

Rancangan dan pengujian pompa air tenaga surya (PATS) *mobile* untuk pembibitan padi

**Mas Wisnu Aninditya^{1*}, Kemal Mahfud², Muhammad Mugi Alfian², Adnan Zaidan Tri Saputro²,
Hibatul Haqqi Firdausy², Budi Priyonggo³**

^{1*,2}Program Studi Teknologi Mekanisasi Pertanian, Politeknik Enjiniring Pertanian Indonesia Jl.

Sinarmas Boulevard, Kec. Pagedangan, Tangerang, Banten 15338

³Program Studi Tata Air Pertanian, Politeknik Enjiniring Pertanian Indonesia Jl. Sinarmas Boulevard,

Kec. Pagedangan, Tangerang, Banten 15338

Email: maswisnua@gmail.com

Abstrak

Air merupakan kebutuhan pokok bagi seluruh manusia, termasuk untuk kegiatan pertanian seperti penyemaian benih padi dan pengairan sawah. Pada umumnya masyarakat masih mengandalkan pompa air listrik yang bersumber dari listrik PLN. Karena kondisi kelistrikan PLN yang tidak memungkinkan untuk menyuplai listrik di persawahan yang luas dan tersebar di beberapa tempat yang berbeda. Sehingga untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukan suatu alternatif dengan menggunakan energi surya. Pompa Air Tenaga Surya (PATS) dirancang untuk dapat *mobile*/ berpindah-pindah dari antar lahan sawahnya. Perancangan dan simulasi menggunakan bantuan aplikasi solidworks. Pengujian dilakukan di Kecamatan Pebayuran, Kabupaten Bekasi. Beberapa aspek yang diuji diantaranya pengujian daya, arus hingga hambatan yang diperoleh dari panel, baterai yang akan mendistribusikan tenaga ke pompa air. Nilai efisiensi pompa air tertinggi terdapat pada hari Selasa, 25 Juni 2024 dengan efisiensi didapat sebesar 97,2% pada posisi sudut panel 10°, nilai efisiensi pompa air terendah didapat pada hari Senin, 24 Juni 2024 dengan efisiensi yang didapat sebesar 81,8% pada posisi sudut panel 10°. Pada hasil pengujian ini bisa disimpulkan bahwa perbedaan nilai efisiensi dipengaruhi oleh perbedaan tenaga listrik pompa air dan baterai. Nilai debit air tertinggi didapat pada hari Rabu, 26 Juni 2024 dengan nilai debit air sebesar 0,000162 m³/s dengan posisi sudut panel 10°. Nilai debit air terendah didapat pada hari Senin, 24 Juni 2024 dengan nilai debit air sebesar 0,000102 m³/s dengan posisi sudut panel 10°. Perbedaan nilai energi listrik pompa air ini disebabkan oleh lamanya waktu pompa beroperasi, semakin lama pompa air beroperasi maka semakin besar pula energi listrik yang dihasilkan oleh pompa air. Nilai tegangan listrik tertinggi yang dihasilkan oleh panel surya yakni pada hari Rabu, 26 Juni 2024, dimana dengan sudut panel 0° bisa menghasilkan tegangan listrik sebesar 13,7 Volt, sedangkan angka terendah tegangan listrik yang dihasilkan oleh panel surya berada di angka 10,5 Volt dengan sudut panel yang sama pada hari Rabu, 26 Juni 2024.

Kata kunci: energi listrik surya, uji kinerja, panel surya, pompa air

Abstract

Water is a basic need for all humans, including for agricultural activities such as sowing rice seeds and irrigating rice fields. In general, people still rely on electric water pumps sourced from PLN electricity. Because PLN's electricity conditions do not allow it to provide electricity to large rice fields that are spread across several different places. Therefore, to overcome this problem, an alternative is needed using solar energy. Solar Powered Water Pump is designed to be mobile/moving from one rice field to another. The role uses the help of the Solidworks application. Testing was carried out in Pebayuran District, Bekasi Regency. Several aspects that were tested included testing power, current to resistance obtained from the panel, the battery that will distribute power to the air pump. The highest water pump efficiency value was on Tuesday, June 25, 2024 with an efficiency of 97.2% at a panel angle position of 10°, the lowest water pump efficiency value was obtained on Monday, June 24, 2024 with

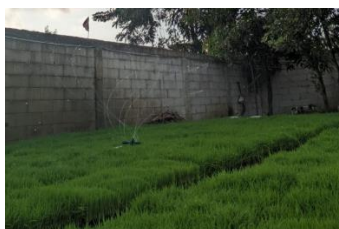
an efficiency of 81.8% at a panel angle position of 10° . From the test results, it can be concluded that the difference in efficiency values is influenced by the difference in the electrical power of the water pump and battery. The highest air discharge value was obtained on Wednesday, June 26, 2024 with an air discharge value of $0.000162 \text{ m}^3/\text{s}$ with a panel angle position of 10° . The lowest air discharge value was obtained on Monday, June 24, 2024 with an air discharge value of $0.000102 \text{ m}^3/\text{s}$ with a panel angle position of 10° . The difference in the electrical energy value of the water pump is due to the length of time the water pump operates, the longer the water pump operates, the greater the electrical energy produced by the water pump. The highest electrical voltage value produced by the solar panel was on Wednesday, June 26, 2024, where with a panel angle of 0° it could produce an electrical voltage of 13.7 Volts, while the lowest electrical voltage figure produced by the solar panel was at 10.5 Volts with the same panel angle on Wednesday, June 26, 2024.

