

Monitoring Penggunaan Daya Baterai pada Sistem Alat *Water Level Control* Berbasis IoT

Tedy Muhammadhy¹, Unit Three Kartini², Endryansyah³, Nur Kholis⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya 60231, Indonesia

¹tedy.18071@mhs.unesa.ac.id

²unitthree@unesa.ac.id

³endryansyah@unesa.ac.id

⁴nurkholis@unesa.ac.id

Abstrak

Seiring dengan perkembangan zaman yang semakin modern kebutuhan listrik sudah menjadi kebutuhan pokok yang semakin meningkat untuk memenuhi kebutuhan manusia yang jumlahnya semakin banyak. Cara mengatasi penghematan penggunaan energi listrik yaitu dengan menggunakan energi alternatif solar cell. Dalam penelitian ini dirancang sebuah alat yang dikontrol oleh mikrokontroler esp32 yang dapat mengontrol ketinggian air dengan motor DC yang menggunakan energi alternatif matahari, dan juga dapat dimonitoring secara jarak jauh dengan internet melalui smartphone. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil perbandingan monitoring penggunaan arus dan tegangan battery dan solar cell pada intensitas cahaya matahari yang berbeda selama enam jam pada sistem alat water level control. Tingginya intensitas matahari digunakan sebagai parameter dalam penelitian ini. Metode yang digunakan adalah mengukur arus dan tegangan secara manual pada input solar cell dan membandingkan hasil penggunaan arus dan tegangan battery yang dibandingkan secara telemetri dan manual menggunakan multimeter. Untuk mengetahui intensitas cahaya pada setiap jam digunakan lux meter. Hasilnya diperoleh intensitas cahaya tertinggi pada pukul 11.00 WIB yaitu 102700 lux dengan daya maksimal solar cell 20.76 Watt dan intensitas cahaya terendah pada pukul 14.00 WIB yaitu 2483 lux dengan daya rendah solar cell 6.35 Watt. Dengan nilai error perbandingan pada tegangan modul battery dan pembacaan tegangan secara manual adalah 0.20%. Sedangkan nilai error rata-rata tegangan 0.024 dan nilai error rata-rata arus 0.0065 menggunakan IoT dan tanpa menggunakan IoT berdasarkan perhitungan secara MSE.

Kata kunci : kontrol ketinggian air, sel surya, energi alternatif, IoT

Abstract

In order to fulfill the expanding requirements of its citizens, civilization has become more modern, making electricity a more vital necessity. The reduction in electrical energy usage can be partially countered by using other energy sources, such solar cells. This project involved the development of a device that controls water level using a DC motor that is driven by solar energy. It is managed by an esp32 microcontroller and can be seen remotely through the internet using a smartphone. This study's goal was to compare the outcomes of tracking the usage of battery and solar cell currents and voltages for six hours at various sunshine intensities on a water level control system. The sun's high brightness is a factor in this investigation. Using a multimeter, the current and voltage at the solar cell's input are manually measured. The findings are then compared to readings from telemetry, battery current, and voltage. The quantity of light at each hour was measured using a lux meter. The highest light intensity, which is 102700 lux at 11.00 WIB with a maximum solar cell power of 20.76 watts, and the minimum light intensity, which is 2483 lux at 14.00 WIB with a small solar cell power of 6.35 watts, are as a consequence. There is a 0.20 % discrepancy between the manual voltage reading and the battery module voltage error value. Current errors are typically 0.0065 and voltage errors are typically 0.024 based on IoT-based and IoT-free MSE estimates.

Keyword : water level control, solar cell, renewable energy, IoT

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan zaman yang semakin *modern* kebutuhan listrik sudah menjadi kebutuhan pokok yang semakin meningkat untuk

memenuhi kebutuhan manusia yang jumlahnya semakin banyak (Tiando, dkk, 2019). Matahari menyediakan energi yang cukup untuk bumi dalam satu jam untuk memenuhi kebutuhan energinya

selama hampir satu tahun. Konversi langsung sinar matahari menjadi tenaga dikenal sebagai fotovoltaiik seperti penelitian yang dilakukan (Al-Shamani, dkk, 2017). Jumlah energi yang dihasilkan oleh sel surya masih cukup sedikit. Sementara itu, terus menggunakan bahan bakar fosil untuk menghasilkan batu bara akan memperburuk masalah lingkungan, seperti peningkatan polusi dan emisi gas rumah kaca, yang berkontribusi terhadap pemanasan global (Handayani dan Ariyanti, 2012). Sehingga, energi surya dapat membantu dalam pengurangan emisi gas rumah kaca dan tidak mengeluarkan karbon dioksida. Dengan menipisnya bahan bakar fosil, dunia kini beralih dari sumber energi tak terbarukan ke sumber energi terbarukan seperti yang diutarakan (Wahyuono dan Julian, 2018).

