

## HASIL KELUARAN SEL SURYA DENGAN MENGGUNAKAN SUMBER CAHAYA LIGHT EMITTING DIODE

A. Handjoko Permana<sup>\*)</sup>, Ari W., Hadi Nasbey  
Universitas Negeri Jakarta, Jl. Pemuda No. 10 Rawamangun, Jakarta 13220

<sup>\*)</sup> Email: [h.permana@yahoo.com](mailto:h.permana@yahoo.com), [sayariwz@yahoo.co.id](mailto:sayariwz@yahoo.co.id)

### Abstrak

Keluaran sel surya diujikan menggunakan light emitting diode, menghasilkan karakteristik kurva arus tegangan dengan menggunakan berbagai warna pencahayaan LED dirancang dengan sumber tegangan masukan 12 Volt DC 6 Watt. Menghasilkan keluaran terbaik dari sumber warna berbeda serta efficiency bervariasi tergantung dari warna yang digunakan.

**Kata Kunci :** *Sel Surya, kurva arus tegangan, LED*

### Pendahuluan

Umumnya menguji karakteristik sel surya menggunakan matahari sebagai sumber cahaya. Matahari dapat digunakan sebagai sumber pencahayaan namun memiliki keterbatasan pada waktu. Pencahayaan maksimal dari matahari hanya berkisar dari pukul 10.00 pagi sampai pukul 14.00 siang. Uji karakteristik sel surya akan terhalang ketika awan dan badai melanda. Pengujian ini pun menjadi tidak maksimal ditambah pancaran sinar matahari terdapat panas yang menyertai. Salah satu sifat karakteristik sel surya adalah akan menurun efisiensi ketika suhu diatas 25°C. Sehingga dibutuhkan sumber pencahayaan lain untuk menguji karakteristik sel surya yang dapat bertahan lama dan tidak ada panas yang dibawa.

Adalah *Light Emitting Diode* atau dikenal dengan nama LED memenuhi kebutuhan akan masalah di atas. LED dipilih karena LED dikenal jauh lebih efisien dibandingkan lampu lain. LED memiliki waktu pemakaian yang lebih lama dan cahaya yang dikeluarkan tidak panas. Karakteristik LED seperti ini dibutuhkan dalam karakterisasi sel surya sehingga dapat menghemat daya lebih besar.

Sel surya tunggal atau *single solar cell* digunakan dalam penelitian ini. Hal ini diharapkan dengan mengetahui karakteristik satu sel surya dapat mengetahui karakteristik sel surya tunggal yang sama dalam jumlah banyak. Sehingga ketika sel surya tunggal ini digabungkan menjadi modul surya dapat diperkirakan efisiensi maksimum yang dimiliki.

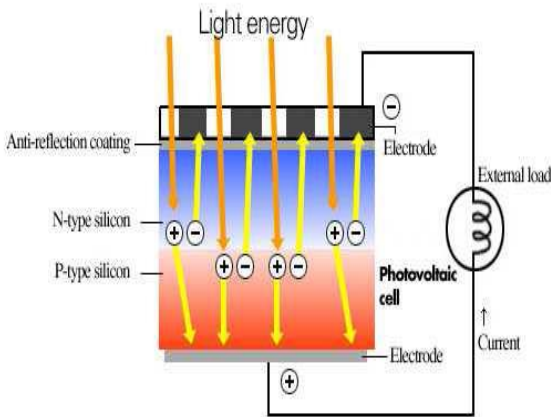
### Sel Surya

Sel surya atau *solar cell* tersusun atas sambungan pn (*pn junction*). Sambungan pn ini didapat dari pengotoran silikon murni yang bervalensi empat

dengan pengotor berbeda di sisi kiri bervalensi tiga dan pengotor bervalensi lima di sisi yang lain. Silikon murni memiliki keseimbangan dalam dalam pembawa muatan listrik. Namun, campuran silikon murni pada sisi kiri dengan pengotor bervalensi tiga membuat silikon menjadi lebih negatif atau menjadi semikonduktor jenis n. Sedangkan di sisi yang lain campuran silikon murni dengan pengotor bervalensi lima menjadikan silikon lebih positif atau jenis p. Pembawa muatan negatif disebut *elektron* dan pembawa muatan positif disebut *hole*.

