

Pres (*Photovoltaic Renewable Energy Resources*): Rancang Bangun Esp Berbasis Modul Surya 50 WP Pada Sistem Hidroponik DFT (*Deep Flow Technique*)

Tiya Puspita

Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Yus Rama Denny

Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Ilham Akbar Darmawan

Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Jl. Ciwaru Raya No. 25, Kota Serang, Banten.

Korespondensi Penulis : Tiyapuspita22@gmail.com

Abstract. *In agriculture with the hydroponic method of the DFT system (Deep Flow Technique), the circulation of plant nutrients must occur continuously to prevent decay in plants. Along with the many concerns due to the large electricity costs incurred to run the irrigation system for hydroponic plants, the authors hereby design a tool in the form of a submersible pump as a medium for regulating the flow of water in plants by utilizing a 50 WP PV module instead of a source of electrical energy from PLN. The method used in this research is the method of observation, literature study, design, and testing. The results of the 50 WP solar panel-based submersible pump trial show that a circuit connected to a battery at 1M Head tends to produce a stable water discharge, which is an average of 6.03 liters/minute compared to one that is not connected to a battery, which is only 5.28 liters/minute. Furthermore, the resulting water discharge affects the quality of the plants, especially in root length, number of leaves, leaf length, and leaf size. The test results are used as a reference for the comparison of expenditure costs between irrigation systems run using solar cells and those based on conventional (PLN).*

Keywords: *Deef Flow Technique, Solar cell, submersible pump, plant quality*

Abstrak. Dalam pertanian dengan metode hidroponik system DFT (*Deef Flow Technique*) sirkulasi nutrisi tanaman harus terjadi secara terus menerus untuk mencegah terjadinya pembusukan pada tanaman. Seiring dengan banyaknya keresahan akibat besarnya biaya listrik yang dikeluarkan untuk menjalankan sistem pengairan pada tanaman hidroponik, maka penulis dengan ini merancang alat berupa pompa submersible sebagai media pengatur aliran air pada tanaman dengan memanfaatkan module PV 50 WP sebagai ganti sumber energi listrik dari PLN. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode observasi, studi pustaka, perancangan serta pengujian. Hasil dari uji coba pompa submersible berbasis solar panel 50 WP menunjukkan bahwa rangkaian yang terkoneksi dengan baterai pada Head 1M cenderung menghasilkan debit air yang stabil yaitu rata-rata 6,03 liter/menit dibanding dengan yang tidak terkoneksi dengan baterai yaitu hanya sebesar 5,28 liter/menit. Selanjutnya, debit air yang dihasilkan berpengaruh terhadap kualitas tanaman terutama pada panjang akar, jumlah daun, panjang daun dan ukuran daun. Adapun hasil pengujian dijadikan sebagai acuan perbandingan biaya pengeluaran antara sistem pengairan dijalankan menggunakan solar cell dengan yang berbasis konvensional (PLN).

Kata kunci: 3-5 kata atau frasa yang mencerminkan isi artikel (secara alfabetis).

LATAR BELAKANG

Deep Flow Technique (DFT) merupakan metode budidaya tanaman hidroponik dengan cara meletakkan akar tanaman pada lapisan air dengan kedalaman 4-6 cm. Pada sistem ini larutan nutrisi tanaman disirkulasikan secara terus-menerus selama 24 jam pada aliran tertutup (Chadirin, 2007). Pada sistem DFT, kerja pompa harus di kontrol sesuai kebutuhan sehingga aliran nutrisi dapat tersalurkan dengan baik dan pembusukan pada akar tanaman dapat terhindari. Kelebihan dari sistem DFT yaitu ketika pompa dalam kondisi mati, air akan tetap tersisa dalam pipa sehingga tanaman akan tetap mendapatkan suplay air.

