

Rancang Bangun Monitoring PLTS Off-Grid Menggunakan ESP-32 dan HT-UV5R
Pada Pesanggrahan Gordomulyo di Magetan

**Rancang Bangun *Monitoring PLTS Off-Grid* Menggunakan ESP-32 dan HT-UV5R
Pada Pesanggrahan Gordomulyo di Magetan**

Zufar Permana Muqorrobin

D4 Teknik Listrik, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya
Email: zufar.20051387022@mhs.unesa.ac.id

Reza Rahmadian, Mahendra Widyartono, Ayusta Lukita Wardani

D4 Teknik Listrik, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya
Email: rezarahmadian@unesa.ac.id, mahendrawidyartono@unesa.ac.id,
ayustawardani@unesa.ac.id

Abstrak

Permasalahan utama di kawasan dataran tinggi Pesanggrahan Gordo Mulyo Kecamatan Plaosan Kabupaten Magetan adalah sulitnya pemantauan pembangkit listrik tenaga surya off-grid yang dipasang karena tidak adanya waifi/internet yang dapat diandalkan serta lokasi yang jauh dari pemukiman warga. Sebagai solusinya, penelitian ini mengembangkan sistem pemantauan tenaga surya jarak jauh menggunakan komunikasi ESP32 (*Espressif Sytem 32*) dan HT (Handy Talkie), yang memungkinkan transmisi data otomatis tanpa konektivitas internet. Penelitian ini berkontribusi terhadap optimalisasi sistem pemantauan yang disesuaikan dengan kondisi lingkungan sekitar pengujian. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen dengan melalui observasi langsung pada Pesanggrahan Gordomulyo. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian kinerja PLTS dan pengujian alat monitoring yang terpasang. Hasil yang didapatkan adalah tegangan panel surya, arus panel surya, dan tegangan baterai/persentase kapasitas baterai adalah stabil dan tidak melebihi dari spesifikasi panel surya. Pengujian terakhir adalah transmisi data yang telah dikelola, untuk dikirim dalam bentuk suara melalui HT, hasil menunjukkan 3 kali pengujian, data mempunyai status yang sama dengan isi data yang sesuai. Alat ini memiliki tingkat kesalahan yang lebih kecil berdasarakan dari hasil setiap pengujiannya. Oleh karena itu, alat ini dapat menjadi salah satu inovasi dalam dunia monitoring pembangkit listrik tenaga surya.

Kata Kunci: PLTS, Handy Talky(HT), ESP32, *Monitoring*.

Abstract

The main problem in the highland area of Pesanggrahan Gordo Mulyo, Plaosan District, Magetan Regency is the difficulty of monitoring installed off-grid solar power plants due to their location far from residential areas and the absence of reliable wifi/internet. As a solution, this research develops a remote solar power monitoring system using ESP32 and HT (Handy Talkie) communication, which allows automatic data transmission without internet connectivity. This research contributes to the optimization of a monitoring system that is adapted to the environmental conditions surrounding the test. The research method used was experimentation through direct observation at Pesanggrahan Gordomulyo. Tests carried out include PLTS performance testing and testing of installed monitoring tools. The results obtained are that the solar panel voltage, solar panel current, and battery voltage/battery capacity percentage are stable and do not exceed the solar panel specifications. The final test is data transmission that has been managed, to be sent in voice form via HT, the results show 2 times testing, the data has the same status as the corresponding data content. Based on each test, this tool has a small error rate, so it can be an innovation in the world of monitoring solar power plants.

Keywords: PV Solar Panel, HT (Handy Talykie), ESP32, *Monitoring*.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan suatu negara yang berada diantara garis khatulistiwa dan terdiri dari banyak pulau. Peran energi matahari sebagai salahsatu sumber energi baru terbarukan bisa dimaksimalkan dalam meningkatkan rasio elektrifikasi. (Fahmi Hakim, 2017) Potensi tenaga surya di Indonesia sebesar 532,6 *Giga Weak Peak* (GWp) atau 4,8 kWh/M2 namun baru dimanfaatkan 0,08 GWp saja. Dalam beberapa tahun terakhir, ini penggunaan pembangkit listrik tenaga surya

menjadi suatu jawaban terhadap permasalahan di daerah yang kesulitan jangkauan jaringan listrik PLN. (Ariyani dkk., 2021)

