

## Wireless Monitoring System for Off-Grid PV Systems Based on Raspberry Pi

Muhammad Dafa Alfaruqj<sup>1</sup>, Ali Basrah Pulungan<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Teknik Elektro Industri, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang, Padang, INDONESIA

\*Corresponding Author : alibp@ft.unp.ac.id

### Abstract

The use of renewable energy such as Solar Power Plants (PLTS) is growing in various regions, especially in remote areas that are not reached by conventional power grids. However, off-grid solar systems require periodic monitoring to keep them functioning optimally. This study aims to design a wireless monitoring system for off-grid solar power plants by utilizing Raspberry Pi as a data processing center, monitoring important parameters such as current, voltage, power, temperature, humidity and light intensity at regular intervals. The method used involves ESP8266 as a sensor data transmitter node through the MQTT communication protocol. Node-RED acts as a data bridge between MQTT and Raspberry Pi, which then stores the data into a MySQL Database and is visualized through the Grafana dashboard. The test results show that the system is able to display sensor data periodically, accurately, and informatively, as well as facilitate the process of analyzing the performance of the Off-grid PV system. Thus, this system can be an effective and efficient monitoring solution for the implementation of solar power plants in remote locations.

**Keywords:** PLTS off-grid, Raspberry Pi, ESP8266, MQTT, MySQL, Node-Red, Grafana.

### 1. Introduction

Energi baru terbarukan adalah energi yang keberadaannya melimpah di alam[1]. Salah satu bentuk pemanfaatan energi terbarukan adalah pemanfaatan energi matahari yang memiliki potensi untuk dijadikan sumber pembangkit listrik tenaga surya. Dengan berkembangnya teknologi panel surya, biaya produksi energi surya semakin rendah, menjadikannya lebih ekonomis dan dapat digunakan di berbagai skala, baik rumah tangga[2], industri, maupun tempat terpencil yang tidak terjangkau oleh jaringan listrik konvensional[3]. Pemakaian panel surya sudah banyak digunakan oleh masyarakat luas untuk memenuhi kebutuhan listriknya. Namun, kebanyakan pemasangan masih bersifat statis, sehingga kinerja panel surya dan proses monitoring masih dilakukan secara manual. Monitoring secara manual menyebabkan pemborosan waktu dan terbatasnya jumlah data yang dihasilkan oleh sistem monitoring tersebut[4].

Ini menunjukkan adanya kebutuhan untuk solusi pemantauan yang lebih efisien untuk PLTS. Kinerja panel surya dapat dipantau langsung melalui parameter seperti tegangan dan arusnya[5], yang penting untuk mengetahui apakah instalasi sudah sesuai dan menghasilkan daya keluaran yang diharapkan[6]. Konsep Internet of Things (IoT) menawarkan pendekatan inovatif untuk mengatasi keterbatasan pemantauan manual. IoT adalah jaringan objek yang saling terhubung dan dapat berkomunikasi melalui Internet Protocol (IP), memungkinkan interaksi langsung, pengiriman data, dan kendali jarak jauh [7]. Penelitian sebelumnya sudah banyak mengimplementasikan sistem monitoring, baik dengan alat ukur konvensional[8], maupun platform IoT berbasis website seperti Blynk[9], [10]. Namun, untuk memastikan performa PLTS tetap optimal, diperlukan sistem monitoring yang dapat memantau parameter penting. wireless menjadi esensial untuk

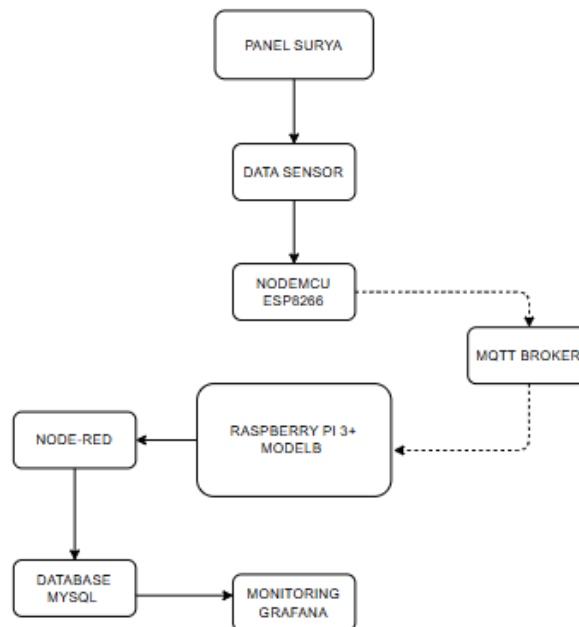
mengatasi keterbatasan lokasi dan mengurangi penggunaan kabel fisik yang tidak efisien pada sistem PLTS[11] Metode wireless ini tidak hanya meningkatkan efisiensi komunikasi data, tetapi juga mempermudah pemeliharaan sistem monitoring, terutama di lokasi yang sulit dijangkau[12]