Banyaknya keluhan para petani hidroponik akibat besarnya biaya listrik yang harus dikeluarkan untuk membayar biaya tagihan PLN, mendorong terjadinya proses pembuatan sistem pompa submersible yang dijalankan menggunakan energi alternatif dengan bantuan modul *photovoltaic* (PV). *Photovoltaic* umumnya terbuat dari bahan semikonduktor berupa silikon dimana ketika cahaya matahari mencapai cell maka elektron akan terlepas dari atom lalu mengalir membentuk sirkuit listrik tempat energi listrik dapat dibangkitkan (Nur Adiwana, 2019). Selain itu, penelitian ini menerapkan sistem Off-Grid pada rangkaian solar cell dimana proses pembangkitan energil bersifat *stand alone* atau tidak terhubung ke jaringan listrik PLN (Hasanah, 2018). Dengan kata lain, energi listrik yang dihasilkan sepenuhnya berasal dari panel surya. Adapun komponen lain yang digunakan pada sistem Off-Grid ini yaitu *solar charge controller* (SCC) dan baterai (Alwani, 2022).

SCC merupakan komponen pendukung yang difungsikan sebagai pengatur *charging* dan *discharging* baterai dengan cara mengatur energi yang dapat diisi ke baterai setelah diproduksi oleh panel surya serta mengontrol jumlah pelepasan energi tersebut ke beban (Syahwil, 2021). Sedangkan baterai berfungsi sebagai alat untuk menyimpan energi listrik yang telah dihasilkan oleh panel surya (Fahrizal, 2021).

Hasil produksi energi listrik dari solar panel ini merupakan listrik dengan arus searah (DC) sehingga beban yang digunakan pun berupa DC Electrical Submersible Pump (ESP). ESP merupakan jenis dari centrifugal pump yang berfungsi untuk mengangkat fluida dari reservoir ke permukaan pada laju produksi tertentu (Giuliani, 1981). Untuk memperoleh laju aliran atau debit air yang baik, maka performa pompa submersible akan dipengaruhi oleh sumber energinya. Sehingga, kapasitas solar panel harus disesuaikan dengan pompa agar dapat menjadi sumber energi listrik untuk pompa submersible yang akan digunakan (Wahono, 2015). Adapun pemilihan ukuran pompa listrik submersible harus sesuai dengan besarnya laju produksi air yang diharapkan pada head yang sesuai. Semakin stabil debit air yang dihasilkan maka akan

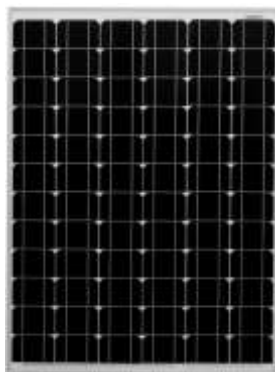
semakin baik pula proses sirkulasi nutrisi pada tanaman sehingga setiap tanaman pada pertanian hidroponik system Deef Flow Technique (DFT).

KAJIAN TEORITIS

Komponen rangkaian Solar Cell

1. Modul SV Mono 50 WP

Monocrystalline merupakan jenis PV module yang memiliki efisiensi hasil tinggi pada setiap satuan luas PV Module. Efisiensi dari modul ini adalah 14%-17%. Namun kelemahan dari PV module jenis ini yaitu tidak akan berfungsi di tempat yang kurang mendapat sinar matahari (Kristiawan, 2019). Pada penelitian ini, solar cell yang digunakan adalah modul PV tipe monocrystalline (SV Energy 50 WP).



Gambar 1. Modul PV Mono 50 WP

2. *Solar Charge Controller (SCC)*

Merupakan teknologi untuk mengatur arus searah yang berasal dari panel surya yang di isi pada baterai dan dari baterai ke beban (load). Solar charge controller mengatur kelebihan pengisian (over charging) sebab baterai sudah terisi penuh dan mengatur kelebihan tegangan (over voltase) dari panel surya (solar cell). kelebihan tegangan dan pengisian akan mengakibatkan berkurangnya umur baterai. Solar charge controller berguna sebagai pengatur suplai baterai serta pelepasan arus dari baterai menuju beban dengan menerapkan teknologi pulse with modulation (PWM) (Huda, 2020). pada penelitian ini SCC yang digunakan sebesar 10A.



