

PREPARASI *DYE SENSITIZED SOLAR CEL* MENGGUNAKAN EKSTRAK ANTOSIANIN KULIT BUAH MANGGIS (*Garcinia Mangostana L*)

Anna Maulina, Hardeli, Bahrizal

*Laboratorium Penelitian Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang, Jl. Prof. Dr.Hamka Padang 25131, Indonesia
1maulinaanna11@gmail.com.*

ABSTRACT

This study aims to determine the effect of the concentration of semi-solid electrolyte/polymer gel and determine the effect of the dye absorption technique on TiO₂ paste the resulting DSSC efficiency. The results obtained by XRD characterization of TiO₂ crystal phase is anatase and rutile TiO₂ with a crystal size of 30.27 nm. Based of testing the light absorption of dye extract of purple sweet potato is known that the spectrum of the dye can absorb light at 533 nm wavelength maximum. The result of the conversion of sunlight into electrical energy obtained the highest value is at the highest PEG concentration at 0.1 M is 0,38% for TiO₂ paste is mixed directly with the dye and 0,23% for TiO₂ paste soaking in the dye for 24 hours using an electrolyte semi-solid/gel polymer with an area of 1 cm².

Key words: Anthocyanin, DSSC, semi-solid electrolyte, FTIR, UV-Vis, XRD

PENDAHULUAN

Ketersediaan energi di dunia ini semakin lama semakin menipis, termasuk ketersediaan sumber energi listrik yang berasal dari sumber energi konvensional seperti bahan bakar minyak, semakin lama semakin menurun (Prasetyowati, 2012). 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 (Septina, 2007). Untuk mencukupi kebutuhan energi tersebut, dilakukan berbagai energi alternatif diantaranya pemanfaatan energi terbarukan seperti energi surya, energi air, biomassa, panas bumi, energi angin dan energi samudera (Subodro, 2012).

Penggunaan energi melalui solar cell atau sel surya merupakan alternatif yang paling potensial. Hal ini dikarenakan jumlah energi matahari yang sampai ke bumi sangat besar, yaitu sekitar 700 Megawatt setiap menitnya. Bila dikalkulasikan, jumlah ini 10.000 kali lebih besar dari total konsumsi energi dunia (Zamrani dan Gontjang, 2013). Salah satu aplikasi energi surya adalah pemanfaatannya dalam konversi energi cahaya menjadi listrik, seperti yang di-

kembangkan oleh Gratzel atau sering juga disebut dengan *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) atau Sel Surya Berbasis Pewarna Ter-sensitisasi (SSPT) (Kumara dan Gontjang, 2012).

Pada dasarnya prinsip kerja DSC merupakan suatu siklus transfer elektron oleh komponen-komponen DSSC (Kumara dan Gontjang, 2012) sehingga mengakibatkan timbulnya energi listrik. Pada DSSC, absorpsi cahaya dan transfer muatan listrik terjadi pada proses yang terpisah. Absorpsi cahaya dilakukan oleh molekul zat warna dan transfer muatan oleh semikonduktor anorganik nanokristal yang memiliki celah pita lebar. Beberapa semikonduktor anorganik yang sering digunakan yaitu Titanium Dioksida (TiO₂). TiO₂ memiliki fase kristal yang reaktif terhadap cahaya, selain memiliki efisiensi tinggi juga inert, tidak berbahaya dan murah (Gratzel, 2003). Karakteristik lain juga dibutuhkan yaitu penggunaan bahan zat warna yang mampu menyerap spektrum cahaya dan cocok dengan energi celah TiO₂ yaitu 3,2 eV (Mubarak, 2012) sehingga dapat meningkatkan performa DSSC.

Dalam DSSC, salah satu faktor yang mempengaruhi efisiensi adalah elektrolit, yang berperan sebagai media dalam proses regenerasi elektron agar siklus bisa terus berlangsung. Elektrolit yang selama ini umum digunakan adalah elektrolit dalam bentuk cair yang mengandung I^-/I_3^- yang memberikan efisiensi besar (Pancaningtyas dan Akhlus, 2010). Ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan sebelumnya menggunakan elektrolit cair dengan efisiensi 0,43% (Riky, 2011), akan tetapi penggunaan elektrolit ini menjadi salah satu faktor pembatas yang kritis dalam hal stabilitas jangka panjang (Mubarak, 2012), sedangkan elektrolit semi padat dengan efisiensi 0,21% tidak mudah menguap, memiliki konduktivitas ion yang tinggi pada temperatur konstan dan stabilitas jangka panjang (Pancaningtyas dan Akhlus, 2010), namun elektrolit semi padat tidak mudah mengalir yang menyebabkan efisiensi yang di-

hasilkan rendah, sehingga perlu dilakukan modifikasi terhadap elektrolit dalam bentuk semi padat yang nantinya diharapkan penggunaannya dapat lebih efisien, yaitu dengan memvariasikan komposisi penyusun elektrolit semi padat yang diharapkan dapat meningkatkan efisiensi DSSC.

