

DESAIN DATA LOGGER UNTUK OUTPUT PANEL SURYA MENGGUNAKAN MYSQL DATABASE

Anjas Ade Wahyu¹, Cindy Nur Atika², Andi Abd Halik Lateko³, Adriani⁴, Ridwang⁵, A Nasri⁶

¹²³⁴⁵ Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar

⁶ Prodi Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Handayani Makassar

e-mail: anjasade7@gmail.com¹, cindynuratika01@gmail.com², halik@unismuh.ac.id³, adriani@unismuh.ac.id⁴, ridwang@unismuh.ac.id⁵, andinasrimansur@handayani.ac.id⁶

ABSTRAK_Solar panels are a technology that converts energy from solar radiation into electrical energy. Its performance can be influenced by various environmental conditions, such as temperature, sunlight intensity, and sunlight direction. Variability in these conditions can have a negative impact on Solar Power Plant (PLTS) system equipment. The use of data loggers on solar panels has a significant role, namely by having a monitoring and data recording system that allows real-time monitoring of solar panel performance. This research focuses on designing a data logger system that can collect, store and manage output data from solar panels through a website that allows real-time monitoring. The data processing approach in this research is website-based and involves the use of components such as NodeMCU 8266, INA219, OLED LCD, 10Wp solar panel, and MySQL database as a data logger. The research results show that the data logger design works well, with a reading error rate of around 0.19% for the voltage sensor and 0% for the current sensor. Apart from that, there are variations in the average results of sensor readings that can be observed during the three days of measurement, namely on the first day with a voltage of around 16.94 V, a current of around 0.03 A, and a power of around 0.64 W, on the second day with voltage around 16.98 V, current around 0.03 A, and power around 0.60 W, and on the third day with a voltage around 16.40 V, current around 0.04 A, and power around 0.66 W. Apart from Therefore, in this research, an Internet of Things (IoT) based electricity monitoring system has been integrated using the INA219 sensor and the ESP8266 module. With the integration of these components, the system is able to monitor important parameters of the solar panels. The main objective of this research is to assist in monitoring and analyzing the performance of solar panels under various environmental conditions and different lighting levels.

INTISARI Panel surya adalah teknologi yang mengubah energi dari radiasi matahari menjadi energi listrik. Kinerjanya dapat dipengaruhi oleh berbagai kondisi lingkungan, seperti suhu, intensitas cahaya matahari, dan arah sinar matahari. Variabilitas dalam kondisi ini dapat memiliki dampak negatif pada peralatan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Pemanfaatan data logger pada panel surya memiliki peran yang signifikan, yaitu dengan adanya sistem monitoring dan pencatatan data yang memungkinkan pemantauan kinerja

panel surya secara real-time. Penelitian ini fokus pada perancangan sistem data logger yang dapat mengumpulkan, menyimpan, dan mengelola data keluaran dari panel surya melalui sebuah website yang memungkinkan pemantauan secara real-time. Pendekatan pengolahan data dalam penelitian ini berbasis website dan melibatkan penggunaan komponen seperti NodeMCU 8266, INA219, OLED LCD, panel surya 10Wp, dan basis data MySQL sebagai data logger. Hasil penelitian menunjukkan bahwa desain data logger ini berjalan dengan baik, dengan tingkat galat pembacaan sekitar 0,19% untuk sensor tegangan dan 0% untuk sensor arus. Selain itu, terdapat variasi hasil rata-rata pembacaan sensor yang dapat diamati selama tiga hari pengukuran, yaitu pada hari pertama dengan tegangan sekitar 16,94 V, arus sekitar 0,03 A, dan daya sekitar 0,64 W, pada hari kedua dengan tegangan sekitar 16,98 V, arus sekitar 0,03 A, dan daya sekitar 0,60 W, serta pada hari ketiga dengan tegangan sekitar 16,40 V, arus sekitar 0,04 A, dan daya sekitar 0,66 W. Selain itu, dalam penelitian ini, telah diintegrasikan sistem pemantauan listrik berbasis Internet of Things (IoT) dengan menggunakan sensor INA219 dan modul ESP8266. Dengan integrasi komponen-komponen ini, sistem ini mampu memantau parameter penting dari panel surya. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk membantu dalam pemantauan dan analisis kinerja panel surya dalam berbagai kondisi lingkungan dan tingkat pencahayaan yang berbeda.

Kata Kunci : Photovoltaic, Data Logger, INA219, NodeMCU 8266, MySQL.

I. PENDAHULUAN

Photovoltaic adalah teknologi yang digunakan untuk mengubah radiasi matahari langsung menjadi energi listrik.[1]

Perubahan lingkungan yang dinamis seiring berjalannya waktu memengaruhi daya yang dihasilkan oleh panel surya, sehingga kinerjanya juga berfluktuasi. Untuk memantau kinerja panel surya secara langsung, parameter seperti tegangan dan arusnya dapat dipantau.[2]

Oleh karena itu, untuk mendeteksi perubahan yang terjadi, penting untuk melakukan pemantauan terhadap daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya selama periode tertentu. Dari data pemantauan ini, kita dapat melakukan analisis untuk menilai apakah panel surya berfungsi dengan baik atau tidak.[3]

Pemanfaatan *data logger* pada panel surya memiliki peran yang sangat penting. Melalui sistem monitoring dan pencatatan data ini, pekerjaan manusia menjadi lebih mudah dalam melacak kinerja panel surya secara *real-time* dan mengukur efisiensi daya pada berbagai titik, termasuk pada output panel surya dan pengontrol pengisian baterai surya (*solar charge controller*).[2]

Masalah yang dapat diuraikan dari latar belakang adalah, bagaimana hubungan koneksi antara sistem data logger dan basis data MYSQL pada output panel surya? Bagaimana metode konversi data berbasis website untuk menganalisa daya yang dihasilkan oleh panel surya? Bagaimana cara kerja sistem pemantauan listrik berbasis IoT menggunakan sensor INA219 dan ESP8266?

Melalui penelitian ini, diharapkan dapat menghasilkan sistem data logger yang handal dan efisien untuk mengumpulkan data output panel surya dalam basis data IoT melalui MySQL, sehingga pemantauan dan analisis performa panel surya dapat lebih mudah dan efektif.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Sel Surya

Sel surya, yang juga sering disebut fotovoltaik, adalah perangkat yang memiliki kemampuan untuk mengubah cahaya matahari langsung menjadi energi listrik secara langsung.[4] Proses konversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik memungkinkan berkat penggunaan bahan semikonduktor dalam sel surya. Bahan-bahan ini dikenal sebagai semikonduktor jenis P (positif) dan semikonduktor jenis N (negatif).

Semikonduktor tipe "P" juga terbuat dari kristal silikon yang mengandung sejumlah kecil materi lain, biasanya boron. Kehadiran boron menyebabkan semikonduktor jenis ini memiliki kekurangan satu elektron bebas. Kekurangan elektron ini dikenal sebagai "lubang" (hole) karena tidak adanya atau kekurangan muatan listrik negatif. Oleh karena itu, silikon yang tergolong sebagai semikonduktor jenis "P" (Positif) karena kekurangan muatan listrik negatif dalam materi tersebut.[5]

Kondisi kelebihan elektron dan lubang ini dapat dihasilkan dengan proses doping material dengan atom dopant. Sebagai contoh, untuk menghasilkan material silikon tipe-P, silikon dapat didoping dengan atom boron, sementara untuk mendapatkan material silikon tipe-N, silikon didoping dengan atom fosfor. P-N junction, atau junction antara semikonduktor tipe-P dan tipe-N, memegang peran penting dalam membentuk medan listrik. Medan listrik ini memungkinkan elektron dan lubang untuk diekstraksi oleh material kontak, menghasilkan arus listrik. Ketika semikonduktor tipe-P dan tipe-N berkontak, kelebihan elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe-N ke semikonduktor tipe-P, sehingga menciptakan kutub positif pada semikonduktor tipe-N dan kutub negatif pada

semikonduktor tipe-P. Aliran elektron dan lubang ini menciptakan medan listrik, sehingga ketika cahaya matahari mengenai junction P-N ini, medan listrik ini akan mendorong elektron untuk bergerak menuju kontak negatif, yang selanjutnya dapat dimanfaatkan sebagai sumber listrik. Di sisi lain, lubang akan bergerak menuju kontak positif, menunggu kedatangan elektron. Dengan cara ini, energi cahaya matahari dapat diubah menjadi energi listrik.[6]

