

## **PENGARUH CERMIN REFLEKTOR TERHADAP DAYA DAN KENAIKKAN TEMPERATUR SEL SURYA**

Heriyanto Rusmaryadi<sup>1\*)</sup>, Sukarmansyah<sup>2</sup>, Togar P.O.Sianipar<sup>3</sup>, Harry Setiadi<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Tridinanti Palembang

<sup>4</sup>Mahasiswa (S1) Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Tridinanti Palembang

<sup>\*)</sup>Email Penulis: herirusmaryadi@gmail.com

### **INFORMASI ARTIKEL**

Submitted:  
13/12/2018

Revised:  
18/01/2019

Accepted:  
21/01/2019

Print-Published:  
31/01/2019

### **ABSTRAK**

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan reflektor terhadap peningkatan produksi energi dan sekaligus untuk mengetahui perubahan temperatur sel suryanya sebagai akibat penambahan kuantitas sinar matahari yang masuk. Kapasitas modul sel suryanya lebih kurang 50 Wp, dimana pengujiannya dilakukan dari pukul 09.00 s.d. 15.00 selama tiga hari. Adapun sudut kemiring reflektor yang digunakan adalah 100<sup>0</sup>, 110<sup>0</sup>, dan 120<sup>0</sup>. Hasil penelitiannya menunjukkan adanya peningkatan daya keluaran modul sel surya rata-rata sebesar 2.59% (dengan nilai maksimumnya 4.42%). Efek sampingnya adalah kenaikan temperatur sel surya maksimum sebesar 0.6<sup>0</sup>C (atau 1.59%).

**Kata kunci:** sel surya, reflektor, sudut kemiringan, daya keluaran, temperatur sel surya

#### **ABSTRACT**

*The purpose of this study is to determine the effect of the addition of reflectors to increase energy production and simultaneously to determine the change in temperature of solar cell as a result of the addition of the quantity of incoming sunlight. Capacity of the solar cell module is approximately 50 Wp, where the test is done from 9 am to 3 pm for three days. The reflector's slope angle used is 100<sup>0</sup>, 110<sup>0</sup>, and 120<sup>0</sup>. The results of this study indicate an increase in output power of the solar cell module an average of 2.59% (with 4.42% at maximum). The side effect is the increase in maximum temperature of the solar cells by 0.6<sup>0</sup>C (or 1.59%).*

**Keywords:** solar cell, reflector, slope angle, output power, temperature of solar cell

## **1. PENDAHULUAN**

Matahari adalah sumber kehidupan dan juga sumber energi awal dari energi-energi lainnya yang ada di bumi. Sumber energi yang terbaharukan, gratis, handal, dan tersedia sepanjang tahun.

Matahari adalah bintang yang terdekat jaraknya bila diukur dari bumi. Temperatur permukaan dan inti

matahari bisa mencapai 5.760 K dan 8.000.000 ÷ 40.000.000 K (Pudjasana & Nursuhud, 2013). Temperatur yang tinggi inilah yang menyebabkan matahari bisa memancarkan radiasi sinar elektromagnetik dengan beragam spektrum (dari yang panjang gelombangnya pendek / berfrekuensi tinggi hingga yang bergelombang panjang.

Sinar matahari bisa mencapai permukaan bumi

meskipun jarak antara keduanya mencapai ratusan jutaan kilometer ( $\pm 150$  juta km) karena metode perpindahan kalornya secara radiasi (yang tidak memerlukan medium). Sinar matahari yang sampai inilah yang nantinya akan dipancarkan ulang (diteruskan), dipantulkan, diserap ataupun gabungan dari ketiganya.

Indonesia adalah negara tropis yang terletak di khatulistiwa (yang berarti bergaris lintang rendah). Rata-rata pancaran sinar matahari per hari yang diterima adalah  $4.000 \div 5.000 \text{ Wh/m}^2$ . Sedangkan rata-rata jumlah jam sinaran per hari yang didapat berkisar antara  $4 \div 8$  jam (Supranto, 2015).

Dari seluruh wilayah Indonesia, intensitas radiasi matahari yang diterima bervariasi jumlahnya. Lampung, Jawa Tengah, Sulawesi Tengah, Papua, Bali, NTB, dan NTT mempunyai intensitas radiasi matahari sekitar  $5 \text{ kWh/m}^2$ . Untuk wilayah Jawa Barat, khususnya di Bogor dan Bandung, intensitas radiasinya sekitar  $2 \text{ kWh/m}^2$  dan untuk wilayah-wilayah Indonesia lainnya (secara rata-rata) adalah  $4 \text{ kWh/m}^2$ . Namun rata-rata wilayah tersebut belum seluruhnya memanfaatkan tenaga matahari (Permana dkk, 2010).