Selain elektrolit, zat warna juga memiliki peran yang besar dalam meningkatkan efisiensi DSSC yang berfungsi untuk mengabsorpsi cahaya. Zat warna yang umum digunakan dan mencapai efisiensi tinggi adalah ruthenium kompleks. Namun jenis ini sulit disintesis dan harganya mahal. Sehingga dilakukan alternatif lain yaitu dengan penggunaan zat warna buah-buahan, khususnya antosianin (Septina, 2007), yang menyebabkan warna merah dan ungu pada buah. Pada penelitian ini senyawa antosianin yang digunakan berasal dari kulit buah manggis.



Gambar 1 Buah manggis (Miryanti, 2011)

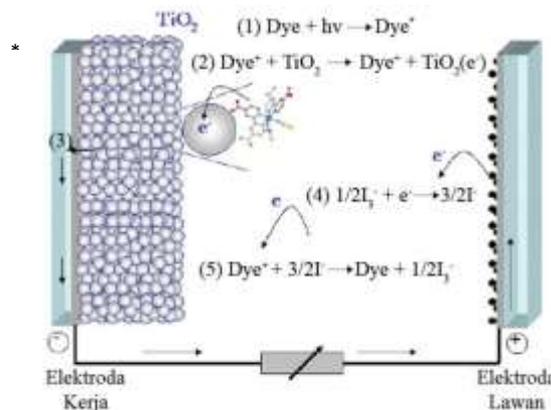
Manggis (*Garcinia mangostana. L*) merupakan salah satu buah yang mengandung antosianin paling banyak pada bagian kulitnya, sehingga bisa dimanfaatkan sebagai zat warna pada sel surya jenis DSSC (Rahman dan Gontjang, 2013). Menurut supiyanti dkk dari hasil penelitian yang telah dilakukannya dalam 100 gr kulit buah manggis mengandung 59,3 mg antosianin (Supiyanti dkk. 2010).

Berdasarkan gambar 2, cara Kerja DSSC adalah *Pertama*, ketika foton dari sinar matahari menimpa elektroda kerja pada DSSC, energi foton tersebut diserap oleh larutan zat warna yang melekat pada permukaan partikel

TiO_2 , Sehingga elektron dari zat warna mendapatkan energi untuk dapat tereksitasi (D^*). $D + \text{cahaya} \rightarrow D^*$. *Kedua*, Elektron yang tereksitasi dari molekul zat warna tersebut akan diinjeksikan ke pita konduksi TiO_2 dimana TiO_2 bertindak sebagai akseptor/kolektor elektron. Molekul zat warna yang ditinggalkan kemudian dalam keadaan teroksidasi (D^+). $D^* + TiO_2 \rightarrow e^-(TiO_2) + D^+$. *Ketiga*, Selanjutnya elektron akan ditransfer melewati rangkaian luar menuju elektroda lawan (elektroda karbon). *Keempat*, Elektrolit redoks biasanya berupa pasangan iodide dan triiodide (I^-/I_3^-) yang bertindak sebagai mediator elektron sehingga dapat meng-

hasilkan proses siklus dalam sel. Triiodida dari elektrolit yang terbentuk akan menangkap elektron yang berasal dari rangkaian luar dengan bantuan molekul karbon sebagai katalis. *Ke-lima*, Elektron yang tereksitasi masuk kembali ke dalam sel dan bereaksi dengan elektrolit menuju zat warna teroksidasi. Elektrolit menyediakan elektron pengganti untuk molekul zat warna teroksidasi. Sehingga zat warna kembali ke keadaan awal dengan persamaan reaksi : $D^+ + e^-(\text{elektrolit}) \rightarrow \text{elektrolit} + D$ (Kumara dan Gontjang, 2012). *Ke-enam*, Efisiensi DSSC. Besarnya efisiensi DSSC dapat dihitung dengan menggunakan persamaan : $\eta = \frac{P_{max}}{P_{in}} \times 100\%$,

dimana P_{max} = daya maksimum yang dihasilkan oleh DSSC; P_{in} = daya sumber cahaya yang digunakan; Daya maksimum diberikan oleh hubungan : $P_{max} = V_{max} \cdot I_{max}$. P_{in} dapat bersumber dari matahari dengan intensitas sekitar 1000W/m^2 atau $0,1\text{W/cm}^2$. P_{in} ini dapat juga ditentukan dengan alat Lux meter yang digunakan untuk mengetahui intensitas cahaya. Dengan V_{max} adalah tegangan maksimum yang dihasilkan DSSC dibagi dengan luas permukaan daerah substrat dan I_{max} merupakan arus maksimum yang dihasilkan dibagi dengan luas permukaan daerah substrat (Maddu dkk., 2007).



