

RANCANG BANGUN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) UNTUK RUMAH TINGGAL

¹Agung Sigit Purnomo, ²Emmanuel Agung Nugroho

^{1,2}Teknologi Rekayasa Mekatronika, Politeknik Enjinerung Indorama, Purwakarta

Email: ¹sigit@pei.ac.id

Abstrak

Ketergantungan terhadap energi fosil dan juga kebutuhan energi listrik rumah tangga yang terus meningkat mendorong pemanfaatan energi terbarukan. Salah satu solusi yang potensial adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) skala rumah tangga. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan merealisasikan sistem PLTS berkapasitas 1200 Wp yang diaplikasikan pada rumah tinggal dengan beban utama berupa penerangan DC dan AC. Sistem dirancang menggunakan 12 modul panel surya monocrystalline masing-masing berdaya 100 Wp, baterai LiFePO₄ 12 V 400 Ah, serta solar charge controller tipe MPPT 60 A. Metode penelitian meliputi analisis kebutuhan beban, perancangan konfigurasi panel surya, perhitungan kapasitas baterai, serta analisis kinerja sistem berdasarkan potensi energi surya harian. Hasil perancangan menunjukkan bahwa sistem PLTS 1200 Wp mampu menghasilkan energi rata-rata sekitar 3,4 kWh per hari, sehingga cukup untuk memenuhi kebutuhan beban penerangan 12 jam per hari dan televisi 5 jam operasi sebesar 2,55 kWh. Dengan demikian, sistem PLTS yang dirancang layak diterapkan sebagai solusi energi alternatif ramah lingkungan untuk rumah tangga.

Kata kunci: PLTS, Energi Surya, 1200 Wp, Rumah Tangga, LiFePO₄

Abstract

The dependence on fossil energy and increasing demand for household electricity encourage the utilization of renewable energy. One promising solution is a residential-scale Solar Power Plant (PLTS). This study aims to design and implement a 1200 Wp PLTS system for household applications with lighting loads as the main demand. The system uses 12 monocrystalline solar modules of 100 Wp each, a 12 V 400 Ah LiFePO₄ battery, and a 60 A MPPT solar charge controller. The research method includes load demand analysis, solar panel configuration design, battery capacity calculation, and system performance evaluation based on daily solar energy potential. The results show that the 1200 Wp PLTS system can generate approximately 3.4 kWh of energy per day, which is sufficient to supply a lighting per day for 12 hours and tv per day for 5 hours about 2.55 kWh. Therefore, the designed PLTS system is feasible as an environmentally friendly alternative energy solution for residential use.

Keywords: PLTS, Solar Power Plant, 1200 Wp, Residential, LiFePO₄

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik di sektor rumah tangga mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan penggunaan peralatan listrik. Ketergantungan kepada energi fosil menimbulkan emisi karbon dan pemanasan global yang keduanya menimbulkan permasalahan dalam lingkungan [1][2]. Energi surya yang besar adalah potensi yang dimiliki Indonesia karena berada di wilayah tropis dengan intensitas penyinaran matahari yang relatif tinggi sepanjang tahun. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) skala rumah tangga menjadi alternatif yang layak untuk mengurangi konsumsi energi dari jaringan listrik konvensional. Sistem PLTS dengan kapasitas 1200 Wp dinilai cukup untuk memenuhi kebutuhan dasar rumah tangga, khususnya beban penerangan[3]. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada rancang bangun PLTS 1200 Wp yang efisien dan aplikatif untuk penggunaan rumah tinggal.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Analisis Dan Kebutuhan Bahan

