

Pengukuran dan Pemantauan Performansi Modul Surya

Hudal Mirrahman^{#1}, Ira Devi Sara^{#2}, Mansur Gapy^{#3}

*Jurusan Teknik Elektro, Fakultas teknik Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syech Abdul Rauf No. 7, Darussalam, Banda Aceh 23111 Indonesia

¹hudalmirrahman@gmail.com

²ira.d.sara@unsyiah.ac.id

³mansur.gapy@unsyiah.ac.id

Abstrak— Energi listrik yang dihasilkan oleh modul selalu berubah-ubah setiap saat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dimana modul surya dipasang. Penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem pemantauan kinerja modul surya pada suatu kondisi lingkungan yang nyata setiap waktu. Parameter yang dipantau adalah arus dan tegangan keluaran modul surya, intensitas cahaya matahari dan suhu. Untuk mengukur parameter tersebut, sistem pengukuran dan pemantauan ini dilengkapi dengan sensor tegangan, sensor suhu dan photoresistor. Sensor-sensor tersebut diatur oleh sebuah mikrokontroler yang dilengkapi dengan ethernet shield sebagai *interface* antara arduino dengan jaringan internet agar dapat mengirimkan data dan disimpan pada sebuah *website* sebagai data hasil pemantauan. Sistem pemantauan telah dapat bekerja sesuai dengan harapan yaitu semua sensor berfungsi dengan baik, dapat mendeteksi tegangan dan arus keluaran modul surya dengan tepat serta dapat mendeteksi intensitas radiasi matahari dan suhu dengan akurat setiap waktu dan data hasil pemantauannya di *access* melalui jaringan internet.

Kata Kunci— Sistem pemantauan, modul Surya, Sensor Tegangan, , Sensor Suhu, photoresistor, *Ethernet Shield*, Arduino Uno

I. PENDAHULUAN

Panel surya merupakan suatu alat yang berfungsi mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Dalam proses perubahan energi cahaya menjadi energi listrik terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi hasil keluaran daya modul surya. Faktor-faktor tersebut adalah penempatan panel surya, suhu, temperatur lingkungan dan intensitas cahaya matahari. Daya keluaran dari panel surya juga mengalami kenaikan atau penurunan akibat kondisi lingkungan yang selalu berubah setiap waktu [4].

Perubahan intensitas cahaya matahari dan kondisi lingkungan sangat mempengaruhi performansi panel surya yang juga mengakibatkan ketidakstabilan daya yang dihasilkan. Pada saat cuaca cerah dan intensitas cahaya matahari tinggi maka daya yang dihasilkan panel surya juga akan mengalami kenaikan dan pada saat cuaca mendung atau gelap maka intensitas cahaya matahari rendah sehingga daya yang dihasilkan juga mengalami penurunan,

maka perlu dilakukan pengukuran dan pemantauan secara *real time* agar dapat mengetahui parameter keluaran panel surya secara otomatis. Informasi yang dikirimkan oleh sistem pemantauan ini berupa data tegangan, arus, suhu dan intensitas cahaya matahari.

Dengan adanya data tersebut dapat memberikan informasi kepada pengguna agar dapat menyesuaikan beban dengan daya yang dihasilkan oleh panel surya sehingga tidak mengalami kekurangan daya dan juga dapat mengetahui daya yang dihasilkan oleh panel surya setiap harinya. Dari data tersebut juga dapat diketahui performansi panel surya akibat pemakaian yang terus menerus sehingga cenderung mengalami penurunan performansi yang berdampak pada parameter yang dihasilkan panel surya.

Sistem pemantauan panel surya jarak jauh diperlukan supaya dapat mengetahui performansi panel surya secara *real time* dimanapun pemilik berada. Jadi apabila terjadi keanehan terhadap tegangan keluaran dari panel surya bisa segera dilakukan pengecekan. Sehingga dengan informasi tersebut pengguna lebih cepat memperbaiki atau mempersiapkan panel surya yang baru agar penyediaan energi listrik lebih terjamin dan dapat diandalkan.

