

ANALISIS KARAKTERISTIK DAN FAKTOR-FAKTOR LUAR YANG MEMPENGARUHI KINERJA *PHOTOVOLTAIC* JENIS *POLYCRISTALLINE* BERUKURAN 6CM X 11CM X 0.25CM

*ANALYZE OF CHARACTERISTIC AND EXTERNAL FACTORS WHICH INFLUENCING OF
POLYCRISTALLINE PHOTOVOLTAIC WORKS WITH THE SIZE 6CM X 11CM X 0.25CM*

Sulthan Mahdy G¹, Dr. Muhammad Reza.², Cahyantarie Ekaputri S.T., M.T.,³

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

¹sulthanmahdyg@gmail.com, ²muhhammad.reza@gmail.com, ³cahyantarie@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Dewasa ini, banyak masyarakat yang memakai energi terbarukan. Selain ramah lingkungan, energi ini tidak memiliki efek samping pada lingkungan itu sendiri. Salah satu energi yang gencar dikembangkan secara masif adalah sel surya. Selain mudah pengaplikasiannya, saat ini sel surya sudah banyak beredar di pasaran. Namun, ada banyak Akan tetapi ada banyak faktor yang mempengaruhi kinerja sel surya itu sendiri, baik itu faktor dari dalam maupun luar.

Pada penelitian kali ini, penulis akan menganalisis bagaimana pengaruh dari faktor-faktor luar seperti perubahan sudut datang cahaya, perubahan temperatur, dan perubahan intensitas cahaya. Nantinya pengujian menggunakan sel surya jenis polikristal dan dilakukan pada sebuah kotak akrilik yang diberi sumber cahaya berupa lampu LED berdaya 15Watt.

Dari pengamatan dan analisis faktor-faktor di atas, didapatkan hasil bahwasanya keluaran yang didapat pada saat temperatur 24.19°C dengan sudut dan jarak dibuat tetap yaitu 4.817V dan 0.006922029W, dan pada saat temperatur 40.38 °C sebesar 4.23V dan 0.001427A. Penurunan nilai tegangan dan daya adalah 0.14774V/ °C dan 0.0002W/ °C. Pada jarak 5cm dengan sudut dan temperatur dibuat tetap yaitu 5.99V dan 0.017997W, dan pada jarak 150cm adalah 0.685V dan 0.00024A. Penurunan tegangan dan daya adalah 0.0315V/cm dan 0.000024W/cm. Rata-rata efisiensi yang dihasilkan oleh sel surya berkisar 0.07%. Pada sudut 90° (tegak lurus) dengan temperatur dan jarak dibuat tetap yaitu 4.597V dan 0.005824399W dan pada sudut 0° adalah 2.738V dan 0.000234A. Penurunan tegangan dan daya adalah 0.093V/derajat dan 0.000099W/derajat. Untuk pengujian sudut datang cahaya matahari, untuk sudut 90° (tegak lurus) dengan temperatur dan jarak dibuat tetap yaitu 6.48V dan 0.0481A. Untuk sudut 0° adalah 5.85V dan 0.0133A. Terjadi penurunan tegangan dan daya 0.14V/derajat dan 0.0044W/derajat

Kata kunci : sel surya, polikristal, temperatur, intensitas cahaya, sudut datang cahaya

Abstract

Today, there are many people who use renewable energy. In addition to being environmentally friendly, this energy has no side effects on the environment itself. One of the energy that is being developed massively is solar cells. In addition to its easy application, currently solar cell available on the market. However, there are many but there are many factors that affect the performance of solar cells themselves, including internal and external factor.

In this study, the author will analyze how the influence of external factors such as changes in the angle of incidence of light, changes in temperature, and changes in light intensity. Later the test uses polycrystalline solar cells and is carried out on an acrylic box which is given a light source in the form of a 15Watt LED lamp.

From the observation and analysis of the above factors, the results obtained that the maximum output obtained at a temperature of 24.19°C with a fixed angle and distance is 4.817V and 0.006922029W, and at temperatures of 40.38 °C is 4.23V and 0.001427A. The decrease in voltage and power values is 0.14774V / °C and 0.0002W / °C. At a distance of 5cm with angles and temperatures made fixed that is 5.99V and 0.017997W, and at a distance of 150cm is 0.685V and 0.00024A. The decrease in voltage and power is 0.0315V / cm and 0.000024W / cm. The average efficiency produced by solar cells ranges from 0.07%. At an angle of 90° (perpendicular) the temperature and distance are fixed at 4.597V and 0.005824399W and at 0° angles are 2.738V and 0.000234A. Voltage drop and power are 0.093V / degree and 0.000099W / degree. For testing the angle of arrival of the sun, for an angle of 90° (perpendicular) with temperature and distance fixed is 6.48V and 0.0481A. The 0° angle is 5.85V and 0.0133A. There is a decrease in voltage and power is 0.14V / degree and 0.0044W / degree.

