

Monitoring Kinerja PLTS 2x100Wp Menggunakan Parameter Arus, Daya, dan Intensitas Matahari dengan Metode Eksperimen

Putri Amelia¹, Yudi Wijanarko², Sabila Rasyad³

¹⁻³ Politeknik Negeri Sriwijaya, Indonesia

Email: putri.amelia.rusman22@gmail.com¹, wijanarko_yudi@polsri.ac.id², sabila_rasyad@polsri.ac.id³

Alamat: Jl. Sriwijaya Negara, Bukit Lama, Kec. Ilir Bar. I, Kota Palembang, Sumatera Selatan 30128, telp. +62 823-7639-5916

Korespondensi email: putri.amelia.rusman22@gmail.com

Abstract. This research aims to monitor the performance of a 2x100Wp Solar Power Plant (PLTS) using the parameters of current, power, and solar intensity. The monitoring system is designed to record and analyze the electrical output of the solar panel in real-time. The experimental method is used by collecting data directly through current and voltage sensors, as well as light sensors connected to a microcontroller. Data was collected to see the relationship between solar intensity and electrical power generated. The test results show that the intensity of the sun greatly affects the amount of current and power generated by the solar panel. This monitoring system can be a tool for learning and analyzing the performance of small-scale solar power systems in a laboratory environment.

Keywords: Monitoring system, Solar Panel, Experiment.

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk memantau kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berkapasitas 2x100Wp dengan menggunakan parameter arus, daya, dan intensitas matahari. Sistem monitoring dirancang untuk merekam dan menganalisis output listrik dari panel surya secara real-time. Metode eksperimen digunakan dengan pengambilan data secara langsung melalui sensor arus dan tegangan, serta sensor cahaya yang terhubung ke mikrokontroler. Data dikumpulkan untuk melihat hubungan antara intensitas matahari terhadap daya listrik yang dihasilkan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa intensitas matahari sangat mempengaruhi besarnya arus dan daya yang dihasilkan oleh panel surya. Sistem monitoring ini dapat menjadi analisis performa sistem PLTS skala kecil di lingkungan laboratorium.

Kata kunci: Sistem Monitoring, PLTS, Eksperimen.

1. LATAR BELAKANG

Kebutuhan akan sumber energi ramah lingkungan semakin meningkat seiring dengan bertambahnya kesadaran akan dampak negatif dari penggunaan energi fosil. Salah satu solusi yang banyak dikembangkan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), karena memanfaatkan energi matahari yang melimpah, bersih, dan terbarukan[1]. Di Indonesia, dengan kondisi geografis yang berada di garis khatulistiwa, potensi energi surya sangat besar dan menjanjikan untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif[2].

Namun, untuk memastikan sistem PLTS dapat beroperasi secara optimal, dibutuhkan sistem monitoring yang mampu merekam dan menganalisis performa panel surya dalam berbagai kondisi cuaca dan waktu. Parameter seperti arus, daya, dan intensitas matahari sangat penting untuk mengetahui efisiensi kerja panel surya dan kualitas energi yang

dihasilkan[3]. Tanpa adanya monitoring yang baik, sulit untuk mengevaluasi apakah sistem bekerja sesuai kapasitas atau mengalami penurunan performa.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan pendekatan eksperimen untuk mengimplementasikan sistem monitoring pada PLTS berkapasitas 2x100Wp. Sistem ini diharapkan mampu merekam data secara real-time[4], menampilkan hubungan antara intensitas cahaya matahari terhadap daya dan arus yang dihasilkan, serta menjadi alat bantu analisis performa sistem PLTS dalam skala laboratorium. Hasil dari penelitian ini juga dapat menjadi referensi untuk pengembangan sistem monitoring PLTS skala kecil berbasis mikrokontroler di lingkungan pendidikan.

