

Rancang Bangun dan Analisis Alat *Monitoring* Panel Surya tipe *Off-Grid* Secara *Real-time*

Nurhalim¹, Andhika Adiputra², Iswadi Hasyim Rosma³, Suwitno⁴, Ery Safrianti⁵, Antonius Rajaguguk⁶,
R.A. Rizka Qori Yuliani P.⁷, Mukmin Maulana Latin⁸, Hudaya Muna Putra⁹

Teknik Elektro, Universitas Riau

Alamat kampus Penulis pertama dan kedua, kota kode pos
Kampus Bina Widya, Jalan HR. Soebrantas KM. 12.5, Pekanbaru, 28293
e-mail: andhika.adiputra3395@student.unri.ac.id

Abstrak— Penelitian ini membahas perancangan dan pembuatan sistem *monitoring* panel surya tipe *off-grid* berbasis Internet of Things (IoT). Latar belakang penelitian ini berawal dari perlunya sistem pemantauan otomatis untuk mengetahui performa Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) secara *real-time* tanpa harus melakukan pencatatan manual. Sistem dirancang menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 dan modul ESP8266. Metode penelitian meliputi tahap simulasi menggunakan aplikasi Proteus, perancangan sistem perangkat keras dan perangkat lunak, kalibrasi sensor, serta pengujian langsung pada sistem PLTS. Data hasil pengukuran dikirim secara *real-time* ke platform ThingSpeak dan juga disimpan dalam microSD sebagai *data logger*. Parameter yang diukur mencakup tegangan, arus, dan daya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem *monitoring* mampu menampilkan data secara *real-time* melalui LCD 20x4 dan platform ThingSpeak dengan tingkat kesalahan pembacaan sensor yang sangat rendah (*error* < 5%). Alat *monitoring* panel surya berbasis IoT berhasil dirancang dan berfungsi dengan baik dalam membaca, menampilkan, dan menyimpan data keluaran panel surya secara *real-time*. Sistem ini memberikan kemudahan dalam pemantauan performa panel surya serta dapat dijadikan referensi untuk pengembangan teknologi *monitoring* energi terbarukan selanjutnya.

Kata kunci: *Monitoring*, Panel surya, Arduino Mega 2560, Proteus, IoT

Abstract— This research on the design and development of an off-grid solar panel monitoring system based on the Internet of Things (IoT). The background of this research stems from the need for an automatic monitoring system to determine the performance of Solar Power Plants (SPPs) in real-time without having to take manual records. The system was designed using an Arduino Mega 2560 microcontroller and an ESP8266 module. The research methods included simulation using the Proteus application, hardware and software system design, sensor calibration, and direct testing on the PLTS system. The measurement data was sent in real-time to the ThingSpeak platform and also stored in a microSD card as a data logger. The parameters measured include voltage, current, and power. The test results show that the monitoring system is capable of displaying data in real-time through a 20x4 LCD and the ThingSpeak platform with a very low sensor reading error rate (*error* < 5%). The IoT-based solar panel monitoring device has been successfully designed and functions well in reading, displaying, and storing solar panel output data in real-time. This system provides ease in monitoring solar panel performance and can serve as a reference for the development of future renewable energy monitoring technologies.

Keywords: *Monitoring*, Solar panel, Arduino Mega 2560, Proteus, IoT

I. PENDAHULUAN

Energi surya merupakan salah satu bentuk sumber energi alternatif yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan. Pemanfaatannya memerlukan teknologi berupa panel surya yang berfungsi mengubah radiasi sinar matahari menjadi energi listrik yang dapat digunakan. [1]. Dalam penerapannya, Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) memerlukan proses pemantauan agar kinerjanya dapat terawasi secara berkelanjutan. Saat ini, kegiatan *monitoring* tersebut masih dilakukan secara manual, yaitu dengan mengamati langsung tampilan nilai parameter pada monitor level meter yang terdapat di sistem PLTS. Penggunaan *data logger* pada panel surya memiliki peranan yang signifikan, karena melalui sistem pemantauan dan pencatatan data ini, pengguna dapat dengan mudah mengetahui performa panel surya secara *real-time*, sehingga efisiensi dan efektivitas pengelolaan energi dapat meningkat. [2]. Penggunaan *data logger* pada sistem panel surya memiliki peran yang sangat penting, karena melalui keberadaan sistem pemantauan dan pencatatan data tersebut, proses pengawasan kinerja panel surya dapat dilakukan dengan lebih mudah dan efisien. Dengan teknologi ini, manusia dapat memperoleh informasi mengenai performa panel surya secara *real-time*, sehingga memungkinkan evaluasi dan pengambilan keputusan yang lebih cepat serta akurat dalam pengelolaan energi. [3]. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah menerapkan sistem *monitoring* panel surya secara *real-time* dan mengembangkan sistem *monitoring* yang mampu memantau parameter kinerja utama panel surya.

