

**PEMANTAUAN POTENSI ENERGI YANG DIHASILKAN SEL SURYA
POLYCRYSTALLINE SILICON UNTUK PENGISIAN BATERAI LEAD ACID DI
LINGKUNGAN UNIVERSITAS TELKOM**

**MONITORING THE POTENTIAL OF ENERGY PRODUCED BY POLYCRYSTALLINE
SILICON SOLAR CELLS FOR CHARGING LEAD ACID BATTERY IN TELKOM
UNIVERSITY AREA**

Gusti Lucky Leria¹, Asep Suhendi², Rahmat Awaludin Salam³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹-gustiluckylerian@student.telkomuniversity.ac.id, ²-suhendi@telkomuniversity.ac.id, ³-awaludinsalam@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Pada penelitian kali ini telah dilakukan pemantauan pengaruh besar radiasi matahari yang diterima sel surya untuk mengisi baterai *lead acid*. Dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Mega maka dapat diketahui besar energi yang dihasilkan oleh sel surya dan nilai radiasi matahari. Terdapat 2 metode penyimpanan data yaitu menggunakan *SD Card* dan *platform IoT*. Dalam proses pengukuran selama 5 hari didapat nilai efisiensi sel surya *Polycrystalline Silicon* 20Wp dan 10Wp dengan nilai masing-masing 7,298% dan 8,843%. Pengaruh nilai radiasi matahari yang diterima sel surya pun mempengaruhi lama waktu pengisian baterai. Saat kondisi langit cerah, rata-rata energi harian yang dihasilkan oleh sel surya 20Wp dan 10Wp masing-masing adalah 112,245 VAh dan 67,85 VAh, serta mampu mengisi baterai *lead acid* 86,4 VA masing-masing selama 9¼ jam dan 12½ jam. Namun pada kondisi langit berawan, sel surya hanya menghasilkan energi harian sebesar 47,62 VAh dan 32,33 VAh, serta mengisi baterai *lead acid* 86,4 VA lebih lama yaitu 19 jam atau ± 1 hari 7 jam dan 20½ jam atau ± 1 hari 8½ jam.

Kata kunci: Mikrokontroler, baterai *Lead Acid*, IoT.

Abstract

In this research, monitoring of the influence of solar radiation received by solar cells has been carried out to charge the lead acid battery. By using the Arduino Mega microcontroller, it can be seen the amount of energy produced by solar cells and the value of solar radiation. There are 2 data storage methods, namely using an SD card and an IoT platform. In the measurement process for 5 days, the efficiency values of the 20Wp and 10Wp Polycrystalline Silicon solar cells were obtained with a value of respectively 7.298% and 8.843%. The effect of the value of solar radiation received by solar cells also affects the length of time to charge the battery. When the sky is clear, the average daily energy produced by the 20Wp and 10Wp solar cells is 112.245 VAh and 67.85 VAh, respectively, and is able to charge 86.4 VA lead acid batteries for 9¼ hours and 12½ hours respectively. However, in cloudy skies, solar cells only produce daily energy of 47.62 VAh and 32.33 VAh, and charge 86.4 VA lead acid batteries for longer, namely 19 hours or ± 1 day 7 hours and 20½ hours or ± 1 days 8½ hours.

Keywords: *Microcontroller, Lead Acid battery, IoT.*

1. Pendahuluan

Konsumsi energi di Indonesia terutama energi listrik terus meningkat. Pada tahun 2016 tercatat bahwa rata-rata konsumsi energi listrik di Indonesia sebesar 956 kWh per kapita, sedangkan pada tahun 2017 dan 2018 masing-masing tercatat rata-rata konsumsi energi listrik sebesar 1.012 kWh per kapita dan 1.064 kWh per kapita [1]. Menurut *Renewable Energy Prospects: Indonesia* yang dirilis oleh *International Renewable Energy Agency* (Irena) 2017, potensi energi yang dihasilkan oleh matahari di Indonesia sebesar 532,6 GW pada tahun 2030 [2]. Dengan menggunakan sel surya yang berfungsi untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik, maka sel surya dapat menjadi alternatif sumber energi listrik [3].

