

POMPA AIR PHOTOVOLTAIC TANPA BATERAI WATER PUMPING PHOTOVOLTAIC WITHOUT BATTERY

Ichsan Febrian¹, Kharisma Bani Adam², Wahmisari Priharti³

^{1,2,3} Universitas Telkom, Bandung

ichsanfebrian@student.telkomuniversity.ac.id¹,

kharismaadam@telkomuniversity.ac.id², wpriharti@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

Petani di Indonesia kesulitan apabila curah hujan sangat sedikit, karena dalam sistem pengairan lahan dilakukan dengan menggunakan pompa air. Dibutuhkan sistem yang dapat menggerakkan pompa air dengan menggunakan panel surya yang tidak membutuhkan biaya dalam bahan bakarnya dengan menggunakan metode selective pumping dan juga menghitung tingkat keekonomian dari sistem ini.

Metode selective pumping yang digunakan adalah mengatur setiap pompa untuk hidup dan mati pada tegangan tertentu dengan bantuan relay, yaitu pompa 1 hidup pada tegangan ≥ 9 V dan < 13 V selanjutnya pompa 2 hidup pada tegangan ≥ 13 V. Selanjutnya dihitung tingkat keekonomian dari sistem ini dengan mencari nilai total cost yang didapat, menghitung biaya maintenance pada tahun tertentu dan juga mencari total daya yang dihasilkan oleh panel surya setiap tahunnya.

Hasil yang didapatkan bahwa debit air yang dihasilkan oleh sistem pompa air tenaga surya (SPATS) dan Efisiensi pompa terhadap sistem berbanding lurus dengan radiasi matahari. Rata-rata solar panel dapat menghidupkan pompa air selama 4 jam dalam 1 hari dengan rata-rata daya 145,127 Watt dan rata-rata debit air yang dihasilkan 3,07 L/m. Dalam perhitungan levelized cost analysis for solar energy harga yang didapat dalam sistem ini adalah Rp. 4.101 per kWh dengan BEP pada tahun ke-20.

Kata Kunci: *photovoltaic (PV), pompa air, selective pumping, cost analysis.*

Abstrack

Farmers in Indonesia find it difficult when there is very little rainfall, because the land irrigation system is carried out using water pumps. It takes a system that can drive a water pump using solar panels that does not require a cost in fuel using the selective pumping method and also calculates the economic level of this system.

The selective pumping method used is to set each pump to turn on and off at a certain voltage with the help of a relay, namely pump 1 runs at a voltage of 9 V and < 13 V then pump 2 starts at a voltage of 13 V. Then the economic level of this system is calculated. by finding the total cost value obtained, calculating maintenance costs in a given year and also finding the total power produced by solar panels each year.

The results obtained are that the water discharge produced by the solar water pump system (SPATS) and the pump efficiency of the system is directly proportional to solar radiation. On average, solar panels can turn on a water pump for 4 hours in 1 day with an average power of 145.127 Watts and an average water flow rate of 3.07 L/m. In the calculation of levelized cost analysis for solar energy the price obtained in this system is Rp. 4,101 per kWh with BEP in year 20.

Keywords: *PV, Water Pump, Selective Pumping, Cost Analysis*

1 Pendahuluan

Indonesia merupakan negara agraris yang memiliki lahan pertanian yang luas karena sebagian besar penduduknya mempunyai pencaharian di bidang pertanian atau bercocok tanam. Tanaman dapat tumbuh dan berkembang dengan baik disertai air yang cukup. Namun saat musim kemarau, curah hujan di Indonesia sedikit sekali sehingga sistem pengairan lahan dilakukan dengan menggunakan pompa air. Untuk daerah yang dekat sumber listrik PLN (Perusahaan Listrik Negara) para petani dapat menggunakan pompa air listrik, sedangkan untuk daerah yang jauh dari sumber listrik PLN para petani menggunakan pompa air bemesin diesel. Pompa air yang menggunakan tenaga diesel membutuhkan bahan bakar fosil berupa bahan bakar minyak yang harganya mahal dan meningkat pertahunnya, sehingga biaya yang dipakai untuk pengairan lahan pertanian cukup besar. Oleh karena itu diperlukan suatu sistem yang dapat menggerakkan pompa dengan menggunakan sumber panel surya dengan metode selective pumping dan juga menghitung tingkat keekonomian dari sistem ini.

Sistem ini menggunakan 2 pompa air dengan menggunakan metode selective pumping dengan bantuan relay dimana pompa pertama akan menyala pada tegangan ≥ 9 V dan <13 V selanjutnya pompa kedua akan menyala pada tegangan ≥ 13 V. Dalam menghitung tingkat keekonomian sistem maka dibutuhkan levelized cost analysis for solar energy dimana untuk mencari nilai total keseluruhan biaya, menghitung biaya maintenance pada tahun tertentu dan juga produksi daya yang dihasilkan panel surya setiap tahunnya.

