

## **Perancangan Sistem Pembangkit Listrik *Hybrid* Tenaga Surya dan PLN**

**Yulisman<sup>1</sup>, Albeni Fakhri<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Dosen, <sup>2</sup>Mahasiswa, Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik,  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat  
Jalan By Pass Aur Kuning No.1 Bukittinggi  
Correspondence email: Albenifakhri30@gmail.com

**Abstrak.** Energi listrik merupakan salah satu energi yang sangat di perlukan. Matahari (sinar matahari) adalah salah satu energi terbarukan, dapat dimanfaatkan untuk membangkitkan energi listrik. Indonesia merupakan Negara tropis, sehingga sinar matahari tersedia cukup banyak. Untuk mendapatkan energi listrik yang efisien dan aman (konsisten), dapat digunakan energi matahari yang backup dengan energi listrik PLN menggunakan sistem *hybrid*. Sistem *hybrid* yang direncanakan menggunakan solar panel tipe *Poly-crystalline* 100 WP (2 buah), Baterai 100 Ah 12 V (2 buah). Sistem kontroler *hybrid* menggunakan inverter *hybrid* 1000 watt. Aplikasi yang di rancang digunakan sebagai lampu penerangan labor sebanyak (10 buah) yang membutuhkan daya 1000 watt.

**Kata kunci:** Sistem Hybrid, Tenaga Listrik PLN, Panel Surya dan Baterai

**Abstract.** *Electrical energy is one of the most needed energy. The sun (sunlight) is a renewable energy that can be used to generate electrical energy. Indonesia is a tropical country, so there is quite a lot of sunlight available. In order to obtain efficient and safe (consistent) electrical energy, backup solar energy can be used with PLN's electrical energy using a hybrid system. The planned hybrid system uses 100 WP Poly-crystalline solar panels (2 pieces), 100 Ah 12 V batteries (2 pieces). The hybrid controller system uses a 1000 watt hybrid inverter. Applications that are designed to be used as labor lighting lamps (10 pieces) that require 1000 watts of power.*

**Keywords:** *Hybrid System, PLN Electricity, Solar Panels and Batteries*

### **PENDAHULUAN**

Energi listrik merupakan salah satu faktor utama terjadinya pertumbuhan ekonomi suatu negara. Sumber energi listrik menjadi salah satu kebutuhan utama mengingat banyaknya peralatan saat ini yang sangat memerlukan sumber energi listrik. Energi listrik dimanfaatkan sebagai konsumsi rumah tangga, gedung-gedung sekolah, kantor, maupun sebagai penerangan jalan. Kebutuhan akan energi listrik menjadi semakin kompleks ketika sumber energi listrik hanya bergantung kepada percadangan energi konvensional yang semakin lama semakin habis. Energi sepertinya akan tetap menjadi tema penelitian yang menarik sepanjang peradaban umat manusia. Upaya mencari sumber energi alternatif sebagai pengganti sumber energi konvensional bahan bakar fosil masih tetap ramai dibicarakan. Salah satu sumber energi alam yang tersedia sebagai energi alternatif yang bersih, tidak ber-polusi, aman dengan persediaan yang tidak terbatas adalah energi surya.

Energi surya diubah menjadi energi listrik melalui bantuan panel surya (*photovoltaic*). Panel surya berfungsi untuk mengkonversi energy matahari menjadi energi listrik. Teknologi panel surya merupakan sebuah hamparan semi konduktor yang dapat menyerap *photon* dari sinar matahari dan mengkonversi menjadi listrik. Panel surya biasanya dikemas dalam sebuah unit yang disebut modul. Dalam sebuah modul surya terdiri dari banyak sel surya yang bisa disusun secara seri maupun parallel.

Oleh karena itu perlunya teknologi baru untuk menggantikan sumber energi listrik dari pembangkit listrik PLN yang berasal dari energi tak terbarukan. Selain itu perlunya ketersediaan energi berkelanjutan yang merupakan faktor penting karena mengingat energi fosil yang cepat atau lambat akan habis, begitu juga dengan dampak perekonomian yang sampai saat ini masih terlalu banyak memakan biaya, begitu juga infrastruktur yang sesuai dalam sistem pelayanan masyarakat dan masalah dari dampak sosial yang akan terjadi. Solusi yang tepat untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan menggunakan *solar cell*, karena energi matahari yang sangat berlimpah dan tidak akan pernah habis jika kita gunakan secara terus menerus.

Daerah dataran tinggi sangat cocok untuk menerapkan pembangkit energi listrik dari *photovoltaic* mengingat intensitas cahaya matahari yang bagus. Dengan menggunakan *solar cell* maka didapatkan cara untuk mengurangi pemakaian sumber listrik dari PLN yang terbatas. Salah satu upaya yang akan dikembangkan adalah PLTS *Hybrid* (PV dan PLN) yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Surya sistem *Hybrid*, dimana sumber listrik yang dihasilkan oleh panel surya dapat digabungkan dengan sumber listrik dari PLN. Dengan demikian secara bergantian kedua sistem ini akan saling menunjang ketika terjadi kekurangan daya listrik atau pemadaman. Dalam sistem ini, sumber energi utama adalah dari panel surya yang dikonversikan dan ditampung ke baterai, dan ketika pemakaian listrik melebihi dari kapasitas baterainya

maka secara otomatis listrik dari PLN akan masuk. Dari uraian diatas maka penulis akan melakukan perancangan dan pembuatan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hybrid (PV dan PLN) yang akan di-implementasikan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik dari energi surya dilaboratorium Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik UM Sumatera Barat.

## METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini akan dilakukan untuk perancangan sistem Pembangkit Listrik *Hybrid* tenaga surya dan PLN, pada Laboratorium Teknik Elektro Kampus III Fakultas Teknik UM Sumatera Barat, Bukittinggi.

