

Perbandingan Unjuk Kerja Purwarupa PLTS Apung dan PLTS Ground Mounted Menggunakan Sistem Monitoring Berbasis *Internet of Things (IoT)*

NKN Wulandari¹, IKPT Abinanda², INS Kumara³, IW Sukerayasa⁴, IAD Giriantari⁵

¹²³⁴⁵ Universitas Udayana

kadek.novia121@student.unud.ac.id¹, kadek.priyanatha117@student.unud.ac.id²

ABSTRACT

This study examines the performance comparison between floating photovoltaic (FPV) systems and Ground Mounted solar power plants using an Internet of Things (IoT)-based monitoring system centered on the ESP32 microcontroller. The analyzed performance parameters include thermal and electrical factors: solar irradiance intensity, panel temperature, voltage, current, and output power. Data collection was conducted at the Faculty of Engineering, Udayana University, during June–July 2025, with observations taken between 10:00 AM and 2:00 PM Central Indonesia Time at 30-minute intervals. Measurements reveal that the panel temperature of the floating PV system consistently remains 1–4°C lower than that of the Ground Mounted system under equivalent irradiance conditions. This temperature difference influences power loss due to thermal effects, where the floating system experiences comparatively smaller power reductions than the Ground Mounted. After correcting for temperature factors, the floating PV output power was found to be higher at all observation times compared to the Ground mounted PV. These results demonstrate that the floating system exhibits superior thermal efficiency and electrical performance. The analysis confirms that implementing floating PV has significant potential to enhance energy conversion efficiency through natural cooling mechanisms, while also providing a strategic alternative for solar energy utilization in regions with adequate water resources.

Keywords: *floating solar power plants, ground mounted solar power plants, Internet of Things (IoT), solar power plant performance*

ABSTRAK

Penelitian ini membahas perbandingan unjuk kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Apung dan PLTS *Ground Mounted* dengan penerapan sistem monitoring berbasis *Internet of Things (IoT)* yang menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali. Unjuk kerja yang dianalisis meliputi parameter termal dan kelistrikan, yakni intensitas iradiasi matahari, suhu panel, tegangan, arus, dan daya keluaran. Pengambilan data dilaksanakan di lingkungan Fakultas Teknik Universitas Udayana selama periode Juni–Juli 2025, pada rentang waktu pengamatan pukul 10.00–14.00 WITA dengan interval pencatatan setiap 30 menit. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa suhu panel PLTS Apung secara konsisten lebih rendah 1–4°C dibandingkan PLTS *Ground Mounted* pada kondisi intensitas iradiasi yang setara. Perbedaan suhu ini memengaruhi besarnya penurunan daya akibat efek suhu, di mana PLTS Apung mengalami kehilangan daya yang relatif lebih kecil dibandingkan PLTS *Ground Mounted*. Setelah dilakukan koreksi terhadap faktor suhu, daya keluaran PLTS Apung terbukti lebih tinggi pada setiap waktu pengamatan dibandingkan dengan PLTS *Ground Mounted*. Hal ini menunjukkan bahwa sistem Apung memiliki efisiensi termal dan kinerja

kelistrikan yang lebih unggul. Analisis ini menegaskan bahwa penerapan PLTS Apung berpotensi signifikan dalam meningkatkan performa konversi energi melalui mekanisme pendinginan alami sekaligus menjadi alternatif strategis pemanfaatan energi surya di wilayah dengan ketersediaan sumber daya air yang memadai.

Kata kunci: PLTS Apung, PLTS *Ground Mounted*, *Internet of Things (IoT)*, unjuk kerja PLTS

PENDAHULUAN

Berada di wilayah tropis, Bali memiliki potensi energi surya yang melimpah dengan paparan sinar matahari hampir sepanjang tahun. Berdasarkan peta potensi energi surya, rata-rata radiasi harian di Bali mencapai sekitar 5,2 kWh/m², yang tergolong sangat baik untuk penerapan teknologi fotovoltaik [1]. Besarnya potensi iradiasi ini menjadikan energi surya sebagai salah satu pilihan utama dalam upaya mendorong transisi menuju energi bersih di Provinsi Bali [2].

Berdasarkan karakteristik lokasi pemasangan, Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dapat dibedakan menjadi tiga kategori utama, yaitu PLTS atap (rooftop), PLTS *Ground Mounted*, dan PLTS Apung (floating PV). PLTS atap memanfaatkan permukaan bangunan yang telah tersedia, sehingga tidak memerlukan konversi lahan baru dan dapat mengurangi rugi daya transmisi karena dekat dengan titik beban [2]. Sementara itu, PLTS *Ground Mounted* memungkinkan pemasangan kapasitas yang lebih besar dan fleksibilitas dalam pengaturan orientasi serta kemiringan modul surya. Namun, sistem ini memerlukan lahan luas yang berpotensi bersaing dengan fungsi lain seperti pertanian dan pemukiman [3]. Sebagai solusi atas keterbatasan lahan, pembangkit listrik tenaga surya Apung (floating PV) memanfaatkan area permukaan perairan seperti waduk atau danau, sehingga tidak mengurangi fungsi lahan produktif. Keunggulan termal sistem ini ditunjukkan oleh suhu operasi modul yang lebih rendah karena efek pendinginan dari air, yang berkontribusi pada peningkatan efisiensi konversi energi [4].