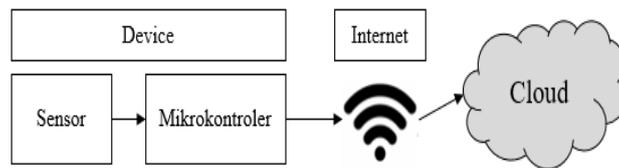
Pada perkembangannya penggunaan sel surya sebagai energi alternatif sudah banyak dilakukan hal ini bertujuan untuk mengatasi krisis energi [4] dan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat [5]. Sudah banyak juga penelitian yang berfokus pada energi yang dihasilkan dan peninjauan efisiensi sel surya [6]. Pada penelitian ini telah digunakan sel surya *Polycrystalline Silicon* 20 Wp seperti yang dilakukan Richard Napitupulu, dkk yang meneliti efisiensi *real* sel surya *Polycrystalline Silicon* 20 Wp [7]. Namun yang dilakukan Richard Napitupulu, dkk tidak meneliti pengaruhnya terhadap pengisian baterai. Begitu pula dengan Nurhadi, dkk yang telah meneliti

tentang pengaruh intensitas cahaya matahari terhadap *output* tegangan *solar cell* pengisi baterai kendaraan listrik [8]. Pada penelitian tersebut tidak terdapat efisiensi sel surya.

Pada penelitian ini telah dilakukan penelitian melihat potensi energi dan efisiensi *real* yang dihasilkan oleh sel surya *Polycrystalline Silicon* 20 Wp dan juga 10 Wp di lingkungan Universitas Telkom dalam pengisian baterai. Pengisian baterai memanfaatkan *Solar Charge Controller* sebagai pengendali pengisian baterai agar tidak *over charging* [5, 9]. Untuk melihat potensi energi yang dihasilkan sel surya diperlukan sistem pengukuran radiasi matahari dan energi yang dihasilkan sel surya [10]. Dari hasil pengukuran waktu yang diperlukan dalam pengisian baterai akan diketahui [8]. Untuk mempermudah pemantauan potensi energi, digunakan teknologi IoT (*Internet of Things*) yang telah diterapkan oleh Fadlur Rohman, dkk [11]. Namun pada penelitian kali ini digunakan *platform* ThingSpeak dengan data yang ditampilkan adalah radiasi matahari, arus, tegangan, energi dan waktu pengukuran. Sehingga pemantauan bisa dilakukan dari jarak jauh secara kontinyu pada sel surya yang dipasang di *rooftop* gedung Deli Universitas Telkom.

