

# Perancangan Sistem Penggerak Panel Surya pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Mobile* Berbasis Arduino

Muhammad Rijaluddin Tahfiz<sup>1</sup>, Abdul Azis<sup>2</sup>, Nita Nurdiana<sup>3</sup>

Jurusan Teknik Elektro Universitas PGRI Palembang, Palembang  
Jl. Jend. A. Yani Lrg. Gotong Royong 9/10 Ulu Palembang

<sup>1</sup>rijaltahfiz709@gmail.com

<sup>2</sup>azis@univpgri-palembang.ac.id

<sup>3</sup>nurdiana78@univpgri-palembang.ac.id

**Intisari** — Energi surya merupakan energi terbarukan, yang dapat dimanfaatkan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Kebanyakan pemasangan panel surya masih bersifat tetap sehingga menyebabkan penerimaan sinar matahari pada panel surya menjadi kurang maksimal. Untuk memaksimalkan penerimaan sinar matahari pada panel surya, maka dapat dibuat suatu sistem pelacakan sinar matahari yang dapat membuat panel surya mengikuti arah pergerakan sinar matahari secara otomatis. Sistem pelacakan sinar matahari menggunakan RTC berbasis Arduino Uno. Tujuan adanya sistem penggerak panel surya adalah untuk memaksimalkan penyerapan energi surya pada panel surya berdasarkan waktu yang telah diatur pada RTC. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, RTC telah melakukan pembacaan jam dengan waktu sebenarnya setiap 1 jam sekali, dan telah melakukan pembacaan temperatur setiap 1 jam sekali, dengan temperatur berkisar antara 23,18°C sampai dengan 32,33°C. LDR telah melakukan pembacaan cahaya setiap 1 jam sekali, dengan tingkat cahaya redup, terang, dan sangat terang. Aktuator telah melakukan pembacaan program, dan untuk bergerak aktuator membutuhkan waktu selama 13 detik, kemudian aktuator menentukan sudut aktuator, dengan sudut berkisar antara 7° sampai dengan 178°. Kinerja penggerak panel surya berbasis Arduino sesuai dengan perancangan, dimana RTC telah melakukan pembacaan jam dan temperatur, LDR telah melakukan pembacaan cahaya, dan aktuator telah melakukan pembacaan program.

**Kata kunci** — Penggerak, Arduino, Waktu, Cahaya, Sudut

**Abstract** — Solar energy is renewable energy, which can be used as a solar power plant. Most of the installation of solar panels is still fixed, causing the reception of sunlight on the solar panels to be less than optimal. To maximize the reception of sunlight on solar panels, a solar tracking system can be made that can make the solar panels follow the direction of movement of the sun's rays automatically. The sunlight tracking system uses an Arduino Uno based RTC. The purpose of the solar panel drive system is to maximize the absorption of solar energy in solar panels based on the time that has been set on the RTC. From the results of the tests that have been carried out, the RTC has read the actual time every 1 hour, and has taken the temperature reading every 1 hour, with temperatures ranging from 23.18°C to 32.33°C. LDR has carried out light readings every 1 hour, with low, bright, and very bright light levels. The actuator has read the program, and it takes 13 seconds to move the actuator, then the actuator determines the actuator angle, with an angle ranging from 7° to 178°. The performance of the Arduino-based solar panel drive is in accordance with the design, where the RTC has read the clock and temperature, the LDR has read the light, and the actuator has read the program.

**Keywords** — Drive, Arduino, Timing, Light, Angle

## I. PENDAHULUAN

Energi merupakan hal yang sangat esensial bagi makhluk hidup pada kegiatan sehari-hari. Energi dibagi menjadi dua, yaitu Energi Terbarukan dan Energi Tidak Terbarukan. Energi Terbarukan adalah energi yang berasal dari alam yang digunakan secara bebas, tak terbatas dan dapat dipergunakan terus menerus.

Pemanfaatan energi surya sebagai energi terbarukan yang dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik, kebanyakan pemasangan

panel surya masih bersifat tetap yang menyebabkan penerimaan sinar matahari pada panel surya kurang maksimal untuk menangkap pancaran matahari secara maksimal sepanjang hari yang berakibat energi yang diserap kurang maksimal [8].

Oleh karena itu, untuk memaksimalkan penerimaan sinar matahari pada panel surya dibuat suatu sistem penggerak yang dapat membuat panel surya dapat mengikuti arah pergerakan sinar matahari berdasarkan waktu yang telah diatur pada RTC berbasis arduino.

