

Sistem Monitoring Online Dan Analisis Performansi Plts Panel Surya Monocrystalline 100 Wp Berbasis Web

Rohmanita Duanaputri^{*a)}, Irwan Heryanto/Eryk^{a)}, Muhammad Firas Sajidan^{a)},
Muhammad Fahmi Hakim^{a)} Ayusta Lukita Wardani^{b)}

(Artikel diterima: Januari 2023, direvisi: Februari 2023)

Abstrak: *In this modern life, people's dependence on energy sources, especially electrical energy, has led to innovation in the use of cheap alternative energy sources that are environmentally friendly such as solar energy, one of which is PLTS. To support PLTS performance, a web-based monitoring system is needed for remote monitoring in monitoring PLTS performance, the data displayed is the result of measurements by voltage and current sensors installed in each solar panel on the PLTS performance detector. In this case, it is necessary to develop a Web-based monitoring system to help improve the efficiency of performance maintenance on 100 wp monocrystalline panels. By using the INA260 sensor in the form of a digital DC sensor that can measure a maximum current of 15 A, a maximum voltage of 36 v, and DC power and the DS18B20 sensor is a digital sensor that can measure the surface temperature of the panel. Sensor readings can be displayed offline via the HMI LCD while online readings can be displayed in the form of a Web which has a graphical display feature for each parameter and downloads data in the form of a .csv file as a feature that supports data analysis. The results of the sensor validation test or calibration using a measuring instrument have an average error sensor reading of 0.34 %. The average current sensor error is 0.63%, and the power sensor error average is 0.56%, while the average panel surface temperature sensor error is 0.34%*

Kata-kata kunci : *Performansi, Web, Monitoring, PLTS, Monocrystalline, PV, Photovoltaic*

1. Pendahuluan

Pemilihan PLTS sebagai energi alternatif yang baru dan terbarukan merupakan sebuah peluang yang menguntungkan bagi Negara Indonesia, secara geografi Indonesia merupakan negara yang terletak di daerah khatulistiwa dengan potensi sumber energi rata - rata sebesar 4,8 kWh/m²/hari [1]. salah satu *device* yang cukup memumpuni untuk menyempurnakan bagian dari PLTS, yaitu panel surya. Panel surya ialah alat yang terdiri dari sel surya yang mengkonversi energi cahaya menjadi energi listrik. sel surya atau sel PV bergantung pada efek photovoltaic untuk menyerap energi matahari dan menyebabkan arus mengalir antara dua lapisan bermuatan yang berlawanan [2]. Semakin tinggi intensitas radiasi (iradiasi) matahari yang mengenai sel surya, semakin tinggi daya listrik yang dihasilkannya [3].

Pada hasil peninjauan lapangan banyak terjadi indikasi pada PLTS yang menyebabkan kurangnya performansi PLTS, indikasi tersebut banyak terjadi pada photovoltaik modul yang mengalami kerusakan akibat kurangnya perawatan dan pengecekan. Untuk menunjang kinerja PLTS dibutuhkan sistem monitoring berbasis web untuk monitoring jarak jauh dalam memantau kinerja PLTS, sistem ini menggunakan modul komunikasi wifi sebagai penerima sinyal dari sensor yang terpasang pada panel surya dan menggunakan perangkat mikrokontroler sebagai server untuk menyimpan data dalam bentuk database sehingga data yang dihimpun dapat diakses melalui web.

Pada penelitian ini diharapkan monitoring berbasis web pada panel monocrystalline 100 wp dapat menjadikan pengambilan data untuk keperluan analisa performansi panel surya lebih efektif dan praktis dalam penerapannya. Didukung oleh hasil penelitian sebelumnya yang membuktikan bahwa web monitoring dapat melakukan pemeliharaan dan perbaikan menjadi lebih mudah berkat penggunaan substruktur internet [4]. Berdasarkan pemaparan tersebut, maka penelitian dengan judul "Sistem

Monitoring Online Dan Analisis Performansi Plts Panel Surya Monocrystalline 100 Wp Berbasis Web".

