

Prototype Solar AC Water Pump untuk PV Cleaning PLTS 32 KWP

Siti Diah Ayu Febriani, Tobias Al Fachrezy, Deddy Eko Rahmanto, Nur Faizin

Politeknik Negeri Jember

siti.diah@polije.ac.id

Abstract. *PVcleaning* merupakan hal yang penting untuk menjaga performa dan efisiensi dari panel surya. Sistem pembersihan panel surya dapat dibangun dengan sistem manual atau otomatis. Penelitian ini berlangsung di PT.Wijaya Karya Industri Energi di Kab.Bogor dengan PLTS On-Grid 32kWp yang konfigurasi *on-grid*. Tujuan dari penelitian di PT.Wijaya Karya Industri adalah merancang dan membangun sistem pembersihan panel surya guna menjaga efisiensi panel surya. Metode yang digunakan adalah studi eksperimental dimulai dari perancangan sistem hingga pengambilan data yang bertujuan untuk membersihkan permukaan panel surya atau fotovoltaik yang berada di *rooftop*. Pengambilan data tentang panel surya yang bekerja sebagai sumber listrik dan pompa air sebagai pendorong air untuk membersihkan permukaan fotovoltaik. Hasil penelitian dengan memanfaatkan sisa daya panel surya on-grid dan menggunakan beban pompa sebesar 200 watt. Efisiensi panel surya senilai 15,55% dan pompa air memiliki efisiensi sebesar 73,51% selama 5 hari penelitian. Debit air didapatkan dengan rata-rata 0,47 liter/detik. Sistem pembersihan dapat dilaksanakan 1-2 kali per 1 minggu hari kerja. Penelitian ini membawa dampak yang positif dan dapat diuji cobakan pada panel dengan konfigurasi yang lain.

Kata Kunci : Panel Surya, Pompa Air, PV Cleaning

1. Pendahuluan

Berdasarkan SNI 8395:2017, Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) fotovoltaik menggunakan energi matahari melalui konversi sel fotovoltaik. Tantangan efisiensi dan kinerja harus diatasi agar PLTS bisa menggantikan sumber energi fosil dan terintegrasi dengan energi terbarukan lain (Ramirez-Vergara et al., 2022). Berdasarkan penelitian hal-hal yang kerap menjadi kendala terkait dengan pengaruh suhu, iluminasi radiasi sinar matahari, kelembaban, dan posisi penempatan modul sel surya pada pagi, siang dan sore hari (Sinaga, 2018). Umur pemakaian PLTS bisa mencapai 20 tahun, tapi perubahan iklim bisa mempengaruhi hal ini (Lauret et al., 2019). Faktor lama pemakaian merupakan faktor yang mengganggu PLTS termasuk yang bisa dan tidak bisa dikendalikan (Dida et al., 2020).

PT. Winner yang terletak di Jalan Raya Narogong KM 26, Bogor, Jawa Barat dapat digolongkan sebagai kawasan industri terpapar debu dan polusi dari sekitarnya. PT. Winner memiliki PLTS *rooftop* On-Grid 32 kWp dengan 160 panel surya 200Wp dalam 2 array dan 8 string, masing-masing string berisi 20 panel. Debu menumpuk di panel karena letaknya di atas gedung. Kondisi cuaca buruk mendorong pemeliharaan pembersihan agar PLTS tetap berfungsi baik.

PATS (Pompa Air Tenaga Surya) cocok diterapkan di PLTS PT. Winner sebagai alat pemeliharaan. PLTS bisa jadi alternatif energi dari listrik konvensional, termasuk menggerakkan pompa air. Pompa air sering menggunakan listrik diesel, yang mahal dan berpolusi. Biaya total, operasional, dan pemeliharaan pompa diesel 2-4 kali lebih tinggi dari

pompa panel surya. Pompa surya ramah lingkungan, perawatannya mudah, tanpa biaya bahan bakar (Iqtimal et al., 2018; Patriany et al., 2022; Sunding & Parawangsa, 2018).

Ketidaktersediaan air di atap PT. Winner mendorong penggunaan pompa air untuk menyediakan air ke atap, mempermudah pemeliharaan pembersihan panel surya. Ini mendukung efisiensi PLTS. Contoh yang sesuai adalah pompa air AC sumur dangkal, biasanya dengan daya hisap hingga 9 meter di bawah tanah. Pompa ini bisa digunakan untuk berbagai keperluan seperti rumah tangga, sumur galian, bangunan 2 lantai, irigasi taman, dan mencuci kendaraan.