Kondisi georafis wilayah Kabupaten Magetan khususnya di Kecamatan Plaosan sebagian merupakan sebagian besar wilayah pebukitan. Di tempat wisata Pesanggrahan Gordomulyo Desa Plumpang, Kecamatan Plaosan mengalami kendala pada bagian penerangan. Pemilihan PLTS *Off-Grid* sistem sangat cocok diterapkan di tempat wisata Pesanggrahan Gordomulyo dikarenakan tidak

adanya sumber listrik dari PLN sehingga dibutuhkan media penyimpanan baterai sebagai penyimpan energi saat tidak adanya sinar matahari. (Arief dkk., 2024)

Pada pemasangan pembangkit listrik tenaga surya pada pesanggrahan Gordomulyo ini mempunyai tantangan signifikan dalam pemantauan dan pemeliharannya. Permasalahan utamanya adalah sulit memantau kinerja panel surya yang terletak jauh dari pemukiman warga kurang lebih 2 KM. Masyarakat atau penanggungjawab pesanggrahan harus secara fisik mengunjungi lokasi untuk memeriksa kinerja panel surya yang memakan waktu dan tenaga ekstra. Selain itu, pengelola pesanggrahan gordomulyo tidak ingin mengeluarkan anggaran untuk membelikan internet prabayar yang bisa berfungsi alat pemantau jarak jauh menggunakan IOT (Internet of Things) (Naim & Wardoyo, 2017).

Tujuan adanya penelitian ini untuk mengembangkan sistem pemantauan kinerja panel surya yang berbasis ESP-32 dan HT-UV5R yang dapat mengumpulkan dan mengelola data secara jarak jauh tanpa koneksi internet. ESP32 berfungsi untuk komponen utama alat monitoring sebagai penerima data yang didapatkan dari SCC/MPPT dan dilanjutkan memerintahkan pengiriman data dari HT Transmitter ke HT Receiver. (Muchlas dkk., 2006) Dengan adanya alat monitoring ini penanggungjawab pesanggrahan dapat menerima data tegangan, arus, daya, suhu dari keluaran panel surya serta tegangan, kapasitas baterai yang dikirimkan secara otomatis melalui komunikasi radio HT. alat monitoring ini tidak hanya menyelesaikan masalah tentang melakukan pemantauan secara fisik ke lokasi, tetapi juga memberikan solusi komunikasi yang handal di daerah yang tidak memiliki sinyal seluler atau tidak ingin mengeluarkan biaya internet prabayar.

Kontribusi utama dari penelitian ini adalah pengembangan sistem pemantauan jarak jauh yang dioptimalkan untuk kondisi dataran tinggi yang sulit dijangkau atau jauh dari pemukiman warga, seperti di Pesanggrahan Gordomulyo. Pemasangan pembangkit listrik tenaga surya yang sudah dilengkapi alat monitoring berbasis ESP32 dan HT-UV5R. diharapkan memudahkan pemantauan kinerja panel surya secara efisien dan efektif. Selain itu, pemanfaatan frekuensi radio HT sebagai alat komunikasi jarak jauh juga memberikan solusi inovatif di daerah yang akses sinyal terbatas atau tidak ingin mengeluarkan biaya internet prabayar. Pengembangan dari pemantauan manual atau secara langsung menjadi otomatis yang bisa dari jarak jauh berpotensi meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi biaya dan meningkatkan kehandalan kinerja pembangkit listrik panel surya secara keseluruhan.

METODE

Jenis Penelitian

Penelitian ini adalah jenis *eskperimen* (percobaan) Sifat penelitian eksperimental berkaitan dengan metode kuantitatif yang digunakan untuk perhitungan dan pengukurannya. Perencanaan diperlukan untuk merancang dan membangun pembangkit listrik bertenaga surya matahari untuk memberikan manfaat lampu penerangan di Daerah Pesanggrahan Gordomulyo di Magetan. Teknik pengumpulan data dengan cara mengamati benda yang diuji untuk melihat apakah alat yang digunakan berfungsi sesuai rencana yang diinginkan. Selanjutnya dilakukan pencatatan data kemudian dilakukan Analisa kinerya sistem pembangkit untuk mendapatkan data yang akurat. Analisis data *deskriptif kuantitatif* menganalisis data hasil eksperimen yang disajikan dalam tabel. Pada akhirnya dapat disimpulkan untuk menemukan solusi permasalahan yang diteliti.

