

OPTIMALISASI PENERIMAAN INTENSITAS CAHAYA MATAHARI PADA PERMUKAAN PANEL SURYA (*SOLAR CELL*) MENGUNAKAN CERMIN

Soni A. Kaban, Muhamad Jafri, Gusnawati

*Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana
Jln. Adisucipto - Penfui Kupang NTT, 85222
E-mail: kabanagus62@gmail.com*

Abstrak

Energi surya merupakan salah satu energi yang bias dikonversi menjadi energi listrik dengan menggunakan panel surya (*photovoltaic solar*). Pada penelitian ini, dirancang panel surya dengan cermin datar sebagai reflektor *scanning* dengan empat buah reflektor pada empat sisi panel surya. Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini yaitu untuk mendapatkan keluaran panel surya yang optimal menggunakan cemin sebagai media reflektornya dan mendapatkan konfigurasi penempatan cermin untuk meningkatkan keluaran arus dan tegangan panel surya. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan melakukan percobaan terhadap objek bahan penelitian dengan kemiringan reflektor cermin 30°, 45°, dan 60°. Dengan penambahan reflector cermin pada panel surya menyebabkan peningkatan keluaran panel surya pada pukul 12.00 Wita. Panel tanpa reflektor menghasilkan Arus 2,1 Ampere, Tegangan 6,52 Volt. Panel reflektor 30° menghasilkan Arus 1,89 Ampere, Tegangan 6,25 Volt, Panel reflektor 45°, Arus 2,33 Ampere, Tegangan 6,15 Volt dan Panel reflektor Arus 3,02 Ampere, dan Tegangan 6,41 Volt.

Kata kunci: Energi; fotovoltaiik; panel surya; cermin

Abstract

Solar energy is one of the energies that can be converted into electrical energy using solar panels (photovoltaic solar). In this study, a solar panel with a flat mirror as a scanning reflector was designed with four reflectors on the four sides of the solar panel. The objectives to be achieved in this study are to obtain optimal solar panel output using cemin as a reflector medium and obtain a mirror placement configuration to increase the current and voltage output of the solar panels. The method used in this research is an experimental method by conducting experiments on the object of the research material with a mirror reflector tilt of 300, 450, and 600. With the addition of a mirror reflector on the solar panel it causes an increase in the output of the solar panel at 12.00 Wita. The panel without a reflector produces a current of 2.1 Ampere, a voltage of 6.52 volts. The 300-reflector panel produces a current of 1.89 Amperes, a Voltage of 6.25 Volts, a 450 Reflector Panel, a Current of 2.33 Amperes, a Voltage of 6.15 Volts and a Current 3.02 Amperes of Reflector Panel, and a Voltage of 6.41 Volts.

Keywords: Energy; fotovoltaiic; solar panel; mirror

PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan yang paling penting dalam kehidupan manusia terutama air tawar yang bersih dan sehat. Kelangkaan dan kesulitan mendapatkan air bersih dan layak pakai menjadi permasalahan yang mulai muncul di banyak tempat yang salah satunya bagi masyarakat kepulauan. Negara kita adalah negara kepulauan yang di kelilingi oleh air laut. Musim kemarau yang beberapa tahun ini berkepanjangan sehingga sulit untuk mendapatkan air bersih [1]. Sedangkan distribusi air didunia menunjukkan bahwa 97,3%

berupa air laut dan sisanya berupa air tawar yang tidak dapat dimanfaatkan karena dalam bentuk gunung es 2,1% dan hanya sekitar 0,6% yang dapat dimanfaatkan secara langsung [2].

Penyulingan dengan energi surya adalah teknologi yang sangat lazim. Ini adalah perawatan sederhana untuk pemurnian air. Prinsip dasar penyulingan dengan matahari merupakan yang efektif, panas matahari menguapkan air dan uapnya mengembun pada permukaan bagian dalam penutup kaca.

Pengaruh jarak kaca ke plat terhadap panas yang diterima suatu kolektor surya plat datar

dengan menggunakan jenis kaca bening dan kaca es setebal 3 mm dengan jarak kaca ke plat 15 mm, 20 mm, 25 mm dan 30 mm. Dari hasil penelitian didapat bahwa temperatur plat tertinggi dicapai saat kaca yang dipakai adalah jenis kaca bening 3 mm dengan jarak kaca ke plat 20 mm [3].

Sistem kerja destilasi air laut diteteskan melalui pipa dan jatuh pada kain yang akan menyerap air. Radiasi matahari akan memanaskan plat penyerap panas melalui akrilik kemudian panas plat memanaskan air pada kain hingga menjadi uap dan menempel pada permukaan dalam akrilik hingga terkondensasi menjadi air suling. Dari hasil pengujian tersebut dalam waktu 1 hari dapat menghasilkan air bersih dengan volume rata-rata yang dihasilkan 374,7 (mL) dan efisiensi teoritis maksimum 25,10% dan efisiensi aktual maksimum 14,33% [4].

Optimalisasi Daya dan Energi Listrik pada Panel Surya Polikristal dengan Teknologi *Scanning Reflektor*, dengan adanya penambahan cermin datar pada panel surya menyebabkan peningkatan arus dengan rata-rata 0,7533 Ampere dan peningkatan daya rata-rata 10,201-Watt dibandingkan tanpa penambahan menggunakan reflektor.