2. KAJIAN TEORITIS

A. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

PLTS adalah sistem pembangkit energi listrik yang memanfaatkan energi cahaya matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik menggunakan panel surya (solar panel). Prinsip kerja panel surya didasarkan pada efek fotovoltaiik, yaitu kemampuan material semikonduktor untuk menghasilkan arus listrik ketika terkena cahaya matahari[5].

B. Panel Surya

Panel surya merupakan komponen utama dalam sistem PLTS yang berfungsi mengubah radiasi matahari menjadi energi listrik[6]. Kapasitas daya panel biasanya dinyatakan dalam satuan Watt-peak (Wp), yang menunjukkan output maksimum panel dalam kondisi standar (Standard Test Condition). Panel surya yang digunakan dalam penelitian ini berkapasitas 2x100Wp, yang berarti terdapat dua panel dengan masing-masing output maksimum sebesar 100 watt.

C. Parameter Kinerja PLTS

Untuk mengetahui kinerja suatu sistem PLTS, perlu dilakukan pemantauan terhadap beberapa parameter utama, yaitu:

1. Arus (I) dan Tegangan (V)

Arus dan Tegangan pada penelitian ini diukur melalui Sensor ACS-712. Tujuannya untuk mengukur nilai arus dan tegangan secara *real-time*.

2. Daya (P)

Jika telah mengetahui arus dan tegangan yang dihasilkan oleh Panel Surya, maka akan ditambahkan kode untuk mengetahui besaran energi listrik yang dihasilkan dengan menambahkan kode ($P = V \times I$)[7].

3. Intensitas Matahari (Irradiance)

Besarnya energi matahari yang diterima per satuan luas dalam satuan W/m^2 . Semakin tinggi intensitas matahari, semakin besar daya yang dapat dihasilkan oleh panel surya[8]. Untuk mengukur intensitas cahaya matahari, pada penelitian ini menggunakan Modul Sensor LDR.

D. Sistem Monitoring PLTS

Sistem monitoring adalah rangkaian perangkat keras dan lunak yang digunakan untuk memantau dan merekam parameter kerja PLTS[9]. Monitoring pada penelitian ini yaitu secara lokal (tampil di LCD 20x4) dan secara jarak jauh (IoT). Adapun komponen yang dipakai pada penelitian ini, antara lain:

1. Sensor Arus (ACS-712)

Sensor ACS-712 merupakan sebuah modul sensor untuk mengukur arus baik arus AC maupun arus DC yang menggunakan teknologi Hall Effect[10]. Sensor ACS-712 bekerja berdasarkan prinsip Hall Effect, yaitu fenomena yang terjadi ketika sebuah konduktor yang membawa arus listrik diletakkan dalam medan magnet. Medan magnet yang dihasilkan oleh arus listrik akan mempengaruhi sensor Hall Effect, sehingga menghasilkan sinyal output dengan arus listrik yang diukur.



2. Modul Sensor LDR

Sensor cahaya[11] atau *Photo Sensor* adalah salah satu jenis resistor yang dapat mendeteksi dan mengukur intensitas cahaya di lingkungan sekitarnya. Salah satu jenis photo sensor yang paling umum digunakan adalah *Light Dependent Resistor* (LDR) atau sering disebut juga fotoresistor.



3. Mikrokontroller

Mikrokontroler ESP32 adalah chip mikroprosesor yang terintegrasi ke dalam modul Wi-Fi dan modul Bluetooth[12]. Chip ini dikembangkan dengan tujuan menjadi perangkat dengan penggunaan sumber daya rendah tetapi dengan daya frekuensi radio tinggi dengan output frekuensi radio[13]. Ini menunjukkan ketangguhan dan kekuatan ESP32. Ini berarti digunakan untuk berbagai jenis implementasi.



4. LCD 20x4

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah jenis layar yang menggunakan kristal cair untuk menampilkan gambar, teks, atau grafik dengan konsumsi daya rendah[14]. Dalam sistem PLTS, LCD berfungsi untuk:

1. Menampilkan parameter PLTS. Seperti Tegangan panel surya, arus yang dihasilkan, daya keluaran panel, dan Sensor Cahaya.
2. Mempermudah untuk monitoring langsung tanpa perlu koneksi internet.