Memperhatikan potensi yang signifikan tersebut, pemerintah mengambil langkah dengan menetapkan Kebijakan Energi Nasional (KEN) sebagai dasar penyusunan Rencana Umum Energi Nasional (RUEN). Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) merupakan kebijakan strategis Pemerintah Pusat dalam pengembangan energi berskala nasional. Dokumen ini berfungsi sebagai turunan sekaligus pedoman implementatif dari Kebijakan Energi Nasional (KEN) yang bersifat lintas sektor, sehingga dapat mengarahkan pencapaian target yang telah ditetapkan dalam KEN [5]. Berdasarkan Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), Provinsi Bali ditetapkan memiliki target pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebesar 8,62% atau sekitar 108,2 MW dari total potensi yang mencapai 1.254 MW pada tahun 2025. Selaras dengan arah kebijakan tersebut, setiap pemerintah provinsi diwajibkan menyusun Rencana Umum Energi Daerah (RUED) sebagai langkah operasional dalam mendukung pencapaian sasaran energi nasional. Dalam dokumen tersebut juga dijelaskan bahwa pemanfaatan energi baru terbarukan (EBT) di Provinsi Bali diperkirakan mencapai 11,15% pada tahun 2025 dan meningkat menjadi 20,50% pada tahun 2050 [6]. Selain itu, Bali telah menetapkan regulasi yang mendukung pengelolaan energi bersih berbasis energi terbarukan melalui Peraturan

Gubernur Bali Nomor 45 Tahun 2019 tentang Bali Energi Bersih [7].

Sejalan dengan target pengembangan energi surya di Provinsi Bali serta besarnya potensi radiasi matahari yang tersedia, penelitian ini difokuskan pada analisis perbandingan kinerja PLTS Apung dan PLTS *Ground Mounted*. Pengujian dilakukan dengan dukungan sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT) yang dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32 untuk memperoleh data secara real-time dan akurat. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam pengembangan dan penerapan teknologi PLTS yang lebih efisien, andal, dan berkelanjutan di masa mendatang.

A. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan sistem konversi energi yang memanfaatkan radiasi matahari untuk menghasilkan listrik melalui teknologi sel fotovoltaik. Modul fotovoltaik berperan mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik, di mana besarnya daya keluaran yang dihasilkan sebanding dengan intensitas radiasi yang diterima oleh permukaan modul [8].

B. PLTS *Ground Mounted* dan PLTS Apung

Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) umumnya dapat dipasang pada dua tipe lokasi utama, yaitu di atas permukaan tanah (*Ground Mounted*) dan di atas permukaan air. PLTS *Ground Mounted* merupakan sistem yang dipasang secara langsung di atas lahan terbuka, seperti permukaan tanah atau lahan kosong, sedangkan PLTS Apung dipasang menggunakan struktur pelampung yang mengapung di atas badan air seperti kolam, danau, atau bendungan [9].

PLTS Apung memiliki keunggulan dibandingkan PLTS *Ground Mounted*, terutama pada wilayah dengan keterbatasan ruang atau kepadatan penduduk yang tinggi. Keuntungan signifikan dari sistem Apung adalah minimnya risiko terhalangnya pencahayaan, karena panel dipasang di atas perairan terbuka yang relatif bebas dari objek penghalang, berbeda dengan PLTS *Ground Mounted* yang rentan terhadap bayangan dari bangunan atau struktur di sekitarnya [10].

C. Komponen Purwarupa PLTS Apung dan PLTS *Ground Mounted*

Komponen purwarupa PLTS Apung dan PLTS *Ground Mounted* terdiri dari:

1. ESP32

ESP32 merupakan sebuah komponen mikrokontroler berdaya tinggi yang dirancang oleh *Espressif System*, dan dikenal luas karena kemampuan konektivitas nirkabelnya (*Wi-Fi* dan *Bluetooth*), kinerja tinggi, serta harga yang relatif murah. ESP32 merupakan perkembangan atau penerus dari ESP8266, dan menawarkan lebih banyak fitur dan performa yang lebih baik. ESP32 sangat cocok digunakan dalam proyek IoT. Komponen purwarupa PLTS Apung dan PLTS *Ground Mounted* terdiri dari Modul ini dapat digunakan untuk aplikasi lain seperti kontrol sistem, monitoring, dan lainnya. ESP32 memiliki fitur *deepsleep* untuk menghemat daya dengan mematikan modul saat tidak digunakan [11].

