

Analisis Kinerja dan Ekonomi Sistem Pompa Air Tenaga Surya dan PLN

Andi Khofifah Patriany¹⁾, Aksan²⁾, Usman³⁾

^{1,2,3} Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang
andikhofifahpatriany@gmail.com¹⁾, aksansubarjo@yahoo.co.id²⁾, usman@poliupg.ac.id

Abstrak

Energi Surya adalah pilihan yang bersih dan terbarukan untuk produksi energi, digunakan untuk beberapa tujuan seperti pompa air, yang merupakan salah satu teknologi yang paling banyak disebarluaskan terkait penggunaan photovoltaic (PV). Ketergantungan radiasi matahari dalam menghasilkan energi listrik oleh photovoltaic akan memberikan dampak pada Kinerja Sistem Pompa Air Tenaga Surya (SPATS), selain karena SPATS ini terdiri beberapa komponen dengan karakteristik yang berbeda pula. Penelitian ini bertujuan menguji kinerja serta melakukan analisis ekonomi dari SPATS. Untuk mencapai tujuan tersebut dilakukan pengukuran data yang dimulai pada pukul 08.00 sampai dengan pukul 16.00. data tersebut adalah radiasi matahari, tegangan dan arus PV/pompa dan waktu yang dibutuhkan untuk mengisi wadah dengan volume tertentu. Analisis data dilakukan dengan menggunakan persamaan-persamaan yang telah ditentukan untuk menghitung efisiensi PV, pompa dan SPAT serta harga energinya. Hasil yang didapatkan bahwa debit air yang dihasilkan oleh SPATS akan sebanding dengan radiasi matahari. Efisiensi pompa dan sistem sebanding dengan radiasi matahari, sebagai akibat produksi energi listrik yang dihasilkan oleh PV. Efisiensi pompa dan sistem sebanding dengan radiasi matahari. Fenomena ini merupakan efek dari ketergantungan debit air terhadap radiasi matahari. Hasil analisis ekonomi yang dilakukan didapatkan bahwa energi listrik yang dibangkitkan oleh SPATS relatif murah dibandingkan dengan energi listrik dari PLN.

Keywords: Pompa Tenaga Surya, photovoltaic, Analisis Ekonomi

I. PENDAHULUAN

Penggunaan energi surya sebagai sumber energi listrik menjamin ketersediaan suplai listrik, pemanfaatan *photovoltaic* (PV) pada saat ini sebagai sumber energi listrik pompa air tergolong sebagai teknologi baru untuk menggerakkan pompa air masih tergolong baru [1],[2]. Penggunaan listrik untuk Sistem Pompa Air Tenaga Surya (SPATS) dapat meminimalisir ketergantungan pada listrik berbasis diesel, gas dan bara serta dapat memberikan keuntungan dari segi lingkungan untuk mengoperasikan pompa air konvensional [3], [4], selain itu SPATS dapat digunakan pada daerah terpencil untuk penyediaan air bersih, irigasi dan peternakan, dapat mengurangi penggunaan bahan bakar fosil yang terus meningkat harganya. [3]

Penelitian tentang rancang bangun sistem pengangkatan air menggunakan pompa DC dan AC dengan sumber listrik tenaga surya untuk mengetahui debit air yang bisa diangkat selama sehari. Sistem Pompa Air Tenaga Surya (SPATS) yang menggunakan PV merupakan sistem yang terdiri dari komponen yang berbeda-beda, yang dapat dikelompokkan sebagai komponen mekanik dan listrik. Komponen-komponen ini memiliki konstruksi, cara kerja dan karakteristik kinerja yang berbeda pula. Sehingga integrasi komponen yang membentuk SPATS bias menyebabkan kinerja yang rendah secara umum. [3],[5].

Tujuan penelitian untuk membandingkan kinerja pompa AC dan DC menggunakan tenaga surya, menganalisis kinerja sebuah pompa AC dan DC dengan menggunakan tenaga surya dengan berbagai kondisi radiasi matahari dan

head pompa dan melihat tingkat ekonomian dari Pompa AC dan DC yang menggunakan Tenaga Surya dan PLN