Teknologi yang akan digunakan adalah inverter *hybrid*, dimana inverter *hybrid* ini dapat beroperasi dari sumber jala-jala (PLN), panel surya, dan baterai. Penelitian ini mengembangkan teknologi yang telah ada. Data-data yang diperoleh digunakan untuk memperluas pengetahuan yang telah ada, maka penelitian ini disebut penelitian kuantitatif pengembangan dikarenakan penelitian ini bertujuan untuk meng-implementasikan sistem PLTS *hybrid* di laboratorium Teknik Elektro Fakultas Teknik UM Sumatera Barat.

Penelitian ini diawali dengan studi literatur. Penelitian ini menggabungkan penggunaan beberapa peralatan dan komponen untuk menghasilkan sistem yang dimaksud. Sumber data yang akan digunakan diperoleh dari studi literatur, dimana ini adalah tahapan awal dalam langkah penelitian. Dalam tahap ini peneliti mengumpulkan referensi atau sumber tertulis lainnya yang terkait dengan penelitian yang akan dilakukan. Informasi yang diperoleh dari studi literatur tersebut akan dikembangkan dalam penelitian ini.

## Metode Perancangan

### Perancangan perangkat keras

Penelitian diawali dengan perancangan perangkat keras. Konsep rancangan terlihat pada diagram blok pada gambar 3.1. Sumber daya pada sistem ini terdiri dari panel surya, baterai, dan sumber PLN. Sumber tersebut terhubung ke inverter. dan baterai berfungsi sebagai penyimpan energi matahari yang diperoleh dari panel surya. Besarnya arus pengisian ke baterai diatur oleh MPPT SCC yang ada di inverter. Pada kondisi tidak ada energi matahari, maka baterai akan memasok daya ke beban. Daya dari jaringan PLN akan dipasok ke beban jika tidak ada energi dari matahari dan energi yang tersimpan di baterai.

Disamping perangkat utama seperti yang terlihat pada gambar 3.1. perangkat keras pada penelitian ini menggunakan komponen lain untuk tujuan kontrol, proteksi, dan pengukuran. Jumlah beban yang tersambung ke inverter dikendalikan oleh kontaktor. Nilai parameter listrik diperoleh dari hasil pengukuran sensor arus dan tegangan. Pengaman terhadap hubung singkat menggunakan MCB.

## Pengujian alat

Alat yang telah selesai dibuat, dilakukan pengujian untuk memastikan alat tersebut berfungsi sesuai rancangan. Pengujian dilakukan dengan menyambungkan sumber PV, Baterai, PLN, dan beban ke inverter *hybrid*. Setelah semuanya terpasang selanjutnya melakukan uji coba alat dengan cara menaikkan mcb PV, Baterai, PLN, Kontrol dan mcb pengukuran. Dan menaikkan tombol on pada inverter *hybrid* setelah semuanya di on maka sumber listrik yang dihasilkan oleh inverter *hybrid* telah mengalir ke mcb beban dan control selanjutnya memutar scalar auto / manual ke arah manual, kemudian menekan tombol push button 1,2,3 dan 4 pada pintu panel untuk mengaktifkan kontaktor 1, 2, 3, dan 4 agar bisa mensuplai daya listrik ke beban, berguna untuk menguji sumber dan beban yang telah terpasang.

1. Pengujian sumber, pengujian sumber dilakukan untuk menguji arus dan tegangan dari PV, baterai, dan PLN menggunakan alat ukur digital yang terpasang di pintu panel dan untuk beban penuh (1000 Watt).
2. Pengujian beban, dilakukan untuk mengukur arus, tegangan dan frekuensi yang dihasilkan oleh inverter *hybrid*, dengan beban bervariasi.
3. Melakukan pengujian berapa lama baterai 200 Ah kondisi terisi penuh bisa disuplai ke beban dengan beban bervariasi.

## Pengambilan data

Setelah pengujian dilakukan dan alat dipastikan berfungsi dengan baik maka penelitian ini dilanjutkan dengan pengambilan data. Data ini diambil dari alat ukur digital yang berbeda : 1) secara manual 2) secara otomatis yang telah terpasang pada pintu panel kontrol. Untuk mengaktifkan lampu pijar yang telah terpasang maka saklar seri dan saklar triple juga harus di onkan. Setelah semua lampu dihidupkan maka dilakukan pengujian sumber tegangan, arus, serta frekuensi yang ada pada sumber dan beban, dengan menggunakan alat ukur manual dan otomatis pada pintu panel yang telah terpasang.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

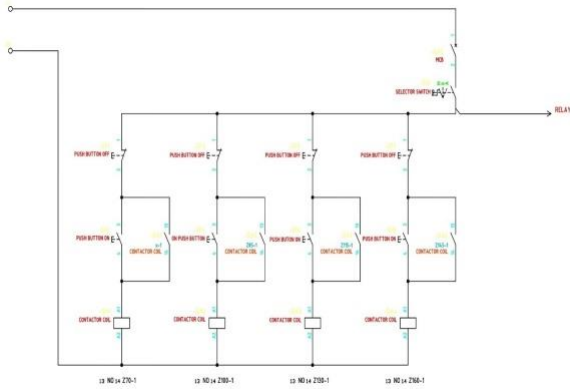
Hasil dan pembahasan dari perancangan sistem pembangkit listrik *hybrid* tenaga surya dan PLN sebagai berikut :

### Perangkat keras

Hasil perancangan skematik diagram perangkat keras mengacu pada gambar rangkaian yang terdiri dari beberapa bagian, yaitu: rangkaian kontrol berfungsi sebagai pengatur off dan on secara manual, ditunjukkan dengan gambar 3.1. Rangkaian daya adalah rangkaian dimana terjadinya aliran daya dari panel surya, dan PLN menuju inverter *hybrid* dan untuk mengatur pengisian ke baterai, ditunjukkan dengan gambar 3.2. Rangkaian single line diagram beban berfungsi sebagai pensuplai daya listrik dari inverter *hybrid* menuju beban, ditunjukkan

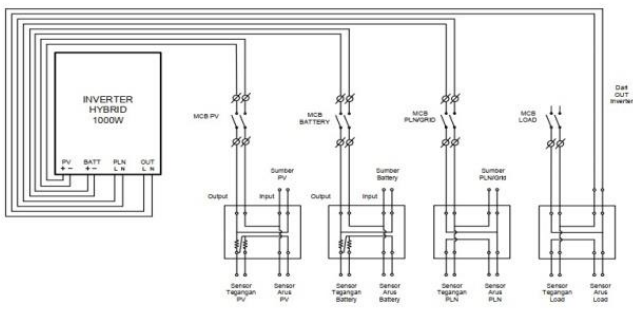
dengan gambar 3.3. Rangkaian pengukuran digunakan untuk mengukur nilai tegangan, arus, dan frekuensi masing-masing dari panel surya, PLN, baterai, dan beban. Di tunjukan dengan gambar 3.4. Hasil perancangan sistem pembangkit listrik *hybrid* tenaga surya dan PLN di tunjukan dengan gambar 3.5.

