

Sistem Kontrol Solar Tracker dan Monitoring Panel Surya Berbasis *Internet of Things*

Solar Tracker Control System and Solar Panel Monitoring Based on Internet of Things

I Dewa Gede Agung Raisa Giovani¹, I Made Sumerta Yasa^{2*}, I Gede Ketut Sri Budarsa³, I Wayan Raka Ardana⁴, I Made Purbhawa⁵, I Kadek Amerta Yasa⁶

¹²³⁴⁵⁶ Prodi Teknik Otomasi, Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali, Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Bali Indonesia 80361.

Email: ¹raisagiovani11@gmail.com, ^{2*}sumertayasa61@pnb.ac.id, ³sribudarsa@pnb.ac.id, ⁴rakawyn@pnb.ac.id, ⁵purbhawa@pnb.ac.id, ⁶amerta.yasa@pnb.ac.id

Abstrak - Sumber energi terbarukan menjadi salah satu hal yang sangat layak dimanfaatkan dan dikembangkan di Indonesia. Energi terbarukan memiliki potensi besar mengingat letak geografi Indonesia. Dengan memanfaatkan panel surya, energi matahari dapat diubah menjadi energi listrik. Energi matahari menjadi energi listrik masih terbilang belum optimal dimanfaatkan. Metode yang digunakan untuk mengoptimalkan pemanfaatan energi matahari menjadi energi listrik melalui panel surya salah satunya adalah dengan sistem solar tracker dan monitoring jarak jauh secara real time berbasis *Internet of Things*. Dengan sistem solar tracker serta monitoring jarak jauh, energi matahari yang diserap oleh panel surya yang selanjutnya diubah menjadi energi listrik akan semakin besar. Rancangan sistem solar tracker dan monitoring jarak jauh ini, dengan tujuan dapat bekerja secara optimal serta dapat mengetahui seberapa optimal pemanfaatan solar tracker terhadap besaran daya yang dihasilkan oleh panel surya dan dapat memonitoring keadaan lingkungan diantaranya suhu, kelembaban, intensitas cahaya, keadaan udara dan dapat mengetahui seberapa besar pengaruh parameter-parameter tersebut terhadap besaran daya yang dihasilkan. Hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa daya yang dihasilkan oleh panel surya dengan solar tracker rata-rata sebesar 21,61W. Intensitas cahaya menjadi parameter yang berpengaruh diantara ketiga parameter lain terhadap besarnya daya yang dihasilkan oleh panel surya. Penggunaan solar tracker pada panel surya memiliki dampak yang signifikan terhadap besarnya daya yang dihasilkan oleh panel surya.

Kata kunci: Energi matahari; internet of things; monitoring; solar tracker.

Abstract - Renewable energy sources are worthy of being utilized and developed in Indonesia. Renewable energy has great potential considering Indonesia's geographic location. By utilizing solar panels, solar energy can be converted into electrical energy. Solar energy into electrical energy is still not optimally utilized. One of the methods used to optimize the use of solar energy into electrical energy through solar panels is a solar tracker system and real-time remote monitoring based on the *Internet of Things*. With a solar tracker system and remote monitoring, the solar energy absorbed by the solar panels which is then converted into electrical energy will be greater. The design of this solar tracker and remote monitoring system, to be able to work optimally and be able to find out how optimal the use of the solar tracker is regarding the amount of power produced by the solar panels and being able to monitor environmental conditions including temperature, humidity, light intensity, air conditions and being able to find out how much influence these parameters have on the amount of power produced. The results of the research that has been carried out can be concluded that the power produced by solar panels with a solar tracker is an average of 21.61W. Light intensity is a parameter that influences the three other parameters on the amount of power produced by solar panels. The use of a solar tracker on a solar panel significantly impacts the amount of power produced by the solar panel.

Keywords: Solar energy; internet of things; monitoring; solar tracker.

1. Pendahuluan

Saat ini energi merupakan salah satu kebutuhan pokok yang seiring dengan pertumbuhan penduduk dan kemajuan teknologi. Energi saat ini mengandalkan energi fosil diantaranya: gas bumi, batu bara, dan

minyak bumi. Pemanfaatan sumber energi fosil secara umum menghasilkan polusi yaitu emisi gas buang karbondioksida yang berdampak buruk terhadap lingkungan [1]. Oleh sebab itu, saat ini sedang maraknya peralihan penggunaan energi fosil menuju Energi Baru Terbarukan (EBT) [2].

Salah satunya EBT adalah energi matahari yang perlu dimanfaatkan secara maksimal. Energi dari matahari sampai saat ini masih dapat dimanfaatkan secara gratis, energi matahari juga merupakan sumber energi yang bersih karena tidak menimbulkan polusi [3]. Sinar matahari dapat diubah menjadi energi listrik dengan bantuan panel surya, atau bisa disebut Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Panel surya merupakan modul yang terdiri dari gabungan sel surya yang berfungsi merubah energi surya menjadi energi listrik.

Penggunaan energi matahari untuk menghasilkan energi listrik dapat dilakukan dengan pemusatan sinar dan menggunakan panel fotovoltaik. Untuk memperoleh efektivitas maksimum dari pemanfaatan sinar matahari, panel surya dibuat selalu berhadapan dengan arah datangnya sinar matahari [4]. Maka dari itu dirancanglah *solar tracker* sebagai alat untuk menghadapkan panel surya kearah cahaya matahari agar mendapatkan efektivitas maksimum.

