

# Pengaruh pH Larutan Antosianin Strawberry dalam Prototipe *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC)

Mochamad Choirul Misbachudin,\* Ferdy S. Rondonuwu, dan Adita Sutresno<sup>†</sup>  
*Program Studi Pendidikan Fisika, dan Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Matematika*  
*Universitas Kristen Satya Wacana, Jl. Diponegoro No. 52-60, Salatiga 50711*

## Intisari

Telah difabrikasi prototipe *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) dengan memanfaatkan ekstrak antosianin strawberry sebagai fotosensitizer. DSSC ini terdiri dari sepasang substrat kaca berlapis ITO sebagai elektroda dan counter elektroda. Pada elektroda dideposisikan lapisan nanokristal TiO<sub>2</sub> berpori sebagai fotoanoda dan disensitisasi dye antosianin, sedangkan counter elektroda dideposisikan lapisan karbon. Kedua elektroda disusun dengan struktur *sandwich* dengan dipisahkan oleh elektrolit redoks (I<sup>-</sup>/I<sub>3</sub><sup>-</sup>). Sel surya direndam dalam dye antosianin dengan pH yang berbeda, yaitu pH 3,0; pH 2,5; dan pH 2,0. Hasil pengujian sel surya menunjukkan bahwa sel surya yang direndam dengan pH 2,0 memiliki keluaran yang paling tinggi, dimana arus rangkaian pendek (I<sub>sc</sub>) yang didapatkan sebesar 45 μA dan tegangan rangkaian buka (V<sub>oc</sub>) sebesar 321 mV, serta besar rapat arus (J<sub>sc</sub>) adalah 20 μA/cm<sup>2</sup>. Sedangkan efisiensi konversi energinya sebesar 2,560 × 10<sup>-3</sup>%.

## ABSTRACT

The prototype of *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) has been fabricated using anthocyanin extract from fresh strawberry as the photosensitizer. This DSSC consist of a pair of ITO-coated glass substrate as the electrode and counter electrode. Permeable TiO<sub>2</sub> nanocrystal layer was deposited as fotoanoda and anthocyanin dye sensitized at the electrode, while the counter electrode was deposited carbon layer. Both electrodes were arranged in sandwich structure, separated by redox electrolyte (I<sup>-</sup>/I<sub>3</sub><sup>-</sup>). Solar cell was soaked in anthocyanin dye with different pH: pH 3.0, pH 2.5, and pH 2.0. The results showed that the solar cell soaked with pH 2.0 has the highest output, where it is obtained 45 μA of the short-circuit current (I<sub>sc</sub>) and 321 mV of the open-circuit voltage (V<sub>oc</sub>), and 20 μA/cm<sup>2</sup> of current density (J<sub>sc</sub>). While the energy conversion efficiency is 2.560 × 10<sup>-3</sup>%.

KATA KUNCI: anthocyanin, pH, dye-sensitizer, DSSC

## I. PENDAHULUAN

### Sumber Energi Terbarukan

Kemajuan pembangunan pada bidang teknologi, industri dan informasi membawa dampak terhadap meningkatnya kebutuhan energi. Selama ini kebutuhan energi masih mengandalkan bahan bakar fosil, sehingga berdampak semakin berkurangnya ketersediaan sumber daya energi fosil khususnya minyak bumi. Seperti yang diketahui bahwa sumber energi fosil merupakan sumber energi yang tidak dapat diperbaharui, dan proses pembentukannya dibutuhkan waktu yang sangat lama. Untuk itu diperlukan sumber energi alternatif yang dapat menggantikan sumber energi fosil. Sumber energi alternatif yang dapat dijadikan solusi adalah sistem konversi energi yang memanfaatkan sumber daya energi terbarukan, seperti: energi matahari, energi angin, energi air,