Sumber cahaya yang mengandung energi foton dikenakan pada sel surya yang memiliki celah energi ( $E_g$ ). Ketika celah energi ini lebih kecil dari sumber cahaya maka energi itu pun diserap oleh sel surya. Hal ini mengakibatkan elektron pada pita valensi memiliki energi cukup untuk berpindah ke pita konduksi dan meninggalkan lubang atau *hole*. Sel surya bagian yang terdepan terkena pencahayaan lebih banyak dari sel surya bagian belakang. Keadaan ini mengakibatkan perbedaan konsentrasi *hole* dan elektron yang dihasilkan lebih banyak di bagian depan daripada bagian belakang sel surya. Sehingga berakibat elektron dan *hole* bergerak berlawanan yang menghasilkan arus listrik. Jika sumber cahaya diperbesar maka arus yang mengalir pun menjadi lebih besar sehingga fenomena ini disebut *photovoltaic*.

A photovoltaic cell generates electricity when irradiated by sunlight.



**Gambar 1.** Pembangkitan kelistrikan dari sel surya

Sel surya tunggal atau *single solar cell* adalah satu sel surya yang belum dirangkai menjadi modul surya. Jika satu sel surya tunggal diketahui karakteristik yang dimiliki maka diharapkan untuk sel surya tunggal lain dapat diketahui juga. Sehingga ketika sel surya tunggal ini digabungkan menjadi modul surya dapat diperkirakan efisiensi maksimum yang dimiliki.

**Karakteristik Sel Surya**

Sifat karakteristik sel surya dapat diamati berdasarkan kurva arus-tegangan yang dihasilkan oleh sel surya pada kondisi pencahayaan dan beban yang berbeda.

Intensitas cahaya merupakan besarnya daya dari energi cahaya yang sampai pada seluruh permukaan sel surya. Besarnya intensitas cahaya terhadap sel surya dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$I = \frac{1}{R^2} \dots\dots\dots(1)$$

$$P_{in} = I \cdot A \dots\dots\dots(2)$$

Sehingga besarnya daya masukan dari sel surya adalah seperti persamaan (2). Daya maksimum berdasarkan kurva karakteristik *I-V* berada pada titik pertemuan antara garis maksimum dan tegangan maksimum dan secara matematis sebagai berikut:

$$P_{max} = V_{max} \cdot I_{max} \dots\dots\dots(3)$$

Daya keluaran sel surya merupakan perkalian antara arus hubung singkat ( $I_{sc}$ ), dengan tegangan *open circuit*, dan *fill factor* sel surya tersebut.

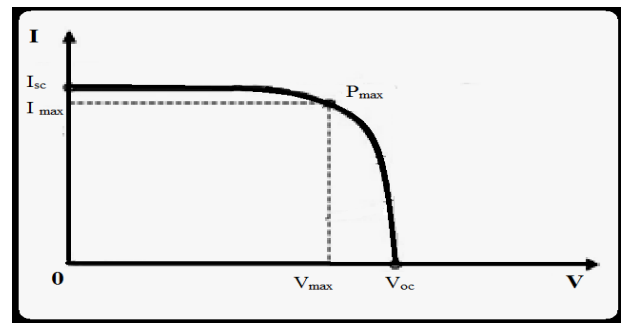
$$P_{out} = V_{OC} \cdot I_{SC} \cdot FF \dots\dots\dots(4)$$

Efisiensi maksimum sel surya merupakan perbandingan antara daya maksimum dan daya yang diterima saat disinari cahaya.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \cdot 100\% \dots\dots\dots(5)$$