Radiasi matahari yang sampai ke bumi bila dipilah-pilah dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu sinar matahari langsung dan sinar matahari tak langsung. Radiasi sinar matahari yang langsung adalah sinar yang dipancarkan matahari yang tidak diserap (atau hanya sebagian kecil saja yang diserap) oleh awan, jadi langsung mengenai permukaan bumi. Sedangkan radiasi sinar matahari yang tak langsung adalah radiasi sinar matahari yang sebelum mengenai permukaan bumi, terlebih dahulu mengenai atmosfer, awan (dan objek-objek lainnya) sehingga sebagian energinya diserap oleh objek-objek tadi.

Salah satu pemanfaatan energi radiasi sinar matahari adalah dengan mengubahnya menjadi energi listrik melalui sel surya (*solar cell*) atau *photovoltaic*. Sel surya beroperasi dengan baik di hampir seluruh bagian bumi yang disinari oleh matahari. Teknologi ini ramah lingkungan dimana polusi yang dihasilkan sangatlah sedikit (misalnya menghasilkan panas pada sel suryanya yang nantinya akan memanaskan daerah sekelilingnya).

Sel surya memanfaatkan cahaya matahari (yang dianggap sebagai partikel-partikel yang disebut dengan foton). Foton inilah yang memegang peranan penting dalam teknologi sel surya untuk dikonversikan menjadi energi listrik. Hanya saja, cahaya dari matahari yang sampai ke permukaan bumi tidaklah konstan sepanjang hari. Sehingga, perlu adanya pengoptimalan penerimaan cahaya matahari terhadap panel sel surya dengan penambahan cermin reflektor agar daya yang dihasilkan sel surya (*solar cell*) dapat meningkat.

Dari penelitian sebelumnya (Priahandoko, 2014), efek reflektor sudah diuji dan hasilnya adalah performansinya lebih baik dibanding jika tanpa reflektor. Begitu juga penelitian dengan 1 buah reflektor (berbahan aluminium dan *Stainless Steel*) bersudut  $75^\circ$  yang hasilnya peningkatan daya sel surya  $31,5 \%$  dan  $21,5 \%$  (Setiawan dan Dewi, 2013). Hanya saja, penelitiannya belum melibatkan variabel kenaikan temperatur sel suryanya. Sehingga tujuan penelitian ini dibuat:

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan cermin reflektor terhadap daya yang di hasilkan sel surya (*solar cell*).
2. Untuk mengetahui kemiringan sudut cermin reflektor yang paling optimal agar panel sel surya dapat menerima pantulan cahaya matahari lebih

banyak sehingga daya sel surya meningkat.

3. Untuk mengetahui pengaruh penambahan cermin reflektor terhadap kenaikan temperatur permukaan sel suryanya.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

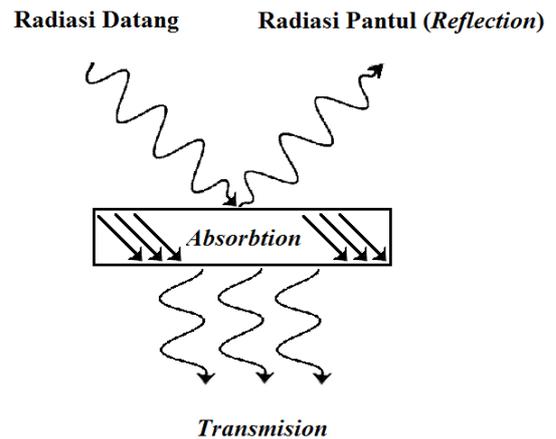
Energi radiasi matahari yang dipancarkan (dan yang sampai ke bumi) besarnya berfluktuasi. Hal ini disebabkan antara lain oleh reaksi termo-nuklir di inti matahari yang fluktuatif dan revolusi bumi mengelilingi matahari (dalam bentuk elips). Sehingga, besaran radiasi matahari bervariasi antara 1.308 s.d. 1.398 watt/m<sup>2</sup> (Supranto, 2015).

Reaksi fusi termo-nuklir di inti matahari akan memancarkan energi berbentuk radiasi gelombang elektromagnetik berfrekuensi tinggi. Secara teoritis radiasi gelombang elektromagnetik adalah kombinasi gelombang listrik bolak-balik berkecepatan tinggi dengan gelombang medan magnet yang akan menghasilkan partikel-partikel energi (foton).

Setelah mengarungi ruang angkasa luas, gelombang energinya menjadi pancaran radiasi dengan panjang gelombang bervariasi, mulai dari yang terpanjang (gelombang radio) hingga yang terpendek (gelombang sinar x dan sinar gamma). Adapun spektrum cahaya matahari yang dapat dilihat oleh manusia (atau yang disebut sebagai cahaya tampak) hanyalah 46% dari yang dipancarkan (dengan panjang gelombang 0,35 s.d 0,75 μm). Sisanya adalah yang tak tampak, yaitu sinar / cahaya ultra violet (0,75 μm) dan infra merah.

Partikel-partikel fotonlah yang nantinya akan ditangkap oleh sel surya untuk diubah menjadi energi listrik. Sedangkan kehadiran sinar infra merah (yang bersifat panas dan membakar), perlu dihindarkan dari sel surya karena dapat merusak sel suryanya.