Keywords: solar cell, polycrystalline, temperature, irradiance, angle of light

1. Pendahuluan

Saat ini kebutuhan energi listrik di Indonesia kian hari kian melonjak tajam. Sehingga banyak orang mulai beralih pada sumber energi yang tidak bisa habis. Salah satu bentuk pemanfaatan energi terbarukan dengan membangkitkan energi radiasi matahari menjadi energi listrik menggunakan sel surya.

Sel surya sendiri adalah sebuah perangkat khusus yang digunakan untuk menangkap sinar matahari dan mengubahnya secara langsung menjadi listrik dengan keluaran tegangan DC (arus searah). Pada umumnya sel surya dibuat oleh material yang bersifat semi-konduktor, sehingga diharapkan mampu menyerap cahaya sinar matahari lebih efektif.

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan sebuah wadah yang terbuat dari kaca. Di dalam kaca tersebut akan disusun sel surya serta beberapa alat pendukung seperti lampu 15W, sensor-sensor, dan mikrokontroler. Tujuannya sendiri agar memudahkan penelitian dalam memodifikasi lingkungan yang diinginkan dalam penelitian ini. Pada penelitian ini yang akan diteliti adalah pengaruh perubahan sudut terhadap voltase keluaran sel surya, pengaruh perubahan temperatur terhadap voltase keluaran sel surya, dan pengaruh perubahan intensitas cahaya terhadap voltase keluaran sel surya.

2. Dasar Teori /Material dan Metodologi/perancangan

2.1. Prinsip Kerja Sel Surya

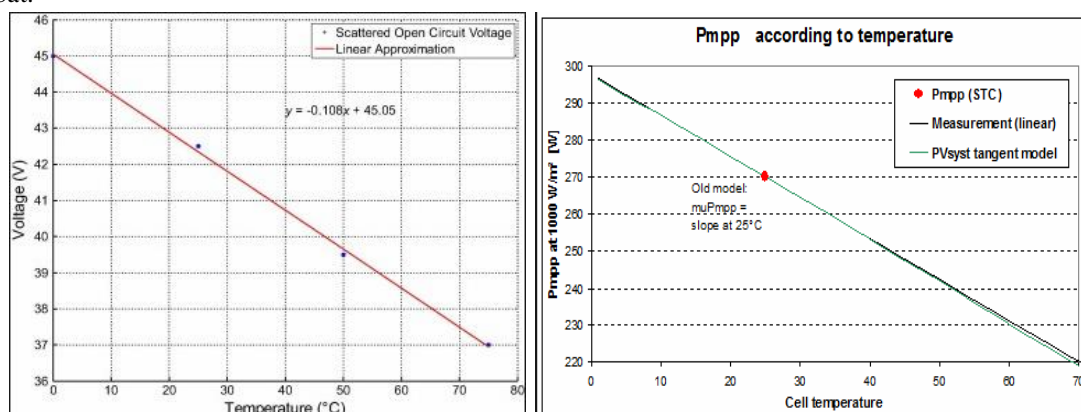
Sel surya, adalah suatu sistem yang digunakan untuk mentransfer energi cahaya yang dimiliki matahari menjadi energi listrik melalui alat bermaterialkan semikonduktor. Sistem *photovoltaic* sendiri didasari oleh prinsip efek *photovoltaic*. Efek *photovoltaic* didefinisikan sebagai fenomena suatu sel *photovoltaic* (sel surya) dapat menyerap energi cahaya dan mengubahnya menjadi energi listrik. Prinsip kerja semi-konduktor sebagai sel surya sendiri mirip dengan *PN-junction* pada dioda. *PN-junction* sendiri adalah lapisan semi-konduktor jenis P dan N yang diperoleh dengan cara doping pada silikon murni. Jika bagian P dihubungkan ke kutub positif baterai dan bagian N dihubungkan ke kutub negatif baterai, Kondisi ini dinamakan panjar maju. Dalam kondisi panjar mundur, sebenarnya terdapat 2 efek yang terjadi dalam kondisi tersebut, yaitu efek fotokonduktif dan *photovoltaic*. Penyerapan energi cahaya pada kondisi panjar mundur inilah yang menyebabkan adanya arus listrik pada *PN-junction* disebut efek *photovoltaic*.