Key word: solar power, performance test, solar panels, water pumps

1. PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan pokok bagi seluruh manusia, termasuk untuk minum, memasak, dan mandi. Oleh karena itu, kehidupan manusia tidak dapat lepas dari kebutuhan akan air. Pada umumnya masyarakat masih mengandalkan dan menggunakan pompa air listrik yang bersumber dari listrik PLN. Karena kondisi kelistrikan PLN yang tidak memungkinkan untuk menyuplai energi listrik ke area persawahan. Meskipun program PLN “Listrik Masuk Sawah” sedang digencarkan akan tetapi banyak daerah-daerah yang tidak dapat mengakses program tersebut. Pertanian konvensional menganggap bahwa curah hujan dapat memenuhi kebutuhan air tanaman pada saat pembibitan padi. Namun gejala perubahan iklim global membuat penurunan kuantitas curah hujan, terutama bagi daerah yang curah hujannya sangat rendah. Sehingga untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukan suatu alternatif energi dengan menggunakan Teknologi PV (*Photovoltaic*).

Teknologi PV (*Photovoltaic*) adalah sumber energi terbarukan yang telah mendapat popularitas dalam beberapa tahun terakhir karena produksi energi ramah lingkungan dari sel *fotovoltaik* yang digunakan untuk menjalankan peralatan listrik secara langsung. Salah satu pengaplikasian dari PV adalah untuk mengalirkan energi ke pompa air pertanian. Banyak penelitian telah dilakukan tentang penggunaan PV [1-4].



Gambar 1. Penerapan PATS untuk irigasi pembibitan padi

Indonesia terletak dikawasan iklim khatulistiwa, mendapat sinar surya rata-rata harian $4.000 - 5.000 \text{ Wh/m}^2$, dimana rata-rata jumlah jam sinaran antara 4 hingga 8 jam. Berdasarkan letak geografis yang strategis, hampir seluruh daerah di Indonesia berpotensi untuk dikembangkan PLTS dengan daya rata-rata mencapai 4 kWh/m^2 [5]. Berdasarkan Badan Pusat Statistik Kabupaten Bekasi, didapat rata-rata curah hujan pada periode tahun (2013-2017) di Kabupaten Bekasi yaitu sebesar 1.602 mm, di mana rata-rata curah hujan di Indonesia berada di angka 2.898 mm. Hal ini sangat memungkinkan dan mendukung dalam penerapan sistem pompa air tenaga surya dan diharapkan dengan kehadiran pompa tenaga surya ini para petani dapat terbantu dalam proses pembibitan padi.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat

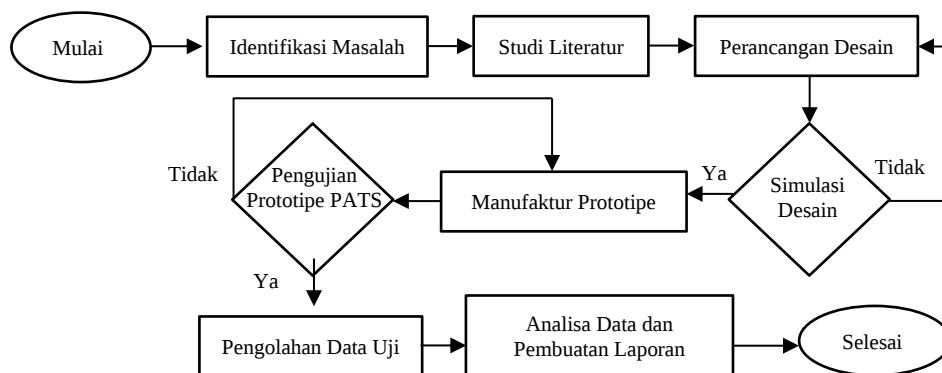
Pelaksanaan kegiatan penelitian pada Juni hingga Juli 2024. Tempat pengujian berlokasi di sawah kelompok tani Tambun Tani Sejahtera, Kecamatan Pebayuran, Kabupaten Bekasi, Provinsi Jawa Barat.

2.1 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah komputer yang sudah terinstal aplikasi solidworks, alat tulis, bahan manufaktur, las listrik, gerinda tangan, bor tangan, dan peralatan pendukung lainnya.

2.3 Tahapan Penelitian

Prosedur rancangan pada modifikasi rancangan mesin pengupas lada ditunjukan pada Gambar 2.



