

PERBANDINGAN KINERJA PANEL SURYA MONOKRISTALIN DAN POLIKRISTALIN DALAM APLIKASI POMPA AIR SUBMERSIBLE

COMPARISON OF MONOCRYSTALLINE AND POLYCRYSTALLINE SOLAR PANEL PERFORMANCE IN SUBMERSIBLE WATER PUMP APPLICATIONS

Mela Sofia Aqilah*, Izzul Hafid, Aulia Nabilah, dan Layli Nuraini

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang

*2410631160023@student.unsika.ac.id, 2410631160019@student.unsika.ac.id, 2410631160006@student.unsika.ac.id, 2410631160067@student.unsika.ac.id

INFO ARTIKEL

Diterima: 21 November 2025

Direvisi: 8 Juni 2026

Disetujui: 25 Juni 2026

ABSTRAK

Konsumsi listrik di dunia semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan populasi, berbanding terbalik dengan ketersediaan energi fosil yang semakin terbatas. Pembangkit listrik di Indonesia kebanyakan masih menggunakan energi fosil. Tercatat konsumsi listrik perkapita pada tahun 2023 di Indonesia rata-rata mencapai 1.285kWh/kapita. Angka ini meningkat dari 1.173 kWh/kapita pada 2022. Meningkatnya penggunaan energi fosil berbanding lurus dengan kenaikan emisi gas rumah kaca sehingga meningkatnya suhu bumi, naiknya permukaan air laut, dan iklim menjadi tidak stabil. Hal ini menjadi permasalahan yang serius karena diperlukannya sumber energi alternatif pengganti energi fosil karena penggunaannya sangat krusial termasuk pada sektor pertanian untuk mendukung sistem irigasi berbasis pompa air submersible. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan kinerja panel surya monokristalin dan polikristalin dalam aplikasi pompa air submersible, sehingga dapat diperoleh rekomendasi teknologi panel yang paling sesuai dengan karakteristik beban dan kondisi lingkungan. Penelitian ini menggunakan metode studi literatur dengan pendekatan analisis deskriptif-komparatif. Data yang dikaji yang mencakup parameter utama sistem fotovoltaik, yaitu tegangan, arus, daya, intensitas cahaya matahari, serta efisiensi konversi energi. Hasil kajian menunjukkan bahwa kinerja panel surya dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari dan suhu modul. Panel monokristalin memiliki efisiensi lebih tinggi dan menghasilkan daya lebih besar pada luas permukaan yang sama, sehingga cocok digunakan pada area dengan keterbatasan ruang. Sedangkan, panel polikristalin tetap relevan di daerah dengan intensitas cahaya tinggi karena mampu menghasilkan arus lebih besar meskipun efisiensinya lebih rendah.

Kata Kunci:

Energi Terbarukan, Panel Surya, Monokristalin, Polikristalin, Pompa Air Submersible

ABSTRACT

Global electricity consumption is increasing in line with population growth, in contrast to the increasingly limited availability of fossil fuels. Most power plants in Indonesia still use fossil fuels. Per capita electricity consumption in Indonesia in 2023 is estimated to reach an average of 1,285 kWh/capita. This figure is an increase from 1,173 kWh/capita in 2022. The increase in fossil fuel use is directly proportional to the increase in greenhouse gas emissions, which leads to global warming, rising sea levels, and climate instability. This is a serious problem because alternative energy sources are needed to replace fossil fuels, whose use is crucial, including in the agricultural sector to support water pump-based irrigation systems. This study aims to analyze and compare the performance of monokristalin and polikristalin solar panels in water pump applications so that recommendations can be made on the most suitable panel technology for the load characteristics and environmental conditions. This study uses a literature review method with a descriptive-comparative analysis approach. The data examined includes the main parameters of photovoltaic systems, namely voltage, current, power, sunlight intensity, and energy conversion efficiency. The study's results indicate that solar radiation intensity and module temperature significantly influence solar panel performance. Monokristalin panels have higher efficiency and generate more power over the same surface area, making them suitable for use in areas with limited space. Meanwhile, polikristalin panels remain relevant in areas with high light intensity because they are capable of generating greater current despite their lower efficiency.