II. KAJIAN LITERATUR

A. Photovoltaic

Energi surya *photovoltaic* diperoleh dengan konversi langsung radiasi matahari menjadi listrik. Silikon adalah yang paling umum bahan yang digunakan dalam pembuatan sel surya, karena kelimpahannya di bumi, tingkat kontaminasi yang rendah, daya tahan tinggi, dan pengalaman yang luas dari industri *mikroelektronika* [6]. Yang paling luas Sel silikon yang digunakan adalah *monocrystalline* dan *polycrystalline*, meskipun banyak teknologi lain telah dikembangkan dan digunakan. Sel silikon *monocrystalline* diproduksi dari batang silinder silikon *monocrystalline* dalam oven khusus. Mereka diperoleh dengan memotong batang dalam bentuk pelet tipis (tebal 300 mm). Mereka Efisiensi dalam mengubah cahaya matahari menjadi listrik adalah sekitar 15%, Namun mereka memiliki biaya produksi yang tinggi. Silikon *polycrystalline* sel terbuat dari blok silikon yang diperoleh dengan melelehkan bagian silikon murni dalam cetakan khusus. Dalam proses ini, atom tidak mengatur menjadi kristal tunggal. Efisiensi mereka dalam mengubah sinar matahari menjadi listrik adalah sekitar 13%. Faktor-faktor utama yang mempengaruhi kinerja panel *photovoltaic* adalah radiasi matahari intensitas dan suhu sel, peningkatan tingkat isolasi sel meningkatkan suhu dan dengan demikian menyebabkan Efisiensi modul turun. Bentuk fisik *photovoltaic* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. (a) *monocrystalline* dan (b) *polycrystalline* [12].

B. Inverter

Inverter merupakan alat yang digunakan untuk mengubah arus listrik searah (DC) menjadi arus listrik bolak-balik (AC). Prinsip *fundamental* dari operasi sebuah *Inverter* adalah terhentinya sebuah tegangan searah secara periodik untuk menghasilkan sebuah gelombang kuadrat. *Inverter* banyak digunakan dalam industri sebagai elemen dasar, dalam sistem yang besar dan kompleks, misalnya dalam mengonversi arus searah DC, dari perangkat seperti baterai, panel surya menjadi arus listrik bolak-balik AC.

C. SPATS (Sistem Pompa Air Tenaga Surya)

SPATS merupakan suatu sistem pompa air/fluida yang menggunakan motor DC untuk menggerakkan pompa. Pompa secara umum merupakan suatu alat yang difungsikan untuk memindahkan zat cair dari tempat yang rendah ke tempat yang lebih tinggi dengan cara menaikkan tekanan cairan tersebut. Pompa diklasifikasikan menjadi 2 (dua) berdasarkan lokasi pemasangan dan tingkat air yaitu pompa permukaan (*surface mounted*) dan pompa dalam (*deep well*), [7]. *Surface pump* mempunyai kemampuan daya hisap 10 ft – 20 ft dan *submersible pump* dirancang, secara khusus untuk PV memiliki Efisiensi keseluruhan 30-70%. Berdasarkan sudut-sudut pompa dibagi menjadi 3 (tiga) yaitu pompa *diaphragm*, *helical* dan sentrifugal. Pompa sentrifugal paling cocok untuk *head* rendah dan debit harian tinggi, pompa *helical* sangat stabil untuk *head* yang tinggi [8]

Kinerja SPATS bergantung pada parameter seperti radiasi matahari pada setiap lokasi, Efisiensi PV, *head*, aliran air, kebutuhan air, dan daya hidrolik. Efisiensi *array* PV ditentukan oleh persamaan berikut :

$$\xi_{pv}(\%) = \frac{E_{pv}}{A_{pv} \cdot E} \times 100 \quad (1)$$

Efisiensi pompa merupakan perbandingan energi hidrolik pada satuan waktu dengan konsumsi energi yang dibutuhkan pompa dalam waktu yang sama, diberikan oleh:

$$\xi_{pv}(\%) = \frac{C_h \cdot H \cdot V_d}{E_p} \times 100 \quad (2)$$

Sedangkan efisiensi SPATS diberikan oleh:

$$\xi_{sys}(\%) = \xi_{pv} \cdot \xi_p \quad (3)$$

Keterangan:

- E_{pv} : Energi listrik yang dibangkitkan oleh PV dalam satuan waktu (Wh)
- A_{pv} : Luas permukaan PV dalam satuan (m^2)
- E : Radiasi matahari (W / m^2)

- H : *Head* pompa (m)
- V_d : Volume pada satuan waktu tertentu (m^3)
- E_p : Energi yang dibutuhkan pompa pada satuan waktu (Wh)
- ξ_{pv} : Efisiensi PV (%)
- ξ : Efisiensi pompa (%)
- ξ_{sys} : Efisiensi SPATS (%)

