

Rancang Bangun Plts Hybrid Pada Sistem Hidroponik

1st Guntur Afgan Ramdhani
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

gunturafgan@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Ekki Kurniawan
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

ekki.kurniawan@telkomuniversity.ac.id

3rd Porman Pangaribuan
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

porman@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Hidroponik adalah cara budidaya tanaman tanpa menggunakan media tanah dengan cara menekan pemenuhan nutrisi tanaman pada air sebagai ganti media tanamnya. Terdapat beberapa macam teknik budidaya tanaman dengan cara hidroponik. Jenis hidroponik yang digunakan dalam penelitian ini adalah sistem teknologi *Deep Flow Technique* (DFT) yang mengalirkan larutan nutrisi tanaman secara terus menerus. Pada penelitian *capstone design* ini bertujuan untuk merancang dan merealisasi sebuah sistem PLTS *hybrid* yang menggunakan gabungan dari energi matahari, baterai dan PLN yang berguna untuk menenagai sistem hidroponik yang membutuhkan energi listrik berkelanjutan untuk menjalankan komponen elektronik dan IoT. Pada sistem PLTS *hybrid* terdapat sistem monitoring tegangan dan arus dari PLTS ke sistem hidroponik. Sumber utama energi yang digunakan adalah PLTS, apabila sumber energi dari PLTS tidak mencukupi maka ATS secara otomatis mengubah sumber energi ke PLN. Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa sistem *hybrid* ini mampu melakukan perpindahan energi secara otomatis dan lancar. Ketika daya baterai turun di bawah 11,4 V, sistem dengan mulus beralih menggunakan energi dari PLN, dan sebaliknya, sistem kembali beralih ke baterai saat daya baterai melebihi 12,4 V. Meskipun, dalam segi biaya sistem *hybrid* ini menunjukkan biaya yang jauh lebih mahal yaitu sekitar Rp 2.963,34 per kWh dibandingkan dengan tarif PLN untuk daya 900VA sebesar Rp 1.467,28 per kWh. Namun, ini sebanding dengan manfaat yang diperoleh untuk pengguna dari segi efisiensi waktu dan upaya.

Kata kunci— Panel Surya, Hidroponik, PLTS, IoT.

I. PENDAHULUAN

Pengalihan fungsi lahan ke dalam bentuk sektor perindustrian membuat pemukiman perkotaan identik dengan sedikitnya lahan kosong terbuka yang dapat dimanfaatkan untuk pertanian. Meningkatnya kepadatan penduduk di perkotaan mengurangi jumlah lahan pertanian yang tersedia

untuk bercocok tanam [1]. Oleh karena itu perlu dilakukan budidaya tanaman yang tidak memerlukan lahan yang luas dan dapat memberikan hasil yang setara dengan budidaya tanaman pada umumnya.

Salah satu metode budidaya tanaman tanpa lahan luas adalah metode hidroponik yang mulai berkembang khususnya di Indonesia. Metode hidroponik dapat menjadi solusi kebutuhan pertanian yang memiliki potensi tinggi untuk dikembangkan khususnya pada daerah yang tidak banyak memiliki lahan terbuka seperti di perkotaan [2]. Hidroponik adalah cara budidaya tanaman tanpa menggunakan media tanah dengan cara menekan pemenuhan nutrisi tanaman pada air sebagai ganti media tanamnya.

Keuntungan metode hidroponik adalah tidak memerlukan lahan yang luas, mudah dalam perawatan dan memiliki nilai jual yang tinggi. Sedangkan kelemahan metode hidroponik adalah: memerlukan biaya yang mahal dan membutuhkan keterampilan yang khusus. Hidroponik dapat menggunakan larutan mineral kaya nutrisi dan bahan-bahan seperti serabut kelapa, pasir, serabut mineral, tepung kayu, serpihan batu bata yang digunakan sebagai media pengganti tanah [2]. Terdapat beragam jenis teknik hidroponik diantaranya yaitu sistem irigasi tetes, sistem *wick*, sistem *Nutrient Film Technique* (NFT) dan sistem *Deep Flow Technique* (DFT). Jenis hidroponik yang digunakan dalam penelitian ini adalah sistem teknologi *Deep Flow Technique* (DFT). DFT pada prinsip dasarnya akan mengalirkan larutan nutrisi tanaman secara terus menerus dalam waktu 24 jam [3]. Demi menjamin pasokan nutrisi pada tanaman hidroponik, beberapa sistem hidroponik menggunakan sistem pemantauan untuk memastikan tingkat nutrisi yang tersedia sesuai dengan kebutuhan, yang membutuhkan energi listrik terus-menerus.

