

Analisis Perbandingan Daya Output Serta Efisiensi Modul Surya Tanpa Menggunakan Reflektor dan Menggunakan Reflektor Atap Galvalum dan Aluminium Foil

David Siahaan^{1*}, Stepanus², Robinson Purba³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia, Jakarta
*e-mail korespondensi: siahaandavidsoaloon@gmail.com

Abstrak – Berdasarkan letak astronomi Indonesia yang terletak pada garis khatulistiwa, maka sangat pantas atau layak jika Indonesia mengembangkan PLTS sebagai teknologi dalam mengimbangi tuntutan manusia terhadap ketergantungan akan listrik. Indonesia juga memiliki iklim tropis (terdiri dari 2 musim, panas dan hujan), sehingga penyinaran matahari di wilayah Indonesia (± 12 jam) cukup untuk menjadikan PLTS sebagai solusi untuk tuntutan kebutuhan akan listrik. Salah satu teknologi yang digunakan dalam PLTS tersebut adalah panel surya. Panel surya mampu mengkonversi cahaya matahari menjadi listrik secara langsung. kinerja panel surya dipengaruhi oleh beberapa faktor ialah radiasi matahari, suhu dan kecepatan angin. Perhitungan dan analisis terhadap hasil pengukuran memperlihatkan bahwa kualitas kinerja sel surya tidak terlalu baik, yaitu sebesar 0,143 untuk sel surya tanpa reflektor, 0,156 untuk sel surya dengan reflektor atap galvalum dan 0,157 untuk sel surya dengan reflektor aluminium foil. Dan efisiensi pada sel surya tanpa reflektor sebesar 7,48 %, untuk sel surya dengan atap galvalum sebesar 8,75 %, dan untuk sel surya dengan aluminium foil sebesar 9,72 %

Kata Kunci : fill factor, reflektor, atap galvalum, aluminium foil

Abstract – Based on the location of Indonesian astronomy which is located on the equator, it is very appropriate or feasible if Indonesia develops PLTS as a technology to offset human demands for dependence on electricity. Indonesia also has a tropical climate (consisting of 2 seasons, hot and rainy), so that solar radiation in the territory of Indonesia (± 12 hours) is sufficient to make PLTS a solution for the demands of electricity needs. One of the technologies used in PLTS is solar panels. Solar panels are able to convert sunlight into electricity directly. The performance of solar panels is influenced by several factors, namely solar radiation, temperature and wind speed. Calculations and analysis of the measurement results show that the performance quality of solar cells is not very good, namely 0.143 for solar cells without reflectors, 0.156 for solar cells with galvalume roof reflectors and 0.157 for solar cells with aluminum foil reflectors. And the efficiency of solar cells without reflectors is 7.48%, for solar cells with galvalume roofs is 8.75%, and for solar cells with aluminum foil is 9.72%

Keywords: fill factor, reflector, galvanized roof, aluminum foil

PENDAHULUAN

Dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dewasa ini, energi listrik mempunyai peranan penting dan kebutuhannya meningkat dengan cepat. Ketersediaan akan energi saat ini sangat penting seiring tuntutan zaman yang semakin maju dan berbagai aktivitas yang semakin meningkat. Seiring dengan kebutuhan energi yang meningkat menyebabkan manusia berlomba-lomba untuk menghasilkan berbagai macam penemuan baru demi memenuhi kebutuhan manusia itu sendiri[1]. Energi merupakan salah satu problematika utama yang dialami oleh semua negara di dunia. Dalam hal ini diperlihatkan bahwa energi merupakan salah satu faktor yang mendukung pengembangan dari suatu negara yang bersangkutan. Setiap hari energi yang dibutuhkan semakin bertambah berbarengan dengan pertumbuhan ekonomi dan penduduk yang semakin bertambah juga. Peningkatan jumlah energi yang dipakai menyebabkan semakin sedikit pula persediaan pencadangan energi konvensional. Sumber energi konvensional yang banyak dipergunakan saat ini merupakan energi dari fosil seperti minyak bumi serta batu bara, dimana semakin hari energi fosil ini mengalami penurunan jumlahnya sebab energi fosil tergolong energi yang tidak dapat diperbaharui, selain itu energi fosil pula mempunyai akibat yang tidak baik bagi lingkungan. Melihat akibat yang tidak baik terhadap lingkungan dan jumlah energi fosil yang semakin berkurang mengakibatkan perlunya energi terbarukan, untuk mencegah ketimpangan antara kemajuan ekonomi menggunakan pencadangan energi konvensional[2]. Banyak usaha yang sedang dilakukan untuk menaikkan asal-sumber energi alternatif yang acapkali dianggap sebagai sumber energi terbarukan. sumber energi yang mampu digunakan sebagai energi alternatif salah satunya menggunakan memanfaatkan sumber energi matahari.