Pompa air tenaga surya dasarnya menggunakan teknologi PLTS sebagai sumber energi utamanya. Panel surya terhubung dengan motor pompa yang akan mengkonversi energi elektrik dari PLTS menjadi energi mekanik yang diteruskan menjadi energi hidrolis dari pompa air. Pompa air memiliki tiga variabel utama yaitu, tekanan, debit dan daya ke pompa (Chandel et al., 2015).

2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan studi eksperimental dimulai dari perancangan sistem hingga pengambilan data yang bertujuan untuk membersihkan permukaan panel surya atau fotovoltaik yang berada di *rooftop*. Pengambilan data meneliti tentang panel surya yang bekerja sebagai sumber listrik dan pompa air sebagai pendorong air untuk membersihkan permukaan fotovoltaik.

A. Analisis Kebutuhan Rancang Bangun Prototype Solar Pump

Analisis kebutuhan merupakan langkah perencanaan sebelum merakit prototype, untuk mendukung data yang diperlukan untuk membangun sebuah prototype solar AC pump diterangkan berikut ini :

1) Analisis Daya Pompa

Pompa yang digunakan memiliki kebutuhan daya sebesar 200 watt, sedangkan sumber energi untuk pompa menggunakan sisa daya yang dimiliki dari panel surya yang sudah terpasang menjadi satu sistem. Panel surya berkapasitas 32 kWp untuk produktivitas karyawan pabrik baterai dan akan diteruskan jika ke Kawasan Industri Wika (KIW) jika ada kelebihan daya yang tidak terpakai. Diketahui setelah mengaudit beban listrik pada pabrik baterai sebesar 31.8 kW dan masih menyisakan 720 watt untuk digunakan sebagai sumber energi pompa.

2) Analisis Kebutuhan Pipa

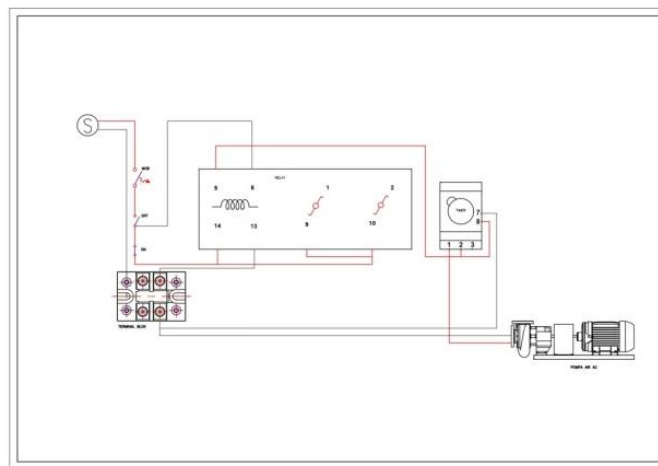
Kebutuhan pipa dapat dihitung dengan mencari panjang, tinggi dan lebar bangunan. Diketahui spesifikasi bangunan memiliki tinggi 8 meter dan lebar 24 meter. Posisi panel surya sendiri berada di tengah-tengah *rooftop* pada bangunan, maka lebar yang digunakan yaitu 11,43 meter. Kebutuhan pipa yang dibutuhkan adalah 20 meter. Pipa juga didukung oleh elbow sebagai alat bantu perubahan arah pada pipa dan socket untuk menyambung pipa sisa dan atau menguatkan sambungan pipa.

3) Analisis Kebutuhan Kabel Listrik

Alur kabel listrik dimulai dari sub distribution panel yang berada di dalam pabrik baterai kemudian dihubungkan dengan panel box yang digunakan khusus untuk pompa. Kabel listrik atau kabel power dibutuhkan sebagai perakitan komponen pada panel box. Panjang kabel yang dibutuhkan yaitu 15 meter.