Dengan kekayaan minyak, gas, dan mineral yang cukup besar, Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya alam. Indonesia juga memiliki cadangan energi terbarukan yang melimpah. Selain itu, juga diketahui bahwa Indonesia terletak pada garis katulistiwa, yang berarti intensitas radiasi matahari dapat tersebar merata setiap tahunnya (Laksana, dkk, 2021). Intensitas penyinaran matahari di Indonesia sangat besar yaitu 4,8 kWh/m². Sehingga sangat mungkin untuk memanfaatkan energi matahari sebagai pembangkit listrik tenaga surya (*photovoltaic*) yang dapat digunakan untuk kehidupan manusia. Saat panel surya diaktifkan, hanya sekitar 15% radiasi matahari yang dapat diubah menjadi energi listrik, sedangkan sisanya diubah menjadi panas seperti penelitian yang dilakukan (Teo, dkk, 2012). Bahan bakar fosil seperti minyak bumi, batu bara, dan gas alam saat ini menyediakan lebih dari 50% kebutuhan energi Indonesia. Oleh karena itu, diperlukan inovasi di bidang energi alternatif dari sumber daya yang tidak ada habisnya.

Pada penelitian yang relevan oleh, (Xiaoming, dkk, 2019) mengusulkan “*Water-level Control System for Solar Water Heating Engineering based on PLC*” dimana sistem ini menggunakan PID-PLC sebagai pengendali utama dan sensor suhu dan *water-level sensor*. Namun masih menggunakan *power supply* eksternal. (Howimanporn dan Sasithorn, 201), mengusulkan “*Design of PLC for Water Level Control Employing Swarm Optimization-Based PID Gain Scheduling*” dimana penelitian ini dirancang untuk kontrol ketinggian air menggunakan PLC dan SCADA dengan sumber *power supply* eksternal. (Suraj, dkk, 2018) mengusulkan “*Wireless Automatic Water Level Controller*” dimana penelitian ini menggunakan sensor HC-SR04 dan Arduino UNO

sebagai pengontrol inti. Penelitian ini menggunakan teknologi *bluetooth* dan disimulasikan pada aplikasi pertanian dan gedung bertingkat. Namun, masih menggunakan *power supply* eksternal. (Wen-Tai, dkk, 2018) mengusulkan “*Improving the Operation of Solar Water Heating Systems in Green Buildings via Optimized Control Strategies*” dimana penelitian ini merancang *Solar Water Heating (SWH)*, yaitu menghasilkan air panas menggunakan energi surya dari tangki utama dialirkan ke tangki penampung air dapur. Dengan menggunakan kontrol ODC, ODC dan STWS. (Yousef, dkk, 2021) mengusulkan “*Water Level Control System using Programmable Logic Controller (PLC): Rujiban Water Supply System*” dimana penelitian ini menggunakan PLC Siemens S7-200 sebagai program inti tandon air secara keseluruhan dan menggunakan *power supply* untuk sumber daya pada *real plant*. Penelitian ini berhasil dalam mengurangi konsumsi energi, pemborosan air menyediakan aliran air terus menerus.

Dikarenakan dalam penelitian terdahulu kurang memanfaatkan *solar cell*, sehingga memicu penulis untuk melakukan penelitian sebuah pemodelan pembangkit listrik tenaga surya untuk monitoring daya baterai pada sistem alat *water level control* yang dapat mengontrol ketinggian air dalam suatu tangki dengan menggunakan pompa. Dalam pemodelan sistem pembangkit ini memanfaatkan energi matahari dengan menggunakan *solar cell* 30 WP yang cukup untuk menggerakkan pompa air. Sistem kontrol ketinggian air ini menggunakan jaringan yang dapat dikontrol secara terintegrasi dan cepat berbasis internet of things. Sehingga pompa dapat bekerja menjaga tingkat ketinggian air agar tetap stabil. Dalam pemodelan pembangkit listrik tenaga surya ini ini diharapkan dapat mengurangi penggunaan energi yang tidak ramah lingkungan, mengetahui perencanaan dalam pembangunan PLTS sesuai dengan kebutuhan daya tegangan dan arus komponen.

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Energi Baru dan Terbarukan (*Renewable Energy*)

Salah satu sumber energi alternatif yang berasal dari proses alam dan persediaannya tidak ada habisnya adalah energi baru dan terbarukan (EBT) yang dapat diisi ulang secara berkelanjutan dan berkelanjutan. Bagi manusia, energi segar dan terbarukan memiliki janji yang sangat besar, terutama dalam hal menghasilkan listrik untuk menggantikan bahan bakar fosil yang terbatas dan tidak terbarukan. Contoh Energi Baru dan Terbarukan antara lain energi

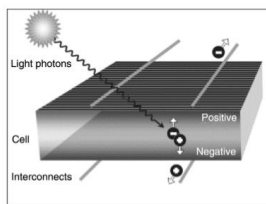
matahari, Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), biofuel, biomassa, Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP), angin, pasang surut, dan gelombang laut.

B. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan salah satu aplikasi energi yang kreatif dan terbarukan karena energi matahari (solar) merupakan sumber energi yang tidak ada habisnya. Dengan mengubah radiasi matahari menjadi energi listrik melalui penggunaan perangkat fotovoltaik (*photovoltaic*). PLTS juga merupakan pembangkit listrik hijau karena tidak memiliki bagian yang berputar, tidak menghasilkan suara bising, dan tidak menghasilkan gas buang atau sampah.

