

# **Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Efisiensi Sel Solar pada *Mono-Crystalline* Silikon Sel Solar**

**Rifani Magrissa**

**Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

**Universitas Negeri Padang, Padang**

## **Abstract**

*Light intensity is one of the factors that affect the efficiency of solar cells on mono-crystalline silicon solar cells. Efficiency solar cells undergo a change if given a light with a specific energy. If the light energy is too little or too much given to solar cells, causing loss of efficiency of solar cells. Experiments were performed by varying light intensity in the range 200-550 W/m<sup>2</sup> and the distance of the light source of the solar cell at constant temperature is 25°C. Results of the experiments show that the light intensity affects the efficiency of solar cells. Light intensity 200- <400 W/m<sup>2</sup> increase the efficiency of solar cells, while the light intensity >400 W/m<sup>2</sup> cause decreased efficiency. These results are consistent with existing literature.*

**Keywords:** *Light intensity, efficiency of solar cells, light energy, silicon solar cell,*

## **Abstrak**

Intensitas cahaya adalah salah satu faktor yang mempengaruhi efisiensi sel solar pada *mono-crystalline* silikon sel solar. Efisiensi sel solar mengalami perubahan jika diberikan cahaya dengan energi tertentu. Apabila cahaya dengan energi terlalu sedikit atau terlalu banyak diberikan pada sel solar, menyebabkan kehilangan efisiensi sel solar. Percobaan dilakukan dengan memvariasikan intensitas cahaya dalam rentang 200-550 W/m<sup>2</sup> dan jarak sumber cahaya terhadap sel solar pada temperatur konstan yaitu 25°C. Hasil percobaan memperlihatkan bahwa intensitas cahaya mempengaruhi efisiensi sel solar. Intensitas cahaya 200-<400 W/m<sup>2</sup> meningkatkan efisiensi sel solar, sedangkan intensitas cahaya >400 W/m<sup>2</sup> menyebabkan efisiensi menurun. Hasil ini sesuai dengan literatur yang ada.

**Kata kunci:** *Intensitas cahaya, efisiensi sel solar, energi cahaya, silikon sel solar*

---

## 1. Pendahuluan

Sel solar merupakan salah satu produk teknologi fotovoltaik yang dikembangkan pada bahan semikonduktor (silikon multikristal, monokristal, dan amorf) yang mampu menyerang gelombang elektromagnetik dan konversi energi cahaya (*photon*) menjadi energi listrik secara langsung. Prinsip sel surya merupakan kebalikan dari LED (*Light Emitting Diode*) yang mengubah energi listrik menjadi cahaya atau boleh dikatakan identik dengan sebuah dioda cahaya (*photodiode*) sambung p-n (*p-n junction*) dengan cahaya energi (*band gap*)  $E_g$ . [7] Energi solar merupakan salah satu energi paling penting yang dapat diperbarui karena mudah didapatkan, dan sumber energi yang murah. Sekarang ini, jumlah energi solar mendekati kemajuan, dan sel solar telah diberikan perhatian lebih karena dengan cepat mengembangkan teknologi serta aplikasi yang mungkin untuk memenuhi permintaan energi terhadap dunia yang sedang berkembang dan masyarakat. *Mono-crystalline silicon* (mc-Si) sel solar adalah suatu bagian dari anggota silikon sel solar dan satu dari pertama yang dikembangkan paling banyak digunakan dalam sel solar karena mempunyai keuntungan seperti biaya yang murah, reliabilitas tinggi, tidak bersuara, dan *eco-friendly*. Kemampuan keseluruhan dari kekuatan mc-Si solar sel bergantung pada parameter lingkungan seperti intensitas cahaya atau pancaran cahaya, besarnya sudut sinar, dan temperatur sel. Meskipun parameter dari fotovoltaik seperti *open-circuit voltage*, *short circuit current*, *maximum output power*, *fill factor*, dan efisiensi secara mendasar menjadi pengaruh terhadap intensitas cahaya. [4]

Efisiensi umumnya digunakan sebagai parameter untuk membandingkan kinerja dari satu sel surya terhadap sel surya yang lainnya. Efisiensi didefinisikan sebagai perbandingan energi yang keluar dari sel surya dengan energi yang masuk dari matahari. Efisiensi bergantung kepada spektrum serta intensitas dari cahaya matahari dan temperatur dari sel surya. Efisiensi keluaran maksimum ( $\eta$ ) didefinisikan sebagai persentase daya keluaran optimum terhadap energi cahaya yang digunakan, yang dituliskan sebagai berikut: [8]