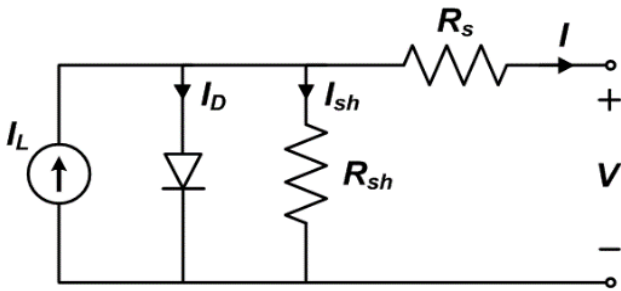
II. DASAR TEORI

A. Sistem Stand Alone Photovoltaic

Sistem *stand alone photovoltaic* adalah sistem pembangkit listrik tenaga surya yang hanya mengandalkan energi matahari sebagai satu-satunya sumber energi utama dengan menggunakan rangkaian *photovoltaic module* untuk menghasilkan energi listrik sesuai dengan kebutuhan. Pemanfaatan energi listrik tenaga surya dapat dilakukan dengan menggunakan beban ac dan menggunakan beban dc. Pada sistem stand alone photovoltaic beban dc ini terdiri dari beberapa perangkat seperti panel surya, baterai, *charger controller*, dan beban dc[3].

1) *Panel Surya*: *Panel surya* merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik secara langsung. Rangkaian ekivalen sel surya dapat

dimodelkan dengan model satu dioda seperti ditunjukkan pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1 Rangkaian Ekuivalen Panel Surya

Terlihat dari gambar rangkaian sel surya dapat dipresentasikan dengan persamaan di bawah ini [4].

$$I = I_L - I_D - I_{sh} \tag{2.1}$$

Dari persamaan di atas maka didapatkan persamaan berikut ini:

$$I = I_L - I_0 \left[\exp \frac{q(V+IR_s)}{nKT} - 1 \right] - \frac{(V+IR_s)}{R_{sh}} \tag{2.2}$$

Dimana I_L arus paralel yang dibangkitkan oleh cahaya matahari (A), I_0 arus saturasi (A), R_s merupakan tahanan seri pada sel surya (Ω), a adalah parameter dioda yang bernilai antara satu dan dua, serta V tegangan terminal (V). T merupakan temperatur (K), k adalah konstanta Boltzmann (1.3806×10^{-23} J/K) dan q merupakan muatan elektron (1.6021×10^{-19} C). R_{sh} adalah tahanan shunt atau tahanan paralel menunjukkan arus yang bocor (leakage) pada sambungan p-n dioda[4].

2) *Charge Controller*: *Charge controller* merupakan sebuah alat yang bertugas mengatur waktu pengisian dan pengosongan yang terdapat pada baterai dengan otomatis[7].



Gambar 2 Solar Charge Controller [7]

3) *Baterai*: *Baterai* adalah alat yang digunakan untuk dapat menyimpan energi listrik yang dilakukan melalui proses kimia. Proses kimia yang dilakukan untuk menyimpan energi listrik ke baterai tersebut disebut sebagai proses elektrokimia. Dengan dilakukannya proses kimia ini sehingga timbullah proses charge (pengisian) atau sebaliknya discharge (pengosongan) pada baterai [8].



Gambar 3 Baterai

B. Sistem Pemantauan Performansi Panel Surya

Menurut *Calyton* dan *Petry* (1983) definisi monitoring merupakan suatu pelaksanaan mengukur, mencatat, mengumpulkan, memproses dan mengkomunikasikan informasi untuk memudahkan menentukan keputusan dari manajemen program atau proyek. Sehingga dalam penelitian ini bertujuan untuk memonitoring yang melingkupi proses mengukur, mencatat, mengumpulkan dan mengkomunikasikan melalui jarak jauh hasil tersebut untuk digunakan sebagai patokan untuk pemantau dari kinerja sebuah sistem panel surya, nilai yang di ukur bersumber dari hasil pengukuran sensor-sensor yang terpasang pada setiap bagian dari panel surya berupa sensor tegangan dan sensor arus, dan sensor cuaca meliputi sensor intensitas matahari dan sensor suhu [9].

1) *Sensor Tegangan*: *Sensor tegangan* ini didasarkan pada prinsip tekanan resistensi dan dapat mengubah tegangan input dari terminal berkurang 5 kali dari tegangan asli [2].