Pada penelitian ini akan dilakukan perancangan sistem penggerak panel surya pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *mobile* berbasis Arduino Uno. Untuk pengujian alat penggerak panel surya pada PLTS menggunakan RTC (*Real Time Clock*) berbasis Arduino Uno. PLTS *mobile* ini dapat digunakan sebagai genset, ketika terjadi pemadaman.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Sistem Kendali Loop Terbuka

Sistem kendali *loop* terbuka merupakan sebuah sistem keluaran yang tidak berpengaruh pada sistem pengendaliannya. Jadi pada sistem kendali *loop* terbuka, keluaran yang dihasilkan tidak bisa digunakan sebagai umpan balik. Sistem kendali *loop* terbuka mempunyai *output* yang tidak memiliki pengaruh terhadap aksi kendali [4].

### B. Sistem Kendali Loop Tertutup

Sistem kendali *loop* tertutup adalah suatu sistem yang dimana sinyal keluaran mempunyai pengaruh langsung terhadap sinyal yang dikontrol. Oleh sebab itu sistem kontrol *loop* tertutup biasa disebut juga sebagai sistem kendali umpan balik karena jalinan yang dihasilkan bisa diumpanbalikkan [7].

### C. Sensor

Sensor adalah alat yang mendeteksi gejala atau sinyal dari perubahan energi seperti energi listrik, energi fisik, energi kimia, energi biologi, energi mekanik, dan sebagainya. Sensor pula mengamati terjadinya perubahan yang dikonversi menjadi *output* yang dimengerti manusia ataupun ditransmisikan secara teknologi melalui jaringan untuk ditampilkan [8].

### D. Arduino Uno

Arduino Uno adalah sebuah board mikrokontroler yang sangat didasari pada Atmega328. Arduino Uno mempunyai 14 kaki digital *input/output* 6 di antaranya dapat digunakan sebagai *output* PWM, 6 *input* analog, sebuah osilator kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah *power jack*, sebuah ICSP *header*, dan sebuah tombol reset. Tombol reset sendiri digunakan untuk memulai sebuah program [2].



Gbr. 1 Arduino Uno

### E. LDR

LDR (*Light Dependent Resistor*) adalah suatu resistor yang pada nilai resistansinya selalu berubah ubah tergantung intensitas cahaya yang di serap. Pada dasarnya prinsip kerja LDR ialah ketika cahaya di dapat maka nilai pada resistansinya akan menurun, dan apabila LDR mendapat intensitas cahaya yang tinggi maka sifat konduktor akan baik [1].



Gbr. 2 LDR

### F. Motor Aktuator

Aktuator adalah suatu alat mekanis untuk menggerakkan atau mengendalikan suatu mekanisme atau sistem. Aktuator terdiri dari perangkat elektronik dan mekanik berfungsi sebagai alat stabilizer multi-komponen. Terdiri dari elemen silinder di mana ujung silinder ditutup oleh dua pin dan membentuk ruang gerak. Pada alat ini berfungsi untuk membantu menggerakkan dan mengarahkan panel surya untuk mendapatkan posisi *lead* yang benar ke sinar yang diinginkan [6].



Gbr. 3 Motor Aktuator

### G. LCD

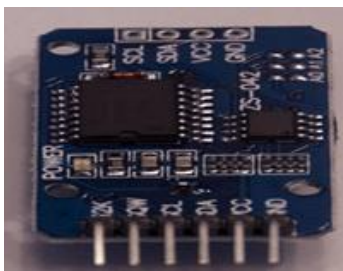
LCD atau yang dikenal dalam bahasa Inggris *Liquid Crystal Display* adalah *display* atau teknologi panel layar yang biasanya digunakan pada TV atau monitor komputer yang menggunakan kristal cair untuk menghasilkan gambar atau tampilan simbol, angka dan huruf yang diinginkan. Dalam pengoperasiannya menggunakan daya dan tegangan kerja yang rendah [5].



Gbr. 4 LCD

### H. RTC

Modul RTC DS3231 adalah jenis modul yang bekerja sebagai RTC (*Real Time Clock*) atau *timer digital*, dan menambahkan fungsi pengukuran suhu yang dikemas dalam 1 modul. Selain itu, pada modul terdapat IC EEPROM AT24C32 tipe yang juga dapat digunakan. Modul RTC DS3231 ini biasanya tersedia dengan baterai CR2032 3 V yang berfungsi sebagai RTC cadangan saat daya utama dimatikan [3].



