



## APLIKASI PENGONTROL HYBRID PADA PEMBANGKIT TENAGA SURYA UNTUK MELENGKAPI PRAKTIKUM SISTEM PEMBANGKIT ALTERNATIF PROGRAM STUDI TEKNIK KONVERSI ENERGI POLINES

Margana\*, Wahyono, Budhi Prasetyo, Wiwik Purwati Widyaningsih, Slamet  
Priyo Atmojo

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang  
Jl. Prof. H. Soedarto, SH Tembalang Semarang 50275

\*E-mail: [marganasmg@yahoo.co.id](mailto:marganasmg@yahoo.co.id)

### Abstrak

Penelitian mengenai energi terbarukan saat ini berkembang dengan sangat pesat karena terbatasnya jumlah sumber energi fosil yang diperkirakan akan habis dalam beberapa dekade kedepan. Salah satu contoh energi terbarukan adalah energi matahari yang langsung didapat dari radiasi matahari. Pemanfaatan aplikasi teknologi sel surya masih sangat kurang. Sumber utama listrik di Indonesia masih menggunakan sumber tenaga fosil seperti batubara dan minyak bumi. Karena itulah perlu ada penelitian yang dapat mendukung dan merangsang berkembangnya penggunaan sumber energi terbarukan. Penelitian pembangkit listrik tenaga surya bertujuan untuk mengaplikasikan kontrol hybrid sel surya untuk melengkapi praktikum system pembangkit alternatif prodi Konversi Energi Polines.

Metode penelitian yang dilakukan adalah dengan membuat modul sel surya terdiri dari Sel Surya, Battery, Kontrol Hybrid, Inverter dan Lampu. Serta Intensitas Radiasi matahari menggunakan software Sky calculator sebagai pengganti piranometer. Dengan mengambil tempat di Laboratorium Konversi Energi dan melakukan pengujian selama Dua hari.

Hasil pengujian menunjukkan **Efisiensi panel** menurun karena tegangan panel naik, arus naik tetapi tegangan keluar kontroller maksimum 13,8 V dan arus battery semakin kecil efisiensi panel tertinggi 10%. Sedang pada pengujian hari ke dua **Efisiensi kontrol** naik dan stabil di 71% pada jam 10.00 sampai dengan jam 13.00 karena tegangan pada battery saat itu 13,8 volt. Sedang **efisiensi system** tertingi 0,79%. Daya output panel maupun kontroller kecil karena battery sebelumnya sudah terisi penuh. sehingga hanya membutuhkan tambahan daya sedikit. Pada pengujian solar panel dengan lampu tidak bisa dilakukan karena kontrol hybrid perlu battery untuk proses inialisasi. Untuk pemasangan lampu sebagai beban dapat diprogram dan akan menyala setelah radiasi matahari nol. Dengan alasan inilah lampu tidak bisa dilakukan pengujian langsung tanpa battery.

**Kata Kunci:** *Sel Surya, modul, Kontrol hybrid, Efisiensi*

## PENDAHULUAN

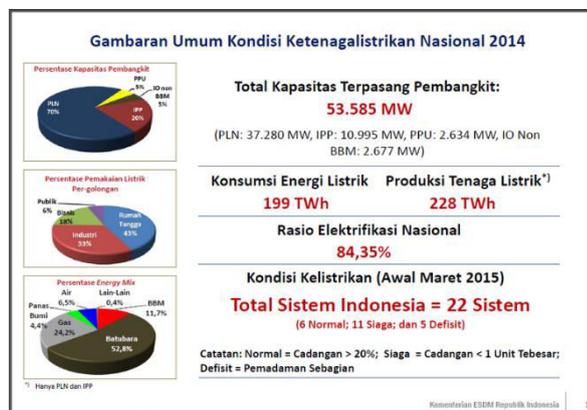
### Latar Belakang

Suplai kelistrikan di Indonesia saat ini didominasi oleh energi fosil seperti gas, minyak, dan batubara. Data dari ESDM tahun 2014 menunjukkan bahwa dari total kapasitas pembangkit terpasang yakni 53.585 MW pembangkit, 88,7 % pembangkit

didominasi oleh energi fosil, dan sisanya yaitu 11,3 % disuplai oleh energi terbarukan (ESDM., 2014). Sementara program percepatan pembangkit dari pemerintah rata-rata menggunakan bahan bakar fosil.

