorasi pengendalian kecepatan putar motor DC dengan pemantauan melalui aplikasi *Blynk* pada *smartphone*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa interval panel surya mencapai batas puncak pada pukul 13.00 WIB, dengan  $V_{out}$  sebesar 15,87 V,  $I_{out}$  sebesar 0,31 A, dan kecepatan motor DC mencapai 2660 RPM. Proses ini melibatkan penggunaan sensor tegangan, arus, RPM, dan PWM sebagai kontrol kecepatan putar motor, memberikan hasil yang dapat diandalkan untuk optimalisasi penggunaan sumber daya energi terbarukan. Penelitian ini memberikan kontribusi pada pengembangan sistem pengendalian kecepatan motor DC yang efisien dan berkelanjutan, dengan potensi aplikasi luas di berbagai industri.

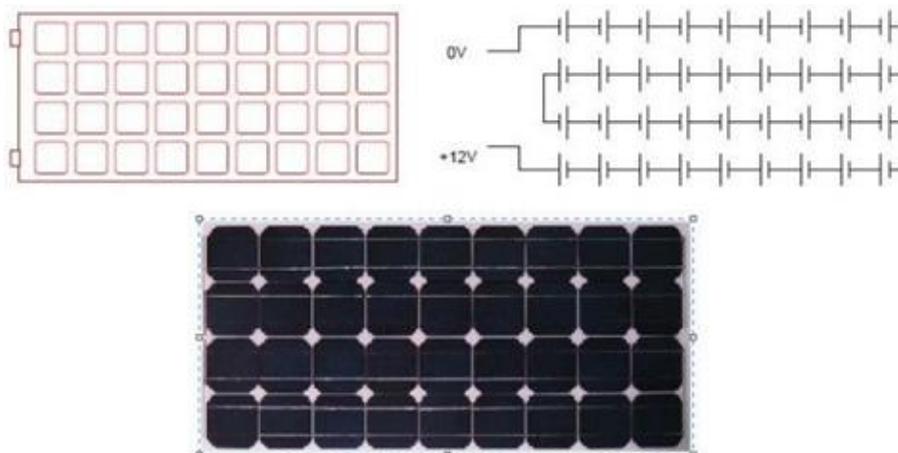
**Kata Kunci** — aplikasi *blynk*, *internet of things*, sensor arus, sensor tegangan

## 1. PENDAHULUAN

Penggunaan energi listrik saat ini telah meningkat dengan pesat, baik dalam kawasan industri, dunia pendidikan maupun untuk keperluan rumah tangga sudah menjadi kenyataan dalam kehidupan sehari-hari masyarakat modern yang memiliki kemajuan di bidang informasi dan teknologi yang membutuhkan energi listrik sebagai sumber utama untuk mengoperasikan peralatan elektronik maupun motor-motor listrik [1], [2]. Energi merupakan salah satu kebutuhan utama dalam kehidupan manusia. Kebanyakan energi dipakai berasal dari bahan bakar fosil, dengan keadaan saat ini energi semakin menipis dan persediannya terbatas (*unrenewable*) [3]. Hal ini disebabkan penggunaan bahan bakar untuk pembangkit-pembangkit listrik konvensional dalam jangka waktu yang panjang akan menguras sumber minyak bumi, gas dan batubara. Yang makin menipis dan juga dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan. Oleh karena itu. Dibutuhkan energi alternatif yang tidak efisien tetapi juga bernuansa ramah lingkungan. Seperti Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), Pembangkit Listrik Tenaga Bumi (PLTB), energi yang bersifat terbarukan mempunyai peran yang sangat penting dalam memenuhi kebutuhan energi mengingat sumber tersebut sangat melimpah [4], [5]. Energi matahari merupakan salah satu sumber energi yang dapat dikembangkan. Energi matahari telah dimanfaatkan dibanyak belahan dunia dan jika dieksploitasi dengan tepat. Energi ini dapat berpotensi mampu menyediakan kebutuhan konsumsi energi dunia saat ini dalam waktu yang lebih lama di Indonesia merupakan daerah tropis mempunyai potensi energi matahari sangat besar dengan isolasi harian rata-rata 4,5 – 4,8 kWh/m<sup>2</sup> /hari. Teknik kontrol otomatis sangat dibutuhkan untuk memberikan kemudahan dalam perancangan alat kontrol [6], [7]. Sehingga dapat diperoleh desain kontrol dan performansian yang tinggi dalam pengontrolan sistem. Salah satu penerapannya adalah Sistem Rancang Bangun Panel Surya Pada Pengontrol Kecepatan Putar Motor DC [8]–[10]. Perkembangan suatu teknologi dimana tidak lagi memakai cara konvensional untuk mendapatkan suatu hasil yang mengontrol kecepatan motor arus searah (DC) yang diaplikasikan pada panel surya sebagai sumber listrik searah (DC) [11]–[13]. Laporan ini dihasilkan sebagai prototipe yang perlu dikembangkan lebih lanjut baik dari segi konsep maupun kreativitasnya. Tujuannya adalah agar lebih bermanfaat, khususnya bagi mereka yang akan mengembangkan lagi alat yang dirancang ini [14], [15].

### 1.1. Dasar Solar Cell

Sel Surya atau *Solar Cell* adalah suatu perangkat atau komponen yang dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip efek *Photovoltaic*. Arus listrik timbul karena adanya energi foton cahaya matahari yang diterimanya berhasil membebaskan elektron-elektron dalam sambungan semikonduktor tipe *N* dan tipe *P* untuk mengalir sesuai Gambar 1. Sama seperti Dioda Foto (*Photodiode*), Sel Surya atau *Solar Cell* ini juga memiliki kaki Positif dan kaki Negatif yang terhubung ke rangkaian atau perangkat yang memerlukan sumber listrik [16]–[18].