Keywords:

Renewable Energy, Solar Panels, Monokristalin, Polikristalin, Water Pumps

*Corresponding author: 2410631160023@student.unsika.ac.id

I. PENDAHULUAN

Konsumsi listrik di dunia dari tahun ke tahun semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan populasi, berbanding terbalik dengan ketersediaan energi fosil yang semakin terbatas [1]. Pembangkit listrik di Indonesia kebanyakan masih menggunakan energi fosil. Tercatat konsumsi listrik perkapita pada tahun 2023 di Indonesia rata-rata mencapai 1.285 kWh/kapita. Angka ini meningkat dari 1.173 kWh/kapita pada 2022. Meningkatnya penggunaan energi fosil berbanding lurus dengan kenaikan emisi gas rumah kaca sehingga meningkatnya suhu bumi, naiknya permukaan air laut, dan iklim menjadi tidak stabil. Hal ini menjadi permasalahan yang serius karena diperlukannya sumber energi alternatif pengganti energi fosil [2].

Pada penelitian sebelumnya telah mengkaji performa panel surya dengan jenis material yang berbeda, terutama antara monokristalin dan polikristalin. Penelitian yang dilakukan oleh Rusman Sinaga, dkk., membandingkan kedua jenis panel pada sistem pompa air DC 12V tanpa baterai. Hasilnya menunjukkan bahwa panel monokristalin 100 Wp mampu menghasilkan volume air rata-rata 4.174 liter dalam 3 jam pengoperasian, sedangkan panel polikristalin menghasilkan 3.898 liter pada kondisi yang sama. Efisiensi konversi energi panel monokristalin tercatat sebesar 6,87%, sedikit lebih tinggi dibandingkan polikristalin yaitu 6,73%. Secara keseluruhan, efisiensi sistem pompa air pada panel monokristalin mencapai 33,85%, sementara pada panel polikristalin sebesar 32,34%. Penelitian tersebut menegaskan bahwa panel monokristalin memiliki performa lebih baik dalam hal efisiensi dan kestabilan suhu kerja (42-62°C) dibandingkan polikristalin (50-60°C), meskipun polikristalin tetap menjadi alternatif ekonomis karena biaya yang lebih rendah [3].

Sementara itu, Penelitian yang dilakukan oleh Partaonan Harahap, dkk., menggunakan panel surya monokristalin dan polikristalin berkapasitas masing-masing 50 Wp yang diuji selama enam hari, mulai pukul 07.00 hingga 16.00 WIB dengan interval pengukuran dua jam sekali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa panel monokristalin menghasilkan daya rata-rata sebesar 7,01 watt, sedangkan panel polikristalin sebesar 6,2 watt dengan intensitas radiasi rata-rata 78.760 lux. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa peningkatan intensitas cahaya matahari akan meningkatkan tegangan dan daya keluaran panel, namun bahan polikristalin memiliki daya serap lebih rendah pada kondisi radiasi tinggi dibandingkan monokristalin [4].

Berdasarkan kajian literatur tersebut, kebaruan ilmiah dari penelitian ini terletak pada analisis perbandingan kinerja kedua jenis panel surya dalam konteks aplikasi pompa air secara komprehensif melalui pendekatan studi literatur yang meninjau berbagai hasil penelitian empiris. Fokus penelitian diarahkan pada perbandingan efisiensi konversi energi dan keluaran daya listrik.

Namun, dari kedua penelitian tersebut, masih belum terdapat kompilasi dan analisis menyeluruh mengenai performa panel surya monokristalin dan

polikristalin dalam aplikasi pompa air pada berbagai kondisi operasi. Sebagian besar penelitian terdahulu hanya menyoroti satu atau dua parameter tanpa mempertimbangkan variasi lingkungan dan waktu pengujian. Dalam penelitian ini, analisis dilakukan terhadap intensitas cahaya matahari, perbedaan zona waktu (WIB dan WITA), tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan masing-masing panel surya, serta tegangan yang disuplai baterai ke pompa air. Pendekatan ini memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai performa sistem tenaga surya dalam kondisi nyata yang bervariasi secara geografis dan temporal.

