



Artikel Penelitian

Karakteristik Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC) Berbasis Zat Pewarna Alami dari Ekstrak Jantung Pisang

Is Primananda, Rakhmat Dimas Rezvozano

Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 06 Agustus 2017

Revisi Akhir: 01 September 2017

Diterbitkan: 31 Oktober 2017

KATA KUNCI

Dye-sensitized solar cell (DSSC)

Banana bud

Antosianin

Extraction

KORESPONDENSI

E-mail: rdimasresvozano@yahoo.com

A B S T R A C T

At the present moment, has been a lot of research on renewable energy, such as solar energy utilization is by solar cells. Solar cells at present is dominated by silicon material, but the high cost of production makes more expensive than fossil energy sources. One solution to overcome this is by making organic solar cells or better known as dye-sensitized solar cell (DSSC). DSSC using dye as an alternative solution to absorb sunlight. Researchers have previously used dye sourced from fruit extraction Duwet, skin mangosteen, dragon fruit and other natural dye sources. In this study used dye from the extraction of banana bud with methanol and tartaric acid were varied. The results showed that the highest voltage obtained from DSSC with a solution of the dye that uses methanol 90% and tartaric acid 10% with a voltage of 585 mV at testing indoors, in 1420 mV in testing outdoors in Padang (West Sumatra), and 728 mV at outdoor testing in Depok (West Java).

1. PENDAHULUAN

Sel surya bekerja dengan mengkonversi secara langsung radiasi matahari menjadi listrik. Sel surya yang banyak digunakan sekarang ini berbahan dasar silikon yang merupakan hasil dari perkembangan pesat teknologi semikonduktor anorganik. Walaupun sel surya sekarang didominasi oleh bahan silikon, namun mahalnya biaya produksi membuat harganya lebih mahal dari pada sumber energi dari fosil, maka diperlukan sel surya yang murah dengan kinerja sel tinggi. Salah satu solusi untuk mengatasi hal tersebut yaitu dengan pembuatan sel surya organik. Sel ini dibuat dari material organik, tidak mahal, ringan, fleksibel dan beraneka warna.

Sel surya organik menggunakan zat warna organik sebagai dye-nya yang dikenal dengan *dye-sensitized solar cell* (DSSC). DSSC merupakan salah satu sumber energi yang bagus dikembangkan untuk masa yang akan datang karena biaya produksinya yang relatif murah. Berbeda dengan sel surya konvensional dimana semua proses melibatkan material silikon itu sendiri, pada DSSC absorpsi cahaya dan separasi muatan listrik terjadi pada proses yang terpisah. Absorpsi cahaya dilakukan oleh molekul dye dan separasi muatan oleh semikonduktor anorganik nanokristal yang mempunyai band gap lebar [1].

Dye-sensitized solar cells merupakan teknologi fotovoltaik yang relative baru. Pertama kali DSSC dikembangkan oleh Gratzel dkk pada tahun 1991.

Teknologi fotovoltaik DSSC merupakan *artificial photosynthesis*; tiruan bagaimana tumbuhan memanfaatkan sinar matahari langsung dan merubahnya menjadi energi. Pada teknologi DSSC, energi sinar matahari dirubah menjadi energi listrik. Aplikasi sel surya DSSC ke skala market secara luas masih dalam tahap awal dan masih memerlukan usaha peningkatan efisiensi. Sejauh ini, zat warna alami yang sering digunakan sebagai sensitizer yaitu zat antosianin yang merupakan pigmen penyebab hampir semua warna merah - biru dalam bunga, daun dan buah pada tanaman tingkat tinggi [2]. Pewarna alami yang ditemukan dalam bunga, daun, dan buah dapat diekstraksi dengan prosedur yang sederhana, biaya produksinya rendah, non-toksitas, dan biodegradasi lengkap, pewarna alami telah menjadi subjek populer penelitian [3].

Jantung pisang merupakan salah satu sumber antosianin, hal ini dapat dilihat dari warnanya yang merah keunguan. Beberapa penelitian mengenai kandungan antosianin pada jantung pisang yang pernah dilakukan, antara lain oleh Pazmino-Duran dkk. yang meneliti kandungan antosianin total jantung pisang kepok sebesar 32 mg antosianin/100 gram bb [4], Yanuarti meneliti kandungan antosianin total jantung pisang kepok sebesar 4,67 mg antosianin/100 gram bb [5], dan Lestario dkk. yang meneliti kandungan antosianin total jantung pisang klutuk sebesar 29,66/100 gram dan jantung pisang ambon sebesar 43,74 gram bb [6]. Sehingga menurut penulis, menggunakan ekstraksi jantung pisang sebagai pewarna alami untuk DSSC akan mendapatkan hasil yang baik. Selain karna jantung pisang sangat mudah didapatkan, dari data diatas dapat dilihat bahwa konsentrasi antosianin dari jantung pisang cukup bagus. Penulis juga akan menggunakan pelarut methanol yang ditambahkan dengan asam tartarat yang mana menurut Lydia Ninan Lestario, dkk penggunaan asam tartarat sebagai pelarut akan menghasilkan antosianin lebih banyak [7].

