

Analisis Performansi PLTS Off-Grid 600 Wp menggunakan Data Akuisisi berbasis *Internet of Things*

ARNISA STEFANIE, FARRADINA CHORIA SUCI

Fakultas Teknik Universitas Singaperbangsa Karawang, Indonesia
Email: arnisa.stefanie@staff.unsika.ac.id

Received 27 Maret 2021 | *Revised* 22 April 2021 | *Accepted* 12 Mei 2021

ABSTRAK

PLTS pada penelitian ini didesain dengan sistem Off-Grid dengan kapasitas 600 Wp yang terhubung dengan MPPT 50 A, DC 150V dan energi output disimpan pada baterai VRLA 100 Ah. Pemanfaatan teknologi Internet of Things dengan komunikasi data menggunakan jalur komunikasi serial dengan modul ESP 8266. Pengujian dilakukan dengan memasang PLTS dengan kemiringan 30° pada koordinat wilayah -06°33'25", 107°12'39". Analisis data dilakukan untuk membaca performa daya output dan membandingkan dengan data total photovoltaic power output (Wh) yang dirilis Global Solar Atlas. Sampel data diambil pada bulan September 2020, 06.00-18.00 WIB, yang menunjukkan bahwa rentang waktu kerja efektif PLTS adalah 07.00-08.00 WIB dengan daya output ±140 watt, dimana mendekati nilai total photovoltaic power output adalah 143 Wh.

Kata kunci: PLTS, Off-Grid, Internet of Things, power output

ABSTRACT

This Solar Power Plant is designed with an Off-Grid system with a capacity of 600 Wp connected to MPPT 50 A, DC 150V, and the output energy stored in a VRLA 100 Ah battery. Utilization of Internet of Things technology with data communication by serial communication line using the ESP 8266 module. Testing was carried out by installing Solar Power Plants with a slope of 30° at the coordinates of the area -06 ° 33'25 " , 107 ° 12'39 " . Data analysis was carried out to read the output power performance and compare it with the Total photovoltaic power output (Wh) data released by Global Solar Atlas. Data samples were taken in September 2020 at 06.00-18.00 WIB, which shows the effective working time gap of PLTS at 07.00-08.00 WIB with an output power of ± 140 watts is close to the total photovoltaic power output value of 143 Wh.

Keywords: Solar Power Plants, Off-Grid, Internet of Things, power output

1. PENDAHULUAN

Peningkatan perkembangan energi terbarukan di dunia khususnya Eropa dan Amerika mendorong pemerintah Indonesia untuk melakukan perencanaan energi, hal ini didukung dengan berkurangnya energi fosil menjadi 50% dan energi primer 30% **(Iskandar, dkk, 2019)**. *Roadmap* pemerintah Indonesia Tahun 2025 untuk pengembangan energi surya adalah terpasangnya 0.87 GW Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Pengembangan ini menggambarkan potensi pasar PLTS *Off-Grid* dan *On-Grid* di masa yang akan datang **(Satria & Habibie, 2018) (Duka, dkk, 2018)**. PLTS dengan Sistem Terpusat (*Off-Grid*) digunakan di daerah yang tidak terjangkau oleh saluran distribusi PLN karena output sistem tersebut terhubung dalam baterai penyimpanan atau langsung ke beban sesuai kebutuhan **(Koerniawan & Hasanah, 2018)**. Jumlah *voltage* atau *ampere* diperoleh dengan menghubungkan secara "seri" ataupun "paralel" untuk membentuk suatu rangkaian modul *Photovoltaic* **(Sukmajati & Hafidz, 2015)**.

Photovoltaic (PV) merupakan komponen yang berfungsi sebagai dioda pada kondisi tidak cukup cahaya dan menghasilkan tegangan DC 0.5-1 volt pada saat mendapat cahaya, dengan total tegangan DC 12 volt dalam sebuah modul. Modul atau panel *photovoltaic* terbuat dari semikonduktor yang memungkinkan sinar matahari dikonversi langsung menjadi listrik dengan implementasi yang dilakukan pada beragam kondisi iklim **(Kumar & Sudhakar, 2015)**. Pembangkitan listrik melalui sistem *photovoltaic* telah menunjukkan pertumbuhan yang pesat di dunia dengan total tambahan baru tahunan sebesar 50 GW selama 2015 **(Thakare, dkk, 2016)**. *Photovoltaic* dengan jenis *polycrystalline* memiliki kelebihan dapat menghasilkan energi pada kondisi cuaca berawan dibandingkan dengan jenis *monocrystalline* **(Rudi, dkk, 2017)**. Salah satu faktor yang mempengaruhi output energi pada *photovoltaic* yaitu efek tutupan awan. Jika terdapat cukup cahaya pada bayangan awan tersebut, maka akan menghasilkan energi setengah dari total energi **(Anggreni, dkk, 2018)**. Intensitas cahaya juga mempengaruhi nilai tegangan *open circuit* dan arus *short circuit*, parameter yang lain adalah elektronik muatan, konstanta Boltzman, konstanta absolut **(Ike, 2013)**.