C. Photovoltaic (Panel Surya)

Sel surya adalah inti dari sistem fotovoltaik, mengubah sinar matahari menjadi energi listrik. Meskipun teknologi yang berbeda telah dikembangkan, sebagian besar sel surya dibuat dari *wafers silikon kristalin* (Gambar.1). Secara teori, semua sel bekerja dengan cara yang sama, namun fitur bahan yang berbeda berbeda. Ketika sel surya terkena cahaya, mereka menjadi aktif secara elektrik. Tegangan yang diberikan oleh setiap sel ditentukan oleh kualitas materialnya, dan biasanya pada urutan 12 volt. Tegangan ini secara luas tidak tergantung pada tingkat radiasi di atas ambang batas sekitar 10% matahari (Philip, 2018).



Gambar 1. Efek *photovoltaic* ke dalam panel surya (Sumber: Philip,2018)

Arus yang dihasilkan oleh setiap sel surya biasanya sebanding dengan jumlah cahaya dan luas sel surya. Sel surya dapat dihubungkan dalam konfigurasi seri dan paralel. Tegangan keseluruhan sebanding dengan jumlah sel surya yang terhubung paralel, menurut teori kelistrikan dasar. Arus keseluruhan ditingkatkan dengan menggunakan banyak koneksi seri. Jika sel yang digabungkan dengan cara ini tidak cocok, kerugian yang tidak produktif dapat terjadi di kedua skenario (Philip, 2018).

1. Prinsip kerja *solar cell*

Sel surya pada dasarnya adalah fotodiode dengan luas permukaan yang besar. Sel surya memiliki luas permukaan yang jauh lebih besar daripada fotodiode biasa, membuatnya lebih sensitif terhadap cahaya yang masuk dan mampu menghasilkan tegangan dan arus yang lebih tinggi.

Foton adalah partikel yang sangat kecil yang menyusun sinar matahari. Foton, atau partikel cahaya, bertabrakan dengan atom semikonduktor silikon dalam sel surya ketika terkena sinar matahari, menciptakan energi yang cukup untuk menjatuhkan elektron dari struktur atomnya. Elektron (-) yang bermuatan negatif akan dengan mudah bergerak di daerah pita konduksi bahan semikonduktor. Atom yang kehilangan elektron meninggalkan rongga dalam strukturnya, yang disebut sebagai "lubang" dan memiliki muatan positif (+).

2. Solar Cell 30WP

Solar cell 30 WP adalah solar cell yang mampu menghasilkan daya keluaran maksimal 30 watt. Jumlah daya listrik yang dihasilkan meningkat dengan tingkat sel surya yang digunakan. Cara kerja *solar cell* ini sama seperti cara kerja *solar cell* pada umumnya. Sel surya terdiri dari semikonduktor tipe-N dan semikonduktor tipe-P. Untuk menghitung nilai daya sesaat dari *solar cell* dapat digunakan persamaan 1.

$$P = V \cdot I \tag{1}$$

Keterangan :
 P = nilai daya (watt)
 V = nilai tegangan (volt)
 I = nilai arus (ampere)

Untuk menghitung luas penampang panel surya digunakan persamaan 2.

$$A = P \times L \tag{2}$$

Keterangan :
 P = panjang cm
 L = lebar cm
 A = luas penampang cm²

Untuk intensitas cahaya yang dihasilkan dari lux meter. Lux adalah satuan yang didapat dari besaran intensitas cahaya dari lux meter. Satu lux sama dengan satu lumen per meter persegi seperti pada persamaan 3.

$$1 \text{ lux} = 1 \text{ lm/m}^2 = 1 \text{ cd.sr/m}^2 \tag{3}$$

Untuk menghitung nilai rata-rata arus dan tegangan yang diperoleh dari hasil pengukuran menggunakan persamaan 4.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \left(\sum x \right) \quad (4)$$

Keterangan :

\bar{x} = nilai rata-rata

n = jumlah sampel

$(\sum x)$ = jumlah data

Untuk menghitung nilai error (%) dari arus dan tegangan yang diperoleh dari hasil pengukuran digunakan persamaan 5.

$$\text{error} = \frac{\text{nilai pembacaan} - \text{nilai sebenarnya}}{\text{nilai sebenarnya}} \times 100\% \quad (5)$$

Untuk menghitung perbandingan nilai error dari arus dan tegangan yang diperoleh dari hasil pengukuran digunakan perhitungan error dengan menggunakan persamaan 6 yaitu MSE.

$$\text{MSE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \quad (6)$$

Keterangan :

n = jumlah nilai data

Y_i = nilai yang diamati

\hat{Y}_i = nilai yang diprediksi

D. Jenis-Jenis Panel Surya

a. Monokristal (*Mono-crystalline*)

Merupakan panel paling hemat energi yang dibuat menggunakan teknologi mutakhir yang menghasilkan daya listrik paling besar per satuan luas. *Monocrystals* dimaksudkan untuk digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan banyak listrik (ekstrim) dan terletak di daerah dengan lingkungan alam yang ganas. Memiliki peringkat efisiensi 15%. Kekurangan dari panel semacam ini adalah tidak akan bekerja dengan baik di daerah dengan sedikit atau tanpa sinar matahari (teduh), dan efisiensinya akan menurun dalam cuaca mendung.

b. Polikristal (*Poly-Crystalline*)

