



Edukasi Manajemen Kebutuhan Energi Surya Untuk Sistem Pompa Irigasi Otomatis Dalam Rangka Ketahanan Air Pertanian Di Desa Ulak Depati

Nurhaida¹, Dyah Utari Yusa Wardhani², Yessi Marniati³, Mohammad Noer⁴, Haidar Al Fair⁵

¹²³⁴⁵Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang

*Corresponding Author's e-mail: t.nurhaida6@gmail.com

Article History:

Received: 01 September, 2026

Revised: 12 September, 2026

Accepted: 30 September, 2026

Keywords:

Solar Energy; Automatic Irrigation; Arduino; Solar Power Generation System; Agricultural Water Resilience

Abstract: Agricultural irrigation in Ulak Depati Village remains constrained by dependence on diesel-powered pumps, limited water availability during the dry season, and unstable electricity supply. This study aimed to design an Arduino-based automatic irrigation pump powered by a Solar Power Generation System (PLTS), determine the energy requirements and capacity of solar panels and batteries, and evaluate system performance in supporting agricultural water resilience. The study employed literature review, observation, discussion, and consultation methods. The designed system consisted of three 200 Wp solar panels connected in parallel, a 40 A MPPT Solar Charge Controller, two 12 V 100 Ah batteries connected in series, an Arduino Uno, a soil moisture sensor, and a DC water pump. The results showed that the total daily energy requirement was 706.5 Wh, with the water pump being the largest energy consumer at 671.38 Wh/day. The minimum required solar panel capacity was 141.3 Wp based on an effective peak sun hour of 5 hours/day, while the installed capacity was 600 Wp. The minimum battery capacity was 60 Ah at 24 V, whereas the system used a 100 Ah battery with stored energy of 2,400 Wh. Testing showed that the pump operated at 23.23–24.30 V and 6.43–7.20 A, while water volume reached 2,513.60 L after 246 minutes of operation. The PLTS was theoretically capable of producing 3,000 Wh/day, exceeding the daily energy requirement. These results indicate that the proposed system can meet the energy needs of the automatic irrigation pump and provide energy reserves to support irrigation continuity under reduced solar irradiation conditions.

Copyright © 2026, The Author(s).

This is an open access article under the CC-BY-SA license



How to cite: Nurhaida, Dyah Utari Yusa Wardhani, Yessi Marniati, Mohammad Noer, & Haidar Al Fair. (2026). Edukasi Manajemen Kebutuhan Energi Surya Untuk Sistem Pompa Irigasi Otomatis Dalam Rangka Ketahanan Air Pertanian Di Desa Ulak Depati. *SENTRI: Jurnal Riset Ilmiah*, 5(9), 5066–5076. <https://doi.org/10.55681/sentri.v5i9.7280>

PENDAHULUAN

Desa Ulak Depati merupakan wilayah yang sebagian besar masyarakatnya bekerja di sektor pertanian, khususnya persawahan. Sistem pengairan sawah masih bergantung pada kondisi ketersediaan air dari sungai dan saluran irigasi. Pada musim kemarau, berkurangnya debit air menyebabkan lahan mengalami kekeringan hingga tanah retak sehingga menghambat proses pengolahan dan penanaman padi. Kondisi tersebut semakin menjadi kendala karena jarak sumber air dengan lahan persawahan cukup jauh serta pemadaman listrik yang dapat mengganggu kontinuitas pengairan.

Pengairan sawah saat ini masih menggunakan pompa berbahan bakar solar (*diesel*) yang dioperasikan secara manual. Penggunaan pompa tersebut membutuhkan biaya

operasional yang relatif besar karena bergantung pada bahan bakar minyak, serta memerlukan waktu dan tenaga dalam pengoperasiannya. Kondisi ini menunjukkan perlunya sistem pengairan yang lebih efisien, praktis, dan mampu beroperasi secara berkelanjutan.

