

RESEARCH ARTICLE

## PERANCANGAN AUTOMATIC TRANSFER SWITCH UNTUK PLTS HYBRID PADA SISTEM HIDROPONIK

Falih Abdurrahman , Co-resp. Ekki Kurniawan \* and Erna Sri Sugesti

Fakultas Teknik Elektro , Universitas Telkom, Bandung, 40257, Jawa Barat, Indonesia

\* Corresponding author: [ekki.kurniawan@telkomuniversity.ac.id](mailto:ekki.kurniawan@telkomuniversity.ac.id)

Received on 22 September 2024; accepted on 23 October 2024

### Abstrak

Hidroponik merupakan metode cocok tanam tanpa menggunakan media tanah melainkan menggunakan larutan bernutrisi atau bahan yang mengandung unsur hara. Ada berbagai macam teknik yang dapat dilakukan untuk budidaya tanaman dengan cara hidroponik diantaranya adalah teknik DFT (Deep Flow Technique) yang menggunakan pompa air berkelanjutan sehingga menambah pemakaian energi karbon. Untuk mendukung pemerintah mengurangi pemakaian energi karbon dibutuhkan sumber energi terbarukan. Pada penelitian ini bertujuan untuk merancang dan merealisasi PLTS hybrid pada sistem hidroponik. Pada PLTS hybrid terdapat sistem monitoring untuk mengetahui tegangan dan arus dari PLTS ke sistem hidroponik. Data tersebut ditampilkan pada LCD. Catu daya utama yang diatur pada ATS adalah sumber dari PLTS dimana ketika PLTS tidak dapat mentenagai beban ATS akan mengubah catu daya ke PLN. Ketika PLTS dapat mentenagai beban maka catu daya akan berpindah PLTS. Hasil pengujian nilai error rate sensor INA 219 pada nilai tegangan error rate DC sebesar 1,5 % dan nilai arus error rate DC sebesar 2,724 %. Pada sensor PZEM 004T didapat nilai error rate tegangan AC sebesar 0.266 % dan arus error rate AC sebesar 0 %. Pada pengujian delay pergantian energi listrik ATS didapat rata-rata delay sebesar 43,392 milidetik.

**Key words:** Panel Surya, Automatic Transfer Switch, PLTS, Inverter

### Pendahuluan

Pemukiman perkotaan sangat identik dengan sedikitnya lahan yang masih terbuka, karena penggunaan lahan yang beralihnya fungsi menjadi berbagai sektor perindustrian [1]. Semakin padatnya penduduk yang tinggal di daerah perkotaan mengakibatkan menurunnya lahan pertanian yang berpotensi untuk bercocok tanam [1]. Untuk itu diperlukan budidaya tanaman yang tidak memerlukan lahan yang luas namun tetap menghasilkan hasil yang sama dengan hasil dari budidaya tanaman secara normal.

Hidroponik adalah salah satu urban metode budidaya tanaman tanpa menggunakan media tanah (soilless) namun menggunakan larutan mineral berisi nutrisi atau bahan lainnya yang terkandung unsur hara didalamnya [2]. Media yang dapat digunakan adalah sabut kelapa, pasir, serat mineral, serbuk kayu, pecahan batu bata, dan lain-lain sebagai pengganti tanah [2]. Ada berbagai macam teknik yang dapat dilakukan untuk budidaya tanaman dengan cara hidroponik diantaranya adalah teknik Deep Flow Technique (DFT). Prinsip dasar dari Sistem DFT yaitu mengalirkan larutan nutrisi tanaman dalam waktu 24 jam tanpa berhenti [3]. Untuk mengalirkan nutrisi tersebut maka digunakan pompa air yang akan membutuhkan energi listrik yang berkelanjutan.

Dalam rangka mengurangi gas emisi rumah kaca Pemerintah Indonesia memiliki target untuk mengurangi ketergantungan energi fosil sebesar 23 pada tahun 2025. Selanjutnya target meningkat menjadi 31 pada tahun 2050 [4]. PLTS merupakan salah satu pembangkit listrik energi terbarukan yang mampu mengurangi ketergantungan energi fosil di Indonesia. PLTS juga dapat menjadi solusi untuk mentenagai hidroponik, namun sumber energi dari PLTS juga bersifat tidak selalu ada sehingga dibutuhkan sumber energi lain agar energi hidroponik terpenuhi. Maka dibutuhkan Automatic Transfer Switch (ATS) yang mampu mengganti sumber energi listrik ketika PLTS tidak mampu mentenagai hidroponik.

Saat ini sudah ada beberapa penelitian yang dilakukan untuk mentenagai sistem hidroponik dengan menggunakan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). Seperti PLTS yang dirancang menggunakan menggunakan off grid [5]. PLTS ini menggunakan baterai Akumulator (AKI) sebagai penampung daya cadangan serta solar charge controller (SCC) sebagai pengatur penggunaan panel surya dan baterai [5]. Kelemahan PLTS yang menggunakan off grid adalah besar kemungkinan energi listrik tidak tersedia saat musim hujan karena Photovoltaic (PV) yang tidak bekerja dengan baik. Penelitian selanjutnya menggunakan PLTS hybrid yang dibuat menggunakan panel surya sebesar 100

WP dengan baterai AKI 12V yang dilengkapi dengan ATS menggunakan modul relay [6]. Namun pada sistem PLTS ini menggunakan solar charge control berjenis Pulse Width Modulation (PWM) yang mana ketika cuaca mendung output dari PWM akan mengikuti PV.

## Tinjauan Pustaka

### Hybrid PLTS dan PLN

Sistem PLTS Hybrid adalah pembangkit listrik yang sumber energinya dihasilkan oleh panel surya dan digabungkan dengan sumber energi listrik dari PLN. Dengan menggunakan 2 sumber energi listrik akan saling membantu ketika terjadi kekurangan daya listrik atau pemadaman.

Sistem hybrid bekerja dengan prinsip satu arah, yaitu hanya salah satu pembangkit yang menenagai beban, ketika beban diberi daya oleh sel surya maka sambungan ke PLN tidak dapat terhubung ke beban, dan apabila listrik beban diberi suplai listrik oleh PLN maka sambungan sel surya ke beban tidak terhubung [?].

### Panel Surya

Panel Surya adalah alat yang dirakit dari kumpulan sel surya yang memiliki kemampuan untuk mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Sedangkan sel surya adalah elemen semi konduktor yang bisa mengubah energi surya menjadi energi listrik dengan memanfaatkan efek photovoltaic [?].

### Rumus Perancangan Panel

Dalam merancang PLTS kita perlu mengetahui jumlah panel surya yang kita butuhkan sehingga sistem PLTS mampu menenagai beban. Untuk mengetahui berapa panel surya yang dibutuhkan kita dapat menggunakan rumus sebagai berikut [?]:

$$F = \frac{A}{G \cdot B} \quad (1)$$

Dimana:

- $A$  = Jumlah energi listrik yang digunakan (Wh)
- $B$  = Lama penyinaran matahari
- $G$  = Watt peak PV (Wp)
- $F$  = Jumlah panel surya

Jumlah energi listrik yang digunakan dapat diperoleh dengan cara mengalikan daya listrik beban dengan lama waktu penggunaan beban tersebut. Maka jumlah energi listrik dapat diperoleh dengan persamaan berikut [?]:

$$A = C \cdot t \cdot D \quad (2)$$

Dimana:

- $t$  = Lama waktu penggunaan (jam)
- $C$  = Daya listrik (watt)
- $D$  = Banyak beban elektronik

### Automatic Transfer Switch

Automatic Transfer Switch (ATS) adalah rangkaian saklar kontrol yang berguna sebagai switch dari sumber energi listrik utama ke sumber energi listrik cadangan dan ketika pembangkit utama tidak mensuplai energi listrik maka ATS mengganti penyuplai energi listrik ke suplai energi cadangan. ATS adalah alat yang berfungsi memindahkan supply sumber listrik dari sumber utama ke sumber cadangan ketika terjadi gangguan pada sumber utama dan sebaliknya [?].