Pada penelitian ini, menggunakan LCD I2C yang berukuran 20x4. Prinsip Kerja LCD yaitu LCD bekerja dengan memanfaatkan kristal cair yang dapat mengubah polarisasi cahaya ketika diberi tegangan listrik. Cahaya dari *backlight* akan melewati filter polarisasi dan membentuk tampilan karakter atau grafik berdasarkan susunan piksel yang diaktifkan. Alur kerja LCD dalam sistem PLTS:

1. ESP32 mengolah data sensor tegangan, arus, daya, dan suhu.
2. Data dikirim ke LCD melalui komunikasi I2C.
3. LCD menampilkan informasi dalam bentuk angka dan teks.

3. METODE PENELITIAN

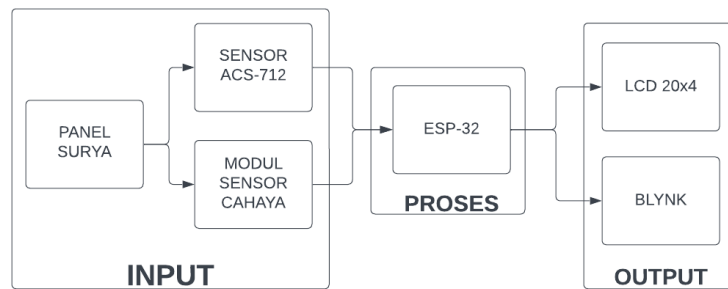
Metode eksperimen merupakan pendekatan yang digunakan untuk mengamati dan menganalisis fenomena melalui pengumpulan data secara langsung di lapangan atau laboratorium[15]. Dalam konteks penelitian ini, metode eksperimen digunakan untuk menguji bagaimana perubahan intensitas cahaya matahari mempengaruhi output daya dan arus pada PLTS 2x100Wp, dengan memanfaatkan sistem monitoring yang telah dirancang dan diimplementasikan.

A. Blok Diagram Sistem

Blok diagram ini menggambarkan sistem monitoring PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) yang menggunakan arsitektur input-proses-output klasik. Pada bagian input, sistem menerima data dari tiga sumber utama yaitu panel surya sebagai objek yang dimonitor, sensor ACS-712 yang berfungsi mengukur arus listrik yang dihasilkan panel surya, dan modul sensor cahaya (LDR) yang mengukur intensitas cahaya lingkungan untuk menentukan kondisi pencahayaan yang mempengaruhi kinerja panel.

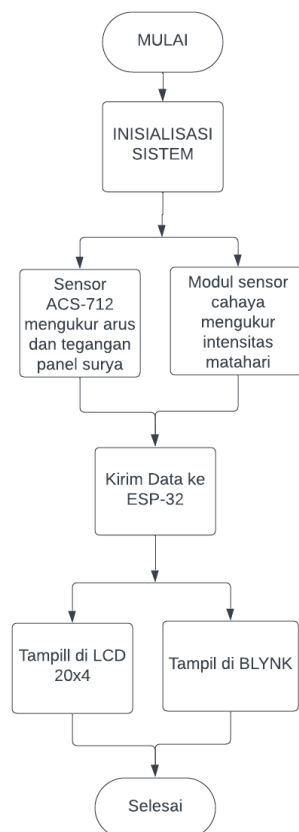
Semua data dari komponen input tersebut kemudian diolah oleh ESP-32 yang berperan sebagai unit pemroses utama. Mikrokontroler ini bertugas mengumpulkan, menganalisis, dan mengkalkulasi berbagai parameter PLTS seperti tegangan, arus, daya yang dihasilkan, serta status intensitas cahaya. ESP-32 dipilih karena kemampuannya dalam pemrosesan data dan konektivitas wireless yang mendukung monitoring jarak jauh.