Dalam penelitian ini, dikembangkan sistem monitoring wireless untuk PLTS off-grid dengan memanfaatkan Raspberry Pi sebagai pusat pengolahan data. Raspberry Pi dipilih karena memiliki kemampuan komputasi yang cukup, hemat daya, serta mendukung berbagai protokol komunikasi dan Database. Perangkat ini berfungsi untuk mengumpulkan dan mengelola data yang dikirim dari ESP8266 yang bertugas sebagai media komunikasi wireless antara sensor dan pusat data[13]. Pemilihan protokol komunikasi yang tepat, seperti menggunakan MQTT Broker yang bekerja dengan model Publish/Subscribe yang memudahkan perangkat berkomunikasi satu sama lain secara wireless[14], [15].

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah dapat membantu kinerja PLTS Off-grid dalam pemantauan dan dapat memudahkan dalam monitoring data dari PLTS Off-grid Dalam sistem ini parameter-parameter penting seperti arus, tegangan, daya, suhu, kelembapan dan intensitas cahaya akan di simpan pada Database MySQL lalu di tampilkan di dashboard monitoring Grafana dalam bentuk grafik dan gauge, sehingga memudahkan dalam proses analisa performa PLTS.

## 2. Material and methods

Penelitian ini dilakukan dengan Perancang sistem Monitoring. Masing masing disusun dengan pemilihan komponen *hardware* dan *software* sesuai dengan fungsi dan perencanaan sehingga menghasilkan alat dengan fungsi yang sesuai. Pada gambar 1 akan ditunjukkan Blok diagram *Wireless Monitoring* pada PLTS *off-grid* berbasis Raspberry Pi.



**Gambar 1. Block Diagram**

Blok diagram sistem ini menggambarkan hubungan antara Komponen *Hardware* dan *Software* dalam sistem monitoring ini yang terdiri dari *NodeMCU ESP8266*, *MQTT Broker* sebagai protokol komunikasi dan *Raspberry Pi* sebagai pusat pengolahan data dan monitoring yang terhubung dengan data sensor, sistem ini terdiri dari:

1. Panel Surya  
Panel Surya adalah sumber energi dari energi cahaya matahari yang menghasilkan energi listrik. Panel surya yang akan digunakan adalah 50wp dengan maksimal tegangan *output* nya 17.6 Volt dan arus *short circuit* sebesar 2.98 Ampere. Jenis panel surya yang digunakan adalah tipe *polycrystalline*.
2. Data Sensor  
Data sensor ini memberikan informasi penting mengenai sistem kerja, seperti tegangan, arus, suhu, dan intensitas cahaya yang diterima, data ini digunakan untuk memantau, mengidentifikasi masalah dan mengoptimalkan efisiensi panel surya.
3. NodeMCU ESP8266



**Gambar 2. ESP 8266**

*NodeMCU* memadukan modul *ESP8266 Wi-Fi* dengan *firmware* berbasis *Arduino IDE*, sehingga memudahkan pengembang dalam membuat aplikasi *IoT*. Modul *ESP8266* ini digunakan untuk mengirim data ke *Raspberry Pi* melalui *MQTT Broker*.

4. *MQTT Broker*  
*MQTT broker* berfungsi sebagai protokol komunikasi dengan perantara (*middleware*) yang mengelola pesan yang dikirim oleh perangkat pengirim (*publisher*) dan menyampaikan pesan tersebut ke perangkat penerima (*subscriber*) berdasarkan topik yang dibuat.
5. *Raspberry Pi 3+ Model B*



**Gambar 3. Raspberry Pi 3+ Model B**

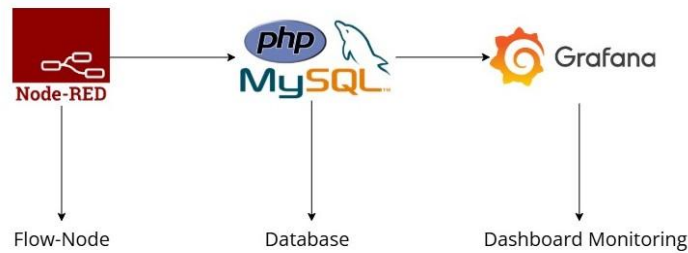
*Raspberry Pi 3+ Model B* adalah salah satu varian dari *Raspberry Pi*, komputer *single-board*. Komputer ini memiliki performa yang baik dengan harga yang terjangkau, serta dilengkapi dengan berbagai fitur contohnya dalam fitur sistem monitoring. Dan *Raspberry Pi* ini digunakan sebagai pusat pengolahan data dan sistem monitoring pada data sensor.