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$
$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{V_{max} \times I_{max}}{I(t) \times A} = \frac{FF \times V_{oc} \times I_{sc}}{I(t) \times A}$$

**Keterangan:**

- $\eta$  : Efisiensi sel solar
- $P_{out}$  : Daya keluar
- $P_{in}$  : Daya masuk
- $V_{max}$  : Tegangan maksimum
- $I_{max}$  : Arus maksimum
- $V_{oc}$  : *Open circuit voltage*
- $I_{sc}$  : *Short circuit current*
- $I(t)$  : Intensitas cahaya
- $A$  : Luas permukaan dari sel solar
- $FF$  : *Fill factor*

Ada beberapa hal yang membatasi harga efisiensi sel, salah satunya adalah cahaya. Kehilangan efisiensi dihubungkan dengan cahaya yang mempunyai tidak cukup energi atau mempunyai energi yang tinggi. Cahaya matahari mempunyai spektrum yang bervariasi. Cahaya yang sampai ke bumi, mempunyai intensitas yang berbeda pada spektrum dari panjang gelombang. Kehilangan efisiensi dihubungkan dengan efek dari cahaya dengan energi sangat kecil atau energi yang sangat besar menghasilkan dari bagaimana cahaya dengan panjang gelombang yang bervariasi berinteraksi dengan sel solar. [6] Cahaya matahari membawa paket-paket energi sebagaimana yang dijelaskan dalam teori kuantum yang dicetuskan oleh Planck, prinsip dari sel solar adalah efek fotovoltaiik. Prinsip ini mirip seperti efek fotolistrik, persamaan prinsip ini adalah elektron akan berpindah apabila menyerap energi dalam tingkat-tingkat tertentu. Pada efek fotovoltaiik elektron akan berpindah apabila dari pita valensi ke pita konduktif sehingga menghasilkan arus listrik. Berdasarkan teori, banyaknya elektron yang berpindah bergantung pada intensitas cahaya yang diserapnya, sedangkan besarnya energi dari setiap elektron yang lepas ini bergantung pada frekuensi cahaya yang diserap oleh elektron. [2]

Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Subhash Chander, et al pada tahun 2015 mengenai pengaruh temperatur dalam parameter fotovoltaiik terhadap *mono-crystalline* silikon sel solar. Mereka melakukan penelitian dengan melihat perubahan temperatur yaitu 25-60°C yang dibandingkan terhadap intensitas cahaya yang konstan dengan rentang 215-515 W/m<sup>2</sup>. Parameter fotovoltaiik yang dapat dilihat melalui penelitian tersebut adalah *open*

*circuit voltage, short circuit current, fill factor* serta efisiensi sel solar. Penelitian sebelumnya berfokus pada pengaruh temperatur, sedangkan pada *paper* ini berfokus pada pengaruh intensitas cahaya terhadap efisiensi sel solar dengan memberikan temperatur yang konstan. Melalui literatur yang didapatkan, dilakukan percobaan dengan intensitas cahaya dari 200-550 W/m<sup>2</sup> pada temperatur ruang yaitu 25°C. Berdasarkan *paper* ini dapat dilihat pengaruh intensitas cahaya yang rendah atau intensitas cahaya yang sangat tinggi terhadap efisiensi dari sel solar.

## **2. Metodologi Percobaan**

### **2.1. Bahan**

Bahan yang digunakan untuk menentukan pengaruh intensitas cahaya terhadap efisiensi dari sel solar yaitu *mono-crystalline* silikon sel solar. Material untuk sel solar umumnya terbuat dari silikon karena bersifat semikonduktor dan mempunyai efisiensi yang tinggi. *Mono-crystalline* silikon sel solar digunakan pada percobaan karena mempunyai efisiensi lebih tinggi dibandingkan *poly-crystalline* silikon atau *amorphous*.