Penambahan reflektor cermin sangat berpengaruh pada keluaran panel surya dikarenakan penambahan reflektor mempengaruhi tingkat nilai radiasi yang jatuh pada panel surya sehingga berdampak pada keluaran panel surya. Karena pada dasarnya penambahan reflektor cermin datar sangat mempengaruhi suhu yang ada di permukaan panel surya, semakin tinggi nilai radiasi diterima panel surya yang difokuskan pada suatu titik maka semakin besar nilai radiasi dan suhu [5].

Pada perkembangan dunia, teknologi saat ini mendorong manusia untuk melakukan berbagai penemuan terkait dengan adanya sumber energi listrik. Pada saat ini energi listrik telah menjadi salah satu aspek kehidupan manusia yang sangat penting. Sekarang ini, sebagian besar sumber energi listrik dapat diperoleh melalui pengkonversian energi, yang berasal dari fosil, gas, dan minyak bumi. Namun dari pemanfaatan sumber energi tersebut ada beberapa kekurangan yang perlu kita pertimbangkan, yaitu habisnya sumber

daya alam yang dimanfaatkan sebagai energi listrik [6].

Optimalisasi daya keluaran sebuah panel surya yang dapat dilakukan dengan menggabungkan beberapa panel surya dan memperbesar intensitas radiasi yang diterima oleh panel surya. *Reflector* digunakan sebagai pantulan cahaya matahari sehingga dapat menambah intensitas cahaya matahari yang didapat oleh panel surya.

Energi dan Daya

Ketika muatan melewati elemen rangkaian maka medan listrik bekerja pada muatan tersebut. Total usaha yang bekerja pada muatan q yang melewati rangkaian elemen sebanding dengan produk q dan beda potensial V . Jika arus adalah I dan selang waktu dt , maka jumlah muatan yang mengalir adalah $dQ = I dt$. Usaha yang bekerja pada muatan ini adalah:

$$dw = VdQ = VI dt \quad (1)$$

Persamaan ini menunjukkan energi listrik yang ditransfer ke dalam elemen rangkaian. Transfer energi tiap satuan waktu disebut daya yang ditunjukkan dengan P . Pembagian persamaan 2.1 di atas dengan dt akan didapat kecepatan pengiriman energi pada rangkaian tersebut yaitu:

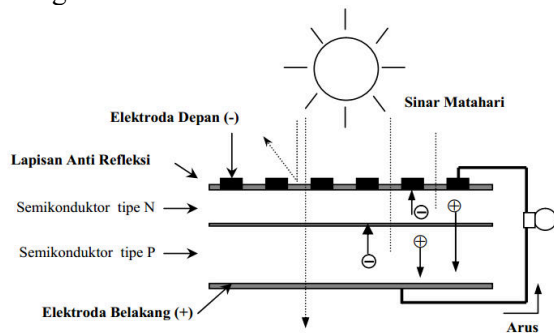
$$\frac{dw}{dt} = P = VI \quad (2)$$

Sel Surya

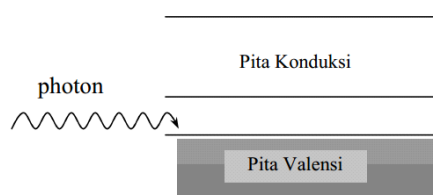
Secara sederhana sel surya terdiri dari persambungan bahan semikonduktor bertipe p dan n (*p-n junction semiconductor*) yang jika terkena sinar matahari maka akan terjadi aliran elektron, aliran elektron inilah yang disebut sebagai aliran arus listrik. Proses pengubahan energi matahari menjadi energi listrik ditunjukkan dalam gambar 1.

Bagian utama pengubah energi sinar matahari menjadi listrik adalah penyerap (*absorber*), meskipun demikian masing-masing lapisan juga sangat berpengaruh terhadap efisiensi dari sel surya. Lebih detail lagi bisa dijelaskan bahwa semikonduktor adalah bahan yang memiliki struktur seperti isolator akan tetapi memiliki celah energi kecil (1 eV atau kurang) sehingga memungkinkan elektron bisa melompat dari pita valensi ke pita konduksi.

Hal tersebut dapat dijelaskan dengan pita-pita energi.

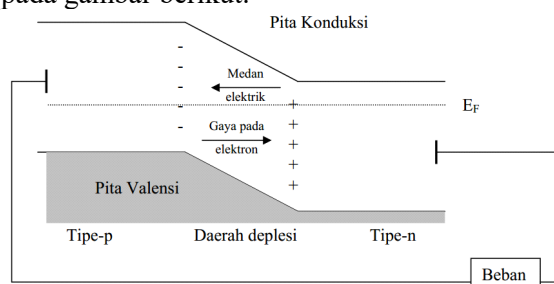


Gambar 1. Proses pengubahan energi matahari menjadi energi listrik pada sel surya.



Gambar 2. Struktur pita sebuah semikonduktor

Elektron dari pita konduksi dapat meloncat ke pita valensi ketika sambungan tersebut dikenai photon dengan energi tertentu. Tingkat energi yang dihasilkan diperlihatkan seperti pada gambar berikut.