Langkah Penelitian

Eksperimen penelitian dilakukan dengan berbagai cara berikut ini:

1. Mengumpulkan informasi dari buku dan artikel yang dapat membantu dalam penyusunan penelitian.
2. Analisis dan indentifikasi data adalah perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan rumus yang diperoleh dari berbagai sumber artikel dan buku.
3. Merancang alat dilaksanakan dengan menganalisis dan menghitung kebutuhan alat.
4. Menguji alat dilaksanakan sebagai cara untuk memastikan bahwa analisis dan perhitungan kebutuhan alat telah sesuai dan benar.
5. Memeriksa kesesuaian alat diperlukan untuk memastikan bahwa alat berfungsi sesuai yang diharapkan dalam penelitian. Jika ditemukan ketidaksesuaian, analisis dan indentifikasi ulang perlu dilakukan.
6. Mengumpulkan data memerlukan *instrument* berupa lembar pengamatan untuk mendukung proses pengumpulan informasi.
7. Menguji perbandingan data dapat diterapkan dengan cara melakukan perbandingan terhadap dua variabel yang sudah ditentukan.
8. Menulis hasil dan pembahasan dilakukan untuk mengetahui hasil penelitian berdasarkan 2 variabel yang sudah ditentukan dan tahap terakhir adalah menyimpulkan hasil dan pembahasan penelitian.

Menentukan Kapasitas Komponen PLTS

Spesifikasi komponen harus dirancang dengan cermat sejak awal agar pengoperasian Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berjalan secara optimal. Beberapa cara yang dapat dilakukan untuk menghitung kebutuhan komponen PLTS antara lain:

Rancang Bangun Monitoring PLTS Off-Grid Menggunakan ESP-32 dan HT-UV5R Pada Pesangrahan Gordomulyo di Magetan

Menentukan Kapasitas Daya

Tabel 1 Kapasitas Daya

Jenis Lampu	Jam Terpasang	Jumlah	Tota Daya	Total Daya/Jam
LED 20W	12 jam	4	80W	960W
LED 9W	6 jam	2	18W	108W
LED 9W	12 jam	2	18W	216W
LED 5W	4 jam	1	5W	20W
LED 3W	4 jam	2	6W	24W
Total			127W	1328W/h

Perhitungan PV Area

Suhu maksimum untuk wilayah Kecamatan Ploasan, Kabupaten Magetan periode 2024 sebesar 28,9°C, ada peningkatan suhu panel surya 3,9 dari suhu standar pada panel surya sebesar 25°C berakibat berkurang daya yang dihasilkan sebesar 0,5%. Perhitungan sebagai berikut. (Hie Khwee, 2013)

$$P_{3,9^{\circ}C} = 0,5\% \text{ per } ^{\circ}C \times P_{mpp} \times \Delta t \quad (1)$$

$$= 0,5\% \times 200W \times 3,9^{\circ}C$$

$$= 3,9 W$$

$$P_{mpp} 29,8^{\circ}C = P_{mpp} - P^{\circ}C \quad (2)$$

$$= 200W - 3,9W$$

$$= 196,1 W$$

$$TCF = \frac{P_{mppt}^{\circ}C}{P_{mpp}} \quad (3)$$

$$= \frac{196,1 W}{200 W}$$

$$= 0,98$$

$$PV \text{ Area} = \frac{E_b}{G_{sr} \times TCF \times \eta_{PV} \times \eta_{ef}} \quad (4)$$

$$= \frac{1,328}{4,51 \times 0,98 \times 0,19 \times 0,95}$$

$$= 1,66 m^2$$

$P^{\circ}C$ = Daya pada saat naik dari suhu standar

P_{mpp} = Daya keluaran maksimal dari panel

Surya

Δt = Kenaikan suhu

E_b = Energi yang dibangkitkan (kWh/hari)

PV area = luas permukaan panel surya (m^2)

G_{sr} = Intesitas matahari harian (kW/m^2 /hari)

TCF = *Temperature coefficient factor* (%)

