

Sistem *Monitoring* pada Panel Surya Menggunakan *Data logger* Berbasis ATmega 328 dan *Real Time Clock* DS1307

Handi Suryawinata¹, Dwi Purwanti², dan Said Sunardiyo³

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang

Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang, 50229, Indonesia

handi@students.unnes.ac.id¹, ithoeq_acad@mail.unnes.ac.id², saidelektro@mail.unnes.ac.id³

Abstrak— Kinerja panel surya bisa dipantau secara langsung parameternya seperti tegangan dan arusnya. Dari hasil pemantauan tersebut dapat diperoleh informasi apakah pemasangan panel surya sudah sesuai dan menghasilkan daya keluaran yang diharapkan. Namun dalam beberapa penelitian yang ada masih terdapat kekurangan yaitu baik pengukuran arus dan tegangannya masih dilakukan dengan cara manual yaitu menggunakan multimeter, sehingga data yang diambil belum bisa tercatat secara terus menerus. Tujuan penelitian ini adalah membuat sistem *monitoring* pada panel surya menggunakan *data logger* berbasis ATmega 328 dan *real time clock* DS1307. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian dan pengembangan (*Research and Development* atau *R&D*). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan bahwa sistem *monitoring* panel surya ini dapat mencatat arus, tegangan, suhu serta kelembaban secara *real time* yang dihasilkan dari hasil kinerja panel surya dan kemudian merekamnya dalam bentuk TXT file setiap 15 menit sekali ke dalam *Micro SD*.

Kata kunci— aki, *data logger*, panel surya, sistem *monitoring*

I. PENDAHULUAN

Matahari merupakan salah satu bintang yang mempunyai berbagai manfaat bagi kelangsungan seluruh makhluk hidup yang ada di bumi. Di Indonesia sendiri pemanfaatan matahari sebagai sumber energi belum dimanfaatkan secara maksimal. Padahal letak Indonesia yang berada di garis khatulistiwa sangat berpotensi untuk mengeksplorasi cahaya matahari ini menjadi sumber energi. Intensitas energi radiasi matahari yang jatuh di Indonesia rata-rata sebesar 4,5 kWh/m² per-hari [1].

Dalam bidang energi, salah satu yang dapat dimanfaatkan dari intensitas cahaya matahari yang tinggi di Indonesia ini adalah dengan memaksimalkan alat pengkonversi cahaya matahari menjadi energi listrik yang disebut dengan panel surya. Besar daya keluaran yang dihasilkan oleh panel surya dipengaruhi oleh beberapa kondisi lingkungan dimana sebuah panel surya ditempatkan seperti suhu, intensitas cahaya matahari, arah datangnya sinar matahari dan spektrum cahaya matahari. Kondisi lingkungan yang selalu berubah-ubah setiap waktu menyebabkan daya keluaran panel surya juga ikut berfluktuasi [2].

Kinerja panel surya bisa dipantau secara langsung parameternya seperti tegangan dan arusnya. Dari hasil pemantauan tersebut dapat diperoleh informasi apakah pemasangan panel surya sudah sesuai dan menghasilkan daya keluaran yang diharapkan.

Pengukuran secara langsung ini biasanya menggunakan multimeter. Seperti pada penelitian sebelumnya [3] telah dilakukan penelitian yaitu pengamatan pengambilan data dan pengukuran pada panel surya. Namun dalam penelitian ini

masih terdapat kekurangan yaitu baik pengukuran arus dan tegangannya masih menggunakan multimeter. Sehingga data yang diambil belum bisa tercatat secara terus menerus.

Multimeter adalah alat ukur serba guna yang dapat digunakan untuk mengukur berbagai besaran listrik. Multimeter dapat digunakan untuk mengukur resistensi (berfungsi sebagai ohmmeter), mengukur kuat arus dalam rangkaian (berfungsi sebagai amperemeter), maupun mengukur tegangan antara dua terminal (berfungsi sebagai voltmeter) [4]. Kelemahan penggunaan multimeter untuk mengukur keluaran dari panel surya ini adalah data yang diambil tidak dapat diambil langsung pada kondisi *real time* dan hanya data berupa tegangan dan arus yang bisa diambil.

Dengan berbagai latar belakang permasalahan di atas, peneliti hendak membuat sistem yang memanfaatkan sensor arus, tegangan serta suhu dan kelembaban untuk mengetahui pengaruhnya terhadap *output* panel surya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui cara membuat sistem *monitoring* pada panel surya menggunakan *data logger* berbasis ATmega 328 dan *real time clock* (RTC) DS1307.