Gambar 3. Tingkat energi yang dihasilkan oleh p-n semikonduktor

Ketika sinar matahari yang terdiri dari photon-photon jatuh pada permukaan bahan sel surya (absorber), akan diserap, dipantulkan, atau dilewatkan begitu saja seperti terlihat pada gambar 1, dan hanya foton dengan tingkat energi tertentu yang akan membebaskan elektron dari ikatan atomnya, sehingga mengalir arus listrik. Tingkat energi ini disebut energi *band-gap* yang didefinisikan sebagai sejumlah energi yang dibutuhkan untuk mengeluarkan elektron dari ikatan kovalennya sehingga terjadilah aliran arus listrik. Elektron dari pita valensi akan tereksitasi ke pita konduksi. Elektron menjadi pembawa *n* dan

meninggalkan *hole*, pembawa *p*. Pembawa *p* akan bergerak menuju persambungan demikian juga pembawa *n* akan bergerak ke persambungan, perpindahan tersebut menghasilkan beda potensial.

Dari hukum radiasi Stefan Boltzman diketahui, bahwa pancaran energi karena suhu akan merupakan radiasi inframerah (infrared), yang per satuan luas dinyatakan dengan rumus $\epsilon\sigma T^4$, di mana ϵ merupakan angka pancaran (*emissivity* atau *blackness*) dari permukaan, σ merupakan suatu konstanta dan T suhu permukaan. Dengan demikian dapat ditulis:

$$E_3 = 4\pi R^2 \epsilon\sigma T^4 \quad (3)$$

dimana:

- E_3 : Energi yang dipancarkan oleh planet
- R : Radius planet
- ϵ : Angka pancaran planet
- σ : Suatu konstanta = $5,673 \cdot 10^{-8} \text{ J/m}^2 \text{ det}$
- T : Suhu permukaan

Energi E_2 adalah energi yang diserap akan menyebabkan suhu T dari planet akan naik. Panas ini akan memancarkan sebagian energinya, yaitu sebesar E_3 ke angkasa luas. Dengan demikian maka dapat ditulis:

$$E_1 = E_2 + E_3 \quad (4)$$

E_1 adalah energi yang diterima dari matahari, E_2 energi yang diserap planet dan E_3 energi yang dipancarkan oleh planet. Keseimbangan akan tercapai bila $E_1 = E_3$ dan dicapai suhu akhir T_2 . Sehingga berlaku rumus berikut ini:

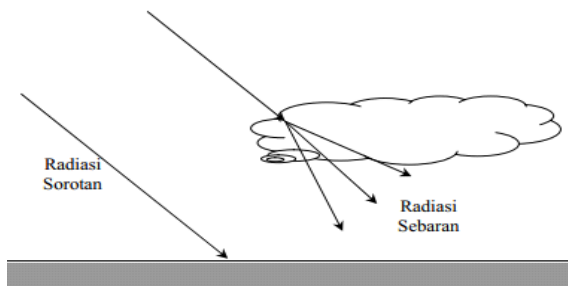
$$\pi R^2 S(1 - \alpha) = 4\pi R^2 \epsilon\sigma T_2^4 \text{ atau } T_2 = \left[\frac{S(1 - \alpha)}{4\epsilon\sigma} \right]^{1/4} \quad (5)$$

dimana:

- T_2 : Suhu akhir planet
- S : Padat radiasi surya
- α : Angka refleksi permukaan
- ϵ : Angka pancaran permukaan
- σ : Suatu konstanta

Radiasi harian matahari pada permukaan Bumi

Radiasi matahari yang tersedia di luar atmosfer bumi atau sering disebut konstanta radiasi matahari sebesar 1353 W/m dikurangi intensitasnya oleh penyerapan dan pemantulan oleh atmosfer sebelum mencapai permukaan bumi.



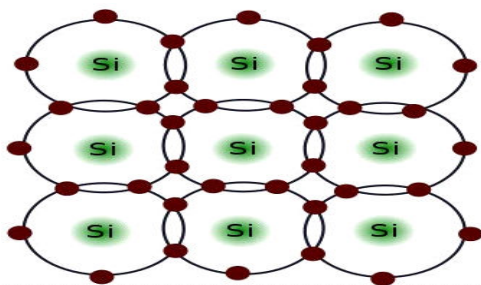
Gambar 4. Radiasi sorotan dan radiasi sebaran mengenai permukaan bumi

Dengan adanya faktor-faktor diatas menyebabkan radiasi yang diterima permukaan bumi memiliki intensitas yang berbeda-beda setiap saat. Besarnya radiasi harian yang diterima permukaan bumi ditunjukkan pada grafik gambar 4 Pada waktu pagi dan sore radiasi yang sampai permukaan bumi intensitasnya kecil. Hal ini disebabkan arah sinar matahari tidak tegak lurus dengan permukaan bumi (membentuk sudut tertentu) sehingga sinar matahari mengalami peristiwa difusi oleh atmosfer bumi.