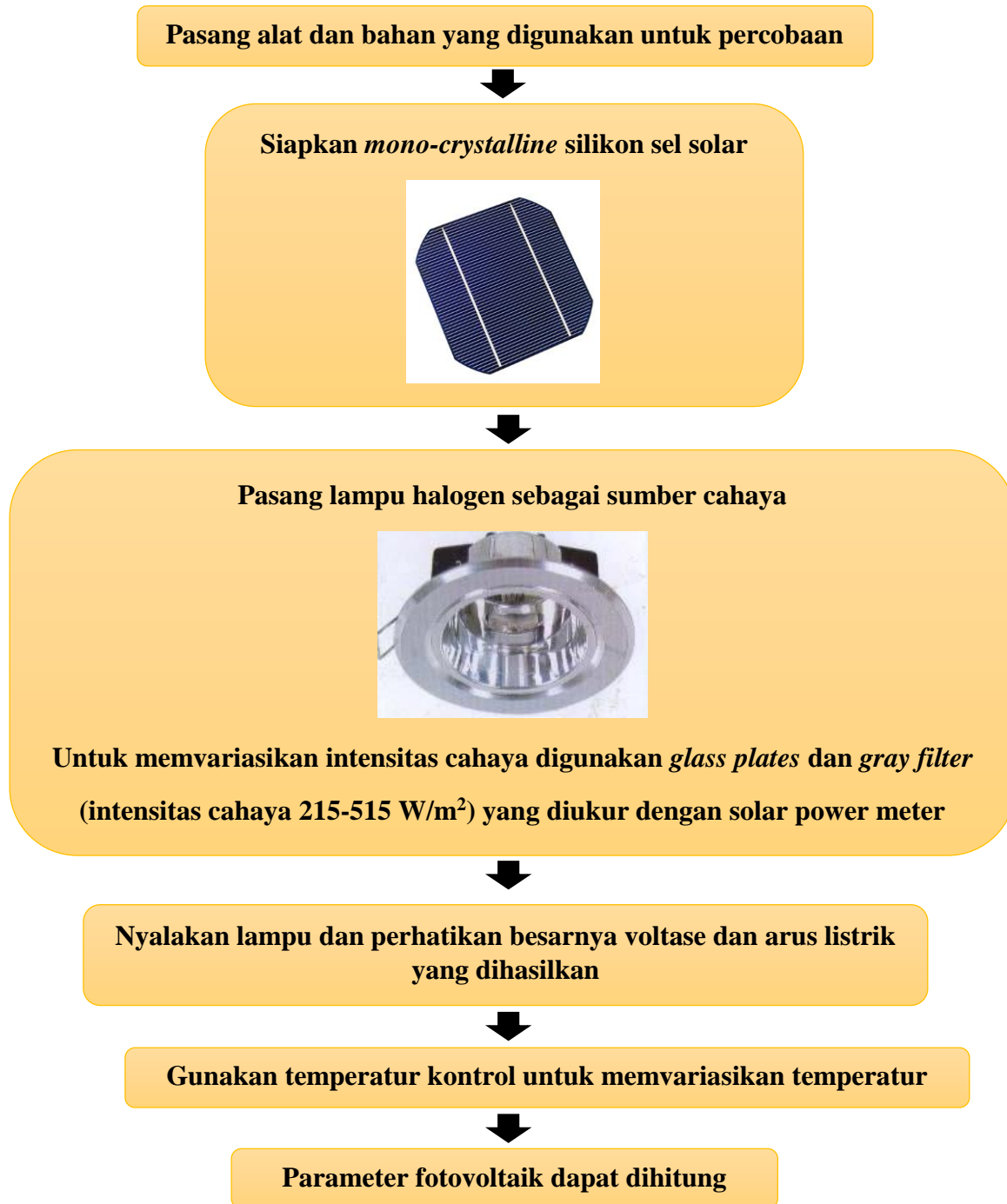
### **2.2. Alat**

Peralatan yang digunakan adalah lampu halogen sebagai sumber cahaya, solar power meter/luxmeter untuk mengukur intensitas cahaya, multimeter untuk mengukur tegangan dan arus yang dihasilkan dari proses sel solar.