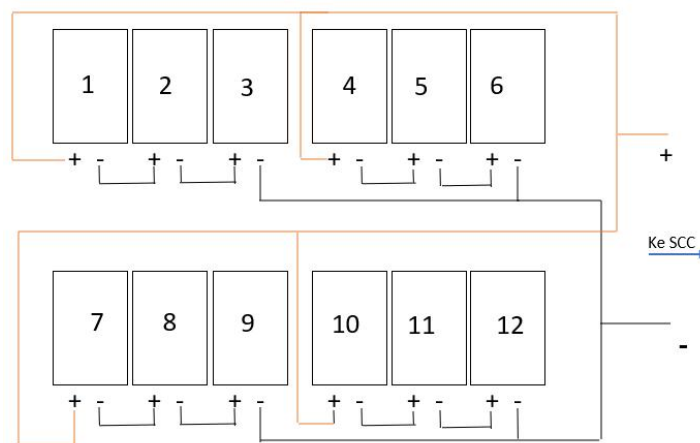
Tabel 1. Analisa Beban Dalam Sistem Listrik

Jenis Beban	Daya per Unit (W)	Jumlah (unit)	Total Daya (W)	Waktu Operasi (jam/hari)	Energi (Wh/hari)
Lampu DC	50	2	100	12	1200
Lampu DC	20	2	40	12	480
Lampu AC LED	10	2	20	12	240
TV	80	1	80	5	400
Total	—	—	240	—	2320

Tabel 1. menjelaskan beban listrik yang digunakan berupa lampu DC dan lampu AC dengan total daya beban DC adalah 140 W dan daya beban AC adalah 100 W. Beban untuk penerangan beroperasi selama 12 jam per hari, televisi menyala 5 jam per hari sehingga kebutuhan energi total mencapai sekitar 2,32 kWh per hari. Dengan menginverter dan sistem, kebutuhan energi dari sisi baterai diperkirakan sebesar kurang lebih 2,55 kWh per hari.

2.2 Perancangan Sistem PLTS

Sistem PLTS dirancang menggunakan 12 modul panel surya monocrystalline dengan daya masing-masing 100 Wp. Pada Gambar 1. panel-panel tersebut dikonfigurasi secara 3 seri dan 4 paralel (3S4P) untuk memperoleh tegangan kerja sekitar 54,6 V DC. Energi dari panel surya disalurkan ke baterai melalui solar charge controller tipe MPPT berkapasitas 60 A [4][5]. Baterai yang digunakan adalah baterai LiFePO4 12 V 400 Ah dengan kapasitas energi total sebesar 4,8 kWh. Untuk menjaga umur baterai, kedalaman pengosongan (Depth of Discharge) dibatasi hingga 80% [6][7].



Gambar 1. Konfigurasi 3S4P

Gambar 1 menunjukkan struktur konfigurasi 3S4P, memungkinkan setiap rangkaian seri menghasilkan tegangan yang sesuai dengan rentang kerja SCC, sementara susunan paralel meningkatkan arus total sistem. Dengan demikian, daya keluaran menjadi lebih stabil dan efisien untuk proses pengisian baterai, sekaligus memberikan fleksibilitas apabila terjadi perbedaan performa antar modul panel

2.3 Perhitungan Potensi Energi Surya

Potensi energi listrik harian yang dihasilkan oleh sistem PLTS dihitung berdasarkan kapasitas panel dan rata-rata waktu penyinaran efektif matahari (Peak Sun Hour). Dengan asumsi PSH sebesar 4 jam dan efisiensi sistem sekitar 75%, energi listrik harian yang dihasilkan mencapai sekitar 3,6 kWh. Dengan kapasitas panel surya terpasang sebesar 1200 Wp dan asumsi PSH rata-rata sebesar 4 jam per hari, energi listrik teoritis yang dapat dihasilkan oleh sistem PLTS dapat dihitung sebagai berikut :

$$E \text{ teoritis} = P \text{ (Wp)} \times \text{PSH}$$

$$= 1200 \times 4$$

$$= 4800 \text{ Wh/hari, setara dengan } 4,8 \text{ kWh/hari.}$$

Energi teoritis tersebut merupakan nilai maksimum tanpa mempertimbangkan rugi-rugi sistem. Dalam kondisi nyata, sistem PLTS mengalami berbagai rugi-rugi yang berasal dari penurunan performa panel akibat suhu, rugi kabel dan konektor, efisiensi solar charge controller, serta efisiensi proses pengisian dan pengosongan baterai. Oleh karena itu, digunakan faktor efisiensi sistem (performance ratio) sebesar 75% yang umum diterapkan pada sistem PLTS skala rumah tangga.