2. Tinjauan Pustaka

2.1 PLTS Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Berdasarkan SNI 8395:2017, PLTS merupakan sistem pembangkit listrik yang energinya bersumber dari radiasi matahari melalui konversi sel surya. Sistem sel surya mengubah radiasi sinar matahari menjadi listrik. Semakin tinggi intensitas radiasi (iradiasi) matahari yang mengenai sel surya, semakin tinggi daya listrik yang dihasilkannya. Karena listrik seringkali dibutuhkan sepanjang hari, maka kelebihan daya listrik yang dihasilkan pada siang hari disimpan di dalam baterai sehingga dapat digunakan kapanpun untuk berbagai alat listrik. Sistem PLTS terdiri dari modul surya, solar charge controller atau inverter jaringan, baterai, inverter baterai, dan beberapa komponen pendukung lainnya. Ada beberapa jenis sistem PLTS, baik untuk sistem yang tersambung ke jaringan listrik PLN (on-grid) maupun sistem PLTS yang berdiri sendiri atau tidak terhubung ke jaringan listrik PLN (off-grid). [5]

Terdapat beberapa komponen yang mendasari terbentuknya suatu PLTS, yaitu panel surya (*Photovoltaic*), SCC (*Solar Charger Controller*), inverter, dan baterai atau ACCU [1].

2.2 Panel Surya

Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya komponen utama yang berfungsi dalam mengubah energi matahari menjadi energi listrik adalah panel surya. Umumnya satu keping sel surya memiliki ketebalan 3mm, yang tersusun dari kutub positif dan kutub negatif, serta terbuat dari irisan bahan semikonduktor. Pemanfaatan efek Photovoltaic sebagai prinsip kerja suatu sel surya dapat mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik secara langsung [6].

Panel Monocrystalline

Jenis sel surya Monocrystalline merupakan salah satu jenis yang paling banyak digunakan dengan keunggulan yang dimiliki.

* Korespondensi: rohmanitar@polinema.ac.id

a) Politeknik Negeri Malang

b) Universitas Negeri Surabaya

Sel surya ini terbuat dari silikon yang mengalami pengirisan tipis-tipis dengan menggunakan teknologi mesin

Efisiensi yang dimiliki sebesar 15% - 20%, Sedangkan dalam kekurangannya jenis solar panel monocrystalline akan membutuhkan cahaya yang sangat terang ketika beroperasi. Ia akan mengalami pengurangan efisiensi jika berada pada cuaca yang berawan dan mendung [3].



Gambar 2.1 Panel Surya Monocrystalline

2.3 SCC (Solar Charge Controller)

Pengertian Controller berdasarkan SNI 8395:2017 adalah suatu perangkat keras yang berfungsi sebagai alat kontrol pengisian dan pengeluaran arus listrik pada baterai. Controller ini biasanya terintegrasi dengan sebuah kotak terminal baterai.

Solar Charge controller difungsikan untuk mengatur overcharging (kelebihan pengisian - karena baterai sudah 'penuh') dan kelebihan tegangan dari panel surya / solar cell. Kelebihan tegangan dan pengisian akan mengurangi umur baterai. Panel surya / solar cell 12 Volt umumnya memiliki tegangan output 16 - 21 Volt. Baterai umumnya di-charge pada tegangan 14 - 14.7 Volt. Jadi tanpa solar charge controller, baterai akan rusak oleh over-charging dan ketidakstabilan tegangan [7].

2.4 Inverter

Pengertian inverter berdasarkan SNI 8395:2017 adalah suatu peralatan listrik yang berfungsi untuk mengubah arus searah (Direct Current) menjadi arus bolak-balik (Alternating Current). Inverter ini dapat kita jumpai pada berbagai macam jenis peralatan elektronika. Tanpa alat ini arus searah yang dihasilkan oleh modul surya tidak akan dapat digunakan secara langsung oleh alat-alat elektronika yang umumnya membutuhkan arus bolak-balik sebagai pasokan daya utamanya [3].

2.5 Baterai

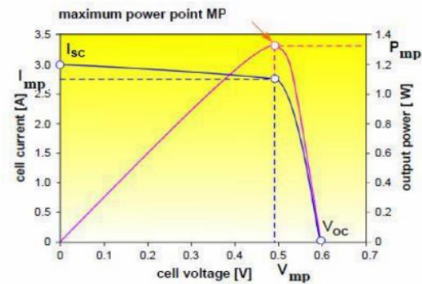
Pengertian baterai berdasarkan SNI 8395:2017 adalah alat yang terdiri dari satu atau lebih sel dimana energi kimia diubah menjadi energi listrik dan digunakan sebagai penyimpan energi listrik. Tanpa baterai maka energi surya hanya dapat digunakan pada saat ada sinar matahari saja karena tidak ada alat penyimpan energinya.

2.6 Prinsip kerja PLTS

Sel surya memiliki kurva karakteristik yang menunjukkan hubungan antara arus dengan tegangan keluaran (kurva I-V) dan daya dengan tegangan keluaran sel surya (kurva P-V). Pada saat berada pada titik kerja maksimal makadaya keluaran yangdihasilkan akan maksimal. Tegangan di maximum power point (VMPP) lebih kecil dari tegangan rangkaian terbuka (Voc) dan arus saat MPP adalah

lebih rendah dari arus short circuit (Isc) [2].