6. *Router*  
Perangkat jaringan yang digunakan untuk menghubungkan beberapa perangkat ke internet dan mengelola lalu lintas data antar jaringan. Router berfungsi menghubungkan jaringan lokal atau *LAN* ke *internet* dan mengelola lalu lintas data di antara jaringan tersebut dan menghubungkan jaringan *wireless*.
7. *Node-RED*  
*Node-RED* adalah alat pengembangan berbasis alur (*flow-based*) yang memungkinkan pengintegrasian berbagai perangkat lunak dan perangkat keras dengan cara visual. Kegunaan dari *Node-RED* ialah mengambil data dari *Broker MQTT* lalu memproses data dan mengirim data ke *MySQL* untuk di simpan.
8. *Databaase MySQL*  
*MySQL* adalah sebuah basis data yang bersifat *open-source* yang digunakan untuk

mengelola, menyimpan, dan mengambil data dari basis data. Dalam sistem di mana ESP8266 mengirimkan data sensor melalui MQTT ke Node-RED, MySQL dapat digunakan untuk menyimpan data dalam bentuk tabel dan mengelola data tersebut.

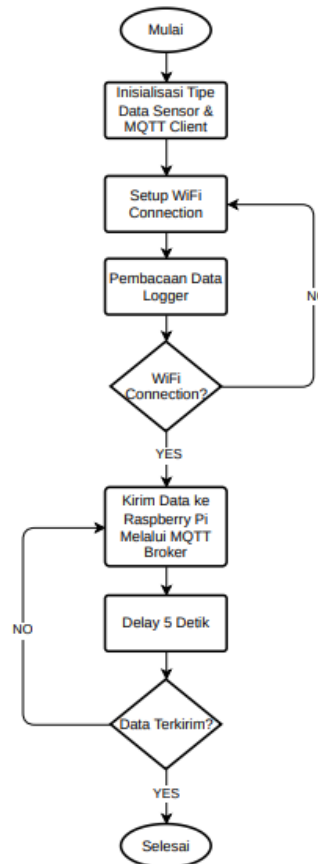
9. Grafana

Grafana adalah platform *open-source* untuk analisis data dan visualisasi. Platform ini dapat menarik data dari berbagai sumber, termasuk MySQL. Kegunaan dari Grafana adalah menampilkan data sensor dalam bentuk grafik, tabel, atau indikator lainnya.



**Gambar 4. Desain Aplikasi Monitoring**

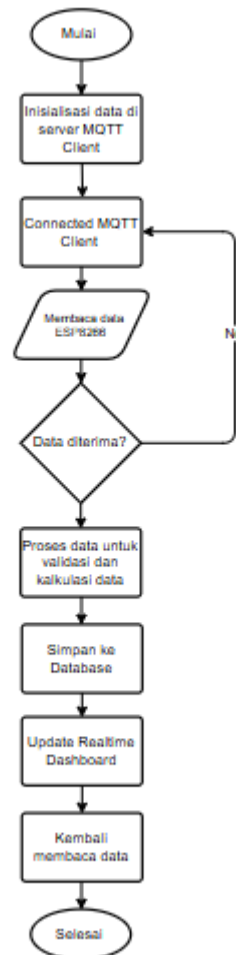
Pada gambar 4, Desain aplikasi monitoring bertujuan untuk proses perancangan sistem atau mekanisme sistem untuk memantau, merekam, visualisasikan data dari suatu proses. Desain ini mencakup antarmuka visual, serta metode komunikasi.



**Gambar 5. Flowchart Pengambilan Data Serial dan Mengirim Data**

Pada gambar 5, dijelaskan alur kerja sistem pengambilan data serial dan mengirim

data ini terdapat pada *NodeMCU ESP8266*. Yang pertama menginisialisasikan data sensor dan menyiapkan parameter awal lalu konfigurasi *MQTT* untuk komunikasi data, selanjutnya perangkat mencoba terhubung ke jaringan *WiFi* agar dapat berkomunikasi dengan server, setelah berhasil terkoneksi perangkat akan memulai membaca data dari data sensor, data yang terbaca akan dikirim ke *Raspberry Pi* melalui protokol komunikasi *MQTT Broker*.