4) Analisis Komponen Pendukung

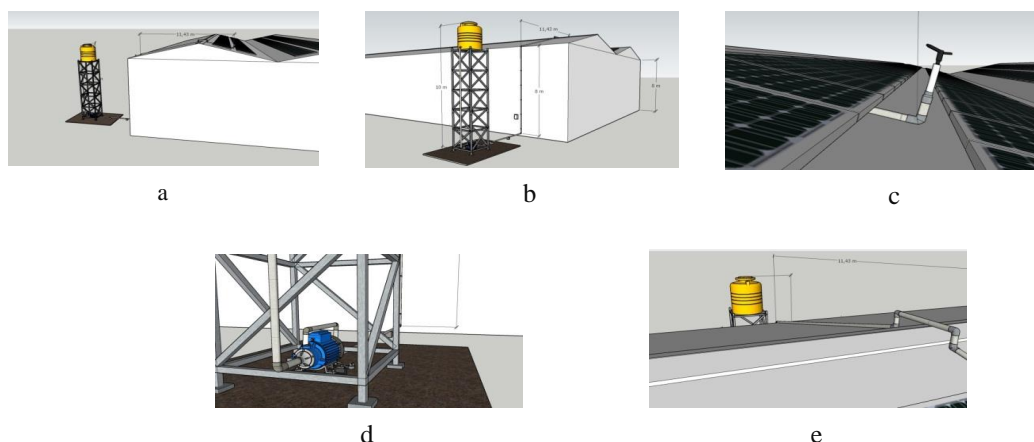
Komponen pendukung prototype yaitu meliputi panel box, timer, miniature circuit breaker dan relay. Komponen tersebut memiliki fungsi masing-masing seperti panel box sebagai tempat penyimpanan kesatuan komponen, timer berfungsi sebagai pengatur waktu operasional pompa air, miniature circuit breaker atau MCB sebagai proteksi pada arus listrik dan relay berfungsi sebagai pengendalian arus listrik menggunakan sinyal listrik. Berikut merupakan wiring diagram dari panel box.



Gambar 1. Wiring Diagram

B. Konsep Rancang Bangun Solar Photovoltaic Water Pump

Solar photovoltaic water pump terdiri dari panel surya 200Wp, Solar Charge Controller, Inverter, dan pompa air AC 125 watt. Panel surya menyerap sinar matahari dan menyimpan energi dalam baterai. Solar Charge Controller mengatur arus masuk, yang kemudian melalui inverter diubah menjadi arus AC untuk pompa atau beban lainnya. Pompa menghisap air dari tanki dan menyiram panel surya melalui pipa yang didesain dengan sprinkler. Ini membantu membersihkan panel dari debu dan kotoran. Desain dan konsepnya ditunjukkan dalam Gambar 2.



Gambar 2a Konsep Keseluruhan Prototype, b.Konsep Prototype, c.Desain Pipa di *Rooftop*, d.Posisi Pompa Air e.Jalur Pipa di *Rooftop*

C. Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data, yang terdapat di tempat penelitian dan dapat mempelajari dari permasalahan yang terjadi saat penelitian. Penelitian dilaksanakan 24 selama 2 minggu. Penelitian ini mengikuti parameter yang telah ditentukan. Parameter yang ditentukan adalah sebagai berikut :

- 1) Perhitungan rata-rata tegangan, arus dan daya panel surya

$$\text{rata - rata} = \frac{\text{jumlah nilai}}{\text{banyak data pengujian}} \quad (1)$$

- 2) Efisiensi Panel Surya

Perhitungan efisiensi panel surya dapat ditentukan dengan persamaan fill factor terlebih dahulu dengan persamaan

$$FF = \frac{I_{mp} \times V_{mp}}{I_{sc} \times V_{oc}} \quad (2)$$

Dimana :

FF : Fill Factor (Watt)

V_{mp} : Max Operating Voltage (Volt)

I_{mp} : Max Operating Current (Ampere)

V_{oc} : Open Circuit Voltage (Volt)

I_{sc} : Short Circuit Current (Ampere)

Nilai fill factor dapat digunakan sebagai penentuan daya maksimal atau P max dari sebuah panel surya, persamaan daya maksimal panel surya dapat ditentukan sebagai berikut

$$P_{max} = V_{oc} \times FF \times I_{sc} \quad (3)$$

Dengan persamaan tersebut, maka nilai efisiensi panel surya dapat ditentukan dengan persamaan

$$\eta = \frac{P_{out}}{G \times A} \times 100\% \quad (4)$$

Dimana

P_{out} : Daya Maksimal Panel (Watt)

G : Iradiasi matahari (W/m²)

A : Luas penampang panel surya (m²)

- 3) Perhitungan rata-rata tegangan, arus dan daya pompa air AC

Pengujian pada pompa air mencakup tegangan dan arus dari pompa air AC. Untuk mencari tegangan dan arus rata-rata pada pompa air AC dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

- a. Tegangan rata-rata pada pompa air AC

$$V_{rata - rata} = \frac{V_1 + V_2 + V_n}{\text{banyak data pengujian}} \quad (5)$$

- b. Rata-rata pada pompa air AC

$$I_{rata - rata} = \frac{I_1 + I_2 + I_n}{\text{banyak data pengujian}} \quad (6)$$

- c. Daya rata-rata pada pompa air AC

$$Prata - rata = \frac{P_1 + P_2 + P_n}{\text{banyak data pengujian}} \quad (7)$$

