



PURWARUPA SMART AUTO CHANGE MONITORING PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA BERBASIS ARDUINO

Rivaldi Ardian Hutabarat^a

^aProgram Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan, Jl. Almamater No.1, Padang Bulan, Kec. Medan Baru, Kota Medan, Sumatera Utara 20155, Indonesia

E-mail: rivaldihutabarat@students.polmed.ac.id (R. A. Hutabarat) Tel.: +62 895-6119-17018

INFO ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diajukan pada 6 November 2022

Direvisi pada 16 Desember 2022

Disetujui pada 10 Januari 2023

Tersedia daring pada 25 Februari 2023

Kata kunci:

Panel surya, arduino, sensor waktu, sensor tegangan, motor servo

Keywords:

Solar panel, arduino, real time clock, voltage sensor, motor servo

ABSTRAK

Purwarupa pembangkit listrik tenaga surya dengan sistem arduino digunakan untuk mengetahui optimal penyerapan energi surya. Penggunaan energi surya yang optimal dapat memperoleh energi secara penuh menggunakan mikrokontroler. Hal ini juga mendeteksi sinar matahari lebih optimal supaya panel surya terus menerus menghadap arah matahari berdasarkan jam matahari terbit sampai terbenam. Komponen yang digunakan yaitu panel surya sebagai alat penyerap energi surya, arduino sebagai kendali komponen mikrokontroler lainnya, *real time clock* (RTC) untuk penetapan waktu pengujian dan pergerakan servo motor, servo motor sebagai penggerak arah panel surya. Metode yang digunakan adalah purwarupa optimasi penyerapan oleh panel surya, dari pengujian yang dilakukan diperoleh hasil panel surya mencapai titik tertinggi 49920 lumen cahaya matahari, tegangan alat ukur tertinggi 19,6 V dan terendah 18,72 V, daya rata-rata panel surya yang dihasilkan sebesar 47.34 watt, rata-rata efisiensi panel surya sebesar 14.77%, berdasarkan penelitian terdahulu dengan menggunakan beban sebuah lampu LED 12 V bahwa jika melewati 8 V maka statusnya baik karena alat ini tegangannya melewati 8 V maka dapat dibilang baik. Hasil ini menyatakan daya rata-rata panel surya dan efisiensi rata-rata panel surya mencapai nilai optimal.

ABSTRACT

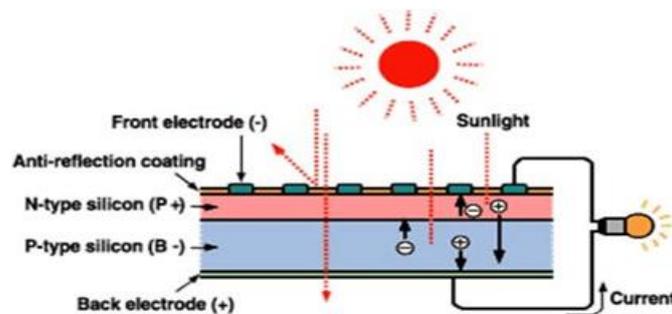
A prototype of a solar power plant with an Arduino system is used to determine the optimal absorption of solar energy. Optimal use of solar energy can obtain full energy using a microcontroller. It also detects sunlight more optimally so that the solar panels continuously face the direction of the sun from sunrise to sunset. The components used are solar panels as a means of absorbing solar energy, arduino as control of other microcontroller components, real time clock (RTC) to set the testing time and servo motor movement, servo motors as driving the direction of the solar panels. The method used is a prototype optimization of absorption by solar panels, from the tests carried out the results obtained that the solar panels reached the highest point of 49920 lumens of sunlight, the highest measuring instrument voltage was 19.6 V and the lowest was 18.72 V, the average power of the solar panels produced 47.34 watts, the average efficiency of solar panels is 14.77 %, based on previous research using a 12 V LED lamp load that if it passes 8 V then the status is good because this tool passes 8 V then it can be said to be good. These results indicate the average power of the solar panels and the average efficiency of the solar panels reach the optimal value.