Gambar 2. Solar Charge Controller 10A

3. **Baterai VRLA GPower 12V 7,2Ah**

Media penyimpanan energi listrik dari modul photovoltaic di dalam penelitian ini menggunakan baterai VRLA GPower. Salah satu tipe aki atau baterai yang sangat di anjurkan untuk sistem pembangkit listrik tenaga surya, yaitu tipe VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*) yang sering juga disebut SLA (*Sealed Lead Acid*). Baterai VRLA GPower sangat cocok untuk sistem pembangkit listrik tenaga surya, karena baterai tipe ini bersifat tertutup sehingga penguapan / evaporasi yang dikeluarkan sangat kecil. Proses penguapan / evaporasi pada baterai diatur salah satu komponen pada baterai yang bernama Valve / Katup (Teguh, 2021).



Gambar 3. Baterai VRLA 12V 7,2 Ah

4. **Digital Timer DC CN101A**

Digital Timer merupakan sebuah alat atau komponen listrik berfungsi sebagai pemutus atau penghubung suatu rangkaian listrik berdasarkan pengaturan waktu serta waktu tundanya (Time Delay) yang dapat diatur atau disesuaikan dengan kebutuhan suatu rangkaian (Waluyo, 2022). Pada penelitian ini, timer yang digunakan yaitu tipe CN101A, dimana pada dasarnya timer digital ini dapat di setting sebanyak 16 kali.



Gambar 4. Timer DC CN101A

5. *DC Electrical Submersible Pump (ESP)*

Merupakan suatu alat yang dapat digunakan untuk memindahkan fluida jenis air dari satu tempat ke tempat yang lain dengan adanya sebuah impeller yang berputar sehingga dapat menyebabkan gaya gerak pada air, dimana pada prinsip kerjanya pompa ini akan menghisap air dari suatu tempat kemudian mengalirkannya melalui pipa atau selang ke tempat yang lain (Al-Hajjaj, 2018). Beberapa kelebihan dari pompa submersible adalah biaya perawatannya murah, tidak bising dan pompa mempunyai pendingin alami (Kusmantoro, 2015). Pada dasarnya kerja pompa ini memanfaatkan gaya centrifugal, yaitu perubahan dari tenaga pergerakan fluida ke tenaga potensial dimana pergerakannya menuju permukaan melewati sudut yang mengalami putaran didalam casing pompa sehingga cairan mengalami dorongan diakibatkan pengaruh dari putaran tadi (Rahmadsyah, 2020). Elektromotor ini berfungsi untuk mengubah energy listrik menjadi energy mekanik berupa putaran (Athoillah, 2021). Perlu diketahui pula bahwa pompa jenis ini dapat dihubungkan langsung ke panel surya tanpa bantuan baterai, sehingga dapat bekerja berdasarkan besarnya tegangan yang dihasilkan oleh panel surya (Widodo, 2016). Aplikasi pompa submersible DC yang paling umum digunakan yaitu berkapasitas 12 V 50W (Swandi, 2021).



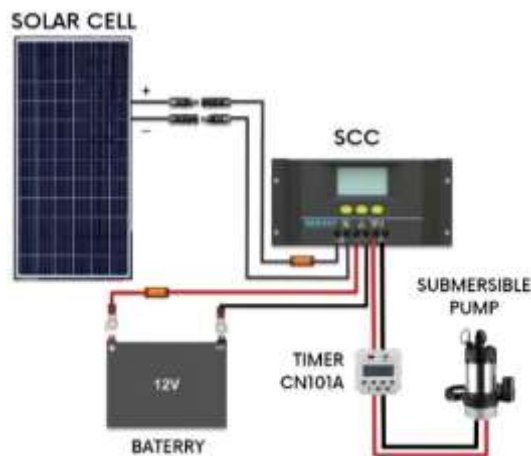
Gambar 5. *DC Electrical Submersible Pump*