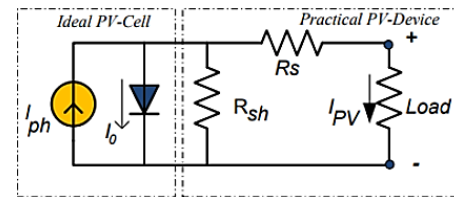
II. STUDI PUSTAKA

Sejumlah penelitian terdahulu yang dijadikan acuan dalam proses perancangan dan analisis alat pemantauan parameter pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) tipe *off-grid* secara *real-time*, antara lain membahas tentang pengembangan alat *monitoring* kinerja panel surya yang dirancang menggunakan kombinasi sensor INA219, sensor DHT22, mikrokontroler ESP32, serta aplikasi Blynk sebagai antarmuka pengguna. Dalam sistem tersebut, sensor INA219 berfungsi untuk mengukur besaran tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel surya guna memperoleh data performa sistem secara akurat dan berkesinambungan. [4]. Perancangan alat *monitoring* ini dilakukan dengan tujuan untuk mengamati pengaruh suhu terhadap besaran tegangan dan arus keluaran dari panel surya. Sistem pemantauan tersebut dibangun dengan memanfaatkan mikrokontroler ESP8266, sensor PZEM 017, dan sensor DHT11 sebagai komponen utama dalam pengumpulan serta pengolahan data. Ketika suhu permukaan panel surya tercatat sebesar 32°C, hasil pemantauan menunjukkan nilai tegangan dan arus yang relatif rendah. Namun, ketika suhu meningkat hingga 34°C, tegangan dan arus keluaran mencapai titik maksimum, menandakan adanya korelasi positif antara kenaikan suhu dan peningkatan performa panel surya pada kondisi tertentu [5].

A. Photovoltaic

Photovoltaic (PV) merupakan suatu teknologi yang berperan dalam mengubah atau mengonversi radiasi sinar matahari secara langsung menjadi energi listrik. Umumnya, sistem PV dikonfigurasi dalam bentuk satuan atau

perangkat tersusun yang dikenal dengan istilah modul surya, yang berfungsi sebagai komponen utama dalam proses konversi energi tersebut [6].



Gambar 1. Rangkaian Ekuivalen PV [7]

Munculnya arus listrik pada sel surya ketika terkena paparan cahaya matahari disebabkan oleh proses absorpsi foton, yang memicu terbentuknya pasangan *hole* dan elektron. Selanjutnya, pasangan muatan tersebut dikumpulkan dan dipisahkan oleh persambungan p-n (*p-n junction*), sehingga tercipta beda potensial antara lapisan bertipe-p dan lapisan bertipe-n yang kemudian menghasilkan aliran arus listrik. [6].

B. Sumber Potensial (Tegangan) Listrik

Tegangan listrik atau potensial listrik merupakan energi atau tenaga yang diperlukan suatu muatan untuk bergerak dari suatu titik ke titik yang lain. Atau dengan kata lain, tegangan adalah kerja persatuan muatan [8]. Perbedaan potensial pada titik yang berbeda dapat terjadi apabila pada rangkaian dipasang sumber potensial listrik yang dikenal juga dengan istilah ggl (gaya gerak listrik) [9].

$$V = I \cdot R \quad (1)$$

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

R = Tahanan/ resistansi (Ω)

C. Arus Listrik

Arus listrik adalah aliran muatan listrik atau muatan listrik yang mengalir tiap satuan waktu. Muatan adalah satuan terkecil dari atom atau sub bagian dari atom. Muatan akan bergerak jika ada energi luar yang memengaruhinya. Selama muatan tersebut terus bergerak maka akan muncul arus listrik, tetapi ketika muatan tersebut diam maka arus pun akan hilang [9].