Struktur kristal yang tidak beraturan pada panel surya ini merupakan hasil dari proses casting yang digunakan untuk membuatnya. Jenis ini membutuhkan lebih banyak luas permukaan daripada monokristalin untuk menyediakan jumlah daya listrik yang sama. Jenis panel surya ini biasanya lebih murah daripada panel monokristalin karena efisiensinya yang lebih rendah.

c. *Thin Film Photovoltaic*

Dengan efisiensi modul hingga 8,5%, ini adalah panel surya dua lapis yang menggunakan

silikon mikrokristalin dan struktur lapisan tipis amorf. Dibandingkan dengan panel surya monokristalin dan polikristalin, membutuhkan luas permukaan yang lebih besar per watt daya yang dihasilkan. *Thin Film Triple Junction* (dengan tiga lapisan) adalah inovasi terbaru. Panel fotovoltaik (dengan tiga lapisan) dapat menghasilkan daya listrik hingga 45 % lebih banyak daripada jenis panel lain dengan daya yang ditera setara di udara yang sangat berkabut.

E. Solar Charge Controller

Solar charge controller merupakan salah satu komponen sistem pembangkit listrik tenaga surya yang berfungsi sebagai pengatur arus baik panel surya yang masuk maupun yang keluar, menghentikan pengisian baterai yang berlebihan. Tegangan dan arus yang mengalir dari panel surya ke baterai diatur oleh *solar charge controller*. Baterai akan mengalami kerusakan akibat *overcharging* jika tidak ada pengaturan karena mayoritas Panel Surya 12 Volt memiliki tegangan keluaran kurang lebih 16 sampai 20 volt DC. Baterai 12 volt membutuhkan tegangan pengisian antara 13,4 hingga 14,8 volt untuk terisi penuh (tergantung jenis baterai).

Fungsi dan fitur *solar charge controller* menurut (Purwoto, dkk, 2018):

1. Untuk menghindari pengisian yang berlebihan, pengontrol akan memutuskan arus listrik yang masuk ke baterai setelah tegangan pengisian mencapai level penuh. Sehingga masa pakai baterai akan diperpanjang secara signifikan.
2. Kontroler berfungsi untuk menghentikan beban atau peralatan listrik agar tidak menarik listrik dari baterai ketika tegangan hampir penuh. Pengontrol mematikan arus beban pada pengaturan tegangan tertentu (seringkali 10% dari sisa tegangan baterai). Ini melindungi baterai dan menjaga sel baterai tetap aman.

F. Battery

Dalam instalasi generator surya, baterai biasanya merupakan subsistem dengan umur terpendek. Baterai dalam sistem yang layak harus bertahan setidaknya selama sepuluh tahun. Selain itu, sebagian besar baterai timbal-asam awal memerlukan servis dan pengisian elektrolit setiap enam bulan atau lebih.

Alat yang menyimpan energi listrik adalah baterai. Oleh karena itu dapat mengaktifkan arus listrik yang kuat untuk menghidupkan mesin. Untuk daya cadangan dan sistem fotovoltaik (sel surya), baterai siklus dalam sering digunakan karena memiliki

kemampuan untuk dikuras hingga muatan listrik rendah. (Hidayat, dkk, 2021). Berdasarkan aplikasinya baterai dibagi menjadi dua yaitu:

1. *Engine started* (otomotif). Untuk meningkatkan luas permukaan, baterai otomotif biasanya diproduksi dengan pelat timah tipis tetapi banyak. Alhasil, baterai ini mampu memberikan arus listrik yang besar untuk menghidupkan mesin.
2. *Deep cycle*. *Deep cycle battery* biasanya digunakan dalam sistem fotovoltaik (sel surya) dan aplikasi daya cadangan, karena baterai tersebut dapat habis hingga muatan listriknya rendah. Baterai siklus dalam diklasifikasikan menjadi dua kategori:
 - a. Baterai *Flooded Lead Acid* (FLA)
Baterai aki/basah/accu adalah istilah lain untuk baterai *Flooded Lead Acid* (FLA). Karena sel-sel baterai terendam dalam cairan, mereka melakukan yang terbaik. Pengisian cairan elektrolit dalam baterai untuk pengisian cairan elektrolit adalah fitur yang membedakannya.
 - d. Baterai *Valve Regulated Lead Acid* (VLRA)
Baterai *Maintenance Free* (MF), baterai *Sealed Lead Acid* (SLA), dan baterai *Sealed Maintenance Free* (SMF) adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan baterai *Valve Regulated Lead Acid* (VLRA). Baterai ini dibuat khusus untuk mencegah cairan elektrolit bocor, tumpah, atau menguap. Tidak ada katup pengisian elektrolit di baterai ini, dan hanya memiliki terminal negatif, terminal positif (+), dan terminal (-).

G. Intensitas cahaya matahari

Jumlah energi yang diserap permukaan per satuan luas dan per satuan waktu adalah intensitas radiasi matahari. Adanya satuan waktu menunjukkan bahwa pengukuran ini mempertimbangkan waktu pemaparan, atau durasi penerangan harian cahaya. Berapa banyak radiasi matahari yang dipantulkan dari permukaan bumi tergantung pada banyak faktor, termasuk musim, topografi, tutupan awan, dan garis lintang.