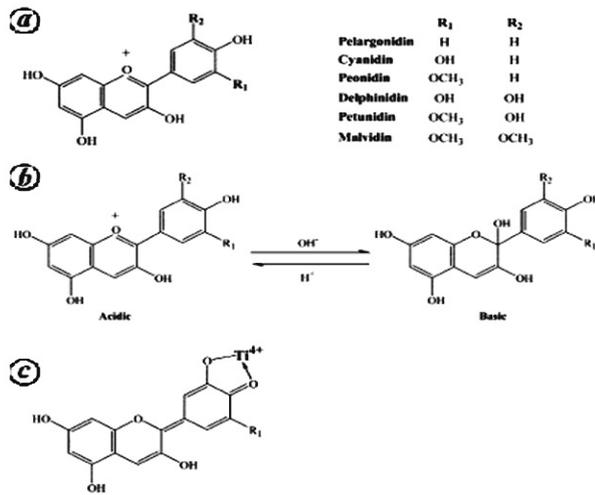
biomassa, panas bumi [1, 2]. Sumber energi matahari sangat memungkinkan untuk dijadikan sebagai solusi pengganti dari sumber daya energi fosil, karena sumber energi ini tersedia dalam jumlah yang sangat besar dan melimpah.

Michael Grätzel merupakan seorang peneliti yang pertama kali berhasil mengembangkan sistem sel surya tersintesa berwarna (*Dye Sensitized Solar Cell*) [3, 4]. Bio sel surya yang dikembangkan Grätzel ini proses pembuatannya cukup sederhana serta biayanya relatif murah, dan bahan dasarnya mudah diperoleh di pasaran [5]. Namun sel surya ini masih perlu banyak pengembangan lebih lanjut guna meningkatkan efisiensi konversi energi photo elektrokimianya.

Dalam penelitian sebelumnya [6], penulis telah melakukan kajian awal untuk mengetahui bagaimana pengaruh jumlah konsentrasi antosianin terhadap hasil keluaran sel surya DSSC. Dalam penelitian tersebut dilakukan ekstraksi antosianin strawberry dengan beberapa variasi perbandingan campuran pelarut, yaitu antara metanol, asam asetat, dan aquades. Dari hasil pengujian sel surya menunjukkan bahwa perbandingan yang paling efektif untuk ekstraksi antosianin strawberry adalah dengan campuran pelarut metanol, asam asetat, dan aquades yaitu 25:4:21 [6]. Pada penelitian lain [7], telah dilakukan kajian terhadap karakteristik arus dan te-

\*E-MAIL: choirul.mcm@yahoo.com

<sup>†</sup>E-MAIL: adita@staff.uksw.edu



Gambar 1: a). Struktur kimia dasar dari antosianin, b). Dua macam struktur kimia antosianin dalam media asam dan basa, c). Rangkaian mekanisme antosianin dengan TiO<sub>2</sub> [8].

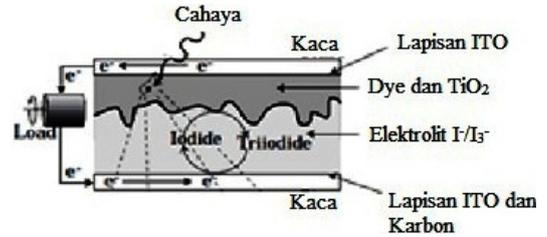
gangan sel surya DSSC dengan variasi pengenceran ekstrak dye antosianin strawberry. Hasil pengujian sel surya DSSC menunjukkan bahwa ekstrak antosianin strawberry tanpa pengenceran memiliki arus rangkaian pendek (*I<sub>sc</sub>*) dan tegangan rangkaian buka (*V<sub>oc</sub>*) yang paling besar. Dengan kata lain semakin tinggi konsentrasi antosianin, maka semakin tinggi pula arus dan tegangan keluaran yang dihasilkan [7].

Pada artikel ini dilaporkan kajian tentang pengaruh pH larutan antosianin terhadap efisiensi DSSC.

**Antosianin**

Antosianin merupakan pigmen larut air yang secara alami terdapat pada berbagai jenis tumbuhan dan buah-buahan. Pigmen tersebut akan memberikan warna merah, biru dan ungu pada buah, bunga dan daun yang masuk dalam klas flavonoids. Senyawa antosianin yang paling banyak ditemukan adalah *pelargonidin* (orange), *cyanidin* (orange-merah), *peonidin* (orange-merah), *delphinidin* (biru-merah), *petunidin* (biru-merah), dan *malvidin* (biru-merah) [8]. Antosianin strawberry merupakan senyawa yang termasuk dalam gugusan *pelargonidin*.