Solar tracker merupakan rangkaian kontrol yang mampu mendeteksi dan mengikuti arah matahari agar panel surya selalu tegak lurus dengan matahari sehingga intensitas cahaya matahari yang diterima sel surya optimum [5]. Sistem kontrol ini memiliki prinsip mengikuti arah datangnya sinar matahari dari mulai matahari terbit sampai tenggelam. Sistem kontrol *solar tracker* yang dirancang akan menggunakan sensor LDR sebagai triger penggerak dari panel surya. Sensor LDR merupakan komponen elektronik yang mempunyai perubahan resistansi pada cahaya penerimaannya [6].

Pemakaian panel surya dari waktu ke waktu, kemungkinan kapasitas energi listrik yang dihasilkan terganggu atau berkurang walaupun sudah menggunakan sistem *solar tracker*, hal tersebut disebabkan oleh kondisi alam yang selalu berubah-ubah setiap waktu sehingga daya keluaran panel surya ikut berfluktuasi [7]. Berkurangnya daya yang dihasilkan sering kali tidak diketahui, kecuali dengan melakukan pengukuran.

Untuk mencegah penurunan kinerja dan kerusakan dari panel surya, dibuatlah alat monitoring berbasis *Internet of Things* (IoT) yang berfungsi untuk memonitoring kinerja dari panel surya. Hal ini akan sangat mempermudah dalam mengawasi kinerja dari panel surya sehingga ketika ada penurunan penghasilan energi yang signifikan dari panel surya, akan langsung dapat terlihat dan diketahui melalui *smartphone* [8].

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Panel surya

Panel surya adalah alat utama sistem PLTS atau pembangkit listrik tenaga surya, dan fungsinya untuk mengubah energi sinar matahari secara langsung menjadi energi listrik. Besarnya daya keluaran yang dihasilkan oleh proses konversi tergantung pada beberapa kondisi lingkungan di mana panel surya tersebut ditempatkan, seperti intensitas sinar matahari, suhu, arah sinar matahari, dan spektrum sinar matahari. Kondisi lingkungan yang selalu berubah dari waktu ke waktu menyebabkan daya keluaran panel surya berfluktuasi [3].

Panel surya seperti Gambar 1 adalah perangkat semikonduktor yang mengubah energi cahaya menjadi listrik. Konversi ini disebut efek fotovoltaik, yaitu fenomena di mana sel fotovoltaik menyerap energi cahaya dan mengubahnya menjadi energi listrik. Efek fotovoltaik adalah fenomena di mana dua elektroda yang terhubung ke sistem padat atau cair bersentuhan di bawah aksi energi cahaya untuk menghasilkan tegangan [9].



Gambar 1. Panel surya.

2.2. Sensor LDR

Light Dependent Resistor (LDR) seperti Gambar 2 adalah resistor yang nilai resistansinya berubah karena pengaruh cahaya. Fotoresistor atau yang biasa disebut dengan resistor peka cahaya bisa diartikan sebagai komponen elektronik yang resistansinya berkurang jika banyaknya cahaya yang mengenainya meningkat.

Fotoresistor juga dapat disebut sebagai LDR atau fotokonduktor. Fotoresistor terbuat dari semikonduktor yang memiliki resistansi tinggi tanpa terlindungi dari cahaya. Pada saat cahaya menimpa semikonduktor, foton cahaya akan diserap oleh kisi semikonduktor lalu sebagian energinya ditransfer ke elektron. Proses ini mengakibatkan terjadi penurunan resistansi semikonduktor atau resistansi LDR secara keseluruhan [10].



Gambar 2. LDR.

2.3. Digital timer switch

Digital timer switch seperti Gambar 3 merupakan alat yang digunakan untuk mengatur waktu hidupnya suatu peralatan elektronik dengan otomatis mengikuti waktu yang telah kita setting sebelumnya [11].



Gambar 3. Digital timer switch.

2.4. Relay DC 12 V 10 A

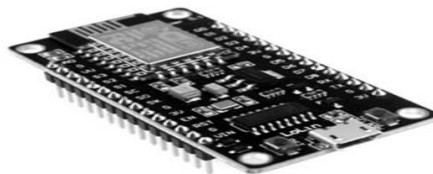
Relay merupakan perangkat elektromagnetik yang memberikan gerakan mekanis ketika disuplai dengan tegangan arus searah [12]. Relay terdiri dari suatu lilitan dan switch mekanik. Switch mekanik akan bergerak jika ada arus listrik yang mengalir melalui lilitan, adapun bentuk fisik relay seperti Gambar 4.



Gambar 4. Relay 12 V 10 A.

2.5. NodeMCU ESP 8266

NodeMCU ESP 8266 merupakan sebuah *chip* yang lengkap dalam fitur *processor*, memori dan juga akses ke GPIO [13] yang berfungsi sebagai perangkat tambahan mikrokontroler seperti Arduino agar dapat terhubung langsung dengan Wi-Fi dan membuat koneksi TCP/IP. Modul Wi-Fi serbaguna ini sudah bersifat SoC (*System on Chip*), sehingga kita bisa melakukan *programming* langsung ke ESP 8266 tanpa memerlukan mikrokontroler tambahan. Selain itu NodeMCU ESP 8266 dapat berperan sebagai *ad hoc access point* maupun *client* sekaligus. Gambar 5 menunjukkan bentuk fisik modul NodeMCU ESP8266.

