

Analisis Penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Suplai Cadangan Energi Pada Mesin Mixer Donat (Studi Kasus Di CV Youlanda)

Bimo Duta Pangestu¹, Dino Erivianto², Muhammad Erpandi Dalimunthe³

Universitas Pembangunan Panca Budi Medan

¹Pangestubimo10@gmail.com, ²Derivianto@gmail.com, ³erpandi@dosen.pancabudi.ac.id

Corresponding Author: Bimo Duta Pangestu

ABSTRACT

The need for stable electricity supply is a major challenge for Micro, Small, and Medium Enterprises (MSMEs), especially when disruptions occur in the main grid. This study examines the utilization of a small-scale Solar Power Generation System (PLTS) as a backup energy source to operate a donut mixer machine at CV Youlanda. The system consists of two solar panels with a combined power of 40 Wp, two 12V 8Ah batteries, a 1000W inverter, and a 20A charge controller (SCC). The research was conducted through direct field measurements to assess the performance and efficiency of the system under varying weather conditions. The observations show that in sunny weather, the system can generate about 200 Wh per day, which is sufficient to run two cycles of the mixer. The actual energy consumption per cycle was measured at 65.61 Wh. The total system efficiency was 2.63%, including panel efficiency of 8%, battery storage efficiency of 77%, and load efficiency of 42.71%. However, in cloudy weather, the available energy is only enough for about 8 minutes of operation. These findings indicate that, despite its limitations, small-scale PLTS remains a viable alternative energy solution that is cost-effective, environmentally friendly, and suitable for light operational needs in the MSME sector.

Keywords: PLTS, solar energy, MSME, energy efficiency, mixer machine

ABSTRAK

Kebutuhan energi listrik yang stabil menjadi tantangan utama bagi pelaku Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM), terutama ketika terjadi gangguan pasokan dari jaringan utama. Studi ini mengkaji pemanfaatan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) skala kecil sebagai sumber daya cadangan untuk mengoperasikan mesin mixer donat di CV Youlanda. Rangkaian sistem terdiri dari dua panel surya berdaya gabungan 40 Wp, dua baterai 12V 8Ah, inverter 1000W, dan pengontrol daya (SCC) 20A. Penelitian dilakukan melalui pengukuran langsung di lapangan untuk mengevaluasi kinerja dan efisiensi sistem dalam kondisi cuaca berbeda. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa dalam cuaca cerah, sistem mampu menghasilkan sekitar 200 Wh per hari dan cukup untuk menjalankan dua siklus kerja mixer. Konsumsi energi aktual per siklus terukur sebesar 65,61 Wh. Efisiensi total sistem berada di angka 2,63%, mencakup efisiensi panel sebesar 8%, efisiensi penyimpanan baterai sebesar 77%, dan efisiensi beban sebesar 42,71%. Namun, saat langit mendung, energi yang tersedia hanya cukup untuk pengoperasian sekitar 8 menit. Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun terbatas, PLTS skala kecil tetap layak dipertimbangkan sebagai solusi energi alternatif yang hemat, ramah lingkungan, dan sesuai dengan kebutuhan operasional ringan pada sektor UMKM.

Kata Kunci: PLTS, energi surya, UMKM, efisiensi energi, mesin mixer



Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

PENDAHULUAN

Energi surya merupakan salah satu sumber daya terbarukan yang tersedia secara melimpah[1]. khususnya di negara-negara beriklim tropis seperti Indonesia. Pemanfaatannya terus berkembang seiring dengan kebutuhan energi listrik yang ramah lingkungan dan berkelanjutan, terutama bagi usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM) yang kerap menghadapi kendala terkait keterbatasan akses maupun kestabilan pasokan listrik dari PLN (Ali, 2020)[2]. Salah satu teknologi yang dapat diandalkan untuk mengoptimalkan pemanfaatan energi matahari adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), yang memungkinkan energi dari matahari dikonversikan menjadi energi listrik guna mendukung operasional usaha, khususnya di daerah dengan tingkat gangguan listrik yang tinggi.