**Rangkaian control**



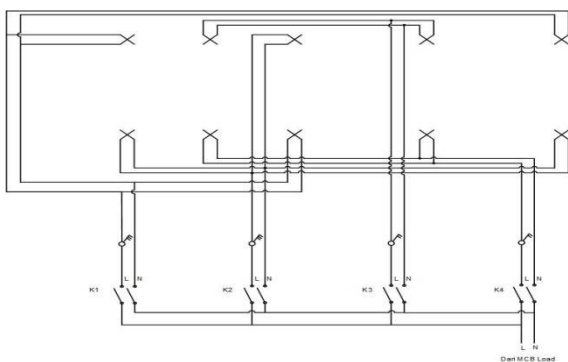
Gambar 1: Rangkaian control

**Rangkaian daya**



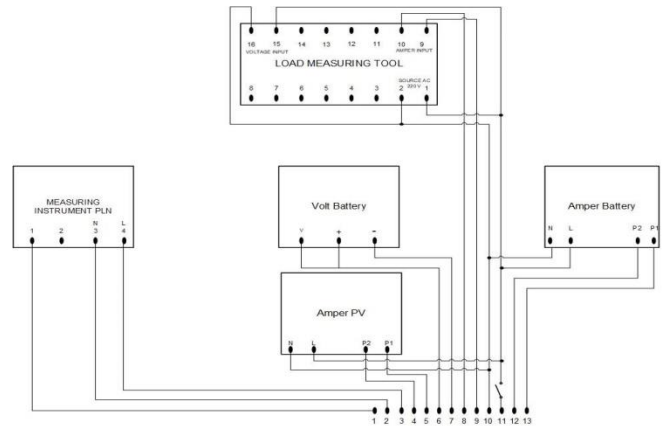
Gambar 2: Rangkaian Daya

**Rangkaian beban**



Gambar 4.3 Rangkaian Beban

**Rangkaian pengukuran**



Gambar 4: Rangkaian Pengukuran

**Perancangan sistem**

Realisasi hasil perancangan sistem pembangkit listrik *hybrid* tenaga surya dan PLN, terdiri atas komponen utama, yaitu : inverter *hybrid*, panel indikator, baterai, saklar, lampu sebagai beban dan panel surya.



Gambar 3.5. Inverter hybrid, dan beban (lampu)



Gambar 3.6. Panel indikator



Gambar 3.7. Baterai



Gambar 3.8. Panel surya



Gambar 3.9

**Pengujian**

Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat ukur digital yang berfungsi sebagai alat ukur untuk mengukur tegangan, arus, dan frekuensi. Dengan tujuan mengetahui berapa tegangan, arus, dan frekuensi yang di hasilkan dari PV, PLN (sumber), dan Baterai serta daya yang dikeluarkan oleh inverter *hybrid*.

**Pembahasan**

**Pengukuran sumber dengan beban 1000 Watt**

Tabel 1: Pengukuran sumber dengan beban 1000 watt

No	Besaran	Satuan	Hasil pengukuran		
			Automatis	Manual	persentase —X 100%
1	Tegangan PV	Volt (V)	54.6	55.5	1.62%
2	Arus PV	Ampere (A)	2.63	2.73	3.66%
3	Tegangan baterai	Volt (V)	27.3	27.6	1,09%
4	Arus Baterai	Ampere (A)	0.89	0.89	0%
5	Tegangan PLN	Volt (V)	216	219	1.37%
6	Arus PLN	Ampere (A)	4.3	4.6	6.52%
7	Frekuensi PLN	Frekuensi (Hz)	49.98	50.04	0.12%

Dari tabel-1. diatas, terlihat adanya perbedaan pembacaan nilai tegangan, arus, dan frekuensi antara alat ukur otomatis (panel) dengan manual. Perbedaan tersebut terjadi karena pengaruh sensitivitas pembacaan dari alat ukur.

**Pengukuran beban bervariasi**

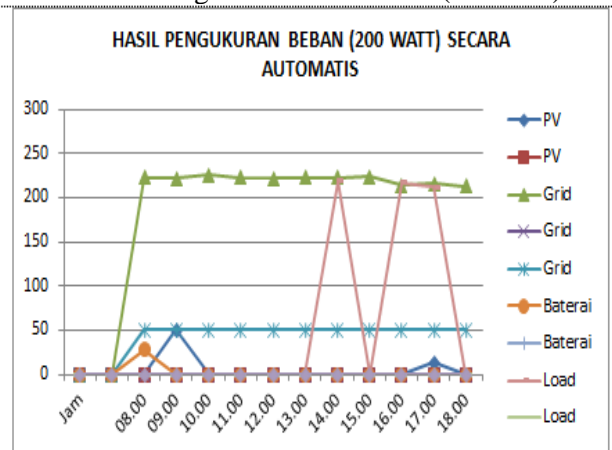
Pengujian dari keseluruhan data keluaran alat ukur digital pada panel, pencatatan data dilakukan selama satu hari pada tanggal 02 Februari 2022 mulai dari 08.00 WIB hingga 18.00 WIB.