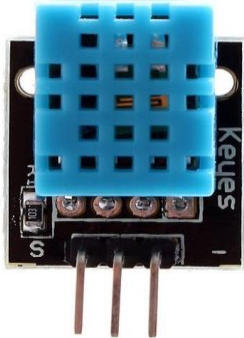
Gambar 4 Sensor Tegangan

Tegangan analog input maksimum mikrokontroler yaitu 5 volt, sehingga modul tegangan dapat diberi masukkan tidak melebihi 5 X 5 Volt atau sebesar 25 Volt. Modul sensor tegangan akan dipasang secara paralel terhadap beban panel surya. Gambar rangkaian sensor tegangan seperti Gambar 4 pada dasarnya pembacaan sensor hanya dirubah dalam bentuk bilangan dari 0 sampai 1023. Karena chip Arduino AVR memiliki 10 bit AD, maka resolusi pembacaan tegangan modul surya adalah sebesar 0,00489 V dari (5 V/1023), dan tegangan input dari modul ini harus lebih dari 0,00489 V x 5 = 0,02445 V. Untuk pembacaan tegangan keluaran panel surya yang lain dapat dirumuskan seperti persamaan berikut [4]:

$$V_{out} = [(V_{out} \times 0,00489)5] \quad (2.3)$$

V_{out} merupakan pembacaan pada analogread arduino.

2) *Sensor Suhu DHT11*: *Sensor DHT11* merupakan sensor dengan kalibrasi sinyal digital yang mampu memberikan informasi suhu dan kelembaban. Untuk bentuk DHT11 dapat di lihat Gambar 5 berikut ini.



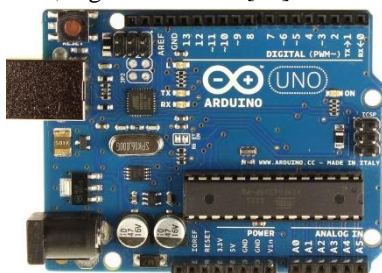
Gambar 5 Sensor Suhu DHT11

3) *Photoresistor*: *Photoresistor* atau pada penggunaannya sering disebut dengan LDR (*Light Dependent Resistor*) merupakan sebuah sensor cahaya yang nilai hambatannya berkurang atau bertambah sesuai dengan jumlah cahaya yang jatuh pada permukaannya[2].



Gambar 6 Photoresistor

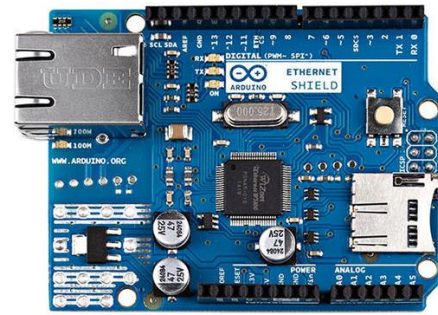
4) *Arduino Uno*: *Arduino uno* merupakan suatu alat elektronik yang menjadi salah satu produk berlabel Arduino yang menggunakan mikrokontroler Atmega 328. Piranti ini dapat digunakan untuk membuat berbagai rangkaian elektronik mulai dari yang sederhana hingga yang kompleks. Pada Arduino Uno juga dilengkapi dengan osilator 16 MHz, regulator 5 volt. [10].



Gambar 7 Arduino Uno

5) *Ethernet Shield*: *Ethernet shield* adalah sebuah alat yang menghubungkan arduino board ke jaringan internet sehingga data-data dapat dikirim atau diterima melalui suatu jaringan komputer. Ethernet shield berbasis cip

ethernet Wiznet W5100[11]. Bentuk ethernet shield dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