Gambar 1 Modul Surya 28-36 Sel Surya

### 1.2. Solar Charge Controller

*Solar Charge Controller* adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang disu ke baterai dan diambil dari baterai ke beban *Solar controller* mengatur *overcharging* (kelebihan pengisian-karena baterai sudah 'penuh') dan kelebihan voltase dari panel surya/*solar cell* Kelebihan voltase dan pengisian akan mengurangi umur baterai. Seperti diperagakan Gambar 2 solar *charge controller* menerapkan teknologi *Pulse width modulation* (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban Panel surya/*solar cell* 12 Volt umumnya memiliki tegangan output 16 – 21 Volt. Jadi tanpa *solar charge controller*, baterai akan rusak oleh *Over Charging* dan ketidak stabilan tegangan. Baterai umumnya di-charge pada tegangan 14 – 14,7 Volt.



Gambar 2 Solar Charge Controller

### 1.3. Sensor Arus ACS712

Pada Gambar 3 Sensor ACS712 adalah merupakan sensor untuk mendeteksi arus. Penggunaan sensor arus ACS712 ini kebanyakan memiliki kekurangan yakni nilai arus yang di dapatkan dari sensor tidak linear sehingga akan menyulitkan jika membutuhkan tingkat linear yang lebih tinggi. Sensor arus ACS712. ACS712 ini memiliki tipe variasi sesuai dengan arus maksimal yakni 5A, 20A, 30A [19].



Gambar 3 Sensor Arus ACS712

### 1.4. NodeMCU ESP8266

*NodeMCU* ESP8266 pada Gambar 4 merupakan modul mikrokontroler yang didesain dengan ESP8266 didalamnya. ESP8266 berfungsi untuk konektivitas jaringan *Wifi* antara mikrokontroler itu sendiri dengan jaringan *Wifi*. *NodeMCU* berbasis bahasa pemrograman *Lua* namun dapat juga menggunakan *Arduino* IDE untuk pemrogramannya. *NodeMCU* pada dasarnya adalah pengembangan dari ESP 8266 dengan *firmware* berbasis *e-Lua*.

#### Versi NodeMCU ESP8266



Versi 0.9

Versi 1.0 (official)

Versi 1.0 (unofficial)

Gambar 4 NodeMCU ESP8266

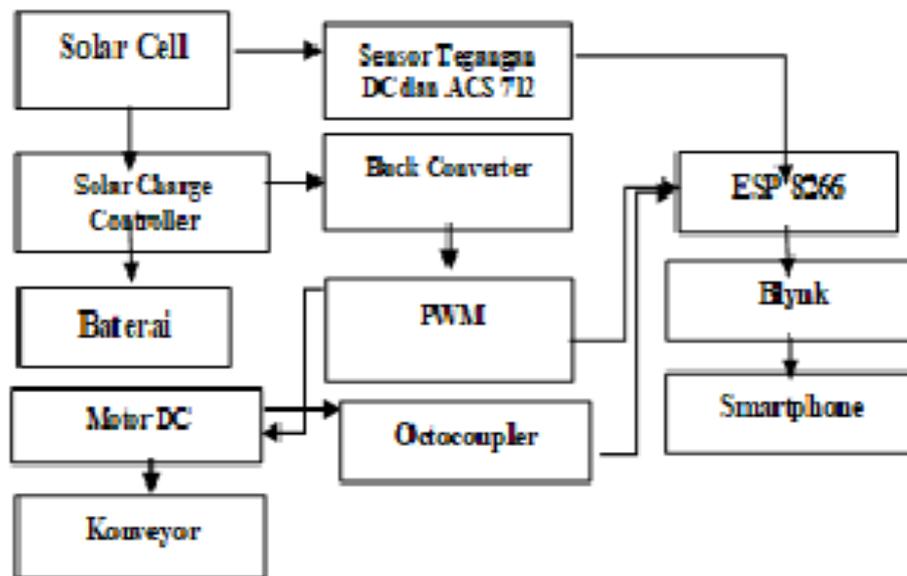
## 2. METODE PENELITIAN

Dalam pembuatan prototipe yang akan dirancang maka dapat dibuat skema dari blok diagram serta *flowchart* yang dibuat, maka dapat dipaparkan dalam bab ini sebagai acuan dalam menyelesaikan tahap ini sebagai metodologi penelitian untuk membuat sistem monitoring panel surya berbasis *blynk*. Indikasi dari prototipe diambil dari beberapa referensi, jurnal, buku tentang panel surya dan berbagai sumber lainnya. Tabel 1 mengacu pada referendum yang diambil dari beberapa aspek, monitoring ini menggunakan aplikasi *blynk* dimana tujuan dari penggunaan aplikasi dapat dimanfaatkan sebagai ilmu terapan yang upgrade dari sebelum-sebelum sebagaimana mestinya.

Tabel 1. Panel Surya 5 Wp

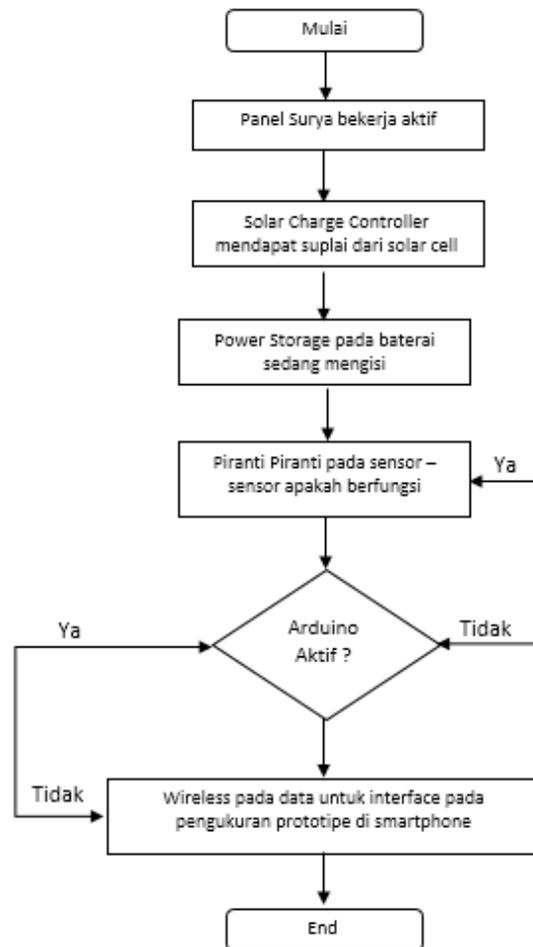
Item	Value
Maximum Power Voltage ( $V_{mp}$ )	17.5 v
Maximum Power Current ( $I_{mp}$ )	0.29 A
Open Circuit Open voltage ( $V_{oc}$ )	21.96 v
Short Circuit Current ( $I_{sc}$ )	0.33 A