Salah satu alternatif yang dapat diterapkan adalah pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai sumber energi pompa air. Energi surya dapat disimpan dalam baterai sehingga dapat digunakan untuk mengoperasikan pompa sesuai kebutuhan. Integrasi PLTS dengan sistem kontrol berbasis Arduino juga memungkinkan pengoperasian pompa dilakukan secara otomatis sehingga dapat mengurangi ketergantungan terhadap listrik konvensional dan bahan bakar diesel.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pompa air otomatis bertenaga surya berbasis Arduino untuk memenuhi kebutuhan pengairan persawahan, menentukan kebutuhan energi listrik serta kapasitas panel surya dan baterai, dan menganalisis kinerja sistem selama proses pengoperasian. Hasil perancangan diharapkan dapat menjadi alternatif sistem pengairan yang lebih efisien dan memanfaatkan energi terbarukan untuk mendukung kegiatan pertanian di Desa Ulak Depati.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode literatur, observasi, diskusi, dan konsultasi. Metode literatur dilakukan dengan mengumpulkan dan mempelajari teori serta informasi yang relevan dari buku, jurnal, dan sumber internet terkait sistem pompa air, energi surya, PLTS, baterai, Arduino, dan pengairan persawahan. Metode observasi dilakukan melalui pengamatan langsung terhadap kondisi lahan persawahan, sumber air, sistem pengairan, serta peralatan yang digunakan untuk memperoleh data yang dibutuhkan dalam perancangan. Metode diskusi dilakukan bersama dosen pembimbing, mahasiswa, dan petani untuk memperoleh informasi dan masukan terkait permasalahan pengairan. Sementara itu, metode konsultasi dilakukan melalui wawancara dan komunikasi langsung dengan dosen pembimbing dan petani sebagai narasumber untuk memperoleh informasi yang mendukung proses perancangan sistem pompa air otomatis bertenaga surya berbasis Arduino.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kebutuhan Energi Sistem

Sistem pompa air otomatis bertenaga surya terdiri atas tiga panel surya masing-masing 200 Wp, *Solar Charge Controller* (SCC) MPPT 40 A, dua baterai 12 V 100 Ah yang dirangkai seri untuk menghasilkan tegangan 24 V, Arduino Uno sebagai pengendali, sensor kelembapan tanah sebagai input, serta pompa DC 300 W sebagai output untuk mengalirkan air ke sawah. Analisis kebutuhan energi dilakukan dengan menghitung konsumsi energi setiap komponen berdasarkan daya dan lama pengoperasiannya. Hasil perhitungan menjadi dasar dalam menentukan kapasitas panel surya dan baterai.

Analisis Kebutuhan Energi Pompa

Tabel 1 Hasil Perhitungan Daya dan Debit Motor Pompa Air

No	Ketinggian Air (cm)	Pukul	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Waktu (menit)	Volume Air (L)	Debit (L/menit)
1	0	11.06	24,30	6,43	156,25	0	0	-
2	1	12.31	23,78	6,60	156,95	91	856,57	9,41

3	2	13.35	24,04	7,20	173,09	155	1.540,73	9,94
4	3	14.06	23,23	7,20	167,26	186	1.872,12	10,07
5	4,7	15.06	23,27	7,10	165,22	246	2.513,60	10,22

Berdasarkan table 1 hasil perhitungan daya motor pompa air selama pengujian berada pada rentang 156,25 W hingga 173,09 W dengan daya rata-rata sebesar 163,75 W. Nilai daya rata-rata tersebut digunakan sebagai dasar dalam menghitung kebutuhan energi listrik karena dianggap mewakili kondisi kerja motor pompa selama proses pengairan berlangsung. Selain itu, waktu operasi pompa selama pengujian adalah 246 menit atau setara dengan 4,1 jam. Dengan mengetahui daya rata-rata dan waktu operasi pompa, maka kebutuhan energi listrik dapat dihitung menggunakan Persamaan (2.18):

$$Prata - rata = \frac{\sum P}{n}$$

dengan:

- $P_{rata-rata}$ = Daya rata-rata (W)
- $\sum P$ = Jumlah seluruh data daya (W)
- n = Jumlah data pengukuran