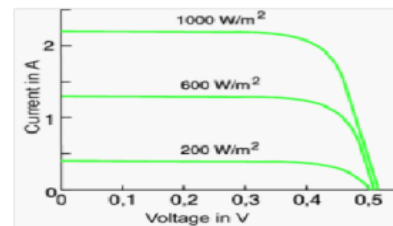
Modul surya memiliki hubungan antara arus dan tegangan yang diwakili dalam kurva I-V. Pada saat resistor variable bernilai tak terhingga (open circuit) maka arus bernilai minimum (nol) dan tegangan pada sel berada pada nilai maksimum, yang dikenal sebagai tegangan open circuit (Voc). Pada keadaan yang lain, ketika resistor variable bernilai nol (short circuit) maka arus bernilai maksimum, yang dikenal sebagai arus short circuit (Isc). Jika resistor variable memiliki nilai yang bervariasi antara nol dan tak terhingga maka arus (I) dan tegangan (V) akan diperoleh nilai yang bervariasi.



Gambar 2.2 Kurva V-I

Pengaruh Radiasi Matahari Terhadap Panel Surya

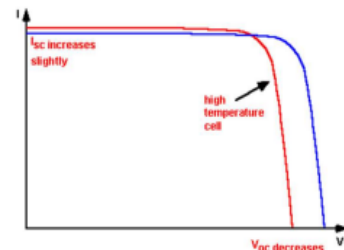
Radiasi sinar matahari akan mempengaruhi arus yang dihasilkan oleh sel surya. Semakin tinggi radiasi matahari maka semakin tinggi pula arus yang dihasilkan [3].



Gambar 2.3 Kurva Radiasi Matahari terhadap kurva V-I

Pengaruh Suhu Panas Terhadap Panel Surya

Seperti perangkat semikonduktor lainnya, sel surya memiliki tingkat sensitif terhadap suhu. Peningkatan suhu mengurangi celah pita (band gap) pada semikonduktor. Dalam sel surya, parameter yang paling dipengaruhi oleh kenaikan suhu adalah tegangan rangkaian terbuka (Volt open circuit).



Gambar 2.4 Kurva Radiasi Matahari terhadap kurva V-I

2.6 Efisiensi Panel Surya

Efisiensi panel surya merupakan rasio output listrik dari panel surya untuk energi dalam bentuk sinar matahari. Adapun efisiensi konversi energi dari sel surya adalah presentase energi surya untuk sel yang terkena tidak diubah menjadi energi listrik. Sebuah sel surya beroperasi atas tegangan dan arus. Dengan

peningkatan beban resistif pada sel iradiasi dari nol ke yang tertinggi. Berikut rumus efisiensi sel surya [8].

$$\eta = (V_{out} \times I_{out}) / (I_{rr} \times A) \dots \dots \dots (2-1)$$

P_{out} = daya yang dibangkitkan oleh sel surya (Watt)

V_{out} = tegangan output sel surya (Volt)

I_{out} = arus output sel surya (Volt)

A = luas permukaan panel surya

I_{rr} = Irradiasi matahari

2.7 Komponen Sistem Monitoring

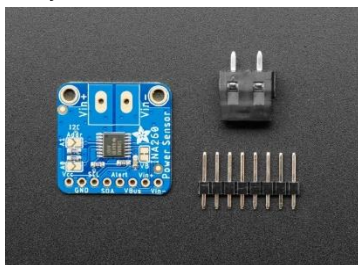
Pada sistem monitoring PLTS ini, ada beberapa komponen yang dibutuhkan agar proses monitoring dapat dilakukan antara lain adalah Sensor INA260, Sensor DS18B20 dan Arduino. Semua komponen tersebut dirancang menjadi satu sehingga terbentuk sebuah sistem monitoring.

2.7.1 Sensor INA260

INA260 adalah modul sensor yang mampu mengukur sumber sampai 36 Vdc serta arus 15 A. Dengan menggunakan hukum ohm, dapat dihitung juga Daya watt-nya. Modul ini dirancang oleh Adafruit sehingga sudah tersedia coding pemrogramannya pada library.