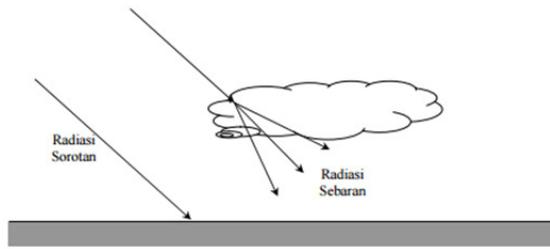
Adapun bila radiasi sinar matahari menimpa suatu permukaan benda, maka sebagian energi radiasi tersebut akan dipantulkan (*reflection*), sebagian akan diserap (*absorbition*) dan sebagian lagi akan diteruskan (*transmisition*). Hanya saja, persentase ketiganya bervariasi dan perlu dihitung secara cermat. Ilustrasinya bisa dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1. Radiasi yang datang

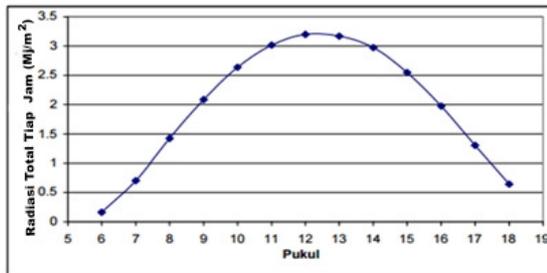
Atmosfir bumi (beserta gas-gas dan partikel-partikel yang terlarut di dalamnya) bisa mengurangi intensitas cahaya matahari karena zat-zat tadi bisa menyerap dan/atau memantulkan sinar matahari. Misalnya, Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan uap air yang menyerap sebagian radiasi bergelombang panjang (infra merah), Ozon (O<sub>3</sub>) menyerap radiasi yang bergelombang lebih pendek (ultra violet).

Selain itu, ada juga radiasi sebaran/hamburan yaitu radiasi matahari yang terbelok arah-arahnya. Hal ini terjadi karena sinar matahari yang datang (sebelum mencapai permukaan bumi) dihamburkan oleh molekul-molekul gas, partikel-partikel debu, dan uap air (di atmosfer) seperti terlihat pada Gambar 2 (Jansen, 1995). Faktor-faktor di atas dapat menyebabkan intensitas radiasi yang diterima permukaan bumi berfluktuasi di setiap waktunya.



**Gambar 2. Radiasi sorotan dan sebaran di permukaan bumi (Jansen, 1995)**

Besarnya radiasi harian yang diterima permukaan bumi ditunjukkan pada Gambar 3. Dimana, di pagi dan sore hari, intensitas radiasi di permukaan bumi relatif kecil karena arah sinar matahari tidak tegak lurus dengan permukaan bumi sehingga sinar matahari terdifusi oleh atmosfer bumi.



**Gambar 3. Radiasi harian matahari yang mengenai permukaan bumi (Jansen,1995)**

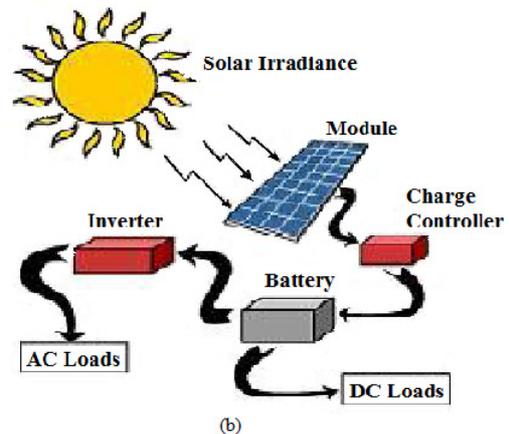
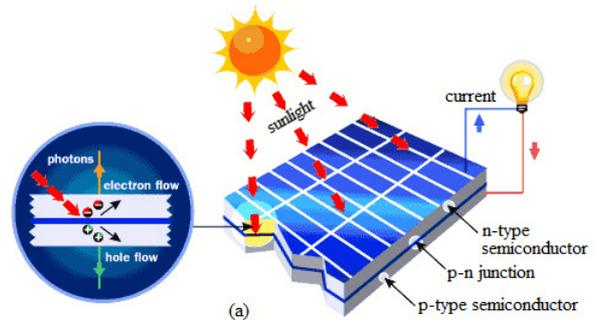
Selanjutnya, perlu disadari bahwa sel surya adalah alat semi konduktor yang dapat secara langsung mengubah energi surya menjadi tenaga listrik. Alat ini bisa digunakan sebagai sistem tunggal maupun digabung secara seri atau paralel untuk mendapatkan tegangan listrik yang sesuai kriteria sebagai pembangkit tenaga listrik. Adapun batas efisiensi sebuah material semikonduktor tunggal adalah sekitar 31% (Yulinda, 2009).