2. Sensor Intensitas Cahaya

Mengukur intensitas cahaya matahari atau radiasi matahari yang jatuh di permukaan panel dan digunakan untuk memantau potensi energi yang dapat dihasilkan dan menilai efisiensi panel surya. Pada PLTS Apung sensor ini biasanya dipasang dengan pelindung agar tetap terlindung dari percikan air atau kondisi ekstrem, dan terhubung ke sistem data *logger* untuk pemantauan dan analisis lebih lanjut. Data intensitas cahaya ini dapat digunakan untuk mengoptimalkan posisi panel, memprediksi output energi, atau bahkan mendeteksi adanya penghalang seperti bayangan atau kotoran pada panel [12].

3. Tegangan

Sensor tegangan merupakan komponen yang berfungsi untuk membaca nilai tegangan pada perangkat elektronik. Komponen ini menggunakan rangkaian pembagi tegangan (*voltage divider*) pada sistem pemantauan kinerja panel surya. Prinsip kerjanya didasarkan pada redaman hambatan, sehingga mampu menurunkan tegangan masukan dari terminal hingga sekitar seperlima dari nilai tegangan aslinya [14].

4. Sensor Suhu

Sensor suhu pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah komponen elektronik yang berfungsi untuk mengukur dan mendeteksi perubahan suhu pada panel surya. Suhu panel surya sangat berpengaruh terhadap efisiensi produksi listrik. Semakin tinggi suhu panel, maka efisiensi konversi energi matahari menjadi listrik akan semakin menurun. Dengan menjaga suhu panel agar tetap optimal, efisiensi produksi listrik dapat ditingkatkan [15].

5. Blynk

Blynk merupakan sebuah aplikasi yang dirancang khusus untuk mendukung implementasi *Internet of Things* (IoT). Aplikasi ini dapat mengendalikan perangkat keras secara jarak jauh, menampilkan serta memantau data sensor, menyimpan informasi, dan menjalankan berbagai fungsi IoT lainnya. Untuk mengoperasikan Blynk bisa menggunakan android maupun windows yang dimana untuk mengoperasikan Blynk supaya bisa menampilkan data dari sensor yang kita pakai harus memasukan pin sus-code ke dalam Blynk setelah itu lakukan konfigurasi agar Blynk dapat terhubung dengan baik [16].

D. Prinsip Kerja Sel Surya

Sel surya adalah perangkat berbahan dasar semikonduktor yang berfungsi mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik melalui mekanisme efek fotovoltaik. Saat foton dari radiasi matahari mengenai permukaan sel, energinya akan membebaskan elektron dari ikatan atom pada material semikonduktor. Elektron yang terlepas kemudian mengalir melalui rangkaian eksternal, menghasilkan arus listrik searah (DC) [17].

E. Pengaruh Intensitas Cahaya Terhadap Sel Surya

Energi listrik yang dihasilkan oleh modul fotovoltaik sangat dipengaruhi oleh intensitas penyinaran matahari yang diterimanya. Intensitas ini, yang dinyatakan

dalam satuan watt per meter persegi (W/m^2), merepresentasikan tingkat energi radiasi yang mengenai permukaan sel surya. Ketika intensitas meningkat, jumlah foton yang berinteraksi dengan material semikonduktor juga bertambah, sehingga memicu terbentuknya lebih banyak pasangan *elektron hole* yang berkontribusi terhadap peningkatan arus listrik [18].

Dalam implementasinya, peningkatan intensitas iradiasi matahari berdampak langsung terhadap peningkatan arus hubung singkat (*short circuit current / Isc*) yang dihasilkan oleh panel surya. Sementara itu, tegangan rangkaian terbuka (*open circuit voltage / Voc*) juga mengalami peningkatan, meskipun dalam skala yang relatif lebih kecil dibandingkan arus. Kombinasi dari kedua fenomena ini berkontribusi pada peningkatan daya maksimum (*maximum power / Pmax*) yang dapat diekstraksi dari modul fotovoltaik [17]. Hubungan antara arus, tegangan, dan daya listrik tersebut secara matematis dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$P = V \times I$$

(1)

Keterangan:

P = Daya (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

F. Pengaruh Suhu Terhadap Kinerja Sel Surya

Sel surya memanfaatkan material semikonduktor untuk mengubah energi cahaya menjadi energi listrik melalui mekanisme efek fotovoltaik. Salah satu aspek lingkungan yang memengaruhi kinerja modul secara signifikan adalah suhu kerja. Seiring meningkatnya suhu pada permukaan panel, efisiensi konversi energi cenderung menurun akibat berkurangnya tegangan keluaran [19]. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya arus saturasi balik pada struktur PN junction, yang berdampak langsung terhadap penurunan tegangan rangkaian terbuka (*Voc*) serta daya maksimum (*Pmax*) yang dihasilkan [17].