### **2.3. Metode**

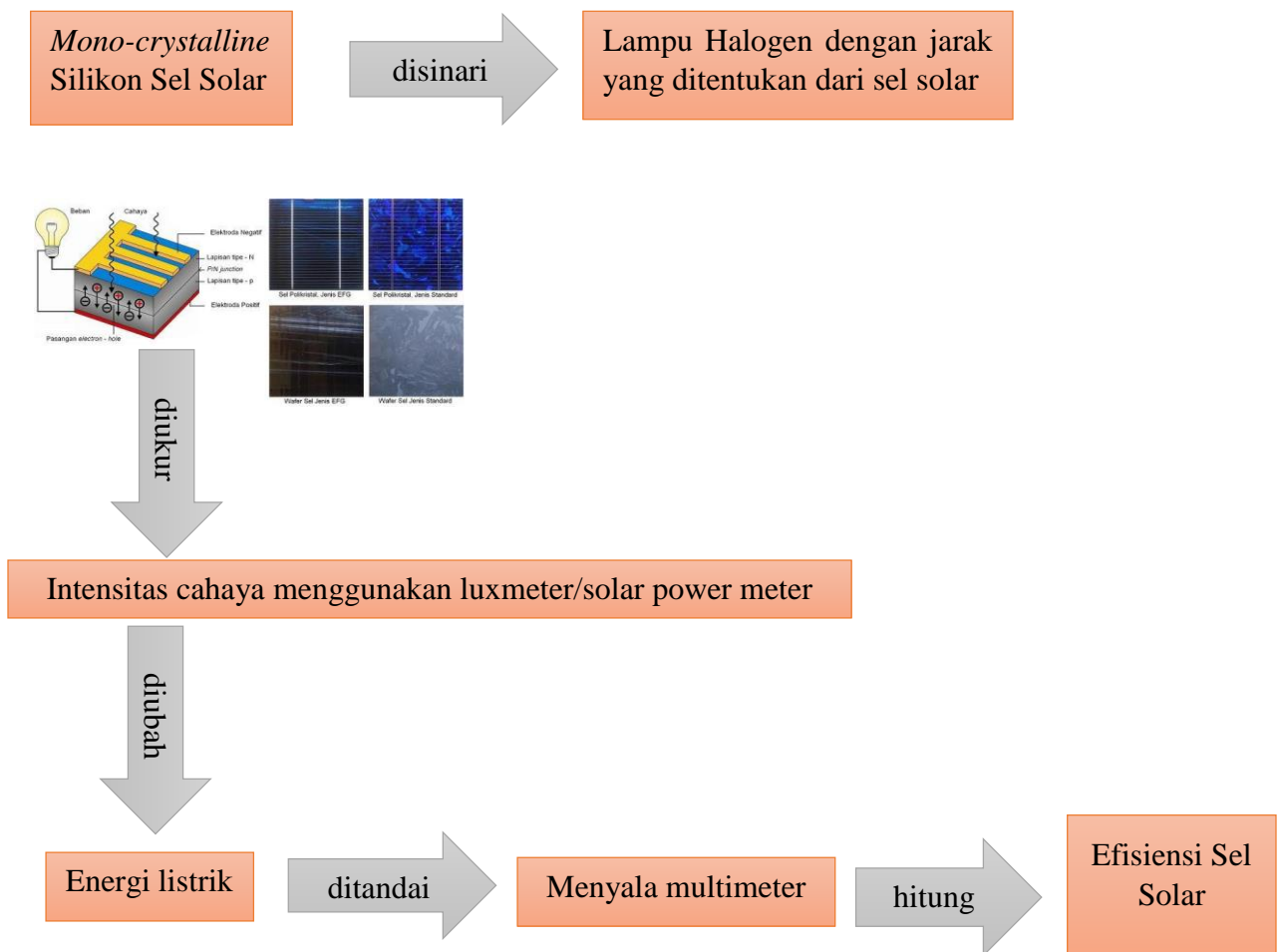
Percobaan dilakukan untuk melihat pengaruh intensitas cahaya terhadap efisiensi sel solar. Percobaan diawali dengan menyediakan *mono-crystalline* silikon sel solar dengan ukuran (4x4) cm<sup>2</sup>. Sel solar ini disusun di dalam suatu ruangan yang memiliki temperatur konstan yaitu 25°C. Sumber cahaya untuk menyinari sel solar yaitu menggunakan lampu halogen. Intensitas cahaya yang ditangkap oleh sel solar dari rentang 200-550 W/m<sup>2</sup>. Intensitas cahaya atau penyinaran dari lampu halogen divariasikan dengan memberikan jarak antara sel solar terhadap sumber cahaya yang diukur menggunakan solar power meter. Jarak yang diberikan dari sel solar ke sumber cahaya yaitu 10 cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm, dan 30 cm. Besarnya voltase dan arus yang dihasilkan dicatat 5 menit pertama. Melalui percobaan tersebut, parameter fotovoltaiik dapat dihitung. Salah satu parameter fotovoltaiik yang dapat dihitung melalui percobaan ini adalah efisiensi sel solar.

