

Implementasi Desain PLTS *Off Grid Non Baterai* Menggunakan Konsep *Pump Storage* pada Daerah Terpencil

Ahiyar^{1*}, Widodo Pudji Muljanto², Irrine Budi Sulistiawati^{3*}

Program Studi Teknik Elektro S1, Institut Teknologi Nasional Malang, Malang Indonesia

¹Ahyarosidi00@gmail.com, ²widodo_pm@lecturer.itn.ac.id, ^{3*}irrine@lecturer.itn.ac.id

ABSTRAK

Kajian efisiensi dan potensi teknologi Pump Storage yang mendukung energi baru terbarukan dilakukan pada kegiatan ini. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kinerja dari sistem Pump Storage tergantung pada perbedaan elevasi antara dua buah tandon, kapasitas pompa, serta efisiensi turbin. Pembangkit Listrik Tenaga Surya off grid tanpa baterai menjadi solusi yang sangat tepat untuk implementasi di daerah-daerah terpencil. Dengan berfokus pada kinerja PLTS, dan mengukur tegangan dan arus yang dihasilkan bervariasi antara 13,8 V sampai 14,2 V untuk tegangannya, sedangkan arus berkisar 7,8 A sampai 8,2 A. Panel surya dengan tegangan dan arus yang stabil membuat pompa bekerja secara efisien, pada debit aliran yang berkisar antara 15,7-16,2 L/m. Dari pengukuran yang dilakukan pada desain ini menunjukkan hasil volume penyimpanan meningkat secara bertahap, hingga mencapai 7.973 L pada pukul 17:00. Hal tersebut menunjukkan bahwa energi yang dihasilkan solar panel mampu mendukung kinerja pompa secara optimal.

Kata kunci: PLTS off grid, debit aliran air, pompa dan penyimpanan.

ABSTRACT

The study of efficiency and potential of Pump Storage technology that supports new renewable energy was conducted in this activity. The results obtained showed that the performance of the Pump Storage system depends on the difference in elevation between the two reservoirs, pump capacity, and turbine efficiency. Off-grid Solar Power Plants without batteries are a very appropriate solution for implementation in remote areas. By focusing on the performance of the PLTS, and measuring the voltage and current produced varies between 13.8 V to 14.2 V for the voltage, while the current ranges from 7.8 A to 8.2 A. Solar panels with stable voltage and current make the pump work efficiently, at a flow rate ranging from 15.7-16.2 L / m. From the measurements carried out on this design, the results of the storage volume increase gradually, reaching 7,973 L at 17:00. This shows that the energy produced by the solar panel is able to support pump performance optimally.

Keywords: *off grid PLTS, water flow rate, pump and storage.*

PENDAHULUAN

Sumber energi terbarukan yang paling mudah dikonversikan menjadi energi listrik yaitu dengan menggunakan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). Matahari merupakan sumber energi terbarukan serta ramah lingkungan, radiasi yang dihasilkan oleh sinar matahari sangatlah tinggi sehingga PLTS menjadi alternatif sumber energi listrik yang sangat menjanjikan (Halim et al., 2020).

Berdasarkan jenisnya PLTS dibagi menjadi dua jenis yaitu PLTS *Off grid* dan PLTS *On grid*, dimana *plts on grid* terhubung dengan jaringan listrik PLN. Menggunakan energi surya dan kelebihan listrik yang dihasilkan oleh PLTS akan dikirim ke jaringan PLN. Jenis *plts on grid* tidak membutuhkan sistem penyimpanan energi. Sedangkan PLTS *off grid* berdiri sendiri atau

tidak terhubung dengan jaringan PLN, jenis PLTS ini harus mempunyai sistem penyimpanan energi yang dihasilkan oleh panel surya, sehingga dapat digunakan kapan saja apabila diperlukan (Setyawan & Ulinuha, 2022).