Dengan memanfaatkan perbedaan muatan dan kemampuan konduktivitas dari kedua jenis semikonduktor ini, sel surya dapat menghasilkan arus listrik ketika terkena sinar matahari. Pada junction P-N inilah proses konversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik terjadi. Dalam sel surya, semikonduktor tipe-N biasanya ditempatkan pada lapisan atas junction P-N yang menghadap ke sumber cahaya matahari. Lapisan semikonduktor tipe-N ini biasanya dibuat sangat tipis dibandingkan dengan semikonduktor tipe-P, sehingga cahaya matahari yang tiba di permukaan sel surya dapat diserap dan masuk ke dalam daerah deplesi serta semikonduktor tipe-P.

Ketika rangkaian kabel dihubungkan ke dua bagian semikonduktor ini, elektron akan mengalir melalui kabel. Jika sebuah lampu kecil dihubungkan ke kabel tersebut, lampu akan menyala karena menerima arus listrik. Arus listrik ini muncul karena adanya pergerakan elektron.

Untuk mengoptimalkan kinerja pembangkit listrik tenaga surya dan mengatur penggunaan aki/baterai secara otomatis, real-time, serta memungkinkan pemantauan dari jarak jauh, diperlukan sistem yang canggih. Dengan bantuan perangkat seperti Arduino, sensor, dan peralatan lainnya, pembangkit listrik harus dilengkapi dengan sistem monitoring nirkabel berbasis website yang memantau parameter energi pada panel surya, baterai, dan beban listrik pada pembangkit.

Data mengenai daya yang dihasilkan oleh panel surya akan diproses dengan mempertimbangkan waktu dan tanggal. Oleh karena itu, perlu adanya sistem monitoring dan kluster pada pembangkit listrik tenaga surya yang dapat memantau kinerja, mendeteksi kerusakan, dan mengidentifikasi penurunan kinerja pada baterai. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa pembangkit listrik tenaga surya dapat beroperasi secara maksimal dan berkelanjutan.[7]

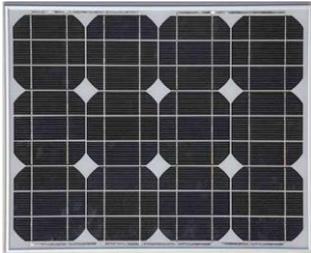
Panel Surya

Panel surya terdiri dari fotovoltaik yang bertugas menghasilkan listrik dari intensitas cahaya. Saat intensitas cahaya menurun akibat kondisi cuaca seperti berawan, hujan, atau mendung, maka arus listrik yang dihasilkan oleh panel surya juga akan menurun. Dengan menambahkan lebih banyak panel sel surya atau memperluas jumlahnya, ini sebenarnya berarti meningkatkan kemampuan konversi tenaga surya.[8]

Ada beberapa jenis panel surya:

1. Mono Crystalline

Ini adalah jenis panel surya yang paling efisien yang diproduksi dengan menggunakan teknologi terbaru. Panel ini mampu menghasilkan daya listrik per unit luas yang paling tinggi dibandingkan dengan jenis panel lainnya. Panel monokristal dirancang khusus untuk aplikasi di mana dibutuhkan konsumsi listrik besar, terutama di daerah-daerah dengan iklim ekstrem dan kondisi alam yang sangat keras. Tingkat efisiensinya dapat mencapai hingga 15%. [9]



Gbr 1. Panel Surya Mono Crystalline

2. Poly Crystalline

Panel surya ini memiliki struktur kristal yang acak karena diproduksi melalui proses pengecoran. Tipe ini membutuhkan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan panel monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang setara. Keefisienan panel surya jenis ini cenderung lebih rendah daripada panel monokristal, sehingga harganya biasanya lebih terjangkau.[9]

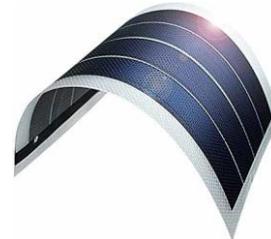


Gbr. 2 Panel Surya Poly Crystalline

3. Thin Film

Ini adalah jenis panel surya dengan dua lapisan yang terbuat dari mikrokristal silikon dan amorf. Efisiensi modul panel ini dapat mencapai hingga 8,5%. Oleh karena itu, untuk menghasilkan watt daya yang sama, diperlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan panel monokristal dan polikristal. Inovasi terbaru adalah panel Thin Film Triple Junction Photovoltaic (dengan tiga lapisan) yang dapat beroperasi secara sangat efisien bahkan dalam kondisi cuaca sangat berawan. Panel ini dapat menghasilkan

daya listrik hingga 45% lebih tinggi daripada jenis panel lain dengan daya yang setara.[9]



Gbr. 3 Panel Surya Thin Film

Data Logger

Sebuah perangkat pencatat data elektronik adalah sebuah Sebuah perangkat elektronik yang memiliki kemampuan untuk mengambil informasi dari lingkungan alam, seperti temperatur, kecepatan angin, tingkat gas, arus, dan tegangan listrik, yang dihasilkan oleh sensor elektronik atau elektromekanik. Setelah data ini dikumpulkan, perangkat tersebut akan menyimpan nilai-nilai tersebut dalam memori.

Proses umum kerja dari perangkat pencatat data melibatkan penerimaan input dari sensor dan mengonversinya menjadi sinyal listrik yang sesuai. Awalnya, sinyal ini berbentuk analog dan kemudian diubah menjadi format digital melalui penggunaan konverter analog ke digital. Sinyal ini kemudian diambil sampel pada tingkat tertentu, yang dikenal sebagai tingkat pengambilan sampel, biasanya diatur sekitar 1 Hz. Ketika perangkat ini terhubung ke komputer, data logger biasanya mentransfer data melalui port serial komputer.

Dalam penggunaannya, perangkat pencatat data memiliki berbagai metode pemrograman dan penyimpanan data yang beragam, seperti menggunakan SD Card, SMS Gateway, jaringan LAN (Local Area Network), SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), dan yang terbaru, menggunakan Internet of Things (IoT).

NodeMCU ESP 8266

NodeMCU adalah sebuah platform Internet of Things (IoT) yang bersifat open source. Platform ini terdiri dari perangkat keras berupa System On Chip (SoC) ESP8266-12, serta perangkat lunak yang dapat diprogram menggunakan berbagai bahasa pemrograman. Penting untuk dicatat bahwa frasa "NodeMCU" merujuk pada perangkat lunak yang telah dikembangkan, meskipun sekarang juga digunakan untuk merujuk pada perangkat keras yang sudah terintegrasi.

NodeMCU setara dengan papan pengembangan Arduino ESP8266. ESP8266 yang telah terintegrasi dalam NodeMCU merupakan papan kecil yang memiliki beragam fitur, termasuk mikrokontroler, akses ke jaringan WiFi, dan chip komunikasi USB to Serial. Hal ini memungkinkan pemrograman

NodeMCU dengan mudah menggunakan kabel data micro USB.[10]

ESP8266 menggunakan tegangan standar JEDEC sebesar 3.3V untuk operasinya. Ini berbeda dengan mikrokontroler AVR dan banyak papan Arduino lainnya yang bekerja dengan tegangan TTL sebesar 5 volt. Meskipun demikian, NodeMCU masih dapat diberi tegangan 5V, tetapi harus melalui port micro-USB atau konektor Vin yang disediakan oleh papan tersebut. Harap diingat bahwa tidak semua pin pada ESP8266 dapat menangani input 5V. Oleh karena itu, penting untuk tidak menghubungkan tegangan TTL 5V secara langsung ke pin ESP8266, kecuali jika Anda ingin merusak papan tersebut. Sebaiknya Anda menggunakan konverter logika tingkat untuk mengubah tegangan ke nilai aman sebesar 3,3V agar kompatibel dengan ESP8266.



