

Solar Panel Monitoring System

Sistem Monitoring Panel Surya

Brilliant B. Rarumangkay, Vecky C. Poekoel, Sherwin R.U.A. Sompie
Dept. of Electrical Engineering, Sam Ratulangi University Manado, Kampus Bahu St., 95115, Indonesia
e-mails : 17021106090@student.unsrat.ac.id, vecky.poekoel@unsrat.ac.id, aldo@unsrat.ac.id
Received: 27 May 2021; revised: 29 June 2021; accepted: 30 June 2021

Abstract — *The solar panel monitoring is a system that is used to monitor the power capacity of solar panels. For use over time, there are problems with solar panels such as improved mushroom improvements that can result in reduced electrical power conventions and ineffective slacks because regular manual measurements are necessary. Research aims to build an interface system that monitors the converted power of solar cells by using the waterfall study method. The study results in some results and concluded that solar panel monitoring systems have been successful that refer to the dapa concept of iot and that the voltage of the electronic voltage of the monitoring system is larger than the use of digital multimeter.*

Keywords — *Arduino; Current; Monitoring Systems; MySQL; PHP; Power; Solar Panel; Voltage; Waterfall; Website*

Abstrak — *Monitoring panel surya merupakan suatu sistem yang digunakan untuk memantau kapasitas daya pada panel surya. Dalam pemakaiannya dari waktu ke waktu, terdapat masalah pada panel surya seperti peningkatan jamur yang dapat mengakibatkan penurunan daya listrik yang dikonversi oleh sel surya serta pengukuran yang tidak efektif karena harus dilakukan pengukuran manual secara terus-menerus. Penelitian memiliki tujuan untuk membuat suatu sistem interface yang dapat memonitor daya listrik yang dikonversi dari sel surya dengan menggunakan metode penelitian Waterfall. Dari penelitian ini didapat beberapa hasil dan kesimpulan bahwa sistem monitoring panel surya telah berhasil dibuat yang merujuk pada konsep IoT serta didapat bahwa tegangan hasil pengukuran tegangan listrik dari sistem monitoring lebih besar daripada menggunakan multimeter digital.*

Kata kunci — *Arduino, Daya; Kuat Arus; MySQL; Panel Surya; PHP; Sistem Monitoring; Tegangan; Waterfall; Website*

I. PENDAHULUAN

Tenaga surya atau biasa yang kita kenal dengan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), merupakan energi yang tidak akan pernah habis terlebih lagi tidak mencemari lingkungan [1]. Pembangkit ini merupakan pembangkit yang dapat dibangun lebih cepat, murah, dan efektif. Proses pengubahan energi listrik menggunakan teknologi fotovoltaik sehingga jumlah foton yang ada dalam sinar matahari akan diubah menjadi daya listrik. Foton ditangkap dan diubah oleh *solar cell* (panel surya).

Dalam pemakaiannya dari waktu ke waktu, kapasitas daya listrik dari panel surya terganggu karena adanya jamur pada permukaan panel surya. Berkurangnya daya itu seringkali tidak diketahui, kecuali dengan melakukan pengukuran. Bilamana pengukuran dilakukan sesaat menggunakan alat ukur biasa,

pengukuran tidak akan efektif bagi pengguna. Maka diperlukan sistem untuk mengukur daya listrik dari panel surya secara terus-menerus. Dalam penelitian ini akan membahas cara lain untuk memonitor daya listrik dari panel surya. Dengan menggunakan Arduino dan komputer/laptop kita sebagai perangkat pengukur. Sistem monitoring panel surya ini merupakan sistem yang mengacu pada IoT (*Internet of Things*). *Internet of Things* atau dikenal juga dengan singkatan IoT, merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus-menerus yang memungkinkan kita untuk menghubungkan mesin, peralatan, dan benda fisik lainnya dengan sensor jaringan dan aktuator untuk memperoleh data [2].

A. Internet of Things (IoT)

Menurut referensi [2] *Internet of Things* atau dikenal juga dengan singkatan IoT, merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus-menerus yang memungkinkan kita untuk menghubungkan mesin, peralatan, dan benda fisik lainnya dengan sensor jaringan dan aktuator untuk memperoleh data dan mengelola kinerjanya sendiri, sehingga memungkinkan mesin untuk berkolaborasi dan bahkan bertindak berdasarkan informasi baru yang diperoleh secara independen.

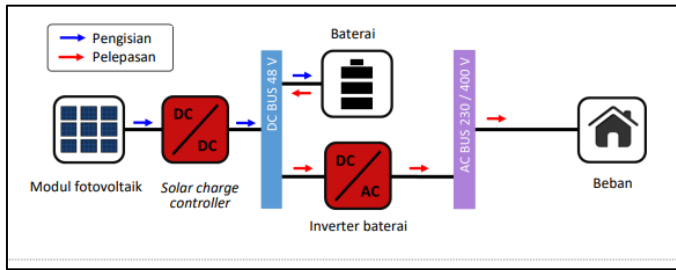
Didalam penelitian ini, konsep IoT bertujuan dimana perangkat keras yang dibuat, dapat berkomunikasi dengan jaringan tertentu sehingga data yang ada pada perangkat keras dapat di akses dimana saja dan kapan saja.

B. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan energi yang tidak akan pernah habis terlebih lagi tidak mencemari lingkungan [1]. Energi surya dapat digunakan untuk menyalakan pompa air, televisi, telekomunikasi, dan lemari es di daerah yang belum terjangkau listrik PLN [3].

