

Desain Sudut Elevasi Panel Surya Untuk Penerangan Jalan

¹⁾ Rosalina

¹⁾ Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA
Jl. Tanah Merdeka no.6 Kp. Rambutan, Pasar Rebo, Jakarta Timur
Telp.021-87782739, Fax. 021-87782739, Mobile +6281283069764
Website : <https://ft.uhamka.ac.id/> , E-mail : Rosalina@uhamka.ac.id

* Penulis Koresponden

Abstrak – Cahaya matahari yang muncul dipagi hari membawa molekul elektron yang akan meradiasikan sinarnya di sepenjuru permukaan bumi. Memanfaatkan radiasi sinar matahari ini akan kita dapatkan daya listrik yang dibawa oleh gelombang elektromagnetik, jikalau kita kenakan pada panel surya yang sudah kita siapkan dengan cara mengarahkannya tegak lurus terhadap gerak putar matahari. Desain sudut elevasi panel surya dengan menggunakan arduino ATmega2560 sebagai pengontrol system dan sensor panel surya untuk mengindra arah gerak matahari. Tujuan dari perancangan ini yaitu mencari radiasi yang maksimum berdasarkan waktu terbit dan terbenamnya matahari serta sudut azimuth dan elevasi sehingga meningkatkan pengisian baterai. Hasil dari pengujian panel surya dengan membuat aplikasi pemograman komputer dan merakit alat putar dengan menggunakan motor dan sensor surya yang dilakukan memperoleh daya terbesar pada pengujian kedua yaitu sebesar 1,01867 Watt, sehingga lama pengisian baterai memerlukan waktu ± 7 jam. Besar radiasi maksimum yang diterima pada panel surya berada di sudut 110° untuk azimuth, sedangkan untuk elevasi 1° yaitu sebesar $1233,0 (MJ/m^2/hari)$. Besar radiasi total yang diterima panel surya selama satu hari yaitu pada pengujian ketiga sebesar $10690,2448 Wms^{-2}$. Artinya dengan mengarahkan panel surya secara tegak lurus dapat memaksimalkan kerja dari panel surya tersebut.

Kata Kunci: Panel Surya, Sensor Panel Surya Mini, Sudut Elevasi Panel Surya

Abstract - Sun light that appears in the morning carries electron molecules which will radiate its rays across the surface of the earth. Utilizing this radiation from the sun, we will get the electric power carried by electromagnetic waves if we put it on the solar panel that we have prepared by directing it perpendicular to the rotating motion of the sun. The design of the solar panel elevation angle uses the Arduino ATmega2560 as a system controller and solar panel sensors to sense the direction of the sun's motion. The purpose of this design is to find the maximum radiation based on the time of sunrise and sunset as well as the azimuth and elevation angles so as to increase battery charge. The results of the solar panel testing by making a computer programming application and assembling a rotary device using a motor and solar sensor were obtained the greatest power in the second test, which was 1.01867 Watt, so that the battery charging time took ± 7 hours. The maximum radiation received on the solar panel is at an angle of 110° for azimuth, while for an elevation of 1° , it is $1233.0 (MJ/m^2/day)$. The amount of total radiation received by the solar panels for one day is $10690.2448 Wms^{-2}$ in the third test. This means that directing the solar panels perpendicularly can maximize the work of the solar panels.

Keywords: Solar Panel, Mini Solar Panel Sensor, Solar Panel Elevation Angle.

1 PENDAHULUAN

Teknologi panel surya yang didesain atas susunan semikonduktor tipe n dan tipe p mampu mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik DC. Karena kemampuannya ini maka panel surya

banyak dipilih sebagai sumber alternatif yang menyediakan tenaga listrik. Semisal untuk penerangan jalan, sumber energi alternatif untuk menyalakan lampu rumah jikalau PLN trouble, sumber pemanas untuk pembesaran DOC (Day Old Chicken) dan DOD (Day Old Duck).

Pemakaian lampu untuk penerangan jalan raya sangatlah efektif jikalau digunakan sumber tenaga surya karena tidak begitu diperlukan untuk dilakukan *maintenance* setiap hari. Pada lampu tenaga surya sudah dipasang sensor matahari yang akan secara otomatis akan menggerakkan relay *on-off* pada saat dibutuhkan. Pada siang hari relay akan berada pada posisi *off* dimana sumber listrik akan terputus ke beban dan sel surya secara otomatis akan bekerja menangkap gelombang elektromagnetik dari matahari untuk mengisi baterai dan pada malam hari *relay* akan secara otomatis posisi *on* untuk menghubungkan lampu dengan sumber baterai sehingga lampu menyala secara otomatis.

Pemasangan panel surya diberbagai tempat sebagian besar dipasang dalam kondisi tetap dengan sudut elevasi matahari lebih kurang 30^0 mengikuti arah terbitnya matahari sampai kondisi siang hari, dan kondisi sore hari mulai jam dua belas keatas gelombang elektromagnetik dari matahari terasa kecil dan tidak begitu efektif diterima oleh panel surya karena posisi dari matahari sudah membelakangi panel surya.

Untuk mengoptimalkan penangkapan gelombang elektromagnetik dari matahari maka dicari solusi agar radiasi matahari yang mengena papan panel selalu pada posisi tegak lurus karena itu dirancang satu alat penggerak panel surya untuk dapat memutar papan panel surya. Teknologi ini dirancang dengan menggandeng aplikasi program komputer sebagai perangkat lunak, sebagai kontrol untuk menggerakkan motor listrik dan sensor yang akan memutar dan mendeteksi keberadaan radiasi matahari.