### ATS Open Transition

Open transition adalah transfer *break before make* yang berarti ATS memutuskan sambungan catu daya awal sebelum menyambungkan catu daya yang lain. Untuk waktu pergantian catu daya tidak ada catu daya yang menyediakan energi listrik ke beban [?].

### ATS Closed Transition

Closed transition adalah transfer *make before break* yang berarti ATS akan menyambungkan ke catu daya baru sebelum memutuskan catu daya lama. Tidak ada jeda ketika pergantian catu daya sehingga beban akan tetap menerima energi listrik ketika pergantian catu daya [?].

### Rancangan ATS

ATS yang dirancang menggunakan 2 relay MKS2P 220V dengan ditambahkan 2 buah MCB sebagai pengaman, ATS mengganti sumber energi listrik secara otomatis ketika energi listrik dari PLTS tidak dapat menenagai beban sehingga beban ditenagai oleh energi listrik dari PLN.

Cara kerja ATS yang dirancang yaitu ketika energi listrik catu daya utama terkena koil dari relay 1 maka koneksi jalur dari relay 2 ke catu daya cadangan akan terputus sehingga beban ditenagai oleh catu daya utama. Ketika koil relay 1 tidak teraliri listrik maka koneksi jalur relay 2 ke catu daya cadangan akan terhubung dan jalur relay 1 ke catu daya utama akan terputus sehingga beban teraliri listrik dari catu daya cadangan.

### MPPT

Maximum Power Point Tracking (MPPT) adalah alat elektronik yang dimanfaatkan untuk mendapatkan nilai tegangan dan arus dengan optimal sehingga dapat menghasilkan daya dengan maksimal [?]. MPPT berfungsi untuk mengatur aliran daya dalam pengecasan dan pengurasan baterai sehingga baterai tidak *over charging* atau *over discharging* yang dapat memperpendek umur baterai [?]. Untuk menentukan spesifikasi SCC yang dipakai sistem PLTS dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut [?]:

$$I_{scc} = I_{sc} \cdot F \quad (3)$$

Dimana:

- $I_{scc}$  = Arus SCC (A)
- $I_{sc}$  = Arus panel surya (A)

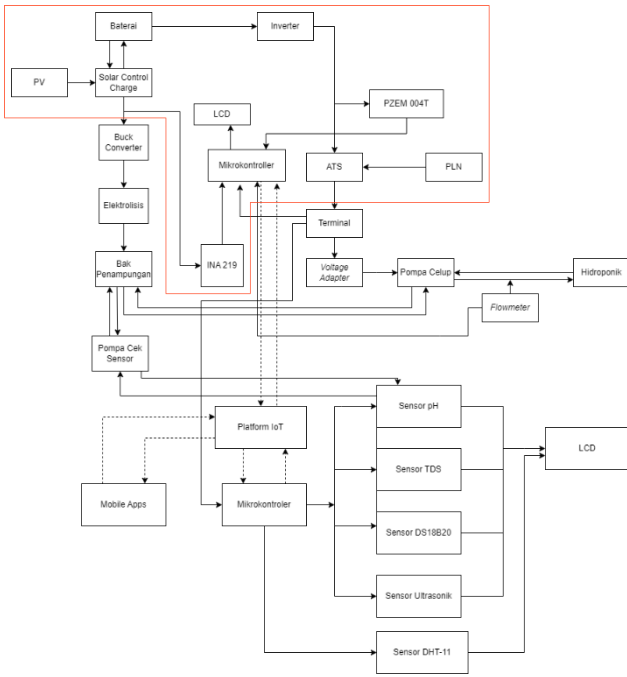
### Baterai

Baterai adalah sel listrik yang di dalamnya terjadi proses elektrokimia yang dapat berbalikan atau *reversible* dengan efisiensi yang tinggi [?]. *Reversible* berarti terjadi proses pengubahan kimia menjadi tenaga listrik didalam baterai dan terjadi pengubahan tenaga listrik menjadi tenaga kimia [?]. Untuk menentukan baterai yang dibutuhkan sistem PLTS dapat diketahui dengan menggunakan persamaan berikut [?]:

$$H = \frac{N \cdot A}{K \cdot L} \quad (4)$$

Dimana:

- $H$  = Kapasitas Baterai (Ah)
- $N$  = Jumlah Autonomous day
- $A$  = Rata-rata energi harian siang (Wh)
- $K$  = Tegangan Baterai (V)
- $L$  = Depth Of Discharge



Gambar 1. Diagram block keseluruhan

**Inverter**

Inverter adalah sebuah rangkaian yang berfungsi untuk mengubah tegangan listrik DC menjadi AC. Inverter biasa digunakan pada perangkat elektronik yang memakai listrik AC namun sumber listrik yang dimiliki adalah sumber listrik DC [? ].

**Metodologi Penelitian**

**Desain Sistem**

Penelitian ini dibuat sebuah sistem hidroponik yang menggunakan elektrolisis. Sistem hidroponik pada Gambar 1 ini dilengkapi dengan sistem monitoring hidroponik yang mana informasi monitoringnya dapat diakses melalui aplikasi. Sistem ini juga dilengkapi dengan pembangkit listrik menggunakan *grid hybrid* yang dilengkapi dengan monitoring dan kontrol ATS yang menenagai sistem hidroponik.

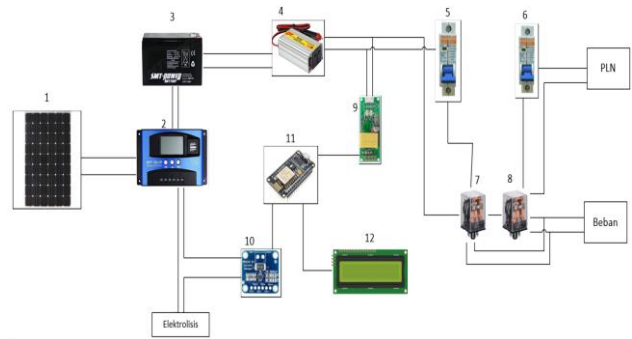
**Rangkaian Perangkat Keras**

Gambar 2 adalah rangkaian dari sistem PLTS hybrid yang telah dibuat yang sumber dayanya berasal dari panel surya Monocrystalline dan PLN. Energi listrik yang dihasilkan PV disimpan di baterai yang diatur oleh SCC. Energi listrik dari PV dan baterai menenagai elektrolisis dan beban. Inverter mengubah energi listrik DC dari baterai menjadi energi AC. Sensor INA219 dan PZEM 004T melakukan pengukuran, dan data dari sensor diolah oleh mikrokontroler. ATS secara otomatis mengganti sumber energi listrik dari PLTS ke PLN ketika PLTS tidak bisa menenagai beban sistem hidroponik.

**Perancangan Sistem PLTS**

Untuk mendapatkan spesifikasi PLTS yang dapat memenuhi kebutuhan energi listrik beban, maka diperlukan total nilai daya listrik yang digunakan dalam satu hari dengan menggunakan rumus ???. Maka nilai daya yang digunakan selama satu hari dapat dilihat pada Tabel 1.