1. PENGANTAR

Panel surya adalah perangkat fisik yang dirancang untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik (efek fotovoltaiik). Efek fotovoltaiik adalah suatu fenomena dimana munculnya tegangan listrik karena adanya hubungan atau kontak dua elektroda yang dihubungkan dengan sistem padatan atau cairan saat mendapatkan energi cahaya (Aryza dkk., 2017). Sel surya juga disebut juga sebagai sel fotovoltaiik dimana memiliki panel surya mengkonsumsi luas permukaan dan tidak mengkonsumsi lahan yang dapat digunakan saat dipasang di atap atau di perangkat yang dapat dikenakan. Cahaya baik yang tampak maupun yang tidak tampak memiliki dua buah sifat yaitu dapat sebagai gelombang dan dapat sebagai partikel yang disebut dengan photon. Sensor menjadi peralatan pendukung sebagai pengubah besaran fisik menjadi besaran listrik. Besaran yang dihasilkan dengan sensor ialah besaran analog yaitu arus listrik dengan nilai tegangan yang tertentu. Dimana arus listrik yang dihasilkan sensor bisa diproses secara digital maka besaran ini harus dirubah menjadi besaran yang digital. Pengembangan teknologi fotovoltaiik dimana mampu mengkonversi langsung cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan bahan semikonduktor yang disebut sel surya (Rusman, 2015; Ricky Alfiansyah Harahap dan Endang Susanti 2022). Emisi yang dikeluarkan selama penggunaan tidak menimbulkan dampak terhadap polusi udara dan air minimal dibandingkan dengan cara lain untuk menghasilkan listrik. Karena sifatnya yang ramah lingkungan, karena biaya instalasi surya perumahan, baik yang berdiri sendiri maupun yang terhubung ke jaringan, terus menurun, energi surya memiliki pijakan yang kuat di masa depan energi terbarukan. Namun, masih sebagian kecil dari keseluruhan konsumsi listrik yang dikonsumsi portabel dan perangkat yang dapat dikenakan. Sel surya terdiri dari sambungan p-n semikonduktor. Kristal semikonduktor intrinsik (murni) yang didoping dengan ketidakmurnian tertentu (Grup IIIA dan VA) dapat diubah menjadi semikonduktor tipe-p (positif) dan tipe-n (negatif). Mendekatkan kedua jenis ini menghasilkan sambungan p-n dari semikonduktor (Choirul Rizal, 2017).

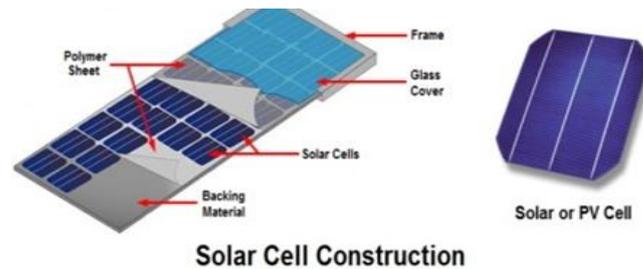
1.1 Panel Surya

Panel surya terdiri dari beberapa sel surya yang di susun sesuai rangkaian sehingga menghasilkan hasil sesuai dengan yang diinginkan. Kumpulan sel surya ini dapat dikonversi cahaya matahari menjadi listrik arus searah. Penambahan baterai yang dihubungkan dengan panel surya memberikan daya hasil konversi cahaya matahari menjadi listrik dan disimpan sebagai cadangan energi listrik (Rifaldo Pido dkk., 2018). Secara sederhana sel surya terdiri dari persambungan bahan semikonduktor bertipe P dan N, P-N *junction semiconductor* jika terkena sinar matahari maka akan terjadi aliran elektron, aliran elektron inilah yang disebut sebagai aliran arus listrik. Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n terkontak, maka kelebihan elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe-n ke tipe-p sehingga membentuk kutub positif pada semikonduktor tipe-n, dan sebaliknya kutub negatif pada semikonduktor tipe-p. Akibat dari aliran elektron dan hole ini maka terbentuk medan listrik yang mana ketika cahaya matahari mengenai susuna p-n junction ini maka akan mendorong elektron bergerak dari semikonduktor menuju kontak negatif, yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai listrik, dan sebaliknya hole bergerak menuju kontak positif menunggu elektron datang. Proses perubahan energi matahari menjadi energi listrik ditunjukkan dalam gambar 1 (Partaonan Harahap, 2020)