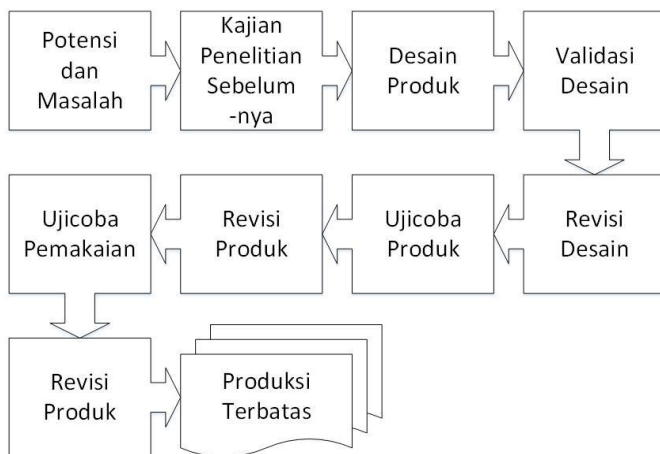
Data logger disebut juga dengan perekam data. Secara umum perekam data terdiri dari mikrokontroler, sensor, dan media penyimpanan [5]. Dalam sistem *monitoring* ini terdapat fitur *data logger*, yaitu fitur yang berfungsi sebagai penyimpanan data-data yang diambil dalam penelitian. Kemudian data ini nantinya akan tersimpan di dalam media penyimpanan yaitu *Micro SD* (*Secure Digital*) dengan kapasitas 2 GB. Sistem *monitoring* ini juga dilengkapi dengan RTC DS1307 yang berfungsi untuk menyimpan data secara kontinu dan *real time*. RTC merupakan *chip* dengan

konsumsi daya rendah. *Chip* tersebut mempunyai kode *binary* (BCD), jam/ kalender, 56 *byte* NV SRAM dan komunikasi antarmuka menggunakan *serial two wire*. RTC menyediakan data dalam bentuk detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan, tahun, dan informasi yang dapat diprogram [6].

Pemanfaatan *data logger* untuk panel surya memiliki fungsi yang cukup penting, yaitu dengan adanya sistem *monitoring* dan sistem pencatatan data ini dapat mempermudah pekerjaan manusia untuk mengetahui kinerja dari panel surya secara *real time*, membuktikan efisiensi daya di masing-masing titik yaitu pada *output* panel surya, *solar charge controller* ataupun di aki serta juga berfungsi untuk mengetahui kelebihan atau kekurangan daya yang dibutuhkan apabila *supply* tenaga listrik di rumah kita menggunakan sistem *hybrid*, yaitu penggabungan antara panel surya dan PLN.

II. METODE PENELITIAN

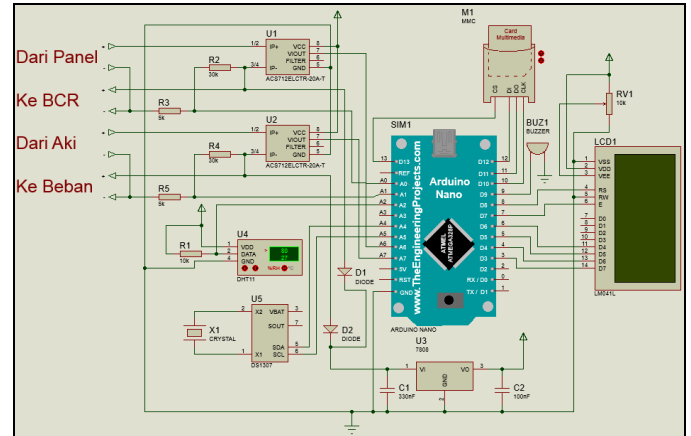
Desain penelitian ini mengacu pada tahapan metode penelitian dan pengembangan (*Research and Development*). Metode penelitian *Research and Development* yang disingkat *R&D* adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan menguji keefektifan produk tersebut [7]. Gambar 1 menunjukkan tahapan desain penelitian yang dilakukan.



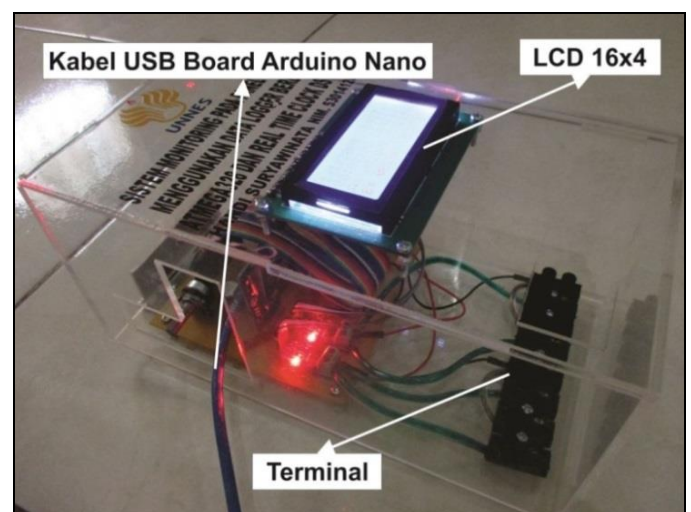
Gambar 1. Desain penelitian

A. Desain Produk

Dalam tahap ini mulai dilakukan perencanaan produk yang akan dibuat dengan berdasarkan identifikasi masalah dan pengumpulan data yang telah dilakukan sebelumnya. Pada perancangan sistem *monitoring* panel surya ini terdiri dari skema rangkaian *data logger* panel surya yang dapat dilihat pada Gambar 2 dan sistem *monitoring* panel surya yang bisa dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Skema rangkaian *data logger* panel surya



Gambar 3. Sistem *monitoring* panel surya

B. Validasi Desain

Validasi dilakukan pada desain produk yang telah dibuat sebelumnya yaitu dengan metode pengujian *white box*. Pengujian *white-box* merupakan proses pengujian perangkat lunak dari sisi desain dan kode program. Program diuji apakah mampu menghasilkan fungsi-fungsi yang sesuai dengan kebutuhan dan tidak mengalami kesalahan dari sisi program [8].

