

MONITORING DAYA OUTPUT SISTEM FOTOVOLTAIK BERBASIS MIKROKONTOLER ATMEGA328

Output Power Monitoring Of The Photovoltaic Systems Based OnMicrocontroller ATmega328

I Made Ardana¹, Abdul Natsir², I Made Ari Nratha³

¹ Jurusan Teknik elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia

Email : madeardana04@gmail.com¹; natsir.amin@unram.ac.id²; nratha@te.ftunram.ac.id³

ABSTRAK

Daya output yang dihasilkan sistem fotovoltaik (PV) ditentukan oleh intensitas radiasi surya, temperatur, dan faktor geografis dari suatu daerah. Monitoring daya pada modul PV umumnya dilakukan secara manual dan membutuhkan waktu cukup lama sehingga tidak efisien. Penelitian ini akan merancang alat power data logger berbasis mikrokontroler ATmega328, melakukan pengukuran intensitas radiasi surya, tegangan, arus, suhu sekitar modul PV. Selanjutnya analisis pengaruh intensitas radiasi surya dan suhu terhadap daya output yang dihasilkan sistem PV dengan bervariasi penggunaan beban yaitu lampu DC dan beban resistif variabel 5 Ω .

Hasil penelitian didapatkan alat Power data logger dengan mikrokontroler ATmega328 telah berhasil merekam data secara yang tersimpan dalam SD Card. Besaran listrik tertinggi yang telah direkam yaitu arus sebesar 3,13 Ampere, tegangan 20 Volt, suhu 55,71° C, daya 48,56 Watt. Dari hasil pengujian keseluruhan alat power data logger didapatkan nilai rata-rata error untuk tegangan sebesar 2,37 %, arus 4,19 % dan suhu sebesar 4,25 %. Pengamatan berdasarkan hasil analisis didapat pengaruh intensitas radiasi surya dan suhu terhadap daya output sistem PV. Semakin tinggi intensitas radiasi surya maka daya yang dihasilkan semakin besar, sedangkan semakin tinggi suhu sekitar PV maka daya yang dihasilkan turun sedikit. Untuk tegangan, arus, daya output sistem PV dengan beban lampu bervariasi dan beban resistif variabel 5 Ω , didapatkan tegangan dan arusnya mengikuti intensitas radiasi yang serap modul PV sehingga daya yang dihasilkan tergantung dari arus dan tegangan.

Kata kunci : Energi Surya, Fotovoltaik, Mikrokontroler ATmega328, Power Data Logger

ABSTRACT

The output power produced by a photovoltaic system (PV) determined by solar radiation intensity, temperature, and geographical factors of an area. Monitoring power in PV modules is generally done manually and requires a long time so it is not efficient. This research will design a power data logger based on the Atmega 328 microcontroller, measuring solar radiation intensity, voltage, current, temperature around the PV module. The next analysis is the effect of solar radiation intensity and temperature on the output power produced PV system by varying the use of loads i.e DC lights and 5 Ohm variable resistive load.

The results obtained by Power data logger with ATmega 328 microcontroller has been able to record data in realtime stored in the SD Card. The highest record quantity is current, voltage, temperature, and power of 3.13 Ampere, 20 Volt, 55.71° C, and 48.56 Watt, respectively. From the results of testing the overall power data logger, the average error value for voltage is 2.37%, current is 4.19% and the temperature is 4.25%. Observations based on the results of the analysis obtained the effect of solar radiation intensity and temperature on the output power of the PV system. The higher solar radiation intensity, the greater the power produced, while the higher temperature around the photovoltaic, the resulting power drops slightly. For a voltage, a current, an output power of PV systems with varying lamp loads and variable 5 Ohm resistive loads, voltage and current are obtained following radiation intensity that absorbs PV modules so that power generated depends on current and voltage

Keywords: Solar Energy, Photovoltaic, ATmega328 Microcontroller, Power Data Logger

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik akhir-akhir ini sangatlah besar dikarenakan pesatnya pertumbuhan penduduk dan perkembangan teknologi dibidang kelistrikan. Sumber energi yang banyak dipakai menggunakan bahan bakar fosil, yang lama-kelamaan akan habis seiring menipisnya cadangan sumber energi tersebut. Untuk dapat memenuhi kebutuhan energi maka dimanfaatkan energi terbarukan yaitu energi yang tidak ada habisnya.

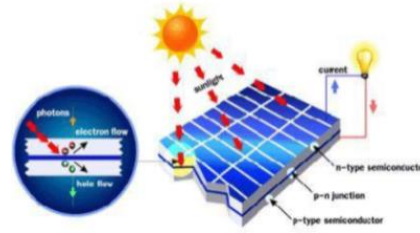
Pemanfaatan energi terbarukan diantaranya dengan memanfaatkan tenaga radiasi matahari dengan menggunakan fotovoltaik (PV) sebagai pengkonversi energi matahari menjadi energi listrik yang dikenal dengan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Adapun karakteristik dari daya yang dihasilkan oleh PV ditentukan oleh intensitas radiasi, temperatur, dan faktor geografis dari suatu daerah. Semakin banyak intensitas radiasi matahari yang diserap oleh PV, maka semakin tinggi pula arus yang dihasilkan sehingga daya keluaran menjadi maksimum. (Susanti dan Aisjah, 2013).

Monitoring daya modul PV umumnya dilakukan secara manual, membutuhkan waktu cukup lama. Permasalahan tersebut diselesaikan dengan merancang alat yang dapat monitoring daya secara otomatis disimpan dalam memory card dengan hanya mengatur waktu perekaman yang diinginkan umumnya dikenal dengan nama power data logger. Dalam merancang power data logger menggunakan sebuah mikrokontroler ATmega328.

Penelitian ini dilakukan merancang power data logger berbasis mikrokontroler ATmega328, untuk mengetahui pengaruh intensitas radiasi matahari dan suhu lingkungan disekitar PV terhadap daya yang dihasilkan, nilai arus, tegangan dan daya yang dihasilkan PV dengan beban lampu DC dan beban resistif variabel 5Ω menggunakan power data logger.