Energi listrik aktual dari data energi harian diperoleh dari pembacaan SCC MPPT dapat dilihat pada Tabel 2 :

Tabel 2. Data Produksi Energi Tanggal 2 sampai 14 Agustus 2025

Agustus 2025	Energi Harian (kWh)
Tgl. 2	3,269 kWh
Tgl. 3	3,108 kWh
Tgl. 4	2,725 kWh
Tgl. 5	2,820 kWh
Tgl. 6	3,814 kWh
Tgl. 7	3,692 kWh
Tgl. 8	4,060 kWh
Tgl. 9	3,297 kWh
Tgl. 10	3,931 kWh
Tgl. 11	3,247 kWh
Tgl. 12	3,692 kWh
Tgl. 13	2,838 kWh
Tgl. 14	3,090 kWh
Rata-rata	3,429 kWh

Berdasarkan data pada Tabel 2, produksi energi harian menunjukkan fluktuasi yang dipengaruhi oleh kondisi cuaca dan variasi intensitas radiasi matahari. Meskipun demikian, nilai energi rata-rata harian sebesar 3,429 kWh menunjukkan bahwa sistem PLTS mampu menghasilkan energi secara relatif stabil dan mendekati nilai energi aktual yang direncanakan.

Nilai perbandingan antara energi aktual dan energi teoritis dinyatakan sebagai performance ratio (PR), yang dapat dihitung sebagai:

$$PR = E \text{ aktual} / E \text{ teoritis}$$

$$= 3,4 / 4,8$$

$$= 0,71.$$

Nilai performance ratio sebesar 0,71 seperti ditunjukkan pada Table 3. bahwa sistem PLTS mampu memanfaatkan sekitar 71% dari potensi energi teoritis yang tersedia, yang merupakan nilai realistis dan masih berada dalam rentang kinerja normal untuk sistem PLTS rumah tangga [8][9][10].

Tabel 3. Perhitungan Energi Surya Harian

Parameter	Nilai Satuan	Satuan
Kapasitas PLTS Terpasang	1200 Wp	Wp
PSH	4	Jam
Energi Teoritis	4.8	kWh/hari
Effisiensi Sistem	75	%
Energi Aktual	3.4	kWh/hari
Performance Ratio	0.71	-

Tabel 3 memperlihatkan bahwa kinerja sistem PLTS berada pada kondisi operasional yang optimal, dengan rugi-rugi energi yang masih sesuai dengan karakteristik sistem PLTS skala rumah tangga.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Perancangan Sistem

Hasil perancangan seperti terlihat pada Gambar 2. menunjukkan bahwa 3S4P konfigurasi panel surya, dengan spesifikasi seperti Tabel 4 dan 5., menghasilkan tegangan kerja sebesar 54,6 V dan tegangan open circuit sebesar 64,5 V, yang masih berada di bawah batas maksimum input solar charge controller MPPT. Arus total dari panel menuju MPPT sebesar 22 A, lebih kecil dari kapasitas maksimum MPPT 60 A, sehingga sistem beroperasi dalam kondisi aman, SCC yang digunakan seperti pada Gambar 3. Dan kesesuaian dengan baterai seperti di jelaskan pada Tabel 6. Baterai LiFePO4 12 V 400 Ah memiliki kapasitas energi sebesar 4,8 kWh dengan energi pakai efektif sekitar 3,84 kWh (DoD 80%). Baterai yang digunakan seperti Gambar 4. Berdasarkan hasil perhitungan, sistem mampu mendukung pengisian baterai dan penyediaan energi beban penerangan secara optimal seperti dijelaskan pada Tabel 7.



