

PENERAPAN TEKNOLOGI POMPA AIR BERTENAGA SURYA UNTUK LAYANAN MASYARAKAT PESANTREN

^{1*}Aripriharta, ²Anik Nur Handayani, ³Nandang Mufti, ⁴Muladi, ⁵Agusta Rakhmat Taufani, ⁶Adim Firmansah, ⁷Kusmayanto Hadi Wibowo, ⁸Mery Nur Laili, ⁹Jade Rosida Larasati
Universitas Negeri Malang
*e-mail: aripriharta.ft@um.ac.id

Abstrak: Dalam studi ini, MPPT digunakan untuk mendapatkan output daya maksimum panel surya. Selain itu, ada rangkaian konverter buck-boost yang digunakan untuk mengatur tegangan output panel surya untuk pompa air. Buck-Boost Converter dalam sistem ini menggunakan algoritma P&O untuk mendapatkan duty cycle yang diinginkan. Sistem yang diusulkan telah diuji menggunakan simulasi Matlab / Simulink dan juga percobaan pompa air tenaga surya. Setelah pengujian, PV dapat mencapai nilai maksimum dengan iradiasi yang berbeda. Selain itu, tegangan output pada konverter dapat mengisi baterai. Sistem ini dapat menjadi solusi untuk ketersediaan air bersih di daerah terpencil yang masih belum terjangkau listrik.

Kata kunci: MPPT, Konverter Buck-Boost, Pompa Air Surya, Panel Surya

Abstract: In this study, MPPT is used to get the maximum power output of solar panels. In addition, there is a buck-boost converter circuit that is used to regulate the output voltage of solar panels for water pumps. Buck-Boost Converter in this system uses the P&O algorithm to get the desired duty cycle. The proposed system has been tested using a Matlab / Simulink simulation and also a solar water pump experiment. After testing, PV can reach its maximum value with different irradiances. In addition, the output voltage on the converter can charge the battery. This system can be a solution for the availability of clean water in remote areas that are not yet affordable by electricity.

Keywords: MPPT, Buck-Boost Converter, Solar Water Pump, Solar Panel

PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara tropis yang memiliki beberapa musim, salah satunya adalah musim kemarau. Berdasarkan data dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) pada tahun 2018, kekeringan selama musim kemarau di Lamongan menyebabkan 40 desa di 10 kecamatan mengalami daerah krisis air bersih. Daerah yang mengalami kekeringan diantaranya Tikung, Sugio, Mantup, Kembangbahu, Sarirejo, Modo, Bluluk, Sukorame, Kedungpring, dan Sukodadi, Suprpto (2018).

Meskipun daerah tersebut sering mengalami kekeringan, potensi swadaya dalam air bersih di Lamongan cukup memadai. Solusi yang ditawarkan saat ini

adalah mendistribusikan bantuan air ke daerah-daerah yang mengalami kekeringan. Solusi lain yang menjanjikan yaitu dengan mengembangkan teknologi dalam bentuk pompa air tenaga surya berbasis MPPT. Mafatihul Huda, Mantup, Pondok Pesantren Lamongan adalah salah satu lokasi yang cocok, di mana tempat tersebut membutuhkan pasokan air bersih untuk kebutuhan sehari-hari siswa.

Sistem yang telah ada memiliki efisiensi yang relatif rendah, sehingga daya yang dihasilkan oleh panel surya dan kinerja pompa air tidak optimal. Berdasarkan hal tersebut, fokus pengembangan fotovoltaik (PV) saat ini adalah meningkatkan efisiensi daya dan biaya pemasangan (Hosseini, 2018). Investasi sistem PV dapat dikembalikan dengan cepat jika sistem dapat memanen energi maksimum. Mengintegrasikan PV dengan pelacakan titik daya maksimum (MPPT) adalah cara untuk mengoptimalkan sistem PV. Karakteristik modul PV adalah nonlinier, di mana perubahan titik daya maksimum (MPP) PV tergantung pada kondisi lingkungan. Pengaruh utama adalah radiasi matahari dan suhu (Sher, 2015).