Adapun detail dari sensor INA260 sebagai berikut:

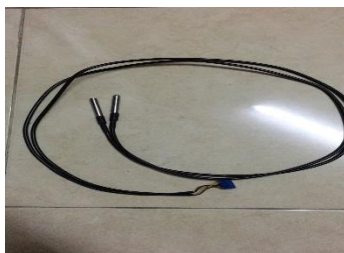
1. Tegangan pengukuran dari 0 – 36 Vdc
2. Arus Pengukuran hingga 15A
3. Dapat mengukur tegangan, arus, dan daya
4. Mempunyai 16 alamat programmable
5. Akurasi yang tinggi
6. Register kalibrasi
7. Temperature kerja -40C - 125C



Gambar 2.5 Sensor INA260

2.7.2 Sensor DS18B20

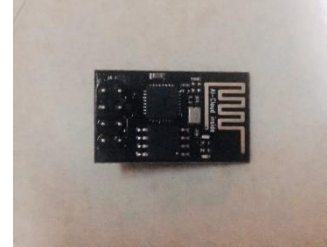
Sensor DS128B20 adalah sensor suhu, sensor ini memiliki keluaran berupa sinyal digital dengan konversi dan perhitungan dilakukan oleh MCU 8-bit terpadu. Sensor ini memiliki kalibrasi akurat dengan kompensasi suhu ruang penyesuaian dengan nilai koefisien tersimpan dalam memori OTP terpadu.



Gambar 2.6 Sensor DS18B20

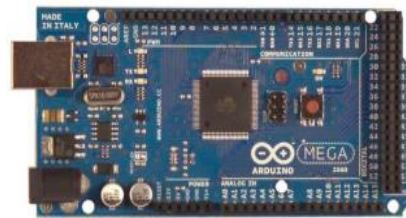
2.7.3 ESP-01

ESP-01 ialah salah satu platform IoT yang memiliki sifat opensource. Terdiri dari hardware buatan Espressif System berupa System On Chip ESP8266 dari ESP8266, ESP-01 telah mengemas ESP8266 ke dalam sebuah board yang kompak dengan banyak fitur seperti mikrokontroler dengan kapabilitas akses terhadap Wifi juga chip komunikasi USB ke serial.



Gambar 2.6 ESP-01

Arduino Mega 2560 adalah papan pengembangan mikrokontroler yang berbasis Arduino dengan menggunakan chip ATmega2560. Board ini memiliki pin I/O yang cukup banyak, sejumlah 54 buah digital I/O pin (15 pin diantaranya adalah PWM), 16 pin analog input, 4 pin UART (serial port hardware) ESP-01 ialah salah satu platform IoT yang memiliki sifat opensource. Terdiri dari hardware buatan Espressif System berupa System On Chip ESP8266 dari ESP8266, ESP-01 telah mengemas ESP8266 ke dalam sebuah board yang kompak dengan banyak fitur seperti mikrokontroler dengan kapabilitas akses terhadap Wifi juga chip komunikasi USB ke serial.



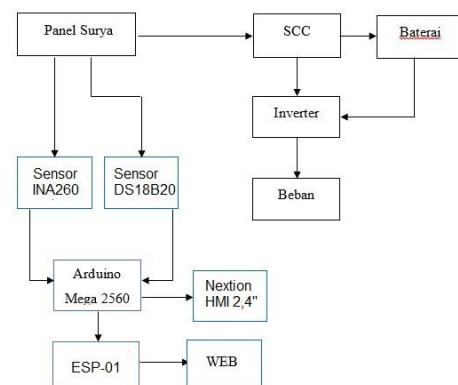
Gambar 2.6 Arduino Mega 2560

2.8 Kalibrasi Alat Ukur

Setiap sistem pengukuran harus dapat dibuktikan kemampuannya dalam mengukur, prosedur ini disebut dengan kalibrasi. Kalibrasi bagi pemakai alat ukur sangat penting. Kalibrasi dapat mengurangi kesalahan dan meningkatkan ketelitian dalam pengukuran. Perbandingan besar kesalahan alat yang dibuat terhadap nilai alat ukur sebenarnya, disebut kesalahan relatif atau rasio kesalahan dinyatakan dalam persen [9].

$$\text{Galat} = (\text{Nilai alat ukur} - \text{Nilai sensor}) / (\text{Nilai alat ukur}) \times 100. (2-2)$$

3.1 Blok Diagram Sistem Monitoring



Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem Monitoring Panel Monocrystalline 100 Wp Berbasis Web

Penelitian ini dilakukan dalam rangka menyusun tugas akhir/skripsi yang dilaksanakan sebagai berikut.