Tergantung pada seberapa padat awan di atmosfer, jumlah energi matahari yang berbeda terpancar dari permukaan bumi. Dalam kondisi lembab atau tropis, radiasi matahari sekitar 40% lebih intens. Di daerah gurun yang gersang, intensitas radiasi matahari sekitar 80%.

III. METODE PENELITIAN

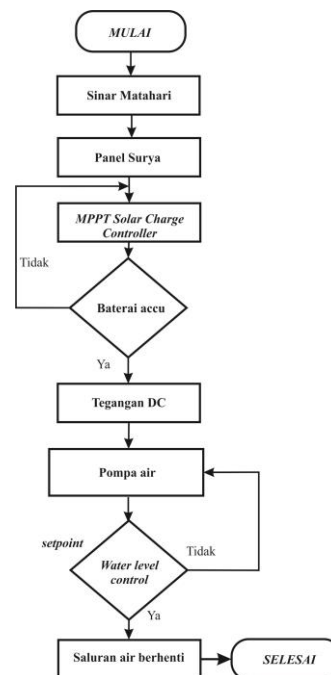
A. Jadwal Penelitian

Pada penelitian penggunaan energi alternatif untuk sistem alat *water level control* ini dilakukan penelitian selama enam jam, yaitu mulai pukul 10.00-15.00 WIB. Tempat penelitian ini dilaksanakan di Perum, Taman Pondok Legi 3 Blok Z-52, Sidoarjo.

B. Pengambilan Data

Dalam melakukan penelitian ini adalah menentukan posisi matahari yang diinginkan yaitu tegak lurus dengan posisi *solar cell*. Pengujian dilakukan dengan mengambil sampel tegangan (volt) dan arus (ampere) dari *battery accu* maupun panel surya menggunakan multimeter digital. Alur pengujian seperti pada Gambar 2.

Saat menentukan jumlah sinar matahari yang ada, pengukuran dilakukan langsung dengan menggunakan alat pengukur lux meter di luar sirkuit. Sebuah laporan dibuat setelah semua data telah dikumpulkan.



Gambar 2. Alur kerja sistem panel surya

Dalam hal ini panel surya akan diletakkan dengan posisi horizontal. Panel surya akan mengisi battery yang dikontrol oleh *MPPT solar charge controller*. *Solar charge controller* ini yang mengontrol dan menghentikan apabila proses pengisian *battery* telah terisi 100%. Dan akan mengisi kembali ketika daya *battery* kurang dari 20%.

Untuk menyimpan daya yang dihasilkan *solar cell* digunakan *battery accu* 12V dan 7Ah. Dalam hal

ini, *battery* digunakan untuk mensupply kerja sistem alat *water level control* yang dapat menghemat energi listrik.

C. Rancang Bangun Software

Agar sistem terkontrol dan dapat berfungsi dengan baik digunakan mikrokontroler esp32. Perancangan *software* digunakan pemrograman Arduino IDE sehingga esp32 mendapatkan sinyal untuk bekerja sesuai dengan perintah. Program juga digunakan untuk menggerakkan motor DC dengan panel surya yang diletakkan secara horizontal dan tegak lurus dengan sinar matahari yang bergerak sepanjang hari. Sehingga dapat diketahui daya dari arus dan tegangan yang dihasilkan baterai dan panel surya yang hasilnya akan dibandingkan dengan multimeter.

D. Rancang Bangun Hardware

Pada Gambar 3 merupakan rencana rancang bangun desain mekanik dalam penelitian ini. Tangki air berdiameter 30 cm dan volume 18 liter, panel surya polikristalin 30 WP, *solar charge controller*, motor DC dan *battery accu* 12volt 7Ah.



Gambar 3. Desain mekanik

Pemasangan kabel dan menghubungkan antar komponen merupakan desain hardware yang dimaksud. Sehingga setiap komponen saling berhubungan dan berfungsi seperti sistem yang dimaksudkan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil rancang bangun monitoring daya sistem *water level control*

Pada Gambar 4 merupakan hasil dari rancang bangun monitoring daya sistem alat *water level control*. Dengan kapasitas tangki air 18 liter, modul *solar cell* jenis *polycrystalline* 30WP, *battery accu* 12V 7Ah, MPPT *solar charge controller*, dan DC *pump* 12V. Untuk spesifikasi panel surya ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 4. Rancang bangun monitoring daya sistem alat *water level control*

TABEL I.
Spesifikasi panel surya

Parameter	Value
Module type	SP-30-P36
Rated Max Power (Pmax)	30 W
Current at Pmax (Imp)	1.70 A
Voltage at Pmax (Vmp)	17.6 A
Short Circuit Current (Isc)	1.82 A
Open Circuit Voltage (Voc)	22.5 V
Dimension (mm)	510*450*30
Max System Voltage	700 V
Temperature Range	-45°C ~+ 80°C

Sumber : Manual book panel surya 30 WP

B. Pengujian arus dan tegangan terhadap *solar cell*

Dengan melepaskan elektron bebas masuk ke dalam atom, merupakan cara panel surya yang digunakan untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Pengujian dan pembahasan rancang bangun *water level control* ini menggunakan motor DC dengan sumber tenaga listrik surya menggunakan mikrokontroler esp32. Berikut merupakan hasil pengukuran dengan lux meter untuk intensitas cahaya matahari, multimeter untuk tegangan dan arus pada input *solar cell* 30 WP.