Pada kegiatan pengabdian ini PLTS yang digunakan yaitu PLTS *off-grid*, PLTS *off-grid* harus memiliki penyimpanan energi yang dihasilkan oleh PV. Umumnya penyimpanan energi yang digunakan adalah baterai tetapi kandungan pada baterai terdapat timah dan bahan kimia yang menjadi kekurangan terutama untuk lingkungan, jangka pemakaian atau usia pakai juga menjadi salah satu perhitungan, baterai akan mengalami penurunan performa apabila suhu naik melebihi suhu standar yang telah ditetapkan. Pada umur pakai 100% baterai akan berusia 20 tahun. Tetapi berdasarkan hasil evaluasi literatur pada kegiatan pengabdian ini baterai akan mengalami pengurangan umur pakai diakibatkan oleh kenaikan suhu yang melebihi standar yaitu menjadi 13 tahun 2 bulan. Jadi pengurangan umur pakai baterai kurang lebih 6 tahun 10 bulan (Fauziah & Laksono, 2021). Salah satu solusi untuk mengatasi masalah ini adalah dengan menggunakan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *off-grid non* baterai dengan konsep *pump storage*. Konsep ini melibatkan penggunaan pompa air sebagai media penyimpanan energi. Selama periode matahari terbit, panel surya menghasilkan energi listrik yang tidak langsung digunakan, tetapi digunakan untuk memompa air dari tandon bawah ke tandon atas. Ketika energi listrik diperlukan, air dari tandon atas dilepaskan melalui turbin untuk menghasilkan energi listrik (Bismaka et al., 2021).

Pump storage telah digunakan lebih dari satu abad untuk membantu menyeimbangkan tenaga listrik, *Pump storage* memerlukan pompaan air dari tandon bawah menuju tandon atas ketika dalam keadaan kebutuhan beban rendah (pada siang hari) apabila beban meningkat dan membutuhkan pasokan listrik maka air akan dialirkan melalui turbine sehingga dapat menghasilkan listrik, air yang mengalir melalui turbine akan diteruskan ke tandon bawah sehingga dapat dipompa kembali menuju tandon atas (Forrest et al., 2021).

Water Pumped Energi Storage (WPES) memiliki kelebihan yaitu waktu pemakaian yang lebih lama dibandingkan dengan baterai, yaitu berkisar antara 50 tahun. Dan penggunaan air digunakan sebagai energi storage dinilai lebih ideal apabila diterapkan pada daerah terpencil, karakteristik *discharge* energi dari *pump storage* lebih fleksibel daripada baterai, kapasitas dari *pump storage* yang lebih besar memungkinkan menstabilkan energi yang dihasilkan oleh solar panel [6]. Dari segi keekonomian *pump storage* lebih ekonomis dibandingkan baterai pada sistem yang berdiri sendiri, dari beberapa hasil kegiatan pengabdian *Pump storage* dapat lebih cepat dalam *payback period* yaitu sekitar 2,5-5,5 tahun [7].

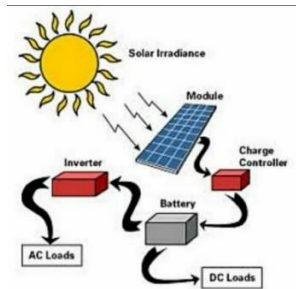
METODE

Sistem *pump storage*, penyimpanan energi berupa air dengan prinsip kerja energi yang dihasilkan panel surya akan digunakan untuk mengoperasikan pompa guna memindahkan air yang ada pada reservoir bawah ke reservoir atas, apabila kebutuhan beban meningkat maka air yang terdapat pada reservoir atas akan di lepaskan melalui turbin untuk menghasilkan energi listrik. Kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk mengimplementasikan desain ini pada skala laboratorium sehingga *pump storage* dapat digunakan di daerah terpencil.

A. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

PLTS adalah suatu sistem pembangkit tenaga listrik yang mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik. Pengkonversian ini terjadi pada panel surya. Energi listrik yang

dihasilkan oleh panel surya yaitu arus DC dan apabila arus ac diperlukan maka arus DC dapat diubah dengan menggunakan inverter.