Hasil pemrosesan data kemudian dikirim ke dua jenis output untuk keperluan monitoring yang berbeda. LCD 20x4 berfungsi sebagai display lokal yang menampilkan parameter PLTS secara real-time di lokasi instalasi, sementara Blynk berperan sebagai platform monitoring remote yang memudahkan pengguna memantau kinerja sistem PLTS dari jarak jauh melalui aplikasi mobile atau web browser, memberikan fleksibilitas monitoring yang lebih luas.



B. Flowchart

Flowchart adalah sistem proses alur kerja yang dibuat untuk dengan mudah memahami dan menjelaskan hubungan antara simbol dan proses tertentu (instruksi) dan proses lain dalam satu program yang menjelaskan urutan proses secara rinci. Flowchart ini menunjukkan alur kerja yang sistematis dan terstruktur dari sistem monitoring PLTS, dimana setiap tahap memiliki fungsi spesifik yang saling terhubung. Proses berakhir pada tahap "SELESAI" yang menandakan satu siklus monitoring telah completed, namun dalam implementasi nyata sistem ini akan beroperasi secara loop kontinyu untuk monitoring real-time yang berkelanjutan.

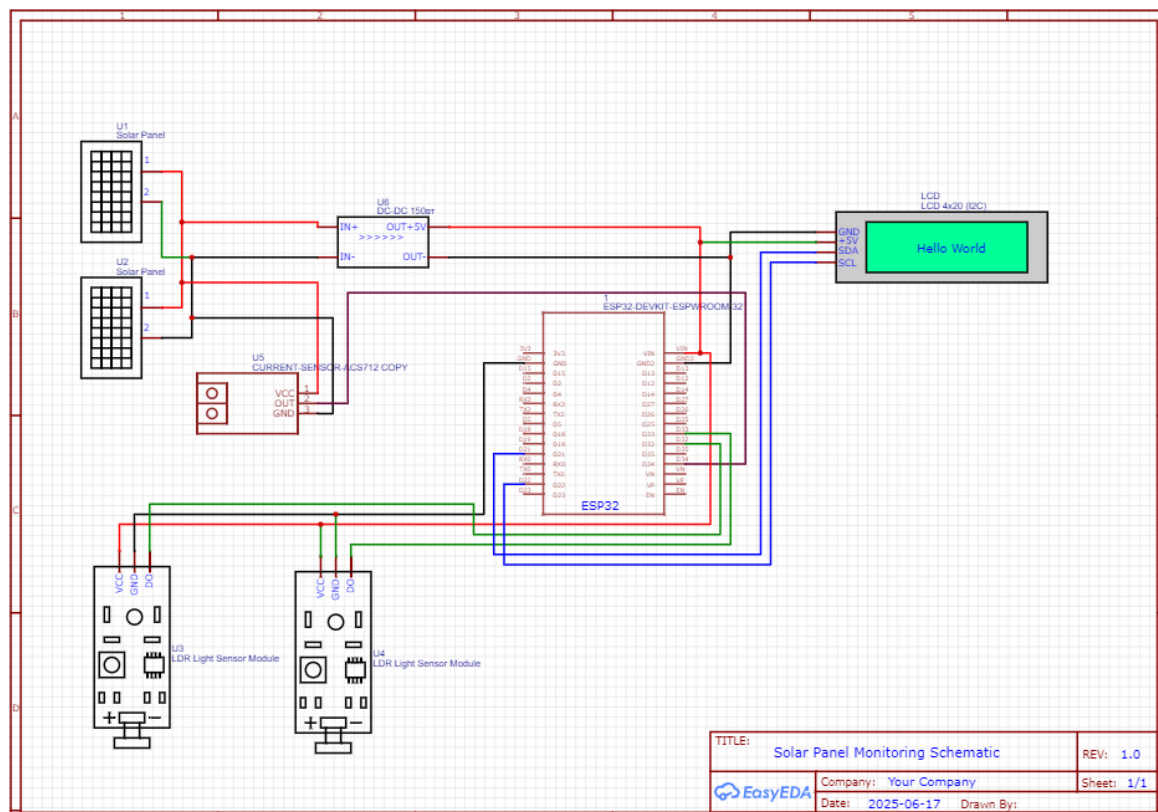


C. Skematik Rangkaian

Skematik diagram adalah representasi visual dari rangkaian elektronik yang menunjukkan hubungan antar komponen menggunakan simbol-simbol standar dan garis penghubung yang merepresentasikan jalur koneksi listrik.

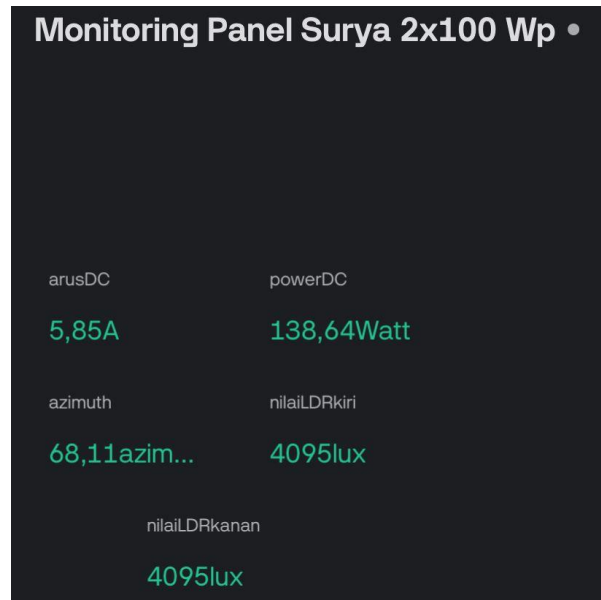