Daya yang dibangkitkan bergantung pada intensitas sinar matahari yang mengenai permukaan sel suryanya. Besarnya daya sesaat akan didapatkan bila tegangan dan arus (yang dihasilkan oleh sel *photovoltaic*) dikalikan. Persamaannya adalah:

$$P = V \cdot I \dots \dots \dots (1)$$

dimana;  $P$  = daya (watt),  $V$  = tegangan listrik (volt), dan  $I$  = arus listrik (ampere). Adapun nilai rata-rata dayanya bisa didapatkan berdasarkan persamaan 4.

Untuk cara kerjanya, sel surya merupakan sebuah alat berbahan semi konduktor yang dapat menyerap foton dari sinar matahari dan mengubahnya menjadi listrik. Sel surya dibuat dari kepingan silikon yang sangat tipis berlapiskan bahan kimia khusus sebagai penyusun dasar sel suryanya. Ketebalan sel surya secara umum adalah 0,3 mm yang memiliki bagian positif dan negatif.



**Gambar 4. Proses perubahan energi pada sel surya (Ikhsan, 2013)**

Di dalam sel surya terdapat *junction* antara dua lapisan tipis berbahan semi konduktor (diketahui sebagai semi konduktor jenis “P” (positif) dan semi konduktor jenis “N” (negatif)). Bagian P merupakan lapisan sangat tipis (agar cahaya matahari bisa melakukan penetrasi langsung untuk mencapai

*junction*. Bagian ini dilapisi nikel (berbentuk cincin), sebagai elektroda positif. Di bawahnya ada bagian N yang dilapisi nikel juga sebagai elektroda negatifnya. Proses perubahan energi foton matahari menjadi energi listrik ditunjukkan pada Gambar 4.

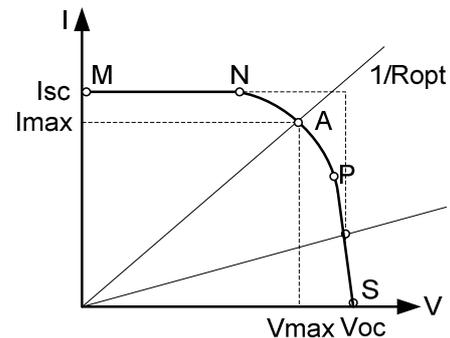
Ketika sinar matahari (yang terdiri dari foton-foton) mengenai bagian atas sel surya, maka sebagian foton diserap, sebagian lagi dipantulkan, dan sisanya dilewatkan begitu saja. Hanya foton dengan tingkat energi tertentu saja yang bisa 'ditangkap' (yang akan membebaskan elektronnya dari ikatan atom), elektron ini lalu melintas sesuai arah yang diinginkan (bisa saja melalui instalasi kabel ke elektroda positif). Pelintasan elektron menghasilkan beda potensial, sehingga energinya disebut energi *band-gap*, yaitu energi yang diperlukan untuk memecah ikatan kovalen foton agar elektronnya bisa lepas sehingga ada aliran arus listrik.

Energi foton harus sedikit lebih besar/di atas energi *band-gap*-nya agar elektronnya bisa dibebaskan dari ikatan kovalen. Jika energi foton jauh lebih besar, maka ekstra energi tersebut akan diubah menjadi panas sehingga temperatur sel suryanya akan meningkat. Hal inilah yang menyebabkan seleksi bahan yang akan dipakai sangatlah penting. Secara sederhana; cahaya dengan energi dibawah *band-gap* tidak akan diabsorpsi lalu dikonversikan menjadi energi listrik, sedangkan energi di atas *band-gap* akan diabsorpsi, namun kelebihan energinya akan hilang dalam bentuk energi panas (Sze, 1981).

Dari Gambar 3, diketahui bahwa intensitas penyinaran sangatlah bervariasi. Intensitas di siang hari sangatlah besar jika dibandingkan dengan intensitas di pagi hari. Untuk mendapatkan kapasitas daya yang dihasilkan, dilakukan pengukuran terhadap arus (I) dan tegangan (V) pada susunan sel surya yang disebut dengan modul. Untuk mengukur arus

maksimum maka kedua elektroda modulnya dibuat menjadi rangkaian hubungan singkat (*short circuit*) sehingga tegangannya menjadi nol sedangkan arusnya menjadi maksimum. Dengan menggunakan amper meter akan didapatkan sebuah arus maksimum yang dinamakan *short circuit current* atau *I<sub>sc</sub>*.

Pengukuran terhadap tegangan dilakukan pada elektroda (+) dan juga elektroda (-) dari modul sel surya dengan tidak menghubungkan sel surya dengan komponen lainnya. Pengukuran ini dinamakan tegangan sirkuit terbuka (*open circuit voltage*), *V<sub>oc</sub>*. Hasil pengukuran arus dan tegangan ini diilustrasikan pada Gambar 5. Dari gambar dapat dijelaskan mengenai situasi dimana sel suryanya dihubungkan dengan sebuah beban (R). Beban akan menghasilkan resistensi yang ditampilkan sebagai garis lurus dimana  $I/V = I/R$ .