Antosianin memiliki struktur kimia yang terdiri dari kation tujuh hydroxy flavilium, molekul ini berfungsi dalam penyerapan cahaya dan membentuk warna seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Antosianin yang terbentuk secara alami mempunyai group hydroxyl (HO<sup>-</sup>) pada posisi 3 dan selalu terhubung dengan molekul glukosa yang dibutuhkan untuk kesetimbangan termal dan posisi 5 terdapat satu atau lebih group hydroxyl atau methoxy (CH<sub>3</sub>O<sup>-</sup>) pada cincin B. Ragam warna yang diperlihatkan oleh antosianin tergantung pada nomor dan posisi dari gugusan yang ada [8].



Gambar 2: Skema DSSC [11] dengan modifikasi gambar.

**Derajat Keasaman (pH) Antosianin**

pH (*potential of Hydrogen*) atau derajat keasaman merupakan ukuran konsentrasi ion hidrogen yang menunjukkan keasaman atau kebasaan suatu zat. Besarnya nilai pH bervariasi, yaitu dari 1 hingga 14. Larutan yang netral memiliki pH bernilai 7, sedangkan larutan asam memiliki nilai pH < 7, dan larutan basa memiliki nilai pH > 7.

Kondisi pH sangat mempengaruhi stabilitas/kesetimbangan dari larutan ekstrak antosianin. Larutan antosianin memiliki lima bentuk kesetimbangan yang bergantung pada kondisi pH, yaitu *kation flavilium*, *basa karbinol*, *kalkon*, *basa quinonoidal*, dan *quinonoidal anionic*. Ketika dalam kondisi pH yang sangat asam, antosianin memiliki bentuk *kation flavilium*, dimana antosianin berada pada kondisi paling stabil dan paling berwarna. Sedangkan pada pH yang lebih basa, antosianin akan berwarna kuning (bentuk kalkon), berwarna biru (bentuk quinonoid), atau tidak berwarna (basa karbinol) [9].

**Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)**

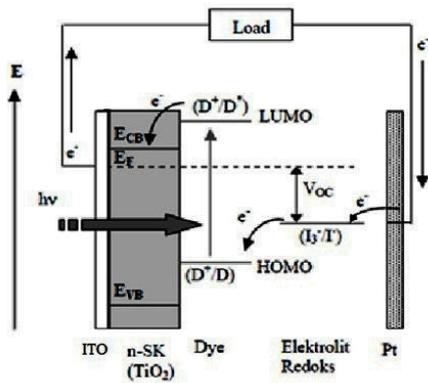
DSSC terdiri dari sepasang substrat kaca berlapis ITO (*indium-tin oxide*) yang berperan sebagai elektroda dan counter elektroda. Pada elektroda dideposisikan lapisan nanokristal TiO<sub>2</sub> berpori sebagai fotoanoda, dan disensitisasi dye antosianin sebagai fotosensitizer sel surya. Sedangkan untuk counter elektroda dilapisi katalis dengan dideposisi menggunakan lapisan karbon untuk mempercepat reaksi redoks. Kedua elektroda kemudian disusun dengan struktur *sandwich* dengan dipisahkan oleh elektrolit redoks (I<sup>-</sup>/I<sub>3</sub><sup>-</sup>), seperti yang tunjukkan pada Gambar 2 [5, 10, 11].

Skema prinsip kerja dari DSSC ditunjukkan pada Gambar 3. Energi foton diserap oleh dye (D) sehingga elektron berpindah dari level energi terendah (HOMO) ke level energi tertinggi (LUMO).

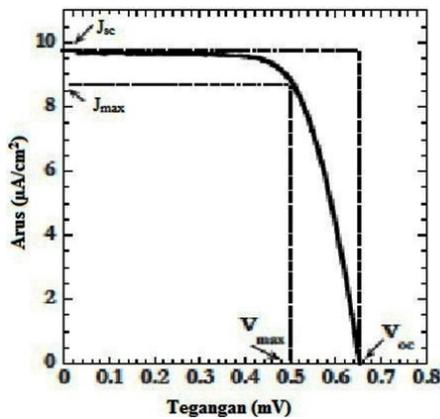
$$D + \text{cahaya} \rightarrow D^* \tag{1}$$

Pada keadaan tereksitasi (D<sup>\*</sup>) dye menginjeksi elektron menuju pita konduksi semikonduktor TiO<sub>2</sub>, kemudian elektron tersebut melewati TiO<sub>2</sub> menuju elektroda ITO dan selanjutnya elektron mengalir menuju elektroda lawan (*counter electrode*) melalui rangkaian eksternal.

$$D^* + \text{TiO}_2 \rightarrow e^-(\text{TiO}_2) + D^+ \tag{2}$$

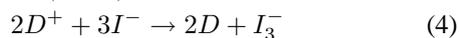


Gambar 3: Prinsip kerja sel surya nanopartikel TiO<sub>2</sub> tersensitisasi dye [5] dengan modifikasi gambar.