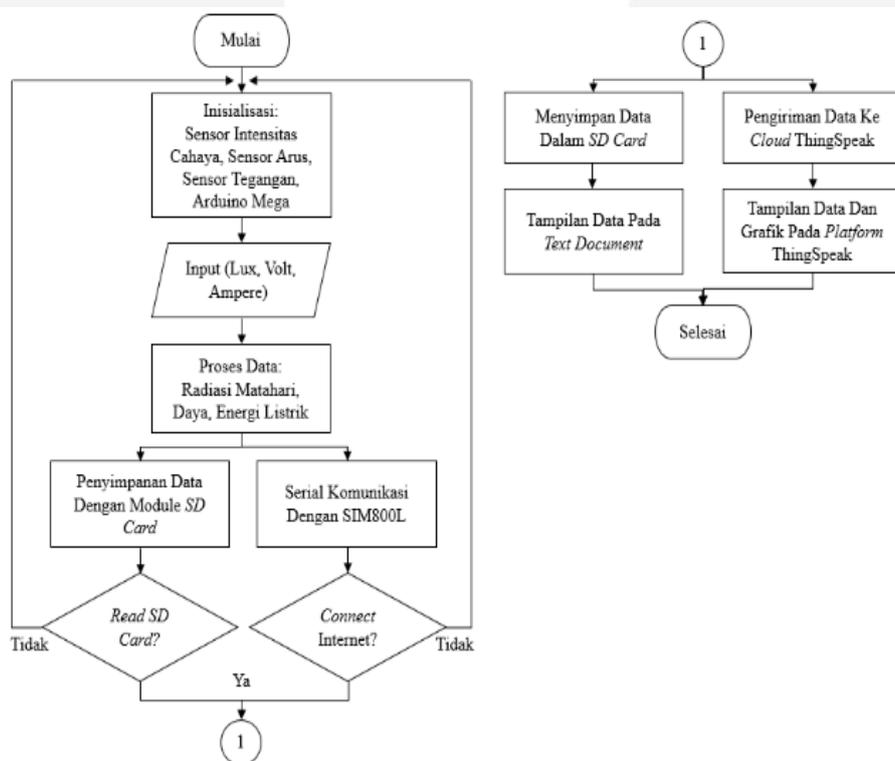
2. Perancangan Sistem

2.1 Desain Sistem



Gambar 2. 1 Sistem Alat

Sistem terdiri dari *device* (sensor, mikrokontroler), dan membutuhkan koneksi internet untuk mengirim data ke *Platform* ThingSpeak.



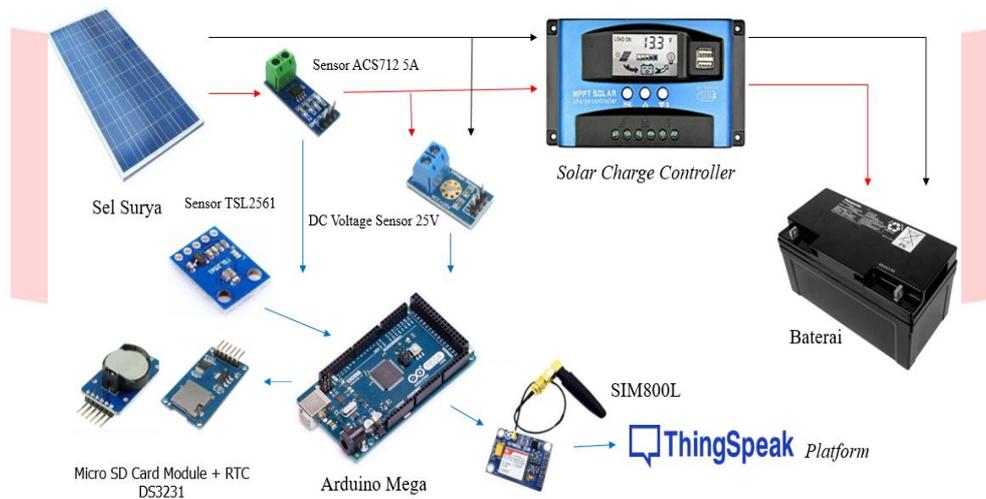
Gambar 2. 2 Flowchart Perangkat Lunak

Bermula dari inisialisasi sensor agar mampu membaca parameter masukan yang diukur berupa intensitas cahaya, arus dan tegangan. Setelah sensor mampu membaca maka mikrokontroler mengolah dan mengkonversi data intensitas cahaya menjadi data radiasi matahari, serta data arus dan tegangan menjadi data daya dan energi listrik. Data yang diproses oleh mikrokontroler akan disimpan dalam *Micro SD Card* dan dikirim ke *Cloud* ThingSpeak. Setelah berhasil tersimpan di *Micro SD Card* dan *Platform* ThingSpeak

(<https://thingspeak.com/channels/1129703>), maka dapat dilihat data dan grafik pengukuran di *rooftop* Gedung Deli Universitas Telkom.

2.2 Desain Perangkat Keras

Dengan desain perangkat keras alat yang dirancang sebagai berikut:



Gambar 2. 3 Desain Perangkat Keras Penelitian

Sel surya berfungsi untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik, energi tersebut akan disimpan di dalam baterai *Lead Acid*. Untuk melindungi baterai dari kerusakan atau *over charging* maka diperlukan *Solar Charge Controller*. Desain sistem pengukuran menggunakan mikrokontroler Arduino Mega yang dihubungkan dengan tiga sensor yaitu sensor Arus (ACS712 5A), sensor tegangan DC 25V, dan sensor intensitas cahaya (TSL2561).