1. Pengukuran beban 20% (200 watt) menggunakan alat ukur otomatis.

Tabel 2: Pengukuran beban 20% (200 watt)

Jam	PV		Grid			Baterai		Load		
	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)	Frek (Hz)	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)	Frek (Hz)
08.00	48.98	4.60	223	1.09	50	28	0.8	218.7	0.85	50.03
09.00	50	10.70	222	1.05	50	27.4	0.76	220.5	0.88	49.91
10.00	49.8	0.96	226	1.21	50	26.7	0.74	222.2	0.86	50.09
11.00	43.2	0.07	223	1.14	50	27.7	0.77	219.6	0.88	50.01
12.00	49.2	0.83	222	1.05	50	27.3	1.08	217.4	0.88	49.91
13.00	55.3	1.30	223	1.21	50	25.7	1.23	220.7	0.86	49.93
14.00	50.6	0.87	223	1.16	50	27.9	0.74	219	0.85	50.09
15.00	44.3	0.86	224	1.22	50	28.1	0.8	218.5	0.89	50.02
16.00	29.0	0.16	214	1.12	50	26.1	0.23	217	0.87	49.99
17.00	13	0.05	216	1.17	50	24.2	0.34	212	0.88	50.07
18.00	0	0	213	1.13	50	25.3	0.5	209.6	0.84	50.11

Grafik 1: Pengukuran beban 20% (200 watt)

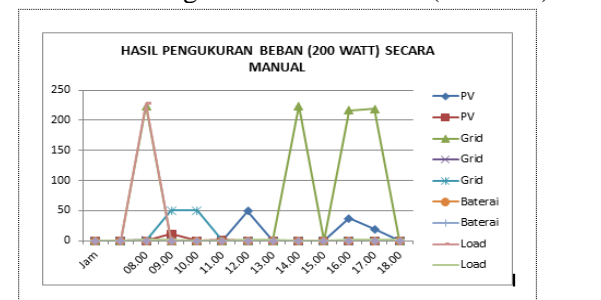


2. Pengukuran beban 20% (200 watt) secara manual.

Tabel 3: Pengukuran beban 20% (200 watt)

Jam	PV		Grid			Baterai		Load		
	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)	Frek (Hz)	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)	Frek (Hz)
08.00	51.02	10.4	224	1.15	50.03	28.3	0.95	228	1	50.08
09.00	58.63	11	224.8	1.1	50	28.1	0.9	225.2	1	49.91
10.00	59.85	1.2	227.9	1.4	50	28.09	0.8	229.1	0.9	50.06
11.00	42.72	1	225.6	1.2	50.07	28.09	0.8	222.7	0.9	50.06
12.00	49	0.9	225.6	1.1	49.91	28.36	1.8	226.3	1	49.95
13.00	55.3	1.3	223.1	1.3	49.9	27.02	1.7	224.3	1	49.88
14.00	57.01	1.24	224	1.4	49.85	27.1	1.1	224.6	0.9	49.84
15.00	51.24	0.9	225.5	1.3	50.09	28.42	0.8	227.6	0.9	50.12
16.00	37	0.31	216	1.2	50.04	27.9	0.74	225.9	1	50.05
17.00	19	0.09	219	1.3	50.1	28.24	0.78	222.6	1	50.1
18.00	0	0	214.7	1.4	50.15	27.07	0.6	217.2	1	50.15

Grafik 2: Pengukuran beban 20% (200 watt)



Perbandingan hasil pengukuran beban 20% (200 watt) menggunakan alat ukur otomatis, dan secara manual.

No	Jam	Hasil pengukuran tegangan (V)		persentase — X 100%
		Otomatis	Manual	
1	08.00	218.7	228	4 %
2	09.00	220.5	224.1	2 %
3	10.00	222.2	2227	3 %
4	11.00	219.6	222.7	1.3 %
5	12.00	217.4	225.5	3.9 %
6	13.00	220.7	224.3	1.6 %
7	14.00	219	224.6	2.4 %
8	15.00	218.5	227.6	3.9 %
9	16.00	217	225.9	3.9 %
10	17.00	212	222.6	4.7 %
11	18.00	209.6	217.2	3.4 %

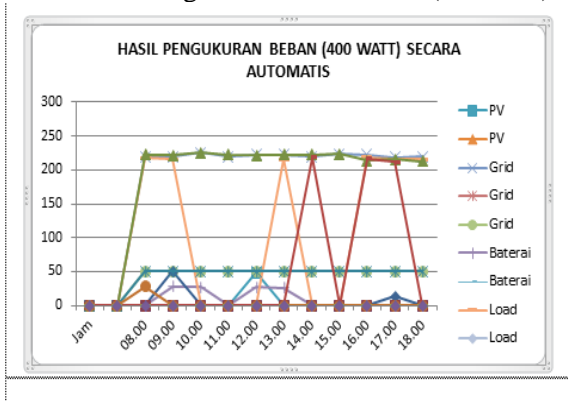
Dari tabel 2 dan tabel 3, terlihat pada nilai perbandingan persentase terjadinya penurunan tegangan pada alat ukur otomatis berkisar 1,6 % s/d 4,7 %, yang berpengaruh kepada arus menjadi naik, berkisar antara 1 % s/d 16 %.

3. Pengukuran beban 40% (400 watt) menggunakan alat ukur otomatis.

Tabel 4: Pengukuran beban 40% (400 watt)

Jam	PV		Grid			Baterai		Load		
	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)	Frek (Hz)	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)	Frek (Hz)
08.00	51.6	2.10	220	1.82	50	28.3	0.85	218	1.76	50.02
09.00	58.8	2.05	220	1.9	50	28	0.79	216	1.74	49.88
10.00	57.6	1.31	225	1.94	50	27	0.79	221.4	1.73	49.97
11.00	43.3	0.62	220	1.97	50	27.4	0.78	217.4	1.75	50.1
12.00	48	0.80	223	1.91	50	27	0.8	220.6	1.78	49.96
13.00	51.3	1.26	223	1.86	50	26	0.52	216	1.72	49.94
14.00	52.1	1.37	220	1.87	50	26.0	0.65	216.7	1.71	49.8
15.00	51.3	0.81	224	1.92	50	26.5	0.95	219.8	1.73	50.11
16.00	29.0	0.60	223	1.86	50	25.3	0.55	219	1.74	50.13
17.00	13.2	0.50	219	1.89	50	24.8	0.8	216	1.72	50.09
18.00	0	0	220	1.87	50	25.2	0.77	216	1.77	49.99