Gambar 4: Kurva Arus-Tegangan (J-V) sel surya DSSC [12] dengan modifikasi gambar.

Selanjutnya elektron masuk kembali ke dalam sel dan mereduksi (I<sup>+</sup>) yang ada pada elektrolit. Setelah itu dye teroksidasi (D<sup>+</sup>) menerima elektron dari (I<sub>3</sub><sup>-</sup>) dan tergenerasi kembali menjadi (D) [5].



**Karakteristik Arus-Tegangan Sel Surya DSSC**

Pengukuran konversi energi cahaya menjadi energi listrik digambarkan dalam kurva arus-tegangan (J-V) seperti pada Gambar 4.

Gambar 4 menunjukkan tegangan rangkaian buka atau tegangan *open circuit* (V<sub>oc</sub>), tegangan maksimum (V<sub>max</sub>), rapat arus rangkaian pendek atau rapat arus *short circuit* (J<sub>sc</sub>), dan rapat arus maksimum (J<sub>max</sub>). Tegangan rangkaian buka (V<sub>oc</sub>) dihasilkan ketika sel dalam kondisi *open circuit* sehingga tidak ada arus yang mengalir dalam rangkaian. Sedangkan arus rangkaian pendek (J<sub>sc</sub>) dihasilkan pada saat sel dalam kondisi *short circuit* sehingga arus akan mengalir [12]. Selain itu karakteristik lainnya yang mempengaruhi efisiensi

sel surya adalah nilai faktor pengisian atau *fill factor* (FF). Nilai dari *fill factor* (FF) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$FF = \frac{J_{max} \times V_{max}}{J_{sc} \times V_{sc}} \quad (5)$$

dengan,

$$P_{max} = J_{max} \times V_{max} = J_{sc} \times V_{oc} \times FF \quad (6)$$

Sehingga untuk menghitung efisiensi konversi energi (η) dari sel surya DSSC dapat dicari dengan menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_{max}}{P_{in}} \times 100\% \\ &= \frac{J_{sc} \times V_{oc} \times FF}{P_{in}} \times 100\% \end{aligned} \quad (7)$$

**II. METODOLOGI PENELITIAN**

**Bahan dan Alat**

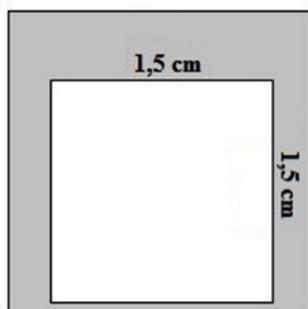
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah buah strawberry, substrat kaca berlapis ITO (*indium-tin oxide*), Titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>), Potassium Iodide (KI), Iodine (I<sub>2</sub>), *Polyethylene Glycol* (PEG), aseton, etanol, metanol, asam asetat, dan aquades.

**Preparasi Elektroda TiO<sub>2</sub>**

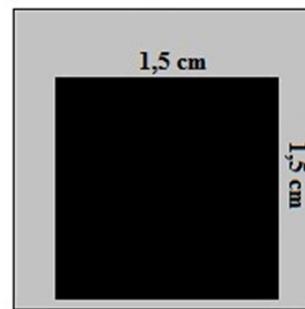
Dalam preparasi elektroda TiO<sub>2</sub>, tahap pertama substrat kaca berlapis ITO dicuci dan dibilas dengan menggunakan aseton. Kemudian diukur resistansinya dengan menggunakan multimeter digital dan selanjutnya pada sisi kaca yang berlapis ITO ditutup dengan menggunakan isolatipe seperti pada Gambar 5. Tahap kedua adalah pembuatan pasta TiO<sub>2</sub>, yaitu dilakukan dengan menambahkan 15 ml etanol pada 3,5 gr koloid TiO<sub>2</sub>, dan kemudian diaduk menggunakan magnetic stirer selama 30 menit. Tahap selanjutnya pasta TiO<sub>2</sub> dideposisikan pada substrat kaca berlapis ITO dan kemudian dipanaskan dengan temperatur 200°C selama ±20 menit.