Perhitungannya:

$$P_{rata-rata} = \frac{156,25 + 156,95 + 173,09 + 167,26 + 165,22}{5}$$

$$P_{rata-rata} = \frac{818,77}{5}$$

$$P_{rata-rata} = 163,75 \text{ W}$$

Kebutuhan Energi Sistem Kontrol

Selain pompa, sistem menggunakan Arduino Uno, sensor kelembapan tanah, dan relay sebagai perangkat kontrol otomatis. Kebutuhan energi masing-masing komponen dihitung dengan persamaan:

A. Arduino Uno

Arduino bekerja sebagai pengendali otomatis untuk membaca sensor dan mengaktifkan relay.

$$E = P \times t$$

$$E = 1 \times 24$$

$$E = 24 \text{ Wh}$$

B. Sensor Kelembapan Tanah

Arduino bekerja sebagai pengendali otomatis untuk membaca sensor dan mengaktifkan relay.

$$E = P \times t$$

$$E = 0,3 \times 24$$

$$E = 7,2 \text{ Wh}$$

C. Relay

Relay berfungsi sebagai saklar elektronik yang dikendalikan oleh Arduino untuk menghubungkan dan memutus sumber daya ke pompa. Konsumsi energi relay dihitung berdasarkan lama relay aktif saat pompa beroperasi. Oleh karena itu, waktu operasi relay biasanya mengikuti waktu kerja pompa.

$$E = P \times t$$

$$E = 1 \times 4,1$$

$$E = 4,1 \text{ Wh}$$

Total Kebutuhan Energi Sistem

Tabel 2 Data Pengukuran Kebutuhan Energi

No	Komponen	Daya (W)	Lama Operasi (Jam)	Energi (Wh)
1	Pompa Air	163,75	4,6	671,38
2	Arduino Uno	1	24	24
3	Sensor Kelembapan Tanah	0,3	24	7,2
4	Relay	1	4,6	4,1
Total				706,5

Berdasarkan Tabel 2, total kebutuhan energi sistem sebesar **706,5 Wh/hari**. Pompa air merupakan komponen dengan konsumsi energi terbesar, yaitu 705,5 Wh/hari atau sekitar 80,21% dari total kebutuhan energi, dengan waktu operasi 4,1 jam. Besarnya konsumsi tersebut disebabkan pompa merupakan beban utama yang digunakan untuk mengalirkan air ke area persawahan.

Arduino Uno dan sensor kelembapan tanah beroperasi selama 24 jam untuk memantau kondisi tanah serta mengendalikan penyalaan dan pemadaman pompa secara otomatis. Meskipun memiliki daya relatif kecil, waktu operasi yang panjang menyebabkan perangkat kontrol mengonsumsi energi sebesar 31,2 Wh. Berdasarkan hasil tersebut, sistem PLTS dan baterai yang dirancang harus mampu menyediakan energi minimal 706,5 Wh/hari agar seluruh komponen dapat beroperasi secara optimal.

Analisis Kapasitas Baterai dan sistem PLTS

Analisis kapasitas baterai dan sistem PLTS dilakukan untuk menentukan kesesuaian kebutuhan energi sistem pompa air otomatis dengan kapasitas penyimpanan dan sumber energi yang digunakan. Perhitungan didasarkan pada kebutuhan energi harian sebesar 706,5 Wh/hari sebagai dasar penentuan kapasitas baterai dan panel surya. Hasil analisis digunakan untuk menilai kesesuaian serta keandalan sistem PLTS dalam menyediakan energi listrik selama proses pengairan persawahan.

Analisis Kapasitas Baterai

Energi listrik motor pompa air diperoleh dari baterai sebagai media penyimpanan energi yang dihasilkan panel surya. Penelitian ini menggunakan dua baterai 12 V 100 Ah yang disusun seri sehingga menghasilkan tegangan sistem 24 V dengan kapasitas tetap 100 Ah sesuai kebutuhan tegangan motor pompa. Kapasitas energi baterai ditentukan

berdasarkan tegangan sistem dan kapasitas baterai (Ah). Berdasarkan kebutuhan energi sistem sebesar 706,5 Wh, baterai harus mampu menyimpan energi minimal sebesar kebutuhan energi harian tersebut.