Penggunaan Jenis Solar Cell

a. Silikon Kristal Tunggal (*Monocrystalline Silicone Sel Surya*)

Silikon ini merupakan semikonduktor yang paling umum digunakan untuk pembuatan sel surya karena jumlahnya yang melimpah dan mudah didapat. Sel surya berbasis silikon kristal tunggal (*Monocrystalline Silicone Sel Surya*) dibuat dari potongan tipis yang berasal dari sebuah kristal silikon homogen.

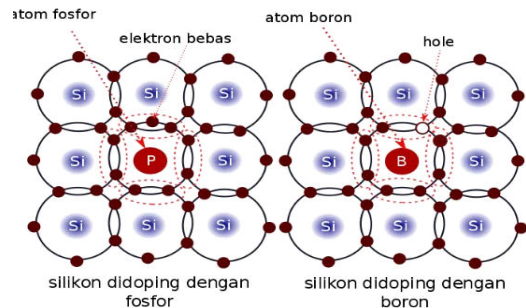


Gambar 5 Ikatan kovalen pada Kristal silikon

b. Silikon Polikristalin

Produksi sel surya dengan bahan baku silikon polikristalin (multi-Si) biasanya dimanfaatkan pemurnian pasir kuarsa (SiO_2) dengan sisi P-type pada atom silikon hasil pemurnian ditambah dengan atom boron. Ukuran standar silikon polikristalin adalah sekitar 156 mm atau 6 inci dan pada bagian

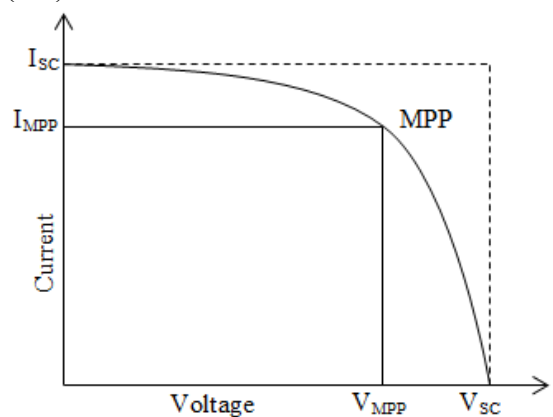
depan dilindungi oleh material *anti-reflection coating* (ARC) berupa silikon nitrida (SiN_x) dan titanium oksida (TiO_x) yang berupa untuk mengurangi kehilangan sisi P-type akibat pantulan.



Gambar 6. Susunan molekul silikon semikonduktor P-type dan N-type

Efisiensi Sel Surya

Daya listrik yang dihasilkan oleh sel surya ketika mendapat cahaya dihitung dari kemampuan untuk memproduksi tegangan ketika diberi beban dan arus melalui beban pada waktu yang sama. Hal tersebut sebagaimana direpresentasikan dalam kurva arus-tegangan (I-V).



Gambar 7. Kurva arus-tegangan pada sel surya

Efisiensi adalah sifat terpenting yang menjadi tolak ukur performa pada sebuah perangkat sel surya. Nilai efisiensi suatu sel surya dihitung dengan besarnya daya yang dihasilkan sel surya dibagi dengan daya cahaya yang datang.

$$\eta = \frac{I_m V_m}{P_{light}} = \frac{FF I_{sc} V_{oc}}{P_{light}} \quad (6)$$

Perpindahan Panas

Dalam perencanaan suatu alat dengan pemanfaatan tenaga surya perlu diketahui semua jenis perpindahan panas yang terjadi selama siklus terjadi. Seperti ketika kolektor menerima panas dari matahari maka hal itu

terjadi dengan cara radiasi, kemudian panas dari plat kolektor berpindah secara konveksi ke udara [5].

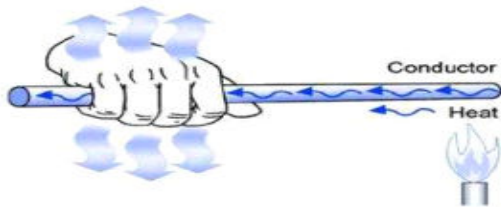
a. Konduksi

Panas mengalir secara konduksi dari daerah yang bertemperatur tinggi ke daerah yang bertemperatur rendah. Laju perpindahan panas konduksi dapat dinyatakan dengan Hukum Fourier.

$$q = -kA \left(\frac{dT}{dx} \right) \quad (7)$$

dimana:

- q : Laju perpindahan panas (watt)
- k : Konduktifitas Termal (W/ (m.K)
- A : Luas penampang pada aliran panas (m²)
- dT/dx : Gradien temperatur (K/m)



Gambar 8 Perpindahan panas konduksi

b. Konveksi

Udara yang mengalir di atas suatu permukaan logam pada sebuah alat pemanas udara surya, dipanasi secara konveksi yaitu konveksi paksa dan konveksi alamiah, apabila aliran udara disebabkan oleh blower maka ini disebut konveksi paksa dan apabila disebabkan oleh gradien massa jenis maka disebut konveksi alamiah [6]. Pada umumnya laju perpindahan panas dapat dinyatakan dengan hukum persamaan pendinginan Newton sebagai berikut:

$$q = hA (T_w - T) \quad (8)$$

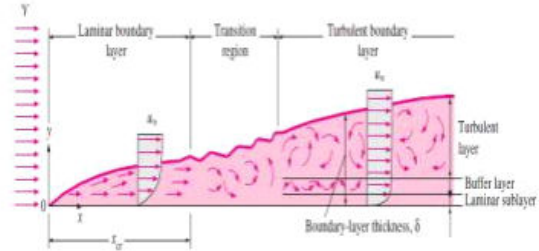
dimana:

- h : Koefisien konveksi (W/m². K-1)
- A : Luas penampang kolektor surya (m²)
- T_w: Temperatur dinding (K)
- T : Temperatur fluida (K)
- q : Laju perpindahan panas (watt)

Untuk pemanas surya yang bekerja dalam bilangan Reynold antara 2000 sampai 10000, dan nilai bilangan Nusselt sebesar:

$$Nu = 0,00269 \cdot Re \quad (9)$$

Re yang dimaksud adalah bilangan *Reynold* yang biasanya berkisar antara 2000 sampai 10000 untuk aliran turbulen dan dibawah 2000 untuk aliran laminar.



Gambar 8. Perpindahan panas Konveksi plat datar

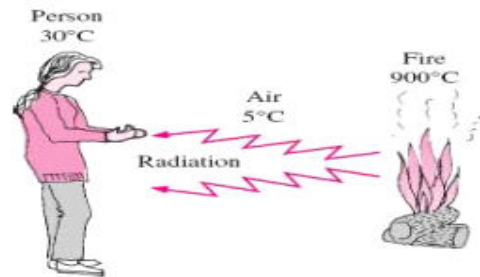
c. Radiasi

Radiasi adalah proses perpindahan panas melalui gelombang elektromagnetik atau paket-paket energi (*photon*) yang dapat dibawa sampai pada jarak yang sangat jauh tanpa memerlukan interaksi dengan medium. Perpindahan panas radiasi pada alat ini terjadi pada kolektor surya. Perpindahan panas secara radiasi dirumuskan sebagai berikut:

$$q = \sigma A_1 \cdot \epsilon_1 (T_1^4 - T_2^4) \quad (10)$$

dimana:

- Q : Laju perpindahan panas (watt)
- ε : Emisivitas panas permukaan (≤ε≤1)
- σ : Konstanta Stefan Boltzman (5,67x10⁻⁸ W/m²K⁴)
- A : Luas penampang (m²)



Gambar 9. Perpindahan panas radiasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pengujian dan pengukuran keluaran arus dan tegangan pada panel surya dilaksanakan selama 3 (tiga) hari dalam kondisi intensitas cahaya yang berbeda mulai dari pagi hingga sore hari. Hasil rata-rata pengukuran temperatur, output keluaran arus, tegangan dan daya panel surya dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 1. Temperatur lingkungan dan Suhu rata-rata Panel Surya

Waktu (WITA)	Intensitas Cahaya (W/m ²)	Temperatur Lingkungan (C°)	Suhu Rata-rata C° (x10)			
			Panel Tanpa Reflektor	Panel Reflektor		
				30°	45°	60°
08:00	3.344.491	24.8	3.6	3.8	3.7	3.9
09:00	5.995.776	28	4.4	4.5	4.6	4.9
10:00	7.418.197	30.6	4.9	5.0	4.9	5.4
11:00	8.408.491	31.4	4.8	4.9	4.9	5.3
12:00	6.387.392	31.8	4.5	4.7	5.0	4.9
13:00	7.895.339	32.4	4.5	4.4	4.4	4.8
14:00	6.552.432	32	4.0	4.1	3.7	3.8
15:00	4.847.936	28.8	3.6	3.5	4.0	3.6
16:00	2.817.835	28.4	2.7	2.7	2.7	2.5
17:00	7.382.187	27.8	2.3	2.3	2.3	2.3

Tabel 2. Keluaran arus panel surya

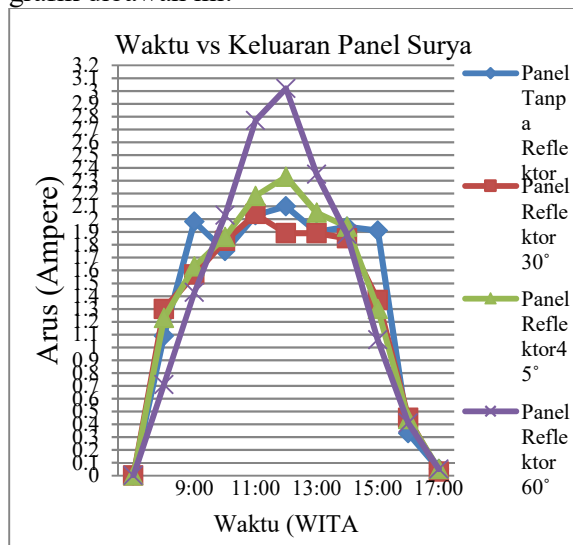
Waktu (WITA)	Intensitas Cahaya (W/m ²)	Temperatur Lingkungan (C°)	Nilai Rata-rata			
			Panel Tanpa Reflektor	Arus (Ampere)		
				30°	45°	60°
8:00	334.4491	25	1.09	1.3	1.23	0.71
9:00	599.5776	28	1.98	1.57	1.63	1.43
10:00	741.8197	30	1.75	1.83	1.86	2.03
11:00	840.8491	31	2.03	2.04	2.18	2.77
12:00	638.7392	31	2.1	1.89	2.33	3.02
13:00	789.5339	31	1.9	1.89	2.05	2.35
14:00	652.2432	30	1.94	1.85	1.94	1.88
15:00	484.7936	28	1.91	1.37	1.3	1.06
16:00	281.7835	28	0.33	0.45	0.44	0.41
17:00	73.82187	28	0.05	0.03	0.05	0.05