**Ekstraksi Dye Antosianin**

Buah strawberry yang masih segar ditimbang sebanyak 40 gram dan ditumbuk dengan mortar sampai halus. Kemudian dimasukkan dalam tabung erlenmeyer yang telah dilapisi dengan aluminium foil, dan selanjutnya direndam dengan campuran pelarut 50 ml metanol, 8 ml asam asetat, dan 42 ml aquades selama 24 jam. Setelah itu, ekstrak antosianin disaring dengan menggunakan kertas saring dan dimasukkan ke dalam botol gelap atau botol yang telah dilapisi dengan aluminium foil (Gambar 6). Untuk membuat variasi larutan ekstrak antosianin strawberry dengan pH yang berbeda, maka



Gambar 5: Skema Deposisi TiO<sub>2</sub> pada kaca ITO.



Gambar 8: Skema Deposisi Karbon pada Kaca ITO.

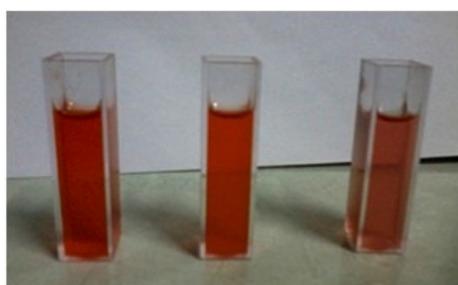


Gambar 6: Ekstraksi Antosianin Strawberry.

dilakukan ekstraksi dengan pengurangan serta penambahan asam asetat pada masing-masing campuran pelarut (Gambar 7). Dalam hal ini, menggunakan campuran pelarut 50 ml metanol, 4 ml asam asetat, 42 ml, serta campuran pelarut 50 ml metanol, 12 ml asam asetat, 42 ml. Tahap selanjutnya, ketiga larutan ekstrak antosianin kemudian diukur pH-nya dengan menggunakan pH Indikator Acilit.

**Preparasi Elektrolit**

Pembuatan elektrolit terdiri dari 8,30 gr potassium iodide



Gambar 7: Hasil Ekstrak Antosianin Strawberry.



Gambar 9: Struktur sandwich DSSC.

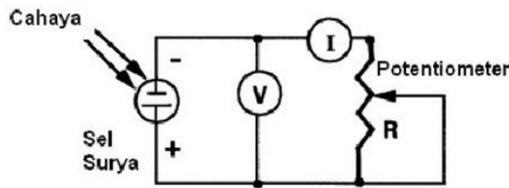
(KI) dan 1,26 gr iodine (I<sub>2</sub>) yang kemudian dilarutkan dalam 100 ml PEG [9]. Selanjutnya larutan elektrolit tersebut diaduk dengan menggunakan magnetic stirrer selama ± 30 menit. Larutan elektrolit yang sudah jadi kemudian disimpan dalam botol berwarna gelap atau botol yang telah dlapisi dengan aluminium foil.

**Preparasi Elektroda Karbon**

Kaca berlapis ITO diukur resistansiya dengan menggunakan multimeter digital, dan selanjutnya pada sisi kaca yang berlapis ITO ditutup dengan menggunakan isolatipe seperti pada Gambar 8. Untuk pembuatan larutan karbon, yaitu langkah pertama karbon dari pensil 2B dihaluskan dengan mortar, lalu ditimbang sebanyak 3,5 gr. Selanjutnya dicampur dengan etanol sebanyak 15 ml, dan diaduk dengan menggunakan magnetic stirrer selama ± 30 menit. Setelah itu, langkah selanjutnya pasta karbon dideposisikan pada substrat kaca berlapis ITO dan kemudian dipanaskan dengan temperatur 200 ° selama ± 20 menit.

**Pembuatan DSSC**

Elektroda TiO<sub>2</sub> yang telah dibuat kemudian direndam dalam larutan ekstrak antosianin, masing-masing dengan pH 3,0; 2,5; dan 2,0 selama 24 jam. Setelah itu, elektroda TiO<sub>2</sub> yang telah direndam dalam larutan ekstrak antosianin, kemudian diangkat dan dikeringkan dengan kertas tisu. Kemudian elektroda TiO<sub>2</sub> - elektrolit - elektroda karbon, disusun dengan struktur *sandwich* seperti pada Gambar 9.



Gambar 10: Rangkaian pengukuran DSSC [5].