Gbr. 5 RTC

### I. Driver Motor

*Driver* motor DC berfungsi sebagai pengatur gerak pada motor DC. Dengan *driver* motor DC, motor DC dapat bergerak ke kanan atau ke kiri. *Driver* motor BTS 7960 ini juga dapat menghasilkan arus hingga 3A, dengan menampilkan kontrol kecepatan motor yang menggunakan PWM hingga 25 kHz. Tegangan suplai DC yang dapat disuplai adalah dari 5.5 V sampai 27 V DC, tegangan level keluaran dari 3.3V sampai 5 V. *Driver* motor ini menggunakan

rangkaian *hbridge* lengkap dengan IC BTS7960 dengan proteksi *overheat* dan *overcurrent* [8].



Gbr. 6 Driver Motor

### J. Limit Switch

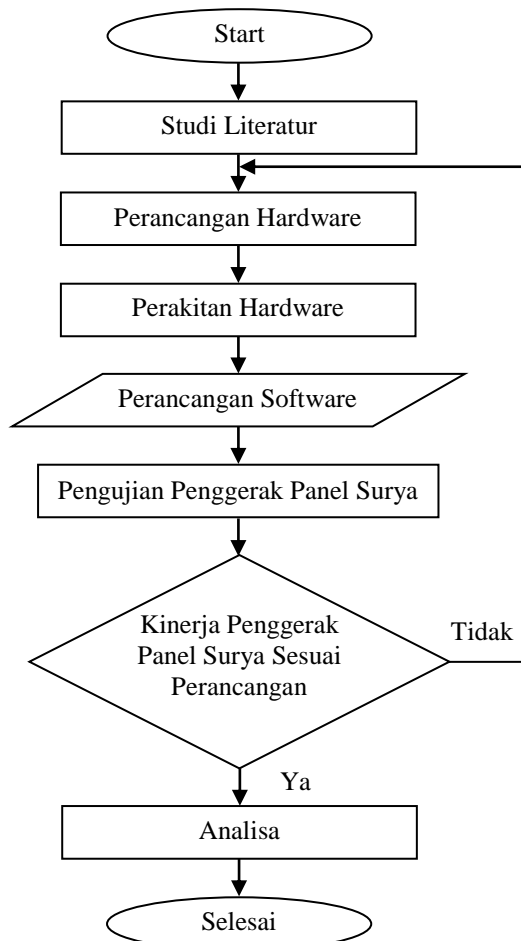
*Limit switch* atau sakelar batas adalah jenis sakelar yang dilengkapi dengan katup fungsi penggantian tombol. Prinsip kerja *limit switch* sama dengan sakelar plunger hanya terhubung ketika katup diturunkan ke batas tekanan tertentu telah ditentukan dan akan mati pada saat katup tidak tekan. Saklar batas termasuk ke dalam sensor mekanis, adalah sensor yang akan memberikan perubahan listrik ketika ada perubahan mekanis pada sensor itu. Penerapan *limit switch* adalah sebagai sensor posisi objek (benda) sedang bergerak [8].



Gbr. 7 Limit switch

## III. METODE PENELITIAN

Perancangan *hardware* dan *software* serta pengujian sistem penggerak panel surya pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya *mobile* berbasis Arduino Uno dilaksanakan pada tanggal 01 April sampai 06 Juni 2022 di Gedung Laboratorium Terpadu Universitas PGRI Palembang.



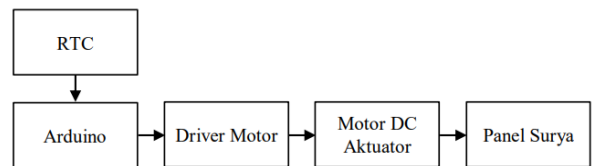
Gbr. 8 Diagram Alir Penelitian

- 1) Start merupakan proses persiapan awal penelitian dan perancangan sistem penggerak panel surya pada PLTS *mobile* berbasis Arduino Uno.
- 2) Studi literatur merupakan proses pengumpulan data-data dan informasi yang berkaitan dengan penelitian melalui media buku, jurnal dan internet.
- 3) Perancangan *hardware* merupakan proses perancangan skema rangkaian penggerak panel surya. Selanjutnya mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan. Alat yang akan digunakan adalah solder, obeng, tang. Bahan yang akan digunakan adalah Arduino Uno, LDR, motor aktuator, *driver* motor, RTC, LCD, *Limit Switch*.
- 4) Perakitan *hardware* merupakan proses pembuatan penggerak panel surya, dengan bahan-bahan yang telah disiapkan sesuai dengan rancangan skema rangkaian.
- 5) Perancangan *software* merupakan proses pembuatan program, yang akan dimasukkan ke dalam *hardware* untuk memberikan perintah pada mikrokontroler

untuk mengeksekusi sesuai perintah program.