Skematik diagram sistem monitoring panel surya ini, menggambarkan sebuah sistem monitoring yang terdiri dari beberapa komponen utama yang saling terhubung. Pada bagian kiri atas terdapat dua panel surya yang terhubung ke modul sensor tegangan atau arus untuk mengukur output dari panel surya. Di sebelahnya terdapat sensor LDR (Light Dependent Resistor) yang berfungsi mengukur intensitas cahaya lingkungan. Semua sensor ini terhubung ke ESP32 sebagai mikrokontroler utama yang berada di tengah rangkaian, yang bertugas mengumpulkan dan memproses data dari semua sensor.

Output dari sistem ini ditampilkan melalui LCD display yang terletak di bagian kanan atas rangkaian, yang terhubung ke ESP32 melalui komunikasi I2C. Seluruh sistem ini dirancang untuk memberikan monitoring *real-time* terhadap kinerja panel surya, termasuk output listrik yang dihasilkan dan kondisi pencahayaan lingkungan yang mempengaruhi efisiensi panel surya. Koneksi menggunakan kabel berwarna merah untuk jalur positif, hitam untuk ground, dan warna lain untuk jalur data, yang memudahkan dalam proses perakitan dan maintenance sistem.



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan di lokasi laboratorium Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya yang telah dilakukan menghasilkan data arus, tegangan, daya dan intensitas cahaya matahari yang didapatkan setelah melakukan pengujian.



Gambar monitoring pengujian ketika baru diaktifkan (dalam keadaan gelap) dari aplikasi BLYNK