Perhitungan kapasitas baterai dilakukan menggunakan persamaan 2.8:

$$C_{bat} = \frac{E_h}{V_{sys} \times DoD}$$

Keterangan

C_{bat} = Kapasitas baterai (Ah)

E_h = Kebutuhan energi harian (Wh)

V_{sys} = Tegangan sistem (V)

DoD = Depth of Discharge

Pada penelitian ini digunakan:

- Kebutuhan energi harian = 706,5 Wh
- Tegangan sistem = 24 V
- $DoD = 50\% = 0,5$

Maka:

$$\begin{aligned} C_{bat} &= \frac{706,5}{24 \times 0,5} \\ C_{bat} &= \frac{706,5}{12} \\ C_{bat} &= 58,8Ah \\ C_{bat} &\approx 60 Ah \end{aligned}$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kapasitas minimum baterai yang dibutuhkan adalah 60 Ah. Untuk menjaga keandalan sistem, digunakan baterai berkapasitas 100 Ah, sehingga kapasitas yang tersedia lebih besar daripada kebutuhan minimum. Kapasitas tersebut digunakan untuk menjaga sistem tetap beroperasi saat intensitas cahaya matahari menurun atau proses pengisian panel surya belum maksimal.

Dengan kapasitas baterai 24 V 100 Ah, energi yang tersimpan dapat dihitung menggunakan persamaan 2.10

$$\begin{aligned} E &= V \times Ah \\ E &= 24 \times 100 \\ E &= 2400 Wh \end{aligned}$$

Energi yang tersimpan sebesar 2400 Wh lebih besar dibandingkan kebutuhan energi harian sistem yaitu 706,5 Wh. Hal ini menunjukkan bahwa kapasitas baterai yang digunakan mampu memenuhi kebutuhan energi sistem pompa air otomatis berbasis Arduino dengan baik.

Tabel 2 Kapasitas Baterai

Parameter	Nilai
Jumlah baterai	2 unit
Tegangan tiap baterai	12 V
Kapasitas tiap baterai	100 Ah
Konfigurasi	Seri
Tegangan sistem	24 V

Kapasitas Sistem	100 Ah
Kapasitas minimum system	60 Ah
Kapasitas energi baterai	100 Ah

Berdasarkan Tabel 3, kapasitas minimum baterai yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan energi sistem sebesar 706,5 Wh/hari adalah 60 Ah pada tegangan 24 V. Penelitian ini menggunakan baterai 100 Ah, sehingga kapasitasnya lebih besar dari kebutuhan minimum dan dapat menjaga operasi sistem ketika intensitas cahaya matahari menurun atau pengisian panel surya belum maksimal.

Dengan kapasitas 24 V 100 Ah, energi tersimpan sebesar 2.400 Wh, lebih besar dibandingkan kebutuhan energi harian sebesar 706,5 Wh. Baterai juga berfungsi sebagai cadangan energi untuk menjaga kontinuitas pengoperasian sistem saat panel surya tidak menghasilkan daya secara optimal. Dengan demikian, kapasitas baterai 24 V 100 Ah dinilai memadai untuk mendukung kebutuhan energi sistem pompa air otomatis berbasis Arduino sebesar 706,5 Wh/hari.

Kemampuan baterai dalam menyuplai Kebutuhan energi

Untuk mengetahui kemampuan baterai dalam memenuhi kebutuhan energi, dilakukan perbandingan antara kebutuhan energi sistem dan kapasitas energi baterai. Kebutuhan energi sebesar 706,5 Wh lebih kecil dibandingkan kapasitas baterai sebesar 2.400 Wh, sehingga energi yang tersedia mencukupi untuk pengoperasian pompa selama proses pengairan.

