

## Prototipe Sistem Backup Energi Tenaga Surya 100 Wp Terintegrasi dengan ATS dan Baterai Lithium untuk Optimalisasi Pasokan Listrik Darurat Rumah Tangga

Ahmad Raihan<sup>1</sup>, Seflahir Dinata<sup>2</sup>, Edy Sumarno<sup>3</sup>, Wawan Gunawan<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Universitas Pamulang

<sup>1,2,3,4</sup>Jln. Puspiptek Raya No. 46 Buaran, Setu, Kec. Tangerang Selatan, Banten 15310, Indonesia

<sup>1</sup>[ah.raihan149@gmail.com](mailto:ah.raihan149@gmail.com)

<sup>2</sup>[dosen01138@unpam.ac.id](mailto:dosen01138@unpam.ac.id)

<sup>3</sup>[dosen00591@unpam.ac.id](mailto:dosen00591@unpam.ac.id)

<sup>4</sup>[dosen00154@unpam.ac.id](mailto:dosen00154@unpam.ac.id)

### INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 10-09-2025  
revisi : 19-12-2025  
diterima : 13-12-2025  
dipublish : 31-12-2025

### ABSTRAK

Kebutuhan listrik rumah tangga terus meningkat dan seringnya pemadaman dari jaringan PLN menjadi tantangan tersendiri. Di sisi lain, Indonesia memiliki potensi energi surya yang besar sebagai sumber alternatif. Oleh karena itu, penelitian bertujuan merancang dan menguji prototipe sistem backup energi tenaga surya 100 Wp yang terintegrasi dengan automatic transfer switch (ATS) dan baterai lithium sebagai pasokan listrik darurat rumah tangga. Sistem menggunakan panel surya monokristalin 100 Wp, solar charge controller 10 A, baterai lithium 12 V 50 Ah, inverter 1000 W, dan ATS satu fasa dengan beban uji tiga lampu LED 10 W dan satu kipas angin 25 W (total 55 W). Metode penelitian meliputi studi literatur, perancangan, perakitan, dan pengujian eksperimental untuk mengevaluasi tegangan, arus, radiasi matahari, efisiensi, serta respons ATS. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu menyuplai beban 55 W secara stabil, baterai lithium menyediakan energi darurat yang cukup, dan ATS dapat secara otomatis beralih antara PLN dan inverter PLTS dalam waktu sekitar 1 detik tanpa memutus beban, sehingga sistem terbukti andal dan efektif sebagai sumber energi darurat rumah tangga.

*Kata kunci : PLTS 100 WP; baterai lithium; Automatic Transfer Switch (ATS); energi surya; listrik darurat rumah tangga*

## PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik di Indonesia terus meningkat seiring dengan pertumbuhan populasi, perkembangan teknologi, serta meningkatnya ketergantungan masyarakat pada peralatan listrik dalam kehidupan sehari-hari. Data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) menunjukkan bahwa sektor rumah tangga menyumbang lebih dari 50% konsumsi listrik nasional pada tahun 2020 (Johan & Ginting, 2022). Ketergantungan pada pembangkit berbasis bahan bakar fosil seperti batu bara dan minyak bumi menimbulkan berbagai permasalahan, mulai dari pencemaran lingkungan hingga risiko pasokan listrik yang tidak stabil, terutama di daerah terpencil atau perdesaan (Damanik & Silaban, 2023).

Di sisi lain, Indonesia sebagai negara tropis memiliki potensi energi surya yang sangat besar dengan rata-rata intensitas radiasi matahari sekitar 4,8 kWh/m<sup>2</sup>/hari (Irawati et al., 2023). Potensi ini memberikan peluang besar bagi pengembangan energi terbarukan berbasis photovoltaic yang ramah lingkungan, dapat diperbarui, dan cocok untuk skala rumah tangga (Hutasoit, 2024). Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menjadi salah satu solusi yang menjanjikan untuk mengurangi ketergantungan terhadap listrik dari PLN, khususnya dalam situasi darurat seperti pemadaman listrik atau gangguan pasokan energi (Nurjaman & Purnama, 2022).

Namun, sistem photovoltaic perlu didukung oleh komponen penting lainnya agar berfungsi optimal sebagai sistem cadangan. Salah satunya adalah sistem pemindahan otomatis atau ATS. Untuk meningkatkan kecepatan dan efisiensi perpindahan, digunakan ATS. Di samping itu, sistem penyimpanan energi berbasis *lithium battery* juga menawarkan keunggulan dalam hal efisiensi, kepadatan energi, dan daya tahan.

Melalui integrasi panel surya, *automatic transfer switch* (ATS), dan baterai

lithium, sistem *backup* energi berbasis photovoltaic *off-grid* dapat menjadi solusi praktis dan andal terhadap permasalahan pemadaman listrik di lingkungan rumah tangga. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang prototipe sistem backup energi *photovoltaic off-grid* berkapasitas 100 Wp yang terintegrasi dengan ATS dan baterai lithium. Selain itu, penelitian ini juga menganalisis performa sistem meliputi perpindahan otomatis sumber daya, efisiensi energi, dan daya tahan suplai beban.

