

Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Efisiensi Konversi Sel Surya Berbasis *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC)

Muhammad Arifin^{1,*}, Desyana Olenka Margareta² dan Okky Fajar Trimaryana²

¹Departemen Teknik Elektro, Politeknik Negeri Batam, Batam 29461 Indonesia

²Departemen Fisika, Institut Teknologi Bandung, Bandung 40132 Indonesia

*E-mail: arifin@polibatam.ac.id

Abstrak

Perubahan penggunaan sumber energi tak terbarukan menuju sumber energi yang terbarukan akhir-akhir ini perlu dilakukan. Salah satu sumber energi terbarukan dan melimpah di alam adalah sinar matahari. Sinar matahari ini dapat dikonversi menjadi listrik menggunakan sel surya. *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) merupakan jenis sel surya generasi ketiga. Sel surya ini memberikan efisiensi tinggi dan harganya yang murah. Untuk mengoptimalkan efisiensi tersebut perlu dilakukan variasi intensitas cahaya yang mengenai sel surya DSSC. Pengujian dilakukan dengan menggunakan set alat monokromator dan I-V meter yang dijalankan dengan bantuan *LabView Software*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa efisiensi konversi sel surya DSSC paling tinggi adalah 0,85 % pada intensitas cahaya 30 mW/cm² untuk rentang intensitas cahaya dari 10 – 50 mW/cm².

Kata kunci: Intensitas cahaya, efisiensi konversi, *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC)

Abstract

Recently, the alteration of energy source from non-renewable to renewable energy need to be done. One of renewable energy sources is solar energy. Solar energy can be converted to electrical energy using solar cell. *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) is the third generation solar cell. This solar cell can give the high efficiency and low cost. In order to optimize this DSSC efficiency need to be done a variation of light intensity for DSSC. The intensity and I-V curve measurement was done using the monochromator equipment and I-V meter which were run by *LabView Software*. The examination results show that the highest efficiency of DSSC is 0.85 % at 30 mW/cm² for a intensity range from 10 – 50 mW/cm².

Keyword: Light intensity, efficiency, *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC)

1. Pendahuluan

Kebutuhan energi yang semakin meningkat merupakan salah satu permasalahan tantangan pada abad 21 ini. Berdasarkan survei yang dilakukan bahwa masalah terbesar yang akan dihadapi manusia untuk 50 tahun mendatang adalah energi. Energi di sini menduduki peringkat pertama. Sebagai informasi bahwa cadangan sumber energi fosil di seluruh dunia terhitung sejak 2002 yaitu 40 tahun untuk minyak, 60 tahun untuk gas alam, dan 200 tahun untuk batu bara.

Menipisnya sumber energi menyebabkan terjadinya pergeseran dari penggunaan sumber energi tak terbarukan menuju sumber energi yang terbarukan. Hal ini menyebabkan perlunya pengembangan energi listrik tenaga surya yang berbasis kepada efek *photovoltaic* dari piranti sel surya sebagai salah satu sumber energi yang murah, bebas polusi, dan alami menjadi suatu pilihan yang tepat.

Energi surya merupakan salah satu sumber energi yang sangat melimpah di alam. Selain itu, energi surya mempunyai kriteria tidak bersifat polutif (ramah lingkungan), dapat diperbaharui, dan mudah didapat.

Energi surya ini dapat dikonversi menjadi bentuk energi lain, seperti energi kimia, energi panas, dan energi listrik [1].

Cahaya matahari mempunyai spektrum sinar mulai dari sinar ultraviolet sampai *near-infrared*. Intensitas radiasi matahari di luar atmosfer bumi disebut konstanta surya, yaitu sebesar 1365 W/m². Setelah disaring oleh atmosfer bumi, beberapa spektrum cahaya hilang, dan intensitas puncak radiasi menjadi sekitar 1000W/m² atau 100mW/cm². Nilai ini adalah tipikal intensitas radiasi pada keadaan permukaan tegak lurus sinar matahari dan pada keadaan cerah [2].