2.2 Panjang Gelombang Cahaya

Tidak semua cahaya di bumi ini dapat dilihat oleh mata kita. Hanya spektrum yang kasat mata saja yang bisa kita lihat secara langsung. Salah satu hal yang mempengaruhi spektrum cahaya kasat mata adalah panjang gelombang cahaya. Panjang gelombang cahaya nantinya akan mempengaruhi efisiensi sel surya. Semakin kecil nilainya, maka nilai efisiensinya semakin besar.

2.3 Pengaruh Temperatur terhadap Kinerja Sel Surya

Temperatur pada sel surya sangat mempengaruhi perpindahan elektron. Hal ini dikarenakan komponen semikonduktor pada sel surya sangat sensitif terhadap perubahan temperatur. Ketika temperatur semakin naik, maka *band gap* semi-konduktor menurun, sehingga nilai resistansi semakin meningkat dan perpindahan elektron semakin melambat.



Gambar 1. Kurva Tegangan dan Daya Terhadap Temperatur

(Sumber : https://www.researchgate.net/figure/HIT-solar-panel-open-circuit-voltage-vs-temperature_fig22_283807259
http://files.pvsyst.com/help/pvmodule_tempefficients.htm)

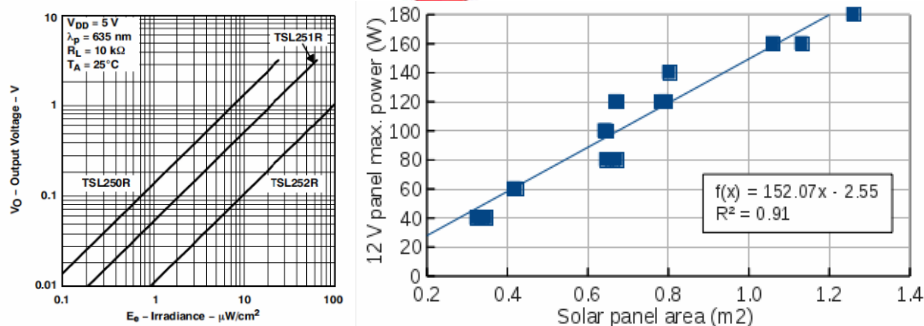
2.4 Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Kinerja Sel Surya

Intensitas cahaya, adalah ukuran banyaknya cahaya matahari yang jatuh di penampang sel surya. Intensitas cahaya sangat mempengaruhi kerja sel surya, karena output yang akan dihasilkan oleh sel surya akan bergantung pada perubahan intensitas cahaya itu sendiri. Intensitas sendiri dirumuskan seperti rumus (2.1).

$$E_e = \frac{\partial \Phi_e}{\partial A} \dots \dots \dots (1)$$

- dimana E_e = Intensitas cahaya (W/m^2)
- ∂ = simbol bagian derivatif
- Φ_e = Fluks radiasi yang diterima (W)
- A = Luas permukaan yang dikenai cahaya (m^2)

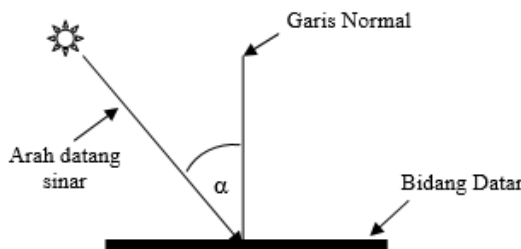
Jika kita perhatikan Gambar 2 keluaran tegangan dari sel surya berbanding lurus dengan intensitas cahaya. Perubahan intensitas cahaya lebih mempengaruhi arus keluaran dibanding tegangan keluaran. Hal ini menunjukkan pada saat intensitas tinggi, jumlah foton akan banyak dan arus yang dihasilkan juga besar. Begitu pula sebaliknya, saat intensitas rendah, jumlah foton akan kecil dan arus yang dihasilkan kecil. Sehingga arus yang dihasilkan berbanding lurus dengan jumlah foton.