Menurut [10] biaya energi (*Cost Of Energy*) terutama ditentukan oleh biaya pemasangan dan produksi energi tahunan. Untuk sistem SPATS, biaya tersebut ditentukan terutama oleh PV dan pompa DC kemudian biaya pengontrol. Untuk COE PV sendiri tergantung pada radiasi matahari sekitar \$ 0,22- \$ 0,35 / kWh. COE dari PV biasanya diratakan selama umur sistem (diasumsikan 20-30 tahun), yang dihitung dengan:

$$COE = \frac{IC \times FCR \times AOM}{AkWh} \quad (4)$$

dengan

$$FCR = \frac{(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (5)$$

$$AkWh = EF \times Wp \times \overline{PSH} \times 365 \quad (6)$$

Keterangan:

- IC : Biaya awal (biaya komponen)
- FCR : Faktor pengembalian modal
- AOM : Biaya operasi dan pemeliharaan
- $AkWh$: Energi yang dihasilkan dalam setahun (kWh/tahunan)
- i : Faktor diskon
- n : Umur sistem (tahun)
- EF : Efisiensi PV (%)
- Wp : Daya maksimal dihasilkan oleh PV dan PSH, waktu rata-rata radiasi matahari dalam sehari (jam).

D. Water Pumping

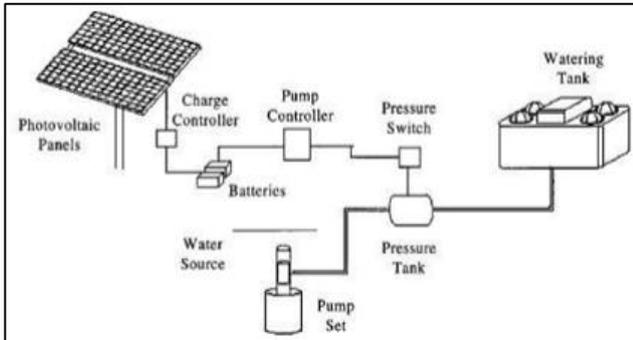
Pompa air tenaga surya dirancang khusus untuk digunakan tenaga surya secara efisien. Pompa konvensional membutuhkan arus AC stabil yang disuplai oleh saluran utilitas atau generator. Pompa surya menggunakan arus DC dari baterai dan/atau PV panel. Selain itu, mereka dirancang untuk bekerja secara efektif selama kondisi cahaya redup, pada tegangan rendah, tanpa macet atau terlalu panas. [1], [5]

E. Dynamic System

Sistem dinamik SPATS terdiri dari motor dan pompa. Ini digunakan untuk menciptakan aliran dengan memompa air. Motor menerima listrik energi dari sistem PV dan berubah menjadi bentuk energi kinetik sedangkan pompa mengubah energi kinetik ini menjadi energi hidrolik sebesar air. Motor menerima energi listrik melalui Inverter dan mengubahnya menjadi energi mekanik menggunakan magnet permanen dan *elektromagnet* yang melibatkan fenomena tarik-menarik dan tolak-menolak. [1],[12].

F. Battery Coupled Solar Pumping System

Sistem pemompaan air yang digabungkan dengan baterai terdiri dari panel *photovoltaic* (PV), regulator kontrol muatan, baterai, pengontrol pompa, sakelar tekanan, tangki, dan DC pompa air, berdasarkan pada Gambar 2 Arus listrik yang dihasilkan oleh Panel PV pada siang hari mengisi baterai, dan baterai pada gilirannya memasok daya ke pompa kapan saja air diperlukan. Penggunaan baterai menyebarkan pemompaan dalam jangka waktu yang lebih lama dengan menyediakan tegangan operasi ke motor DC pompa. Sehingga pada malam hari dan periode cahaya rendah, sistem masih dapat memberikan sumber air yang konstan untuk ternak.[5],[15]



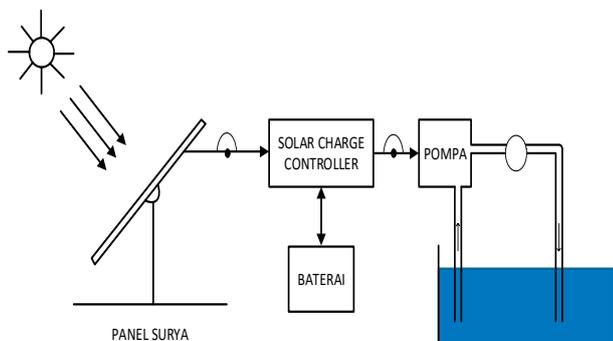
Gambar 2. Battery Coupled Solar Pumping System [1].