Salah satu pemanfaatan energi matahari yaitu sebagai sumber energi untuk sel surya. Sel surya bekerja menggunakan energi matahari dengan mengkonversi secara langsung radiasi matahari menjadi listrik. Sel surya yang banyak digunakan sekarang ini adalah sel surya berbasis teknologi silikon yang merupakan hasil dari perkembangan pesat teknologi semikonduktor elektronik. Walaupun sel surya sekarang didominasi oleh bahan silikon, namun mahalnya biaya produksi

silikon membuat biaya konsumsinya lebih mahal daripada sumber energi fosil.

Selain itu, kekurangan sel surya silikon adalah penggunaan bahan kimia berbahaya pada proses fabrikasinya [2]. Tetapi, seiring perkembangan nanoteknologi, dominasi tersebut bertahap mulai tergantikan dengan hadirnya sel surya (sistem fotovoltaik) generasi terbaru. Sistem fotovoltaik yang telah diteliti dan paling terkenal adalah sistem fotovoltaik generasi ketiga yang dikembangkan oleh Michael Gratzel pada tahun 1991 [1]. Gratzel and O'Regan melaporkan hasil penemuan dan hasil kerjanya yaitu *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC). Hasil penemuannya ini amat menarik perhatian banyak grup riset karena memberikan efisiensi tinggi dan harganya yang murah. Efisiensi konversi dari DSSC yang sudah terekam sampai saat ini adalah 8,12 %, 10,10 %, 10,40 %, dan 9,90 % yang telah diumumkan pada *Energy Research Centre of The Netherlands, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Sharp Corporation and Arakawa group* dengan masing-masing luas permukaannya 1-5 cm²[3]. Selain itu, penggunaan elektroda TiO₂ *haze* tinggi menghasilkan efisiensi konversi DSSC yang paling tinggi yaitu 11,10 % [4]. Usaha terus menerus dilakukan untuk meningkatkan untuk meningkatkan performa DSSC dan juga kompetisi teknologi DSSC ini di dalam pasar dunia [5]. DSSC sendiri terdiri dari empat komponen yaitu film logam oksida semikonduktor mesoporus, *dye*, elektrolit, dan elektroda [6].

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian pengaruh intensitas cahaya terhadap efisiensi konversi dari DSSC. Cahaya di sini yang dipakai bersumber dari lampu halogen sebagai pengganti cahaya matahari. Selain itu, juga dilakukan pengukuran pengaruh variasi panjang gelombang terhadap kuat arus yang dihasilkan oleh DSSC.

2. Metodologi Penelitian

Set up alat pegujian dirancang dengan menggunakan komputer dan dijalankan secara otomatis dengan *LabView software*. Dengan penyinaran lampu halogen dengan intensitas daya sebesar AM 1,5 (100 mW/cm²). Set up alat pengujian diperlihatkan pada Gambar 1.

Set up alat pengujian pada Gambar 1 tersusun dari Lampu halogen AM 1,5 (100mV/cm) dengan arus yang digunakan 8,5 A, 2 lensa cembung sebagai fokus, monokromator, I-V meter, dan komputer yang terinstal *LabView Software*. Selain itu, sel surya *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) yang diuji adalah sel surya DSSC yang difabrikasi di Laboratorium Fotonik, Departemen Fisika, Institut Teknologi Bandung.

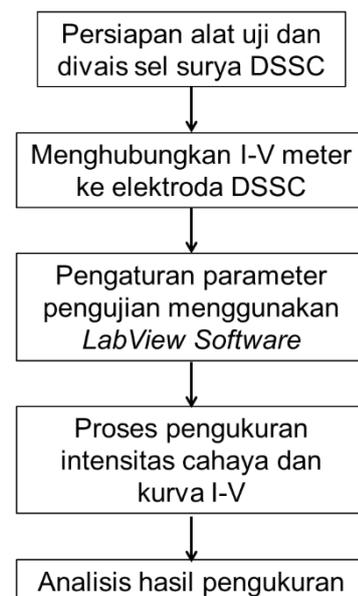


Gambar 1. Set up alat pengujian intensitas cahaya dan kurva I-V.