Gambar 2. Kurva Hubungan Tegangan dan Daya dengan Intensitas Cahaya
(Sumber: <https://www.autodesk.com/products/eagle/blog/building-ambient-light-control-system/>)

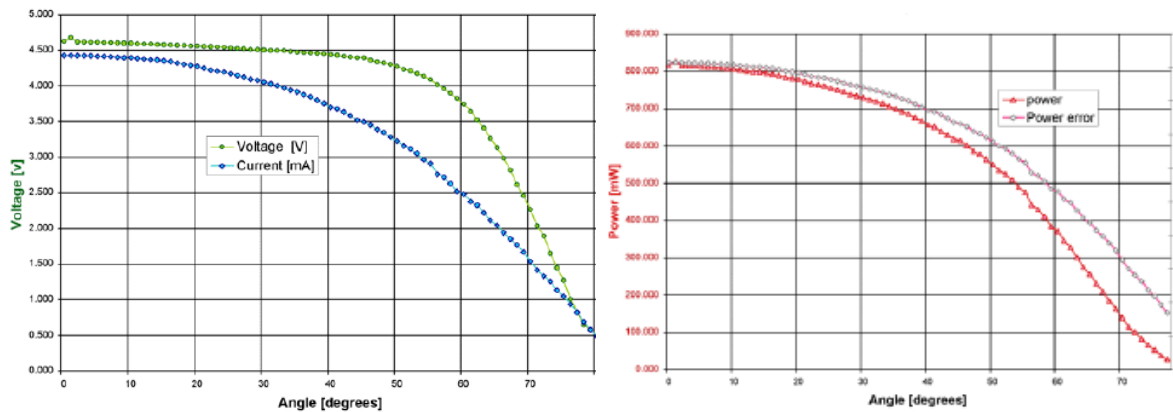
2.5 Sudut Datang Cahaya

Agar mendapatkan cahaya yang optimal, panel surya perlu diatur kedudukannya agar mendapat cahaya yang cukup agar bisa berkerja secara optimal. Hal ini dimaksudkan agar panel surya bisa menghindari bayangan yang bisa menghalangi sinar matahari yang datang, juga agar panel surya dijaga posisinya selalu tegak lurus dengan datangnya cahaya. Sehingga cahaya bisa terserap optimal. Ini juga sesuai dengan Hukum Kosinus Lambert, yang meyakini bahwa “intensitas cahaya yang jatuh pada sebuah bidang datar harus berbanding lurus terhadap (sudut) kosinus dari sudut yang dibentuk arah sumber cahaya dengan garis normal dari bidang datar itu”.



Gambar 3. Hukum Kosinus Lambert

(Sumber: <http://id.termwiki.com/ID/Lambert's law %E2%82%81>)



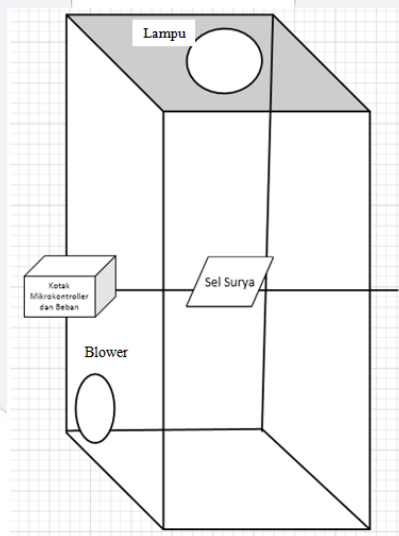
Gambar 4. Kurva Hubungan Tegangan dan Daya Terhadap Sudut Datang Cahaya

(Sumber: <https://www.google.co.id/url?sa=i&source= url=http%3A%2F%2Fonline.sfsu.edu%2Fozzer%2Fenr300-solar1N.pdf>)

3. Pembahasan

3.1. Perancangan Perangkat

Percobaan dilakukan menjadi 3 bagian, yaitu percobaan perbedaan temperatur, perbedaan intensitas cahaya, dan perbedaan sudut datang cahaya. Semua percobaan dilakukan dalam kotak akrilik yang telah didesain sedemikian rupa. Untuk percobaan perbedaan temperatur, suhu dalam kotak cahaya akan diturunkan menjadi suhu tertentu dan dinaikan hingga suhu tertentu. Nantinya sel surya akan diuji apakah akan berubah mengikuti perubahan suhu. Untuk percobaan perubahan intensitas cahaya, jarak lampu akan dijauhkan dari sel surya. Nantinya akan diukur bagaimana pengaruh jarak lampu dengan sel surya. Untuk percobaan perubahan sudut datang cahaya, sel surya akan diubah sudutnya dengan menempelkan sel surya ke batang besi yang telah direkatkan dengan potensiometer. Nantinya potensiometer akan membaca perubahan sudut yang dilakukan secara manual.