Tujuan penelitian ini adalah mencari radiasi matahari yang paling optimum berdasarkan waktu terbit dan terbenamnya matahari serta sudut azimuth dan elevasi, sehingga meningkatkan kecepatan pengisian baterai.

2 LANDASAN TEORI

2.1 Radiasi Matahari

Banyaknya gelombang elektromagnetik yang dipancarkan dari matahari ke bumi dapat dinyatakan dalam luas permukaan yang dikenai sinar matahari persatuan waktu Watt / meter². Rata-rata nilai dari radiasi matahari yang mengenai atmosfer bumi adalah sebesar 1.353 W / m². Besarnya intensitas surya ini dipengaruhi oleh besaran waktu siklus perputaran bumi, dan juga dipengaruhi oleh kualitas dan kuantitas awan pada daerah tersebut.

Rata-rata energi matahari pada satu daerah dihitung berdasarkan rumus:

$$E = IxA \quad (1)$$

Dimana :

E= Daya listrik yang dihasilkan (Watt)

I = Intensitas radiasi surya rata-rata yang diterima selama 1 jam (W/m²)

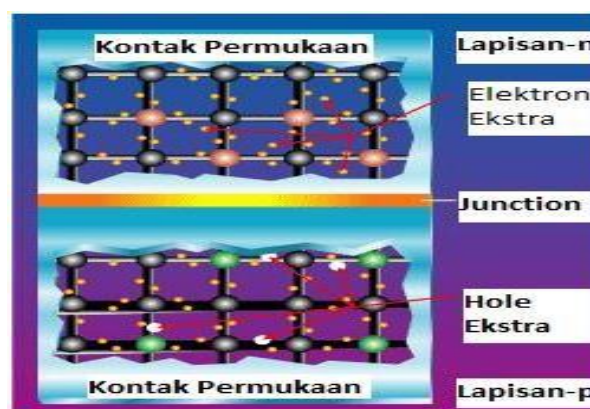
A= Luas Area permukaan panel (m²)

Radiasi dari matahari yang mengenai panel surya dapat dikelompokkan kedalam tiga bentuk radiasi yaitu *Diffuse Radiation* (menyebar), *Beam Radiation* (langsung), *Reflection radiation ground* (radiasi akibat dari pantulan tanah sekitar daerah panel surya).

2.2 Sel Surya

Sel surya adalah susunan dari beberapa sel *fotovoltaik* yang fungsinya mengubah gelombang elektromagnetik dari sinar matahari menjadi energi listrik. Gelombang elektromagnetik yang mengenai sel *fotovoltaik* dari bahan semikonduktor tipe n dan tipe p akan menghasilkan electron - elektron sehingga terbentuk arus listrik.

Cara kerja sel surya menggunakan prinsip *p-n junction* yaitu ikatan-ikatan atom diantara *junction* bahan semikonduktor tipe p mempunyai kelebihan *hole* (muatan positif) dan bahan semikonduktor tipe n mempunyai kelebihan elektron (muatan negatif). Dalam strukturnya diperlihatkan pada gambar 1.



Gambar 1 Junction Tipe-P dan tipe N

Sumber: <https://teknologisurya.wordpress.com>

Medan listrik yang terbentuk pada *junction* yaitu ketika bahan semikonduktor tipe p dan tipe n terhubung maka kelebihan elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe n ke semikonduktor tipe p sehingga terbentuk kutub positif pada n dan kutub negatif pada semikonduktor tipe p, selanjutnya akan dimanfaatkan sebagai arus listrik. Ilustrasi pembentukan arus listrik pada gambar 2:



Gambar 2 Ilustrasi cara Kerja Sel Surya
 Sumber: <https://teknologisurya.wordpress.com>

2.3 Mikrokontroler Arduino ATmega2560

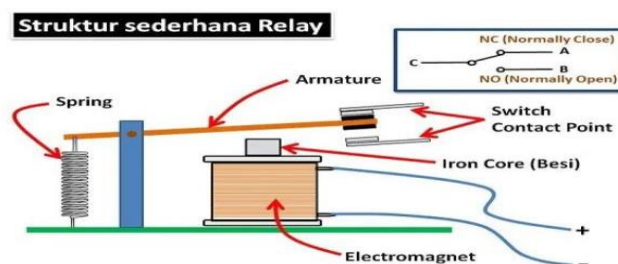
Mikrokontroler ATmega2560 berperan sebagai pengontrol yang tersusun atas komponen IC (*Integrated Circuit*) yang akan memanipulasi data (program) berdasarkan urutan instruksi program. Selain itu komponen lainnya seperti *Random Access Memory* (RAM), *Central Processing Unit* (CPU), Input/Output (I/O), *Electrically Erasable Programmable Read Only Memori* (EEPROM), *Timer* dan peralatan internal lainnya yang sudah saling terhubung terorganisasi dengan baik dalam satu chip bernama mikrokontroler.



Gambar 3 Arduino ATmega2560
 Sumber: <https://www.amazon.com>

2.4 Relay

Fungsi Relay sebagai saklar kontak elektromagnetik dengan arus yang sangat kecil adalah sebagai pemutus arus berlebih. Cara kerja relay diilustrasikan pada gambar di bawah ini:



Gambar 4 Relay

Sumber: <https://mitrekasatata.com/fungsi-dan-cara-kerja-relay>

Pada inti besi (*Iron core*) dililitkan kumparan. Ketika kumparan diberi arus listrik maka akan muncul gaya elektromagnet yang akan menarik *armature* untuk pindah yang sebelumnya NC (*Normaly close*) menjadi NO (*Normaly Open*). Sehingga saklar tersebut menghantarkan arus listrik di posisi NO, dan posisi *armature* menjadi terbuka (*OPEN*) yang artinya tidak terhubung.