Gambar 2. Modul Panel Surya Dengan Konfigurasi 3S4P



Gambar 3. SCC MPPT



Gambar 4. Baterai LifePo4 400 Ah 12 V

Tabel 4. Spesifikasi Modul Panel Surya

Parameter	Nilai	Satuan
Daya Maksimum (Pmax)	100	Wp
Tegangan Maksimum (Vmp)	18,2	V
Tegangan Open Circuit (Voc)	21,5	V
Arus Kerja (Imp)	5,5	A
Arus Short Circuit (Isc)	5,88	A
Jenis Modul	Monocrystalline	-

Tabel 5. Hasil Konfigurasi 3S4P Panel Surya

Parameter	Hasil Perhitungan	Keterangan
Jumlah Modul	12 Unit	100 Wp per modul
Konfigurasi	3S4P	3 Seri, 4 Pararel
Vmp	54,6 V	3 x 18,2 V
Voc	64,5 V	3 x 21,5 V
Arus Per String (Imp)	5,5 A	Arus Seri
Arus Total PV	22 A	4 x 5,5 A
Daya Total Panel	± 1200 Wp	Sesuai Desain

Tabel 6. Kesesuaian SCC Dalam Sistem PLTS

Parameter	Nilai Desain	Spesifikasi	Status SCC
Jenis SCC	MPPT	MPPT	Sesuai
Tegangan Baterai	12 V	12/24 V	Sesuai
Arus Input PV	22 A	Maksimum 60 A	Aman
Arus Pengisian	≤ 60 A	Maksimum 60 A	Aman
Tegangan Baterai Terukur	13,5 V	12 _ 14,6 V	Normal

Tabel 7. Analisa Kapasistas Baterai Dengan Beban

Parameter	Nilai	Satuan
Jenis Baterai	LifePo4	-
Tegangan Nominal	12	V
Kapasitas	400	Ah
Energi Total	4,8	kWh
Energi Pakai (DoD 80%)	3,84	kWh
Kebutuhan Energi Harian	± 2,32	kWh

3.1. ANALISIS KEBUTUHAN ENERGI

Analisis kecukupan energi dilakukan dengan membandingkan energi listrik harian yang dihasilkan oleh sistem PLTS terhadap kebutuhan energi beban. Tabel 8 menjelaskan analisis kecukupan energi dilakukan dengan membandingkan energi listrik harian yang dihasilkan oleh sistem PLTS terhadap kebutuhan energi beban

Kebutuhan energi beban harian dihitung berdasarkan daya dan waktu operasi beban penerangan. Beban DC sebesar 140 W yang beroperasi selama 12 jam memerlukan energi sebesar 1,68 kWh per hari. Beban AC sebesar 20 W yang beroperasi selama 12 jam memerlukan energi sebesar 0,24 kWh per hari. Beban AC sebesar 80 W yang beroperasi selama 5 jam memerlukan energi sebesar 0,4 kWh. Dengan memperhitungkan efisiensi inverter sekitar 90%, energi beban AC dari sisi baterai menjadi sekitar 0,70 kWh. Total kebutuhan energi beban dari sisi baterai mencapai sekitar 2,32 kWh per hari, dan setelah ditambahkan kerugian sistem minor sebesar 10%, kebutuhan energi total menjadi sekitar 2,55 kWh per hari.