Efisiensi *photovoltaic* dalam mengkonversi energi adalah 9-12%, dimana sebesar 80% dari konversi energi diubah menjadi energi panas sehingga mempengaruhi temperatur pada permukaan *photovoltaic* yang menyebabkan penurunan efisiensi pada proses konversi energi **(Samsugi, dkk, 2017)**. Jumlah radiasi matahari yang diserap oleh *photovoltaic* dan dikonversi menjadi energi listrik adalah 20% dari total radiasi. Temperatur permukaan panel dipengaruhi oleh parameter temperatur lingkungan, radiasi matahari, *Nominal Operating Cell Temperature* (NOCT) yaitu ukuran temperatur yang dicapai oleh sel surya dibawah kondisi radiasi matahari 800W/m², dengan kecepatan angin 1 m/s dan temperatur lingkungan 20°C **(Amelia, dkk, 2016) (Asrori & Yudiyanto, 2019)**. Standarisasi yang menunjukkan tingkat performansi efisiensi energi *photovoltaic* (perbandingan energi output dan radiasi pada permukaan PV) adalah hubungan tegak lurus antara intensitas radiasi sinar matahari yang merupakan *Standard Test Condition* (STC) merupakan parameter standar pada kondisi *Irradiance* 1000W/m², *module temperature* 25°C, AM =1.5 **(Rois, dkk, 2017)**. Daya output panel pada kondisi STC menentukan nilai daya output panel yang diakibatkan karena temperatur permukaan panel, parameter lain yang mempengaruhi adalah *Power Temperature Coefficient* (%/°C) **(Asrori & Yudiyanto, 2019)**.

Perkembangan teknologi komunikasi nirkabel, jaringan komputer dan internet, perancangan sistem monitoring dan kontrol berbasis *Internet of Things* (IoT) banyak dikembangkan (Yulizar, dkk, 2016). Hal ini membutuhkan proses pemantau pembangkit yang *realtime*. Alternatif monitoring panel surya secara *realtime* dapat dilakukan dengan memanfaatkan perkembangan teknologi kendali mikro dan nirkabel serta berbasis internet yang disebut dengan IoT (Sharma & Goel, 2017).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis performansi daya output PLTS 600 Wp dengan sistem *Off-Grid* menggunakan data akuisisi hasil pemantauan dengan platform IoT. Teknologi IoT yang digunakan mengintegrasikan sinyal output analog dengan jaringan internet dan menyimpan kedalam *database* pada *platform ThingSpeak* secara *realtime*, serta dapat dimonitor secara langsung oleh user melalui *mobile phone* dengan aplikasi *thingview* pada android.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dilakukan dalam dua tahap yaitu identifikasi wilayah dan perancangan sistem pembangkit. Identifikasi wilayah bertujuan untuk mengetahui potensi photovoltaic terhadap lingkungan melalui <https://globalsolaratlas.info> dengan mendeteksi titik koordinat penelitian yaitu di Desa Sukaluyu Kec. Telukjambe Timur, Kab. Karawang dengan titik koordinat $-06^{\circ}33'25''$, $107^{\circ}12'39''$. Citra satelit pada *global solar atlas* sesuai dengan koordinat ditunjukkan pada Gambar 1.

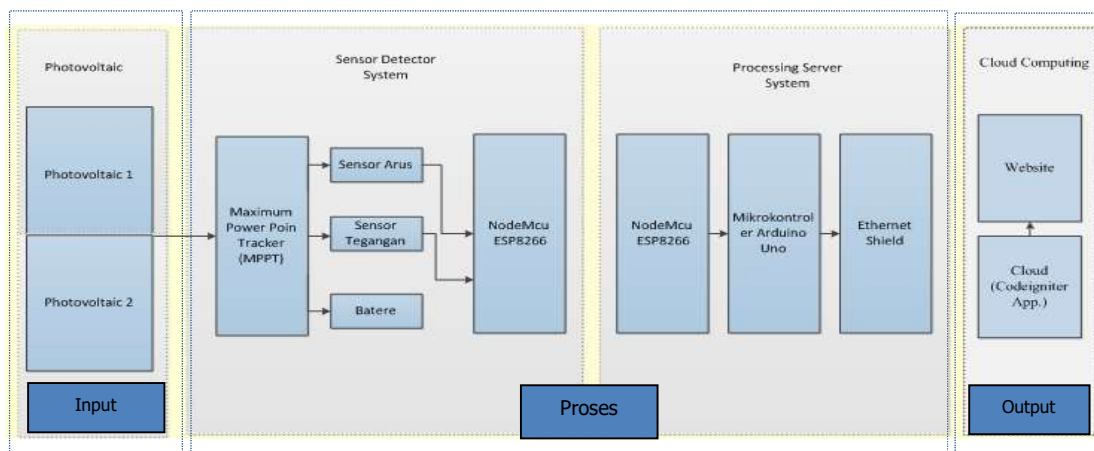


Gambar 1. Citra Satelit *Solargis* Koordinat $-06^{\circ}33'25''$, $107^{\circ}12'39''$ (*World Bank Group*, 2020)

Global Solar Atlas (Solargis) merupakan database radiasi matahari komersial yang telah dikembangkan dari citra satelit dengan pendanaan *World Bank Group* dengan pendanaan *Energy Sector Management Assistance Programme* (ESMAP) (Brent, dkk, 2020). Gambar 1 menunjukkan potensi daya output PV yang dapat diperoleh di wilayah tersebut ± 1400 kWh/kWp. Sistem konfigurasi pada *solargis* diatur sesuai dengan desain yang dibuat, yaitu dengan kapasitas PV 600 Wp atau 0.6 kWp dengan kemiringan panel 30° menunjukkan nilai daya output PV adalah 742,021 kWh/tahun dan *global tilted irradiation* 1618 kWh/m² per tahun. Analisis komparatif penggunaan data solar atlas tidak dapat menggantikan proses pengukuran langsung sesuai standar industri khususnya pada proyek pembangunan PLTS

atau *photovoltaic* array, tetapi dapat memprediksi pengaruh potensi energi panas pada wilayah dengan pemodelan data pada lokasi potensial dengan perkiraan ketidakpastian $P90 \pm 4\%$ hingga $\pm 8\%$ (Brent, dkk, 2020).