Pada tugas akhir ini akan dipaparkan proses energi listrik dari sel surya dengan tingkat radiasi yang berbeda beda dapat menggerakkan 2 pompa air DC dengan menggunakan metode selective pumping untuk memaksimalkan efisiensi sel surya serta menghitung tingkat keekonomian dari sistem ini dengan cara menghitung total cost, biaya maintenance dan juga produksi daya yang dihasilkan oleh panel surya setiap tahunnya.

2 Dasar Teori

2.1 Peninjauan Penelitian

Dalam penelitian Sevira (2019) penggunaan pompa air yang langsung disuplai oleh panel surya hanya dapat digunakan pada siang hari atau pada saat matahari bersinar secara konstan. Sementara untuk penggunaan pada sore hari atau pada saat insolasi matahari mulai menurun, sistem ini tidak dapat dioperasikan.

No.	Waktu	Keterangan	Tegangan Output (V)	Arus (A)	Daya (watt)
1	09.00	Berawan	16,1	4,2	67,62
2	09.30	Berawan	15,9	4,0	63,60
3	10.00	Cerah	16,4	5,8	95,12
4	10.30	Cerah	16,9	6,7	113,23
5	11.00	Cerah	16,7	6,5	108,55
6	11.30	Cerah	16,9	6,3	106,47
7	12.00	Cerah	16,4	6,1	100,04

Dalam penelitian Usman (2018) waktu yang dibutuhkan oleh pompa untuk mengisi wadah akan lebih cepat dengan radiasi matahari yang tinggi. Debit air sebanding dengan kenaikan radiasi matahari. Kenaikan radiasi matahari ini akan menghasilkan energi listrik yang besar untuk digunakan oleh pompa DC.

2.2 Selective Pumping

SPATS merupakan suatu sistem pompa air yang menggunakan motor Direct Current (DC) untuk menggerakkan pompa. Kinerja SPATS bergantung pada parameter seperti radiasi matahari yang menghasilkan tegangan dan arus pada setiap lokasi. Perancangan ini digunakan metode selective pumping dengan bantuan relay untuk mengatur beban nyala dan mati dengan interval :

- Mengatur Pompa ke-1 hidup pada tegangan ≥ 9V dan <13V
- Mengatur Pompa ke-2 hidup pada tegangan ≥13V

Pada tegangan 9V pompa air ke-1 hidup dan ditegangan 13V pompa air ke-2 hidup karena tegangan 9V adalah tegangan minimal untuk pompa air hidup, oleh karena itu tegangan 9V sebagai acuan untuk threshold pompa ke-1 hidup. Sedangkan untuk tegangan 13V adalah telah dilakukan percobaan langsung dari panel surya yang dihubungkan langsung ke-2 pompa air, tegangan minimal untuk menghidupkan pompa ke-2 adalah tegangan 13V. Oleh karena itu tegangan 13V menjadi threshold untuk menghidupkan pompa air ke-2. Dan juga untuk memaksimalkan kinerja dari pompa air itu sendiri maka ditentukan interval 9V dan 13V, karena apabila pada tegangan 9V ketika pompa 1 dan pompa 2 nyala maka kinerja pompa tidak maksimal, debit air yang dihasilkan oleh tiap pompa akan kecil sekali.

2.3 Levelized Cost Analysis For Solar Energy

LCoE adalah harga dimana energi listrik yang dibangkitkan dari sumber energi tertentu dapat mencapai break even selama jangka waktu tertentu[6]. Biasanya jangka waktunya ditentukan berdasarkan waktu pakai (life time) dari sistem pembangkit tersebut.

U.S Energy Information Administration mendefinisikan LCoE sebagai berikut : levelized cost mempresentasikan nilai total dari biaya investasi, operasional & perawatan, biaya pengganti peralatan, sewa lahan, asuransi sebuah fasilitas pembangkit yang di ‘present value’ kan dalam satu siklus finansial dan siklus kerja, kemudian nilai ini dikonversikan dalam cicilan tahunan dengan menambahkan perhitungan tingkat inflasi.