2.3 Hasil Rancangan

Dalam proses pembuatan alat berdasarkan lokasi penyimpanannya dibagi menjadi dua, yaitu ada yang diletakkan di dalam kotak dan ada yang diletakkan di luar kotak. Komponen yang diletakkan di dalam kotak ditujukan agar tidak terkena air hujan atau terpaan cuaca yang dapat mengakibatkan kerusakan pada komponen-komponen tersebut, seperti baterai *Lead Acid*, *Solar Charge Controller*, mikrokontroler, sensor arus dan tegangan, modul SIM800L, RTC, dan modul *Micro SD Card*.



Gambar 2. 4 Komponen Dalam Kotak

Sedangkan komponen yang diletakkan di luar kotak adalah sensor intensitas cahaya, dan sel surya. Daerah Bandung pemasangan sel surya membentuk sudut $\pm 15^\circ$ dan menghadap ke utara [12].



Gambar 2. 5 Komponen Luar Kotak

3. Pembahasan

3.1 Pemantauan Energi

Proses pemantauan energi yang dihasilkan sel surya 20 Wp dan 10 Wp dilakukan selama 5 hari (29 Agustus – 2 September 2020) dengan rekap data energi per hari. Data energi harian diperoleh selama 24 jam dengan interval pengukuran 1 menit. Pada proses pemantauan tidak luput dari faktor lingkungan terutama cuaca. Penelitian yang telah dilakukan oleh Rusman Sinaga menyimpulkan bahwa suhu dan kelembaban tidak terlalu berpengaruh terhadap energi yang dihasilkan sel surya [13]. Parameter yang mempengaruhi energi yang dihasilkan sel surya adalah iluminasi radiasi sinar matahari [13]. Sehingga jika kondisi lingkungan sedang mendung atau hujan, maka iluminasi radiasi sinar matahari akan mengecil dan energi yang dihasilkan sel surya pun akan berkurang.



Gambar 3. 1 Lokasi Pengukuran

Lokasi pengukuran yang terlihat pada Gambar 3.1 berada di *Rooftop* Gedung P (Deli) Fakultas Teknik Elektro Universitas Telkom, Kec. Dayehkolot, Kab. Bandung, Jawa Barat atau 6,975° LS dan 107,623° BT.

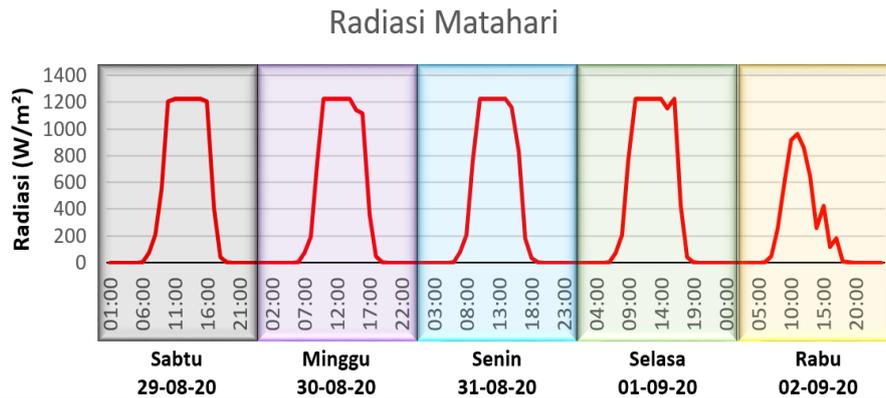
3.2 Hasil Pengukuran Radiasi Matahari

Nilai radiasi matahari yang digunakan didapat dari hasil konversi intensitas cahaya dengan persamaan [14]:

$$\gamma = \alpha \times \beta \quad (3.1)$$

Dengan:

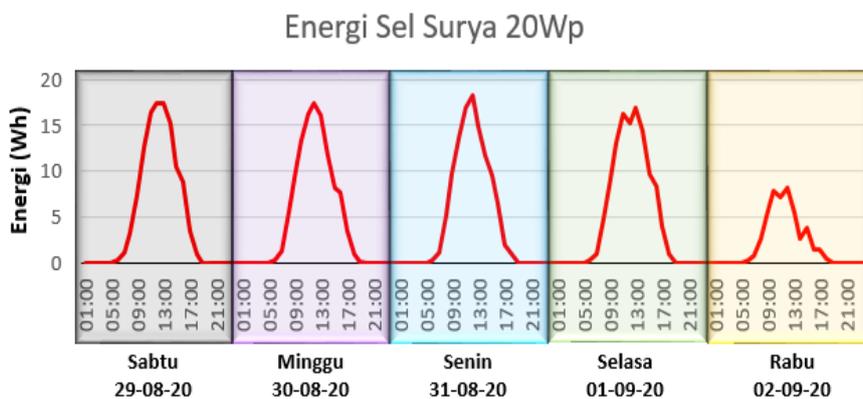
- γ = Nilai radiasi matahari (W/m^2)
- α = Intensitas cahaya (Lux)
- β = Konstanta konversi (0,0187).



Gambar 3.2 Grafik Nilai Radiasi Matahari

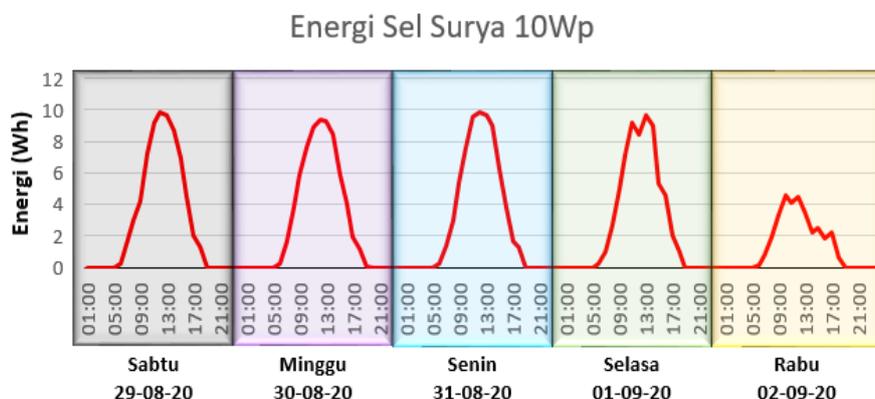
Terlihat pada grafik 3.2 bahwa dalam 4 hari awal (29 Agustus – 1 September 2020) pengukuran nilai radiasi matahari pada jam-jam tertentu cenderung sama, namun pada pengukuran pada hari ke-5 (2 September 2020) langit di area Universitas Telkom berawan yang mengakibatkan nilai radiasi matahari menurun. Jika pada saat langit cerah nilai radiasi maksimal yang mampu terbaca oleh sensor adalah 1225,52 W/m², sedangkan saat langit sedang berawan nilai radiasi maksimum yang terbaca hanya 962,467 W/m².

3.3 Hasil Pengukuran Energi Sel Surya



Gambar 3.3 Grafik Energi Yang Dihasilkan Sel Surya 20Wp

Berikut adalah grafik energi yang dihasilkan sel surya 20Wp dalam 5 hari pengukuran. Energi maksimum harian yang dapat dihasilkan pada pengukuran ini adalah 114,49 VAh yaitu pada hari pertama pengukuran, sedangkan energi harian terkecil yang dihasilkan adalah pada hari ke-5 yaitu 47,62 VAh. Dalam 4 hari awal pengukuran dengan kondisi langit cerah, nilai rata-rata energi harian yang dapat dihasilkan sel surya 20Wp adalah sebesar 112,245 VAh.