Tahap kedua adalah melakukan desain dan perancangan pembangkit listrik tenaga surya 600 Wp dengan kemiringan sesuai dengan konfigurasi 30° dengan blok diagram perancangan ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Blok Diagram Perancangan PLTS

Perancangan sistem yang ditunjukkan dalam Gambar 2 dibagi menjadi dua sistem yaitu sistem pembangkit listrik tenaga surya dan sistem *smart monitoring energy* berbasis IoT. Perancangan pembangkit listrik tenaga surya dilakukan dengan membuat desain sistem elektrik, dengan menentukan spesifikasi *Photovoltaic* sesuai kebutuhan energi yang dibutuhkan. Penelitian menggunakan 2 panel surya dengan kapasitas 300 *wattpeak*. Sistem elektrik didesain untuk menentukan efisiensi energi yang diserap oleh *Photovoltaic*. *Smart monitoring energy* bertujuan untuk memantau atau memonitoring output energi yang dihasilkan dari hasil konversi energi panas menjadi listrik melalui sensor arus dan tegangan untuk menghitung nilai efisiensi daya yang dihasilkan pembangkit listrik tenaga surya dengan teknologi IoT. Arduino sebagai mikrokontroler membaca data input dan mengolah dengan menggunakan android untuk pengiriman data ke *smartphone* menggunakan platform *ThingSpeak*. Sistem akuisisi data dengan menggunakan platform IoT memiliki kinerja yang efektif khususnya dengan sistem kerja di luar ruangan dan dalam waktu yang lama, efektifitas kinerja dibuktikan dengan efisiensi daya hingga mencapai 58% dan menjaga keamanan kinerja sensor yang di desain terpisah dengan DSA (Gupta, dkk, 2020).

2.2 Desain PLTS 600 Wp

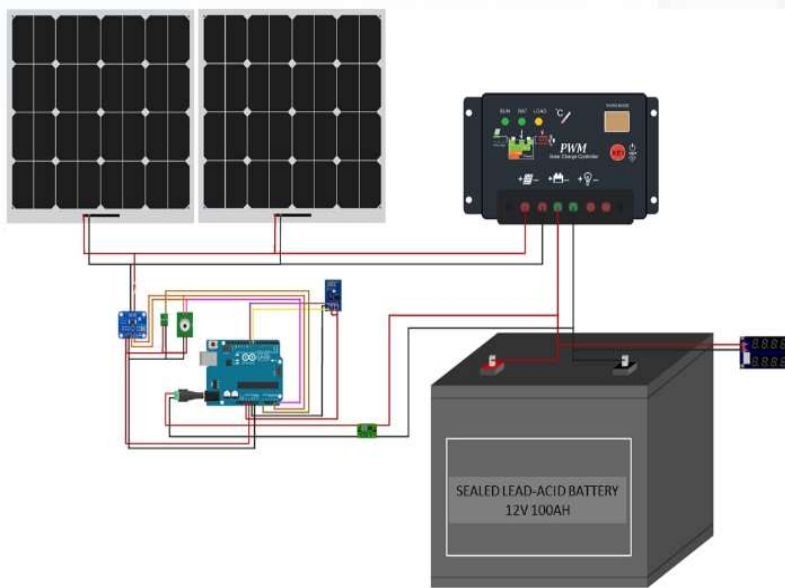
PLTS dirancang dengan menghubungkan panel surya dengan kapasitas 300 Wp yang dipasang secara seri untuk menghasilkan kapasitas maksimal 600 watt maksimal pada saat puncak matahari. Alat dan spesifikasi komponen ditunjukkan pada Tabel 1.

Analisis performansi daya menggunakan data akuisisi IoT pada proses pemantauan energi PLTS Off-Grid 600 Wp