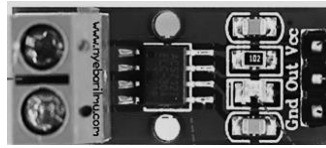


Gambar 5. Bentuk fisik NodeMCU ESP 8266.

2.6. Sensor ACS712

Sensor ACS712 merupakan sebuah sensor yang digunakan untuk mengukur atau mendeteksi arus di suatu perangkat dan membangkitkan sinyal sebanding dengan besarnya nilai arus yang terdeteksi, dan sinyal

yang dihasilkan berupa tegangan analog atau tegangan data digital. Sinyal tersebut dapat digunakan sebagai alat ukur arus atau besaran arus, dan dapat disimpan dalam memori seperti *server* untuk analisis atau digunakan sebagai alat kontrol. Sensor arus yang umum digunakan adalah chip ACS712 [14], adapun modul sensor ACS712 dimaksud seperti Gambar 6.



Gambar 6. Sensor arus ACS712.

2.7. Sensor tegangan 0-25 V

Sensor tegangan digunakan untuk mengukur besaran tegangan dari suatu sumber listrik AC maupun DC. Prinsip kerja dari modul sensor ini adalah dengan menggunakan prinsip pembagi tegangan, di mana tegangan yang masuk akan diubah menjadi tegangan yang lebih kecil dengan menggunakan 2 buah resistor yang terpasang di modul [14]. Adapun modul sensor tegangan seperti Gambar 7.



Gambar 7. Sensor tegangan 0-25 V.

2.8. Sensor suhu DHT22

Sensor suhu DHT22 adalah sebuah sensor untuk mengukur temperatur maupun kelembaban udara. Sensor DHT22 terdiri dari dua bagian, yaitu bagian sistem kelembaban kapasitif dan termistor. *Microcontroller* apapun dapat dengan mudah membaca sinyal digital yang dihasilkan oleh sensor ini [15]. Adapun modul sensor suhu DHT22 seperti Gambar 8.



Gambar 8. Sensor suhu DHT22.

2.9. Sensor debu DSM501A

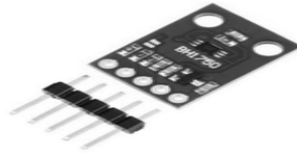
Sensor debu DSM501A merupakan sensor yang dapat menghasilkan *output* konsentrasi *particulate matters* (PM) yang ditemukan di udara atau polusi partikel yaitu istilah untuk campuran partikel padat dan tetesan cairan. Sensor bekerja dengan memancarkan cahaya melalui debu atau partikel lain, yang kemudian dipantulkan ke penerima. Cahaya dipantulkan dari partikel di seluruh permukaan, yang kemudian diubah menjadi tegangan oleh fotodiode. Tegangan harus diperkuat untuk membaca perubahan. Keluaran sensor adalah tegangan analog yang sebanding dengan kerapatan debu terukur dengan sensitivitas 0,5 V/0,1 mg/m³ [16]. Adapun modul sensor debu DSM501A seperti Gambar 9.



Gambar 9. Sensor debu DSM501A.

2.10. Sensor intensitas cahaya BH1750FVI

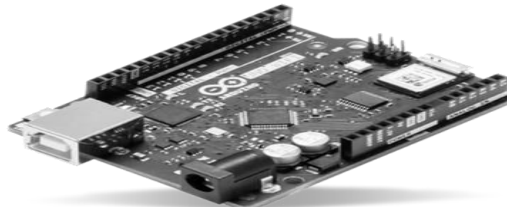
Sensor intensitas cahaya adalah sensor yang dapat membaca intensitas cahaya. BH1750FVI adalah IC sensor yang mengukur perubahan intensitas cahaya dalam satuan ukuran atau lux. Sensor berkomunikasi dengan mikrokontroler atau sistem minimal menggunakan protokol I2C. 1 lux berarti 1 lumen cahaya pada area seluas 1 m^2 [17]. Adapun modul sensor Intensitas Cahaya BH1750FVI seperti Gambar 10.



Gambar 10. Sensor intensitas cahaya BH1750FVI.