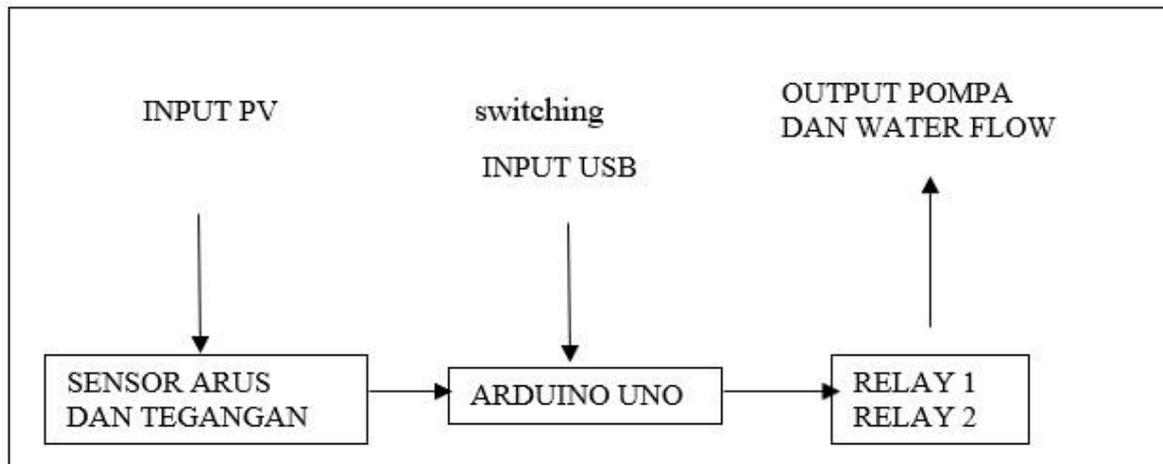
Definisi ini dapat dituliskan dalam rumus LCoE sebagai berikut[6]:

$$LCOE = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{C_{fix,t}}{(1+i)^t} + \sum_{t=0}^T \frac{C_{var,t}}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^T \frac{E_{net,t}}{(1+i)^t}} \tag{2.1}$$

3 Perancangan Sistem

3.1 Blok Diagram Sistem

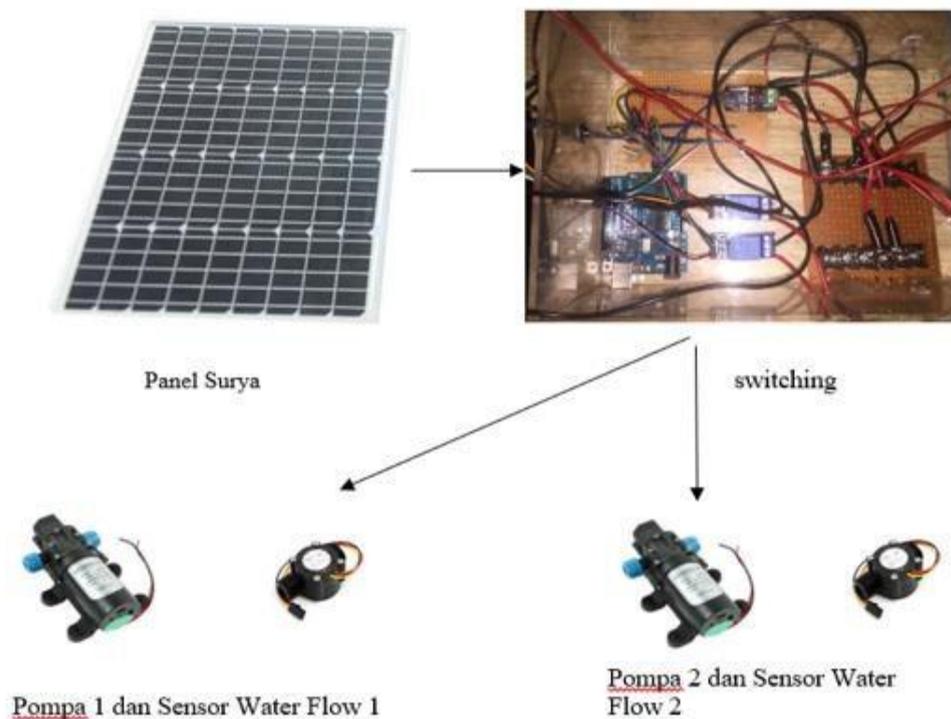
Diagram blok sistem pada gambar 3.1 adalah desain alat secara keseluruhan penelitian ini. Prinsip kerja dari diagram blok ini adalah panel surya dihubungkan dengan relay untuk mengatur hidup mati setiap beban pompa air agar menjadi efisien.



Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem

3.2 Desain Perangkat Keras

Pada Gambar 3.2 menunjukkan bagian-bagian yang diperlukan untuk menjalankan pompa air *photovoltaic*



Gambar 3.2 Diagram Blok

Proses pompa air terjadi pada Gambar 3.2 adalah sebagai berikut:

1. *Input* diberikan oleh panel surya berupa tegangan arus listrik DC.
2. Selanjutnya tegangan dari panel surya dibaca oleh Arduino Uno untuk mengatur relay agar menghidupkan dan mematikan pada beban.
3. Setelah itu relay akan disambungkan pada pompa air yang telah terpasang sensor *water flow*. Disaat tegangan $\geq 9V$ pompa 1 akan hidup, lalu pada tegangan $\geq 12V$ pompa 2 akan hidup. Apabila tegangan yang dihasilkan oleh panel surya $< 12V$ pompa 2 akan mati dan apabila tegangan panel surya $< 9V$ pompa 1 dan 2 akan mati.

4. Pompa air akan bekerja berdasarkan berapapun besarnya tegangan yang dihasilkan oleh panel surya.

3.3 Analisis Cost

Untuk memperhitungkan LCOE dari sistem, beberapa biaya digunakan adalah sebagai berikut.

Tabel 3. 1 Tabel Cost Analisis Pompa Air Tanpa Baterai

Descripton	Harga (Rp)
<i>Initial investment</i>	905.000
<i>Maintenace Work</i>	1.764.932
Jumlah	2.669.932

Initial Investment Cost

Kontroller alat	= Rp.300.000
Pompa Air = 2 Pompa x 120.000	= Rp.240.000
Sensor <i>waterflow</i> = 2 sensor x 40.000	= Rp.80.000
1 panel surya	= Rp.285.000

Maintenance Cost

- *Maintenance* dilakukan pada tahun ke 5, 9, 13, 17 dan 20 karena rata-rata *life time* nya 4 tahun.
- *Maintenace* yang dilakukan pada kontroller alat dan pompa air
- Tiap tahunnya biaya *maintenance* berbeda karena dipengaruhi oleh *operations and maintenace cost growth rate* dan *discount rate*.
- *Operations maintenace growth rate* = 3%
- *Discount rate* = 4,23%
- Biaya *maintenance* tahun ke-5 = Rp.452.134
- Biaya *maintenance* tahun ke-9 = Rp.394.579
- Biaya *maintenance* tahun ke-13 = Rp.344.350
- Biaya *maintenance* tahun ke-17 = Rp.300.515
- Biaya *maintenance* tahun ke-20 = Rp.273.354