Tabel 1. Spesifikasi Komponen pada PLTS 600 Wp

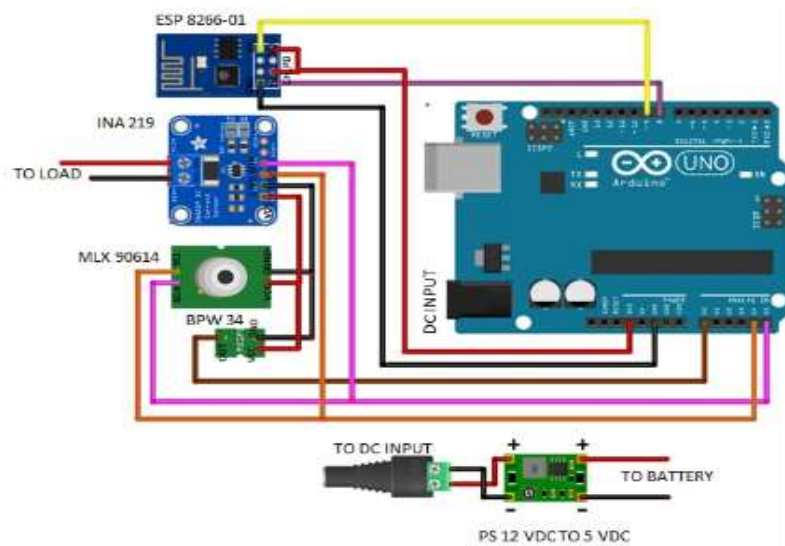
No.	Komponen	Spesifikasi	Jumlah	Fungsi	
1	Modul photovoltaic Type: MY300M-24 300 watt	Maximum Power (Pmax)	300 Wp	2 unit	Energy Generator
		Voltage at Maximum Power (Vmpp)	35.9 V		
		Current at Maximum Power (Impp)	8.36 A		
		Open Circuit Voltage (Voc)	43.2 V		
		Short Circuit Current (Isc)	8.86 A		
		Panel Efficiency	15.46 %		
		Power Tolerance (Positive)	+ 3 %		
		Operating Temperature Range	-40~85 °C		
		Temperature Coefficient of Pmax	-0.4 %/°C		
		Temperature Coefficient of Voc	-0.35 %/°C		
		Temperature Coefficient of Isc	0.06 %/°C		
Maximum System Voltage	1000 V				
Series Fuse Rating	15 A				
2	MPPT (Maximum Power Point Tracker) 50 A, DC 150V	Max PV input power 24V system	600 W	1 unit	
		Input specification DC 24V system DC	37V-105V		
		Battery voltage automatic recognition 24V	DC 18V-DC-29V		
3	Mikrokontroler Arduino UNO R3	Input Voltage (recommended)	7-12V	1 unit	
		Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)		
		DC Current per I/O Pin	40 mA		
4	Node MCU ESP8266 Wi-Fi Module	DC Current for 3.3V Pin	50 mA	1 unit	
		Operating voltage	3.3 V or 5 V		
		Available GPIO Pins	10		
		RAM	36 kb		
5	Modem Wifi telkomsel	Clock speed	80 MHZ/160 MHZ	1 unit	
		MCU 3	32 bit TenSillica L 106		
6	Sensor Suhu DHT 11	4G Lte	150mbps	1 unit	
		Operating voltage	3.3 or 5 V		
7	Sensor Irradiasi BPW34	Measurement range	0–100%RH; -40 °C-80 °C	1 unit	IoT Hardware
		Operating Current	0.3 mA		
		Accuracy	±0.5 °C and ± 1%		
		Reverse voltage	60 V		
8	Sensor Arus ACS712	Power dissipation Tamb ≤ 25 °C	215 mV	1 unit	
		Operating temperature range	- 40 to + 100°C		
		Junction temperature	100°C		
		Supply Voltage	8 V		
9	Sensor Daya INA219	Output Current Source	3 mA	1 unit	
		Overcurrent Transient Tolerance	100 A		
		Nominal Operating Ambient Temperature	-40 to 85 °C		
		Supply Voltage	3.3 V to 5.5 V DC		
10	Battery Solar Cell VRLA 100aH	Measure voltage	0 to 26 V DC	1 unit	
		Measure Current Range	-3.2A to 3.2A		
		Operating Temperature	-40 °C to 125 °C		
		Voltage/capacity	12V/ 100Ah		
11	Inverter DC to AC PSW 600W	Cycle use	14.5 – 14.9V	1 unit	Energy Storage
		Standby use	13.5 – 13.9V		
		Initial current	Less than 25A		
		Power	600 W		
		Peak Power	1200 W		
Optimum Efficiency	85%				
Input DC	12V				
Output AC	230 V				
Output USB DC	5V – 500mA				

Desain perancangan sistem elektrik ditunjukkan pada Gambar 3. Sistem elektrik didesain untuk menentukan efisiensi energi yang diserap oleh *Photovoltaic* dengan mendeteksi pengaruh suhu dan pengaruh pancaran radiasi cahaya matahari terhadap perubahan daya output. Modul *photovoltaic* dihubungkan dengan MPPT (*Maximum Power Point Tracker*) 50A.



Gambar 3. Desain Sistem Elektrik

Optimalisasi kinerja *photovoltaic* dapat dicapai dengan MPPT, dimana perubahan MPP (*Maximum Power Point*) atau titik operasi optimal pada modul *photovoltaic* dipengaruhi oleh perubahan sinar matahari dan temperatur (Ramadhan, dkk, 2018). MPPT mengoptimalkan output daya menggunakan konverter daya elektronik, yang akan melakukan pelacakan daya maksimum sehingga menghasilkan efisiensi tinggi pada sistem (Fitriah, dkk, 2019). *Smart monitoring energy* bertujuan untuk memantau output energi yang dihasilkan dari hasil konversi energi panas menjadi listrik.



Gambar 4. Perancangan Sistem Monitoring dan Instrumentasi Sensor

Pemantauan energi berbasis IoT penting untuk menentukan efisiensi energi berbagai perangkat sebagai kontribusi dalam konservasi energi, dan energi dapat disimpan di baterai dan dipantau secara otomatis dengan IoT (Acharya, dkk, 2017)(Winasis, dkk, 2016). Perancangan sistem monitoring pada Gambar 4 dilakukan dengan menghubungkan arduino dengan modul sensor irradiasi BPW 34, sensor suhu MLX 90614 dan sensor arus tegangan INA 219, serta menghubungkan jalur komunikasi serial dengan ESP 8266.

Mikrokontroler mengontrol sistem input yaitu arus dan tegangan dari PV dan input irradiasi dari cahaya matahari untuk dikirimkan melalui sistem monitoring melalui komunikasi data serial melalui modem ESP 8266, adapun koneksi pin arduino ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Koneksi Pin pada Arduino

No.	Pin pada arduino	Koneksi Pin
1	BATT (+)	PS IN (+)
2	BATT (+)	PS IN (+)
3	PS OUT (+)	JACK (+)
4	PS OUT (-)	JACK (-)
5	PIN VCC ESP 8266	PIN +3.3V Arduino
6	PIN GND ESP 8266	PIN GND Arduino
7	PIN CH_PD ESP 8266	PIN +3.3V Arduino
8	PIN TX ESP 8266	PIN D8 Arduino
9	PIN RX ESP 8266	PIN D9 Arduino
10	PIN VCC INA 219	PIN +5V Arduino
11	PIN GND INA 219	PIN GND Arduino
12	PIN SDA INA 219	PIN SDA A5 Arduino
13	PIN SCL INA 219	PIN SDA A4 Arduino
14	PIN VCC MLX90614	PIN +5V Arduino
15	PIN GND MLX90614	PIN GND Arduino
16	PIN SDA MLX90614	PIN SDA A5 Arduino
17	PIN SCL MLX90614	PIN SDA A4 Arduino
18	PIN VCC BPW 34	PIN +5V Arduino
19	PIN GND BPW 34	PIN GND Arduino
20	PIN OUT BPW 34	PIN A0 Arduino