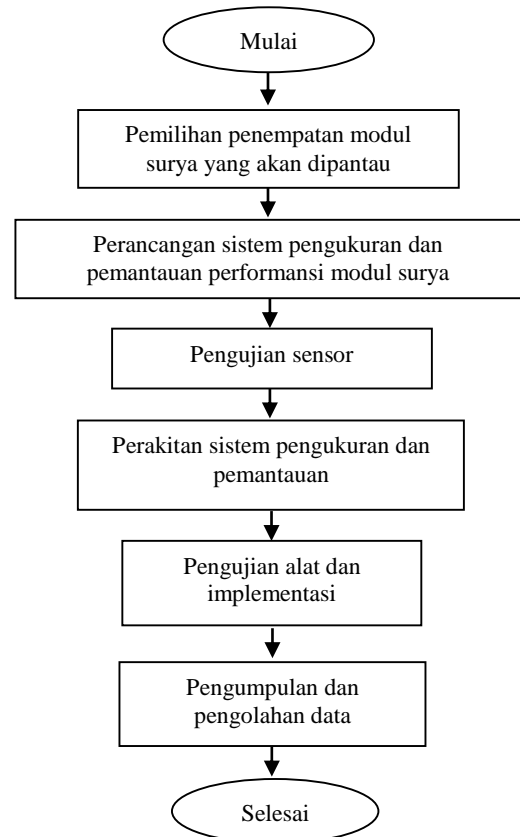


Gambar 8 ethernet shield

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Metode penelitian

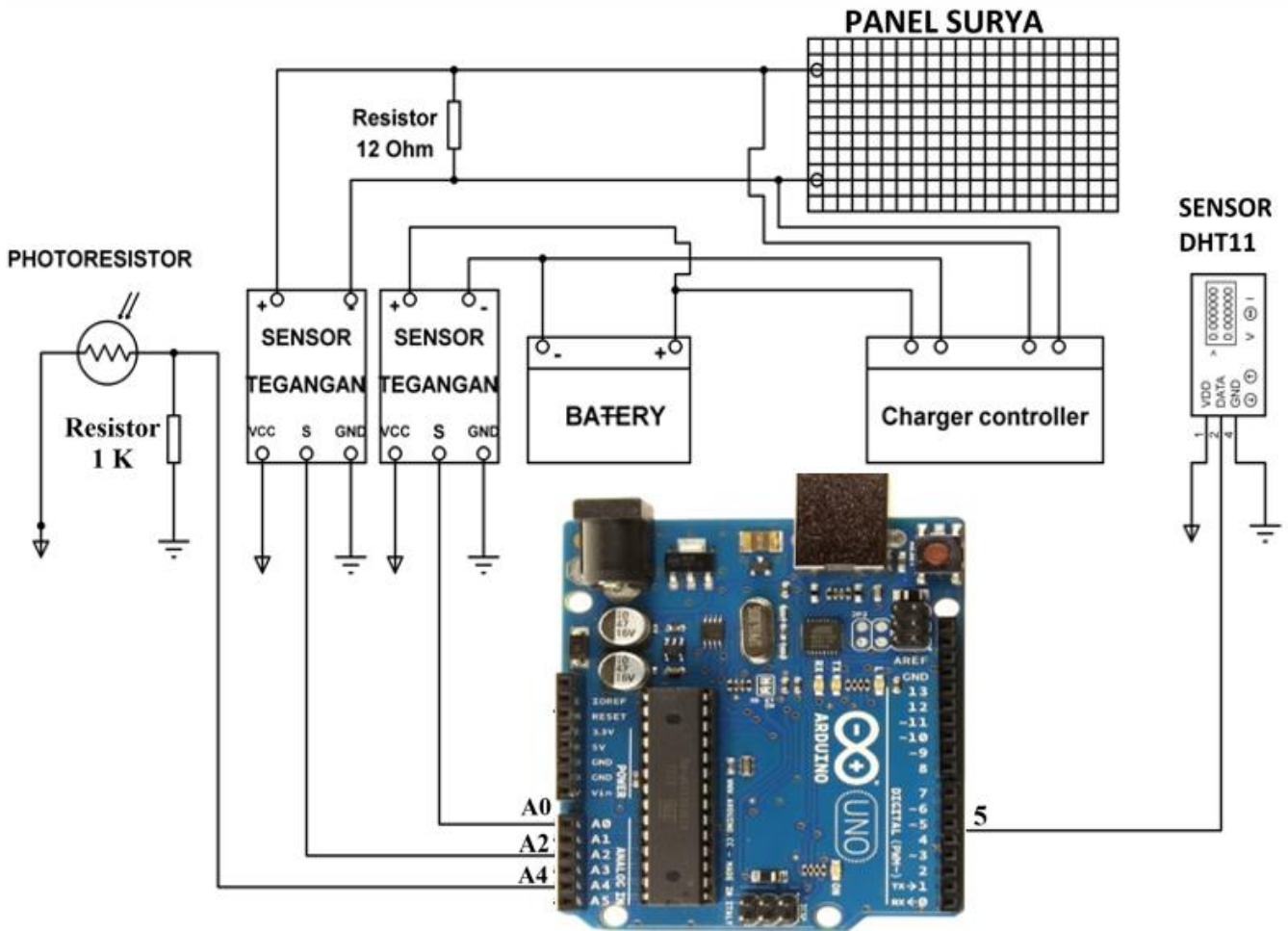
Tahapan – tahapan penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:



Gambar 9 Tahapan Penelitian

B. Pengujian Sensor

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap sensor tegangan yang akan mengukur parameter dari panel surya, sensor suhu dan photoresistor untuk mengukur suhu dan mengukur intensitas cahaya matahari. Rangkaian pengujian dari masing-masing sensor dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 10 Rangkaian pengujian sensor

1) *Pengujian Sensor Tegangan: Pengujian sensor tegangan* yaitu membandingkan data ukur dari sensor dengan data hasil pengukuran menggunakan multimeter sebagai proses kalibrasi untuk memastikan keakuratan pengukuran dari sensor tegangan yang digunakan. Berikut ini adalah data hasil pengukuran dari sensor tegangan dan multimeter.