TABEL II.
Nilai arus dan tegangan pada input solar cell

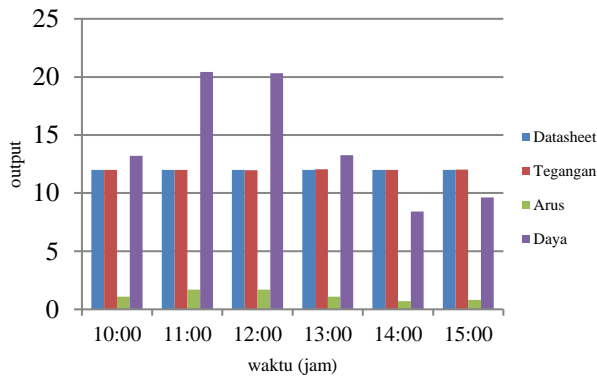
Pukul	Suhu °C	Intensitas cahaya	V	I	P=V.I
10.00	34	88450	12.01	1.1	13.21
11.00	35	102700	12.21	1.7	20.76
12.00	34	94960	12.01	1.7	20.41
13.00	33	5210	12.13	1.1	13.34
14.00	31	2483	9.07	0.7	6.35
15.00	31	3324	12.03	0.7	8.42

Dari hasil Tabel 2 diketahui bahwa arus dan tegangan dari *solar cell* tidak konstan. Dikarenakan faktor dari intensitas cahaya matahari yang berbeda di setiap waktu. Sehingga arus dan tegangan bervariasi

sepanjang waktu di siang hari. Diketahui bahwa puncak intensitas matahari tertinggi ada pada pukul 11.00 WIB dengan daya sesaat 20.76 Watt dan terendah pada pukul 14.00 WIB dengan daya sesaat 6.35 Watt.

C. Pengujian arus dan tegangan pada battery accu secara manual

Berikut merupakan pengukuran arus dan tegangan secara manual dari *battery* yang mensuplai kerja sistem alat *water level control* pada setiap siklus pompanya. Pengukuran arus dan tegangan ini dilakukan secara manual dengan menggunakan multimeter digital. Berikut merupakan hasil pengukuran yang dilakukan ketika alat bekerja dengan beban dan nilai arus tegangan diperoleh dengan nilai yang bervariasi.

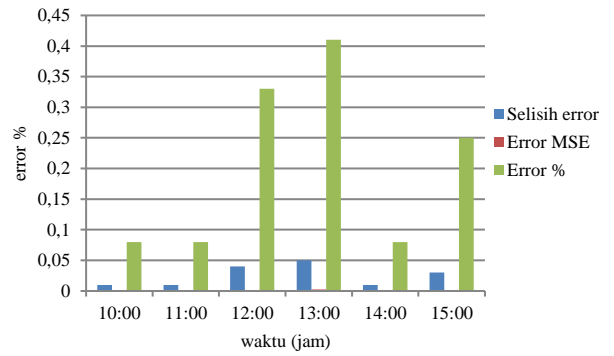


Gambar 5. Hasil pengukuran pada *battery accu*

Pada Gambar 5 diperoleh bahwa nilai tegangan dan arus berubah-ubah yang juga dipengaruhi oleh intensitas cahaya berdasarkan pengukuran menggunakan lux meter. Pengukuran tersebut dilakukan pada aki dan beban *load*.

Berikut merupakan perbandingan error dari pengukuran tegangan dan *datasheet* baterai, yang diperoleh dengan menggunakan persamaan 5.

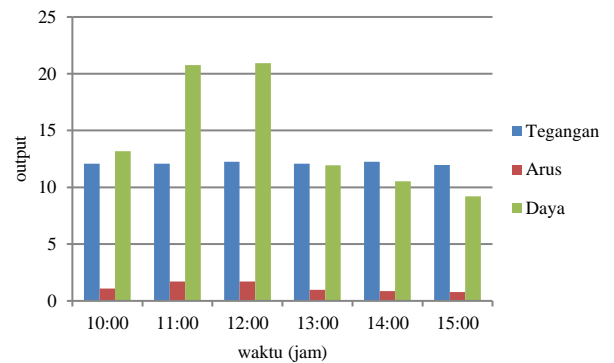
Dari Gambar 6 diperoleh bahwa nilai *error* tertinggi adalah 0.41% dengan rata-rata *error* adalah 0.20%. sedangkan nilai rata-rata error MSE adalah 0,00088. Nilai error terjadi karena setiap modul memiliki tingkat *error* tersendiri sehingga memungkinkan perbedaan antara perhitungan dengan modul.



Gambar 6. Nilai error dari *datasheet modul battery*

D. Hasil pengujian output battery accu secara telemetri

Berikut merupakan pengukuran arus dan tegang secara manual dari *battery* yang mensuplai kerja sistem alat *water level control* pada setiap siklus pompanya yang keluar dari LCD 16x2 :



Gambar 7. Hasil pengujian secara telemetri

Pada Gambar 7 diperoleh bahwa nilai tegangan dan arus berubah-ubah yang juga dipengaruhi oleh intensitas cahaya berdasarkan pengukuran menggunakan lux meter. Hasil tersebut merupakan hasil perbandingan dari pengukuran arus dan tegangan secara manual pada pengujian sebelumnya dan pengukuran secara telemetri. Pengukuran tersebut dilakukan pada aki dan beban *load*.