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

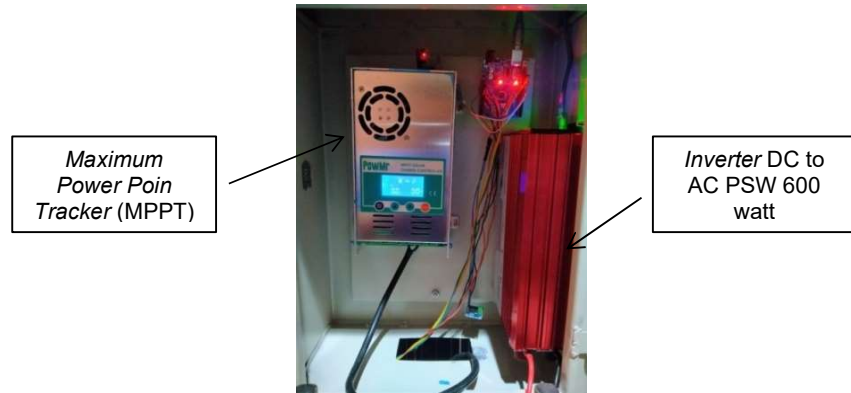
3.1 Implementasi PLTS 600 Wp

PLTS dipasang di tempat terbuka dengan posisi kemiringan 30° yang disusun dengan menggunakan frame aluminium yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Instalasi Panel Surya 600 Wp

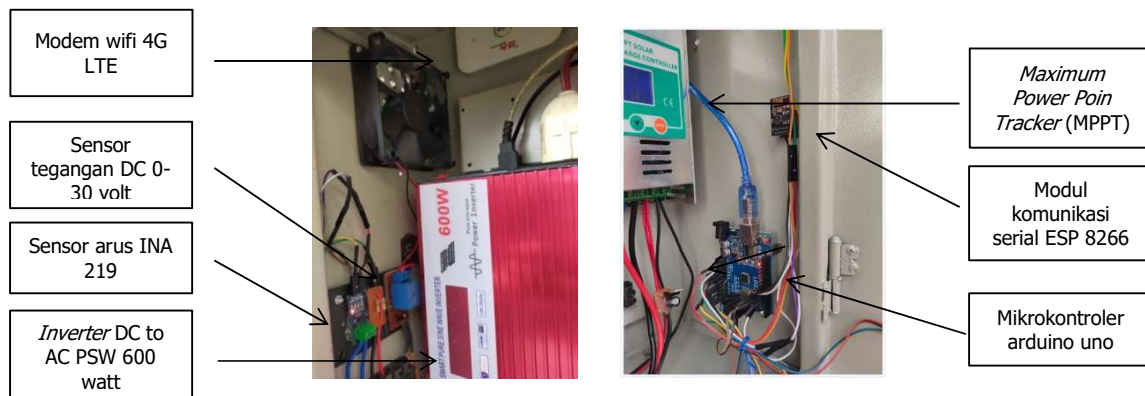
Pengukuran irradiansi matahari dilakukan untuk mengetahui pengaruh irradiansi terhadap performansi panel surya dengan menggunakan sensor BPW 34 yang telah dimodifikasi agar dapat disesuaikan dengan kondisi irradiansi matahari. Energi disimpan pada baterai VRLA 100 Ah. *Photovoltaic* dapat mengirimkan daya secara maksimal, instalasi MPPT dan inverter DC to AC PSW 600 Watt yang akan digunakan pada beban AC ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Instalasi MPPT Controller dan Inverter DC to AC PSW 60 Watt

3.2 Implementasi Pemantauan Energi pada PLTS 600 Wp

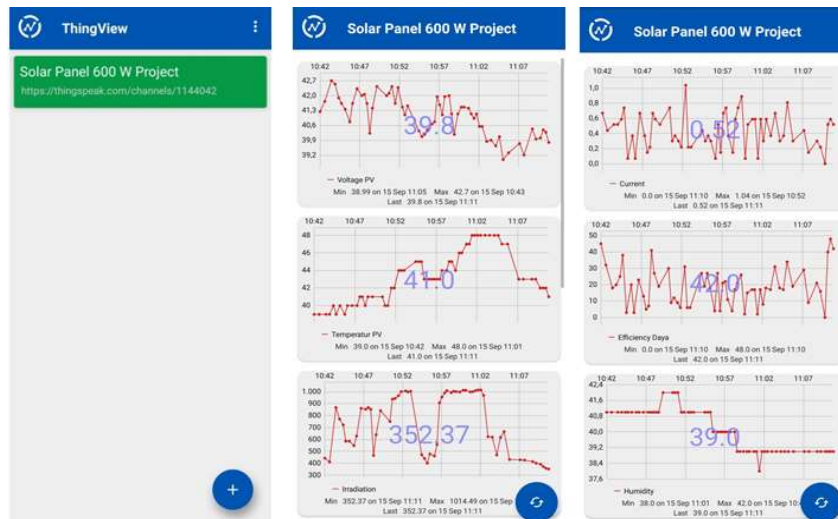
Monitoring berbasis IoT dengan mendeteksi nilai tegangan dan arus pada *photovoltaic* dilakukan dengan menghubungkan mikrokontroler dengan modem komunikasi serial ESP 8266 yang dihubungkan dengan jaringan internet dengan sumber modem wifi. Pengiriman data pada server menggunakan Modul WiFi yang diatur pada arduino untuk mengatur akses poin, *username* dan *password* (Sorongan, dkk, 2018). Aplikasi Arduino IDE digunakan sebagai akses ke serial monitor dengan menggunakan perintah AT Command. Instalasi sistem komunikasi data serial ditunjukkan dengan Gambar 7.