Apabila dibandingkan dengan negara lain, dilihat dari presentase produksi energi terbarukan Malaysia menghasilkan 15%, Cina menghasilkan 28,2 %, dan negara Uni Eropa rata-rata di atas 20 %. Tingginya penggunaan renewable energy oleh negara asing disebabkan karena

kesadaran bahwa energi fosil akan habis, dan energi fosil juga menimbulkan dampak negatif yaitu polusi udara.



**Gambar 1.** Kondisi Ketenagalistrikan Nasional 2016

Atas dasar inilah perlunya penelitian untuk merangsang tumbuh kembangnya renewable energy di Indonesia.

### Perumusan Masalah

Di laboratorium sistem pembangkit tenaga listrik banyak peralatan generator / Pembangkit tegangan yang belum dilakukan penggabungan. , Untuk itu diperlukan Pengaplikasian Kontroller hybrid untuk mewujudkan kegiatan praktek Energi Alternatif.

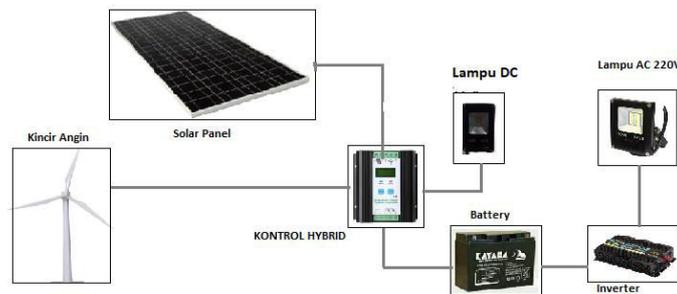
Cara mengatasi yaitu dengan membuat modul praktikum yang didalam aplikasinya dapat menggabungkan dua sumber tersebut baik AC maupun DC. Sehingga dari sini dapat menambah wawasan di dalam praktek Energi Alternatif maupun praktek pengaturan.

### Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui Efisiensi panel, Efisiensi kontrol hybrid dan Efisiensi Sistem serta menghasilkan modul pembangkit surya untuk

keperluan praktikum system pembangkit alternatif dan pengaturan prodi konversi energi.

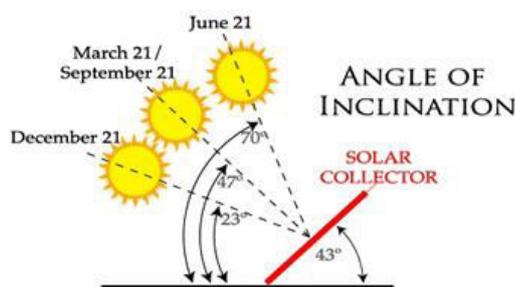
## METODE PENELITIAN



**Gambar 2.** Skema Penelitian Sel surya dengan control Hybrid

## Perancangan Sistem

Sel surya adalah alat untuk mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik arus searah. Parameter yang mempengaruhi energi listrik yang dihasilkan adalah radiasi matahari, temperatur permukaan sel surya, dan sudut antara cahaya matahari dan permukaan sel surya. Sudut antara sinar matahari dengan permukaan sel surya yang paling optimal adalah ketika cahaya matahari tegak lurus dengan sel surya (terbentuk sudut  $90^\circ$ ). Ilustrasi sudut terima matahari terhadap permukaan sel surya dapat dilihat pada gambar 3



**Gambar 3.** Ilustrasi Sudut Matahari Terhadap Sel Surya

Penelitian ini bertujuan untuk mengaplikasikan pengontrol hybrid pada pembangkit surya. Yang mana alat ini dapat menyalakan dua buah lampu yang dapat diprogram waktunya setelah tidak ada radiasi matahari pada panel, serta dengan dua masukan tegangan baik AC maupun DC. Dengan alat ukur yang terpasang dapat

digunakan untuk menghitung Efisiensinya. Sedangkan pemasangan solar cel pada penelitian ini diarahkan pada sudut tertentu.