2.11. Arduino Uno

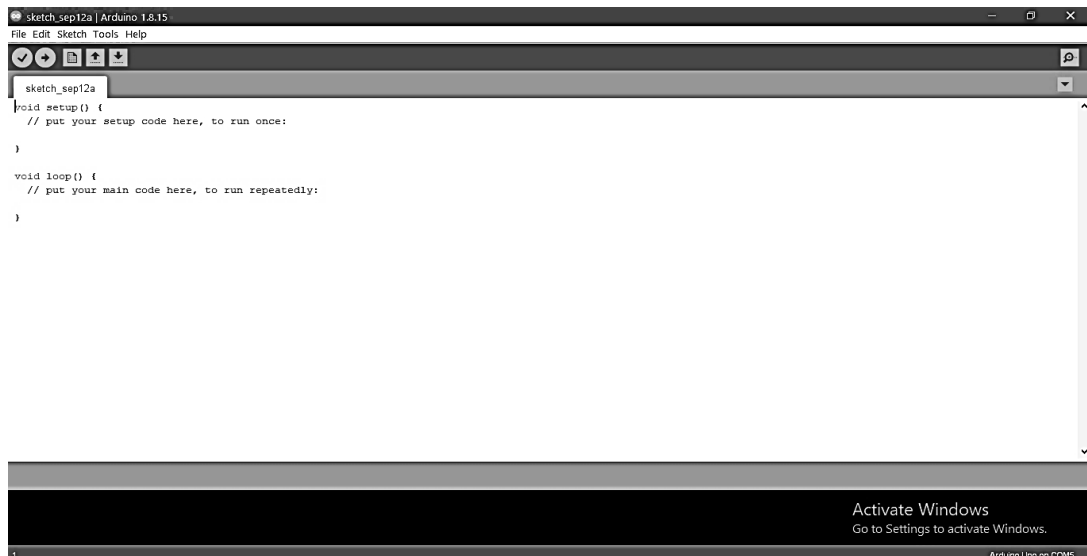
Arduino Uno merupakan *board* yang menggunakan IC mikrokontroler ATmega 328 sebagai komponen utamanya dan memiliki 14 pin digital *Input/Output* yang diantaranya terdapat 6 pin untuk *output* PWM, 6 pin analog, osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, jack daya, ICSP *header*, dan tombol *reset* [18]. Adapun bentuk fisik modul Arduino Uno ATmega 328 ditunjukkan seperti pada Gambar 11. Hal tersebut semuanya diperlukan untuk mendukung sebuah rangkaian mikrokontroler.



Gambar 11. Bentuk fisik arduino Uno ATmega 328.

2.12. Arduino IDE

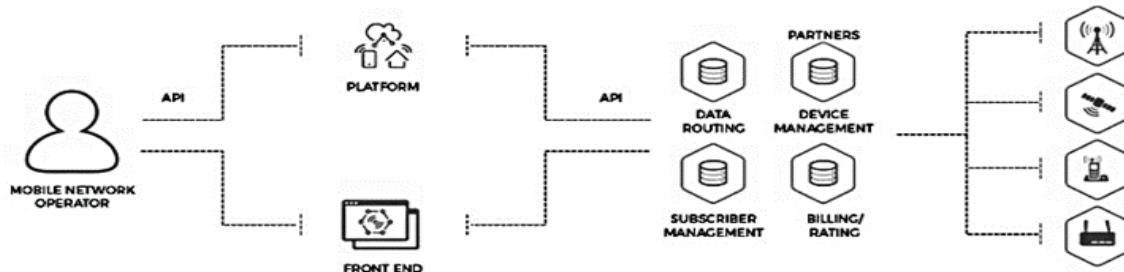
Arduino Integrated Development Environment (IDE) merupakan *software* yang digunakan untuk memprogram di Arduino [15] serta mengembangkan aplikasi mikrokontroler mulai dari menuliskan *source program*, kompilasi, *upload* hasil kompilasi dan uji coba secara terminal serial. IDE dapat meng-*compile* program menjadi kode biner dan meng-*upload* ke dalam *memory* microcontroller. Arduino IDE merupakan *software* yang sangat canggih ditulis dengan menggunakan Bahasa Pemrograman C atau C++ [19]. Tampilan Arduino IDE ditunjukkan seperti Gambar 12.



Gambar 12. Tampilan Arduino IDE.

2.13. Internet of things (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan suatu konsep dimana objek tertentu mempunyai kemampuan untuk mentransfer data melalui jaringan tanpa memerlukan adanya interaksi dari manusia ke manusia ataupun dari manusia ke perangkat, bisa juga istilah IoT ini mengacu pada mesin atau alat yang bisa diidentifikasi sebagai representasi virtual dalam strukturnya yang berbasis internet [20]. Metode yang digunakan dalam IoT adalah nirkabel atau pengendalian secara otomatis tanpa mengenal jarak. Prinsip kerja IoT memanfaatkan sebuah pemrograman yang setiap perintah dari suatu argument menghasilkan sebuah interaksi dan komunikasi antara sesama mesin yang terhubung secara otomatis. Media penghubung antara perangkat tersebut adalah internet. Gambar 13 merupakan blok diagram prinsip kerja IoT.

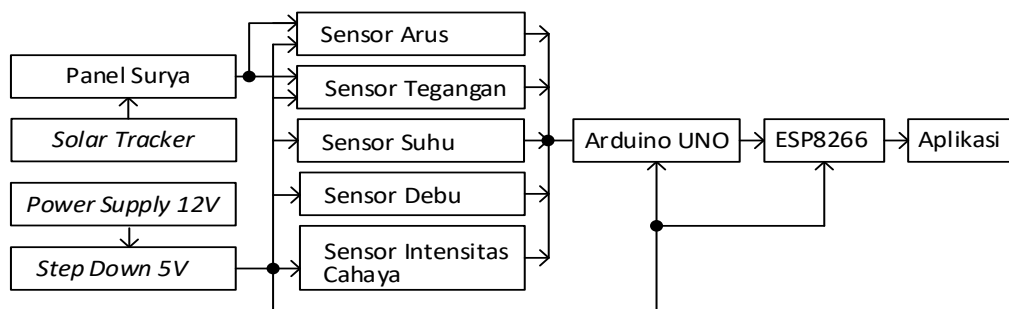


Gambar 13. Prinsip kerja IoT.

3. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif yaitu melakukan monitoring variabel terkait pembuatan alat yang dimulai dari perancangan sistem, perancangan perangkat keras (*hardware*), perancangan perangkat lunak (*software*), pengujian *hardware*, *software* dan analisa hasil pengujian.