Volt Panel = 5.35 v
 Volt Panel = 5.35 v
 Volt Panel = 5.35 v
 Volt Panel = 5.35 v
 Volt Panel = 5.35 v
 Volt Panel = 5.35 v
 Volt Panel = 5.35 v
 Volt Panel = 5.35 v



(a) (b)

Gambar 11 Data Pengujian (a) Sensor Tegangan dan (b) Multimeter

Dari pengujian tersebut didapatkan data sebagai berikut:

TABEL I
DATA HASIL UJICOBA SENSOR PENGUKURAN TEGANGAN

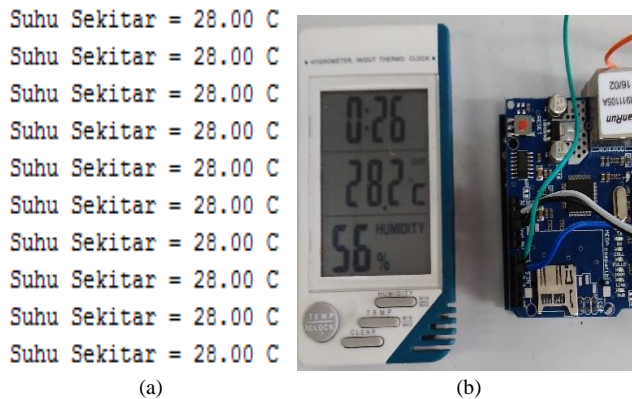
No	Tegangan Multimeter	Tegangan Sensor	Galat %
1	5.3 V	5.35 V	0.9%
2	12.62 V	12.60 V	0.15 %

TABEL II
DATA HASIL UJICOBA SENSOR PENGUKURAN ARUS

No	Arus Multimeter	Arus Sensor	Galat %
1	442 mA	445 mA	0.6 %
2	1051 mA	1050 mA	0.1 %

2) *Pengujian Sensor Suhu: Pengujian sensor suhu* dilakukan di dalam ruangan yang suhunya stabil, kemudian data diamati setiap lima menit. Data ukur dari sensor kemudian dibandingkan dengan data hasil pengukuran suhu menggunakan Thermo Hygrometer sebagai proses

kalibrasi untuk memastikan keakuratan dari sensor suhu DHT11. Dari rangkaian di atas maka hasil pengujian pengukuran sensor suhu dapat dilihat pada gambar di bawah ini



Gambar 12 Hasil Pengujian (a) Sensor Suhu dan (b) Thermo Hygrometer

Dari pengujian dan pengukuran yang dilakukan maka didapatkan datanya sebagai berikut:

TABEL III
DATA HASIL PERCOBAAN SENSOR SUHU DHT11

No	Nilai Thermo Hygrometer	Nilai Sensor DHT11	Galat %
1	28.2 °C	28.0 °C	0.7 %
2	28.2 °C	28.0 °C	0.7 %
3	28.2 °C	28.0 °C	0.7 %

3) *Pengujian Photoresistor: Pengujian photoresistor* bertujuan untuk mengetahui tingkat kepekaan photoresistor terhadap cahaya. Kepekaan ini dapat diketahui dari nilai tegangan yang mengalir pada pin AO. Perbandingan nilai tegangan output pada A0 dapat dikatakan baik jika berbanding lurus atau mendekati nilai *irradiance*. Adapun pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

TABEL IV
HASIL UKUR PENGUJIAN PHOTORESISTOR

No	Jarak sensor dengan lampu	Hasil ukur Photoresistor (lux)	Hasil ukur solar sense (lux)
1	10 cm	472	486
2	20 cm	359	371
3	30 cm	241	251
4	40 cm	102	110
5	50 cm	74	83

Bentuk dari prototipe yang telah dirakit dapat dilihat pada Gambar 13 di bawah ini.



Gambar 13 Prototipe sistem pengukuran dan pemantauan panel surya

C. Proses Pengiriman Data

Pada prototipe ini terdapat empat sensor yang digunakan untuk pembacaan masing-masing data yaitu sensor tegangan, sensor suhu dan photoresistor yang masing-masing dihubungkan ke arduino, arduino akan mengolah data yang dibaca oleh masing-masing sensor dan mengkonversi data tersebut dalam satuan masing-masing parameternya.