Sistem hidroponik membutuhkan energi listrik terus menerus untuk menghidupkan sistemnya. untuk mengurangi pengeluaran biaya listrik yang *disupply* oleh PLN sekaligus juga untuk pencadangan energi listrik maka digunakan PLTS. Pada saat ini terdapat beberapa penelitian yang dilakukan dengan menggunakan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) menjalankan sistem hidroponik. Diantaranya adalah PLTS yang dirancang menggunakan *off grid* [4]. PLTS *off grid* menggunakan baterai Akumulator (AKI) sebagai penampung daya cadangan serta *Solar Charge Controller*

(SCC) sebagai pengatur penggunaan panel surya dan baterai. Kelemahan dari PLTS *off grid* adalah kemungkinan energi listrik tidak tersedia saat musim hujan cukup besar dikarenakan *Photovoltaic* (PV) tidak bekerja dengan baik dan maksimal. Pada penelitian selanjutnya digunakan PLTS hybrid yang dibuat menggunakan panel surya sebesar 50 WP dengan baterai AKI 12V yang dilengkapi dengan *Automatic Transfer Switch* (ATS) menggunakan modul *relay* [4]. Sistem ini menggunakan *Solar Charge Control* berjenis *Pulse Width Modulation* (PWM) dimana saat cuaca mendung *output* dari PWM akan mengikuti *output* PV.

Pada penelitian capstone design ini dirancang sebuah PLTS *hybrid* yang menggunakan gabungan dari energi matahari, baterai dan PLN yang berguna untuk menjalankan sistem hidroponik DFT yang membutuhkan energi listrik berkelanjutan untuk menjalankan komponen elektronik dan IoT.

II. KAJIAN TEORI

A. Photovoltaic (PV)

Energi terbarukan adalah energi yang tidak habis dan bersumber dari proses alami. Salah satu bentuk energi terbarukan adalah energi matahari. Pemanfaatan energi matahari dilakukan dengan mengubahnya menjadi energi listrik melalui sel surya, yang dirancang dalam bentuk panel surya. Panel surya terdiri dari modul-modul sel surya yang mampu menyerap energi matahari dan mengonversinya menjadi sumber listrik atau energi yang dapat digunakan dalam kehidupan sehari-hari [5].

B. Solar Charge Controller (SCC)

Solar Charge Controller adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban [6]. Fungsi utama SCC adalah untuk mengatur tegangan yang masuk ke baterai, sehingga baterai tidak mengalami kelebihan tegangan, baik *overcharge* maupun *overvoltage*, yang dapat menyebabkan umur baterai menjadi lebih pendek.

C. Baterai

Dalam sistem energi terbarukan, baterai adalah komponen yang sangat penting untuk menyimpan energi yang dikumpulkan oleh panel surya. Energi ini kemudian akan dikonversi dari AC ke DC agar dapat digunakan pada perangkat elektronik.

D. Inverter

Inverter adalah salah satu komponen yang penting, fungsi dari *inverter* ini adalah mengubah energi listrik yang tersimpan pada baterai bertegangan DC menjadi tegangan AC, dimana hampir semua perangkat elektronik membutuhkan tegangan AC. Dalam penelitian ini, *inverter* yang digunakan merupakan inverter yang telah dimodifikasi, ditambahkan *relay 4 pin* dan LVD.

E. Miniature Circuit Breaker (MCB)

MCB adalah salah satu komponen yang cukup penting juga dalam kelistrikan. MCB berfungsi sebagai pengaman untuk mencegah terjadinya hubungan singkat atau arus pendek (*short circuit*) dan kelebihan beban, sehingga dapat

menghindari kerusakan pada motor listrik maupun kebakaran yang disebabkan oleh arus pendek [7].

F. Relay

Pada penelitian ini *relay* yang digunakan ada 2 yaitu relay dengan 8 pin dan 4 pin. *Relay 8 pin* menjadi penghubung atau saklar otomatis dari energi PLTS dan PLN, 4 pin diletakkan ke *inverter* yang telah dimodifikasi. Fungsi *relay* ini adalah untuk mengendalikan dan mengalirkan listrik.

G. ESP32

ESP32 dibuat oleh *Espressif Systems*. Pada penelitian ini ESP32 difungsikan sebagai mikrokontroler untuk mengelola data-data dari sensor untuk ditampilkan ke LCD. Selain itu NodeMCU ESP32 juga digunakan untuk mengirimkan data-data dari sensor ke aplikasi menggunakan *platform* IoT Antares.