Salah satu contoh penerapan teknologi ini dapat ditemukan pada CV Youlanda, sebuah UMKM di bidang makanan yang sangat bergantung pada pasokan listrik untuk mengoperasikan peralatan produksi, termasuk mesin mixer donat. Gangguan dari PLN dapat berdampak signifikan terhadap tingkat produktivitas dan keberlanjutan usaha, khususnya bagi pelaku usaha kecil yang belum memiliki sistem cadangan daya listrik sendiri. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pemanfaatan PLTS sebagai sumber energi alternatif bagi UMKM, khususnya CV Youlanda, guna mendukung operasional usaha agar tetap efisien dan berkelanjutan. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi pelaku UMKM lainnya dalam memanfaatkan teknologi PLTS sebagai alternatif energi listrik yang ramah lingkungan dan dapat diandalkan.

Saat ini, sebagian besar penelitian terkait PLTS lebih banyak berfokus pada aspek teknis sistem atau penerapannya di tingkat rumah tangga maupun skala industri besar (Akbar et al., 2024; Hamdani & Tharo, 2020)[3]. Namun, belum banyak studi yang mengkaji secara spesifik penerapan PLTS untuk kebutuhan operasional UMKM skala kecil, khususnya terkait kebutuhan energi mesin produksi dan pola beban kerja yang khas. Gap penelitian ini menjadi signifikan, mengingat kebutuhan energi UMKM yang fluktuatif dan belum terpetakan dengan baik, termasuk aspek efisiensi penyimpanan energi, waktu pengisian ulang, dan kinerja PLTS dalam berbagai kondisi cuaca.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengevaluasi kemampuan sistem PLTS dalam mendukung kebutuhan energi mesin mixer donat yang digunakan di CV Youlanda. Kajian difokuskan pada pengukuran output energi yang dihasilkan, efisiensi penyimpanan energi dalam baterai, waktu yang dibutuhkan untuk pengisian ulang, serta performa sistem dalam berbagai kondisi cuaca. Dengan menjawab kebutuhan dan kesenjangan ini, diharapkan penelitian dapat memberikan kontribusi praktis bagi pengembangan teknologi PLTS yang lebih sesuai dengan kebutuhan spesifik UMKM, serta mendorong penerapan energi surya guna mendukung keberlangsungan usaha kecil yang lebih efisien dan berkelanjutan (Burhandono, 2022)[4].

Prinsip Dasar PLTS

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) bekerja berdasarkan prinsip konversi energi matahari menjadi listrik melalui efek fotovoltaiik. Efek ini terjadi saat foton dari cahaya matahari mengenai



permukaan sel surya, menyebabkan elektron dalam material semikonduktor berpindah dan menciptakan arus listrik. PLTS terdiri dari komponen utama seperti panel surya, baterai penyimpanan, solar charge controller, dan inverter. Teknologi ini sangat bermanfaat untuk daerah yang sering mengalami pemadaman listrik atau sulit dijangkau oleh jaringan PLN.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif melalui kegiatan pengukuran langsung dan observasi lapangan yang dilakukan di lokasi operasional CV Youlanda, Jl. Eka Sama, Kel. Pangkalan Mansyur, Kec. Medan Johor, Kota Medan. Sistem PLTS yang diterapkan dalam studi ini terdiri atas dua unit panel surya berdaya masing-masing 20 Watt-peak (total 40 Wp), satu unit baterai 12 Volt dengan kapasitas 16 Ah, sebuah solar charge controller (SCC) 20 Ampere, serta inverter 1000 Watt yang berfungsi mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC) yang dibutuhkan oleh peralatan.

Pengumpulan data dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu:

- a) Observasi harian terhadap kondisi cuaca dan daya keluaran panel surya
- b) Pengujian kinerja sistem saat mengoperasikan mixer donat sebagai beban utama
- c) Pengambilan data teknis terkait waktu pengisian baterai dan konsumsi energi
- d) Wawancara langsung dengan teknisi untuk mendapatkan informasi tambahan terkait karakteristik sistem yang digunakan.