- 6) Pengujian penggerak panel surya merupakan proses pengujian *hardware* dan *software*, untuk mengetahui apakah penggerak panel surya telah berfungsi sesuai dengan perancangan, baik dari *hardware* maupun *software*. Apabila alat tidak berfungsi sesuai dengan perancangan maka akan dilakukan pengecekan kembali, baik dari *hardware* maupun *software*.

#### 7) Analisa



Gbr. 9 Diagram Blok

Prinsip kerja dari sistem penggerak panel surya pada PLTS *Mobile* berbasis Arduino ini membutuhkan RTC sebagai pengatur waktu sesuai arah matahari. RTC ini diatur setiap 1 jam sekali sesuai yang diatur di *coding*, selanjutnya akan memberikan perintah kepada sistem penggerak yaitu motor DC aktuator untuk menggerakkan panel surya. Setelah motor DC aktuator bergerak, maka sensor LDR mendeteksi kecerahan pada matahari, setelah itu hasil dan kecerahan tersebut akan ditampilkan di layar LCD. Ketika alat ini digunakan melebihi pukul 06:00 cara kerjanya harus di kalibrasi di bagian tombol *switch* pada kotak rangkaian alat arduino dengan cara klik satu kali dengan menyesuaikan jam yang terlewati.

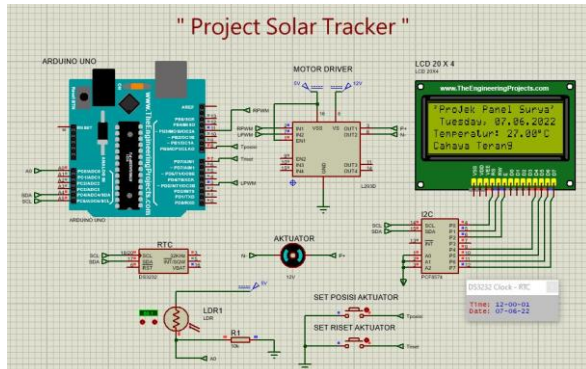
- 8) Selesai merupakan proses setelah pengujian dilakukan, apabila penggerak panel surya telah berfungsi sesuai dengan perancangan, maka selanjutnya dilakukan penyelesaian akhir dengan pembentukan penggerak panel surya sesuai dengan perancangan.

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Perancangan Hardware

Rangkaian penggerak panel surya berbasis Arduino yaitu sebagai penggerak panel surya secara otomatis menggunakan motor aktuator

sebagai penggerak dan menggunakan RTC sebagai pengatur waktu pergerakan panel surya sesuai yang diatur pada *coding*.

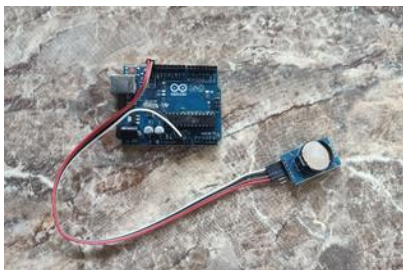


Gbr. 10 Skema Rancangan Hardware

### B. Perakitan Hardware

#### 1) RTC ke Arduino

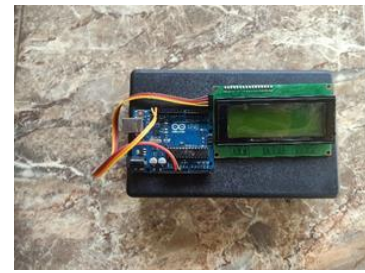
- Kabel warna hitam VCC pada RTC dihubungkan ke pin 5V Arduino
- Kabel warna putih GND pada RTC dihubungkan ke pin GND pada Arduino
- Kabel warna coklat SDA pada RTC dihubungkan ke pin SDA pada Arduino
- Kabel warna merah SCL pada RTC dihubungkan ke pin SCL pada Arduino