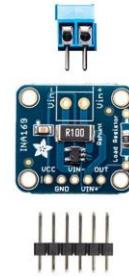
Gbr 4 Node MCU

Sensor INA219

Sensor INA219 adalah sebuah modul sensor yang memiliki kemampuan untuk mengukur tegangan, arus, dan daya secara simultan. Cara kerja sensor ini adalah dengan mengalirkan arus melalui kabel tembaga di dalamnya, yang menghasilkan medan magnet yang kemudian ditangkap oleh IC medan terintegrasi dan diubah menjadi tegangan yang berbanding lurus.

Pada saat ini, karakterisasi sensor INA219 sedang dilakukan dengan menggunakan resistor pasir bernilai 10W15RJ. Dalam karakterisasi ini, keluaran tegangan dan arus akan diukur ulang sebanyak tiga kali dan hasilnya akan dibandingkan dengan nilai keluaran yang diukur menggunakan Avometer.[11]

INA219 adalah sensor arus yang memiliki sensitivitas tinggi dan sangat cocok untuk mengukur arus DC yang kecil. Sensor ini mampu membaca arus hingga satuan miliampere. Selain itu, sensor ini juga memiliki kemampuan untuk mengukur tegangan pada pin masukan sensor, sehingga dapat membaca baik arus maupun tegangan secara bersamaan. INA219 memiliki kemampuan untuk mengukur arus hingga 3,2 A dan tegangan hingga 26VDC.



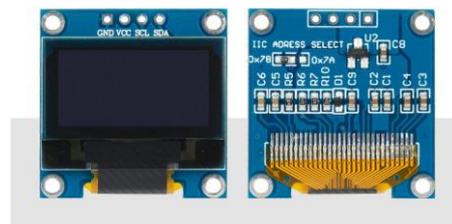
Gbr 5. Sensor INA219

LCD OLED

LCD OLED Display adalah jenis layar OLED yang berfungsi tanpa lampu latar karena mampu memancarkan cahaya sendiri. Keunggulan utamanya adalah kemampuannya untuk menampilkan warna hitam yang sangat pekat. Selain itu, layar OLED ini memiliki profil yang lebih tipis dan lebih ringan dibandingkan dengan layar LCD. Panel OLED 0,96 inci ini dapat dengan mudah dikelola oleh mikrokontroler dan memiliki resolusi sebesar 128 x 64 piksel dengan antarmuka I2C 4-pin. Layar ini memiliki kecerahan yang tinggi, mampu memancarkan cahaya sendiri, memiliki rasio kontras yang besar, garis-garis yang tajam, sudut pandang yang luas, dan dapat beroperasi dalam rentang suhu yang luas. Selain itu, layar ini memiliki konsumsi daya yang rendah. Terdapat empat pin pada layar OLED I2C 0,96 inci 128x64 ini, dengan tampilan berwarna putih.[12]

Spesifikasi:

- Interface: I2C (3,3V / 5V logic level)
- Resolution: 128 x 64
- Angle of view: >160 degree
- Display color: White
- Power supply: DC3,3V~5V
- Operating temperature: -20°C~70°C
- Application: smart watch, MP3, thermometer, instruments, DIY projects, etc.



Gbr 6. LCD OLED

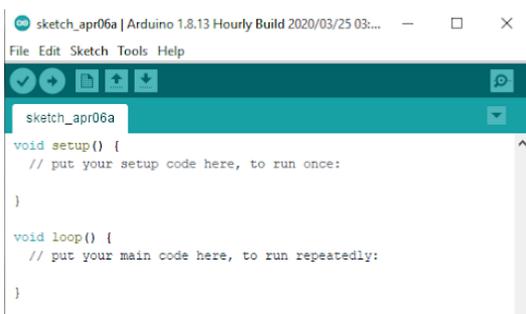
Arduino IDE

IDE, singkatan dari Integrated Development Environment, merujuk kepada sebuah lingkungan terpadu yang digunakan untuk keperluan pengembangan atau development. Lingkungan ini memungkinkan pengembang atau programmer

untuk membuat, mengedit, menguji, dan mengelola kode program mereka. IDE juga sering digunakan untuk menyusun berbagai alat dan sumber daya yang diperlukan dalam proses pengembangan perangkat lunak.

Dalam konteks Arduino, IDE Arduino adalah sebuah perangkat lunak yang digunakan untuk dan mengembangkan aplikasi untuk perangkat keras Arduino. IDE Arduino menyediakan alat-alat seperti editor kode, kompiler, serta antarmuka untuk mengunggah program ke papan Arduino. Bahasa pemrograman yang digunakan dalam IDE Arduino sangat mirip dengan bahasa C. Pemrograman Arduino, yang sering disebut sebagai "sketch," telah disederhanakan agar lebih mudah dipahami oleh pemula yang ingin memulai pemrograman Arduino.

Selain itu, Anda juga menyebut "bootloader" yang berperan sebagai perantara antara IDE Arduino dan mikrokontroler. Bootloader adalah program kecil yang terletak dalam mikrokontroler dan memungkinkan pengguna untuk mengunggah program ke mikrokontroler tanpa perlu menggunakan perangkat pemrograman eksternal. Bootloader mempermudah proses pemrograman dan pengembangan pada papan Arduino.



Gbr 7. Arduino IDE

XAMPP

XAMPP adalah perangkat lunak bebas yang mendukung berbagai fungsi dan operasi. Ini adalah gabungan dari beberapa program yang dirancang untuk digunakan bersama-sama. Fungsi utama XAMPP adalah sebagai server berdiri sendiri (localhost) yang terdiri dari beberapa program, termasuk Apache HTTP Server, MySQL Database, serta penerjemah bahasa yang ditulis dalam PHP dan Perl. Singkatan XAMPP berasal dari X (merujuk pada empat sistem operasi apapun), Apache, MySQL, PHP, dan Perl. Program ini tersedia di bawah lisensi GNU General Public License dan dapat digunakan secara bebas. XAMPP adalah server web yang mudah digunakan dan mampu menampilkan halaman web yang dinamis. Apache HTTP Server, atau yang dikenal sebagai Server Web/WWW Apache, dapat dijalankan di

berbagai sistem operasi seperti Unix, BSD, Linux, Microsoft Windows, dan Novell.[13]

Netware dan platform lainnya digunakan untuk melayani dan mengoperasikan situs web. Protokol yang umumnya digunakan untuk menyediakan fasilitas web/WWW adalah HTTP. MySQL adalah perangkat lunak manajemen sistem basis data yang digunakan untuk menyimpan dan mengelola data. PHP (PHP: Hypertext Preprocessor) adalah bahasa pemrograman skrip yang dapat disisipkan ke dalam HTML dan sering digunakan untuk mengembangkan situs web dinamis. PHP juga bisa digunakan untuk membangun sistem manajemen konten (CMS). PhpMyAdmin adalah perangkat lunak gratis yang ditulis dalam bahasa pemrograman PHP dan digunakan untuk mengelola administrasi basis data MySQL melalui World Wide Web. PhpMyAdmin mendukung berbagai operasi MySQL, termasuk manajemen basis data, tabel, bidang, relasi, indeks, pengguna, izin, dan sebagainya. [13]



Gbr 8. XAMPP

III. METODE PENELITIAN

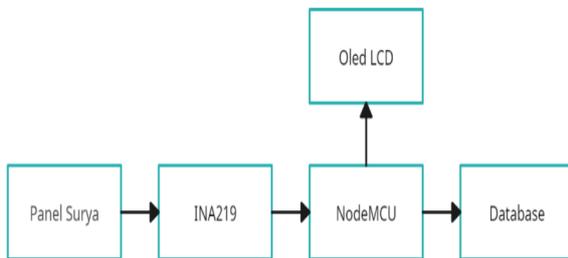
Metode yang diterapkan dalam penelitian ini mencakup serangkaian langkah, yang antara lain melibatkan perencanaan, desain sistem, perakitan komponen, persiapan server, pembuatan koneksi database, pengembangan program untuk mikrokontroler, dan penulisan kode website. Selain itu, juga termasuk dalam metode ini adalah pengujian perangkat, serta pengukuran dan pengambilan data. Penelitian ini dilaksanakan di lokasi yang berada di Komplek Angkatan Laut, Jalan Cakalang 3, Kompleks TNI-AL, Totaka, Kecamatan Ujung Tanah, dengan pengambilan data dilakukan selama 3 hari pada bulan Agustus 2023.