$$I = V/R \quad (2)$$

Keterangan:

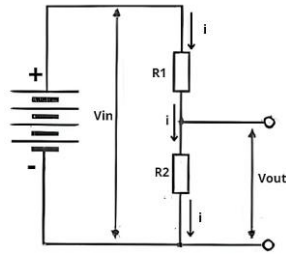
I = Arus (Ampere)

V = Tegangan (Volt)

R = Tahanan/ resistansi (Ω)

D. Pembagi Tegangan

Rangkaian semacam ini disebut juga sebagai rangkaian pembagi tegangan (*Potensial divider*). Tegangan ini menyebabkan arus mengalir melewati kedua resistor R1 dan R2. Karena kedua resistor terhubung secara seri, arus yang sama besarnya mengalir melewati tiap-tiap resistor [10].



Gambar 2. Rangkaian pembagi tegangan[8].

Tahanan efektif dari kedua resistor seri ini adalah . Jatuh tegangan pada gabungann kedua resistor ini adalah $R1+R2$.

$$V_{out} = V_{in} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (3)$$

Dimana,

V_{in} = Tegangan input (v)

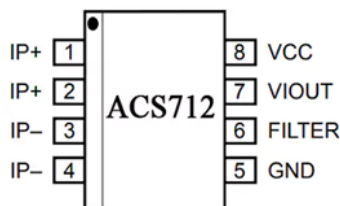
V_{out} = Tegangan output (v)

R_1 = Resistansi 1 (Ω)

R_2 = Resistansi 2 (Ω)

E. ACS712

ACS712 adalah *Hall Effect current sensor*. *Hall effect allegro* ACS712 merupakan sensor yang presisi sebagai sensor arus DC. Cara kerja sensor ini adalah arus yang dibaca mengalir melalui kabel tembaga yang terdapat didalamnya yang menghasilkan medan magnet yang di tangkap oleh integrated Hall IC dan diubah menjadi tegangan proporsional. Ketelitian dalam pembacaan sensor dioptimalkan dengan cara pemasangan komponen yang ada didalamnya antara penghantar yang menghasilkan medan magnet dengan hall transducer secara berdekatan. Berikut terminal list dan gambar pin out ACS712 [11].

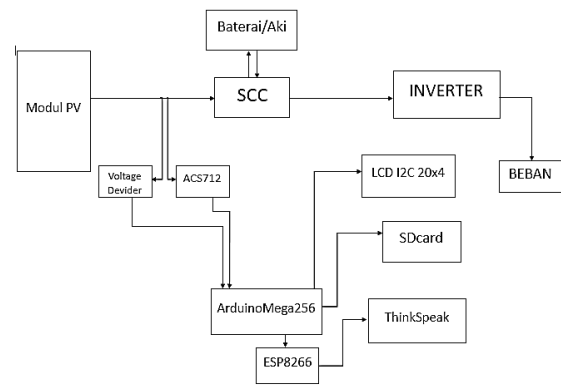


Gambar 3. Pin out ACS712 [9].

II. METODE

A. Perancangan Skema Sistem Monitoring

Perancangan *alat monitoring* panel surya terintegrasi dengan sensor intensitas cahaya dan suhu diawali dengan membuat diagram blok yang akan memberikan gambaran sederhana tentang bagaimana sistem bekerja. Pada perancangan sistem berikut ditampilkan blok diagram dalam perancangan *alat monitoring output* panel surya.

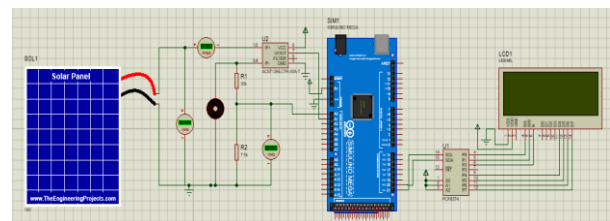


Gambar 4. Pin out ACS712

Diagram blok menunjukkan sistem *monitoring* PLTS berbasis Arduino Mega 2560. Energi dari modul PV masuk ke Solar Charge Controller kemudian ke inverter. Hasil *monitoring* ditampilkan secara langsung melalui LCD I2C 20x4, disimpan pada SD Card, dan dikirim melalui ESP8266 ke platform ThingSpeak untuk pemantauan jarak jauh maupun ekspor data ke Excel.