Secara blok diagram rancangan perangkat keras seperti pada Gambar 14 terdiri dari Panel Surya 30Wp, Arduino UNO, sensor tegangan 0-25V, sensor ACS712, sensor suhu DHT22, sensor debu DSM501A, sensor intensitas cahaya BH1750FVI, NodeMCU ESP8266, Aplikasi dan Adaptor.



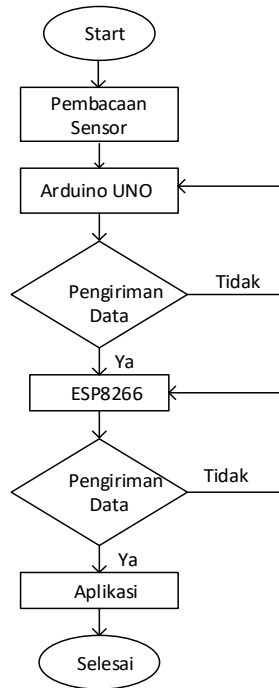
Gambar 14. Blok diagram sistem.

Pada panel surya terpasang *solar tracker*, sensor suhu, sensor debu dan sensor intensitas cahaya. *Solar tracker* berfungsi mengontrol pergerakan panel surya agar selalu menghadap matahari sesuai dengan pergerakannya. *Output* sensor suhu, debu dan intensitas cahaya dihubungkan ke Arduino Uno yang selanjutnya diproses, hasil proses berupa *output* Arduino Uno diteruskan ke ESP8266 selanjutnya dapat diterima oleh *smartphone* yang berfungsi sebagai indikator hasil monitoring. *Output* sensor tegangan dan arus yang terhubung pada *output* panel surya dihubungkan ke *input* Arduino Uno, hasil proses Arduino Uno berupa data *output* dihubungkan ke ESP8266 selanjutnya diteruskan ke bagian aplikasi berupa *smartphone* yang menunjukkan hasil monitoringnya.

Perancangan program yang akan digunakan pada sistem monitoring panel surya menggunakan *software* Arduino IDE. Adapun diagram alir program yang dirancang seperti Gambar 15.

Daigram alir sistem pada Gambar 15 dapat dijelaskan, pertama-tama pada saat *start* semua bagian yang ada pada sistem telah dialiri arus sehingga sudah siap menerima input seperti suhu, debu, intensitas cahaya, arus dan tegangan, selanjutnya *output-output* sensor dihubungkan ke *input* Arduino Uno untuk diproses.

Output Arduino Uno yang telah sesuai dengan format atau ia selanjutnya dikirim ke ESP8266 dan *output* tidak sesuai dengan format dikirim ulang ke Arduino Uno untuk diproses. *Output* ESP8266 yang sesuai dengan format diteruskan ke aplikasi berupa *smartphone* dan *output* yang tidak sesuai dengan format diteruskan kembali ESP8266.



Gambar 15. Diagram alir sistem.

Dalam melakukan analisis penulis menggunakan metode regresi yaitu memprediksi keluaran daya panel surya berdasarkan hubungan antar variabel seperti intensitas cahaya, suhu dan debu yang menimpa panel surya.

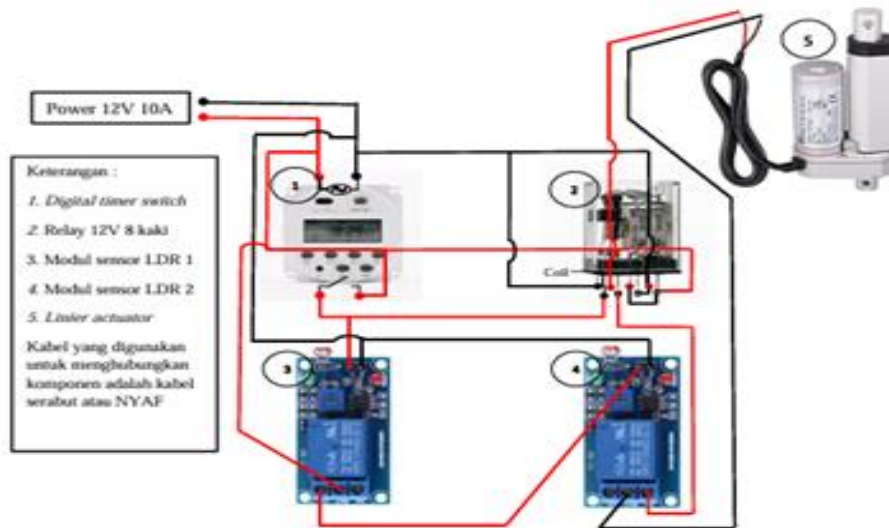
4. Hasil dan Pembahasan

Selanjutnya pengukuran dan pengujian rancang bangun sistem kontrol *solar tracker* dan monitoring panel surya berbasis IoT bertujuan untuk mengetahui hubungan variabel intensitas cahaya, suhu dan konsentrasi partikel debu terhadap daya yang dihasilkan oleh PLTS yang telah dibuat. Alat PLTS yang berbentuk prototipe ditunjukkan seperti pada Gambar 16.