Hasil Pengujian *white box* menunjukkan sistem dapat berfungsi dengan baik yaitu mampu menampilkan pengukuran sensor arus pada layar LCD 16x4, mampu menampilkan pengukuran sensor tegangan pada layar LCD 16x4, mampu menampilkan pengukuran sensor suhu pada layar LCD 16x4, mampu menampilkan pengukuran sensor kelembaban pada layar LCD 16x4, mampu menampilkan waktu *real time* pengukuran pada layar LCD 16x4, dan mampu menyimpan hasil pengukuran sensor pada *Micro SD* (*Secure Digital*).

C. Uji Coba Produk

Uji coba produk dilakukan untuk mengetahui apakah alat sudah sesuai dengan yang diharapkan. Kalibrasi adalah proses perbandingan keluaran dari suatu sistem pengukuran terhadap standar yang telah diketahui akurasi [9]. Uji coba produk dilakukan dengan metode uji kalibrasi data penelitian. Uji kalibrasi data penelitian dilakukan dengan cara melakukan perbandingan data pada sensor arus, sensor tegangan serta sensor suhu dan kelembaban dengan hasil pengukuran dari alat ukur amperemeter, voltmeter, dan *weather station*. Pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Elektro dan Laboratorium Fisika FMIPA UNNES.

1) Pengujian Kalibrasi Sensor Arus

Proses pengujian sensor arus ACS712 dilakukan dengan membandingkan atau mengkalibrasikan hasil pengukuran perangkat sistem dengan amperemeter yang tersedia pada layar *power supply*. Pengujian dilakukan dengan cara menghubungkan *power supply* dengan tegangan 8, 10, dan 12 Volt dengan beban lampu dengan daya 10 Watt. Tabel I menunjukkan hasil kalibrasi sensor arus.

TABEL I. HASIL UJI SENSOR ARUS ACS712 DENGAN AMPEREMETER

Power Supply (V)	Beban Lampu (Watt)	Hasil Pengukuran		Galat (%)
		Ampere-meter (A)	Sensor Arus ACS 712 (A)	
8	10	0,54	0,54	0
10	10	0,61	0,62	1,61
12	10	0,68	0,65	4,41
Rata-rata				2,01

Hasil pengujian menunjukkan terdapat perbedaan antara pembacaan nilai arus antara sensor arus ACS712 dan alat ukur amperemeter. Dimana perbedaan tersebut terjadi karena perbedaan sensitifitas pembacaan antara sensor arus dan alat ukur amperemeter. Perbedaan tersebut dinyatakan dalam % galat. menurut standar PLN yang yang tercantum pada buku instrumentasi dan pengukuran listrik. Besar kecilnya ketelitian alat-alat ukur dibagi menjadi tiga yaitu Alat Cermat atau presisi (<0,5%), Alat Kerja ($\pm 1-2\%$), dan Alat Ukur Kasar (>3%). Galat sendiri merupakan sumber variasi data yang tidak dapat dimasukkan ke dalam model, galat dikenal pula sebagai sesatan, pengotor, sisa, residu, atau *noise*. Pada sensor arus ACS 712 galat yang ditunjukkan rata-rata sebesar 2,01%, jadi alat ukur tersebut termasuk golongan alat ukur kerja.

2) Pengujian Kalibrasi Sensor Tegangan

Pengujian sensor tegangan dilakukan dengan cara membandingkan atau mengkalibrasikan hasil pengukuran perangkat sistem dengan voltmeter yang terdapat pada *power supply*. Pengujian dilakukan dengan cara menghubungkan *Power Supply* dengan tegangan 8, 10, dan 12 Volt dengan beban lampu dengan daya 10 Watt. Tabel II menunjukkan hasil kalibrasi sensor tegangan.

Hasil pengujian menunjukkan masih terdapat perbedaan antara pembacaan nilai tegangan antara sensor tegangan dan alat ukur voltmeter. Dimana perbedaan tersebut terjadi karena perbedaan sensitifitas pembacaan antara sensor tegangan dan

alat ukur voltmeter. Pada sensor tegangan, galat yang ditunjukkan rata-rata sebesar 1,23%, jadi alat ukur tersebut termasuk golongan alat ukur kerja.

TABEL II. HASIL UJI SENSOR TEGANGAN DENGAN VOLTMETER

Power Supply (V)	Beban Lampu (Watt)	Hasil Pengukuran		Galat (%)
		Voltmeter (V)	Sensor Tegangan (V)	
8	10	8	8,03	0,37
10	10	10	10,12	1,19
12	10	12	12,26	2,12
Rata-rata				1,23

3) Pengujian Kalibrasi Sensor Suhu dan Kelembaban

Proses pengujian sensor suhu DHT11 dilakukan dengan membandingkan atau mengkalibrasikan hasil pengukuran perangkat sistem dengan *weather station*. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan suhu ruangan setiap rentang waktu 10 menit sekali. Hasil kalibrasi sensor suhu dan kelembaban ditunjukkan pada Tabel III dan Tabel IV.