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, rasio kecukupan energi sistem dapat dihitung sebagai berikut :

$$R \text{ energi} = E \text{ aktual} / E \text{ beban}$$

$$= 3,23 / 2,55$$

$$= 1,26.$$

Nilai rasio kecukupan energi sebesar 1,26 menunjukkan bahwa energi yang dihasilkan oleh sistem PLTS sekitar 126% dari kebutuhan energi beban harian [8][9]. Dengan demikian, sistem memiliki surplus energi sebesar:

$$\begin{aligned} E \text{ surplus} &= 3,42 - 2,55 \\ &= 0,87 \text{ kWh/hari.} \end{aligned}$$

Tabel 8. Kecukupan Energi Harian

Parameter	Nilai	Satuan	Keterangan
Kapasitas PLTS	1200	Wp	12 X 100 Wp
Peak Sun Hour (PSH)	4	Jam	Rata-rata Harian
Energi Teoritis	4,8	kWh/hari	Tanpa Rugi
Efisiensi	75	%	PV – SCC - Bat.
Energi Aktual	3,42	kWh/hari	Energi Tersedia
Energi Beban	2,55	kWh/hari	DC dan AC
Rasio Kecukupan Energi	1,26		E. PLTS/E. Beban
Surplus Energi Harian	0,74	kWh/hari	Cadangan Energi
Margis Surplus Energi	27	%	Sistem Aman

Tabel 8. menjelaskan energi listrik yang dihasilkan sistem PLTS sebesar 3,42 kWh per hari lebih besar dibandingkan kebutuhan energi beban sebesar ±2,55 kWh per hari. Dengan demikian, sistem memiliki surplus energi yang dapat dimanfaatkan untuk pengisian baterai secara penuh sebelum malam hari.

3.3 KINERJA SISTEM TERHADAP BEBAN

Berdasarkan analisis kapasitas baterai dan pola beban, sistem PLTS mampu menyuplai beban penerangan selama 12 dan 5 jam secara stabil. Penggunaan baterai LiFePO4 memberikan keunggulan dari sisi efisiensi, umur pakai, dan keamanan dibandingkan baterai konvensional.

3.4 ANALISA EKONOMI SISTEM PLTS

Analisis ekonomi dilakukan untuk menilai kelayakan penerapan sistem PLTS 1200 Wp pada rumah tangga dari sisi biaya investasi dan penghematan energi listrik. Tabel 9. Menjelaskan asumsi harga komponen di pasaran serta tarif listrik rumah tangga yang berlaku. Asumsi dasar yang digunakan dalam analisis ekonomi adalah sebagai berikut :

1. Kapasitas PLTS terpasang : 1200 Wp
2. Produksi energi actual : 3,6 kWh per hari
3. Produksi energi tahunan : $3,42 \times 365$; 1.248 kWh/tahun
4. Tarif listrik rumah tangga PLN : Rp 1.444,7 per kWh

Tabel 9. Estimasi Biaya Investasi Sistem PLTS 1200 Wp

Komponen	Spesifikasi	Estimasi Biaya (Rp.)
Panel Surya	12 × 100 Wp	12.000.000
SCC	MPPT 60 A	2.500.000
Baterai	LiFePO4 12 V 400 Ah	7.500.000
Inverter	Pure sine wave 300 W	1.500.000
Kabel dan Proteksi	MCB, fuse DC, box panel	1.500.000
Total Investasi		25.000.000

Penghematan biaya listrik tahunan diperoleh dari energi listrik yang dihasilkan oleh sistem PLTS, yaitu :

$$\text{Penghematan tahunan} = 1.314 \text{ kWh/tahun} \times \text{Rp } 1.444,7/\text{kWh}$$

$$\approx \text{Rp } 1.802.985,6 \text{ per tahun.}$$

Periode pengembalian investasi (payback period) dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Payback period} &= \text{Total investasi} / \text{Penghematan tahunan} \\ &= 25.000.000 / 1.802.985,6 \\ &\approx 13,9 \text{ tahun.}\end{aligned}$$