Gambar 1: Proses Energi Matahari menjadi Energi Listrik pada Sel Surya

Panel surya adalah sel surya yang mengubah peralatan listrik yang mengubah energi dari sinar matahari langsung menjadi listrik dengan efek fotovoltaiik. Kekuatan cahaya dan kapasitas sel surya fotovoltaiik untuk mengubah cahaya ini menjadi energi listrik dimulai dengan gambaran tentang perilaku dasar cahaya dan operasi dasar sel fotovoltaiik. Efisiensi dan variasi lain dalam konversi energi cahaya menjadi energi listrik sangat tergantung pada bahan fotovoltaiik yang mendasari konstruksi sel fotovoltaiik termasuk silikon, semikonduktor anorganik dan bahan lainnya. Setelah itu, hasil dari susunan sel fotovoltaiik biasanya harus diubah dari satu tegangan arus searah ke tegangan arus searah lainnya sebelum mengisi baterai atau perangkat penyimpanan energi lainnya yang kemudian memberikan daya yang konsisten ke berbagai perangkat elektronik. Akhirnya, dengan mempertimbangkan semua elemen tata surya ini, memberikan pemahaman yang lebih baik tentang kemampuan sistem sel surya yang dapat dipakai dan bagaimana mereka harus dirancang untuk mencapai kinerja terbaik. Baik sistem sel surya yang dapat dikenakan hanya berfungsi untuk membuka pintu ke aplikasi baru yang secara langsung memperpanjang rentang hidup dan kualitas hidup, pertimbangan dan desainnya merupakan upaya yang berharga dan menantang yang berada di luar jalur desain atap stasioner. Gambar 2 menunjukkan konstruksi solar sel panel surya tersebut.



Gambar 2: Modul Panel Surya

1.2 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah suatu chip berupa *integrated circuit* (IC) yang dapat menerima sinyal input, mengolahnya dan memberikan sinyal output sesuai dengan program yang diisikan ke dalamnya. Sinyal input mikrokontroler berasal dari sensor yang merupakan informasi dari lingkungan sedangkan sinyal output ditujukan kepada aktuator yang dapat memberikan efek ke lingkungan. Jadi secara sederhana mikrokontroler dapat diibaratkan sebagai otak dari suatu perangkat/produk yang mampu berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya (Berlin P.Sitorus, M.Kom., Asep Tahyudin, 2018). Saat ini, mikrokontroler 8-bit masih merupakan jenis mikrokontroler yang paling populer dan banyak digunakan. Tujuan dari mikrokontroler 8-bit adalah untuk memproses 8 bit data pada suatu waktu. Jika data yang akan diolah lebih besar dari 8 bit, maka akan dipecah menjadi beberapa bagian data yang masing-masing terdiri dari 8 bit. Masing-masing mikrokontroler memiliki metode dan bahasa pemrograman yang berbeda, sehingga suatu program dari satu tipe mikrokontroler tidak akan berjalan pada mikrokontroler tipe lain. Ada tiga kriteria untuk memilih jenis mikrokontroler yang tepat untuk aplikasi tertentu dan gambar 3 menunjukkan mikrokontroler chip (Destiarini, Pius Widya Kumara, (2019):

1. Efisiensi dan efektivitas terpenuhi, hal ini mempengaruhi kecepatan, pengemasan, konsumsi daya, jumlah RAM dan ROM, jumlah I/O dan waktu, serta harga per unit
2. Tersedianya bahasa pemrograman
3. Dapat mendapatkannya dengan mudah



Gambar 3. Mikrokontroler Chip (Destiarini, Pius Widya Kumara, (2019)

1.3 Arduino

Arduino adalah papan komputer kecil namun kuat yang menggunakan fisik teknik komputasi menggunakan mikrokontroler Atmel dan bahasa pemrograman C. Fleksibilitas arduino dan digunakan untuk mengubah elektronik biasa menjadi perangkat pintar. Arduino didasarkan pada mikrokontroler ATmega yang dirilis oleh Atmel dan banyak digunakan diberbagai aplikasi elektronik. Jenis-jenis arduino dan gambar 4 merupakan bagian-bagian dari papan mikrokontroler arduino uno (Robby Yuli Endra dkk, 2019; Bahrin, 2017):