4) Perhitungan debit air

Untuk menentukan debit air yang dibutuhkan maka dapat menggunakan persamaan

$$Q = \frac{V}{t} \quad (8)$$

Dimana :

Q : Debit air (liter/jam)

V : Volume (liter)

t : Waktu (jam)

5) Efisiensi pompa air AC

$$\eta = \frac{\rho \cdot g \cdot h \cdot Q}{P_{in}} \times 100\% \quad (9)$$

Dimana :

η : Efisiensi

ρ : rho atau massa jenis air (kg/m^3)

g : Gravitasi (m/s^2)

h : Tinggi (m)

P_{in} : Daya listrik

6) Perhitungan Energi Listrik

Perhitungan energi dapat digunakan sebagai acuan kebutuhan audit biaya listrik atau PLN (Perusahaan Listrik Negara), perhitungan energi dapat ditentukan dengan persamaan 10 dan 11 (Wahid & Junaidi, 2020).

$$W = P \times t \quad (10)$$

Dimana :

W : Energi (Watt hour/Wh)

P : Daya (Watt)

t : Waktu (Jam)

Setelah konsumsi energi dapat ditentukan, maka langkah selanjutnya yaitu menentukan kVA dengan persamaan

$$kVA = P \times FP \quad (11)$$

Dimana :

kVA : Daya Semu Listrik

P : Daya Listrik Terpasang (Watt)

FP : Faktor Daya Listrik

3. Hasil dan Pembahasan

a. Perancangan Sistem Prototype Solar AC Water Pump

Hasil pembuatan prototype solar AC water pump untuk membersihkan panel fotovoltaik di PT. Wijaya Karya Industri Energi memerlukan beberapa komponen: sistem PLTS On-Grid 32 kWp, 2 inverter SPI-20KB 20kW, pompa air Sanyo P-WH236C 200 watt, MCB 6 ampere, timer Theben SUL181H, dan relay Omron MY4N. Sistem PLTS On-Grid 32 kWp menjadi sumber energi, inverter SPI-20KB mengubah arus dari panel surya DC menjadi AC dan mengatur arus masuk/keluar. MCB 6 ampere melindungi arus berlebih, timer Theben

SUL181H mengatur waktu operasi pompa air, dan relay mengendalikan arus dengan elektromagnetik.

b. Persiapan Alat dan Bahan

Proses instalasi sistem alat dan bahan seperti gergaji pipa PVC, adjustable wrench, alat bor, pompa air Sanyo P-WH236C 200 watt, pipa PVC 1" (5 pcs x 4 meter), pipa PVC ¾" x 4 meter, sprinkle, socket pipa, lem pipa Isarplas, elbow, reducer pipa ¾" ke 1", tee pipa 1" dan ¾", panel box, MCB 6 ampere, relay, dan timer.

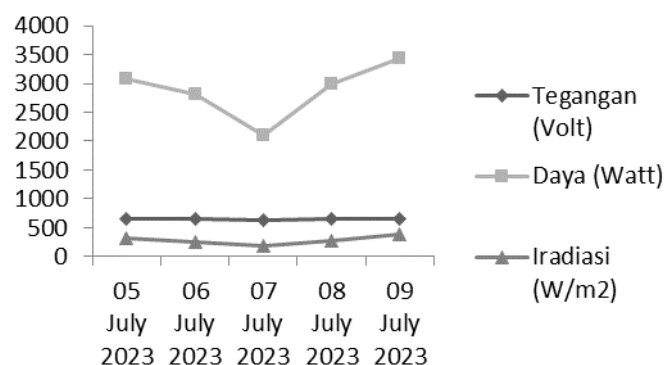
c. Instalasi Pompa Air dan Pipa PVC

Pompa air diletakkan dibawah tandon atau diatas tanah guna mempermudah instalasi dan pengoperasiannya Instalasi pompa air dibantu oleh salah satu karyawan PT. Winner, sedangkan untuk instalasi pipa PVC dilakukan sesuai arahan pembimbing lapangan. Instalasi pipa PVC di *rooftop* Instalasi dilakukan di *rooftop* dengan panjang ukuran pipa PVC yang telah diperhitungkan sesuai kebutuhan. Instalasi pipa memerlukan pipa ¾" sebagai penyambung pipa eksisting dengan ditambah reducer dari ¾" ke 1" dengan panjang 0,5 meter atau pada Gambar 4. Pipa PVC 1" disambung dari pipa dorong pompa air ke *rooftop* sepanjang 8 meter atau 2pcs pipa PVC 1"x4 meter. Pipa PVC 1" diinstalasi di *rooftop* sepanjang 11,43 meter hingga lokasi PLTS. Kontur atap bangunan tidak rata sehingga memerlukan modifikasi pada pipa PVC 1".