Gambar 2 Cara Kerja DSSC (Susmiyanto dkk., 2013)

METODE PENELITIAN

Peralatan yang digunakan adalah Kaca ITO, gelas kimia 100 ml dan 50 mL, gelas ukur 5 dan 10 ml, pipet tetes, batang pengaduk, cawan petri, lumpang alu, penjepit besi, magnetik stirer, multimeter digital (Sanwa), spatula, timbangan digital, furnace, alat instrument : Spektrofotometri UV-Vis (Agilent 8453), FTIR (PerkinElmer), dan XRD (XPRT-PRO PANanalytical PW 3050/60 anoda Cu dengan panjang gelombang 0,154 nm). Dan bahan-bahan yang digunakan yaitu bubuk TiO_2 Degussa P-25, methanol 95%, etanol 95%, asam asetat p.a, aquades, n-heksana p.a, etil asetat p.a, kalium iodida, iodine, Cetyl Trymethyl Ammonium Bromide (CTAB), polietilen glikol (PEG) 2000, asetonitril p.a, pensil 8B, kulit buah manggis.

Preparasi Pasta TiO_2

Preparasi Pasta TiO_2 diadopsi dari Zamrani dan Gontjang (2013) yaitu 1,5 gram bubuk TiO_2 Degussa P-25, kemudian digerus, diayak, dan dimasukkan ke dalam gelas kimia. Ditambah 2,5 ml asam asetat dan distirer selama 30 menit. Selanjutnya ditambah dengan 5 tetes Cetyl Trymethyl Ammonium Bromide (CTAB), dan distirer selama 30 menit. Pasta TiO_2 yang telah terbentuk dimasukkan ke dalam botol dan ditutup.

Preparasi Zat Warna

Preparasi zat warna diadopsi dari Septina (2007) yaitu 40 gram kulit buah manggis dipotong halus, kemudian ditambahkan metanol, asam asetat, aquades dengan perbandingan volume 25 mL: 4 mL: 21 mL, direndam selama 3 hari. Larutan kemudian disaring dengan menggunakan kertas saring whatman. Hasil saringan

diekstraksi dengan 25 ml n-heksana p.a dengan corong pisah lalu dikocok selama 1 jam. Selanjutnya diambil lapisan bawah, dan dilanjutkan ekstraksi dengan etil asetat p.a sebanyak 25 ml dengan corong pisah lalu dikocok selama 1 jam. Hasil ekstraksi disimpan dalam botol gelap.

Preparasi Elektrolit

Preparasi elektrolit diadopsi dari Pancaningtyas dan Akhlus (2010). Elektrolit dibuat dari campuran larutan KI dan I₂ dengan pelarut asetonitril yang ditambahkan PEG 2000 dengan variasi komposisi PEG yang digunakan yaitu PEG 0,025M; PEG 0,05M; PEG 0,1M.

Preparasi Counter Elektroda Karbon

Sebagai sumber karbon digunakan grafit dari pensil. Grafit dilapiskan ke TCO dengan ukuran 1 x 1 cm pada bagian konduktifnya, kemudian dipanaskan pada temperatur 450°C selama 10 menit agar grafit membentuk kontak yang baik sesama partikel karbon dengan TCO.

Perakitan DSSC

Setelah semua komponen DSSC berhasil dibuat kemudian dilakukan perakitan, dengan langkah-langkah sebagai berikut *pertama*, Pada kaca ITO yang telah dipotong menjadi ukuran 2,5 x 1,25 cm dibentuk area tempat TiO₂ dideposisikan dengan bantuan selotif juga berfungsi sebagai pengatur ketebalan pasta TiO₂ sehingga terbentuk ukuran 1 x 1 cm. *Kedua*, Pasta TiO₂ dideposisikan diatas area yang telah dibuat pada kaca konduktif dengan bantuan batang pengaduk untuk meratakan pasta. Kemudian lapisan dikeringkan selama kurang lebih 15 menit dan di furnace pada temperatur 450°C selama 30 menit. Lapisan TiO₂ kemudian direndam dalam larutan zat warna selama 0, 6, 12, 18 dan 24 jam kemudian lapisan TiO₂ akan menjadi berwarna ungu. Pada proses ini terjadi adsorpsi antosianin ke permukaan TiO₂. *Ketiga*, Zat warna yang berlebih dicuci dengan etanol. *Keempat*, 95% dan dikeringkan dengan tissue. *Keempat*, Kemudian elektrolit diteteskan pada sel dengan beberapa tetes. *Kelima*, Counter-elektroda karbon kemudian diletakkan di atas lapisan TiO₂ dengan struktur sandwich kemudian masing-masing ujung diklip dan *Keenam*, DSSC siap untuk diuji

Pengujian Absorpsi Zat Warna

Absorpsi dari zat warna dianalisa dengan menggunakan Spektrofotometer UV-VIS dengan instrument Agilent 8453. Panjang gelombang cahaya yang digunakan yaitu antara 400-800 nm.