Tabel 3. Keluaran tegangan panel surya

Waktu (WITA) WITA	Intensitas Cahaya (W/m ²)	Temperatur Lingkungan (C°)	Daya (Watt)			
			Panel Tanpa Reflektor	Panel Reflektor		
				30°	45°	60°
8:00	334.4491	25	7.3248	8.84	7.8597	4.7783
9:00	599.5776	28	13.2264	10.5033	10.3668	9.5381
10:00	741.8197	30	11.5675	12.4074	11.811	13.4183
11:00	840.8491	31	13.2762	13.4232	13.625	17.8388
12:00	638.7392	31	13.692	11.8125	14.3295	19.3582
13:00	789.5339	31	12.597	12.5685	12.9765	15.416
14:00	652.2432	30	12.9592	12.3765	12.3966	12.5584
15:00	484.7936	28	12.6633	9.2201	8.294	7.102
16:00	281.7835	28	1.9899	2.754	2.596	2.4928
17:00	73.82187	28	0.2505	0.1635	0.2635	0.2775

Berdasarkan hasil pengujian alat selama 3 (tiga) hari didapatkan rata-rata temperatur panel

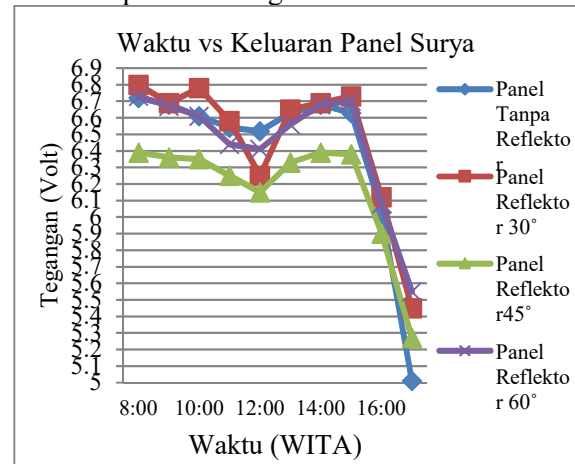
surya, keluaran arus panel surya, keluaran tegangan panel surya, tabel keluaran daya panel dan pengaruh intensitas cahaya terhadap panel surya, maka grafik hasil perbandingan dari nilai arus, tegangan, daya, pengaruh suhu panel terhadap keluaran panel surya dan pengaruh intensitas terhadap keluaran yang dihasilkan panel surya pada penelitian Optimalisasi Penerimaan Intensitas Cahaya Matahari pada Permukaan Panel Surya (*Solar Cell*) Menggunakan Cermin dapat dijelaskan pada grafik dibawah ini:



Gambar 10. Grafik arus keluaran panel surya menggunakan reflektor cermin 30°, 45°, 60° dengan tanpa menggunakan reflektor cermin

Output keluaran arus panel surya dengan reflektor cermin empat sisi 37 x 20 cm dari hasil pengujian dapat dilihat bahwa penambahan reflektor dan tanpa menggunakan reflektor dimana kita bisa lihat ada perbedaan setiap jamnya pada jam 08.00-09.00 WITA panel tanpa reflektor dengan nilai 1,09 A dan 1,98 A, panel reflektor 30° dengan nilai 1,3 A dan 1,57 A, panel reflektor 45° dengan nilai 1,23 A dan 1,63 A sedangkan panel reflektor 60° dengan nilai 0,71 A dan 1,43 A. Panel reflektor 60° yang paling kecil nilai keluarannya dikarenakan intensitas cahaya yang diterima panel reflektor 60° terhalangi oleh reflektor panel bagian sisi timur, seiringnya bertambahnya jam dimana pada jam 10.00 – 13.00 WITA bisa dilihat bahwa panel yang menggunakan reflektor lebih besar keluarannya dibandingkan panel tanpa menggunakan reflektor dengan nilai panel tanpa reflektor 1,75 A, 2,03 A, 2,1 A, 1,9 A, panel reflektor 30° dengan nilai 1,83 A, 2,04 A, 1,89 A, 1,89 A, panel reflektor 45° dengan nilai

