



Rancang Bangun Sistem Otomasi Pengatur Nutrisi pada Tanaman Hidroponik *Nutrient Film Technique* (NFT) dengan Sistem Pembangkit Listrik *Off Grid Photovoltaic*

Gebby Yolanda Nurhaliza^{1*}, Shabri Putra Wirman², Neneng Fitrya³

¹Program Studi Fisika, Fakultas Mipa dan Kesehatan Universitas Muhammadiyah Riau, Indonesia, 180203017@student.umri.ac.id

²Program Studi Fisika, Fakultas Mipa dan Kesehatan Universitas Muhammadiyah Riau, Indonesia.

³Program Studi Fisika, Fakultas Mipa dan Kesehatan Universitas Muhammadiyah Riau, Indonesia.

Corresponding Author: 180203017@student.umri.ac.id¹

Abstract: *The hydroponic system using the Nutrient Film Technique (NFT) requires accurate monitoring and nutrient regulation to maintain plant growth efficiency and crop quality. In conventional systems, monitoring and nutrient regulation are generally carried out manually, which often leads to inaccuracies in nutrient solution concentration, resulting in reduced yields and dependence on grid electricity. This study aims to develop an automated nutrient control system based on NFT powered by an off-grid solar panel. The research method includes literature review, system design, implementation, and testing. The system utilizes several electronic components such as Arduino Uno, TDS sensor, solenoid valve, digital timer, keypad, and LCD. The digital timer controls the operating schedule for 9 hours active and 15 hours inactive daily to conserve energy. The solenoid valve operates based on data from the TDS sensor, opening when the PPM value falls below the minimum threshold and closing when it exceeds the maximum threshold. Test results show that the TDS sensor has a high accuracy level with an average error rate of 0.75%, and the solenoid valve responds effectively to changes in nutrient levels. The solar panel system provides a stable power supply, allowing the system to operate according to schedule without relying on conventional electricity. In conclusion, the solar-powered automated NFT nutrient control system improves efficiency, accuracy, and sustainability in hydroponic farming based on renewable energy.*

Keywords: *Hydroponic NFT; Nutrient Film Technique (NFT); Off-Grid Solar Panel; Automated Nutrient Control; TDS Sensor; Solenoid Valve.*

Abstrak: Sistem hidroponik dengan teknik *Nutrient Film Technique* (NFT) memerlukan pemantauan dan pengaturan nutrisi yang tepat untuk menjaga efisiensi pertumbuhan tanaman serta kualitas hasil panen. Pada sistem konvensional, proses pemantauan dan pengatur nutrisi umumnya masih dilakukan secara manual sehingga sering terjadi ketidaktepatan kadar larutan nutrisi yang berdampak pada penurunan hasil panen serta ketergantungan pada listrik dari jaringan umum. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pengendalian

nutrisi otomatis berbasis NFT yang menggunakan sumber daya listrik dari panel surya *off-grid*. Metode penelitian meliputi studi Pustaka, perancangan sistem, implementasi, dan pengujian. Sistem menggunakan beberapa komponen elektronika seperti Arduino Uno, sensor TDS, *solenoid valve*, *digital timer*, *keypad*, dan LCD. *Digital timer* mengatur jadwal operasi selama 9 jam aktif dan 15 jam non-aktif setiap hari untuk menghemat energi. *Solenoid valve* bekerja berdasarkan data sensor TDS, membuka saat nilai PPM di bawah batas minimum dan menutup saat nilai melebihi batas maksimum. Hasil pengujian menunjukkan sensor TDS memiliki tingkat akurasi tinggi dengan rata-rata sebesar 0.75%, dan *solenoid valve* merespons dengan baik terhadap perubahan kadar nutrisi. Sistem panel surya menyediakan pasokan listrik stabil sehingga sistem dapat beroperasi sesuai jadwal tanpa bergantung pada sumber listrik konvensional. Kesimpulannya, sistem otomatis pengendalian nutrisi NFT berbasis energi surya ini meningkatkan efisiensi, akurasi dan keberlanjutan dalam budidaya hidroponik NFT berbasis energi terbarukan.

Kata kunci: Hidroponik NFT; *Nutrient Film Technique* (NFT); Panel Surya *Off-Grid*; Pengendalian Nutrisi Otomatis; Sensor TDS; *Solenoid Valve*.