G. Direct-Coupled Solar Pumping System

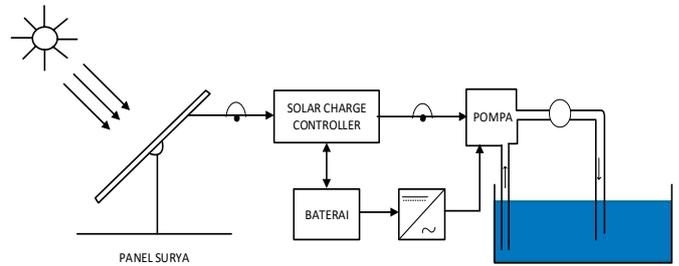
Dalam sistem pemompaan langsung, listrik dari modul PV dikirim langsung ke pompa, yang pada gilirannya memompa air melalui pipa ke tempat yang dibutuhkan. Sistem ini dirancang untuk memompa air saja pada siang hari. Jumlah air yang dipompa benar-benar tergantung pada jumlah sinar matahari yang mengenai panel PV dan jenis pompa.[5]

III. METODE PENELITIAN

Berdasarkan prosedur pengambilan data dilakukan pada penelitian ini dengan menggunakan bahan dan alat dengan desain berupa perancangan sistem yang dibuat dalam bentuk pengolahan data sebagai berikut.

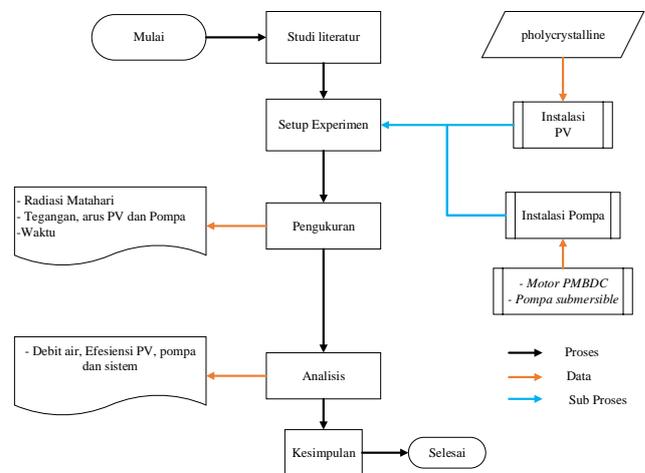


Gambar 3 Perancangan SPATS DC



Gambar 4 Perancangan SPATS AC

1. Pada jam 08.00 WITA motor dihidupkan,
2. Pengambilan data pada radiasi matahari, tegangan dan arus keluaran pada PV, tegangan dan arus masukan pada pompa pada saat pompa di-on-kan selama 5 menit dengan ketinggian pipa yang berbeda-beda,
3. Menghitung debit dan volume air saat pompa telah bekerja, dan
4. Mengulangi langkah 2 dan 3 untuk setiap jamnya sampai dengan pukul 16.00 WITA