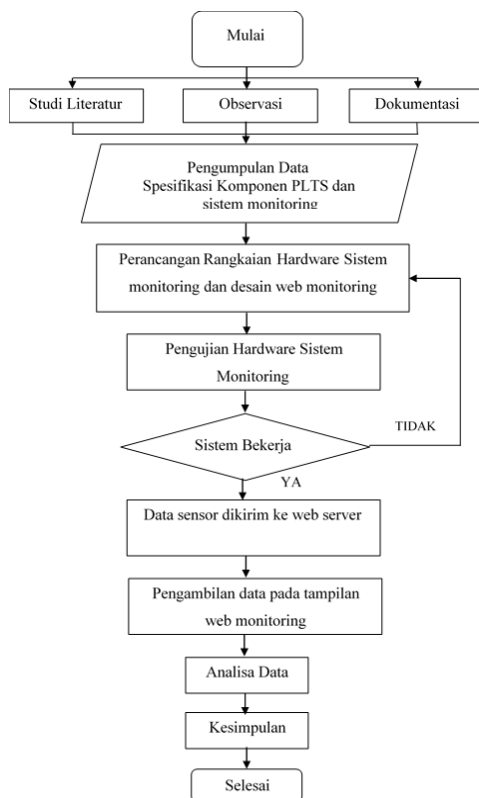
Waktu : Desember 2021 – Juni 2022

Tempat : Lab. *Renewable Energy*, Gedung AL, Politeknik Negeri Malang.

Penjelasan dari gambar blok diagram hardware diatas, secara umum dibagi menjadi dua yaitu perangkat keras pada panel surya yang digambarkan kotak hitam dan perangkat keras pada sistem monitoring dengan kotak biru. Gambar ini menjelaskan komponen-komponen Sistem Monitoring Online Dan Analisis Performansi PLTS Panel Surya Monocrystalline 100 Wp Berbasis Web

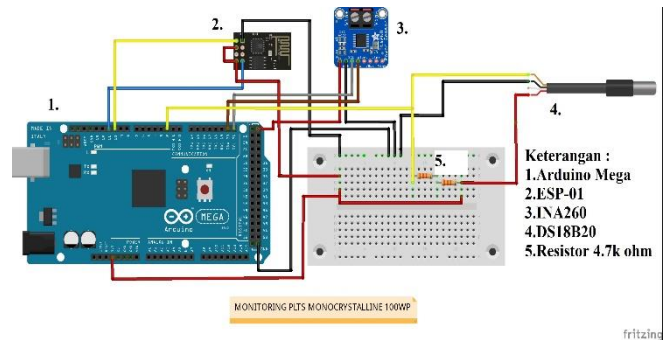
Pada Output Panel Surya yang berupa Tegangan dan Arus DC akan disensing oleh sensor INA260, sedangkan suhu Panel Surya akan disensing oleh sensor DS128B20. Kemudian data yang didapat dari sensor sensor akan dikelola oleh mikrokontroler dan diteruskan oleh LCD HMI sebagai Monitoring di Lapangan serta ESP-01 sebagai modul wifi untuk mengirimkan data ke database server untuk tampilan sistem monitoring online dalam basis Web .

3.2 Diagram Alir Sistem Monitoring



Gambar 3.2 Flowchart sistem monitoring plts berbasis web

3.3 Wiring Diagram Sistem Monitoring



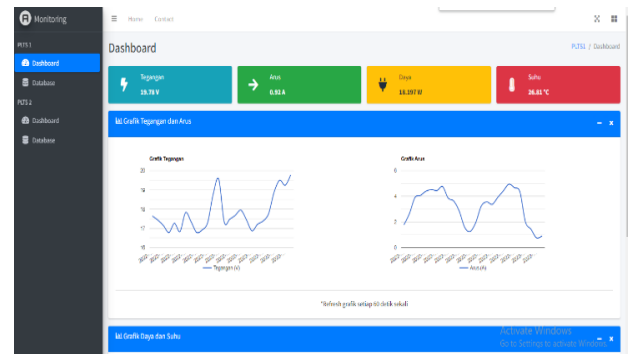
Gambar 3.3 Wiring Diagram Cooling Water System

Pengujian Sistem Monitoring PLTS *monocrystalline* dilakukan pada waktu operasional PLTS pada umumnya (jam 09-00 s.d. jam 15.00) oleh sensor-sensor yang dipasang untuk mendapatkan data-data yang akan dianalisis. Pengujian dilakukan dengan kapasitas baterai 50%. Dalam pengujian sistem monitoring online, beberapa data yang dikumpulkan melalui database web:

1. Tegangan Output Panel Monocrystalline 100wp
2. Arus Output Panel Monocrystalline 100wp
3. Daya Output Panel Monocrystalline 100wp
4. Suhu permukaan Panel Monocrystalline 100wp