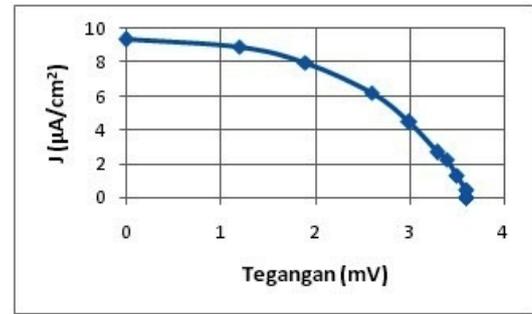
**Karakterisasi DSSC**

Sel surya yang telah dibuat kemudian diukur arus dan tegangannya (I-V) dengan menggunakan multimeter digital untuk menganalisis karakteristik hasil keluaran dari sel surya. Pengukuran dilakukan menggunakan sumber cahaya lampu xenon dengan intensitas 1000 W/m<sup>2</sup> pada jarak 30 cm. Untuk mengatur arus maupun tegangan keluaran pada sel surya maka dipasang resistor dengan berbagai variasi hambatan pada rangkaian pengukur (Gambar 10).

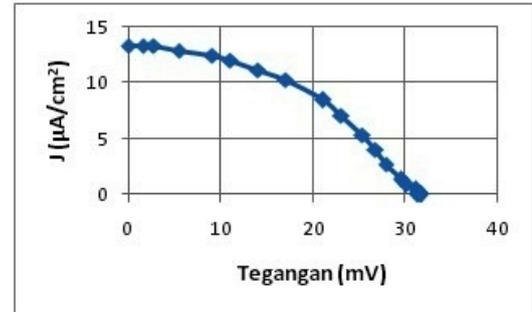
**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Setelah DSSC dirangkai kemudian dilakukan pengujian untuk mengetahui karakteristik arus (I) dan tegangannya (V) dengan menggunakan multimeter digital. Hasil pengukuran dari sel surya kemudian digambarkan dalam grafik hubungan arus terhadap tegangan (I-V) seperti pada Gambar 11.

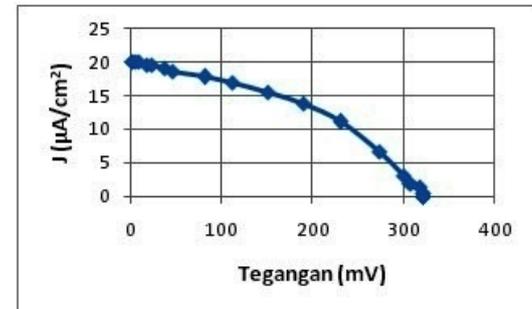
Dari grafik hubungan arus terhadap tegangan (J-V) yang ditunjukkan pada Gambar 11, terlihat bahwa masing-masing sel surya DSSC yang direndam dalam larutan antosianin dengan pH 3,0; 2,5; dan 2,0 memiliki arus (I) maupun tegangan (V) keluaran yang berbeda-beda. Sel surya yang direndam dalam larutan ekstrak antosianin strawberry dengan pH 3,0 memiliki keluaran yang paling kecil yaitu dengan arus rangkaian pendek ( $I_{sc}$ ) sebesar 21,00  $\mu A$  dan tegangan rangkaian buka ( $V_{oc}$ ) sebesar 3,60 mV. Arus maksimum yang dihasilkan ( $I_{max}$ ) sebesar 14,00  $\mu A$ , tegangan maksimum ( $V_{max}$ ) sebesar 2,60 mV, sedangkan rapat arus ( $J_{sc}$ ) pada luasan 2,25 cm<sup>2</sup> adalah sebesar 9,34  $\mu A/cm^2$ . Selanjutnya untuk sel surya yang direndam dalam larutan ekstrak antosianin strawberry dengan pH 2,5 memiliki arus rangkaian pendek ( $I_{sc}$ ) sebesar 30,00  $\mu A$  dan tegangan rangkaian buka ( $V_{oc}$ ) sebesar 31,60 mV. Sementara itu arus maksimum ( $I_{max}$ ) yang dihasilkan yaitu sebesar 19  $\mu A$ , dengan tegangan maksimum ( $V_{max}$ ) sebesar 21,10 mV. Kemudian untuk rapat arus ( $J_{sc}$ ) yang didapatkan dari sel surya ini adalah 13,34  $\mu A/cm^2$ . Untuk pengukuran pada sel surya yang direndam dalam larutan ekstrak antosianin strawberry dengan pH 2,0 (Gambar 11(c)) memiliki hasil keluaran yang paling besar, dimana arus rangkaian pendek ( $I_{sc}$ ) yang didapatkan sebesar 45,00  $\mu A$  dan tegangan rangkaian buka ( $V_{oc}$ ) sebesar 321,00 mV. Sedangkan arus maksimum ( $I_{max}$ ) yang dihasilkan sebesar 31,00  $\mu A$ , dan tegangan maksimumnya ( $V_{max}$ ) sebesar 190,00 mV, serta besar rapat arus ( $J_{sc}$ ) pada luasan 2,25 cm<sup>2</sup> adalah 20,00  $\mu A/cm^2$ . Dengan demikian, maka dapat ditentukan parameter-parameter hasil keluaran dari sel surya seperti yang ditunjukkan pada Tabel I.