Gambar 5 Diagram Alir

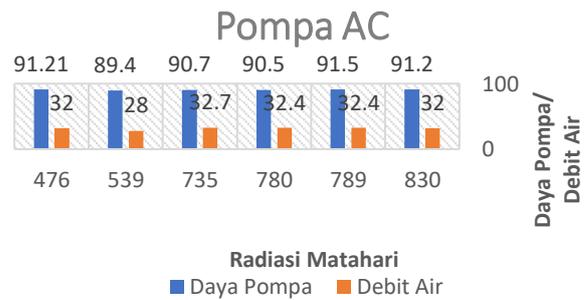
Tabel 1 Alat dan Bahan

No	Alat dan bahan	Spesifikasi	Jumlah
1	Panel Surya	Modul type: CK-P18V50W, type solar photovoltaic, Pmax: 50 W, Vmp: 17.57 V, Imp: 2.85 A, Voc: 21.96 V, Isc: 3.24 A, dimmesion: 700×540×30mm Type Monocristalline, PM: 50 W, Voc: 21.41 V, Isc: 3. 56 A, Vmp: 17.6, Imp: 2.85 A, dimeision: 835×540×28mm	2 unit
2	Pompa DC	Modul Type: RF-B12, Ketinggian Max: 25 Mm, Kapasitas Max: 70 Liter/Menit, Voltage: 12 V, Current: 5,4 Amp	1 unit
3	Pompa AC	Modul Type: WD-890E, Voltage: 220 V/ 590 Hz, Current: 0,5 A, Ketinggian Max: 3, Kapasitas Max: 24 Lpm, Pipa Pancar: 2/4 Inchi, Daya Pancar: 4,5 Meter	1 Unit
4	Inverter	Modul type FPC-500A, peak power 1000 W, DC 12V- AC 2290 V, 500 W	1 Unit
5	Flowmeter	Model: K24, Importers: 1 inch internal thread, Length: 103MM, measurement accuracy:±1 %, Repeatability:±0.5%, maximum working pressure: 20BAR, operating Voltage: 2.3-3.-3V, standby time: 2 years, Flow Range: 10-120L /MIN, Single count: 0.00-99.9, the total cumulative number:0.00-999999.9, Unit: L/L, GAL, pint/PTS, quart/QTS, single measurement cleared : RESET	1 Unit
6	Battery	Modul Type: Valve Regulated Lead-Acid Battery Am 12-12T2, Voltage Regulation: (25°C), Cycle Use: 15.0 V, Standby Use: 13.8 V, max. intial Current: 3.6 A	1 Unit
7	Lux meter	Model Type: Digital Lux Meter measuring Range 1 – 200.000 Lux, resolution: ≤10000 Lux: ±4%+10 word, ≥10000 Lux: ±5% +10 word, repeatability: ±2%, power supply 3×1.5V AAA battery, operating temperature: 0°-40°	1 Unit
8	reservoir	Bahan: plastic, volume 250 l	1 Unit
9	Solar charge controller	Modul type: tracer1206AN, voltage 12 V/24 V/LI, current: 10 A, max PV Voltage: 60 V, max PV input power: 130 W (12V), 260W (24V)	1 Unit
10	Pipa air	Pipa air ½ dan pipa leshie 20 mm	Secukupnya

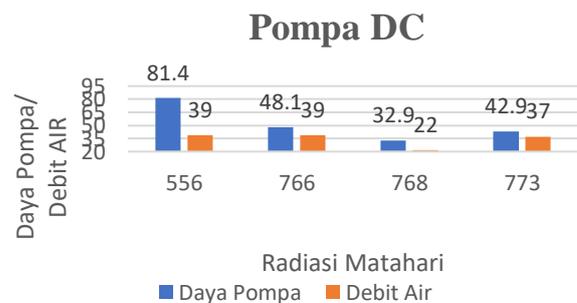
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kinerja SPATS memanfaatkan energi surya yang merupakan energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan di tempat yang terpencil dan belum dimasuki oleh listrik, energi matahari tidak dapat habis, tidak seperti bahan fosil yang akan habis dan energi matahari yang ramah lingkungan tidak memancarkan emisi karbon yang berbahaya, memiliki umur pemakaian Panjang, maka dalam kinerja SPATS ini digunakan untuk menciptakan aliran dengan memompa air, dimana pompa mengubah energi kinetik menjadi energi hidrolis sebesar air, SPATS bergantung pada parameter radiasi matahari sehingga tidak dapat beroperasi selama 24 jam.[16]

Kinerja SPATS menggunakan sistem pompa air yang digabungkan dengan baterai terdiri dari panel *photovoltaic* (PV), regulator kontrol muatan, dan baterai. Penggunaan baterai menyebabkan pemompaan dalam jangka waktu yang lebih lama dengan menyediakan tegangan operasi ke motor DC pompa, sehingga pada malam hari pada periode cahaya rendah, sistem masih dapat memberikan sumber air yang konstan. Baterai mengurangi Efisiensi sistem secara keseluruhan karena tenaga operasi ditentukan oleh baterai dan bukan panel surya, Pompa tenaga surya menggunakan positif pompa perpindahan yang menyegel air di rongga pada pompa dan mendorong ke atas, dengan desain memungkinkan untuk mempertahankan kapasitas angkat air sepanjang hari, dengan variasi kecepatan matahari sehingga menghasilkan intensitas kondisi cahaya yang berbeda-beda.