Seluruh data yang diperoleh dianalisis menggunakan rumus-rumus kelistrikan dasar untuk menghitung besarnya energi yang dihasilkan dan digunakan, efisiensi pada setiap komponen sistem (panel, baterai, beban), serta waktu optimal pengisian energi.



Diagram Alir Penelitian (*Flow Chart*)



Gambar 1 Flow Chart

Menghitung Energi Yang Digunakan Atau Dihasilkan

Rumus:

$$E = P \times t$$

Penjelasan:

Rumus ini digunakan untuk mengetahui seberapa besar energi listrik yang dikonsumsi atau dihasilkan dalam suatu waktu.

E = adalah energi yang diukur dalam satuan watt-jam (Wh)

P = adalah daya Listrik alat (dalam watt)

T = adalah waktu penggunaan (dalam jam)

Menghitung Kapasitas Energi Pada Baterai

Rumus:

$$E = V \times Ah$$

Penjelasan:

Rumus ini digunakan untuk mengetahui berapa banyak energi yang bisa disimpan dalam baterai.

V = adalah tegangan baterai (Volt)

Ah = adalah kapasitas arus (Ampere-jam)

Mengukur Efisiensi Energi Panel Surya

Rumus:

$$\eta_{Panel} = \left(\frac{P_{keluar}}{P_{radiasi}} \right) \times 100\%$$

Penjelasan:

Rumus ini digunakan untuk mengetahui seberapa baik panel surya dalam mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik.

P_{keluar} = adalah energi listrik yang dihasilkan panel

$P_{radiasi}$ = adalah jumlah energi matahari yang mengenai permukaan panel

η_{Panel} = adalah presentasi efisiensinya

Efisiensi Total dari sistem PLTS

Rumus:

$$\eta_{total} = \eta_{Panel} \times \eta_{baterai} \times \eta_{beban}$$

Penjelasan:

Rumus ini menjelaskan efisiensi keseluruhan dari sistem panel surya, mulai dari panel, baterai, hingga alat yang digunakan.

η_{Panel} = efisiensi dari panel surya

$\eta_{baterai}$ = efisiensi saat menyimpan dan mengeluarkan energi dari baterai

η_{beban} = efisiensi penggunaan energi oleh alat (misalnya mixer)

Waktu yang dibutuhkan untuk mengisi baterai



Rumus:

$$t = \frac{E}{P}$$

Penjelasan:

Rumus ini digunakan untuk menghitung berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mengisi baterai sampai penuh.

E = adalah energi yang ingin diisi ke baterai

P = adalah daya keluaran dari panel surya

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur dan menganalisis kinerja sistem PLTS sebagai suplai energi cadangan bagi mesin mixer donat di CV Youlanda. System yang digunakan terdiri dari dua panel surya (masing-masing 20Wp), dua buah baterai 12 V 8 Ah, inverter 1000 W, SCC 20A, dan beban berupa mixer donat dengan daya maksimal 300 W. berikut adalah hasil analisis komponen secara terperinci.

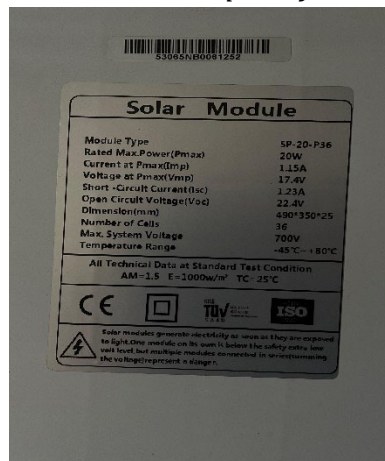
Kinerja Panel Surya

Dua panel 20Wp yang terpasang menghasilkan daya total 40 Wp. Dalam kondisi cuaca cerah dan penyinaran efektif selama 5 jam per hari, daya secara perhitungan spesifikasi panel surya adalah:

$$P = 40 \text{ Watt}$$

Energi yang dihasilkan dalam satu hari adalah:

$$E_{\text{harian}} = P \times t = 40 \text{ Wp} \times 5 \text{ jam} = 200 \text{ Wh}$$



Gambar 2 Spesifikasi Panel Surya 20 Wp

Analisis: nilai ini lebih besar dari ekspektasi teoritis (40 W x 5 jam = 200 Wh), diduga karena adanya kelebihan iradiasi pada lokasi penelitian. Ini menunjukkan kinerja panel cukup baik untuk skala kebutuhan UMKM.