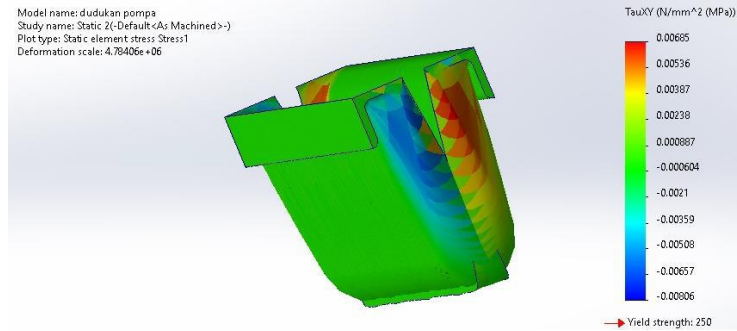
Gambar 2 Flowchart penelitian

Tahap pertama yang dilakukan dalam penelitian adalah dengan mengidentifikasi permasalahan yang ada yakni kebutuhan energi alternatif guna pengairan saat proses pembibitan padi. Identifikasi masalah dapat dilakukan dengan berbagai cara, seperti analisis data, observasi, wawancara, atau pengamatan langsung. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi situasi atau masalah tertentu sehingga dapat dicari solusi yang tepat. Dilanjutkan studi literatur yaitu pendekatan penelitian yang dilakukan dengan cara mencari referensi atas landasan teori yang relevan dengan kasus atau permasalahan yang ditemukan. Referensi tersebut bisa dicari dari buku, jurnal, artikel laporan penelitian, dan situs-situs online.

Perancangan merupakan proses untuk membuat sebuah desain teknis berdasarkan evaluasi yang telah dilakukan pada kegiatan analisis [6] Perancangan desain merupakan proses menciptakan konsep, merancang, dan mengembangkan solusi yang inovatif serta efektif untuk memenuhi kebutuhan sesuai spesifikasi. Dalam rancangan juga memperhatikan pengetahuan teknik, prinsip desain dan pemahaman mendalam tentang fungsi, estetika, dan faktor yang relevan [7]. Desain yang dihasilkan berupa gambar teknik keseluruhan prototipe PATS Mobile dan skematik rangkaian. Skematik rangkaian PATS Mobile dapat dilihat pada Gambar 2.

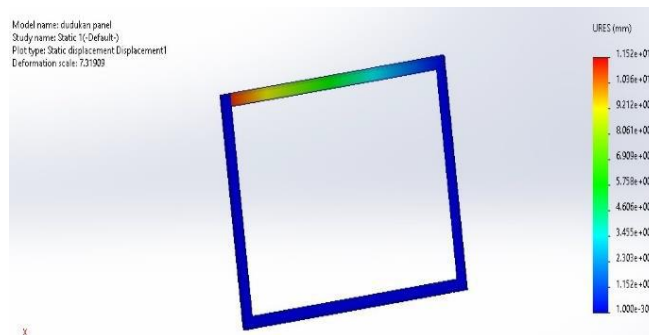


92



Gambar 5. Hasil analisis von mises stress dudukan pompa

Simulasi juga dilakukan untuk mengetahui Deformasi (*Displacement*) yang merupakan fenomena dimana struktur akan mengalami perubahan bentuk akibat beban yang diberikan. Besarnya penyimpangan bentuk yang dialami struktur dalam satuan panjang disebut Deformasi (*Displacement*). Tidak ada informasi mengenai struktur aman atau tidak melalui parameter ini. Hasil simulasi yang dilakukan pada komponen dudukan panel mendapatkan hasil maksimum sebesar 11,52 mm ditandai dengan diagram berwarna merah dan nilai minimalnya sebesar 1×10^{-30} mm yang ditandai dengan diagram berwarna biru. Hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil analisis displacement dudukan panel

Selanjutnya dilakukan manufaktur pembuatan komponen prototipe Pompa Air Tenaga Surya yang dikerjakan sesuai gambar kerja. Setelah keseluruhan komponen prototipe jadi dilanjutkan dengan perakitan komponen prototipe. Hal ini dilakukan agar menjadi satu kesatuan alat yang dapat digunakan dan dipabrikasi sesuai dengan rancangan yang dibuat. Kemudian pengujian terhadap PATS sekaligus pengambilan data uji pada beberapa kondisi cuaca dan waktu yang berbeda. Setelah dilakukan pengujian dilanjutkan dengan pengolahan data, analisis data dan pembuatan laporan. Beberapa parameter yang dilakukan pengujian diantaranya;

a. Daya listrik

Daya listrik merupakan suatu hal yang perlu diperhatikan dalam proses pengujian ini, karena dengan mengetahuinya kita dapat mengetahui kemampuan dan kinerja dari panel surya itu sendiri. Berikut merupakan rumus yang digunakan untuk mengetahui daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya:

$$P = \frac{v_2}{R}$$

Keterangan :

P = Daya listrik pada panel (watt)

v = Tegangan listrik pada panel (volt)

R = Hambatan listrik (Ω)

b. Hambatan listrik

Setelah mengetahui daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya selanjutnya kita akan menghitung berapa hambatan listrik yang dihasilkan oleh surya, pengujian hambatan listrik ini bertujuan agar kita dapat mengetahui hambatan serta resistansi dalam rangkaian panel surya. Berikut merupakan rumus yang digunakan untuk menentukan hambatan listrik pada panel surya:

$$R = \frac{v}{I}$$

Keterangan :

I = Arus listrik (A)

v = Tegangan listrik pada panel (volt)