PENDAHULUAN

Hidroponik merupakan teknologi budidaya tanaman dengan menggunakan air sebagai pengganti tanah sehingga dapat diterapkan pada lahan yang sempit. Kegiatan bercocok tanam dengan sistem hidroponik dapat dilakukan di halaman, atap, atau balkon (Sanubary et al., 2021). Hidroponik memiliki beberapa keunggulan, antara lain mampu mengurangi penggunaan pestisida, menghasilkan produk berkualitas lebih tinggi, memiliki harga jual yang lebih baik, dapat dilakukan pada lahan terbatas, tanaman yang mati lebih mudah diganti dengan yang baru, tanaman dapat tumbuh lebih cepat dalam kondisi yang bersih dan tidak rusak, beberapa jenis tanaman dapat dibudidayakan di luar musim, serta tidak berisiko terhadap banjir, erosi, kekeringan, maupun ketergantungan pada kondisi alam (Wibowo, 2020).

Sistem hidroponik yang telah dikembangkan antara lain hidroponik sumbu (*wick system*), hidroponik rakit apung (*floating raft hydroponics*), hidroponik pasang surut (*ebb and flow hydroponics*), hidroponik dengan Teknik aliran dalam (*Deep Flow Technique / NFT*). Penerapan sistem hidroponik NFT dan DFT banyak digunakan dalam skala besar (Qurrohman, 2019), mulai dari rumah tangga hingga industri. Karakteristik dari kedua model ini terletak pada sistem air nutrisinya, di mana hidroponik NFT menggunakan aliran air, sedangkan hidroponik DFT menggunakan air yang tergenang (Aprilia et al., 2020). Sistem air pada hidroponik NFT membuat akar tanaman tidak sepenuhnya terendam (Waluyo et al., 2021).

Sistem perairan dangkal pada hidroponik NFT memiliki beberapa keunggulan, antara lain aliran air nutrisi yang stabil dengan sirkulasi yang baik sehingga menghasilkan ketersediaan oksigen yang optimal bagi tanaman (Karim et al., 2021). Hidroponik NFT memungkinkan akar tanaman menyerap lebih banyak nutrisi sehingga proses fotosintesis menjadi lebih baik (Mohammad et al., 2021). Air sebagai media tanam dalam sistem NFT tidak diperbolehkan melebihi $\frac{3}{4}$ dari saluran (*glutter*) hidroponik untuk menghindari berkurangnya ketersediaan oksigen pada tanaman (Sholihah et al., 2021).

Air yang merupakan media utama pada tanaman hidroponik harus bersirkulasi dengan baik dan memiliki konsentrasi larutan nutrisi yang sesuai dengan kebutuhan tanaman. Konsentrasi nutrisi yang tepat, disesuaikan dengan jenis dan umur tanaman, akan merangsang pertumbuhan yang lebih baik serta dapat meningkatkan hasil produksi tanaman. Penelitian yang dilakukan oleh (Riskawati et al., 2020) menunjukkan hasil yang sama bahwa

konsentrasi nutrisi secara langsung mempengaruhi pertumbuhan tanaman dalam sistem hidroponik. Pemberian nutrisi pada penelitian tersebut dilakukan secara manual dan pemeriksaan kadar nutrisi dilakukan secara berkala setiap hari menggunakan alat TDS meter (Ardin et al., 2019).

Model ini kemudian disempurnakan oleh (Heri et al., 2024) dengan melakukan otomatisasi suplai nutrisi pada tanaman hidroponik NFT menggunakan pengendali Arduino Uno. Sistem pengendali nutrisi yang disebut *On System* memiliki beberapa fitur, antara lain *keypad* sebagai input nilai nutrisi, LCD sebagai tampilan, pompa mini sebagai pengalir larutan nutrisi pekat, serta sensor TDS sebagai pembaca nilai nutrisi (Murdiyantoro et al., 2021). Sistem yang dibangun tersebut bekerja dengan baik dalam hal pemberian dan pemeriksaan nutrisi secara otomatis, namun mengalami kendala ketika diterapkan untuk penggunaan jangka panjang. Beberapa hal yang berkaitan dengan karakteristik komponen, seperti pompa mini dan Arduino Uno yang bekerja selama 24 jam penuh, berpotensi mengalami kerusakan akibat penggunaan jangka panjang (Manik et al., 2019).