Dalam implementasi yang akan dilakukan, panel surya akan didukung oleh mikrokontroler *Arduino Uno* sebagai perangkat keras utama yang memainkan peran kunci dalam mengendalikan operasi sensor dan perangkat konversi lainnya sebagai parameter digital. Detail ini akan dijelaskan lebih lanjut dalam hasil dan pembahasan pada bab selanjutnya. Oleh karena itu, tujuan dari diagram blok adalah memberikan gambaran yang jelas tentang alur sistem pada prototipe yang akan dibuat, dengan fokus pada peran sentral mikrokontroler *Arduino Uno* dalam mengatur kontrol sistem secara keseluruhan sesuai Gambar 5.



Gambar 5 Sistem *Monitoring PV Real Time*

Dalam sistem blok diagram yang dirancang, energi matahari diterima oleh *solar cell*, yang kemudian mengandalkan semikonduktor *Ge* dan *Si* untuk menyerap dan mengkonversinya menjadi sumber tegangan DC. Selanjutnya, tegangan DC tersebut difiltrasi melalui *solar charge controller* untuk memastikan hasil tegangan yang optimal sebelum disimpan di dalam *power storage*. Pada Gambar 6 *power storage*, atau baterai, beroperasi pada tegangan 12 volt DC dan menyuplai tegangan tersebut sesuai dengan kapasitasnya kepada beban, seperti motor DC 24 volt DC pada konveyor.



Gambar 6 Sistem *Monitoring* PV Dengan Aplikasi *Blynk*

Sistem ini dilengkapi dengan kontrol mikrokontroler ESP8266 yang dibantu oleh sensor-sensor, termasuk sensor tegangan DC, sensor arus ACS712, dan sensor PWM. Sensor-sensor ini terhubung dengan ESP8266 untuk membaca data analog yang kemudian dikomunikasikan sebagai serial komunikasi konveyor melalui PWM [20], [21]. Pengukuran parameter digital dari *solar cell*, seperti  $V_p$  (tegangan) dan  $I_p$  (arus), sangat berpengaruh terhadap kinerja dan hasil sistem. Pentingnya kesinambungan antara piranti sensor dijelaskan dengan menghubungkan sensor-sensor tersebut ke pin *input* digital pada *Arduino* dan ESP8266. Hal ini memungkinkan koneksi dengan aplikasi *Blynk* dan memungkinkan operasi dan *monitoring* melalui *smartphone* sebagai antarmuka. Dengan ini, parameter sistem dapat dimonitor dan dikendalikan secara efektif, memberikan kontrol penuh terhadap panel surya berbasis motor DC 24 volt tersebut. Alur yang telah dirancang dan dibuat diuraikan sebagai berikut: Sistem prototipe diaktifkan dengan energi dari panel surya yang menyerap sinar matahari melalui *solar cell*. Tegangan yang dihasilkan oleh *solar cell* dialirkan ke *solar charge controller*, dimana tegangan ini disempurnakan sehingga menjadi stabil dan harmonis. Selanjutnya, tegangan yang telah diolah oleh *solar charge controller* disalurkan ke *power storage*, yaitu baterai, sehingga baterai terisi dengan input tegangan dari *solar charge controller*. Tujuan utama dari sensor adalah mengumpulkan data dengan akurat. Data yang terkumpul akan dikirim ke mikrokontroler *Arduino Uno*, yang berfungsi sebagai kendali kontrol pada sistem prototipe. Mikrokontroler ini memproses data yang diterima dari sensor-sensor untuk mengoptimalkan operasi panel surya dan memastikan kinerja yang efisien. Dengan adanya integrasi antara panel surya, *solar charge controller*, *power storage*, dan sensor-sensor yang terkoneksi dengan mikrokontroler, sistem ini mampu memonitor dan mengontrol parameter kritis seperti

tegangan, arus, dan daya, serta memberikan informasi yang dibutuhkan untuk memastikan kinerja optimal dan efisiensi energi pada prototipe tersebut.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari pengukuran langsung yang dilakukan menggunakan aplikasi Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C yang telah dirancang, hasil dapat divisualisasikan melalui diagram atau grafik yang terdokumentasi pada gambar. Pemrograman tersebut dirancang untuk memfasilitasi pengukuran dan pemantauan berbagai parameter yang relevan dengan sistem, termasuk tegangan, arus, dan daya pada panel surya, serta kondisi baterai dan motor PWM. Gambar tersebut dapat menunjukkan tren atau perubahan nilai parameter tersebut selama periode waktu tertentu, memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang kinerja sistem prototipe. Informasi yang diperoleh dari hasil pengukuran ini akan menjadi dasar untuk evaluasi kinerja sistem, identifikasi potensi perbaikan, dan pengembangan lebih lanjut dari prototipe panel surya berbasis motor DC 24V yang telah dirancang sesuai Gambar 7.

```
//variabel penampung untuk nilai sensor Tegangan, Arus dan Temperature
float Tegangan, Tegangansolarcell, Arus, Bacaaruscell;

//variabel penampung untuk nilai sensor Tegangan, Arus baterai
float Teganganl, Teganganbaterai, Arusl, Bacaarusbaterai;

//variabel pwm pada motor tegangan DC
float tegangandc, Kecepatan;

//Rumus dari baca arus
int sensitivitas = 185;
int teganganoffset = 2500;

//Rumus motor PWM
int PWM_Ton, PWM_Toff, PWM_T;
int PWM_duty, pulse_width = 255, RPS, motor_RPS_period, RPM;

void setup () {
  //aktifkan serial
  Serial.begin(9600);
  //Tugas Akhir Teknik Elektro Unversitas Bhayangkara Surabaya
  Serial.println("Sistem Rancang Bangun Panel Surya 5Wp Pada Pengontrol Kecepatan Putar Motor DC 24v");
  pinMode (motor_PWM_pulse_ip, INPUT);
  //koneksi ke blynk
  Blynk.begin(auth, ssid, pass);
}

void loop () {
  //baca nilai motor PWM
```