R = Hambatan listrik (Ω)

c. Energi matahari

Jumlah energi matahari pada panel harus kita ketahui agar kita bisa mengetahui akan spek yang dimiliki oleh panel surya yang kita pakai dalam pompa air tenaga surya. Berikut merupakan rumus untuk mengetahui energi matahari:

$$Q_{\text{matahari}} = I \times A \times t$$

Keterangan :

Q_{matahari} = Energi matahari (J)

I = Iradiasi surya (W/m^2)

A = Luas permukaan panel surya (m^2)

t = waktu (s)

d. Energi listrik

Setelah mengetahui energi matahari yang dihasilkan oleh panel, kita akan menghitung berapa jumlah energi listrik yang didistribusikan dari panel surya menuju baterai. Proses *elektrokimia reversibel* adalah di dalam baterai dapat berlangsung proses pengubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan), dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia, pengecasan kembali dengan cara regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai, yaitu dengan melewati arus listrik dalam arah (polaritas) yang berlawanan di dalam sel [9].

Berikut merupakan rumusnya:

$$Q_{\text{listrik}} = P \times t$$

Keterangan :

Q_{listrik} = Energi listrik (J)

P = Daya listrik (watt)

t = Waktu (s)

e. Efisiensi

Selanjutnya untuk mengetahui nilai efisiensi energi keseluruhan dari pompa air tenaga surya kita bisa memasukan rumus:

$$\eta = \frac{Q_{\text{out}}}{Q_{\text{in}}} \times 100$$

Keterangan :

η = Efisiensi (%)

Q_{out} = Energi output (J)

Q_{in} = Energi input (J)

f. Debit air

Setelah diketahui nilai efisiensi dari suatu pompa air tenaga surya, selanjutnya kita akan menghitung debit air agar diketahui kecepatan aliran air yang dihasilkan oleh pompa. Berikut merupakan rumus untuk menghitung debit air pada pompa:

$$Q = \frac{v}{t}$$

Keterangan :

Q = Debit air (m³s)

v = Volume penampang (m³)

t = Waktu (s)

g. Tekanan air

Selanjutnya menghitung tekanan air yang dihasilkan oleh pompa air tenaga surya. Berikut merupakan rumus yang digunakan dalam menghitung tekanan air yang dihasilkan oleh pompa air tenaga surya:

$$P = \rho \times g \times h$$

Keterangan :

P = Tekanan air (Pa)

ρ = Massa jenis air (kg/m³)

g = Gravitasi bumi (m/s²)

h = Kedalaman pipa (m)

h. Energi pompa air

Setelah mengetahui tekanan air, kita akan menghitung berapa jumlah energi listrik yang dihasilkan oleh pompa air, berikut merupakan rumus penentuan energi pompa air:

$$Q_{pompa} = \rho \times Q \times g \times h \times t$$

Keterangan :

Q_{pompa} = Energi pompa air

ρ = Massa jenis air (kg/m³)

Q = Debit air (m³s)

g = Gravitasi (m/s²)

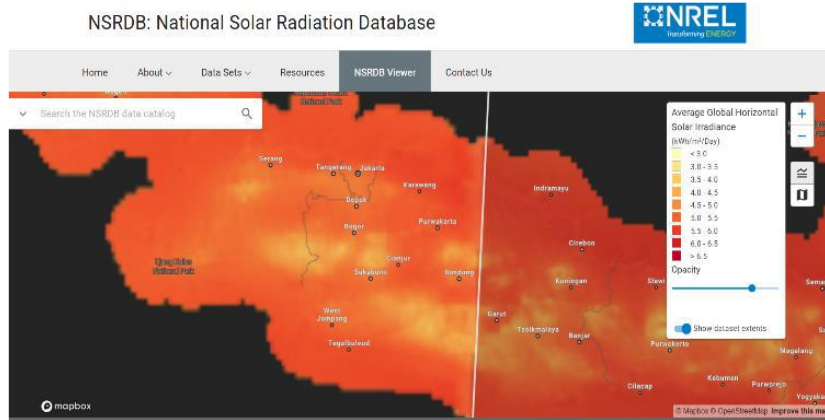
h = Kedalaman pipa (m)

t = Waktu (s)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisa teknik dan prototipe

Analisa Teknik tentang perhitungan dan persentase kinerja pompa air tenaga surya yang dilakukan di Kecamatan Pebayuran, Kabupaten Bekasi meliputi beberapa hal, diantaranya adalah sudut panel yaitu 0° dan 10° serta mengetahui tegangan, arus dan hambatan listrik pada setiap komponen pompa air tenaga surya yang diuji dengan menggunakan alat Avometer.



Gambar 7. NSRDB

Perhitungan selanjutnya perhitungan energi matahari yang didapatkan data iradiasi matahari dari NSRDB (National Solar Radiation Database) yang kemudian akan berkaitan dengan hasil pengujian energi listrik yang dihasilkan dari panel surya yang mengirimkan energi listrik ke baterai aki sebagai penampung energi yang kemudian digunakan untuk menjalankan pompa air. Apabila baterai kosong, maka akan mengganggu performa pada alat yang akan dipakai karena dapat berhenti di tengah-tengah penggunaan alat tersebut [10]. Berikut hasil prototipe pompa air bertenaga surya. Panel surya juga memiliki kelebihan menjadi sumber energi yang praktis dan ramah lingkungan mengingat tidak membutuhkan transmisi seperti jaringan listrik konvensional, karena dapat dipasang secara modular di setiap lokasi yang membutuhkan [11].