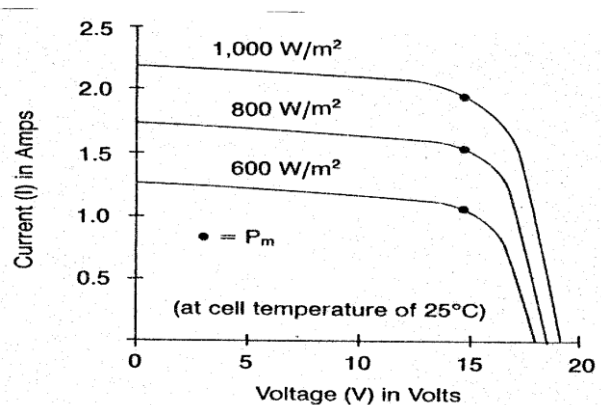
*Fill factor* atau faktor pengisian merupakan perbandingan antara daya maksimum terhadap perkalian arus *short circuit* dan tegangan *open circuit*. Persamaan *fill factor* digunakan untuk pengukuran kurva karakteristik *I-V* yang sebenarnya. Besar nilai *fill factor* lebih besar dari 0.72 untuk sel surya yang masih bekerja dengan baik.

$$FF = \frac{P_{max}}{V_{OC} \cdot I_{SC}} \dots\dots\dots(6)$$



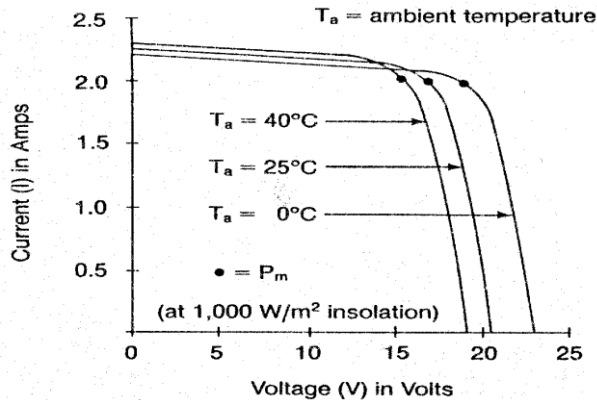
**Gambar 2.** Kurva karakteristik *I-V* sel surya

Jika jumlah energi cahaya matahari yang diterima oleh sel surya berkurang atau intensitas cahaya matahari melemah maka besar tegangan dan arus listrik yang dihasilkan juga akan menurun. Penurunan tegangan relatif lebih kecil dibandingkan penurunan arus listriknya. Hal ini dapat dilihat pada kurva di bawah ini.



**Gambar 3.** Kurva karakteristik *I-V* sel surya terhadap intensitas

Sel surya bekerja maksimum pada suhu konstan (25<sup>0</sup> C) dan jika melebihi suhu tersebut maka akan mempengaruhi *fill factor* karena menurunkan tegangan *open circuit* (*Voc*). Keadaan ini mempengaruhi dan menurunkan efisiensi dari sel surya yang bekerja. Namun keadaan pada suhu naik membuat besarnya arus meningkat.



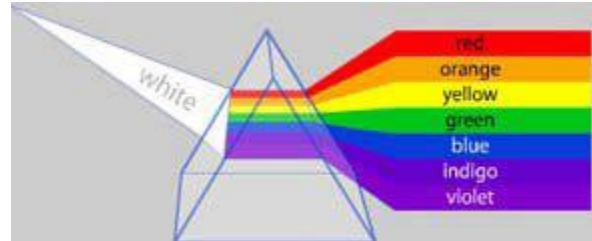
Gambar 4. Kurva karakteristik I-V terhadap perubahan suhu

**Mengapa harus LED ?**

LED memiliki ukuran yang mini dan praktis. Cahaya keluaran dari LED bersifat dingin dan tidak ada sinar ultra violet maupun energi panas yang dipancarkan. Keistimewaan lain dari LED adalah memiliki efisiensi energi yang lebih tinggi dibandingkan dengan lampu lain, dimana LED lebih hemat energi 80 % sampai 90% dibandingkan lampu lain. LED memiliki waktu penggunaan yang lebih lama hingga mencapai 100 ribu jam. Umur LED pun tidak terpengaruh jika menghidupkan dan menyalakannya secara terus menerus. LED juga tersedia dalam beberapa warna.