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian merujuk pada serangkaian langkah-langkah yang dijalankan secara terstruktur dan sistematis untuk mencapai tujuan penelitian. Prosedur penelitian disusun secara teratur untuk memudahkan dalam pelaksanaan serta pemantauan perkembangan penelitian.

1. Desain Sistem

Desain sistem diperlukan dalam pembuatan sistem untuk memudahkan dalam pembuatan *prototype*. Berikut ini merupakan desain sistem yang dibuat.



Gbr 9. Diagram Sistem

Gambar 9 menunjukkan diagram sistem dimana NodeMCU 8266 sebagai mikrokontroler utama dalam sistem ini.

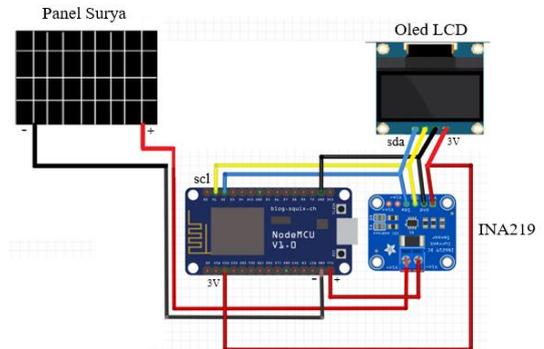
Pada dasarnya prinsip kerja dari sistem ini untuk memantau dan identifikasi awal keadaan yang terjadi pada sistem *monitoring* panel surya dengan melihat nilai dari tegangan, arus dan daya. Pertama NodeMCU 8266 akan membaca nilai dari sensor INA219. Selanjutnya NodeMCU 8266 akan menampilkan nilai dari sensor INA219 melalui *OLED LCD* dan mengirim data dalam bentuk *string* ke *database* untuk penyimpanan data dan ditampilkan dalam *website* secara *realtime* pengolahan atau analisa lebih lanjut. Adapun spesifikasi dari panel surya yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel I

Data sheet panel surya

Model	GH10M-18
Rate Max Power (Pm)	10 W
Tolerance	±3%
Voltage at Pmax (Vmp)	17,60 V
Current at Pmax (Imp)	0,58 A
Open Circuit Voltage (VOC)	21,70 V
Short Circuit Current (ISC)	0,64 A
Max. System Voltage	1000A
Max. Series Fuse Rating	7A
Dimension (mm)	350*255*17

Adapun skema rangkaian dapat dilihat dibawah ini:



Gbr 10. Skema Rangkaian

Perancangan sistem digambarkan seperti pada gambar 3. 2. Pada sistem ini menggunakan panel surya sebesar 10wp dengan jenis *polycrystalline*. Dengan sensor INA219 sudah bisa mendapatkan nilai tegangan, arus, dan daya dalam 1 sensor, dan untuk menampilkan data yang diukur terdapat *OLED LCD* yang menampilkan secara langsung. Desain rangkaian diatas juga digunakan untuk meminimalisir biaya yang digunakan.

2. Perakitan Bahan

Tujuan dari perakitan bahan adalah untuk mengintegrasikan seluruh komponen yang diperlukan menjadi sebuah entitas tunggal. Tujuan ini diterapkan untuk memastikan bahwa desain perangkat yang dihasilkan dapat diimplementasikan dengan kemudahan dan efisiensi. Dalam proses perakitan bahan, tata letak komponen yang digunakan harus diatur secara optimal, sehingga koneksi antara komponen-komponen tersebut dapat diatur secara terstruktur. Adapun langkah-langkah dalam proses perancangan sistem meliputi; desain case, penataan komponen, dan pengkabelan.

3. Mempersiapkan Server

Mempersiapkan server untuk *database* sensor INA219 dengan *MySQL database*, kami akan menguraikan langkah-langkah esensial yang diperlukan untuk membangun lingkungan server yang siap menerima dan menyimpan data dari sensor INA219 ke dalam basis data *MySQL*.

#	Nama	Jenis	Penyortiran	Atribut	Tak Terimal	Bawaan	Komentar	Ekstra	Tindakan
1	id	int(11)	Tidak	Tidak ada				AUTO_INCREMENT	Ubah Hapus Lainnya
2	waktu	double	Tidak	Tidak ada					Ubah Hapus Lainnya
3	teg	double	Tidak	Tidak ada					Ubah Hapus Lainnya
4	arus	double	Tidak	Tidak ada					Ubah Hapus Lainnya
5	daya	double	Tidak	Tidak ada					Ubah Hapus Lainnya

Gbr 11. Database MySQL

Pertama-tama, kami akan membahas pemilihan dan konfigurasi perangkat keras yang tepat guna memastikan server memiliki daya dan kapasitas yang cukup untuk menangani aliran data. Selanjutnya, fokus akan dialihkan ke konfigurasi jaringan yang andal, termasuk langkah-langkah untuk mengamankan jaringan guna melindungi data yang dikirimkan oleh sensor. Setelah itu, tahap penting berikutnya adalah pendirian basis data *MySQL* yang memerlukan pemilihan skema, pembuatan tabel, dan pengaturan hak akses yang sesuai. Selain itu, kami akan menjelaskan proses instalasi *driver* sensor INA219 yang diperlukan untuk memungkinkan komunikasi antara sensor dan server. Langkah-langkah integrasi ini akan melibatkan penulisan skrip atau program yang memfasilitasi pengiriman dan penyimpanan data dari sensor ke dalam basis data *MySQL* secara periodik. Dengan mengikuti proses yang kami uraikan, server akan menjadi fondasi yang solid untuk mengelola data sensor INA219 dengan efisiensi dan akurasi, serta mendukung sistem pemantauan yang handal.

4. Koneksi Database

Membuat koneksi ke sebuah server *database MySQL*, kami akan membahas langkah-langkah penting yang perlu diambil untuk menghubungkan aplikasi atau sistem dengan server *database MySQL*.

```

1 <?php
2
3 $servername = "localhost";
4 $database = "monitoring";
5 $username = "root";
6 $password = "";
7
8
9 $koneksi = mysqli_connect($servername, $username, $password,
10                             $database);
11
12 if (!$koneksi){
13     echo "berhasil";
14 } else {
15     echo "gagal";
16 }
    
```

Gbr 12. Koneksi Database

Proses yang terlibat dalam pembuatan koneksi yang stabil dan aman antara aplikasi dan basis data *MySQL*. Tahap pertama melibatkan pengidentifikasian informasi koneksi yang diperlukan, seperti alamat

host server, *port*, nama pengguna, dan kata sandi. Selanjutnya, kami akan membahas penggunaan bahasa pemrograman atau kerangka kerja yang relevan untuk membuat skrip koneksi yang efektif. Kami akan menyoroti pentingnya pengamanan koneksi melalui penggunaan enkripsi data dan metode otentikasi yang kuat. Selain itu, kami akan memberikan panduan mengenai pengelolaan kesalahan yang mungkin terjadi saat mencoba menghubungkan ke server *MySQL*. Dengan menjalani langkah-langkah yang kami sampaikan, anda akan memiliki pemahaman yang kokoh tentang cara mengamankan, mengelola, dan menjaga koneksi antara aplikasi dan server *database MySQL*, yang merupakan fondasi penting dalam pengembangan aplikasi berbasis data.