Sumber energi yang bisa

digunakan sebagai energi alternatif salah satunya dengan memanfaatkan sumber energi matahari. Sumber energi matahari merupakan salah satu asa utama sebagai sumber energi alam yang tak pernah habis serta bisa mengurangi dampak pemanasan dunia yang disebabkan oleh buangan gas, serta bahan-bahan lain yang dapat membentuk dampak rumah kaca. saat ini dunia sedang mengembangkan teknologi PLTS pada pemanfaatan energi cahaya matahari yang dikonversikan menjadi energi listrik [3].

Berdasarkan letak astronomi Indonesia yang terletak pada garis khatulistiwa, maka sangat layak Jika Indonesia mengembangkan PLTS menjadi teknologi dalam mengimbangi tuntutan insan terhadap ketergantungan akan listrik. Indonesia juga mempunyai iklim tropis (terdiri dari dua musim, panas dan hujan), sebagai akibatnya penyinaran surya pada daerah Indonesia (± 12 jam) relatif untuk menjadikan PLTS menjadi solusi buat tuntutan kebutuhan akan listrik. salah satu teknologi yang digunakan pada PLTS tersebut ialah panel surya. Panel surya dapat mengkonversi cahaya surya menjadi listrik secara eksklusif. kinerja panel surya ditentukan oleh beberapa faktor yaitu radiasi matahari, suhu serta kecepatan angin.

LANDASAN TEORI

Cahaya matahari sebanyak mungkin. Apabila cahaya jatuh pada permukaan sel surya maka akan timbul perbedaan tegangan. Untuk mendapatkan daya yang lebih besar sel surya dapat dihubung seri atau paralel tergantung sifat penggunaannya. Dualitas cahaya sebagai partikel dan gelombang dirumuskan dengan persamaan:

$$E = h \cdot f = h \cdot c / \lambda \quad [2.1]$$

dimana:

f = frekuensi cahaya (Hz)

λ = Panjang gelombang (m)

E = energi photon (Joule)

h = adalah konstanta Planck ($6,625 \times 10^{-34}$ Js)

c = adalah kecepatan cahaya (3×10^8 m/s). [5]

Pada awalnya (1839) sifat fotoelektrik ditemukan pada larutan elektro kimia oleh Edmond Becquerel, meskipun tidak ada penjelasan ilmiah untuk peristiwa itu. Tahun 1905, Albert Einstein mengamati efek ini pada lempengan metal. Namun pada perkembangannya, material yang dipakai adalah semikonduktor, terutama silikon. material ini. Prinsip kerja dari panel surya ialah jika cahaya matahari mengenai panel surya, maka elektron-elektron yang ada pada sel surya akan bergerak dari N ke P, sehingga pada terminal keluaran dari panel surya akan menghasilkan energi listrik. Besarnya energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya berbeda-beda tergantung dari jumlah sel surya yang dikombinasikan didalam panel surya tersebut. Output dari panel surya ini adalah berupa listrik arus searah (DC) yang besar tegangan keluarannya tergantung dengan jumlah sel surya yang dipasang didalam panel surya dan banyaknya sinar matahari yang menyinari panel surya tersebut.[6]

Beberapa cara yang bisa dilakukan untuk mendapatkan radiasi matahari yang lebih banyak yaitu dengan mengatur kedudukan modul surya. Kedudukan modul surya dapat diatur dengan cara mengikuti pergerakan arah matahari dengan menentukan sudut azimuth dan sudut jam matahari. Sudut azimuth adalah sudut antara posisi modul surya dengan arah datangnya cahaya matahari. Pada siang hari, matahari selalu berada tepat di selatan di belahan bumi utara dan tepat di utara di belahan bumi selatan. sudut penyimpangan matahari di sebelah timur atau barat garis bujur lokal karena rotasi pada porosnya sebesar 15° / jam, sebelum jam 12.00 positif, setelah jam 12.00 negatif.[7] Untuk mengetahui arah modul surya terhadap pergerakan matahari dapat digunakan dengan persamaan:

$$\omega = (12 - T) / 24 \times 360^\circ \quad [2.2]$$

Dengan :

ω = Sudut jam matahari (ω)

T = Waktu (WIB)