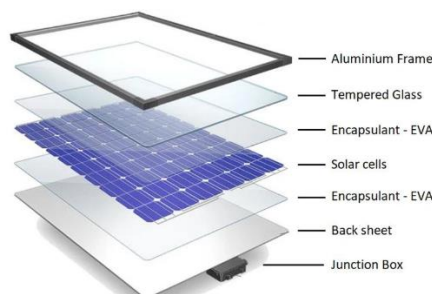


Gambar 1. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Gambar 1 menunjukkan panel surya menerima sinar matahari. Siang hari intensitas cahaya akan lebih tinggi daripada intensitas cahaya pada pagi hari. Pengukuran kapasitas yang dihasilkan, dengan cara pengukuran arus maksimum dengan membuat kedua terminal pada modul mengalami short circuit sehingga tegangan akan menjadi nol maka arusnya akan maksimum. Dan arus maksimum atau yang biasa di sebut *short circuit current* (I_{sc}) diperoleh, sedangkan pengukuran tegangan dapat diukur dengan cara mengukur pada terminal positif dan negatif pada panel surya pada saat mengukur panel surya tidak dihubungkan dengan komponen komponen lain. Nama pengukuran ini yaitu *open circuit voltage* (V_{oc}) (Syukri, 2010).

B. Panel Surya

Panel surya merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan cahaya matahari yang diubah menjadi energi listrik. Panel surya memiliki kelebihan yaitu sumber energi yang praktis dan ramah lingkungan karena tidak membutuhkan jaringan listrik konvensional, dan dapat disesuaikan sesuai lokasi pemasangan. Hal yang mempengaruhi kinerja dari panel surya adalah lokasi pembangunan, kadar polusi udara, intensitas cahaya dan kemiringan panel surya (Iqtimal et al., 2018). Dalam keadaan posisi matahari yang tegak lurus, intensitas cahaya yang diserap oleh permukaan solar panel seluas satu meter persegi akan mampu menghasilkan energi listrik 900 hingga 1000 Watt. Sel surya memiliki lapisan tipis dari bahan konduktor silikon (Si) murni, dan bahan semikonduktor lainnya seperti ditunjukkan pada gambar 2. PLTS merubah energi surya menjadi energi listrik searah (DC), apabila diperlukan arus searah (DC) dapat diubah menjadi arus bolak balik (AC) dengan menggunakan inverter(Naim, 2020). Panel surya memiliki bahan utama yaitu semikonduktor (silikon) (Hasan, 2012).



Gambar 2. Panel Surya

Pada kegiatan pengabdian ini kita perlu melakukan perhitungan efisiensi antara pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dan pembangkit listrik tenaga hidro (PLTPH) dengan menggunakan persamaan (1) sedangkan parameter pada panel surya dapat dilihat pada tabel 1.

$$\eta = \frac{P_{out}}{A \cdot G} \times 100\% \quad (1)$$

Dengan :

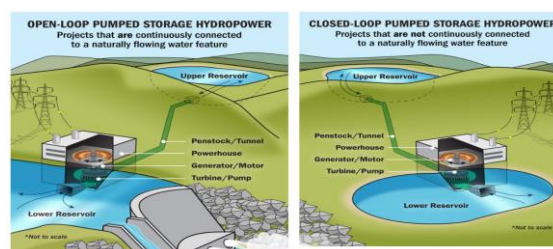
- η = efisiensi(%)
 P_{out} = daya keluaran panel(watt)
 A = Luas panel(m²)
 G = intensitas matahari(W/m²), biasanya 1000 W/m² pada kondisi stanar

Tabel 1. Parameter Panel Surya

Nomor	Spesifikasi	Keterangan
1	Peak Power (Pmax)	100 Wp
2	Optimum Operating Voltage (Vmp)	18.0 V
3	Optimum Operating Current (Imp)	5.55 A
4	Open Circuit Voltage (Voc)	21.24 V
5	Short Circuit Current (Isc)	6.22 A
6	Spesifikasi	Keterangan
7	Modul Efisiensi (EFF)	17.6%
8	Dimensions (MM)	1020*670*30

C. Pump Storage

Pump storage merupakan salah satu jenis penyimpanan energi, memiliki dua tandon yaitu tandon atas dan tandon bawah dimana air yang berada pada tandon bawah akan dialirkan ke tandon atas oleh pompa, aliran air yang mengalir dari tandon atas ke bawah digunakan untuk menghasilkan energi dengan memutar turbine dan air dapat dipompa kembali ke tandon atas untuk menyimpan air yang akan diturunkan kembali untuk memutar turbine. Terdapat dua tipe Pump storage yaitu open loop (tandon bawah terhubung dengan aliran air alami) dan yang kedua yaitu closed loop (tandon bawah tidak terhubung dengan aliran air alami) seperti ditunjukkan pada gambar 3 (Rahmanta, 2022).