Pengujian Gugus Fungsi Zat Warna

Spektra gugus fungsi dari zat warna antosianin dianalisa dengan menggunakan Spektrofotometer FTIR merk PerkinElmer.

Pengujian Arus dan Tegangan DSSC

Pada DSSC yang telah dirangkai dilakukan pengujian tegangan dan arus yang terukur dengan menggunakan multimeter digital merk Sanwa. Sumber cahaya yang digunakan yaitu cahaya matahari langsung (pengujian dilakukan siang hari).

Pengujian TiO₂

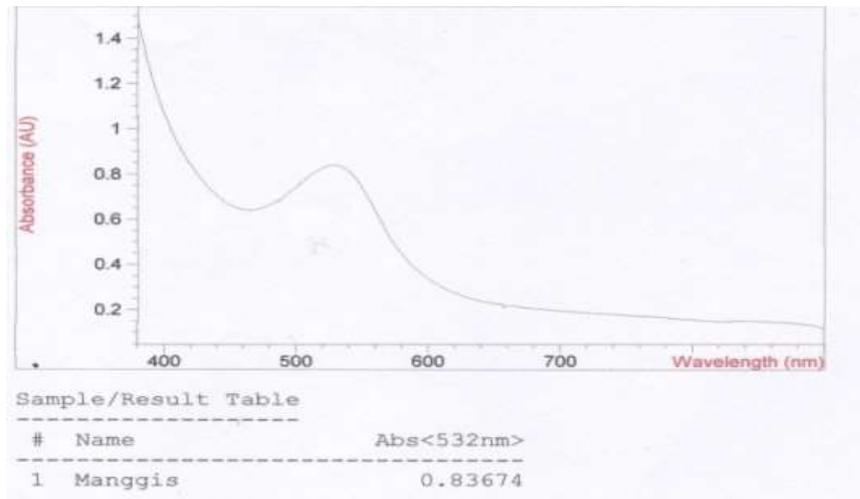
Pengujian TiO₂ dilakukan dengan instrumen XRD. Pengujian dengan XRD dilakukan untuk mengetahui struktur kristal dan ukuran Kristal dari serbuk katalis TiO₂ dengan mengetahui puncak-puncak objek. Karakterisasi dilakukan dilaboratorium fisika dengan menggunakan alat XPERT-PRO PANanalytical PW 3050/60 anoda Cu dengan panjang gelombang 0,154 nm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

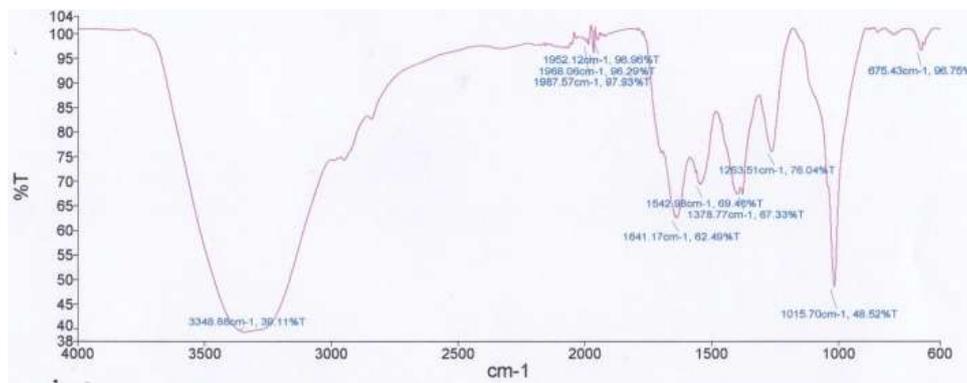
Karakterisasi Zat Warna

Zat warna dikarakterisasi absorpsi dan gugus fungsinya dengan Spektrofotometer UV-Vis dan FTIR. Hasil karakterisasi UV-Vis ditunjukkan oleh Gambar 3.

Dari gambar 3 terlihat bahwa spektrum serapan antosianin kulit buah manggis cukup lebar dari 480-580 nm dengan panjang gelombang maksimum (maks) 532 nm. Pada panjang gelombang 532 nm warna yang terlihat adalah warna ungu kemerahan (Kumara dan Gontjang, 2012). Serapan ekstrak antosianin kulit buah manggis yang cukup lebar ini akan meningkatkan performansi dari sel surya. Hasil pengukuran FTIR ditunjukkan oleh Gambar 4.



Gambar 3 Serapan Antosianin Kulit Buah Manggis



Gambar 4 Spektra FTIR Antosianin

Hasil interpretasi spektra FTIR tersaji dalam Tabel 1.