Ketika rangkaian tidak diberi aliran listrik maka *armature* tersebut akan kembali lagi ke posisi awal NC (*Normaly Close*) yang artinya tertutup.

2.5 Inverter

Inverter adalah alat yang dibuat untuk mengkonversikan daya listrik dari DC menjadi AC. Beberapa besaran *output* dari inverter adalah bentuk gelombang, frekuensi, tegangan, dan output daya.



Gambar 5 Inverter

Sumber: <https://akhdanazizan.com/pengertian-power-inverter/>

2.6 LCD (*Liquid Crystal Display*)

Bahan dasar LCD adalah kristal cair yang dipakai untuk menampilkan tayangan. Sebenarnya LCD tidak memancarkan cahaya hanya mentransmisikan dan merefleksikan cahaya yang melewatinya. Dalam kerjanya LCD memerlukan cahaya *backlight* sebagai sumber cahaya.

Fungsi kristal cahaya sebagai cairan organik terletak antara dua kaca permukaan yang transparan.



Gambar 6 Susunan Dasar LCD

Sumber: <https://teknikelektronika.com/pengertian-lcd-liquid-crystal-display-prinsipkerja-lcd/>

2.7 Motor DC Servo

Motor DC servo adalah motor yang prinsip kerjanya berdasarkan sinyal modulasi lebar pulsa (*Pulse Wide Modulation/PWM*) yang dihubungkan lewat kabel kontrol. Kabel kontrol ini akan memberikan pulsa sinyal untuk menentukan posisi sudut putaran motor servo.

Misalnya pada lebar pulsa dengan waktu 1,5 ms (mili sekon) akan memutar poros servo dengan posisi sudut 90°. Apabila waktu lebar pulsa lebih besar (lebih dari 1,5 ms) maka poros akan berputar pada posisi 180° (putar searah jarum jam). Waktu lebar pulsa kecil (kurang dari 1,5 ms) maka akan berputar ke posisi 0° atau putar kiri (berlawanan arah jarum jam)

(sumber: blogspot.com/2018/03/pengertian-motor-servo-dan-jenis-motor.html)



Gambar 7 Motor Servo

Sumber: <http://bamzelka.blogspot.co>

2.8 Sensor Kompas GY-271 HMC5883L

Modul ini didesain untuk mendeteksi medan magnet disekitar sensor dengan menggunakan

Copyright © 2020 FT-UHAMKA. - All rights reserved
DOI: 10.22236/teknoka.v5i.363

interface digital. Output data sensor akan didapat nilai tegangan yang berbeda-beda pada tiga axis yaitu hasil dari kalkulasi medan magnet dari setiap arah yang berbeda.

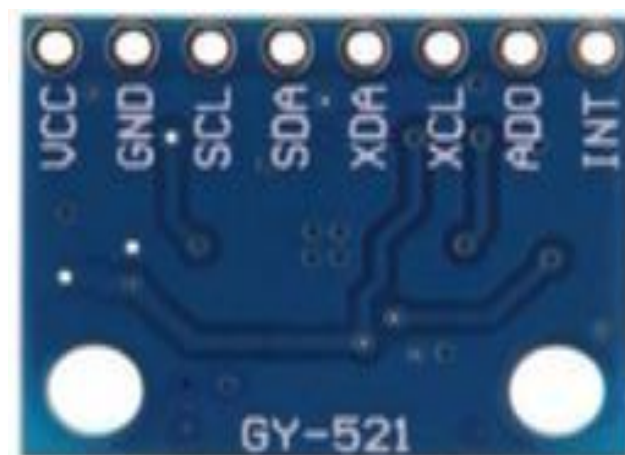


Gambar 8 Sensor Kompas GY-271 HMC5883L

2.9 Sensor Accelerometer

Pada dasarnya accelerometer digunakan untuk mengukur kecepatan dan percepatan proses suatu objek juga untuk mendeteksi getaran.

Dalam hal pengukuran sensor ini bersifat dinamis yaitu pengukuran terhadap objek bergerak dan juga bersifat statis untuk pengukuran terhadap gravitasi bumi.



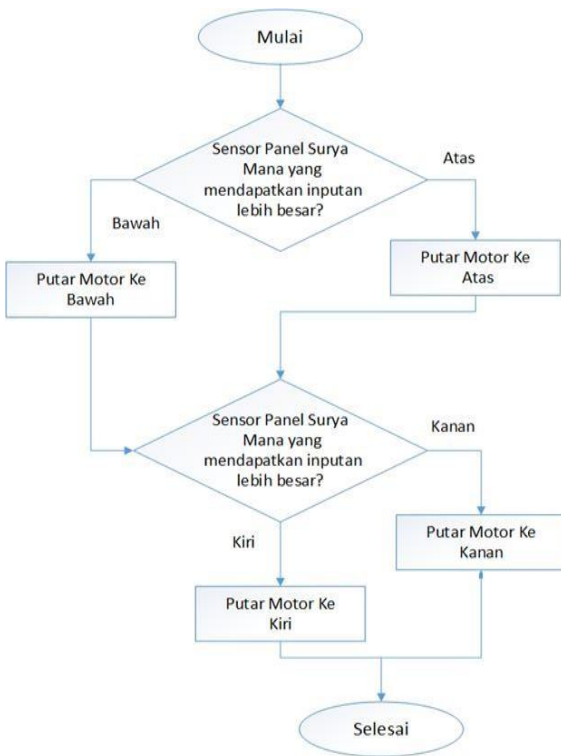
Gambar 9 Accelerometer

Sumber: (Arduino.acc)