Penurunan daya keluaran akibat kenaikan suhu modul fotovoltaik dapat dihitung menggunakan persamaan koreksi suhu yang telah terstandarisasi dalam perangkat lunak simulasi sistem PV [20]:

$$\Delta P = P \times \gamma \times \Delta T$$

(2)

Keterangan:

ΔP = penurunan daya (W)

P = daya nominal

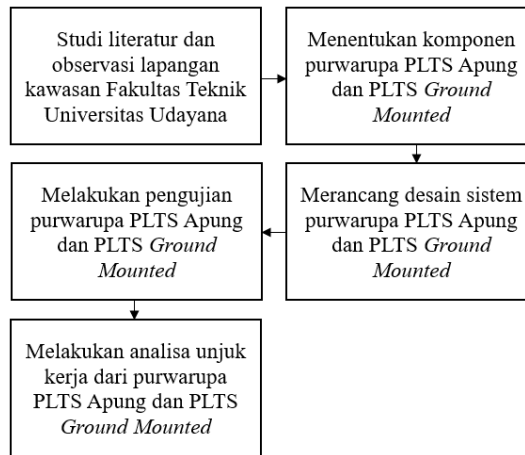
γ = koefisien suhu daya ($\%/^{\circ}C$), misal $-0,47 \%/^{\circ}C$

ΔT = selisih suhu aktual terhadap suhu standar (biasanya $25^{\circ}C$)

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Wilayah Fakultas Teknik Universitas Udayana, terletak di Desa Jimbaran, Kabupaten Badung. Sumber data yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari hasil data purwarupa PLTS Apung dan PLTS *Ground*

Mounted. Pengumpulan data dilakukan pada periode Juni 2025 hingga Juli 2025 melalui teknik studi literatur serta observasi lapangan yang berlokasi di kawasan Fakultas Teknik Universitas Udayana. Tahapan Penelitian dapat dilihat pada gambar 1 dibawah.

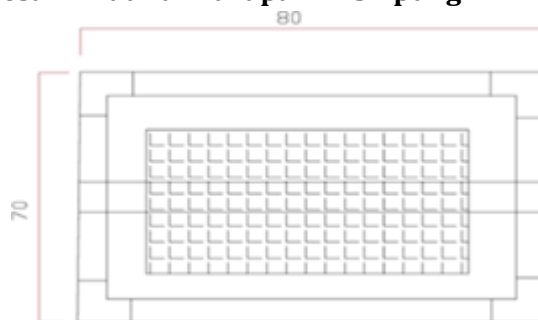


Gambar 1 Tahapan Penelitian

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 09 Agustus 2025

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perancangan Desain Alat Purwarupa PLTS Apung

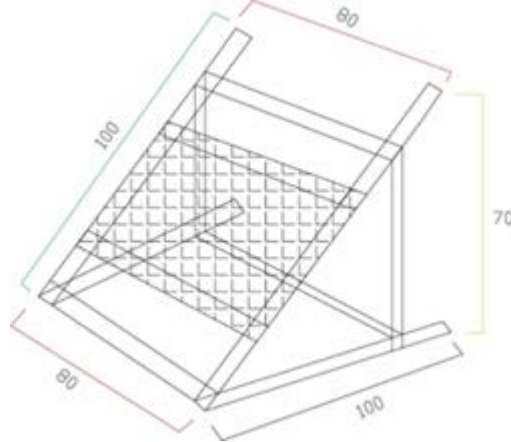


Gambar 2 Desain Rangka PLTS Apung

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 09 Agustus 2025

Gambar 2 merupakan gambar desain perancangan rangka untuk PLTS Apung dengan menggunakan perangkat lunak CAD (*Computer Aided Design*), untuk rangka PLTS Apung sendiri menggunakan pipa PVC berukuran 3inch yang disambung melalui sambungan pipa L, lalu pada masing-masing sudut diberikan tali pemberat yang berfungsi agar panel tetap stabil ketika dalam keadaan angin kencang.

B. Perancangan Desain Alat Purwarupa PLTS *Ground Mounted*

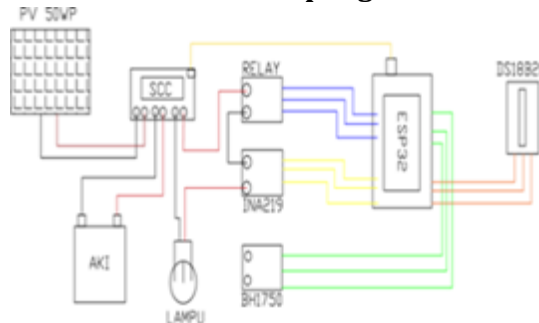


Gambar 3 Desain Rangka PLTS *Ground Mounted*

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 09 Agustus 2025

Gambar 3 merupakan desain rangka untuk PLTS *Ground Mounted*, yang dimana bahan yang dipakai adalah baja ringan yang dipasang sesuai dengan desain rangka yang sudah di rancang. Untuk pengambilan data secara *real-time* menggunakan sistem IoT, kemudian data dari PLTS *Ground Mounted* akan dibandingkan dengan data dari PLTS Apung dan akan dianalisa hasilnya.