TABEL III. HASIL UJI SUHU SENSOR DHT11 DENGAN *WHEATHER STATION*

Waktu (WIB)	Hasil Pengukuran		Galat (%)
	<i>Weather Station</i> (C)	Sensor Suhu DHT11 (C)	
10.25	27	27	0
10.35	28	27	3,57
10.45	27	27	0
Rata-rata			1,19

TABEL IV. HASIL UJI KELEMBABAN SENSOR DHT11 DENGAN *WHEATHER STATION*

Waktu (WIB)	Hasil Pengukuran		Galat (%)
	<i>Weather Station</i> (%)	Sensor Kelembaban DHT11 (%)	
10.25	78	79	1,27
10.35	77	79	2,53
10.45	76	78	2,56
Rata-rata			2,12

Hasil pengujian Sensor Suhu dan Kelembaban tersebut menunjukkan terdapat perbedaan antara pembacaan nilai suhu dan kelembaban antara sensor DHT11 dan alat ukur *weather station*. Perbedaan tersebut dapat terjadi karena perbedaan sensitivitas pembacaan antara sensor suhu dan kelembaban DHT11 dan alat ukur *weather station* yang kemudian perbedaan tersebut disebut dengan % galat.

Pada pengujian tersebut galat yang ditunjukkan pada hasil pengujian kalibrasi antara *weather station* dengan sensor suhu yaitu rata-rata sebesar 1,19%. Nilai galat sebesar 1,19% ini masih berada pada nilai toleransi yaitu berada di bawah 2% untuk pembacaan suhu menggunakan sensor DHT11. Sedangkan hasil pengujian kalibrasi antara *weather station* dengan sensor kelembaban, galat yang ditunjukkan yaitu rata-rata sebesar 2,12%. Nilai galat sebesar 2,12% ini masih berada pada nilai toleransi yaitu berada di bawah 5% untuk pembacaan kelembaban menggunakan sensor DHT11.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Sesuai dengan garis besar pada tujuan penelitian yaitu membuat sistem *monitoring* pada panel surya. Sistem ini dirancang untuk mengetahui keluaran dari arus, tegangan, suhu dan kelembaban pada panel surya secara langsung maupun setelah melalui *solar charge controller* serta setelah melalui aki. Pembuatan sistem ini memanfaatkan perangkat mikrokontroler ATmega 328 (Arduino Nano) sebagai pengontrolannya dan RTC DS1307 sebagai pewaktunya. Pembuatan sistem ini diharapkan mampu membantu merekam data arus dan tegangan yang dihasilkan serta suhu dan kelembaban disekitar panel surya.

Pengambilan data pada panel surya bertujuan untuk mengambil data arus, tegangan, suhu dan kelembaban yang dilakukan selama 3 hari. Selama 3 hari pengambilan data, agar data yang dihasilkan dapat dianalisis perbandingannya satu sama lain maka dilakukan pengambilan data dengan asumsi cuaca yang sama yaitu pada kondisi cuaca cerah.

Pengambilan data dilakukan pada tanggal 21 April 2017, 2 Mei 2016, dan 3 Mei 2017 selama 8 jam sehari yaitu dalam rentang waktu pukul 08.00 – 16.00 WIB. Data otomatis tersimpan ke *Micro SD* setiap 15 menit sekali. Gambar 4 menunjukkan data yang tersimpan ataupun muncul dalam *Micro SD* setelah dilakukan perekaman data.

WAKTU	TANGGAL	Volt A	Amp A	P1	Volt B	Amp B	P2	Temp	Humidity
08:00	21/04/2017	12.40	00.69	8.56	12.11	00.62	7.51	32.00°C	58.00%
08:15	21/04/2017	12.43	00.85	10.57	11.97	00.73	8.74	35.00°C	40.00%
08:30	21/04/2017	12.43	00.77	9.57	11.97	00.73	8.74	35.00°C	37.00%
08:45	21/04/2017	12.90	00.81	10.45	12.36	00.73	9.02	37.00°C	33.00%
09:00	21/04/2017	12.90	01.04	13.42	12.22	00.89	10.88	36.00°C	33.00%
09:15	21/04/2017	13.14	01.12	14.72	12.33	01.04	12.82	37.00°C	32.00%
09:30	21/04/2017	13.53	01.28	17.32	12.58	01.20	15.10	37.00°C	30.00%
09:45	21/04/2017	13.61	01.47	20.01	12.43	01.32	16.41	41.00°C	27.00%
10:00	21/04/2017	13.64	01.55	21.14	12.33	01.39	17.14	42.00°C	27.00%
10:15	21/04/2017	13.32	01.39	18.51	12.18	01.32	16.08	43.00°C	26.00%
10:30	21/04/2017	13.93	01.51	21.03	12.72	01.39	17.14	40.00°C	28.00%
10:45	21/04/2017	14.00	01.59	22.26	12.68	01.47	18.64	41.00°C	27.00%
11:00	21/04/2017	13.53	01.47	19.89	12.33	01.28	15.78	45.00°C	22.00%
11:15	21/04/2017	13.64	01.24	16.91	12.72	01.08	13.74	41.00°C	25.00%
11:30	21/04/2017	14.56	01.32	19.22	13.53	01.24	16.78	38.00°C	28.00%
11:45	21/04/2017	14.64	01.47	21.52	13.50	01.39	18.77	45.00°C	22.00%
12:00	21/04/2017	13.61	00.97	13.20	12.93	00.85	10.99	42.00°C	25.00%
12:15	21/04/2017	14.81	01.51	22.36	13.61	01.47	20.01	39.00°C	27.00%
12:30	21/04/2017	14.67	01.51	22.15	13.53	01.51	20.43	44.00°C	23.00%
12:45	21/04/2017	14.60	01.39	20.29	13.46	01.24	16.69	45.00°C	22.00%
13:00	21/04/2017	14.10	01.12	15.79	13.18	01.04	13.71	43.00°C	24.00%
13:15	21/04/2017	13.00	00.42	5.46	12.79	00.34	4.35	38.00°C	28.00%
13:30	21/04/2017	13.11	00.54	7.08	12.72	00.30	3.82	35.00°C	30.00%
13:45	21/04/2017	13.50	00.88	11.88	12.80	00.78	9.98	35.00°C	30.00%
14:00	21/04/2017	14.67	01.55	22.74	13.29	01.43	19.00	40.00°C	28.00%
14:15	21/04/2017	14.39	01.28	18.42	13.32	01.12	14.92	42.00°C	26.00%
14:30	21/04/2017	14.46	01.20	17.34	13.32	01.12	14.92	38.00°C	28.00%
14:45	21/04/2017	12.93	00.38	4.91	12.90	00.19	2.45	35.00°C	30.00%
15:00	21/04/2017	13.68	00.77	10.53	13.14	00.65	8.54	35.00°C	32.00%
15:15	21/04/2017	13.55	00.67	9.08	13.13	00.62	8.14	35.00°C	32.00%
15:30	21/04/2017	13.23	00.55	7.28	12.87	00.57	7.34	34.00°C	30.00%
15:45	21/04/2017	12.78	00.47	6.01	12.56	00.43	5.40	34.00°C	31.00%
16:00	21/04/2017	12.60	00.41	5.17	12.33	00.37	4.56	33.00°C	30.00%