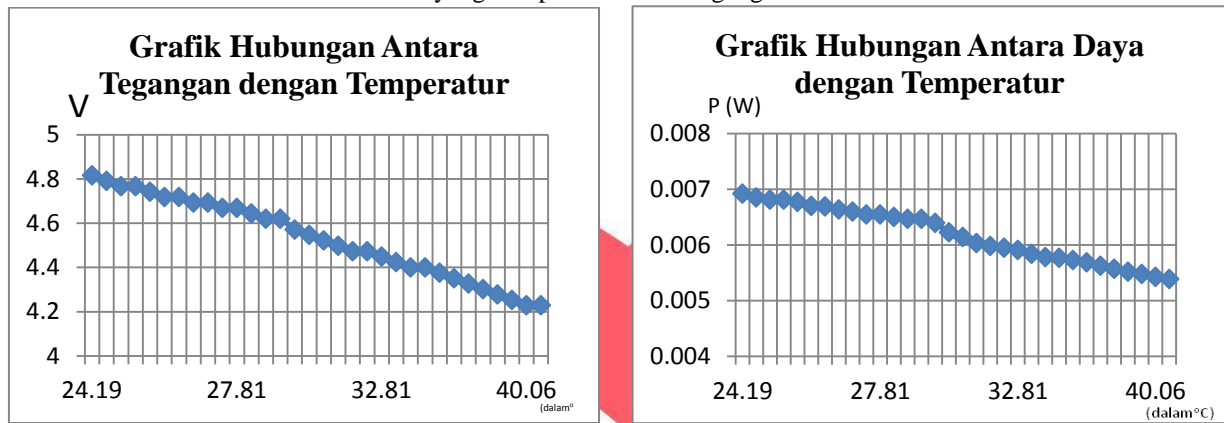


Gambar 5. Rancangan Perangkat Keras

3.2. Hasil Percobaan

Pengujian hubungan temperatur dengan keluaran sel surya bertujuan untuk mengetahui pengaruh hubungan perubahan temperatur dengan keluaran dari sel surya. Pengujiannya dengan mengubah temperatur dalam kotak akrilik menjadi beberapa temperatur yang dibaca oleh sensor DS18B20 yang ditempel di dekat sel surya. Hal ini bertujuan untuk menjadi perkiraan temperatur dari sel surya. Pengujian sendiri dilakukan dengan rentang temperatur mulai dari 24°C hingga 40°C, dengan sudut datang cahaya yang tetap tegak lurus 90° dengan sumber cahaya dan jarak lampu dengan sel surya 20cm. Untuk awalnya, penulis menggunakan semangkuk penuh es batu yang diletakan di dalam kotak akrilik dengan jarak 5cm dari sel surya agar dapat menurunkan temperatur ruangan,

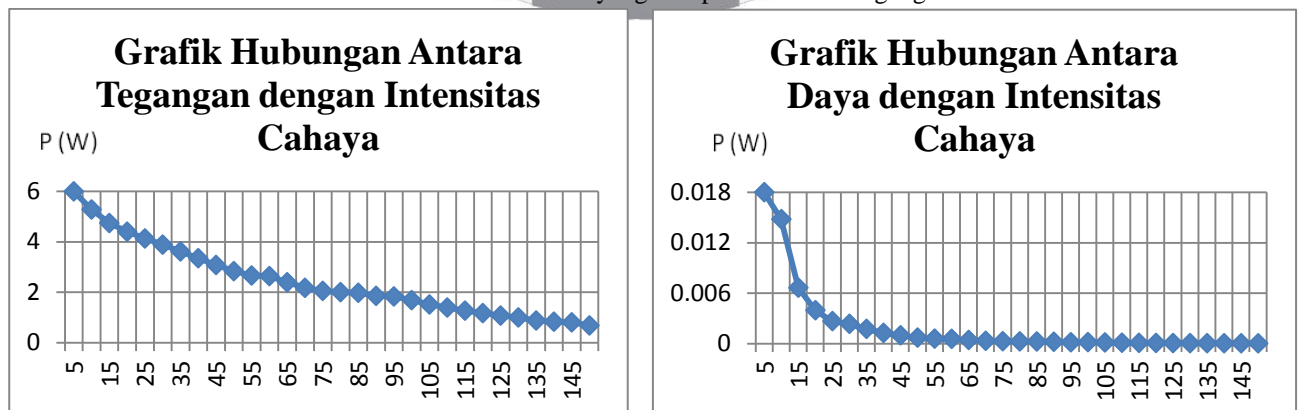
dan temperatur akan dinaikan perlahan menggunakan pengering rambut. Nantinya, pengukuran keluaran akan memakai beban resistor 100 Ohm. Hasil yang didapatkan adalah tegangan keluaran dan arus keluaran.