B. Skema Simulasi Monitoring

Berikut rangkaian pembagi tegangan yang dirangkai di aplikasi Proteus. Rangkaian voltage divider dihubungkan secara paralel dengan output panel surya, dengan titik tengah antara R_1 dan R_2 sebagai output yang terhubung ke pin analog A0 dan ACS712 yang dihubungkan secara seri ke pin A1.

Gambar 5. Simulasi *monitoring* keluaran panel surya

Dengan nilai resistor yang digunakan:

$$R_1 = 30.000 \, \Omega, R_2 = 7.500 \, \Omega$$

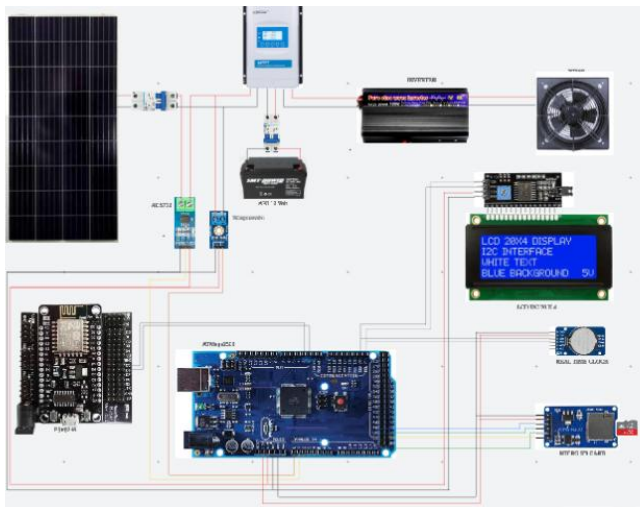
$$\text{Rasio pembagi} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{7500 \, \Omega}{30.000 \, \Omega + 7500 \, \Omega} = \frac{1}{5} = 0,2$$

Konfigurasi ini menghasilkan rasio pembagian 1:5, yang berarti tegangan input maksimal 25V akan menghasilkan output 5V yang dapat dibaca dengan aman oleh ADC mikrokontroler. Pengukuran arus DC diperlukan untuk memantau besarnya arus yang dihasilkan panel surya. Pengukuran arus DC pada sistem ini menggunakan modul sensor ACS712 dengan kapasitas maksimal 30 A.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

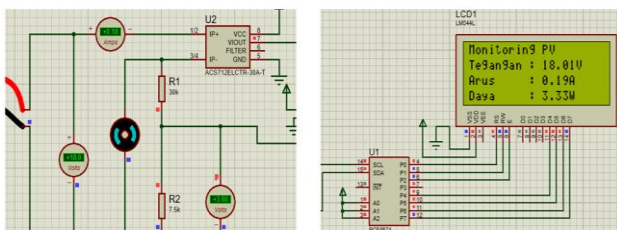
Penerapan sistem *monitoring* pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sangat penting untuk memastikan kinerja dan efisiensi sistem berjalan optimal. Dengan adanya sistem *monitoring*, setiap parameter utama seperti tegangan, arus, daya, suhu panel, serta intensitas cahaya

matahari dapat dipantau secara *real-time*.



Gambar 5. Simulasi *monitoring* keluaran panel surya

Pada simulasi keluaran panel surya, digunakan panel surya dengan tegangan keluaran yang diatur sebesar 18 V serta beban motor DC dengan resistansi sebesar 100 Ω . Hasil pengukuran parameter meliputi tegangan, arus, dan daya dari panel surya ditampilkan melalui LCD I2C berukuran 20 x 4. Posisi voltmeter dan ammeter pada rangkaian ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 6. Simulasi *monitoring* keluaran panel surya

Berdasarkan gambar 6, dapat dihitung persentase perbandingan antara parameter yang ditampilkan pada LCD dengan nilai sebenarnya yang ditunjukkan oleh voltmeter dan ammeter. Pada parameter tegangan, LCD menampilkan nilai sebesar 18,01 V, sedangkan voltmeter menunjukkan 18,0 V. Pada parameter arus, LCD menampilkan nilai sebesar 0,19 A, sedangkan ammeter menunjukkan 0,18 A. Sementara itu, untuk parameter daya, LCD menampilkan nilai sebesar 3,33 W, sedangkan hasil perhitungan daya menunjukkan 3,24 W. Berdasarkan data tersebut, maka dengan rumus II.2 didapatkan error tegangan sebesar 0,056 %, error arus sebesar 5,5 %, dan *error* daya sebesar 2,77 %.