Gambar 4. File data yang tersimpan di *Micro SD*

B. Pembahasan

1) Analisis Kapasitas *Micro SD*

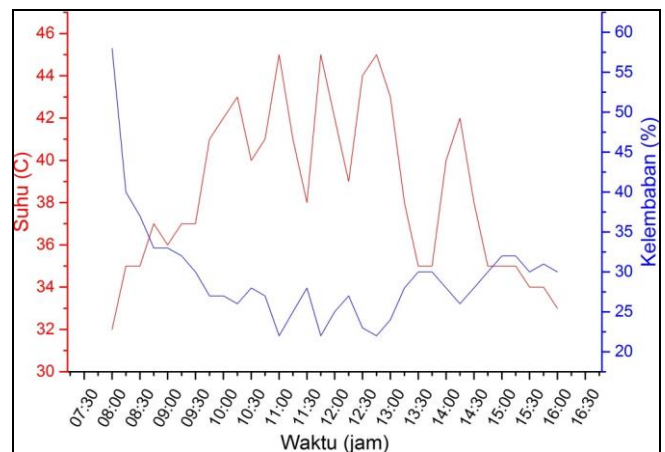
Fungsionalitas *data logger* ini menggunakan *Micro SD* yang mempunyai kapasitas sebesar 2 GB sebagai media penyimpanannya. Pencatatan data yang dilakukan selama satu hari (8 jam) membutuhkan ruang penyimpanan data rata-rata sebesar 3 KB = 0,003 MB. *Micro SD* dengan kapasitas 2 GB memiliki nilai kapasitas maksimal 1860 MB, sehingga jumlah perekaman data yang dapat dilakukan dengan menggunakan

Micro SD yang berkapasitas 2 GB adalah selama 1699 tahun. Jumlah tersebut sudah sangat cukup digunakan pada alat ini. Perhitungan jumlah pencatatan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Pencatatan} &= \frac{\text{Kapasitas Micro SD}}{\text{Ukuran File per hari}} \\
 &= \frac{1860}{0,003} \\
 &= 620000 \text{ Hari} \\
 &= 1699 \text{ Tahun}
 \end{aligned}$$

2) Analisis Perbandingan Suhu Terhadap Kelembaban

Salah satu fungsi dari sistem ini yaitu harus mampu mengumpulkan data di lingkungan sekitar yang mempengaruhi keluaran daya oleh panel surya. Maka variabel yang paling relevan adalah variabel cuaca yang dapat diwakilkan oleh variabel suhu dan kelembaban [10]. Gambar 5 menunjukkan hasil perbandingan suhu terhadap kelembaban.