Berdasarkan latar belakang tersebut, tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis dan membandingkan kinerja panel surya monokristalin dan polikristalin dalam aplikasi pompa air, sehingga dapat diperoleh rekomendasi jenis panel surya yang paling efisien dan sesuai dengan kondisi radiasi serta kebutuhan beban pada sistem pompa air tenaga surya.

II. METODE PENELITIAN

Jenis metode penelitian ini adalah penelitian studi literatur. Studi literatur merupakan penelitian yang berhubungan dengan membaca, mengumpulkan, mencatat, menyortir, kemudian mengelola literatur yang sudah didapat. Pengelolaan dilakukan dengan cara menghubungkan antar referensi terkait dengan topik penelitian yang dibahas metode ini tidak melibatkan eksperimen langsung, melainkan berbasis pada data sekunder hasil penelitian terdahulu. Metode studi literatur (literature review) ini dilakukan dengan pendekatan sistematis untuk membandingkan kinerja panel surya monokristalin dan polikristalin dalam aplikasi pompa air. Artikel ilmiah didapatkan melalui beberapa website pencarian yang relevan mengenai pemanfaatan energi surya, terkhusus pada teknologi fotovoltaik yang dimana terkelompok menjadi 2 yakni, monokristalin dan polikristalin. Tahapan penelitian dilakukan melalui beberapa langkah berikut [5]:

A. Identifikasi masalah dan penentuan fokus kajian

Langkah awal penelitian yakni dengan mengidentifikasi isu terkait pemanfaatan energi surya untuk sistem pompa air, khususnya dalam perbandingan kinerja panel surya monokristalin dan polikristalin. Tahap ini dilakukan dengan menelaah berbagai referensi awal untuk merumuskan fokus penelitian dan tujuan yang jelas.

B. Pengumpulan literatur

Pengumpulan data dilakukan dengan mengidentifikasi parameter-parameter penting yang terdapat pada masing-masing jurnal. Parameter yang dianalisis dalam penelitian ini mencakup tegangan, arus, daya, waktu pengukuran, dan intensitas cahaya matahari. Parameter tersebut dipilih karena merupakan indikator utama dalam menilai kinerja sistem fotovoltaik, baik monokristalin maupun polikristalin. Kata kunci yang digunakan meliputi: monokristalin solar panel performance, polikristalin solar panel comparison, photovoltaic for water pumping, dan solar-powered pump.

C. Seleksi Literatur (Purposive Sampling)

Analisis dilakukan pada literatur yang memenuhi kriteria inklusi, yaitu: (a) membahas panel surya monokristalin atau polikristalin, (b) terkait aplikasi sistem pompa air atau sistem PV sejenis, (c) menyajikan data kuantitatif mengenai kinerja (efisiensi, output daya, volume air, ketahanan lingkungan). Sementara itu, artikel yang tidak menyajikan data kuantitatif atau hanya membahas panel tanpa aplikasi PV dikeluarkan dari analisis.

D. Rencana Analisis

Data yang sudah diperoleh dari masing-masing jurnal kemudian dianalisis secara deskriptif dan komparatif. Diantaranya:

1. Teknik pengumpulan data: Ekstraksi data dari tabel/hasil penelitian pada jurnal.
2. Teknik analisis: Perbandingan deskriptif (tabel komparatif, grafik perbandingan dari berbagai jurnal), serta analisis naratif. Bila data homogen, dapat digunakan meta-analisis sederhana.

Adapun hasil analisis berdasarkan literatur menunjukkan bahwa variasi output listrik panel surya sangat dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari (solar radiation) dan suhu modul. Pada modul monokristalin, tegangan rangkaian terbuka (Voc) cenderung lebih tinggi, sedangkan modul polikristalin menghasilkan arus hubung singkat (Isc) yang relatif lebih besar pada radiasi tinggi.