Gambar 7 Syntax Dari Apk. Arduino IDE ke Blynk

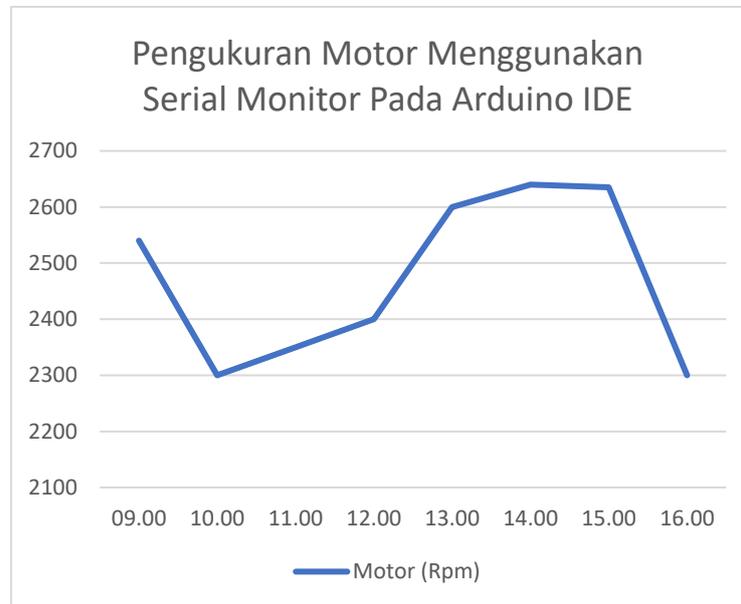
Hasil pengujian diperoleh saat menjalankan aplikasi *Arduino IDE* dan menggunakan *Serial Monitor* pada *platform* tersebut. Dengan memonitor *Serial Monitor*, dapat diamati secara langsung *output* dan data yang dihasilkan oleh program yang telah diimplementasikan dalam bahasa pemrograman C di *Arduino IDE* sesuai Gambar 8.



Gambar 8 Quicks Start Device

Informasi yang ditampilkan melalui *Serial Monitor* memberikan wawasan terkait kinerja sistem, termasuk data tegangan, arus, dan parameter lainnya yang diukur oleh sensor-sensor pada panel

surya. Dengan memanfaatkan *Serial Monitor*, pengguna dapat secara aktif mengamati dan menganalisis data *real-time*, memastikan bahwa semua komponen sistem berfungsi sebagaimana mestinya. Hasil pengukuran yang ditampilkan di *Serial Monitor* juga menjadi landasan untuk melakukan perbaikan atau peningkatan pada sistem prototipe panel surya berbasis motor DC 24V yang sedang diujikan.



Gambar 9 Grafik Pengukuran Motor Pada *Arduino IDE*

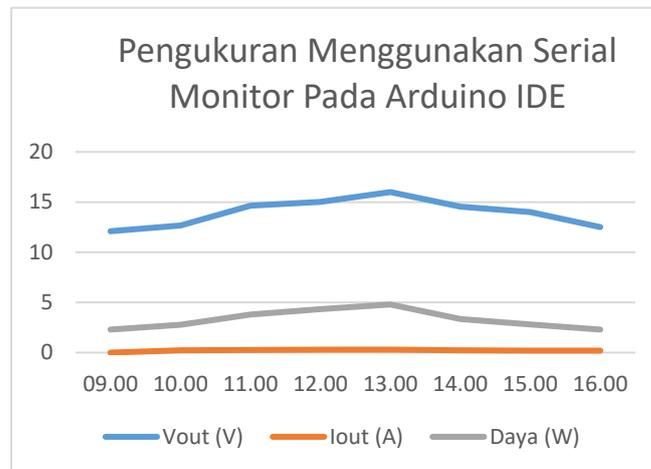
Gambar 9 merupakan grafik yang dihasilkan dari data Tabel 1 menunjukkan bahwa hasil pengujian melalui *Serial Monitor* pada aplikasi *Arduino IDE* dapat dianalisis untuk membentuk persamaan dengan aplikasi *Blynk* yang telah dirancang dan diimplementasikan. Dengan membandingkan data yang dihasilkan oleh kedua aplikasi tersebut, mungkin dapat ditemukan pola atau hubungan yang memungkinkan untuk merumuskan persamaan matematis atau korelasi antara keduanya. Proses pembuatan persamaan ini penting untuk memahami sejauh mana konsistensi antara hasil yang diperoleh melalui *Serial Monitor* dengan aplikasi *Arduino* dan tampilan yang disediakan oleh aplikasi *Blynk*. Persamaan ini dapat membantu dalam validasi dan kalibrasi data, serta memastikan bahwa pengguna mendapatkan informasi yang konsisten dan akurat baik melalui antarmuka *Serial Monitor* maupun *Blynk*.