C. Perancangan Desain Skematik PLTS Apung dan *Ground Mounted*



Gambar 4 Desain Skematik PLTS Apung dan *Ground Mounted*

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 09 Agustus 2025

Gambar 4 merupakan desain skematik dari PLTS Apung dan PLTS *Ground Mounted*. Untuk Komponen yang dipakai dari kedua PLTS adalah PV 50Wp, Solar Charge Control (SCC), AKI, Relay 5V, Sensor Arus Tegangan (INA219), Sensor Cahaya (BH1750), Sensor Suhu (DS18b20), ESP32. Untuk alur skematiknya adalah yang pertama dari PV dihubungkan ke SCC, dari SCC dihubungkan ke aki, pada port beban SCC kabel negatif dihubungkan ke lampu dan kabel positif dihubungkan port positif pada relay, dari relay pada port negatif dihubungkan ke INA219 setelah itu langsung dihubungkan ke lampu. Untuk relay, INA219, BH1750, dan DS18b20 dihubungkan ke ESP32 menggunakan kabel jumper agar data-data dari sensor yang sudah terpasang

dapat terbaca di aplikasi di aplikasi monitoring setelah di program, lalu untuk port USB di ESP32 dihubungkan pada port USB di SCC.

D. Metode Pengujian PLTS Apung dan PLTS *Ground Mounted*

Pengujian dilakukan untuk membandingkan kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Apung dan PLTS *Ground Mounted*.



Gambar 5 Lokasi Purwarupa PLTS Apung

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 06 Juni 2025

Gambar 5 merupakan lokasi pengujian PLTS Apung berada pada kolam yang berada di depan gedung Program Studi Teknologi Informasi ($8^{\circ}47'45''S115^{\circ}10'35''E$).



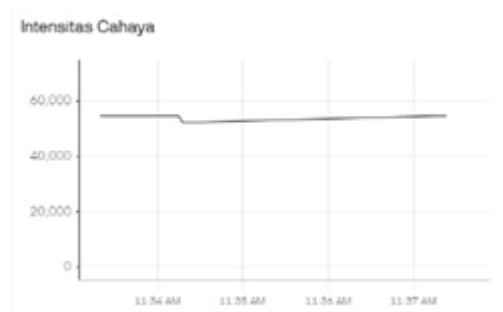
Gambar 6 Lokasi Purwarupa PLTS *Ground Mounted*

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 06 Juni 2025

Sementara itu, Gambar 6 merupakan PLTS *Ground Mounted* diletakan pada halaman di depan padmasana Fakultas Teknik ($8^{\circ}47'45''S115^{\circ}10'36''E$).

Pemasangan panel surya dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai faktor, termasuk lokasi, potensi bayangan (shading), dan aspek teknis lainnya. Salah satu hal terpenting yang perlu diperhatikan adalah ketersediaan area yang cukup luas. Apabila panel terhalang oleh objek seperti pohon besar atau bangunan, paparan

sinar matahari akan berkurang sehingga kinerja dan efisiensi panel tidak dapat optimal.



Gambar 7 Pemantauan Kinerja Intensitas Cahaya Dilakukan Melalui Platform Blynk

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 17 Juni 2025



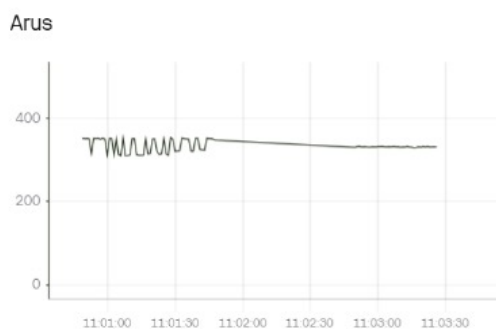
Gambar 8 Pemantauan Kinerja Suhu Dilakukan Melalui Platform Blynk

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 17 Juni 2025



Gambar 9 Pemantauan Kinerja Tegangan Dilakukan Melalui Platform Blynk

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 17 Juni 2025



Gambar 10 Pemantauan Kinerja Arus Dilakukan Melalui Platform Blynk

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 17 Juni 2025

Gambar 7 hingga Gambar 10 merupakan Pemantauan (*monitoring*) kinerja sistem dilakukan melalui platform Blynk yang terintegrasi dengan mikrokontroler ESP32, sehingga data pengukuran tegangan, arus, suhu, dan daya dapat diperoleh secara *real-time* melalui perangkat berbasis Android.

Pengukuran intensitas radiasi matahari dilakukan menggunakan Solar Survey Meter yang menyediakan nilai iradiasi dalam satuan W/m^2 , sebagai salah satu parameter utama dalam evaluasi performa PLTS.