Gambar 8. Prototipe PATS mobile

3.2 Hasil uji kinerja prototipe pompa air tenaga surya

Pengujian uji kinerja dilaksanakan selama 3 hari di lahan milik UPJA Tani Tambun Sejahtera, kriteria pengujian kinerja dimulai dengan pengujian tegangan, arus, dan hambatan serta arus listrik yang dihasilkan oleh panel surya yang digunakan untuk menggerakkan pompa air. Setelah diketahui beberapa hasil tersebut bisa dikalibrasikan melalui perhitungan rumus untuk mendapatkan nilai efisiensi dan diketahui kinerja mesin pompa tenaga surya ini. Proses pengisian daya listrik dimulai saat matahari mulai tampak dan terasa panasnya, dan waktu itu dimulai proses pengecasan baterai aki dengan memanfaatkan panel surya 100 sekitar pukul 08.00 – 13.00 WIB. Dalam waktu 3 hari mendapatkan nilai tegangan listrik yang berbeda-beda, tegangan listrik akan lebih besar didapatkan ketika kondisi cuaca sedang cerah dan panas matahari yang kuat, dibandingkan dengan kondisi yang mendung dan hujan yang kurang mendukung untuk proses pengisian daya pompa air tenaga surya.

Pompa air yang digunakan dalam PATS ini merupakan pompa air berjenis bolak-balik atau sering disebut juga dengan pompa air AC, pompa ini digunakan karena memiliki keunggulan diantaranya adalah harga yang lebih ekonomis dibandingkan dengan pompa yang berjenis searah, juga perawatan operasional pompa ini cukup mudah dan lebih murah biaya perawatannya. Dalam pengujian ini, pompa air berhasil menyala namun hanya bisa digunakan ketika siang sampai sore hari, pada saat pengujian pompa berhasil menyala untuk mencoba menguji debit air dengan mengisi air ke bak penampungan air yang ada di lahan milik UPJA Tani Tambun Sejahtera. Ketika waktu memasuki sore hari tegangan listrik akan semakin berkurang seiring pemakaian pompa air, ketika tegangan listrik dalam SCC menunjukkan tegangan listrik dibawah 10 volt pompa tidak bisa beroperasi karena kekurangan daya listrik yang ada pada baterai. Tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh sel surya dipengaruhi oleh dua variabel fisis, yaitu intensitas radiasi cahaya matahari dan suhu lingkungan. Intensitas radiasi cahaya matahari yang diterima sel surya sebanding dengan tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh sel surya, sedangkan apabila suhu lingkungan semakin tinggi dengan intensitas radiasi cahaya matahari yang tetap, maka tegangan panel surya akan berkurang dan arus listrik yang dihasilkan akan bertambah [12].

Tabel 1. Tegangan, Arus dan Hambatan Listrik pada Sudut Panel 0°

Hari/Tanggal/waktu Percobaan	h(m)	I (W/m ²)	Panel Surya			Baterai Aki			Pompa Air		
			V	I	R	V	I	R	V	I	R
			(V)	(A)	(Ω)	(V)	(A)	(Ω)	(V)	(A)	(Ω)
Senin, 24 Juni 2024	1	5200	13,6	2,74	4,963	13	12,01	1,082	220	0,6	366
Selasa, 25 Juni 2024	1	5000	10,8	10,2	1,058	13,7	13,1	1,045	220	0,8	275
Rabu, 26 Juni 2024	1	5300	13,7	3,97	3	13,7	12,8	1,07	220	0,7	314

Tabel 2. Tegangan, Arus dan Hambatan Listrik pada Sudut Panel 10°

Hari/Tanggal/waktu Percobaan	h(m)	I (W/m ²)	Panel Surya			Baterai Aki			Pompa Air		
			V	I	R	V	I	R	V	I	R (Ω)
			(V)	(A)	(Ω)	(V)	(A)	(Ω)	(V)	(A)	
Senin, 24 Juni 2024	1	5200	11,03	19,5	0,5685	11,01	11,08	0,9936	220	0,6	366
Selasa, 25 Juni 2024	1	5000	10,5	10,2	1,029	13,7	13,2	1,031	220	0,8	275
Rabu, 26 Juni 2024	1	5300	13,3	10,8	1	13,3	12,9	1,031	220	0,7	314

Tabel 1 dan 2 menunjukkan nilai pengukuran input kedalaman pipa (h), nilai iradiasi matahari (I), tegangan listrik (V), arus listrik (I) dan hambatan listrik (R). Nilai tegangan listrik tertinggi yang dihasilkan oleh panel surya yakni pada hari Rabu, 26 Juni 2024 pukul 13.00 WIB, dimana dengan sudut panel 0° bisa menghasilkan tegangan listrik sebesar 13,7 Volt, kondisi cuaca yang sangat cerah dan panas terik matahari membuat suplai energi oleh panel surya kepada baterai sangat tercukupi. Berbanding terbalik pada hari Selasa, 25 Juni 2024 dengan kondisi mendung dan hujan tegangan listrik oleh panel surya hanya bisa menghasilkan nilai di angka 10,8 Volt dengan sudut panel yang sama. Nilai tegangan listrik tertinggi yang dihasilkan panel surya dengan sudut panel 10° yakni berada di angka 13,03 Volt pada hari Rabu, 26 Juni 2024 pukul 13.00 WIB.