Gambar 6. Grafik Pengujian Perubahan Temperatur

Ketika pengujian dilakukan, mula-mula suhu dalam kotak akrilik yang terbaca oleh sensor DS18B20 adalah 24.19°C dengan tegangan dan arus yang terbaca 4.817V dan 0.001437A. Pembacaan sensor menjadi acuan perkiraan suhu sel surya pada saat itu. Pada saat pengering rambut dihidupkan, suhu terbaca mulai meningkat, tetapi justru nilai tegangan dan nilai arus menurun. Dan ketika suhu mencapai 40.38 °C, nilai tegangan dan arus yang terbaca adalah 4.23V dan 0.001427A. Hal ini sesuai dengan teori, bahwa ketika temperatur naik, maka tegangan dan daya akan menurun nilainya. komponen semikonduktor pada sel surya sangat sensitif terhadap perubahan temperatur. Ketika temperatur semakin naik, maka *band gap* semi-konduktor menurun, sehingga nilai resistansi semakin meningkat dan perpindahan elektron semakin melambat. Nilai tegangan dan daya menurun 0.14774V/°C dan 0.0002W/°C

Pengujian hubungan intensitas cahaya dengan keluaran sel surya bertujuan untuk mengetahui pengaruh hubungan per ubahan intensitas dengan keluaran dari sel surya. Pengujiannya dengan mengubah jarak lampu dengan sel surya. Nantinya akan dibandingkan berapa daya yang didapat secara penghitungan manual dengan berdasarkan perhitungan intensitas cahaya (W/m^2) dari *Solar Power Meter* dikali dengan luas penampang sel surya ($0.0066m^2$) Pengujiannya akan dilakukan sebanyak 30 kali dengan rentang jarak mulai dari 5cm hingga 150cm, dengan suhu ruangan tetap 27°C dan sel surya tetap dijaga 90°, sehingga tetap tegak lurus dengan lampu. Nantinya percobaan dilakukan dengan memundurkan secara perlahan lampu dari sel surya per jarak 5cm. Pengukuran keluaran akan memakai beban resistor 100 Ohm. Hasil yang didapatkan adalah tegangan keluaran dan arus keluaran.

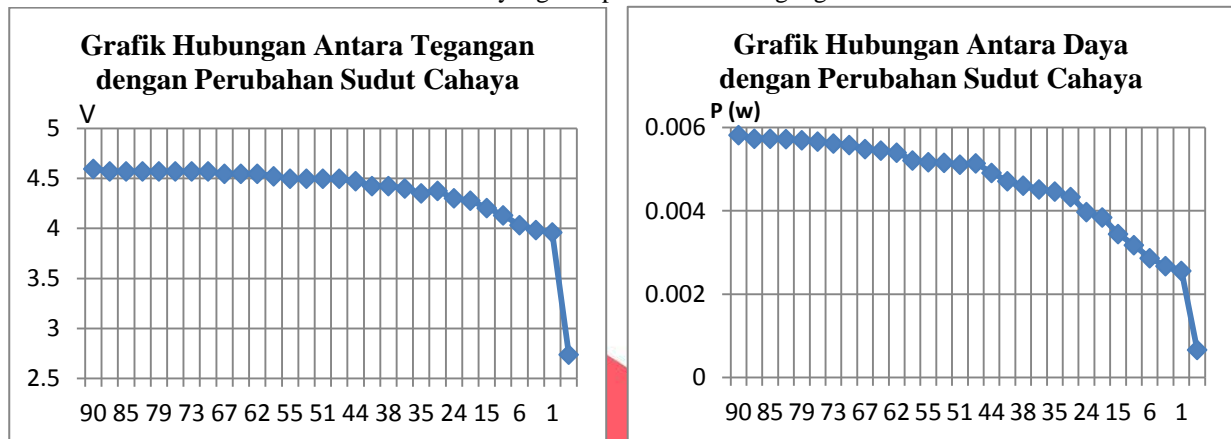


Gambar 7. Grafik Pengujian Perubahan Intensitas Cahaya (dalam cm)