d. Instalasi Wiring Diagram Panel Box

Wiring diagram melibatkan MCB 6 ampere, relay, dan timer dengan kabel power 2x0,75 atau NYMHY untuk sistem kelistrikan panel box. Kabel power menghubungkan MCB ke push button off/on dan ke pin 14 relay. Kabel netral ke pin 5 relay. Pin 9 dan 10 relay terhubung ke kabel line, dan pin 14 ke pin 5 relay. Pin 13 ke terminal blok netral. Timer, pin 2 dan 8 terhubung, pin 2 ke pin 6 relay. Pin 7 timer ke terminal blok netral, pin 1 dan kabel netral ke beban. Setelah wiring diagram, pengujian dengan lampu, baru pompa air. Langkah berikutnya, pasang panel box di dinding dan uji dengan PLTS On-Grid 32 kWp serta pompa air.

e. Pengukuran Tegangan, Arus dan Daya Panel Surya

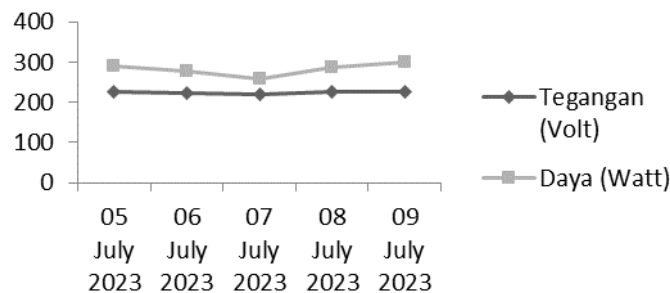


Gambar 3. Grafik Pengukuran Tegangan, Arus dan Daya Panel Surya

Gambar 3 menunjukkan bahwa pengukuran tegangan, arus, dan daya panel surya mencapai titik terendah pada hari ke-3 pukul 13.00. Pada saat ini, daya dari satu string panel surya hanya 2094,9 Watt dengan rata-rata iradiasi rendah, yaitu 178,75 W/m². Ini disebabkan oleh cuaca buruk atau hujan, sehingga tidak ada iradiasi yang terdeteksi oleh solar power meter. Di sisi lain, pengukuran tertinggi terjadi pada hari ke-5, di mana satu string panel surya

menghasilkan daya 3433,9 Watt dengan rata-rata iradiasi 380,57 W/m². Perubahan radiasi sangat memengaruhi tegangan dan arus panel surya, semakin tinggi iradiasi maka semakin efisien kinerja panel surya (Shalih & Suratno, 2019; Tiyas & Widyartono, 2020; Yuliananda et al., n.d.).

f. Pengukuran Tegangan, Arus dan Daya Pompa

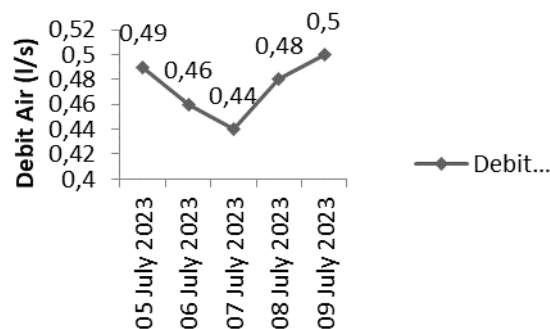


Gambar 4. Grafik Pengukuran Tegangan, Arus dan Daya Pompa

Berdasarkan grafik diketahui bahwa tegangan terendah pada hari ketiga sebesar 221 volt dan yang tertinggi pada hari ke 5 sebesar 227,14 volt Arus pompa cenderung stabil selama 5 hari, jika cuaca cerah mendapat arus senilai 1,4 ampere pada hari kelima pengambilan data di jam 11.00 dan 13.00 WIB, arus terendah terjadi pada cuaca mendung yaitu hanya 1,1 ampere di hari ketiga di jam 13.00-15.00 WIB. Daya tertinggi didapat pada hari kelima sebesar 298,76 watt dan terendah pada hari ketiga sebesar 259,11 watt.