Komponen penyusun dari PLTS adalah; panel surya, *controller* (untuk mengontrol arus ke baterai), baterai, dan inverter. Dengan menggunakan komponen-komponen ini kita bisa langsung dapat menggunakan energi matahari menjadi energi listrik untuk kebutuhan sehari-hari.

Sesuai dengan buku yang ditulis referensi [1], cara kerja dari PLTS yakni, sinar matahari bermuatan foton masuk ke panel surya, di panel surya terjadi perpindahan *hole* (muatan positif) dan elektron (muatan negatif) sehingga mengeluarkan listrik DC. Arus DC dari panel diteruskan ke kontroler pengisian baterai.



Gambar 1. Skema cara kerja PLTS [1].

Arus dari panel surya dan baterai dirangkai paralel masuk ke inverter arus DC menjadi AC. Dari inverter keluar arus AC dan bisa langsung disambungkan ke rumah/beban dan gambar 1 merupakan penggambaran dari cara kerja PLTS.

C. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Panel surya atau sel surya merupakan sebuah perangkat yang mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik dengan proses efek fotovoltaik. Maka panel surya disebut juga modul fotovoltaik. Modul fotovoltaik tersusun dari beberapa sel fotovoltaik yang dihubungkan secara seri dan paralel [4].

Untuk mengetahui daya yang dikeluarkan dari panel surya dapat menggunakan persamaan (1) hingga (4) :

$$P = W/t \quad (1)$$

Dengan:

$W = \text{Usaha (Joule)}$

$t = \text{Waktu (Second)}$

$P = \text{Daya (Joule/Second)}$

$1 \text{ Joule/second} = 1 \text{ Watt}$

Karena, $W = V.I.t$

maka;

$$P = V.I.t/t \quad (3)$$

$$\text{atau } P = V.I \quad (4)$$

Dengan:

$V = \text{beda potensial (Volt)}$

$I = \text{kuat arus yang mengalir (Ampere)}$

$P = \text{Daya (Watt)}$

D. Arduino Uno

Arduino adalah sebuah rangkaian dengan memakai IC *microcontroller* sebagai pengendali utama rangkaian. Arduino bersifat *open-source* (tanpa hak cipta) yang dirancang untuk memudahkan pengguna sebagai bahan belajar. Arduino menggunakan IC (*Integrated Circuit*) keluaran Atmel AVR sebagai otak/*processor*-nya dan menggunakan Arduino IDE sebagai perangkat lunak pemrogramannya [5].

E. Sensor Arus

Sensor arus adalah sebuah perangkat/modul yang digunakan untuk mendeteksi dan mengukur besar kuat arus pada rangkaian [6]. Pada penelitian ini menggunakan sensor arus ACS712.

Varian dari ic ACS712 antara lain

ACS712ELCTR-05B-T jangkauan pengukuran = ± 5 A, sensitivitas = 185 mV/A

ACS712ELCTR-20A-T jangkauan pengukuran = ± 20 A, sensitivitas = 100 mV/A

ACS712ELCTR-30A-T jangkauan pengukuran = ± 30 A, sensitivitas = 66 mV/A

Mendapatkan nilai arus harus melewati persamaan (5) dan (6);

Mengubah bacaan sensor ke *byte*

$$I_b = \frac{\text{bacaan sensor}}{1024.0} \times 5000 \quad (5)$$

Nilai arus yang akan ditampilkan

$$I = \frac{I_b - 2500}{\text{sensitivitas}} \quad (6)$$

Dimana :

I_b : arus dalam byte

I : arus (*Ampere*)

F. Sensor Tegangan

Sensor tegangan adalah sebuah perangkat/modul untuk mendeteksi dan mengukur tegangan pada sebuah rangkaian. Pada penelitian ini menggunakan modul sensor tegangan DC dengan kapasitas hanya 0-25 volt [6].

Karena Arduino bekerja pada tegangan 5V maka, harus membagi bacaan sensor menjadi 5x lebih kecil. Misal VCC 25V maka keluaran di modul sama dengan 5V, dengan menggunakan persamaan (7) dan (8):

$$V_{\text{modul}} = VCC \times \frac{R2}{R2+R1} \quad (7)$$

$$V_{\text{modul}} = VCC \times \frac{1}{5} \quad (8)$$

G. ESP8266

ESP8266 adalah modul Wi-Fi yang memungkinkan akses mikrokontroler ke jaringan Wi-Fi. Modul ini adalah *SOC* mandiri (*System On a Chip*) yang tidak memerlukan mikrokontroler untuk memanipulasi *input* dan *output* seperti yang biasa Anda lakukan dengan Arduino, misalnya, karena ESP8266 bertindak sebagai komputer kecil [7].

H. PHP

Menurut referensi [8] PHP atau kependekan dari *Hypertext Preprocessor* adalah salah satu Bahasa pemrograman *open source* yang sangat cocok atau dikhususkan untuk pengembangan web dan dapat ditanamkan pada sebuah HTML. PHP memiliki koneksitifitas yang baik dengan DBMS salah satunya MySQL.

I. MySQL dan Basis Data

MySQL adalah database server open source yang cukup populer keberadaannya. Dengan berbagai keunggulan yang dimiliki, membuat software database ini banyak digunakan oleh praktisi untuk membangun suatu project [8]. MySQL mendukung berbagai macam data yang bisa disimpan di basis data MySQL. Contohnya float, integer, date, char, text, timestamp, double, dan lain sebagainya. MySQL bisa dipakai dalam php.