Perbedaan nilai tegangan, arus dan hambatan listrik pada pengujian tugas akhir ini disebabkan oleh kondisi cuaca yang berbeda di setiap harinya, sehingga nilai iradiasi matahari berbeda juga. Semakin cerah dan terik panas matahari maka nilai tegangan, arus dan hambatan listrik akan besar pula mengikuti kondisi cuaca pada hari itu. Karena panel surya sebagai media utama penangkapan energi matahari yang akan mendistribusikan tenaga listrik kepada baterai aki untuk menggerakkan pompa air.

Tabel 3. Daya Listrik pada Sudut Panel 0°

Hari/Tanggal/waktu Percobaan	h(m)	I (W/m ²)	Panel Surya			Baterai Aki			Pompa Air	
			V	R	P	V	R	P	V	R
			(V)	(Ω)	(W)	(V)	(Ω)	(W)	(V)	(Ω)
Senin, 24 Juni 2024	1	5200	13,6	4,963	39,411	13	1,082	156,192	220	366
Selasa, 25 Juni 2024	1	5000	10,8	1,058	110,245	13,7	1,045	179,607	220	275
Rabu, 26 Juni 2024	1	5300	13,7	3,45	54	13,7	1,07	175,411	220	314

Tabel 4. Daya Listrik pada Sudut Panel 10°

Hari/Tanggal/waktu Percobaan	h(m)	I (W/m ²)	Panel Surya			Baterai Aki			Pompa Air	
			V	R	P	V	R	P	V	R
			(V)	(Ω)	(W)	(V)	(Ω)	(W)	(V)	(Ω)
Senin, 24 Juni 2024	1	5200	11,03	0,5685	214,003	11,01	0,9936	122	220	366
Selasa, 25 Juni 2024	1	5000	10,5	1,029	107,142	13,7	1,037	180,993	220	275
Rabu, 26 Juni 2024	1	5300	13,3	1,231	144	13,3	1,031	171,571	220	314

Tabel 3 dan 4 menunjukkan nilai kedalaman pipa input (h), nilai pengukuran iradiasi matahari (I), tegangan listrik (V), hambatan listrik (R) dan nilai perhitungan daya listrik (P). Nilai daya listrik terbesar yang dihasilkan panel surya yakni sebesar 214,003 Watt pada hari Senin, 24 Juni 2024 dengan posisi sudut panel 0°. Daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya selanjutnya akan dikirim ke baterai aki untuk menggerakkan pompa air. Baterai aki menghasilkan daya listrik tetinggi yaitu pada sudut panel 10° pada hari Selasa, 25 Juni 2024 dengan daya listrik yang dihasilkan sebesar 180,993 Watt. Berdasarkan data yang dihasilkan oleh tabel 3 dan 4 dapat disimpulkan bahwa semakin besar hambatan listrik, maka akan semakin besar juga daya listrik yang dihasilkan.

Tabel 5. Energi Pompa Air pada Sudut Panel 0°

Hari/Tanggal/Waktu Percobaan	Tekanan Air (kg/m ²)	Debit Air (m ³ /s)	Gravitasi (m/s ²)	h (m)	Waktu (s)	Q Pompa (J)
Senin, 24 Juni 2024	1000	0,000134	10	1	1800	2.412
Selasa, 25 Juni 2024	1000	0,000137	10	1	1800	2.466
Rabu, 26 Juni 2024	1000	0,000160	10	1	1800	2.880

Tabel 6. Energi Pompa Air pada Sudut Panel 10°

Hari/Tanggal/Waktu Percobaan	Tekanan Air (kg/m ²)	Debit Air (m ³ /s)	Gravitasi (m/s ²)	h (m)	Waktu (s)	Q Pompa (J)
Senin, 24 Juni 2024	1000	0,000120	10	1	1800	2.160
Selasa, 25 Juni 2024	1000	0,000102	10	1	1800	1.836
Rabu, 26 Juni 2024	1000	0,000162	10	1	1800	2.916

Tabel 5 dan 6 menunjukkan tekanan air (p), debit air (Q), gravitasi (g), nilai kedalaman pipa input (h), waktu kekuatan operasional pompa (s) nilai energi pompa air (J), nilai lama pengukuran waktu pompa air beroperasi (t) dan nilai perhitungan energi listrik (Q). Nilai energi pompa air tertinggi dihasilkan pada sudut panel 10° yaitu sebesar 2.916 J pada hari Rabu, 26 Juni 2024. Perbedaan nilai energi pompa air ini disebabkan oleh lamanya waktu pompa beroperasi, semakin lama pompa air beroperasi maka semakin besar pula energi yang dihasilkan oleh pompa air.