**Gambar 6. Flowchart Sistem Monitoring di Raspberry Pi**

Pada gambar 6, dijelaskan alur kerja sistem monitoring pada *Raspberry Pi*. Pertama sistem melakukan inisialisasi koneksi dan parameter *MQTT Client* agar data dari *NodeMCU ESP8266* diterima. Selanjutnya, sistem memastikan koneksi ke server *MQTT Broker* berhasil, setelah itu data di validasi dan dikalkulasi untuk memperoleh nilai daya, lalu disimpan di *Database MySQL* untuk pencatatan dan monitoring.

### 3. Results and discussion

Setelah seluruh rangkaian sistem dirancang, diperoleh hasil bahwa sistem mampu melakukan monitoring data PLTS. Energi yang dihasilkan oleh panel surya terlebih dahulu dikonversi menjadi data yang terhubung ke *NodeMCU ESP8266*. *ESP8266* berfungsi sebagai pengirim data ke server melalui protokol *MQTT*, dengan *MQTT Broker* sebagai penghubung antara *ESP8266* dengan *Raspberry Pi*. Data yang diterima oleh *Raspberry Pi* kemudian diolah menggunakan *Node-RED*, dan disimpan ke dalam *Database MySQL*. Selanjutnya, data

ditampilkan melalui dashboard *Grafana* yang memberikan visualisasi dalam bentuk grafik dan *gauge*.

### 3.1 Pengujian Sistem Komunikasi *Hardware*

Pengujian sistem *Hardware* bertujuan memastikan bahwa seluruh komponen fisik bekerja sesuai fungsinya dan siap digunakan dalam sistem monitoring. Tahapan ini penting dilakukan sebelum pengujian sistem secara menyeluruh.



**Gambar 7. Koneksi antar *ESP8266* dengan *Router***

Pada gambar 7, terlihat koneksi antar parameter-parameter yang dimonitoring, *ESP8266* disini berperan sebagai penerima data dari parameter. Data yang di peroleh kemudia dikirim secara *wireless* menggunakan *Protokol MQTT*. Perangkat *router TP-Link* yang berfungsi sebagai *Acces Point* untuk membentuk Jaringan Lokal.



**Gambar 8. Koneksi ke *Raspberry Pi***

Pada gambar 8, *ESP8266* terhubung ke jaringan *WiFi* yang disediakan oleh router tersebut, dan mengirim data ke *broker MQTT* yang berjalan di Perangkat *Raspberry Pi*, yang menerima data dari *ESP8266* melalui topik *MQTT*

### 3.2 Pengujian Program Sistem Komunikasi

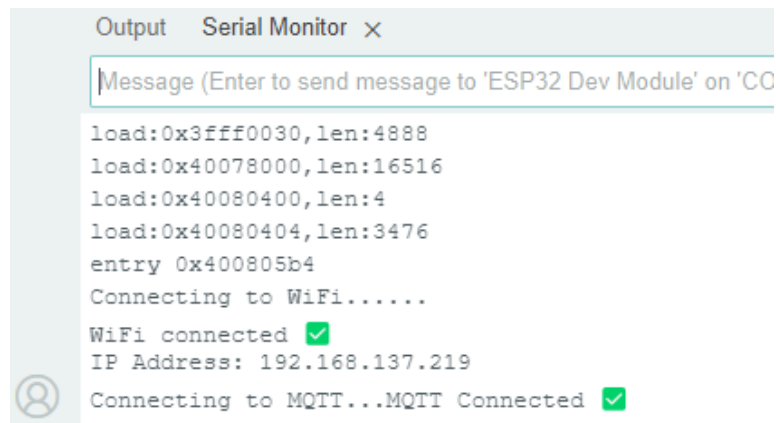
```

coba_data_ta_dafa.ino
1  #include <WiFi.h>
2  #include <PubSubClient.h>
3  #include <ArduinoJson.h>
4
5  #define RXD2 16
6  #define TXD2 17
7
8  const char* ssid = "DAFA";
9  const char* password = "12345678";
10
11 const char* mqtt_server = "192.168.137.158";
12 const int mqtt_port = 1883;
13 const char* topic_sensor = "/sensor/data";
14
15 WiFiClient espClient;
16 PubSubClient cClient(espClient);
17
18 unsigned long previousMillis = 0;
19 const long interval = 1000;
20
21 void setup_wifi() {
22   Serial.print("Connecting to WiFi...");
23   WiFi.begin(ssid, password);
24   unsigned long startAttemptTime = millis();
25   while (WiFi.status() != WL_CONNECTED && millis() - startAttemptTime < 10000) {
26     delay(500);
27     Serial.print(".");
28   }