**Gambar 5. Karakteristik arus dan tegangan (Kurva I-V)**

Hubungan di atas mengindikasikan bahwa daya keluaran akan tergantung pada besarnya harga hambatan yang terjadi. Sel suryanya akan beroperasi di lintasan MN apabila hambatan R-nya kecil. Dengan kata lain, sel suryanya bisa dikatakan berfungsi sebagai penyuplai arus konstan (dimana kurva MN bersifat garis lurus mendatar untuk tegangan yang meningkat) atau disebut juga arus *short circuit*.

Selain itu, ada juga faktor yang dikenal sebagai *Fill Factor* (FF) yang merupakan parameter penting

yang akan turut menentukan daya maksimum dari panel sel surya (yang akan dibandingkan dengan data yang tertera pada panel suryanya): Persamaannya:

$$FF = \frac{V_{mp} \cdot I_{mp}}{V_{oc} \cdot I_{sc}} \dots\dots\dots (2)$$

dimana; *FF* adalah *fill factor*,  $V_{mp}$  adalah tegangan saat daya maksimum (*maximum power voltage*),  $I_{mp}$  adalah arus saat daya maksimum (*max. power current*),  $V_{oc}$  adalah tegangan sirkuit terbuka, dan  $I_{sc}$  adalah arus *Short Circuit*. Selanjutnya adalah hasil perkalian antara nilai tegangan sirkuit terbuka ( $V_{oc}$ ) dengan arus *short circuit* ( $I_{sc}$ ) yang merupakan daya maksimum pada modul surya, dimana:

$$P_{maks} = V_{OC} \cdot I_{SC} \cdot FF \dots\dots\dots (3)$$

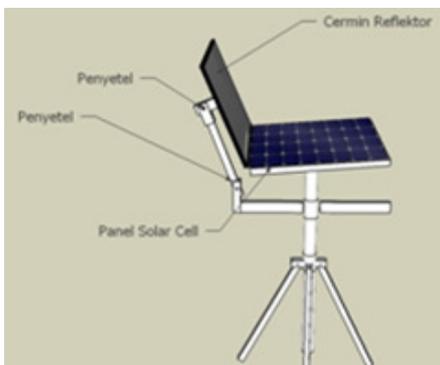
Sedangkan untuk efisiensi modul suryanya:

$$\eta = \frac{P_{maks}}{P_{in}} 100\% \dots\dots\dots (4)$$

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1. Metode Penelitian

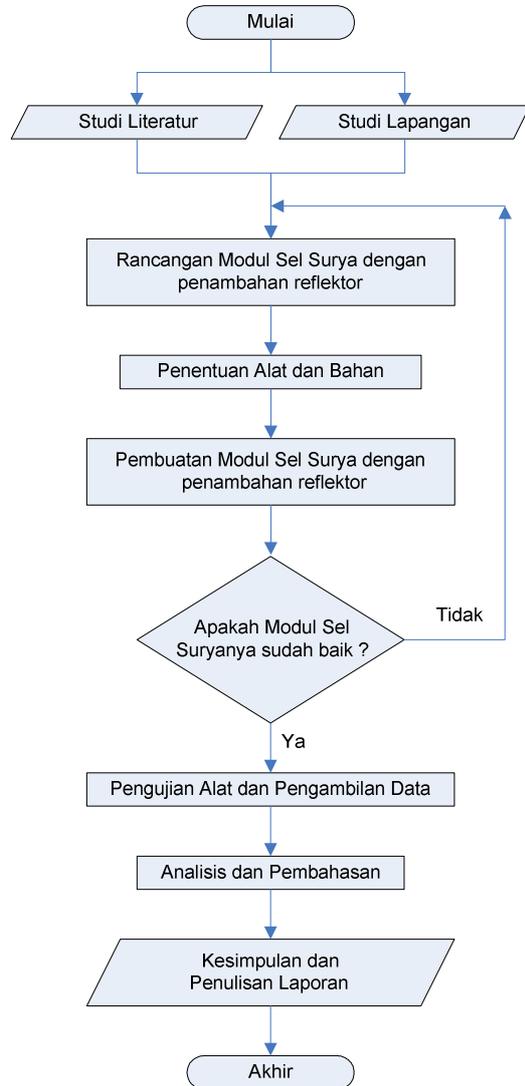
Metode dalam penelitian ini meliputi; observasi lapangan, studi literatur, dan pengambilan data secara eksperimental dengan melakukan pengukuran langsung intensitas matahari, tegangan, kuat arus, temperatur pada modul sel suryanya. Tempat penelitiannya adalah di Fakultas Teknik Universitas Tridinanti Palembang.