3. METODE PENELITIAN

3.1 Kerangka Penelitian

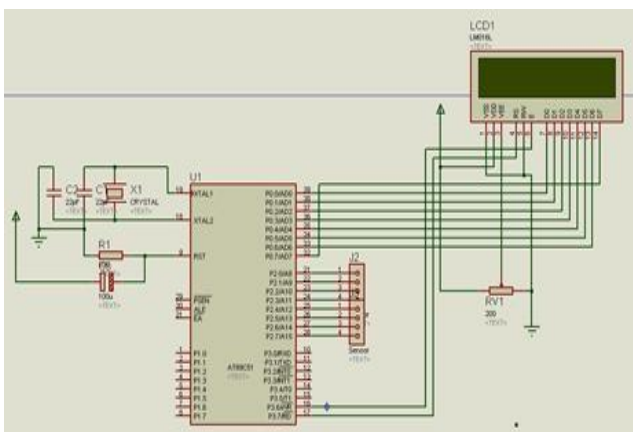
Langkah-langkah penelitian dapat dilihat pada bagan gambar 10:



Gambar 10 Kerangka Penelitian

3.1.1 Rangkaian Sensor dan Penampil LCD

Gambar 11 merupakan skematik dari sensor dan penampil LCD. Rangkaian ini terdiri atas sensor panel surya mini dan LCD Kristal 16x2 yang berfungsi sebagai penampilan data yang diperoleh dari sensor panel surya mini. Rangkaian ini terdiri dari LCD 16x2, dan 4 buah sensor mini panel surya mini.



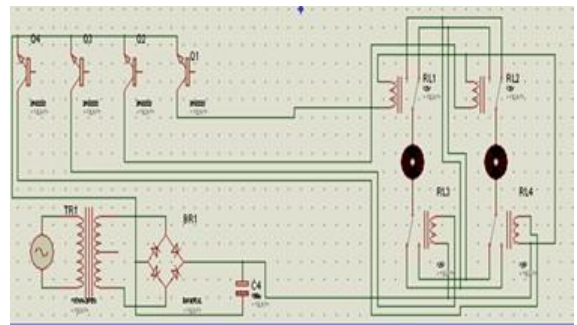
Gambar 11 Rangkaian Sensor Dan Penampil LCD

Xtal 1 dan xtal 2 adalah rangkaian kristal yang merupakan pusat control dari alat ini. Sedangkan rst digunakan untuk reset. Pada P0.0/ AD0 sampai P0.0/AD7 adalah pin untuk LCD sedangkan pada P2.0/ A8 sampai P2.3/A11 merupakan pin untuk

sensor panel surya mini. Dan yang terakhir dari pin P2.4/A12 adalah pin untuk sensor LDR.

3.1.2 Rangkaian Motor DC

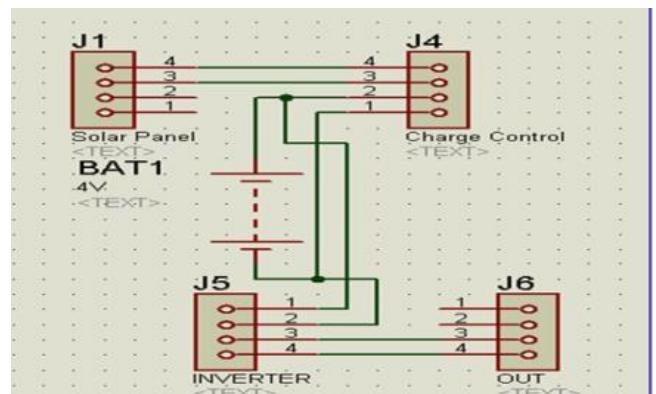
Gambar 12 merupakan rangkaian motor DC. Dengan Rangkaian ini kita memutar solar panel secara vertical dan Horizontal menggunakan dua buah Motor DC. Masing-masing motor DC digunakan 2 buah relay untuk membalik polaritasnya dan juga sebuah transistor untuk *switching* relay dan sebuah catu daya dibawah relay untuk mengaktifkan rangkaian tersebut.



Gambar 12 Rangkaian Motor DC

3.1.3 Rangkaian Baterai

Gambar 13 merupakan rangkaian baterai. Rangkaian Baterai ini terdiri atas Solar Panel, *Charger control* dan Inverter. Output. dari solar panel ada 2 polaritas yaitu positif dan negatif yaitu dari kaki 3 dan kaki 4 kaki 1 dan 2 tidak dipakai. Lalu masuk ke pin 3 dan 4 pada *charge control* yang merupakan input dari *charge control*. Lalu output dari *charge control* pin 1 dan 2 melakukan pengisian baterai dan dari baterai di inverter supaya tegangannya naik masuk ke pin 1 dan 2 lalu keluaran dari inverter kaki 3 dan 4 disamping ke lampu.



Gambar 13 Rangkaian Baterai

3.1.4 Desain Sudut Elevansi Panl Surya

Gambar 13 merupakan desain peletakan panel surya dalam tampak depan. A merupakan LCD yang digunakan sebagai piranti penampil data. B merupakan arduino ATmega2560 yang merupakan pusat kontrol untuk mengontrol seluruh komponen yang ada. C adalah baterai yang digunakan untuk menyimpan daya yang dihasilkan oleh panel surya untuk menyalakan lampu. D merupakan 2 buah panel surya mini yang disusun sejajar berukuran 26mm x 52mm 10 WP. E adalah panel surya yang digunakan sebagai sensor dalam perancangan ini. Ada 4 buah panel yang diletakan berlawanan arah untuk mendeteksi arah gerak matahari. Sehingga, diharapkan panel selalu tegak lurus dengan matahari. F adalah saklar untuk menyalakan sistem. G adalah servo yang digunakan untuk memutar panel surya. Ada 2 buah servo pada sistem ini, servo yang 1 untuk memutar panel dengan sudut azimuth sedangkan servo kedua digunakan untuk memutar panel dengan sudut elevasi, H adalah lampu LED.