Gambar 7. Instalasi sistem monitoring berbasis *Internet Of Things*

Salah satu platform pada teknologi IoT adalah yang bersifat *open source* pada proses penyimpanan dan akses data menggunakan internet dan LAN. *ThingSpeak* dapat memvisualisasikan data input berupa sensor, arus, tegangan dan parameter besaran listrik yang lain karena terintegrasi dengan Matlab (Anjasmara, dkk, 2019). Tampilan visualisasi pada android ditunjukkan pada Gambar 8.

Analisis performansi daya menggunakan data akuisisi IoT pada proses pemantauan energi PLTS Off-Grid 600 Wp



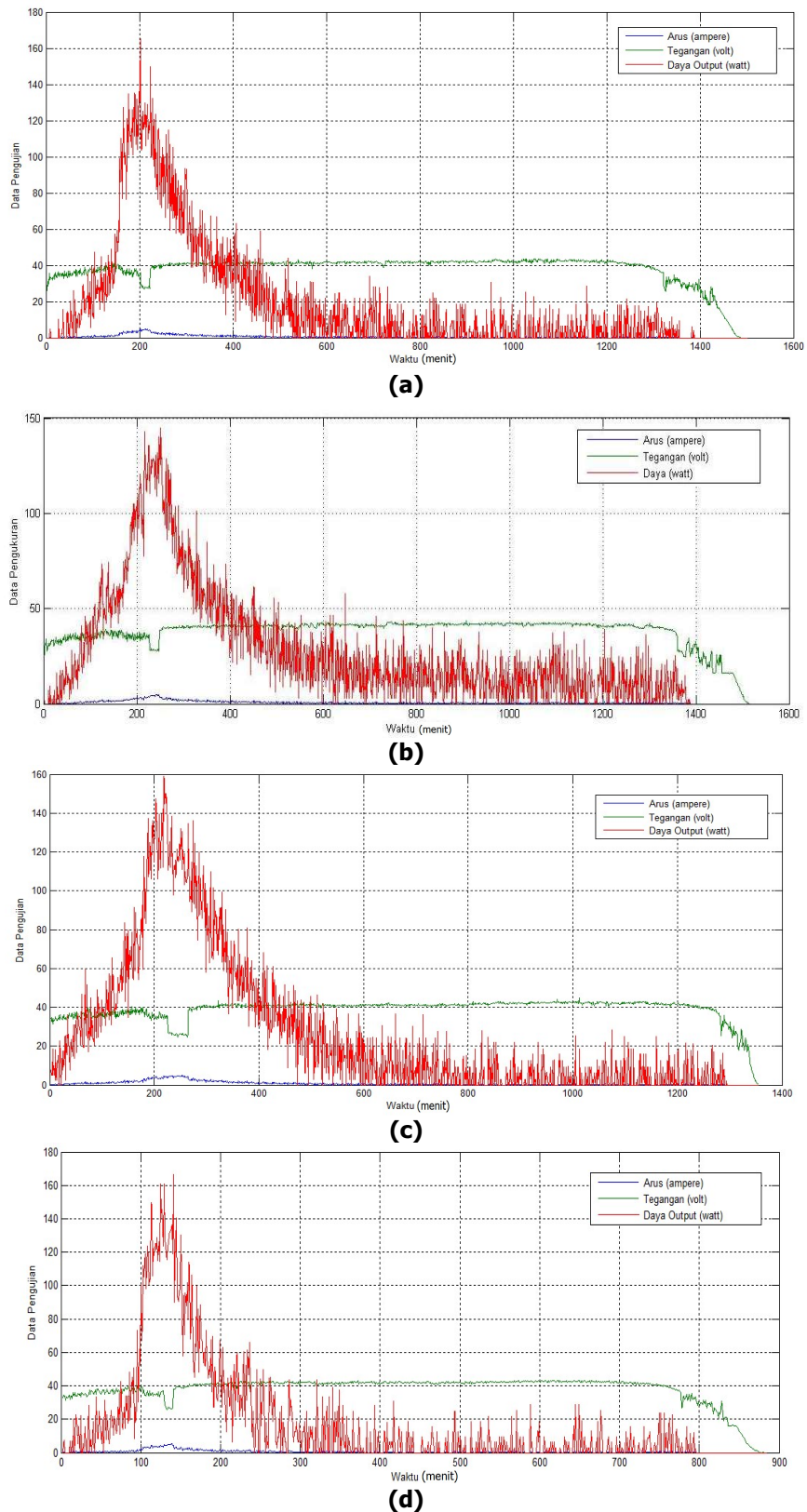
Gambar 8. Hasil Pengujian Input dan Output Melalui Visualisasi *Thingview* pada Aplikasi Android

Platform *ThingSpeak* terhubung dengan aplikasi yang dapat diakses pada aplikasi android dengan spesifikasi chanel sama dengan pada visualisasi pada server seperti ditunjukkan pada Gambar 8 merupakan aplikasi visualisasi *thingview* pada android. Pengiriman data secara *realtime* pada android kecepatan proses pengiriman data tergantung pada kondisi jaringan internet wifi modem pada hardware.

3.3 Analisis Hasil Pengujian Daya Output Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) 600 Wp

Pengujian dilakukan pada kondisi lingkungan yang bervariasi. Data pengujian merupakan data output berupa arus, tegangan dan daya output yang dihasilkan oleh PLTS 600 Wp yang dilakukan pada bulan September 2020. Data merupakan hasil pemantauan energi dalam format .csv melalui platform *ThingSpeak* yang tersimpan melalui *data base* secara *real time*. Visualisasi hasil pengujian berupa grafik ditunjukkan pada Gambar 9. Grafik yang ditampilkan merupakan sampel pengujian pada bulan september 2020 dengan mengambil 4 hari dari jam 06.00-18.00 dengan jumlah data 900-1400 data hasil pengujian arus, tegangan dan daya output.