(a) pH 3,0



(b) pH 2,5



(c) pH 2,0

Gambar 11: Grafik hubungan Arus terhadap Tegangan DSSC dengan dye antosianin.

TABEL I: Parameter-parameter Sel Surya DSSC

pH Larutan	$I_{sc}$	$V_{oc}$	$I_{max}$	$V_{max}$	$J_{sc}$	FF	$\eta$
Ekstrak	( $\mu A$ )	(mV)	( $\mu A$ )	(mV)	( $\mu A/cm^2$ )		( $10^{-3}\%$ )
Antosianin Strawberry							
3,0	21,00	3,60	14,00	2,60	9,34	0,48	0,016
2,5	30,00	31,60	19,00	21,10	13,34	0,42	0,170
2,0	45,00	321,00	31,00	190,00	20,00	0,40	2,560

Pada Tabel I terlihat bahwa nilai efisiensi konversi energi ( $\eta$ ) untuk sel surya yang direndam dalam larutan ekstrak antosianin strawberry dengan pH 3,0 masih sangat kecil yaitu sebesar  $0,016 \times 10^{-3}\%$ . Dan untuk sel surya yang direndam dalam larutan ekstrak antosianin strawberry dengan pH 2,5 adalah  $0,170 \times 10^{-3}\%$ . Sedangkan sel surya yang direndam dalam larutan ekstrak antosianin strawberry dengan pH 2,0 memiliki efisiensi konversi energi yang paling tinggi

dibanding dengan yang lain yaitu sebesar  $2,560 \times 10^{-3}$ . Hal ini terjadi karena ketika dalam kondisi pH yang rendah (sangat asam), antosianin berada pada kondisi paling stabil dan paling berwarna, sehingga efisiensi yang dihasilkan memiliki nilai yang paling tinggi. Namun pada penelitian lain dengan menggunakan ekstrak antosianin kol merah menunjukkan hasil yang berlawanan, dimana nilai efisiensi paling besar dihasilkan dengan pH larutan yang paling tinggi. Hasil ini disebabkan karena struktur kimia antosianin strawberry dan kol merah yang berbeda. Nilai efisiensi konversi energi yang didapatkan ini masih sangat rendah jika dibandingkan dengan yang didapatkan oleh E. Jarkko yang juga menggunakan strawberry sebagai dye, dan berhasil mendapatkan nilai efisiensi konversi energi sebesar  $2,77 \times 10^{-2}\%$  [14]. Namun nilai efisiensi konversi dalam penelitian ini masih lebih tinggi dibandingkan dengan yang diperoleh Anita, dkk. yang menggunakan klorofil daun kacang panjang sebagai dye sensitizer, yang hanya mendapat efisiensi konversi energi sebesar  $2 \times 10^{-3}\%$  [15]. Masih rendahnya hasil keluaran maupun efisiensi konversi ini disebabkan karena resistansi lapisan elektroda semikonduktor  $\text{TiO}_2$  dan elektrolit polimer dari sel surya DSSC yang masih terlalu besar. Sehingga jumlah elektron yang mengalir dalam rangkaian menjadi kecil.