Grafik 3: Pengukuran beban 40% (400 watt)

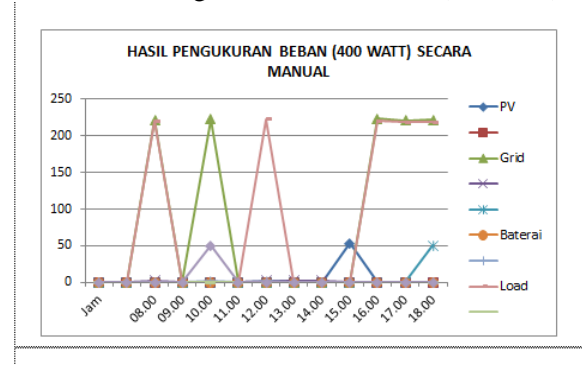


4. Pengukuran beban 40% (400 watt) secara manual.

Tabel 5: Pengukuran beban 40% (400 watt)

Jam	PV		Grid			Baterai		Load		
	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)	Frek (Hz)	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)	Frek (Hz)
08.00	52.6	2.20	222	2	50.02	28.5	0.9	220	1.81	49.99
09.00	58.9	2.10	221.4	2.1	49.18	28.9	1.1	220.2	1.8	49.88
10.00	58.1	1.52	223	1.99	49.8	27.5	1	224.3	1.82	50
11.00	46.51	0.70	226.9	2.1	50.06	28.09	0.9	221.3	1.8	49.99
12.00	49.8	1.00	225.4	2	49.93	27.28	1	223	1.8	49.93
13.00	52.53	1.40	223.9	2	49.95	26.97	0.4	216.1	1.80	49.97
14.00	51.87	1.50	221.6	2	49.93	26.9	2.2	221.4	1.80	49.93
15.00	53	1.20	227.6	2.3	50.1	28.1	1.1	224.1	1.80	50.14
16.00	30.0	1.10	224	1.88	49.98	25.8	0.8	220	1.83	50.13
17.00	13.8	0.60	221	1.93	49.97	25.02	0.83	219	1.80	50.06
18.00	0	0	222	1.88	50	26.7	0.8	219	1.82	50.04

Grafik 4: Pengukuran beban 40% (200 watt)



Perbandingan hasil pengukuran beban 40% (400 watt) menggunakan alat ukur otomatis, dan secara manual

No	Jam	Hasil pengukuran tegangan (V)		Persentase — X 100%
		Otomatis	Manual	
1	08.00	218	220	0.9 %
2	09.00	216	220.2	1.9 %
3	10.00	221.4	224.3	1.2 %
4	11.00	217.4	221.3	1.7 %
5	12.00	220.6	223	1 %
6	13.00	216	216.1	0 %
7	14.00	216.7	221.4	2.1 %
8	15.00	219.8	224.1	1.9 %
9	16.00	2199	220	0.4 %
10	17.00	216	219	1.3 %
11	18.00	216	219	1.3 %

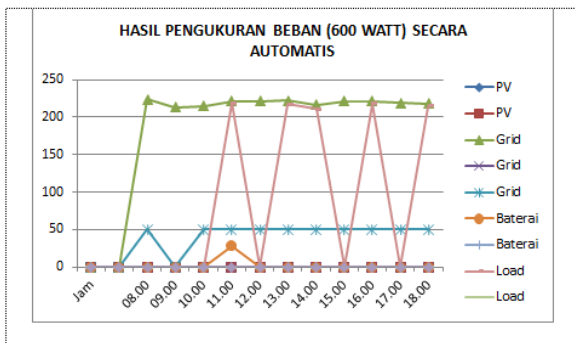
Dari tabel 4 dan tabel 5, terlihat pada nilai perbandingan persentase terjadinya penurunan tegangan pada alat ukur otomatis berkisar 0,4 % s/d 2,1 %, yang berpengaruh kepada arus menjadi naik, berkisar antara 2,7 % s/d 5 %.

5. Pengukuran beban 60% (600 watt) menggunakan alat ukur otomatis.

Tabel 6: Pengukuran beban 60% (600 watt)

Jam	PV		Grid			Baterai		Load		
	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)	Frek (HZ)	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)	Frek (HZ)
08.00	46.8	0.73	224	2.86	50	26.7	0.79	209.2	2.55	49.89
09.00	57.3	1.36	213	2.72	49.9	27.3	0.79	209.2	2.55	49.89
10.00	58.4	1.36	215	2.46	50	26.8	0.8	213.4	2.58	49.87
11.00	60.2	3.28	221	2.77	50	28	0.83	219	2.65	49.93
12.00	50.9	0.62	221	2.83	50	27.2	0.75	214.6	2.6	49.93
13.00	50.9	0.71	222	2.78	50	26.9	0.75	217	2.62	49.93
14.00	49.2	1.20	216	2.71	50	25.9	1.57	211	2.58	49.98
15.00	50.9	1.31	221	2.75	50	26.2	1.66	217.3	2.60	49.93
16.00	31.3	0.30	221	2.93	50	26.8	1.15	218	2.54	49.99
17.00	18.3	0.15	219	2.67	50	27.2	1.27	216.5	2.57	49.98
18.00	0	0	218	2.76	50	26.9	1.12	215	2.60	49.99

Grafik 5: Pengukuran beban 60% (600 watt)

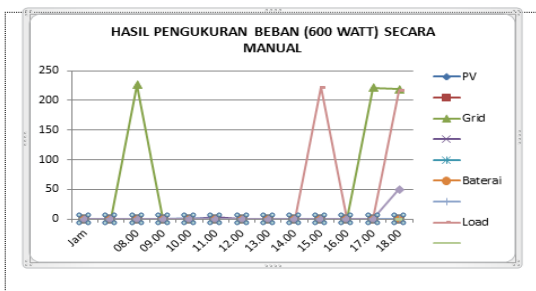


6. Pengukuran beban 60% (600 watt) secara manual

Tabel 7: Pengukuran beban 60 % (600 watt)