Tahap selanjutnya adalah mencari jumlah panel surya yang dibutuhkan yaitu dengan cara menggunakan persamaan 2.1 maka jumlah



Gambar 2. Rangkaian Sistem PLTS.

Table 1. Beban listrik perhari.

No.	Beban	Total Nyala (jam)	Daya (watt)	Watt Hours
1	Pompa air	4	0,48	1,92
2	Esp 32	4	1,8	7,2
3	INA219	4	0,0055	0,022
4	PZEM-004T	4	0,00136	0,00544
5	LCD 16x2	4	0,0053	0,0212
6	Elektrolisis	24	0,6125	14,7
7	Sensor TDS	4	0,033	0,132
8	DHT 11	4	0,01375	0,055
9	LCD 20x4	4	0,02	0,08
10	Sensor PH	4	0,002	0,008
11	Esp 32	4	1,8	7,2
Total				4,773
				31,344

panel surya 100Wp yang dibutuhkan adalah 1 buah panel surya. Untuk menentukan kapasitas penyimpanan baterai maka digunakan persamaan 2.4 dengan jumlah *autonomous day* sebanyak 3 hari dengan tegangan 12 V maka jumlah baterai yang dibutuhkan adalah 1 buah baterai 12 Ah. Untuk menentukan spesifikasi SCC maka digunakan persamaan 2.3 dimana arus panel surya dikalikan dengan jumlah panel surya maka SCC yang diperlukan minimal 5,9 A.

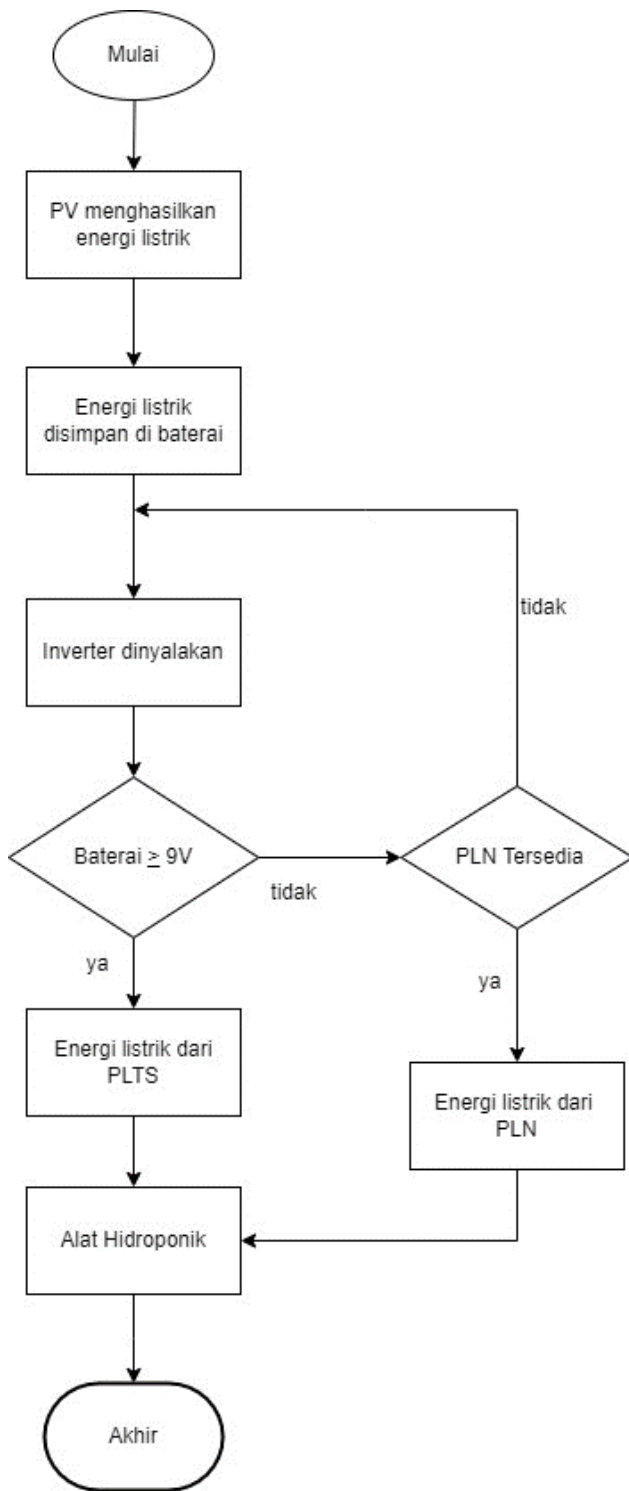
Tahap selanjutnya adalah mencari jumlah panel surya yang dibutuhkan. Gambar 3 menjelaskan cara sistem dari ATS bekerja, di mana ketika PLTS menghasilkan energi listrik, maka energi listrik tersimpan di dalam baterai. Ketika tegangan baterai lebih dari 9V, PLTS menenagai beban dan sistem hidroponik tertenagai. Ketika tegangan baterai kurang dari 9V, maka ATS secara otomatis mengalihkan sumber energi listrik ke PLN sehingga sistem hidroponik tertenagai oleh PLN.

Jumlah panel surya yang dibutuhkan dapat dihitung menggunakan persamaan ???:

$$F = \frac{A}{G \cdot B} \tag{5}$$

Dengan panel surya 100Wp, jumlah panel surya yang dibutuhkan adalah 1 buah panel surya.

Untuk menentukan kapasitas penyimpanan baterai, digunakan persamaan ??? dengan jumlah *autonomous day* sebanyak 3 hari dengan tegangan 12V. Maka jumlah baterai yang dibutuhkan adalah 1 buah baterai 12 Ah.



Gambar 3. Diagram alir ATS

Untuk menentukan spesifikasi SCC, digunakan persamaan ??, di mana arus panel surya dikalikan dengan jumlah panel surya. Maka SCC yang diperlukan minimal 5,9 A.

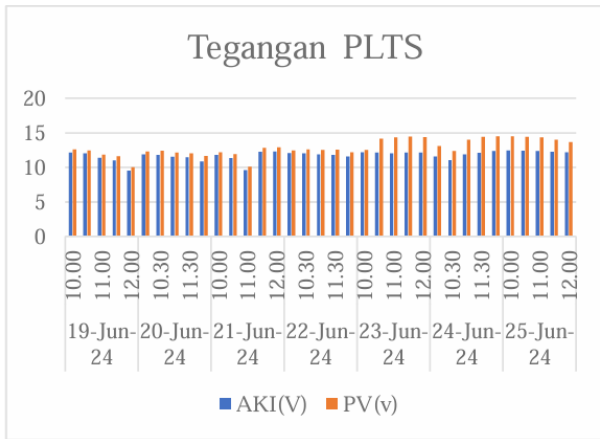
Table 2. Tegangan keluaran panel surya.