## TEORI

### PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah sistem yang mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik melalui proses photovoltaic. Kapasitas PLTS dinyatakan dalam kilowatt peak (kWp), yaitu daya maksimum yang dihasilkan pada kondisi radiasi matahari standar (Sianipar, 2014). Cara kerja PLTS diawali ketika sinar matahari yang mengandung partikel foton mengenai sel surya berbahan semikonduktor silikon. Energi dari foton melepaskan elektron dari atomnya sehingga terbentuk elektron bebas bermuatan negatif dan hole bermuatan positif. Semikonduktor tipe N menyediakan elektron, sedangkan tipe P menyediakan hole; pada pertemuan keduanya (*PN-junction*) terbentuk medan listrik yang menggerakkan elektron dan hole ke arah berlawanan. Aliran elektron melalui rangkaian luar menuju beban menghasilkan arus listrik sehingga energi cahaya matahari dapat dimanfaatkan sebagai energi listrik (Damanik & Silaban, 2023).

### Panel Surya (*Solar Cell*)

Sel surya atau photovoltaic (PV) merupakan perangkat yang mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik melalui efek fotovoltai pada dua lapisan semikonduktor (Irawati et al., 2023). Kinerja modul surya ditentukan oleh efisiensi dan kapasitas. Efisiensi menunjukkan

perbandingan energi listrik yang dihasilkan terhadap energi matahari yang diterima pada kondisi *standard test conditions* (STC). Berikut adalah persamaan untuk menghitung efisiensi sel surya.

$$G = \frac{Lux}{126} \quad (1)$$

$$P_{in} = G \times A \quad (2)$$

$$P_{out} = V_{panel} \times I_{panel} \quad (3)$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan :

G : Radiasi Matahari ( $W/m^2$ )

A : Luas Panel Surya ( $m^2$ )

Lux = Intensitas Cahaya (Lux)

$V_{panel}$  : Tegangan Panel Surya

$I_{panel}$  : Arus Panel Surya

$P_{out}$  : Daya solar sel ( $W$ )

$P_{in}$  : Daya input akibat irradiance ( $W/m^2$ )

$\eta$  : Efisiensi

Kapasitas ditentukan dari kebutuhan energi harian beban dan rata-rata penyinaran matahari di lokasi pemasangan. Berikut adalah persamaan untuk menghitung kapasitas sel surya (Sugiyanti & Kurniawan, 2024).

$$1. \text{ Daya puncak : } kW_p = \frac{kWh}{G_{av}} \quad (5)$$

Keterangan :

kWh : Total kebutuhan energi (kWh)

$G_{av}$  : Rata-rata intensitas cahaya matahari (kWh)

$$2. \text{ Jumlah modul surya : } \frac{kW_p}{W_p} \quad (6)$$

Keterangan :

$kW_p$  : Total kebutuhan energi

$W_p$  : Total kebutuhan energi Kapasitas modul

Berdasarkan materialnya, panel surya terdiri atas tiga bahan utama. Pertama, panel monokristalin memiliki efisiensi paling tinggi dan mampu menghasilkan energi lebih besar per satuan luas. Kedua, panel polikristalin lebih murah, tetapi membutuhkan area pemasangan yang lebih luas. Ketiga, panel thin film memiliki efisiensi lebih rendah namun tetap dapat bekerja pada kondisi cahaya rendah atau mendung (Sianipar, 2014).

### Solar Charge controller (SCC) atau Battery Charge controller (BCC)

Charge controller berfungsi melindungi baterai dari kelebihan pengisian (overcharge) dan kelebihan pengosongan (overdischarge) dengan mengatur tegangan serta arus yang keluar masuk baterai sehingga umur baterai lebih terjaga. Perangkat ini sering disebut solar charge controller ketika menghubungkan panel surya dengan baterai atau inverter, dan battery charge controller ketika terhubung dari inverter ke baterai, meskipun keduanya memiliki fungsi serupa. Berbeda dengan battery charge controller, solar charge controller umumnya dilengkapi teknologi PWM atau MPPT untuk mengoptimalkan daya yang dihasilkan panel surya.

Dalam menentukan spesifikasi dan kapasitas SCC dapat dilihat pada persamaan dibawah ini (Sugiyanti & Kurniawan, 2024):

$$I_{sc} = I_{sc\ panel} \times N_{panel} \times 125\% \quad (7)$$

Keterangan:

$I_{sc}$  : Arus SCC (Ampere)

$I_{sc\ panel}$  : Arus hubung singkat panel surya (Ampere)

$N_{panel}$  : Jumlah panel surya

125% : Kompensasi

### Baterai Lithium

Baterai berfungsi sebagai penyimpan energi pada sistem PLTS *off-grid* karena produksi listrik panel surya bergantung pada sinar matahari dan dibutuhkan saat malam hari (Damanik & Silaban, 2023). Baterai lithium-ion banyak digunakan karena memiliki kepadatan energi tinggi, efisiensi di atas 90%, serta umur siklus 2000–5000 kali sehingga lebih tahan lama dan ekonomis (Rifaldi et al., 2023). Kapasitas baterai ditentukan oleh kebutuhan energi dan pola operasi serta dinyatakan dalam Ah sebagai indikator kemampuan menyimpan dan menyalurkan energi. Kapasitas tersebut dipengaruhi oleh *depth of discharge* (DoD), jumlah siklus, efisiensi, laju pengisian dan pengosongan, serta temperatur yang berdampak pada kinerja dan umur pakai

baterai (Sianipar, 2014). Kapasitas baterai juga terkait dengan kemampuan baterai untuk memberikan arus selama periode waktu tertentu (Sugiyanti & Kurniawan, 2024).

$$Ah = \frac{ET}{Vs} \quad (8)$$

Keterangan :

Ah : Kapasitas baterai yang dibutuhkan (Ah)

ET : Energi beban (Watt/jam)

Vs : Tegangan baterai (Volt)