Jam	PV		Grid			Baterai		Load		
	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)	Frek (HZ)	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)	Frek (HZ)
08.00	49.64	1.00	226	3.1	50.07	28.1	0.9	214.5	2.60	49.89
09.00	58.32	1.70	216.1	2.9	49.9	28.1	0.9	214.5	2.6	49.89
10.00	58.89	1.60	216.3	2.8	49.84	27.21	1	216.4	2.7	49.9
11.00	61.02	3.34	226.4	3	49.94	28.12	1.3	221.5	2.8	50.04
12.00	45.6	0.80	221.5	2.9	50.04	28.13	0.8	221.2	2.7	49.95
13.00	51.86	0.70	225.8	3.1	49.92	28.13	0.9	213.9	2.60	49.88
14.00	49.83	1.30	218.3	2.9	50.01	27.2	1.5	213.7	2.80	49.95
15.00	52.23	1.40	222.8	3.1	50.01	27.19	1.7	222	2.60	49.98
16.00	32.0	1.20	224.2	3.03	50.02	27.4	1.2	221.6	2.89	49.96
17.00	18.8	0.35	221	2.96	50.02	27.6	1.4	218.5	2.79	50.01
18.00	0	0	219	2.8	50.01	27.5	1.2	216	2.65	50

Grafik 6: Pengukuran beban 60% (600 watt)



Perbandingan hasil pengukuran beban 60% (600 watt) menggunakan alat ukur otomatis, dan secara manual

No	Jam	Hasil pengukuran tegangan (V)		Persentase e -X 100%
		Automatis	Manual	
1	08.00	209.2	214.5	2.4 %
2	09.00	209.2	214.5	2.4 %
3	10.00	213.4	216.4	1.3 %
4	11.00	219	221.5	1.1 %
5	12.00	214.6	221.2	2.9 %
6	13.00	217	213.9	1.4 %
7	14.00	211	213.7	1.2 %
8	15.00	217.3	222	2.1 %
9	16.00	218	221.6	1.6 %
10	17.00	216.5	218.5	0.9 %
11	18.00	215	216	0.4 %

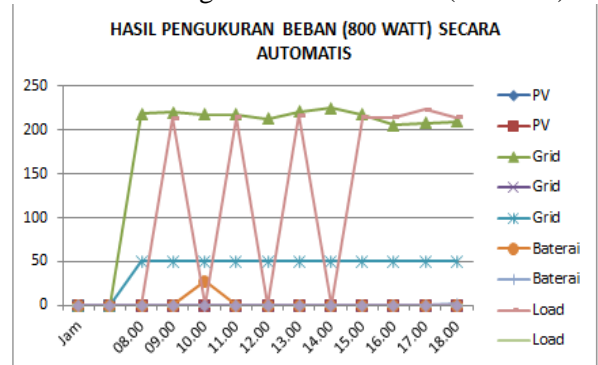
Dari tabel 6 dan tabel 7, terlihat pada nilai perbandingan persentase terjadinya penurunan tegangan pada alat ukur otomatis berkisar 0,4 % s/d 2,9 %, yang berpengaruh kepada arus menjadi naik, berkisar antara 0 % s/d 12,1 %.

7. Pengukuran beban 80% (800 watt) menggunakan alat ukur otomatis.

Tabel 8: Pengukuran beban 80% (800 watt)

Jam	PV		Grid			Baterai		Load		
	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)	Frek (HZ)	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)	Frek (HZ)
08.00	54.3	2.10	219	3.64	50	28.5	2.2	216.3	3.54	49.99
09.00	50.6	0.99	220	3.52	50	28.4	1.92	214	3.46	49.92
10.00	52.5	1.76	218	3.57	50	27	0.8	215.2	3.45	49.8
11.00	50.8	0.57	218	3.66	50	27.3	0.76	215	3.45	50.01
12.00	50.6	1.20	213	3.47	50	25.9	1.45	209.5	3.4	50.01
13.00	49.5	1.16	221	2.75	50	25.5	1.5	217	3.55	49.87
14.00	41.5	0.56	225	3.7	50	27.2	0.64	220.1	3.76	50.07
15.00	40.5	0.33	218	3.48	50	25.2	0.8	215	3.42	50.03
16.00	30.6	0.17	206	4.6	50	26.8	1.1	215	3.66	50.02
17.00	21.8	0.04	208	4.7	50	25.9	0.8	224	3.60	50.03
18.00	0	0	210	4.4	50	27.2	1	215	3.70	50.05

Grafik 7: Pengukuran beban 80% (800 watt)

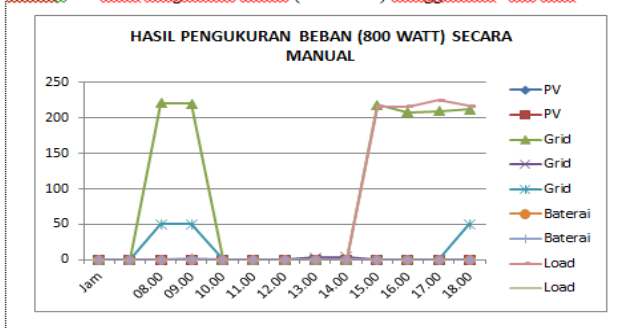


8. Pengukuran beban 80% (800 watt) secara manual.

Tabel 9: Pengukuran beban 80 % (800 watt)

	manual									
	PV		Grid			Baterai		Load		Frek
	Tegangan	Arus	Tegangan	Arus	Frek	Tegangan	Arus	Tegangan	Arus	
08.00	56.01	2.20	221	3.7	50	28.8	2.4	218.6	3.60	49.98
09.00	52.3	1.10	220	4.5	50	28.1	2	219.3	3.7	49.91
10.00	52.9	1.90	218.5	3.7	49.81	28.1	0.8	220.4	3.6	49.83
11.00	51.7	0.70	221.7	3.9	49.99	28.16	0.8	219.5	3.6	49.98
12.00	53.62	1.30	215.9	3.7	49.9	26.84	1.6	214.2	3.7	49.88
13.00	53.58	1.20	219.8	3	50.01	26.73	1.6	221.5	3.6	50.03
14.00	39.51	0.70	226.9	4	50.13	28.1	0.8	225.2	3.70	50.08
15.00	42.03	0.40	219	3.6	49.99	26.05	0.9	216	3.49	50.05
16.00	32.0	0.20	208	4.6	49.97	27.03	1.1	216	3.70	49.99
17.00	22.03	0.07	210	4.7	50.02	26.04	0.9	225	3.65	50.04
18.00	0	0	212	4.5	50	27.5	0.8	217	3.71	50.02