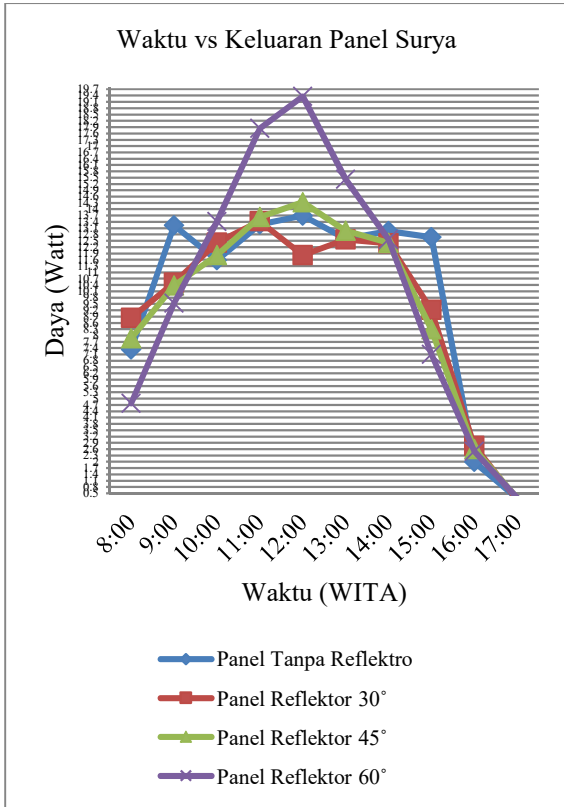
1,86 A, 2,186 A, 2,18 A, 2,33 A, 2,05 A dan panel reflektor 60° dengan nilai 2,03 A, 2,77 A, 3,02, 2,35. Pada pukul 10.00-13.00 WITA panel reflektor 60° lebih unggul dari panel yang lain dikarenakan intensitas di terima panel tersebut lebih banyak dari panel yang lain. Pada jam 14.00-17.00 mengalami penurunan dikarenakan intensitas yang diterima panel terhalangi oleh reflektor panel sisi bagian barat.



Gambar 11. Grafik tegangan keluaran panel surya menggunakan reflektor cermin 30°, 45° dan 60° dengan tanpa menggunakan reflektor cermin

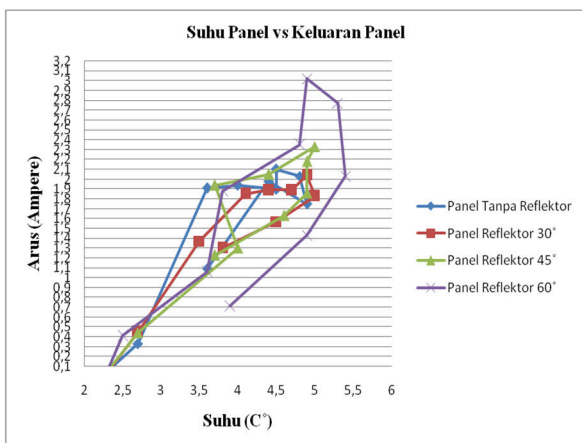
Dari grafik pada gambar 11 dapat diketahui bahwa nilai tegangan pada panel surya dari hasil pengambilan data setelah adanya penambahan reflektor cermin dan tanpa penambahan reflektor cermin, pengaruh penambahan reflektor cermin dengan tanpa penambahan reflektor cermin pada kedua panel surya hanya memiliki pengaruh yang kecil. Hal ini bisa disebabkan oleh penambahan reflektor cermin hanya mempengaruhi tingkat nilai radiasi matahari yang jatuh pada panel surya, semakin besar nilai radiasi yang difokuskan pada suatu titik maka semakin besar nilai radiasi yang diterima panel surya.

Output keluaran daya panel surya dengan reflektor cermin empat sisi 37 x 20 cm dari hasil pengujian dapat dilihat bahwa penambahan reflektor tersebut mengalami penurunan mulai pukul 8:00-9:00 WITA dibandingkan tanpa menggunakan reflektor cermin di karenakan penambahan reflektor cermin sudut 30°, 45°, 60° pada panel surya menghalangi intensitas cahaya yang masuk pada panel surya bagian sisi kiri cermin (timur) sedangkan pada pukul 10:00–13:00 mengalami peningkatan dibandingkan tanpa menggunakan reflektor cermin.



Gambar 12. Grafik daya keluaran panel surya menggunakan reflektor cermin 30°, 45°, 60° dengan tanpa menggunakan reflektor cermin.

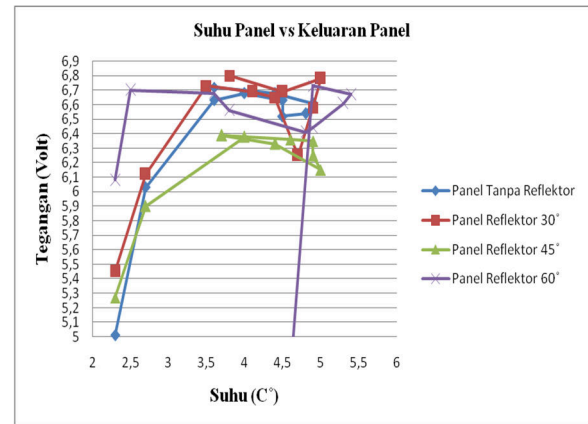
Pada pukul 14:00–17:00 mengalami penurunan dikarenakan penambahan reflektor cermin sisi bagian kanan (barat) cermin menghalangi intensitas cahaya yang masuk ke panel surya.