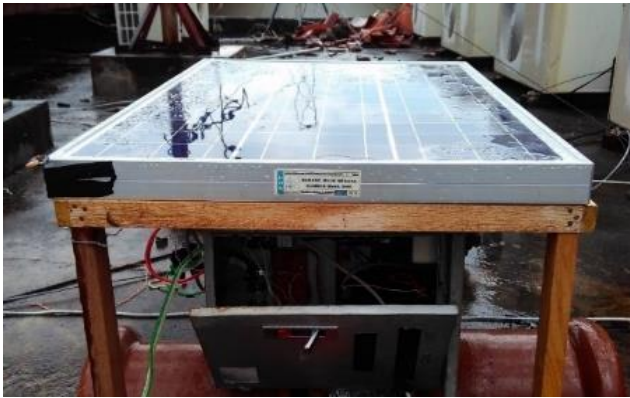
D. Pengolahan Data

Setelah pengujian dilakukan, tahap selanjutnya ialah pengolahan data yang didapat dari hasil pemantauan. Data tersebut berupa data tegangan, arus, suhu, dan intensitas cahaya matahari, dari data tersebut dapat dilihat daya yang dihasilkan oleh modul surya pada setiap kondisi intensitas cahaya matahari dan suhu. Untuk mengirim data yang telah diolah dan dikonversi oleh arduino ke *website* maka, arduino harus terhubung dengan jaringan internet, untuk menghubungkan arduino dengan jaringan internet membutuhkan *port interface*, pada prototipe ini menggunakan *ethernet shield* yang dipasang pada arduino, *ethernet shield* inilah yang kemudian dihubungkan ke *router* menggunakan kabel UTP. Setelah terhubung ke jaringan internet maka arduino dapat mengirim data yang dibaca oleh masing-masing sensor ke alamat *website* setiap satu menit sesuai dengan perintah yang telah diprogramkan dalam arduino tersebut

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Prototipe

Pengujian pengukuran dan pemantauan panel surya dilakukan di gedung fakultas teknik elektro atau tepatnya pada bagian atap laboratorium elektronika daya mulai pada tanggal 23 maret 2017 sampai dengan 29 maret 2017. Berikut ini adalah pengujian dari rancangan sistem yang telah dibuat. Pengujian ini berhasil dan alat dapat berfungsi sesuai dengan yang diharapkan.



Gambar 14 Pengujian alat pengukuran dan pemantauan panel surya

B. Pengiriman dan Penyimpanan Data Menggunakan Ethernet Shield dan Website

Data yang terkirim dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

waktu	volt	ampere	suhu	lembab	volt_btr	lux
2017-04-02 09:05:57	19.20	1800.00	38.00	17.00	12.00	32138.23
2017-04-02 09:04:45	19.20	1800.00	38.00	17.00	12.00	32138.23
2017-04-02 09:03:35	19.30	1808.33	34.00	18.00	12.00	32138.23
2017-04-02 09:02:28	19.30	1808.33	35.00	18.00	12.00	32138.23
2017-04-02 09:01:11	19.30	1808.33	34.00	17.00	12.00	32138.23
2017-04-02 09:00:01	19.30	1808.33	34.00	18.00	12.00	32138.23
2017-04-02 08:58:50	19.30	1808.33	35.00	17.00	12.00	29128.58
2017-04-02 08:57:40	19.30	1808.33	35.00	18.00	12.00	29128.58
2017-04-02 08:56:29	19.30	1808.33	35.00	18.00	12.00	29128.58
2017-04-02 08:55:18	19.30	1808.33	33.00	17.00	12.00	29128.58
2017-04-02 08:54:08	19.30	1808.33	34.00	18.00	12.00	29128.58

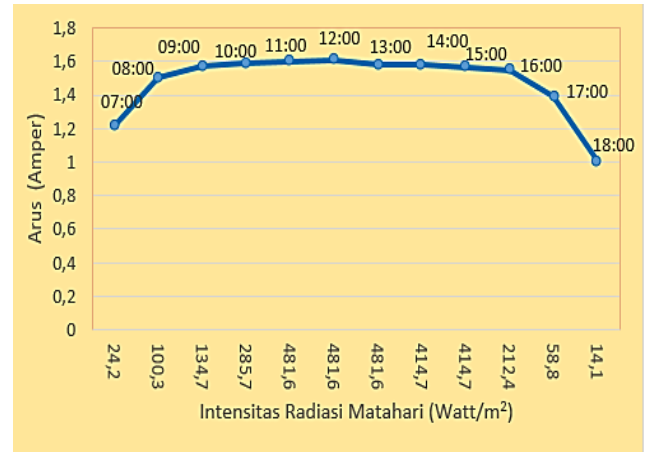
Gambar 15 Data yang tersimpan pada website hosting