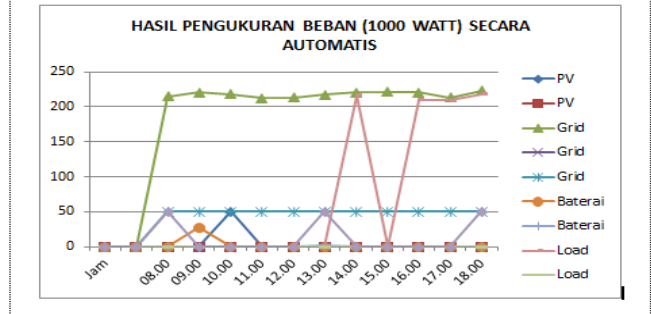
Grafik 8: Pengukuran beban 80% (800 watt)



Tabel 10: Pengukuran beban 100% (1000 watt)

Jam	PV		Grid			Baterai		Load		
	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)	Frek (Hz)	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)	Frek (Hz)
	08.00	4.3	0.60	215	4.46	50	26.9	0.79	210.9	4.28
09.00	50.6	1.15	220	4.4	50	27	2.34	215.2	4.3	50.04
10.00	50	0.70	218	4.48	50	27.4	0.78	213.8	4.29	49.96
11.00	52.7	0.77	212	4.68	50	26.9	0.76	210.7	4.25	49.88
12.00	50.8	1.57	213	4.37	50	26.2	1.98	209.4	4.23	49.9
13.00	53.1	1.10	217	4.65	50	26.8	2	214.2	4.50	50
14.00	50.2	1.20	220	4.53	50	27.8	0.76	216	4.34	50.12
15.00	48.3	0.72	221	4.49	50	28.1	0.73	216.4	4.32	50.13
16.00	34.7	0.35	220	4.61	50	26.8	0.65	210	4.29	50.07
17.00	30.2	0.28	213	4.73	50	27.2	0.75	209	4.30	50.06
18.00	0	0	223	4.55	50	25.2	0.77	218	4.35	50

Grafik 9: Pengukuran beban 100% (1000 watt)



Perbandingan hasil pengukuran beban 80% (800 watt) menggunakan alat ukur otomatis, dan secara manual

10. Pengukuran beban 100% (1000 watt) secara manual.

Tabel 11: Pengukuran beban 100 % (1000 watt)

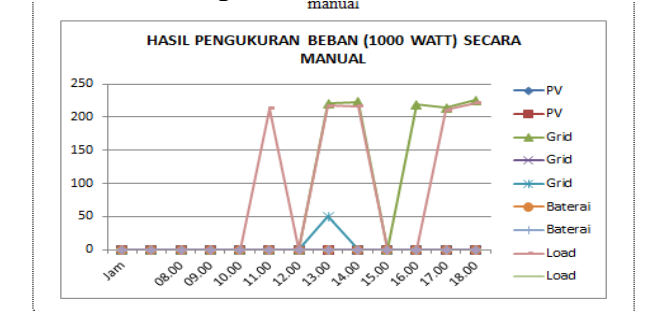
No	Jam	Hasil Pengukuran Tegangan (V)		Persentase
		Automatis	Manual	
		x 100 %		
1.	08.00	216.3	218.6	1 %
2.	09.00	214	219.3	2.4 %
3.	10.00	215.2	220.4	2.3 %
4.	11.00	215	219.5	2 %
5.	12.00	209.5	214.2	2.1 %
6.	13.00	217	221.5	2 %
7.	14.00	220.1	225.2	2.2 %
8.	15.00	215	216	0.4 %
9.	16.00	215	216	0.4 %
10.	17.00	224	225	0.4 %
11.	18.00	215	217	9.2 %

Jam	PV		Grid			Baterai		Load		
	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)	Frek (Hz)	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)	Frek (Hz)
	08.00	43.6	0.70	216.9	4.5	49.98	28.17	0.8	214.6	4.4
09.00	52.2	1.20	221.6	4.9	49.99	26.6	2.9	220.6	4.4	50.05
10.00	52.1	0.90	221.6	4.6	49.95	28.22	0.8	218.1	4.5	49.97
11.00	52.4	0.80	217.9	4.8	49.9	28.16	0.9	213	4.4	49.99
12.00	52.74	1.70	214.8	4.8	49.89	26.89	2.4	213.7	4.7	49.95
13.00	53.6	1.15	220	4.73	50	27.8	2.2	217	4.55	50.09
14.00	50.8	0.92	223	4.62	49.99	2.8	0.8	216	4.34	50.12
15.00	50.91	0.80	222.8	4.9	50.19	28.18	0.8	219.5	4.40	50.2
16.00	34.9	0.60	219	4.9	50.02	28.19	0.8	217.8	4.50	50.01
17.00	31.05	0.32	214	4.9	50.03	27.6	0.8	211	4.35	50.08
18.00	0	0	225	4.6	50.06	25.6	0.78	221	4.40	50.04

Dari tabel 8 dan tabel 9, terlihat pada nilai perbandingan persentase terjadinya penurunan tegangan pada alat ukur otomatis berkisar 0,4 % s/d 2,4 %, yang berpengaruh kepada arus menjadi naik, berkisar antara 0,2 % s/d 8,1 %.