Tabel 4. Perbandingan Kebutuhan Energi dan Kapasitas Baterai

Parameter	Nilai
Energi yang dibutuhkan pompa	706,5 Wh
Kapasitas energi baterai	2.400 Wh
Persentase penggunaan baterai	29,43%
Sisa kapasitas energi baterai	70,57%

Berdasarkan Tabel 4, penggunaan energi selama satu kali proses pengairan hanya mencapai 29,43% dari kapasitas baterai, sehingga masih tersedia 70,57% sebagai cadangan. Sisa energi dapat digunakan untuk siklus pengairan berikutnya atau saat pengisian panel surya tidak optimal. Dengan demikian, kapasitas baterai yang digunakan telah memenuhi kebutuhan energi sistem dan mendukung kontinuitas pengoperasian pompa air.

Analisis Kapasitas Panel Surya

Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) digunakan sebagai sumber energi untuk mengisi baterai yang selanjutnya menyuplai motor pompa air. Sistem terdiri atas tiga panel surya masing-masing 200 Wp yang dirangkai paralel untuk meningkatkan arus keluaran sesuai kebutuhan pengisian baterai. Dengan demikian, total kapasitas PLTS adalah 600 Wp.

Tabel 5. Spesifikasi Sistem PLTS

Parameter	Nilai
Jumlah panel surya	3 unit
Kapasitas tiap panel	200 Wp

Konfigurasi panel	Paralel
Kapasitas total PLTS	600 Wp

Berdasarkan Tabel 5, kapasitas PLTS sebesar 600 Wp menjadi dasar dalam menentukan energi yang dapat dihasilkan untuk memenuhi kebutuhan sistem. Penentuan kapasitas panel didasarkan pada kebutuhan energi harian sebesar 706,5 Wh dan lama penyinaran matahari efektif (*Peak Sun Hour/PSH*) sebesar 5 jam per hari.

Rumus yang digunakan adalah pada persamaan 2.4

$$P_{PV} = \frac{E_h}{PSH}$$

Keterangan:

P_{PV} = Kapasitas panel surya (Wp)

E_h = Kebutuhan energi harian (Wh)

PSH = Peak Sun Hour (jam)

Substitusi nilai:

$$P_{PV} = \frac{706,5}{5}$$

$$P_{PV} = 141,3 Wp$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kapasitas minimum panel surya yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan energi harian sistem adalah sebesar 141,3 Wp

Tabel 4. 3 Perhitungan Kapasitas Panel

Parameter	Nilai
Energi Harian	706,5 Wh
Peak sun Hour	5 Jam
Kapasitas Minimum Panel	141,3 Wp
Kapasitas Panel Terpasang	600 Wp

Pada Tabel 6, perhitungan kapasitas panel surya dilakukan berdasarkan kebutuhan energi harian sistem sebesar 706,5 Wh dengan asumsi rata-rata lama penyinaran efektif matahari selama 5 jam per hari. Dari hasil perhitungan diperoleh kebutuhan panel surya minimum sebesar 141,3 Wp.

Pada penelitian ini digunakan panel surya sebesar 600 Wp, yang berarti kapasitas panel terpasang lebih besar dibandingkan kebutuhan minimum sistem. Penggunaan kapasitas panel yang lebih besar bertujuan untuk meningkatkan keandalan sistem, terutama saat intensitas radiasi matahari menurun akibat kondisi cuaca yang tidak menentu.

Dengan kapasitas panel sebesar 600 Wp dan asumsi lama penyinaran efektif selama 5 jam per hari, energi yang mampu dihasilkan panel surya dapat dihitung sebagai berikut:

$$E_{PV} = P_{PV} \times PSH$$

$$E_{PV} = 600 \times 5$$

$$E_{PV} = 3000 Wh$$

Kapasitas panel yang lebih besar memungkinkan baterai terisi lebih cepat sehingga

cadangan energi dapat tetap tersedia ketika intensitas cahaya matahari menurun akibat cuaca mendung atau hujan.

Dengan demikian kapasitas panel surya yang digunakan dinilai mampu memenuhi kebutuhan energi sistem pompa air otomatis secara optimal.