Panel Surya (Fotovoltaik).

Memiliki banyak sel surya yang bisa disusun secara seri maupun paralel. Sel surya adalah suatu komponen elektronika yang dapat mengubah energi surya menjadi energi listrik dalam bentuk arus searah (DC) yang disusun oleh semikonduktor jenis diode tipe n dan tipe p yang membentuk *function p-n*. (Septina, 2013)



Gambar 1. Prinsip kerja sel surya (Septina, 2013)

Secara garis besar prinsip kerja dari sel surya seperti Gambar 1, dapat dijelaskan jika foton (yang terdiri dari jutaan partikel berenergi tinggi yang diakibatkan dari radiasi matahari) menumbuk atom silikon dari sel surya dan menghasilkan energi yang cukup untuk mendorong elektron-elektron bebas yang siap mengalir di ujung-ujung terminal sel surya. Jika beban seperti lampu dipasang diantara terminal negatif dan positif dari sel surya, maka elektron – elektron akan mengalir sebagai arus listrik searah yang dapat menghidupkan lampu tersebut. Semakin besar energi matahari mengenai sel surya, maka semakin besar pula arus yang dihasilkan oleh sel surya tersebut

Data Logger.

Berfungsi untuk merekam data ke dalam media penyimpanan data, memiliki kapasitas penyimpanan cukup besar sehingga data yang ditampilkan dalam kurva durasi yang cukup lama. Keuntungan menggunakan *data logger* dapat secara otomatis mengumpulkan data setiap 24 jam dan setelah aktif dapat ditinggalkan untuk mengukur dan merekam.

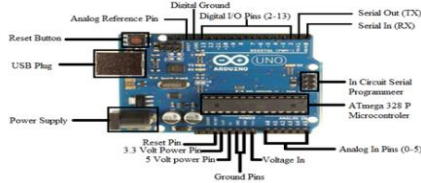
Arduino Uno R3 ATmega328.

Bertugas untuk memberikan perintah ke *arduino data logging shield* untuk merekam dan menyimpan dalam *memory*. Arduino memiliki 14 pin I/O digital (0-13) dan khusus untuk 6 buah pin yaitu pin 3, 5, 6, 9, 10 dan 11 berfungsi sebagai pin analog *output* dimana tegangan keluarannya dapat diatur. Nilai sebuah pin output analog dapat diprogram 0-255, mewakili nilai tegangan 0-5 volt. Program dapat membaca nilai sebuah pin masukan antara 0-1023, dimana tegangan 0-5 volt. Hal ini bisa dilihat pada Gambar 2.

Sensor Arus ACS712 20A.

Adalah sensor yang memiliki ketepatan yang tinggi, karena didalamnya terdapat low-offset linear Hall dengan satu lintasan yang terbuat dari tembaga. Cara kerja sensor ini adalah arus yang mengalir melalui kabel tembaga yang menghasilkan medan

magnet yang diangkat oleh *integrated Hall IC* dan diubah menjadi tegangan proporsional (Allergo, 2006).



Gambar 2. Bagian-bagian dari kit arduino

Sensor Tegangan.

Menggunakan rangkaian pembagi tegangan untuk mendapatkan output 5V. Maksimal range tegangan yang dibaca ADC mikrokontroler berupa 5 volt, jadi jika ada tegangan lebih dari itu harus menggunakan pembagi tegangan.

Sensor suhu LM35.

Adalah komponen elektronika berfungsi mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. Prinsip sensor melakukan penginderaan pada saat perubahan suhu setiap suhu 1°C menjadi tegangan 10mV.

Arduino data logging shield.

Adalah *shield* untuk arduino berfungsi menambahkan bagian *logging*/pencatatan data ke memori SD Card. Shield ini terdiri SD Card, RTC DS1307, indikator LED dan regulator 3,3 Volt.

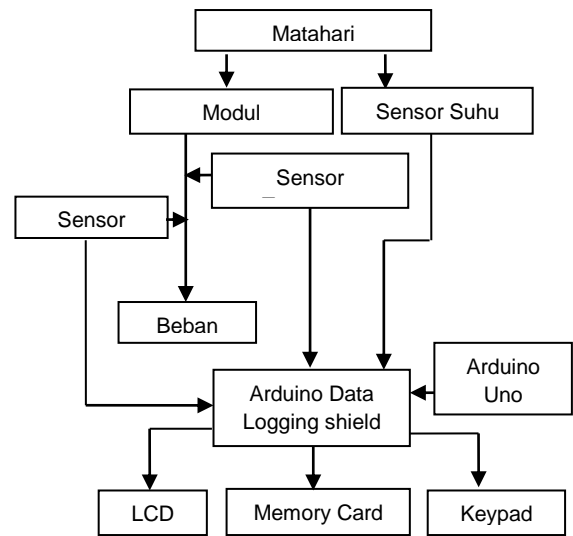
LCD (Liquid Cristal Display).

Berfungsi menampilkan data dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun kurva.

Memory SD Card. Adalah media yang digunakan sebagai penyimpanan perekaman data.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini melakukan monitoring daya output sistem PV berbasis mikrokontroler ATmega328 sehingga untuk membantu penelitian dibuat alat *power data logger*. Data hasil pengujian dari alat tersebut dianalisa pengaruh intensitas radiasi matahari dan suhu sekitar lingkungan PV terhadap daya output serta nilai arus, tegangan dan daya yang dihasilkan PV menggunakan beban lampu DC dan beban resistif variabel 5 Ω. Hal ini dapat dilihat pada konfigurasi sistem secara umum pada Gambar 3.



Gambar3. Blok diagram konfigurasi sistem secara umum

Lokasi dan Waktu Penelitian.