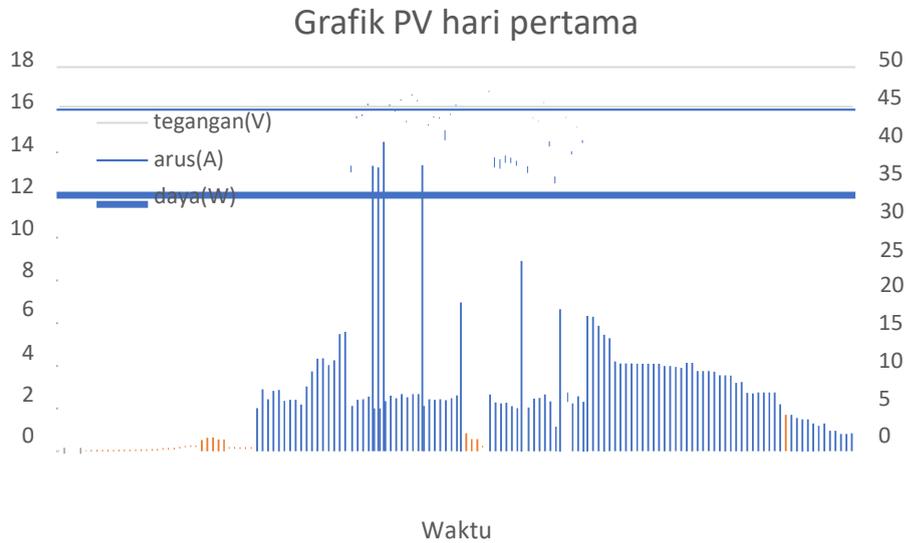
Total = Rp.1.764.932

4 Pembahasan

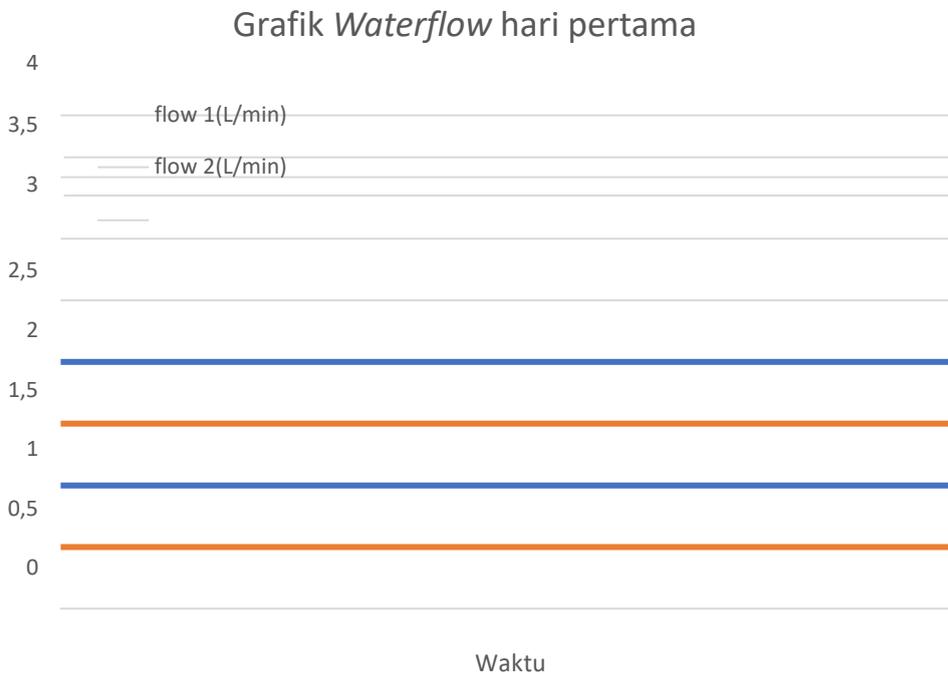
4.1 Analisis Selective Pumping

Pengujian ini bertujuan untuk melihat apakah sistem yang sudah dibuat bekerja dengan seharusnya. Dengan menggunakan sumber tegangan panel surya 50 WP dan keluaran beban pompa DC.