Tabel 1 Interpretasi Spektra FTIR Antosianin (Wibiani, 2010)

No	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)		Bentuk Pita	Gugus Fungsi
	Pada Spektra	Pada Pustaka		
1	3348,25	3500-3000	Tajam	OH
2	1634,95	1650-1450	Tajam	C=C
3	1706,30	1800-1650	Sedang	C=O
4	1044,35	1230-1000	Tajam	C-O
5	683,26	900-690	Sedang	C-H

Dari interpretasi spektra infra merah menunjukkan bahwa antosianin yang diekstrak mengandung gugus fungsi seperti -OH- yang ditunjukkan oleh serapan tajam pada daerah

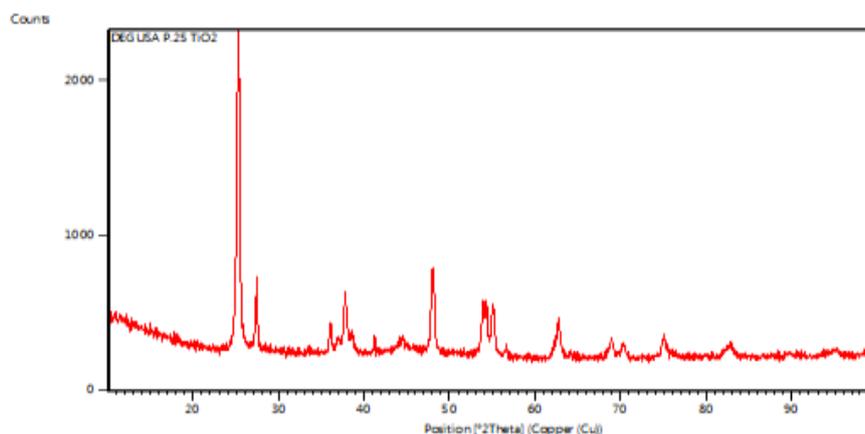
3348,25 cm⁻¹ yang didukung juga oleh munculnya serapan pada bilangan gelombang 1044,35 cm⁻¹ untuk ikatan -C-O- alkohol dan serapan pada 1706,30 cm⁻¹ untuk ikatan -C=O-.

Serapan ikatan rangkap $-C=C-$ aromatik ditunjukkan oleh serapan tajam pada bilangan gelombang $1634,95\text{ cm}^{-1}$ yang didukung juga oleh munculnya serapan pada bilangan gelombang $683,26\text{ cm}^{-1}$ untuk ikatan $-C-H-$ tekuk. Berdasarkan hasil spectrum UV-Vis dan

spectrum FTIR disimpulkan bahwa senyawa yang diekstrak adalah antosianin.

Karakterisasi TiO_2

Hasil pengukuran TiO_2 dengan XRD ditunjukkan oleh Gambar 5.



Gambar 5 Pola XRD dari TiO_2

Dari gambar 5 Analisis XRD menunjukkan puncak-puncak karakteristik TiO_2 dengan intensitas tertinggi adalah pada sudut $2\theta = 25,3158^\circ$ yang merupakan puncak fase anatase.

Berdasarkan nilai FWHM (*Full Width at Half Maximum*) dapat ditentukan ukuran Kristal dengan menggunakan persamaan *Debye Scherrer* yaitu $30,27\text{ nm}$.

Tabel 2 Data Hasil Pengukuran XRD

No	2 Theta	d(Å)	1%	FWHM	Struktur Kristal
1	25,3158	3,51819	100,00	0,2814	Anatase
2	27,3890	3,25640	24,91	0,1535	Rutil
3	36,0839	2,48920	9,96	0,1791	Rutil
4	36,9182	2,43484	5,13	0,4093	Anatase
5	37,8000	2,38004	21,14	0,1791	Anatase
6	38,5548	2,33517	7,11	0,3070	Anatase
7	41,2363	2,18930	5,53	0,2047	Rutil
8	47,9343	1,89787	26,16	0,1791	Anatase
9	53,9011	1,70102	17,88	0,2558	Anatase
10	54,2989	1,68949	17,56	0,1535	Anatase
11	55,0718	1,66760	16,33	0,3070	Anatase
12	56,5916	1,62637	3,20	0,3070	Rutil
13	62,5821	1,48433	10,89	0,3070	Anatase/Rutil
14	68,9485	1,36199	5,91	0,5117	Anatase/Rutil
15	70,3841	1,33769	4,56	0,4093	Anatase
16	74,9169	1,26760	5,26	0,4093	Anatase
17	82,7455	1,16640	3,74	0,7164	Anatase

Ukuran Kristal yang diperoleh ini cukup baik. Hal ini karena ukuran partikel TiO₂ yang berukuran nanometer akan memiliki luas permukaan yang besar sehingga dapat menampung jumlah zat warna lebih banyak. TiO₂ yang berukuran mikrometer atau besar akan memiliki luas permukaan yang kecil, sehingga hanya menampung sedikit zat warna. Kristal yang diperoleh berupa campuran anatase dan rutil. Hal ini dapat dilihat dari puncak-puncak yang dihasilkan, seperti terlihat pada Tabel 2.