#### 2.4. Skema 1 [4]



Suatu *mono-crystalline* silikon sel solar disiapkan dengan ukuran (4x4) cm<sup>2</sup> yang digunakan untuk percobaan dengan memanfaatkan simulator sel solar pada temperatur 25-60°C saat intensitas cahaya yang konstan 215-515 W/m<sup>2</sup> yang disimulasikan dengan lampu halogen. Intensitas cahaya atau penyinaran dari lampu halogen diukur dengan solar power meter. Untuk mengurangi intensitas dari lampu, tipe variasi dari gelas dan *gray filter* digunakan. *Frosted glass* membantu penyebaran cahaya dan untuk membuat keseragaman pantulan cahaya. Untuk memvariasikan temperatur ruangan digunakan unit kontrol temperatur. Mc-Si sel solar digunakan sebagai sumber, *current-voltage* dan *power-voltage* yang diambil ke dalam jumlah parameter fotovoltaiik yang dihitung. Hubungan perubahan dalam parameter fotovoltaiik dengan temperatur sel juga dihitung.

## 2.5. Skema 2



Percobaan diawali dengan menyediakan *mono-crystalline* silikon sel solar dengan ukuran (4x4) cm<sup>2</sup>. Sel solar ini disusun di dalam suatu ruangan yang memiliki temperatur konstan yaitu 25°C. Sumber cahaya untuk menyinari sel solar yaitu menggunakan lampu halogen. Intensitas cahaya yang ditangkap oleh sel solar dari rentang 200-550 W/m<sup>2</sup>. Intensitas cahaya atau penyinaran dari lampu halogen divariasikan dengan memberikan jarak antara sel solar terhadap sumber cahaya yang diukur menggunakan solar power meter. Jarak yang diberikan dari sel solar ke sumber cahaya yaitu 10 cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm, dan 30 cm. Besarnya voltase dan arus yang dihasilkan dicatat pada 5 menit pertama, setelah itu jarak antara sel solar dengan sumber cahaya diubah. Melalui percobaan tersebut, parameter fotovoltaik dapat dihitung. Salah satu parameter fotovoltaik yang dapat dihitung melalui percobaan ini adalah efisiensi sel solar.

Saat mc-Si sel solar disinari oleh lampu halogen, sel solar akan menyerap energi cahaya yang besarnya intensitas cahaya diukur dengan menggunakan solar power meter. Intensitas cahaya yang ditangkap oleh sel solar akan diserap, dan diubah ke dalam bentuk energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan dapat dilihat dengan menggunakan multimeter. Di dalam multimeter akan diketahui voltase serta arus yang dihasilkan oleh sel solar tersebut. Melalui data-data tersebut, dapat ditentukan efisiensi sel solar dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{V_{max} \times I_{max}}{I(t) \times A} = \frac{FF \times V_{oc} \times I_{sc}}{I(t) \times A}$$

### 3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian yang dilakukan di dalam laboratorium merupakan salah satu cara untuk mendapatkan data dengan nilai kesalahan atau *error* yang kecil, hal ini dikarenakan di dalam laboratorium, sumber cahaya yang digunakan berasal dari lampu halogen dan dapat dikondisikan sedemikian rupa sehingga menjaga intensitas cahaya yang digunakan agar tetap konstan dan tidak berubah-ubah secara drastis apabila dilakukan di luar laboratorium dengan matahari sebagai sumber cahaya.