Untuk mengetahui berapa lama pengisian baterai dapat dihitung dengan menggunakan persamaan seperti berikut

$$Ta = \frac{C}{I} \quad (9)$$

Keterangan :

Ta : Lamanya pengisian baterai (Hours)

C : Besarnya kapasitas baterai (Ampere Hours)

I : Besarnya arus penggunaan ke baterai (Ampere)

### Inverter

Inverter adalah rangkaian elektronika daya yang mengubah arus DC (Direct Current) menjadi AC (Alternating Current) dengan menggunakan metode switching dengan frekuensi tertentu. Inverter merupakan alat utama dalam suatu sistem PLTS yakni berguna untuk mengubah sumber listrik dari baterai yang berjenis arus DC menjadi arus AC agar dapat digunakan untuk peralatan listrik lainnya. Inverter yang ada di PLTS berkerja pada sistem 12 Volt DC dengan kapasitas sebesar 1000 Watt (Apriani et al., 2023).

### Auto Transfer Switch (ATS)

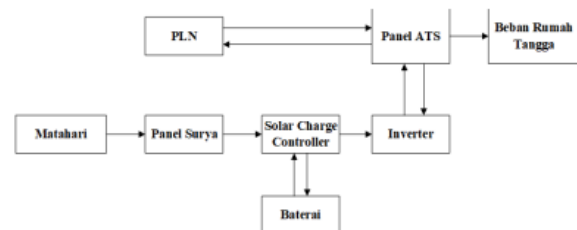
ATS merupakan singkatan dari kata *Automatic Transfer Switch*, secara umum fungsi dari ATS merupakan sistem untuk menghubungkan beban dengan dua sumber tenaga listrik sumber utama dan cadangan yang terpisah untuk menjaga ketersediaan aliran daya listrik menuju beban. Secara sederhana fungsi ATS untuk melakukan transfer daya secara otomatis ke beban, dari sebuah sumber listrik prioritas (utama) ke sumber backup (cadangan) saat terjadi

masalah pada sumber utama (Apriani et al., 2023).

### METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan prototipe sistem PLTS 100 WP terintegrasi dengan Automatic Transfer Switch (ATS) dan baterai lithium untuk mendukung kebutuhan listrik rumah tangga, seperti lampu LED, kipas angin, dan perangkat elektronik ringan. Uji coba dilakukan di rumah tangga di daerah dataran tinggi Jasinga, Kabupaten Bogor, yang memiliki potensi sinar matahari tinggi dan suplai listrik PLN tidak stabil, selama periode September hingga November 2025. Sistem dirancang agar mudah dipasang, dipindahkan, dan dioperasikan tanpa memerlukan keahlian teknis tinggi.

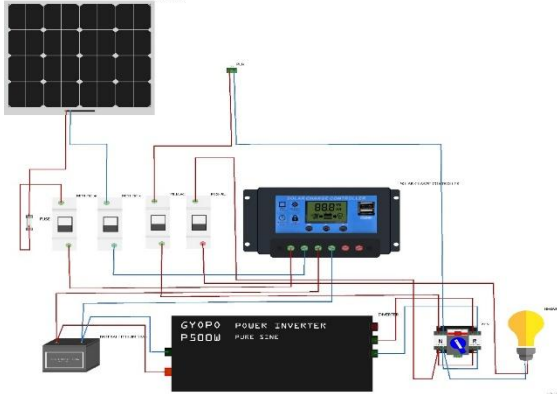
Untuk mempermudah pemahaman alur kerja sistem PLTS 100 WP terintegrasi ATS, proses kerja sistem digambarkan dalam blok diagram berikut.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Sistem bekerja dengan cara panel surya menangkap sinar matahari dan mengubahnya menjadi arus searah (DC), yang kemudian dialirkan ke solar charge controller untuk mengatur tegangan dan arus agar sesuai untuk pengisian baterai serta melindungi dari overcharging. Baterai menyimpan listrik untuk digunakan saat sinar matahari tidak tersedia. Arus DC dari baterai diubah menjadi AC oleh inverter, sedangkan ATS mengelola pengalihan otomatis antara daya inverter dan PLN, sehingga beban listrik rumah tangga dapat menggunakan daya dari sistem PLTS atau langsung dari PLN sesuai kebutuhan.

### Langkah-Langkah Perancangan Alat



Gambar 2. Perancangan Alat

Langkah-langkah perancangan fisik sistem diawali dengan pengumpulan data kebutuhan energi harian rumah tangga. Setelah data diperoleh, dilakukan analisis dan perhitungan kapasitas komponen utama seperti panel surya, baterai, solar charge controller, dan inverter agar mampu memenuhi kebutuhan energi. Proses ini juga mencakup penentuan kapasitas kabel dan perangkat proteksi sesuai standar. Seluruh komponen kemudian diintegrasikan menjadi satu sistem utuh.

### Perencanaan Bebas

Setelah perakitan, sistem diuji untuk memastikan seluruh komponen berfungsi baik dan mampu menyediakan energi cadangan otomatis saat PLN padam. Perencanaan beban dilakukan dengan menghitung total daya listrik yang dibutuhkan oleh peralatan rumah tangga, yaitu lampu LED, kipas angin, dan perangkat elektronik ringan dengan total daya sekitar 55 W selama rata-rata 4 jam per hari, sehingga kebutuhan energi harian mencapai 220 Wh. Kapasitas baterai dan panel surya dihitung untuk mencukupi kebutuhan energi ini dengan mempertimbangkan efisiensi sistem dan faktor keamanan.