Gambar 14 Desain Dari Sistem PLTS

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Alat

Pengujian alat ini yaitu dengan menggunakan empat buah sensor panel surya mini dengan ukuran 26mm x 55mm x 10 WP. Sensor ini diletakan berlawanan arah, dan sensornya akan membandingkan tenaga surya yang diterima dari masing-masing sensor. Apabila ada perbedaan tenaga matahari maka akan memberikan sinyal kepada mikrokontroler sehingga mikrokontroler akan memproses data dan motor menggerakkan solar

panel ke arah sensor yang lebih banyak menerima tenaga matahari. Setelah itu panel surya akan menghadap tegak lurus ke arah matahari. Sehingga baterai akan mendapatkan suplay daya yang optimum.

Pada kondisi hujan, mendung, gerhana mengakibatkan baterai tidak mencukupi kebutuhan untuk menyalakan lampu penerangan. Maka pada saat baterai habis, *coil* tidak akan mendapatkan daya dari baterai yang mengakibatkan posisi relay berpindah dari NO ke NC sehingga membuat lampu tetap menyala dengan suplay dari PLN.

4.2 Pengaruh Waktu Terhadap Perubahan Sudut Elevasi Panel Surya

Hasil pengujian dari perancangan alat sensor dan motor yang diletakkan pada beberapa posisi yang dibantu dengan aplikasi program komputer maka diperoleh data tabel di bawah ini:

Tabel 1 Pengujian Sudut

No	Waktu Pengujian	Pengujian Sudut Pertama (°)		Pengujian Sudut Kedua (°)		Pengujian Sudut Ketiga (°)	
		Azimuth	Elevasi	Azimuth	Elevasi	Azimuth	Elevasi
1.	08:00:00	110	-50	110	-49	110	-49
2.	09:00:00	110	-38	110	-38	110	-38
3.	10:00:00	110	-24	110	-24	110	-23
4.	11:00:00	110	-8	110	-8	110	-8
5.	12:00:00	110	1	110	-1	110	-2
6.	13:00:00	110	19	110	22	110	20
7.	14:00:00	110	31	110	32	110	31
8.	15:00:00	110	48	110	48	110	48
9.	16:00:00	110	61	110	61	110	61

Berdasarkan Tabel 1 sudut Azimuth berada di posisi 110° sedangkan untuk sudut elevasi mulai dari -50°- 61°. penelitian dimulai pukul 8:00 karena mulai 8:10 matahari sudah tinggi. Dan pada saat pukul 16:00 matahari mulai terbenam. Sudut azimuth panel surya merupakan sudut putar arah dari arah barat hingga timur. Sudut azimuth mulai dari 0°–360°. Sedangkan Sudut elevasi adalah sudut kemiringan terhadap permukaan datar.

4.3 Pengaruh Waktu Terhadap Radiasi yang Diterima Panel Surya

Pengaruh waktu terhadap radiasi yang diterima panel surya terlihat dari tabel 2 pada pengujian pertama dapat dilihat bahwa pada pukul 08:00 mendapatkan radiasi 821,0 (MJ/m²/hari). Sedangkan

pukul 10.00 panel surya mendapatkan radiasi sebesar 100,3 (MJ/m²/hari). Titik puncaknya berada pukul 12.00 radiasi yang diterima panel surya sebesar 1233,0 (MJ/m²/hari). Pada sore hari sekitar pukul 14.00 radiasi yang diterima panel surya sebesar 571, ini dikarenakan cuaca sedang mendung.

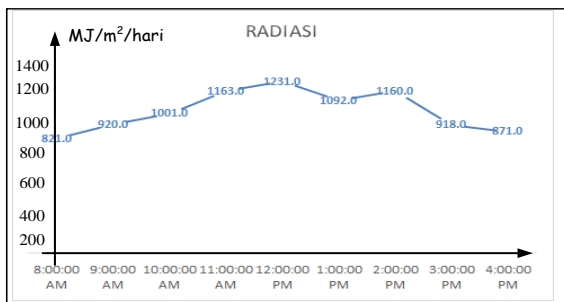
Perbedaan yang paling menonjol dengan pengujian pertama yaitu pada saat sore hari. Karena, pada saat pengujian pertama cuaca mendung sedangkan untuk pengujian ke dua dan ketiga cuaca cerah.

Dari hasil ketiga pengujian juga dapat dilihat titik puncak radiasi yang diterima panel surya yaitu pukul 12.00. Untuk radiasi terbesar yang diterima panel itu pada pengujian pertama dan kedua. Ini menjelaskan bahwa, waktu berpengaruh terhadap radiasi yang diterima panel surya. Pada tabel 2 merupakan hasil pengujian pertama hingga ketiga untuk radiasi yang diterima panel surya.