η_{PV} = Efisiensi panel surya (%)

η_{ef} = Efisiensi keluaran (%) asumsi 0,9

Perhitungan Wattpeak dan Panel Surya

Berikut ini rumus penghitungan Besaran daya yang dibangkitkan PLTS:

PV area = 1,66; PSI = 1000; η_{PV} = 19%

$$P_{wp} = PV \text{ area} \times PSI \times \eta_{PV} \quad (5)$$

$$= 1,66 \times 1000 \times 0,19$$

$$= 315,4 \text{ wattpeak}$$

P_{wp} = Daya yang dibangkitkan panel surya

PSI = *Peak Solar Insolation* adalah 1000W/ m^2

η_{PV} = Efisiensi panel surya

Panel surya yang dipasang adalah tipe *monocystalline* 200 wp dengan besar daya 315,4 watt, kebutuhan panel surya dapat dihitung sebagai berikut:

$$P_{mpp} = 200W$$

$$\text{Jumlah panel surya} = \frac{P_{wp}}{P_{mpp}} \quad (6)$$

$$= \frac{315}{200}$$

$$= 1,57 \text{ (2 unit)}$$

Perhitungan Kapasitas Baterai

Kapasitas baterai saat digunakan perlu mempertimbangkan faktor efisiensi. Selama penggunaan, kapasitas baterai sebaiknya tidak mencapai habis. Kapasitas baterai dapat dihitung dengan persamaan berikut: (Djaufani dkk., 2015)

$$C = \frac{D_n \times E_{day}}{V_s \times DOD \times \eta_{ef}} \quad (7)$$

$$= \frac{1,5 \times 1328}{24 \times 0,5 \times 0,95}$$

$$= 174,7Ah$$

C = kapasitas baterai (*ampere-hour*)

D_n = Jumlah hari otonomi (hari) ditentukan dengan 3 hari

E_{day} = Konsumsi energi harian (kWh)

V_s = Tegangan baterai (volt)

DOD = maksimum pengosongan baterai (%)

Pada penelitian ini menggunakan baterai dengan kapasitas 200 Ah 12V berarti membutuhkan 2 baterai.

Menentukan SCC

Kapasitas *Solar Charge Controller* (SCC) dapat ditentukan dengan perhitungan sebagai berikut : (Mulyani & Idris, 2023)

$$I_{dc} = \frac{(\text{load/volt baterai})}{\eta_{SCC}} \quad (8)$$

$$= \frac{127W/24V}{0,8}$$

$$= 6,61 A$$

Jadi penelitian ini menggunakan Maximum Power Point Tracking (MPPT) dengan arus 10A, tegangan 24V.

Menentukan Kapasitas Inverter

Kapasitas inverter diperhitungkan persamaan berikut : (Sudarjo dkk., 2022)

$$\text{Kapasitas Inverter} = \text{daya total} \times S_f \quad (9)$$

$$= 127W \times 1,5$$

$$= 190,5W$$

Dari perhitungan tersebut, penelitian ini menggunakan inverter 300W. Tipe inverter yang digunakan gelombang sinus murni atau PSW (*Pure Sine Wave*) dengan jenis *high frequency*. mempunyai tipe inverter PSW dikarenakan beban bersifat induktif. Perangkat elektronik induksi lebih awet dengan keadaan gelombang sinus murni digital yang lebih kecil.

Perancangan Rangkaian PLTS

Pada gambar tersebut, dijelaskan mengenai Diagram Penyusunan Sistem (*Wairing Diagram*) Perancangan PLTS dapat dijelaskan sebagai berikut:

Dalam perancangan ini, modul panel surya *monocrystalline* 400 WP digunakan untuk mengkonversi cahaya atau radiasi matahari. Modul SCC mengisi baterai dengan tegangan DC (*Direct Current*) yang kemudian diubah oleh inverter menjadi tegangan AC (*Altenating Current*).