Gambar 6. Modul sel surya dengan reflektor

### 3.2. Diagram Alir dan Prosedur

Adapun diagram alir penelitiannya bisa dilihat di Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Diagram Alir Penelitian

Adapun prosedur penelitian yang dipergunakan adalah:

- Penentuan lokasi pengujian di atas gedung yang sinar matahari tidak terhalang oleh bayangan gedung lainnya ataupun pepohonan
- Pemasangan dudukan reflektor, sehingga bisa dengan mudah dipasang dan dilepas, serta disetel sudut kemiringan reflektornya

- Pemasangan reflektor (bila diperlukan, dan dilanjutkan dengan penyetelan sudut kemiringan)
- Pengukuran sudut datang sinar matahari setiap jamnya dari jam 09.00 s.d. jam 15.00
- Pengukuran intensitas matahari (dilakukan dengan *solar power meter*) setiap jamnya dari jam 09.00 s.d. jam 15.00
- Pengukuran tegangan dan arus (dilakukan dengan *digital multi tester*) setiap jamnya dari jam 09.00 s.d. jam 15.00
- Pengujian lanjutan untuk sudut kemiringan reflektor lainnya.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1. Perhitungan Daya

Fill factor sel surya yang diuji adalah:

$$FF = \frac{V_{mp} \cdot I_{mp}}{V_{oc} \cdot I_{sc}} = \frac{17,50 \text{ V} \cdot 3,05 \text{ A}}{21,50 \text{ V} \cdot 3,35 \text{ A}} = 0,74106$$

Sehingga daya maksimum / modul sel suryanya:

$$P_{max} = V_{oc} \cdot I_{sc} \cdot FF = 21,50 \cdot 3,35 \cdot 0,74106 = 53,375$$

Sedangkan daya yang masuk berdasarkan intensitas cahaya yang diperoleh saat penelitian:

$$P_{in} = \text{Intensitas cahaya} \times \text{Luas area modul} = 353,86 \times 0,438 = 154,99 \text{ W/m}^2$$

Dimana, nilai intensitas di atas merupakan sebuah contoh saja.

##### 4.2 Daya Sesaat

Daya sesaat adalah perkalian tegangan dan arus yang dihasilkan oleh modul sel surya:

$$P = V \cdot I = 15,6 \text{ V} \cdot 0,0390 \text{ A} = 0,6084 \text{ watt}$$

Dimana, hasil di atas merupakan hasil dari pengukuran keluaran modul sel surya pada jam 09:00 di hari pertama (tanpa reflektor). Untuk hasil daya sesaat

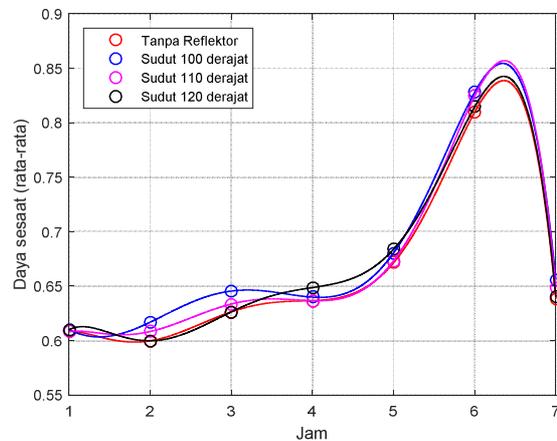
selama pengujian (dibuat berbentuk rata-rata) dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1 Daya sesaat rata-rata**

Metode Pengujian	Rata-Rata Daya Sesaat (watt)		
	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3
Tanpa reflektor	0.6559	0.6502	0.7597
Sudut 100°	0.6681	0.6670	0.7757
Sudut 110°	0.6620	0.6581	0.7674
Sudut 120°	0.6605	0.6542	0.7626

Sumber : Data Hasil Penelitian

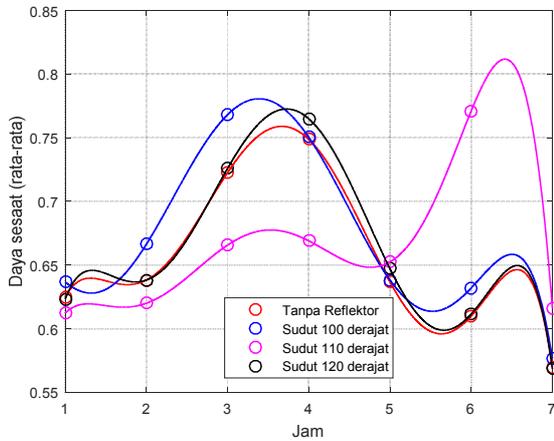
Dari Tabel 1 terlihat bahwa ada penambahan keluaran sesaatnya. Kenaikannya terjadi untuk semua sudut reflektor di ketiga hari pengujian. Kenaikkan terbesar terjadi pada sudut reflektor 100°, yaitu 1.87% (hari pertama), 2.59% (hari kedua), dan 2.10% (hari ketiga). Analisis detil bisa dilihat dari gambar berikut.