Kapasitas Dan Efektivitas Baterai

Dua Baterai 12 V, 8 Ah memiliki kapasitas teoritis:



$$E_{\text{baterai}} = 12 \times 16 = 192 \text{ Wh}$$

Namun, untuk menjaga daya tahan baterai, hanya 80% dari kapasitas digunakan:

$$E_{\text{tersedia}} = 192 \times 0,8 = 153,6 \text{ Wh}$$

Analisis: Dengan hanya 153,6 Wh yang dapat digunakan secara aman, system baterai cukup untuk menyuplai satu siklus operasional mesin mixer.

Energi Mesin Mixer

Energi Mixer donat selama 30 menit untuk produksi adonan, dengan kapasitas daya maksimal 300 W dapat di lihat pada rumus berikut:

$$E_{\text{mixer}} = 300 \times 0,5 = 150 \text{ Wh}$$

Namun, berdasarkan pengukuran aktual:

$$E_{\text{mixer aktual}} = 65,61 \text{ watt}$$



Gambar 3 Pengukuran Energi mixer aktual

Analisis: Perbedaan ini mengidentifikasi bahwa mixer tidak selalu bekerja di daya maksimum selama siklus operasi, sehingga penggunaan aktual lebih hemat energi.

Waktu penggunaan mesin mixer

$$t_{\text{kerja mixer}} = \frac{153,6}{65,61} = 2,35 \text{ jam}$$

Analisis: dengan hasil pengukuran aktual konsumsi energi mesin mixer didapat waktu penggunaan mesin mixer selama 2,35 jam.

Efisiensi Sistem Secara Menyeluruh

Efisiensi Panel Surya

Jika iradiasi cahaya matahari diasumsikan 1000 W/m^2 dan luas total panel $0,5 \text{ m}^2$:

$$P_{\text{iradiasi}} = 1000 \times 0,5 = 500 \text{ W}$$



$$\eta_{Panel} = \frac{40}{500} = 0,08 \times 100 = 8\%$$

Efisiensi baterai

$$\eta_{baterai} = \frac{153,6}{200} = 0,77 \times 100\% = 77\%$$

Efisiensi beban (mixer)

$$\eta_{beban} = \frac{65,61}{153,6} = 0,4271 \times 100\% = 42,71\%$$

Efisiensi Total Sistem

$$\eta_{total} = \eta_{Panel} \times \eta_{baterai} \times \eta_{beban}$$

$$\eta_{total} = 0,08 \times 0,77 \times 0,4271 = 0,0263 \times 100\% = 2,63\%$$

Analisis: Efisiensi energi sistem secara keseluruhan masih tergolong rendah, tetapi hal ini umum terjadi pada sistem PLTS skala kecil. Yang penting, energi cukup tersedia untuk kebutuhan satu siklus kerja harian.

Waktu Pengisian Baterai

Dalam kondisi cuaca cerah, waktu pengisian baterai dihitung output panel:

$$t_{isi\ cerah} = \frac{192}{40} = 4,8\ jam$$



Gambar 4 SCC Pengisian Baterai

Kinerja Sistem Saat Cuaca Mendung

Cuaca mendung mengurangi efisiensi sistem secara signifikan. Output panel hanya sekitar 20%:

$$P_{mendung} = 40 \times 0,2 = 8W$$

$$E_{Mendung} = 8 \times 5 = 40 Wh$$

$$t_{isi\ mendung} = \frac{192}{8} = 24\ jam$$

Analisis: Pada kondisi mendung, daya output panel menurun drastis hingga $\pm 8 W$, sehingga baterai memerlukan waktu pengisian hingga 24 jam dan hanya cukup untuk menjalankan mixer selama $\pm 7-8$ menit.