Gambar 3. tipe *pump storage*

Apabila panel surya menghasilkan energi listrik, selanjutnya akan digunakan untuk mengoperasikan pompa guna memindahkan air dari tandon penyimpanan bawah ke tandon penyimpanan atas. Setelah air tertampung pada penyimpanan atas dan apabila beban

membutuhkan daya listrik maka air yang berada pada tandon penyimpanan atas akan dialirkan menuju turbine gravitasi yang dihasilkan oleh air akan memutar turbin, putaran turbin akan memutar generator sehingga dapat menghasilkan energi listrik (Dimasqi & Prasetyono, 2022).

Pump storage apabila dibandingkan dengan penyimpanan baterai, mempunyai pengaturan energi yang sangat baik yaitu memiliki *Power rating* dan *discharge duration* yang lebih tinggi, serta menurunkan pencemaran lingkungan emisi gas rumah kaca karena *pump storage* merupakan media penyimpanan yang ramah lingkungan, keuntungan lainnya sebagai berikut (Rahmanta, 2022):

1. Dapat menyuplai energi pada beban rendah maupun beban puncak.
2. Fleksibilitas dan kehandalan yang tinggi dikarenakan memiliki kemampuan dapat merespon pada beban puncak.
3. Meningkatkan efisiensi dan fasilitas transmisi jaringan yang sudah ada.
4. Dapat memasok energi tambahan sehingga jaringan listrik lebih stabil.
5. Salah satu penyimpanan energi yang ramah lingkungan.

Kekurangan dalam menggunakan *pump storage* yaitu:

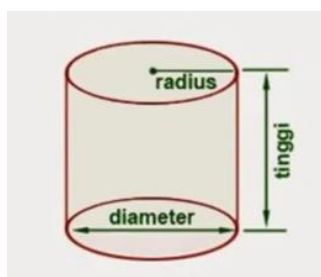
1. Biaya pembangunan yang mahal.
2. Bergantung pada pembangkit lain.

Pump Storage saat beban rendah maka akan digunakan untuk menyalakan pompa untuk menaikkan air dari tandon bawah ke tandon atas dan akan disimpan pada tandon atas, Ketika beban meningkat, maka tandon atas akan melepaskan air dan akan mengalir ke tandon bawah. Gravitasi air yang dibuang oleh tandon atas ke tandon bawah akan mengalir melalui turbine dan memutar turbin guna menghasilkan listrik (Sun et al., 2020).

D. Komponen *Pump Storage*

1. Reservoir

Atau penyimpanan pada gambar 4 yaitu sebuah alat yang berguna sebagai penyimpan dan dapat digunakan apabila intensitas cahaya sudah tidak ada.



Gambar 4. Tandon Penyimpanan

Kapasitas penyimpanan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut silinder:

$$\text{Volume (V)} = \pi * r^2 * h \quad (2)$$

Dengan:

V = Volume Tandon Air (Dalam Satuan Kubik Meter atau Liter)

π = Nilai Pi (Sekitar 3,14)
 r = Jari-Jari Silinder (Dalam Meter)
 h = Tinggi Silinder (Dalam Meter)

2. Pompa

Pompa seperti pada gambar 5 merupakan sebuah peralatan yang digunakan untuk mengalirkan cairan dari penyimpanan bawah ke penyimpanan atas atau memperkuat laju aliran air pada suatu aliran pipa (Bayu Kusuma et al., 2020). Sedangkan spesifikasi yang digunakan pada kegiatan ini dapat dilihat pada tabel 2.