Gbr. 11 RTC ke Arduino

#### 2) LCD ke Arduino

- Kabel warna merah VCC pada LCD di hubungka ke pin 5V Arduino
- Kabel warna coklat GND pada LCD di hubungkan ke pin GND pada Arduino
- Kabel warna orange SDA pada LCD dihubungkan ke pin SDA pada Arduino
- Kabel warna kuning SCL pada LCD dihubungkan ke pin SCL pada Arduino



Gbr. 12 LCD ke Arduino

#### 3) Driver Motor ke Arduino

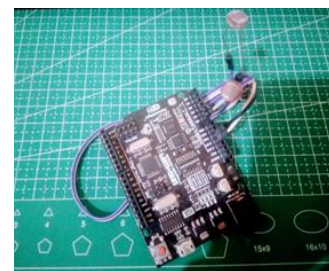
- Kabel warna biru VCC pada driver dihubungkan ke pin 5V Arduino
- Kabel warna hijau GND pada driver dihubungkan ke pin GND pada Arduino
- Kabel warna kuning RPWM pada driver dihubungkan ke pin RPWM pada Arduino
- Kabel warna orange LPWM pada driver dihubungkan ke pin LPWM pada Arduino



Gbr. 13 Driver Motor ke Arduino

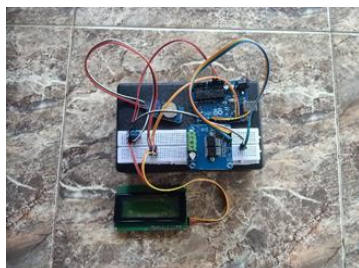
#### 4) LDR Ke Arduino

- Pin LDR warna putih dihubungkan ke pin Arduino A1.



Gbr. 14 LDR ke Arduino

Gambar 15 merupakan rangkaian keseluruhan penggerak panel surya berbasis Arduino yang telah terpasang seluruh bahannya, dan siap untuk diisi program melalui perancangan *software*.



Gbr. 15 Rangkaian Keseluruhan Penggerak Panel Surya Berbasis Arduino

### C. Perancangan Software

Perancangan *software* merupakan proses perancangan program, selanjutnya mengisi program pada Arduino melalui komputer. Program dirancang sesuai pergerakan arah matahari dan diatur 1 jam sekali. Program tersebut akan menggerakkan panel surya ketika waktu tiba. Dimana RTC akan memberikan sinyal kepada Arduino untuk memberikan perintah kepada sistem penggerak, yaitu motor DC aktuator untuk menggerakkan panel surya setelah motor DC aktuator bergerak, maka sensor LDR mendeteksi kecerahan pada matahari setelah itu hasil dan kecerahan tersebut akan ditampilkan di layar LCD *display*.

### D. Pengujian Penggerak Panel Surya

Pengujian *software* penggerak panel surya untuk mengetahui apakah penggerak panel surya dapat bekerja sesuai dengan perancangan program yang telah dibuat.

1) Ketika waktu menunjukkan jam 06:00, maka program akan membaca kondisi ke-1 dimana arah panel surya mengarah pada posisi timur. RTC akan melakukan pembacaan jam yaitu jam 06:00, kemudian melakukan pembacaan temperatur yaitu 23,18°C. LDR akan melakukan pembacaan cahaya yaitu cahaya redup. Selanjutnya aktuator akan menentukan posisi awal dengan sudut 52°.

2) Ketika waktu menunjukkan jam 12:00, maka program akan membaca kondisi ke-7 dimana arah panel surya mengarah pada posisi tengah atau menuju ke barat. RTC akan melakukan pembacaan jam yaitu jam 12:00, kemudian melakukan pembacaan temperatur yaitu 32,19°C. LDR akan melakukan pembacaan cahaya yaitu cahaya sangat terang. Selanjutnya aktuator akan

bergerak selama 13 detik dan menentukan sudut yaitu 178°.

```

.....
Projek Panel Surya
Selasa, 07.06.2022
.....
Pembacaan jam dengan waktu sebenarnya
06:00:00 06:00:01 06:00:02
.....
Pembacaan Sensor Temperatur ...
Temp 23.18 °C
Pembacaan Sensor LDR ...
Cahaya redup

Program membaca Kondisi ke (1)
.....
Aktuator Menentukan Posisi Awal
.....
Aktuator Sedang menentukan Sudut ...
Sudut Aktuator 52*
.....
Waktu Tunda 47 detik menampilkan data
.....