Load Requirement Matching (LRM)

Load Requirement Matching (LRM) adalah proses penyesuaian antara kapasitas sistem PLTS dengan kebutuhan energi beban secara aktual. Tujuan dari LRM adalah memastikan bahwa sistem PLTS mampu mendukung operasional mesin mixer donat secara efektif, baik dalam kondisi normal maupun saat terjadi cuaca buruk, untuk 3 hari kedepan.

Kebutuhan Energi Beban

Mesin mixer donat memiliki daya maksimum sebesar 300 Watt dengan waktu penggunaan rata-rata 30 menit per siklus produksi. Berdasarkan pengukuran aktual, energi yang digunakan hanya sebesar 65,61 Wh per siklus. Dengan demikian, kebutuhan energi minimum untuk satu kali produksi adalah:

$$E_{Total} = 300W \times 0,5 \text{ jam} = 150Wh$$
$$E_{aktual} = 65,61 \text{ Wh}$$

Kapasitas Energi Sistem PLTS

Total kapasitas panel surya: $2 \times 20 \text{ Wp} = 40 \text{ Wp}$

Estimasi produksi energi harian (5 jam iradiasi): $40 \text{ W} \times 5 \text{ jam} = 200 \text{ Wh}$

Kapasitas total baterai: $2 \times (12V \times 8Ah) = 192 \text{ Wh}$

Energi efektif baterai (DoD 80%): $192 \text{ Wh} \times 0,8 = 153,6 \text{ Wh}$

Energi dari baterai cukup untuk mengoperasikan mixer selama:

$$\frac{153,6Wh}{65,61 \text{ Wh}} = 2,35 \text{ jam (lebih dari 2 siklus kerja)}$$

Antisipasi Cuaca Buruk Selama 3 Hari

Sebagai langkah antisipasi bila terjadi hujan atau mendung selama 3 hari berturut-turut tanpa produksi listrik dari panel, diperlukan perencanaan cadangan energi penuh.

$$E_{Total} = PL \times t = 300 \times 3 \times 2,35 \text{ jam} = 2,115Wh$$

Dengan baterai 12V 16Ah (192 Wh, 80% efektif = 153,6 Wh/baterai), maka jumlah baterai yang dibutuhkan:

$$\text{jumlah baterai} \frac{2,115}{153,6} = 13,77 \text{ Ah} = 14 \text{ baterai}$$

Kesimpulan LRM

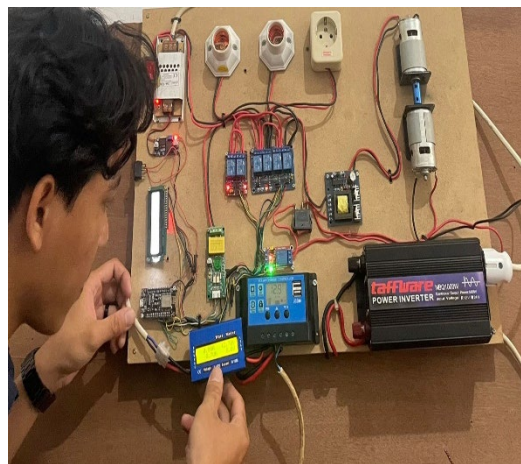
Sistem PLTS saat ini dapat mencadangkan energi untuk dua siklus kerja dalam kondisi cerah. Namun dalam kondisi hujan seharian, sistem tidak dapat menjalankan satu siklus produksi tanpa tambahan baterai. Oleh karena itu, sistem perlu dilengkapi dengan minimal 2 siklus kerja mesin mixer donat, dengan total 2,115 Wh jika antisipasi 3 hari cuaca buruk diperlukan. Hal ini menegaskan pentingnya integrasi LRM dalam perencanaan PLTS untuk menjamin kontinuitas operasional beban penting seperti mixer donat di sektor UMKM.