Gambar 5. Pompa DC

Adapun daya pompa dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P = \frac{Q \cdot H \cdot \rho \cdot g}{\eta} \quad (3)$$

Dengan:

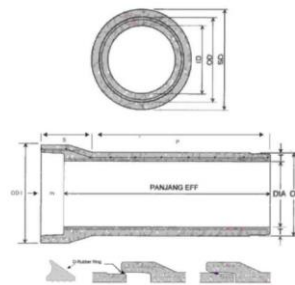
P = Daya Pompa (Watt)
 Q = Laju Aliran Fluida (m³/s)
 H = Head Total Atau Tinggi Total (Meter)
 ρ = Massa Jenis Fluida (kg/m³)
 g = Percepatan Gravitasi (9.81 m/s²)
 η = Efisiensi Pompa (Sebagai decimal, misalnya 0.7 untuk 70%)

Tabel 2. Karakteristik pompa
Spesifikasi Keterangan

Input Voltage	12 V
Current	7.8 A
Motor Power	60 W/ 6800 RPM
Water Temperature	0-60°C
Delivery Volume	70 ℓ /min
Delivery head	6 M
Outlet Diameter	25 MM/1"

3. Pipa

Pipa adalah suatu tabung yang digunakan untuk mengalirkan cairan atau gas dari satu tempat ke tempat lain dengan gambar penampang pipa ditunjukkan pada gambar 6. Secara umum, material yang digunakan untuk membuat pipa bisa bervariasi seperti logam, plastik, atau material lain sesuai dengan kebutuhan aplikasinya.



Gambar 6. Pipa

Diameter pipa pada sebuah sistem pompa, (Dan et al., 2013):

$$Di = 3,9. Q_f^{0,45} \cdot \rho^{0,13} \quad (4)$$

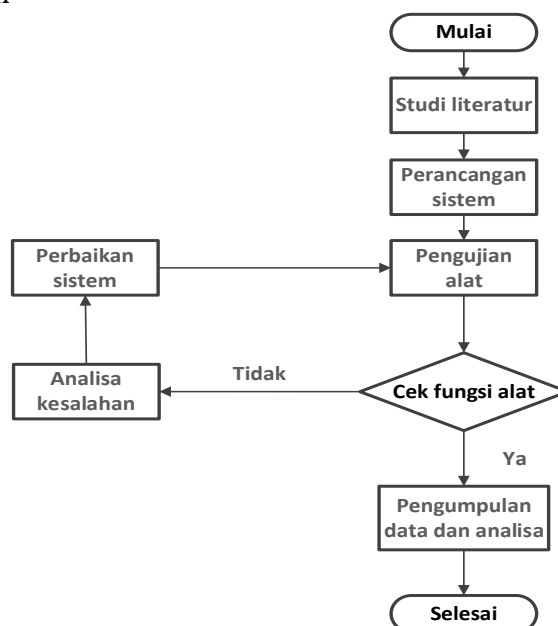
Dimana:

Di = Diameter dalam pipa

Q = Kapasitas / diameter aliran m³/jam atau liter/menit

(ρ) = berat jenis fluida

E. Alur Kegiatan pengabdian



Gambar 7. Alur Kegiatan Pengabdian

HASIL DAN PEMBAHASAN

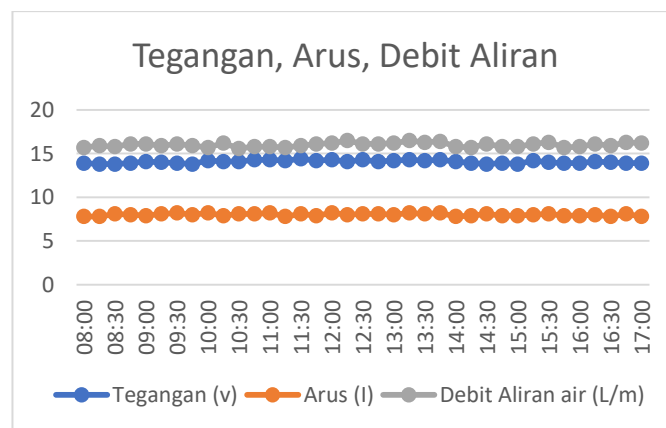
A. Data Uji CobaPLTS hari ke 1

Tabel
Arus
Dan

No	Waktu	PV		Debit air (L)	
		Tegangan (v)	Arus (I)	Debit Aliran air (L/m)	Volume Penyimpanan air (L)
1	08:00	13,9	7,8	15,7	0
2	08:30	13,8	8,1	15,8	428
3	09:00	14,1	7,9	16,1	769
4	09:30	13,9	8,2	16,1	1.165
5	10:00	14,2	8,2	15,7	1.577
6	10:30	14,1	8,1	15,6	1.986
...					
...					
...					
22	15:30	14	8,1	16,3	6.580
23	16:00	13,9	7,9	15,8	7.056
24	16:30	14	7,8	15,9	7.525
25	17:00	13,9	7,8	16,2	7.973

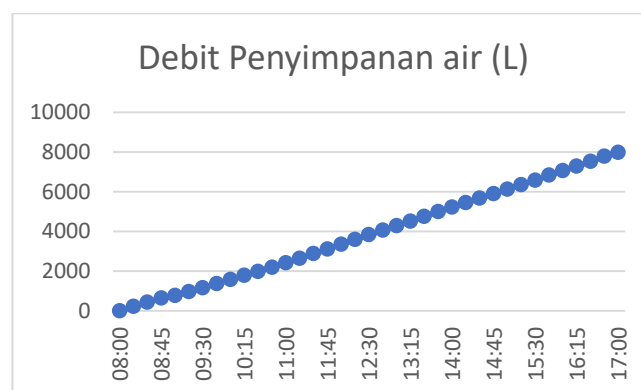
3. Tegangan
Debit Aliran
Volume
Penyimpanan

Pada tabel 3. merupakan data yang mencakup informasi mengenai tegangan (V), Arus (I), Debit Aliran (L), dan Volume Penyimpanan (L). dengan rentan waktu 08:00 sampai dengan 17:00. Pada tabel tersebut panel surya menghasilkan tegangan dan arus yang stabil yaitu berkisar 13,8 sampai 14,2 volt sedangkan arus berkisar antara 7,8-8,2 ampere. Dari panel surya yang menghasilkan tegangan dan arus yang stabil memungkinkan pompa bekerja secara efisien, yang dimana debit aliran yang dihasilkan pompa berkisar antara 15,7-16,2 L/m. menghasilkan volume penyimpanan meningkat secara bertahap, pada pukul 8:00 volume penyimpanan atas yaitu 0 L hingga mencapai 7.973 L pada pukul 17:00. Hal tersebut menunjukkan bahwa energi yang di hasilkan silar panel mampu mendukung kinerja pompa secara optimal.



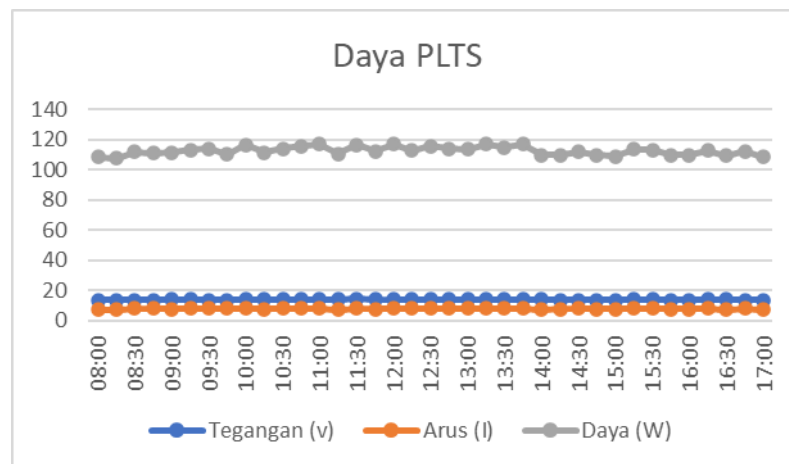
Gambar 9. Grafik Tegangan, Arus, Dan Debit Air