Voc adalah tegangan terbuka dari sel surya dan ini terjadi pada saat arus sel sama dengan nol. Pada kondisi ini, besar tahanan R yang sangat besar dan tidak adanya arus yang mengalir diakibatkan oleh rangkaian listrik yang tidak terhubung atau dengan kondisi yang tidak terbuka. Isc adalah arus yang mengalir pada saat tegangan sel surya (V_{oc}) sama dengan nol. Ketika tidak adanya komponen tahanan R pada rangkaian akan menghasilkan arus listrik yang maksimum. *Irradiance* merupakan sumber energi bagi sel surya, sehingga keluarannya sangat bergantung oleh perubahan *irradiance*. *Irradiance* untuk keseluruhan panjang gelombang, satuan : W/m^2 . Dengan $1 \text{ lux} = 0,0014286 \text{ W/m}^2$. [5] Daya masuk (P_{in}) diperoleh dari perkalian antara intensitas radiasi matahari dengan luas area modul surya dengan persamaan:

$$P_{in} = I_r \times A \quad [2.3]$$

Dengan:

P_{in} = Daya input akibat radiasi matahari (W)

I_r = Intensitas radiasi matahari (W/m^2)

A = Luas area permukaan modul surya (m^2)

Daya keluaran (P_{out}) pada modul surya yaitu perkalian tegangan terbuka (V_{oc}) dengan arus hubung singkat (I_{sc}) dan fill factor (FF) yang dihasilkan oleh sel surya dapat dihitung dengan persamaan:

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF \quad [2.4]$$

Dengan :

P_{out} = Daya output (W)

I_r = Intensitas radiasi matahari (W/m^2)

A = Luas area permukaan modul surya (m^2)

V_{oc} = Tegangan terbuka (V)

I_{sc} = Arus hubung singkat (A)

Perbandingan performansi antara satu modul surya dengan modul surya lainnya umumnya dilihat dari efisiensinya. Banyaknya energi matahari yang masuk ke sel surya dalam bentuk foton yang diserap sel surya

menentukan efisiensinya. Efisiensi modul surya didefinisikan sebagai perbandingan daya output dan dengan daya input. Daya input dihitung sebagai *irradiance* yang diterima oleh permukaan sel surya. Nilai efisiensi ini selalu dihitung pada kondisi standar (*irradiance* = 1000W/m², AM 1,5 dan temperature 25⁰C)

Rumus umum efisiensi adalah :

$$\eta = \frac{V_{max} I_{max}}{(irradiance) \times (luas modul)} \times 100\% \quad [2.5]$$

$$\eta = \frac{V_{oc} I_{sc} FF}{(irradiance) \times (luas modul)} \times 100\% \quad [2.6]$$

dimana:

η = Efisiensi Sel Surya (%)

Irradiance = intensitas cahaya matahari (lux) x 0,0014286 W/m² dengan FF adalah fill factor, yaitu ukuran kualitas sel surya. Nilai fill factor yang baik biasanya 0,7 – 0,85. Semakin besar FF maka semakin bagus keluaran sel surya.

$$FF = \frac{V_m I_m}{V_{oc} I_{sc}} \quad [2.7]$$

dimana

V_m = Tegangan pada saat sel surya mencapai maksimum (V)

I_m = Arus pada saat sel surya mencapai maksimum (A)

V_{oc} = Tegangan rangkaian terbuka pada sel surya (V)

I_{sc} = Arus hubungan singkat pada sel surya (A) [9]

Besar daya maksimal sel surya (P_{max}) yaitu perkalian tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}), arus hubungan singkat (I_{sc}), dan fill Factor (FF) yang dihasilkan oleh sel surya dapat dihubungkan dengan rumus :

$$P_{out} = V_m I_m = V_{oc} I_{sc} FF \quad [2.8]$$

dimana

P_{out} = Daya keluaran oleh sel surya (watt)

V_{oc} = Tegangan rangkaian terbuka pada sel surya (volt)

I_{sc} = Arus hubungan singkat pada

sel surya (ampere)

FF = Fill Factor = ukuran kualitas sel surya

Atap Galvalum

Istilah galvalum ini berasal dari galvanis dan aluminium yang merupakan komposisinya. Atap galvalum adalah jenis atap yang terbuat dari baja ringan yang dilapisi aluminium, seng, dan silikon. Komposisinya yaitu 55 persen aluminium, 43,5 persen zinc (seng) dan 1,5% silikon. Atap galvalum diberikan lapisan (coating) supaya dapat melindungi baja dari oksidasi sehingga tak mudah berkarat. Jadi, meskipun memiliki bentuk yang hampir mirip dengan atap seng, tetapi keduanya memiliki lapisan material yang jauh berbeda. Jika seng hanyalah lempengan besi yang dilapisi seng sedangkan galvalum memiliki lempengan besi baja yang dilapisi campuran aluminium, seng, dan silikon.