Gambar 6 SPATS AC



Gambar 7 SPATS AC

Hasil pengukuran yang didapatkan dapat dilihat bahwa sebuah pompa akan menarik air dari tempat yang rendah ke tempat yang tinggi dengan cepat dibutuhkan radiasi matahari yang tinggi agar kinerja pompa melakukan secara maksimal kenaikan radiasi matahari ini akan menghasilkan energi listrik yang besar untuk digunakan oleh pompa AC dan DC. Dalam penelitian yang dilakukan Pompa AC dan DC memberikan informasi bahwa debit air dipengaruhi oleh baterai yang dimana pengisian baterai yang tidak menentu menyebabkan debit air tidak sesuai dengan kenaikan matahari.

Tabel 2 Efisiensi SPATS AC

H	Jam	E (W/m ²)	Efisiensi PV	Efisiensi Pompa	Efisiensi SPATS
1	08.00	493	6,166	8,231	0,51
1	09.00	496	6,425	8,286	0,53
1	10.00	765	8,67	10,408	0,9
1	11.00	788	9,002	10,84	0,98
1	12.00	738	8,237	10,265	0,85
1	13.00	615	7,647	9,057	0,69
2	08.00	476	6,078	9,93	0,6
2	09.00	590	7,23	9,872	0,71
2	10.00	652	7,691	10,827	0,83
2	11.00	707	8,126	11,299	0,92
2	12.00	745	8,445	11,878	1
2	13.00	1193	10,517	20,068	2,11
3	08.00	503	7,176	25,551	1,83
3	09.00	605	7,575	26,832	2,03
3	10.00	772	8,748	26,009	2,28
3	11.00	741	8,428	25,197	2,12
3	12.00	789	9,207	27,155	2,5
3	13.00	836	9,958	27,891	2,78
4	08.00	493	6,166	35,084	2,16
4	09.00	523	7,202	37,598	2,71
4	10.00	674	7,732	38,733	2,99
4	11.00	782	8,918	41,26	3,68
4	12.00	655	7,719	37,773	2,92
4	13.00	718	8,23	38,018	3,13

Tabel 3 Efisiensi SPATS DC

H	Jam	E (W/m ²)	Efisiensi PV	Efisiensi Pompa	Efisiensi SPATS
1	10.00	685	7,32	12,08	0,88
1	11.00	789	10,49	21,26	2,23
1	12.00	781	10,38	21,12	2,19
1	13.00	712	8,15	14,25	1,16
2	10.00	707	7,98	13,57	1,08
2	11.00	759	8,33	17,27	1,44
2	12.00	191	3,53	6,54	0,23
2	13.00	674	7,37	14,03	1,03
3	10.00	780	10,17	20,99	2,13
3	11.00	743	9,43	16,85	1,59
3	12.00	115	3,45	6,79	0,23
3	13.00	725	9,22	15,85	1,46
4	10.00	785	10,48	32,7	3,43
4	11.00	777	9,99	29,69	2,97
4	12.00	95	2,8	18,67	0,52
4	13.00	171	6,21	19,82	1,23

Berdasarkan data sheet yang akan digunakan yaitu sebesar 14 % pada kondisi standar pengujian matahari sebesar 1000 W/m². Proses penelitian ini sangat tergantung kondisi tingkat kecerahan dan pengaruh luas permukaan PV mempengaruhi daya yang akan dihasilkan oleh PV. Jika panel surya mendapatkan sinar matahari dan cuaca yang sangat terik, maka tegangan dan arus yang didapatkan akan besar, sebaliknya jika cuaca mendung atau panel surya kurang mendapatkan sinar matahari, maka tegangan yang dan arus yang didapatkan selama proses pengisian baterai akan menurun dan lambat. Semakin besar daya yang dihasilkan PV maka energi yang diterima oleh pompa akan

semakin besar sehingga pompa sebanding dengan radiasi matahari. Pengujian pompa air AC dengan ketinggian pipa 1 meter, 2 meter, 3 meter dan 4 meter rata-rata menghasilkan arus sebesar 2,483 Ampere. berdasarkan hasil perhitungan daya listrik dapat diartikan bahwa semakin besar ketinggian pipa, maka arus yang dibutuhkan pompa air juga semakin besar. Sedangkan untuk pompa DC dengan ketinggian pipa 1 meter rata-rata arus 4,225 dan untuk pipa 4 sebesar 2,600 dikarenakan cuaca dalam kondisi berawan yang mengakibatkan tegangan dan arus menurun. Dapat dilihat pada tabel 2 dan tabel 3. Dibandingkan dengan referensi [1] dengan menggunakan PV sebesar 1300 Wp dengan head pompa 10 m, 15 m, 20 m, 25 m dan 30 m didapatkan rata-rata efisiensi sistem sebesar 4.3%. Apabila dibandingkan dengan [12] efisiensi SPATS 1,73% (AC) dan 1,49 % (DC) ini lebih rendah. Rendahnya efisiensi sistem dari SPATS ini dipengaruhi oleh efisiensi dari PV.