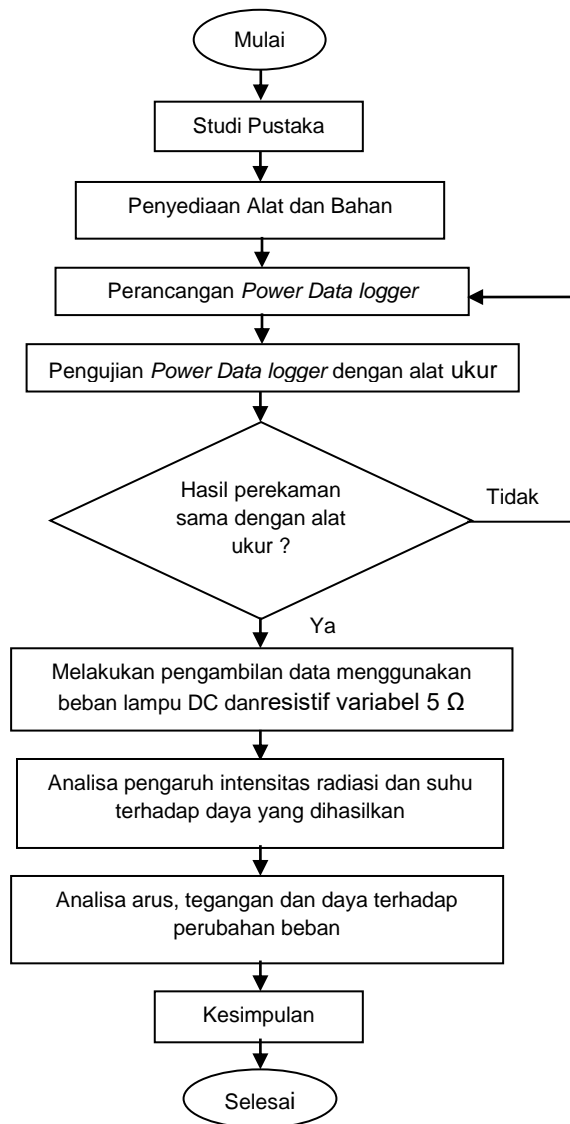
Dilaksanakan di Laboratorium Energi Baru Terbarukan (EBT), Fakultas Teknik Universitas Mataram. Waktu pelaksanaan dari bulan Oktober 2016 sampai April 2017.

Alat : 1 buah Panel PV merk SHARP model ND-T065M1, Multimeter, 4 buah lampu DC dengan daya 3,9,12 dan 15 watt serta beban resistif variabel, software arduino, Termometer, *Pyranometer* dan *Hobo Weather Station*.

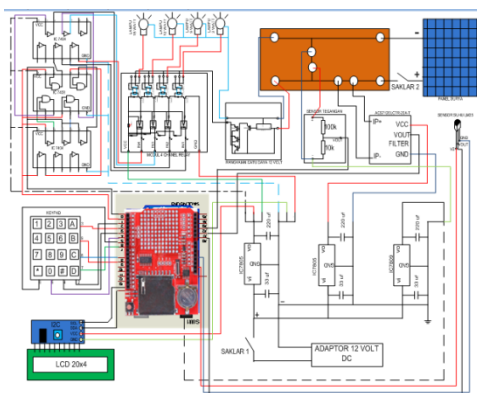
Tabel 1. Spesifikasi modul PV SHARP model ND-T065M1

Parameter	Besaran	Kondisi
<i>No. of cells and connections (Ns)</i>	36 in series	
<i>Open circuit voltage (Voc)</i>	22 V	Irradiance : 1000 W/m ²
<i>Maximum power voltage (Vpm)</i>	17,5 V	
<i>Short circuit current (Isc)</i>	4,05 A	Module temperature : 25°C
<i>Maximum power current (Ipm)</i>	3.72 A	
<i>Maximum power</i>	65 W	
Luas panel	0,52 m ²	

Bahan: Arduino Uno R3 ATmega 328, *Arduino data logging shield*, Adaptor 12 volt, Sensor arus ACS712 20A, sensor LM35, resistor, kabel konektor secukupnya, *memory SD Card 8 GB*, LCD 20x4, keypad dan relay. Alur penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian



Gambar 5. Rangkaian perangkat keras

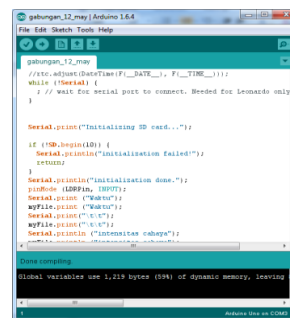
Langkah-langkah penelitian.

Untuk menyelesaikan penelitian ini

dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut :

1. Mencari studi literatur yang berhubungan dengan judul.
2. Melakukan perancangan alat power data logger yaitu
 - a. Perancangan perangkat keras meliputi membuat rangkaian sensor arus, sensor tegangan, sensor suhu, relay 4 chanel, LCD, keypad, regulator tegangan, rangkaian catu daya 12 volt untuk beban lampu DC. Untuk rangkaian keseluruhan perangkat keras dapat dilihat pada Gambar 5.
 - b. Perancangan perangkat lunak Caranya menggunakan software minimum arduino IDE dengan bahasa mirip dengan C++ dari java sehingga tampilannya dapat dilihat pada Gambar 6.

Gambar 6. Tampilan IDE Arduino



3. Melakukan pengujian alat power data logger yaitu :

- a. Pengujian Sensor Tegangan.. Cara pengujian menggunakan power supply DC murni sebagai sumber DC kemudian dipasang ke rangkaian pembagi tegangan dan juga dipasang secara paralel alat ukur analog. Output dari rangkaian pembagi tegangan diinputkan ke mikrokontroler yaitu port pin analog dengan nilai tegangan maksimum yang dapat dibaca 5 volt. Setelah itu masukan program di mikrokontroler untuk pembacaan ADC secara serial komputer. Lakukan pengamatan dan pengukuran tegangan input secara bertahap 0-28 volt, mencatat nilai dari keluaran mikrokontroler yang terdapat dikomputer. Hasil pengujian tersebut kemudian dibuat pendekatan linier dengan fungsi 'polyfit.m' di matlab agar mendapatkan persamaan yang digunakan sebagai perograman pembacaan sensor di mikrokontroler.

- b. Pengujian Sensor Arus.