Tanggal	Jam	AKI (V)	PV (V)	Cuaca	Kondisi Inverter
	10.00	12,15	12,56	berawan	aktif
	10.30	12	12,43	berawan	aktif
19-Jun-24	11.00	11,37	11,84	berawan	aktif
	11.30	11	11,61	berawan	aktif
	12.00	9,52	10	berawan	aktif
	10.00	11,89	12,25	cerah	aktif
	10.30	11,77	12,41	cerah	aktif
20-Jun-24	11.00	11,53	12,12	cerah	aktif
	11.30	11,43	12,02	cerah	aktif
	12.00	10,87	11,65	cerah	aktif
	10.00	11,8	12,2	cerah	aktif
	10.30	11,32	11,92	cerah	aktif
21-Jun-24	11.00	9,59	10,09	cerah	mati
	11.30	12,23	12,8	cerah	mati
	12.00	12,29	12,9	cerah	mati
	10.00	12,05	12,43	cerah	aktif
	10.30	12,01	12,59	cerah	aktif
22-Jun-24	11.00	11,87	12,5	cerah	aktif
	11.30	11,8	12,53	cerah	aktif
	12.00	11,58	12,17	cerah	aktif
	10.00	12,2	12,51	cerah	mati
	10.30	12,14	14,15	cerah	mati
23-Jun-24	11.00	12,02	14,3	cerah	mati
	11.30	12,12	14,45	cerah	mati
	12.00	12,12	14,35	cerah	mati
	10.00	11,56	13,08	Mendung	mati
	10.30	11,04	12,37	Mendung	mati
24-Jun-24	11.00	11,87	13,99	Mendung	mati
	11.30	12,09	14,41	Mendung	mati
	12.00	12,37	14,49	berawan	mati
	10.00	12,46	14,49	cerah	aktif
	10.30	12,4	14,41	cerah	aktif
25-Jun-24	11.00	12,35	14,32	cerah	aktif
	11.30	12,24	14,01	berawan	aktif
	12.00	12,18	13,66	berawan	aktif

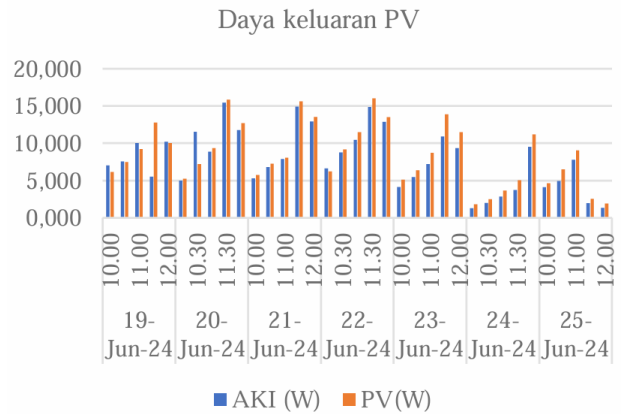
### Hasil dan Pembahasan

#### Tegangan Keluaran Panel Surya

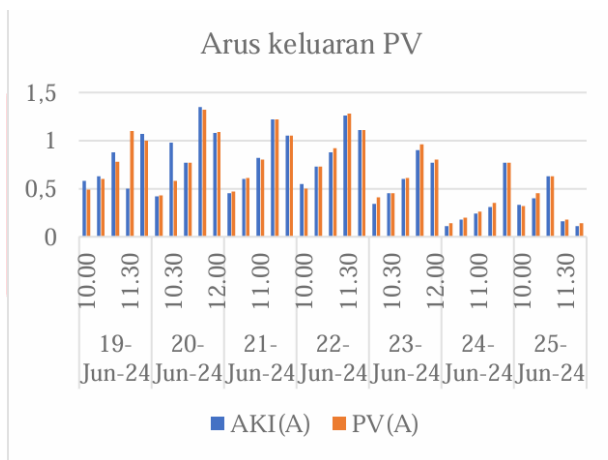
Pengujian dilakukan dengan cara mengambil tegangan output dari panel surya dan baterai. Pengujian dilakukan di dalam *greenhouse* selama 7 hari dengan durasi pengambilan data 2 jam per hari, serta pengambilan sampel setiap 30 menit.



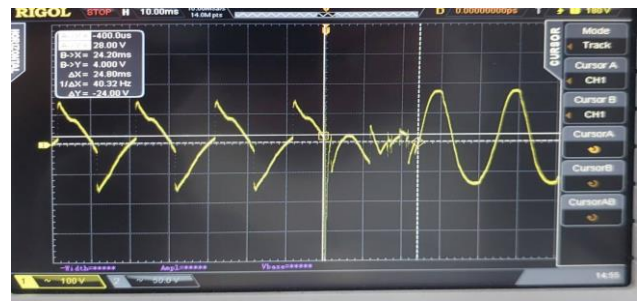
Gambar 4. Grafik Tegangan keluaran PV.



Gambar 6. Grafik daya keluaran PV.



Gambar 5. Grafik arus keluaran PV



Gambar 7. Gelombang delay PLTS ke PLN.



Gambar 8. Gelombang delay PLN ke PLTS

Arus Keluaran Panel Surya

Pengujian dilakukan dengan cara mengambil arus output dari panel surya dan baterai. Pengujian dilakukan di dalam *greenhouse* selama 7 hari dengan durasi pengambilan data 2 jam per hari, serta pengambilan sampel setiap 30 menit.

Dari hasil pembacaan keluaran arus PV dan AKI didapat rata-rata arus PV sebesar 0,672 A dan rata-rata arus AKI sebesar 0,664 A.

Daya Keluaran Panel Surya

Daya keluaran dari PV didapat dengan memanfaatkan data dari tegangan dan arus PV lalu dikalikan.

Dari hasil pembacaan keluaran daya PV dan AKI didapat rata-rata daya PV sebesar 7,823 W dan rata-rata daya AKI sebesar 6,812 W.

Pengujian ATS

Pengujian pada ATS bertujuan untuk memastikan bahwa ATS yang telah dibuat dapat mengganti sumber daya energi listrik secara otomatis ketika PLTS tidak dapat menentagai beban, serta mengetahui jeda waktu pergantian sumber energi listrik. Pengujian dilakukan dengan menyalakan dan mematikan inverter sehingga dapat diketahui apakah ATS dapat berjalan dengan baik atau tidak. Pengukuran delay ATS dilakukan dengan menggunakan osiloskop.

Dapat dilihat pada Tabel 1 bahwa delay perpindahan PLTS ke PLN paling lama adalah 163 milidetik, sedangkan perpindahan PLN ke PLTS paling lama 16,7 milidetik dengan total rata-rata delay 43,39 milidetik.

Dari pengujian ATS yang dilakukan dapat dipastikan bahwa ATS berfungsi dengan baik. Ketika tidak ada energi listrik dari PLTS, ATS secara otomatis mengganti sumber energi listrik ke PLN. Sebaliknya, ketika ada energi listrik dari PLTS, ATS secara otomatis mengganti energi listrik ke PLTS. Dari pengujian ini juga didapatkan bahwa rata-rata waktu jeda pergantian energi listrik adalah 43,392 milidetik. Rata-rata waktu jeda pergantian dari PLN ke ATS lebih cepat dengan lama waktu 11,757 milidetik, sedangkan rata-rata waktu jeda pergantian dari ATS ke PLN selama 75,028 milidetik.