E. Hasil pengujian dari perancangan monitoring penggunaan battery pada sistem alat water level control

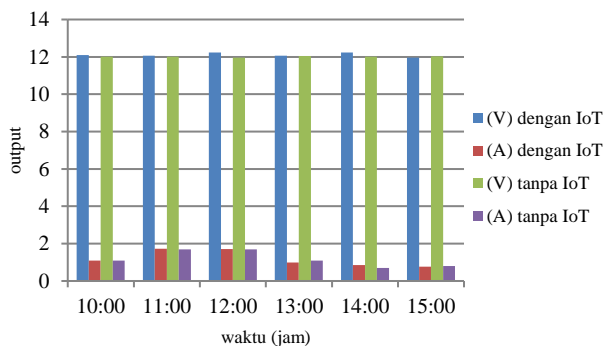
Dari Tabel 3 dapat diketahui nilai rata-rata intensitas cahaya, jumlah panel dan luas penampang, rata-rata daya sesaat pada *solar cell*, rata-rata arus dan tegangan *battery* secara manual dan telemetri, *error* rata-rata pada modul *battery* dan daya *battery* pada pengujian selama enam jam pada monitoring arus dan tegangan pada sistem alat *water level control*.

F. Perbandingan hasil monitoring penggunaan daya battery pada sistem tanpa menggunakan IoT dan menggunakan IoT

Berikut merupakan hasil perbandingan dari monitoring penggunaan daya *battery* pada sistem tanpa menggunakan IoT dan menggunakan IoT. Dari tampilan *blynk* diketahui ketinggian air, besar tegangan (volt) dan arus (mA) yang dapat dimonitoring secara jarak jauh.

TABEL III.
 Tabel hasil pengujian pada monitoring daya *battery water level control*

No.	Faktor yang diukur	Hasil pengukuran
1.	Rata-rata intensitas matahari	49521.17 lux
2.	Jumlah panel surya	1 buah
3.	Luas penampang panel surya	2295m ²
4.	Rata-rata daya sesaat <i>solar cell</i>	13.75 Watt
5.	Rata-rata pengukuran tegangan dan arus <i>battery</i> secara manual	12.01 V; 1.18 A
6.	Rata-rata pengukuran tegangan dan arus <i>battery</i> secara telemetri	12.11 V; 1.19A
7.	<i>Error</i> rata-rata pada modul <i>battery</i>	0.20%
8.	Daya <i>battery</i>	84 Wh

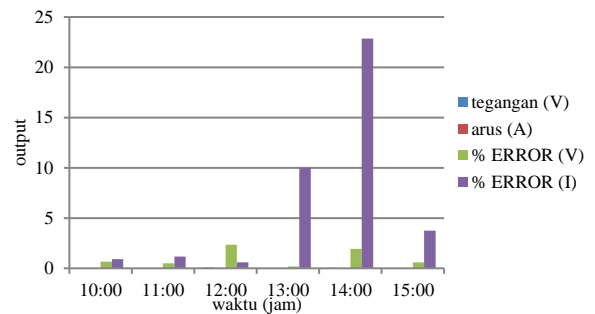


Gambar 8. Perbandingan pengujian dengan IoT dan tanpa IoT

Dari Gambar 8 diketahui hasil perbandingan pengujian monitoring daya *battery* pada sistem *water level control* dengan IoT dan tanpa IoT. Hasilnya nilai *output* arus dan tegangan *battery* secara IoT sama seperti nilai *output* arus dan tegangan *battery* pada lcd 16x2. Dikarenakan nilai *output* arus dan tegangan pada IoT adalah nilai *output* arus dan tegangan pada lcd.

Diketahui dari Gambar 9 adalah perbandingan perhitungan *error* dari hasil setelah menggunakan IoT dan tanpa menggunakan IoT dengan rumus MSE. Untuk perhitungan Gambar 9 digunakan persamaan 5

dan 6. Diperoleh nilai rata-rata *error* tegangan 0.024 dan nilai rata-rata *error* arus 0.0065.



Gambar 9. Nilai *error* arus tegangan dengan IoT dan tanpa IoT

V. SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan mengenai monitoring tegangan dan arus yang digunakan untuk sistem alat *water level control*, dapat di ambil kesimpulan pengujian selama enam jam, diketahui bahwa input tegangan dari *solar cell* mencapai puncak ketika intensitas cahaya matahari tertinggi yaitu 102700 lux pukul 11.00 WIB dengan daya sesaat 20.76 watt, dan terendah yaitu 2483 lux pukul 14.00 WIB dengan daya sesaat 6.35 watt. Sedangkan penggunaan tegangan pada *battery* dan *datasheet* terdapat *error* rata-rata 0.20%.

Hasil perbandingan pengukuran arus dan tegangan dengan IoT dan tanpa IoT adalah sama dengan rata-rata tegangan 12.11 V dan rata-rata arus 1.19 A. Sedangkan pada pengukuran secara manual nilai rata-rata tegangan 12.01 V dan rata-rata arus 1.18 A. Sehingga dengan menggunakan persamaan rata-rata *error* MSE diperoleh nilai *error* tegangan 0.024 dan nilai *error* arus 0.0065.