5. Program Mikrokontroler

Membuat kode program untuk mengukur data tegangan, arus, dan daya dengan sensor INA219 pada modul ESP8266 serta mengirim data ke server melalui *http get request*,

```

#include <ESP8266WiFi.h>
#include <ESP8266HTTPClient.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_INA219.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>

#define SCREEN_WIDTH 128
#define SCREEN_HEIGHT 64
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, -1);

WiFiClient client;
Adafruit_INA219 ina219;
const int chipSelect = 53;
const char* host = "192.168.137.104";
String data;
    
```

Gbr 12. Kode Program

Langkah-langkah yang diperlukan dalam mengembangkan kode program yang memiliki kemampuan untuk mengukur parameter tegangan, arus, dan daya menggunakan sensor INA219. Kami akan menguraikan bagaimana kode program tersebut dapat diimplementasikan pada modul mikrokontroler ESP8266. Langkah-langkah ini meliputi pemasangan dan konfigurasi sensor INA219 pada modul, serta cara mengatur pembacaan data dari sensor dengan presisi yang tinggi. Selain itu, kami akan menjelaskan bagaimana kode program tersebut dapat mengirimkan data yang diukur ke server melalui protokol *http GET Request*. Penjelasan akan mencakup cara membangun url *request* yang sesuai, menyusun data yang akan dikirim, dan menggunakan metode pengiriman *http GET*. Dengan memahami proses untuk membuat

sistem yang dapat mengukur, mengumpulkan, dan mengirim data parameter tegangan, arus, dan daya melalui modul ESP8266 dan sensor INA219, yang merupakan elemen penting dalam sistem pemantauan dan pengumpulan data.

6. Koding Website

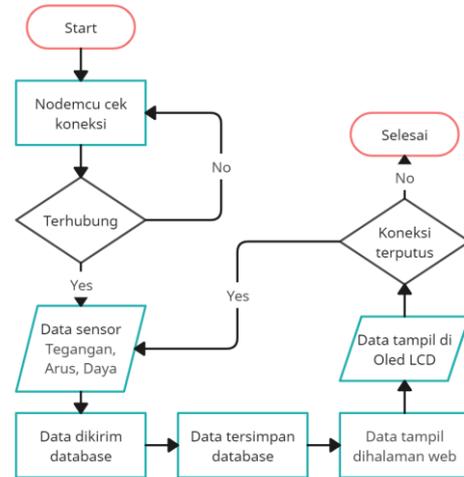
Membuat halaman web yang dirancang untuk menampilkan data sensor secara *real-time* dalam bentuk tabel. Halaman ini menggunakan kombinasi html, css, dan *javascript* untuk menciptakan antarmuka yang interaktif. Pada halaman tersebut, sebuah tabel diatur dengan *header* yang menyajikan informasi tentang tegangan, arus, dan daya. Tabel ini dikonfigurasi sedemikian rupa sehingga data sensor yang diperoleh dari server dapat diperbarui secara otomatis setiap detiknya. Ini dicapai melalui penggunaan fungsi *javascript* yang menggunakan pustaka *jquery* untuk mengambil data terbaru dari server dan memperbarui isi tabel secara dinamis.

No	Waktu	Tegangan (Volt)	Arus (A)	Daya (W)
1	2023-08-27 18:09:08	4.48	0.00	0.00
2	2023-08-27 18:09:07	4.48	0.00	0.00
3	2023-08-27 18:09:05	4.47	0.00	0.00
4	2023-08-27 18:09:03	4.48	0.00	0.00
5	2023-08-27 18:09:02	4.48	0.00	0.00
6	2023-08-27 18:09:01	4.49	0.00	0.00
7	2023-08-27 18:09:00	4.49	0.00	0.00
8	2023-08-27 18:08:59	4.5	0.00	0.00
9	2023-08-27 18:08:58	4.5	0.00	0.00
10	2023-08-27 18:08:57	4.49	0.00	0.00

Gbr 13. Tampilan Website

Selain tabel, halaman ini juga memiliki tampilan yang dirancang dengan gaya css untuk memberikan tampilan visual yang menarik. Terdapat tiga tombol di bagian bawah halaman yang mengarahkan pengguna ke halaman lain atau fungsionalitas tambahan seperti pencarian dan grafik. Fungsi ini memberikan pengalaman interaktif kepada pengguna, memungkinkan mereka untuk menjelajahi data lebih lanjut atau melihat grafik visual terkait data sensor. Meskipun kode tersebut hanya merupakan bagian dari keseluruhan aplikasi, halaman web ini memberikan pandangan tentang cara data *real-time* diintegrasikan dengan elemen desain dan fungsionalitas interaktif dalam lingkungan web.

Cara Kerja Sistem



Gbr 9. Flowchart Cara Kerja Sistem

Pertama NodeMCU akan memeriksa koneksi ke *wifi* dan *host* jika gagal terhubung NodeMCU akan terus mencoba untuk terkoneksi. Setelah berhasil terhubung sensor akan menerima data dari panel surya kemudian dikirimkan ke *database* dan disimpan di dalam *database*. Data yang tersimpan akan ditampilkan dihalaman *website* dan ditampilkan pada *OLED LCD*, jika terdapat gangguan pada koneksi baik *wifi* maupun *host*, NodeMCU akan mencoba menghubungkan kembali dengan mengulangi proses yang sama dengan di awal tadi.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tampilan Data Logger

Dalam pengujian *MySQL*, desain situs web yang digunakan untuk menampilkan data dari database secara langsung dalam waktu nyata. Berikut adalah tampilan dari website data sensor realtime.

	id	waktu	teg	arus	daya
Ubah	Salin	Hapus	6131	2023-08-25 08:56:05	19.48 77.3 1504
Ubah	Salin	Hapus	6132	2023-08-25 08:56:06	18.21 179.7 3362
Ubah	Salin	Hapus	6133	2023-08-25 08:56:07	19.22 103 1982
Ubah	Salin	Hapus	6134	2023-08-25 08:56:08	19.49 76.5 1488
Ubah	Salin	Hapus	6135	2023-08-25 08:56:10	19.43 81.9 1592
Ubah	Salin	Hapus	6136	2023-08-25 08:56:11	18.94 124.8 2372
Ubah	Salin	Hapus	6137	2023-08-25 08:56:12	19.28 97.3 1864
Ubah	Salin	Hapus	6138	2023-08-25 08:56:13	19.28 94.6 1792
Ubah	Salin	Hapus	6139	2023-08-25 08:56:14	18.82 141.6 2668
Ubah	Salin	Hapus	6140	2023-08-25 08:56:15	18.82 135.6 2804
Ubah	Salin	Hapus	6141	2023-08-25 08:56:16	19.29 97 1916
Ubah	Salin	Hapus	6142	2023-08-25 08:56:17	17.58 224.4 3902
Ubah	Salin	Hapus	6143	2023-08-25 08:56:18	18.28 178 3168
Ubah	Salin	Hapus	6144	2023-08-25 08:56:19	12.47 325.3 3834

Gbr 14. Data Logger

Akurasi Sensor INA219

Pada bagian ini akan membahas mengenai penilaian akurasi yang dimiliki oleh sensor INA219 dalam mengukur parameter tegangan dan arus. Kami akan menjelaskan tentang metodologi yang digunakan dalam pengujian akurasi, termasuk tahapan persiapan sensor dan kalibrasi yang diperlukan. Selain itu, kami juga akan menguraikan proses pengukuran dan perbandingan hasil dengan standar referensi untuk menilai sejauh mana sensor mampu memberikan pembacaan yang akurat. Dalam bagian ini, kami akan membahas faktor-faktor yang dapat mempengaruhi akurasi sensor, seperti temperatur dan kestabilan sumber daya, serta memberikan panduan praktis dalam menginterpretasikan hasil pengujian akurasi tersebut. Adapun hasil pengukuran yang dilakukan sebagai berikut:

Tabel II
Akurasi Sensor

No	Tegangan			Arus		
	INA219	Alat ukur	Selisih	INA219	Alat ukur	Selisih
1	20,38 V	20,44 V	0,06 V	0,19 A	0,19 A	0 A
2	19,90 V	19,93 V	0,03 V	0,18 A	0,18 A	0 A
3	18,70 V	18,74 V	0,04 V	0,15 A	0,15 A	0 A
	Rata-rata		0,04 V	Rata-rata		0 A

Selama proses pengukuran, terdapat perbedaan antara hasil bacaan sensor dengan bacaan yang diperoleh dari alat ukur. Data sensor menunjukkan hasil bacaan yang memiliki deviasi sekitar 0,04 V pada parameter tegangan dan 0 A pada parameter arus, seperti yang terlihat dalam tabel di atas. Agar dapat menghitung kesalahan (*error*) yang terjadi pada sistem, langkah selanjutnya adalah memasukkan nilai-nilai ini ke dalam rumus perhitungan. Sebelum melakukan perhitungan persentase kesalahan, langkah pertama adalah mengambil nilai maksimum yang sistem mampu capai dan mengurangkannya dengan hasil pengukuran yang telah dicapai. Tindakan ini penting karena photovoltaic beroperasi pada nilai tegangan maksimum sekitar 20,38 V dan arus maksimum sekitar 0,19 A. Langkah ini diperlukan untuk memberikan gambaran yang tepat tentang seberapa besar kesalahan yang mungkin terjadi.

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) adalah metode yang digunakan untuk mengukur akurasi perkiraan dengan menghitung rata-rata persentase kesalahan dalam bentuk nilai mutlak (absolut). MAPE digunakan sebagai cara untuk mengukur tingkat akurasi perkiraan dan sejauh mana kesalahan peramalan tersebut. Yang dimaksudkan absolut disini adalah

apabila nilainya negatif maka akan tetap bernilai positif. Rumus menghitung MAPE adalah sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{Ai - Fi}{Ai} \right| \times 100\%$$

dimana:
n adalah ukuran sampel
Ai adalah nilai data aktual
Fi adalah nilai data peramalan

Dengan langkah-langkah tersebut, perhitungan akhirnya menjadi sebagai berikut:

Tegangan INA219 = Data tertinggi sistem – Range pengukuran
= 20,38 V – 0,04 V
= 20,34 V

Arus INA219 = Data tertinggi sistem – Range pengukuran
= 0,19 A – 0 A
= 0,19 A

Berdasarkan hasil di atas, maka presentasi kesalahan sebagai berikut:

- Tegangan
%error = $\left| \frac{20,34 - 20,38}{20,38} \times 100\% \right|$
= $\left| \frac{0,04}{20,38} \times 100\% \right|$
= 0,19% (dapat diabaikan)
- Arus
%error = $\left| \frac{0,19 - 0,19}{0,19} \times 100\% \right|$
= $\frac{0}{0,19} \times 100\%$
= 0% (dapat diabaikan)

Hasil Pengukuran

Di Di bawah ini terdapat data hasil pengukuran yang diperoleh melalui penggunaan sensor INA219 pada hari pertama sebagai berikut:

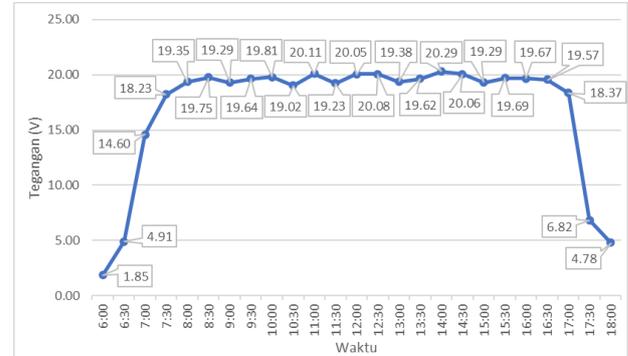
Tabel III
Pengukuran Hari Pertama

Jam	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
06.00	1,85	0,00	0,00
06.30	4,91	0,01	0,05

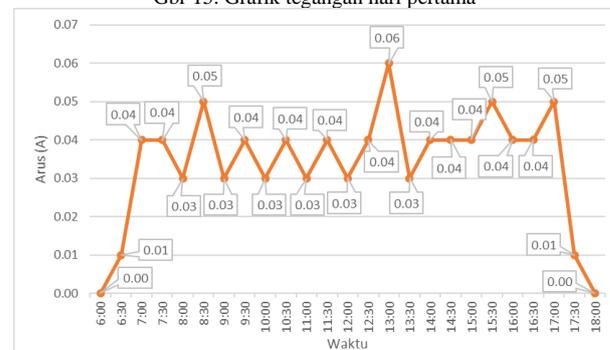
07.00	14,60	0,04	0,58
07.30	18,23	0,04	0,73
08.00	19,35	0,03	0,58
08.30	19,75	0,05	0,99
09.00	19,29	0,03	0,58
09.30	19,64	0,04	0,79
10.00	19,81	0,03	0,59
10.30	19,02	0,04	0,76
11.00	20,11	0,03	0,60
11.30	19,23	0,04	0,77
12.00	20,05	0,03	0,60
12.30	20,08	0,04	0,80
13.00	19,38	0,06	1,16
13.30	19,62	0,03	0,59
14.00	20,29	0,04	0,84
14.30	20,06	0,04	0,80
15.00	19,29	0,04	0,77
15.30	19,69	0,05	0,98
16.00	19,67	0,04	0,79
16.30	19,57	0,04	0,78
17.00	18,37	0,05	0,92
17.30	6,82	0,01	0,07
18.00	4,78	0,00	0,00

Dengan merujuk kepada data yang tercantum dalam Tabel III, nilai rata-rata pengukuran ditemukan sebagai berikut: tegangan adalah sekitar 16,94 V, arus adalah sekitar 0,03 A, dan daya adalah sekitar 0,64 W. Oleh karena itu, berdasarkan Tabel

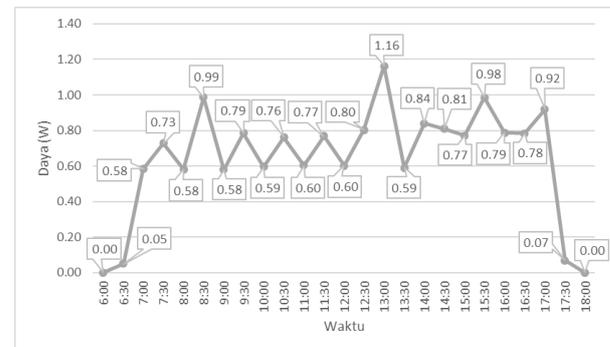
III, kami dapat membuat grafik untuk merepresentasikan data tegangan, arus, dan daya seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



Gbr 15. Grafik tegangan hari pertama



Gbr 16. Grafik Arus Hari Pertama



Gbr 17. Grafik daya hari pertama

Dalam gambar 15, 16, dan 17, dapat diamati bahwa nilai tegangan mencapai titik tertinggi pada pukul 14.00 dan mencapai nilai terendahnya pada pukul 06.00. Puncak nilai arus tertinggi terjadi pada pukul 13.00 dan mencapai nilai terendah pada pukul 06.00 dan 18.00. Sementara itu, nilai daya mencapai titik tertinggi pada pukul 13.00 dan mencapai nilai terendah pada pukul 06.00 dan 18.00.