Dari hasil interpretasi data XRD dalam menentukan fasa kristal, menunjukkan bahwa intensitas untuk fasa anatase memiliki jumlah yang lebih banyak. Hal ini sesuai dengan yang dilaporkan Hidalgo bahwa perbandingan fasa anatase dan rutil untuk TiO₂ Degussa P-25 adalah sebesar 80 : 20 (Hidalgo et.al., 2002). Fasa anatase mempunyai kemampuan fotoaktif yang lebih tinggi dibanding rutil (Septina, 2007). Hal ini dikarenakan luas permukaan anatase lebih besar daripada rutil sehingga sisi aktif per unit anatase lebih besar. Adanya fasa anatase yang lebih banyak ini dapat meningkatkan efisiensi DSSC yang dihasilkan.

Preparasi Elektrolit

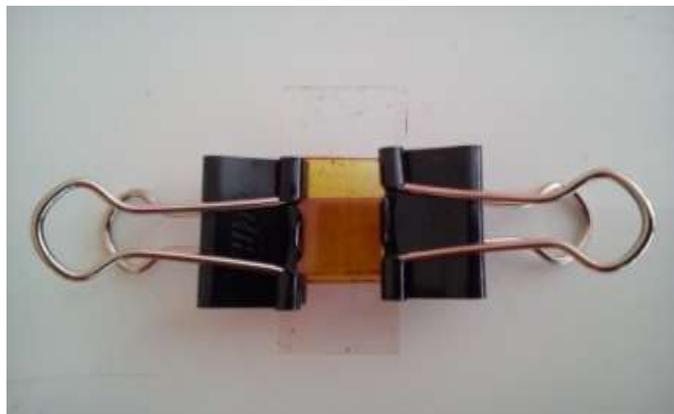
Pada penelitian ini, preparasi elektrolit telah berhasil dilakukan. Elektrolit yang diperoleh adalah elektrolit yang berbentuk semi padat yang tidak mudah mengalir dan berwarna kuning kehitaman.

Preparasi Counter Elektroda

Pada penelitian ini preparasi counter elektroda karbon telah berhasil dilakukan. Counter elektroda karbon yang diperoleh adalah berupa kaca ITO yang telah terlapis dengan karbon.

Perakitan DSSC

Pada penelitian ini perakitan DSSC telah berhasil dilakukan yaitu terdiri dari gabungan dua buah kaca ITO yang dibuat dengan struktur sandwich dengan lapisan yang berbeda. Kaca ITO bagian atas merupakan lapisan TiO₂ yang telah menyerap zat warna dan ditetesi dengan elektrolit semi padat, sedangkan kaca ITO bagian bawah merupakan lapisan elektroda karbon dan berbentuk DSSC dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Perakitan DSSC

Perhitungan Efisiensi DSSC

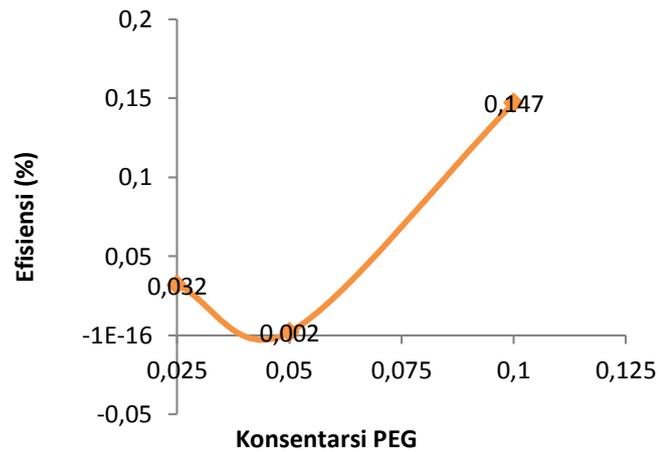
Pada DSSC yang telah dipasang dilakukan pengujian untuk mengetahui kemampuan dalam mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. DSSC berhasil mengkonversi energi surya menjadi energi listrik yang ditunjukkan pada nilai tegangan dan arus listrik

yang dihasilkan. Besarnya tegangan yang dihasilkan dipengaruhi oleh waktu perendaman TiO₂ dalam zat warna dan konsentrasi PEG yang digunakan, seperti yang terlihat pada Tabel 3.