J. HTTP

HTTP merupakan protokol jaringan pada lapisan aplikasi pada TCP/IP yang digunakan untuk komunikasi data di *world wide web* (www) [9]. Web memiliki fungsi sebagai media penyimpan data dan/atau media publikasi yang dapat diakses dari berbagai perangkat .

Hypertext Transfer Protocol (HTTP) dirancang untuk menjamin komunikasi antara klien dan server. HTTP adalah permintaan bekerja antara klien dan server - protokol respon.

Browser web mungkin klien, dan aplikasi jaringan pada komputer juga dapat digunakan sebagai server.

Contoh: klien (*browser*) mengirimkan permintaan HTTP ke server; server mengembalikan respon ke klien. Tanggapan berisi informasi status tentang permintaan dan konten yang mungkin akan diminta [10].

K. Penelitian Terkait

Referensi [7] menjelaskan bahwa dalam penelitian tersebut telah dibuat disain antarmuka yang dirancang menggunakan aplikasi pihak ketiga yakni “*blynk*”. Pada perancangan ini terdapat perbedaan dalam hal disain antarmuka. Dimana pada penelitian ini menggunakan PHP dan MySQL sebagai basis data. Juga pada penelitian sebelumnya monitoring yang dilakukan hanya sebatas pada jaringan WLAN tertentu dan belum bisa diakses dimana saja (*offline*), sementara pada penelitian ini menggunakan jaringan internet serta *web-server* dan dapat diakses dimana saja (*online*).

Penelitian yang dilakukan oleh D. Handarly dan J. Lianda [11], tertulis bahwa dalam melakukan monitoring daya listrik, menggunakan *website* pihak ketiga yakni Ubidots, dan muatan listrik yang diukur adalah listrik bermuatan AC (PLN). Sedangkan dalam penelitian ini menggunakan *website/web-server* yang dibuat atau dibangun sendiri sendiri menggunakan PHP dan MySQL, serta listrik yang diukur menggunakan listrik DC dari panel surya.

Dalam penelian yang dilakukan oleh H. Suryawinata dkk [12], menuliskan; “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”. Dari pernyataan ini menunjukkan perbedaan yakni media penyimpanan, yakni penelitian ini menggunakan *Micro SD*. Sementara penelitian saat ini menggunakan basis data MySQL sebagai media penyimpanan data.

II. METODE

A. Prosedur Penelitian

Hasil dari penelitian ini adalah aplikasi web untuk dapat memonitor tegangan, kuat arus dan daya listrik. Sistem dimulai dari perangkat keras hingga ke alamat web dan metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah sistem air terjun (*waterfall*). Menurut *referensi* [13], model air terjun menyediakan pendekatan alur hidup perangkat lunak secara sekuensial atau terurut dimulai dari analisis, desain, pengkodean, pengujian, penerapan dan pemeliharaan. Metode ini dipilih oleh penulis karena merupakan metode yang paling cocok dalam ruang lingkup penelitian ini. Tahapan model *waterfall* dijabarkan sebagai berikut ;

1) Analisa (Analysis)

Pada tahap ini bertujuan untuk mengumpulkan informasi, identifikasi masalah, dan analisis kebutuhan sistem yang akan dibuat. Analisis sistem berupa kebutuhan apa saja yang diperlukan dalam sistem monitoring ini. Analisis kebutuhan sistem melingkupi analisis kebutuhan *hardware*, dan analisis kebutuhan *software*.

2) Perancangan (Design)

Pada tahap ini dilakukan pembuatan model dari sistem yang akan dibuat/dikembangkan. Maksud dari pemodelan ini, untuk memperoleh pengertian yang lebih baik dari alur atau tahapan tahapan dari sistem monitoring ini, serta fungsi apa saja yang dapat dimuat dalam aplikasi web. Semua yang terdapat pada tahapan perancangan ini mengacu pada tahap analisa sebelumnya.

3) Pengkodean (code)

Pada tahapan ini penulis mulai membuat *sourcecode* dari sistem, yang meliputi kode program untuk *hardware* dan kode program *software* yakni aplikasi web.

4) Uji Coba (Testing)

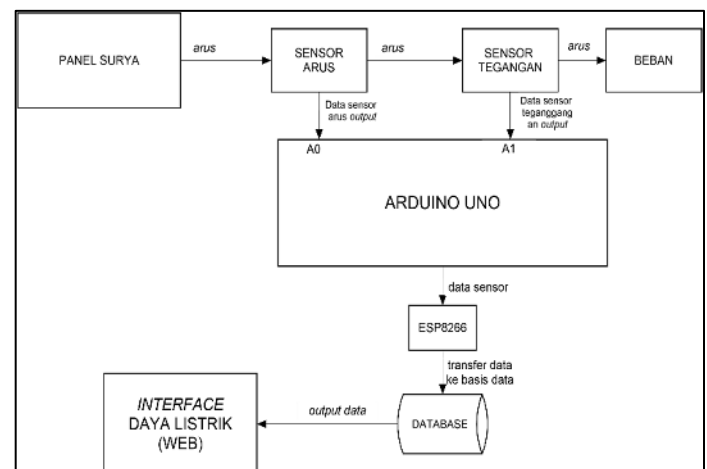
Tahap ini dilakukan pengujian sistem, ini dilakukan untuk mendapati kesalahan-kesalahan yang terjadi dalam sistem (*hardware*, dan *software*). Kemudian bisa diperbaiki hingga memperoleh hasil yang maksimal.