Analisis dan Pembahasan

4.1 Hasil Pengujian tampilan web



Gambar 4.1 Tampilan Sistem Monitoring Online Berbasis Web

Proses pengujian sistem monitoring online PLTS dilakukan pada pukul 09.00 hingga pukul 15.00 WIB selama 2 hari dalam kondisi berbeban oleh baterai dengan kapasitas 40%. Pengambilan data memiliki interval setiap 30 menit, Pengambilan data diambil pada hari Selasa, 7 Juni 2022 dan 9 Juni 2022 di depan Gedung Aula Pertamina Politeknik Negeri Malang sebagai titik pengujian dan pengambilan data. Pada hari pertama pengambilan data kondisi cuaca relatif cerah pada pagi hingga sore hari, Pada hari kedua pengambilan data terdapat beberapa titik pengujian yang mengalami kondisi mendung. Pengujian ini dilaksanakan untuk memperoleh data hasil Sistem Monitoring Online dan Analisis Performansi Plts Panel Surya Monocrystalline 100 Wp yang dipengaruhi oleh Irradiasi, Suhu Permukaan panel, Tegangan dan arus keluaran panel surya. Data yang telah terekam pada database dapat di ekspor dalam format .xls (format pada Microsoft Excel) dengan cara menekan tombol download pada halaman database.

Tabel 4.1 Tabel Tampilan Data Sensor Pada Database Web Export Data Monitoring [PLTS1]

No	ARUS(A)	TEGANGAN(V)	DAYA(W)	SUHU	TIME
22	1.26	19.56	31,33	38.47	07/06/2022 15:00
21	1.58	18.78	46,36	40.98	07/06/2022 14:30
19	2.86	17.3	66,86	44.2	07/06/2022 14:00
18	3.64	16.92	69,53	44.98	07/06/2022 13:30
17	3.86	16.79	76,03	47.87	07/06/2022 13:00
16	4.76	17.35	76,11	53.63	07/06/2022 12:30
15	4.45	17.82	79,30	55.76	07/06/2022 12:00
14	4.52	16.83	81,77	54.6	07/06/2022 11:30
13	4.4	17.27	65,48	53.31	07/06/2022 11:00
12	4.07	16.78	62,38	45.38	07/06/2022 10:30
11	3.91	17.15	49,40	41.4	07/06/2022 10:00
10	2.66	17.43	29,82	39.75	07/06/2022 09:30
9	1.78	17.64	24,65	37.5	07/06/2022 09:00

4.2 Perhitungan Persentase Error Hari Pertama Dan Kedua Data Pengujian Panel Monocrystalline 100 Wp

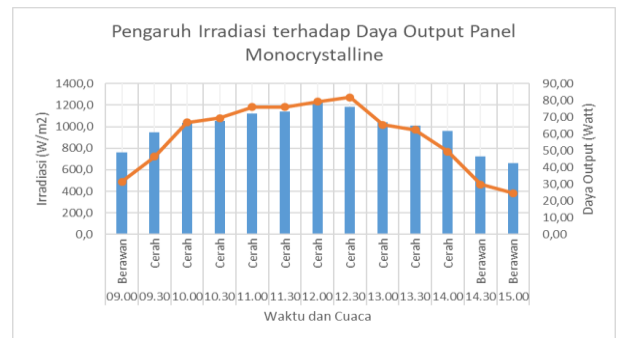
Tabel 4.2 Tabel perhitungan galat data sensor dengan multimeter hari pertama.

No	Tegangan Output (%)	Arus Output (%)	Daya Output (%)	Effisiensi (%)	Suhu Permukaan (%)
1	-0,46	0,94	0,71	0,71	0,28
2	0,23	-0,65	-0,42	-0,42	-0,38
3	0,17	-0,73	-0,26	-0,26	-0,24
4	-0,36	2,39	0,27	0,27	-0,40
5	0,29	-0,46	-0,22	-0,22	-0,21
6	-0,30	-0,01	-0,36	-0,36	-0,18
7	0,28	-1,14	-0,85	-0,85	-0,29
8	0,29	-0,79	0,49	0,49	0,13
9	0,24	1,28	0,49	0,49	0,27
10	-0,95	1,36	-0,87	-0,87	0,04
11	0,40	0,84	1,40	1,40	0,23
12	0,27	0,03	-0,20	-0,20	0,05
13	0,41	0,06	0,47	0,47	0,34

Tabel 4.3 perhitungan galat data sensor dengan multimeter hari kedua.