H. Pompa

Dalam penelitian ini pompa merupakan komponen yang cukup penting. Fungsi pompa adalah untuk mengalirkan larutan nutrisi dari ember atau penyimpanan air ke akar tanaman secara terus-menerus.

I. LCD 16x2

LCD yang digunakan dalam penelitian ini adalah LCD 16x2. LCD ini berfungsi untuk menampilkan data-data dari sensor sehingga pengguna dapat melihat secara langsung data-data yang dihasilkan oleh sensor.

J. Low Voltage Directive (LVD)

Dalam penelitian ini, LVD berfungsi sebagai kontrol sistem pengisian daya dengan prinsip kerja yang mengatur aliran energi. Ketika tegangan baterai menurun hingga mencapai batas minimal yang telah ditetapkan pada 11,4 V, LVD akan mengirimkan sinyal ke relay untuk beralih dari sumber energi PLTS ke PLN. Sebaliknya, jika tegangan baterai mencapai 12,4 V, LVD akan memberikan sinyal kepada relay untuk kembali beralih dari PLN ke PLTS.

K. Efisiensi Biaya

1. Biaya (*cost*)

Besar biaya operasional dan perawatan sebesar 1% dari biaya investasi.

$$\text{Total biaya} = \text{Biaya investasi awal} + \text{Biaya O\&M} \quad (2.1)$$

2. Biaya Operasional dan Pemeliharaan

Biaya operasional dan pemeliharaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang digunakan dalam sistem hidroponik ini ditetapkan sebesar 1% dari total biaya investasi awal.

$$O\&M = 1\% \times S \quad (2.2)$$

3. LCOE (*Levelized Cost of Energy*)

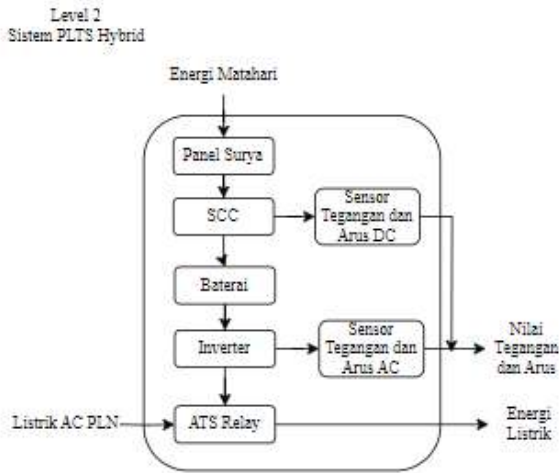
LCOE (*Levelized Cost of Energy*) adalah ukuran untuk menilai keekonomian tarif listrik yang diperoleh dari rata-rata pendapatan energi listrik.

$$LCOE = \frac{\text{total biaya}}{\text{total energi}} \quad (2.3)$$

III. METODE

A. Desain Sistem

Sistem yang akan dibuat memiliki fungsi memanfaatkan energi dari PLTS pada sistem hidroponik. Berikut diagram blok sistem alat yang dirancang.

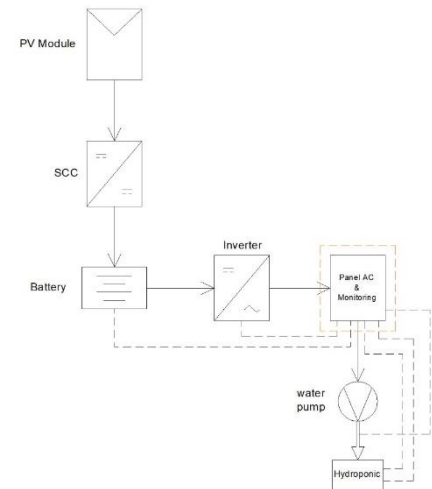


GAMBAR 1(A).
Diagram Blok Sistem

Berdasarkan gambar 1(A) terdapat beberapa langkah dalam alur proses yang disajikan melalui sebuah blok diagram sistem. Proses ini dapat dirinci ke dalam beberapa poin utama berikut:

1. Panel surya 100WP menghasilkan energi listrik.
2. Energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya akan di kelola oleh SCC sebelum diteruskan ke baterai. Fungsi SCC disini adalah untuk mengatur tegangan dan arus yang akan masuk ke baterai, agar baterai tidak *overcharge* maupun *overvoltage*. SCC ini juga dilengkapi dengan sensor tegangan dan arus DC untuk membaca tegangan dan arus yang berada pada SCC yang selanjutnya akan dikirim untuk *monitoring*.
3. Energi yang telah dikelola oleh SCC akan disimpan ke baterai untuk digunakan sebagai sumber daya cadangan.
4. Setelah itu, energi dari baterai diteruskan ke *inverter* yang telah dimodifikasi. *Inverter* ini kemudian memeriksa tegangan baterai. Jika tegangan baterai melebihi 11,4 Volt, sistem akan menggunakan energi dari PLTS. Sebaliknya, jika tegangan baterai kurang dari 11,4 Volt, *ATS relay* akan secara otomatis beralih dari sumber energi PLTS ke PLN. Setelah peralihan ini, kondisi tegangan akan terus dipantau. Jika tegangan baterai meningkat dan melebihi 12,4 Volt, sistem akan kembali menggunakan energi dari PLTS. Namun, jika tegangan baterai tetap di bawah 12,4 Volt, sistem monitoring hidroponik akan terus beroperasi menggunakan energi dari PLN. *Inverter* ini juga dilengkapi sensor tegangan dan arus AC yang selanjutnya akan dikirimkan datanya untuk *monitoring*.

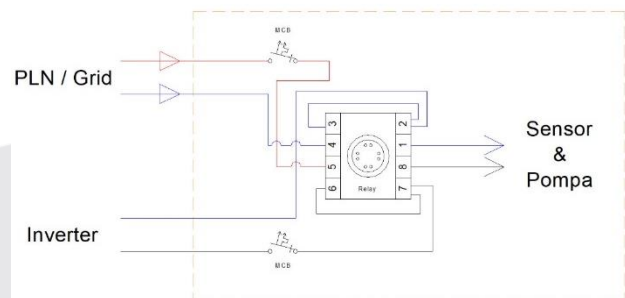
B. Desain Perangkat Keras



GAMBAR 2(B).
Diagram Wiring

Pada Gambar 2(B), rangkaian *wiring* diatas merupakan rangkaian kombinasi. Dari rangkaian tersebut panel surya berfungsi mengumpulkan energi matahari dan mengubahnya menjadi listrik arus searah (DC). Energi ini kemudian diatur oleh *Solar Charge Controller* (SCC). Selanjutnya, listrik DC yang disimpan dalam baterai diubah menjadi arus bolak-balik (AC) oleh *inverter*, sehingga dapat digunakan untuk perangkat listrik, termasuk pompa air. Panel AC & monitoring kemudian mendistribusikan listrik dari *inverter* ke perangkat yang membutuhkan daya, serta memantau kinerja dan status keseluruhan sistem. Pompa air yang mendapatkan daya dari *inverter* bertugas untuk mengalirkan air ke sistem hidroponik.

C. Desain Sistem Pengalihan Daya



GAMBAR 3(C).
Diagram Pengalihan Daya

Diagram sistem pengalihan daya yang memanfaatkan dua sumber listrik, yaitu PLN/Grid dan *inverter*, untuk mendukung sensor dan pompa agar bisa berjalan. Dalam sistem ini, *inverter* berfungsi sebagai sumber daya utama yang menyediakan listrik dari baterai atau sumber energi terbarukan seperti panel surya. Sementara itu, PLN/Grid bertindak sebagai sumber daya cadangan yang mengalirkan listrik ke sensor dan pompa melalui rangkaian pengaman seperti MCB.

Komponen relay dalam Gambar 3(C) berperan sebagai saklar otomatis yang akan memilih sumber daya yang sesuai. Saat

daya dari baterai tidak mencukupi untuk menyalurkan listrik ke sensor dan pompa, maka relay akan secara otomatis beralih ke PLN/*Grid* sebagai sumber daya alternatif.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Realisasi Alat



GAMBAR 4(A).
Realisasi Alat

Gambar 4(A) menunjukkan hasil keseluruhan alat. Tanaman hidroponik ini dibuat dalam waktu sekitar 2 minggu, dengan melalui tahapan pemotongan dan pengeboran pipa.



GAMBAR 5 (A).
Wiring Kontrol Panel

Gambar 5(A) menampilkan wiring pada panel kontrol. Di dalamnya terdapat beberapa perangkat seperti relay, MCB, LCD 16x2, dan berbagai sensor. Di bagian atas, terdapat baterai yang berfungsi sebagai sumber daya cadangan. Sesuai dengan alur, kabel positif dari SCC dihubungkan ke sensor INA untuk mengukur arus dari SCC ke baterai. Kabel positif ini kemudian dihubungkan kembali ke baterai, sementara ground dari sensor INA juga terhubung ke baterai. Dari baterai, arus mengalir ke inverter yang telah dimodifikasi, yang dilengkapi dengan relay dan LVD untuk memutus dan menyambung kembali arus pada tegangan tertentu. Dalam penelitian ini, tegangan akan diputus pada 11,4V dan

disambung kembali pada 12,4V. Arus dari inverter kemudian diteruskan ke relay yang berada di dalam panel kontrol. Relay ini berperan sebagai ATS (*Automatic Transfer Switch*), yang secara otomatis akan beralih ke listrik PLN jika daya dari baterai habis. Arus kemudian diteruskan ke beban, yang meliputi rectifier untuk pompa, mikrokontroler ESP32, sensor PZEM, sensor INA, sensor pH, sensor TDS, dan sensor flowmeter. Selain itu, LCD 16x2 digunakan untuk menampilkan output data.