Cara pengujian sensor Arus dilakukan dengan menggunakan panel surya sebagai sumbernya kemudian diseri dengan sensor arus ACS712-20A dan juga diseri ke alat ukur serta beban. Setelah semua dipasang selanjutnya menyalakan supply untuk sensor arus yaitu 5 Volt. Melakukan pengamatan pengujian dengan menaikkan beban sehingga arus yang dibaca alat ukur multimeter berubah sedangkan nilai yang disensor arus berupa nilai tegangan setiap perubahan arus. Hasil keluaran dari sensor maupun alat ukur di catat kemudian dibuatkan persamaan dengan melakukan pendekatan linier sama seperti pengujian sensor tegangan.

c. Pengujian Sensor Suhu LM35.

Proses pengujian sensor suhu dilakukan dari sumber suhu sinar matahari selanjutnya dibaca oleh sensor LM35 maupun termometer digital. Hasil pengukuran bahwa nilai termometer berupa suhu sedangkan sensor LM35 berupa nilai tegangan jadi setiap penambahan nilai suhu yang dibaca termometer dan sensor LM35 dicatat. Setelah itu nilai tersebut dibuat persamaan dengan pendekatan linier dari matlab untuk pembacaan dari sensor LM35.

4. Pengambilan data

Dalam penelitian ini pengambilan data dilakukan selama 2 minggu dari jam 08:52 pagi sampai 17:00 sore yaitu minggu pertama dari tanggal 20-26 Februari 2017 menggunakan beban lampu DC dengan daya 3,9,12,15 Watt dan minggu kedua dari tanggal 27 Februari 2017 sampai 05 Maret 2017 menggunakan beban resistif variabel 5 Ω .

a. Pengambilan data PV dengan beban lampu DC..

Prosesnya dimulai dari memasang PV kemudian dihubungkan sama alat *power data logger* dan disambungkan ke beban lampu DC. Didalam alat *power data logger* terdapat 4 relay sehingga disambungkan setiap lampu dari relay 1= 3 watt, relay 2= 9 wat, relay 3= 12 watt dan relay 4= 15 watt. Setting alat tersebut setiap 1 menit berpindah dari relay ke relay berikutnya. Perpindahan relay tersebut dimulai dari setiap mulai waktu perekaman yang disetting pada alat *power data logger*. Selanjutnya hasil perekaman datanya berupa nilai arus , tegangan, daya, dan suhu dari output PV.

b. Pengambilan data PV dengan beban resistif variabel 5 Ω

Proses pengambilan data ini dimulai dari sumbernya menggunakan PV selanjutnya dihubungkan ke alat *power data logger* dan juga beban resistif variabel 5 Ω . Bedanya dari pengambilan data sebelumnya disini outputnya tergantung dari PV hal ini karena beban resistif yang digunakan tetap konstan 5 Ω dari awal perekaman sampai akhir perekaman. Data yang direkam sama seperti sebelumnya seperti arus, tegangan, suhu dan daya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Peralatan *Power Data Logger* dan Prinsip kerjanya.

Realisasi alat *power data logger* yang terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Setup percobaan alat *power data logger*

Prinsip Kerja dari Alat *Power Data Logger*.

Pertama memasang adaptor 12 Volt ke listrik sambungkan ke alat *power data logger* selanjutnya nyalakan saklar 1 terletak dekat regulator sehingga sistem semua menyala seperti mikrokontroler, sensor arus, relay, LCD. Layar LCD menampilkan pengecekan SD card dengan 2 kondisi SD card ada dan SD card tidak ada. Bila tampilan layar berupa SD card ada berarti didalam alat sudah terpasang oleh *memory* sehingga bisa melakukan perekaman sedangkan tampilannya berupa SD card tidak ada berarti didalam alat belum terpasang oleh *memory* sehingga tidak bisa melakukan perekaman. Tampilan LCD berikutnya perintah yang harus dipilih oleh pengguna sesuai yang ada di layar menggunakan keypad. Selanjutnya setting alat seperti tanggal maupun waktu perekaman dimulai serta akhir, waktu sampling perekaman, terus pilih selanjutnya sampai ketemu tampilan keseluruhan, sesudah muncul tampilan keseluruhan nyalakan saklar 2 untuk meyalurkan arus dan tegangan dari panel surya ke beban. Alat ini akan mulai

merekam data secara otomatis dengan indikator huruf R bagian sebelah kanan layar pojok bawah pada LCD sesuai settingan dari pengguna alat *power data logger*.

Pengujian Rangkaian Sensor Tegangan.

Rangkaian sensor tegangan yang terdiri 2 resistor yaitu R1= 100kΩ dan R2= 10kΩ. Selanjutnya menghitung tegangan maksimum yang dibaca sensor dengan menggunakan persamaan berikut:

$$V_{2(output)} = \frac{R2}{R1 + R2} \times Vin$$

$$5 = \frac{10}{100 + 10} \times Vin$$

$$Vin = \frac{100+10}{10} \times 5 = 55 \text{ volt}$$

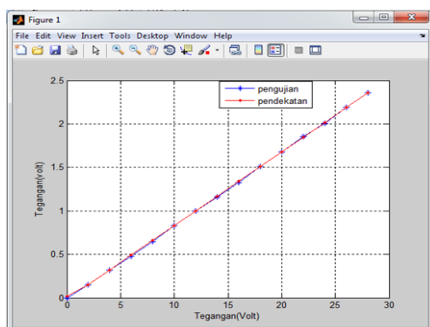
Pengujian selanjutnya dengan melakukan pengukuran keluaran sensor dengan nilai inputan range dari 0-28 volt. Pendekatan linear dibuat berdasarkan data-data hasil pengujian sensor kemudian dibuat persamaan menggunakan fungsi 'polyfit.m' dari MATLAB sebagai berikut:

```
teganganDC=[0 2 4 6 8 10 12 14 16
18 20 22 24 26 28];
outputDC=[0 0.15 0.32 0.48 0.65
0.83 1.00 1.16 1.33 1.51 1.68 1.85
2.01 2.19 2.36];
p=polyfit(teganganDC,outputDC,1)
p = 0.0848 -0.0187
```

didapatkan persamaan pendekatan linear yang digunakan sebagai pemrograman pembacaan sensor di arduino:

$$V_{\text{sensor tegangan}} = 0,0848 \times \text{tegangan}_{\text{sensor}} - 0,0187$$

Setelah hasil pendekatan linear maka dibuat grafik perbandingan hasil pengujian dengan hasil pendekatan linear pada Gambar 8:



Gambar 8. Grafik pengujian sensor tegangan

Pengujian Rangkaian Sensor Arus.