Ketiga faktor ini yaitu tegangan, arus dan daya berhubungan erat. Daya pompa air ini mengacu pada kemampuan pompa air untuk menghasilkan daya listrik dari energi surya. Dalam perhitungan daya yang maksimal perlu dipertimbangkan hal yang terkait dengan volume air yang dibutuhkan, ketinggian tempat penyediaan air dan lokasi penggunaan air, dan efisiensi pompa air (Hoetama et al., 2019; Sulanjari & Setiyono, 2020).

g. Perhitungan Debit Air



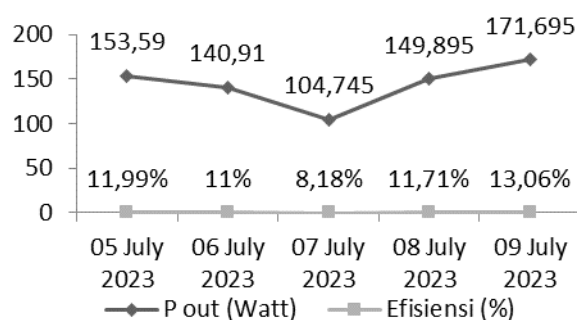
Gambar 5. Grafik Debit Air

Debit air selama 5 hari pengambilan data stabil, mengisi gelas ukur 2 liter memerlukan 3-4 detik. Debit air terendah 0,44 liter/s dan tertinggi 0,5 liter/s. Dalam 1 liter gelas ukur, waktu diperlukan 0,44-0,54 liter/s. Debit air ini memadai untuk menyebarkan air melalui 14 panel surya dengan sprinkle merata. Dengan panel surya miring 12o dan sprinkle di sepanjang array

setinggi 9cm, dibutuhkan 11,23 atau 12 sprinkle dari 160 panel surya. Relay dan pipa sesuai spesifikasi bangunan sepanjang 39m dan lebar 24m membantu pembersihan.

Debit PATS yang ideal adalah jumlah air yang dapat dipompa oleh PATS dalam satu waktu. Hal ini bergantung pada beberapa faktor, seperti ukuran pompa, kapasitas panel surya, dan kebutuhan air (Hoetama et al., 2019, Simamora, 2020). PATS yang terlalu kecil dapat menghasilkan debit air yang tidak mencukupi, sedangkan pompa yang terlalu besar dapat menghasilkan debit air yang lebih banyak daripada yang dibutuhkan.

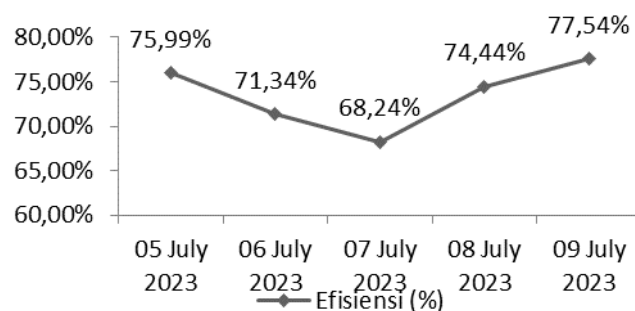
h. Perhitungan Efisiensi Panel Surya



Gambar 6. Efisiensi Panel Surya selama 5 Hari

Perhitungan efisiensi panel surya mengacu pada penelitian terdahulu (Iqtimal, dkk, 2019). nilai efisiensi panel surya WJ200-M Monocrystalline (WIK A PV) adalah 15,55%. Nilai fill factor atau FF yang didapat adalah 0,81 dengan luas panel 1,28 m². Daya masukan merupakan daya yang didapat dari persamaan 3.4 atau iradiasi matahari dikali dengan luas panel surya. Pengambilan data hari ke-1 hingga hari ke-5 memiliki efisiensi yang berbeda beda yang ditunjukkan pada gambar 6. Terkait dengan efisiensi panel surya banyak faktor ilmiah berperan dalam persamaan efisiensi sel surya. Tiga komponen utama adalah komponen bahan panel surya, efisiensi reflektansi, dan efisiensi termodinamika (Hasrul, 2021; Putra, n.d.).

i. Perhitungan Efisiensi Pompa Air



Gambar 7. Grafik Efisiensi Pompa Air selama 5 Hari

Berdasarkan grafik efisiensi pompa air AC tertinggi pada hari kelima atau tanggal 9 Juli 2023 sebesar 77,54% dan efisiensi terendah pada hari ketiga atau tanggal 7 Juli 2023 sebesar 68,24%. Rata-rata efisiensi pompa yang didapat senilai 73,51%.