#### IV. SIMPULAN

Telah difabrikasi prototipe DSSC dengan fotosensitizer dye antosianin strawberry. Sel surya direndam dengan pH larutan antosianin yang berbeda, yaitu dengan pH 3,0; 2,5; dan 2,0. Hasil pengujian sel surya DSSC menunjukkan bahwa sel surya yang direndam dalam larutan antosianin dengan pH 3,0 memiliki keluaran yang paling rendah, yaitu dengan arus rangkaian pendek ( $I_{sc}$ ) sebesar  $21,00 \mu\text{A}$  dan tegangan rangkaian buka ( $V_{oc}$ ) sebesar  $3,60 \text{ mV}$ , serta rapat arus ( $J_{sc}$ ) sebesar  $9,34 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ . Dan besarnya efisiensi konversi energi yaitu  $0,016 \times 10^{-3}\%$ . Sedangkan sel surya yang direndam dalam larutan antosianin dengan pH 2,0 memiliki keluaran yang paling tinggi, dimana arus rangkaian pendek ( $I_{sc}$ ) yang didapatkan sebesar  $45,00 \mu\text{A}$  dan tegangan rangkaian buka ( $V_{oc}$ ) sebesar  $321,00 \text{ mV}$ , serta besar rapat arus ( $J_{sc}$ ) adalah  $20,00 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ , dengan efisiensi konversi energi sebesar  $2,560 \times 10^{-3}$ . Dengan demikian terlihat bahwa untuk sel surya DSSC dengan dye antosianin strawberry, semakin rendah pH larutan ekstrak antosianin strawberry, maka efisiensi konversi energi dari sel surya akan semakin besar.

- 
- [1] L. Pancaningtyas, dan S. Akhlus, *Peranan Elektrolit pada Performa Sel Surya Pewarna Tersensitisasi (SSPT)*, Laporan Penelitian, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [2] Hardeli, dkk., *Pembuatan Prototipe Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Menggunakan Ubi Jalar Ungu, Wortel dan Kunyit Sebagai Sumber Zat Warna*, Laporan Penelitian, Universitas Negeri Padang, Padang.
- [3] M. Grätzel, *Journal of Photochemistry and Photobiology*, **4**, 145-153 (2003).
- [4] M. Grätzel, *C.R. Chimie*, **9**, 578-583 (2005).
- [5] A. Maddu, M. Zuhri, dan Irmansyah, *Makara, Teknologi*, **11**(2), 78-84 (2007).
- [6] M.C. Misbachudin, S. Trihandaru, A. Sutresno, *Studi Awal Ekstrak Antosianin Strawberry sebagai Fotosensitizer dalam Pembuatan Prototipe Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)*, Seminar Nasional 2<sup>nd</sup> Lontar Physics Forum, LPF 1350, 2013.
- [7] M.C. Misbachudin, S. Trihandaru, A. Sutresno, *Pembuatan Prototipe Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Dengan Memanfaatkan Ekstrak Antosianin Strawberry*, Seminar Nasional Sains dan Pendidikan Sains VIII, **4**(1), 345-350, 2013.
- [8] J.M.R.C. Fernando, and G.K.R. Senadeera, *Current Science* **95**(5), 663-666 (2008).
- [9] Seafast Center, *Merah-Ungu Antosianin, Pewarna Alami untuk Pangan*, 23-43, 2012.
- [10] W. Septina, dkk., *Pembuatan Prototipe Solar Cell Murah dengan Bahan Organik-Inorganik (Dye-sensitized Solar Cell)*, Laporan Penelitian Bidang Energi, Institut Teknologi Bandung, Bandung, 2007.
- [11] G.P. Smestad, and M. Grätzel, *J.Chem. Educ.*, **75**, 752-756 (1998).
- [12] T. Marinado, *Photoelectrochemical studies of dye sensitized solar cells using organic dyes*, Kungliga Tekniska Hgskolan, Stockholm, 2009.
- [13] M.S.W. Kumara dan G. Prajitno, *Studi Awal Fabrikasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) dengan Menggunakan Ekstraksi Daun Bayam (Amaranthus Hybridus L.) sebagai Dye Sensitizer dengan Variasi Jarak Sumber Cahaya pada DSSC*, Laporan Penelitian, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2012.
- [14] E. Jarkko, *Chemistry and physics*, Kuopion Lyseon lukio (12-13).
- [15] Anita, dkk., *Karakteristik Klorofil Pada Daun Kacang Panjang (Vigna Sinensis) sebagai Dye-Sensitized Solar Cells*, Seminar Nasional 2<sup>nd</sup> Lontar Physics Forum, LPF 1353, 2013.