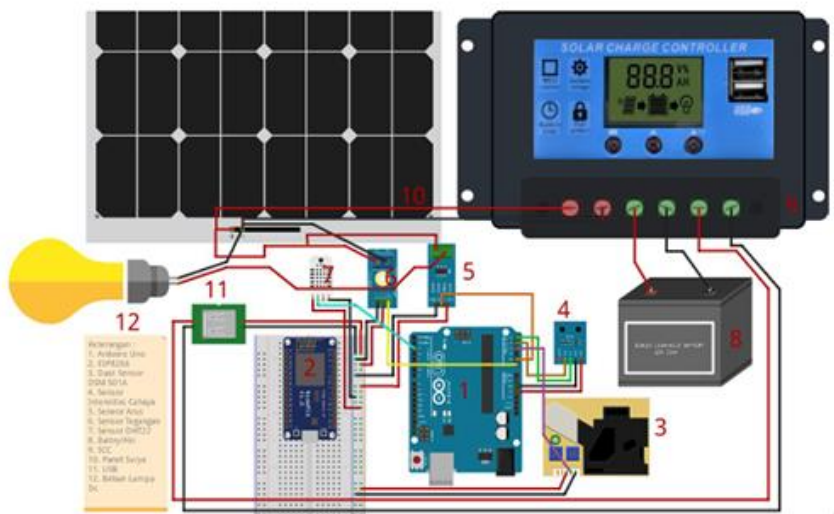


Gambar 16. (a) Alat monitoring panel surya, (b) PLTS.

Adapun wiring diagram *solar tracker* seperti Gambar 17 dan sistem monitoringnya panel surya seperti Gambar 18.



Gambar 17. Sistem solar tracker.



Gambar 18. Sistem monitoring panel surya.

4.1. Hasil

Hasil pengujian kinerja sistem rancang bangun sistem kontrol *solar tracker* dan monitoring panel surya berbasis IoT sebagai berikut.

Tabel 1. Data hasil pembacaan sensor dari panel surya dengan menggunakan sistem solar tracker.

Waktu Pengujian	Tegangan (V)	Arus (A)	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Intensitas cahaya (lux)	Keadaan udara ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
08:00	17,93	0,27	29,4	78,2	78.210	4,30
09:00	17,95	1,24	36,8	58,8	116.200	4,32
10:00	17,98	1,41	38,8	48,2	131.300	4,15
11:00	18,05	1,47	41,6	40,2	141.600	4,24
12:00	18,20	1,46	43,7	36,1	149.500	4,26
13:00	18,00	1,47	44,2	35,2	128.900	4,25
14:00	18,10	1,44	42,0	36,9	120.700	4,22
15:00	18,06	1,27	39,5	40,5	107.400	4,22
16:00	18,52	1,20	36,6	45,1	74.160	4,24
17:00	18,15	0,71	35,1	45,7	41.650	4,25

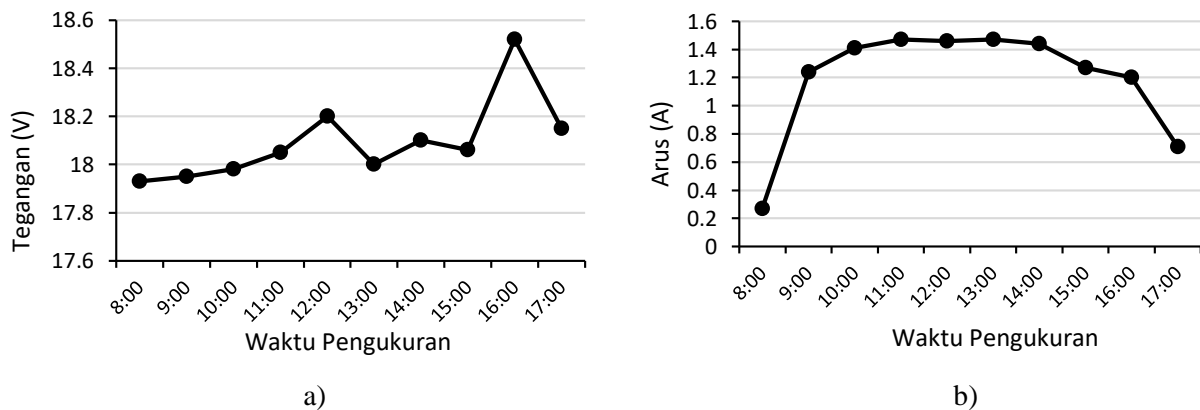
Tabel 2. Data tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan oleh panel surya dengan sistem *solar tracker*.

Waktu Pengujian	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Δ Daya (W)
08:00	17,93	0,27	4,84	1,05
09:00	17,95	1,24	22,26	9,17
10:00	17,98	1,41	25,35	6,31
11:00	18,05	1,47	26,53	4,05
12:00	18,20	1,46	26,57	0,14
13:00	18,00	1,47	26,46	1,29
14:00	18,10	1,44	26,06	5,37
15:00	18,06	1,27	22,93	10,05
16:00	18,52	1,20	22,22	13,42
17:00	18,15	0,71	12,89	7,8
Total	180,94	11,94	216,11	58,656
Rata-rata	18,09	1,19	21,61	5,87

4.2. Pembahasan

Berdasarkan Tabel 1 dan 2 yang merupakan data hasil pengujian data panel surya dengan menggunakan sistem *solar tracker* dapat disampaikan bahwa daya maksimal yang diperoleh sebesar 26,57 W dengan besar tegangan 18,20 V dan arus 1,46 A pada pukul 12.00 dengan intensitas cahaya sebesar 149.500 lux. Rata-rata tegangan = 18,09 V dan rata-rata arus = 1,19 A sehingga rata-rata daya panel surya = 21,61 W.