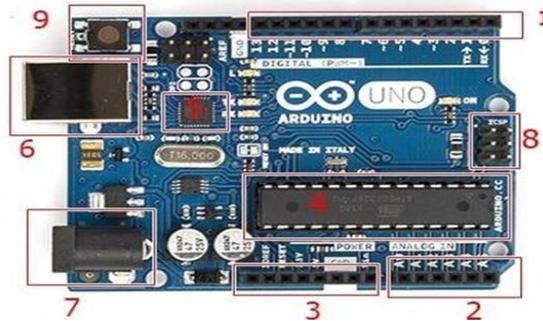
1. Arduino jenis *Uno*
2. Arduino jenis *Duemilanove*
3. Arduino jenis *Leonardo*
4. Arduino jenis *Mega2560*
5. Arduino jenis *Intel Galileo*
6. Arduino jenis *Pro Micro AT*
7. Arduino jenis *Nano R3*
8. Arduino jenis *Mini Atmega*
9. Arduino jenis *Mega ADK*
10. Arduino jenis *Esplora*

Arduino adalah sebuah mikrokontroller yang bersifat terbuka (*open source*), sehingga mudah untuk dikembangkan dan banyak komunitas nya di dunia sehingga kalian tidak perlu khawatir jika terdapat kesulitan ketika ingin mendevelop arduino. Arduino uno sudah banyak digunakan karena mikroprocessor nya bisa dicopot atau dilepas jadi jika terjadi kerusakan pada arduino cukup ganti mikroprocessor nya saja tidak perlu mengganti semua *board* arduino. Bagian-bagian yang terdapat pada arduino yaitu:

1. Digital pin masukan atau keluaran (Label '0 sampai 13')

Secara umum pin I/O ini merupakan pin digital yang beroperasi pada level tegangan masukan atau keluaran digital (0V sampai 5V). Namun untuk beberapa pin keluaran analog yang dapat mengeluarkan tegangan analog dari 0V sampai 5V adalah pin 3, 5, 6, 9, 10, dan 11, pin 0 dan 1, bisa untuk komunikasi serial.

2. Pin *analog* masukan (Label 'A0 sampai A5').
Pin ini dapat menerima tegangan input analog dari 0V hingga 5V yang tegangannya direpresentasikan dalam program pada bilangan dari 0 hingga 1023.
3. Pin sumber tegangan
Vref (tegangan referensi untuk pembacaan ADC internal) dan sumber tenaga keluaran 5V, keluaran 3,3V, GND 2 pin adalah kumpulan pin yang berhubungan dengan pin sumber tegangan.
4. *ATMega328* IC
Pusat kendali pemrosesan data merupakan tugas dari IC ini.
5. *ATMega16U* IC
Menangani komunikasi data menggunakan PC melalui *port* USB merupakan tugas *ATMega16U* IC.
6. *USB Jack*
Penghubung data serial dengan PC merupakan fungsi dari soket USB tipe B.
7. *Power jack*
Catu daya eksternal antara 9V dan 12V DC menggunakan soket ini.
8. *ICSP port (in-circuit serial programming)*
Untuk memprogram arduino tanpa *bootloader* dapat menggunakan *port* ICSP.
9. *Reset* tombol
Jika ingin memulai program dari awal dapat menekan tombol *reset* pada papan mikrokontroler arduino.



Gambar 4: Bagian-Bagian Arduino Uno (Bahrin, 2017)

2. METODE

2.1 Alat dan Bahan Yang Digunakan

Sistem pembangkit listrik tenaga surya memerlukan beberapa alat dan bahan dan diperlukan prosedur perancangan sebagai dasar dari pembuatan alat dan perolehan data. Desain alat memerlukan pencatatan data untuk mengetahui blok dan diagram alir sistem kerja yang digunakan pada sistem tersebut. Adapun alat yang digunakan sebagai berikut:

1. Luxmeter
2. Multimeter
3. Meteran
4. Las
5. Gerinda
6. Penggaris Siku
7. Bor

Bahan yang digunakan yaitu:

1. Panel Surya 20WP
2. *Solar Charge Controller* 12V/24V
3. Baterai 3.7V 1500 mAh
4. Servo MG 995 DIGI *Hi-Speed*
5. Arduino Uno R3 DIP ATMEGA 328P 16U2
6. LCD 1602 5V 16X2 cm
8. *Tiny RTC DS 1307 Module* I2C
9. ESP 8266 Wifi IoT CP 2102

2.2 Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya 20WP

Prinsip kerja sistem pembangkit listrik tenaga surya ini sebagai berikut:

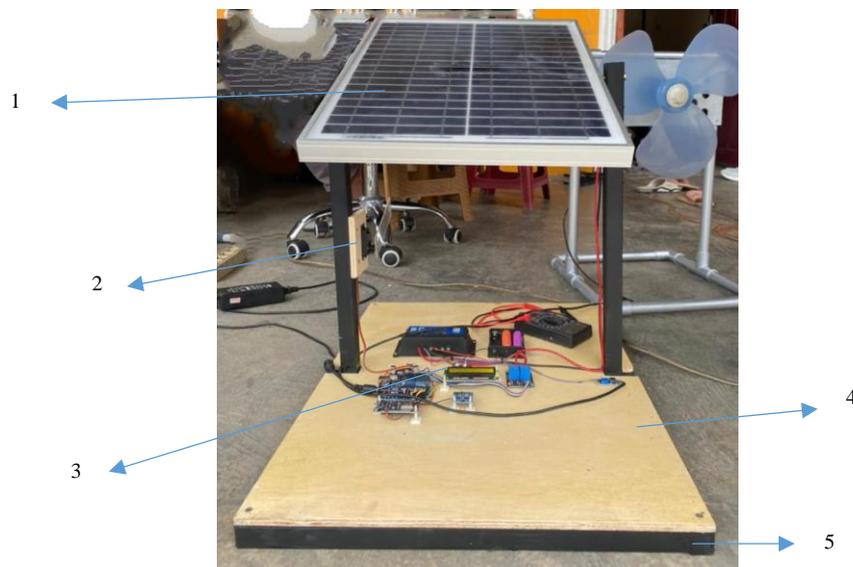
1. Cari ruangan terbuka, kemudian angkat sistem pembangkit listrik tenaga surya ke ruangan terbuka tersebut, sambungkan adaptor

- ke arduino supaya arduino menyala
2. Pastikan semua komponen dalam keadaan menyala, panel surya akan menyerap lumen cahaya matahari dan akan dikonversikan menjadi energi listrik, tegangan yang didapatkan pertama kali akan masuk ke *solar charge controller* (SCC) kemudian tegangan masuk ke baterai
 3. Tegangan dari baterai akan masuk ke arduino melalui regulator tegangan, regulator tegangan disini berfungsi untuk menurunkan nilai tegangan yang akan diterima arduino dari baterai, kemudian nilai tegangan akan dibaca oleh arduino
 4. Sensor tegangan akan mendeteksi tegangan keluaran yang dapat dilihat pada LCD, gunakan juga multimeter untuk melihat kesamaan pengukuran tegangan
 5. Arduino akan membuat panel surya bergerak menggunakan servo motor sesuai dengan waktu pada RTC, ESP 6288 memungkinkan pemantauan melalui aplikasi yang ada pada alat elektronik, sementara itu *relay* mengatur penggunaan PLTH apakah hanya menggunakan PLTS atau PLTB ataupun memakai kedua pembangkit listrik tersebut secara bersamaan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Purwarupa Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis Arduino

Purwarupa sistem pembangkit listrik tenaga surya berbasis arduino terdapat pada gambar 5 dan komponen-komponen yang digunakan dalam rancang bangun tersebut.



Gambar 5: Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Keterangan:

1. Panel Surya
2. Servo Motor
3. Komponen-komponen
4. Papan triplek
5. Besi penyangga triplek
6. Besi penyangga panel surya

3.2 Data Hasil Pengujian Alat

Pengujian yang dilakukan untuk mendapatkan hasil uji yaitu lumen cahaya dari pengukuran lux dan tegangan yang dikonversikan dari lumen cahaya matahari menggunakan panel surya, juga arus. Tabel 1 merupakan hasil yang diperoleh dalam pada pengujian sistem pembangkit listrik tenaga surya pembangkit listrik tenaga surya berbasis Arduino. Perhitungan daya panel yang digunakan pada purwarupa system PLTS berbasis Arduino sebagai berikut:

$$\text{Daya Panel (P}_{\text{panel}}) = \text{Tegangan} \times \text{Arus}$$

$$\text{Daya Panel (P}_{\text{panel}}) = 15.94 \text{ V} \times 2.8 \text{ A}$$

$$\text{Daya Panel (P}_{\text{panel}}) = 44.632 \text{ Watt}$$

$$1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2 \text{ dimana } 1 \text{ lm} = 1 \text{ lx} \times \text{m}^2$$