METODE PENELITIAN

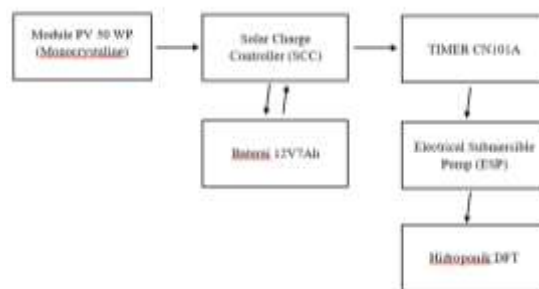
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode observasi, studi pustaka, perancangan dan pengujian. Metode observasi adalah cara pengumpulan data melalui

pengamatan atau peninjauan secara langsung di lapangan atau suatu lokasi penelitian. Pada penelitian ini, observasi dilakukan ke beberapa pertanian hidroponik yang berada di kota Serang Provinsi Banten. Observasi ini dilakukan untuk melakukan identifikasi terhadap beberapa permasalahan yang ada dan melakukan pengukuran kualitas tanaman pada saat memasuki tahapan pengujian.

Teknik observasi dalam pembuatan rancangan pompa submersible berbasis solar panel ini digunakan untuk menentukan desain dan tingkat keakurasian sebelum melakukan pembuatan alat ini. Observasi data dilakukan dengan cara mencari sumber, mengkaji teori, serta studi lapangan mengenai data yang akan digunakan sebagai acuan dalam pembuatan alat. Skema rangkaian sistem submersible solar ditunjukkan oleh Gambar 6 dan diagram blok sistem submersible solar pada hidroponik DFT pada Gambar 7. Adapun rancangan yang dimuat terdiri dari komponen solar panel 50 WP tipe *monocrystalline*, *solar charge controller* (SCC), baterai 12v7ah, timer CN101A, DC submersible pump dan hidroponik power kit sistem DFT.

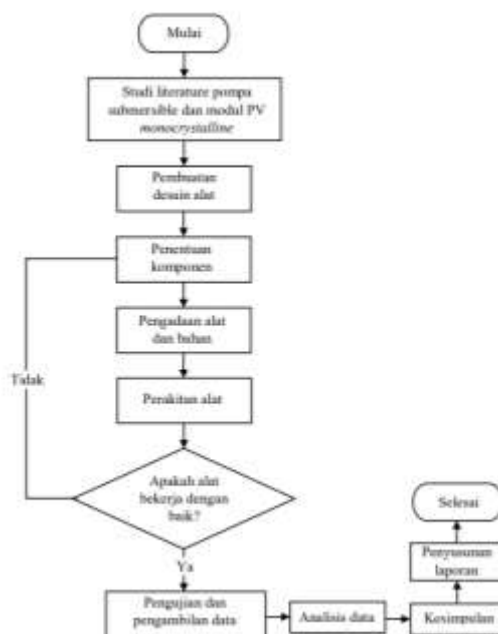


Gambar 6. Rangkaian sistem submersible solar



Gambar 7. Diagram blok sistem submersible solar pada hidroponik DFT

Adapun Flow Chart pada alat pompa submersible berbasis solar panel 50 WP pada hidroponik system DFT adalah sebagai berikut.



Gambar 8. Flow chart rancang pompa submersible berbasis solar panel 50 WP pada sistem hidroponi DFT

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini pengukuran dilakukan ke dalam beberapa tahapan. Tahapan pertama rangkaian panel diukur menggunakan beban berupa pompa *submersible* kemudian dilakukan pengukuran pada tanaman dari rentang usia 18 hari hingga usia 49 hari. Gambar 9 menunjukkan bentuk fisik dari alat uji yang di buat.



Gambar 1. Rangkaian system submersible solar 50WP

Pengujian Performa Pompa Submersible

Pengujian ini dilakukan pada dua tahapan, tahapan pertama pengukuran dilakukan pada pompa submersible yang terkoneksi dengan baterai dan pada tahapan kedua tanpa terkoneksi dengan baterai.