Untuk melakukan analisis ekonomi dibutuhkan perkiraan energi listrik yang dibangkitkan oleh PV selama setahun dimana lama penyinaran matahari yang efektif dalam sehari adalah 8 jam [18] dengan persamaan 7, daya maksimal yang dibangkitkan berdasarkan spesifikasi PV tabel 1 adalah 50 Wp, karena menggunakan 2 keping maka dayanya adalah 100 Wp dan Efisiensi PV berdasarkan rata-rata Tabel 2 dan 3 adalah 7,849% (AC) dan 7,831% (DC), sehingga estimasi energi listrik yang dihasilkan dalam satuan kWh/tahun adalah sebesar 6875,47 kWh/tahun (AC) dan 11433,97 kWh/tahun (DC).

Tabel 4 Komponen yang dibutuhkan untuk menghitung biaya energi pompa AC

No	Parameter	Nilai / Harga
1	Panel Surya	Rp. 970.000,-
2	Pompa AC	Rp. 475.000,-
3	Solar Charger Controller	Rp. 795.000,-
4	Inverter	Rp. 1.350.000,-
5	Battery	Rp 380.000,-
6	Umur Sistem	20 Tahun

Tabel 5 Komponen yang dibutuhkan untuk menghitung biaya energi pompa DC

No	Parameter	Nilai/Harga
1	Panel Surya	Rp. 970.000,-
2	Pompa DC	Rp. 241.000,-
3	Solar Charger Controller	Rp. 795.000,-
4	Battery	Rp 380.000,-
5	Umur Sistem	20 Tahun

Perhitungan COE membutuhkan parameter-parameter yang disajikan pada Tabel 4 dan Tabel 5, berdasarkan tabel tersebut didapatkan FCR sebesar 1,116 dengan menggunakan persamaan (5), sehingga didapatkan COE DC sebesar Rp 465,48 atau \$ 0,031 dan COE AC sebesar Rp 618,62 atau \$ 0,041, Sedangkan biaya energi dari PLN per kWh didapatkan Rp 1.352 atau \$0,092 untuk golongan R-1/TR. Dibandingkan dengan biaya energi SPATS AC dengan PLN per kWh dapat dilihat dari data bahwa biaya energi yang murah adalah biaya energi dari SPATS AC,

sedangkan dibandingkan dengan biaya Energi SPATS DC yang sangat murah adalah biaya energi yang didapatkan oleh SPATS DC.

V. KESIMPULAN

Kinerja SPATS menggunakan sistem pompa air yang digabungkan dengan baterai terdiri dari panel photovoltaic (PV), solar charge controller, dan baterai. Hasil Efisiensi PV (ξ_{pv}) Sebesar 7,84 % (AC) dan 7,83 % (DC), dapat dilihat bahwa Efisiensi dari sebuah Pompa (ξ_p) sebesar 21,586 % (AC) dan 17,59% (DC) untuk kinerja SPATS AC sebesar 1,731 % (AC) dan 1,49 % (DC). Hasil dari penelitian didapatkan Efisiensi PV tergantung dari jumlah radiasi matahari yang menimpa PV. Pompa tenaga surya menggunakan positif pompa perpindahan yang menyegel air di rongga pada pompa dan mendorong ke atas, dengan desain memungkinkan untuk mempertahankan kapasitas angkat air sepanjang hari, dengan variasi kecepatan matahari sehingga menghasilkan intensitas kondisi cahaya yang berbeda-beda. Biaya energi SPATS AC dengan PLN per kWh, didapatkan biaya energi SPATS AC lebih murah dibandingkan sumber PLN per kWh, sedangkan jika dibandingkan dengan biaya Energi pada penggunaan SPATS DC didapatkan penggunaan SPATS DC jauh lebih murah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Ahmad Muzammil, Alfin Akram Dwi Amir, Muhammad Vicky dan Rahmat Saiful yang telah membantu proses pengambilan dan pencatatan data yang dibutuhkan.