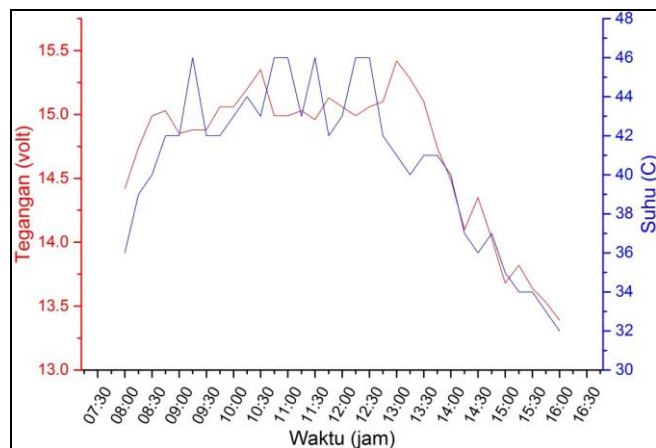


Gambar 5. Grafik perbandingan suhu terhadap kelembaban

Gambar 5 menunjukkan suhu awal ketika diukur pukul 08.00 WIB dengan nilai 32°C, kemudian mengalami suhu maksimal pada pukul 11.45 WIB sebesar 45°C dan kembali menurun diakhir pengukuran pada pukul 16.00 WIB yaitu 33°C. Sedangkan kelembaban nilainya berbanding terbalik dengan suhu yang diukur yaitu ketika di awal pengukuran pukul 08.00 WIB justru mengalami kelembaban maksimal yaitu 58%, kemudian mengalami kelembaban minimal pada pukul 11.45 WIB pada angka 22%, dan kembali meningkat pada akhir pengukuran pada pukul 16.00 WIB sebesar 30%. Hal ini sesuai dalam [11] yang menyatakan bahwa Kelembaban udara berbanding terbalik dengan suhu udara. Semakin tinggi suhu udara, maka kelembabannya akan semakin kecil. Hal ini dikarenakan dengan tingginya suhu udara akan terjadi presipitasi (pengembunan) molekul air yang dikandung udara sehingga muatan air dalam udara menurun.

3) Analisis Perbandingan Suhu Terhadap Tegangan

Suhu lingkungan merupakan suhu yang ada di sekitaran panel surya ketika panel surya sedang bekerja. Perbandingan antara suhu lingkungan yang mempunyai pengaruh terhadap *output* yang dihasilkan oleh panel surya yang dapat digambarkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik perbandingan suhu terhadap tegangan

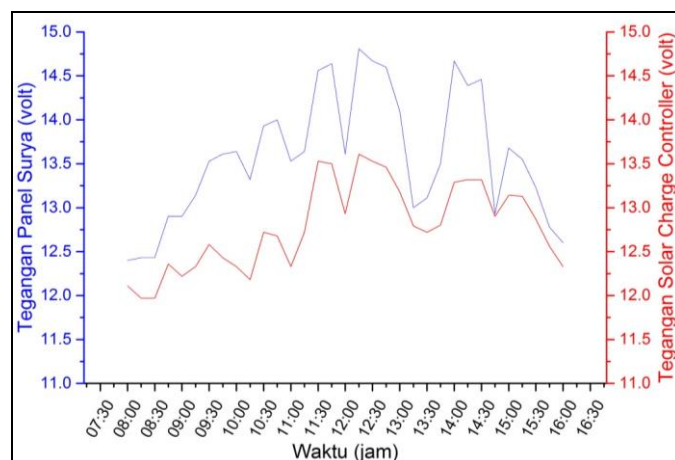
Gambar 6 menunjukkan bahwa pada pagi hari di awal pengukuran pada pukul 08.00 WIB, suhu pengukuran menunjukkan suhu 36°C dengan tegangan 14,42 Volt, kenaikan suhu lingkungan diikuti oleh kenaikan tegangan hingga mencapai tegangan maksimal dengan nilai 15,42 Volt dan suhu 41°C pada pukul 13.00 WIB. Pada sore hari, penurunan suhu lingkungan diikuti oleh penurunan tegangan yaitu pada akhir pengukuran pada pukul 16.00 WIB menunjukkan tegangan 13,39 Volt dan suhu 32°C. Dapat dilihat bahwa grafik tersebut menunjukkan keterkaitan antara tegangan panel surya dengan suhu lingkungan dengan menunjukkan grafik naik turun yang serupa sehingga dapat disimpulkan bahwa suhu lingkungan juga mempengaruhi kinerja panel surya secara berbanding lurus. Pernyataan ini juga sama dalam [12] yang menyatakan terdapat hubungan tidak langsung diantara suhu lingkungan dan output dari modul surya. Selain itu, intensitas cahaya, suhu lingkungan, dan tekanan udara berpengaruh pada suhu panel surya.

4) Analisis Perbandingan Input Tegangan dari Panel Surya ke Output Solar Charge Controller

Variasi pengukuran dalam 3 hari pengukuran salah satu tujuannya adalah untuk mengetahui perbandingan nilai *input* panel surya dan pengaruhnya terhadap *output* yang dihasilkan dari *solar charge controller* sebelum masuk ke aki (baterai). Grafik perbandingan tegangan yang dihasilkan panel surya terhadap pengaruh yang dihasilkan oleh *output* pada *solar charge controller* ditunjukkan pada Gambar 7.

Gambar 7 menunjukkan ketika pengambilan data tegangan dilakukan bersamaan, data tegangan dari *output solar charge controller* selalu lebih kecil jika dibandingkan *output* dari panel surya. *Output* dari panel surya juga lebih tidak stabil jika dibandingkan *output* dari *solar charge controller* dimana jarak nilai maksimal dan minimal tegangan pada *output* panel surya sebesar 1,45 Volt, nilai itu masih lebih besar jika

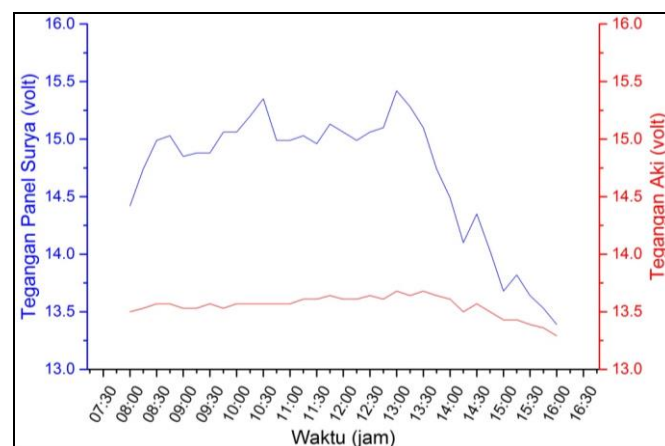
dibanding pada *output solar charge controller* yaitu sebesar 0,7 Volt. Jadi tanpa *charge controller*, baterai akan rusak oleh *overcharging* dan ketidakstabilan tegangan [13].