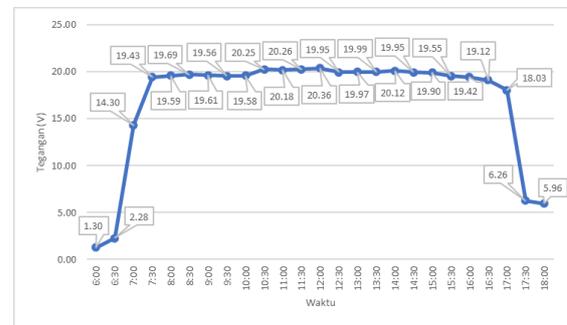
Pada hari kedua data yang diperoleh sebagai berikut:

Tabel IV
Pengukuran Hari Kedua

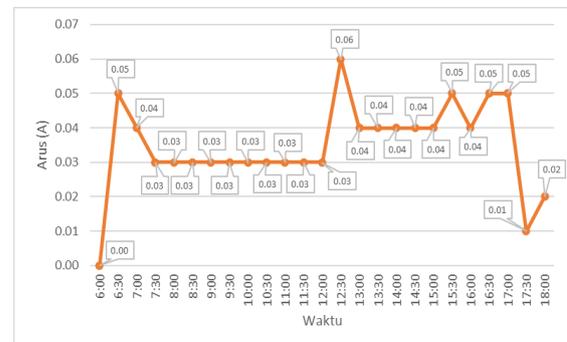
Jam	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
06.00	1,30	0,00	0,00
06.30	2,28	0,05	0,10
07.00	14,30	0,04	0,56
07.30	19,43	0,03	0,57
08.00	19,59	0,03	0,61
08.30	19,69	0,03	0,60
09.00	19,61	0,03	0,58
09.30	19,56	0,03	0,57
10.00	19,58	0,03	0,56
10.30	20,25	0,03	0,60
11.00	20,18	0,03	0,56
11.30	20,26	0,03	0,61
12.00	20,36	0,03	0,56
12.30	19,95	0,06	1,19
13.00	19,97	0,04	0,78
13.30	19,99	0,04	0,76
14.00	20,12	0,04	0,78
14.30	19,95	0,04	0,78
15.00	19,90	0,04	0,80
15.30	19,55	0,05	0,88
16.00	19,42	0,04	0,74

16.30	19,12	0,05	0,89
17.00	18,03	0,05	0,85
17.30	6,26	0,01	0,04
18.00	5,96	0,02	0,10

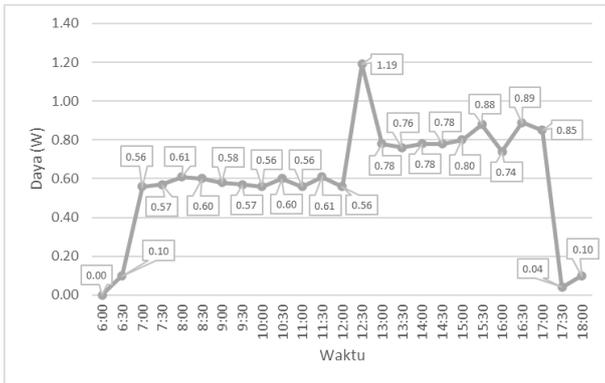
Dengan merujuk pada tabel IV, ditemukan bahwa hasil rata-rata pengukuran adalah sebagai berikut: tegangan sekitar 16,98 V, arus sekitar 0,03 A, dan daya sekitar 0,60 W. Oleh karena itu, berdasarkan Tabel IV, kami dapat membuat grafik untuk merepresentasikan data tegangan, arus, dan daya seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



Gbr. 18 Grafik tegangan hari kedua



Gbr. 19 Grafik arus hari kedua



Gbr 20. Grafik daya hari kedua

Dalam gambar 18, 19, dan 20, dapat dilihat bahwa nilai tegangan mencapai titik tertinggi pada pukul 12.00 dan mencapai nilai terendahnya pada pukul 06.00. Puncak nilai arus tertinggi terjadi pada pukul 12.30 dan mencapai nilai terendah pada pukul 06.00. Sementara itu, nilai daya mencapai titik tertinggi pada pukul 12.30 dan mencapai nilai terendah pada pukul 06.00.

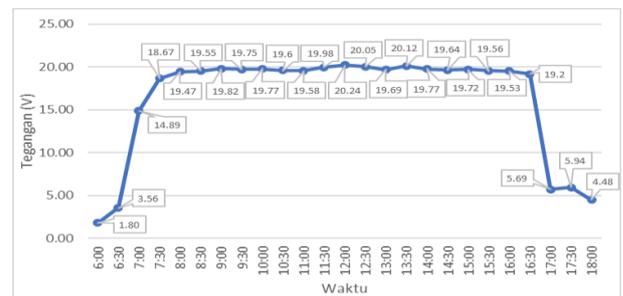
Pada hari ketiga data yang diperoleh sebagai berikut:

Tabel V
Pengukuran Hari Ketiga

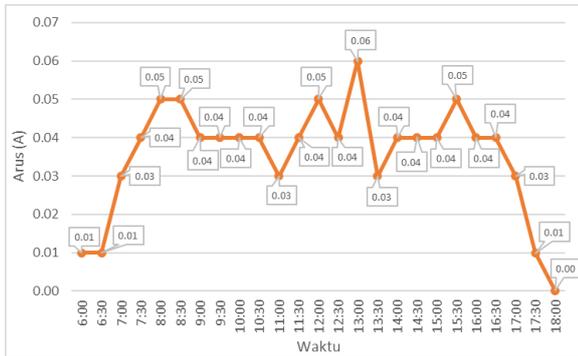
Jam	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
06.00	1,80	0,01	0,01
06.30	3,56	0,01	0,03
07.00	14,89	0,03	0,44
07.30	18,67	0,04	0,74
08.00	19,47	0,05	0,94
08.30	19,55	0,05	0,93
09.00	19,82	0,04	0,78
09.30	19,75	0,04	0,73
10.00	19,77	0,04	0,83
10.30	19,60	0,04	0,90

11.00	19,58	0,03	0,68
11.30	19,98	0,04	0,85
12.00	20,24	0,05	0,95
12.30	20,05	0,04	0,78
13.00	19,69	0,06	1,18
13.30	20,12	0,03	0,62
14.00	19,77	0,04	0,73
14.30	19,64	0,04	0,84
15.00	19,72	0,04	0,82
15.30	19,56	0,05	0,87
16.00	19,53	0,04	0,81
16.30	19,20	0,04	0,89
17.00	5,69	0,03	0,14
17.30	5,94	0,01	0,08
18.00	4,48	0,00	0,00

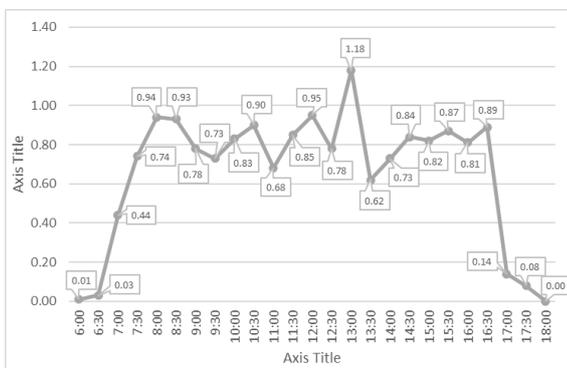
Dari data yang terdapat dalam tabel V, dapat disimpulkan bahwa rata-rata hasil pengukuran adalah sebagai berikut: tegangan sekitar 16,40 V, arus sekitar 0,04 A, dan daya sekitar 0,66 W. Oleh karena itu, berdasarkan Tabel V, kami dapat membuat grafik untuk merepresentasikan data tegangan, arus, dan daya seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



Gbr 21. Grafik tegangan hari ketiga



Gbr 22. Grafik arus hari ketiga



Gbr 23. Grafik daya hari ketiga

Dalam gambar 21, 22, dan 23, terlihat bahwa nilai tegangan mencapai titik tertinggi pada pukul 12.00 dan mencapai nilai terendahnya pada pukul 06.00. Puncak nilai arus tertinggi terjadi pada pukul 13.00 dan mencapai nilai terendah pada pukul 18.00. Sementara itu, nilai daya mencapai titik tertinggi pada pukul 13.00 dan mencapai nilai terendah pada pukul 18.00.