Pengisian Baterai

Pengujian pengisian baterai dilakukan dengan mengisi baterai AKI 12V menggunakan panel surya Monocrystalline 100Wp yang dihubungkan dengan SCC. Pengujian bertujuan untuk mengetahui daya baterai yang

**Table 3.** Arus keluaran panel surya.

Tanggal	Jam	AKI (A)	PV (A)	Cuaca	Kondisi Inverter
19-Jun-24	10.00	0,58	0,49	berawan	aktif
19-Jun-24	10.30	0,63	0,6	berawan	aktif
19-Jun-24	11.00	0,88	0,78	berawan	aktif
19-Jun-24	11.30	0,5	1,1	berawan	aktif
19-Jun-24	12.00	1,07	1	berawan	aktif
20-Jun-24	10.00	0,42	0,43	cerah	aktif
20-Jun-24	10.30	0,98	0,58	cerah	aktif
20-Jun-24	11.00	0,77	0,77	cerah	aktif
20-Jun-24	11.30	1,35	1,32	cerah	aktif
20-Jun-24	12.00	1,08	1,09	cerah	aktif
21-Jun-24	10.00	0,45	0,47	cerah	aktif
21-Jun-24	10.30	0,6	0,61	cerah	aktif
21-Jun-24	11.00	0,82	0,8	cerah	mati
21-Jun-24	11.30	1,22	1,22	cerah	mati
21-Jun-24	12.00	1,05	1,05	cerah	mati
22-Jun-24	10.00	0,55	0,5	cerah	aktif
22-Jun-24	10.30	0,73	0,73	cerah	aktif
22-Jun-24	11.00	0,88	0,92	cerah	aktif
22-Jun-24	11.30	1,26	1,28	cerah	aktif
22-Jun-24	12.00	1,11	1,11	cerah	aktif
23-Jun-24	10.00	0,34	0,41	cerah	mati
23-Jun-24	10.30	0,45	0,45	cerah	mati
23-Jun-24	11.00	0,6	0,61	cerah	mati
23-Jun-24	11.30	0,9	0,96	cerah	mati
23-Jun-24	12.00	0,77	0,8	cerah	mati
24-Jun-24	10.00	0,11	0,14	mendung	mati
24-Jun-24	10.30	0,18	0,2	mendung	mati
24-Jun-24	11.00	0,24	0,26	mendung	mati
24-Jun-24	11.30	0,31	0,35	mendung	mati
24-Jun-24	12.00	0,77	0,77	berawan	mati
25-Jun-24	10.00	0,33	0,32	cerah	aktif
25-Jun-24	10.30	0,4	0,45	cerah	aktif
25-Jun-24	11.00	0,63	0,63	cerah	aktif
25-Jun-24	11.30	0,16	0,18	berawan	aktif
25-Jun-24	12.00	0,11	0,14	berawan	aktif

terisi jika baterai diisi di dalam *greenhouse*. Pengujian dilakukan di area *Greenhouse* Telkom University selama 2 jam 25 menit dengan pengambilan sampel data setiap 5 menit.

Dari pengujian panel surya yang dilakukan, seperti terlihat pada Tabel 5, pengisian baterai di dalam *greenhouse* hanya dapat menambah 0,29 V dengan lama pengisian 2 jam 25 menit.

Pada grafik Gambar 9 terlihat bahwa tegangan PV mulai naik pada pukul 09.30 dan mencapai tegangan maksimal pada pukul 11.00, mempercepat pengisian baterai karena kondisi matahari yang paling terik. Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan pengisian baterai bergantung pada intensitas sinar matahari.

Pada Gambar 10 terlihat adanya lonjakan arus pada pukul 11.00 hingga 13.00 dengan nilai arus tertinggi 0,9 A. Pada pukul 09.15, keluaran arus PV memiliki nilai paling rendah 0,13 A dikarenakan sinar matahari terhalang oleh pohon.

Pada Gambar 11 terlihat daya keluaran PV mengalami kenaikan dari pukul 09.30 hingga 11.15 karena posisi matahari yang semakin tinggi sehingga semakin banyak cahaya matahari mengenai PV.



**Table 4.** Arus keluaran panel surya.

Tanggal	Jam	AKI (W)	PV (W)
19-Jun-24	10.00	7,047	6,154
19-Jun-24	10.30	7,560	7,458
19-Jun-24	11.00	10,006	9,235
19-Jun-24	11.30	5,500	12,771
19-Jun-24	12.00	10,186	10,000
20-Jun-24	10.00	4,994	5,268
20-Jun-24	10.30	11,535	7,198
20-Jun-24	11.00	8,878	9,332
20-Jun-24	11.30	15,431	15,866
20-Jun-24	12.00	11,740	12,699
21-Jun-24	10.00	5,310	5,734
21-Jun-24	10.30	6,792	7,271
21-Jun-24	11.00	7,864	8,072
21-Jun-24	11.30	14,921	15,616
21-Jun-24	12.00	12,905	13,545
22-Jun-24	10.00	6,628	6,215
22-Jun-24	10.30	8,767	9,191
22-Jun-24	11.00	10,446	11,500
22-Jun-24	11.30	14,868	16,038
22-Jun-24	12.00	12,854	13,509
23-Jun-24	10.00	4,148	5,129
23-Jun-24	10.30	5,463	6,368
23-Jun-24	11.00	7,212	8,723
23-Jun-24	11.30	10,908	13,872
23-Jun-24	12.00	9,332	11,480
24-Jun-24	10.00	1,272	1,831
24-Jun-24	10.30	1,987	2,474
24-Jun-24	11.00	2,849	3,637
24-Jun-24	11.30	3,748	5,044
24-Jun-24	12.00	9,525	11,157
25-Jun-24	10.00	4,112	4,637
25-Jun-24	10.30	4,960	6,485
25-Jun-24	11.00	7,781	9,022
25-Jun-24	11.30	1,958	2,522
25-Jun-24	12.00	1,340	1,912

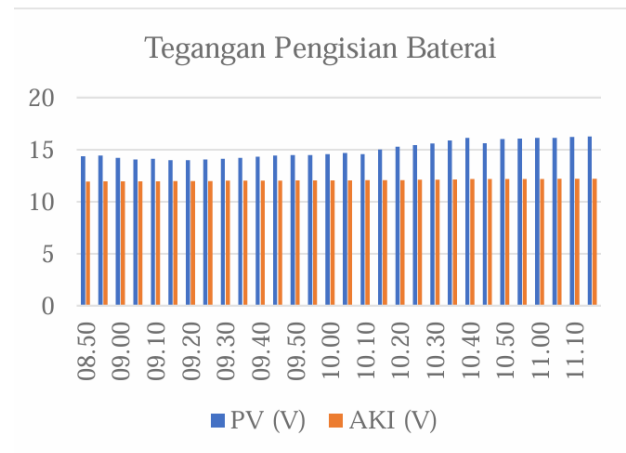
#### Pengurasan Baterai

Pengujian pengurasan baterai dilakukan dengan cara menyalakan semua beban pada sistem hidroponik dengan hanya menggunakan sumber energi listrik dari baterai. Pengambilan data dilakukan selama 100 menit dengan sampel data diambil setiap 10 menit. Pengujian bertujuan untuk mengetahui daya yang digunakan dari baterai ketika semua beban sistem hidroponik menyala.

Pada Tabel 6, pengujian pengurasan AKI selama 100 menit menunjukkan penurunan tegangan sebesar 0,5 V, dari nilai awal 12,39 V

**Table 5.** Pengujian delay ATS

No.	Sumber Energi	Relay 1	Relay 2	Delay (milisecond)
1	PLTS	On	Off	3,2
2	PLN	Off	On	24,8
3	PLTS	On	Off	1,7
4	PLN	Off	On	115
5	PLTS	On	Off	16
6	PLN	Off	On	14,8
7	PLTS	On	Off	15,2
8	PLN	Off	On	26,6
9	PLTS	On	Off	15,3
10	PLN	Off	On	25,8
11	PLTS	On	Off	14,2
12	PLN	Off	On	163
13	PLTS	On	Off	16,7
14	PLN	Off	On	156
rata-rata				
43,39286				

**Gambar 9.** Tegangan pengisian baterai.

menjadi 11,89 V. Pada Gambar 12 terlihat bahwa penurunan tegangan AKI cukup konstan karena beban sistem hidroponik tetap menyala dari pukul 09.20 hingga 11.00.