Tabel 1. Hasil pengujian pompa submersible terkoneksi baterai

No	Debit air pompa submersible terkoneksi baterai (L/m)			
	Waktu (WIB)	Tegangan (V)	Arus (I)	Head (1M)
1	09.00	19,98	2,03	6,05
2	09.30	20,00	2,00	6,10
3	10.00	20,32	1,97	6,00
4	10.30	21,11	1,91	6,15
5	11.00	22,09	2,20	6,10
6	11.30	20,11	2,18	6,00
7	12.00	18,63	1,99	6,00
8	12.30	19,99	1,76	6,00
9	13.00	17,86	1,88	6,00
10	13.30	19,90	2,04	6,05
11	14.00	20,54	1,93	6,00
12	14.30	20,33	1,23	6,00
13	15.00	18,59	0,89	5,95
Rata-rata		20,08	1,84	6,03

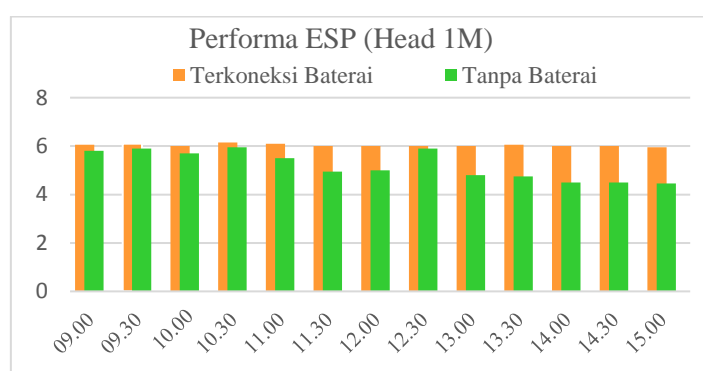
Berdasarkan Tabel 5, dapat dilihat bahwa hasil pengujian pompa submersible pada Head 1M dapat dikategorikan dalam keadaan stabil. Dalam istilah pompa, head yang dimaksud merupakan semacam besaran yang spesifik dari tekanan fluida atau ketinggian permukaan fluida. Dalam penelitian ini fluida yang dimaksud adalah air. Adapun Head yang dipakai pada penelitian ini yaitu static discharge head atau ketinggian vertical yang nantinya dihitung dari titik pusat pompa. Artinya, head ini dapat dikatakan sebagai ketinggian vertical permukaan fluida yang harus di pompa ke atas dihitung dari pusat pompa.

Tabel 2. Hasil pengujian pompa submersible tidak terkoneksi baterai

No	Debit air ketika pompa tidak terkoneksi baterai (L/m)			
	Waktu	Tegangan (V)	Arus (I)	Head (1M)
1	09.00	19,98	2,03	5,80
2	09.30	20,00	2,00	5,90
3	10.00	20,32	1,97	5,70
4	10.30	21,11	1,91	5,95
5	11.00	22,09	2,20	5,50
6	11.30	20,11	2,18	4,95
7	12.00	18,63	1,99	5,00
8	12.30	19,99	1,76	5,90
9	13.00	17,86	1,88	4,80
10	13.30	19,90	2,04	4,75
11	14.00	20,54	1,93	4,50

12	14.30	20,33	1,23	4,50
13	15.00	18,59	0,89	4,45
Rata-rata		20,08	1,84	5,28

Selanjutnya pada pengujian kedua yaitu rangkaian pompa submersible ini tidak dihubungkan dengan baterai sebagai cadangan energy listrik. Dari hasil pengukuran tersebut, dapat dilihat bahwa hasil pengujian pada Head 1M mengalami ketidakstabilan dan cenderung memiliki nilai yang lebih rendah dari yang terkoneksi dengan baterai. Hal ini terjadi akibat daya yang diperoleh dari solar panel langsung digunakan sebagai sumber energi pompa melalui SCC.



Gambar 2. Grafik pengujian pompa pada Head 1M terkoneksi baterai dan tanpa baterai

Grafik pada gambar 10 menunjukkan hasil perbandingan performa pompa submersible yang terkoneksi dengan baterai dengan yang tidak terkoneksi dengan baterai, dimana hasil tersebut sangat berpengaruh terhadap performa pompa. Saat terkoneksi dengan baterai, jumlah debit air terbanyak dapat mencapai 6,15 liter/menit pada pukul 10.30 WIB, dan debit terendah hanya mencapai 5,95 liter/menit, dengan rata-rata debit air yang diperoleh mencapai 6,03 liter/menit. Hal ini menunjukkan naik turunnya debit air dalam beberapa kali pengujian tidak mengalami rentang yang cukup jauh. Sehingga dapat dikatakan bahwa sistem hidroponik DFT akan memiliki suplay air yang cukup.