### **Perhitungan menentukan peralatan Sistem PLTS**

#### **A. Spesifikasi beban :**

Beban DC satu buah **LED 12V/10 W** menyala sehari 10 jam =  $10 \text{ W} \times 10 \text{ Jam} = 100 \text{ Wh}$

Beban AC satu buah **LED 220V/10 W** menyala sehari 10 jam =  $10 \text{ W} \times 10 \text{ Jam} = 100 \text{ Wh}$

Total kebutuhan Energi = 200 Wh

#### **B. Menentukan kebutuhan battery:**

Tersedia battery 12 V/ 18Ah.

Kebutuhan battery ( battery hanya digunakan 50% untuk memenuhi kebutuhan listrik ), kebutuhan energi dikalikan 2 =  $200 \times 2 = 400 \text{ Wh}$ .

Kebutuhan battery ( dengan pertimbangan dapat melayani kebutuhan 3 hari tanpa sinar matahari) =  $400 \times 3 \text{ hari} = 1200 \text{ Wh}$ .

Kapasitas battery yang diperlukan  $1200 \text{ Wh}/12 \text{ V} = 100 \text{ Ah}$ . **Diperlukan 6 buah battery**

#### **C. Menentukan Kebutuhan Solar Cell:**

Jumlah Solar cell yang dibutuhkan, satu panel **50 W**. (Dlm perhitungan adalah 5 jam maksimum tenaga surya dalam sehari)

Kebutuhan Solar Cell Panel :  $(200 \text{ W}/50\text{W} \times 5 = 0,8$  dibulatkan Cukup satu buah panel.

#### **D. Menentukan Daya Maksimum Panel Surya:**

Ukuran Solar panel =  $0.54 \times 0.70 = 0.378 \text{ m}^2$

Intensitas radiasi matahari kota Semarang jawa tengah **5.488 Wh/m<sup>2</sup>** (Sumber: BPPT,BMG)

Sehingga untuk luas  $0.378 \text{ m}^2$ , Energi yang dibangkitkan =  $0.378 \text{ m}^2 \times 5488 \text{ Wh/m}^2 = 2075 \text{ Wh}$

Lama penyinaran matahari 10-12 j/hari. Sehingga daya yang dihasilkan maksimum =  $2075 \text{ Wh}/10 \text{ h} = 207,5 \text{ Watt}$

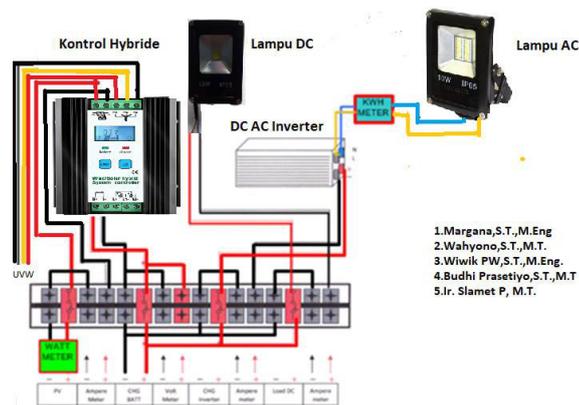
#### **E. Menentukan kebutuhan Inverter:**

Saat beban puncak kedua buah lampu menyala 20 W.

Satu buah dilayani inverter, mempunyai Efisiensi 85 %. Maka dibutuhkan kapasitas inverter  $10/0.85 = 11,76 \text{ W}$ . Sesuai yang ada dipasaran dipilih **500 W**.

## PENGUJIAN

### Rangkaian Pengujian



**Gambar 4.** Wiring diagram Sistem PLTS dengan control Hybrid

### Kegiatan Pengujian



(a)



(b)

**Gambar 5.** (a,b) Pengujian Sistem PLTS

### Prosedur /Pengumpulan Data

Dengan membuat instalasi pengawatan dengan langkah sebagai berikut.