Gambar 1 Rancangan PLTS Off-Grid



Komponen Sistem Alat Monitoring

(1). Sensor DHT 11

Komponen sensor DHT 11 (Digital Humidity and Temperature 11) berfungsi untuk pengukuran suhu / kelembapan yang memiliki output nilai tegangan analog yang dapat dikelola menggunakan mikrokontroler. (Srivastava dkk., 2018)

(2). ESP32

ESP32 adalah salahsatu mikrokontroler yang berfungsi untuk mengelola data yang sudah ada dan memerintahkan pengiriman data pada alat monitoring. (Savitri & Paramytha, 2022)

(3). Relay 5V

Relay 5V berfungsi untuk memutuskan dan menghubungkan arus listrik dengan prinsip elektromagnetik yaitu ketika pengiriman data menggunakan HT UV5R diatur sesuai delay yang sudah ditentukan. (Mika dkk., 2022)

(4). HT UV5R

HT (Handy Talky) berjenis UV5R adalah perangkat komunikasi dua arah atau lebih yang menggunakan sinyal frekuensi radio tanpa menggunakan sinyal internet yang sangat berguna untuk lokasi tempat yang tidak ada sinyal internet dan penghematan biaya pembelian data internet prabayar. (Fahmi Hakim, 2017)

(5). Serial TTL RS485

TTL (Time To Live) RS485 berguna untuk jembatan komunikasi antara SCC/MPPT dengan mikrokontroler yaitu ESP32. RS485 ini menggunakan cara sistem kerja teknik differential signaling. (Parikh dkk., 2017)

(6). Resistor

Resistor berfungsi untuk menstabilkan tegangan yang ada pada *DF Mini Player* agar meminimalisir eror pada saat pengiriman data menggunakan HT UV5R. (Setiawan dkk., 2022)

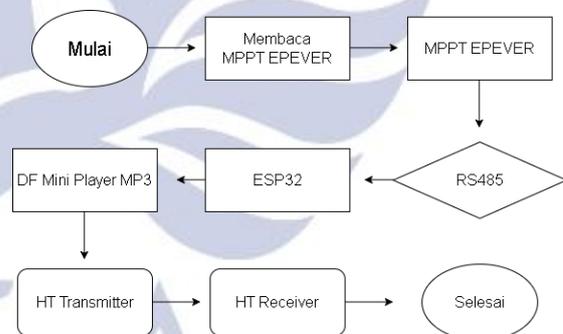
(7). DF Mini Player

Berfungsi untuk modul pemutaran suara yang dapat mendukung file MP3 (*Motion Picture Experts Group Audio Layer 3*). Komponen ini dikombinasikan dengan mikrokontroler ESP32 agar pengiriman data berupa suara dapat bekerja secara maksimal.

(8). SD Card

Berfungsi untuk penyimpanan semua file MP3 tentang data tegangan, arus, daya, dan suhu yang akan membantu *DF mini Player* bekerja dalam pengiriman data menggunakan HT UV5R. (Anwar Ilmar Ramadhan, Ery Diniardi, 2016)

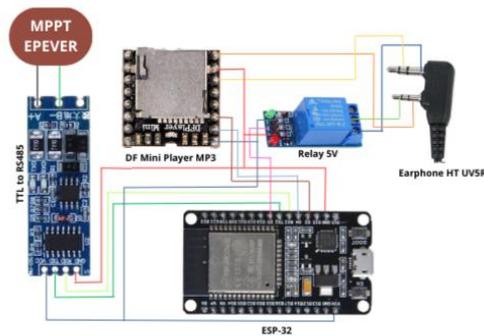
Perancangan Alat Monitoring PLTS



Gambar 2 Digram Alir Alat Monitoring

Pada gambar 2 menunjukan mengenai diagram alir alat *monitoring* PLTS *Off-Grid* pada mikrokontroler ESP32 dan HT UV5R. Langkah pertama awal proses pembacaan data SCC. Kemudian RS485 membaca data dari SCC untuk dikirimkan ke ESP32. Setelah itu data yang didapatkan oleh ESP32 diterjemahkan menjadi suara dengan cara ESP32 memberi perintah untuk mengirimkan file rekaman pada *DF Mini Player* ke HT Transmitter dan dilanjutkan akan ke HT Receiver

Rancang Bangun Monitoring PLTS Off-Grid Menggunakan ESP-32 dan HT-UV5R Pada Pesanggrahan Gordomulyo di Magetan