METODE

Secara umum, ada dua kategori metode MPPT, yaitu metode MPPT online dan MPPT offline. Setiap metode memiliki kelebihan. MPPT offline terbagi menjadi Fractional Short Circuit Current (FSCC) dan Fractional Open Circuit Voltage (FOCV). Metode offline lebih sederhana, namun tidak dapat melacak MPP yang sebenarnya. MPPT online terbagi menjadi Perturb and Observe (P&O) dan Incremental Conductance (IC). Metode tersebut dapat melacak MPP yang sebenarnya, tetapi ada osilasi daya di sekitar nilai MPP. Pemilihan metode MPPT harus mengikuti penerapannya.

Ada juga pengembangan metode MPPT menggunakan kecerdasan buatan (AI), seperti MPPT berbasis Particle Swarm Optimization (PSO) dan MPPT berbasis Fuzzy. Dalam (Efendi, 2018 dan Haji D, 2018), keunggulan MPPT berdasarkan AI adalah modul PV dapat mencapai MPP dengan cepat pada perubahan radiasi matahari dan suhu. Namun, P&O adalah metode yang sering digunakan dalam industri karena metode ini sederhana dan mudah diimplementasikan (Farhat, M. 2016).

Pada studi ini, sistem pompa air tenaga surya MPPT yang diusulkan diimplementasikan menggunakan Algoritma P&O. Sebagai dukungan untuk MPPT, konverter buck-boost digunakan untuk pengatur tegangan sehingga titik kerja panel surya tetap pada kondisi titik daya maksimum. Alur pembahasan dalam makalah ini sebagai berikut, bagian 2 menjelaskan penelitian terkait yang

membahas MPPT. Sistem yang diusulkan dijelaskan pada Bagian 3. Bagian 4 membahas hasil dan analisis penelitian, kesimpulan dijelaskan dibagian 5.

Taha (1996), membahas penggunaan MPPT untuk kontrol motor induksi pada pompa submersible, kecepatan motor bervariasi dalam memanfaatkan daya maksimum yang tersedia, tergantung pada radiasi matahari.

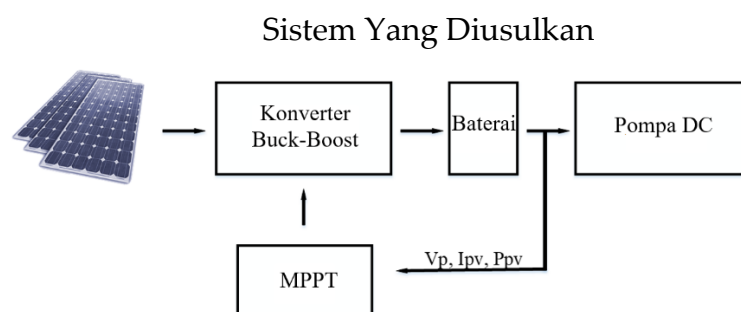
Sistem Kendaraan Listrik juga menerapkan teknik MPPT. Salah satunya adalah pengisian baterai berbasis panel surya dalam waktu singkat, dimana menurut Krishna (2015), menggunakan protokol pengisian cepat CHadeMO DC.

Noppadol (2007), pompa air menggunakan photovoltaic arrays bertenaga inverter sangat populer di daerah terpencil. MPPT dalam sistem ini digunakan untuk beban pompa AC. Sistem menggunakan mikrokontroler sebagai pemroses utama sehingga memiliki fleksibilitas yang tinggi dalam komputasi.

Dalam makalahnya Aripriharta (2012), motor induksi tiga fasa dengan rotor sangkar disuplai dengan FSTPI SVPWM. Implementasinya adalah pompa sentrifugal berdasarkan kontrol vektor fluks sensorless. Sensor yang digunakan adalah sensor kecepatan dan transduser. Sistem ini berfungsi menggerakkan motor induksi sangkar tupai yang termasuk dalam tipe motor AC Aripriharta dkk (2011).

Salah satu teknik MPPT yang dikembangkan adalah FOCV. Teknik MPPT beroperasi berdasarkan nilai MPP yang terjadi pada 0,7 hingga 0,8 kali Tegangan Sirkuit Terbuka (V_{oc}). Penelitian Haris, (2017) mensimulasikan dua algoritma MPPT, yaitu Algoritma P&O dan Algoritma FOCV berdasarkan Pengontrol PI. Hasil simulasi adalah bahwa sistem tidak memerlukan sensor arus pada algoritma PI FOCV sehingga dapat mengurangi biaya investasi.