5) Penerapan Sistem

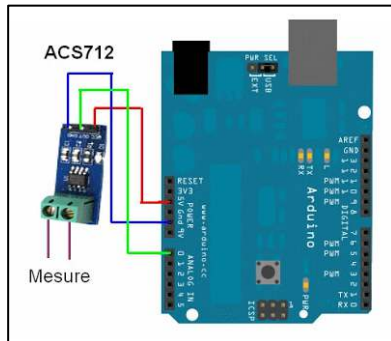
Tahapan final ini, merupakan tahapan setelah melalui tahapan-tahapan sebelumnya, dilakukan untuk mendapatkan data *realtime* dari panel surya. Data didapatkan dari pengujian sistem ini yakni dari percobaan-percobaan yang dilakukan penulis.

B. Konsep Awal Perancangan Alat

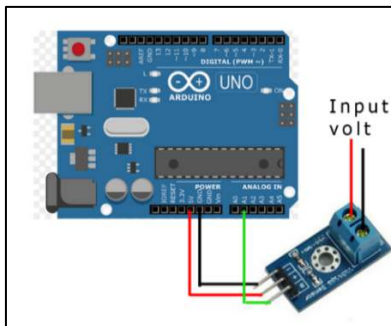
Diagram dari sistem monitoring daya listrik panel surya berbasis mikrokontroler Arduino uno dapat dilihat pada gambar 2, didalam gambar tersebut telah dimodelkan bagaimana cara mendapatkan data kuat arus, dan tegangan listrik. Dimulai dari Panel surya sampai bisa ke *website* monitoring.



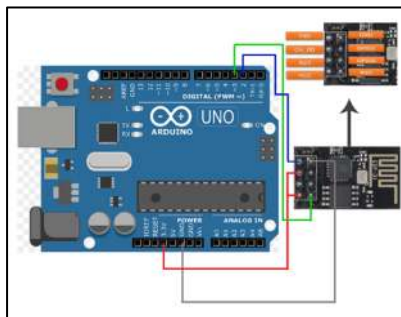
Gambar 2. Diagram sistem monitoring daya listrik panel surya berbasis mikrokontroler arduino uno



Gambar 3. Perancangan sensor arus ACS712



Gambar 4. Perancangan sensor tegangan



Gambar 5. Perancangan ESP8266 ke Arduino Uno

1) Sensor Arus ACS712

Pada gambar 3 digambarkan cara merangkai sensor arus ACS712 ke Arduino Uno. Dimana menghubungkan VCC (5V), Gnd, dan data dari sensor ke pin Analog 0 (A0) di Arduino Uno.

2) Sensor Tegangan (0-25V)

Pada gambar 4 merupakan cara merangkai sensor tegangan 0-25 Volt DC ke Arduino Uno, dimana VCC (5V) dan Gnd dihubungkan ke pin 5V dan Gnd pada Arduino Uno dan pin data dari sensor dihubungkan ke pin Analog 1 (A1) Arduino Uno.

3) ESP8266

Pada gambar 5 merupakan rangkaian dari ESP8266 menggunakan tegangan 3.3V, lalu Gnd ESP ke Gnd Arduino. Untuk pin RX dari ESP masuk ke pin TX Arduino (pin 3), dan TX dari ESP masuk ke pin RX Arduino (pin 2).

C. Konsep Awal Desain Interface

1) Desain interface menu beranda

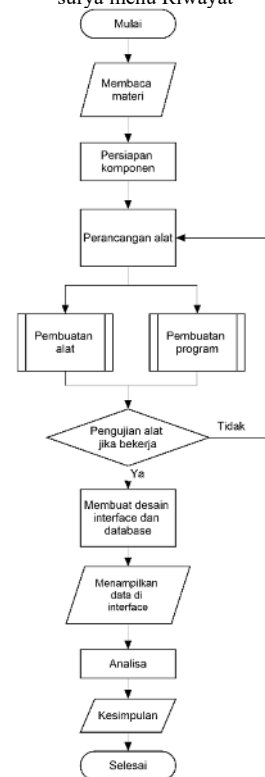
Gambar 6 merupakan gambaran desain awal dari interface monitoring panel surya menu beranda.



Gambar 6. Konsep awal desain interface monitoring daya listrik dari panel surya menu Beranda



Gambar 7. Konsep awal desain interface monitoring daya listrik dari panel surya menu Riwayat



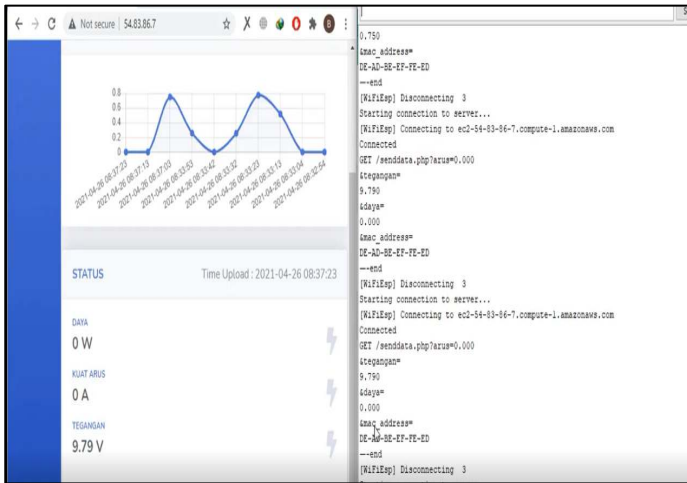
Gambar 8. Flowchart / bagan alir penelitian