Gambar 1. Atap Galvalum

Aluminium Foil

Aluminium Foil merupakan lembaran aluminium tipis. Aluminium itu sendiri dapat dikategorikan sebagai logam ringan. Dikatakan logam ringan dikarenakan logam yang memiliki berat kurang dari 4 kg/dm³. Biasanya aluminium digunakan untuk konstruksi dan peralatan pesawat terbang, alat memasak, pengangkat industri kimia, kemasan, reflektor cahaya dan lain sebagainya. Aluminium dapat dilas dan disolder begitu saja, tidak magnetis, tidak beracun, dan merupakan reflektor yang baik untuk cahaya matahari.[10]

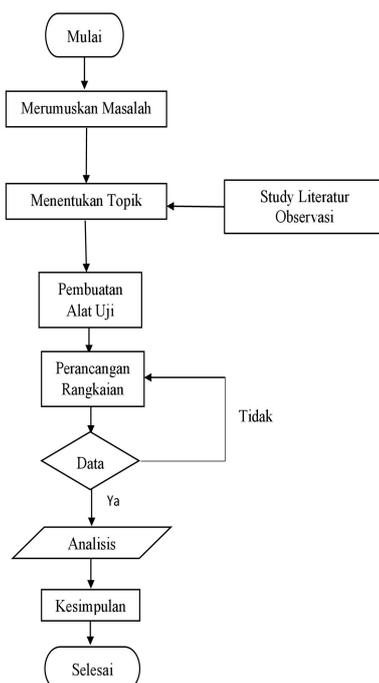


Gambar 2. Aluminium Foil

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini menggunakan metodologi kualitatif, yang didalamnya terdapat metode observasi yaitu studi literatur dan pengamatan langsung yang merupakan teknik pengumpulan data, kemudian data yang diperoleh diolah dan di analisa untuk mendapatkan kesimpulan.[7]

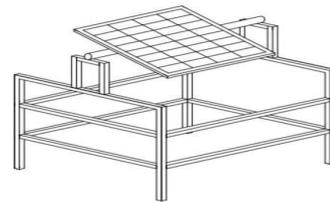
Terdapat beberapa tahapan penelitian yaitu merumuskan masalah, menentukan topik penelitian dan melakukan studi literatur, menyediakan alat dan bahan, dan menyusun kerangka, membuat program serta melakukan eksperimen.[8] Dari pengujian alat yang dilakukan akan diperoleh data-data yang akan dilakukan analisis untuk mendapatkan kesimpulan dengan alur penelitian pada gambar 3.



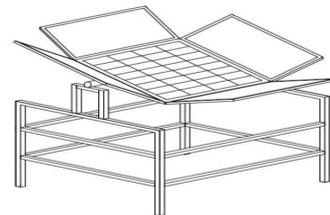
Gambar 3. Alur Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan mulai dari Juni sampai dengan Juli 2022 di Rooftop Gedung Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia, Jakarta.

Desain terdiri dari dua jenis kerangka, kerangka pertama untuk modul sel surya tanpa menggunakan reflektor pada setiap sisi sel surya dan kerangka kedua untuk modul sel surya menggunakan reflektor pada setiap sisi sel surya.



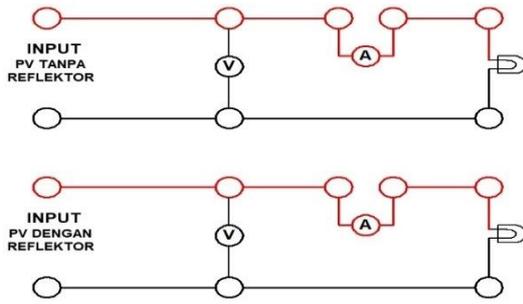
Gambar 4. Konstruksi Sel Surya Tanpa Reflektor



Gambar 5. Konstruksi Sel Surya Dengan Reflektor

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini adalah proses pengumpulan data dimana yang diambil berupa intensitas cahaya matahari (LUX), temperatur udara ($^{\circ}\text{C}$), tegangan terbuka (V_{oc}), arus hubung singkat (I_{sc}), tegangan bebahan (V_{beban}), arus beban (I_{beban}). Sebelum pengambilan data, alat ukur yang harus dipersiapkan adalah lux meter untuk mengukur intensitas cahaya (LUX), thermometer untuk mengukur suhu permukaan sel surya ($^{\circ}\text{C}$), voltmeter untuk mengukur tegangan (V), dan amperemeter untuk mengukur arus (I).



Gambar 6. Rangkaian Percobaan

HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS

A. Deskripsi Data Secara Umum

Pada bab ini akan ditunjukkan hasil penelitian yang mencakup hasil pengujian karakteristik modul sel surya yang dihasilkan oleh sel surya bergerak terhadap sudut jam matahari dengan atap galvalum dan aluminium foil. Pengujian dilakukan 10 hari pada pukul 08.00, 08.30, 09.00, 09.30, 10.00, 10.30, 11.00, 11.30, 12.00, 12.30, 13.00, 13.30, 14.00, 14.30, 15.00, 15.30, dan 16.00 WIB.