I-V meter dihubungkan ke anoda dan katoda sel surya DSSC. Setelah itu *set* pengujian pada *lab view software* diatur untuk $V_{\min} = -0.2$ A dan $V_{\max} = 0,8$ volt. Pengukuran intensitas cahaya dilakukan dengan bantuan pengukur daya dan kemudian di *Run*. Hasil pengujian berupa grafik antar arus I dan tegangan V. Efisiensi konversi sel surya DSSC didapatkan dari analisis kurva I-V menggunakan persamaan untuk Fill Factor dan Efisiensi Konversi seperti yang ditunjukkan pada persamaan (1) [7].

$$FF = \frac{I_{\max} V_{\max}}{I_{sc} V_{oc}} \quad \text{dan} \quad \eta = \frac{P_{\max}}{P_{in}}$$

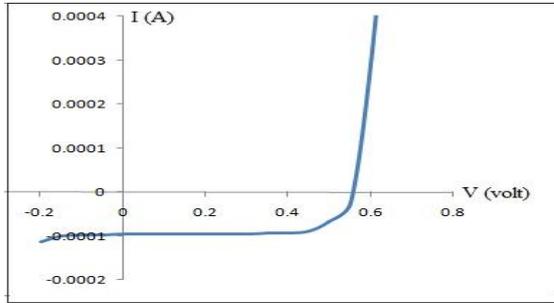
Di mana I_{\max} , V_{\max} , FF, I_{sc} , v_{oc} , r_{\max} , r_{in} , dan η masing-masing adalah arus maksimum, tegangan maksimum, *Fill Factor*, arus hubung singkat, tegangan dalam kondisi saklar tidak terhubung, daya maksimum, daya input, dan efisiensi konversi. Urutan proses dalam penelitian ini dapat dilihat pada diagram blok yang ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Diagram blok urutan proses dalam penelitian.

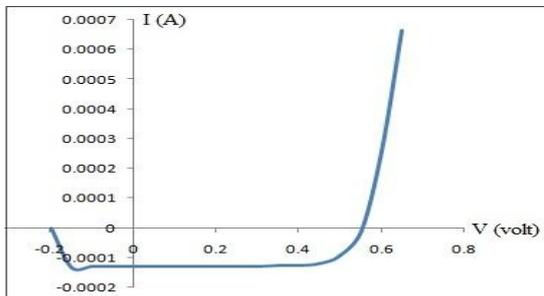
3. Hasil dan Pembahasan

Sifat fotovoltaiik pada sel surya *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) yang diukur ditunjukkan pada Gambar 2. Pada kurva I-V dapat dilihat bahwa semakin besar tegangan maka kuat arus juga bertambah, tetapi bertambahnya arus tidak linier melainkan melengkung.



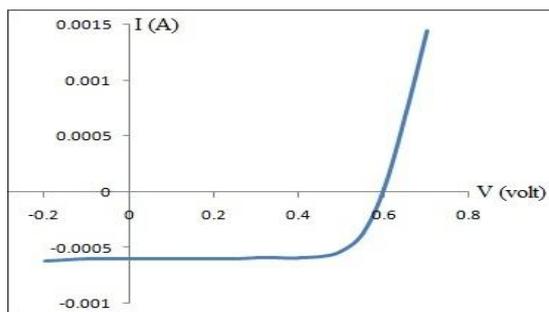
Gambar 3. Kurva I-V dari sel surya DSSC saat disinari dengan intensitas 10 mW/cm².

Hasil analisis kurva I-V pada Gambar 3 diperoleh nilai I_{sc} (kuat arus saat *short current*) sebesar $9,67 \times 10^{-5}$ A dan V_{oc} (tegangan saat *open current*) sebesar 0,56 Volt. Selain itu, juga didapatkan nilai *fill factor* (FF) dan efisiensi konversi (η) dari sel surya DSSC yang besarnya masing-masing adalah 61,77 % dan 0,43 %.