Berdasarkan uraian di atas, dirancanglah sebuah sistem otomatisasi pengatur nutrisi pada tanaman hidroponik NFT yang menyempurnakan sistem sebelumnya dengan mengganti dan menambahkan beberapa komponen. Perubahan yang dilakukan antara lain penggunaan *solenoid valve* sebagai pengganti pompa mini serta penggunaan *digital timer socket* untuk mengatur fungsi *on/off* pada Arduino Uno. Komponen seperti LCD, *keypad*, dan sensor TDS tetap digunakan sebagai bagian dari sistem. Keunggulan yang ditawarkan selain penambahan komponen *solenoid valve* dan *digital timer socket* adalah adanya sistem pembangkit listrik tenaga surya *off-grid photovoltaic* yang menyuplai seluruh kebutuhan daya pada sistem otomatisasi nutrisi tanpa menggunakan listrik dari PLN.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat sistem otomatis pengatur nutrisi pada tanaman hidroponik NFT dengan menggunakan sistem fotovoltaik *off-grid*. Tujuan khusus penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja *solenoid valve* pada *On System*, memahami cara kerja stopkontak *digital timer* dalam mengendalikan fungsi hidup dan mati *On System*, serta mengetahui tingkat akurasi sensor TDS pada *On System*.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret 2022 hingga September 2022. Lokasi penelitian berada di Laboratorium Fisika, Fakultas Matematika, Ilmu Pengetahuan Alam, dan Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Riau. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa komponen elektronika sebagai bagian dari sistem pemantauan nutrisi pada hidroponik. Daftar alat dan bahan serta fungsinya dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

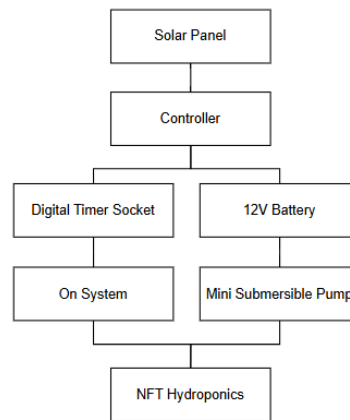
Tabel 1. Alat dan Bahan

Alat dan Bahan	Fungsi
Sensor Total Dissolved (TDS)	Sensor untuk mengukur konsentrasi zat kimia terlarut dalam suatu larutan.
Arduino Uno	Pengendali berbagai komponen elektronika.
LCD 16x2	tampilan data dalam bentuk huruf, angka, atau grafik.
Solenoid Valve	Elemen kontrol untuk membuka dan menutup katup secara otomatis.
Keypad 4x4	Perangkat input untuk memasukkan nilai PPM minimum dan maksimum.
Panel Surya	Pengganti energi listrik dengan mengubah sinar matahari menjadi energi listrik untuk menyuplai pompa air hidroponik secara berkelanjutan.
Stop Kontak Waktu	Pengatur waktu untuk menyalakan atau mematikan sistem.
Baterai 12V	Menyuplai daya listrik pada pompa celup (<i>submersible pump</i>) hidroponik.

Perancangan *On System* dan Sistem Panel Surya

Sistem ini dirancang untuk mengukur dan mengatur pemberian nutrisi pada tanaman hidroponik NFT dengan menggunakan Arduino Uno sebagai pengendali dan *Off Grid*

Photovoltaic sebagai sumber energi listrik. *Off Grid Photovoltaic* merupakan sistem pembangkit listrik tenaga surya yang mengubah radiasi matahari menjadi arus listrik (Sanubary dan Santoso, 2021). Sistem yang akan dibangun terdiri dari *On System* dan sistem panel surya. Diagram blok dari *On System* dan sistem panel surya dapat dilihat pada Gambar 1.