REFERENSI

- [1] Ariawan, Teja Agus, Tjok Indra, Arta, Wijaya. 2013 Jurusan Teknik Elektro, Universitas Udayana. (online), 19-24
- [2] Boutelhig, Azzedine, Salah Hanini, dan Amar Hadj Arab, 2017. Performances' Investigation of Different Photovoltaic Water Pumping System Configurations for Proper Matching the Optimal Location, in Desert Area. (online), 439-457
- [3] Aligah, M. Abu, 2011. Design of Photovoltaic Water Pumping System and Compare it with Diesel Powered Pump. Jurnal mechanical and industrial Engineering (online), 5 (3): 273-280.
- [4] Parajuli, Ranjana, Govind Raj Pokharel, dan Poul Alberg Ostergaard, 2013. A comparison of diesel, biodiesel and solar PV-based water pumping systems in the context of rural Nepal, Jurnal Of Sustainable Energy (online), 1-18
- [5] Amanda, Guntur, 2019 Perbandingan Penggunaan Motor DC dengan Motor AC sebagai Penggerak Pompa air yang disuplai oleh Sistem Pembangkit Tenaga Surya (PLTS). Jurusan Teknik Elektro. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Medan
- [5] Li, Guiqiang, Yi Jin, M.W. Akram, dan Xiao Chen, 2017. Research and current status of the solar photovoltaic water pumping system. (online), 440-458
- [6] Badan Layanan Umum, 2022. *Energi Surya*.
- [7] Sontake, Vilman Chan, Vilas R. Kalamkar, 2016. Solar Photovoltaic Water Pumping System - A Comprehensive Review. (online), 1038-1067
- [8] Vick, Brian D., dan R. Nolan Clark, 2009. Determining the Optimum Solar Water Pumping System for Domestic Use, Livestock Watering or Irrigation, (online),
- [9] Foster, R., Ghassemi, M. and Cota, A. (2009) *Solar Energy: Renewable Energy and the Environment*. CRC Press, Boca Raton.
- [10] Determining the Optimum Solar Water Pumping System for Domestic Use, Livestock Watering or Irrigation
- [11] Budiartama, 2021. Pengertian Radiasi Matahari. (online)
- [12] Nogueira, Carlos Eduardo Camargo, Janaína Bedin, dan Rosana Kraus Niedzialkoski, 2015. *Performance of monocrystalline and polycrystalline solar panels in a water pumping system in Brazil*. (online), 1610-1616
- [13] Tiwari, Arunendra Kuma, Vilas R Kalamkar, dan Imran Arif, 2015. *Effect of Pumping Head on Solar Water Pumping System*. (online), Green 34-1 – 34-7
- [14] Usman, Alang Sudiang, dan Akbar Naro Parawangsa, 2018. *Analisis Kerja dan Ekonomi Sistem Pompa Air Tenaga Surya Skala Laboratorium*. Jurnal Teknologi Terapan, (online), 4 (1): 12-18
- [15] Ghoneim, Adel A., 2005. *Design optimization of photovoltaic powered water pumping systems*. Jurnal energy conversion and management (online), 47 (2005): 1449-1463
- [16] Handoyo, Tri Wahyu, Arif Rahman Hakim, Putri Wullandari, 2019 *Uji Kinerja Refrigerator DC sebagai Mesin pembuatan ES menggunakan Tenaga Surya*. Kementerian kelautan dan perikanan (online), 18 (2): 51-60
- [17] Iqtimal, Zian, ira Devi Sara, dan Syahrizal. 2018 *Aplikasi Sistem Tenaga Surya sebagai sumber Tenaga Listrik Pompa Air*. Jurnal Onlene Teknik Elektro (online), 3 (1): 1-8
- [18] Kumolosari, Eli, Ahmad Agus Setiawan, dan Kutut Suryopratomo, 2013. Tenaga Listrik dengan Tenaga Surya di Daerah Terpencil (Studi Kasus di Desa Mangunan, Kecamatan Dlingo, Kabupaten Bantul). Jurnal TEKNOFISIKA (online), 2 (3) : 2089-7
- [20] S. Hamdi, "Mengenal Lama Penyinaran Matahari Sebagai Salah Satu Parameter Klimatologi," Ber. Dirgant., vol. 15, no. 1, 2014.
- [21] E. Kumolosari, A. A. Setiawan, and K. Suryopratomo, "Evaluasi Komparatif Sistem Suplai Air Bersih Tenaga Listrik dengan Tenaga Surya di Daerah Terpencil (Studi Kasus di Desa Mangunan, Kecamatan Dlingo, Kabupaten Bantul)," Teknofisika, vol. 2, no. 3, pp. 61–68.