Pengujian ini dilakukan pada tanggal 15 Mei 2025 sekitar pukul 09:00–16:00 WIB.

```
// ===== BACA SENSOR =====
void bacaSensor() {
  // Baca nilai LDR langsung tanpa rata-rata
  nilaiLDRkiri = analogRead(ldrKiri);
  nilaiLDRkanan = analogRead(ldrKanan);

  // Pembacaan sensor ACS712 untuk arus dan tegangan
  float totalArus = 0;
  float totalTegangan = 0;

  for(int i = 0; i < 10; i++) {
    float adcValue = analogRead(SENSOR_ARUS_PIN_ACS712);
    float voltage = (adcValue / 4095.0) * 3.3;

    // Pembacaan arus dari ACS712
    float currentReading = (voltage - 1.65) / 0.1; // ACS712 5A sensitivity
    if(currentReading > 0) totalArus += currentReading;

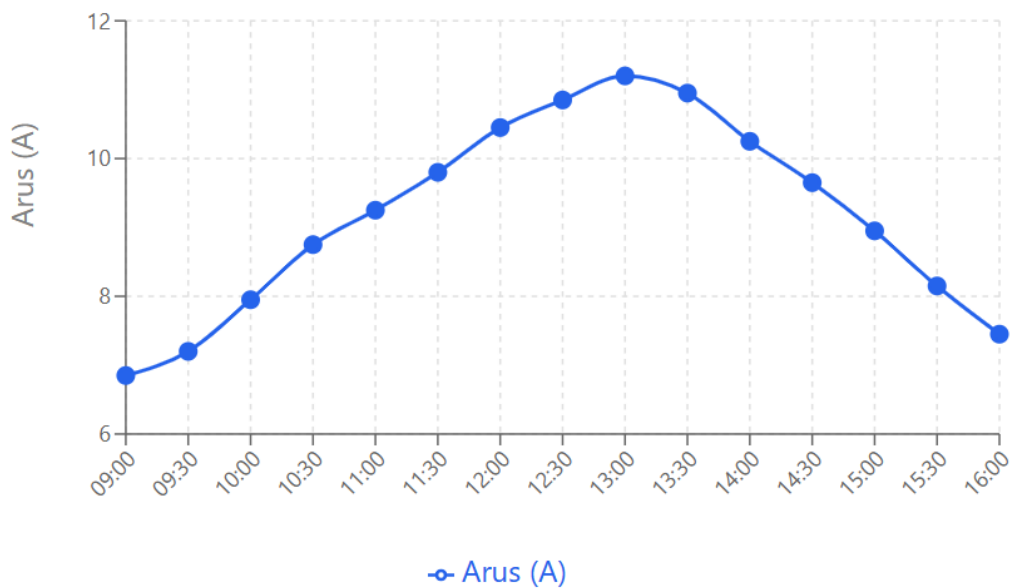
    // Estimasi tegangan berdasarkan karakteristik beban
    // Untuk panel surya, tegangan biasanya sekitar 12-24V
    // Bisa disesuaikan berdasarkan spesifikasi panel surya Anda
    float estimatedVoltage = 12.0 + (currentReading * 2.0); // Asumsi tegangan naik dengan arus
    if(estimatedVoltage > 0) totalTegangan += estimatedVoltage;

    delay(5);
  }

  arusDC = totalArus / 10.0;
  if(arusDC < 0.01) arusDC = 0.0;

  teganganDC = totalTegangan / 10.0;
  if(teganganDC < 1.0) teganganDC = 12.0; // Default voltage ketika tidak ada arus

  // Hitung daya
  powerDC = arusDC * teganganDC;
}
```