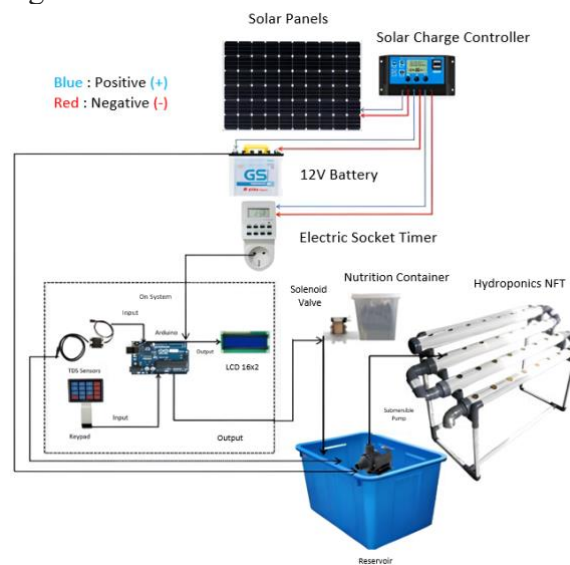


Gambar 1. Diagram Blok Perancangan On System dan Sistem Panel Surya

Perancangan *On System*

On System adalah sistem kontrol nutrisi otomatis yang berfungsi untuk mengatur pemberian nutrisi pada tanaman hidroponik. Kadar nutrisi dapat diatur sesuai dengan kebutuhan nutrisi tanaman. Kadar nutrisi pada tanaman bervariasi tergantung pada jenis dan umur tanaman. Sistem ini menggunakan beberapa komponen elektronik seperti sensor TDS, *keypad*, Arduino, *solenoid valve*, dan LCD.

Proses pada sistem ini dimulai dengan memberikan nilai input nutrisi sesuai dengan rentang kebutuhan nutrisi pada tanaman hidroponik. Nilai input dimasukkan ke dalam *keypad* dan akan ditampilkan pada LCD. Sensor TDS yang ditempatkan pada bak penampung (*reservoir*) akan membaca setiap perubahan kadar nutrisi, kemudian mengirimkan informasi tersebut ke Arduino. Arduino akan mengontrol katup otomatis pada *solenoid valve* berdasarkan nilai yang dibaca oleh sensor TDS. *Solenoid valve* akan terbuka jika kadar nutrisi berada di bawah nilai rentang, sehingga cairan nutrisi dapat mengalir ke bak penampung, dan akan berhenti ketika kebutuhan nutrisi telah terpenuhi. Gambar rancangan penempatan sistem kontrol otomatis nutrisi tanaman hidroponik dengan sistem pembangkit listrik tenaga surya *off grid* dapat dilihat pada gambar 2.

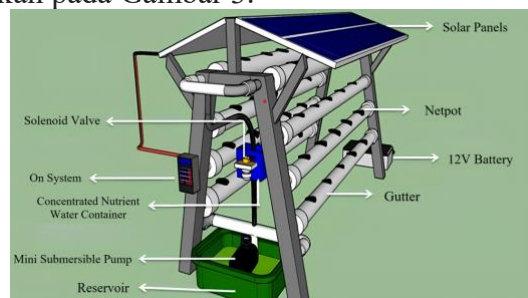


Gambar 2. Perancangan Sistem Otomatis Pengendali Nutrisi dan Panel Surya

Sistem pembangkit listrik tenaga surya (*Off Grid Photovoltaic*) digunakan sebagai pengganti energi listrik dari PLN. Sistem panel surya ini terdiri dari beberapa komponen seperti *solar charger controller*, stop kontak timer digital, baterai 12V, *On System*, dan pompa celup mini. Panel surya yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis *Monocrystalline Silicon* 85W yang memiliki arus listrik maksimum sebesar 8A dan tegangan maksimum sebesar 715V. Panel surya ini memiliki berat 8 Kg dengan ukuran 1195x541x30 (mm). Sistem ini mengandalkan efisiensi konversi energi dan intensitas cahaya matahari yang masuk ke dalam sel surya, yang kemudian dikonversi menjadi energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya dikonversikan menjadi satu-satunya sumber energi listrik dalam penelitian ini. Panel surya ditempatkan di atap rangka hidroponik NFT dengan harapan dapat menerima cahaya matahari secara optimal.

Desain Sistem Panel Surya

Sistem ini bekerja dengan menyalurkan arus listrik dari panel surya ke *controller* yang berfungsi untuk menstabilkan arus. *Controller* kemudian dihubungkan dengan stop kontak *digital timer* dan baterai 12V. *Digital timer* dihubungkan ke *On System* untuk mengatur waktu. Jadwal *On/Off* Arduino disesuaikan dengan kebutuhan sistem. Baterai 12V berfungsi sebagai unit penyimpanan energi listrik, yang mulai diisi (*charging*) sejak pukul 09.00 pagi hingga penuh, kemudian menyuplai listrik ke pompa celup mini mulai pukul 17.00 sore hingga pukul 08.59 pagi. Gambar teknis dari sistem otomatisasi kontrol nutrisi pada tanaman hidroponik NFT ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Sistem Otomatisasi Nutrisi Hidroponik