E. Hasil Data Purwarupa PLTS Apung

Tabel 1 adalah hasil data suhu, tegangan, arus, daya output panel PLTS Apung. Data ini diambil dari pukul 10.00 hingga 14.00 WITA dengan interval pengambilan data setiap 30 menit. Adanya pengambilan data di jam 10.00-14.00 WITA ini agar mendapatkan pencahayaan matahari yang optimal sehingga dapat mengamati kinerja PV dalam kondisi optimal. Beban yang digunakan yaitu lampu 25 W 12 V DC.

Tabel 1 Hasil Data Suhu, Tegangan, Arus, Daya Output Panel PLTS Apung

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 17 Juni 2025

Waktu	intensitas cahaya (W/m^2)	Kondisi Cuaca	Suhu Lingkungan ($^{\circ}C$)	Suhu Panel ($^{\circ}C$)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya Output (W)
10.00	730	Cerah	30,31	39	11,58	1,81	20,96
10.30	885	Cerah	30,44	40	11,82	1,83	21,63
11.00	929	Cerah	30,81	42	11,88	1,80	21,38
11.30	992	Cerah	30,44	42	11,55	1,82	21,02
12.00	987	Cerah	30,81	43	11,33	1,79	20,28
12.30	1000	Cerah	31,75	42	12,26	1,80	22,07
13.00	991	Cerah	30,11	42	11,61	1,81	21,01
13.30	877	Cerah	30,11	41	11,55	1,80	20,79
14.00	730	Cerah	30,06	39	11,35	1,78	20,20

F. Hasil Data Purwarupa PLTS Ground Mounted

Tabel 2 adalah hasil data suhu, tegangan, arus, daya output panel PLTS *Ground Mounted*. Data ini diambil dari pukul 10.00 hingga 14.00 WITA dengan interval pengambilan data setiap 30 menit. Adanya pengambilan data di jam 10.00-14.00 WITA ini agar mendapatkan pencahayaan matahari yang optimal sehingga dapat mengamati kinerja PV dalam kondisi optimal. Beban yang digunakan yaitu lampu 25 W 12 V DC.

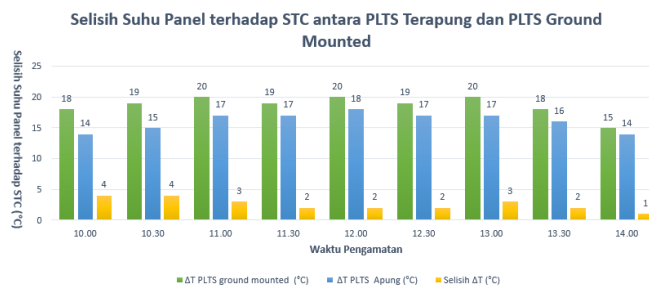
Tabel 2 Hasil Data Suhu, Tegangan, Arus, Daya Output Panel PLTS Ground Mounted

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 17 Juni 2025

Waktu	intensitas cahaya (W/m^2)	Kondisi Cuaca	Suhu Lingkungan ($^{\circ}C$)	Suhu Panel ($^{\circ}C$)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya Output (W)
10.00	868	Cerah	32,4	43	11,09	1,79	19,85
10.30	898	Cerah	31,11	44	11,07	1,78	19,70
11.00	932	Cerah	31,28	45	11,01	1,77	19,49
11.30	987	Cerah	33,31	44	11,02	1,77	19,51
12.00	962	Cerah	31,56	45	10,91	1,76	19,20
12.30	973	Cerah	31,19	44	11,29	1,80	20,32
13.00	998	Cerah	31,57	45	11,1	1,78	19,76
13.30	870	Cerah	31,44	43	11,03	1,77	19,52
14.00	669	Cerah	31,06	40	10,84	1,75	18,97

G. Analisa Perbandingan Suhu, Arus dan Tegangan

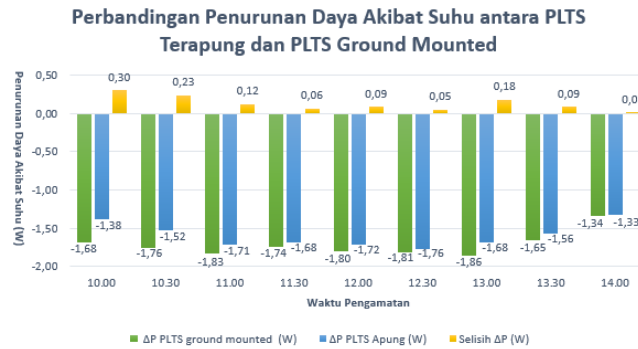
Gambar 11 adalah grafik pengukuran terdapat perbedaan suhu operasi yang konsisten antara sistem PLTS Apung dan PLTS *Ground Mounted*. Suhu kerja panel yang ditunjukkan oleh nilai ΔT (selisih antara suhu panel dan suhu lingkungan) menunjukkan bahwa sistem Apung memiliki ΔT yang lebih rendah di setiap waktu pengamatan. Selisih ΔT antara kedua sistem berkisar antara $1^{\circ}C$ hingga $4^{\circ}C$, dengan selisih tertinggi tercatat pada pukul 10.00 dan 10.30 sebesar $4^{\circ}C$. Hal ini menegaskan bahwa keberadaan media air pada PLTS Apung mampu menurunkan suhu panel melalui mekanisme pendinginan alami.