Gambar. 13. Grafik pengaruh suhu panel terhadap keluaran panel surya menggunakan reflektor cermin 30°, 45°, 60° dengan tanpa menggunakan reflektor cermin.

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa kecenderungan grafik untuk semua variasi sudut reflektor menunjukkan bahwa kenaikan

suhu diikuti dengan kenaikan arus. Apabila persebaran data irradiance berfluktuasi, maka variabel yang lain juga berfluktansi.



Gambar 14. Grafik pengaruh tegangan panel terhadap keluaran panel surya menggunakan reflektor cermin 30°, 45°, 60° dengan tanpa menggunakan reflektor cermin.

Dari grafik temperatur panel pada gambar 14 dapat diketahui bahwa nilai tegangan pada panel surya dari hasil pengambilan data setelah adanya penambahan reflektor cermin dan tanpa penambahan reflektor cermin, pengaruh penambahan reflektor cermin dengan tanpa penambahan reflektor cermin pada kedua panel surya hanya memiliki pengaruh yang kecil. Hal ini bisa disebabkan oleh penambahan reflektor cermin hanya mempengaruhi tingkat nilai radiasi matahari yang jatuh pada panel surya, semakin besar nilai radiasi yang difokuskan pada suatu titik maka semakin besar nilai radiasi yang diterima panel surya.



Gambar 15. Panel Reflektor 60°



Gambar 16. Panel reflektor 45°



Gambar 17. Panel reflektor 30°

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan optimalisasi penerimaan intensitas cahaya matahari pada permukaan panel surya (*solar cell*) menggunakan cermin, dapat disimpulkan:

- a. Kenaikan suhu adalah akibat kenaikan irradiance, dimana tiap kali irradiance meningkat, maka variabel yang seperti suhu, arus, tegangan juga ikut meningkat. Daya keluarannya juga meningkat. Daya keluaran tertinggi dicapai saat pengujian menggunakan reflektor 60° yaitu sebesar 19,3582-Watt dengan suhu 49° C pada pukul 12.00 WITA.
- b. Penambahan reflektor cermin dapat menyebabkan penurunan keluaran (*output*) arus dan tegangan panel surya karena intensitas cahaya yang diterima panel surya dapat terhalang oleh reflektor itu sendiri.

Saran

Saran yang dapat penulis berikan pada penelitian ini sebagai berikut:

- a. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menggunakan cermin sebagai reflektor pada panel surya.
- b. Perlu dilakukan penambahan pendingin pada panel surya untuk mengurangi peningkatan suhu pada panel surya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Daniel, H. (2012). Kondisi Ketenagalistrikan Indonesia Skenario & Tantangan Pengembangan Menuju 2030. In B. Pres, *FGD Outlook Kelistrikan Indonesia, PTKKE- BPPT*. (pp. 51-60). Indonesia: Book Section.
- [2] Priahandoko, H. (2017). Optimalisasi Sudut Cermin Datar Sebagai Reflektor Panel Surya Polikristal Penjejak Matahari. *Jurnal Artikel*, 1, 45-49.
- [3] Septiadi, Dedy. (2009). *Proyeksi Potensi Energi Surya Sebagai Energi Terbarukan*. Report.
- [4] Pruit, D., dkk. (2001). *The Simulation Of Building Integrated Photovoltaics In Commercial Office Buildings*. Seventh International IBPSA Conference, Rio De Janeiro.
- [5] Saputra, W. (2008). *Rancang Bangun Solar Tracking System Untuk Mengoptimalkan Penyerapan Energi Matahari Pada Solar Cell*. Depok, Jurusan Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia. : Skripsi.
- [6] Wilson, W. (1996). *Teknologi Sel Surya : Perkembangan Dewasa Ini dan yang Akan Datang*. Edisi ke empat, Elektro Indonesia, Jakarta. : Book Section.
- [7] Weller, B. (2008). *Planning And Installing Photovoltaic System*. Earthscan: London.
- [8] Jansen, T. dkk. *Teknologi Rekayasa Sel Surya*. P.T Pradnya Paramita, Jakarta.
- [9] Dr. Christian, G., Dr. H. O, K., & Dr. Helmut, V. (1887). *Solar Engineering and Thermal Process*. University of Wisconsin, Madison: Book.
- [10] Dr. Pieter, S. (1999). *Optik dan Hukum-hukum Snellius*. Perancis: Book Section.
- Yuliarto, B. (2012). Peningkatan daya keluaran sel surya dengan menambah intensitas cahaya melalui lensa cembung. *Jurnal Artikel*, 1(3), 22-38.

- [11] Takle, E., & Shaw, R. (2007). Complimentary Nature of Wind and Solar Energy at a Continental Mid-Latitude Station. *International Journal of Energy Research*, 3(2), 103-112.
- [12] Quanching, V. (2004). *Renewable Energy World*. Science Publisher, German.
- [13] Yuwono, Budi. (2005). Skripsi Optimalisasi Panel Sel Surya Dengan Menggunakan Sistem Pelacak Berbasis Mikrokontroler AT89C51. 2(3), 12-20.
- [14] Cengel, A. Yunus & Boles, A. Michael. (2002). *Thermodynamics an Engineering Approach, Fourth Edition*, McGraw-Hill, New York