B. Analisis Biaya PLTS

Penggunaan sistem PLTS *hybrid* diharapkan dapat mengurangi biaya dan menjadi jawaban atas solusi berkurangnya sumber energi. Dari segi ekonomi, sistem PLTS *hybrid* menawarkan penghematan biaya yang signifikan dibandingkan dengan penggunaan listrik PLN secara penuh. Investasi awal dalam instalasi panel surya dan perangkat pendukung lainnya mungkin terlihat tinggi, namun biaya ini dapat diimbangi oleh pengurangan tagihan listrik bulanan secara berkelanjutan.

1. Analisis Biaya PLTS

TABEL 1(B).
Analisis Biaya Investasi Awal

No	Barang		Jumlah	Harga
1	PV Modul		1	Rp 582.000
2	SCC		1	Rp50.000
3	Baterai		1	Rp 120.000
4	<i>Inverter</i>		1	Rp 430.000
5	Monitoring Sistem			
		MCB	1	Rp 30.000
		Relay 8 kaki	1	Rp 21.000
		Relay 4 kaki	1	Rp 12.000
		Sensor PZEM	1	Rp 100.000
		Sensor INA	1	Rp 28.000
		Sensor Flowmeter	1	Rp 30.000
		Sensor TDS	1	Rp 135.000
		Sensor pH		Rp 200.000
		ESP32		Rp 50.000
		LCD		Rp 20.000
8	Panel Box		1	Rp 150.000
9	LVD		1	Rp 25.000
10	Kabel		1	Rp 20.000
11	Router		1	Rp 75.000
Total				Rp 2.078.000

Biaya investasi awal untuk membangun sistem hidroponik dengan memanfaatkan energi PLTS secara *hybrid* dapat dilihat pada Tabel 1(A). Komponen-komponen yang digunakan antara lain panel surya, *inverter*, baterai, SCC, serta beberapa sensor yang diperlukan. Dengan total biaya investasi awal sebesar Rp 2.078.000.

2. Biaya Operasional dan Pemeliharaan

Biaya operasional dan pemeliharaan sistem ini sebesar 1% dari total investasi awal. Persentase ini sesuai dengan biaya operasional dan pemeliharaan PLTS yang umumnya berada dalam kisaran 1% hingga 2%. Perincian perhitungan biaya operasional dan pemeliharaan (O&M) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} O\&M &= 1\% \times S \\ &= 1\% \times \text{Rp } 2.078.000 \\ &= \text{Rp } 20.780/\text{tahun} \end{aligned}$$

Biaya operasional dan pemeliharaan (O&M) diperoleh sebesar Rp 20.780 per tahun.

Biaya operasional dan pemeliharaan (O&M) diperoleh sebesar Rp 20.780 per tahun. Diasumsikan bahwa usia panel surya mencapai 5 tahun dengan tingkat suku bunga sebesar 7%. Perincian perhitungannya dapat dilihat di bawah ini :

$$\begin{aligned} O\&Mp &= O\&M \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \\ &= 20.780 \left[\frac{(1+0,07)^5 - 1}{0,07(1+0,07)^5} \right] \\ &= \text{Rp } 85.239 \end{aligned}$$

Dengan demikian, biaya operasional dan pemeliharaan selama 5 tahun mencapai Rp 85.239

3. LCOE

Perincian perhitungannya dapat dilihat di bawah ini:

$$LCOE = \frac{\text{total biaya}}{\text{total energi}}$$

Total biaya adalah biaya yang dikeluarkan mencakup investasi awal ditambah biaya operasional dan pemeliharaan selama 5 tahun.

$$\begin{aligned} \text{Total biaya} &= \text{Biaya investasi awal} + \text{Biaya O\&Mp} \\ &= 2.078.000 + 85.239 \\ &= 2.163.239 \end{aligned}$$

Sedangkan, untuk menghitung total energi adalah dengan menghitung jumlah jam puncak matahari (peak sun hours) dengan kapasitas pembangkitan energi dalam kilowatt-jam (kWh) per jam puncak tersebut. Diasumsikan untuk peak sun hours di Indonesia berlangsung selama 4 jam.