Tabel 2. Parameter Saat Pengukuran dengan *Blynk*

No.	Waktu Interval	V <sub>out</sub> (V)	I <sub>out</sub> (A)	Daya (W)	Motor (rpm)
1.	09.00	12	0,18	2,2	2543
2.	10.00	12,1	0,22	2,75	2310
3.	11.00	13,95	0,26	3,7	2360
4.	12.00	15	0,28	4,32	2410
5.	13.00	16,12	0,32	4,3	2610
6.	14.00	14,30	0,22	3,12	2610
7.	15.00	14,2	0,19	2,7	2645
8.	16.00	11	0,18	2,2	2310

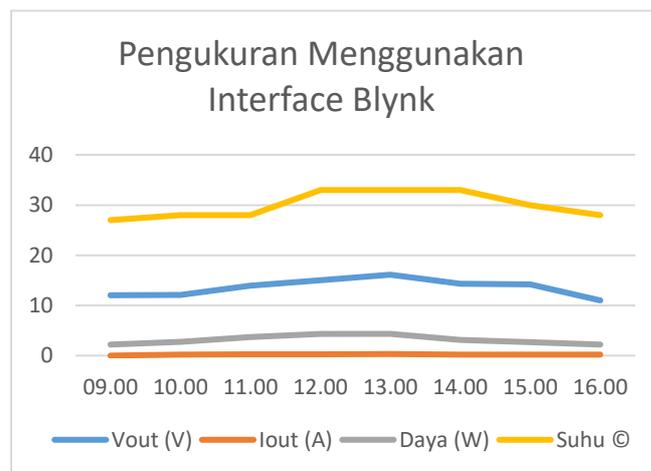
Hasil dari antarmuka *serial Blynk* yang ditampilkan melalui aplikasi *Blynk* pada *smartphone* dapat dilihat pada Tabel 2, yang merupakan hasil dari percobaan uji coba. Pada hasil ini, terdapat data V<sub>out</sub> dan I<sub>out</sub> yang menggambarkan tegangan dan arus pada panel surya, serta V<sub>out</sub> dan I<sub>out</sub> pada baterai. Selain itu, terdapat juga informasi suhu pada panel surya. Data-data ini memberikan pemantauan *real-time* terkait kinerja sistem panel surya berbasis motor DC 24V. Pemantauan melalui aplikasi *Blynk* memungkinkan pengguna untuk dengan mudah dan cepat mengakses informasi kritis terkait parameter-

panel surya dan baterai tanpa perlu melakukan pengukuran langsung atau menggunakan *Serial Monitor* di *Arduino IDE*.



Gambar 10 Pengujian *Serial Monitor* Aplikasi *Arduino IDE*

Penggunaan aplikasi *Blynk* pada *smartphone* pada Gambar 10 memberikan kenyamanan dalam memantau dan mengontrol sistem secara langsung dan dapat menjadi dasar untuk analisis lebih lanjut terhadap performa dan efisiensi sistem panel surya yang telah diimplementasikan.



Gambar 11 Pengujian *Interface Blynk* pada Aplikasi *Blynk*

*Blynk* adalah platform IoT (*Internet of Things*) yang memungkinkan Anda membuat aplikasi perangkat keras sederhana tanpa penulisan kode. *Interface Blynk* pada aplikasi *Blynk* dirancang untuk memudahkan pengguna dalam mengendalikan dan memantau perangkat keras sesuai Gambar 11.

### 3.1. Pengujian Dari Prototipe Yang Telah Dirancang

Dari hasil pembahasan yang telah dijelaskan dan divisualisasikan melalui *Serial Monitor* serta antarmuka *smartphone* pada aplikasi *Blynk*, prototipe ini bertujuan untuk menganalisis tegangan dan arus pada panel surya dalam lingkungan sekitar. Tabel 3 pengujian dilakukan pada panel surya dengan daya 5 Wp, yang dijadikan indikator beban pada konveyor. Proses pengujian dilakukan secara *real-time* selama 2 hari dengan tujuan untuk mencapai hasil yang maksimal dalam uji penelitian, sebagai salah satu syarat penentuan hasil penelitian.

Tabel 3. Pengukuran *Interface Smartphone*

No.	Waktu Interval	V <sub>out</sub> (V)	I <sub>out</sub> (A)	Daya (W)	Motor (rpm)
1.	09.00	12	0,18	2,2	2543
2.	10.00	12,1	0,22	2,75	2310
3.	11.00	13,95	0,26	3,7	2360
4.	12.00	15	0,28	4,32	2410
5.	13.00	16,12	0,32	4,3	2610
6.	14.00	14,30	0,22	3,12	2610
7.	15.00	14,2	0,19	2,7	2645
8.	16.00	11	0,18	2,2	2310

### 3.1.1. Pengujian Hari Pertama

Tabel 4. Pengujian Panel Surya Pada Hari Pertama, 5 WP

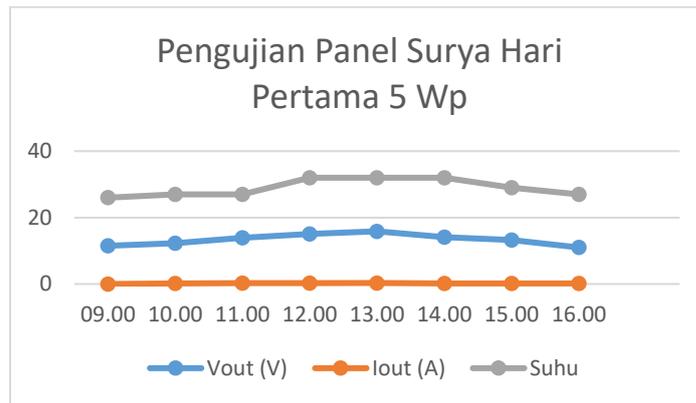
No.	Waktu Interval	V <sub>out</sub> (V)	I <sub>out</sub> (A)	Motor (rpm)
1.	09.00	11,5	0,17	2553
2.	10.00	12,3	0,21	2330
3.	11.00	13,95	0,25	2330
4.	12.00	15,1	0,27	2470
5.	13.00	15,87	0,31	2660
6.	14.00	14,1	0,21	2640
7.	15.00	13,2	0,18	2655
8.	16.00	11	0,17	2320

Hasil penelitian menggunakan antarmuka *Blynk*, ditemukan bahwa pada interval waktu tertentu, panel surya mencapai puncak kinerja pada pukul 13.00 WIB. Pada saat tersebut, nilai  $V_{out}$  mencapai 15,87 V,  $I_{out}$  sebesar 0,31 A, dan suhu mencapai 26 °C. Berikut adalah hasil pengujian sensor selama pengisian, di mana daya akan diukur dengan memasok tegangan dan arus dari panel surya. Data ini tercatat dalam Tabel 4.