Gambar 7. Grafik perbandingan tegangan dari panel surya terhadap *output solar charge controller*

5) Analisis Perbandingan Input Tegangan dari Panel Surya ke Output Aki

Variasi pengukuran selanjutnya yaitu bertujuan untuk mengetahui pengaruh *input* tegangan yang dihasilkan oleh panel surya terhadap *output* yang dihasilkan oleh aki. Grafik perbandingan tegangan panel surya terhadap tegangan aki yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 8.

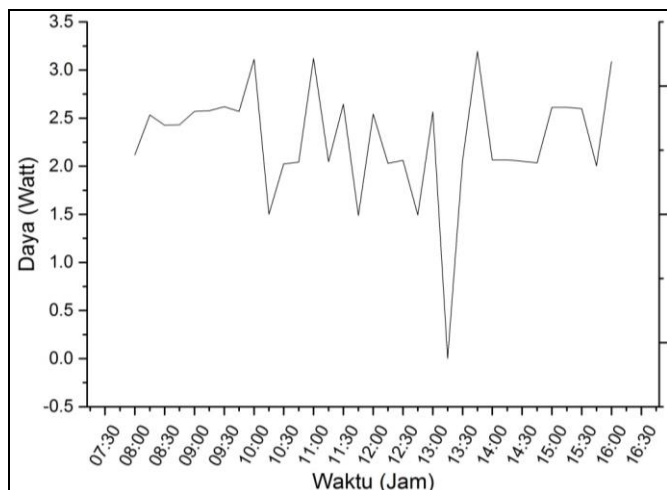


Gambar 8. Grafik perbandingan tegangan dari panel surya terhadap *output aki*

Gambar 8 menunjukkan pada awal pengukuran tegangan yang dihasilkan panel surya yaitu 14,42 Volt sedangkan tegangan aki 13,50 Volt. Tegangan maksimal panel surya yaitu 15,42 Volt yang terjadi pada pukul 13.00 WIB. Sedangkan tegangan maksimal pada aki hanya mencapai 13,68 Volt yang terjadi pada pukul 13.00 WIB. Kemudian pada sore hari tegangan keduanya kembali menurun dengan nilai tegangan panel surya 13,39 Volt sedangkan tegangan aki 13,29 Volt. Dari Gambar 8 dapat disimpulkan bahwa keluaran aki memiliki tegangan yang lebih stabil dibanding tegangan dari panel surya.

6) Analisis Daya pada Aki Terhadap Beban

Daya yang tersimpan pada pengisian oleh panel surya sebagian digunakan untuk menyuplai energi untuk menghidupkan beban, yaitu berupa lampu DC 5 Watt. Grafik hasil pengukuran daya yang dihasilkan baterai (aki) ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik daya baterai

Gambar 9 menunjukkan bahwa daya yang dihasilkan aki cenderung berubah-ubah namun nilai daya yang dihasilkan selalu dibawah dari 5 Watt yang merupakan daya dari beban lampu DC yang digunakan. Sehingga dapat disimpulkan dengan menghasilkan daya yang kecil dapat menghasilkan cahaya yang kurang maksimal pula, karena semakin besar daya keluaran sebuah lampu maka cahaya yang keluar menjadi maksimal. Aki tersebut menghasilkan rata-rata daya sebesar 2,27 Watt.

7) Analisis Kapasitas Baterai Terhadap Beban

Analisis terhadap komponen baterai untuk penyimpanan energi sangat penting dalam melakukan implementasi panel surya. Sistem penyimpanan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya disimpan dalam aki dengan kapasitas 60 Ah yang mempunyai tegangan 12 Volt. Data tegangan yang diambil pada penelitian ini adalah pada saat kondisi *charging* selama 8 jam.

Mengacu pada tingkat kedalaman pengosongan (*Depth of Discharge/ DOD*) baterai yaitu sebesar 80%, maka kapasitas baterai untuk melayani beban menjadi:

$$60 \text{ Ah} \times 80\% = 48 \text{ Ah}$$

Berikut perhitungan daya baterai pada saat proses *charge* dengan kebutuhan daya sebesar 5 Watt DC 12V (beban lampu) yaitu:

$$\begin{aligned} P \text{ baterai} &= 48 \text{ Ah} \times 12 \text{ Volt} \\ &= 576 \text{ Wh} \\ P \text{ beban } charge &= 5 \text{ Watt} \times 8 \text{ jam (proses } charge) \\ &= 40 \text{ Wh} \\ P \text{ baterai} &= 576 \text{ Wh} - 40 \text{ Wh} \\ &= 536 \text{ Wh} \end{aligned}$$

Berdasarkan data perhitungan tersebut maka baterai tidak mengalami kerugian (*losses*) dalam melayani beban lampu 5 Watt selama 8 jam proses *charge*.