```

Gbr. 16 Tampilan Monitor pada Jam 06:00



Gbr. 17 Arah Panel dan LCD Jam 06:00

```

.....
Projek Panel Surya
Selasa, 07.06.2022
.....
Pembacaan jam dengan waktu sebenarnya
12:00:00 12:00:01 12:00:02
.....
Pembacaan Sensor Temperatur ...
Temp 32.19 °C
Pembacaan Sensor LDR ...
Cahaya Sangat Terang

Program membaca Kondisi ke (7)
.....
Aktuator Bergerak Selama 13 Detik
.....
Aktuator Sedang menentukan Sudut ...
Sudut Aktuator 178*
.....
Waktu Tunda 47 detik menampilkan data
.....

```

Gbr. 18 Tampilan Monitor pada Jam 12:00



Gbr. 19 Arah Panel dan LCD Jam 12:00

3) Ketika waktu menunjukkan jam 17:00, maka program akan membaca kondisi ke-12 dimana arah panel surya mengarah

pada posisi barat. RTC akan melakukan pembacaan jam yaitu jam 17:00, kemudian melakukan pembacaan temperatur yaitu 29,45°C. LDR akan melakukan pembacaan cahaya yaitu cahaya redup. Selanjutnya aktuator akan bergerak selama 13 detik dan menentukan sudut yaitu 142°.

```

.....
Projek Panel Surya
Selasa, 07.06.2022
.....
Pembacaan jam dengan waktu sebenarnya
17:00:00 17:00:01 17:00:02
.....
Pembacaan Sensor Temperatur ...
Temp 29.45 °C
Pembacaan Sensor LDR ...
Cahaya Redup

Program membaca Kondisi ke (12)
.....
Aktuator Bergerak Selama 13 Detik
.....
Aktuator Sedang menentukan Sudut ...
Sudut Aktuator 142°
.....
Waktu Tunda 47 detik menampilkan data
.....

```

Gbr. 20 Tampilan Monitor pada Jam 17:00



Gbr. 21 Arah Panel dan LCD Jam 17:00

Adapun hasil pengujian *software* penggerak panel surya setiap 1 jam sekali dapat dilihat pada Tabel 1.

Selanjutnya dilakukan pengujian *hardware*. penggerak panel surya setiap 1 jam sekali. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui besar daya yang digunakan untuk menggerakkan panel surya. Hasil pengujian *hardware* penggerak panel surya dapat dilihat pada Tabel 1.

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa tingkat cahaya paling tinggi pada jam 14:00, dimana arah panel surya mengarah pada posisi tengah atau menuju ke barat, dengan temperatur 32,33°C, sudut 164°. Sedangkan tingkat cahaya paling rendah pada jam 06:00 dimana arah panel surya masih pada posisi awal atau mengarah pada posisi timur, dengan temperatur 23,18°C, sudut 52°.

Tabel 1. Hasil Pengujian Software

No	Waktu Baca	Temp. (°C)	Cahaya	Waktu Gerak (detik)	Sudut (°)
1	06:00	23,18	Redup	13	52
2	07:00	24,25	Terang	13	42
3	08:00	26,30	Terang	13	32
4	09:00	28,30	Terang	13	22
5	10:00	30,24	Terang	13	12
6	11:00	31,17	Terang	13	7
7	12:00	32,19	Sangat terang	13	178
8	13:00	32,22	Sangat terang	13	172
9	14:00	32,33	Sangat terang	13	164
10	15:00	31,18	Terang	13	158
11	16:00	30,35	Terang	13	150
12	17:00	29,45	Redup	13	142
13	18:00	28,50	Redup	13	133

Tabel 2. Hasil Pengujian Hardware

No	Jam	Volt (V)	Arus (A)	Daya (W)
1	06:00	9,56	15	143,40
2	07:00	9,50	15	142,50
3	08:00	9,47	15	142,05
4	09:00	9,45	15	141,75
5	10:00	9,44	15	141,60
6	11:00	9,44	15	141,60
7	12:00	9,43	15	141,45
8	13:00	9,43	15	141,45
9	14:00	9,41	15	141,15
10	15:00	9,40	15	141,00
11	16:00	9,39	15	140,85
12	17:00	9,38	15	140,70
13	18:00	9,34	15	140,10
Rata-rata		9,43	15	141,51