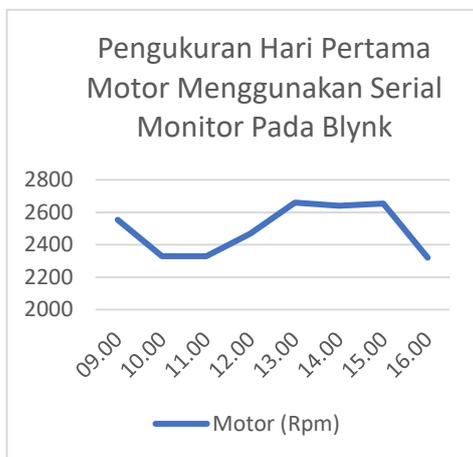
Tabel 5 Pengujian Baterai Pada Hari Pertama

No.	Waktu Interval	V <sub>in</sub> (V)	I <sub>in</sub> (A)	Daya (W)
1.	09.00	9	0,11	0,99
2.	10.00	9,5	0,12	1,14
3.	11.00	10,1	0,12	1,21
4.	12.00	11,2	0,13	1,45
5.	13.00	11,5	0,14	1,61
6.	14.00	10,8	0,13	1,4
7.	15.00	10	0,12	1,2
8.	16.00	8,5	0,10	0,85

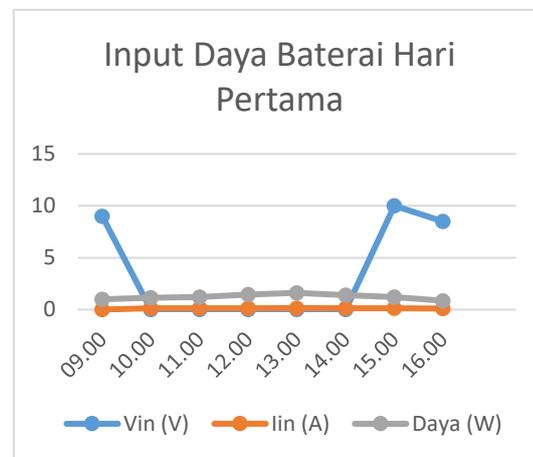
Hasil penelitian menggunakan antarmuka *Blynk*, didapati bahwa pada interval waktu tertentu, baterai mencapai puncak kinerja pada pukul 13.00 WIB. Pada saat tersebut, nilai  $V_{in}$  mencapai 11,5 V,  $I_{in}$  sebesar 0,14 A, dan daya mencapai 1,61 W sesuai Tabel 5.



a



b



c

Gambar 12 a) Penguian Panel Surya 5Wp Hari Pertama; b) Pengukuran Motor; c) Input Daya Baterai

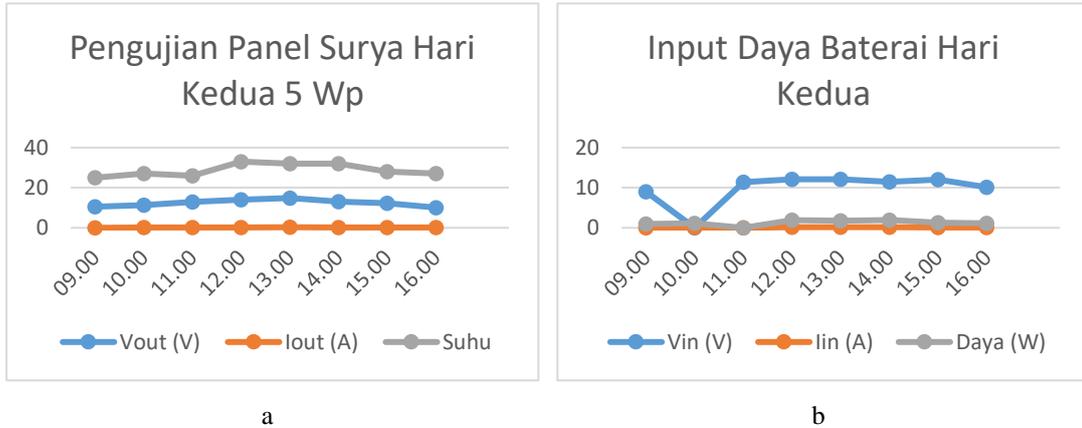
Grafik kinerja baterai dan puncak daya, pukul 13.00 WIB sesuai gambar 12 a, b dan c dapat diamati dengan jelas untuk memberikan informasi efisiensi pengisian dan penyimpanan daya pada baterai.

### 3.1.2. Pengujian Hari Kedua

Tabel 6 Pengujian Baterai Pada Hari Kedua

No.	Waktu Interval	V <sub>in</sub> (V)	I <sub>in</sub> (A)	Daya (W)
1.	09.00	11,4	0,12	1,4
2.	10.00	12,1	0,16	1,9
3.	11.00	12,1	0,15	1,8
4.	12.00	11,5	0,17	1,95
5.	13.00	12	0,11	1,32
6.	14.00	10,1	0,11	1,11
7.	15.00	10,2	0,18	1,83
8.	16.00	9	0,17	1,53

Tabel 6 dari hasil penelitian menggunakan antarmuka *Blynk*, terdeteksi bahwa interval baterai mencapai puncak kinerja pada pukul 10.00 WIB, dengan parameter  $V_{in}$  sebesar 12,1 volt,  $I_{in}$  sebesar 0,16 A, dan daya sebesar 1,61 W.



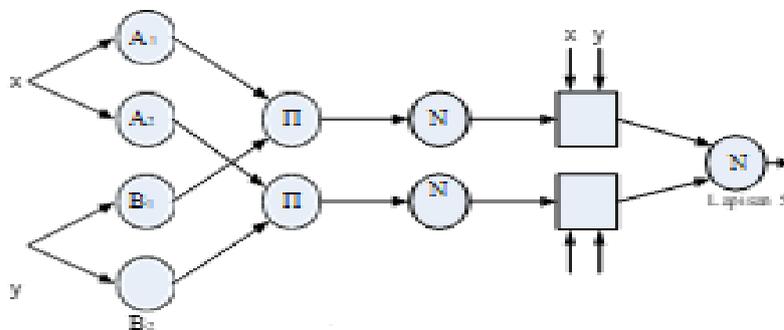
Gambar 13 a) Pengujian Panel Surya 5Wp Hari Kedua; b) Daya *Input* Baterai Hari Kedua

Grafik performa baterai pada berbagai waktu selama pengujian. Puncak daya pada pukul 10.00 WIB, efisiensi pengisian dan penyimpanan daya di baterai.