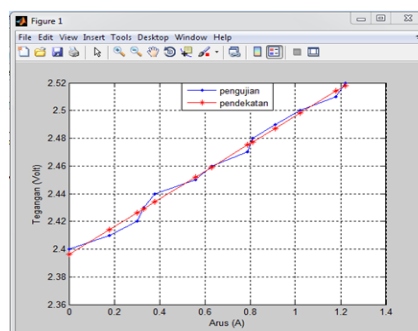
Sensor arus(ACS712-20A) apabila arus yang melewati melalui sensor maka pada sisi keluaran sensor akan menghasilkan tegangan DC yang besar maksimum 5 volt dengan arus yang mengalir maksimum 20 A DC. pengujian dilakukan dengan panel surya sebagai sumber yang diserikan dengan sensor dan beban lampu DC. hasilnya dicatat antara arus yang melewati sensor dan tegangan disisi keluaran sensor. Dari hasil pengujian dibuat persamaan pendekatan linear dengan fungsi 'polyfit.m' dari MATLAB sebagai berikut :

```
arus=[0 0.18 0.30 0.33 0.38 0.56
0.63 0.79 0.81 0.91 1.02 1.18 1.22
];
outputDC=[2.40 2.41 2.42 2.43 2.44
2.45 2.46 2.47 2.48 2.49 2.50 2.51
2.52];
p = polyfit(arus,outputDC,1)
p = 0.1000 2.3961
```

didapatkan persamaan pendekatan linear yang digunakan sebagai pemrograman pembacaan sensor di arduino:

$$V_{\text{sensor arus}} = 0,1000 \times \text{tegangan}_{\text{sensor}} + 2,3961$$

Setelah hasil pendekatan linear maka dibuat grafik perbandingan hasil pengujian dengan hasil pendekatan linear pada Gambar 9:



Gambar 9. Grafik pengujian sensor arus

Pengujian Rangkaian Sensor Suhu LM35.

Suhu yang dapat dibaca sensor LM35 sebesar 0-100 °C sedangkan tegangan outputnya sebesar 4 volt sesuai data sheet.pengujian dilakukan dengan meletakkan sensor dibawah sinar matahari sebelumnya termometer. Hasilnya dicatat antara suhu yang dihasilkan termometer dan tegangan

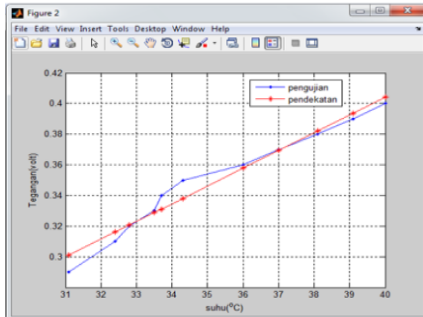
disisi keluaran sensor. Dari hasil pengujian dibuat persamaan pendekatan linear dengan fungsi 'polyfit.m' dari MATLAB sebagai berikut:

```
suhu=[ 31.1 32.4 32.8 33.5 33.7
34.3 36 37 38.1 39.1 40];
tegangan=[0.29 0.31 0.32 0.33 0.34
0.35 0.36 0.37 0.38 0.39 0.40 ];
p=polyfit(suhu,tegangan,1)
p = 0.0116 -0.0598
```

didapatkan persamaan pendekatan linear yang digunakan sebagai pemrograman pembacaan sensor di arduino:

$$V_{\text{sensor suhu}} = 0,0116 \times \text{tegangan}_{\text{sensor}} - 0,0598$$

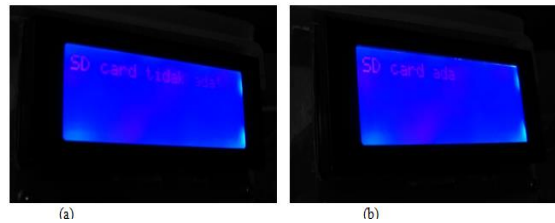
Setelah hasil pendekatan linear maka dibuat grafik perbandingan hasil pengujian dengan hasil pendekatan linear pada Gambar 10:



Gambar 10. Pengujian sensor suhu

Pengujian memory SD Card.

Pada Gambar 10 memperlihatkan bahwa alat yang dibuat menggunakan alat yang dibuat dengan dua (2) kondisi, yaitu kondisi tidak menggunakan SD card dan kondisi menggunakan SD card. Bila tampilan LCD berupa SD card tidak ada berarti belum terpasang memori sehingga tidak terekam sedangkan tampilan LCD berupa SD card ada berarti sudah terpasang memori sehingga bisa merekam.



Gambar 11. Tampilan (a) kondisi dengan SD card (b) kondisi tanpa SD card

Pengujian Sistem Keseluruhan Power Data Logger.