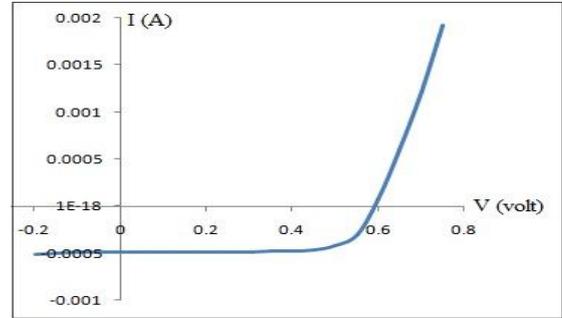
Gambar 4. Kurva I-V dari sel surya DSSC saat disinari dengan intensitas 20 mW/cm².

Hasil analisis kurva I-V pada Gambar 4 diperoleh nilai I_{sc} (kuat arus saat *short current*) sebesar $12,91 \times 10^{-5}$ A dan V_{oc} (tegangan saat *open current*) sebesar 0,56 Volt. Selain itu, juga didapatkan nilai *fill factor* (FF) dan efisiensi konversi (η) dari sel surya DSSC yang besarnya masing-masing adalah 64,04 % dan 0,30 %.



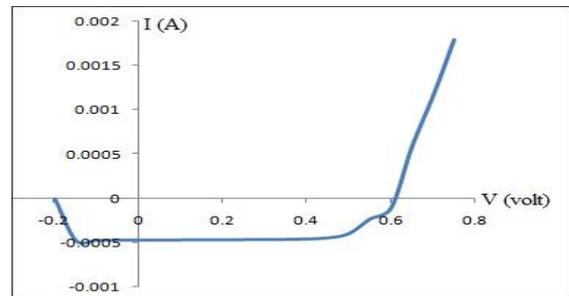
Gambar 5. Kurva I-V dari sel surya DSSC saat disinari dengan intensitas 30 mW/cm².

Hasil analisis kurva I-V pada Gambar 5 diperoleh nilai I_{sc} (kuat arus saat *short current*) sebesar $59,94 \times 10^{-5}$ A dan V_{oc} (tegangan saat *open current*) sebesar 0,60 Volt. Selain itu, juga didapatkan nilai *fill factor* (FF) dan efisiensi konversi (η) dari sel surya DSSC yang besarnya masing-masing adalah 55,35 % dan 0,85 %.



Gambar 6. Kurva I-V dari sel surya DSSC saat disinari dengan intensitas 40 mW/cm².

Hasil analisis kurva I-V pada Gambar 6 diperoleh nilai I_{sc} (kuat arus saat *short current*) sebesar $48,68 \times 10^{-5}$ A dan V_{oc} (tegangan saat *open current*) sebesar 0,59 Volt. Selain itu, juga didapatkan nilai *fill factor* (FF) dan efisiensi konversi (η) dari sel surya DSSC yang besarnya masing-masing adalah 57,83 % dan 0,53 %.



Gambar 7. Kurva I-V dari sel surya DSSC saat disinari dengan intensitas 40 mW/cm².

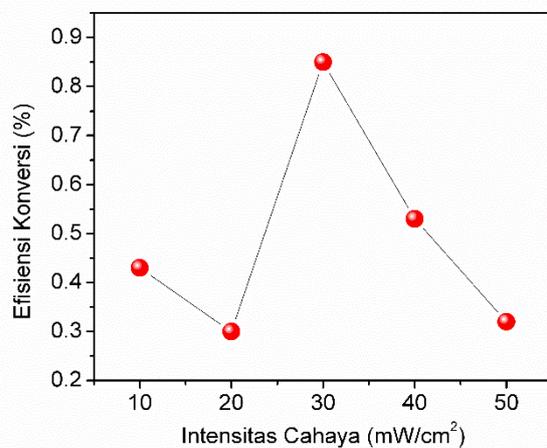
Hasil analisis kurva I-V pada Gambar 7 diperoleh nilai I_{sc} (kuat arus saat *short current*) sebesar $46,72 \times 10^{-5}$ A dan V_{oc} (tegangan saat *open current*) sebesar 0,61 Volt. Selain itu, juga didapatkan nilai *fill factor* (FF) dan efisiensi konversi (η) dari sel surya DSSC yang besarnya masing-masing adalah 44,23 % dan 0,32 %.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Parameter Fotovoltaiik dari Sel Surya DSSC dengan Berbagai Intensitas.