Grafik data

Pada gambar diatas adalah grafik pengujian selama 7 jam sensor berjalan dan program berhasil dilakukan dalam pengiriman ke database, dan data berhasil masuk ke database yang dimiliki oleh BLYNK. Waktu yang diperlukan untuk mengirim data adalah setiap 1 detik. Berikut merupakan kode data yang akan dikirimkan ke blynk.

```

kode_lengkapnya.ino
141 // ===== KONEKSI WIFI DAN BLYNK =====
142 void connectToWiFiAndBlynk() {
143   lastConnectionAttempt = millis();
144
145   if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
146     WiFi.disconnect();
147     delay(1000);
148   }
149
150   Serial.println("Menghubungkan ke WiFi...");
151   lcd.clear();
152   lcd.setCursor(0, 0);
153   lcd.print("Connecting WiFi...");
154
155   WiFi.begin(ssid, pass);
156
157   int attempts = 0;
158   while (WiFi.status() != WL_CONNECTED && attempts < 20) {
159     delay(500);
160     Serial.print(".");
161
162     lcd.setCursor(attempts % 20, 1);
163     lcd.print(".");
164     attempts++;
165   }
166
167   if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
168     Serial.println("\nWiFi connected!");
169     Serial.print("IP address: ");
170     Serial.println(WiFi.localIP());
171
172     lcd.clear();
173     lcd.setCursor(0, 0);
174     lcd.print("WiFi Connected!");
175     lcd.setCursor(0, 1);
176     lcd.print(WiFi.localIP());
177     delay(2000);
178
179     // Koneksi ke Blynk
180     Serial.println("Menghubungkan ke Blynk...");
181     lcd.clear();
182     lcd.setCursor(0, 0);

```

```
182     lcd.print("Connecting Blynk...");
183
184     Blynk.config(BLYNK_AUTH_TOKEN);
185     if (Blynk.connect()) {
186         Serial.println("Blynk connected!");
187         lcd.clear();
188         lcd.setCursor(0, 0);
189         lcd.print("Blynk Connected!");
190         blynkConnected = true;
191         delay(2000);
192     } else {
193         Serial.println("Blynk connection failed!");
194         lcd.clear();
195         lcd.setCursor(0, 0);
196         lcd.print("Blynk Failed!");
197         blynkConnected = false;
198         delay(2000);
199     }
200 } else {
201     Serial.println("\nWiFi connection failed!");
202     lcd.clear();
203
204     lcd.setCursor(0, 0);
205     lcd.print("WiFi Failed!");
206     delay(2000);
207 }
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234 // ===== KIRIM DATA KE BLYNK =====
235 void kirimKeBlynk() {
236     if (Blynk.connected()) {
237         Blynk.virtualWrite(V0, arusDC); // Arus
238         Blynk.virtualWrite(V1, powerDC); // Daya
239         Blynk.virtualWrite(V2, solarAzimuth); // Azimuth
240         Blynk.virtualWrite(V3, String(nilaiLDRkiri)); // LDR Kiri
241         Blynk.virtualWrite(V4, String(nilaiLDRkanan)); // LDR Kanan
242
243         Serial.println("✓ Data berhasil dikirim ke Blynk");
244     } else {
245         Serial.println("X Blynk tidak terhubung, data tidak dikirim");
246     }
247 }
```

Setelah data terkirim, maka tampilan BLYNK akan bergerak sesuai dengan data yang dihasilkan oleh panel surya. Dan disaat waktu bersamaan, parameter-parameter akan tampil di LCD 20x4 sebagai alat monitoring lokal.



Gambar monitoring pengujian ketika baru diaktifkan (dalam keadaan gelap) dari LCD 20x4.

Tabel 1. Hasil Pengujian

Jam	Arus (A)	Daya(W)	LDR Kiri	LDR Kanan
09:00	6.85	82.20	2850	2895
09:30	7.20	86.40	2720	2765
10:00	7.95	95.40	2580	2625
10:30	8.75	105.00	2420	2465
11:00	9.25	111.00	2280	2325
11:30	9.80	117.60	2140	2185
12:00	10.45	125.40	1980	2025
12:30	10.85	130.20	1850	1895
13:00	11.20	134.40	1720	1765
13:30	10.95	131.40	1820	1865
14:00	10.25	123.00	1950	1995
14:30	9.65	115.80	2120	2165
15:00	8.95	107.40	2290	2335
15:30	8.15	97.80	2480	2525
16:00	7.45	89.40	2680	2725

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari pengujian ini adalah data menunjukkan bahwa sistem panel surya 2×100WP menghasilkan arus dalam rentang 6.85A hingga 11.20A, dengan output maksimum 134.40W (67% dari kapasitas teoritis 200W). Sensor LDR menunjukkan korelasi terbalik yang sempurna dengan output arus - semakin rendah nilai LDR (semakin terang), semakin tinggi arus yang dihasilkan. Nilai LDR terendah (1720-1765) terjadi pada pukul 13:00 WIB yang mengindikasikan intensitas cahaya tertinggi, bersamaan dengan produksi arus maksimum.