Dilakukan menggunakan alat ukur multimeter dan hasil perekaman dengan beban resistif variabel 5 Ω pada Tabel 2 dan Tabel 3 untuk beban resistif variabel 10 Ω

Tabel 2 .Hasil pengujian sistem keseluruhan dengan beban resistif variabel 5 Ω

NO	Waktu	hasil pengukuran dengan beban resistif variabel 5 Ω								
		Multimeter digital			Perekaman data			Persentase error		
		V (Volt)	I (A)	suhu (°C)	V (Volt)	I (A)	suhu (°C)	V (Volt)	I (A)	suhu (°C)
1	10:30	14,88	2,47	45,2	14,84	2,44	46,74	0,268817	1,21457	3,40708
2	11:00	14,26	2,89	48,8	14,07	2,88	48,98	1,332398	0,34602	0,36885
3	11:30	14,11	2,83	42,9	14,08	2,78	44,95	0,212615	1,76678	4,77855
4	12:00	14,43	2,67	48,1	14,31	2,64	48,53	0,831601	1,1236	0,89397
5	12:30	14,68	2,62	46,1	14,66	2,59	49,8	0,13624	1,14504	8,02603
6	13:00	14,33	2,65	45,5	14,25	2,64	48,53	0,558269	0,37736	6,65934
7	13:30	14,31	2,59	46,9	14,25	2,59	48,98	0,419287	0	4,43497
8	14:00	15,12	2,77	40,2	15,01	2,73	44,84	0,727513	1,44404	11,5423
9	14:30	13,77	2,51	45,8	13,66	2,49	48,8	0,798838	0,79681	6,55022
10	15:00	11,67	2,66	42,6	11,43	2,54	41,81	2,056555	4,51128	1,85446
11	15:30	14,62	2,57	41,5	14,42	2,49	41,36	1,367989	3,11284	0,33735
12	16:00	12,25	2,37	45,2	11,9	2,25	42,26	2,857143	5,06329	6,50442
13	16:30	4,6	0,89	36,7	4,1	0,83	35,08	10,86957	6,74157	4,41417
14	17:00	2,8	0,53	31,19	2,22	0,49	32,39	20,71429	7,54717	3,84739
Rata-rata error								3,082223	2,5136	4,54422

Tabel 3. Hasil pengujian sistem keseluruhan dengan beban resistif variabel 10 Ω

NO	Waktu	hasil pengukuran dengan beban resistif variabel 10 Ω								
		Multimeter digital			Perekaman data			Persentase error		
		V (Volt)	I (A)	suhu ($^{\circ}$ C)	V (Volt)	I (A)	suhu ($^{\circ}$ C)	V (Volt)	I (A)	suhu ($^{\circ}$ C)
1	10:35	16,05	1,56	45,2	15,98	1,51	44,39	0,436137	3,20513	1,79204
2	11:05	16,67	1,46	48,7	16,54	1,41	49,8	0,779844	3,42466	2,25873
3	11:35	16,38	1,69	44,04	16,24	1,66	47,74	0,854701	1,77515	8,40145
4	12:05	16,58	1,56	48,5	16,48	1,57	49,83	0,603136	0,64103	2,74227
5	12:35	16,23	1,58	46,3	16,07	1,56	48,63	0,985829	1,26582	5,0324
6	13:05	16,39	1,47	49,3	16,3	1,46	50,77	0,549115	0,68027	2,98174
7	13:35	16,18	1,64	45,6	16,01	1,61	45,39	1,05068	1,82927	0,46053
8	14:05	16,68	1,66	42,4	16,59	1,61	44,95	0,539568	3,01205	6,01415
9	14:35	16,07	1,62	43,1	15,89	1,56	47,64	1,1201	3,7037	10,5336
10	15:05	15,54	1,46	42	15,48	1,37	41,81	0,3861	6,16438	0,45238
11	15:35	16,41	1,59	43,4	16,24	1,46	41,81	1,035954	8,1761	3,66359
12	16:05	16	1,52	42,6	15,77	1,41	39,56	1,4375	7,23684	7,13615
13	16:35	8,44	0,7	34,4	7,97	0,53	33,29	5,56872	24,2857	3,22674
14	17:05	6,12	0,53	32,1	5,62	0,44	32,39	8,169935	16,9811	0,90343
Rata-rata error								1,679809	5,88437	3,97137

Berdasarkan Tabel 2 perbandingan antara nilai alat ukur analog dengan hasil perekaman untuk pengujian sistem menggunakan beban resistif variabel 5 Ω mendapatkan selisih rata-rata error antara nilai sebesar 3,08%, arus sebesar 2,51% dan suhu 4,54%

Untuk pengujian sistem kedua pada Tabel 3 menggunakan beban resistif variabel 10 Ω dengan pengukuran dihari yang sama hanya beda waktu 5 menit. Hasilnya selisih untuk tegangan rata-rata errornya 1,67%, arus 5,88%, dan suhu sebesar 3,97%. Dari kedua pengujian tersebut didapatkan rata-rata error total dengan cara menjumlahkan kedua data nilai rata-rata error masing masing sensor kemudian hasilnya dibagi 2 sehingga didapatkan rata error untuk tegangan sebesar 2,37%, arus 4,19% dan suhu sebesar 4,25%.

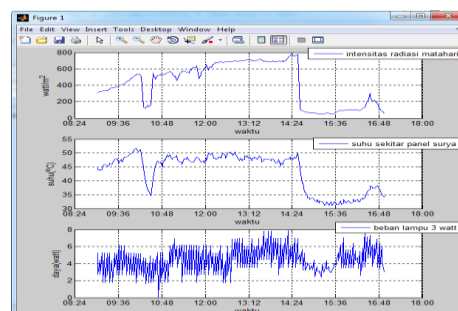
Analisa Data Hasil Monitoring.

1. Pengaruh Intensitas Radiasi Matahari dan Suhu sekitar Panel Surya terhadap Daya yang dihasilkan PV

Salah satu karakteristik untuk menghasilkan daya pada PV adalah intensitas radiasi matahari. Intensitas radiasi matahari yang dipancarkan ke bumi setiap harinya selalu berubah-ubah sehingga membawa pengaruh besar pada keluaran PV. Selain pengaruh intensitas radiasi matahari, suhu sekitar panel surya juga mempengaruhi daya yang

dihasilkan sehingga jika semakin tinggi suhu sekitar panel maka daya yang dihasilkan berkurang.

a. Data pengukuran intensitas radiasi matahari, suhu sekitar panel surya dan daya dengan beban lampu 3 Watt pada tanggal 20 Februari 2017