### Analisis Pengujian Alat

Analisis pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem dalam kondisi normal maupun darurat, termasuk durasi

backup dan kemampuan menghidupkan beban sesuai perencanaan, sehingga sistem PLTS 100 WP terintegrasi ATS dapat diandalkan sebagai solusi energi alternatif darurat bagi rumah tangga.

### HASIL DAN PEMBAHASAN Hasil Perancangan Sistem



Gambar 3. Hasil Perancangan Sistem

Penelitian ini menghasilkan prototipe sistem backup energi PLTS 100 WP berbasis baterai lithium dan ATS yang secara otomatis menyuplai beban listrik ringan rumah tangga saat pasokan PLN terganggu. Komponen utama meliputi panel surya monokristalin 100 WP, SCC 10 A, baterai 12 V 50 Ah, inverter 1000 W, dan ATS 63 A, yang dirangkai menjadi satu sistem terintegrasi tanpa intervensi manual. Pengujian menggunakan tiga lampu LED 10 W dan satu kipas angin 25 W, total beban 55 W, merepresentasikan kebutuhan dasar rumah tangga saat darurat. Berikut adalah ringkasan perhitungan kebutuhan beban:

Tabel 1. Ringkasan Perhitungan Kapasitas Sistem

Komponen	Hasil Perhitungan	Kapasitas yang Dipilih
Panel Surya	78,6 Wp	100 Wp
Baterai	33,7 Ah	50 Ah
SCC	7,26 A	10 A
Inverter	100 W	1000 W
ATS	≥0,25 A	63 A

Tabel 1 menunjukkan kebutuhan panel surya sebesar 78,6 Wp, sedangkan yang digunakan 100 Wp sehingga tersedia cadangan daya ±20% untuk mengantisipasi

cuaca dan penurunan efisiensi akibat suhu tinggi. Kapasitas baterai yang dibutuhkan 33,7 Ah, sementara terpasang 50 Ah sehingga penyimpanan energi lebih dari cukup. SCC 10 A sesuai karena arus maksimum panel hanya sekitar 7,26 A. Inverter 1000 W dipilih untuk menjaga kestabilan dan mengantisipasi lonjakan arus awal. Dengan komposisi tersebut, sistem

PLTS 100 Wp aman, efisien, dan memiliki toleransi operasi yang baik.

### Hasil Pengukuran Suhu, Intensitas Matahari, Tegangan dan Arus

Pengukuran dilakukan selama 7 hari bertahap dalam 1 bulan untuk memperoleh data performa panel surya terhadap suhu, intensitas cahaya matahari, tegangan (V), dan arus (I) panel serta baterai.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Hari ke-1 (Kamis, 2 Oktober 2025)

Waktu (jam)	Cuaca	Suhu (°C)	Cahaya Matahari (Lux)	Tenaga Panel Surya (V)	Tegangan Baterai (V)	Arus Panel Surya (A)	Arus Baterai (A)	Radiasi Matahari (W/m <sup>2</sup> )	Efisiensi (%)
09:00	Cerah	30,2	44.610	14,71	9,43	0,31	0,08	353,25	2,54
10:00		30,3	44.620	15,23	10,96	0,52	0,16	353,33	4,40
11:00		31,4	54.260	16,35	11,84	0,77	0,21	430,64	5,74
12:00		34,4	54.610	17,15	11,89	0,90	0,32	433,41	6,99
13:00		31,1	36.430	15,17	12,01	0,70	0,41	289,13	7,22
14:00		31,2	24.200	14,68	13,47	0,65	0,53	192,06	9,75
15:00		29,2	18.880	14,24	13,63	0,60	0,62	149,84	11,20

Hasil pengukuran Tabel 2 menunjukkan suhu rata-rata 31,26 °C, intensitas cahaya 39.658 Lux, tegangan panel 15,93 V, tegangan baterai 11,89 V,

arus panel 0,64 A, arus baterai 0,30 A, radiasi 285,31 W/m<sup>2</sup>, dan efisiensi sistem 6,26%, menunjukkan sistem stabil pada cuaca cerah.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Hari ke-2 (Minggu, 5 Oktober 2025)

Waktu (jam)	Cuaca	Suhu (°C)	Cahaya Matahari (Lux)	Tenaga Panel Surya (V)	Tegangan Baterai (V)	Arus Panel Surya (A)	Arus Baterai (A)	Radiasi Matahari (W/m <sup>2</sup> )	Efisiensi (%)
09:00	Cerah	30,1	44.390	15,51	9,56	0,44	0,07	352,30	3,80
10:00		31,2	44.610	15,83	10,20	0,51	0,19	353,25	4,49
11:00		32,2	44.620	16,81	11,41	0,71	0,25	353,33	6,63
12:00		34,2	54.350	18,10	11,87	0,89	0,33	431,35	7,34
13:00		33,8	44.410	16,51	12,23	0,71	0,44	352,46	6,53
14:00		32,5	44.310	16,06	12,80	0,64	0,54	351,67	5,74
15:00		30,0	35.030	15,47	13,30	0,60	0,58	277,22	6,57

Tabel 3 menunjukkan suhu rata-rata 31,14 °C, intensitas cahaya 43.817 Lux, tegangan panel 16,61 V, tegangan baterai 11,91 V, arus panel 0,64 A, arus baterai

0,34 A, radiasi 363,37 W/m<sup>2</sup>, dan efisiensi 5,87%, menunjukkan efisiensi sedikit menurun meski radiasi tinggi akibat suhu panel meningkat.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Hari ke-3 (Minggu, 12 Oktober 2025)