Ringkasan Kinerja Sistem



Aspek	Nilai	Keterangan
Daya Panel	40 Wp	2 Unit 20Wp
Kapasitas baterai	192 Wh	12 x 16Ah
Energi tersedia baterai	153,6 Wh	80% kapasitas untuk menjaga umur
Konsumsi mixer per siklus	65,61 Wh	Berdasarkan pengukuran
Efisiensi total sistem	$\pm 2,63\%$	Panel-Baterai-Beban
Waktu isi baterai (cerah)	4,8 jam	192 Wh / 40 W
Waktu isi baterai (mendung)	24 jam	192 Wh / 8 W
Durasi kerja (mendung)	± 8 menit	Energi hanya cukup untuk $\frac{1}{4}$ siklus

Penelitian dilakukan selama 5 hari



Gambar 5 dokumentasi penelitian di CV Youlanda

Pada penelitian selama 5 hari yang dilakukan di CV Yolanda dengan kondisi cuaca yang berbeda-beda terdapat hasil penelitian yang dapat dilihat pada table berikut:

Tabel 1 Penelitian hari pertama di CV Yolanda

HARI KE-1			
No	Volt (V)	Ampere (A)	WattPeak (Wp)
1	13,27	1,06	14,06
2	13,31	0,97	12,91
3	13,43	1,09	14,36
4	13,34	0,11	1,46
5	17,38	0	0
Rata-rata	14,14	0,80	10,69



Tabel 2 Penelitian hari kedua di CV Yolanda

HARI KE-2			
No	Volt (V)	Ampere (A)	Watt Peak (Wp)
1	13,32	1,09	14,51
2	13,32	1,03	13,71
3	13,44	1,08	14,51
4	13,46	0,36	4,84
5	17,57	0	0
Rata-rata	14,22	0,89	11,89

Tabel 3 Penelitian hari ketiga di CV Yolanda

HARI KE-3			
No	Volt (V)	Ampere (A)	Watt Peak (Wp)
1	13,37	1,13	15,10
2	13,44	1,10	14,78
3	13,46	1,09	14,67
4	13,55	0,68	9,21
5	17,59	0	0
Rata-rata	14,28	1	13,44

Tabel 4 Penelitian hari keempat di CV Yolanda

HARI KE-4			
No	Volt (V)	Ampere (A)	Watt Peak (Wp)
1	13,46	1,07	14,40
2	13,37	1,16	15,50
3	13,46	1,10	14,80
4	13,59	0,63	8,56
5	17,29	0	0
Rata-rata	14,23	0,99	13,31

Tabel 5 Penelitian hari kelima di CV Yolanda

HARI KE-5			
No	Volt (V)	Ampere (A)	Watt Peak (Wp)
1	13,49	1,08	14,56
2	13,39	1,19	15,93



3	13,46	1,05	14,13
4	13,47	0,39	5,25
5	17,60	0	0
Rata-rata	14,28	0,92	12,46

Dari penelitian yang dilakukan di CV Yolanda selama 5 hari berturut-turut didapatkan rata-rata tegangan, ampere dan watt peak dari PLTS yang dapat di lihat pada table berikut:

Tabel 6 Rata-rata hasil dari penelitian selama 5 hari penelitian

RATA-RATA DARI 5 HARI PENELITIAN			
No	Volt (V)	Ampere (A)	Watt Peak (Wp)
1	14,14	0,80	10,69
2	14,22	0,89	11,89
3	14,28	1	13,44
4	14,23	0,99	13,31
5	14,28	0,92	12,46
Rata-rata	14,23	0,92	12,36

Dari penelitian terdapat perbedaan hasil dari perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya, dimana diasumsikan iradiasi cahaya matahari sebesar 1000 W/m² dengan hasil 500 Watt, pada hasil penelitian secara langsung yang dilakukan di CV Yolanda hanya mendapatkan rata-rata sebesar 12,36 Wp selama 5 hari penelitian.