Gambar 3 Skema Alat Monitoring

Berdasarkan gambar 3 dapat dilihat dari skema alat *monitoring* bahwasannya alat tersebut sepenuhnya disuplay oleh PLTS, setelah itu digunakan untuk beban lampu dengan tegangan AC. Sementara itu, adaptor 5V DC digunakan untuk mensuplai tegangan ke ESP 32. Dalam alat monitoring terdiri dari masukan, proses, dan keluaran. Dari sisi masukan (*input*) terdiri dari data SCC yang disalurkan menggunakan TTL to RS485 yang akan dikirim ke ESP32, sedangkan dari sisi keluaran (*output*) yaitu mengirimkan data berupa audio yang akan dikirimkan melalui HT UV5R. Fungsi dari ESP-32 sendiri berfungsi untuk mengelola data SCC, memerintahkan pemutaran audio mp3 pada DF mini player, pemutus-sambung relay 5V sesuai kebutuhan. Untuk mengelola data dari SCC di ESP32 diperlukan file rekaman MP3 pada DF mini player. Sistem kerja pengiriman data adalah data SCC berupa teks akan terdeteksi ke dalam ESP32 terdapat data tegangan, arus, daya, tegangan baterai, kapasitas baterai dan ESP32 memerintahkan DF mini *player* MP3 untuk memutar file MP3 sesuai data yang didapatkan setelah itu akan mengirimkan melalui HT pengirim ke HT penerima. radio HT penerima akan diterjemahkan suara menjadi teks melalui PC.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menguji kinerja sistem alat *monitoring* pada pemasangan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menggunakan ESP32 serta HT UV5R di pesanggrahan Gordomulyo, Magetan. Pengujian ini mencakup tiga aspek, yaitu pengujian pada sistem PLTS, pengujian *monitoring* menggunakan ESP32 serta HT UV5R. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengevaluasi apakah alat pembangkit listrik tenaga surya dan sistem *monitoring* berfungsi dengan baik serta sesuai dengan tujuan yang diharapkan.

Pengujian Alat Monitoring

Tabel pengujian di bawah merupakan pengambilan data yang dilakukan selama 3 hari percobaan, data yang diambil merupakan data yang keluar pada HT *receiver*.

Hari Pertama

Tabel 1 Pengujian Hari Pertama

Waktu	Output HT Receiver					
	Panel Surya		Baterai		Dht 11	
	V	A	W	V	%	°C
09.00	38	4,2	165	24	55	28
09.05	38	4,7	180	24	55	28
09.10	38	4,5	171	24	55	28
09.15	38	4,5	171	24	56	28
09.20	38	4,5	173	24	56	28
09.25	38	4,6	176	24	56	28
11.50	39	6,9	324	25	70	29
11.55	39	7,8	328	25	70	29
12.00	39	8,3	332	25	71	29
12.05	39	x	338	25	71	29
12.10	39	8,1	323	25	71	27
15.15	37	3,1	116	27	92	27
15.20	37	2,9	109	27	92	27
15.25	37	2,7	99	27	92	27
15.30	37	2,7	101	27	92	27
Persentase Error (%)	0	6,6	0	0	0	0

Dari hasil pengujian alat *monitoring* berdasarkan Tabel 1 hari pertama diperoleh data karakteristik dan eror. Dapat diketahui watt keluaran panel surya yang mengalami peningkatan bertahap hingga 338 watt pada pukul 12.05 dikarenakan intensitas cahaya matahari pada siang hari mendukung. Untuk presentase *error* pada alat *monitoring* sebesar 6,6% terjadi *error* pada pukul 12.05 yang membuat data pada sistem alat *monitoring* tidak bekerja maksimal.

Hari Kedua

Tabel 2 Pengujian Hari Ketiga

Waktu	Output HT Receiver					
	Panel Surya		Baterai		Dht 11	
	V	A	W	V	%	°C
09.00	37	4,3	162	24	60	27
				Output HT Receiver		
Waktu	Panel Surya		Baterai		Dht 11	
	V	A	W	V	%	°C
09.05	37	4,5	167	24	60	27
09.10	37	4,4	166	24	60	27
09.15	37	4,7	175	24	60	27
09.20	37	4,6	173	24	60	27
09.25	37	4,8	179	25	60	28
09.30	37	4,4	167	25	60	28
11.55	37	8,1	302	26	81	29
12.00	37	8,3	304	26	82	29
12.05	37	8,4	296	26	82	29
12.10	37	8,3	288	26	83	29
15.15	37	0,8	122	28	100	28
15.20	37	0,8	127	28	100	28
15.25	37	0,7	101	28	100	28
15.30	37	0,8	111	28	100	28
Persentase Error (%)	0	0	0	0	0	0