Pada pengujian, pengukuran tegangan dan arus dilakukan menggunakan *clamp meter*. *Probe* pada *clamp meter* dihubungkan ke terminal yang ada pada alat *monitoring* yang menjadi penghubung antara panel surya ke *solar charge controller* (SCC). Pengujian ini dilakukan ketika PLTS berjalan secara normal dengan diberi beban. Berikut adalah tabel pengujian tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel surya.

Tabel 1. Data pengujian alat *monitoring*

Jam	Alat <i>Monitoring</i>			Multimeter		<i>Error</i>	
	V PV (V)	I PV (A)	P PV (W)	V PV (V)	I PV (A)	V PV (%)	I PV (%)
10:00	14,5	1,09	15,81	14,42	1,11	0,55	1,80
11:00	14,38	1,40	20,13	14,33	1,42	0,35	1,41
12:00	13,95	1,76	24,58	13,91	1,74	0,29	1,25
13:00	13,66	1,53	20,84	13,62	1,51	0,29	1,04
14:00	13,8	1,64	22,63	13,75	1,67	0,36	1,82
15:00	14,3	1,32	18,88	14,28	1,3	0,14	1,54

Tabel 4.2 menyajikan perbandingan hasil pengukuran Tegangan PV, Arus PV, dan Daya PV dari panel surya yang diamati setiap jam dari pukul 10:00 hingga 15:00. Daya PV tertinggi 24,58 W dan Arus PV tertinggi 1,76. Untuk mengetahui kinerja sensor, maka penulis menggunakan rumus II.9 untuk mengetahui besar *error* nya. Pada contoh pengukuran kedua parameter tegangan, LCD adalah 14,38 V, sedangkan hasil pengukuran menggunakan multimeter menunjukkan 14,33 V. Dengan demikian, nilai *error* yang diperoleh adalah sebagai berikut:

$$\text{error} = \frac{|14,38 - 14,33|}{14,33} \cdot 100\%$$

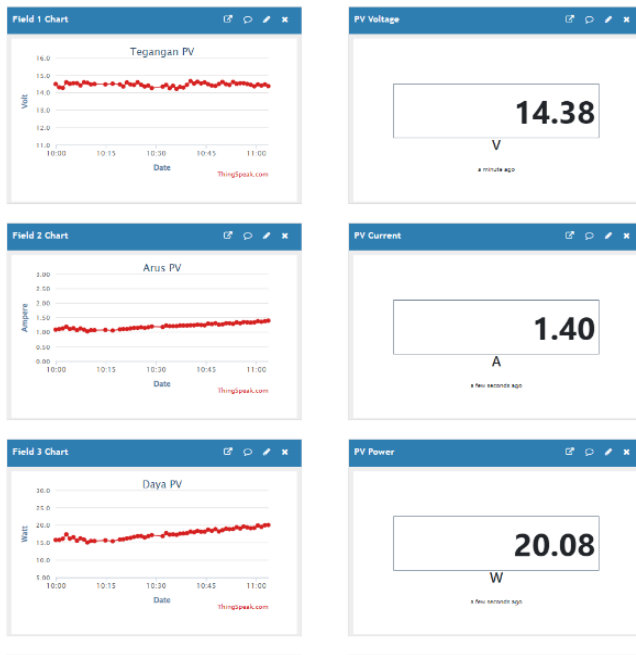
$$\text{error} = 0,35 \%$$

Pada contoh pengukuran kedua parameter arus, LCD adalah 1,4 A, sedangkan hasil pengukuran menggunakan multimeter menunjukkan 1,42 A. Dengan demikian, nilai *error* yang diperoleh adalah sebagai berikut:

$$\text{error} = \frac{|1,4 - 1,42|}{1,42} \cdot 100\%$$

$$\text{error} = 1,41 \%$$

Berdasarkan pengujiannya, dapat dilihat informasi parameter-parameter kelistrikan PLTS dan kondisi lingkungan. Pada *website* ini, ditampilkan 8 parameter pengukuran PLTS meliputi keluaran panel surya, beban dilayani, intensitas cahaya, radiasi, dan efisiensi panel surya. Berdasarkan visualisasi pada *website* Thinkspeak, tercatat historis pencatatan 1 terakhir.