Gambar 9. merupakan grafik menunjukkan waktu dan tiga parameter, yaitu tegangan (V), arus (I), dan debit aliran (L/m). tegangan dan arus yang di hasilkan panel surya terlihat stabil sepanjang pengambilan data yaitu berkisar antara 13,8-14,2 volt untuk tegangan, dan 7,8 - 8,2 ampere untuk arus. Denan tegangan dan arus yang stabil energi yang di hasilkan panel surya mampu mengoprasikan pompa sehingga menghasilkan debit aliran yang relatif konstan yaitu berkisar antara 15,7-16,2. Hal ini menunjukkan panel surya menghasilkan energi yang cukup untuk menjaga kinerja pompa sehingga tetap optimal.



Gambar 10. Grafik Volume Penyimpanan Atas.

Pada gambar 10. menunjukkan grafik peningkatan volume penyimpanan yang dilakukan dari pukul 08:00 hingga pukul 17:00, dengan total air yang di alirkan mencapai 7.973 liter pada pukul 17:00. tahap pengisian meningkat secara konstan tanpa adanya gangguan ataupun fluktuasi yang signifikan selama pengambilan data. Hal ini menandakan bahwa kinerja pompa yang stabil. Daya yang di hasilkan panel surya stabil antara 107,64 sampai 117,26. Total daya yang dihasilkan panel surya yaitu 4166,19 dengan rata rata daya 112,60.



Gambar 11. Daya PLTS

Gambar 11 merupakan grafik daya yang dihasilkan panel surya, pada grafik dapat dilihat daya yang dihasilkan panelsura tidak terdapat fluktuasi yang signifikan. Hal ini menandakan daya yang dihasilkan panel surya stabil.

Efisiensi Panel Surya sebesar

$$\eta = 112,60 / 5000,2 \times 100\%$$

$$\eta = 12,82\%$$

B. Pembangkit Pikohidro

Pada pengambilan data dilakukan sebanyak 11 kali pada kegiatan selama satu minggu dengan mengukur kecepatan pulley dan berat dari timbangan yang dimana hasil dari pengambilan data dapat dilihat pada tabel 4 dibawah ini:

Tabel 4. data pikohidro

No	Rpm	Gaya (Newton)	r (Meter)	ω (Rad/Sec)	T (Nm)	Daya Turbin (P)
1	390	0	0,05	40,82	0	0
2	292	30	0,05	30,6	1,5	45,9
3	270	70	0,05	28,26	3,5	98,91
4	264	140	0,05	27,63	7	193,41
5	237	160	0,05	24,8	8	198,4
6	209	215	0,05	21,9	10,75	235,42
7	182	300	0,05	19,04	15	285,6
8	151	350	0,05	15,8	17,5	276,5
9	115	400	0,05	12,03	20	240,6
10	89	459	0,05	9,31	22,95	213,7
11	74	480	0,05	7,74	24	185,8
Total Daya						1974,24
Rata - Rata						179,47

KESIMPULAN

Pada kegiatan pengabdian pembangkit listrik tenaga surya menggunakan konsep *pump storage* didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Total daya yang di hasilkan panel surya dari pukul 8:00 sampai dengan pukul 17:00 (9 jam) di dapat total daya yaitu sebesar 4166,19 Wh. Sedangkan rata rata daya yang di hasilkan yaitu sebesar 112,60 Wh.
2. Total volume air yang dapat di alirkan dari tandon penyimpanan bawah menuju tandon penyimpanan atas didapatkan sebesar 7.973 L.
3. Daya yang di hasilkan panel surya stabil antara 107,64 sampai 117,26. Total daya yang dihasilkan panel surya yaitu 4166,19 dengan rata rata daya 112,60.

DAFTAR PUSTAKA

L. Halim, L. Halim, and O. Sudjana, "Perancangan Dan Implementasi Awal Solar Inverter Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off Grid," J. Teknol., vol. 12, no. 1, pp. 31–38, 2020, [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/jurtek/article/view/4105>

Setyawan and A. Ulinuha, "Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off Grid Untuk Supply Charge Station," Transmisi, vol. 24, no. 1, pp. 23–28, 2022, doi: 10.14710/transmisi.24.1.23-28.