2) Desain interface menu riwayat

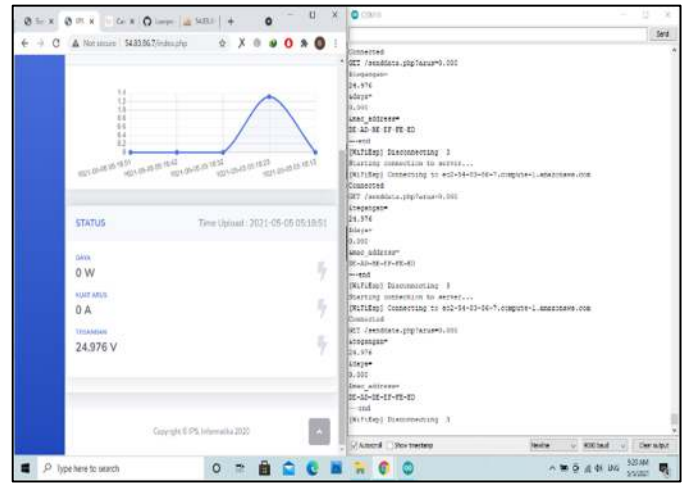
Gambar 7 merupakan gambaran desain awal dari interface monitoring panel surya menu beranda.

D. Flowchart Penelitian

Pada gambar 8 flowchart atau bagan alir dari penelitian ini. Dari tahap persiapan hingga tahap implementasi, dan kesimpulan pada penelitian ini.



Gambar 9. Hasil percobaan I



Gambar 10. Hasil percobaan II

TABEL I
 HASIL PENGUKURAN 30 MENIT

No	Kuat Arus (A)	Tegangan (V)	Daya (W)	Waktu
1	0.009	10.87	0.097	3:16:00 - 3:21:00
2	0.012	11.359	0.141	3:21:01 - 3:26:00
3	0.011	11.371	0.122	3:26:01 - 3:30:00
4	0.021	10.134	0.218	3:30:00 - 3:36:00
5	0.01	10.244	0.107	3:36:01 - 3:40:00
6	0.022	10.24	0.221	3:40:01 - 3:46:00

TABEL II
 HASIL PENGUKURAN 60 MENIT

No	Kuat Arus (A)	Tegangan (V)	Daya (W)	Waktu
1	0.009	10.87	0.097	3:16:00 - 3:21:00
2	0.012	11.359	0.141	3:21:01 - 3:26:00
3	0.011	11.371	0.122	3:26:01 - 3:30:00
4	0.021	10.134	0.218	3:30:00 - 3:36:00
5	0.01	10.244	0.107	3:36:01 - 3:40:00
6	0.022	10.24	0.221	3:40:01 - 3:46:00

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan dengan tujuan agar dapat mengetahui *delay* dari sistem yakni selang waktu perangkat lunak mengirim data ke *website*. Pengujian juga untuk mengetahui berapa besar nilai *error*/perbedaan antara pengukuran menggunakan *multitester* dan menggunakan sistem monitoring. Pengujian dijabarkan sebagai berikut ;

A. Pengujian sistem menggunakan adapter 12V

Pada percobaan yang pertama ini, penulis menggunakan adapter 12V dan diserikan dengan regulator *step-down* agar tegangan dapat dinaik-turunkan sama halnya dengan panel surya. Percobaan ini dilakukan di Mahakeret Timur, Kecamatan Wenang, Kota Manado. Tanggal 26 April 2021.

Dari perbandingan kedua sistem monitoring tersebut penulis menemukan *delay* waktu yang terjadi antara *serial monitor* dan *website* monitoring. Lama *delay* tersebut yakni dari range 3 sampai 6 detik. Gambar 9 merupakan hasil dari percobaan I. Dan dari pengukuran selama 30 menit didapatkan data pengukuran dengan menyederhanakan dengan mengambil rata-rata setiap 5 menit, dapat dilihat pada tabel I. Dari data tabel I maka dapat ditarik rata-rata nilai selama 30 menit pengukuran, yakni Kuat arus = 0.014 A; tegangan Listrik = 10.703 V; daya listrik = 0.15 W.

B. Pengujian sistem menggunakan sumber listrik 25V

Pada percobaan yang kedua ini, penulis menggunakan sumber tegangan 25V dan keluaran tegangan dapat diturunkan hingga 13V.

Percobaan ini dilakukan di Koha Selatan Jaga I, Kecamatan Mandolang, Kabupaten Minahasa. Tanggal 5 Mei 2021. Gambar 10 merupakan hasil dari percobaan II.

Dari perbandingan kedua sistem monitoring tersebut penulis menemukan *delay* waktu yang terjadi antara *serial monitor* dan *website* monitoring. Lama *delay* tersebut sama lamanya dengan percobaan pada poin A yakni dari range 3 sampai 6 detik. Dan dengan percobaan ini maka dapat dikatakan bahwa alat yang dibuat ini dapat berjalan sampai pada tegangan 25V.

Dari pengukuran selama 60 menit didapatkan data pengukuran dengan disederhanakan dengan mengambil rata-rata setiap 10 menit, dan dapat dilihat pada tabel II. Dari data yang ditunjukkan pada tabel II maka dapat dibuat nilai rata-rata selama 30 menit pengukuran, yakni kuat arus = 0.0224 A; tegangan listrik = 24.8038 V; daya listrik = 0.5569 W.

Percobaan menggunakan sumber listrik 12V dan 25V ini, bertujuan untuk simulasi pengukuran tegangan, kuat arus, dan daya listrik. Sebelum melakukan pengukuran secara langsung pada panel surya.