Selain itu besarnya tegangan dan arus *output* panel surya terhadap waktu pengukuran dapat ditampilkan seperti grafik pada Gambar 19.



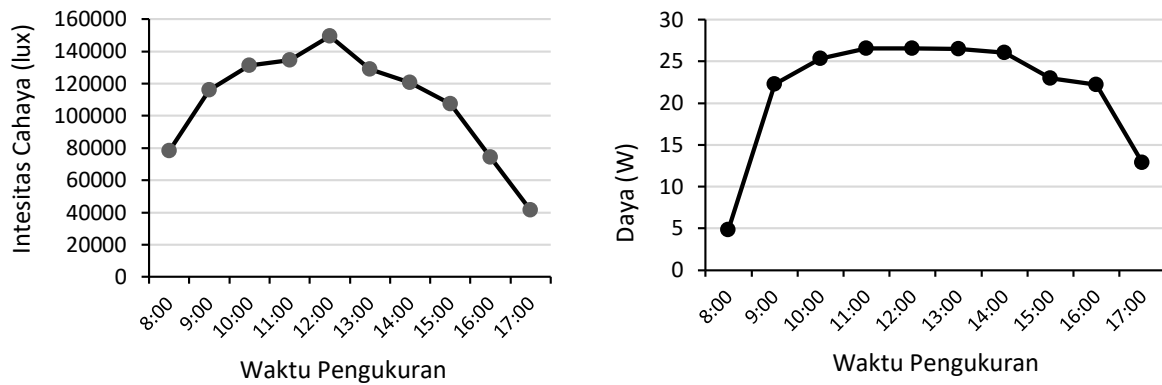
Gambar 19. Grafik besarnya a) tegangan *output* dan b) arus dari panel surya terhadap waktu pengukuran.

Grafik pada Gambar 19a dapat dijelaskan bahwa tegangan terbesar = 18,52 V diperoleh pada waktu 16 WITA dan tegangan terendah = 17,93 V diperoleh pada waktu 08.00 WITA, sehingga rata-rata tegangan *output* panel surya diperoleh secara perhitungan sebesar = 18,09 V.

Berdasarkan Tabel 2 besarnya arus panel surya terhadap waktu pengukuran dapat ditampilkan grafiknya seperti pada Gambar 19b.

Grafik pada Gambar 19b menunjukkan bahwa besar arus terendah sebesar = 0,27 A diperoleh pada waktu 08.00 WITA, sedangkan arus terbesar = 1,47 A diperoleh pada waktu 11.00 WITA dan 13.00 WITA, sehingga diperoleh rata-rata arus berdasarkan perhitungan sebesar 1,19 A.

Selain grafik tegangan dan arus di atas ditampilkan juga grafik daya dan intensitas cahaya matahari seperti tampak pada Gambar 20.



Gambar 20. Grafik a) intensitas cahaya matahari dan b) daya panel surya.

Gambar 20b merupakan grafik daya panel surya dimana daya terbesar 26,57 W diperoleh dengan intensitas cahaya matahari, Gambar 20a sebesar 149.500 lux pada waktu 12.00 WITA dan daya panel surya terendah 4,84 W diperoleh dengan intensitas cahaya matahari sebesar 78.210 lux pada waktu 08.00 WITA.

Dengan diperolehnya hasil monitoring besar tegangan dan arus yang tercantum pada Tabel 2 dapat dibuat grafik daya panel surya berdasarkan perhitungan perkalian tegangan dengan arus. Adapun grafik daya yang dimaksud seperti Gambar 20b.

Grafik daya panel surya pada Gambar 20b dapat dijelaskan bahwa daya terbesar 26,57 W diperoleh pada waktu 12.00 WITA dan terendah 4,84 W pada waktu 08.00 WITA, sehingga rata-rata daya panel surya diperoleh sebesar 21,61 W.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa hasil pengujian rancang bangun sistem kontrol *solar tracker* dan monitoring panel surya berbasis *Internet of Things* adalah besaran daya yang dihasilkan oleh panel surya sebesar 26,57 W dengan besar tegangan 18,20 V dan arus 1,46 A pada pukul 12.00 dengan intensitas cahaya sebesar 149.500 lux. Rata-rata tegangan = 18,09 V dan rata-rata arus = 1,19 A sehingga rata-rata daya panel surya = 21,61 W dengan optimalisasi tertinggi terjadi pada pukul 12:00. Intensitas cahaya menjadi parameter yang paling berpengaruh diantara ketiga parameter lain terhadap besaran daya yang dihasilkan oleh panel surya, dan dapat disimpulkan bahwa penggunaan *solar tracker* pada panel surya memiliki dampak yang signifikan terhadap besaran daya yang dihasilkan oleh panel surya.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Rekan Staff Dosen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana yang telah memberikan bimbingan sampai artikel ini terbit.