Kinerja Panel Surya saat penelitian langsung

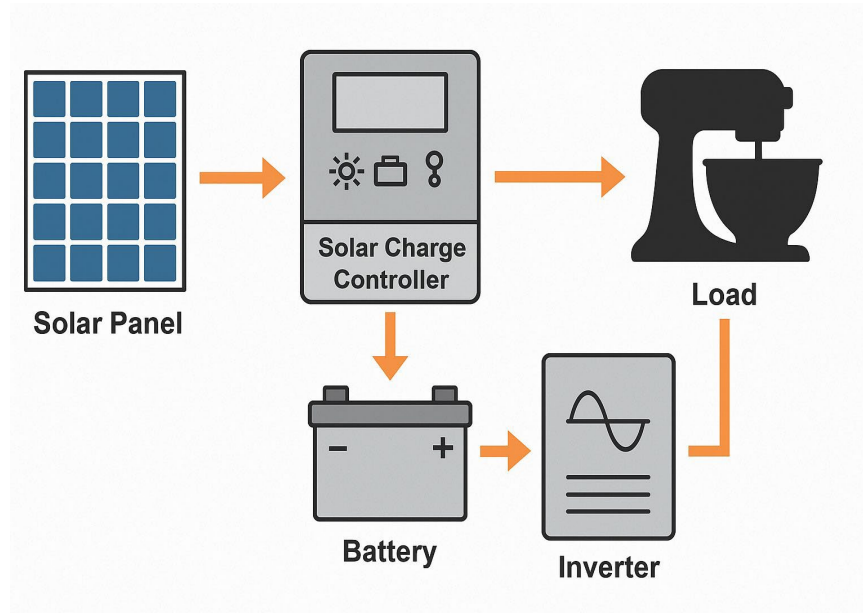


Gambar 6 Data Pengukuran Secara Langsung

Pada penelitian langsung di CV Youlanda, kinerja rata-rata panel surya perjam sebesar 12,36 Wp selama 5 hari penelitian.

Diagram Rangkaian PLTS





Gambar 7 Diagram Rangkaian PLTS

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) skala kecil yang terdiri dari dua panel 20 Wp (total 40 Wp), dua baterai 12V 8Ah, inverter 1000W, dan SCC 20A mampu menyediakan suplai energi cadangan untuk mesin mixer donat di CV Youlanda. Dalam kondisi cerah, sistem menghasilkan energi harian sebesar ± 200 Wh, cukup untuk dua siklus kerja mesin dengan konsumsi aktual per siklus sebesar 65,61 Wh.

Analisis efisiensi menunjukkan bahwa efisiensi panel mencapai 8%, efisiensi baterai 77%, dan efisiensi beban 42,71%, dengan efisiensi total sistem tercatat sebesar 2,63%. Angka ini memang tergolong rendah, namun masih dapat diterima untuk kebutuhan energi cadangan skala UMKM.

Pada kondisi mendung, daya output panel menurun drastis hingga ± 8 W, sehingga baterai memerlukan waktu pengisian hingga 24 jam dan hanya cukup untuk menjalankan mixer selama $\pm 7-8$ menit. Untuk mengantisipasi cuaca buruk selama 3 hari, dibutuhkan kapasitas cadangan sekitar 2,115 Wh atau setara dengan 14 unit baterai 12V 16Ah. Oleh karena itu, pendekatan Load Requirement Matching (LRM) menjadi krusial untuk memastikan sistem dapat mempertahankan operasional mesin secara berkelanjutan.