Pengujian komponen blok rangkaian *On System* dilakukan dalam beberapa tahap. Pertama, layar LCD diuji untuk memastikan bahwa layar tersebut dapat menampilkan nilai nutrisi dengan akurat ketika sistem dinyalakan. Selanjutnya, *keypad* diuji dengan memasukkan nilai PPM tertentu dan memverifikasi bahwa input tersebut muncul dengan benar pada layar LCD. Sensor TDS juga diuji dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan nilai standar untuk menentukan tingkat akurasi. Sensor ini berfungsi untuk membaca kadar nutrisi dalam tangki air, yang diverifikasi dengan memberikan beberapa variasi nutrisi dan membandingkan nilai yang ditampilkan pada LCD dengan nilai dari TDS meter. *Solenoid valve* diuji untuk memastikan mekanisme buka dan tutup berfungsi dengan baik, sehingga nutrisi dapat mengalir sesuai dengan nilai yang dimasukkan ke dalam sistem. Terakhir, stopkontak *digital timer* diuji untuk memastikan kemampuannya dalam mengontrol jadwal hidup dan mati sistem secara otomatis. Pengujian dilakukan dengan mengatur durasi waktu tertentu dan memverifikasi apakah sistem aktif atau nonaktif sesuai dengan pengaturan.

Panel surya dihubungkan ke *solar charger controller* dengan konfigurasi sebagai berikut: panel surya terhubung ke port 1 dari solar charger controller, port 2 dihubungkan ke baterai 12V 45Ah, dan port 3 dihubungkan ke stopkontak digital timer. Panel surya ditempatkan di bawah sinar matahari langsung agar sepenuhnya terpapar radiasi matahari, kemudian dihubungkan ke multimeter digital untuk memantau aliran arus listrik. Saat panel surya menghasilkan listrik, listrik tersebut digunakan untuk mengisi baterai. *Solar charger*

controller secara otomatis mengatur proses pengisian dan menghentikan aliran arus ketika baterai sudah terisi penuh, sehingga mencegah terjadinya *overcharging* berlebih. Daya listrik yang dihasilkan oleh sistem panel surya digunakan untuk mengisi baterai 12V 45Ah. Besar daya keluaran panel surya dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P = V.I \text{ (daya keluaran panel surya)} \quad (1)$$

dengan:

P: Daya keluaran panel (watt)

V: Tegangan (volt)

I : Arus Listrik (ampere)

Aki 12V 45Ah baterai digunakan untuk menggerakkan pompa berdaya 22 watt, untuk menghitung waktu penggunaan baterai, dapat digunakan persamaan:

$$I = \frac{P}{V} \text{ (menghitung arus)} \quad (2)$$

$$\text{Waktu penggunaan} = \frac{\text{Arus Aki}}{\text{Arus hasil perhitungan}} - \text{efisiensi Aki} \quad (3)$$

dengan:

I : Arus (ampere)

P : Daya beban (watt)

V : Tegangan Baterai (volt)

Untuk menghitung efisiensi energi surya, digunakan persamaan:

$$\eta = \frac{P_{max}}{W.A} \times 100\% \text{ (efisiensi energi surya)} \quad (4)$$

Dengan keterangan:

P_{max} = Daya maksimum pada panel surya
(watt)

W = Intensitas cahaya matahari (Watt/m²)

A = Luas penampang panel surya (m²)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengembangan Sistem dan Sistem Panel Surya

On System bekerja dalam kondisi *ON/OFF* sesuai dengan waktu yang telah diatur pada stop kontak digital timer. *Keypad* digunakan untuk memasukkan nilai rentang nutrisi yang kemudian ditampilkan pada LCD. Sensor TDS berfungsi untuk mengukur konsentrasi nutrisi pada air di dalam tangki penampung. Hasil pengukuran tersebut kemudian dikirimkan oleh sensor TDS ke Arduino Uno untuk diproses lebih lanjut. Apabila sensor TDS mendeteksi bahwa konsentrasi nutrisi berada di bawah nilai rentang yang ditentukan, maka *solenoid valve* akan terbuka secara otomatis untuk mengalirkan larutan nutrisi pekat ke dalam tangki penampung. Sebaliknya, apabila konsentrasi nutrisi telah mencapai nilai rentang yang ditentukan, *solenoid valve* akan menutup untuk menghentikan aliran. Hasil keseluruhan dari pengembangan *On System* yang terintegrasi dengan sistem panel surya dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. *On System*