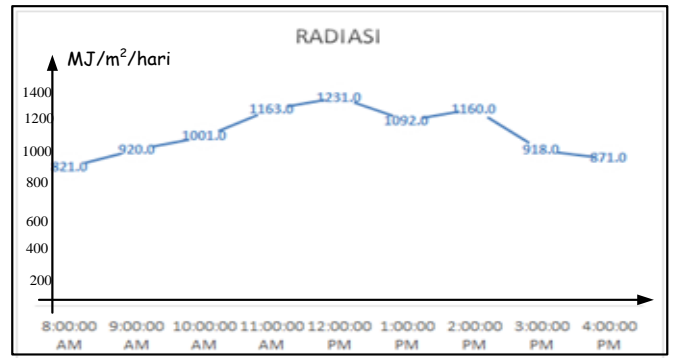
Tabel 2 Pengujian Radiasi Yang Diterima Panel

No.	Waktu Pengujian	Radiasi Yang Diterima (MJ/m ² /hari)		
		Pengujian Pertama	Pengujian Kedua	Pengujian Ketiga
		1.	08:00:00	821,0
2.	09:00:00	920,0	920,0	920,0
3.	10:00:00	1000,0	1003,0	1001,0
4.	11:00:00	1163,0	1163,0	1163,0
5.	12:00:00	1233,0	1233,0	1231,0
6.	13:00:00	1224,0	1224,0	1092,0
7.	14:00:00	571,0	1160,0	1160,0
8.	15:00:00	513,0	918,0	918,0
9.	16:00:00	631,0	871,0	871,0
	Σ	8076,0	9313,0	9177,0

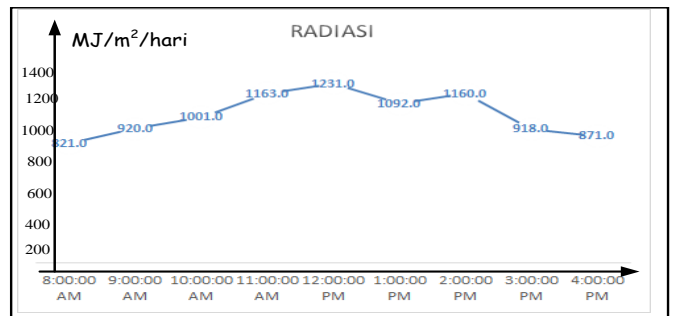
Pada Gambar 15, 16, 17 merupakan grafik dari pengaruh waktu terhadap radiasi matahari pada panel surya.



Gambar 15 Radiasi yang Diterima Panel Hari Ke-1



Gambar 16 Radiasi yang Diterima Panel Hari Ke-2



Gambar 17 Radiasi Yang Diterima Panel hari ke 3

Berdasarkan grafik tersebut juga dapat disimpulkan bahwa radiasi yang diterima panel bergantung terhadap waktu. Semakin siang maka semakin besar juga radiasi yang diterima panel. Untuk titik puncak radiasi yang diterima panel yaitu pada pukul 12.00. Sedangkan untuk radiasi yang terkecil yaitu pada pagi hari yaitu pukul 08.00. Sedangkan pada Tabel 3 merupakan radiasi total yang diterima panel.

Tabel 3 Radiasi Total Yang Diterima Panel

No.	Waktu Pengujian	Radiasi Total Yang Diterima Panel (MJ/m ² /hari)		
		Pengujian Pertama	Pengujian Kedua	Pengujian Ketiga
		1.	08:00:00	1227,902
2.	09:00:00	1446,8	1446,8	1446,8
3.	10:00:00	977,6189	977,6189	977,3124
4.	11:00:00	1118,181	1118,181	1118,181
5.	12:00:00	1047,014	1047,014	1046,731
6.	13:00:00	1287,634	1287,634	1279,821
7.	14:00:00	1430,762	1435,783	1435,783
8.	15:00:00	863,3866	929,8124	929,8124
9.	16:00:00	1227,902	1227,902	1227,902
10.	Σ =	10627,2016	10698,6464	10690,2448

4.4 Pengaruh Waktu Terhadap Arus dan Tegangan yang Diterima Panel Surya

Pada tabel 4 merupakan hasil pengujian dari panel surya dapat ditampilkan dalam hubungan arus dan tegangan. Dari hasil pengujian arus dan tegangan yang dihasilkan panel surya selalu naik turun.

Pada pengujian pertama pukul 12.00 tegangan mencapai maksimum yaitu 5,8 V dan arus yang dihasilkan oleh panel surya 269 mA. Nilai tegangan dan arus untuk pengujian dipagi hari pukul 08.00 rendah yaitu 175 mA untuk arus, sedangkan untuk tegangan 4,3 v. Semakin siang mengalami kenaikan sampai nilai tertinggi kemudian mengalami penurunan pada sore hari yaitu 157,0 mA untuk arus sedangkan untuk tegangan 3,8 V. Hal ini disebabkan oleh perbedaan nilai intensitas radiasi yang diterima panel surya setiap waktunya.

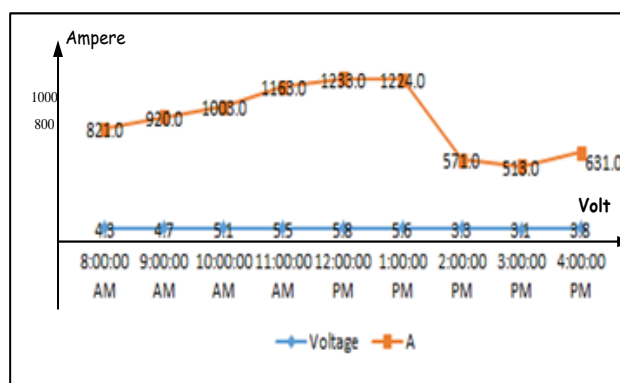
Nilai-nilai tegangan dan arus titik daya maksimum tertinggi yang terjadi pada panel surya karena, radiasi pada matahari tegak lurus terhadap bidang panel surya. Begitu juga dengan pengujian kedua dan ketiga arus dan tegangan yang diterima panel surya selalu naik turun.