4.1.1 Grafik pengujian Hari ke-1



Gambar 4.1 Grafik PV Pengujian Hari ke-1

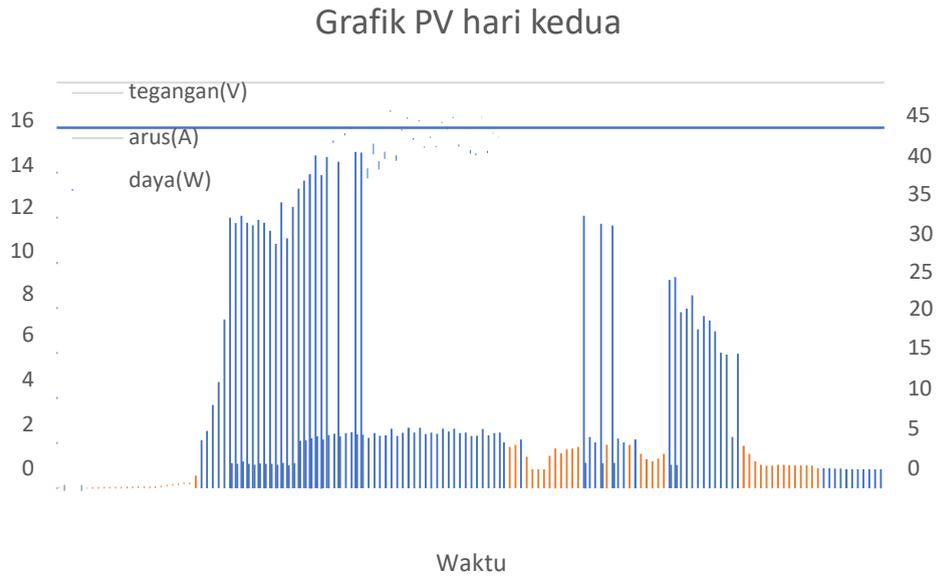


Gambar 4.2 Grafik Waterflow

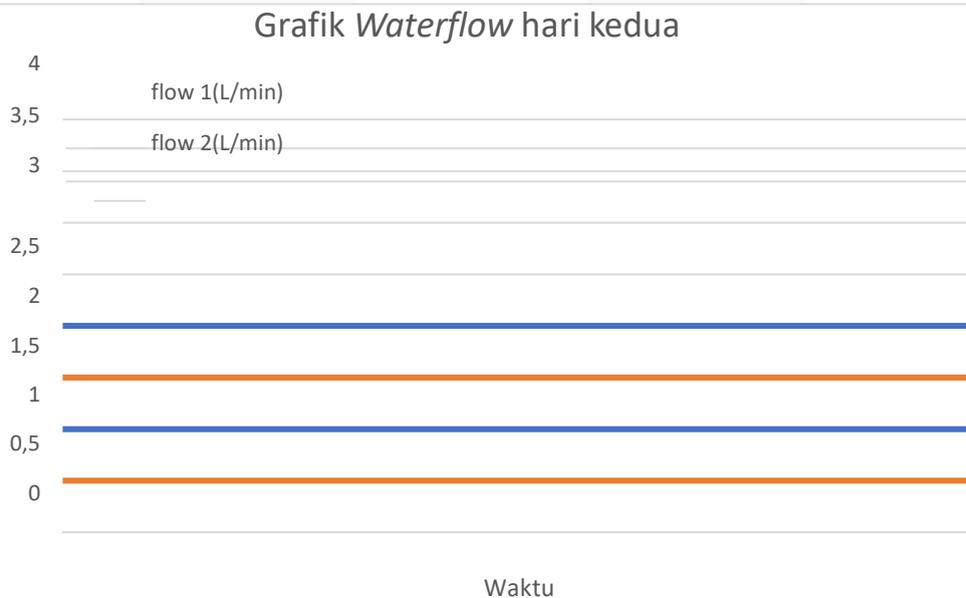
Dari Gambar 4.1 dan Gambar 4.2, dapat disimpulkan bahwa pada pukul 6 – 10 pagi tegangan yang dihasilkan oleh PV tidak bisa menghidupkan pompa karena tegangan yang

dihasilkan PV <9 V. Pompa mulai beroperasi pukul 10.25 karena tegangan yang dihasilkan oleh PV ≥ 13 V yang merupakan tegangan minimal untuk menghidupkan 2 pompa. Namun pada pukul 12.05 Siang solar panel mengalami penurunan tegangan sehingga pompa air tidak hidup. Setelah itu pada pukul 12.30 siang solar panel mengalami kenaikan tegangan sehingga pompa air menyala. Pada hari pertama ini solar panel menghasilkan daya maksimal terjadi pada pukul 11 siang. Solar panel tidak bisa menghidupkan pompa sama sekali mulai pukul 14.00 siang karena tegangan solar panel tidak sampai di tegangan minimal untuk menghidupkan pompa air.

4.1.2 Grafik Pengujian Hari ke-2



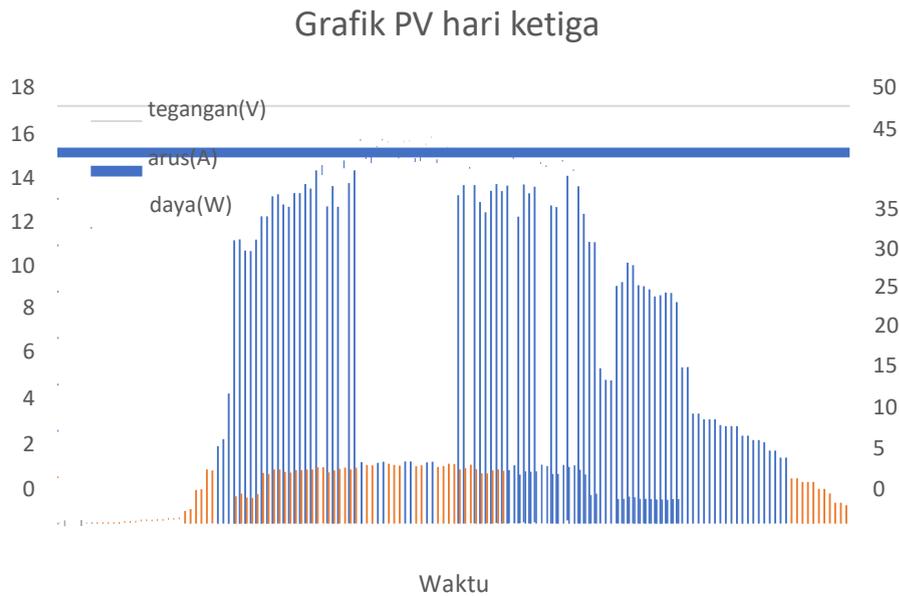
Gambar 4.3 Grafik PV Pengujian Hari ke-2