Semua studi ini telah berhasil menerapkan teknik MPPT. Berbeda dari pekerjaan terkait, teknik MPPT yang digunakan dalam penelitian ini tidak rumit. Teknik MPPT digunakan untuk mengoptimalkan daya PV yang mensuplai pompa air DC.



Gambar 1. Blok diagram pompa air bertenaga surya berbasis MPPT

Sistem yang diusulkan dalam penelitian ini ditunjukkan untuk menghasilkan daya maksimum dari panel surya sebagai masukan pompa air dc bertenaga surya berbasis MPPT (Maximum Power Point Tracking). Gambar 1

menunjukkan komponen yang digunakan dalam desain sistem termasuk panel surya, konverter, baterai, dan pompa air dc.

Algoritma P&O digunakan untuk menentukan penambahan tegangan atau referensi reduksi sehingga didapatkan nilai MPPT yang diinginkan. Daya yang dihasilkan disimpan dalam baterai yang digunakan sebagai catu daya pompa air dc di malam hari.

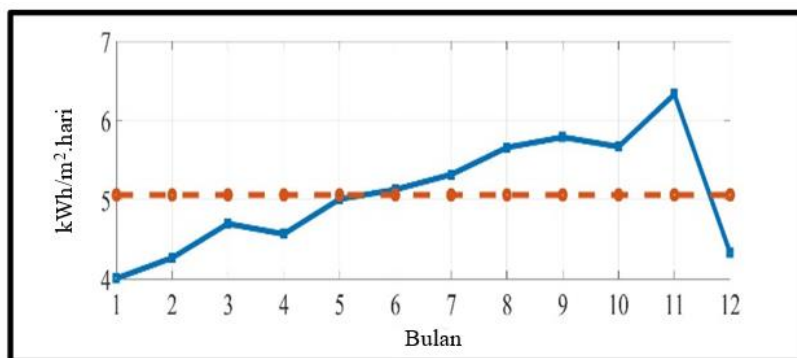
Spesifikasi PV

Desain pompa air tenaga surya dapat menggunakan salah satu jenis PV sesuai penelitian Alfasolar, dengan spesifikasi yang ditunjukkan pada Tabel 1.

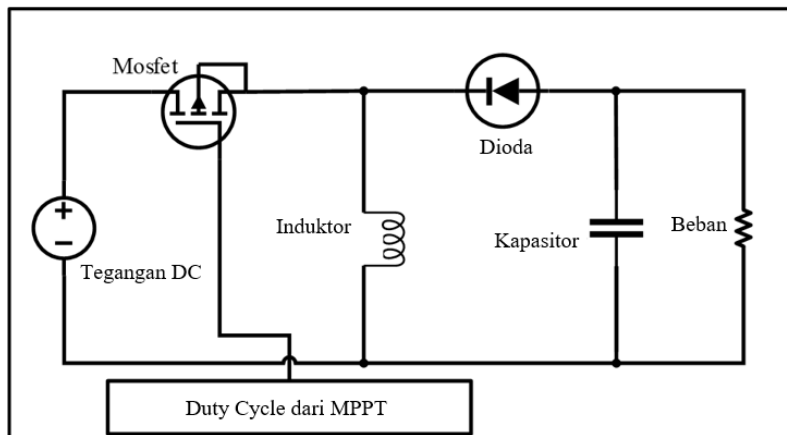
Tabel 1. Spesifikasi PV

Type of PV	Pmax (Wp)	Isc (A)	Voc (V)	Ipmax (A)	Vpmax (V)
SunPower SPR-X20-250-BLK	250	6.2	50.93	5.84	42.8
Lumos LS250-60M	250	8.78	37.3	8.31	30.1
Sunperfect Solar CRM250S156P-60	250	8.56	37.8	8.06	31