B. Hasil Data Pengujian

Pengujian ini dilakukan dengan mengukur intensitas cahaya matahari (LUX), tegangan terbuka (Voc), arus hubung singkat (Isc), suhu ($^{\circ}\text{C}$) dari kedua sel surya dan untuk mencari sudut yang paling baik antara sel surya dengan atap galvalum dan aluminium foil.. Hasil pengujian selama 10 hari dapat dilihat tabel dan grafik berikut.

C. Pengujian Sudut Kemiringan Atap Galvalum dan Aluminium Foil Terhadap Sel Surya

Sudut yang dipilih untuk pengujian adalah $\angle 105^{\circ}$, $\angle 115^{\circ}$, $\angle 125^{\circ}$, dan $\angle 135^{\circ}$.

Tabel 1: Hasil data pengujian sudut reflektor

| Sudut ($^{\circ}$) | Vbeban (V) | Ibeban (A) | Pout (W) |
|----------------------|------------|------------|----------|
| 105 | 19,55 | 0,27 | 5,2785 |
| 115 | 19,58 | 0,27 | 5,2866 |
| 125 | 19,33 | 0,26 | 5,0258 |
| 135 | 19,23 | 0,25 | 4,8075 |

D. Pengujian Tanpa Beban

Pengujian tanpa beban dengan sel

surya tanpa reflektor, sel surya dengan atap galvalum, dan sel surya dengan aluminium foil dilakukan pengukuran Voc dan Isc.

E. Pengujian Dengan Beban

Pengujian dengan beban dengan sel surya tanpa reflektor, sel surya dengan atap galvalum, dan sel surya dengan aluminium foil dilakukan pengukuran tegangan pada beban (Vb) dan arus pada beban (Ib) disertai dengan pengukuran intensitas cahaya dan suhu pada permukaan sel surya.

Tabel 2. Besaran rata-rata Voc, Isc, Vbeban, Ibeban pada sel surya tanpa reflektor

| Jam | LUX | Sel surya tanpa reflektor | | | |
|------------------|----------------|---------------------------|----------------|----------------|----------------|
| | | Voc (V) | Isc (A) | Vb (V) | Ib (A) |
| 08.00 | 32730 | 15,915 | 0,952 | 15,394 | 0,142 |
| 08.30 | 330009 | 15,781 | 0,897 | 15,325 | 0,139 |
| 09.00 | 39848 | 16,93 | 1,173 | 16,309 | 0,148 |
| 09.30 | 44035 | 17,943 | 1,121 | 17,204 | 0,161 |
| 10.00 | 51300 | 18,141 | 1,764 | 17,498 | 0,166 |
| 10.30 | 56768 | 18,363 | 2,064 | 17,699 | 0,182 |
| 11.00 | 63595 | 19,043 | 2,407 | 18,457 | 0,2 |
| 11.30 | 70855 | 19,066 | 2,476 | 18,481 | 0,204 |
| 12.00 | 59859 | 18,875 | 2,344 | 18,295 | 0,2 |
| 12.30 | 54539 | 18,496 | 2,197 | 17,904 | 0,192 |
| 13.00 | 54811 | 18,346 | 2,267 | 17,68 | 0,185 |
| 13.30 | 50782 | 17,468 | 1,636 | 16,891 | 0,169 |
| 14.00 | 42284 | 15,839 | 1,347 | 15,273 | 0,134 |
| 14.30 | 40366 | 15,577 | 1,087 | 15,019 | 0,133 |
| 15.00 | 37795 | 15,009 | 0,785 | 14,451 | 0,125 |
| 15.30 | 38736 | 15,093 | 0,748 | 14,699 | 0,138 |
| 16.00 | 40121 | 15,438 | 0,786 | 14,944 | 0,123 |
| Rata-rata | 65201,9 | 17,1366 | 1,53241 | 16,5602 | 0,16124 |

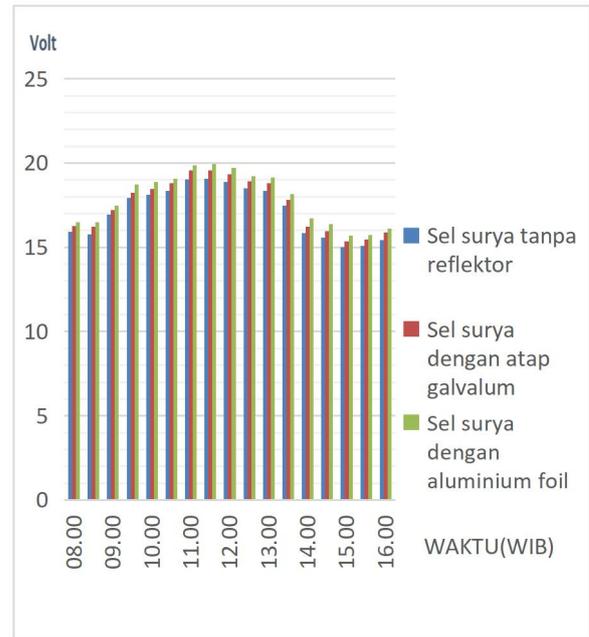
Tabel 3. Besaran rata-rata Voc, Isc, Vbeban, Ibeban pada sel surya dengan Atap Galvalu