9. Pengukuran beban 100% (1000 watt) menggunakan alat ukur otomatis.

Grafik 10: Pengukuran beban 100% (1000 watt)



Perbandingan hasil pengukuran beban 100% (1000 watt) menggunakan alat ukur otomatis, dan secara manual

No	Jam	Hasil Pengukuran		Persentase x 100 %
		Tegangan (V)		
		Automatis	Manual	
1.	08.00	210.9	214.6	1.7 %
2.	09.00	215.2	220.6	2.4 %
3.	10.00	213.8	218.1	1.9 %
4.	11.00	210.7	213	1 %
5.	12.00	209.4	213.7	2 %
6.	13.00	214.2	217	1.2 %
7.	14.00	216	216	0
8.	15.00	216.4	219.5	1.4 %
9.	16.00	210	217.8	3.5 %
10.	17.00	209	211	0.9 %
11.	18.00	218	221	1.3 %

Dari tabel 10 dan tabel 11, terlihat pada nilai perbandingan persentase terjadinya penurunan tegangan pada alat ukur otomatis berkisar 0 % s/d 3,5 %, yang berpengaruh kepada arus menjadi naik, berkisar antara 0 % s/d 10 %.

**Pengukuran kemampuan baterai 200 Ah melayani beban 300 watt**

Tabel 12. Pengukuran baterai 200 Ah kondisi terisi penuh mampu mensuplai beban 300 watt

No.	Jam	Tegangan (V)	Arus (A)	Frekuensi (Hz)	Cos φ
1.	8.00	216,5	1,315	50	1
2.	9.00	216,5	1,317	50	1
3.	10.00	216,0	1,318	50	0,99
4.	11.00	217,2	1,312	50	1
5.	12.00	216,5	1,314	50	1

Dari tabel 12 diatas, terlihat bahwa baterai 200 Ah 24 volt dc kondisi penuh hanya mampu mengaliri listrik ke beban 300 watt dengan waktu 5 jam. (dengan kondisi maksimum baterai 19 volt dc). Karena inverter hybrid disetting dengan baterai maksimum 19 volt dc.

**SIMPULAN**

Berdasarkan hasil dari pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan terhadap sistem kerja dari PLTS hybrid yang dibuat, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Hasil pengukuran dengan menggunakan alat ukur otomatis dan secara manual terdapat penurunan nilai tegangan dialat ukur otomatis, untuk pengujian :
  - a. Beban (200 Watt), berkisar 1,6 % s/d 4,7 % yang berpengaruh pada kenaikan arus antara 1 % s/d 16 %.
  - b. Beban (400 Watt), berkisar 0,4 % s/d 2,1 % yang berpengaruh pada kenaikan arus antara 2,7 % s/d 5 %.
  - c. Beban (600 Watt), berkisar 0,4 % s/d 2,9 % yang berpengaruh pada kenaikan arus antara 0 % s/d 12,1 %.
  - d. Beban (800 Watt), berkisar 0,4 % s/d 2,4 % yang berpengaruh pada kenaikan arus antara 0,2 % s/d 8,1 %.

- e. Beban (1000 Watt), berkisar 0 % s/d 3,5 % yang berpengaruh pada kenaikan arus antara 0 % s/d 10 %.
2. Baterai 200 Ah 24 volt dc pada kondisi penuh hanya mampu mengaliri listrik ke beban 300 Watt, selama 5 jam.

**Saran**

Perancangan sistem pembangkit listrik hybrid tenaga surya dan PLN ini masih terdapat ketidak-sempurnaan, baik dari segi kualitas bahan, penampilan dan sistem kinerja dan fungsi. Oleh karena itu diharapkan nantinya alat ini dapat disempurnakan lagi di kemudian hari. Adapun beberapa saran untuk langkah pengembangan dan penyempurnaan alat ini adalah

1. Kedepannya alat ini dapat dikembangkan sehingga bisa menghasilkan alat yang lebih baik lag, dengan mengganti saklar dengan PLC agar bisa dikontrol secara otomatis.
2. Pengambilan data divariasikan dengan kondisi cuaca untuk melihat variasi keluaran arus panel surya berdasarkan arus (amper) yang terukur.
3. Menggunakan alat ukur yang lebih sensitif yang terkalibrasi dengan standar yang ditentukan.

**DAFTAR PUSTAKA**

[1] Arfianto, F. (2018). “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off-Grid Diatap Parkiran Motor Gedung Admisi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta”. Yogyakarta: Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

[2] A. P. Prasetyono, “Fatamorgana Kemandirian Energi” - Ristekdikti, 2017. [Online]. Available: <https://ristekdikti.go.id/fatamorgana-kemandirian-energi/>. [Accessed: 10-Jul-2018].

[3] G. Cook, L. Billman, and R. Adcock, “Photovoltaic Fundamentals,” United States of America, 1995.

[4] G. Widayana, “Pemanfaatan Energi Surya,” vol. 9, no. ISSN 0216-3241, pp. 37–46, 2012.

[5] I. M. A. Nugraha, I. A. D. Giriantari, and I. N. S. Kumara, “Studi Dampak Ekonomi dan Sosial PLTS Sebagai Listrik Pedesaan Terhadap Masyarakat Desa Ban Kubu Karangasem,” no. November, pp. 14–15, 2013.

[6] L. S. Mulia, I. M. Shidiq, Soeprapto, and J. M. T. Haryono, “Analisis Teknik dan Ekonomi Power Hibrida”, (pp. 1–6, 2016).

[6] M. Rif, S. Hp, M. Shidiq, R. Yuwono, and H. Suyono, “Optimasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Matahari di Jurusan Teknik Elektro Universitas,” vol. 6, no. 1, pp. 44–48, 2012

[7] T. T. Gultom, “Pemanfaatan Photovoltaic sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya,” pp. 33–42, 2015.

[8] W. W. Wenas, “Teknologi Sel Surya: Perkembangan Dewasa Ini dan yang Akan Datang,” 1996

- [9] Yulisman, “Optimalisasi Pembangkit Listrik Tenaga *Hibrida* bagi Pelayanan Beban Berbasis Sistem Kendali Pintar”, Jurusan Tenaga Listrik Institut Sains dan Teknologi Nasional, Jakarta 2014