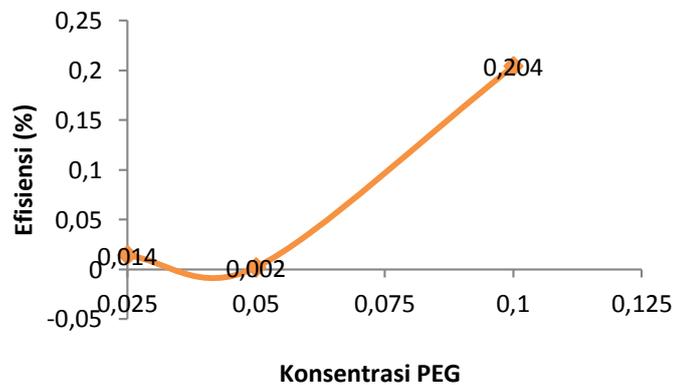
Kurva hubungan antara efisiensi terhadap perendaman dapat dilihat pada Gambar 7. konsentrasi PEG pada masing-masing waktu

Tabel 3 Tegangan, Kuat Arus dan Efisiensi yang Dihasilkan Berdasarkan Waktu Perendaman dan Konsentrasi PEG yang Digunakan

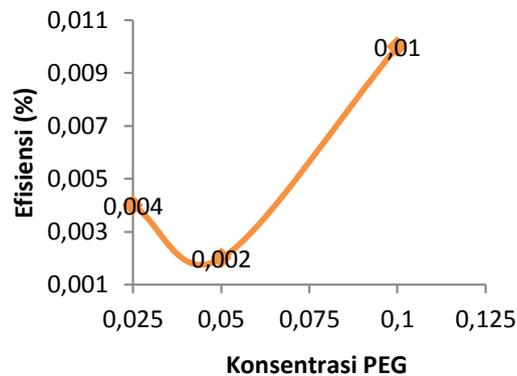
Waktu Rendam (Jam)	PEG (M)	V (mv)	R (mΩ)	I (10 ⁻⁶ A)	η (%)
6	0,025	98,4	0,297	331,313	0,032
	0,05	170,2	18,911 x10 ⁶	232513700	0,002
	0,1	331,0	0,744	444,892	0,147
12	0,025	288,7	6,015 x 10 ⁶	48	0,014
	0,05	30,9	0,595 x 10 ⁹	51,9	0,002
	0,1	232,5	0,266	877,068	0,204
18	0,025	205,2	0,694 x 10 ³	24,1	0,004
	0,05	187,5	11,73 x 10 ³	13	0,002
	0,1	125,5	0,6	78,145	0,010
24	0,025	281,6	0,721 x10 ⁶	309,569	0,109
	0,05	427	0,016 x10 ⁹	26,7	0,011
	0,1	293,1	0,145 x10 ⁶	2021,37	0,592



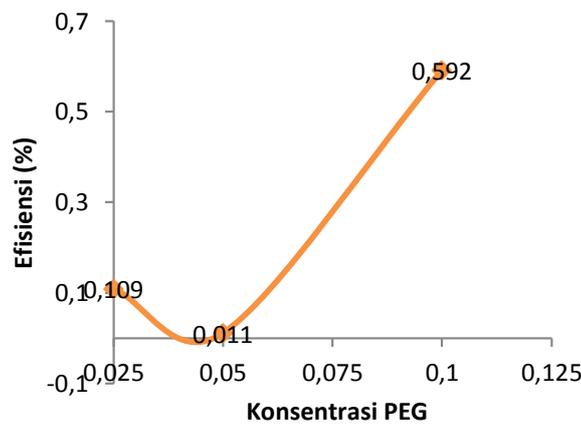
Gambar 7 Waktu Perendaman 6 Jam



Gambar 8 Waktu Perendaman 12 Jam



Gambar 9 Waktu Perendaman 18 Jam



Gambar 10 Waktu Perendaman 24 Jam

Pada Gambar 7, 8, 9, dan 10 dapat dilihat bahwa efisiensi paling tinggi yang dihasilkan adalah pada PEG konsentrasi 0,1 M. Hasil ini berlaku disetiap variasi waktu perendaman dengan waktu perendaman optimum 24 jam. Efisiensi yang didapatkan adalah 0,592%. Jika dibandingkan dengan penelitian Riky (2011) efisiensi eletrolit semi padat yang diperoleh adalah 0,21 % maka efisiensi yang didapatkan pada penelitian ini lebih baik, bahkan juga jika dibandingkan dengan efisiensi elektrolit cair yang didapatkan oleh Riky (2011) yaitu 0,43 %, efisiensi pada penelitian yang telah dilakukan ini masih lebih baik. Hal ini dikarenakan elektrolit semi padat tidak mudah menguap, memiliki konduktifitas ion yang tinggi pada temperatur konstan dan stabilitas jangka panjang (Pancaningtyas dan Akhlus, 2010), sedangkan elektrolit cair mudah menguap.

Berdasarkan Gambar 7, 8, 9, dan 10 juga dapat dilihat bahwa pada setiap PEG konsentrasi 0,05M efisiensi selalu mengalami penurunan. Hal ini karena nilai hambatan yang diperoleh adalah yang paling besar (Tabel 3). Jika hambatan besar maka aliran elektron yang mengalir sedikit yang mengakibatkan kecilnya nilai arus dan efisiensi yang dihasilkan. Selain itu kemungkinan lain disebabkan oleh lapisan semikonduktor TiO₂ yang cukup besar atau kurang merata sehingga dimungkinkan elektron yang terinjeksi dari zat warna mengalami hambatan yang cukup besar dan mengakibatkan menurunnya arus maksimum yang mengalir melalui sel (Pancaningtyas dan Akhlus, 2010).