C. Pengujian sistem menggunakan panel surya 6V

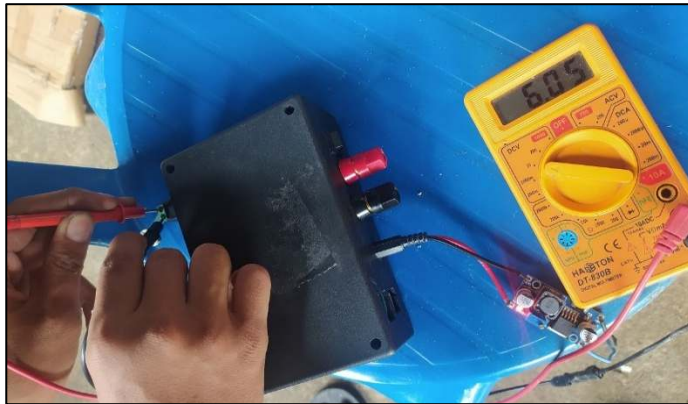
Pada percobaan yang ketiga ini, penulis menggunakan panel surya dengan maksimal tegangan ±6V. Percobaan ini dilakukan di Mahakeret Timur, Kecamatan Wenang, Kota Manado. Pengukuran dilakukan selama 2 hari dari tanggal 6 Mei 2021 sampai 7 Mei. Dalam satu hari hanya di ukur selama 5 jam dari jam 11.30 sampai jam 16.30.

No	Kuat Arus (A)	Tegangan (V)	Daya (W)	Waktu
3283	0.026	6.841	0.175	2021-05-07 09:42:11
3284	0.028	6.967	0.197	2021-05-07 09:42:38
3285	0.053	6.816	0.363	2021-05-07 09:43:47
3286	0	6.885	0	2021-05-07 09:43:55
3287	0	6.841	0	2021-05-07 09:43:03
3288	0.079	6.810	0.524	2021-05-07 09:43:11
3289	0	6.543	0	2021-05-07 09:43:19
3290	0	6.513	0	2021-05-07 09:43:28
3291	0.026	6.841	0.175	2021-05-07 09:43:26
3292	0.023	6.592	0.148	2021-05-07 09:43:44

Gambar 11. Hasil percobaan III

TABEL III
HASIL PENGUKURAN HASIL PERCOBAAN III

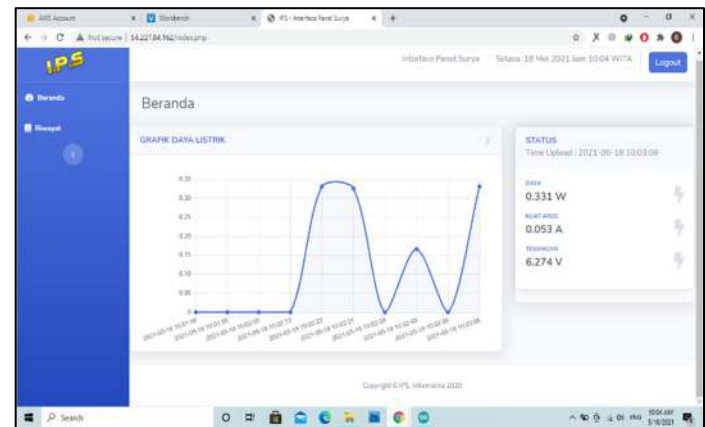
No	Kuat Arus (A)	Tegangan (V)	Daya (W)	Waktu
1	0.009	10.87	0.097	3:16:00 - 3:21:00
2	0.012	11.359	0.141	3:21:01 - 3:26:00



Gambar 12. Hasil Pengukuran bagian I

TABEL IV
HASIL PENGUKURAN HASIL PERCOBAAN IV

Waktu	Teangan		Perbedaan	Persentase Error
	System	Multitester		
10:00	6.274	6.05	0.224	3.70%
10:30	6.47	6.25	0.22	3.52%
11:00	6.445	6.26	0.185	2.96%
11:30	6.348	6.23	0.118	1.89%
12:00	6.421	6.21	0.211	3.40%
12:30	6.299	6.17	0.129	2.09%
13:00	6.348	6.14	0.208	3.39%
13:30	6.323	6.21	0.113	1.82%
14:00	6.396	6.23	0.166	2.66%
14:30	6.348	6.23	0.118	1.89%
15:00	6.25	6.18	0.07	1.13%
Rataan Nilai Error			0.16	2.59%



Gambar 13. Hasil Pengukuran bagian II

Gambar 11 merupakan hasil dari percobaan III. Dari pengukuran yang dilakukan ini maka didapatkan hasil atau data yang penulis ambil langsung dari perangkat lunak yang dibuat. Disederhanakan serta diuraikan dalam tabel III.

D. Perbandingan nilai tegangan

Pada percobaan yang keempat ini, penulis mengukur tegangan yang keluar dari panel surya yang bertegangan maksimum $\pm 6V$. Pengukuran dilakukan menggunakan sistem yang dibuat diakses menggunakan *website monitoring* dan yang kedua menggunakan *multitester digital*.

Pengukuran dilakukan di Mahakeret Timur, Kecamatan Wenang, Kota Manado. Tanggal 18 Mei 2021. Dan dilakukan seitan 30 menit sekali selama 5 jam, dari jam 10.00 Wita sampai jam 15.00 Wita. Gambar 12 dan gambar 13 merupakan hasil dari percobaan ini.

Dari keseluruhan pengukuran tersebut, didapatkan data hasil pengukuran tegangan dari panel surya. Dituliskan dalam tabel IV.

Setelah melakukan penelitian melalui pengukuran manual dan otomatis (sistem monitoring), maka didapatkan data sesuai tabel IV.