C. Data Hasil Pengukuran dan Pemantauan Panel Surya

Pengujian prototipe pengukuran dan pemantauan panel surya dilakukan selama tujuh hari, dari tujuh hari tersebut didapatkan data yang dikirim oleh oleh prototipe sistem pemantauan dan disimpan ke dalam website,

Dari data pengukuran dan pemantauan pada hari pertama maka dapat dilihat perbandingan antara radiasi matahari dengan arus, tegangan dan daya yang dihasilkan oleh panel surya.

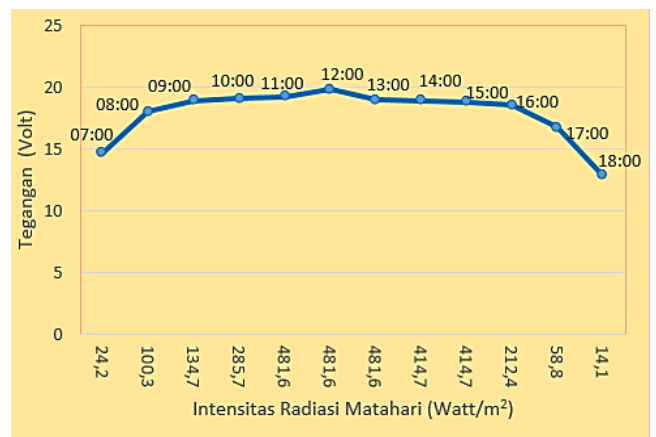
1) *Perbandingan intensitas matahari terhadap arus:* Pengaruh intensitas radiasi matahari terhadap arus yang dihasilkan oleh panel surya dapat dilihat pada Gambar 16 di bawah ini.



Gambar 16 Grafik perbandingan intensitas matahari terhadap arus

Grafik di atas menunjukkan adanya perubahan arus yang dihasilkan oleh panel surya setiap waktunya, Perubahan arus yang dihasilkan oleh panel surya tersebut terjadi karena kondisi cuaca dan intensitas radiasi matahari yang diterima oleh panel surya yang berbeda setiap waktunya.

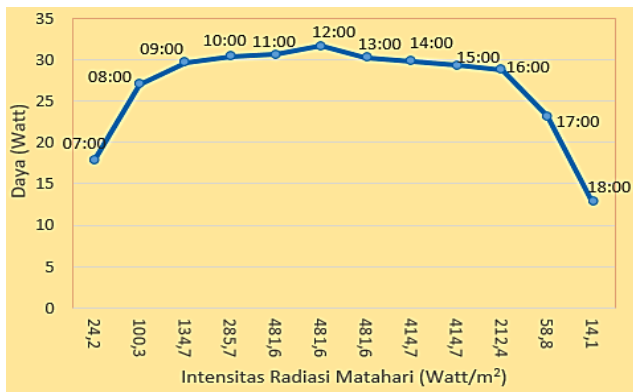
2) *Perbandingan intensitas matahari terhadap tegangan:* Pengaruh intensitas radiasi matahari terhadap tegangan yang dihasilkan oleh panel surya dapat dilihat pada Gambar 17 di bawah ini.



Gambar 17 Grafik perbandingan intensitas matahari terhadap tegangan

Grafik di atas menunjukkan besar tegangan listrik yang dihasilkan oleh panel surya selama delapan jam, mulai dari jam 7:00 sampai dengan jam 18:00. Perubahan tegangan yang dihasilkan oleh panel surya tersebut tidak lepas dari pengaruh intensitas radiasi matahari yang didapatkan oleh panel surya dan kondisi lingkungan yang berubah-ubah.