```

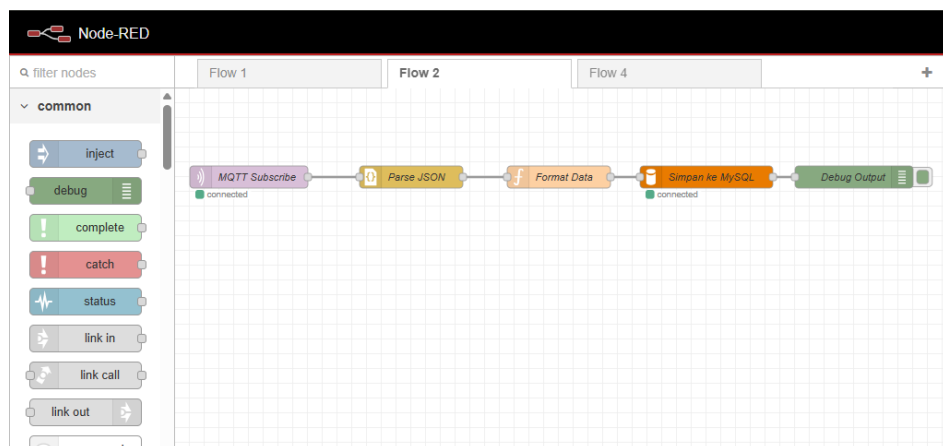
**Gambar 9. Program ESP8266**

Pada gambar 9, Inisialisasi dan koneksi *WiFi ESP8266* menghubungkan ke jaringan *WiFi* untuk connect dengan broker *MQTT* di *Raspberry Pi*. Setelah koneksi berhasil, *ESP8266* mulai mengirimkan data sensor secara berkala ke *broker MQTT*.



**Gambar 10. Koneksi Terhubung ke WiFi**

### 3.3 Pengujian Sistem Node-RED

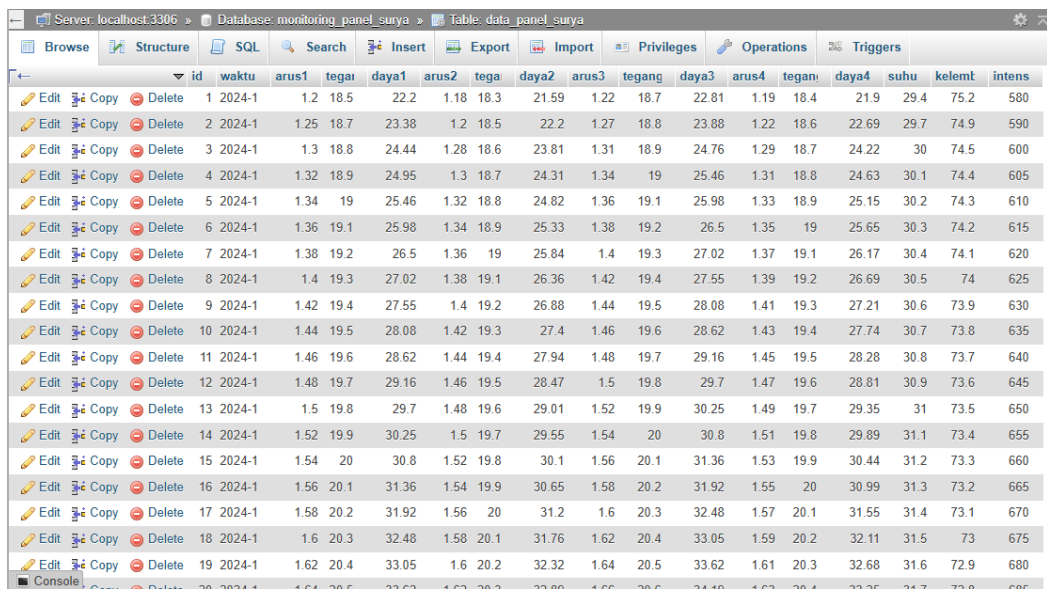


**Gambar 11. Flow Node-RED**

Pada gambar 11, Untuk node pertama *MQTT Subscribe Node*, node yang digunakan adalah *MQTT input node*. Node ini berfungsi untuk menerima data dari *ESP8266* yang dipublikasikan melalui topik *plts/data*. Pengujian dilakukan dengan menjalankan *ESP8266* dan memastikan bahwa node *MQTT* menampilkan status hijau (*connected*), serta data dapat terbaca melalui debug node. Jika berhasil, maka data JSON akan muncul pada jendela debug dengan format yang sesuai. Setelah data diterima oleh *MQTT* node, function node bertugas mengolah data tersebut dan menyusunnya menjadi perintah *SQL*. Setelah function menghasilkan query *SQL*, node ini bertugas mengirimkan data ke dalam *Database MySQL*.