$$\begin{aligned} \text{Energi yang dihasilkan} &= \text{peak sun hours} \times \text{kapasitas pembangkit} \\ &= 4 \times 100W \\ &= 400 W \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan sebelumnya, energi yang dihasilkan adalah sebesar 400W/hari. Dalam studi ini, penting untuk mengetahui energi dalam satuan kWh. Untuk mengonversi watt ke kWh, energi tersebut harus dibagi dengan 1.000.

$$\begin{aligned} kWh &= \frac{\text{Jumlah watt}}{1000} \\ &= \frac{400}{1000} \\ &= 0,4 kWh \end{aligned}$$

Perhitungan di atas hanya memberikan estimasi energi harian yang dihasilkan. Untuk menentukan total energi, angka tersebut harus dikalikan dengan durasi masa pakai panel surya dalam tahun. Dengan asumsi umur panel surya adalah 5 tahun atau 1.825 hari, perhitungan total energi dapat dilihat di bawah ini.

$$\begin{aligned} \text{Total energi} &= \text{energi harian} \times \text{masa pemakaian panel surya} \\ &= 0,4 \times 1.825 \\ &= 730 kWh \end{aligned}$$

Setelah menghitung total biaya dan total energi, hasilnya dapat langsung digunakan untuk perhitungan LCOE.

$$\begin{aligned} LCOE &= \frac{\text{total biaya}}{\text{total energi}} \\ &= \frac{2.163.239}{730} \\ &= 2.963,34 \end{aligned}$$

Dengan perhitungan total biaya dan total energi, nilai LCOE yang diperoleh adalah 2.963,34. Ini merupakan biaya per kWh selama umur sistem, yang diperkirakan berlangsung selama 5 tahun.

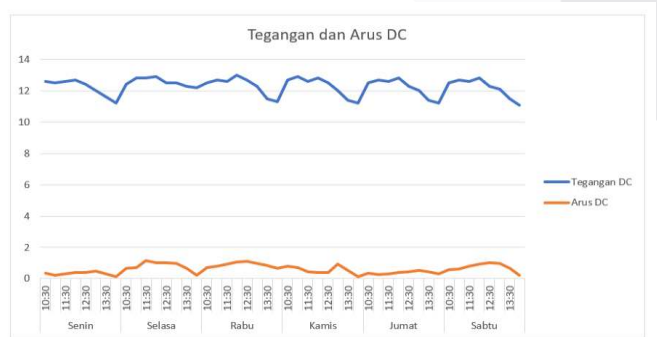
4. Tegangan dan Arus DC

Pengujian dilakukan dengan cara mengambil tegangan dan Arus DC pada baterai. Pengambilan *sample* dilakukan 7 hari dengan masing-masing sesi selama 4 jam dengan pengambilan *sample* setiap 30 menit.

TABEL 2 (B)
Tegangan dan Arus DC

hari	Jam	Tegangan DC	Arus DC
Senin, 15 Juli 2024	10:30	12.6 V	0.33 A
	11:00	12.5 V	0.23 A
	11:30	12.6 V	0.3 A
	12:00	12.7 V	0.4 A
	12:30	12.4 V	0.41 A
	13:00	12 V	0.5 A
	13:30	11.6 V	0.3 A
Selasa, 16 Juli 2024	14:00	11.2 V	0.11 A
	10:30	12.4 V	0.67 A
	11:00	12.8 V	0.7 A
	11:30	12.8 V	1.16 A
	12:00	12.9 V	1.03 A
	12:30	12.5 V	1.04 A

	13:00	12.5 V	0.98 A
	13:30	12.3 V	0.68 A
	14:00	12.2 V	0.22 A
Rabu, 17 Juli 2024	10:30	12.5 V	0.7 A
	11:00	12.7 V	0.8 A
	11:30	12.6 V	0.92 A
	12:00	13 V	1.06 A
	12:30	12.7 V	1.09 A
	13:00	12.3 V	0.96 A
	13:30	11.5 V	0.86 A
	14:00	11.3 V	0.67 A
Kamis, 18 Juli 2024	10:30	12.7 V	0.78 A
	11:00	12.9 V	0.7 A
	11:30	12.6 V	0.45 A
	12:00	12.8 V	0.4 A
	12:30	12.5 V	0.41 A
	13:00	12 V	0.93 A
	13:30	11.4 V	0.54 A
	14:00	11.2 V	0.13 A
Jum'at, 19 Juli 2024	10:30	12.5 V	0.35 A
	11:00	12.7 V	0.28 A
	11:30	12.6 V	0.3 A
	12:00	12.8 V	0.4 A
	12:30	12.3 V	0.45 A
	13:00	12 V	0.52 A
	13:30	11.4 V	0.43 A
	14:00	11.2 V	0.32 A
Sabtu, 20 Juli 2024	10:30	12.5 V	0.56 A
	11:00	12.7 V	0.63 A
	11:30	12.6 V	0.8 A
	12:00	12.8 V	0.92 A
	12:30	12.3 V	1.02 A
	13:00	12.1 V	0.98 A
	13:30	11.5 V	0.68 A
	14:00	11.1 V	0.22 A