Sedangkan ketika rangkaian tidak terkoneksi dengan baterai, debit air terbanyak hanya mencapai 5,95 liter/menit dan debit terendah mencapai 4,45 liter/menit, dengan rata-rata debit air yang diperoleh sebesar 5,28 liter/menit. Hal tersebut tentu dapat mempengaruhi pasokan air dan nutrisi pada setiap tanaman hidroponik. Selain itu, faktor cuaca pun menjadi pengaruh lain terhadap jumlah daya yang dihasilkan terutama pada pukul 15.00 WIB dimana intensitas cahaya matahari mulai berkurang.

Pengukuran Output Pada Tanaman

Pada tahapan selanjutnya, dilakukan pengukuran pada tanaman. Pengukuran ini dilakukan untuk melihat perbandingan kualitas tanaman dari segi panjang akar, jumlah daun, panjang daun dan lebar daun. Pengukuran dilakukan pada saat tanaman memasuki masa peremajaan hingga usia pendewasaan atau terhitung sejak usia 18 hari hingga usia 49 hari. Adapun hasil pengukuran ini selanjutnya digunakan sebagai data acuan untuk melihat perbandingan pertumbuhan tanaman ketika sistem pengairan dijalankan menggunakan solar cell dengan yang menggunakan PLN atau berbasis konvensional. Adapun hasil pengukuran dapat dilihat pada grafik berikut.

Hasil pengukuran akar tanaman:



Gambar 3. Grafik perbandingan panjang akar

Hasil pengukuran panjang daun:



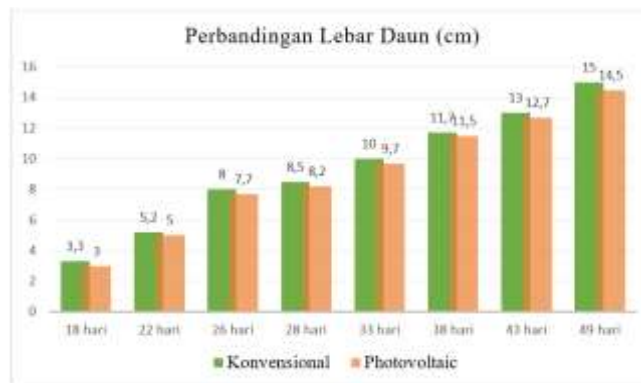
Gambar 4. Grafik perbandingan panjang daun

Hasil perhitungan jumlah daun:



Gambar 5. Grafik perbandingan jumlah daun

Hasil pengukuran lebar daun:



Gambar 6. Grafik perbandingan lebar daun

Setelah memperoleh hasil pengukuran, maka hasil perbandingan dari masing-masing pengukuran tersebut dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Selisih Tanaman Hidroponik berbasis PLN dengan Solar cell

Data Selisih Tanaman Hidroponik Konvensional dan Solar Cell				
Waktu	Panjang Akar	Jumlah Daun	Panjang Daun	Lebar Daun
18 Hari	0,3 cm	1	0,3 cm	0,3 cm
22 Hari	0,1 cm	1	0,2 cm	0,3 cm
26 Hari	0,1 cm	1	0,3 cm	0,3 cm
28 Hari	0,1 cm	1	0,2 cm	0,3 cm
33 Hari	0,2 cm	1	0,3 cm	0,3 cm
38 Hari	0,3 cm	2	0,5 cm	0,2 cm
43 Hari	0,3 cm	2	0,8 cm	0,3 cm
49 Hari	0,5 cm	3	0,5 cm	0,5 cm
Rata-Rata	0,21 cm	1-2 helai	0,38 cm	0,31 cm