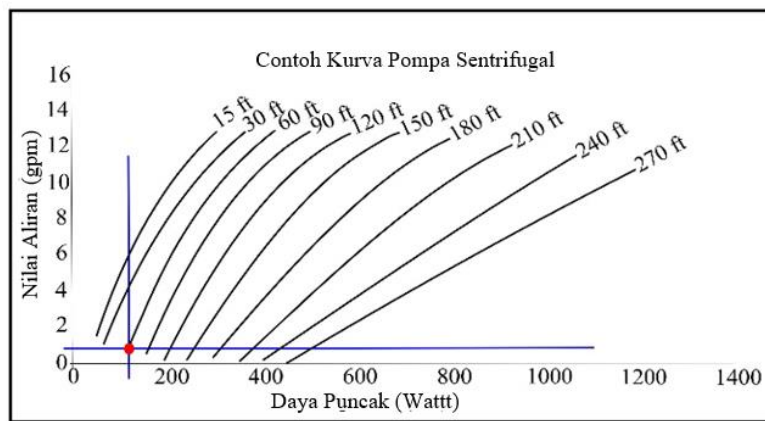
Kondisi iradiasi matahari di Lamongan dalam setahun dapat dilihat pada Gambar 2, iradiasi matahari tertinggi terjadi pada bulan November sebesar 6.33 kWh/m². Iradiasi matahari terendah terjadi pada bulan Januari sebesar 4.01 kWh/m².



Gambar 2. Iradiasi matahari



Gambar 3. Rangkaian konverter buck-boost



Gambar 4. Kurva pompa

Konverter DC-DC

Dalam penelitian ini digunakan konverter buck-boost yang terdiri dari induktor, dioda, MOSFET, dan kapasitor. Nilai parameter duty cycle (D), kapasitor (C), dan induktor (L) dapat dicari menggunakan rumus berikut:

- *Duty Cycle (D)*

$$D = \frac{V_{dc}}{V_{dc} + V_{mp}} \quad (1)$$

- *Kapasitor (C)*

$$C = \frac{I_{mp} * (1-D)}{\Delta V * f_s} \quad (2)$$

- *Induktor (L)*

$$L = \frac{V_{mp} * D}{\Delta I_L * f_s} \quad (3)$$

Dimana V_{mp} adalah tegangan maksimum ketika daya maksimum, V_{dc} adalah tegangan input, I_{mp} adalah arus maksimum ketika daya maksimum, f_s adalah frekuensi *switching*, ΔV adalah *ripple* tegangan kapasitor, dan ΔV adalah *ripple* arus induktor.

Pompa Air

Jenis pompa air yang digunakan dalam penelitian ini adalah pompa air panel surya DC STEC 180 W. Spesifikasi pompa air tersebut ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi pompa air dc bertenaga surya STEC 180 W

Parameter	Nilai
Model	LSWQB 12 V
Aliran (Maks.)	1.5 M ³ /H
Kedalaman (Maks.)	15 M
Daya	180 W
Saluran keluar	1 Inchi
Tegangan	12 V

Desain Pompa Air Bertenaga Surya

1. Tangki Air: Total kapasitas penyimpanan air adalah 500 L, mendekati 133 galon.
2. Desain Laju Aliran: Laju aliran pompa didasarkan pada perkiraan kebutuhan air harian dibagi dengan jumlah jam puncak matahari per hari (5.063).

$$\frac{133 \text{ galon}}{5.063 \text{ jam} \times 60 \frac{\text{minutes}}{\text{jam}}} = 0.437 \text{ gpm}$$

3. Total Dynamic Head (TDH): Vertical Lift (VL) adalah jarak vertikal dari permukaan air di sumur ke tangki penyimpanan. Tekanan puncak adalah tekanan pada titik pengiriman di tangki (misalnya, tekanan puncak (PH) = 0). Friction Loss (FL) adalah kehilangan tekanan karena gesekan air ketika mengalir melalui pipa. FL dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu ukuran pipa (diameter dalam), laju aliran, panjang pipa, dan kekasaran pipa diperkirakan bahwa panjang pipa dari sumber air ke tangki adalah 90 kaki. Dari tabel FL, kerugian gesekan maksimal untuk pipa $\frac{3}{4}$ inci yang membawa 0,437 gpm sebesar 0,28 ft per 100 ft pipa.

$$\begin{aligned} \text{FL} &= 90 \text{ ft} / 100 \text{ ft} \times 0.28 \text{ ft} \\ &= 0.1204 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TDH} &= \text{VL} + \text{PH} + \text{FL} \\ &= 43 \text{ ft} + 0 + 0.1204 \text{ ft} \\ &= 43.1204 \text{ ft} \end{aligned}$$