Waktu (jam)	Cuaca	Suhu (°C)	Cahaya Matahari (Lux)	Tenaga Panel Surya (V)	Tegangan Baterai (V)	Arus Panel Surya (A)	Arus Baterai (A)	Radiasi Matahari (W/m <sup>2</sup> )	Efisiensi (%)
-------------	-------	-----------	-----------------------	------------------------	----------------------	----------------------	------------------	--------------------------------------	---------------

09:00	Cerah	29,0	34.610	15,69	9,40	0,33	0,08	274,68	3,70
10:00		31,1	44.600	16,80	10,34	0,40	0,14	353,17	3,74
11:00		32,0	53.510	17,70	11,42	0,60	0,21	424,68	4,91
12:00		33,9	54.610	18,50	11,94	0,81	0,24	433,41	6,79
13:00		33,7	54.310	16,30	12,24	0,77	0,35	430,95	5,72
14:00		31,1	37.860	15,43	12,33	0,68	0,46	300,48	6,85
15:00		30,2	31.600	15,40	13,43	0,52	0,51	250,79	6,28

Tabel 4 menunjukkan suhu rata-rata 31,57 °C, intensitas cahaya 44.357 Lux, tegangan panel 16,83 V, tegangan baterai 11,87 V, arus panel 0,59 A, arus baterai

0,28 A, radiasi 381,45 W/m<sup>2</sup>, dan efisiensi 5,71%, menunjukkan efisiensi menurun akibat peningkatan suhu panel meski radiasi tinggi.

Tabel 5. Hasil Pengukuran Hari ke-4 (Senin, 13 Oktober 2025)

Waktu (jam)	Cuaca	Suhu (°C)	Cahaya Matahari (Lux)	Tenaga Panel Surya (V)	Tegangan Baterai (V)	Arus Panel Surya (A)	Arus Baterai (A)	Radiasi Matahari (W/m <sup>2</sup> )	Efisiensi (%)
09:00	Cerah	29,9	30.210	15,55	9,40	0,41	0,09	239,76	5,22
10:00		30,1	32.040	16,54	10,66	0,56	0,17	254,29	7,15
11:00		31,9	41.050	17,25	11,42	0,72	0,20	325,79	7,49
12:00		33,4	54.610	17,80	12,62	0,87	0,34	433,41	7,02
13:00		32,4	53.310	16,76	12,92	0,72	0,41	423,89	5,59
14:00		31,4	51.490	16,49	13,40	0,60	0,55	408,65	4,75
15:00		30,3	34.490	15,90	13,50	0,55	0,66	273,73	6,28

Tabel 5 menunjukkan suhu rata-rata 31,06 °C, intensitas cahaya 42.171 Lux, tegangan panel 16,90 V, tegangan baterai 12,01 V, arus panel 0,63 A, arus baterai

0,35 A, radiasi 337,93 W/m<sup>2</sup>, dan efisiensi 6,21%, menunjukkan efisiensi sedikit lebih baik karena suhu relatif lebih rendah dibandingkan hari cerah penuh.

Tabel 6. Hasil Pengukuran Hari ke-5 (Senin, 20 Oktober 2025)

Waktu (jam)	Cuaca	Suhu (°C)	Cahaya Matahari (Lux)	Tenaga Panel Surya (V)	Tegangan Baterai (V)	Arus Panel Surya (A)	Arus Baterai (A)	Radiasi Matahari (W/m <sup>2</sup> )	Efisiensi (%)
09:00	Cerah	28,7	44.640	15,04	9,78	0,47	0,07	354,29	3,92
10:00		30,8	54.610	15,32	10,90	0,49	0,12	433,41	3,41
11:00		31,0	53.720	16,40	12,24	0,69	0,25	426,35	5,21
12:00		34,8	54.600	17,44	12,32	0,88	0,32	433,33	6,96
13:00		32,8	44.510	16,66	12,42	0,73	0,44	353,25	6,76
14:00		31,2	51.590	15,40	13,22	0,60	0,51	409,44	4,43
15:00		30,2	34.490	14,88	13,40	0,55	0,66	273,73	5,87

Tabel 6 menunjukkan suhu rata-rata 31,36 °C, intensitas cahaya 48.880 Lux, tegangan panel 16,16 V, tegangan baterai 12,04 V, arus panel 0,63 A, arus baterai

0,34 A, radiasi 383,40 W/m<sup>2</sup>, dan efisiensi 5,79%, menunjukkan sistem tetap bekerja baik pada cuaca cerah.

Tabel 7. Hasil Pengukuran Hari ke-6 (Selasa, 21 Oktober 2025)

Waktu (jam)	Cuaca	Suhu (°C)	Cahaya Matahari (Lux)	Tenaga Panel Surya (V)	Tegangan Baterai (V)	Arus Panel Surya (A)	Arus Baterai (A)	Radiasi Matahari (W/m <sup>2</sup> )	Efisiensi (%)
-------------	-------	-----------	-----------------------	------------------------	----------------------	----------------------	------------------	--------------------------------------	---------------

09:00	Berawan	29,0	31.600	14,90	9,90	0,31	0,07	250,79	3,62
10:00		30,0	30.670	15,03	10,32	0,32	0,15	243,41	3,89
11:00		31,1	37.860	15,42	12,00	0,48	0,26	300,48	4,83
12:00		32,2	49.350	16,10	12,42	0,64	0,34	391,67	5,16
13:00		31,2	48.940	15,85	12,59	0,52	0,39	388,41	4,17
14:00		30,5	21.530	14,65	13,02	0,43	0,48	170,87	7,24
15:00		30,0	21.330	14,10	13,04	0,26	0,49	169,28	4,26

Tabel 7 menunjukkan suhu rata-rata 30,57 °C, intensitas cahaya 34.469 Lux, tegangan panel 15,29 V, tegangan baterai

11,90 V, arus panel 0,42 A, arus baterai 0,31 A, radiasi 273,07 W/m<sup>2</sup>, dan efisiensi 4,74%, lebih rendah akibat cuaca berawan.