Suhu modul yang meningkat menurunkan efisiensi konversi energi, ditandai dengan penurunan tegangan keluaran. Hal ini sejalan dengan temuan penelitian yang menunjukkan hubungan terbalik antara suhu dan kinerja modul.

Data intensitas cahaya sering dikonversi dari satuan lux ke W/m^2 sebelum dianalisis. Misalnya, pada intensitas 124.400 lux ($\approx 982,76 W/m^2$), panel monokristalin 100 Wp mampu menghasilkan tegangan 11,95 V, arus 3,88 A, dan daya 46,3 W atau sekitar 46% dari kapasitas nominal. Penyebab perbedaan ini adalah losses seperti orientasi panel, sudut datang cahaya, dan suhu operasi. Dengan demikian, analisis tidak hanya menjelaskan pola umum (misalnya pengaruh radiasi dan suhu), tetapi juga membandingkan hasil nyata dari berbagai jurnal terkait efisiensi, tegangan, arus, dan daya.

E. Alat dan Perangkat Lunak

Alat dan perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian literatur ini meliputi laptop/PC, internet, perangkat lunak pengolahan kata (MS Word), spreadsheet (MS Excel), serta reference manager (misalnya Mendeley).

F. Penyajian Hasil

Data hasil perbandingan disajikan dalam bentuk tabel, dilanjutkan dengan uraian analisis yang menekankan persamaan, perbedaan, kelebihan, dan kekurangan tiap penelitian. Hasil analisis kemudian disimpulkan untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai perbedaan kinerja panel surya monokristalin dan polikristalin pada aplikasi pompa air [6].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

HASIL

Tabel I. Tabel Pengukuran Kapasitas Panel Surya Monokristalin 100 Wp

Waktu	Lux	W/m^2	Panel Surya		
			Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
8:00	124400	982,76	11,95	3,88	46,3
9:00	130700	1032,53	12,2	3,88	47,3
10:00	134000	1058,6	12,5	4,46	55,7
11:00	135400	1069,66	13,5	4,45	60
12:00	141000	1113,9	14,15	4,15	58,7
13:00	138300	1092,57	13,8	4,91	67,7
14:00	137600	1087,04	13,19	4,96	65,4
15:00	121300	958,27	11,28	4,55	51,3
16:00	110800	875,32	11,19	4,46	49,9
Total	1173500	9270,65	113,76	39,7	502,3
Rata-rata	130389	1030,07	12,64	4,41	55,81

Sumber: Jurnal Rancangan Pompa Air DC Menggunakan Solar Cell untuk Irigasi Lahan Pertanian Desa [7].

Tabel II. Tabel Pengukuran Baterai 12V 65Ah pada Panel Surya Monokristalin 100 Wp

Tegangan (V)	Kapasitas Baterai (%)
11,9	30%
12,1	42%
12,3	60%
12,3	67%
12,5	75%
12,8	86%
12,9	90%
12,9	92%

Sumber: Jurnal Rancangan Pompa Air DC Menggunakan Solar Cell untuk Irigasi Lahan Pertanian Desa [7].

Tabel III. Tabel Pengukuran Kapasitas Panel Surya Polikristalin 100 Wp

Waktu	Intensitas Cahaya Matahari (W/m^2)	Tegangan (V)	Arus (A)	Po (Watt)	Efisiensi Panel Surya η (%)
9:00	625	11,2	4,0	44,856	10,53%
10:00	926	16,8	4,4	73,875	11,70%
11:00	916	16,7	4,4	73,284	11,70%
12:00	1013	19,9	4,4	87,636	12,86%
13:00	867	16,5	4,0	66,199	11,22%
14:00	648	12,0	3,9	46,665	10,59%
15:00	266	8,3	2,5	20,856	11,53%
16:00	130	4,5	1,8	8,12	9,32%
Rata-rata	673,875	13,2	3,7	52,686375	11,18%
Total	5391	105,9	29,4	421,491	89,45%

Sumber: Jurnal Uji Kinerja Panel Surya Tipe Polikristalin 100 Wp [8].