Ketika pengujian dilakukan pada saat 5cm dari sumber cahaya, tegangan dan arus yang dihasilkan berada di titik tertinggi, yaitu 5.999V dan 0.003A. Lalu semakin mundur, tegangan dan arus semakin menurun. Dan ketika jarak sinar cahaya dengan sel surya menjadi 150cm, tegangan dan arus yang terbaca adalah 0.685V dan 0.00024A. Hal ini dikarenakan pada saat intensitas tinggi, jumlah foton akan banyak dan arus yang dihasilkan juga besar. Begitu pula sebaliknya. Nilai tegangan dan daya menurun 0.0315V/cm dan 0.000024W/cm. Rata-rata efisiensi yang dihasilkan oleh sel surya berkisar 0.07%.

Pengujian hubungan sudut datang cahaya dengan keluaran sel surya bertujuan untuk mengetahui pengaruh perubahan sudut datang cahaya dengan keluaran dari sel surya. Pengujiannya dengan mengubah sudut dari sel surya menggunakan batang besi yang sudah ditempelkan penunjuk busur dan potensiometer. Nantinya akan dianalisis bagaimana pengaruh perubahan sudut sel surya pada keluaran sel surya. Ada 30 data yang diambil, dimulai dari

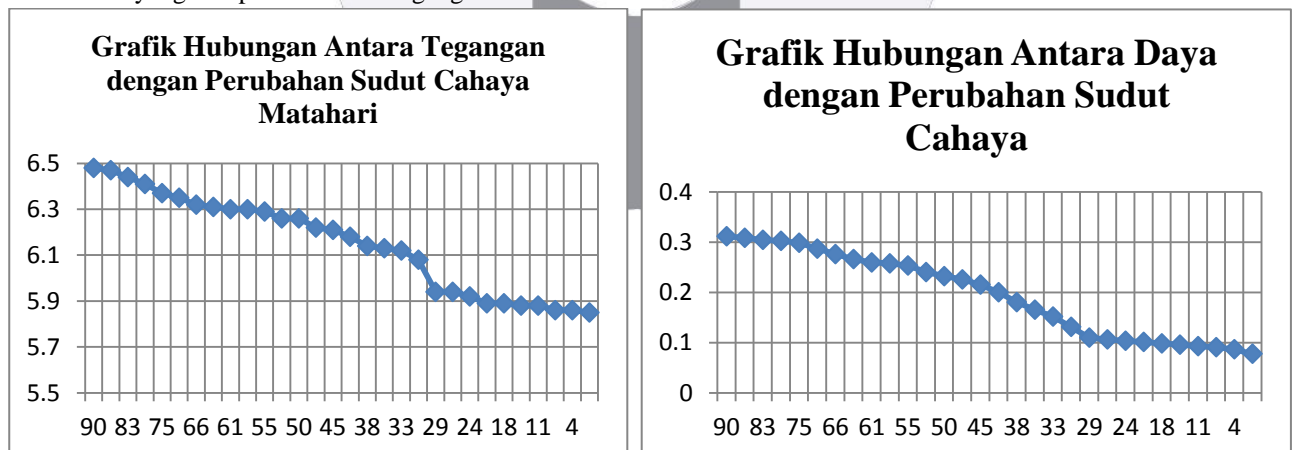
sudut 0° sampai 90° , dengan suhu ruangan tetap 27°C dan jarak lampu dengan sel surya 20cm. Pengukuran keluaran akan memakai beban resistor 100 Ohm. Hasil yang didapatkan adalah tegangan keluaran dan arus keluaran.