Gambar 3.4 Grafik Energi Yang Dihasilkan Sel Surya 10Wp

Dengan melakukan 5 hari pengukuran. Energi maksimum harian yang dapat dihasilkan Sel Surya 10 Wp pada pengukuran ini adalah 68,9 VAh yaitu pada hari ke-3 pengukuran. Sedangkan energi harian terkecil yang dihasilkan adalah 32,33 VAh yaitu pada hari ke-5. Dengan kondisi langit cerah, dalam 4 hari awal pengukuran nilai rata-rata energi harian yang dapat dihasilkan sel surya 10Wp adalah sebesar 67,85 VAh. Nilai tersebut bisa terbilang mendekati setengahnya rata-rata total energi harian yang dihasilkan sel surya 20Wp.

3.4 Nilai Efisiensi Sel Surya

Nilai radiasi yang diperoleh dapat dikalikan dengan luas permukaan masing-masing sel surya, dengan luas permukaan sel surya 20Wp adalah 0,189 m² dan sel surya 10Wp adalah 0,101675 m² [15, 16].

$$I = \gamma \times A \quad (3.2)$$

Dengan:

I = Radiasi yang diterima sel surya (W)

γ = Nilai radiasi matahari (W/m²)

A = Luas permukaan sel surya yang menerima radiasi matahari (m²).

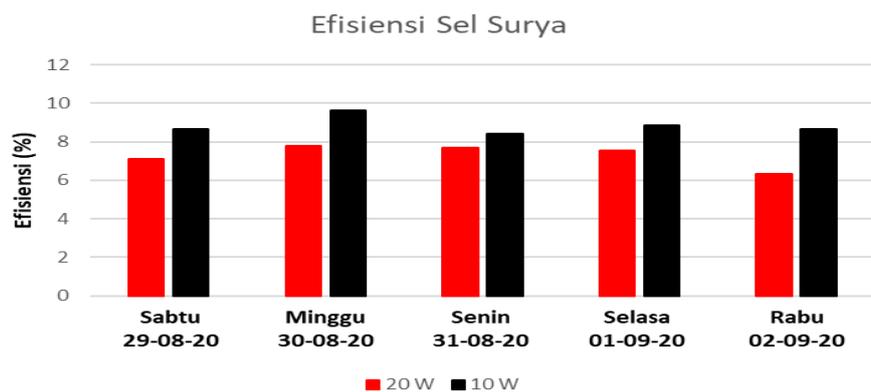
Sehingga nilai efisiensi dapat dicari dengan rumus:

$$\eta = \left(\frac{P}{I}\right) \times 100\% \quad (3.3)$$

Dengan:

η = Efisiensi (%)

P = Daya listrik yang dihasilkan sel surya (W).



Gambar 3. 5 Grafik Efisiensi Sel Surya 20Wp Dan 10 Wp

Nilai efisiensi rata-rata harian didapat dari nilai perbandingan saat sel surya mendapat sinar matahari. Pada sel surya 20Wp nilai efisiensi tertinggi terjadi pada hari ke-2 yaitu 7,79%, sedangkan pada sel surya 10Wp juga terjadi pada hari ke-2 dengan efisiensi 9,646%. Jika dalam 5 hari pengukuran, rata-rata efisiensi harian masing-masing sel surya 20Wp dan 10Wp adalah 7,298% dan 8,843%. Sel surya *Polycrystalline Silicon* memiliki efisiensi laboratorium sebesar 18% dan efisiensi produksi 13% - 15% [17]. Namun pada kondisi lapangan efisiensi sel surya dapat turun seiring dengan suhu lingkungan yang tinggi serta debu/kotoran pada permukaan sel surya [18]. Efisiensi sel surya dalam pengukuran kali ini mengalami penurunan sebesar $\pm 4,157\%$ - $7,702\%$ dari efisiensi produksi.

3.5 Laju Pengisian Baterai

Untuk mengetahui lama waktu pengisian baterai dapat dicari menggunakan persamaan [8]:

$$t = \frac{C}{I} \quad (3.4)$$

Dengan:

t = Waktu pengisian baterai (h)

C = Kapasitas baterai (Ah)

I = Total arus yang dihasilkan sel surya dalam 1 hari (A).