No	Tegangan Output (%)	Arus Output (%)	Daya Output (%)	Effisiensi (%)	Suhu Permukaan (%)
1	0,35	0,64	0,98	0,98	0,28
2	0,11	-0,93	-0,82	-0,82	-1,31
3	-0,28	-1,52	0,68	0,68	-0,54
4	-0,17	-0,60	0,72	0,72	0,19
5	0,40	-0,62	-0,22	-0,22	-0,44
6	0,41	0,90	0,64	0,64	-0,04
7	0,29	0,04	0,33	0,33	-0,44
8	0,29	-0,59	0,09	0,09	0,26
9	0,45	-0,14	0,39	0,39	-0,22
10	-0,27	0,99	0,73	0,73	0,04
11	-0,36	0,00	-0,39	-0,39	0,26
12	0,57	2,56	0,32	0,32	-1,05
13	-0,10	0,10	0,22	0,22	0,70

4.3 Analisis Pengaruh Solar Irradiance terhadap Daya Output PLTS Panel Monocrystalline 100 Wp



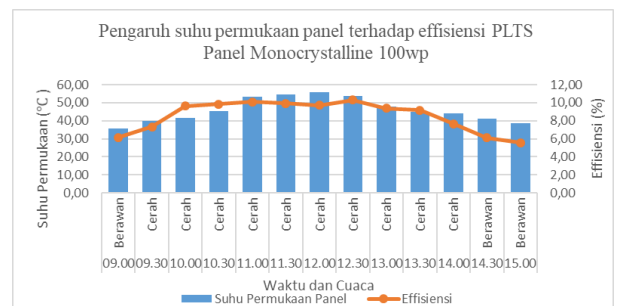
Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Solar Irradiance Terhadap Daya Output Panel Monocrystalline

Berdasarkan hasil dari grafik gambar 4.2 pengaruh Irradiasi terhadap Daya Output dimulai pada pukul 09.00 dengan kondisi cuaca berawan dengan nilai Irradiasi 762,5 W/m² dan daya 31,33 Watt. Nilai daya output terbesar yaitu 81,77 Watt terjadi pada pukul 12.30 dengan Irradiasi 1184,5 W/m² pada kondisi cuaca cerah dan nilai daya output terendah terjadi pada pukul 15.00 karena kondisi cuaca berawan dengan tingkat Irradiasi 658,7 W/m² yang sekaligus menjadi nilai Irradiasi terendah.

Grafik pada gambar 4.2 menunjukkan jam 09.00-12.00 kenaikan daya output seiring dengan kenaikan nilai irradiansi, namun pada saat pukul 12.30 dimana nilai Irradiasi mengalami penurunan menjadi 1184,5 W/m², Daya output menjadi lebih besar daripada saat pukul 12.00 yakni 81,77 Watt. Hal ini membuktikan adanya faktor eksternal yang memberikan dampak perubahan selain dari Irradiasi seperti suhu permukaan, kecepatan angin, dan fill factor dari sel surya yang mengakibatkan naik turun nya daya menjadi tidak linier dengan nilai Irradiasi

Dari grafik pada gambar 4.2 dapat disimpulkan bahwa kenaikan Irradiasi mempengaruhi produksi daya output dari panel monocrystalline, Semakin besar nilai Irradiasi maka semakin besar pula produksi daya output dari panel monocrystalline. Sebaliknya semakin kecil nilai Irradiasi maka semakin kecil pula daya yang dihasilkan oleh panel monocrystalline.

4.4 Analisis Pengaruh Suhu Permukaan Terhadap Effisiensi PLTS Panel Monocrystalline 100 wp



Gambar 4.3 Grafik perbandingan suhu permukaan terhadap efisiensi

Berdasarkan Berdasarkan hasil pengujian pada gambar 4.3 grafik perbandingan suhu permukaan terhadap efisiensi, pada pukul 11.00 – 12.00 pertambahan suhu permukaan panel diiringi

dengan menurunnya efisiensi panel monocrystalline begitu pula pada pukul 12.30 nilai efisiensi mengalami peningkatan sebesar 0,49 % ketika suhu permukaan mengalami penurunan dari nilai suhu permukaan 55,76 °C pada pukul 12.00 menjadi 53,63 °C pada pukul 12.30, Hal ini membuktikan bahwa suhu permukaan panel berbanding terbalik dengan efisiensi dari panel surya. Naik dan turunnya efisiensi dari panel surya tidak linier dengan suhu permukaan.

Saat pukul 09.00 – 10.30 dimana seharusnya efisiensi turun karena suhu permukaan naik, namun dari data yang diambil justru mengalami peningkatan. Hal yang sama terjadi pada pukul 13.30 – 15.00 dimana seharusnya efisiensi naik ketika suhu permukaan turun, Namun data yang diambil menunjukkan adanya penurunan efisiensi. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat faktor lain yang mempengaruhi efisiensi selain suhu permukaan diantaranya adalah irradiasi, dan kecepatan angin yang dapat mempengaruhi pendinginan pada panel surya dimana semakin kencang kecepatan angin maka potensi efisiensi panel surya mengalami kenaikan akan semakin besar.