Hasil Pengujian Sensor TDS

Pengujian sensor TDS dilakukan untuk melihat tingkat akurasi sensor yang digunakan. Pengujian sensor TDS dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran nilai nutrisi yang dibaca oleh sensor dengan alat ukur standar (TDS meter). Dalam pengujian, digunakan 10 liter air yang ditempatkan pada sebuah wadah, kemudian ditambahkan larutan nutrisi sebanyak 5 ml dengan 15 variasi volume. Hasil nilai nutrisi yang diperoleh dari sensor TDS kemudian dibandingkan dengan hasil pengukuran TDS meter untuk mengetahui nilai error. Persentase nilai error pada hasil pengujian sensor TDS dapat dihitung menggunakan persamaan berikut (Sholihah, Tohir, dan Rafi, 2021). Dan tabel perbandingan data hasil pengujian sensor TDS dapat dilihat pada Tabel 2.

$$\%error = \frac{(data\ sensor - data\ meter)}{data\ meter} \times 100\% \quad (5)$$

Tabel 2. Hasil Uji Sensor TDS

Air dalam Reservoir (liter)	Penambahan Nutrisi (ml)	Nilai Nutrisi (ppm meter)	Nutrisi (sensor TDS)	Error (%)
10	15	164	167	1.80
10	20	187	187	0
10	25	243	249	2.40
10	30	293	293	0
10	35	339	343	1.10
10	40	390	395	1.20
10	45	440	447	1.50
10	50	480	489	1.80
10	55	520	523	0.50
10	60	563	565	0.35
10	65	600	600	0
10	70	640	641	0.10
10	75	678	679	0.14
10	80	715	715	0
10	85	731	734	0.40

Nilai error pada data hasil pengujian sensor TDS dapat dilihat pada Tabel 2 dengan persentase error tertinggi sebesar 2,4% saat perbandingan pertama dilakukan dan nilai error terkecil sebesar 0%. Data hasil pengujian sensor TDS dapat dirata-ratakan sebesar 0,75%, dengan nilai error rata-rata yang kecil tersebut, sensor TDS sesuai dengan ppm meter.

Hasil Pengujian Panel Surya

Pengujian panel dilakukan dengan menempatkan panel surya di bawah sinar matahari untuk mendapatkan radiasi matahari yang lebih optimal. Tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh panel surya diukur menggunakan multimeter digital. Panel surya dipasangkan dengan sebuah kontroler untuk menstabilkan tegangan dan arus listrik yang mengalir ke baterai 12V. Kabel positif dan negatif pada panel surya dihubungkan ke koil negatif dan positif pada kontroler. Data panel surya dan baterai 12V dapat dilihat pada Tabel 3. Data proses pengukuran diambil untuk mengetahui besarnya tegangan dan arus listrik dari radiasi sinar matahari yang dikonversi oleh panel surya. Pengukuran tegangan dan arus listrik dilakukan setiap jam mulai pukul 09.00 pagi hingga 16.00 sore.

Tabel 3. Data Pengujian Aki 12V

Waktu	Panel Surya		Baterai	
	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)
08:00	13.07	2.78	11.07	2.09
09:00	19.22	3.76	11.23	2.11
10:00	19.65	3.83	11.49	2.17

Waktu	Panel Surya		Baterai	
	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)
11:00	19.20	3.78	11.72	2.18
12:00	18.65	3.64	12.18	2.19
13:00	19.00	3.65	12.54	2.19
14:00	18.78	3.65	12.68	2.30
15:00	18.75	3.63	12.73	2.35
16:00	18.31	3.60	12.96	2.36

Data pengisian baterai 12V pada Tabel 3 menunjukkan bahwa pengujian dimulai dari pukul 08.00 pagi hingga pukul 16.00 sore. Panel surya menyerap radiasi sinar matahari yang kemudian dikonversi menjadi arus listrik. Tegangan dan arus listrik yang dihasilkan panel surya bervariasi dan tidak stabil, tergantung pada radiasi sinar matahari yang masuk ke dalam sel surya. Panel surya dihubungkan dengan sebuah kontroler untuk menstabilkan arus dan tegangan yang dihasilkan oleh panel surya sehingga dapat disalurkan ke baterai 12V.