Tabel 4. Tabel Pengukuran Baterai 12V 65Ah pada Panel Surya Polikristalin 100 Wp

Tegangan (V)	Kapasitas Baterai (%)
11,9	30%
12,1	42%
12,3	60%
12,3	67%
12,5	75%
12,8	86%
12,9	90%
12,9	92%

Sumber: Jurnal Uji Kinerja Panel Surya Tipe Polikristalin 100 Wp [8].

A. Perhitungan Energi Baterai

Baterai yang digunakan pada sistem memiliki spesifikasi **12 V 65 Ah**, sehingga total energi yang dapat disimpan adalah sebesar:

$$E_b = V_b \times C = 12 \times 65 = 780 \text{ Wh} \quad (1)$$

Nilai ini menjadi dasar untuk menghitung kapasitas energi yang dapat digunakan untuk mengoperasikan pompa air. Kapasitas energi aktual bergantung pada efisiensi pengisian serta batas penggunaan aman (*Depth of Discharge*) dari baterai.

B. Pengisian Baterai dengan Panel Surya

Proses pengisian dilakukan menggunakan panel surya monokristalin 100 Wp selama periode waktu 09.00–16.00 WIB. Berdasarkan hasil pengamatan, tingkat pengisian baterai berkisar antara 30% hingga 92%, sehingga energi yang berhasil diisi ke baterai dapat dihitung dengan persamaan:

$$\begin{aligned} E_{charge} &= (0.92 - 0.30) \times 780 \\ E_{charge} &= 0.62 \times 780 \\ E_{charge} &= 483.6 \text{ Wh} \end{aligned} \quad (2)$$

Nilai ini menunjukkan bahwa sekitar 62% kapasitas energi baterai dapat terisi dalam satu siklus pengisian harian pada kondisi cuaca cerah. Jika penggunaan pompa air menggunakan panel surya monokristalin 100 Wp:

$$\begin{aligned} E_{charge} &= (\text{Jam ke} - 1 + \dots + \text{Jam ke} - 8) \times 1 \text{ jam} \\ E_{charge} &= 502.3 \text{ Wh} \end{aligned} \quad (3)$$

Jika penggunaan pompa air menggunakan panel surya monokristalin 100 Wp:

$$\begin{aligned} E_{charge} &= (\text{Jam ke} - 1 + \dots + \text{Jam ke} - 8) \times 1 \text{ jam} \\ E_{charge} &= 421.49 \text{ Wh} \end{aligned} \quad (4)$$

C. Energi yang Dapat Digunakan

Untuk menjaga umur pakai baterai LiFePO_4 , sistem diatur agar hanya menggunakan maksimal 80% dari kapasitas total energi. Maka energi yang dapat digunakan adalah:

$$E_{useable} = 780 \times 0.8 = 624 \text{ Wh} \quad (5)$$

Energi ini merupakan cadangan utama yang dimanfaatkan pompa air untuk beroperasi selama tidak ada suplai energi dari panel surya.

D. Daya dan Arus Pompa Air

Pompa air yang digunakan memiliki daya nominal sebesar **780 W**, dengan kebutuhan arus:

$$I_{pump} = \frac{P}{V} = \frac{780}{12} = 65 \text{ Ah} \quad (6)$$

Nilai arus ini sesuai dengan kapasitas baterai yang digunakan, sehingga sistem dapat beroperasi tanpa kelebihan beban [9].

E. Waktu Operasi Pompa Air

Dengan memperhitungkan efisiensi sistem sebesar **95%**, waktu operasi pompa air ketika hanya menggunakan energi dari baterai dapat dihitung dengan:

$$\begin{aligned} t &= \frac{E_{useable} \times \eta_s}{P_{pump}} \\ t &= \frac{624 \times 0.95}{780} \\ t &= 0.76 \text{ jam} \approx 46 \text{ menit} \end{aligned} \quad (7)$$