GAMBAR 1(B).
Grafik Rata-Rata Tegangan dan Arus DC

5. Tegangan dan Arus AC

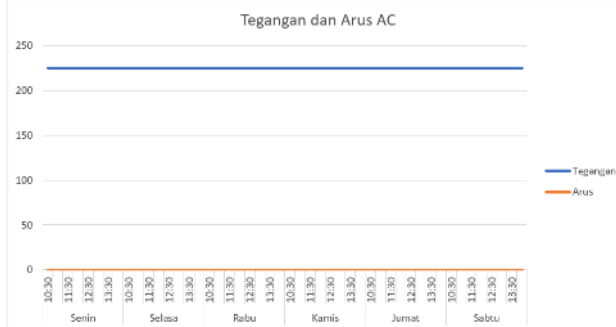
Pengujian dilakukan dengan cara mengambil tegangan dan Arus AC pada inverter. Pengambilan sample dilakukan 7 hari

dengan masing-masing sesi selama 4 jam dengan pengambilan sample setiap 30 menit.

TABEL 3 (B)
Tegangan dan Arus AC

hari	Jam	Tegangan DC	Arus DC
Senin, 15 Juli 2024	10:30	225 V	0.097 A
	11:00	225 V	0.097 A
	11:30	225 V	0.097 A
	12:00	225 V	0.097 A
	12:30	225 V	0.097 A
	13:00	225 V	0.097 A
	13:30	225 V	0.097 A
Selasa, 16 Juli 2024	14:00	225 V	0.097 A
	10:30	225 V	0.097 A
	11:00	225 V	0.097 A
	11:30	225 V	0.097 A
	12:00	225 V	0.097 A
	12:30	225 V	0.097 A
	13:00	225 V	0.097 A
Rabu, 17 Juli 2024	13:30	225 V	0.097 A
	14:00	225 V	0.097 A
	10:30	225 V	0.097 A
	11:00	225 V	0.097 A
	11:30	225 V	0.097 A
	12:00	225 V	0.097 A
	12:30	225 V	0.097 A
Kamis, 18 Juli 2024	13:00	225 V	0.097 A
	13:30	225 V	0.097 A
	14:00	225 V	0.097 A
	10:30	225 V	0.097 A
	11:00	225 V	0.097 A
	11:30	225 V	0.097 A
	12:00	225 V	0.097 A
Jum'at, 19 Juli 2024	12:30	225 V	0.097 A
	13:00	225 V	0.097 A
	13:30	225 V	0.097 A
	14:00	225 V	0.097 A
	10:30	225 V	0.097 A
	11:00	225 V	0.097 A
	11:30	225 V	0.097 A
	12:00	225 V	0.097 A
	12:30	225 V	0.097 A
	13:00	225 V	0.097 A
	13:30	225 V	0.097 A
	14:00	225 V	0.097 A
	10:30	225 V	0.097 A
	11:00	225 V	0.097 A

	13:30	225 V	0.097 A
	14:00	225 V	0.097 A
Sabtu, 20 Juli 2024	10:30	225 V	0.097 A
	11:00	225 V	0.097 A
	11:30	225 V	0.097 A
	12:00	225 V	0.097 A
	12:30	225 V	0.097 A
	13:00	225 V	0.097 A
	13:30	225 V	0.097 A
	14:00	225 V	0.097 A



GAMBAR 7(B).
Grafik Rata-Rata Tegangan dan Arus AC

C. Pengujian Sensor INA219

Data dari sensor INA219 dikumpulkan dengan mengambil sampel setiap 10 menit selama 1 jam, dan hasilnya dibandingkan dengan data yang diperoleh dari multimeter.