1. Membuat instalasi PV menjadi Sistem 12 Volt, seperti pada gambar
2. Menyambungkan baterai 12 V
3. Menghubungkan kabel PV dengan sistem kontrol, perhatikan polaritasnya jangan sampai terbalik antara positif (+) dan negatif (-)
4. Hubungkan terminal battery dengan sistem kontrol, perhatikan jangan sampai terbalik antara positif (+) dan negatif (-)
5. Hubungkan handle dengan kutub positif (+) maupun negatif (-) battery.
6. Berilah MCB pada kabel positif (+) dan handle.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Tabel

**Tabel 1.** Pengambilan Data tgl 17 Oktober 2020 Beban Battery.

Jam	V Bat (V)	Vo (Volt)	Io (A)	Radiasi Matahari (W/m <sup>2</sup> )	Radiasi Matahari pada panel 0.378 m <sup>2</sup> (Watt)	Efisiensi Solar Panel	Daya Keluar Solar Panel (Watt)
8,00	13	13,50	1,00	363,69	137,475	0,098	13,5
8,30	13,1	13,6	1,05	489,21	185,921	0,077	14,28
9,00	13,2	13,63	1,45	605,88	229,022	0,086	19,7635
9,30	13,2	13,71	1,05	712,39	269,283	0,053	14,3955
10,00	13,3	13,7	1,04	806,09	304,702	0,047	14,248
10,30	13,4	13,55	1,01	884,81	334,458	0,041	13,6855
11,00	13,6	15,93	0,84	946,84	357,905	0,037	13,3812
11,30	13,8	18,62	0,74	990,84	374,537	0,037	13,7788
12,00	13,8	19,15	0,52	1017,77	384,717	0,026	9,958
12,30	13,8	19,65	0,4	1021,48	386,119	0,020	7,86
13,00	13,8	19,05	0,3	1007,48	380,827	0,015	5,715
13,30	13,8	19,53	0,21	974,19	368,243	0,011	4,1013
14,00	13,8	19,83	0,18	922,3	348,629	0,010	3,5694
14,30	13,8	19,65	0,18	852,91	322,4	0,011	3,537
15,00	13,7	18,5	0,18	767,51	290,118	0,011	3,33
15,30	13,6	16,51	0	668,01	252,508	0,000	0
16,00	13,7	16,06	0	556,77	210,459	0,000	0
16,30	13,5	13,99	0	436,7	165,072	0,000	0
17,00	13,1	13,13	0	311,53	117,758	0,000	0

Daya yang dihasilkan maksimum Ukuran Solar panel = 0.54 x 0.70 = **0.378 m<sup>2</sup>** Selama sehari **155,103 WattHour**

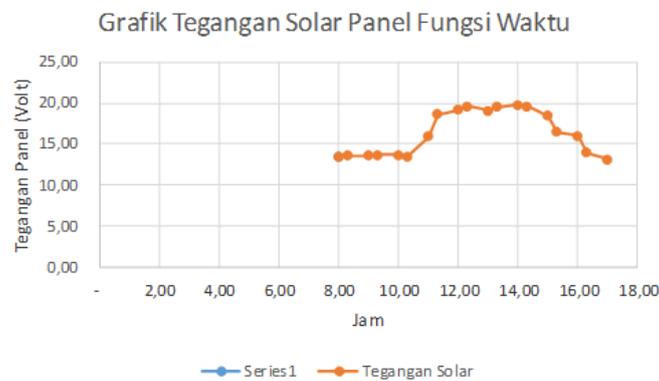
**Tabel 2.** Pengambilan Data tgl 20 November 2020 Beban Battery.