**Teori Warna**

Sir Isaac Newton mengungkapkan bahwa warna adalah cahaya. Pernyataan ini berdasarkan pada eksperimennya menggunakan cahaya dan prisma. Cahaya putih matahari yang diloloskan pada sebuah celah, kemudian cahaya itu dilewatkan pada sebuah prisma. Cahaya tersebut terurai menjadi cahaya yang berwarna merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila dan ungu. Jika cahaya berwarna tersebut dikumpulkan dan dilewatkan kembali ke prisma maka cahaya putih pun kembali muncul. Kemudian warna-warna tersebut dikenal dengan *spektrum warna*.



Gambar 5. Spektrum cahaya pada prisma

Jika melihat eksperimen Newton maka dapat diambil kesimpulan bahwa cahaya putih matahari memiliki panjang gelombang sekitar 400 nm - 760 nm. Berikut ditampilkan tabel spektrum warna:

Tabel 1 : Spektrum warna

Warna	Panjang gelombang (nm)
Ultraviolet	< 400
Ungu	400 - 450
Biru	450 - 500
Hijau	500 - 570
Kuning	570 - 590
Oranye	590 - 620
Merah	620 - 760
Infra merah	> 760

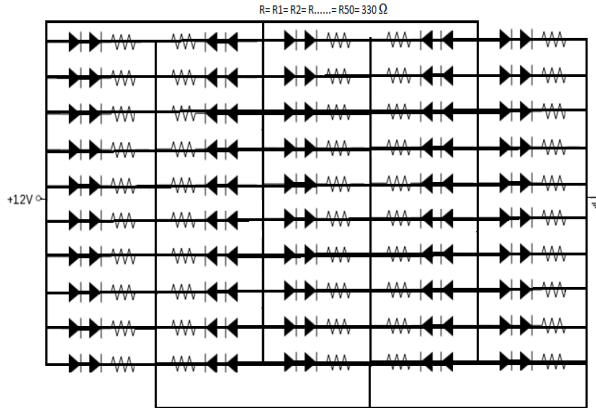
Cahaya memiliki kecepatan sekitar 3x10<sup>8</sup> m/s pada kondisi hampa. Hubungan sederhana panjang gelombang dengan frekuensi dan kecepatan cahaya ditampilkan melalui persamaan berikut:

$$c = \lambda \cdot f \dots\dots\dots(7)$$

Persamaan di atas menggambarkan bahwa jika frekuensi mengalami kenaikan maka panjang gelombang akan berkurang.

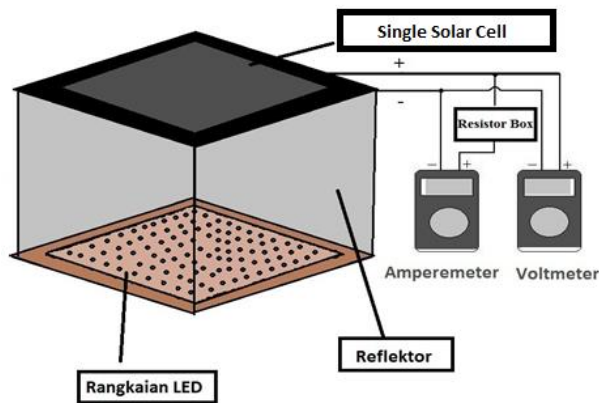
**Metode dan Hasil Pembahasan**

Berikut ditampilkan rangkaian LED sebagai sumber cahaya dalam penelitian ini. Rangkaian ini menggunakan resistor 330Ω yang dipakai untuk menjaga agar LED tidak rusak. Sumber 12VDC 6 watt digunakan agar pencahayaan yang dihasilkan LED maksimal.