Baterai yang digunakan adalah baterai *Lead Acid* yang memiliki kapasitas 12V 7,2A atau 86,4 VA. Lama waktu pengisian oleh sel surya 20 Wp dalam 5 hari pengukuran yang menghasilkan 496,6 VAh. Dalam keadaan langit cerah dengan radiasi matahari maksimal 1225,52 W/m², untuk mengisi baterai 86,4 VA butuh waktu rata-rata 9¼ jam hingga baterai penuh. Dalam keadaan langit berawan dengan radiasi matahari maksimal 962.467 W/m², butuh waktu 19 jam atau ± 1 hari 7 jam. Lama waktu pengisian tersebut dengan kondisi sel surya mendapatkan sinar matahari. Sedangkan sel surya 10 Wp dalam 5 hari pengukuran menghasilkan 303,73 VAh. Dalam keadaan langit cerah dengan radiasi matahari maksimal 1225,52 W/m², untuk mengisi baterai 86,4 VA butuh waktu rata-rata 12½ jam hingga baterai penuh. Dalam keadaan langit berawan dengan radiasi matahari maksimal 962.467 W/m², butuh waktu 20½ jam atau ± 1 hari 8½ jam. Lama waktu pengisian tersebut dengan kondisi sel surya mendapatkan sinar matahari.

3.6 Pengiriman Ke Platform



Gambar 3. 6 Grafik Pengiriman Data Ke Platform

Grafik data yang dikirim/tersimpan di platform berupa data tegangan, arus dan energi listrik yang dihasilkan sel surya 20Wp dan 10Wp serta data radiasi matahari. Dalam penerapannya terdapat beberapa kendala seperti stabilitas sinyal dalam proses pengiriman ke platform. Dalam kasus ini proses pengiriman terdapat beberapa kendala seperti keterlambatan pengiriman data dan data yang *lost*. Dari 103 data yang seharusnya terkirim, ada 12 data yang tidak tersimpan, artinya akurasi dalam proses pengiriman data adalah sebesar 88,35% yang artinya terdapat 11,65% data yang *lost*. Sedangkan dalam keterlambatan pengiriman sebanyak 103 data, memiliki *error* sebesar 4,406% atau memiliki rata-rata keterlambatan 2,421 detik dengan proses pengambilan data setiap 1 menit/60 detik.

4. Kesimpulan

Alat yang dirancang dapat mengukur dan menyimpan data berupa radiasi matahari yang diukur menggunakan sensor TSL2561, arus (ACS712 5A), tegangan (DC Voltage Sensor 25V), daya dan energi yang dihasilkan sel surya 20Wp dan 10Wp dalam *Mikro SD Card* dan dikirim ke dalam Platform ThingSpeak. Dalam proses pengiriman menggunakan teknologi IoT menggunakan modul SIM800L ke Platform ThingSpeak terdapat data yang *lost* sebesar 11,65% dan *error* dalam keterlambatan proses pengiriman sebesar 4,406% dengan durasi pengambilan data setiap 1 menit. Dalam proses pengukuran dengan kondisi langit cerah dengan radiasi matahari maksimal 1225,52 W/m², data rata-rata energi harian yang terukur dan tersimpan oleh sensor dan *Mikro SD Card* masing-masing sel surya menghasilkan energi sebesar 112,245 VAh dan 67,85 VAh, serta mampu mengisi baterai *Lead Acid* 12V 7,2A hingga penuh dalam waktu 9¼ jam dan 12½ jam. Sedangkan dalam kondisi langit berawan dengan radiasi matahari maksimal 962.467 W/m², sensor mengukur rata-rata energi harian yang dihasilkan sel

surya 20Wp dan 10Wp masing-masing sebesar 47,62 VAh dan 32,33 VAh, serta butuh waktu 19 jam atau ± 1 hari 7 jam dan 20½ jam atau ± 1 hari 8½ jam untuk mengisi baterai hingga penuh.