4. Pemilihan Pompa dan Persyaratan Daya Terkait: *Pompa dipilih dengan membandingkan laju aliran dan TDH yang telah dihitung di atas kurva pompa pada Gambar 4. Daya puncak yang dibutuhkan oleh pompa adalah 170 W, sehingga dapat digunakan satu panel surya 220 WP. Berdasarkan tabel 2, pompa memiliki laju aliran 1500 L / Jam. Penyimpanan air dengan kapasitas 500 L dapat diisi penuh dari kondisi kosong dalam waktu 20 menit. Pengisian tangki dilakukan empat kali dalam satu hari.*
5. MPPT: *Dalam penelitian ini, untuk menghasilkan daya keluaran panel surya yang maksimal digunakan spesifikasi MPPT sebagai berikut:*

Tabel 3. Spesifikasi TS-MPPT-30 solar controller

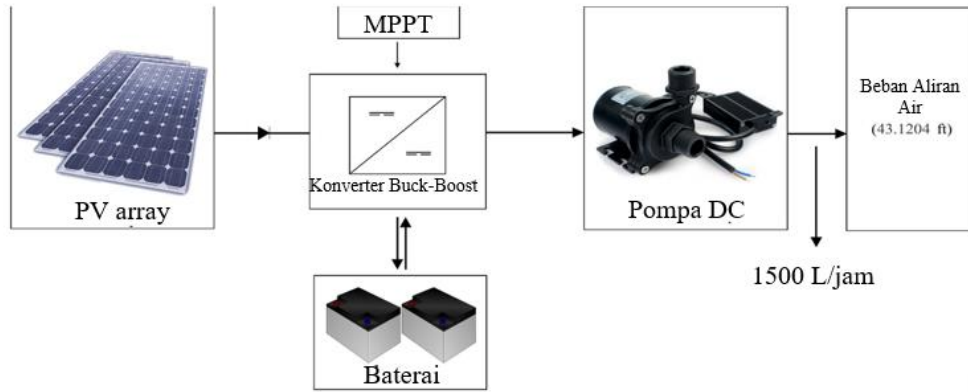
Spesifikasi TS-MPPT-30 solar controller	
Arus Baterai Maksimum	30 amps
Daya Masukan Maksimum	400 Watts
Efisiensi Puncak	99%
Tegangan	12 VDC
Voc	8-72 VDC
Konsumsi Daya Perangkat	2.7 Watts
Tegangan Operasi Baterai	150 VDC
Proteksi Lonjakan Sesaat	4500 ts/port

6. Baterai: *Gambar 5 menunjukkan aplikasi perhitungan surya untuk menentukan kapasitas baterai yang dibutuhkan. Aplikasi tersebut mampu menampilkan total daya yang digunakan per hari, per minggu, jumlah panel surya yang disarankan, dan kapasitas baterai yang direkomendasikan. Spesifikasi pompa air dan sistem konfigurasi modul PV diperlukan sebagai data masukan aplikasi.*



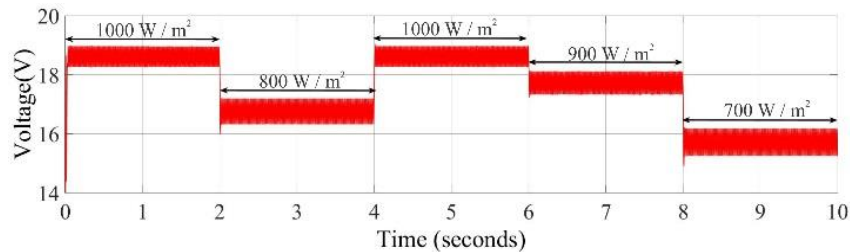
Gambar 5. Aplikasi perhitungan surya
HASIL & PEMBAHASAN

Pengujian pompa air tenaga surya berbasis MPPT dilakukan dengan simulasi Matlab dan percobaan langsung eksperimental. Rangkaian simulasi ditunjukkan pada Gambar 6.