### 3.4 Pengujian Database MySQL

Pengujian *Database MySQL* dilakukan untuk memastikan bahwa data yang dikirim dari *ESP8266* dan diproses melalui *Node-RED* benar-benar tersimpan dengan baik di dalam tabel *MySQL*. *Database* ini berperan sebagai tempat penyimpanan utama seluruh data sensor yang digunakan dalam sistem monitoring *PLTS off-grid*.



	id	waktu	arus1	tegar	daya1	arus2	tega	daya2	arus3	tegang	daya3	arus4	tegam	daya4	suhu	kelemt	intens
Edit Copy Delete	1	2024-1	1.2	18.5	22.2	1.18	18.3	21.59	1.22	18.7	22.81	1.19	18.4	21.9	29.4	75.2	580
Edit Copy Delete	2	2024-1	1.25	18.7	23.38	1.2	18.5	22.2	1.27	18.8	23.88	1.22	18.6	22.69	29.7	74.9	590
Edit Copy Delete	3	2024-1	1.3	18.8	24.44	1.28	18.6	23.81	1.31	18.9	24.76	1.29	18.7	24.22	30	74.5	600
Edit Copy Delete	4	2024-1	1.32	18.9	24.95	1.3	18.7	24.31	1.34	19	25.46	1.31	18.8	24.63	30.1	74.4	605
Edit Copy Delete	5	2024-1	1.34	19	25.46	1.32	18.8	24.82	1.36	19.1	25.98	1.33	18.9	25.15	30.2	74.3	610
Edit Copy Delete	6	2024-1	1.36	19.1	25.98	1.34	18.9	25.33	1.38	19.2	26.5	1.35	19	25.65	30.3	74.2	615
Edit Copy Delete	7	2024-1	1.38	19.2	26.5	1.36	19	25.84	1.4	19.3	27.02	1.37	19.1	26.17	30.4	74.1	620
Edit Copy Delete	8	2024-1	1.4	19.3	27.02	1.38	19.1	26.36	1.42	19.4	27.55	1.39	19.2	26.69	30.5	74	625
Edit Copy Delete	9	2024-1	1.42	19.4	27.55	1.4	19.2	26.88	1.44	19.5	28.08	1.41	19.3	27.21	30.6	73.9	630
Edit Copy Delete	10	2024-1	1.44	19.5	28.08	1.42	19.3	27.4	1.46	19.6	28.62	1.43	19.4	27.74	30.7	73.8	635
Edit Copy Delete	11	2024-1	1.46	19.6	28.62	1.44	19.4	27.94	1.48	19.7	29.16	1.45	19.5	28.28	30.8	73.7	640
Edit Copy Delete	12	2024-1	1.48	19.7	29.16	1.46	19.5	28.47	1.5	19.8	29.7	1.47	19.6	28.81	30.9	73.6	645
Edit Copy Delete	13	2024-1	1.5	19.8	29.7	1.48	19.6	29.01	1.52	19.9	30.25	1.49	19.7	29.35	31	73.5	650
Edit Copy Delete	14	2024-1	1.52	19.9	30.25	1.5	19.7	29.55	1.54	20	30.8	1.51	19.8	29.89	31.1	73.4	655
Edit Copy Delete	15	2024-1	1.54	20	30.8	1.52	19.8	30.1	1.56	20.1	31.36	1.53	19.9	30.44	31.2	73.3	660
Edit Copy Delete	16	2024-1	1.56	20.1	31.36	1.54	19.9	30.65	1.58	20.2	31.92	1.55	20	30.99	31.3	73.2	665
Edit Copy Delete	17	2024-1	1.58	20.2	31.92	1.56	20	31.2	1.6	20.3	32.48	1.57	20.1	31.55	31.4	73.1	670
Edit Copy Delete	18	2024-1	1.6	20.3	32.48	1.58	20.1	31.76	1.62	20.4	33.05	1.59	20.2	32.11	31.5	73	675
Edit Copy Delete	19	2024-1	1.62	20.4	33.05	1.6	20.2	32.32	1.64	20.5	33.62	1.61	20.3	32.68	31.6	72.9	680
Edit Copy Delete	20	2024-1	1.64	20.5	33.62	1.62	20.3	32.88	1.66	20.6	34.46	1.63	20.4	33.25	31.7	72.8	685