Jam	V <sub>o</sub> (Volt)	I <sub>o</sub> (A)	V <sub>load</sub> (V)	I <sub>load</sub> (A)	Radiasi Matahari (W/m <sup>2</sup> )	Rad' Matahari Panel	Daya out panel	Daya Pada Beban	Efisiensi Kontrolle	Efisiensi System	Efisiensi Panel
8:00	19,98	0,1	13,6	0,09	601,13	227,23	2,00	1,22	0,6126	0,0054	0,0088
8:30	19,35	0,09	13,7	0,07	703,57	265,95	1,74	0,96	0,5507	0,0036	0,0065
9:00	18,93	0,08	13,7	0,06	793,72	300,03	1,51	0,82	0,5428	0,0027	0,0050
9:30	18,55	0,08	13,7	0,05	869,55	328,69	1,48	0,69	0,4616	0,0021	0,0045
10:00	18,66	0,08	13,7	0,07	929,33	351,29	1,49	0,96	0,6424	0,0027	0,0042
10:30	20,64	0,1	13,7	0,1	971,84	367,36	2,06	1,37	0,6638	0,0037	0,0056
11:00	19,24	0,07	13,7	0,07	996,12	376,53	1,35	0,96	0,7121	0,0025	0,0036
11:30	20,11	0,09	13,7	0,09	1001,73	378,65	1,81	1,23	0,6813	0,0033	0,0048
12:00	18,87	0,07	13,7	0,07	988,49	373,65	1,32	0,96	0,7260	0,0026	0,0035
12:30	20,25	0,07	13,7	0,07	956,74	361,65	1,42	0,96	0,6765	0,0027	0,0039
13:00	19,07	0,07	13,7	0,07	907,08	342,88	1,33	0,96	0,7184	0,0028	0,0039
13:30	19,27	0,06	13,7	0,06	840,61	317,75	1,16	0,82	0,7109	0,0026	0,0036
14:00	16,4	0,06	13,7	0,06	758,74	286,80	0,98	0,82	0,8354	0,0029	0,0034
14:30	18,54	0,08	13,7	0,07	663,33	250,74	1,48	0,96	0,6466	0,0038	0,0059
15:00	18,42	0,08	13,7	0,06	556,6	210,39	1,47	0,82	0,5578	0,0039	0,0070
15:30	16,72	0,07	13,7	0,05	441,48	166,88	1,17	0,69	0,5853	0,0041	0,0070
16:00	13,83	0,05	13,6	0,04	321,06	121,36	0,69	0,54	0,7867	0,0045	0,0057
16:30	9,33	0,03	13,3	0,02	200,65	75,85	0,28	0,27	0,9503	0,0035	0,0037
17:00	9,31	0	13,3	0,02	88,99	33,64	0,00	0,27	#DIV/0!	0,0079	0,0000

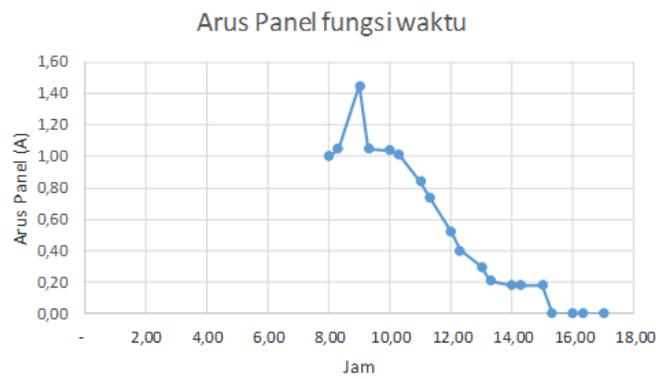
Daya yang dihasilkan maksimum Ukuran Solar panel =  $0.54 \times 0.70 = 0.378 \text{ m}^2$  Selama sehari **24,7635 WH**

### Grafik

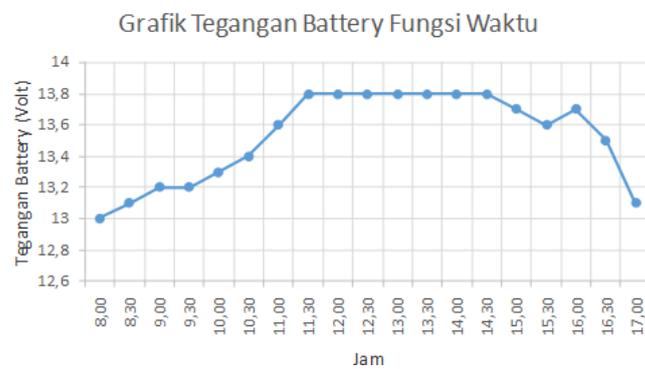
Hasil Pengujian Solar Cell dengan beban battery : Dengan kondisi battery yang masih kosong tanggal 17 Okt0ber 2020.