Tabel VI

Nilai Rata-rata Pengukuran

Hari	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
Pertama	16,94	0,03	0,64
Kedua	16,98	0,03	0,60
Ketiga	16,40	0,04	0,66

Dari data ini, dapat diperhatikan bahwa terdapat variasi rata-rata dalam tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan oleh panel surya dalam berbagai kondisi. Tegangan berkisar antara sekitar 16,40 V hingga 16,98 V. Arus juga mengalami variasi dari 0,03 A hingga 0,04 A. Sementara itu, daya yang dihasilkan oleh panel surya memiliki variasi dari sekitar 0,60 W hingga 0,66 W.

Variasinya mungkin disebabkan oleh kondisi lingkungan seperti intensitas cahaya matahari yang berubah-ubah, suhu, atau kemungkinan pengaruh lainnya. Kinerja panel surya sering kali dipengaruhi oleh faktor-faktor ini.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dalam penelitian ini, kami berhasil merancang dan menerapkan sebuah data logger yang bertujuan untuk memonitor dan merekam data keluaran dari panel surya. Berikut adalah beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini:

1. Dengan mengintegrasikan komponen-komponen utama seperti NodeMCU 8266, INA219, OLED LCD, dan panel surya, sistem ini mampu mengumpulkan data mengenai tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel secara real-time. Selain itu, data-data tersebut disimpan dalam sebuah basis data MySQL untuk kemudian dianalisis guna mendapatkan wawasan yang lebih dalam terkait performa panel surya dalam berbagai kondisi lingkungan dan pencahayaan.
2. Melalui pendekatan pengolahan data berbasis website, Kami telah berhasil mengembangkan sebuah metode untuk menganalisis daya yang dihasilkan oleh panel surya. Dengan memanfaatkan data tegangan dan arus yang diukur, kami dapat secara real-time memonitor kinerja panel surya dan mendapatkan informasi yang lebih akurat mengenai daya yang dihasilkan. Perancangan data logger dengan menggunakan basis data MySQL berjalan dengan baik, dengan tingkat kesalahan sekitar 0,19% untuk sensor tegangan dan 0% untuk sensor arus. Selama penelitian ini, kami juga dapat melihat variasi dalam hasil rata-rata pengukuran sensor pada hari pertama dengan tegangan sekitar 16,94 V, arus sekitar 0,03 A, dan daya sekitar 0,64 W, pada hari kedua dengan tegangan sekitar 16,98 V, arus sekitar 0,03 A, dan daya sekitar 0,60 W, dan pada hari ketiga dengan tegangan sekitar 16,40 V, arus sekitar 0,04 A, dan daya sekitar 0,66 W. Variabilitas ini kemungkinan disebabkan oleh faktor-faktor lingkungan seperti perubahan intensitas cahaya matahari, suhu, atau faktor-faktor lain yang mungkin memengaruhi kinerja panel surya.
3. Implementasi sistem pemantauan IoT dengan sensor INA219 dan modul ESP8266 membantu memahami penggunaan efisien teknologi IoT dalam pemantauan energi surya.

Saran

Beberapa saran dapat diambil sebagai panduan untuk

pengembangan selanjutnya:

1. Terkait untuk memantau dan menjaga koneksi antara sistem data logger dan basis data MySQL pada panel surya untuk memastikan keandalan data. Antarmuka pengguna yang *user-friendly* perlu dikembangkan.
2. Disarankan untuk eksplorasi teknik analisis data yang lebih canggih seperti *machine learning* untuk mengidentifikasi pola data yang lebih dalam. Integrasi visualisasi data interaktif di website dapat meningkatkan pemahaman tentang kinerja panel surya.
3. Dianjurkan untuk mempertimbangkan penggunaan teknologi IoT berbasis sensor INA219 dan ESP8266 dalam skala yang lebih luas, termasuk pemantauan energi dari berbagai sumber. Integrasi dengan platform manajemen energi yang komprehensif dapat memberikan pengendalian yang lebih efektif terhadap penggunaan energi.

REFERENSI

- [1] N. Safitri, T. Rihayat, and S. Riskina, *BUKU TEKNOLOGI PHOTOVOLTAIC*, 1st ed. Yayasan Puga Aceh Riset, 2019.
- [2] H. Suryawinata, D. Purwanti, and D. 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, p. 30, 2017.
- [3] M. Said, S. Fuady, and O. Saputra, "Desain dan Implementasi Sistem Monitoring Panel Surya 1200 Wp Berbasis Data Logger," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 4, no. 2, p. 219, 2022.
- [4] S. Aryza, H. Hermansyah, A. P. U. Siahaan, S. Suherman, and Z. Lubis, "Implementasi Energi Surya Sebagai Sumber Suplai Alat Pengereng Pupuk Petani Portabel," *It J. Res. Dev.*, vol. 2, no. 1, pp. 12–18, 2017, doi: 10.25299/itjrd.2017.vol2(1).642.
- [5] Subandi and M. Suyanto, "Pemasangan Solar Cell Untuk Setrika Listrik Pada Usaha Sonic Laundry Condong Catur," *ERA-ABDIMAS*, vol. 4, no. 2, pp. 2614–2082, 2020.
- [6] R. L. Saragi, M. Idris, B. Tarigan, and R. Sebayang, "SINERGI Polmed : JURNAL ILMIAH TEKNIK MESIN ANALISIS PROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA UNTUK PENERANGAN LAMPU JALAN IN F O A R T I K E L," *SINERGI Polmed J. Ilm. Tek. MESIN*, vol. 3, no. 1, p. 68, 2022, [Online]. Available: <http://ojs.polmed.ac.id/index.php/SinerGI/index>
- [7] A. Haris *et al.*, "Sistem Monitoring Dan Klaster Ketersediaan Energi Menggunakan Metode K-Means Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya," *J. SPEKTRUM*, vol. 4, no. 2, pp. 2502–714, 2019, [Online]. Available: <https://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/cess/article/view/12834%0Ahttps://ojs.unud.ac.id/index.php/spektrum/article/download/52823/31281%0Ahttps://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/cess/article/view/12834/pdf>
- [8] M. Rif'an, S. HP, M. Shidiq, R. Yuwono, H. Suyono, and F. S., "Optimasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Matahari di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya," *J. EECCIS*, vol. 6, no. 1, p. 45, 2012.
- [9] B. H. Purwoto, J. Jatmiko, M. A. Fadilah, and I. F. Huda, "Efisiensi Penggunaan Panel Surya sebagai Sumber Energi Alternatif," *Emit. J. Tek. Elektro*, vol. 18, no. 1, pp. 10–14, 2018, doi: 10.23917/emit.v18i01.6251.
- [10] I. Dwi, W. Hermanto, and B. Suprianto, "Sistem Monitoring dan Pengukuran Pembangkit Listrik Surya dan Angin Berbasis Internet of Things (IoT)," *J. Tek. Elektro*, vol. 11, no. 3, p. 373, 2022.
- [11] H. Habiburosid, W. Indrasari, and R. Fahdiran, "Karakterisasi Panel Surya Hybrid Berbasis Sensor Ina219," vol. VIII, pp. SNF2019-PA-173–178, 2019, doi: 10.21009/03.snf2019.02.pa.25.
- [12] I. A. Putra *et al.*, "Implementasi Sistem Monitoring Detak Jantung Dan Suhu Tubuh Menggunakan Sensor Pulse Dan Blynk Application Berbasis Internet Of Things Implementation Of Heart Rate And Body Temperature Monitoring Applications Using Pulse And Blynk Sensors Based On The Int," vol. 8, no. 6, pp. 3116–3123, 2022.
- [13] S. Ridho Hantoro and M. Hendra Cordova, "ANALISA PERFORMANSI DAN MONITORING BERBASIS WEB PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DI FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI ITS," *J. Tek. ITS*, vol. 7, no. 1, 2018.