Daftar Pustaka:

- [1] P. Eko Wicaksono, "Konsumsi Listrik Terus Meningkat, RI Menuju Negara Maju," Liputan 6, Jakarta, 2019.
- [2] D. S. a. J. R. Dolf Gielen, "A Renewable Energy Roadmap," in *Renewable Energy Prospects: Indonesia*, Abu Dhabi, IRENA, 2017, p. 45.
- [3] B. H. Purwoto, Jatmiko, M. F. Alimul and I. F. Huda, "Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif," *Jurnal Emitor ISSN 1411-8890*, vol. XVIII, no. 1, p. 10.
- [4] Kementerian ESDM, "Matahari Untuk PLTS Di Indonesia," Kementerian Energi Dan Sumberdaya Mineral, 19 June 2012. [Online]. Available: www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/matahari-untuk-plts-di-indonesia. [Accessed 20 October 2020].
- [5] BPPT, "Pemanfaatan PLTS Sebagai Energi Alternatif Potensial Di Indonesia," Badan Pengkajian Dan Penerapan Teknologi, [Online]. Available: <http://www.bppt.go.id/index.php/profil/organisasi/171-pemanfaatan-plts-sebagai-energi-alternatif-potensial-di-indonesia>. [Accessed 20 October 2020].
- [6] D. A. Pratama and I. H. Siregar, "Uji Kinerja Panel Surya Tipe Polycrystalline 100Wp," *JPTM*, vol. VI, no. 3, pp. 79-85, 2018.
- [7] R. A. M. Napitupulu, S. Simanjuntak and R. Pandiangan, "Karakteristik Sel Surya 20 Wp Dengan Dan Tanpa Tracking System," pp. 1-18.
- [8] Nurhadi, S. Hadi, P. Udianto and R. Abdillah, "Pengaruh Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Output Tegangan Solar Cell Pengisi Baterai Kendaraan Listrik," *PROSIDING SENTRINOV*, vol. III, pp. 210-219, 2017.
- [9] A. Ainuddin, S. Manjang and F. A. Samman, "Sistem Pengendali Pengisian Baterai pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya," *JPE-UNHAS*, vol. 21, p. 17, 2017.
- [10] R. R. A. Siregar, N. Wardana and Luqman, "Sistem Monitoring Kinerja Panel Listrik Tenaga Surya Menggunakan Arduino Uno," *JETri*, vol. 14, pp. 81-100, 2017.
- [11] F. Rohman and M. Iqbal, "Implementasi IoT Dalam Rancang Bangun Sistem Monitoring Panel Surya Berbasis Arduino," *Prosiding SNATIF*, pp. 189-194, 2016.
- [12] S. Soediatno, A. Supartono and L. M. Kurniawan, "Perancangan Prototip Solar Water Pump," *Electrical Engineering Journal*, vol. I, no. 1, p. 63, 2010.
- [13] N. Khairati, A. A. Amirullah and dkk, "Optimasi Kapasitas Baterai Dinamis Asam Timbal (Redox Flow Battery)," *Jurnal SMARTICS*, vol. IV, no. 2, pp. 44-45, 2018.
- [14] S. Dwi Apriyadi, "Pengukuran Radiasi Matahari Untuk Perhitungan Faktor Matahari," *e-Proceeding of Engineering*, vol. VI, no. 1, pp. 1206-1208, 2019.
- [15] "Panel Surya 20 Wp Shinyoku Polycrystalline," Shinyoku, [Online]. Available: <http://panelsuryajakarta.com/panel-surya-20-wp-shinyoku-polycrystalline/>. [Accessed 25 Oktober 2019].
- [16] "Panel Surya 10 WP Shinyoku Polycrystalline," Shinyoku, [Online]. Available: <http://panelsuryajakarta.com/panel-surya-10-wp-shinyoku-polycrystalline/>. [Accessed 25 Oktober 2019].
- [17] "Solar Cell: Pertimbangan Pemilihan Material Bahan," Panel Surya Indonesia, 2015. [Online]. Available: <http://panelsuryaindonesia.com/konsep-panel-surya/25-solar-cell-pertimbangan-pemilihan-material-bahan>. [Accessed 7 October 2020].
- [18] "Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Efisiensi Dan Output Panel Surya," DS New Energy, 6 August 2019. [Online]. Available: <http://id.dsnsolar.com/info/factors-that-affect-tthe-efficiency-and-output-37927526.html>. [Accessed 7 October 2020].