Tabel 7. Efisiensi Pompa pada Sudut Panel 0°

Hari/ Tanggal Percobaan	h(m)	Q Pompa (J)	Q Baterai (J)	Efisiensi (%)
Senin, 24 Juni 2024	1	2.412	58.103	4,90
Selasa, 25 Juni 2024	1	2.466	19.577	12,50
Rabu, 26 Juni 2024	1	2.880	72.561	3,97

Tabel 8. Efisiensi Pompa pada Sudut Panel 10°

Hari/ Tanggal Percobaan	h(m)	Q Pompa (J)	Q Baterai (J)	Efisiensi (%)
Senin, 24 Juni 2024	1	2.160	50.508	4,28
Selasa, 25 Juni 2024	1	1.836	26.424	6,95
Rabu, 26 Juni 2024	1	4.259	68.456	4,26

Tabel 7 dan 8 menunjukkan nilai kedalaman pipa input (h), Energi listrik yang dihasilkan pompa air (Q Pompa), nilai energi listrik yang dihasilkan baterai aki (Q Baterai) dan efisiensi (%). Nilai efisiensi pompa air tertinggi terdapat pada hari Selasa, 25 Juni 2024 dengan efisiensi didapat sebesar 12,5% pada posisi sudut panel 0°. Pada hasil pengujian ini bisa disimpulkan bahwa perbedaan nilai efisiensi dipengaruhi oleh perbedaan tenaga listrik pompa air dan baterai. Besar kecilnya tenaga yang dihasilkan akan berkaitan dengan nilai efisiensi yang didapat.

Tabel 9. Debit Air pada Sudut Panel 0°

Hari/ Tanggal Percobaan	h (m)	I (W/m ²)	t (s)	v (m ³)	Q (m ³ /s)
Senin, 24 Juni 2024	1	5.200	372	0,050	0,000134
Selasa, 25 Juni 2024	1	5.000	109	0,015	0,000137
Rabu, 26 Juni 2024	1	5.300	404	0,065	0,000160

Tabel 10. Debit Air pada Sudut Panel 10°

Hari/ Tanggal Percobaan	h(m)	I (W/m ²)	t (s)	v (m ³)	Q (m ³ /s)
Senin, 24 Juni 2024	1	5.200	414	0,05	0,000120
Selasa, 25 Juni 2024	1	5.000	146	0,02	0,000102
Rabu, 26 Juni 2024	1	5.300	399	0,065	0,000162

Tabel 9 dan 10 menunjukkan nilai kedalaman pipa input (h), nilai iradiasi surya (I), nilai lama waktu pompa beroperasi (t), nilai volume air pada hasil output (V) dan nilai perhitungan debit air (Q). Keluaran dari panel surya ini adalah berupa listrik arus searah (DC) yang besar tegangan keluarnya tergantung dengan jumlah sel surya yang dipasang didalam panel surya dan banyaknya sinar matahari yang menyinari panel surya tersebut [13]. Nilai debit air tertinggi didapat pada hari Rabu, 26 Juni 2024 dengan nilai debit air sebesar 0,000162 m³/s dengan posisi sudut panel 10°. Debit air merupakan banyaknya volume air yang dapat ditampung pada suatu volume air dengan waktu pompa air bekerja maka makin besar debit air yang dihasilkan.

3.3 Perbandingan Kekuatan Tegangan Panel Surya

Pada tahap pengujian terakhir, kami menguji tentang perbandingan tegangan listrik yang dihasilkan oleh panel surya dan baterai untuk mengetahui besaran tegangan daya yang dihasilkan oleh panel ke baterai aki. Berikut merupakan hasil perbandingan tegangan daya yang dihasilkan:

Tabel 11. Perbandingan Tegangan Listrik pada Panel dan Surya

Waktu	Panel Surya (V)	Baterai (V)
09.00	10,00	13,2
10.00	10,2	13,4
11.00	13,2	13,6
12.00	13,9	13,7
13.00	13,7	13,7
14.00	13,3	13,7
15.00	13,1	13,7

Pada data diatas dapat diketahui bahwa ada beberapa perbandingan tegangan yang dihasilkan oleh panel dan baterai. Intensitas matahari menjadi faktor utama yang mempengaruhi tegangan yang dihasilkan panel surya yang kemudian disalurkan ke baterai aki untuk menjalankan pompa air.