Artinya, pompa dapat beroperasi selama hampir satu jam hanya menggunakan energi tersimpan dari baterai, tanpa suplai langsung dari panel surya. Jika penggunaan pompa air menggunakan panel surya monokristalin 100 Wp dalam 1 hari (502,3 Wh):

$$\begin{aligned} t_B &= \frac{502.3 \times 0.95}{780} \\ t_B &= 0.611 \text{ jam} \\ t_B &= 36.7 \text{ menit} \end{aligned} \quad (8)$$

Jika penggunaan pompa air menggunakan panel surya monokristalin 100 Wp dalam 1 hari (421,49 Wh):

$$\begin{aligned} t_B &= \frac{421.49 \times 0.95}{780} \\ t_B &= 0.513 \text{ jam} \\ t_B &= 30.8 \text{ menit} \end{aligned} \quad (9)$$

F. Perbandingan Kinerja Panel Surya Monokristalin dan Polikristalin

Berdasarkan hasil perhitungan yang dihasilkan oleh masing-masing panel, diperoleh data seperti pada Tabel 1 berikut:

Tabel 4. Tabel Perbandingan Kinerja Panel Surya Monokristalin dan Polikristalin

Jenis Panel Surya	Energi yang Dihasilkan (Wh)	Waktu Operasi Pompa (jam)	Waktu Operasi (menit)
Monokristalin 100 Wp	502.3 Wh	0,611 jam	36.7 menit
Polikristalin 100 Wp	421.49 Wh	0,513 jam	30.8 menit

PEMBAHASAN

Hasil penelitian yang dilakukan melalui dua jurnal percobaan memberikan gambaran mengenai karakteristik modul surya serta pemanfaatannya dalam berbagai aplikasi sistem energi terbarukan. Secara umum, ketiga penelitian ini menekankan pada pemanfaatan modul surya berbasis teknologi monokristalin dan polikristalin untuk menghasilkan daya listrik yang dapat diaplikasikan pada sistem pompa air maupun sistem akuaponik.

A. Karakteristik Modul Fotovoltaik

Berdasarkan data pengukuran, modul surya jenis monokristalin dan polikristalin 100 Wp menunjukkan adanya variasi output listrik yang dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari (*solar radiation*) dan suhu lingkungan. Parameter yang diamati meliputi tegangan rangkaian terbuka (*Voc*), arus hubung singkat (*Isc*), radiasi surya (*SR*), serta suhu modul (*S*).

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa modul monokristalin cenderung memiliki tegangan keluaran (*Voc*) lebih tinggi dibandingkan modul polikristalin. Namun, arus keluaran (*Isc*) pada modul polikristalin relatif lebih besar pada kondisi radiasi tinggi. Hal ini sesuai dengan karakteristik umum kedua jenis modul, di mana monokristalin lebih efisien dalam konversi energi per satuan luas, sedangkan polikristalin memiliki toleransi lebih baik terhadap kondisi radiasi yang fluktuatif.

Selain itu, faktor suhu juga memberikan pengaruh signifikan. Pada saat suhu modul meningkat, efisiensi konversi menurun yang ditunjukkan oleh penurunan nilai tegangan. Temuan ini mendukung literatur sebelumnya bahwa peningkatan suhu berbanding terbalik dengan efisiensi modul surya.

B. Aplikasi Panel Surya untuk Pompa Air DC

Panel surya monokristalin berkapasitas 100 Wp digunakan untuk mengoperasikan pompa air DC sebagai sistem irigasi lahan pertanian. Data yang diperoleh mencakup hasil konversi intensitas cahaya dari satuan lux ke W/m^2 , serta pengukuran tegangan, arus, dan daya listrik yang dihasilkan panel surya.

Hasil pengujian memperlihatkan bahwa pada intensitas cahaya sekitar 124.400 lux (982,76 W/m^2), panel mampu menghasilkan tegangan sebesar 11,95 V; arus 3,88 A; dengan daya keluaran mencapai 46,3 W. Nilai ini menunjukkan bahwa performa panel masih berada pada kisaran 46% dari kapasitas nominalnya (100 Wp), yang dapat dijelaskan oleh adanya faktor kerugian (*losses*) seperti orientasi panel, sudut datang cahaya, serta suhu operasi panel.