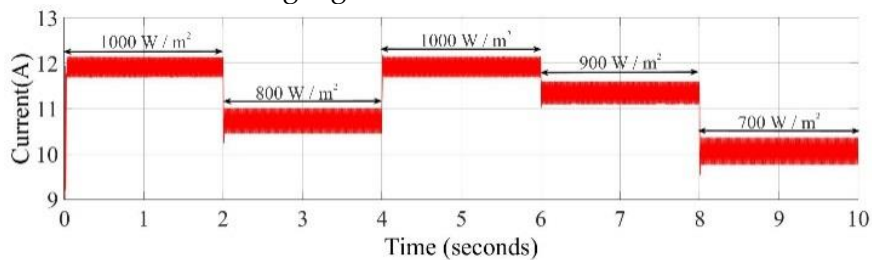


Gambar 6. Simulasi pompa air DC bertenaga surya berbasis MPPT

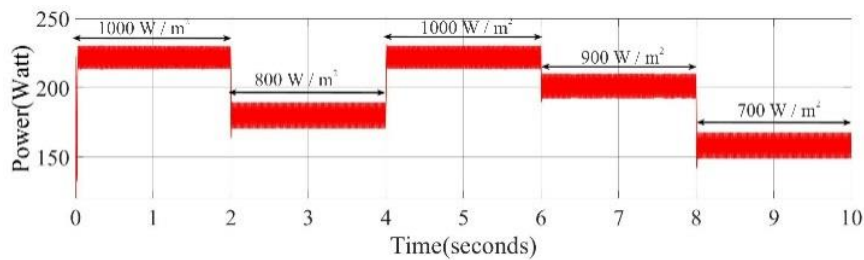
Gambar 7, Gambar 8 dan Gambar 9 adalah output tegangan, arus dan daya menggunakan MPPT. Di mana radiasi adalah 1000 W / m^2 menghasilkan tegangan sebesar 18.61 V , arus 11.91 A dan daya sebesar 217.3 W . Ketika radiasi adalah 700 W / m^2 menghasilkan tegangan sebesar 15.65 V dengan arus 10.09 A , dan daya sebesar 156.8 W . Perubahan radiasi mempengaruhi besarnya tegangan dan arus keluaran.



Gambar 7. Tegangan keluaran MPPT hasil simulasi



Gambar 8. Arus keluaran MPPT hasil simulasi



Gambar 9. Daya keluaran MPPT hasil simulasi

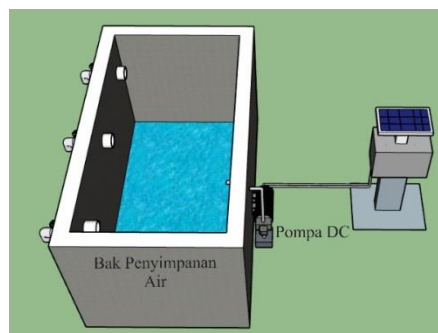
Tabel 4 menunjukkan hasil simulasi menggunakan Matlab. PV yang telah terintegrasi dengan MPPT menghasilkan tegangan dan daya yang sesuai dengan nilai MPP PV. PV dapat mencapai nilai maksimum dengan iradiasi yang berbeda. Tegangan output konverter dapat mengisi baterai karena besarnya diatas 12 V.

Dalam penelitian ini kami menggunakan tiga jenis PV, termasuk SunPower SPR-X20-250-BLK, Lumos LS250-60M, dan Sunperfect Solar CRM250S 156P-60. algoritma P&O masih memiliki kinerja yang baik dalam mencapai titik daya maksimum dengan jenis PV yang disimulasikan.

Tabel 4. Spesifikasi TS-MPPT-30 solar controller

PV	Irr	Pmp	Vmp	Ppv	Vpv	Pout	Vout
SunPower SPR-X20-250-BLK	1000	250	42.8	248.8	42.82	226.9	18.82
	900	224.6	42.51	223.8	42.75	204.1	17.84
	800	199.4	42.7	198.6	42.71	181.2	16.81
	700	174.1	42.57	173.2	42.57	158	15.7
Lumos LS250-60M	1000	250.1	30.1	249.4	30.09	221.8	18.61
	900	226.1	30.04	225.5	30.23	201	17.72
	800	201.8	30.34	201.2	30.32	179.7	16.76
	700	177.2	30.41	176.6	30.41	158.1	15.72
Sunperfect Solar CRM250S156P-60	1000	249.9	31	248.9	31.01	217.3	18.61
	900	225.1	30.89	224.5	31.06	200.5	17.7
	800	200.4	31.04	199.7	31.09	178.8	16.71
	700	175.5	31.03	174.8	31.08	156.8	15.65

Gambar 10 menunjukkan desain pompa solar berdasarkan MPPT. Komponen yang digunakan adalah panel surya, rangkaian MPPT, pompa DC, dan tangki air.