#### Pengujian Tegangan Sensor INA219

Pengujian tegangan sensor INA219 dilakukan dengan membandingkan nilai tegangan yang dibaca oleh sensor dengan nilai tegangan yang dibaca oleh multimeter. Pengujian dilakukan dengan mengambil sampel data setiap 1 menit selama 30 menit menggunakan beban motor DC. Berikut merupakan hasil pengujian tegangan sensor INA219:

Dari hasil data pada Tabel 7, akurasi sensor INA219 dibandingkan dengan multimeter memiliki rata-rata error sebesar 1,5%.

#### Pengujian Arus Sensor INA219

Pengujian arus sensor INA219 dilakukan dengan membandingkan nilai arus yang dibaca oleh sensor INA219 dengan nilai arus yang dibaca

**Table 6.** Pengisian baterai.

jam	pv			aki		
	V	A	W	V	A	W
08.50	14,35	0,26	3,731	11,9	0,24	2,856
08.55	14,4	0,23	3,312	11,94	0,18	2,149
09.00	14,2	0,18	2,556	11,94	0,14	1,672
09.05	14,04	0,18	2,527	11,95	0,14	1,673
09.10	14,1	0,17	2,397	11,95	0,13	1,554
09.15	13,98	0,17	2,377	11,96	0,13	1,555
09.20	13,97	0,17	2,375	11,96	0,13	1,555
09.25	14,05	0,18	2,529	11,98	0,14	1,677
09.30	14,11	0,19	2,681	11,99	0,15	1,799
09.35	14,19	0,2	2,838	11,99	0,16	1,918
09.40	14,32	0,22	3,150	12	0,17	2,04
09.45	14,4	0,24	3,456	12,01	0,2	2,402
09.50	14,46	0,26	3,76	12,02	0,22	2,644
09.55	14,48	0,28	4,054	12,03	0,23	2,767
10.00	14,56	0,3	4,368	12,04	0,25	3,01
10.05	14,65	0,33	4,835	12,04	0,28	3,371
10.10	14,57	0,37	5,391	12,05	0,31	3,736
10.15	15	0,4	6	12,06	0,34	4,100
10.20	15,27	0,42	6,413	12,06	0,35	4,221
10.25	15,41	0,51	7,859	12,09	0,45	5,441
10.30	15,57	0,53	8,252	12,1	0,44	5,324
10.35	15,88	0,68	10,798	12,12	0,59	7,151
10.40	16,12	0,74	11,929	12,14	0,64	7,77
10.45	15,59	0,67	10,445	12,14	0,58	7,041
10.50	15,99	0,69	11,033	12,14	0,6	7,284
10.55	16,05	0,73	11,717	12,16	0,63	7,661
11.00	16,13	0,75	12,098	12,16	0,66	8,026
11.05	16,13	0,75	12,098	12,18	0,66	8,039
11.10	16,21	0,8	12,968	12,19	0,71	8,655
11.15	16,24	0,9	14,616	12,19	0,8	9,752

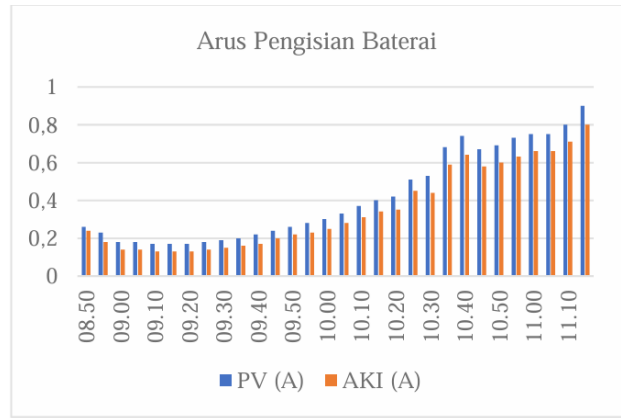
oleh multimeter. Pengujian dilakukan dengan mengambil sampel data setiap 1 menit selama 30 menit menggunakan beban motor DC.C. Berikut merupakan hasil pengujian arus sensor INA219:

Dari hasil data pada Tabel 8, nilai rata-rata error *rate* sebesar 2,724%.

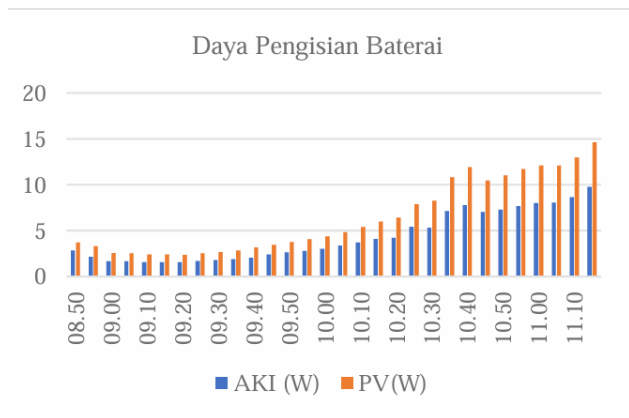
**Pengujian Tegangan Sensor PZEM-004T**

Pengujian tegangan sensor PZEM-004T dilakukan dengan membandingkan nilai tegangan yang dibaca oleh sensor dengan nilai tegangan yang dibaca oleh multimeter. Pengujian dilakukan dengan mengambil sampel data setiap 1 menit selama 30 menit menggunakan beban lampu. Berikut merupakan hasil pengujian tegangan sensor PZEM 004T:

Dari hasil data pada Tabel 9, akurasi sensor PZEM-004T dibandingkan dengan multimeter memiliki rata-rata error sebesar 0,266%.



**Gambar 10.** Arus pengisian baterai.



**Gambar 11.** Arus pengisian baterai.

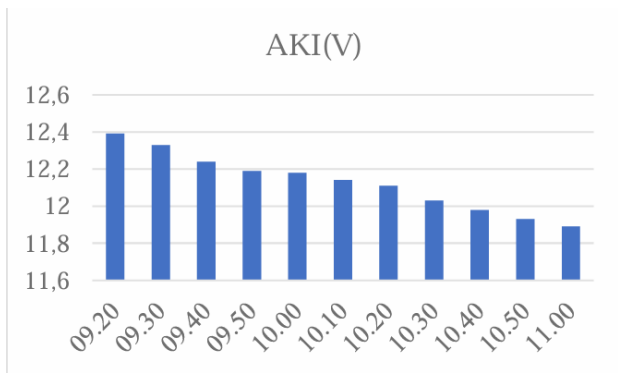
**Table 7.** Pengukuran baterai.