**Gambar 8. Daya sesaat sel surya hari ke-1**

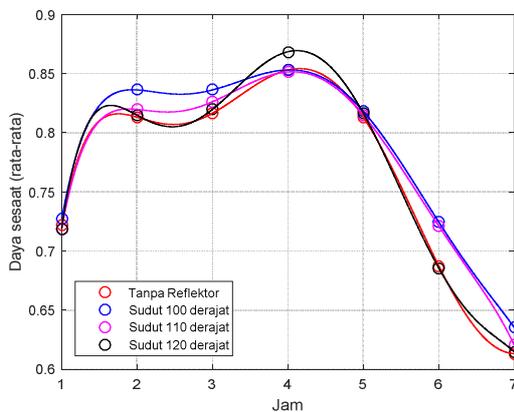
Dari Gambar 8 terlihat penambahan reflektor bersudut 100° menghasilkan daya sesaat lebih besar dibanding yang tanpa reflektor di setiap jamnya. Untuk sudut 110°, juga menghasilkan daya sesaat yang lebih besar dibandingkan yang tanpa reflektor di tiap jamnya (kecuali pada jam ke-4 yaitu jam 12:00).

Sedangkan yang bersudut  $120^0$ , meskipun daya lebih besar (di sebagian besarnya), tetapi perbedaannya tidaklah cukup besar. Sehingga reflektor bersudut  $100^0$  adalah yang paling optimal di hari pertama ini.



Gambar 9. Daya sesaat sel surya hari ke-2

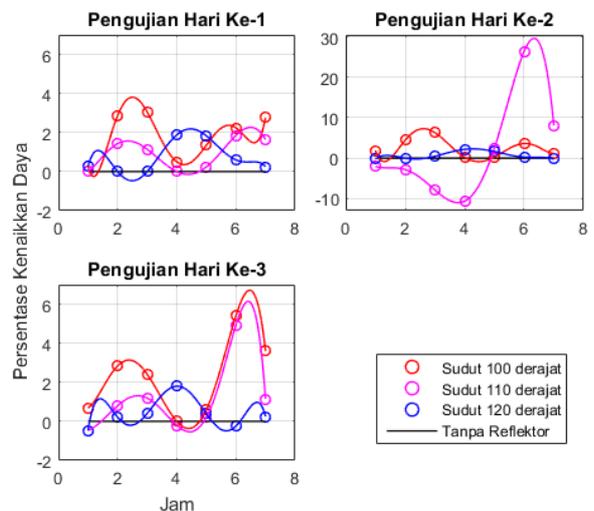
Hal yang nyaris sama juga terjadi pada pengujian hari kedua, seperti terlihat di Gambar 9. Perbedaannya hanya pada grafik untuk sudut  $110^0$  pada jam ke-6 (14.00-15.00), dimana daya sesaatnya lebih tinggi dari sudut-sudut lainnya (untuk jam yang sama). Sedangkan pada pengujian hari ketiga (lihat Gambar 10), terlihat bahwa penggunaan reflektor bersudut bisa lebih baik untuk sebagian besar rentang waktu. Hanya saja, masih ada jam-jam dimana hasil yang tanpa reflektor bisa bernilai sama.



Gambar 10. Daya sesaat sel surya hari ke-3

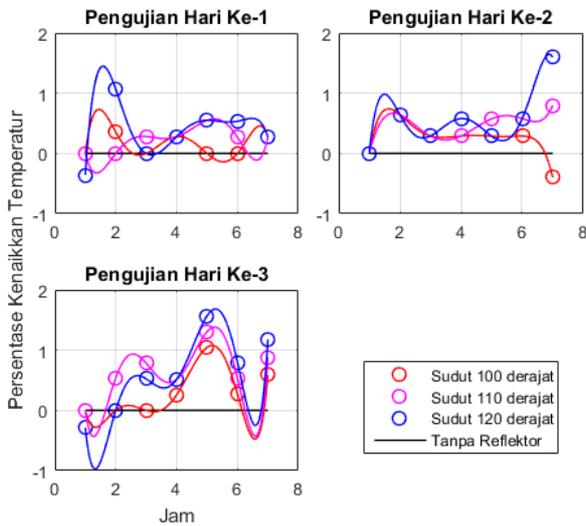
Hal ini mengisyaratkan sudut reflektornya belumlah selalu tepat dan perlu penyesuaian. Karena seiring berjalannya waktu maka matahari bergerak melingkar sehingga sudut datangnya sinar matahari akan berubah seiring waktu. Sehingga, untuk penelitian selanjutnya sebaiknya dipakai alat pelacak sinar matahari (*sun tracking*), jadi sudut reflektornya bisa disesuaikan agar selaras dengan pergerakan matahari. Pada pengujian hari ketiga ini, sudut teroptimal reflektornya tetaplah pada sudut  $100^0$ .