Daftar Pustaka

- [1] M. Ali and J. Windarta, "Pemanfaatan Energi Matahari Sebagai Energi Bersih yang Ramah Lingkungan," *J. Energi Baru Dan Terbarukan*, vol. 1, no. 2, pp. 68–77, Jul. 2020, doi: 10.14710/jebt.2020.10059.
- [2] Direktorat Jenderal EBTKE-Kementerian ESDM., Transisi Energi Multlak Diperlukan. <https://ebtke.esdm.go.id/post/2020/10/22/2667/menteri.arifin.transisi.energi.mutlak> (accessed Jan. 30, 2023).
- [3] M. R. Fachri, I. D. Sara, dan Y. Away, "Pemantauan Parameter Panel Surya Berbasis Arduino secara Real Time," *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 11, no. 4, p. 123, Sep. 2015, doi: 10.17529/jre.v11i3.2356.
- [4] Q. Hidayati, N. Yanti, dan N. Jamal, "Sistem Pembangkit Panel Surya dengan Solar Tracker Dual Axis", SNITT- Politeknik Negeri Balikpapan 2020, pp 68-73.
- [5] I. Winarno and F. Wulandari, "Solar Tracking System Single Axis Pada Solar Sel Untuk Mengoptimalkan Daya Dengan Metode Adaptive Neuro- Fuzzy Inference System (Anfis)". Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2017, pp. 1-10.

- [6] A. M. Putra dan A. Aslimeri, “Sistem Kendali Solar Tracker Satu Sumbu berbasis Arduino dengan sensor LDR,” *JTEV J. Tek. Elektro Dan Vokasional*, vol. 6, no. 1, p. 322, Feb. 2020, doi: 10.24036/jtev.v6i1.107775.
- [7] T. A. Priatama, Y. Apriani, dan M. Danus, “Sistem Monitoring Solar Cell Menggunakan Mikrokontroller Arduino Uno R3 dan Data Logger Secara Real Time,” SNITT- Politeknik Negeri Balikpapan 2020. Pp. 249-253.
- [8] B. B. Rarumangkay dan V. C. Poekoel, “Solar Panel Monitoring System,” *Jurnal Teknik Informatika*, vol. 16, no. 2, 2021, pp. 211-218.
- [9] R. E. Laksono, “Rancang Bangun Solar Tracker Berbasis Arduino Uno Dengan Menggunakan Metode Real Time Clock”. *Skripsi*. Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Syarif Hidayatullah Jakarta. 2022.
- [10] D. G. Dede Pramana, I. W. Arta Wijaya, dan I. M. Arsa Suyadnya, “Rancang Bangun Sistem Monitoring Kinerja Panel Surya Berbasis mikrokontroller ATmega 328,” *J. SPEKTRUM*, vol. 4, no. 2, Jan. 2017, pp. 89-96, doi: 10.24843/SPEKTRUM.2017.v04.i02.p12.
- [11] Erik Agustian Yulanda, Heri Kusnadi, dan Sari Amalia, “Perbaikan dan Penerapan Sistem Otomatis Lampu Penerangan Jalan Umum Di Desa Cibeteung”, *AMMA*, Vol. 1, No.07 Agustus 2022, pp. 658-665.
- [12] Daniel Alexander Octavianus Turang, “Pengembangan Sistem Relay Pengendalian dan Penghematan Pemakaian Lampu Berbasis Mobile”, *semnasIF UPN Veteran Yogyakarta*, 14 November 2015, pp.75-85.
- [13] Tri Sulistyorinia, Nelly Sofib dan Erma Sovac, “Pemanfaatan NodeMCU ESP8266 Berbasis Android (Blynk) Sebagai Alat Alat Mematikan dan Menghidupkan Lampu”, *JUIT*, Vol 1 No 3, September 2022, pp. 40-53.
- [14] Mario, Boni P. Lapanporoa dan Muliadi, “Rancang Bangun Sistem Proteksi dan Monitoring Penggunaan Daya Listrik Pada Beban Skala Rumah Tangga Berbasis Mikrokontroler ATmega328P”, *PRISMA FISIKA*, Vol. VI, No. 01 (2018), pp. 26 – 33.
- [15] Feriawan Saputra, Devie Ryana Suchendra dan Muhammad Ikhsan Sani, “Implementasi Sistem Sensor DHT22 untuk Menstabilkan Suhu dan Kelembapan Berbasis Mikrokontroller NodeMCU ESP8266 pada Ruangan”, *e-Proceeding of Applied Science* : Vol.6, No.2 Agustus 2020, pp. 1977-1983.
- [16] Jacson Victor Morin dan Darma Santi, “Perancangan Sistem Monitoring Parameter Kualitas Udara berbasis IOT”, *Jurnal Natural*, Desember 2021. Vol 17. No 2, pp. 120-129.
- [17] T. Suryana, “Measuring Light Intensity Using the BH1750 Sensor”. <https://repository.unikom.ac.id/68737/> (accessed Feb. 10, 2023).
- [18] K. W. Fauzi, T. Arfianto, dan N. Taryana, “Perancangan dan Realisasi Solar Tracking System untuk Peningkatan Efisiensi Panel Surya Menggunakan Arduino Uno”. *TELKA*, Vol.4, No.1, Mei 2018, pp. 63-74.
- [19] Slamet Purwo Santoso dan Fajar Wijayanto, “Rancang Bangun Akses Pintu dengan Sensor Suhu dan Handsanitizer Otomatis Berbasis Arduino”, *Jurnal Elektro* Vol 10 No 1 Januari 2022, pp. 20-31.
- [20] Haryanto, Firman Khairurrisal dan Dian Neipa Purnamasari, “Smart Monitoring Sistem Panel Surya Berbasis Internet Of Things”, *CYCLOTRON : Jurnal Teknik Elektro*, Vol. 7, No. 01, Jan 2024, pp. 67-70.