Waktu	AKI		
	V	A	W
09.20	12,39	2,1	26,019
09.30	12,33	2,55	31,442
09.40	12,24	2,44	29,866
09.50	12,19	2,52	30,719
10.00	12,18	2,48	30,206
10.10	12,14	2,25	27,315
10.20	12,11	2,23	27,005
10.30	12,03	2,25	27,068
10.40	11,98	2,19	26,236
10.50	11,93	2,26	26,962
11.00	11,89	2,28	27,109

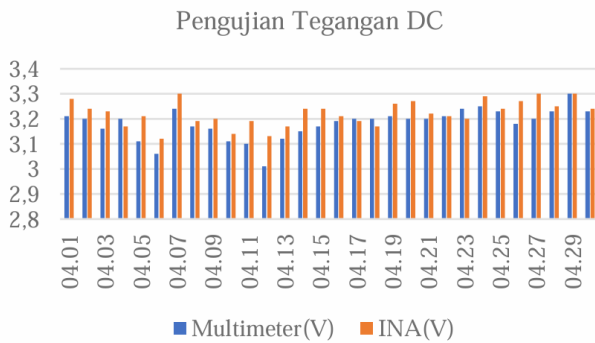
**Pengujian Arus Sensor PZEM-004T**

Pengujian arus pada sensor PZEM-004T dilakukan dengan membandingkan nilai arus sensor PZEM-004T dengan nilai arus multimeter. Pengujian dilakukan dengan mengambil sampel data setiap 1 menit selama 30 menit menggunakan beban lampu.. Berikut merupakan hasil pengujian arus sensor PZEM-004T:

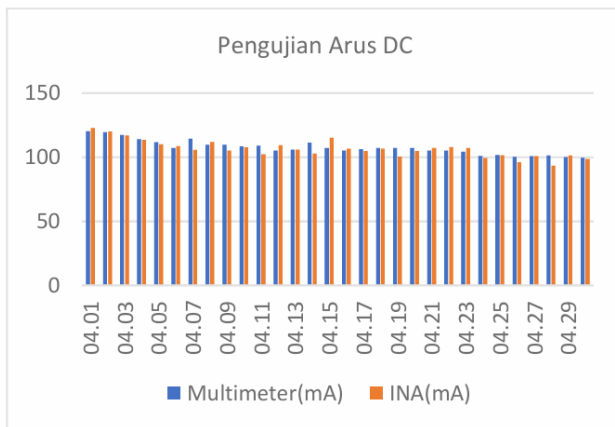




Gambar 12. Arus pengisian baterai.



Gambar 13. Grafik hasil pengujian tegangan sensor INA219



Gambar 14. Grafik hasil pengujian arus sensor INA219

Dari hasil pengujian pada Tabel 10, nilai rata-rata error *rate* adalah 0%.

## Kesimpulan

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis pada sistem PLTS hybrid, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sistem *Automatic Transfer Switch* (ATS) yang dirancang mampu berfungsi dengan baik dalam mengalihkan sumber daya energi

Table 8. Pengujian tegangan sensor INA219

No.	Jam	Multimeter (V)	INA (V)	EError tegangan (%)
1	04.01	3,21	3,28	2,134
2	04.02	3,2	3,24	1,235
3	04.03	3,16	3,23	2,167
4	04.04	3,2	3,17	0,946
5	04.05	3,11	3,21	3,115
6	04.06	3,06	3,12	1,923
7	04.07	3,24	3,3	1,818
8	04.08	3,17	3,19	0,627
9	04.09	3,16	3,2	1,25
10	04.10	3,11	3,14	0,955
11	04.11	3,1	3,19	2,821
12	04.12	3,01	3,13	3,834
13	04.13	3,12	3,17	1,577
14	04.14	3,15	3,24	2,778
15	04.15	3,17	3,24	2,160
16	04.16	3,19	3,21	0,623
17	04.17	3,2	3,19	0,313
18	04.18	3,2	3,17	0,946
19	04.19	3,21	3,26	1,534
20	04.20	3,2	3,27	2,140
21	04.21	3,2	3,22	0,621
22	04.22	3,21	3,21	0
23	04.23	3,24	3,2	1,25
24	04.24	3,25	3,29	1,216
25	04.25	3,23	3,24	0,309
26	04.26	3,18	3,27	2,752
27	04.27	3,2	3,3	3,030
28	04.28	3,23	3,25	0,615
29	04.29	3,3	3,3	0
30	04.30	3,23	3,24	0,309
	Rata-rata			1,5

listrik secara otomatis ketika PLTS tidak mampu memenuhi kebutuhan daya beban maupun ketika PLTS kembali mampu mensuplai daya.

2. Sumber energi dari PLTS yang dikembangkan dapat menyediakan kebutuhan energi listrik untuk sistem hidroponik. Energi listrik dari panel surya dapat digunakan untuk mensuplai beban sistem hidroponik saat pengambilan data keluaran.
3. Sistem pemantauan menggunakan sensor INA219 dan sensor PZEM-004T dapat membaca tegangan dan arus listrik dengan akurasi yang memadai. Berdasarkan hasil pengujian, nilai *error rate* pada sensor INA219 untuk tegangan DC adalah 1,5%, dan untuk arus DC sebesar 2,724%. Sementara itu, sensor PZEM-004T menunjukkan nilai *error rate* tegangan AC sebesar 0,266% dan arus AC sebesar 0%. Data hasil pembacaan sensor yang ditampilkan melalui layar LCD juga dapat berfungsi dengan baik.

Table 9. Pengujian arus sensor INA219

No.	Jam	Multimeter (mA)	INA (mA)	error arus (%)
1	04.01	120,2	122,6	1,958
2	04.02	119,6	119,9	0,25
3	04.03	117,2	117	0,171
4	04.04	114	113,7	0,264
5	04.05	111,7	110,1	1,453
6	04.06	107,3	108,6	1,197
7	04.07	114,3	105,7	8,136
8	04.08	109,6	111,8	1,968
9	04.09	109,6	105,1	4,281
10	04.10	108,3	107,6	0,651
11	04.11	108,8	102,3	6,353
12	04.12	105,1	109,4	3,931
13	04.13	106	105,9	0,094
14	04.14	111,5	102,7	8,569
15	04.15	107,3	115,2	6,858
16	04.16	105,3	106,6	1,22
17	04.17	106,2	104,8	1,336
18	04.18	107,2	106,8	0,375
19	04.19	107,1	100,6	6,461
20	04.20	107,1	104,7	2,292
21	04.21	105,3	107,3	1,864
22	04.22	105,3	108	2,5
23	04.23	104,3	107,1	2,614
24	04.24	100,9	99,3	1,611
25	04.25	101,8	101,5	0,296
26	04.26	100,3	96,1	4,37
27	04.27	100,7	100,7	0
28	04.28	101,2	93,4	8,351
29	04.29	100	101,3	1,283
30	04.30	99,5	98,5	1,015
		Rata-rata		2,724

Table 10. Pengujian tegangan sensor PZEM-004T

No.	Jam	Multimeter (V)	PZEM (V)	Error Rate (%)
1	04.38	233	232	0,431
2	04.39	232	232	0
3	04.40	232	231,8	0,086
4	04.41	232	231,9	0,043
5	04.42	232	231,8	0,086
6	04.43	233	232	0,431
7	04.44	233	232	0,431
8	04.45	232	232,1	0,043
9	04.46	233	232,1	0,388
10	04.47	233	232,1	0,388
11	04.48	232	232,2	0,086
12	04.49	232	231,6	0,172
13	04.50	232	231,6	0,172
14	04.51	232	231,6	0,173
15	04.52	232	231,5	0,216
16	04.53	232	231,1	0,389
17	04.54	232	231,1	0,389
18	04.55	232	231,1	0,389
19	04.56	232	231,5	0,216
20	04.57	232	231,6	0,173
21	04.58	232	231	0,433
22	04.59	231	230,9	0,043
23	05.00	231	230,8	0,087
24	05.01	232	231	0,433
25	05.02	232	230,9	0,476
26	05.03	231	231	0
27	05.04	232	230,9	0,476
28	05.05	232	230,8	0,520
29	05.06	232	231	0,433
30	05.07	232	231,1	0,389
			Rata-rata	0,266