Gambar 11 Grafik Selisih Suhu Panel Terhadap STC Antara PLTS Apung dan PLTS *Ground Mounted*

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 17 Juni 2025

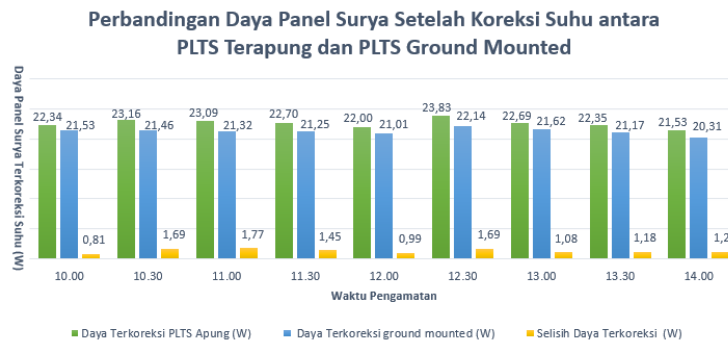
Penurunan suhu ini berdampak langsung terhadap kinerja panel. Gambar 12 adalah grafik perbandingan penurunan daya akibat suhu antara PLTS Apung dan PLTS *Ground Mounted*, dimana, nilai ΔP yang diperoleh menunjukkan bahwa sistem *Ground Mounted* mengalami penurunan daya lebih besar dibandingkan PLTS Apung. Sebagai contoh, pada pukul 11.00, PLTS *Ground Mounted* mengalami penurunan daya sebesar $-1,83$ W, sedangkan PLTS Apung hanya $-1,71$ W. Selisih ini tampak konsisten sepanjang pengamatan, dengan perbedaan ΔP antara kedua sistem berkisar antara $0,01$ W hingga $0,30$ W.



Gambar 12 Grafik Perbandingan Penurunan Daya Akibat Suhu Antara PLTS Apung dan PLTS *Ground Mounted*

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 17 Juni 2025

Gambar 13 adalah grafik perbandingan daya panel surya setelah koreksi suhu antara PLTS Apung dan PLTS *Ground Mounted*, dimana setelah dilakukan koreksi suhu, daya output yang dikoreksi dari PLTS Apung selalu lebih tinggi dibandingkan dengan PLTS *Ground Mounted*. Misalnya, pada pukul 12.00, PLTS Apung menghasilkan daya koreksi sebesar 22,00 W, sementara PLTS *Ground Mounted* hanya 21,01 W. Kondisi ini menandakan bahwa sistem PLTS Apung tidak hanya mempertahankan suhu kerja yang lebih rendah, namun juga menghasilkan daya yang lebih optimal setelah dikompensasi terhadap pengaruh suhu.



Gambar 13 Grafik Perbandingan Daya Panel Surya Setelah Koreksi Suhu Antara PLTS Apung dan PLTS *Ground Mounted*

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 17 Juni 2025

Output daya yang dihasilkan juga memperlihatkan pola penurunan yang sebanding dengan kenaikan suhu. Penurunan daya ini sejalan dengan datasheet, di mana daya akan berkurang sekitar 0,47% per °C ketika suhu operasi melebihi suhu standar pengujian (25°C). Kesesuaian antara hasil pengukuran di lapangan dengan spesifikasi teknis panel menunjukkan bahwa suhu panel memiliki pengaruh nyata terhadap kinerja sistem PLTS.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam penelitian ini pengujian data menggunakan dua jenis PLTS yaitu PLTS Apung dan PLTS *Ground Mounted*. Parameter yang akan diambil data adalah intensitas cahaya matahari, suhu panel, tegangan, arus, serta output daya. Data parameter tersebut akan dibandingkan antara data dari PLTS Apung dengan PLTS *Ground Mounted*.

Berdasarkan hasil analisis unjuk kerja sistem PLTS Apung dan PLTS *Ground Mounted*, dapat disimpulkan bahwa sistem PLTS Apung menunjukkan kinerja yang lebih baik dibandingkan sistem PLTS *Ground Mounted*. Perbandingan antara kedua sistem menunjukkan bahwa suhu panel surya pada PLTS Apung secara konsisten lebih rendah dibandingkan dengan PLTS *Ground Mounted* pada waktu dan kondisi pencahayaan yang relatif serupa. Penurunan daya akibat suhu pada sistem PLTS Apung umumnya lebih kecil dibandingkan PLTS *Ground Mounted*.