Intensitas Cahaya (mW/cm ²)	V_{oc} (volt)	I_{sc} ($\times 10^{-5}$ A)	FF (%)	η (%)
10	0,56	9,67	61,77	0,43
20	0,56	12,91	64,04	0,30

30	0,60	59,94	55,35	0,85
40	0,59	48,68	57,83	0,53
50	0,61	46,72	44,23	0,32

Dari Tabel 1. di atas diketahui bahwa perubahan intensitas cahaya yang mengenai sel surya DSSC mempengaruhi parameter fotovoltaiik dari DSSC. Dari Tabel 1. di atas diketahui bahwa dengan bertambahnya nilai intensitas maka juga terjadi perubahan pada efisiensi konversi DSSC, tetapi perubahan tidak linier naik, tetapi acak. Dari hasil ini didapatkan efisiensi konversi sel surya DSSC tertinggi yaitu pada intensitas sinar 30 mW/cm² dengan efisiensi konversi sebesar 0,85 % seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Hubungan intensitas cahaya dan efisiensi konversi sel surya DSSC.

4. Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa perubahan intensitas cahaya yang mengenai sel surya DSSC mempengaruhi nilai efisiensi konversi dari sel surya DSSC. Efisiensi konversi sel surya DSSC yang dihasilkan dengan nilai paling kecil adalah 0,30 % pada intensitas cahaya 20 mW/cm² dan nilai paling besar adalah 0,85 % pada intensitas 30 mW/cm². Pada rentang intensitas sinar 10 sampai 50 mW/cm² didapatkan efisiensi optimal yaitu 0,85% pada intensitas 30 mW/cm².

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Rahmat Hidayat, dosen Fisika Institut Teknologi Bandung yang telah mendampingi dan mengarahkan saat penelitian dilakukan. Selain itu, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Fotonik, Departemen Fisika, Institut Teknologi Bandung yang telah mendukung dan meminjamkan alat pengujian.

Referensi

- [1] Nasukhah AT, Prajitno G. *Fabrikasi dan Karakterisasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) dengan Menggunakan Ekstraksi Daging Buah Naga Merah (Hylocereus Polyrhizus) Sebagai Dye Sensitizer*. 2012. Jurnal Sains dan Seni Pomits Vol. 1, No. 1, 1-6.
- [2] Septina W, Fajarisandi D, Aditia M. *Pembuatan Prototipe Solar Cell Murah dengan Bahan Organik Inorganik (Dye-sensitized Solar Cell)*. 2007. Laporan Akhir Penelitian Bidang Energi Penghargaan PT. ReKayasa Industri.
- [3] Kong F, Dai S, Wang K. *Review article: review of recent progress in dye-sensitized solar cells*. 2007. Advances in Opto Electronics. 1-13.
- [4] Chiba Y, Islam A, Watanabe Y, Komiya R, Koide N, Han L. *Dye-sensitized solar cells with conversion efficiency of 11.1%*. 2006. Japanese Journal of Applied Physics 45: L638-40.
- [5] Narayan M R. *Dye sensitized solar cells based on natural photosensitizers*. 2012. Renewable and Sustainable Energy Reviews 16. 208-2015.
- [6] Chen X, Jia C, Wan Z, Yao X. *Organic dyes with imidazole derivatives as auxiliary donors for dye-sensitized solar cells: Experimental and theoretical investigation*. 2014. Dyes and Pigments 104. 48-56.
- [7] *Making I-V and C-V Measurements on Solar Photovoltaic Cells Using the Model 4200-SCS Semiconductor Characterization System*. Keithley Instruments, Inc. Application Note Series Number 2876.