Gambar 14 Rancang Panel Surya

### 3.2. Efisiensi pengisian dan penggunaan panel surya pada motor DC dengan Fuzzy Logic ANFIS



Gambar 15 Struktur ANFIS

*Neuro-fuzzy* merupakan hasil gabungan antara dua sistem, yaitu sistem logika *fuzzy* dan jaringan syaraf tiruan. Sistem *neuro-fuzzy* didasarkan pada sistem *inferensi fuzzy* yang diatur melalui

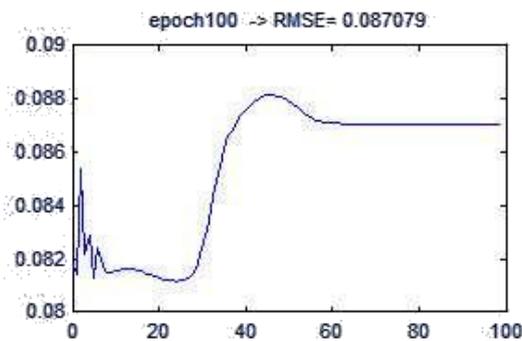
algoritma pembelajaran turunan dari jaringan syaraf tiruan. Salah satu struktur yang umum dikenal adalah seperti yang terlihat pada Gambar 15. Dalam struktur ini, sistem inferensi *fuzzy* yang diterapkan menggunakan model inferensi *fuzzy Takagi-Sugeno-Kang*. Proses penentuan pengisian dan pemakaian *solar cell* mempertimbangkan data-*input* yang telah terkumpul sebelumnya. Data yang diterapkan pada tahap pelatihan berasal dari tabel data percobaan pengujian baterai pada hari pertama dan kedua [22].

Pengujian terhadap pengaruh laju pembelajaran ( $\alpha$ ) terhadap jumlah *epoch* yang diperlukan untuk mencapai nilai *root mean square error* (RMSE) sebesar 0,081214 disajikan oleh Tabel 7 sebagai berikut.

Tabel 7 Pengaruh Laju Pembelajaran pada RMSE

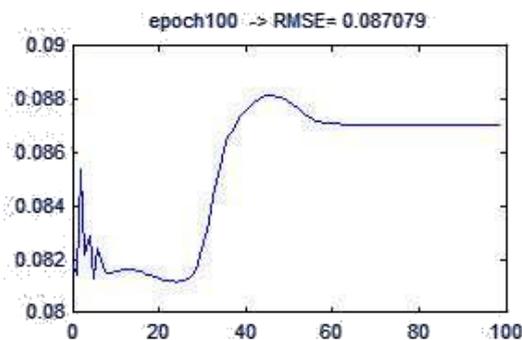
$\alpha$	0,1	0,01	0,001	0,0001	0,00001
RMSE	0,0855	0,0838	0,0870	0,0823	0,0812

RMSE dan bagaimana pembelajaran terhadap RMSE yang dilakukan, adalah matrik evaluasi yang umum digunakan dalam statistika dan *machine learning* untuk mengukur seberapa baik model memprediksi nilai sebenarnya. Ini mengukur rata-rata dari selisih antara nilai prediksi dan nilai sebenarnya, setelah selisih dikuadratkan dan kemudian diambil akar kuadrat dari rata-rata tersebut sesuai dengan gambar 16.



Gambar 16 Pembelajaran Terhadap RMSE

Grafik perbandingan pada gambar 17 tentang pelatihan antara status aktual dengan hasil ANFIS, dapat dilihat bahwa secara keseluruhan, hasil pelatihan menggunakan ANFIS sudah mendekati nilai aktual dari status keefesian pemakaian dan pengisian *solar cell*.



Gambar 17 Perbandingan Pengujian Aktual dan ANFIS

Pada awal pelatihan, khususnya pada hari pertama pengujian baterai, model belum sepenuhnya mampu mengenali status aktual dengan baik. Hasil dari ANFIS pada awalnya cenderung berada di atas nilai aktual. Hal ini terjadi pada periode ketika matahari belum mencapai puncak terik, khususnya selama pengetesan pada pukul 09.00-10.00. Namun, mulai dari pukul 11.00-14.00, model sudah mampu mengenali status dengan lebih akurat.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan mengenai model neuro fuzzy, yaitu model ANFIS (*adaptive neuro fuzzy inference sistem*) yang diaplikasikan untuk menentukan perbandingan efisiensi antara pengisian dan pemakaian *solar cell* pada motor dc cukup baik, dan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut: laju pembelajaran yang digunakan ANFIS untuk mendapatkan RMSE dan *epoch* yang optimal sebesar 0,00001 yang menghasilkan RMSE sebesar 0,081109 dan MAPE sebesar 15,2084%, sedangkan pada proses pengujian dihasilkan MAPE sebesar 10,2041%.

Penerapan *Fuzzy Logic*: Penggunaan *fuzzy logic* dalam mengendalikan panel surya untuk motor DC dapat meningkatkan efisiensi penggunaan energi. *Fuzzy logic* memungkinkan sistem untuk mengatur daya yang dihasilkan oleh panel surya secara adaptif sesuai dengan kondisi lingkungan dan kebutuhan motor DC. Penyesuaian Otomatis: *Fuzzy logic* memungkinkan sistem untuk menyesuaikan daya yang dihasilkan oleh panel surya secara otomatis berdasarkan variabel-variabel seperti intensitas cahaya matahari, suhu lingkungan, dan beban yang diperlukan oleh motor DC. Hal ini dapat meningkatkan kinerja sistem secara keseluruhan. Efisiensi Energi: Dengan menggunakan *fuzzy logic*, panel surya dapat mengoptimalkan penggunaan energi dengan lebih efisien. Hal ini dapat mengurangi pemborosan energi dan meningkatkan produktivitas motor DC. Kestabilan Sistem: *Fuzzy logic* juga dapat membantu menjaga stabilitas sistem dengan menghindari fluktuasi daya yang tiba-tiba. Ini dapat mencegah kerusakan pada motor DC dan panel surya akibat perubahan yang tiba-tiba dalam intensitas cahaya matahari atau beban. Keandalan: Dengan menggabungkan *fuzzy logic* dalam sistem kontrol, panel surya dan motor DC dapat bekerja dengan lebih andal dalam berbagai kondisi lingkungan. Ini meningkatkan masa pakai peralatan dan mengurangi biaya perawatan.