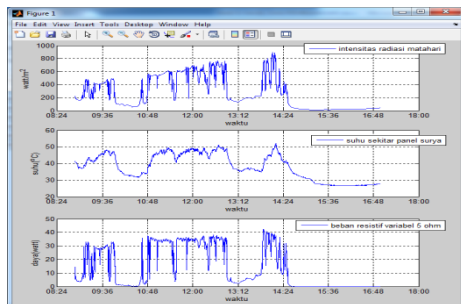


Gambar 12. Pengukuran intensitas radiasi matahari, suhu sekitar panel surya dan daya dengan beban lampu 3 Watt

Berdasarkan Gambar 12 dapat dianalisa bahwa dari jam 09:01 sampai 10:13 menghasilkan intensitas radiasi matahari sebesar 308,1 Watt/m² hingga 536,9 wat/m² dengan suhu yang meningkat sebesar 44,5 $^{\circ}$ C sampai 50,33 $^{\circ}$ C sehingga daya yang dihasilkan 2,68 Watt sampai 5,18 Watt. Kemudian jam 10:17 sampai jam 10:29:30

terjadi penurunan intensitas radiasi matahari sebesar 135,6 Watt/m² hingga 160,6 Watt/m² dengan suhu sebesar 44,95 °C sampai 34,63 °C sehingga daya rata-rata sebesar 2,44 Watt hingga 4,65 Watt akibat dari berawan. Siang hari jam 12:05:30 sampai 14:33:30 intensitas radiasi tertinggi sebesar 605,6 Watt/m² sampai 776,9 Watt/m² dengan suhu yang berfluktuatif sebesar 48,08 °C hingga 49,88 °C sehingga daya yang dihasilkan 3,53 Watt hingga 6,92 Watt. Sore harinya dari jam 14:37:00 sampai 16;17:30 intensitas radiasi matahari penurunan sebesar 115,6 Watt/m² sampai 98,1 Watt/m² dengan suhu 44,5 °C hingga 33,29 °C sehingga daya yang dihasilkan sebesar 5,11 Watt hingga 3,44 Watt. Selanjutnya di jam 16:21 sampai 16:57:30 intensitas radiasinya fluktuatif sebesar 114,4 Watt/m² sampai 56,9 Watt/m² dengan suhu 33,74 °C hingga 34,63 °C sehingga daya yang dihasilkan 5,81 Watt hingga 3,14 Watt.

b. Data pengukuran intensitas radiasi matahari, suhu sekitar panel surya dan daya dengan beban resistif variabel 5 Ω pada tanggal 27 Februari 2017

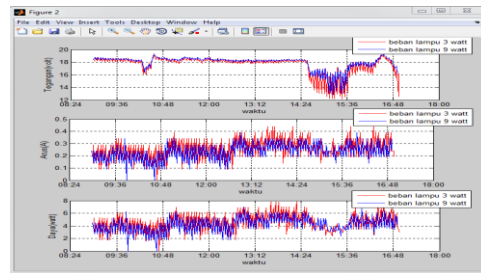


Gambar 13. Pengukuran intensitas radiasi matahari, suhu sekitar panel surya dan daya dengan beban resistif variabel 5 Ω

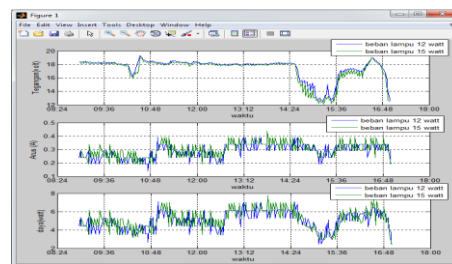
Pada Gambar13 dianalisa bahwa dari jam 08:52 sampai 09:51 menghasilkan intensitas radiasi matahari sebesar 220,6 Watt/m² hingga 484,4 wat/m² dengan suhu yang meningkat sebesar 41,36 °C sampai 45,84 °C sehingga daya yang dihasilkan 14,41 Watt sampai 32,12 Watt. Kemudian jam 09:55 sampai jam 10:24 terjadi penurunan intensitas radiasi matahari sebesar 208,1 Watt/m² hingga 53,1 Watt/m² dengan suhu sebesar 46,74 °C sampai 32,39 °C sehingga daya sebesar 30,39 Watt hingga 0,14 Watt akibat dari berawan. Siang hari jam 10:48 sampai 12:39 intensitas radiasi matahari sebesar 516,9 Watt/m² sampai 766,9 Watt/m² dengan suhu sebesar 35,08°C sampai 49,88 °C

sehingga daya meningkat sebesar 8,74 Watt sampai 36,33 Watt. Sore hari jam 13:52 sampai 14:07 intensitas radiasi kembali meningkat sebesar 726,9 Watt/m² hingga 895,6 Watt/m² dengan suhu sebesar 36,87 °C hingga 48,53 °C sehingga menghasilkan daya sebesar 39,79 Watt sampai 38,5 Watt. Selanjutnya jam 14:13 sampai 14:32:30 intensitas radiasi kembali berkurang sebesar 463,1 Watt/m² hingga 101,9 Watt/m² dengan suhu sebesar 51,67 °C hingga 39,12 °C sehingga menghasilkan daya sebesar 34,76 Watt sampai 3,51 Watt akibat mendung. Tiba-tiba terjadi hujan gerimis jam 14:33 sampai 17:00 intensitas radiasi sangat turun drastis sebesar 93,1 Watt/m² hingga 43,1 Watt/m² dengan suhu sebesar 38,67 °C hingga 27,46 °C sehingga menghasilkan daya sebesar 1,46 Watt sampai 0 Watt.