Gambar 12. Tabel MySQL

Pada Gambar 12, yang ditampilkan merupakan antarmuka dari *phpMyAdmin* yang menunjukkan isi tabel *data\_panel\_surya* dalam *Database monitoring\_solar\_panel* pada server *MySQL* lokal. Tabel ini berisi data hasil pembacaan sensor. Parameter yang dicatat meliputi empat nilai tegangan (tegangan1 hingga tegangan4), empat nilai arus (arus1 hingga arus4), serta empat nilai daya (daya1 hingga daya4) diperoleh dari hasil perkalian tegangan dan arus. Selain itu, data suhu kelembapan dan intensitas cahaya (*intensitas\_cahaya*).

### 3.5 Aplikasi Sistem Monitoring Grafana



**Gambar 13. Dashboard Sistem Monitoring Grafana**

Pada Gambar 13, Dashboard yang ditampilkan merupakan sistem monitoring berkala untuk PLTS *off-grid* yang divisualisasikan menggunakan *Grafana*. Dashboard ini menampilkan performa dari empat panel surya, masing-masing dipantau berdasarkan parameter, yaitu arus, tegangan, daya, suhu, kelembapan dan intensitas cahaya. Parameter ini ditampilkan dalam bentuk grafik *time series*, yang memperlihatkan kestabilan nilai dari pukul 09:00 hingga 15:00. Secara keseluruhan, dashboard ini memberikan pemantauan terhadap kondisi panel surya dan lingkungan di sekitarnya. Dengan ini mendeteksi potensi gangguan, mengukur efisiensi sistem, serta melakukan pengambilan keputusan berbasis data secara lebih tepat.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem monitoring nirkabel yang dirancang mampu menampilkan data sensor seperti tegangan, arus, daya, suhu, kelembapan dan intensitas cahaya secara berkala. *Protokol MQTT* yang digunakan terbukti stabil dalam komunikasi data antara *ESP8266* dan *Raspberry Pi*, serta integrasi dengan *Node-RED* dan *MySQL* berjalan sesuai yang diharapkan. Visualisasi melalui *Grafana* memberikan tampilan yang informatif, sehingga memudahkan analisis performa PLTS. Secara keseluruhan, sistem ini memberikan solusi efektif dan efisien untuk pemantauan PLTS *off-grid* di wilayah terpencil.

#### 4. Conclusion

Berdasarkan hasil yang di dapatkan, sistem *wireless* monitoring pada PLTS *off-grid* berbasis *Raspberry Pi* merupakan solusi efektif dan efisien untuk memantau performa data sensor secara teratur. Sistem ini memanfaatkan sensor, mikrokontroler *ESP8266*, protokol *MQTT*, *Node-RED*, *Database MySQL* serta visualisasi melalui *Grafana*, dengan *Raspberry Pi* sebagai pusat pengelolaan data. Parameter penting seperti arus, tegangan, daya, suhu, kelembapan dan intensitas cahaya dapat dipantau secara terintegrasi, memudahkan analisis performa dan deteksi dini terhadap gangguan. Adapun kekurangannya seperti ketergantungan pada kestabilan koneksi jaringan dan *broker MQTT*, keterbatasan daya pemrosesan pada *Raspberry Pi* untuk skala besar. Oleh karena itu sistem ini tetap memberikan solusi yang mendukung pengelolaan PLTS secara mandiri dan berkelanjutan.