Kebutuhan mengenai alat bantu *sun tracking*, diperkuat oleh Gambar 11 yang menunjukkan kenaikan persentase daya akibat penambahan reflektor. Dari ketiga gambar yang ada, terlihat kenaikan daya rata-rata terbaik didapatkan pada sudut reflektor  $100^0$  pada hari ke-2 sebesar 2.59% (dengan nilai maksimumnya 4.42%). Hanya saja, di jam-jam tertentu (jam ke-4 dan ke-5 untuk semua hari pengujian) terlihat bahwa kenaikan terbaik didapatkan pada sudut reflektor  $120^0$ . Hal ini mengindikasikan bahwa di awal pengujiannya selayaknya dipakai sudut reflektor  $100^0$ , dan setelah jam ke-3 (atau jam 12.00) dipergunakan sudut reflektor  $120^0$ .



Gambar 11. Persentase kenaikan daya (untuk ketiga hari pengujian)

Penganalisisan selanjutnya adalah pengaruh penambahan reflektor terhadap panas yang terjadi di modul sel suryanya. Panas di sini dalam artian temperatur pengoperasian modul sel surya, sesuai dengan prosedur pengukuran temperaturnya.



**Gambar 12. Kenaikkan temperatur (untuk ketiga hari pengujian)**

Dari Gambar 12, terlihat bahwa penambahan reflektor berdampak pada kenaikan temperatur sel suryanya. Persentase kenaikan temperatur terbesar terjadi pada reflektor bersudut  $120^{\circ}$ , kenaikannya bisa mencapai 1.59%. Jika ditinjau dari keamanan pengoperasian sel suryanya, maka temperatur yang terjadi belum menyebabkan kerusakan. Temperatur tertinggi  $39.1^{\circ}\text{C}$  (jam 12.00-an dengan intensitas  $622.8 \text{ W/m}^2$ ), sedangkan rata-rata temperatur pengoperasian sel surya adalah  $-40^{\circ}\text{C}$  s.d.  $85^{\circ}\text{C}$ .

## 5. KESIMPULAN

1. Penambahan reflektor pada sel surya meningkatkan daya keluaran modulnya rata-rata sebesar 2.59% (dengan nilai maksimumnya 4.42%).
2. Pengujian menunjukkan bahwa kemiringan sudut reflektor paling optimal adalah  $100^{\circ}$  yang mampu

meningkatkan daya keluaran modul sel suryanya sebesar 4.42%.

3. Pengujian juga menunjukkan bahwa adanya kenaikan temperatur sel suryanya maksimal sebesar  $0.6^{\circ}\text{C}$  (atau 1.59%).
4. Untuk penelitian lebih lanjut bisa diteliti; efek penambahan reflektor dengan penggunaan *sun tracking* yang bisa meningkatkan *charging time* sebesar 42.8 % (Shodiqin dan Yani, 2016), dan juga efek reflektor pada saat intensitas matahari yang lebih tinggi (di atas  $622.8 \text{ W/m}^2$ ) di saat matahari terik di musim kemarau, maupun penggunaan reflektor lengkung (konsentrator).

## DAFTAR PUSTAKA

- Jansen, T.J. 1995. *Teknologi Rekayasa Sel Surya*. PT Pradnya Paramita. Jakarta.
- Permana, A.D. dkk. 2010. *Outlook Energi Indonesia 2010: Teknologi untuk Mendukung Keandalan Pasokan Energi Listrik*. BPPT Press. Jakarta.
- Pudjasana, A., Nursuhud, D. 2013. *Mesin Konversi Energi*. Edisi Tiga. CV. Penerbit ANDI. Yogyakarta.
- Supranto. 2015. *Teknologi Tenaga Surya*. Penerbit ISTECS.
- Sze, S.M. *Physics of Semiconductor Device*, John Wiley & Sons, New York, 1981.
- Yulinda, Fitria. 2009. *Rancang Bangun Simulasi Sistem Hybrid Tenaga Surya dan Tenaga Angin Sebagai Catu Daya Base Transceiver Station (BTS) 3G*. Skripsi, Teknik Elektro, Universitas Indonesia, Depok.
- Ikhsan, 2013. *Peningkatan Suhu Modul dan Daya Keluaran Panel Surya dengan Menggunakan Reflektor*. Jurnal Ilmiah Dosen pada Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN

Alauddin Makassar.

Priahandoko, Heru. 2014. *Optimalisasi Sudut Cermin Datar sebagai Reflektor Panel Surya Polikristal Penjejak Matahari*. Jurnal Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Jember.

Setiawan, E.A. dan Dewi, K. 2013. *Impact of Two Types Flat Reflector Materials on PV module Characteristics*. International Journal and Technology. Hlm. 188-199.

Shodiqin, A. dan Yani, A, 2016. *Analisa Charging Time Sistem Solar Cell Menggunakan Pencari Arah Sinar Matahari yang Dilengkapi dengan Pemfokus Cahaya*. Jurnal Turbo Vol. 5 No 1. Univ. Muhammadiyah Metro.