| Jam | LUX | Sel surya dengan atap galvalum | | | |
|------------------|----------------|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| | | Voc (V) | Isc (A) | Vb (V) | Ib (A) |
| 08.00 | 32730 | 16,256 | 0,971 | 15,697 | 0,15 |
| 08.30 | 330009 | 16,208 | 0,931 | 15,71 | 0,149 |
| 09.00 | 39848 | 17,226 | 1,075 | 16,613 | 0,159 |
| 09.30 | 44035 | 18,235 | 1,176 | 17,666 | 0,189 |
| 10.00 | 51300 | 18,476 | 1,889 | 17,901 | 0,196 |
| 10.30 | 56768 | 18,788 | 2,174 | 18,18 | 0,206 |
| 11.00 | 63595 | 19,564 | 2,486 | 18,903 | 0,231 |
| 11.30 | 70855 | 19,562 | 2,571 | 18,943 | 0,231 |
| 12.00 | 59859 | 19,324 | 2,451 | 18,792 | 0,23 |
| 12.30 | 54539 | 18,923 | 2,327 | 18,368 | 0,22 |
| 13.00 | 54811 | 18,802 | 2,367 | 18,173 | 0,211 |
| 13.30 | 50782 | 17,83 | 1,671 | 17,276 | 0,195 |
| 14.00 | 42284 | 16,234 | 1,419 | 15,682 | 0,163 |
| 14.30 | 40366 | 15,963 | 1,196 | 15,481 | 0,156 |
| 15.00 | 37795 | 15,354 | 0,88 | 14,82 | 0,136 |
| 15.30 | 38736 | 15,476 | 0,863 | 15,088 | 0,149 |
| 16.00 | 40121 | 15,892 | 0,83 | 15,377 | 0,138 |
| Rata-rata | 65201,9 | 17,5361 | 1,60453 | 16,9806 | 0,18288 |

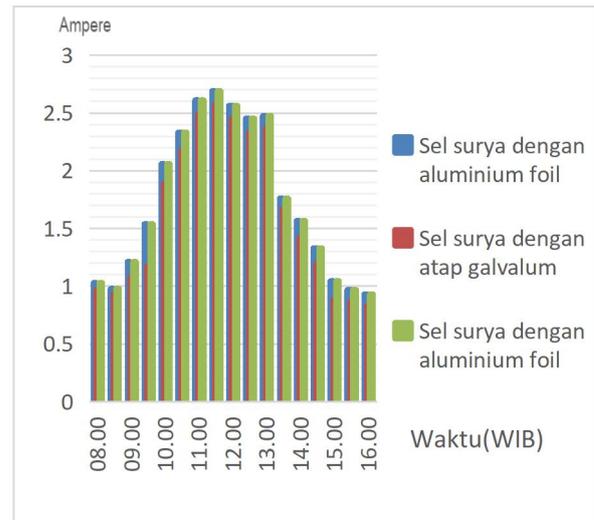
Tabel 3. Besaran rata-rata Voc, Isc, Vbeban, Ibeban pada sel surya dengan Aluminium Foil

| Jam | LUX | Sel surya dengan aluminium foil | | | |
|------------------|----------------|---------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| | | Voc (V) | Isc (A) | Vb (V) | Ib (A) |
| 08.00 | 32730 | 16,503 | 1,029 | 16,057 | 0,161 |
| 08.30 | 330009 | 16,496 | 0,978 | 15,957 | 0,156 |
| 09.00 | 39848 | 17,482 | 1,211 | 16,809 | 0,17 |
| 09.30 | 44035 | 18,736 | 1,538 | 17,99 | 0,209 |
| 10.00 | 51300 | 18,869 | 2,058 | 18,82 | 0,22 |
| 10.30 | 56768 | 19,083 | 2,332 | 18,474 | 0,232 |
| 11.00 | 63595 | 19,865 | 2,611 | 19,265 | 0,253 |
| 11.30 | 70855 | 19,944 | 2,69 | 19,295 | 0,25 |
| 12.00 | 59859 | 19,698 | 2,563 | 19,118 | 0,249 |
| 12.30 | 54539 | 19,212 | 2,452 | 18,696 | 0,241 |
| 13.00 | 54811 | 19,141 | 2,475 | 18,541 | 0,24 |
| 13.30 | 50782 | 18,143 | 1,76 | 17,68 | 0,218 |
| 14.00 | 42284 | 16,708 | 1,566 | 16,18 | 0,2 |
| 14.30 | 40366 | 16,359 | 1,331 | 15,865 | 0,175 |
| 15.00 | 37795 | 15,676 | 1,045 | 15,134 | 0,152 |
| 15.30 | 38736 | 15,726 | 0,97 | 15,345 | 0,158 |
| 16.00 | 40121 | 16,119 | 0,933 | 15,658 | 0,148 |
| Rata-rata | 65201,9 | 17,8682 | 1,73776 | 17,3461 | 0,20188 |