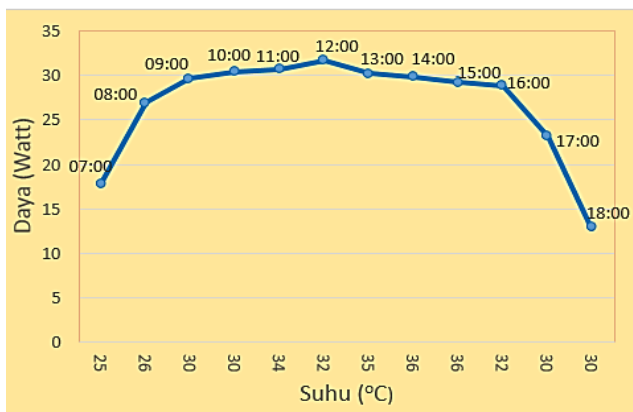
3) *Perbandingan intensitas matahari terhadap daya:* Pengaruh intensitas radiasi matahari terhadap daya yang dihasilkan oleh panel surya dapat dilihat pada Gambar 18 di bawah ini.



Gambar 18 Grafik perbandingan intensitas matahari daya

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa pengaruh intensitas radiasi matahari terhadap besarnya daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya.

4) *Perbandingan suhu terhadap daya: Pengaruh suhu terhadap daya* yang dihasilkan oleh panel surya dapat dilihat pada Gambar 19 di bawah ini.



Gambar 19 Grafik perbandingan suhu terhadap daya

REFERENSI

- [1] Eflita Yohana, "Pengaruh Suhu Permukaan Photovoltaic Module 50 Watt Peak Terhadap Daya Keluaran Yang Dihasilkan Menggunakan Reflektor Dengan Variasi Sudut Reflektor 0°, 50°, 60°, 70°, 80°", Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, 2010.
- [2] Reza Agussalim, "Rancang Bangun Sistem Pengukuran Intensitas Radiasi Matahari untuk pembangunan PLTS", Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala, 2016.
- [3] Muhammad Bachtiar, "Prosedur Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Perumahan (Solar Home System)", (Jurnal), Teknik Listrik Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu, 2006.
- [4] Muhammad Rizal Fachri, "Pemantauan Parameter Panel Surya Berbasis Arduino secara Real Time", Magister Teknik Elektro, Universitas Syiah Kuala, 2015.
- [5] Nora Adityan, "Karakterisasi Panel Surya Model Sr-156p-100 Berdasarkan Intensitas Cahaya Matahari", Fakultas Teknik Universitas Lampung Bandar Lampung, 2015.
- [6] Akhiruddin Maddu, "Penggunaan Ekstrak Antosianin Kol Merah Sebagai Fotosensitizer Pada Sel Surya TiO₂ Nanokristal Tersensitisasi Dye". Departemen Fisika, FMIPA, Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2007.
- [7] Ikramuddin, "Perancangan Sistem pengendalian Energi Listrik hybrid Padasolar Home", Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala, 2016.
- [8] Dunlop, James P, "Baterai and Charger Control in Stand-Alone Photovoltaic Systems", Florida Solar Energy Center, USA, 1997.
- [9] Rois AR, Dr. Gunawan N, ST, MT, "Analisa Performansi dan Monitoring Solar Photovoltaic System (SPS) Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Tuban Jawa Timur", Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), 2016.
- [10] Muhammad Yan Eka Aditya, "Sistem Pengamatan Suhu dan Kelembaban Pada Rumah Berbasis Mikrokontroler ATmega8", Teknik Elektro, Universitas Negeri Semarang, 2013.
- [11] Pande Putu Teguh Winata, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Output dan Pencatatan Data pada Panel Surya Berbasis Mikrokontroler Arduino", Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Udayana, 2016.

V. KESIMPULAN

Sistem pengukuran dan pemantauan *output* panel surya secara *real time* menggunakan mikrokontroler arduino dapat memantau parameter keluaran panel surya yang diukur oleh sensor tegangan, sensor suhu dan photoresistor setiap satu menit dan Sistem pengukuran dan pemantauan panel surya ini dapat mencatat dan menyimpan hasil pantauan berupa tegangan, arus, intensitas cahaya matahari, dan suhu serta tegangan baterai secara otomatis dan disimpan pada *website* yang telah ditentukan. Sehingga data hasil pengukuran dan pemantauan dapat diakses dari jarak dekat maupun jarak jauh dengan menggunakan komputer yang terhubung dengan jaringan internet.

UCAPAN TERIMA KASIH

Secara khusus penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Dr. Ira Devi Sara S.T.,M.Eng.Sc selaku pembimbing I, dan Bapak Ir. Mansur Gapy, M.Sc selaku pembimbing II yang telah membimbing penulis dalam penulisan karya ilmiah ini.