Besarnya rata-rata keluaran panel surya selama 8 jam pengukuran setelah melalui *solar charge controller* yang kemudian masuk ke baterai adalah 0,97 Ampere. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa untuk mengisi baterai dengan kapasitas yang dapat digunakan sebesar 48 Ah menggunakan arus keluaran dari panel surya tersebut dibutuhkan waktu selama 49 jam 30 menit (selama matahari bersinar). Arus tersebut kurang maksimal untuk menjadi energi masukkan pada baterai karena masih terlalu kecil sehingga pengisian baterai dibutuhkan waktu yang relatif lama. Hal ini terjadi karena pada saat pengukuran cuaca tidak terlalu bagus, akibatnya modul surya kurang mendapatkan intensitas cahaya matahari dan menghasilkan arus keluaran yang kecil. Energi rata-rata yang dihasilkan oleh modul surya per hari adalah sebesar 133,52 Wh.

IV. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan bahwa sistem *monitoring* panel surya ini dapat mencatat arus, tegangan, suhu serta kelembaban secara *real time* yang dihasilkan dari hasil kinerja panel surya dan kemudian merekamnya dalam bentuk TXT file setiap 15 menit sekali ke dalam *Micro SD*. Dalam implementasinya, suhu dan kelembaban yang mempengaruhi daya yang dihasilkan panel surya berubah setiap waktu. Arus dan tegangan pada *output* panel surya dari pagi, siang, dan sore nilainya selalu berbanding lurus. Daya yang dihasilkan aki cenderung berubah-ubah namun nilainya selalu dibawah dari 5 Watt yang merupakan daya dari beban lampu DC yang digunakan.

B. Saran

1. Alat sistem *monitoring* panel surya ini bisa dikembangkan lagi dengan menambahkan sensor intensitas cahaya matahari agar variabel penelitian yang ditampilkan bisa lebih beragam.
2. Sensor suhu dan kelembaban bisa diberi penguluran kabel yang lebih panjang sehingga sensor tersebut tetap menempel di panel surya dan alat utama bisa ditempatkan agak jauh dari panel surya untuk mengurangi resiko kerusakan alat ketika terjadi hujan.

REFERENSI

- [1] Sudradjat, A. 2007. Sistem-sistem pembangkit listrik tenaga surya: Desain sistem, cara kerja, pengoperasian dan perawatan. Edisi Pertama. BPPT-Press. Jakarta.
- [2] Fachri, M. R., I. D. Sara, dan Y. Away. 2015. Pemantauan Parameter Panel surya Berbasis Arduino secara Real Time. Jurnal Elekrika 11(4): 123-128.
- [3] Dewi, A. Y., dan Antonov. 2013. Pemanfaatan Energi Surya Sebagai Suplai Cadangan Pada Laboratorium Elektro Dasar Di Institut Teknologi Padang. Jurnal Teknik Elektro 2(3): 20-28.
- [4] Dasatrio, Y. 2015. Dasar-dasar Teknik Elektronika. Cetakan Pertama. Javalitera. Jogjakarta.

- [5] Susanto, H. 2013. Perancangan Sistem Telemetry Wireless Untuk Mengukur Suhu dan Kelembaban Berbasis Arduino Uno R3 ATmega328P dan XBee Pro. Skripsi. Fakultas Teknik. Universitas Maritim Raja Ali Haji. Tanjung Pinang.
- [6] Zulfikar, Zulhelmi, dan K. Amri. 2016. Desain Sistem Kontrol Penyalan Lampu dan Perangkat Elektronik Untuk Meniru Keberadaan Penghuni Rumah. *Jurnal Nasional Teknik Elektro* 5(1): 56-63.
- [7] Sugiyono. 2012. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Alfabeta. Bandung.
- [8] Pinayung. 2015. Pengembangan Website Konsultasi Bimbingan Konseling Berbasis PHP dan MYSQL di SMA Negeri 1 Gamping. Skripsi. Program Studi Pendidikan Teknik Informatika Universitas Negeri Yogyakarta (UNY). Yogyakarta.
- [9] Bolton, W. (2006). *Sistem instrumentasi dan sistem kontrol*. Jakarta: Erlangga.
- [10] Mukmin. A. B. A. K. A., dan H. Cordova. 2013. Rancang Bangun Sistem Prediksi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Secara Mobile Berbasis Logika Fuzzy di PT. GMN Tuban Jawa Timur. *Jurnal Teknik Pomsits* 2(1): 1 – 6.
- [11] Lakitan, B. 2002. *Dasar Klimatologi*. Edisi Pertama. Raja Grafindo. Jakarta.
- [12] Jamaluddin, A., A. N. Aini., E. Adhitama., A. Purwanto. 2016. Assessment of LiFePO4 Battery Performance in Stand Alone Photovoltaic Street Light System. *Procedia Engineering*. 170 (2017): 503 – 508.
- [13] Rusman. 2015. Pengaruh Variasi Beban Terhadap Efisiensi Solar Cell dengan Kapasitas 50WP. *Jurnal T. Mesin Univ. Muhammadiyah Metro*. 4(2): 84-90.