TABEL 4(C)
Hasil Kalibrasi Sensor Tegangan dan Arus DC

Jam	Sensor INA219 (V)	Multimeter (V)	Error Rate (%)	Akurasi (%)
09:00	12.08	12.12	0.3300	99.6699
09:10	12.09	12.12	0.2475	99.7524
09:20	12.09	12.12	0.2475	99.7524
09:30	12.09	12.12	0.2475	99.7524
09:40	12.09	12.12	0.2475	99.7524
09:50	12.09	12.12	0.2475	99.7524
10:00	12.09	12.12	0.2475	99.7524
Rata-rata			0.2830	99.7406

Kalibrasi dilakukan pada setiap sensor untuk mengoreksi ketidakakuratan yang mungkin terjadi. Tujuan dari proses ini adalah untuk memastikan hubungan yang lebih linier antara pembacaan sensor dengan hasil pengukuran menggunakan alat referensi. Berdasarkan hasil kalibrasi, sensor INA219 atau sensor tegangan dan arus DC menunjukkan tingkat keakuratan yang sangat baik, dengan rata-rata akurasi melebihi 99%, ini merupakan nilai yang sempurna.

Tidak hanya dilakukan kalibrasi pada sensor, dalam pengujian ini juga melakukan pengetesan pada sistem monitoring untuk menilai performa keseluruhan sistem dalam memonitoring parameter secara *real-time* dengan tingkat akurasi yang tinggi.



GAMBAR 8(C).
Pengujian Sensor INA219



GAMBAR 9(C).
Tampilan Sensor INA219 pada LCD

Pengujian sensor INA219 dilakukan dengan memverifikasi kesesuaian antara data yang diterima oleh aplikasi, hasil pengukuran dari multimeter, data tegangan yang ditampilkan oleh SCC, serta data yang ditampilkan pada LCD yang terhubung dengan panel kontrol. Dapat dilihat pada gambar 8(C) multimeter menunjukkan tegangan sebesar 12,06 V, demikian juga tampilan di SCC menunjukkan 12,06 V, sementara sensor membaca tegangan DC yang ditampilkan oleh aplikasi sebesar 12,4 V. Pada gambar 9(C), tegangan DC sebesar 12,4 V juga sama dengan yang ditampilkan oleh aplikasi.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan dan menguji sistem hybrid PLTS berbasis IoT untuk pemantauan tanaman

hidroponik bayam merah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem hybrid ini mampu melakukan perpindahan energi secara otomatis dan lancar. Ketika daya baterai turun di bawah 11,4 V, sistem dengan mulus beralih menggunakan energi dari PLN, dan sebaliknya, sistem kembali beralih ke baterai saat daya baterai melebihi 12,4 V. Selain itu, monitoring berbasis IoT berfungsi dengan baik, memungkinkan pengguna untuk secara otomatis memantau parameter-parameter penting dalam budidaya bayam merah hidroponik. Seperti asam dan basa dalam air, larutan nutrisi dalam air, serta debit air untuk tanaman hidroponik. Meskipun, dalam segi biaya sistem *hybrid* ini menunjukkan biaya yang jauh lebih mahal yaitu sekitar Rp 2.963,34 per kWh dibandingkan dengan tarif PLN untuk daya 900VA sebesar Rp 1.467,28 per kWh. Namun, ini sebanding dengan manfaat yang diperoleh untuk pengguna dari segi efisiensi waktu dan upaya.

REFERENSI

- [1] S. Utari Dwi, "PENGARUH WAKTU ELEKTROLISIS AIR MENGGUNAKAN ELEKTRODA BESI TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI TANAMAN HIDROPONIK KANGKUNG (*Ipomoea reptans* poir)," 2019.
- [2] A. D. Purwanto, F. Supegina, and T. M. Kadarina, "Sistem Kontrol Dan Monitor Suplai Nutrisi Hidroponik Sistem Deep Flow Technique (DFT) Berbasis Arduino NodeMCU Dan Aplikasi Android," 2020.
- [3] D. Hatta, "Hidroponik Sistem DFT (Deep Film Technique)." Accessed: Mar. 07, 2024. [Online]. Available: <https://www.atmago.com>
- [4] M. Al Husaini, A. Zulianto, and A. Sasongko, "Otomatisasi Monitoring Metode Budidaya Sistem Hidroponik dengan Internet of Things (Iot) Berbasis Android MQTT dan Tenaga Surya," 2021.
- [5] P. Harahap, I. Bustami, and B. Oktrialdi, "Pengaruh Intensitas Cahaya Matahari Dan Suhu Terhadap Daya Yang Dikeluarkan Oleh Modul Sel Surya Monocrystalline Dan Polycrystalline".
- [6] M. Junaldy, S. Sompie, and L. Patras S, "Rancang Bangun Alat Pemantau Arus Dan Tegangan Di Sistem Panel Surya Berbasis Arduino Uno," 2019.
- [7] Y. Adhimanata and S. Dhiya, "Seminar Nasional & Call Paper Fakultas Sains dan Teknologi," 2024.