Berdasarkan percobaan yang dilakukan terhadap mc-Si sel solar untuk menentukan pengaruh intensitas cahaya terhadap efisiensi sel solar pada temperatur konstan, maka di dapatkan data sebagai berikut: [4]

**Tabel.1 Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Efisiensi Sel Solar [3] dan [4]**

Temperatur	Waktu	Intensitas Cahaya	Jarak	Efisiensi (%)
25°C	5 menit	215	30 cm	11,381
		280	25 cm	11,417
		400	20 cm	11,165
		515	15 cm	10,049
		550	10 cm	10,049

Tabel. 1 menunjukkan pengaruh intensitas cahaya terhadap efisiensi dari sel solar. Dilakukan percobaan dengan memvariasikan intensitas cahaya dan jarak sumber cahaya untuk melihat efisiensi dari sel solar. Malalui tabel.1 dapat dilihat bahwa meningkatnya intensitas cahaya cenderung meningkatkan efisiensi dari sel solar. Sedangkan jarak sumber cahaya terhadap sel solar berbanding terbalik dengan intensitas cahaya. Pada intensitas cahaya 400 W/m<sup>2</sup> efisiensi mengalami penurunan dengan nilai 11,165. Sama halnya saat intensitas cahaya mencapai 515 W/m<sup>2</sup> yang mengalami penurunan. Namun, saat intensitas cahaya 550 W/m<sup>2</sup> efisiensi konstan dan tidak berubah. [3]

Cara kerja sel surya sendiri sebenarnya identik dengan piranti semikonduktor dioda. Ketika cahaya bersentuhan dengan sel surya dan diserap oleh bahan semi-konduktor, terjadi pelepasan elektron. Apabila elektron tersebut bisa menempuh perjalanan menuju bahan semi-konduktor pada lapisan yang berbeda, terjadi perubahan sigma gaya-gaya pada bahan. Gaya tolakan antar bahan semi-konduktor, menyebabkan aliran medan listrik. Dan menyebabkan elektron dapat disalurkan ke saluran awal dan akhir untuk digunakan pada perabot listrik.

Prinsip kerja sel surya yaitu cahaya yang jatuh pada sel surya menghasilkan elektron yang bermuatan positif dan *hole* yang bermuatan negatif. Elektron dan *hole* mengalir membentuk arus listrik. Sel surya merupakan sebuah piranti yang mampu mengubah secara langsung energi cahaya menjadi energi listrik. Proses pengubahan energi ini terjadi melalui efek fotolistrik. [7]

Efek fotolistrik merupakan peristiwa terpentalnya sejumlah elektron pada permukaan sebuah logam ketika disinari seberkas cahaya yang besar energinya bergantung pada frekuensi cahaya. Pada sel surya energi foton akan diserap oleh elektron sehingga elektron akan terpental keluar menghasilkan arus dan tegangan listrik.

Foton dari sinar memiliki energi karakteristik yang ditentukan oleh frekuensi cahaya. Dalam proses *photoemission*, jika elektron dalam beberapa bahan menyerap energi dari satu