Gambar 6. Rangkaian LED di penelitian ini

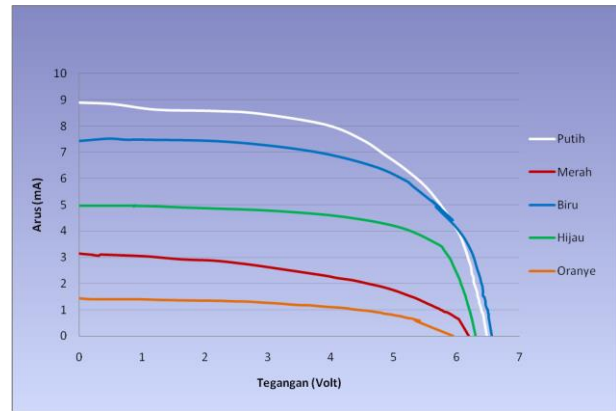
Kemudian pencahayaan didisain seperti gambar di bawah ini agar pencahayaan lebih fokus ke *single solar cell*.



Gambar 7. Skema pengambilan data karakteristik *single solar cell*

Berdasarkan gambar dan table di bawah ini dapat dilihat karakteristik dari *single solar cell* dengan sumber pencahayaan dari LED.

LED berwarna putih dengan panjang gelombang tertinggi memiliki kurva lebih tinggi dari yang lain. LED ini menghasilkan daya maksimal sekitar 33.7 mW. Efisiensi *single solar cell* pada cahaya putih LED adalah 86 %. Efisiensi ini tidak lah sama dengan pencahayaan dari warna lain LED. Hal ini terjadi karena pengaruh dari panjang gelombang dari warna yang dihasilkan LED. Selain itu bahan pembuat *single solar cell* berpengaruh terhadap penyerapan foton dalam cahaya yang diterima. Di bawah ini ditampilkan juga tabel hasil karakteristik dari *single solar cell* berdasarkan warna LED yang menyinari.



Gambar 8. Kurva karakteristik I-V *single solar cell* terhadap warna LED

Tabel 2 : Hasil karakteristik *single solar sel* menggunakan LED

	Putih	Biru	Hijau	Merah	Oranye
$P_m$ (mW)	33.7	30.7	21.1	9.27	4.53
$V_m$ (Volt)	4.51	5.2	5.13	4.35	4.27
$I_m$ (mA)	7.47	5.91	4.12	2.13	1.06
$V_{oc}$ (Volt)	6.48	6.56	6.31	6.19	5.94
$I_{sc}$ (mA)	8.9	7.43	4.97	3.15	1.45
$P_i$ (mW)	40.4	36.9	25.4	11.56	5.43
$P_o$ (mW)	34.8	29.5	18.7	11.12	5.02
Efisiensi	86%	80%	73%	96%	92%

### Kesimpulan

1. LED dapat digunakan untuk mengkararakteristik sel surya.
2. LED tidak memancarkan panas itu dapat dilihat dari gambar (8) yaitu kurva tetap konstan di awal tidak ada penurunan efisiensi akibat perubahan suhu.
3. Panjang gelombang yang dihasilkan dari pancaran LED membuat perubahan pada efisiensi *single solar cell*.
4. Penggunaan LED yang paling baik untuk mengkararakteristik *single solar cell* adalah LED berwarna merah karena efisiensi yang dihasilkan 96%.

**Daftar Pustaka**

- [1] Eka Febtiwiyanti, Anita. 2010. *Studi Peningkatan Output Modul Surya Dengan Menggunakan Reflektor*. Skripsi Jurusan Fisika UNJ.
  
- [2] M.Bliss, T.R. Betts, R. Gottschalg, *Advantages in Using Leds as The Main Light Source in Solar Simulators For Measuring PV Device Characteristics*. Centre for Renewable Energy Systems Technology (CREST), Department of Electronic and Electrical Engineering, Loughborough University, Loughborough, Leicestershire, LE11 3TU, UK. In Proc. of SPIE Vol. 7048 704807-1
  
- [3] S. Kohraku, Kosuke Kurokawa. *New Methods For Solar Cells Measurement by LED Solar Simulator*. Tokyo University of Agriculture and Technology 2-24-16 Naka-cho, Koganei, Tokyo, 184-8588, Japan. 2003.