Berdasarkan Gambar 7 juga dapat dilihat bahwa pada perendaman 24 jam merupakan efisiensi DSSC yang paling tinggi. Jika diamati, kemungkinan waktu perendaman ini belum

waktu optimumnya karena dilihat dari grafik masih mengalami kenaikan. Hal ini dikarenakan tingginya penyerapan zat warna pada permukaan partikel TiO_2 pada waktu perendaman 24 jam.

KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian ini adalah *pertama*, penelitian ini telah berhasil dilakukan pembuatan prototype DSSC (*Dye Sensitized Solar Cell*) dengan menggunakan variasi komposisi elektrolit semi padat dan metoda fraksinasi ekstraksi anto-sianin kulit buah manggis (*Garcinia Mangostana L*). *Kedua*, Efisiensi yang di-hasilkan oleh DSSC adalah 0,592 %.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Gratzel, Michael. 2003. *Dye Sensitized Solar Cell. Journal of Photochemistry and photobiology*. Vol 4, 145-153.
- Hidalgo MC, Colon G & Navio JA. 2002. Modification of the Physicochemical Properties of Commercial TiO_2 Samples by Soft Mechanical Activation. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry* 148.
- Kumara, M.S.W dan Gontjang. P. 2012. *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*. Surabaya : Institut Teknologi Surabaya November.
- Maddu dkk. 2007. *Sel surya tersensitasi dye pada menggunakan fotoelektroda komposit $\text{TiO}_2/\text{TA}_2\text{O}_5$ dan elektrolit gel polimer* ISBN : 978-979-98010-6-7.
- Miryanti, dkk. 2011. *Ekstraksi Antioksidan dari Kulit Buah Manggis (Garcinia Mangostana L)*. Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat. Universitas Katolik Parahyangan Bandung.
- Mubarak AK., dkk. 2012. Sensitization of Nanocrystalline Titanium dioxide Solar Cells using Natural Dyes: Influence of Acids Medium on Coating Formulation. *American Academic & Scholarly Research Journal* Vol. 4, No. 5, Sept 2012.
- Pancaningtyas L. dan Akhlus S. 2010. *Peranan Elektrolit Pada Performa Sel Surya Pewarna Tersensitisasi*. Surabaya : Kimia Fisika FMIPA ITS.
- Prasetyowati, Rita. 2012. *Sel Surya Berbasis Titania Sebagai Sumber Energi Listrik Alternatif. Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA*, Universitas Negeri Yogyakarta.
- Rahman dan Gontjang. 2013. Pengaruh Pemberian Space (Bantalan) untuk Mendapatkan Kestabilan Arus dan Tegangan Prototipe DSSC dengan Ekstraksi Kulit Buah Manggis (*Garcinia Mangostana L*) sebagai Dye Sensitizer. *Jurnal Sains dan Seni POMITS* Vol. 1, No.2. FMIPA ITS
- Riky. 2011. *Preparasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Menggunakan TiO_2 dengan Ekstrak Zat Warna (Dye) dari Bunga Rosella (Hibiscus sabdariffa)*. Skripsi. Padang : UNP
- Septina W, Dimas F dan Mega A. 2007. *Pembuatan Prototipe Solar Cell Murah dengan Bahan Organik-Inorganik (Dye-sensitized Solar Cell)*. Bandung : ITB
- Subodro R dan Ramelan AH. 2012. *Sintesa Titanium Dioxide (TiO_2) Untuk Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC)*. UNS
- Supiyanti W dan Kusmita. 2010. Uji aktivitas Antioksidan dan Penentuan Kandungan Antosianin Total Kulit Buah Manggis (*Garcinia Mangostana L*). *Majalah Obat Tradisional*, 15(2), 64 – 70, 2010.
- Susmiyanto, dkk. 2013. *Karakterisasi Ekstrak Antosianin Ubi Jalar Ungu (Ipomoea Batatas L) Sebagai Fotosensitizer Pada Sel Surya Pewarna Tersensitisasi*. Makalah Seminar Nasional. ISBN 978-602-8047-80-7.
- Wibiani, Santi. 2010. *Isolasi dan Identifikasi Senyawa Antosianin dari Kulit Buah Anggur (Vitis vinifera var. Prabu Bestari)*. Malang : UIN Maulana Malik Ibrahim.
- Zamrani RA dan Gontjang P. 2013. Pembuatan Dan Karakterisasi Prototipe Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Menggunakan Ekstraksi Kulit Buah Manggis Sebagai Dye Sensitized Dengan Metoda Doctor Blade. *Jurnal Sains dan Seni POMITS* Vol.1, No.2, (2013) 2301-928x