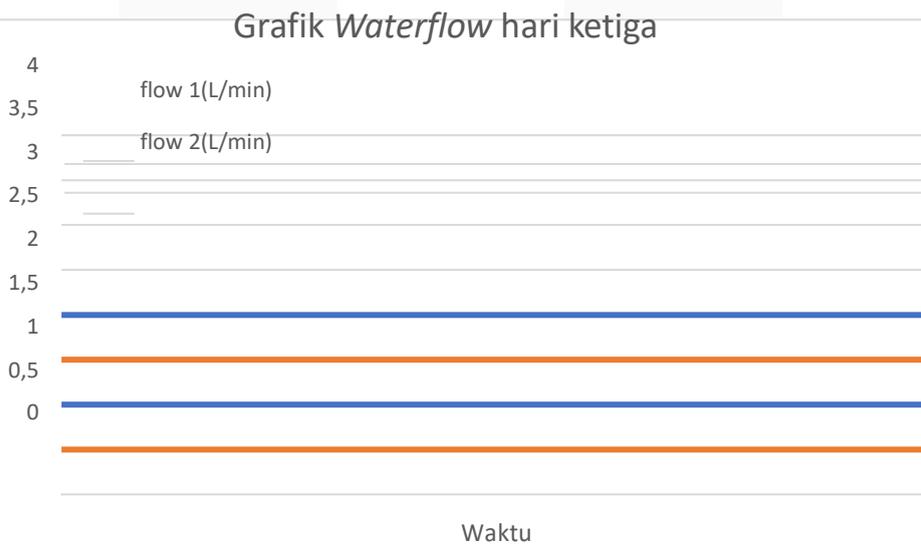
Gambar 4.4 Grafik Waterflow

Berdasarkan Gambar 4.3 dan Gambar 4.4, dapat disimpulkan bahwa pada pukul 6 – 08.25 pagi tegangan yang dihasilkan oleh PV tidak bisa menghidupkan pompa karena tegangan yang dihasilkan PV <9 V. Pompa baru mulai beroperasi pukul 08.30 dan hanya 1 pompa yang menyala yaitu pompa 1, setelah itu pada pukul 09.30 pompa ke 2 mulai menyala. Pada pukul 12.30 siang solar panel mengalami penurunan pada tegangannya sehingga setiap pompa tidak beroperasi. Pada hari kedua lama waktu pompa beroperasi lebih banyak dibandingkan dengan hari pertama. Pompa air tidak bisa beroperasi sama sekali terjaid pada pukul 15.05 siang sampai dengan 18.00 sore dikarenakan tegangan minimum untuk menghidupkan pompa tidak terpenuhi.

4.1.3 Grafik Pengujian Hari ke-3



Gambar 4.5 Grafik PV Pengujian Hari ke-3



Gambar 4.6 Grafik Waterflow

Selanjutnya pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6, dapat disimpulkan bahwa pukul 6 – 8.35 pagi tegangan yang dihasilkan oleh PV tidak bisa menghidupkan pompa karena tegangan yang dihasilkan PV ≤ 9 V. Pompa baru mulai beroperasi setelahnya yaitu pukul 8.40, selama 25 menit pompa ke-1 mulai beroperasi daripada pompa ke-2 karena tegangan pada saat itu tidak memenuhi untuk menghidupkan pompa ke-2. Akan tetapi pada pukul 09.15 siang pompa ke-2 dapat menyala. Selama hari ketiga tegangan yang dihasilkan oleh solar panel cukup stabil sehingga dapat menghidupkan pompa selama 5 jam tanpa berhenti. Namun mulai pada pukul 15.30 sore solar panel mengalami penurunan tegangan sehingga setiap pompa tidak bisa beroperasi.

4.2 LCoE

Hasil perhitungan dari *LCoE* dengan rincian sebagai berikut:

- Kapasitas PV = 50 Wp
- Produksi harian = 145.127 Wh
- *Project Life* = 20 Tahun
- Produksi tahunan yang dihasilkan oleh panel surya berbeda karena hasil keluaran energi dari panel surya dipengaruhi oleh *discount rate*.
- Produksi selama 20 tahun = 650.947 kWh

$$LCOE = \frac{T \text{ Rp } 2.669.932}{654.630 \text{ kWh}} = \text{Rp } 4.101.97$$

Biaya yang dikeluarkan apabila menggunakan sistem ini adalah Rp 4.101/kWh nya. Daya yang dihasilkan solar panel dalam sistem tidak besar akibat keadaan cuaca yang kurang menguntungkan / tidak maksimal yang menyebabkan solar panel hanya dapat mensupply pompa air untuk hidup rata-rata selama 4 jam dalam sehari dengan total daya yang didapat 145.127 Wh. Selanjutnya nilai modal (*initial cost*) juga berpengaruh terhadap *LCoE* yang didapat, dalam sistem ini modal yang digunakan termasuk kecil. Faktor selanjutnya adalah daya keluaran yang dihasilkan dari panel surya kecil karena menggunakan panel surya 50 Wp. Sehingga BEP yang didapat dalam sistem ini berada ditahun ke 20. Apabila dibandingkan dengan harga per-kWh yang ditawarkan oleh PLN justru biaya yang dikeluarkan pada sistem ini termasuk mahal. Untuk sekarang harga per-kWh yang ditawarkan oleh PLN dengan harga tertinggi adalah Rp 1.664 per kWh dengan Golongan L / Tegangan Rendah (TR), Tegangan Menengah (TM), Tegangan Tinggi (TT). Namun jika matahari dalam kondisi maksimal yang dapat mensupply beban dalam sehari selama 6 jam dengan nilai daya maksimal juga, maka akan mendapatkan hasil *LCoE* yang berbeda dengan rincian sebagai berikut :