2. METODOLOGI

2.1. Bahan-Bahan dan Peralatan

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan DSSC ini meliputi jantung pisang, asam tartarat, methanol, air bersih, Kalium Iodida (KI), Iodium (I_2), bubuk Titanium Dioxide (TiO_2), aquades, methanol, ethanol, dan pensil 2B. Peralatan yang digunakan antara lain, gelas kimia, spatula, mortar, pengaduk magnetik, pipet tetes, kain kasa, kaca konduktif FTO (*Fluor doped tin oxide*), klip binder, duct tape, timbangan digital, sputter coater, dan tungku. Sedangkan alat uji yang digunakan dalam penelitian ini antara lain multimeter digital, multimeter analog, field emission scanning electron microscopy (FE-SEM), fourier transform infrared spectroscopy (FTIR).

2.2. Persiapan

Persiapan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pembersihan alat-alat, pembersihan kaca Fluor doped tin oxide (FTO) dan pengecekan sisi yang konduktif, persiapan pembuatan pasta Titanium dioxide (TiO_2), dan persiapan pembuatan elektrolit. Pembersihan alat-alat yang digunakan, dilakukan dengan mencuci bersih alat-alat tersebut dengan menggunakan air mengalir, kecuali pembersihan kaca FTO yang dilakukan dengan menggunakan tisu yang sebelumnya direndam dengan sedikit ethanol yang akan digunakan untuk membersihkan sisi-sisi dari kaca FTO. Setelah kaca FTO bersih, kaca FTO dilap kembali dengan menggunakan tisu kering. Selanjutnya dilakukan pengecekan pada sisi kaca FTO yang konduktif dengan menggunakan multimeter digital seperti pada Gambar 1.

Proses persiapan lainnya yaitu persiapan pembuatan pasta TiO_2 . Langkah pertama 10 gr serbuk TiO_2 ditimbang dengan menggunakan timbangan digital dan 25 ml etanol diukur dengan menggunakan gelas ukur. Proses persiapan selanjutnya yaitu persiapan pembuatan elektrolit. Persiapan pembuatan elektrolit menggunakan KI (0,5 M) sebanyak 8,3 gr, I_2 (0,05M) sebanyak 0,635 gr dan ethanol sebanyak yg diperlukan (agar volume total 100 ml).



Gambar 1. Pengecekan Sisi konduktif dari Kaca FTO

2.3. Pembuatan Ekstrak Dye

Dalam pembuatan dye dari jantung pisang, awalnya jantung pisang diambil bagian luarnya yang berwarna ungu kehitaman lalu dipotong kecil-kecil. Potongan kecil-kecil jantung pisang dicuci dengan air mengalir untuk menghilangkan getah dari jantung pisang. Kemudian jantung pisang dikeringkan dengan cara diangin-anginkan didalam ruangan selama 3 hari. Setelah kering, gerus jantung pisang dengan menggunakan mortar hingga halus.

Setelah didapat jantung pisang halus maka larutkan 10 mg jantung pisang dengan campuran pelarut methanol dan asam tartarat sebanyak 100 ml di dalam gelas kimia sambil diaduk. Komposisi pelarut methanol dan asam tartarat yang digunakan antara lain, 100 : 0, 95 : 5, 90 : 10. Selanjutnya diamkan larutan hingga menjadi 10 ml seperti dapat dilihat pada Gambar 2.

2.4. Pembuatan Pasta TiO₂

Dalam pembuatan DSSC diperlukan pasta TiO₂, dimana TiO₂ berfungsi sebagai konduktor elektron dan juga sebagai tempat untuk pewarna alami. Pembuatan pasta TiO₂ dilakukan dengan cara menuangkan bubuk TiO₂ dan ethanol yang telah disiapkan kedalam gelas beaker, lalu aduk dengan menggunakan spatula hingga pasta TiO₂ berubah menjadi pasta seperti pada Gambar 3.



Gambar 2. Pengecekan Sisi konduktif dari Kaca FTO



Gambar 3. Pasta TiO₂

2.5. Pembuatan Elektroda Karbon

Pembuatan elektroda karbon dilakukan dengan cara menggosokkan pensil 2B secara merata pada sisi konduktif pada kaca FTO seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Pensil 2B Digosokkan pada Sisi Kaca Konduktif

2.6. Pembuatan Elektrolit

Elektrolit berfungsi sebagai konduktor dalam DSSC. Elektrolit dibuat dengan menggunakan KI dengan Molaritas 0,5 dan I₂ dengan Molaritas 0,05 dengan dilarutkan dengan menggunakan ethanol. KI dan I₂ yang telah dipersiapkan tadi dicampur dalam tabung reaksi lalu dilarutkan dengan ethanol hingga volume akhirnya menjadi 100ml.