Gambar 8. Grafik Pengujian Perubahan Sudut

Ketika percobaan dilakukan, pada saat sudut diatur 0° , tegangan dan arus yang dihasilkan adalah 2.738V dan 0.000234A. Semakin sel surya berada tegak lurus dengan sumber cahaya, maka tegangan dan arus yang dihasilkan semakin besar. Ketika percobaan pada sudut 90° (tegak lurus), tegangan dan arus yang dihasilkan adalah 4.597V dan 0.001267A. Hal ini sama seperti Hukum Kosinus Lambert, yang menegaskan semakin tegak lurus bidang permukaan dengan cahaya maka semakin besar pula intensitas cahaya yang diterima. Penurunan tegangan dan daya adalah 0.093V/derajat dan 0.000099W/derajat.

Pengujian ini pada dasarnya sama seperti pengujian hubungan sudut datang dengan keluaran sel surya pada pengujian sebelumnya. Namun, pada percobaan kali ini, sumber cahaya yang dipakai adalah cahaya matahari. Percobaan dilakukan pada tanggal 21 Agustus 2018 pukul 12:15-12:47 WIB. Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan apa yang dihasilkan sel surya dengan menggunakan sumber cahaya yang berbeda. Sama seperti pengujian perubahan sudut sebelumnya, suhu dalam kotak akrilik diatur agar tetap stabil, yaitu pada 28°C . Untuk posisi cahaya matahari, penulis menganggap posisinya berada tepat diatas sel surya, sehingga memudahkan penulis untuk mengukur perubahan tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan oleh sel surya ketika sel surya diubah-ubah sudutnya mulai dari 0° sampai 90° sebanyak 30 kali. Pengukuran keluaran akan memakai beban resistor 100 Ohm. Hasil yang didapatkan adalah tegangan keluaran dan arus keluaran.



Gambar 9. Grafik Pengujian Perubahan Sudut Terhadap Cahaya Matahari

Dari hasil pengujian ini, pada saat sudut diatur 0° , tegangan dan arus yang dihasilkan adalah 5.85V dan 0.0133A. Semakin sel surya berada tegak lurus dengan sumber cahaya, maka tegangan dan arus yang dihasilkan semakin besar. Ketika percobaan pada sudut 90° (tegak lurus), tegangan dan arus yang dihasilkan adalah 6.48V dan 0.0481A. Jika dibandingkan dengan pengujian dengan lampu LED, akan terlihat perbedaan yang cukup jauh dari tegangan dan arus yang dihasilkan. Hal ini dipengaruhi oleh panjang gelombang yang dihasilkan oleh matahari jauh lebih baik dibanding lampu LED. Terjadi penurunan tegangan dan daya 0.14V/derajat dan 0.0044W/derajat.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis sistem informasi estimasi kedatangan transportasi ini didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Sel surya akan berkerja secara maksimal ketika berada di lingkungan dengan suhu yang rendah. Jika sel surya diletakan di lingkungan bersuhu tinggi, maka keluaran sel surya menjadi tidak maksimal.
2. Semakin dekat sumber cahaya dengan sel surya maka keluaran dari sel surya makin besar. Hal ini dikarenakan semakin banyak cahaya yang diterima permukaan sel surya. Tinggi rendahnya intensitas cahaya juga bergantung pada luas permukaan sel surya.
3. Ketika sudut datang cahaya tegak lurus dengan sel surya, maka keluaran yang dihasilkan oleh sel surya akan maksimal. Namun sebaliknya, ketika sudut datang cahaya mendekati 0° maka keluaran sel surya akan jatuh.
4. Panjang gelombang dari sinar yang dihasilkan sumber cahaya akan menentukan besar kecilnya keluaran yang dihasilkan sel surya.

Daftar Pustaka:

- [1] PNPM Mandiri Indonesia (2015). *Buku Panduan Energi Terbarukan* Yogyakarta: 1st Published.
- [2] Messenger, R. A. (2017). *Photovoltaic Systems Engineering 4th edition*. London: CRC Press.
- [3] Pearsall, N. (2016). *The Performance of Photovoltaic (PV) Systems - Modelling, Measuremeny, and Assessment*. England: Woodhead Pub Ltd.
- [4] National Technical Information Service (2014). *Basic Photovoltaic Principle and Methods*
- [5] Smets, A., Jager, K., & dkk. (2017). *Solar energy-The physics and Engineering of Photovoltaic Conversion, Technologies, and Systems*. England: UIT Cambridge Ltd.
- [6] A, Karina., Satwiko S. *Analisis Karakteristik Arus-Tegangan (Kurva I-V) pada Sel Tunggal Polikristal Silikon serta Pemodelannya* Prosiding Pertemuan Ilmiah XXV HFI Jateng dan DIY