- Kapasitas PV = 50 Wp
- Produksi harian = 300.000 Wh
- *Project Life* = 20 Tahun
- Produksi tahunan yang dihasilkan oleh panel surya berbeda karena hasil keluaran energi dari panel surya dipengaruhi oleh *discount rate*.
- Produksi selama 20 tahun = 1.353,231 kWh

$$LCOE = \frac{T \text{ Rp } 2.669.932}{1.353.231 \text{ kWh}} = \text{Rp } 1.97$$

Jadi dalam perhitungan *LCoE* total daya keluaran yang dihasilkan oleh solar panel sangat berpengaruh terhadap hasil yang didapatkan, karena semakin tinggi daya keluaran yang dihasilkan dari solar panel maka nilai *LCoE* akan menurun.

5 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian *Selective Pumping* yang telah dilakukan, terdapat beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut:

1. Selama pengujian rata-rata waktu yang dapat di *supply* oleh panel surya dalam menghidupkan setiap pompa air adalah 4-5 jam dalam sehari dengan total daya perhari nya 145,127 Watt.
2. Daya maksimum yang dihasilkan oleh panel surya selama pengujian berlangsung adalah 44,19 Watt
3. Dalam pengujian faktor cuaca sangat mempengaruhi hasil keluaran yang dihasilkan oleh panel surya
4. *LCoE* yang didapat pada sistem ini adalah Rp. 4.101 per kWh nya dengan BEP yang didapat pada tahun ke-20.

Referensi

- [1] Fahiswara Abbrevia Al Jihad. 2015. Desain dan Simulasi Sistem Pompa Air Sel Surya dengan Optimasi Kontrol Slip untuk Memaksimalkan Daya dan Efisiensi. Surabaya : Repository.
- [2] Hamzah Sevira Rambanisa, Chairul G. Irianto dan Ishak Kasim. 2019. Sistem PLTS Untuk Pompa Air Irigasi Pertanian di Kota Depok. Jakarta : Jurnal Ilmiah Teknik Elektro.
- [3] Gultom Togar Timotheus, ST, MT. 2015. Pemanfaatan Photovoltaic Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Medan : JurnalMudiraindure.
- [4] Sodikin Nanang Hadi. 2015. Rancang Bangun Prototipe Emulator Sel Surya Menggunakan Buck Converter Berbasis Arduino. Lampung : digilab.unila.ac.id
- [5] Ratu Mevi Febrianto Mata. 2019. Simulasi Pengujian Karakteristik Pompa Air Menggunakan Catu Daya Modul Surya Dan Baterai Siklus Dalam. Kupang : researchgate.net.
- [6] Sugirianta I.B.K, I.A.D Giriantari, I.N. Satya Kumara. 2016. Analisa Keekonomian Tarif Listrik Pembangkit Listrik Tenaga Surya 1 MWP Bangli Dengan Metode *Life Cycle Cost*. Bali : Researchgate.net
- [7] Pramudita Reza Aristyo, Ekki Kurniawan, Ig. Prasetya Dwi Wibawa. 2016. Penggunaan Mikrokontroler Untuk Maximum Power Point Tracking (MPPT) Sel Surya 50 Watt Pada Pompa Air DC. Bandung : openlibrary.telkomuniversity.ac.id
- [8] Adi Fitra Purnama, Khairudin, Lukmanul Hakim. 2019. *Photovoltaic Emulator* Berbasis *Embedded System* Pada Jaringan Listrik Cerdas. Lampung : ELECTRICIAN.
- [9] Subandi dan Slamet Hani, 2015. Pembangkit Listrik Energi Matahari Sebagai Penggerak Pompa Air Dengan Menggunakan Solar Cell. Jurnal Teknologi Technoscience Issn: 1979-8415 Vol. 7 No.2 Februari 2015.
- [10] Rois AR, Gunawan N, dan Chayun B,. Analisa Performansi dan Monitoring Solar Photovoltaic System (SPS) Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Tuban Jawa Timur” JURNAL TEKNIK POMITS.
- [11] Usman, Alang Sunding dan Akbar Naro Parawangsa. 2018. Analisis Kinerja dan Ekonomi Sistem Pompa Air Tenaga Surya Skala Laboratorium. Makassar. Jurnal Polindra.