D. Fauziah and R. I. Laksono, "Prediksi usia pakai baterai pada sistem pencadangan unit 3 PLTU Suralaya," JITEL (Jurnal Ilm. Telekomun. Elektron. dan List. Tenaga), vol. 1, no. 2, pp. 147–154, 2021, doi: 10.35313/jitel.v1.i2.2021.147-154.

A. P. Bismaka, D. C. Riawan, and S. Anam, "Desain Kontrol Aliran Daya PLTS Mandiri Menggunakan Mekanisme Penyimpanan Energi Water Pump Energy Storage," El Sains J. Elektro, vol. 2, no. 2, pp. 1–8, 2021, doi: 10.30996/elsains.v2i2.4771.

K. Forrest, B. Shaffer, A. Blakers, M. Stocks, B. Lu, and C. Cheng, "A review of pumped hydro energy storage Progress in Energy OPEN ACCESS A review of pumped hydro energy storage," 2021.

A. Priyohutomo, D. Candra Riawan, and S. Soedibyo, "Studi Kelayakan Water Pumped Energy Storage Sebagai Penyimpanan Energi PLTS Mandiri Pada Daerah Terisolir," J. FORTECH, vol. 2, no. 1, pp. 9–18, 2021, doi: 10.32492/fortech.v2i1.234.

I. Pramono and A. N. Lasman, "Optimasi Desain Pembangkit Listrik Kapasitas 200 kW Menggunakan Tenaga Matahari dengan Sistem Pumped Storage," vol. 10, no. 3, pp. 32–39.

M. Syukri, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpadu Menggunakan Software PVSYST Pada Komplek Perumahan di Banda Aceh," J. Rekayasa Elektr., vol. 9, no. 2, pp. 77–80, 2010, [Online]. Available: <https://jurnal.unsyiah.ac.id/JRE/article/view/167/160>

Z. Iqtimal, I. D. Sara, and D. Syahrizal, "Aplikasi Sistem Tenaga Surya Sebagai Air," vol. 3, no. 1, pp. 1–8, 2018.

M. Naim, “Rancangan Sistem Kelistrikan Plts Off Grid 1000 Watt Di Desa Loeha Kecamatan Towuti,” *Vertex Elektro*, vol. 12, no. 01, pp. 17–25, 2020.

H. Hasan, “Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Pulau Saugi,” *J. Ris. dan Teknol. Kelaut.*, vol. 10, pp. 169–180, 2012.

M. A. Rahmanta, “Analisis PASTEL & SWOT Pemanfaatan Teknologi Pumped Storage Hydropower Untuk Meningkatkan Penetrasi Energi Terbarukan Di Indonesia,” *J. Offshore Oil, Prod. Facil. Renew. Energy*, vol. 6, no. 1, p. 1, 2022, doi: 10.30588/jo.v6i1.1012.

A. H. Dimasqi and S. Prasetyono, “Peningkatan Fungsi Instalasi Pompa Air Berbasis Panel Surya Di Desa Banyuglugur Kabupaten Situbondo,” *J. Arus Elektro Indones.*, vol. 8, no. 2, p. 59, 2022, doi: 10.19184/jaei.v8i2.29705.

B. Sun et al., “Review on Pumped Storage Power Station in High Proportion Renewable Energy Power System,” 2020 IEEE Student Conf. Electr. Mach. Syst. SCEMS 2020, no. 202002005, pp. 1001–1006, 2020, doi: 10.1109/SCEMS48876.2020.9352320.

K. Bayu Kusuma, C. G. Indra Partha, and I. W. Sukerayasa, “Perancangan Sistem Pompa Air Dc Dengan Plts 20 Kwp Tianyar Tengah Sebagai Suplai Daya Untuk Memenuhi Kebutuhan Air Masyarakat Banjar Bukit Lambuh,” *J. SPEKTRUM*, vol. 7, no. 2, p. 46, 2020, doi: 10.24843/spektrum.2020.v07.i02.p7.

P. Dan, P. Pompa, P. Instalasi, P. Air, and G. Kapasitas, “Perhitungan dan pemilihan pompa,” no. November, 2013.