Besarnya nilai intensitas cahaya yang masuk dan terserap oleh panel surya yang berubah-ubah setiap waktu, umumnya intensitas cahaya matahari yang masuk dari pagi ke sore hari semakin rendah tergantung kondisi cuaca di wilayah tersebut. Semakin besar intensitas cahaya yang masuk ke dalam panel, maka semakin besar pula daya yang dihasilkan oleh *solar cell*.

SARAN

Pada perancangan sistem energi terbarukan ini perlu dikembangkan lagi dengan sistem yang membutuhkan daya lebih besar. Agar dapat dibandingkan hasil monitoring dalam penggunaan daya baterai yang dibutuhkan ketika sistem memerlukan daya lebih besar. Selain itu, dalam sistem alat ini perlu dikembangkan dengan menambahkan

sensor cahaya, supaya pemanfaatan *solar cell* dapat lebih optimal.

REFERENSI

Al-Shamani. Ali Najah, Othman. Mohd Yusof, Mat. Sohif, Ruslan. M H, Abed. Azher M, dan Sopian. K. 2017. *Design & Sizing of Stand-alone Solar Power Systems A house Iraq*. Solar Energy Research Institute (SERI) Journal of Universitas Kebangsaan Malaysia. Pages 145-150

Handayani. NA, dan Ariyanti. D. 2012. *Potency of Solar Energy Application in Indonesia*. Int. Journal of Renewable Energy Development (IJRED) Teknik Kimia. 1(2) Pages 33-38.

Hidayat. Ta'lim Nur, Subodro. Rohmat, dan Sutrisno. 2021. *Analisis Output Daya pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan Kapasitas 10WP, 20WP, dan 30WP*. Jurnal CRANKSHAFT – Universitas Nahdlatul Ulama Surakarta: Surakarta. Vol. 4 No. 2

Howimanporn. Suppachai, dan Chookaew. Sasithorn. 2018. *Design of PLC for Water Level Control Employing Swarm Optimization-Based PID Gain Scheduling*. IEEE – International Conference on Control and Robots (ICCR). Hongkong

Laksana. Eka Purwa, Prabowo. Yani, Sujono, Sirait. Rummi, Fath. Nifty, Priyadi. Ardyono, Lystianongrum. Vita, dan Purnomo. Mauridhi Hery. 2021. *Potential Usage of Solar Energy as a Renewable Energy Source in Petukangan Utara, South Jakarta*. Jurnal Rekayasa Elektrika, Institute Teknologi Sepuluh November, Vol. 17, No.4, Pages 212-216.

Li. Wen-Tai, Thirugnanam. Kannan, Thusar. Wayes, Yuen. Chau, Chew. Kwee Tiang dan Tai. Stewart. 2018. *Improving the Operation of Solar Water Heating Systems in Green Buildings via Optimized Control Strategies*. IEEE – Transactions on Industrial Informatics

Philip. R Wolfe. 2018. *What is Photovoltaics*. Book of IEEE Explore. Institute of Electrical and Electronic Engineers. Pages 9-24

Purwoto. Bambang Hari, Jatmiko, Alimul. Muhamad F, dan Huda. Ilham Fahmi. 2018. *Efisiensi Penggunaan Panel Surya sebagai Sumber Energi Alternatif*. Jurnal Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Surakarta: Surakarta. Vol. 18 No. 01

Suraj. S, Bharath. V dan Sridhar. NK. 2018. *Wireless Automatic Water Level Controller*. IEEE –

International Conference on Electrical, ElecStronics, Communication, Computer Technologies and Optimization Techniques (ICECCOT). Pages14-15. Mysuru, India

Teo. HG, Lee. PS, dan Hawlader. MNA. *An Active Cooling System for Photovoltaic Modules*. Energy Studies Institut, National University of Singapore, Department of Mechanical Engineering. Appl. Energy, vol. 90, no. 1, pp. 309–315, 2012

Tiandho. Yuant, Dinata. Irwan, Sunanda. Wahri, Gusa. Rika Favoria, dan Novitasari. Dwi. 2019. *Solar Energy Potential in Bangka Belitung Islands, Indonesia*. 9 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. International Conference on Future Environment and Energy. Osaka, Japan

Wahyuono. Ruri Agung, dan Julian. Miga Magenika. 2018. *Revisiting Renewable Energy Map in Indonesia: Seasonal Hydro and Solar Energy Potential for Rural Off-Grid Electrification (Provincial Level)*. International Conference on Electrical Systems, Technology and Information (ICESTI) – MATEC Web of Conferences, Vol. 164

Yousef. MK, Zargelin. Omar A, Lashhab. Fadel, dan Alaribi. Abdulbasit. 2021. *Water Level Control System using Programmable Logic Controller (PLC): Rujban Water Supply System*. IEEE – International IoT, Electronics and Mechatronics Conference (IEMTRONICS). Department of Electrical and Electronic Engineering, Al Zintan University, Libya.

Xiaoming CUI, Zhiwei KOU, dan Yanjun QIAO. 2019. *Water-level Control System for Solar Water Heating Engineering based on PLC*. IEEE – Information Technologi, Networking, Electronic and Automation Control Conference (ITNEC 2019), Pages 1625-1628