Pemanfaatan modul surya dalam aplikasi pompa air terbukti efektif untuk mendukung sistem irigasi terutama pada daerah yang memiliki intensitas radiasi cukup tinggi. Namun, untuk memastikan kontinuitas suplai energi, sistem ini

memerlukan integrasi dengan baterai penyimpanan atau pengatur beban agar pompa tetap berfungsi pada kondisi radiasi rendah.

C. Pemanfaatan Energi Surya pada Sistem Pompa Akuaponik

Pemanfaatan panel surya monokristalin 100 Wp untuk mendukung sistem pompa akuaponik. Berdasarkan perhitungan kebutuhan energi, pompa air dengan daya 19 W yang beroperasi selama 24 jam memerlukan energi sebesar 502,3 Wh per hari.

Jika diasumsikan menggunakan sistem tegangan 12 V, maka arus yang dibutuhkan mencapai sekitar 38 Ah per hari. Perhitungan ini menekankan bahwa panel surya tunggal dengan kapasitas 100 Wp tidak akan mencukupi tanpa adanya dukungan dari baterai dengan kapasitas penyimpanan memadai dan kemungkinan tambahan panel surya untuk mengimbangi kebutuhan energi yang kontinu.

Temuan ini menunjukkan bahwa aplikasi panel surya dalam sistem akuaponik bukan hanya menekankan pada efisiensi panel, tetapi juga pada perancangan sistem penyimpanan energi (*battery storage system*) yang tepat, agar pompa dapat beroperasi selama 24 jam penuh tanpa terputus [11].

D. Analisis Perbandingan Antar Jurnal

Jika dibandingkan, Jurnal 1 memberikan dasar mengenai performa teknis modul surya berdasarkan jenis material (mono vs poli), sementara Jurnal 2 dan Jurnal 3 memperlihatkan implementasi praktis modul surya dalam mendukung sistem pertanian (irigasi dan akuaponik). Secara umum dapat disimpulkan bahwa:

1. Modul monokristalin memiliki efisiensi lebih tinggi, cocok untuk aplikasi dengan keterbatasan ruang.
2. Modul polikristalin masih relevan pada kondisi intensitas radiasi tinggi meskipun lebih rendah dari sisi efisiensi.
3. Aplikasi praktis panel surya memerlukan perencanaan sistem pendukung seperti baterai dan charge controller untuk menjaga kontinuitas energi.
4. Kesesuaian antara kebutuhan beban dan kapasitas panel harus diperhitungkan agar sistem berjalan optimal.

E. Implikasi Penelitian

Hasil dari kedua jurnal ini mempertegas potensi besar energi surya dalam mendukung sistem pertanian berkelanjutan. Dengan perancangan yang tepat, teknologi panel surya dapat diaplikasikan tidak hanya untuk memenuhi kebutuhan irigasi, tetapi juga untuk sistem terintegrasi seperti akuaponik yang membutuhkan suplai energi kontinu. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengoptimalkan konfigurasi panel, penyimpanan energi, serta strategi pengoperasian yang efisien pada skala lapangan.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian dan analisis literatur, dapat disimpulkan bahwa jenis panel surya ini sangat mempengaruhi efisiensi dan performa pada sistem pompa air. Panel monokristalin menunjukkan efisiensi konversi energi yang lebih tinggi serta daya keluaran lebih besar dibandingkan panel polikristalin, terutama pada area dengan keterbatasan ruang dan intensitas radiasi matahari yang stabil. Sementara itu, panel polikristalin tetap layak digunakan pada daerah dengan intensitas cahaya tinggi karena kemampuannya menghasilkan arus lebih besar meskipun efisiensinya lebih rendah.

Faktor intensitas radiasi matahari dan suhu modul berperan penting dalam menentukan keluaran daya. Peningkatan suhu menyebabkan penurunan efisiensi pada kedua jenis panel. Selain itu, hasil analisis menunjukkan bahwa panel monokristalin 100 Wp mampu menghasilkan energi sekitar 502,3 Wh per hari, sedangkan panel polikristalin menghasilkan sekitar 421,49 Wh per hari, dengan waktu operasi pompa berturut-turut 0,611 jam dan 0,513 jam.