2. Pengukuran nilai arus, tegangan daya untuk beban bervariasi



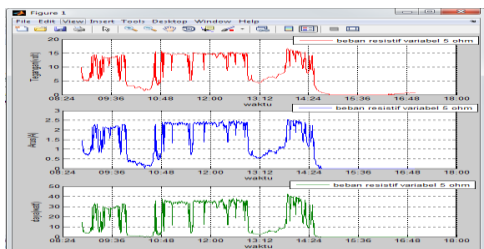
Gambar 14. Grafik pengukuran nilai tegangan, arus, daya dengan beban lampu 3 watt dan 9 watt tanggal 20 Februari 2017



Gambar 15. Grafik pengukuran nilai tegangan, arus, daya dengan beban lampu 3 watt dan 9 watt tanggal 27 Februari 2017

Berdasarkan Gambar 14 dan Gambar 15 menunjukkan tegangan dari keempat beban lampu tersebut relatif sama hal ini karena tegangan yang dihasilkan tidak berpengaruh bila beban lampu yang digunakan bertambah. Bila ada sinar matahari yang diserap PV sehingga tegangan yang dihasilkan

relatif sama. Arus yang dihasilkan setiap Beban lampu berbeda juga mempengaruhi besar arusnya terlihat salah satu contoh pengukuran pada jam 08:57 sampai 10:48 arus yang dihasilkan menggunakan beban lampu 3 Watt dan 9 Watt arusnya rata-rata sebesar 0,09 A sampai 0,34 A sedangkan dengan beban lampu 12 Watt dan 15 Watt arusnya rata lebih besar sedikit sebesar 0,24 A sampai 0,39 A. Daya yang dihasilkan berfluktuatif tergantung arus dan tegangan yang dihasilkan.



Gambar 16. Grafik pengukuran nilai tegangan, arus, daya dengan beban resistif variabel 5 Ω

Berdasarkan Gambar 16 dengan beban resistif variabel 5 Ω menunjukkan bahwa tegangan berfluktuatif tergantung dari intensitas radiasi matahari yang dihasilkan karena menggunakan beban resistif murni tegangan yang dihasilkan mengikuti dari intensitas radiasi tersebut. Pada saat hujan menyebabkan PV tidak menghasilkan tegangan. Arus yang dihasilkan menggunakan beban variabel 5 Ω sangat berpengaruh dari intensitas radiasi yang dihasilkan. Bila terjadi penurunan intensitas radiasi matahari maka arusnya yang dihasilkan menurun sekali karena beban yang digunakan resistif murni tergantung dari sumbernya. Daya yang dihasilkan tertinggi mencapai 40,59 Watt terjadi pada jam 13:57:30 sedangkan nilai daya yang terendah sebesar 0 Watt pada jam 14:48:30.

KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dihasilkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Alat *Power data logger* berbasis mikrokontroler ATmega 328 yang dirancang telah berhasil merekam data seperti arus tertinggi 3,13 A, tegangan 20 volt, suhu 55,71 $^{\circ}\text{C}$, daya 48,56 watt, dan waktu secara *real time* kemudian disimpan dalam SD card. Pengujian masing-masing sensor didapatkan rata-rata error untuk sensor tegangan sebesar 0,46%, sensor arus 0,13 % dan sensor suhu LM35

sebesar 1,42% sedangkan pengujian sistem keseluruhan alat *power data logger* didapatkan nilai rata-rata error total untuk tegangan sebesar 2,37 %, arus 4,19 % dan suhu sebesar 4,25%.

2. Pengaruh intensitas radiasi matahari dan suhu terhadap daya yang dihasilkan didapatkan semakin besar nilai intensitas radiasi surya yang diserap panel surya maka daya yang dihasilkan semakin besar begitu juga sebaliknya sedangkan suhu sekitar panel surya semakin meningkat maka daya yang dihasilkan turun sedikit.
3. Pengukuran tegangan, arus dan daya output panel surya dengan beban lampu yang divariasikan didapatkan tegangan dari keempat beban lampu relatif sama tidak berpengaruh beban lampu yang digunakan tetapi berpengaruh dari intensitas radiasi matahari, bila intensitas radiasi turun maka tegangan yang dihasilkan menurun, arus yang dihasilkan setiap saat berubah tergantung intensitas radiasi matahari yang diserap panel surya dan beban lampu berbeda juga mempengaruhi arusnya seperti menggunakan beban lampu 3 watt dan 9 watt arusnya rata-rata 0,09 A sampai 0,34 A dan beban lampu 12 watt dan 15 watt arusnya lebih besar sedikit sebesar 0,24 A sampai 0,39 A sehingga daya yang dihasilkan tergantung dari arus dan tegangan sedangkan menggunakan beban resistif variabel 5 Ω didapatkan tegangan dan arus yang dihasilkan berfluktuatif tergantung intensitas radiasi matahari yang diserap oleh panel surya karena menggunakan beban resistif murni sehingga tegangan dan arusnya mengikuti dari intensitas radiasi matahari dan daya yang dihasilkan berfluktuatif tergantung arus dan tegangan.

SARAN

1. Alat *power data logger* dapat dikembangkan lagi bisa berbasis web atau menggunakan android yang bisa dipantau jarak jauh.
2. Pemilihan dan penggunaan komponen yang tepat sehingga pembuatan perangkat keras untuk alat power data logger agar didapatkan dengan harga optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Allegro., 2006, Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor With 2.1

- kVRMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor, Datasheet.
- Electronik Experimental Solution, 2014, 20x4 White on Blue Character LCD with Backlight, dalam website : <http://www.GRAVITECH.USElectronic Experiment Solution/> diakses tanggal 10 September 2016.
- Hartono, R., 2013, Perancangan Sistem Data Logger Temperatur Baterai Berbasis Arduino Duemilanove, Skripsi Program Studi Diploma III Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember.
- Septina, W., 2013, Teknologi surya, Sel surya : Struktur dan Cara kerja, dalam website: <https://teknologisurya.wordpress.com/dasar-teknologi-sel-surya/prinsip-kerja-sel-surya/> diakses tanggal 15 September 2016.
- Susanti, A. P., dan Aisjah, A. S., 2013, Perancangan Sistem Prediktor Daya pada Panel Photovoltaic di Buoy Weather Station, Jurnal Teknik POMITS, Vol. 2, No. 2, (2013) ISSN: 2337-3539.
- Texas Instruments., 2016, LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors, SNIS159F-August1999-Revised January 2016, Datasheet.
- TinkBox., 2015, Keyes Data Logging Shield (Rev 1), Datasheet.
- Yanuar, M., 2015, Membuat Rangkaian Voltage DIVIDER (Rangkaian Pembagi Tegangan), dalam website : <http://kursuselektronikaku.blogspot.co.id/>, diakses tanggal 26 April 2016.