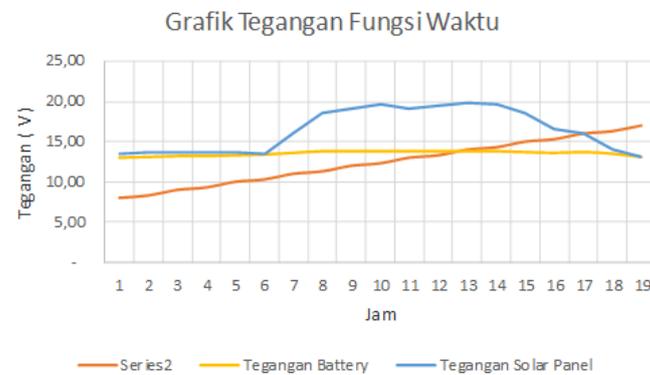
**Gambar 6.** Grafik Tegangan Panel



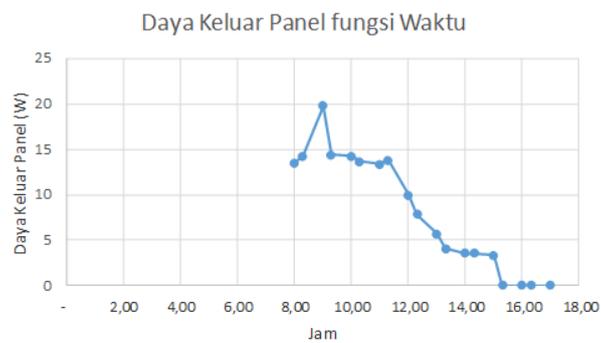
**Gambar 7.** Grafik Arus Panel



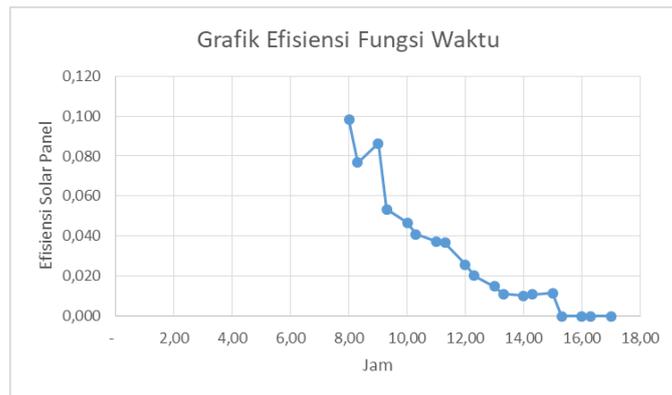
**Gambar 8.** Grafik Tegangan Battery



**Grafik 9.** Tegangan Battery dan Panel

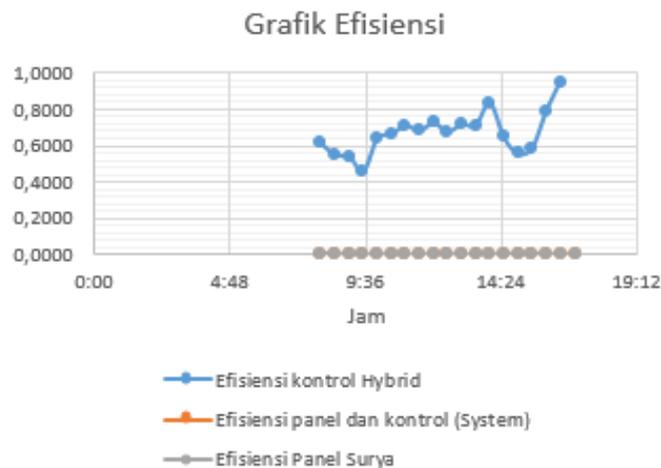


**Gambar 10.** Grafik Daya keluaran Panel



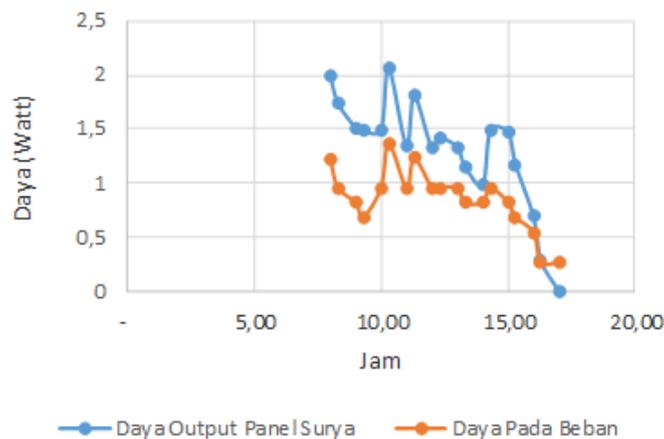
**Gambar 11.** Grafik Effisiensi Panel

**Hasil Pengujian dengan beban battery. Tanggal 20 November 2020. Dengan kondisi awal sudah terisi.**

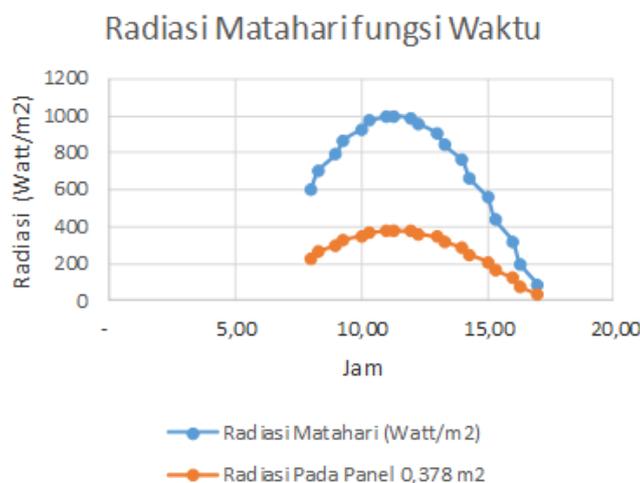


**Gambar 12.** Grafik Efisiensi

**Grafik Daya Fungsi Waktu**



**Gambar 13.** Grafik Daya



**Gambar 14.** Grafik Radiasi menggunakan software Sky Calculator sebagai pengganti Piranometer.

## PEMBAHASAN

Dengan mengacu hasil percobaan pengujian yang dilakukan selama dua hari dengan kondisi battery yang masih kosong dibandingkan dengan yang sudah terisi, meskipun sama-sama dilakukan pengisian dalam waktu yang sama maka Energi yang masuk (Wh) jauh perbedaannya. Untuk melakukan pengujian keluaran tanpa battery tidak bisa dilakukan, karena kontroller juga memerlukan tegangan battery untuk pengoperasiannya (kontroller perlu melakukan inisialisasi). Sedangkan pengujian dengan menggunakan lampu hanya digunakan untuk menghitung kebutuhan Amper Hour battery saat lampu beroperasi. Dengan kontroller hybrid ini nyala lampu dapat diprogram dan menyala setelah radiasi matahari tidak ada. Pengontrol hybrid ini dapat digunakan untuk mengisi battery dari sumber AC maupun DC maks battery 24 Volt.

## SIMPULAN

### Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis data dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Pada Pengujian hari pertama Grafik 4.3 tegangan battery mulai stabil di 13,8 volt mulai jam 11.45 sampai dengan 14.45 kemudian mulai menurun menjadi 13,1 pada jam 17.00.