$$\text{Panjang Panel (P. panel)} = 65 \text{ cm} = 0.65 \text{ m}$$

$$\text{Lebar Panel (L. panel)} = 48 \text{ cm} = 0.48 \text{ m}$$

$$\text{Luas Panel} = \text{P. panel} \times \text{L. panel} = 0.65 \text{ m} \times 0.48 \text{ m} = 0.312 \text{ m}^2$$

$$\text{Ef}_{\text{panel}} = \text{Luas Panel} \times (\text{P. panel}) \times \text{rata-rata daya} \times 100\%$$

$$\text{Ef}_{\text{panel}} = 0.312 \text{ m}^2 \times 47.34 \text{ Watt} \times 100\%$$

Ef panel = 14.77 %

Tabel 1: Hasil Pengujian Lumen Cahaya dari Pengukuran

Lux (Ix)	Lumen (lm)	Tegangan Alat Ukur (Volt)	Sensor (Volt)	Arus (A)
10000	3120	15,94	15,77	2,8
20000	6240	15,57	15,63	2,0
30000	9360	16,66	16,52	2,8
40000	12480	18,72	18,70	2,9
50000	15600	19,08	18,98	2,7
60000	18720	19,33	19,30	2,5
70000	21840	19,54	19,48	2,4
80000	24960	19,27	19,23	2,8
90000	28080	19,00	18,9	2,4
100000	31200	19,53	19,2	2,3
110000	34320	19,44	19,38	2,0
120000	37440	19,6	19,55	2,7
130000	40560	19,6	19,48	2,8
140000	43680	19,6	19,50	2,4
150000	46800	19,6	19,50	2,5
160000	49920	19,6	19,50	2,8

3.2 Efisiensi Konversi Panel Surya ke Tegangan

Analisis ini dibuat mendapatkan perbandingan perolehan daya panel surya, arus dan perhitung tegangan yang didapatkan dari pengkonversian panel surya ke tegangan. Tabel 3 perbandingan data yang telah didapatkan dari konversi panel surya ke tegangan.

Tabel 3: Perbandingan Data Konversi Panel Surya ke Tegangan

Daya Panel Surya (Watt)	Efisiensi (%)
44,632	10,26
31,140	7,16
45,696	10,51
54,288	12,48
48,816	11,22
48,325	11,11
46,896	10,78
53,956	12,41
45,600	10,48
44,919	10,33
34,600	7,95
52,920	12,17
54,880	12,62
47,040	10,81
49,000	11,27
54,880	12,62
47,340	10,88

3.3 Pembahasan

Penyerapan panel surya mencapai titik tertinggi 49920 lumen cahaya matahari dimana semakin tinggi nilai lux semakin tinggi juga nilai lumen sehingga tegangan alat ukur memiliki nilai tertinggi 19,6 V dan terendah 18,72V, tegangan sensor memiliki nilai tertinggi 19,55 V dan terendah 18,70 V dan daya rata-rata panel surya yang dihasilkan sebesar 47.34 watt, rata-rata efisiensi panel surya sebesar 14.77%. Maka berdasarkan Tabel3 diperoleh daya rata-rata panel surya yangdihasilkan sebesar 47.34 watt, efisiensi rata-rata panel surya sebesar 14.77%, hal ini menunjukkan panel surya bekerja dengan baik mengingat panel surya ini masih berbentuk purwarupa *smart auto change monitoring* pada pembangkit listrik tenaga surya berbasis arduino. Panel surya yang menggunakan *smart system* menghasilkan tegangan keluaran yang lebih besar dibandingkan panel surya statis, hal ini disebabkan sel surya dengan posisi statis tidak selalu tegak lurus terhadap matahari, sedangkan untuk menghasilkan tegangan yang optimal sel surya harus tegak lurus terhadap matahari, masalah ini yang di atasi dengan solar tracker agar sel surya selalu tegak lurus terhadap matahari (Ricky Alfiansyah Harahap dan Endang Susanti, 2022; Kho Hie Khwee. 2013). Apabila temperatur dengan daya terdapat memiliki nilai yang rendah maka terjadi temperatur yang dihasilkan oleh *solar cell* meningkat atau menurun maka daya yang dihasilkan menurun (Idzani Muttaqin dkk., 2016; Doni Siswanto dkk., 2021).