Berdasarkan data pada Tabel 3. Dapat dilihat bahwa selisih pertumbuhan tanaman yang dihasilkan ketika rangkaian sistem pengairan dijalankan menggunakan solar cell hasilnya tidak jauh berbeda dengan yang dijalankan menggunakan sistem konvensional. Solar cell dikatakan efektif digunakan sebagai energi alternatif pada sistem pertanian DFT.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan 5 kali pengujian yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa nilai arus dan tegangan modul PV mono 50 WP yang di uji menunjukkan hasil yang berbeda-beda. Pada pengujian pertama yaitu tanggal 18 Mei 2022, rata-rata tegangan yang diperoleh yaitu sebesar 20.37 V dengan rata-rata arus sebesar 2.07 A dan menghasilkan rata-rata daya sebesar 42.41 W. Selanjutnya pada pengujian kedua yaitu tanggal 23 Mei 2022, hasil rata-rata tegangan yang diperoleh yaitu sebesar 18.46 V dan rata-rata arus sebesar 2.09 A dengan daya yang dihasilkan sebesar 42.08 W. Sedangkan pada pengujian ketiga yaitu tanggal 27 Mei 2022, rata-rata tegangan yang diperoleh sebesar 20.06 dan rata-rata arus sebesar 1.91 A dengan daya yang diperoleh sebesar 38.89 W.

Dalam hal ini, data yang diperoleh tentu sangat bervariasi. Rata-rata nilai tegangan dan daya tertinggi terjadi pada pengujian pertama, sedangkan rata-rata arus tertinggi justru terjadi pada pengujian kedua. Hal ini tentu banyak dipengaruhi oleh faktor cuaca yang dapat menentukan ketidakstabilan tegangan, arus maupun daya yang dihasilkan oleh ketiga pengujian tersebut.

Pada perhitungan teoritikal, efisiensi dari modul PV mono 50 WP ini yaitu sebesar 13,7%. Selanjutnya pada pengujian rangkaian pompa submersible terkoneksi dengan baterai

menunjukkan hasil yang lebih stabil daripada tanpa terkoneksi dengan baterai. Hal itu dapat dilihat dari debit air yang diperoleh ketika rangkaian terkoneksi dengan baterai yaitu rata-rata mencapai 6.03 liter/menit sedangkan ketika tidak terkoneksi dengan baterai debit air rata-rata hanya mencapai 5,28 liter/menit dan cenderung tidak stabil. Dengan kata lain, baterai sangat berperan penting sebagai penyimpanan cadangan energy listrik pada rangkaian, selain itu faktor lain yang menyebabkan besarnya nilai output yang diperoleh yaitu dipengaruhi oleh faktor cuaca.

Ketika debit air yang dipompa berada pada fase yang stabil, maka setiap nutrisi pada tanaman hidroponik dapat tersirkulasi dengan sangat baik, sehingga tanaman akan mendapat suplai air dan nutrisi dengan baik pula sehingga kondisi tanaman dapat terjaga secara optimal, sehingga dapat dilihat bahwa bahwa output tanaman yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik dilihat dari panjang akar, lebar daun, panjang daun dan jumlah daun.

Penelitian ini hanya difokuskan pada pembuatan rangkaian photovoltaic yang decouple dengan baterai dan tanpa tercouple dengan baterai untuk menghasilkan debit air yang stabil dari pompa untuk sistem hidroponik DFT, sehingga penelitian ini kurang membahas bagian maintenance pada alat yang dibuat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulissampaikan kepada semua pihak khususnya jurusan Pendidikan Vokasional Teknik Elektro yang telah membantu dan memberi dukungan sepenuhnya kepada kami, sehingga saat ini kami dapat menyelesaikan artikel ilmiah ini dengan sebaik-baiknya.

DAFTAR REFERENSI

- Al-Hajjaj, Muhammad Faiz. 2018. Mesin Peracik Dan Penyeduh Minuman Kopi Hitam Otomatis Berbasis Mikrokontroler. Diss. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Athoillah, Muhammad Nasir, et al. 2021. Rancang Bangun PID Controller Dengan Tuning *Ziegler Nichols* Untuk Pengendalian Posisi Sudut Motor DC. Jurnal Teknik Elektro 10(2): 537-545.
- Alwani, H., F. Fadhilah, & J. Setiawan. 2022. Aplikasi PLTS off-grid di Desa skonjing kabupaten ogan ilir. Jurnal Pengabdian Community 4(1): 17-21.
- Chadirin, Y. 2007. Teknologi Greenhouse dan Hidroponik. Diktat Kuliah. Dep. Tek. Pertanian.IPB. Bogor.