Pengujian dan Analisis Kinerja Sistem

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam menghasilkan dan menyuplai energi listrik bagi pompa air otomatis berbasis Arduino. Parameter yang diuji meliputi keluaran panel surya, pengisian baterai, konsumsi daya pompa, serta kecukupan energi PLTS terhadap kebutuhan sistem. Data diperoleh melalui pengukuran tegangan, arus, dan daya selama sistem beroperasi.

Pengujian Keluaran Panel Surya

Tabel 7. Hasil Pengukuran Panel Surya

No.	Waktu Pengujian	Intensitas Cahaya (lux)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
1	08.00 WIB	23.090	32,4	0,036	1,1664
2	09.00 WIB	45.320	35,3	0,036	1,2708
3	10.00 WIB	91.290	37,8	0,036	1,3608
4	11.00 WIB	115.600	37,9	0,038	1,4402
5	12.00 WIB	128.600	38,1	0,040	1,5240
6	13.00 WIB	124.800	38,0	0,039	1,4820
7	14.00 WIB	118.700	36,5	0,038	1,3870
8	15.00 WIB	60.610	34,1	0,037	1,2617
9	16.00 WIB	22.980	32,6	0,036	1,1736

Berdasarkan Tabel 7, keluaran panel surya mengikuti perubahan intensitas cahaya matahari. Daya terendah tercatat pukul 08.00 WIB sebesar 1,1664 W, kemudian meningkat hingga mencapai daya tertinggi pukul 12.00 WIB sebesar 1,524 W. Setelah pukul 12.00 WIB, daya kembali menurun seiring berkurangnya intensitas cahaya, dengan daya sebesar 1,2617 W pada pukul 15.00 WIB. Hasil pengujian menunjukkan bahwa keluaran panel surya berubah sesuai kondisi penyinaran selama pengujian dan digunakan untuk mendukung pengisian baterai serta kebutuhan energi sistem.

Pengujian Pengisian Baterai

Pengukuran baterai dilakukan melalui SCC untuk mengetahui kondisi penyimpanan energi sebagai sumber cadangan sistem pompa air otomatis.

Tabel 8. Hasil Pengisian Baterai

No.	Waktu (WIB)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
1	08.00	26,4	3,6	95,04
2	09.00	27,1	3,8	102,7
3	10.00	27,9	4,1	114,3
4	11.00	28,2	4,2	118,4
5	12.00	28,5	4,4	125,4
6	13.00	27,8	4,1	113,9
7	14.00	27,9	2,5	70
8	15.00	27,1	1,9	51,4
9	16.00	26,2	1,3	34,06

Tabel 8 menunjukkan tegangan baterai meningkat hingga 28,5 V pada pukul 12.00, seiring meningkatnya daya pengisian dari panel surya melalui SCC MPPT. Setelah mendekati kondisi penuh, arus dan daya pengisian menurun hingga 1,3 A dan 34,06 W pada pukul 16.00, menunjukkan SCC mengatur proses pengisian untuk mencegah *overcharging*. Hasil pengujian menunjukkan sistem pengisian mampu mengisi baterai dengan baik.

Pengujian Pompa Air

Pengujian dilakukan untuk mengetahui karakteristik tegangan, arus, dan kemampuan pompa saat bekerja berdasarkan kondisi kelembapan tanah yang dideteksi sensor.

Tabel 9. Data Pengukuran Pompa Air

No.	Pukul	Tegangan (V)	Arus (A)	Waktu (menit)	Ketinggian Air (cm)	Volume Air (L)
1	11.00	24,30	6,43	0	0	0
2	12.31	23,78	6,60	91	1	856,57
3	13.35	24,04	7,20	155	2	1.540,73
4	14.06	23,23	7,20	186	3	1.872,12
5	15.06	23,27	7,10	246	4,7	2.513,60

Berdasarkan Tabel 9, tegangan pompa berada pada rentang 23,23–24,30 V dengan arus 6,43–7,20 A. Tegangan dan arus relatif stabil selama pengoperasian. Ketinggian air meningkat dari 0 hingga 4,7 cm, dengan volume air mencapai 2.513,60 L pada menit ke-246. Hasil tersebut menunjukkan pompa mampu mengalirkan air secara kontinu menuju area persawahan. Ketinggian air merupakan hasil pengukuran pada titik pengamatan dan tidak menunjukkan tinggi genangan yang merata di seluruh area sawah.