Pada pengujian kedua dan ketiga pada pukul 08.00 arus dan daya yang diterima adalah 175 mA untuk arus sedangkan untuk tegangan 4,3 V. Sedangkan pada titik puncaknya pukul 12.00 ada selisih untuk penerimaan arus. Namun, untuk selisihnya hanya 0,3 yaitu 266 mA untuk pengujian kedua dan untuk pengujian ketiga 269 mA. Untuk daya yang dihasilkan pada pengujian kedua dan ketiga pada saat titik puncaknya sama yaitu 5,8v.

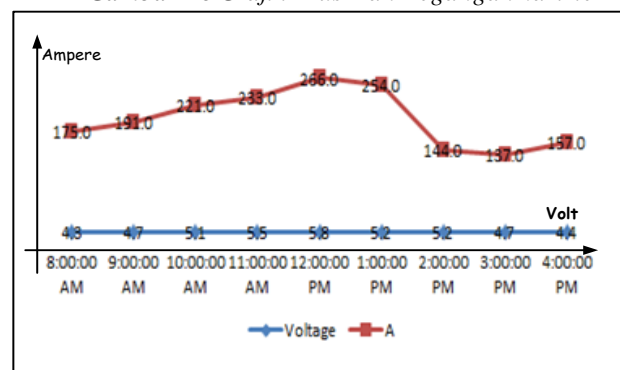
Tabel 4 Pengujian Arus dan Tegangan Yang Diterima Panel

No.	Waktu Pengujian	Arus(mA) dan Tegangan(v) Yang Diterima Panel					
		Pengujian Pertama		Pengujian Kedua		Pengujian Ketiga	
		I	V	I	V	I	V
1.	08:00:00	175,0	4,3	175,0	4,3	175,0	4,3
2.	09:00:00	191,0	4,7	191,0	4,7	191,0	4,7
3.	10:00:00	221,0	5,1	221,0	5,1	221,0	5,1
4.	11:00:00	233,0	5,5	233,0	5,5	233,0	5,5
5.	12:00:00	269,0	5,8	266,0	5,8	269,0	5,8
6.	13:00:00	254,0	5,6	254,0	5,2	254,0	5,6
7.	14:00:00	144,0	3,3	144,0	5,2	144,0	5,5
8.	15:00:00	137,0	3,1	137,0	4,7	137,0	4,7
9.	16:00:00	157,0	3,8	157,0	4,4	157,0	4,4

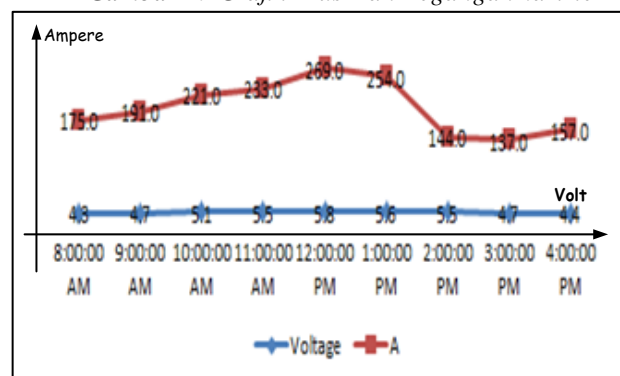
Grafik dari pengaruh waktu terhadap tegangan dan arus yang dihasilkan panel surya setiap jamnya.



Gambar 18 Grafik Arus Dan Tegangan hari ke 1



Gambar 19 Grafik Arus Dan Tegangan hari ke 2



Gambar 20 Grafik Arus Dan Tegangan hari ke 3

Tabel 5 dicatat berdasarkan radiasi yang diserap panel, kemudian panel surya akan mengubah radiasi tersebut menjadi tegangan dan arus. Data pengujian pertama menunjukkan bahwa radiasi maksimum matahari yang diterima adalah pukul 12.00. Radiasi yang diterima panel surya sebesar 1233 (MJ/m²/hari). Pada saat itu panel surya mampu menghasilkan tegangan 5,8Volt dan Arus 269 mA, sehingga untuk menghitung daya yang dihasilkan oleh panel surya dengan menggunakan rumus $P = V \times I$.

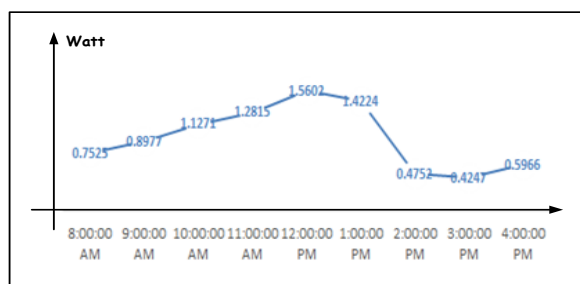
Berdasarkan grafik di bawah ini daya yang diterima panel setiap waktunya selalu berubah, hal ini

tergantung dari kondisi alam yang terjadi, mungkin mendung hujan dan sebagainya.