Gambar 9 menunjukkan perbedaan daya output pada PLTS sesuai dengan waktu dan kondisi lingkungan. Gambar 9 (a) menunjukkan daya maksimal yang dapat dicapai oleh PV adalah 142 watt pada jam 07.48 dan kisaran daya tersebut bertahan sekitar 135-142 watt pada jam 07.00-08.00. Gambar 9 (b) menunjukkan daya maksimal yang dicapai adalah 135.36 watt pada jam 07.35 dan selama jam 07.00-08.00 pada kisaran daya 98.75-135.36 watt. Gambar 9 (c) daya maksimal yang dihasilkan oleh *photovoltaic* adalah 159.18 watt pada jam 07.37 dan stabil selama 1 jam pada 07.00-08.00 dengan kisaran daya output 65.11-159.18 watt. Sedangkan Gambar 9 (d) menunjukkan daya maksimum yang dihasilkan 149.41 watt pada jam 07.33 dengan kisaran daya pada jam 07.00-08.00 adalah 61.89-149.41 watt.



Gambar 9. Grafik Visualisasi Hasil Pengujian Daya Output PLTS 600 Wp pada Bulan September 2020 (A) Data Tanggal 14-09-2020; (B) Data Tanggal 21-09-2020; (C) Data Tanggal 25-09-2020; (D) Data Tanggal 30-09-2020

Hasil data menunjukkan bahwa *range* waktu kerja efektif dan maksimal pada modul *photovoltaic* adalah pada jam 07.00-08.00 dengan rata-rata daya ± 140 watt. Data tersebut memiliki hubungan dengan data tabel total *Photovoltaic Power Output* (PPO) dalam *watt hour* (Wh) yang disajikan oleh Global Solar Atlas <https://globalsolaratlas.info> pada Gambar 10. Pada gambar tersebut menunjukkan data bulan september 2020 dan jam 07.00-08.00 diperoleh total *photovoltaic* power output sebesar 143 Wh. Gambar 10 menunjukkan nilai PPO pada jam 11.00-12.00 dengan nilai 358 Wh, sedangkan hasil penelitian tidak mencapai nilai tersebut. Hal ini terjadi karena jenis *photovoltaic* dan pengaruh terhadap temperatur lingkungan pada *photovoltaic*, yaitu temperatur kerja pada jam 07.00-08.00 dengan kisaran 27 – 33 °C sedangkan pada jam 11.00-12.00 dengan kisaran 45 – 47°C menyebabkan efisiensi menurun.

Average hourly profiles

Total photovoltaic power output [Wh]

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0 - 1												
1 - 2												
2 - 3												
3 - 4												
4 - 5												
5 - 6										1	2	1
6 - 7	15	11	17	27	31	26	23	23	30	43	38	28
7 - 8	61	61	96	124	137	128	127	136	143	131	104	81
8 - 9	120	118	176	211	231	221	228	237	236	211	172	144
9 - 10	165	161	232	264	286	283	299	306	300	263	217	191
10 - 11	190	192	269	299	317	314	335	343	339	294	244	217
11 - 12	195	205	282	307	331	329	352	360	358	305	249	220
12 - 13	189	200	270	301	322	325	346	357	345	287	226	203
13 - 14	162	184	227	253	281	290	311	319	302	249	191	165
14 - 15	127	142	165	171	207	229	245	252	236	175	127	119
15 - 16	82	86	98	99	129	147	164	172	151	104	69	71
16 - 17	41	45	45	47	57	65	72	85	69	44	30	33
17 - 18	12	14	11	4	3	3	6	7	4	3	3	8
18 - 19												
19 - 20												
20 - 21												
21 - 22												
22 - 23												
23 - 24												
Sum	1360	1421	1889	2107	2332	2361	2507	2597	2513	2109	1674	1481

Gambar 10. Total Photovoltaic Power Output (Wh) oleh Global Solar Atlas (World Bank Group, 2020)

Penggunaan data solar atlas tidak dapat menggantikan proses pengukuran langsung sesuai standar industri, tetapi dapat memprediksi pengaruh potensi energi panas pada wilayah tertentu. Platform IoT berperan besar dalam proses akuisisi data, yang memiliki kinerja efektif khususnya dengan sistem kerja di luar ruangan dan dalam waktu yang lama. Penelitian menunjukkan efektifitas proses pemantauan dengan menganalisis data akuisisi pada platform IoT dengan mengamati karakteristik parameter daya, arus dan tegangan pada sistem pembangkit listrik tenaga surya dengan visualisasi data yang diambil pada sampel waktu tertentu. Komparasi data visualisasi dengan data prediksi global solar atlas dalam memprediksi energi pada wilayah pada kurun waktu tertentu menunjukkan akurasi dengan proses pengujian.

4. KESIMPULAN

Pemanfaatan teknologi IoT dengan mengimplementasikan *platform ThingSpeak* pada PLTS 600 Wp secara efektif dalam proses pemantauan. Analisis data akuisisi dilakukan dengan mengamati karakteristik parameter daya, arus dan tegangan pada sistem dengan visualisasi

data yang diambil pada sampel waktu tertentu. Pengujian dilakukan dengan memasang PLTS dengan kemiringan 30° dengan koordinat $-06^\circ33'25''$, $107^\circ12'39''$. Hasil pengujian dan pengolahan data diambil pada bulan September 2020 pada jam 06.00-18.00 WIB, yang menunjukkan bahwa retang waktu kerja efektif PLTS terjadi pada jam 07.00-08.00 WIB dengan daya output ± 140 watt. Data tersebut mendekati data *Total photovoltaic power output* (Wh) yang dirilis *Global Solar Atlas*, september 2020; 07.00-08.00 WIB menunjukkan total photovoltaic power output adalah 143 Wh.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi pada hibah Penelitian Dosen Pemula (PDP), yang telah mendanai riset ini hingga selesai.