Gambar 10. Desain instalasi pompa air bertenaga surya berbasis MPPT

Setelah menghitung desain dan melakukan simulasi, sistem menghasilkan kinerja yang baik. Sistem yang diusulkan juga divalidasi melalui percobaan. Gambar 11 menunjukkan proses instalasi sistem di lokasi.



Gambar 11. Pemasangan PV

Sistem yang diusulkan diuji telah menunjukkan kinerja yang baik dalam mengubah kondisi lingkungan. Berdasarkan tabel 5, pukul 10 dan 11 pagi dihasilkan tegangan Voc sebesar 18,8 VDC dan Isc 1,8 ADC. Tegangan pada beban sebesar 200 VAC dan arus pada beban 0 AAC, dimana PV mengisi daya baterai.

SIMPULAN

Pompa dc surya berbasis MPPT untuk pasokan air bersih di pondok pesantren Mafatihul Huda telah diuji dan dipasang. Dengan menggunakan MPPT, panel surya dapat menghasilkan daya maksimum. Algoritma P&O digunakan untuk menentukan nilai duty cycle yang mampu menghasilkan titik daya maksimum. PV dapat mencapai nilai maksimum dengan iradiasi yang berbeda. Tegangan output konverter dapat mengisi baterai dengan baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung oleh Dikti dibawah nomor kontrak DRPM/20.3.279/UN32.14.1/PM/2019.

DAFTAR PUSTAKA

Suprpto. (2018). Sudah tidak ada sumber air di desa yang terkena kekeringan. Waduk dan embung di desa itu sudah kering, news.detik.com, dilihat 15 September 2019, <https://news.detik.com/berita-jawa-timur/d-4216449/kekeringan-di-lamongan-meluas-40-desa-butuh-air-bersih>.

- Jaipal & Ramesh, T. (2002). 'Solar Powered Based Water Pumping System Using Perturb and Observation MPPT Technique', IEEE International Student Conference on Electrical, Electronic and Comp. Science, hh. 1-6.
- Taha, M, S, Suresh, K (1996). 'Maximum Power Point Tracking Inverter for Photovoltaic Source Pumping Applications', IEEE International Conference PEDES, hh. 883-886.
- Krishna, P, V (2015). 'Standalone DC Level-1 EV Charging using PV/Grid Infrastructure, MPPT Algorithm and CHAdEMO Protocol', IECON2015-Yokohama, November 9-12, hh. 5408-5414.
- Noppadol, K & Phaophak, S. (2007). 'Application of Maximum Power Point Tracker with Self-organizing Fuzzy Logic Controller for Solar-powered Traffic Lights', IEEE International Conference PEDS, hh. 642-646.
- Aripriharta, Hayati, R, N & Utomo, N, T. (2012). 'SVPWM FSTPI sebagai Penggerak Motor Induksi Tiga Fasa Rotor Sangkar Berbasis Metode Sensorless Vector Control', EECCEIS2012, hh. 1-5.
- Aripriharta & Hayati, R, N (2011). 'Sensorless Flux Vector Control of Induction Motor for Driving Centrifugal Pump', Seminar On Electrical Engineering, Informatics, and Its Education, hh. 1-5.
- Alfasolar GmbH Ahrensburger Str. 4 -6, 30659 Hannover Geschäftsführer: Dipl.-Ing. M. Denz (CEO) / Dipl.-Kfm. K.-W. Hoffmann (CFO) Amtsgericht Hannover HRB 544 55 Gerichtsstand und Sitz: Hannover.
- Vtas, P & Pal, Y. (2017) 'Solar PV array buck-boost converter fed single phase induction motor drives for water pumping', International Conference on Information, Communication, Instrumentation and Control (ICICIC), pp. 1-5.