Tabel 8. Hasil Pengukuran Hari ke-7 (Kamis, 30 Oktober 2025)

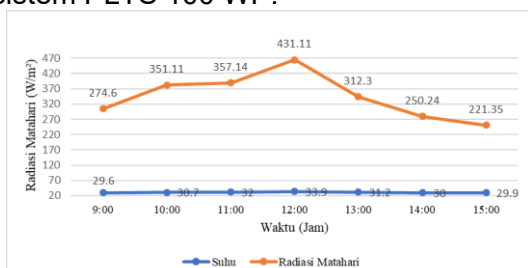
Waktu (jam)	Cuaca	Suhu (°C)	Cahaya Matahari (Lux)	Tenaga Panel Surya (V)	Tegangan Baterai (V)	Arus Panel Surya (A)	Arus Baterai (A)	Radiasi Matahari (W/m <sup>2</sup> )	Efisiensi (%)
09:00	Cerah	29,6	34.600	16,00	9,78	0,47	0,08	274,60	5,38
10:00		30,7	44.340	16,35	10,90	0,57	0,16	351,11	5,21
11:00		32,0	45.000	16,44	11,32	0,60	0,28	357,14	5,42
12:00		33,9	54.320	17,10	11,94	0,80	0,31	431,11	6,23
13:00		31,2	39.350	16,05	12,06	0,64	0,43	312,30	6,46
14:00		30,0	31.530	15,65	12,58	0,54	0,48	250,24	6,63
15:00		29,9	27.890	14,88	13,20	0,46	0,59	221,35	6,07

Tabel 8 menunjukkan suhu rata-rata 31,04 °C, intensitas cahaya 39.576 Lux, tegangan panel 16,07 V, tegangan baterai 11,98 V, arus panel 0,58 A, arus baterai 0,33 A, radiasi 313,84 W/m<sup>2</sup>, dan efisiensi 5,91%, menunjukkan kinerja sistem relatif stabil pada cuaca cerah.

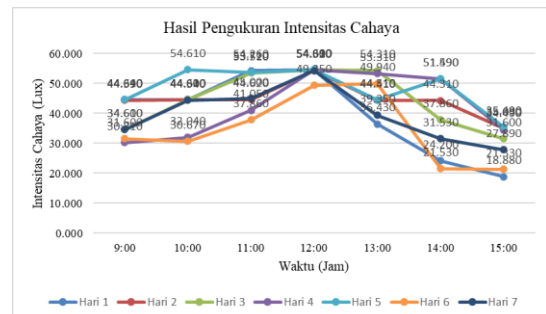
Gambar 4 menunjukkan suhu lingkungan 28,7–34,7 °C selama tujuh hari pengujian PLTS 100 WP, dengan terendah pagi hari dan tertinggi siang hari sesuai iklim tropis. Fluktuasi suhu tetap berada dalam batas kerja panel surya monokristalin dan tidak mengganggu kinerja sistem. Oleh karena itu, sistem PLTS dapat beroperasi stabil meski suhu harian bervariasi.

### Grafik Hasil Pengukuran 7 Hari

Grafik berikut menunjukkan variasi kondisi lingkungan yang memengaruhi kinerja panel surya. Data yang ditampilkan merupakan hasil pengukuran suhu, intensitas cahaya, dan radiasi matahari selama 7 hari pengujian menggunakan sistem PLTS 100 WP.



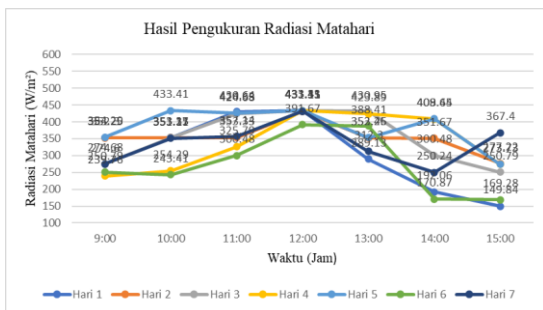
Gambar 4. Pengukuran Suhu Terendah dan Suhu Tertinggi selama 7 hari



Gambar 5. Hasil Pengukuran Intensitas Cahaya

Gambar 5 menampilkan intensitas cahaya matahari selama tujuh hari pengujian PLTS 100 WP, yang berfluktuasi

sesuai kondisi cuaca, dari lebih 55.000 Lux pada hari cerah hingga 20.000–30.000 Lux pada hari berawan. Perubahan ini menunjukkan bahwa tingkat penyinaran tidak konstan dan bergantung pada kondisi atmosfer serta waktu pengukuran. Meski intensitas cahaya bervariasi, panel surya tetap menghasilkan tegangan stabil 17–18,6 V. Oleh karena itu, sistem PLTS 100 WP dapat bekerja optimal dan adaptif terhadap perubahan cuaca.