Baterai 12V mendapatkan tegangan dan arus listrik yang telah distabilkan melalui kontroler sehingga arus dan tegangan yang masuk tidak akan merusak atau menyebabkan kebocoran pada baterai. Baterai 12V akan menyimpan arus dan tegangan yang berasal dari panel surya yang kemudian digunakan sebagai pemasok energi listrik pada pompa celup mini. Baterai yang digunakan dalam pengujian ini memiliki kapasitas 12V 45Ah dan panel surya dengan kapasitas 85 Wp. Panel surya menghasilkan nilai arus rata-rata sebesar 3,59A dan tegangan keluaran sebesar 18V pada saat cuaca cerah.

Hasil Data Proses *Discharger* Baterai 12V

Pengujian *discharge* baterai bertujuan untuk mengetahui berapa lama penggunaan baterai dengan beban 22 Watt yang digunakan pada proses *discharge* baterai berkapasitas 45Ah. Baterai 12V yang telah terisi penuh pada siang hari akan mulai mengalami proses pengosongan pada sore hari pukul 17.00, karena radiasi sinar matahari yang masuk ke panel surya tidak lagi menghasilkan tegangan dan arus yang cukup untuk mengisi baterai 12V.

Arus dan tegangan pada panel surya akan menurun pada malam hari karena tidak ada sinar matahari yang masuk. Baterai 12V juga mengalami penurunan tegangan dan arus akibat diberi beban oleh pompa celup mini 22 Watt sebagaimana terlihat pada data di Tabel 4.

Tabel 4. Data Hasil Proses Pengosongan Aki 12V

Waktu	Panel Surya		Baterai	
	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)
17:00	10.09	1.84	12.92	2.39
18:00	9.02	1.84	12.90	2.37
19:00	2.50	0.84	12.87	2.35
20:00	2.03	0.83	12.79	2.32
21:00	1.03	0.70	12.75	2.30
22:00	0.56	0.01	12.68	2.28
23:00	0.57	0.01	12.57	2.28
00:00	0.61	0.01	12.44	2.27
01:00	0.59	0.01	12.19	2.24
02:00	0.59	0.01	12.19	2.24
03:00	0.57	0.01	12.06	2.22
04:00	0.60	0.01	11.73	2.18
05:00	0.80	0.01	11.41	2.16
06:00	1.52	1.01	11.29	2.14
07:00	10.33	1.58	11.20	2.11
08:00	19.23	3.78	11.07	2.09

KESIMPULAN

Rancangan dan konstruksi sistem otomatis pengendalian nutrisi untuk tanaman hidroponik dengan metode *Nutrient Film Technique* (NFT) yang ditenagai oleh sistem pembangkit listrik tenaga surya *off-grid* telah berfungsi dengan baik. Sistem telah ditingkatkan dengan penambahan katup *solenoid*, yang berfungsi sebagai mekanisme untuk mengatur aliran larutan nutrisi pekat. Katup *solenoid* ini dapat terbuka dan tertutup secara otomatis berdasarkan rentang nilai nutrisi yang dibutuhkan. Sistem dilengkapi dengan soket *digital timer* yang mengontrol pasokan daya ke Arduino Uno, sehingga sistem dapat beroperasi selama 9 jam dan mati selama 15 jam setiap harinya. Terakhir, sistem otomatisasi ini menggunakan sensor TDS yang telah menunjukkan tingkat akurasi sebesar 99,25%.