Gambar 6. Tampilan pada ThinkSpeak

V. KESIMPULAN

Alat *monitoring* panel surya berhasil dirancang dengan mengintegrasikan sensor pembagi tegangan dan arus. Dalam pembuatan alat ini sangat memerlukan metode kalibrasi mengingat sensor yang digunakan merupakan sensor analog. Berdasarkan data yang didapat, alat mampu mendeteksi daya PV tertinggi 24,58 W dan Arus PV tertinggi 1,76 A. Sistem ini mampu melakukan pembacaan dan menampilkan data keluaran panel surya secara *real time*, sehingga pengguna dapat memantau performa panel surya secara langsung. Sistem *monitoring* ini terhubung dengan platform IoT berbasis *cloud*, sehingga setiap data parameter hasil pembacaan sensor meliputi tegangan, arus dan daya yang tersimpan secara otomatis secara *online*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Rauf, F. Rachim, A. T. Dahri, H. Andre, R. A. M. Napitupulu, and ..., *Matahari sebagai Energi Masa Depan/ Panduan Lengkap Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)*, vol. 1. 2023. [Online]. Available: <https://repository.uhn.ac.id/handle/123456789/9285>
- [2] A. P. Yuda, D. Riyanto, and J. S. Habiby, "Monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Surya dilengkapi Informasi Lokasi," *Digit. Transform. Technol.*, vol. 3, no. 1, pp. 316–325, 2023.
- [3] H. Suryawinata, D. Purwanti, and S. Sunardiyo, "Sistem Monitoring Pada Panel Surya Menggunakan Data Logger Berbasis Atmega 328 Dan Real Time Clock DS1307," *J. Tek. Elektro*, vol. 9, no. 1, pp. 30–36, 2017.
- [4] I. Inayah, N. Hayati, A. Nurcholis, A. Dimiyati, and M. G. Prasetya, "Realtime Monitoring System of

Solar Panel Performance Based on Internet of Things Using Blynk Application," Elinvo (Electronics, Informatics, Vocat. Educ., vol. 7, no. 2, pp. 135–143, 2023, doi: 10.21831/elinvo.v7i2.53365.

- [5] D. Putrayana and B. Purwoto, "Monitoring Pengaruh Suhu terhadap Tegangan dan Arus yang dihasilkan oleh Panel Surya berbasis IoT." 2020.
- [6] Samsurizal, Mauriraya, T. Kartika, M. Fikri, N. Pasra, and Christiono, "Pengenalan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)." pp. 1–53, 2021.
- [7] M. Y. Maulana, B. Pramono Jati, and I. Widiastuti, "Analisa Perbandingan Efisiensi Konversi Energi antara PV (*Photovoltaic*) *Monocrystalline* 50 WP dan *Polycrystalline* 50 WP Pada Berbagai Intensitas Cahaya," *Cyclotron*, vol. 7, no. 02, pp. 1–7, 2024, doi: 10.30651/cl.v7i02.21821.
- [8] F. ratna Sari, "Bab 2 Pengertian Arus Tegangan dan Daya Listrik." pp. 5–24, 2021. [Online]. Available: <https://bawuran-bantul.desa.id>
- [9] J. Siswanto, S. Endang, and J. Budi, *Fisika Dasar : Listrik Arus Searah dan Kemagnetan*, vol. 3. 2018.
- [10] Willem, *Teknik Listrik Dasar Otomotif*. Kementerian Pendidikan & Kebudayaan, 2013.
- [11] Y. B. Yonanda, "Monitoring Arus Beban yang Tersalurkan Pada Gardu Induk PLTU Gresik Dengan Android Menggunakan Bluetooth HC-O5 Berbasis Mikrokontroler ARM," *Gresik*, pp. 6–16, 2017, [Online]. Available: <http://digilib.umg.ac.id/gdl.php?mod=browse&op=read&id=jipptumg--yogabagusy-2574&q=YOGA BAGUS YONANDA>