#### E. Analisa

Dari hasil pengujian *software* setiap 1 jam sekali pada Tabel 1, dapat dilihat bahwa RTC telah melakukan pembacaan jam dengan waktu sebenarnya setiap 1 jam sekali, dan telah melakukan pembacaan temperatur setiap 1 jam sekali, dengan temperatur berkisar antara 23,18°C sampai dengan 32,33°C. LDR telah melakukan pembacaan cahaya setiap 1 jam sekali, dengan tingkat cahaya redup, terang, dan sangat terang. Aktuator telah melakukan pembacaan program, dan untuk bergerak aktuator membutuhkan waktu selama 13 detik, kemudian aktuator menentukan sudut

aktuator, dengan sudut berkisar antara 7° sampai dengan 178°.

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa tegangan tertinggi pada jam 06:00, karena motor aktuator baru saja bergerak sehingga beban yang diangkat cukup berat, dengan tegangan 9,56 V, arus 15 A, daya 143,40 W. Sedangkan tegangan terendah pada jam 18:00, dengan tegangan 9,56 V, arus 15 A, daya 143,40 W.

Dari hasil pengujian *hardware* setiap 1 jam sekali pada Tabel 2, diperoleh tegangan rata-rata 9,43 V, arus rata-rata 15 A. Sehingga diperoleh daya rata-rata 141,51 W yang dibutuhkan oleh motor aktuator untuk menggerakkan panel surya.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, kinerja penggerak panel surya berbasis Arduino sesuai dengan perancangan. Dimana RTC telah melakukan pembacaan jam dan temperatur, LDR telah melakukan pembacaan cahaya, dan aktuator telah melakukan pembacaan program.

## V. PENUTUP

Hasil pengujian kinerja menunjukkan bahwa penggerak panel surya berbasis Arduino dapat bekerja setiap 1 jam sekali, sesuai dengan perancangan *hardware* dan *software*. Dimana RTC telah melakukan pembacaan jam dengan waktu sebenarnya dan melakukan pembacaan temperatur, LDR telah melakukan pembacaan cahaya, dan aktuator telah melakukan pembacaan program dengan menggerakkan panel surya dan menentukan sudut aktuator.

## REFERENSI

- [1] A. F. Putra, A. Azis, dan I. K. Pebrianti, "Rancang Bangun Alat Cuci Tangan Pintar Menggunakan Sensor Infrared Berbasis Arduino," *Electrician: Jurnal Rekayasa dan*
- Teknologi Elektro*, vol. 15, no. 3, pp. 224-238, 2021, DOI: <https://doi.org/10.23960/elc.v15n3.2177>.
- [2] A. Leo, A. Aziz, dan Emidiana, "Perancangan Sistem Kunci Pintu Otomatis Menggunakan RFID Arduino Uno," *Jurnal Ampere*, vol. 6, no. 1, pp. 43-48, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.31851/ampere.v6i1.5242>.
- [3] DALLAS [Dallas Semiconductor], "Data Sheet RTC DS3231," 2010, Extremely Accurate I2C-Integrated RTC/TXO/Crystal.
- [4] K. Ogata, *Modern Control Engineering*, Fifth Edition, New Jersey: Prentice Hall, 2011.
- [5] L. A. Subagyo, dan B. Suprianto, "Sistem Monitoring Arus Tidak Seimbang 3 Fasa Berbasis Arduino Uno," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 06, no. 03, pp. 213-221, 2017, <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jurnal-teknik-elektro/article/view/21224>.
- [6] M. Eriansyah, R. Erfa, dan C. Setianingsih, "Desain Dan Implementasi Sistem Panel Surya Menggunakan Aktuator Putar dan Deteksi Cahaya," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 8, no. 5, pp. 6122- 6129, 2021, <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/16229>.
- [7] N. Nurdiana, A. Azis, dan Perawati, "Perancangan Pengendali Temperatur pada Alat Pengereng Makanan Berbasis IoT," *Electrician: Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, vol. 16, no. 3, pp. 247-252, 2022, DOI: <https://doi.org/10.23960/elc.v16n3.2263>.
- [8] P. H. Duha, "Rancang Bangun Sistem Penggerak Panel Surya Menggunakan Sensor LDR Dan Motor Servo Berbasis Mikrokontroler," *Kumpulan Karya Ilmiah Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi*, vol. 1, no. 1, 2019. <https://jurnal.pancabudi.ac.id/index.php/fastek/article/view/1867>.