DAFTAR RUJUKAN

- Acharya, dkk. (2017). IoT Internet of Things based of efficiency monitoring system of Bio-Gas Plants. *2nd International Conference on Computational Systems and Information Technology for Sustainable Solution (CSITSS)*. (pp. 113-117).
- Amelia, d.k.k. (2016). Investigation of the Effect Temperature on Photovoltaic (PV) Panel Output Performance. *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology*, 6(5), 682 - 688.
- Anggreni, R., Muliadi, & Adriat, R. (2018). Analisis Pengaruh Tutupan Awan Terhadap Radiasi Matahari di Kota Pontianak. *Prisma Fisika*, 6(3), 214–219.
- Anjasmara, R., Suhendra, T., & Yunianto, A. H. (2019). Implementasi Sistem Monitoring Kecepatan Angin, Suhu, dan Kelembaban Berbasis Web di Daerah Kepulauan. *Journal Of Applied Electrical Engineering*, 3(2), 28-35.
- Asrori, A., & Yudiyanto, E. (2019). Kajian Karakteristik Temperatur Permukaan Panel terhadap Performansi Instalasi Panel Surya Tipe Mono dan Polikristal. *FLYWHEEL: Jurnal Teknik Mesin Untirta*, 5(2), 68-73.
- Brent, A. C., Hinkley, J., Burmester, D., & Rayudu, R. (2020). Solar Atlas of New Zealand from satellite imagery. *Journal of the Royal Society of New Zealand*, 50(4), 1-12.
- Duka, E. T., Setiawan, I. N., & Weking, A. I. (2018). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hybrid Pada Area Parkir Gedung Dinas Cipta Karya, Dinas Bina Marga Dan Pengairan Kabupaten Badung. *E-Journal SPEKTRUM*, 5(2), 67-73.
- Fitriah, A., Wijaya, F. D., & Fimansyah, E. (2019). Implementasi Maximum Power Point Tracking (MPPT) Berbasis Perturb and Observe (P&O) pada Photovoltaic (PV) dengan Variasi Iradiasi. *Seminar Nasional CITEE Yogyakarta*, (pp. 120-124).
- Gupta, V., Sharma, M., Pachauri, R. K., & Babu, K. N. D. (2020). A Low-Cost Real-Time IOT

- Enabled Data Acquisition System for Monitoring of PV System. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*. 1-16.
- Ike, C. U. (2013). The Effect of Temperature on the Performance of A Photovoltaic Solar System In Eastern Nigeria. *Research Inventy: International Journal Of Engineering And Science*, 3(12), 10-14.
- Iskandar, H. R., & d.k.k. (2019). Design of Solar Power Plant for Electrical Engineering Department Laboratory. *International Conference on High Voltage Engineering and Power Systems (ICHVEPS) - Bali - Indonesia*. (pp. 145-150).
- Koerniawan, T., & Hasanah, A. W. (2018). Kajian Sistem Kinerja Plts Off-Grid 1 kWp di STT-PLN. *Jurnal Energi & Kelistrikan*, 10(1), 38-44.
- Kumar B. V., & Sudhakar, K. (2015). Performance evaluation of 10 MW grid connected solar photovoltaic power plant in India. *Energy Reports*, 1, 184–192.
- Ramadhan, M. G., Muttaqin, A., & Abidin, Z. (2018). Maximum Power Point Tracker (MPPT) Sebagai Metode Pemaksimalan Daya Solar Cell Untuk Charging Baterai Eco Solar Boat. *Seminar Nasional FORTEI*.
- Rois, A. R., Gunawan, N., & Chayun, B. (2017). Analisa Performansi dan Monitoring Solar Photovoltaic System (SPS) Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Tuban Jawa Timur. *Jurnal Teknik Pomits*, 1-8.
- Rudi, & d.k.k. (2017). Rancang bangun prototype sistem smart parking berbasis arduino dan pemantauan melalui Smartphone. *Jurnal Ecotipe*, 4(2), 14-20.
- Samsugi, A. & d.k.k. (2017). Sistem Kendali Jarak Jauh Berbasis Arduino Dan Modul Wifi Esp8266. *Prosiding Seminar Nasional XII "Rekayasa Teknologi Industri Dan Informasi 2017 Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta 295 Internet Of Things (IoT)*, (pp. 295-303).
- Satria, H., & Habibie. (2018). Sistem Monitoring Online dan Analisa Performansi PLTS Rooftop Terhubung ke Grid PLN. *Jurnal Rekayasa Elekrika*, 14(2).
- Sharma, R., & Goel, S. (2017). Performance analysis of a 11.2 kWp roof top grid-connected PV system in Eastern India. *Energy Report*, 3(1), 76-84.
- Sorongan, E., Hidayati, Q., & Priyono, K. (2018). ThingSpeak sebagai Sistem Monitoring Tangki SPBU Berbasis Internet of Things. *JTERA - Jurnal Teknologi Rekayasa*, 3(2), 219-224.
- Sukmajati, S., & Hafidz, M. (2015). Perancangan dan Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 10 Mw On Grid Di Yogyakarta. *Jurnal Energi & Kelistrikan*, 3(1). 49-63.

- Thakare, S., dkk. (2016). Implementation of an Energy Monitoring and Control Device based on IoT. *IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, ICMA 2011*. (pp. 1-6).
- Winasis, & d.k.k. (2016). Desain Sistem Monitoring Sistem Photovoltaic Berbasis Internet of Things (IoT), *JNTETI*, 4(1).
- World Bank Group. (2020). Global Solar Atlas. <https://globalsolaratlas.info>.
- Yulizar, Sara, I., & Syukri M. (2016). Prototipe Pengukuran Pemakaian Energi Listrik pada Kamar Kos dalam Satu Hunian Berbasis Arduino Uno R3 dan GSM Shield Sim900. *Jurnal Online Teknik Elektro KITEKTRO*, 1(3), 47–56.