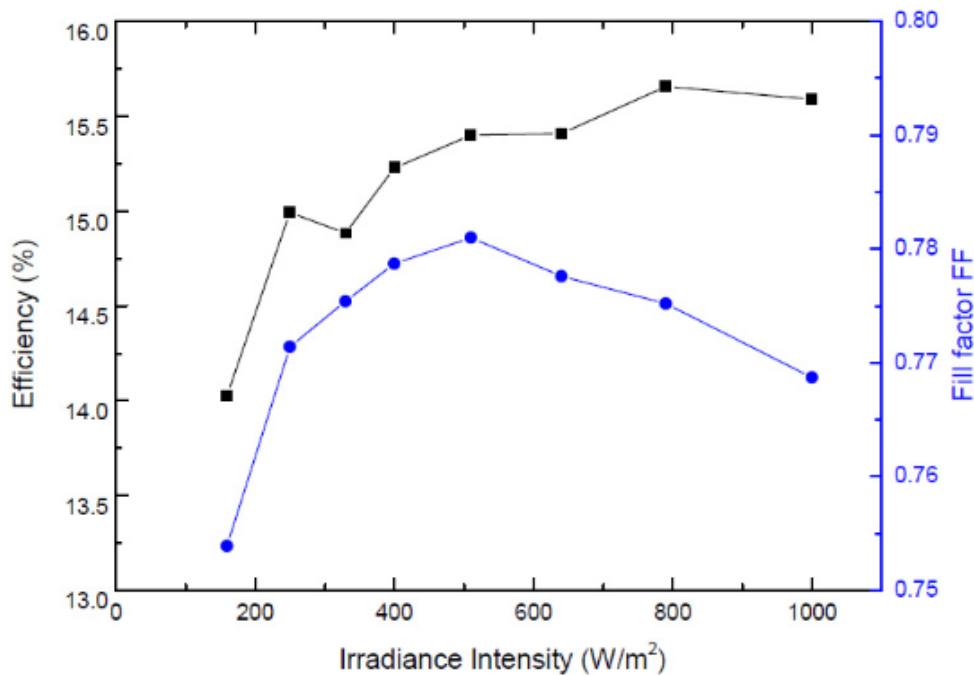


foton dan dengan demikian memiliki lebih banyak energi daripada fungsi kerja (energi ikat elektron) dari materi, itu dikeluarkan. Jika energi foton terlalu rendah, elektron tidak bisa keluar dari materi. Peningkatan intensitas sinar meningkatkan jumlah foton dalam berkas cahaya, dan dengan demikian meningkatkan jumlah elektron tetapi tidak meningkatkan energi setiap elektron yang dimiliki. Energi dari elektron yang dipancarkan tidak tergantung pada intensitas cahaya yang masuk, tetapi hanya pada energi atau frekuensi foton individual. Ini adalah interaksi antara foton dan elektron terluar. [9]

Pada *thin film solar cell*, pengumpulan arus yang berasal dari cahaya akan berkurang pada intensitas yang tinggi, dengan daerah iluminasi kecil. Hal ini disebabkan pada intensitas yang tinggi ada batasan tertentu yang disebabkan resistansi seri dan bertambahnya *losses* tegangan yang bergantung pada pengumpulan *carrier*. Pada salah satu sumber disebutkan, pada eksperimen menggunakan lampu pijar yang dilakukan untuk mencari hubungan antara intensitas cahaya dan efisiensi, didapat kesimpulan bahwa efisiensi semakin berkurang ketika nilai intensitas lampu pijar bertambah. [1]

Cahaya matahari membawa paket-paket energi sebagaimana yang dijelaskan dalam teori kuantum yang dicetuskan oleh Planck, prinsip dari sel solar adalah efek fotovoltaiik. Prinsip ini mirip seperti efek fotolistrik, persamaan prinsip ini adalah elektron akan berpindah apabila menyerap energi dalam tingkat-tingkat tertentu. Pada efek fotovoltaiik elektron akan berpindah apabila dari pita valensi ke pita konduktif sehingga menghasilkan arus listrik. Berdasarkan teori, banyaknya elektron yang berpindah bergantung pada intensitas cahaya yang diserapnya, sedangkan besarnya energi dari setiap elektron yang lepas ini bergantung pada frekuensi cahaya yang diserap oleh elektron. [2]

Menurut Cheegar, M, et al (2013) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa efisiensi dari sel solar bergantung pada intensitas cahaya yang diberikan. Apabila intensitas cahaya yang diberikan di bawah  $400 \text{ W/m}^2$  efisiensi akan meningkat, tetapi intensitas cahaya yang lebih dari  $400 \text{ W/m}^2$  efisiensi cenderung menurun atau konstan. [5] Selain itu, dalam jurnal yang sama Cheegar, M, et al (2013) menuliskan, bahwa saat intensitas cahaya  $160 \text{ W/m}^2$  pada polikristal silikon sel solar menghasilkan voltase yang rendah dan efisiensi yang rendah. Apabila dibandingkan saat intensitas cahaya dinaikkan menjadi  $>200 \text{ W/m}^2$ , maka efisiensi meningkat cukup tajam, seperti yang dilihat pada grafik berikut ini:



**Grafik.1 Efisiensi terhadap Intensitas Cahaya [5]**

Berdasarkan grafik ini, dapat dilihat bahwa pada sel solar yang mempunyai intensitas 160-400 W/m<sup>2</sup> efisiensinya meningkat, namun diatas 400 W/m<sup>2</sup> hingga 1000 W/m<sup>2</sup> efisiensi mengalami penurunan. [5]