Koreksi daya terhadap suhu mengindikasikan bahwa sistem PLTS Apung lebih mampu mempertahankan performa outputnya, dengan nilai koreksi yang cenderung lebih besar daripada PLTS *Ground Mounted*. Nilai koreksi daya pada sistem Apung secara konsisten lebih tinggi, bahkan pada kondisi iradiasi dan suhu lingkungan yang sama, yang menandakan efisiensi termal panel yang lebih stabil.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Ezzi, A. S. (2022). Photovoltaic solar cells: A review. *Energies*, 15(18), 1–20. <https://doi.org/10.3390/en15186659>
- Anggara, I. W. G. A., Kumara, I. N. S., & Giriantari, I. A. D. (2014). Studi terhadap Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya 1,9 kW di Universitas Udayana Bukit Jimbaran. *E-Journal SPEKTRUM*, 1(1).
- Azhar, M. F., & Nurpulaela, L. (2024). Implementasi penggunaan ESP32 sebagai IoT pada project smart charger di PT. Pasifik Satelit Nusantara Bekasi. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 8(4), 7248–7253.
- Azhar, M. F., & Nurpulaela, L. (2024). Implementasi penggunaan ESP32 sebagai IoT pada project smart charger di PT. Pasifik Satelit Nusantara Bekasi. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 8(4), 7248–7253.
- Cazzaniga, R., Cicu, M., Rosa-Clot, M., Rosa-Clot, P., Tina, G. M., & Ventura, C. (2017). Floating photovoltaic plants: Performance analysis and design solutions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 1730–1741. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.269>
- Choi, Y.-K. (2014). A study on power generation analysis of floating PV system considering environmental impact. *International Journal of Software Engineering and Its Applications*, 75–84.
- Crescentini, M., Syeda, S. F., & Gibiino, G. P. (2021). Hall-effect current sensors: Principles of operation and implementation techniques. *IEEE Sensors Journal*, 1–10. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2021.3057342>
- DNV GL. (2021). *Design, development and operation of floating solar photovoltaic systems*. DNV. Retrieved from <https://www.dnv.com>

- Ebhota, W. S., & Tabakov, P. Y. (2023). Influence of photovoltaic cell technologies and elevated temperature on photovoltaic system performance. *Ain Shams Engineering Journal*, 14(7), 101984. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.101984>
- Honsberg, C. (2025, July 8). Effect of temperature. *PV Education*. Retrieved from <https://www.pveducation.org/>
- Khuriati, A. (2022). Sistem pemantau intensitas cahaya ambien dengan sensor BH1750 berbasis mikrokontroler Arduino Nano. *Berkala Fisika*, 25(3), 105–110.
- Kusumaningtyas, A. B., Nadhiroh, N., Satrio, G., Sihombing, H. P. R., & Dwi, M. C. (2025). Analisis perbandingan suhu panel dan daya PLTS apung vs grounded berbasis IoT. *ELECTRICES – Jurnal Otomasi Kelistrikan dan Energi Terbarukan*, 7(1), 18–26.
- Mangatur, C. O., Setiawan, I. N., & Kumara, I. N. S. (2023). Studi potensi dan perancangan PLTS Apung di Danau Batur guna mendukung Bali Clean Energy. *Jurnal SPEKTRUM*, 10(4), 317–328.
- Pawitra, A. A. G. A., Kumara, I. N. S., & Ariastina, W. G. (2020). Review perkembangan PLTS di Provinsi Bali menuju target kapasitas 108 MW tahun 2025. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 19(2).
- Puspasari, F., & Satya, T. P. (2024). Analysis of the INA219 sensor system and voltage divider on a calibrate multimeter. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya (JFA)*, 20(2), 48–52.
- PVSyst. (2022). PV module-temperature coefficients. *PVSyst Documentation*. Retrieved from https://www.pvsyst.com/help-pvsyst7/pvmodule_tempcoefficients.htm
- Syanalia, F. W. A. (2018). Decarbonizing energy in Bali with solar photovoltaic. *Indonesian Journal of Energy*, 86–101.
- Vaka, M., Walvekar, A., Khan, M. A., & Chua, T. (2024). A comparative study of floating and ground-mounted photovoltaic. *Cleaner Energy Systems*, 3(1), 100034. <https://doi.org/10.1016/j.cles.2023.100034>
- Wicaksana, M. R., Kumara, I. N. S., Giriantari, I. A. D., & Irawati, R. (2019). Unjuk kerja pembangkit listrik tenaga surya rooftop 158 kWp pada Kantor Gubernur Bali. *Jurnal SPEKTRUM*, 6(3).
- Zoungrana, M., Zerbo, I., Savadogo, M., Tiedrebeogo, S., Soro, B., & Bathiebo, D. J. (2017). Effect of light intensity on the performance of silicon solar cell. *Global Journal of Pure and Applied Sciences*, 23(1), 123–129.