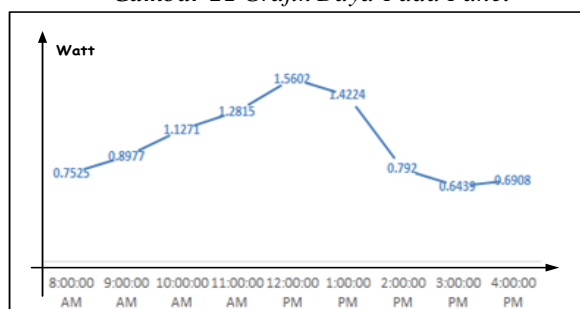
Tabel 5 Daya yang Dihasilkan Panel

No.	Waktu Pengujian	Daya Keluaran Dari Panel Surya (Watt)		
		Pengujian Pertama	Pengujian Kedua	Pengujian Ketiga
1.	08:00:00	0,7525	0,7525	0,7525
2.	09:00:00	0,8977	0,8977	0,8977
3.	10:00:00	1,1271	1,1271	1,1271
4.	11:00:00	1,2815	1,2815	1,2815
5.	12:00:00	1,5602	1,5602	1,5428
6.	13:00:00	1,4224	1,4224	1,3208
7.	14:00:00	0,4752	0,792	0,7488
8.	15:00:00	0,4247	0,6439	0,6439
9.	16:00:00	0,5966	0,6908	0,6908

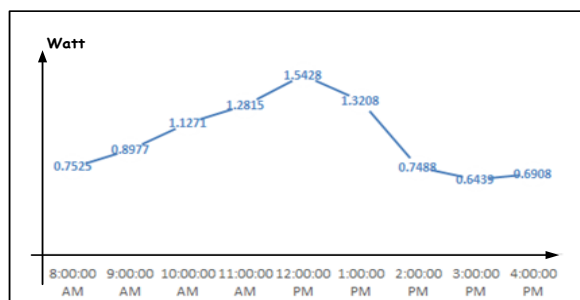
Gambar 19, 20, 21, merupakan gambar grafik daya yang diterima panel setiap jamnya.



Gambar 21 Grafik Daya Pada Panel



Gambar 22 Grafik Daya Pada Panel



Gambar 23 Grafik Daya Pada Panel

5. KESIMPULAN

1. Dari hasil pengujian diketahui bahwa, perolehan daya terbesar pada pengujian kedua yaitu sebesar 1,01867 Watt, sehingga untuk lama pengisian baterai memerlukan waktu ± 7 jam.
2. Besar radiasi maksimum yang diterima pada panel surya berada di sudut 110° untuk azimuth, sedangkan untuk elevasi 1° yaitu sebesar 1233,0 (MJ/m²/hari).
3. Besar radiasi total yang diterima panel surya selama satu hari yaitu pada pengujian ketiga sebesar 10690,2448Wms⁻².

DAFTAR PUSTAKA

1. Y. Widiatmoko, "Prototype Pemanfaatan Solar Cell Sebagai Sumber Energi Pada Sistem Otomatisasi Lampu Penerangan Taman."
2. W. Roni Syafrialdi, "Rancang Bangun Solar Tracker Berbasis Mikrokontroler Atmega8535 Dengan Sensor Ldr Dan Penampil Lcd," vol. 4, no. 2, pp. 113–122, 2015.
3. D. Suryana, "Otomatisasi pada Panel Surya menggunakan Sistem Tracking Aktif Tipe Single-Axis Automation Single Axis Type of Active System Tracking on," vol. 2, no. 1, 2016.
4. B. Sitorus, I. H. Tumaliang, and L. S. P. St, "Perancangan Panel Surya Pelacak Arah Matahari Berbasis Arduino Uno," vol. 5, no. 3, pp. 1–12, 2015.
5. F. Riskiya, "Sensor Cahaya," 2015.
6. K. Pangestuningtyas, D L, Hermawan, "Analisis Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya Terhadap Radiasi Matahari Yang Diterima Oleh Panel Surya Tipe Larik Tetap," vol. 2 NO. 4, pp. 0–7, 2013.
7. H. Asy'ari, Jatmiko, and Angga, "Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Surya," pp. 52–57, 2013.
8. B. Yuwono, "Optimalisasi Panel Sel Surya Dengan Menggunakan Sistem Pelacak Berbasis Mikrokontroler AT89C51,".
9. A. E. Dewi, "Optimalisasi Rangkaian Panel Sel Surya Dengan Menggunakan Battery pb-acid Sebagai Sistem Penyimpanan Energi Surya."
10. K. Fadhlullah, "Rancang Bangun Solar Tracking Sistem Berbasis Arduino," 2017.
11. L. N. Zulita, "Perancangan Murtal Otomatis Menggunakan Mikrokontoller Arduino Mega 2560," vol. 12, no. 1, pp. 89–98, 2016.
12. M. Saleh, "Rancang Bangun Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Relay," vol. 8, no. 3, pp. 181–186, 2017.

13. S. Nasution, J. T. Elektro, and P. N. Jakarta, "Analisis Sistem Kerja Inverter untuk Mengubah Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa sebagai Driver Robot," vol. 3, no. 2, pp. 139–143, 2012.
14. A. Priyono, "Rancang Bangun Penggerak Panel surya Mengikuti Matahari Secara Vertikal Di," vol. 78124, no. 0561.
15. H. E. Hardianto and R. S. Rinaldi, "Perancangan Prototype Penjejak Cahaya Matahari Pada Aplikasi Pembangkit Listrik," vol. 2, no. September, pp. 208–215, 2012.
16. M. T. Kantori, Z. Sugianto, M. I. Nugraha, and A. Febriansyah, "Mobile Robot Pemain Bola : Aplikasi Pada KRSBI 2017," 2017.
- and U. T. Umar, "Penentuan Kemiringan Sudut Optimal," vol. 3, pp. 123–131, 2017.
18. K. J. Pangestuningtyas Diah L, Hermawan, "Analisis Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya Tipe Array Tetap terhadap Energi yang Dihasilkan pada Solar Home System (SHS)."
19. S. Pandey, "Solar Panel Tracking Control," no. July, 2016.
20. S. V. Larios, Leonardo , Bryce Smith, "Sun Tracking Solar Panel," no. 35, 2017.
21. E. Liedholm, "Tracking the maximum power point of solar panels,".