4. KESIMPULAN

Daya listrik yang dihasilkan oleh suatu panel surya tidak hanya tergantung kepada besarnya intensitas radiasi yang diterimanya, namun kenaikan temperature pada permukaan panel surya juga dapat menurunkan besar daya listrik tersebut. Perubahan temperatur pada panel surya selain disebabkan oleh temperature lingkungan sekitar, juga disebabkan oleh bahan silicon sel-sel surya yang mampu menyerap energi foton sekaligus panas dari radiasi matahari. Purwarupa pembangkit listrik tenaga surya dengan *smart auto change* dan *monitoring*

iot berbasis arduino memiliki komponen utama seperti arduino, RTC, motor servo, dan ESP 8266. Alat ini menggunakan panel surya akan menyerap sinar matahari, kemudian dikonversikan menjadi energi listrik melalui efek fotovoltaik, energi listrik akan dilakukan pemrosesan dan penyesuaian, arduino akan mengendalikan fungsi komponen motor servo, ESP 8266, LCD, tegangan keluaran akan ditampilkan melalui LCD. Daya dan efisiensi pada panel surya ini dapat dibidang lebih baik karena efisiensinya dari 7,06% menjadi 14,77%. Semakin besar lumen cahaya yang diserap semakin besar juga tegangan yang dihasilkan, penyerapan lumen cahaya matahari pun lebih optimal karena menggunakan motor servo yang bergerak sesuai dengan penyetelan di RTC dan arduino, oleh karena itu alat ini dapat disebut optimal.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan rasa syukur karena berkat dan rahmat yang maha kuasa penulis dapat menyelesaikan artikel ini, serta terima kasih yang sedalamnya karena dukungan Jurusan Teknik Mesin POLMED dalam menyelesaikan penelitian dibidang energi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aryza, S., Hermansyah, Siahaan, A.P.U., Suherman, & Zulkarnain Lubis, Z. (2017). Implementasi Energi Surya Sebagai Sumber Suplai. Alat Pengereng Pupuk Petani Portabel. *IT Journal Research and Development 2 (1)*, 12-18.
- Bahrin. 2017. *Sistem Kontrol Penerangan Menggunakan Arduino Uno Pada Universitas Ichsan Gorontalo. Jurnal Ilmiah ILKOM 9(3)*, 282-289.
- Destiarini, Pius Widya Kumara. 2019. *Robot Line Follower Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno Atmega328. Jurnal Informatika 5(1)*, 18-25.
- Harahap, P. 2020. *Pengaruh Temperatur Permukaan Panel Surya Terhadap Daya Yang Dihasilkan Dari Berbagai Jenis Sel Surya. Jurnal Teknik Elektro 2(2)*, 73-80.
- Harahap, R.A., & Endang Susanti (2022). Perancangan PLTS 200 Wp Dengan Solar. *Tracker Sigma Teknika 5 (2)*, 323-332.
- Kho Hie Khwee. (2013). Pengaruh Temperatur Terhadap Kapasitas Daya Panel Surya (Studi Kasus: Pontianak). *ELKHA: Jurnal Teknik Elektro 5 (2)*, 23-25.
- Muttaqin I., Irhamni G., Wahyu Agani, (W). (2016). Analisa rancangan sel surya dengan kapasitas 50 watt untuk penerangan parkir uniska. *Jurnal Teknik Mesin UNISKA 1 (2)*, 33-39.
- Pido, R., Himran, S., & Mahmuddin. (2018). Analisa Pengaruh Pendinginan Sel Surya Terhadap Daya Keluaran dan Efisiensi. *Teknologi 19*, 31-38.
- Rizal, Choirul. 2017. *Penggunaan Solar Sel Sebagai Pembangkit Tenaga Surya. Jurnal Teknik Elektro 1*, 7-17.
- Rusman. (2015). Pengaruh Variasi Beban Terhadap Efisiensi Solar Cell Dengan Kapasitas 50 WP. *TURBO Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro 4 (2)*, 84-90.
- Siswanto, D. Suripto, H., Anwar, S. (2021). Pengujian Panel Surya 100 WP Skala Laboratorium. *Jurnal Energi dan Inovasi Teknologi (ENOTEK) 1 (1)*, 1-5.
- Sitorus, B. P., & Tahyudin A. 2018. *Rancang Bangun Alat Memberi Pakan Ikan Lele Otomatis Berbasis Arduino Uno. Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik LIMIT'S 14(1)*, 1-12.