Hasil analisis ekonomi menunjukkan bahwa sistem PLTS 1200 Wp memiliki periode pengembalian investasi sekitar 13,9 tahun. Nilai ini masih berada di bawah umur teknis panel surya yang umumnya mencapai 20–25 tahun, sehingga secara ekonomi sistem PLTS dinilai layak untuk diterapkan pada aplikasi rumah tangga.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berkapasitas 1200 Wp dengan konfigurasi panel 3S4P dan penggunaan *solar charge controller* tipe MPPT berkapasitas 60 A layak diterapkan untuk aplikasi rumah tangga. Sistem ini mampu menghasilkan energi listrik harian sekitar 3,6 kWh, yang mencukupi untuk memenuhi beban penerangan dengan konsumsi energi sekitar $\pm 2,15$ kWh per hari. Selain itu, penggunaan baterai LiFePO₄ 12 V 200 Ah terbukti memberikan kinerja penyimpanan energi yang andal, sehingga mampu mendukung kontinuitas operasi beban selama kurang lebih 12 jam.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Halim Tjiwidjaja and Rianti Salima, "Dampak Energi Fosil Terhadap Perubahan Iklim Dan Solusi Berbasis Energi Hijau," *J. Wilayah, Kota Dan Lingkung. Berkelanjutan*, vol. 2, no. 2, pp. 166–172, 2023, doi: 10.58169/jwikal.v2i2.625.
- [2] Mesriana Siringo-ringo, "Kebijakan Energi dan Dampak Lingkungan: Menuju Model Berkelanjutan," *Circ. Arch.*, vol. 1, no. 5, pp. 1–13, 2024.
- [3] W. P. Widyaningsih *et al.*, "Analisis Arus, Tegangan dan Daya Automatic Transfer Switch pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dengan Kapasitas 1200 WP," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 18, no. 3, p. 519, 2023, doi: 10.32497/jrm.v18i3.5183.
- [4] R. B. Bollipo, S. Mikkili, and P. K. Bonthagorla, "Hybrid, optimal, intelligent and classical PV MPPT techniques: A review," *CSEE J. Power Energy Syst.*, vol. 7, no. 1, pp. 9–33, 2021, doi: 10.17775/CSEEJPES.2019.02720.
- [5] E. Faizal, Y. A. Winoko, M. S. Mustapa, and M. Kozin, "Solar Charger Controller Efficiency Analysis of Type Pulse Width Modulation (PWM) and Maximum Power Point Tracking (MPPT)," *Asian J. Sci. Eng.*, vol. 1, no. 2, p. 90, 2023, doi: 10.51278/ajse.v1i2.546.
- [6] L. Suhaimi *et al.*, "STUDI TEORITIS MATERIAL KATODA BATERAI ION LITIUUM LiFePO₄ BERDASARKAN KALKULASI TEORI FUNGSIONAL KERAPATAN," *Hexag. J. Tek. dan Sains*, vol. 1, no. 2, pp. 52–56, 2020, [Online]. Available: <http://jurnal.uts.ac.id/index.php/hexagon/article/view/617>
- [7] H. N. Hamida and Munasir, "Review : Studi Kinerja Dan Modifikasi Doping Pada Material Lifepo Sebagai Katoda Baterai Li-Ion," *J. Inov. Fis. Indones.*, vol. 12, no. 2, pp. 56–65, 2023.
- [8] Karuniawan Eriko Arvin, Sugiono Friska Ayu Fitriani, Larasati Pangestuningtyas Diah, and Pramurti Adeguna Ridlo, "Analisis Potensi Daya Listrik PLTS Atap di Gedung Direktorat Politeknik Negeri Semarang Dengan Perangkat Lunak PVSYSY," *J. Energy Electr. Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 75–80, 2023.
- [9] M. S. N. REGA, N. SINAGA, and J. WINDARTA, "Perencanaan PLTS Rooftop untuk Kawasan Pabrik Teh PT Pagilaran Batang," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 9, no. 4, p. 888, 2021, doi: 10.26760/elkomika.v9i4.888.
- [10] D. . Hutapea, "Central publisher," *Cent. Publ.*, vol. 2, pp. 2048–2054, 2024.