Pengujian pada hari kedua pukul 12.05 WIB panel surya menghasilkan arus puncak 8,4A dengan tegangan 37V. Terjadi penurunan pada arus maupun tegangan pada panel surya menjelang sore hari dikarenakan berkurangnya cahaya matahari yang didapatkan oleh panel surya. Untuk kapasitas baterai pada sore hari mencapai nilai 100% yang menandakan baterai siap untuk mensuplay lampu penerangan pada saat malam hari.

Hari Ketiga

Tabel 3 Pengujian Hari Keempat

Waktu	Output HT Receiver					
	Panel Surya			Baterai		Dht 11 °C
	V	A	W	V	%	
09.00	37	4,6	176	24	60	27
09.05	37	4,5	168	24	60	27
09.10	37	4,7	174	24	60	27
09.15	37	4,8	179	24	61	27
09.20	37	4,7	172	24	61	27
09.25	37	4,4	160	27	82	28
09.30	37	4,9	183	27	83	28
11.55	37	8	299	27	85	29
12.00	37	7,8	290	27	86	29
12.05	37	7,6	282	27	87	29
12.10	37	7,7	285	27	87	29
15.15	37	0,8	32	28	100	28
15.20	37	0,8	28	28	100	28
15.25	37	0,7	25	28	100	28
Waktu	Output HT Receiver					
	Panel Surya			Baterai		Dht 11 °C
	V	A	W	V	%	
15.30	37	0,6	20	24	100	28
Persentase Error (%)	0	0	0	0	0	0

Pada pengujian panel surya hari ketiga dapat dilihat pada Tabel 3 yang menghasilkan nilai arus pada pukul 09.00 WIB 4,6 A dengan daya 176W mengalami peningkatan pada pukul 12.00 WIB sebesar 8A dengan daya 299W.

Dari pengujian alat *monitoring* hari pertama pada tabel 1 terdapat beberapa eror pada saat pengiriman data antar HT. Dengan persentase eror 1%. Penyebab terjadi eror dikarenakan sinyal frekuensi terganggu dan pemutaran rekaman suara pada DF mini player MP3 mengalami kendala tidak dapat memutar suara atas perintah ESP32 oleh karena itu HT *receiver* tidak mengeluarkan rekaman suara data yang ada secara *realtime*. Data rekaman pada SD Card di DF *mini player* mempunyai kurang lebih 600 file rekaman suara dengan banyak file yang ada kadang perintah ESP32 tidak dapat dilakukan secara baik dikarenakan adanya eror pada saat pemanggilan

file rekaman untuk mengirimkan data tersebut ke HT *transmitter* ke HT *receiver*.

Persentase eror pada pengujian alat *monitoring* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Persentase Error} = \frac{\text{Jumlah data yang eror}}{\text{Jumlah data keseluruhan}} \times 100\%$$

Dari perhitungan diatas didapatkan persentase eror pada hari pertama 6,6%, hari kedua 0%, dan hari ketiga 0% dengan beberapa pemutaran pada arus, daya, tegangan pada output panel surya serta tegangan baterai dan kapasitas baterai.

KESIMPULAN

Sistem *monitoring* berbasis ESP32 dan HT UV5R pada PLTS di Pesanggrahan Gordomulyo, Kabupaten Magetan menunjukkan kinerja yang baik dalam mendukung pemantauan *real-time* dan komunikasi di area yang sulit dijangkau jaringan internet. Penggunaan ESP32 dalam sistem alat *monitoring* sangat mendukung pengiriman data yang dikelola dan dikirimkan melalui HT UV5R.

Pada pengujian alat *monitoring* pada PLTS ini diperoleh hasil persentase *error* dengan 1% pada hari pertama dan 0% pada hari kedua. Penyebab terjadi eror pada alat *monitoring* tersebut dikarenakan gangguan frekuensi radio kurang stabil dan kendala pemutaran suara atas perintah ESP32 data rekaman pada SD Card banyak di DF *mini player*.

SARAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan ini, maka saran untuk pembaca yang ingin merancang alat *monitoring* ini adalah pertama pada penelitian selanjutnya dapat menambahkan sensor radiasi matahari agar mengetahui kondisi cuaca dan nilai daya yang masuk pada panel surya apa sesuai atau tidak dan memilih *Handy Talky* dengan kualitas yang baik dan jangkauan lebih jauh agar alat *monitoring* dapat bekerja lebih maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

Anwar Ilmar Ramadhan, Ery Diniardi, S. H. M. (2016). Penerbit LP3M UMY Penerbit LP3M UMY. Teknik, 37 (2), 2016, 59-63, 11(2), 61-78.

Arief, M. B., Widyartono, M., Aribowo, W., & Wardani, A. L. (2024). Desain Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off-Grid dan Monitoring Berbasis Node-Red. Elposys: Jurnal Sistem Kelistrikan, 11(1), 45-50.

Ariyani, S., Wicaksono, D. A., Fitriana, F., Taufik, R., & Germanio, G. (2021). Studi Perencanaan dan Monitoring System Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Remote Area. Techné: Jurnal Ilmiah Elektroteknika, 20(2), 113-124.

Djaufani, M. B., Hariyanto, N., & Saodah, S. (2015). Perancangan dan Realisasi Kebutuhan

Rancang Bangun Monitoring PLTS Off-Grid Menggunakan ESP-32 dan HT-UV5R Pada
Pesangrahan Gordomulyo di Magetan

- Kapasitas Baterai untuk Beban Pompa Air 125 Watt Menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya. *Jurnal Reka Elkomika*, 3(2), 75–86.
- Fahmi Hakim, M. (2017). Perancangan Rooftop Off Grid Solar Panel Pada Rumah Tinggal Sebagai Alternatif Sumber Energi Listrik. *Jurnal Dinamika DotCom*, 8(1), 1–11.
- Hie Khwee, K. (2013). Pengaruh Temperatur Terhadap Kapasitas Daya Panel Surya (Studi Kasus: Pontianak). *Jurnal ELKHA*, 5(2), 23–26.
- Mika, C. D., Prasetya, S., & Nuriskasari, I. (2022). Analisis Sistem Monitoring Berbasis Internet of Things pada Rancang Bangun Weather Stasion di Politeknik Negeri Jakarta. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta*, 638–642.
- Muchlas, M., Sutikno, T., & Sahnan, S. (2006). Sistem Kendali Peralatan Rumah Tangga Berbasis Ht Dan Mikrokontroler At89S51. *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 4(1), 33.
- Mulyani, S., & Idris, A. R. (2023). Analisis Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Catu Daya Aerator dan Alat Pemberi Pakan Ikan. *Seminar Nasional Teknik Elektro Dan Informatika*, 9(1), 59–66.
- Naim, M., & Wardoyo, S. (2017). Rancangan Sistem Kelistrikan PLTS on Grid 1500 Watt Dengan Back Up Battery di Desa Timampu Kecamatan Towuti. *DINAMIKA Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 8(2), 11–17.
- Parikh, K. Y., Dave, H., Kareliya, N., Kumar, B., & Raval, V. (2017). Monitoring AC Drive by using RS485 & GSM Module. *International Journal of Research and Scientific Innovation (IJRSI)*, 4(3), 10–13.
- Savitri, C. E., & Paramytha, N. (2022). Sistem Monitoring Parkir Mobil berbasis Mikrokontroler Esp32. *Jurnal Ampere*, 7(2), 135.
- Setiawan, R., Megawati, C. D., Palevi, B. R. P. D., & Hadi, S. (2022). Pengembangan Database Sistem Pemantauan Daya Panel Surya Berbasis Borland Delphi dan Komunikasi Nirkabel LoRa. *Jurnal Bumigora Information Technology (BITe)*, 4(1), 83–96.
- Srivastava, D., Kesarwani, A., & Dubey, S. (2018). Measurement of Temperature and Humidity by using Arduino Tool and DHT11. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 5(12), 876–878.
- Sudarjo, N. H., Haddin, M., & Suprajitno, A. (2022). Analisa Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap dengan Sistem Hybrid di PT. Koloni Timur. *Elektrika*, 14(1), 20.