2. Grafik 4.6 Efisiensi panel menurun karena tegangan panel naik, arus naik tetapi tegangan keluar 13,8 V dan arus battery semakin kecil. Sedangkan efisiensi tertinggi 10%
3. Sedang pada pengujian hari ke dua Grafik 4.7 Efisiensi kontroller naik dan hamper stabil di 71% pada jam 10.00 sampai dengan jam 13.00 karena tegangan pada battery saat itu 13,8 volt. Dengan efisiensi system tertinggi 0,79%.
4. Grafik 4.8 menunjukkan daya output panel maupun daya output kontroller kecil karena battery sebelumnya sudah terisi penuh. sehingga hanya membutuhkan daya pengisian yang sedikit.
5. Grafik 4.9 menunjukkan intensitas Radiasi matahari menggunakan software Sky calculator sebagai pengganti piranometer.
6. Selama pengujian berlangsung dengan kondisi Battery yang sebelumnya kosong dan dengan battery yang telah diisi terjadi perbedaan pengukuran yang sangat besar, karena kontroller sudah dilengkapi dengan pengatur tegangan keluaran ke beban (battery).
7. Adapun spesifikasi alat meliputi Solar Panel 50 W, Inverter 500 W/220 V, Control Hybrid 24 V 150 W Solar (DC) dan 200 W Wind (AC) , Battery 12V 18 AH Beban DC LED 10W/12V.
8. Pengontrol hybrid ini dapat digunakan untuk mengisi battery baik sumber AC maupun DC dengan tegangan masukan maksimum 24 V.
9. Pengontrol hybrid dilengkapi dengan keluaran lampu yang dapat diprogram sehingga sangat cocok untuk control penerangan lampu jalan maupun taman.

### **Saran**

Diperlukan penelitian lanjutan mengenai hybrid dengan sumber tegangan yang lain serta pengujian battery terhadap beban AC maupun DC.

## DAFTAR PUSTAKA

- ....., 2016. *Modul Pelatihan Energi Hibryd*, PLTH BAYU BARU Yogyakarta.
- Effendy Machmud, 2013, *Desain dan Implementasi Pemantauan Jarak Jauh pada sistem hybrid PLTMH – PLTS UMM Berbasis Web*.
- Fachri RM, Sara ID, Away Y, 2015. *Pemantauan Parameter Panel Surya Berbasis Arduino Secara Real Time*. Jurnal Rekayasa Elektrika Vol 11 No 4, Agustus 2015.
- Freris Leon dan David Infield. 2008. *Renewable Energy in Power Systems*. Great Britain: CPI Antony Rowe.
- Hermawan BI, 2016. *Rancang Bangun Data Logger Tenaga Listrik Pada Panel Surya*. Jurnal Teknik Industri Heuristic Vol 13 No 1, April 2016
- Margana dkk. 2017. *Laporan Penelitian Pembangkit Tenaga Surya Berbasis Arduino Kapasitas 50 W untuk Melengkapi Praktikum Sistem Pembangkit Alternatif Program Studi Teknik Konversi Energi Polines*. P3M Polines
- Margana dkk. 2018. *Laporan Penelitian Penyimpanan Data Pengukuran Arus Dan Tegangan Pembangkit Tenaga Surya Berbasis Mikrokontroller Untuk Melengkapi Praktikum Sistem Pembangkit Aalternatif Program Studi Teknik Konversi Energi Polines*.P3M Polines.
- Marsudi Djiteng. 2005. *Pembangkit Energi Listrik*. Jakarta: Erlangga. PT Gelora Aksara Pratama.
- Ningsih Ana. 2014. *Kendali Penstabil Frekuensi Dan Tegangan Untuk Pembangkit Listrik Mikrohidro Menggunakan Beban Komplemen Dengan Pengendali PID Dan PWM*. Tesis. Yogyakarta: Program Studi S2 Teknik Elektro UGM. (Tesis)
- Nugroho Hunggul dan Markus Kudeng Sallata. 2005. *PLTMH(Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro)*. Yogyakarta: ANDI.