Pompa air tenaga surya adalah solusi yang menggabungkan teknologi fotovoltaik dengan pompa air untuk memindahkan air tanpa memerlukan sumber daya listrik konvensional (Simamora, 2020). Dalam hal ini, tingkat efisiensi mengacu pada rasio antara daya output PATS dengan daya input yang diterima dari panel surya. Semakin tinggi tingkat efisiensi, semakin baik performa dan keberhasilan penggunaan pompa air tenaga surya tersebut (Hoetama et al., 2019; Iqtimal et al., 2018; Sunding & Parawangsa, 2018).

j. Perhitungan Konsumsi Energi

Perhitungan konsumsi energi sistem digunakan untuk mengestimasi kebutuhan konsumsi energi sebagai acuan biaya pengeluaran dengan PLN. Konsumsi energi dalam watt-hour dikalikan dengan tarif dasar PLN. Konsumsi rata-rata selama 5 hari adalah 282,13 Wh, dan daya listrik 32 kWp dikalikan faktor daya 0,8, menghasilkan KVA sebesar 25.600 VA. Dengan golongan 25,6 kVA, termasuk golongan 6 dengan tarif dasar Rp.1.444,70. Jika pompa digunakan 2 kali per minggu, konsumsi energi dalam sebulan adalah 2.257,04 Wh, menghasilkan biaya tarif Rp.3.260,75. Berikut tarif dasar PLN April-Juni 2023.



PENETAPAN
PENYESUAIAN TARIF TENAGA LISTRIK (TARIFF ADJUSTMENT)
APRIL - JUNI 2023

NO.	GOL. TARIF	BATAS DAYA	REGULER		PSU BAYAR (Rp/Wh)
			BIAYA BEBAN (Rp/kWh)	BIAYA PEMAKAIAN (Rp/Wh) (DAN BIAYA KEWAJIBAN (Rp/kWh))	
1.	R-1TR	900 VA/4RTM	-	1.352,20	1.352,20
2.	R-2TR	1.200 VA	-	1.444,70	1.444,70
3.	R-3TR	2.000 VA	-	1.444,70	1.444,70
4.	R-2TR	3.500 VA	-	1.699,53	1.699,53
5.	R-3TR	6.000 VA s.d. 8.500 VA	-	1.699,53	1.699,53
6.	R-3TR	6.000 VA s.d. 200 KVA	-	1.444,70	1.444,70
7.	B-3TM	0 watt 200 KVA	**	Biaya WSP = K x 1.035,78 Biaya LWSP = 1.035,78 WSP = 1.152,74 ***	-
8.	I-3TM	0 watt 200 KVA	**	Biaya WSP = K x 1.035,78 Biaya LWSP = 1.035,78 WSP = 1.114,74 ***	-
9.	I-4TT	30.000 KVA ke atas	***	Biaya WSP = 896,74 WSP = 296,74 ***	-
10.	P-1TR	6.000 VA s.d. 200 KVA	-	1.699,53	1.699,53
11.	P-2TR	0 watt 200 KVA	**	Biaya WSP = K x 1.415,01 Biaya LWSP = 1.415,01 WSP = 1.500,85 ***	-
12.	R-3TR		-	1.699,53	1.699,53
13.	2TRC, 3TR, 11		-	1.444,70	-

Catatan:
*) Disesuaikan Rata-rata Minimum (RM):
RM1 = 40 (Jam Nyala) x Daya terpasang (VA) x Biaya Pemakaian.
**) Disesuaikan Rata-rata Minimum (RM):
RM2 = 40 (Jam Nyala) x Daya terpasang (VA) x Biaya Pemakaian LWSP.
Jam nyala : kWh per bulan dibagi dengan VA terpasang.
***) Disesuaikan Rata-rata Minimum (RM):
RM3 = 40 (Jam Nyala) x Daya terpasang (VA) x Biaya Pemakaian WSP dan LWSP.
Jam nyala : kWh per bulan dibagi dengan VA terpasang.
****) Biaya kelebihan pemakaian daya realtif (VAh) dikenakan dalam hal batas daya rata-rata setiap bulan kurang dari 0,5% (dibulatkan penuh lima per seribu).
K : Faktor perbandingan antara harga WSP dan LWSP sesuai dengan karakteristik beban sistem kelatikan setempat (1,4 K < K < 2), ditetapkan oleh Divisi Penetapan Penerimaan (Penerima) PT Perusahaan Listrik Negara.
WSP : Waktu Beban Puncak.
LWSP : Luar Waktu Beban Puncak.

Gambar 8. Tarif Dasar PLN April-Juni 2023

4. Kesimpulan

Sistem berjalan lancar dengan panel surya sebagai sumber listrik untuk pompa air. Pompa memompa air hingga ke permukaan panel surya. Dukungan termasuk jalur pipa yang sesuai kontur bangunan, komponen kelistrikan (MCB 6 ampere, relay Omron MY4N, dan timer Theben SUL 181h) dengan kabel ke sub-distribution panel di dalam gedung pabrik baterai PT.Winner. Operasi dilakukan 1-2 kali per minggu pada hari kerja. Data tegangan, arus, dan daya pada panel surya diukur dari satu string panel. Rata-rata tegangan panel surya adalah 650,09 Volt, arus rata-rata 4,41 A DC, dan daya rata-rata 2883,3 Watt.