REFERENSI

- Ambarwati, D., & Abidin, Z. (2021). Rancang bangun alat pemberian nutrisi otomatis pada tanaman hidroponik. *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi*, 2(1), 29.
- Aprilia, S., & Myori, D. E. (2020). Pengontrolan Electro Conductivity pada Larutan Nutrisi Hidroponik Berbasis Arduino. *Jurnal Teknik Elektro Indonesia (JTEIN)*, 1(2), 261-265.
- Ardin, C., Karsal, A. P., Solli, T. S., & Masarrang, M. (2019). Rancang bangun sistem kontrol teknik penyiraman tanaman hidroponik berbasis Arduino. *Engineering Faculty Tadulako University Journal*, 7(8), 10-20.
- Fanani, M. R., & Hariono, T. (2021). Sistem otomatis pengendali nutrisi tanaman hidroponik berbasis Arduino menggunakan sensor TDS. *Exact Paper Compilation*, 3(4), 447-452.
- Fuad, A. N., & Zuhrie, M. S. (349-357). Rancang bangun sistem monitoring dan pengontrolan pH nutrisi pada hidroponik sistem nutrient film technique (NFT) menggunakan pengendali PID berbasis Arduino Uno. *Jurnal Teknik Elektro*, 8(2), 2019.
- Heri, A., Insani, C. N., Irianti, A., & Rasyid, N. (2024). Penerapan teknologi IoT pada tanaman hidroponik untuk monitoring pertumbuhan tanaman di Desa Puccadi. *Journal of Computer Science Contribution (JUCOSCO)*, 4(1), 37-46.
- Jabbar, A., & Darwis. (2023). Sistem pemberian nutrisi pada tanaman hidroponik node NFT berbasis internet of things. *Jurnal Mosfet*, 3(2), 5-10.
- Karim, S., Khamidah, I. M., & Yulianto. (2021). Sistem monitoring pada tanaman hidroponik menggunakan Arduino UNO dan NodeMCU. *Buletin Poltanesa*, 22(1), 75-79.
- Manik, D. E., Nababan, F. D., Ramadani, F., & Wirman, S. P. (2019). Sistem otomasi pada tanaman hidroponik NFT untuk optimalisasi nutrisi. *Prosiding SainsTeKes Semnas MIPAKes Umri*, 1, 1-6.
- Mohammad, L., Suyanto, Asy'ari, M. K., Husna, A., & Pakpahan, S. (2021). Pengembangan sistem hidroponik otomatis-modern berbasis panel surya dan baterai. *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, 10(1), 77-84.
- Muflih, M. T., Hapsari, G. I., & Sari, M. I. (2020). Sistem otomasi hidroponik NFT (nutrient film technique) menggunakan sumber energi alternatif. *eProceedings of Applied Science*, 6(3).
- Murdiantoro, R. A., Izzinnahadi, A., & Armin, E. U. (2021). Sistem pemantauan kondisi air hidroponik berbasis internet of things menggunakan NodeMCU ESP8266. *Journal of Telecommunication, Electronic and Control Engineering*, 3(2), 54-61.
- Pamungkas, L., Rahardjo, P., & Agung, I. A. (2021). Rancang bangun sistem monitoring pada hidroponik NFT (nutrient film technique) berbasis IoT. *Jurnal Spektrum*, 8(2), 9.
- Purwoto, B. H., Jatmiko, Fadilah, M. A., & Huda, I. F. (2018). Efisiensi penggunaan panel surya sebagai sumber energi alternatif. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, 18(1), 10-14.
- Qurrohman, B. F. (2019). *Bertanam selada hidroponik: Konsep dan aplikasi*. Bandung: Pusat Penelitian dan Penerbitan UIN SGD Bandung.

- Rahmanto, Y., Burlian, A., & Samsugi, S. (2021). Sistem kendali otomatis pada akuaponik berbasis mikrokontroler Arduino Uno R3. *Jurnal Teknologi dan Sistem Tertanam*, 2(1), 1.
- Riskawati, Thahir, R., Djajadi, M., & Gemmy, A. A. (2020). PKM budidaya tanaman sayuran dengan teknologi hidroponik bagi kelompok wanita tani (KWT). *Journal of Character Education Society (JCES)*, 3(3), 639-650.
- Santosa, S. P., & Wijayanto, F. (2019). Rancang bangun akses pintu dengan sensor suhu dan hand sanitizer otomatis berbasis Arduino. *ustain*, 11(1), 1-14.
- Sanubary, I., Santoso, P. P., & Mahmuda, D. (2021). Pembuatan Instalasi Panel Surya pada Sistem Hidroponik di Desa Dalam Kaum. *Widyabhakti: Jurnal Ilmiah Populer*, 4(1), 31-35.
- Sholihah, A. N., Tohir, T., & Tahtawi, A. R. (2021). Kendali TDS nutrisi hidroponik deep flow technique berbasis IoT menggunakan fuzzy logic. *Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Elektronika, dan Listrik Tenaga (JITEL)*, 1(2), 89-98.
- Waluyo, M. R., Nurfajriah, Mariati³, F. R., & Rohman, Q. A. (2021). Pemanfaatan Hidroponik Sebagai Sarana Pemanfaatan Lahan. *Ikraith-Abdimas*, 4(1), 61-64.
- Wibowo, S. (2020). Pengaruh Aplikasi Tiga Model Hidroponik DFT Terhadap Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa*L.). *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 8(3), 245-252.
- Widodo, Y. B., Gunawan, A., & Sutabri, T. (2022). Perancangan sistem monitoring nutrisi pada tanaman hidroponik berbasis Arduino Uno. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komputer*, 8(1), 200-214.