Analisis Kinerja Sistem PLTS

Analisis kinerja dilakukan dengan membandingkan energi yang dihasilkan sistem PLTS dengan kebutuhan energi selama proses pengairan. Analisis ini bertujuan mengetahui kesesuaian kapasitas PLTS dalam memenuhi kebutuhan energi sistem pompa air otomatis serta mendukung keberlangsungan proses pengairan. Untuk mengetahui kemampuan sistem PLTS dalam memenuhi kebutuhan energi beban, digunakan persamaan 2.5

$$\eta = \frac{E_{PV}}{E_{beban}} \times 100\%$$

Keterangan:

η = Tingkat pemenuhan energi (%)

E_{PV} = Energi yang dihasilkan PLTS (Wh/hari)

E_{beban} = Energi yang dibutuhkan beban (Wh/hari)

Diketahui:

- Energi PLTS = Wh/hari
- Energi beban = 706,5 Wh/hari

Maka:

$$\eta = \frac{3000}{706,5} \times 100\%$$

$$\eta = 424,6\%$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa sistem PLTS mampu menyediakan energi sebesar 241% dari total kebutuhan energi sistem.

Tabel 4 Perbandingan Energi

Parameter	Nilai
Energi PLTS	3000 Wh/Hari
Energi Beban	706,5 Wh/Hari
Selisih Energi	2.294 Wh/Hari
Tingkat Pemenuhan Energi	424 %

Berdasarkan Tabel 4.10, sistem PLTS berkapasitas 600 Wp mampu menghasilkan energi sebesar 3.000 Wh/hari dengan asumsi penyinaran efektif 5 jam/hari. Nilai tersebut lebih besar dibandingkan kebutuhan energi sistem sebesar 706,5 Wh/hari, dengan selisih:

$$\text{Selisih Energi} = 3.000 \text{ Wh} - 706,5 \text{ Wh} = 2.293,5 \text{ Wh}$$

Tingkat pemenuhan energi sebesar 424% menunjukkan bahwa energi yang dihasilkan PLTS mencukupi kebutuhan seluruh beban dan masih memiliki cadangan yang dapat disimpan dalam baterai untuk digunakan saat intensitas cahaya matahari menurun atau pada malam hari. Dengan demikian, sistem PLTS yang dirancang mampu memenuhi kebutuhan energi pompa air otomatis di Desa Ulak Depati.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, dan analisis, sistem pompa air otomatis bertenaga surya berbasis Arduino membutuhkan energi sebesar 706,5 Wh/hari, yang terdiri atas pompa air 671,38 Wh/hari, Arduino Uno 24 Wh/hari, sensor kelembapan tanah 7,2 Wh/hari, dan relay 4,1 Wh/hari. Pompa menjadi beban terbesar dengan daya rata-rata 163,75 W dan waktu operasi sekitar 4,1 jam. Berdasarkan kebutuhan tersebut, kapasitas minimum panel surya adalah 141,3 Wp dengan PSH 5 jam/hari, sedangkan sistem menggunakan tiga panel masing-masing 200 Wp dengan total 600 Wp. Kapasitas minimum baterai adalah 60 Ah pada 24 V, sementara baterai yang digunakan berkapasitas 100 Ah dengan energi tersimpan 2.400 Wh, sehingga penggunaan energi mencapai 29,43% dengan cadangan 70,57%. Sistem PLTS secara teoritis menghasilkan 3.000 Wh/hari, lebih besar dari kebutuhan beban, dengan selisih 2.294 Wh/hari dan tingkat pemenuhan energi 424%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu memenuhi kebutuhan energi pompa air otomatis serta menyediakan cadangan energi saat intensitas cahaya matahari menurun.