Kesimpulan

1. Sistem monitoring online panel *monocrystalline* 100 wp berbasis web memiliki tampilan yang adaptif dengan semua device, memiliki karakter web responsive dalam pengiriman data sensor selama 2-5 detik oleh ESP-01 dengan refresh rate 60 detik untuk update semua parameter pada grafik data, pada halaman database memiliki fitur download data sensor dalam bentuk .csv untuk keperluan analisis dan arsip data
2. Persentase error pembacaan sensor INA260 dan DS18B20 pada setiap data parameter sistem monitoring online berbasis web dengan alat ukur konvensional tidak memiliki perbedaan pengukuran yang jauh dengan pengujian berbeban. Galat V rata-rata output PLTS 0,33%, Galat I rata-rata output PLTS 0,64%, Galat P rata-rata output PLTS 0,55%, Galat Temp permukaan rata-rata PLTS 0,34%
3. Irradiasi mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap performansi daya dari PLTS panel monocrystalline. Dari pengambilan data yang telah dilakukan daya tertinggi yang dapat dihasilkan PLTS panel monocrystalline pada tanggal 07 Juni 2022 sebesar 81,77 Watt dengan nilai Irradiasi sebesar 1184,5 W/m². Semakin tinggi suhu permukaan panel maka semakin rendah efisiensi dari panel. Pengaruh performansi panel monocrystalline dari suhu permukaan panel terhadap efisiensi tidak linier. Dari pengambilan data yang dilakukan efisiensi tertinggi ada pada nilai 10,30 % dengan peningkatan 0,49 % lebih tinggi dari data sebelumnya akibat menurunnya suhu permukaan

Pembangkit Listrik Tenaga Picohydro Dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Coban Tarzan Kabupaten Malang Jawa Timur. Laporan Akhir. Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Malang.

- [4] Kumar, B. A. 2011. Solar Power Systems Web Monitoring. The 2nd Symposium on Renewable Energy Technologies (SoRET), October 2011, Raiwai, Fiji, October.
- [5] Ramadhani, Bagus. 2018. *Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dos & Don'ts*, Jakarta: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH Energising Development (EnDev) Indonesia
- [6] Gagliarducci, M., Lampasi, D. A., & Podestà, L. 2007. GSM-based monitoring and control of photovoltaic power generation. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 40(3), 314–321
- [7] Mohammad Hafidz, S. S. 2015. Perancangan Dan Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 10 Mw on Grid Di Yogyakarta. *Jurusan Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknik PLN*, 7(JURNAL ENERGI & KELISTRIKAN VOL. 7 NO. 1, JANUARI-MEI 2015), 49.
- [8] Suwarti, Wahyono, dan Budhi Prasetyo. 2018. Analisis Pengaruh Intensitas Matahari, Suhu Permukaan & Sudut Pengarah Terhadap Kinerja Panel Surya. *Jurnal Teknik Energi Vol 14 No. 3 September 2018*; 78 – 85.
- [9] Wijaya, I. G. N. W., Parti, I. K., & Wiranata, L. F. 2021. Monitoring PLTS dan PLTB kincir vertikal dengan sistem hybrid berbasis Internet Of Things (IoT). *Journal of Applied Mechanical Engineering and Green Technology*, 2(3),
- [10] A. V. Fadilla, M. A. H. Prakoso, Nurhayati, M. N. Hidayat, and A. Hermawan, "Rancang Bangun Passive Photovoltaic 50 Wp Di Laboratorium Energi Terbarukan Politeknik Negeri Malang," *Elposys: Jurnal Sistem Kelistrikan*, vol. 7, no. 3, pp. 21–26, 2020.
- [11] M. Arya, I. Wardana, M. N. Hidayat, and R. A. Ananto, "Perencanaan Dan Analisis Pembangkit Listrik Hybrid PLTS 4x50 Wp dan PLTB Tipe Darrieus Kapasitas 100 Watt," *Elposys: Jurnal Sistem Kelistrikan*, vol. 9, no. 2, pp. 81–86, 2022.

Daftar Pustaka

- [1] Satria, H. and Syafii, S. 2018. Sistem Monitoring Online dan Analisa Performansi PLTS Rooftop Terhubung ke Grid PLN, *Jurnal Rekayasa ElektriKa*, 14(2). doi: 10.17529/jre.v14i2.11141.
- [2] Roza Emilia dan Mujirudin. 2019. Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Fakultas Teknik UHAMKA. *Ejournal Kajian Teknik Elektro Vol.4 No.1 (Maret – Agustus 2019)*
- [3] C Maydita, A. A., dkk. 2019. Sistem Monitoring Pada