Pada tabel tersebut terlihat data rata-rata nilai error sebesar 0,16V dengan persentase 2,59%. Persentase Error pada tabel IV merupakan persentase perbedaan nilai antara dua alat ukur ini. Pada setiap kali pengukuran terjadi perbedaan antara pengukuran manual dan pengukuran otomatis.

Dapat dilihat bahwa tegangan yang diukur di sistem terlihat lebih besar dibandingkan dengan pengukuran menggunakan *multitester digital*. Perbedaan nilai ini terjadi di tegangan sebelum melewati sensor dan sesudah melewati sensor. Hal ini terjadi karena di dalam sensor tegangan terdapat dua hambatan atau resistor, sehingga menyebabkan resistansi yang mempengaruhi tegangan dan kuat arus listrik.

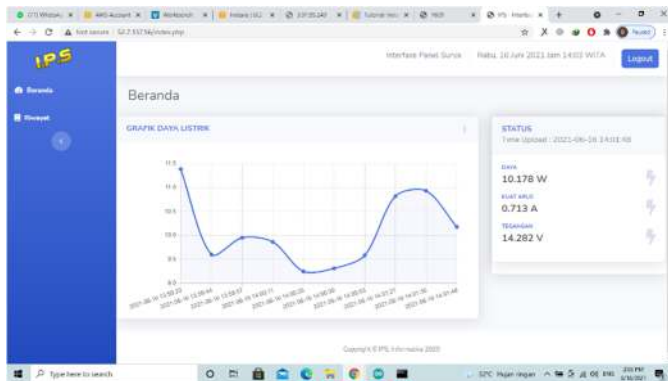
Sesuai data dari tabel IV didapatkan bahwa perbedaan jumlah tegangan anatara sistem *monitoring* dan *multitester digital* tidak mencapai 0.5V. Dimana perbedaan maksimum dari kedua alat/sistem ukur ini sebesar 0.22V, atau sebesar 3.7%. Serta nilai tegangan yang paling kecil berada pada angka 0.07V atau perbedaan sebesar 1.13%.



Gambar 14 Dokumentasi panel surya 80WP



Gambar 15 Dokumentasi bohlam DC 24V, 21W



Gambar 16 Dokumentasi hasil pengukuran.

E. Percobaan menggunakan panel surya 80WP tambah beban

Pada percobaan yang kelima ini, penulis menggunakan panel surya 80WP dan menggunakan bohlam DC 24V, 21W yang dirangkai sedemikian rupa sehingga bohlam ini menjadi beban dari listrik yang keluar. Percobaan ini dilakukan di Mahakeret Timur, Kecamatan Wenang, Kota Manado. Pengukuran dilakukan pada tanggal 16 Juni 2021.

Pengukuran dilakukan selama 2 jam dari jam 13.30 sampai jam 15.30. Dokumentasi dapat dilihat di gambar 14, dan gambar 15. Pada gambar 16 merupakan hasil yang ditampilkan pada sistem. Dari pengukuran ini didapatlah hasil selama 2 jam, yang disederhanakan menjadi nilai rata-rata setiap 30 menit, dapat dilihat di tabel V.

F. Percobaan menggunakan panel surya 80WP tanpa beban

Pada percobaan yang kelima ini, penulis menggunakan panel surya 80WP tanpa menggunakan beban. Percobaan ini dilakukan di Mahakeret Timur, Kecamatan Wenang, Kota Manado.

TABEL V
 HASIL PENGUKURAN HASIL PERCOBAAN V

No	Kuat Arus (A)	Tegangan (V)	Daya (W)	Waktu
1	0.72	14.67	10.62	13.30 - 14.00
2	0.70	14.60	10.29	14.00 - 14.30
3	1.01	14.64	15.02	14.30 - 15.00
4	0.70	14.66	10.30	15.00 - 15.30



Gambar 17 Dokumentasi panel surya 80WP



Gambar 18 Dokumentasi hardware pengukur

TABEL VI
 HASIL PENGUKURAN HASIL PERCOBAAN VI

No	Kuat Arus (A)	Tegangan (V)	Daya (W)	Waktu
1	0.62	18.64	11.55	10.30 - 11.00
2	0.65	19.06	12.41	11.00 - 11.30
3	0.57	18.81	10.65	11.30 - 12.00
4	0.56	19.16	10.71	12.00 - 12.30

Pengukuran dilakukan pada tanggal 21 Juni 2021. Pengukuran dilakukan selama 2 jam dari jam 10.30 sampai jam 12.30. Dokumentasi dapat dilihat di gambar 17, dan gambar 18. Dari pengukuran ini didapatlah hasil selama 2 jam, yang disederhanakan menjadi nilai rata-rata setiap 30 menit, dapat dilihat di tabel VI.

Dari pengukuran poin F, dan pengukuran pada poin E sebelumnya, didapatlah perbedaan pada nilai kuat arus, tegangan, dan daya listrik. Ini diakibatkan jika memakai beban maka tegangan menjadi berkurang, dan kuat arus listrik menjadi bertambah.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dari Sistem Monitoring Panel Surya maka dapat disimpulkan bahwa;

Perangkat keras yang digunakan untuk mengukur kuat arus dan daya listrik lalu mengirimkannya ke *database* telah berhasil dibuat. Perangkat lunak yang diberi nama *IPS (Interface Panel Surya)* yang bertujuan untuk media informasi tegangan, kuat arus, dan daya listrik telah berhasil dibuat dan bisa berjalan dengan lancar.