Kehilangan efisiensi dihubungkan dengan cahaya yang mempunyai energi yang terlalu kecil dan energi yang terlalu besar. Jumlah energi yang dihasilkan tidak bergantung kepada intensitas cahaya tetapi pada frekuensi cahaya. Meningkatnya intensitas cahaya hanya akan meningkatkan jumlah elektron yang ada di dalam sel solar, tetapi tidak meningkatkan energi yang dimiliki oleh elektron. Apabila energi yang diserap oleh elektron di dalam sel solar terlalu kecil akan menyebabkan elektron tidak dapat terpental keluar yang berakibat rendahnya arus dan voltase yang dihasilkan. Hal ini juga berdampak pada efisiensi sel solar. Selain itu, apabila energi yang diserap elektron terlalu besar, maka kelebihan tersebut akan diganti menjadi dalam bentuk panas, bukan dalam bentuk energi listrik. Hal ini disebabkan, karena elektron pada sel solar mempunyai batas ambang untuk menyerap energi, sehingga walaupun intensitas cahaya diperbesar jumlah energi yang dihasilkan cenderung konstan atau menurun.

#### **4. Kesimpulan**

Pada *paper* ini telah dijelaskan pengaruh intensitas cahaya terhadap efisiensi sel solar pada *mono-crystalline* silikon sel solar. Percobaan yang dilakukan dengan memvariasikan intensitas cahaya 200-550 W/m<sup>2</sup> dan jarak sumber cahaya terhadap sel solar pada temperatur konstan yaitu 25°C, dengan didapatkan data efisiensi dari sel solar. Perubahan intensitas cahaya mempengaruhi efisiensi dari sel solar. Apabila intensitas cahaya diperbesar, maka efisiensi akan meningkat. Tetapi apabila intensitas cahaya terlalu kecil atau terlalu besar menyebabkan efisiensi menurun atau kecil. Akibat energi cahaya yang dihasilkan terlalu kecil adalah energi listrik yang dihasilkan juga kecil, dan energi cahaya yang terlalu besar menyebabkan energi dalam elektron berubah menjadi panas serta energi listrik menjadi konstan. Hal ini disebabkan karena elektron dalam sel solar mempunyai batas ambang untuk menyerap foton pada tingkat energi tertentu. Apabila intensitas cahaya <400 W/m<sup>2</sup> efisiensi meningkat, dan intensitas cahaya >400 W/m<sup>2</sup>, efisiensi menurun.

#### **Ucapan Terimakasih**

Alhamdulillah segala syukur diberikan kepada Allah SWT karena memberikan kemudahan untuk menyelesaikan tugas *paper* ini. Terimakasih kepada Rahadian, M.Si, Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan bimbingannya hingga *paper* ini terselesaikan. Tidak lupa terimakasih kepada rekan-rekan jurusan kimia yang telah membantu dalam proses pengerjaan *paper* ini.

## Referensi

- [1] Aditiyawan, Eki. (2010), *Studi Karakteristik Pencatuan Solar Sel Terhadap Kapasitas Penyimpanan Energi Baterai*, SKRIPSI, Jakarta, Universitas Indonesia, Hal 10-11.
- [2] Afifudin, Faslucky dan Farid Samsu Hananto. (2012), *Optimalisasi Tegangan Keluaran dari Solar Cell Menggunakan Lensa Pemfokus Cahaya Matahari*, Malang, Jurnal Neutrino.
- [3] Chander, Subhash, et al. (2015), *Impact of Temperature on Performance of Series and Parallel Connected Mono-crystalline Silicon Solar Cells*, United Kingdom, ELSEVIER.
- [4] Chander, Subhash, et al. (2015), *A Study on Photovoltaic Parameters of Mono-Crystalline Silicon Solar Cell with Cell Temperature*, United Kingdom, ELSEVIER.
- [5] Chegaar,M, et al. (2013), *Effect of illumination intensity on solar cells parameters*, United Kingdom, ELSEVIER.
- [6] Hersch, Paul dan Kenneth Zweibel. (1982), *Photovoltaic Principles and Methods*, Washington DC, U.S. Government Printing Office, Hal 17-19.
- [7] Purnama Sari, Ajeng. (2014), *Pengukuran Karakteristik Sel Surya*, Bandung, UIN Sunan Gunung Djati.
- [8] PV Education, <http://www.PVEducation.org>, "Efficiency".
- [9] Wikipedia, <http://www.wikipedia.org>, "Efek Fotolistrik".