Sistem pompa air berbasis tenaga surya akan berfungsi optimal apabila dilengkapi dengan baterai penyimpanan dan *charge controller*, yang berperan menjaga kontinuitas suplai energi pada saat radiasi rendah. Dengan demikian, pemilihan jenis panel surya harus disesuaikan dengan kondisi lingkungan, kapasitas beban, dan kebutuhan energi sistem, agar penerapan teknologi energi terbarukan dapat berjalan efisien, andal, dan berkelanjutan.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral. (2025). Konsumsi Listrik Masyarakat Meningkat, Tahun 2023 Capai 1.285 kWh/Kapita. Jakarta, Indonesia. Retrieved from: <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/konsumsi-listrik-masyarakat-meningkat-tahun-2023-capai-1285-kwh-kapita>.
- [2] Bintang, R. A. (2025, April 2025). 85% Listrik Indonesia Berasal dari Energi Fosil. Retrieved from: <https://data.goodstats.id/statistic/85-listrik-indonesia-berasal-dari-energi-fosil-g1Bb8>.
- [3] Rusman, S., Julius, T., Marthen, B., Agusthinus, S. (2021). Performance Analysis of Monocrystalline and Polycrystalline Solar Photovoltaic for Solar Water Pump (SWP) System in Indonesia. International Conference on Applied Science and Technology on Engineering Science. 221-226. doi: 10.5220/0010942600003260.
- [4] Partaonan, H., Inda, B., Rimbawati, Benny, O. (2022). Pengaruh Intensitas Cahaya Matahari Dan Suhu Terhadap Daya Yang Dikeluarkan Oleh Modul Sel Surya Monocrystalline Dan Polycrystalline. Jurnal Mesil (Mesin, Elektro, Sipil). Vol. 3, 1-5. doi: <https://doi.org/10.53695/jm.v3i2.791>.
- [5] Suhud, A. (2021). Studi Literatur: Analisis Penerapan dan Pengembangan Penilaian Autentik Kurikulum 2013 pada Jurnal Nasional dan Internasional. Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana. 1, 368-374
- [6] Mutia, H., Purwanti, P. P. Studi Literatur: Pengaruh Penerapan Model Pembelajaran Guided Inquiry (GI) terhadap Hasil Belajar Kognitif, Afektif, dan Psikomotor Siswa Sekolah Menengah pada Materi Biologi. (2022). BIODIK: Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi. Vol. 08, 38-46.
- [7] Nur, F., Alimuddin, S. M., Riana, T. M. (2022). Rancangan Pompa Air DC Menggunakan Solar Cell Untuk Irigasi Lahan Pertanian Desa. Jurnal Media Elektrik. Vol. 20, 22-29. doi: <https://doi.org/10.59562/metrik.v20i1.5480>.
- [8] Dimas, A. P., Indra, H. S. (2020). Uji Kinerja Panel Surya Tipe Polycrystalline 100WP. Jurnal Pendidikan Teknik Mesin. Vol. 6, 79-85.
- [9] Shinta, T. K., Muh, F. N., Oktaviandi. (2025). Pemanfaatan Energi Surya Sebagai Sumber Penghasil Energi Listrik untuk Sistem Pompa Akuaponik. Jurnal: Elekrika Borneo (JEB). Vol 11, 1-9.
- [10] Suratno, Bayu, D. C. (2023). Rancang Bangun Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Catu Daya Pompa Air Submersible. Jurnal Teknik Elektro Uniba. Vol. 7, 309-319.
- [11] Gusti, L. L., Asep, S., Rahmat, A. S. (2021). Pemantauan Potensi Energi yang Dihasilkan Sel Surya Polycrystalline Silicon untuk Pengisian Baterai Lead Acid di Lingkungan Universitas Telkom. e-Proceeding of Engineering. Vol.8, 1830-1837.