Gambar 6. Hasil Pengukuran Radiasi Matahari

Berdasarkan Gambar 6, radiasi matahari berfluktuasi sesuai kondisi cuaca dan waktu pengukuran, meningkat menjelang siang (11.00–13.00 WIB) dan menurun sore hari. Radiasi tertinggi tercatat pada hari cerah ( $>500 \text{ W/m}^2$ ), sedangkan terendah pada hari berawan ( $<250 \text{ W/m}^2$ ). Hal ini menunjukkan pengaruh langsung terhadap energi yang diterima panel surya, meski radiasi bervariasi, sistem PLTS tetap menghasilkan tegangan dan arus stabil. Oleh karena itu, panel surya monokristalin

100 WP bekerja optimal dan adaptif terhadap variasi radiasi selama pengujian.

### Hasil Pengujian ATS

Tabel 9. Tabel Hasil Pengujian ATS

Kondisi PLN	Respon ATS	Waktu Alih	Beban
ON	Beban disuplai PLN	-	Normal
OFF	Beralih ke inverter	1 detik	Tetap menyala
ON kembali	Beralih ke PLN	1 detik	Tetap menyala

Tabel 9 menunjukkan pengujian kinerja *Automatic Transfer Switch* (ATS) pada sistem PLTS 100 WP sebagai sumber energi cadangan rumah tangga. Saat PLN aktif, beban listrik disuplai sepenuhnya oleh jaringan PLN, sedangkan saat PLN padam, ATS secara otomatis mengalihkan sumber listrik ke inverter PLTS dalam waktu sekitar 1 detik tanpa memutus beban. Ketika PLN kembali normal, ATS kembali memindahkan sumber listrik dari inverter ke PLN dengan waktu perpindahan serupa, tetap menjaga kontinuitas beban. Oleh karena itu, ATS terbukti bekerja responsif dan andal, efektif untuk pemindahan sumber daya listrik otomatis pada kebutuhan darurat rumah tangga.

### Pengujian Pemakaian Baterai Lithium 50 Ah menggunakan beban

Berikut adalah hasil pengujian pemakaian baterai lithium 50 Ah menggunakan beban

Tabel 10. pengujian pemakaian baterai lithium 50 Ah menggunakan beban

Waktu (Jam)	Tegangan Baterai (V)	Arus Baterai (A)	Tegangan Beban (V)	Arus Beban (A)	Sisa Kapasitas Baterai (%)
0 (awal)	13,40	0,00	224,3	0,00	100
1	13,10	3,73	224,2	0,20	88,5
2	12,85	3,84	224,4	0,22	77,1
3	12,60	3,86	224,1	0,23	65,6
4	12,35	3,61	224,2	0,20	54,2
5	12,05	3,34	224,3	0,23	42,7
6	11,80	3,46	224,0	0,22	31,3

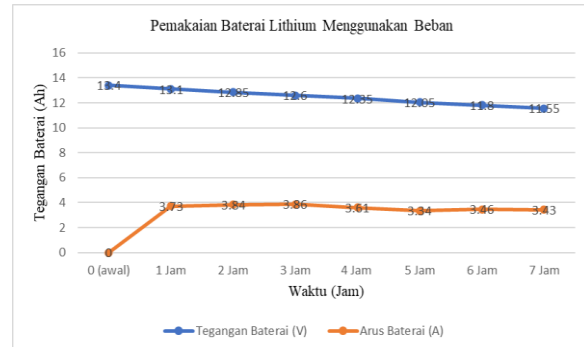
7	11,55	3,43	224,1	0,21	19,8
---	-------	------	-------	------	------

Pengujian baterai lithium 12 V 50 Ah dilakukan untuk menilai kemampuan sistem PLTS 100 WP menyuplai beban darurat 55 W rumah tangga. Berdasarkan Tabel 10, baterai mampu menyuplai beban secara kontinu selama  $\pm 7$  jam, dengan tegangan menurun dari 13,40 V menjadi 11,55 V dan arus 3,7–3,9 A, menunjukkan pelepasan muatan stabil sesuai batas kerja aman. Tegangan beban tetap 224 V dengan arus 0,20–0,23 A, sehingga daya beban konstan 55 W, sementara sisa kapasitas baterai menurun dari 100% menjadi 16%. Oleh karena itu, baterai lithium 50 Ah terbukti mampu menyediakan energi cukup untuk memenuhi kebutuhan beban darurat rumah tangga sesuai perancangan sistem PLTS.



Gambar 7. Pengukuran Arus Pada Baterai Lithium

Gambar 7 memperlihatkan pengukuran arus baterai lithium menggunakan digital clamp meter pada sisi keluaran yang terhubung ke inverter, dengan nilai arus terbaca 3,73 A. Nilai ini menunjukkan baterai aktif menyuplai energi listrik ke beban. Besarnya arus dipengaruhi oleh daya beban dan tegangan kerja baterai, di mana semakin besar daya beban, arus yang ditarik juga meningkat



Gambar 8. Pengujian Pemakaian baterai lithium 50 Ah menggunakan beban

Gambar 8 menunjukkan karakteristik pemakaian baterai lithium 50 Ah saat menyuplai beban 55 W selama  $\pm 7$  jam, menampilkan perubahan tegangan dan arus terhadap waktu. Tegangan baterai menurun dari 13,4 V pada awal pengujian menjadi sekitar 11,55 V pada jam ke-7, menunjukkan pelepasan energi yang normal dan stabil. Pola penurunan linier menandakan baterai mampu mempertahankan tegangan kerja hingga mendekati batas proteksi. Arus baterai berkisar 3,73–3,86 A, meningkat awal pemakaian lalu stabil, menunjukkan beban konstan dan inverter menjaga suplai daya. Oleh karena itu, baterai lithium 50 Ah mampu menyuplai beban secara kontinu dan stabil, membuktikan sistem PLTS 100 WP bekerja sesuai karakteristik baterai untuk kebutuhan listrik darurat rumah tangga.