Penerapan *fuzzy logic* dalam pengendalian panel surya untuk motor DC dapat meningkatkan efisiensi, keandalan, dan kinerja sistem secara keseluruhan. Hal ini dapat memberikan manfaat yang signifikan dalam penggunaan energi terbarukan dan pemeliharaan peralatan dalam jangka panjang.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Kiswanto, O. Penangsang, and A. Soeprijanto, "Transient Power Quality Performance of Multi Photovoltaics using MPPT P and O / MPPT Fuzzy," vol. 16, no. 6, pp. 2967–2979, 2018, doi: 10.12928/TELKOMNIKA.v16i6.9897.
- [2] A. Transfer, S. Ats, and M. Arduino, "Automatic Transfer Switch ( ATS ) Using Arduino Uno , IoT-Based Relay and Monitoring dan Monitoring Berbasis IoT," Jurnal JTECS pp. 1–8.
- [3] A. Kiswanto, E. Prasetyo, and Amirullah, "Mitigation Voltage Sag/Swell and Harmonics Using DVR Supplied by BES and PV System," 2018 *Electr. Power, Electron. Commun. Control. Informatics Semin. EECCIS 2018*, pp. 36–41, 2018, doi: 10.1109/EECCIS.2018.8692788.
- [4] A. Fahri, Z. Fauzi, and A. Kiswanto, "Power Outage Sensing Device based on IOT for Service Quality Evaluation in the PLN Distribution System," vol. 13, no. 2, pp. 155–160, 2021.
- [5] E. N. Cahyono and A. Kiswanto, "Mini Scada Plts Berbasis Arduino Uno Dan Visual Basic Menggunakan Web Api Crud," *SinarFe7*, pp. 441–446, 2019, [Online]. Available: <http://ejournal.fortei7.org/index.php/SinarFe7/article/download/88/84>
- [6] E. Engineering, S. Program, U. B. Surabaya, K. Gayungan, and J. Timur, "ELECTRICAL ANALYSIS USING ESP-32 MODULE IN," vol. 7, no. 2, pp. 1273–1284, 2022.
- [7] H. D. Paminto and A. Kiswanto, "Volume 3 Issue 1 Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering RANCANG SIMULASI SISTEM OVER CURRENT RELAY PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20KV MENGGUNAKAN ETAP," vol. 3, no. 1, pp. 45–49.

- [8] R. Bangun, B. Charge, C. Atmega, and M. Sepeda, "Design of Atmega2560 Charge Controller Battery Using Static Bicycle," vol. 7, no. 1, pp. 79–93, 2023.
- [9] M. Thingspeak, "Voltage and Frequency Controller for Wind Turbine With PID Controller , PWM and Thingspeak Monitor".
- [10] R. Bangun, S. Proteksi, S. B. Motor, P. Waktu, and W. Heater, "Design of Single Phase Motor Current , Voltage , Over Temperature Protection System and Temperature Timing in Water Heater".
- [11] D. I. Industri, "PERBANDINGAN PENGGUNAAN MODEL FILTER PASIF DAN FILTER AKTIF SERI TIGA PHASA UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS DAYA LISTRIK AKIBAT BEBAN NON-LINIER," pp. 25–36, 2016.
- [12] A. Kiswanto *et al.*, "Rancang Bangun Proteksi Transmisi Listrik Terhadap Multi Gangguan," vol. 05, no. 02, pp. 113–118, 2023.
- [13] A. Kiswanto and A. P. Putra, "Analisa Perancangan Sistem Transmisi Pembangkit dengan Power 150 KVA dan proteksi gangguan listrik di penyaluran 10 KVA," pp. 565–568.
- [14] S. Nasional, T. Elektro, S. Informasi, and T. Informatika, "Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi, dan Teknik Informatika," 2021.
- [15] A. Kiswanto and A. P. Putra, "Analisa Perancangan Sistem Transmisi Pembangkit dengan Power 150 KVA dan proteksi gangguan listrik di penyaluran 10 KVA," pp. 384–387.
- [16] T. M. Iot, "Remote reading beban listrik pada rumah yang terintegrasi menggunakan iot," vol. 3, no. 2, pp. 143–147.
- [17] A. Kiswanto, P. Studi, T. Elektro, U. B. Surabaya, B. Arus, and P. Daya, "Analisa kelistrikan pada gedung fakultas teknik universitas bhayangkara surabaya".
- [18] S. Permana, "PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU MENGGUNAKAN BEBAN".
- [19] P. Hermawan and A. Kiswanto, "Rancang Bangun Automatic Transfer Switch ( Ats ) Dan Automatic Main Failure ( Amf ) Berbasis Arduino Uno R328P Pada Prototipe Pembangkit," *Semin. Nas. Fortei7-3*, pp. 101–106, 2020.
- [20] Y. Hermanto, "Prototype Monitoring Electricity System 220v of Wind Power Plant ( PLTB ) based on the Internet of Things," vol. 01, 2021, doi: 10.31763/iota.v1i3.469.
- [21] D. B. Prasetyo and A. Kiswanto, "SINKRONISASI DAN MONITORING GENERATOR DENGAN PENGENDALI BERBASIS ARDUINO MEGA 2560," vol. 3, no. 2, pp. 163–170.
- [22] E. N. Cahyono, "Profil otomatisasi distribusi sistem tenaga listrik universitas bhayangkara surabaya," no. 1, pp. 18–24, 2021.