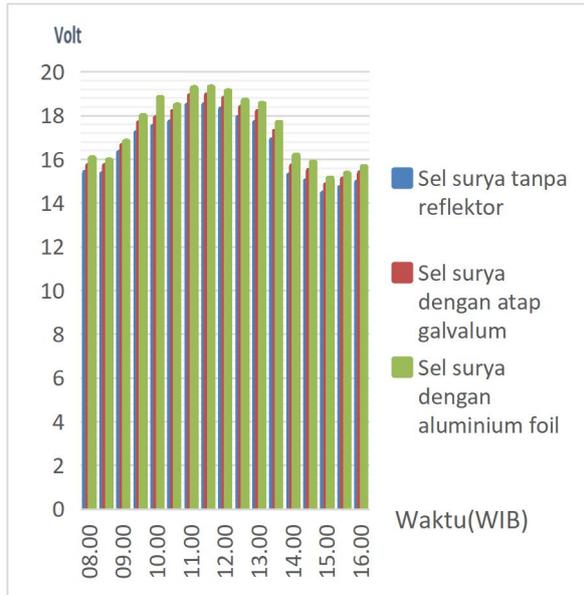
Note : yang berwarna merah merupakan besaran maksimum



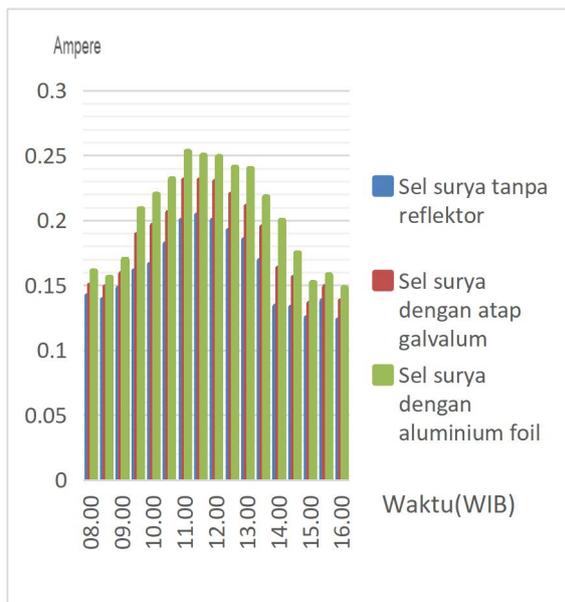
Gambar 7. Grafik V_{oc} rata-rata terhadap waktu



Gambar 8. Grafik I_{sc} rata-rata terhadap waktu



Gambar 9. Grafik V_{beban} rata-rata terhadap waktu



Gambar 10. Grafik I_{beban} rata-rata terhadap waktu

F. Hasil Perhitungan Daya dan Efisiensi Pada Sel Surya

1. Sel surya tanpa menggunakan reflektor

$$\begin{aligned} \text{Tegangan sel surya (Voc)} &= 17,1366 \text{ V} \\ \text{Arus sel surya (Isc)} &= 1,53241 \text{ A} \\ \text{Irradiance} &= 65201,9 \text{ lux} \\ &= 95,194 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Fill Factor(FF)} = \frac{V_{max} * I_{max}}{V_{oc} * I_{sc}}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{18,481 * 0,204}{17,1366 * 1,53241} \\ &= 0,144 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pout} &= V_{oc} * I_{sc} * FF \\ &= 17,1366 * 1,53241 * 0,144 \\ &= 3,781 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi } (\eta) &= \frac{P_{out}}{(\text{irradiance}) * (\text{luas modul})} * 100\% \\ &= \frac{3,781}{(95,194) * (0,527)} * 100\% \\ &= 7,54 \% \end{aligned}$$