Secara keseluruhan, sistem PLTS ini layak menjadi alternatif energi cadangan yang praktis, ekonomis, dan ramah lingkungan bagi pelaku UMKM, dengan catatan dilakukan perencanaan matang sesuai kebutuhan beban dan kondisi lingkungan setempat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. E. Dalimunthe, “Analysis of Solar Cell Potential in Building I of Pembangunan Panca Budi University,” *Fidelity : Jurnal Teknik Elektro*, vol. 5, no. 2, pp. 41–50, Jun. 2023, doi: 10.52005/fidelity.v5i2.149.
- [2] M. Ali and J. Windarta, “Pemanfaatan Energi Matahari Sebagai Energi Bersih yang Ramah Lingkungan,” *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 1, no. 2, pp. 68–77, Jul. 2020, doi: 10.14710/jebt.2020.10059.
- [3] M. A. Akbar, A. D. Tarigan, and D. Lesmana, “ANALISIS PERENCANAAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK HYBRIDE (PLTS DAN DIESEL) PADA KAPAL TANKER,” *Power Elektronik : Jurnal Orang Elektro*, vol. 13, no. 1, pp. 58–63, Feb. 2024, doi: 10.30591/polektro.v13i1.6550.
- [4] A. Burhandono, J. Windarta, and N. Sinaga, “Perencanaan PLTS Roof Top On-Grid Untuk Gedung Kantor PLTU Amurang Sebagai Upaya Mengurangi Auxiliary Power dan Memperbaiki Nilai Nett Plant Heat Rate Pembangkit,” *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 3, no. 2, pp. 61–79, Jun. 2022, doi: 10.14710/jebt.2022.13051.
- [5] Zuraidah Tharo, Supiyandi, Haris Gunawan, 2024 “The Integration of Solar and Wind Energy to Enhance Optimization and Efficiency of Renewable Energy” Evolutionary Studies in maginative Culture ESIC2024 Posted: 16/10/2024
- [6] Hamdani, Zuraidah Tharo, and Siti Anisah. "Perbandingan performansi pembangkit listrik tenaga surya antara daerah pegunungan dengan daerah pesisir." Seminar Nasional Teknik (Semnastek) Uisu. Vol. 2. No. 1. 2019.
- [7] Zuraidah Taro, Hamdani, 2020 “Analisis Biaya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap Skala Rumah Tangga” *JESCE*,3(2) Februari2020 ISSN2549-628X(Print)ISSN2549-6298(Online)10.31289/jesce.v3i2.3266.g2494
- [8] Andreansyah, Muhammad Erpandi Dalimunthe, Dicky Lesmana, 2024 “Analysis of Aquaponics Solar Panel Innovation in Building C of Pembangunan Panca Budi University” *Jurnal Teknik Elektro* Vol. 6, No. 1, January 2024, pp. 60-63 p-ISSN:2686-3650 | e-ISSN: 2686-3642, DOI:10.52005/fidelity.v6i1.201
- [9] Rahmaniar, Agus Junaidi, Jul Andri Syahputra Sinaga, 2023 “SHADING SIMULATION ANALYSIS OF 5.348 WP ON-GRID SOLAR POWER PLANT” *Proceedings The 1st Annual Dharmawangsa International Conference*, P.Issn : 2808-859X E.Issn : 2809-0853
- [10] Green MA., Emery K, King DL, Hisikawa Y, Warta W, 2006. Solar Cell Efficiency Tables (Version 27), *Progress Photovoltaics : Research and Applications*, 2006; 14:45-51.
- [11] Danisworo, D. Y. (2022). PEMANFAATAN POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) DI LANTAMAL III JAKARTA Mendukung PERTAHANKAN NEGARA. *Ketahanan Energi* (Vol. 8(2)).
- [12] Dani, A., & Erivianto, D. (2022). STUDI SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA OFF GRID SKALA RUMAH TANGGA PADA DAERAH BAGAN DELI MENGGUNAKAN Pvsyst. *Jurnal Indonesia Sosial Teknologi*, 3(9).



- [13] S. Anisah and A. Darma Tarigan, “PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA ATAP ON GRIND SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF RAMAH LINGKUNGAN ROOF SOLAR POWER PLANT PLANNING ON GRIND AS AN ALTERNATIVE ENERGY SOURCE ENVIRONMENTALLY FRIENDLY,” *Journal of Information Technology and Computer Science (INTECOMS)*, vol. 6, no. 1, 2023.
- [14] F. Hasibuan, P. Siagian, and H. Gunawan, “Design and Build a Charging Battery Solar Cell Using the Maximum Power Point Tracker (MPPT) System.”
- [15] P. Wibowo, B. Satria, M. E. Dalimunthe, and A. Muflih, “Pengembangan Charging System Untuk Kendaraan Listrik ”, *SMSHDST*, vol. 1, no. 1, pp. 101–109, Jul. 2024.