Sistem dapat bekerja pada panel surya dengan tegangan 1V sampai 25V. Saat menggunakan beban tegangan berkurang, dan kuat arus bertambah. Dan saat tidak menggunakan beban tegangan bertambah, kuat arus berkurang. Tegangan hasil pengukuran dari sistem *monitoring* lebih besar dari pada hasil pengukuran menggunakan *multimeter digital*.

Pemantauan panel surya hanya bisa dilakukan ditempat yang tersedia jaringan internet (WiFi). Pemantauan panel surya dapat dilakukan secara *real time* menggunakan *smartphone*, laptop, computer dan perangkat lainnya yang bisa mengakses internet.

B. Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas, bahwa dalam pembuatan skripsi ini masih perlu dilakukan pengembangan sistem agar, sistem dapat digunakan pada panel surya apabila dirangkai melebihi 25V.

V. KUTIPAN

- [1] B. Ramadhani, "Dos & Don ' ts," *Instal. Pembangkit List. Tenaga Surya Dos Don ' ts*, p. 277, 2018.
- [2] Y. Efendi, "Internet Of Things (Iot) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile," *J. Ilm. Ilmu Komput.*, vol. 4, no. 2, pp. 21–27, 2018, doi: 10.35329/jiik.v4i2.41.
- [3] H. Indra and R. Mosey, "Simulation and Construction of a Battery Charging Controller System for Solar Power Plants," *J. Ilm. Sains*, vol. 6, no. 1, pp. 30–34, 2016.
- [4] L. S. P. Brigita Sitorus, Hans Tumaliang, "Perancangan Panel Surya Pelacak Arah Matahari Berbasis Arduino Uno," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 5, no. 3, pp. 1–12, 2015.
- [5] S. P. Giri Wahyu Pambudi, *i Belajar Arduino from Zero to Hero*. 2020.
- [6] M. R. Fachri, I. D. Sara, and Y. Away, "Pemantauan Parameter Panel Surya Berbasis Arduino secara Real Time," *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 11, no. 4, p. 123, 2015, doi: 10.17529/jre.v11i3.2356.

- [7] M. Junaldy *et al.*, "Rancang Bangun Alat Pemantau Arus Dan Tegangan Di Sistem Panel Surya Berbasis Arduino Uno," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 8, no. 1, pp. 9–14, 2019, doi: 10.35793/jtek.8.1.2019.23647.
- [8] A. Firman, H. F. Wowor, X. Najooan, J. Teknik, E. Fakultas, and T. Unsrat, "Sistem Informasi Perpustakaan Online Berbasis Web," *E-Journal Tek. Elektro Dan Komput.*, vol. 5, no. 2, pp. 29–36, 2016.
- [9] R. SUSANA, A. NUGRAHA, and D. NATALIANA, "Perancangan dan Realisasi Web-Based Data Logging System menggunakan ATmega16 melalui Hypertext Transfer Protocol (HTTP)," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 3, no. 1, p. 1, 2015, doi: 10.26760/elkomika.v3i1.1.
- [10] w3big.com, "metode HTTP: GET POST Perbandingan." <http://www.w3big.com/id/tags/html-httpmethods.html> (accessed Jun. 24, 2021).
- [11] D. Handarly and J. Lianda, "Sistem Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT (Internet of Thing)," *JEECAE (Journal Electr. Electron. Control. Automot. Eng.)*, vol. 3, no. 2, pp. 205–208, 2018, doi: 10.32486/jeecae.v3i2.241.
- [12] H. Suryawinata, D. Purwanti, and S. Sunardiyo, "Sistem Monitoring Pada Panel Surya Menggunakan Data Logger Berbasis Atmega 328 Dan Real Time Clock DS1307," *J. Tek. Elektro*, vol. 9, no. 1, pp. 30–36, 2017, doi: 10.15294/jte.v9i1.10709.
- [13] A. Nurhadi, "Penerapan Metode Waterfall Dalam Sistem Informasi Penyedia Asisten Rumah Tangga Secara Online," *J. Khatulistiwa Inform.*, vol. 6, no. 2, pp. 97–106, 2018, doi: 10.31294/khatulistiwa.v6i2.150.



Brilliant Blasius Rarumangkay, lahir di Bitung pada tanggal 3 Februari 2000 dari pasangan bapak Maxi H. Raruamngkay dan ibu Anitje Manalip. Penulis merupakan anak kedua dari 4 bersaudara, yakni Anjelin Rarumangkay (kakak), Cristian Rarumangkay (adik 1) Dian Rarumangkay (adik 2). Penulis sekarang bertempat tinggal di Desa Koha Selatan, Jaga Satu, Kecamatan Mandolang, Kabupaten Minahasa.

Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD Katolik St. Yohanes Don Bosco Koha pada tahun 2012, kemudian melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 8 Manado lulus pada tahun 2014, dan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Manado, lulus pada tahun 2017. Setelah lulus SMA, penulis melanjutkan pendidikan di salah satu perguruan tinggi di Manado yaitu Universitas Sam Ratulangi dengan mengambil Program Studi Teknik Informatika Jurusan Teknik Elektro.

Selama kuliah penulis juga tergabung dalam organisasi mahasiswa yaitu, Unit Pelayanan Kerohanian Keluarga Mahasiswa Katolik Teknik Unsrat (UPK KMK-FT UNSRAT), Himpunan Mahasiswa Elektro (HME), tergabung dalam anggota Unsrat IT Community (UNITY). Penulis pernah mengikuti olimpiade robotika yang diselenggarakan oleh RISETDIKTI tahun 2019. Penulis pernah menjabat sebagai Ketua UPK KMK-FT UNSRAT Periode 2020/2021.