2. Sel surya dengan atap galvalume.

$$\begin{aligned} \text{Tegangan sel surya (Voc)} &= 17,5361 \text{ V} \\ \text{Arus sel surya (Isc)} &= 1,60453 \text{ A} \\ \text{Irradiance} &= 65201,9 \text{ lux} \\ &= 95,194 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fill Factor} &= \frac{V_{max} * I_{max}}{V_{oc} * I_{sc}} \\ &= \frac{18,943 * 0,231}{17,5361 * 1,60453} \\ &= 0,156 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pout} &= V_{oc} * I_{sc} * FF \\ &= 17,5361 * 1,60453 * 0,156 \\ &= 4,389 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi}(\eta) &= \frac{P_{out}}{(\text{irradiance}) * (\text{luas modul})} * 100\% \\ &= \frac{4,389}{(95,194) * (0,527)} * 100\% \\ &= 8,75 \% \end{aligned}$$

3. Sel surya dengan aluminium foil

$$\begin{aligned} \text{Tegangan sel surya (Voc)} &= 17,8682 \text{ V} \\ \text{Arus sel surya (Isc)} &= 1,73776 \text{ A} \\ \text{Irradiance} &= 65201,9 \text{ lux} \\ &= 95,194 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fill Factor(FF)} &= \frac{V_{max} * I_{max}}{V_{oc} * I_{sc}} \\ &= \frac{19,295 * 0,253}{17,8682 * 1,73776} \\ &= 0,157 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pout} &= V_{oc} * I_{sc} * FF \\ &= 17,8682 * 1,73776 * 0,157 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 4,875 \text{ W} \\ \text{Efisiensi } (\eta) &= \frac{P_{\text{out}}}{(\text{irradiance}) \times (\text{luas modul})} \times 100\% \\ &= \frac{4,875}{(95,194) \times (0,527)} \times 100\% \\ &= 9,72 \% \end{aligned}$$

KESIMPULAN

1. Daya keluaran modul solar cell tanpa reflektor sebesar 3,781 W tidak lebih baik dari modul solar cell dengan atap galvalum dan aluminium foil yang masing-masing sebesar 4,389 W dan 4,875 W

2. Efisiensi pada aluminium foil mencapai 9,72 %, sedangkan efisiensi pada atap galvalum sebesar 8,75 % dan efisiensi 7,54 %.

3. Kualitas modul surya pada saat tidak menggunakan reflektor dan menggunakan reflektor atap galvalum dan aluminium tidak baik, karena besar fill factor masing-masing sebesar 0,144, 0,156, dan 0,157. Sangat jauh dengan kualitas modul surya yang baik yaitu diatas 0,7.

REFERENSI

- [1] Tiyas, Puteri Kusumaning, and Mahendra Widyartono. (2020). *Pengaruh Efek Suhu Terhadap Kinerja Panel Surya*. *Jurnal Teknik Elektro* 9.1.
- [2] Prastica, Reynaldo Hilga Adis. (2016) *Analisis pengaruh penambahan reflector terhadap tegangan keluaran modul solar cell*. Diss. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [3] Dela, Rizki Yenda. (2017). *Investigasi Titik Daya Maksimum Photovoltaic dengan Peningkatan Daya Guna Cahaya Matahari Secara Bertahap menggunakan Reflektor*. Diss. Universitas Andalas.
- [4] Sinaga, Rusman. (2018). *Pengaruh parameter lingkungan dan penempatan posisi modul terhadap luaran energi PLTS menggunakan solar cell 50 Wp, 12 Volt*.
- [5] Setiyono, Joko, et al. (2021). *Analisis Performa Modul Surya Cell Terhadap Penggunaan Reflektor Aluminium Foil*. *Piston: Journal of Technical Engineering* 5.1.
- [6] Hariyanto, Sugeng. (2021). "Rancang Bangun Reflector Untuk Mengoptimalkan Daya Serap Matahari Pada Panel Surya Dengan Variasi Sudut Guna Menghasilkan Daya Optimal." *Jurnal Ilmiah Telsinas Elektro, Sipil dan Teknik Informasi* 4.1. pp 41-45.
- [7] Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2017). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Sage publications.
- [8] Suharsaputra, D. U. M.Pd. (2014). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif Dan Tindakan*, Bandung: Alfabeta.
- [9] Muharam, Amir Farhani. (2021). *Analisis Perbandingan Daya Output Panel Surya Dengan Reflektor Aluminium Foil Cekung Dan Datar*. Diss. Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.
- [10] Widodo, Bagas, and Winarso Winarso. (2022). *Peningkatan Energi Listrik Serta Daya Keluaran Pada Panel Surya Dengan Penambahan Sistem Pendingin Heatsink Dan Reflektor Alluminium Foil*. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer TRIAC* 9.1. pp 1-4.
- [11] Putra, Daffa Ananda, and Tamrin Tamrin. (2022). *Pengaruh Variasi Lebar Reflektor Ganda Cermin Datar Pada Kinerja Panel Surya Tipe Polikristal 50 Wp*. Diss. Sriwijaya University.