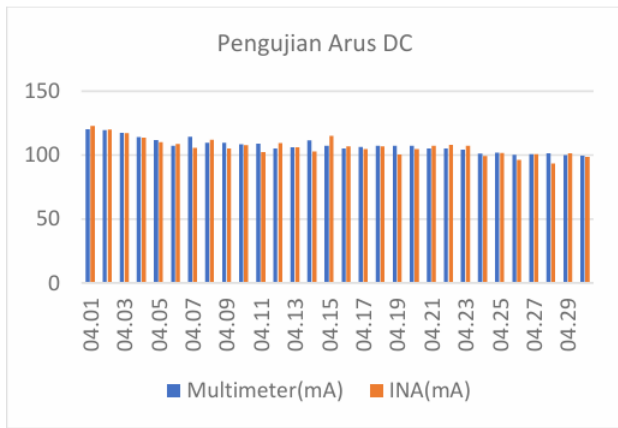
#### Saran

Berdasarkan hasil implementasi, pengujian, dan analisis sistem PLTS hybrid untuk hidroponik *Deep Flow Technique* (DFT), beberapa hal yang dapat ditingkatkan adalah sebagai berikut:

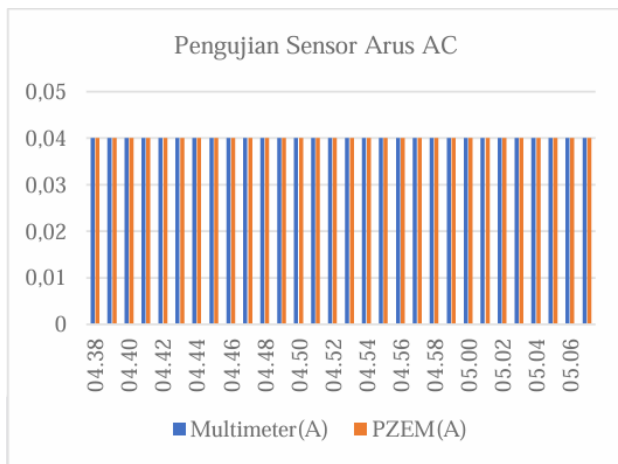
1. Memodifikasi inverter agar dapat dioperasikan secara daring atau otomatis.
2. Menambahkan sensor untuk memantau keluaran dari panel surya.
3. Meningkatkan kapasitas baterai untuk mendukung kebutuhan daya yang lebih besar.

#### Daftar Pustaka

1. Utari SD. Pengaruh Waktu Elektrolisis Air Menggunakan Elektroda Besi Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Hidroponik Kangkung; 2018.
2. Purwanto A, Supegina F, Kadarina T. Sistem Kontrol Dan Monitor Suplai Nutrisi Hidroponik Sistem Deep Flow Technique (DFT) Berbasis Arduino NodeMCU Dan Aplikasi Android. Jurnal Teknologi Elektro. 2019;10(3).
3. Hatta D. Hidroponik Sistem DFT (Deep Film Technique); 2018. Accessed: 2021-11-13. Available at: <https://www.atmago.com>.
4. Limanseto H. Miliki Perhatian Serius pada Energi Baru Terbarukan, Pemerintah Berkomitmen Menjaga Ketersediaan Energi Nasional Berkelanjutan; 2023. Accessed: 2024-06-26. Available at: <https://ekon.go.id/publikasi/detail/5250/miliki-perhatian-serius-pada-energi-baru-terbarukan-pemerintah-berkomitmen-menjaga-ketersediaan-energi-nasional-berkelanjutan>.
5. Husaini MA, Zulianto A, Sasongko A. Otomatisasi Monitoring Metode Budidaya Sistem Hidroponik dengan Internet of Things



Gambar 15. Grafik hasil penguujian arus sensor INA219



Gambar 16. Grafik hasil penguujian arus PZEM-004T

Lampu Penerangan 20 W Pada Kolam Politeknik Negeri Jakarta. Politeknik Negeri Jakarta; 2021.

Table 11. Penguujian arus sensor PZEM-004T

No.	Jam	Multimeter (A)	PZEM (A)	Error Rate (%)
1	04.38	0,04	0,04	0
2	04.39	0,04	0,04	0
3	04.40	0,04	0,04	0
4	04.41	0,04	0,04	0
5	04.42	0,04	0,04	0
6	04.43	0,04	0,04	0
7	04.44	0,04	0,04	0
8	04.45	0,04	0,04	0
9	04.46	0,04	0,04	0
10	04.47	0,04	0,04	0
11	04.48	0,04	0,04	0
12	04.49	0,04	0,04	0
13	04.50	0,04	0,04	0
14	04.51	0,04	0,04	0
15	04.52	0,04	0,04	0
16	04.53	0,04	0,04	0
17	04.54	0,04	0,04	0
18	04.55	0,04	0,04	0
19	04.56	0,04	0,04	0
20	04.57	0,04	0,04	0
21	04.58	0,04	0,04	0
22	04.59	0,04	0,04	0
23	05.00	0,04	0,04	0
24	05.01	0,04	0,04	0
25	05.02	0,04	0,04	0
26	05.03	0,04	0,04	0
27	05.04	0,04	0,04	0
28	05.05	0,04	0,04	0
29	05.06	0,04	0,04	0
30	05.07	0,04	0,04	0
<b>Rata-rata</b>				0

(IoT) Berbasis Android MQTT dan Tenaga Surya. SOSTECH. 2021;1(8):785-800.

6. Nugroho I, Jamaaluddin. Sistem ATS Hybrid dengan Daya PLTS dan PLN untuk Pompa Hidroponik Berbasis IoT. *Procedia of Engineering and Life Science*. 2021;1(1).
7. Majid A. Perancangan Sistem Automatic Transfer Switch (ATS) Sebagai Komponen Pelengkap Sistem Hybrid PLN – Sel Surya. *JTE*. 2017;7(1):1-9.
8. Safitri N, Rihayat T, Riskina S. *Teknologi Photocoltaic*. Cetakan pertama ed. Banda Aceh; 2019.
9. Pambudi OE. *Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pada Rumah Tinggal Sederhana*; 2018.
10. Cahyo WD, Abidin Z, Ilmi U. Analisa Perhitungan Beban Listrik di Kantor Pemerintah Kabupaten Lamongan. *RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer)*. 2023;6(2).
11. Putri LA, Hafiz M, Nofriyani N, Saputra Z. Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Pada Pompa Air untuk Tanaman Hidroponik. *SNITT*. 2021;1(01):132-8.
12. Admin. *MPPT Vs PWM*; 2022. Accessed: 2022-07-17. Available at: <https://tobaenergi.com/mppt-vs-pwm>.
13. Muhammad F, Benhur N, Indra S. Penentuan Komponen Sistem PLTS 100 Wp pada Floating Photovoltaic sebagai Sumber Energi

14. Corporation E. *Transfer switch 101*. Cleveland, USA: Eaton Corporation; 2015. WP140001EN.
15. Alfarski MR, Dhandi M, Kiswantono A. Automatic Transfer Switch (ATS) Using Arduino Uno, IoT-Based Relay and Monitoring. *Journal of Electrical and Electronics*. 2021;6(1).
16. Tanjung F, Sopyang, et al S. Perancangan Panel ATS (Automatic Transfer Switch) PLN ke Generator Gudang Pupuk di Jeneponto. *Jurnal Teknik Elektro UNISMUH*. 2022;14(2).
17. Muhammad B, Ekki K, Cahyantar E. Densain dan Implementasi Inverter 1 Fasa Oada Catu Daya Cadangan untuk Sistem Hybrid Design. *e-Proceeding of Engineering*. 2018;5(1).