Secara keseluruhan, kontribusi utama penelitian ini terletak pada keberhasilan merancang dan membuktikan secara eksperimental sistem PLTS 100 Wp yang:

1. Memiliki respons perpindahan sumber daya yang cepat dan otomatis.
2. Mengintegrasikan proteksi pengisian dan pengosongan baterai secara efektif.
3. Menjaga kestabilan tegangan beban selama kondisi suplai darurat.

4. Menunjukkan konsistensi antara perencanaan kapasitas dan performa aktual di lapangan.

Dengan demikian, sistem yang dikembangkan tidak hanya berfungsi secara teoritis, tetapi telah teruji secara praktis sebagai solusi energi darurat rumah tangga yang stabil, responsif, dan layak diterapkan.

## KESIMPULAN

Prototipe sistem backup energi tenaga surya 100 Wp yang terintegrasi dengan Automatic Transfer Switch (ATS) dan baterai lithium berhasil dirancang, direalisasikan, dan diuji sebagai solusi pasokan listrik darurat rumah tangga skala kecil. Sistem yang terdiri atas panel surya monokristalin 100 Wp, solar charge controller 10 A, baterai lithium 12 V 50 Ah, inverter 1000 W, dan ATS mampu menyuplai beban 55 W secara stabil dengan kebutuhan energi sekitar 220 Wh per hari. Hasil pengujian selama tujuh hari menunjukkan bahwa meskipun terjadi fluktuasi intensitas cahaya, radiasi matahari, dan suhu lingkungan, sistem tetap bekerja dalam batas operasional yang aman dengan tegangan dan arus stabil serta efisiensi rata-rata 4–7% sesuai kondisi cuaca. Pengujian baterai menunjukkan kemampuan suplai beban hingga  $\pm 7$  jam dengan karakteristik penurunan tegangan yang linier dan arus yang stabil, sedangkan inverter mampu mempertahankan tegangan keluaran sekitar 224 V tanpa gangguan pada beban. Selain itu, ATS merespons perpindahan sumber daya dari PLN ke inverter dan sebaliknya dalam waktu sekitar  $\pm 1$  detik tanpa memutuskan suplai listrik, sehingga kontinuitas daya tetap terjaga. Berdasarkan hasil eksperimen dan analisis tersebut, sistem photovoltaic off-grid 100 Wp ini dinilai efektif, andal, dan layak diterapkan sebagai solusi energi darurat rumah tangga yang praktis, responsif, dan ramah lingkungan. Dengan demikian, sistem photovoltaic *off-grid* 100 Wp dinilai efektif dan andal sebagai sumber energi darurat rumah tangga, khususnya untuk kebutuhan

listrik ringan seperti penerangan dan kipas angin saat terjadi pemadaman listrik dari jaringan PLN.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing atas bimbingan dan masukan selama penyusunan artikel ini. Apresiasi juga disampaikan kepada pimpinan Fakultas, Program Studi, serta seluruh dosen Universitas Pamulang atas dukungan akademik dan fasilitas yang diberikan sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Apriani, Y., Saleh, Z., & Oktaviani, W. A. (2023). Automatic Transfer Switch (ATS) Berbasis Sensor Tegangan Baterai Untuk PLTS. *ELECTRICIAN: Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Elektro Automatic*, 17(1), 44–51.
- Damanik, T. N., & Silaban, S. (2023). Penerapan Solar Cell 200 Wp Listrik Pada Listrik. *SINERGI Polmed: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 04(01), 8–13.
- Hutasoit, R. H. (2024). *Perancangan Alat Pemasak Energi Surya Photovoltaic Kapasitas 2 Liter*. Universitas HKBP Nommensen Medan.
- Irawati, Sunardi, & Nurwanto, A. (2023). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Dengan Sistem Kontrol Automatic Transfer Switch (ATS) dan Optimalisasi Kapasitas Baterai. *JURNAL ELEKTRO & INFORMATIKA SWADHARMA (JEIS)*, 3(1), 22–30.
- Johan, S., & Ginting, A. M. (2022). DETERMINASI KONSUMSI LISTRIK DI INDONESIA. *Media Ekonomi*, 30(1), 109–120.
- Nurjaman, H. B., & Purnama, T. (2022).

- Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Solusi Energi Terbarukan Rumah Tangga. *Jurnal Edukasi Elektro*, 06(02), 136–142.
- Mirawati, A. E., & Pertiwi, V. D. (2024). Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Solusi Energi Terbarukan Rumah Tangga. *Jurnal Edukasi Elektro*, 03(01), 136–142.
- Rifaldi, M., Alham, N. R., Izzah, N., Ihsan, M. N., & Sugianto, M. (2023). Analisis Efisiensi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya sebagai Sumber Energi Baru Terbarukan. *Retrotekin: Jurnal Rekayasa Tropis, Teknologi, Dan Inovasi*, 1(1), 16–24.
- Sianipar, R. (2014). DASAR PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA. *JETri: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 11(2), 61–78.
- , D., & Kurniawan, A. A. (2024). RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA SOLAR HOME SYSTEM DENGAN KAPASITAS 100 WP. *R E L E (Rekayasa Elektrikal Dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro*, 7(1), 1–8.