- Fahrizal, Riki, Erlina Erlina, & Heri Suyanto. 2021. Perencanaan PLTS Off Grid Dengan Daya Output 17,694 Kwh Pada Usaha Dagang Warung Kopi Yahbit Kupi Banda Aceh. Diss. Institut Teknologi PLN.
- Giuliani & Francis A. 1981. Introduction to Oil and Gas Technology. USA : IHRDC, Boston.
- Hasanah, Aas Wasri, Tony Koerniawan, & Yuliansyah. 2018. Kajian Kualitas Daya Listrik PLTS Sistem Off-Grid Di STT-PLN. Jurnal Energi & Kelistrikan 10(2): 93-101.
- Huda, Ahmad Nurul, et al. 2020. Perancangan Solar Charge Controler Menggunakan *Control Proportional Integral Derivative (PID)* Pada *Prototype Traffic Light*. JEECAE (*Journal of Electrical, Electronics, Control, and Automotive Engineering*) 5(2): 9-15.
- Kristiawan, H., I. N. S. Kumara, and I. A. D. Giriantari. 2019. Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Gedung Sekolah di Kota Denpasar. Jurnal SPEKTRUM 6(4).
- Kusmantoro, Adhi, and Agus Nuwolo. 2015. Pengendali Star Delta Pada Pompa Deep Well 3 Fasa 37 Kw Dengan Plc Zelio Sr3B261Fu. Media ElektriKa 8(2).
- Nur Adiwana, M., & Three Kartini, U .2019. Desain Photovoltaic dan Peramalan Jangka Pendek Radiasi Sinar Matahari Menggunakan Metode Feed-Forward Neural Network. Jurnal Teknik Elektro, 9(1).
- Rahmadsyah & Moraida Hasanah. 2020. Perancangan Alat Pompa Air Dengan Sistem Penggerak Rendam Menggunakan Motor Listrik. Jurnal Teknik Mesin dan Pembelajaran. 3(2): 92-98.
- Rois AR, Gunawan N, dan Chayun B. 2014. Analisa Performansi dan Monitoring Solar Photovoltaic System (SPS) Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Tuban Jawa Timur. JURNAL TEKNIK POMITS.
- Setiawan, Bambang, Gunawan Hidayat, & Ardi Yulian Candra. 2017. Rancang bangun DC Pump Sistem *Photovoltaic Battery Coupled* Dengan Panel Surya Tipe Polycrystalline Skala Laboratorium. Prosiding Semnastek.
- Syahwil, Muhammad, & Nasrudin Kadir. 2021. Rancang Bangun Modul Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sistem Off-grid Sebagai Alat Penunjang Praktikum Di Laboratorium. Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan 3(1): 26-35.
- Swandi, Ahmad, Sri Rahmadhanningsih, and Sparisoma Viridi. 2021. Menganalisis Hubungan Debit Pompa Listrik Submersible DC 12 Volt Terhadap Ketinggian Penampungan Air Melalui Pembelajaran Berbasis Proyek. JPF (Jurnal Pendidikan Fisika) Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar 9(2) 83-92.
- Teguh Yuwono ST, M. T. 2021. Desain Dan Aplikasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Suplai Daya Penerangan Dan Fotosintesis. JES (*Jurnal Elektro Smart*) 1(1): 26-33.
- Wahono, syamsul Komar, dan Fuad rusydi suwardi, 2015. Evaluasi pompa ESP terpasang untuk optimasi produksi minyak PT. Pertamina asset I field ramba. Jurnal teknik kimia 1(21).
- Waluyo, Puji. 2022. Perancangan Lampu Otomatis Menggunakan Sensor PIR (*Passive Infrared Receiver*) Dengan Memanfaatkan Trigger Berbasis Digital Timer. Strategy: Jurnal Teknologi 6(1): 2-2.
- Widodo, Puji, and Dedy A. Nasution. 2016. Rekayasa disain pompa tenaga surya untuk irigasi budidaya bawang merah di lahan kering. Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Teknologi.