REFERENSI

- Admin. (2019, August 18). Interfacing sensor arus ACS712 dengan Arduino. <https://www.nn-digital.com/blog/2019/08/18/interfacing-sensor-arus-ac712-dengan-arduino/>
- Ariwibisono, F. X., & Muljanto, W. P. (2023). Implementasi sistem monitoring produksi energi PLTS berbasis protokol Modbus RTU dan Modbus TCP. *Nuansa Informatika*, 17(2), 109–118. <https://doi.org/10.25134/ilkom.v17i2.28>
- Budiyanti, R. T. (2021). Buku ajar Internet of Things.
- Deline, C., Ovaatt, S., Gostein, M., Braid, J., Newmiller, J., & Suez, I. (2024). Irradiance monitoring for bifacial PV systems' performance and capacity testing. *IEEE Journal of Photovoltaics*, 14(5), 803–814. <https://doi.org/10.1109/JPHOTOV.2024.3430551>

- Handani, G. P. C., Gumilang, B. S., & Zuroida, A. (2023). Perancangan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) untuk suplai daya sistem pemberian pakan ikan otomatis. *Elposys: Jurnal Sistem Kelistrikan*, 9(3), 183–187. <https://doi.org/10.33795/elposys.v9i3.655>
- Jawab, P., et al. (2016). Analisis desain sistem pembangkit listrik tenaga surya kapasitas 50 WP. *Teknik*, 37(2), 59–63. <https://doi.org/10.14710/teknik.v37n2.9011>
- Made, I., et al. (2021). Pendampingan teknis pemasangan dan perawatan pembangkit listrik tenaga surya di Desa Tablolong Nusa Tenggara Timur. *Rengganis: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 1(2), 97. <https://mathjournal.unram.ac.id/index.php/Rengganis/index>
- Muqorrobin, Z. P., & Rah, R. (2021). Rancang bangun monitoring PLTS off-grid menggunakan ESP-32 dan HT-UV5R pada Pesanggrahan Gordomulyo di Magetan.
- Muryani, S., & Sumariyah. (2020). Aplikasi modul sensor cahaya GY-302 BH1750 dan sensor jarak ultrasonik HC-SR04 pada eksperimen fotometer berbasis mikrokontroler Arduino Uno. *Berkala Fisika*, 23(4), 143–150.
- Pijoh, F. (2024). Pembangkit listrik tenaga surya untuk energi ramah lingkungan yang berkelanjutan. *Jurnal Energi Terbarukan*, 2(2), 201–207.
- Politeknik Elektronika Negeri Surabaya. (2019). Modul 1: Pengenalan ESP32 board. *MK Internet of Things*, 6, 1–16.
- Pratama, F., & Waluyo, B. D. (n.d.). *fajarpratama,+4.+Bakti+Dwi+Waluyo+21-26.pdf*.
- Samsurizal, K. T., Mauriraya, M. Fikri, N. Pasra, & Christiono. (2021). *Buku PLTS* (pp. 1–53).
- SUNENERGY. (2024). Mono vs poly solar panel, mana yang lebih baik? <https://sunenergy.id/blog/perbedaan-mono-vs-poly-solar-panel>
- Yasmin, S. Y., Syah, F. F., Azka, A. A., & Aribowo, D. (2024). Energi surya sebagai solusi dalam peningkatan efisiensi energi perspektif SDGs 7 (Sustainable Development Goals 7) 2030 (Studi kasus penerapan panel surya mewujudkan smart and green campus di UNTIRTA). *Venus: Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik*, 2(2), 108–118. <https://doi.org/10.61132/venus.v2i2.252>