Pengembangan selanjutnya disarankan menambahkan sensor water level untuk mengoptimalkan pengendalian ketinggian air, menggunakan pompa berkapasitas lebih besar untuk area persawahan yang lebih luas, serta mengembangkan sistem kontrol menggunakan PLC atau teknologi kontrol lainnya guna meningkatkan keandalan dan fleksibilitas sistem pada skala yang lebih besar.

DAFTAR REFERENSI

1. Al, Pipit et. Teknologi Tenaga Surya Book. Journal GEEJ. Vol. 7, 2020.
2. Berpengairan, Pengembangan Lahan. Irigasi, drainase, dan pengembangan lahan berpengairan, n.d.
3. Budianta, Dedik, dan D.k.K. DASAR-DASAR ILMU TANAH Sebagai fundamental ekosistem dan sumberdaya alam berkelanjutan, 2025.

4. Hamid, Sarwan, Jamaaluddin Jamaaluddin, Dwi Hadidjaja Rasjid Saputra, dan Arief Wisaksono. "Analysis of DC MCB Usage Characteristics for AC and DC Load Usage." *Procedia of Engineering and Life Science* 2, no. 2 (2022): 3–8. <https://doi.org/10.21070/pels.v2i2.1243>.
5. Haoxing, Zhuhai, dan Control System. "Memahami Motor Listrik," n.d.
6. Imanudin, Momon Sodik. *PENGELOLAAN AIR DI PETAK TERSIR RAWA PASANG SURUT Untuk Pertanian Pangan Berkelanjutan*, 2022.
7. Kumar, Sunil; Lochab, A.; Mishra, Manoj. *The Impact of Business Model Innovation (BMI) and Organisational Values on Firm Performance: Mediating Role of Corporate Sustainability. Corporate Sustainability-A New Paradigm*. Vol. 32, 2021.
8. Pasaribu, Faisal Irsan, dan Marcopolo Marcopolo. "Perancangan Prototype Alat Pemilah Sampah Otomatis." *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro* 2, no. 1 (2019): 22–29. <https://doi.org/10.30596/rele.v2i1.3645>.
9. Rauf Rosnita, Ritnawati, Rachim Fatmawaty, Dahri Ahmad Thamrin, Andre Hanalde, Richard A. M. Napitupulu, Erdawaty Aminur, Dean Corio, Parulian Siagián. *Matahari Sebagai Energi Masa Depan - Panduan Lengkap PLTS*. Repository.Uhn.Ac.Id. Vol. 19, 2016. <https://repository.uhn.ac.id/handle/123456789/9285>.
10. Rifka Alkhilyatul Ma'rifat, I Made Suraharta, Iryanto Irvan Jaya. "Dasar Teori, Motor Listrik" 2 (2024): 306–12.
11. Romadhon, Ahmad Sahru. *Project Sistem Kontrol Arduino*, 2021.
12. Rudyanto, Bayu, Risse Entikaria Rachmanita, dan Azamataufiq Budiprasojo. *PEMASANGAN*, n.d.
13. Samsurizal, Kartika Tresna Mauriraya, Miftahul Fikri, Nurmiati Pasra, dan Christiono. "Buku PLTS.pdf." *Buku PLTS*, 2021.
14. Sasmoko, Dani. *Arduino dan Sensor*, 2021.
15. Simamora, Antonius M. *Control Valve Pada*, n.d.
16. Siswoyo, Haikal Rayya Bramanta, dan Yoseph Santosa. "Rancang Bangun Modul Pengoperasian Motor Induksi dan Beban Resistif Menggunakan Solid State Relay (Ssr)." *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar* 15, no. 1 (2024): 233–39. <https://doi.org/10.35313/irwns.v15i1.6197>.
17. Siwi, Yogi Raka. "Analisis Pengendalian Motor DC Sebagai Pompa Air Otomatis Untuk Media Tanaman Hidroponik," 2023.
18. Suastika, I Wayan, dan Dkk. "Budi Daya Padi Sawah di Lahan Pasang Surut," 1997, 2–4.