KESIMPULAN

1. Nilai tegangan listrik tertinggi yang dihasilkan oleh panel surya yakni pada hari Rabu, 26 Juni 2024, dimana dengan sudut panel 0° bisa menghasilkan tegangan listrik sebesar 13,7 Volt. Baterai aki menghasilkan nilai tegangan listrik tertinggi berada di angka 13,7 Volt pada hari Selasa, 25 Juni 2024 dan Rabu, 26 Juni 2024 dengan posisi sudut panel yang berbeda. Pompa air menghasilkan tegangan yang bersifat konstan dimana tegangan yang dihasilkan oleh pompa air sebesar 220 Volt dengan posisi sudut panel 0° dan 10° , dengan posisi kedalaman pipa yang konstan juga dengan kedalaman 1 meter.
2. Nilai arus listrik tertinggi yang dihasilkan oleh panel surya pada sudut panel 0° berada di angka 10,2 Ampere. Pada sudut panel 10° panel surya menghasilkan arus listrik terbesar di angka 19,5 Ampere. Nilai tertinggi arus listrik yang dihasilkan oleh baterai adalah sebesar 13,02 Ampere pada hari Selasa, 25 Juni 2024 dengan posisi sudut panel 10° . Arus terbesar yang dihasilkan oleh pompa air berada di angka 0,8 Ampere pada hari Selasa, 25 Juni 2024.
3. Nilai hambatan listrik tertinggi pada panel surya berada di angka $4,963 \Omega$ dengan sudut panel 0° pada hari Senin, 24 Juni 2024. Nilai hambatan listrik tertinggi pada baterai aki adalah $1,082 \Omega$ pada hari Senin, 24 Juni 2024 dengan posisi sudut panel 0° . Nilai Hambatan terbesar yang dihasilkan oleh pompa air yaitu pada hari Senin, 24 Juni 2024 dengan nilai hambatan sebesar 366Ω .
4. Nilai efisiensi pompa air tertinggi terdapat pada hari Selasa, 25 Juni 2024 dengan efisiensi didapat sebesar 12,5% pada posisi sudut panel 0° . Pada hasil pengujian ini bisa disimpulkan bahwa perbedaan nilai efisiensi dipengaruhi oleh perbedaan tenaga listrik pompa air dan baterai. Pemanfaatan energi surya sebagai sumber listrik untuk menggerakkan pompa air terbilang cukup efektif dan efisien, karena dapat menanggulangi segala macam kendala yang ada. Penggunaan pompa air tenaga surya ini juga dapat meminimalisir pekerjaan
5. Nilai debit air tertinggi didapat pada hari Rabu, 26 Juni 2024 dengan nilai debit air sebesar $0,000162 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan posisi sudut panel 10° . Nilai debit air terendah didapat pada hari Senin, 24 Juni 2024 dengan nilai debit air sebesar $0,000102 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan posisi sudut panel 10° .

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. El Chaar, L. A. Iamont, and N. El Zein, "Review of photovoltaic technologies," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 15, no. 5, pp. 2165-2175, 2011/06/01/ 2011, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.01.004>.
- [2] B. Parida, S. Iniyan, and R. Goic, "A review of solar photovoltaic technologies," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 15, no. 3, pp. 1625-1636, 2011/04/01/ 2011, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.11.032>.
- [3] A. Polman, M. Knight, E. C. Garnett, B. Ehrler, and W. C. Sinke, "Photovoltaic materials: Present efficiencies and future challenges," vol. 352, no. 6283, p. aad4424, 2016, doi: [doi:10.1126/science.aad4424](https://doi.org/10.1126/science.aad4424).
- [4] J. Xue, "Photovoltaic agriculture - New opportunity for photovoltaic applications in China," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 73, pp. 1-9, 2017/06/01/ 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.098>.
- [5] L. Jacobus, E. Setyowati, E. N. S. Patty, and F. Bokol, "Desain Sistem Pompa Air Tenaga Surya," *Elektriese: Jurnal Sains dan Teknologi Elektro*, vol. 13, no. 01, pp. 1-8, 2023.
- [6] P. M. Inayah, R. A. R. Harahap, A. A. Barita, and R. B. Pulungan, "Perancangan Tongkat Pintar

- untuk Tunanetra Menggunakan Metode Brainstorming," in *Talenta Conference Series: Energy and Engineering (EE)*, 2020, vol. 3, no. 2.
- [7] M. W. Aninditya, M. Suhil, B. Prasetya, P. Gunawan, and B. Priyonggo, "Modifikasi rancangan mesin pengupas lada menggunakan software Solidworks," *Sultra Journal of Mechanical Engineering*, vol. 3, no. 1, pp. 42-57, 2024.
- [8] R. Nur and M. A. Suyuti, *Perancangan mesin-mesin industri*. Yogyakarta: Deepublish, 2018.
- [9] F. A. Nugroho, K. B. Adam, and A. Rusdinar, "Sistem Pengisian Baterai Aki Pada Automated Guided Vehicle Menggunakan Solar Panel," in *eProceedings of Engineering*, 2020, vol. 7, no. 3.
- [10] M. S. Q. A. Kusuma, S. Sumaryo, and F. Budiman, "Sistem Pemantauan Dan Kontrol Parameter Baterai Aki Pada Robot Edutainment Berbasis Arduino & Android," in *eProceedings of Engineering*, 2020, vol. 7, no. 1.
- [11] Z. Iqtimal, I. D. Sara, and S. Syahrizal, "Aplikasi sistem tenaga surya sebagai sumber tenaga listrik pompa air," *Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, dan Elektro*, vol. 3, no. 1, 2018.
- [12] D. Suryana, "Pengaruh temperatur/suhu terhadap tegangan yang dihasilkan panel surya jenis monokristalin (studi kasus: Baristand Industri Surabaya)," *Jurnal Teknologi Proses dan Inovasi Industri*, vol. 1, no. 2, 2016.
- [13] N. K. Bansal, M. Kleemann, and M. Meli, *Renewable energy sources and conversion technology*. New Delhi: Tata McGraw-Hill, 2013.