## References

- [1] D. Gielen, F. Boshell, D. Saygin, M. D. Bazilian, N. Wagner, and R. Gorini, "The role of renewable energy in the global energy transformation," *Energy Strategy Reviews*, vol. 24, pp. 38–50, Apr. 2019, <https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.01.006>
- [2] H. B. Nurjaman and T. Purnama, "Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Solusi Energi Terbarukan Rumah Tangga," *Jurnal Edukasi Elektro*, vol. 6, no. 2, pp. 136–142, 2022, doi: [10.21831/jee.v6i2.51617](https://doi.org/10.21831/jee.v6i2.51617)
- [3] P. Gunoto, A. Rahmadi, and E. Susanti, "Perancangan Alat Sistem Monitoring Daya Panel Surya Berbasis Internet Of Things," *Sigma Teknika*, vol. 5, no. 2, pp. 285–294, Nov. 2022, doi: <https://doi.org/10.33373/sigmateknika.v5i2.4555>
- [4] A. B. Pulungan and M. Delfitra, "Sistem Monitoring Real Time Pada Solar Panel Park," *JTEV (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional)*, vol. 8, no. 1, p. 137, Apr. 2022, doi: [10.24036/jtev.v8i1.116821](https://doi.org/10.24036/jtev.v8i1.116821)
- [5] H. Suryawinata, D. Purwanti, and D. S. Sunardiyo, "Sistem Monitoring pada Panel Surya Menggunakan Data logger Berbasis ATmega 328 dan Real Time Clock DS1307," *Jurnal Teknik Elektro Unnes*, vol. 9, no. 1, 2017, doi: <https://doi.org/10.15294/jte.v9i1.10709>
- [6] D. Wijayanto, S. I. Haryudo, and T. Wrahatnolo, "Rancang Bangun Monitoring Arus dan Tegangan Pada PLTS Sistem On Grid Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Aplikasi Telegram," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 11, no. 3, pp. 447–453, 2022. doi: <https://doi.org/10.26740/jte.v11n3.p447-453>
- [7] Y. Efendi, "INTERNET OF THINGS (IOT) SISTEM PENGENDALIAN LAMPU MENGGUNAKAN RASPBERRY PI BERBASIS MOBILE," *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, vol. 4, no. 1, 2018, doi: <https://doi.org/10.35329/jiik.v4i1.48>
- [8] M. Vyas, K. Chudasama, M. Bhatt, and B. Gohil, "International Journal of Current Engineering and Technology Real Time Data Monitoring of PV Solar cell using LabVIEW," 2016. [Online]. Available: <http://inpressco.com/category/ijcet/>
- [9] Hamdani, A. B. Pulungan, D. E. Myori, F. Elmubdi, and T. Hasannuddin, "REAL TIME MONITORING SYSTEM ON SOLAR PANEL ORIENTATION CONTROL USING VISUAL BASIC," *Journal of Applied Engineering and Technological Science*, vol. 2, no. 2, pp. 112–124, May 2021, doi: [10.37385/jaets.v2i2.249](https://doi.org/10.37385/jaets.v2i2.249).
- [10] D. Kurnia Setiawan, W. Widjonarko, and A. Firdaus, "Sistem Monitoring Panel Surya Berbasis Android Secara Real-Time," *Jurnal FORTECH*, vol. 3, no. 1, pp. 7–16, Mar. 2022, doi: [10.56795/fortech.v3i1.102](https://doi.org/10.56795/fortech.v3i1.102).
- [11] Krismadinata, P. Kusuma, and Y. Yahfizham, "Design and Manufacture of *Wireless* Monitoring System of Photovoltaic Generation Employing Raspberry PI 3," *ELKHA: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 13, no. 1, pp. 19–24, Apr. 2021. doi: [10.26418/elkha.v13i1.42888](https://doi.org/10.26418/elkha.v13i1.42888)
- [12] N. J. Beltrán Castañón, F. Chura Acero, J. Ramos Cutipa, O. Chayña Velásquez, H. Shuta Lloclla, and E. Cruz Ticona, "A Low-Cost *Wireless* Monitoring System for Photovoltaic Systems: Performance Analysis and Potential Application in Direct-Current Nanogrids," *Energies (Basel)*, vol. 18, no. 9, May 2025, doi: [10.3390/en18092279](https://doi.org/10.3390/en18092279).
- [13] D. Faisal Akbar, I. T. Yuniahastuti, and C. Sari, "Perancangan Sistem Monitoring Panel Surya Dengan Berbasis IoT Menggunakan Blynk," *ELECTRA Electrical Engineering Articles*, Vol.5, No.1, September 2024, pp. 57-64, doi: [10.25273/electra.v5i1.20782](https://doi.org/10.25273/electra.v5i1.20782)
- [14] M. Kashyap, V. Sharma, and N. Gupta, "Taking *MQTT* and NodeMcu to IOT: Communication in Internet of Things," in *Procedia Computer Science*, Elsevier B.V., 2018, pp. 1611–1618. doi: [10.1016/j.procs.2018.05.126](https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.05.126).
- [15] G. Yudha Saputra, A. Denhas Afrizal, F. Khusnu Reza Mahfud, F. Angga Pribadi, and F. Jati Pamungkas, "Penerapan Protokol *Mqtt* Pada Teknologi Wan (Studi Kasus Sistem Parkir Univeristas Brawijaya)," *Jurnal Informatika Mulawarman*, Vol. 12, No. 2 September 2017, doi: [10.30872/jim.v12i2.653](https://doi.org/10.30872/jim.v12i2.653)