Pompa air memiliki rata-rata tegangan AC 224,73 Volt, arus rata-rata 1,25 A, dan daya rata-rata 282,13 Watt. Cuaca juga memengaruhi arus dan daya pada panel surya dan pompa

air. Kinerja sistem baik, 1 sprinkle bisa mencakup hingga 14 panel surya. Efisiensi panel surya 15,55%, sedangkan efisiensi pompa air berkisar 68,24% hingga 77,54%. Penelitian ini membawa dampak yang positif dan dapat diuji cobakan pada panel dengan konfigurasi yang lain.

Daftar Pustaka

- Chandel, S. S., Nagaraju Naik, M., & Chandel, R. (2015). Review of solar photovoltaic water pumping system technology for irrigation and community drinking water supplies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, 1084–1099. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.083>
- Dida, M., Boughali, S., Bechki, D., & Bouguettaia, H. (2020). Output power loss of crystalline silicon photovoltaic modules due to dust accumulation in Saharan environment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 124, 109787. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109787>
- Hasrul, R. (2021). *Analisis Efisiensi Panel Surya Sebagai Energi Alternatif*. 5(2).
- Hoetama, I., Yasar, M., & Bulan, R. (2019). Uji Kinerja Pompa Air Tenaga Surya Untuk Irigasi. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 4(3), 85–94. <https://doi.org/10.17969/jimfp.v4i3.11492>
- Iqtimal, Z., Devi Sara, I., & Syahrizal. (2018). Aplikasi Sistem Tenaga Surya Sebagai Sumber Tenaga Listrik Pompa Air. *KITEKTRO: Jurnal Online Teknik Elektro*, 3(1), 1–8.
- Lauret, P., David, M., & Pinson, P. (2019). Verification of solar irradiance probabilistic forecasts. *Solar Energy*, 194, 254–271. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.10.041>
- Patriany, A. K., Aksan, & Usman. (2022). Analisis Kinerja dan Ekonomi Sistem Pompa Air Tenaga Surya dan PLN. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI) 2022*, 410–415.
- Putra, M. S. (n.d.). *Analisis Efisiensi Pembangkitan Daya Listrik Modul Surya terhadap Penyinaran Matahari Menggunakan Solar Power Meter*.
- Ramirez-Vergara, J., Bosman, L. B., Wollega, E., & Leon-Salas, W. D. (2022). Review of forecasting methods to support photovoltaic predictive maintenance. *Cleaner Engineering and Technology*, 8, 100460. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100460>
- Shalih, Y., & Suratno, S. (2019). Pengaruh Arah Posisi Pemasangan Panel Surya Terhadap Output Daya Keluaran. *Just TI (Jurnal Sains Terapan Teknologi Informasi)*, 11(2), 12. <https://doi.org/10.46964/justti.v11i2.145>
- Simamora, Y. (2020). Perancangan Pemanfaatan Pompa Air Tenaga Surya Untuk Sumber Air Bersih Desa Sukarame, Kec. Sajira, Banten. *TERANG*, 3(1), 23–30. <https://doi.org/10.33322/terang.v3i1.1052>
- Sinaga, R. (2018). Pengaruh Parameter Lingkungan dan Penempatan Posisi Modul Terhadap Luaran Energi PLTS Menggunakan Solar Cell 50 WP, 12 Volt. *Studia Teknologia (Jurnal Sains dan Teknologi)*, 2. <https://doi.org/10.31227/osf.io/j7vqf>
- Sulanjari, & Setiyono, J. (2020). Studi Analisis Kinerja Pompa Air dengan Menggunakan Sumber Listrik dari Panel Surya. *Teknobiz : Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin*, 10(3), 45–59. <https://doi.org/10.35814/teknobiz.v10i3.1763>
- Sunding, A., & Parawangsa, A. N. (2018). Analisis Kinerja dan Ekonomi Sistem Pompa Air Tenaga Surya Skala Laboratorium. 4(1), 12–18.

- Tiyas, P. K., & Widyartono, M. (2020). *Pengaruh Efek Suhu Terhadap Kinerja Panel Surya*. 09.
- Wahid, A., & Junaidi, I. (2020). Analisis Kapasitas dan Kebutuhan Daya Listrik untuk Menghemat Penggunaan Energi Listrik di Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, 12(2).
- Yuliananda, S., Sarya, G., & Hastijanti, R. R. (n.d.). *Pengaruh Perubahan Intensitas Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Surya*.