2.7. Penyusunan Lapisan DSSC

Setelah masing-masing komponen DSSC dipersiapkan, selanjutnya dilakukan penyusunan untuk membentuk sel surya berukuran 1 x 1 cm dengan langkah-langkah sebagai berikut: (1) Kaca FTO dipotong menjadi berukuran 2 x 2 cm kemudian dibuatkan daerah untuk pasta TiO₂ dengan menggunakan *duct tape*; (2) Pasta TiO₂ dioleskan merata pada daerah yang telah dipersiapkan tadi, kemudian diratakan dengan menggunakan spatula pada seluruh permukaan. Kemudian pasta dikeringkan dan di sintering dengan menggunakan tungku dengan temperatur 450 oC selama 30 menit; (3) Lapisan TiO₂ direndam dalam larutan dye selama kurang lebih 15-30 menit; (4) Kaca FTO yang telah diberi karbon dari pensil 2B tadi diletakkan diatas kaca FTO yang telah rendam dengan dye namun diberi jarak dengan menggunakan *duct tape* untuk kontak elektrik lalu jepit kedua FTO dengan paper binder; (5) Elektrolit diteteskan tepat diantara kedua kaca FTO yang telah ditempelkan sebagai penghantar elektron.

2.8. Parameter Pengujian Sel Surya DSSC

Adapun parameter yang akan diuji dalam penelitian ini yaitu:

1. Karakterisasi Gugus Fungsi Larutan Ekstrak Dye

Pengujian larutan dye untuk melihat gugus fungsi dengan menggunakan *fourier transform infrared spectroscopy* (FTIR). Adapun langkah-langkah pengujian yang dilakukan yaitu masing-masing larutan dye diteteskan

dengan menggunakan pipet tetes pada sample platform lalu lensa dipaskan di atas sample platform dan lakukan scanning. Setelah scan selesai maka akan keluar grafik perbandingan antara % transformasi dengan panjang gelombang (cm⁻¹). Kemudian tentukan pada daerah frekuensi berapa titik-titik puncak dari lembah-lembah yang terdapat pada grafik, dan lalu cocokkan dengan tabel korelasi pada Tabel 1 untuk melihat senyawa apa yang terkandung dari larutan dye.

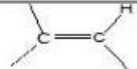
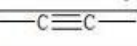
2. Karakterisasi Lapisan TiO₂

Pengujian lapisan TiO₂ polos dan TiO₂ yang telah direndam dengan larutan dye untuk melihat struktur makro dari lapisan TiO₂ dengan pengujian menggunakan *field emission scanning electron microscopy* (FE-SEM), untuk membuat objek lebih konduktif sehingga resolusi lebih tinggi maka terlebih dahulu benda kerja dilapisi dengan emas palladium (AuPd) dengan bantuan alat sputter coater. Langkah-langkah pengujian dengan menggunakan FE-SEM yaitu pertama-tama benda kerja yang telah dipersiapkan (TiO₂) yang telah ditempatkan di kaca FTO dan telah dikeringkan) di lapisi emas palladium (AuPd) dengan bantuan alat *sputter coater*. Setelah benda kerja dirasa cukup terlapisi seperti dapat dilihat pada Gambar 5, benda kerja lalu diuji di bawah FE-SEM untuk melihat struktur mikro dari lapisan TiO₂ seperti pada Gambar 5 (B).



Gambar 5. Benda Kerja Telah Dilapisi AuPd

Tabel 1. Korelasi Pembanding Gugus Fungsi [8]

Ikatan	Tipe Senyawa	Daerah frekuensi (cm ⁻¹)	Intensitas
C - H	Alkana	2850 - 2970 1340 - 1470	Kuat Kuat
C - H	Alkena 	3010 - 3095 675 - 995	Sedang Kuat
C - H	Alkuna 	3300	Kuat
C - H	Cincin Aromatik	3010 - 3100 690 - 900	Sedang Kuat
O - H	Fenol, monomer alkohol, alkohol ikatan hidrogen, fenol	3590 - 3650 3200 - 3600	Berubah-ubah Berubah-ubah, terkadang melebar
	monomer asam karboksilat, ikatan hidrogen asam karboksilat	3500 - 3650 2500 - 2700	Sedang Melebar
N - H	Amina, Amida	3300 - 3500	Sedang
C=C	Alkena	1610 - 1680	Berubah-ubah
C=C	Cincin Aromatik	1500 - 1600	Berubah-ubah
C≡C	Alkuna	2100 - 2260	Berubah-ubah
C - N	Amina, Amida	1180 - 1360	Kuat
C≡N	Nitril	2210 - 2280	Kuat
C - O	Alkohol, Eter, Asam Karboksilat, Ester	1050 - 1300	Kuat
C=O	Aldehid, Keton, Asam Karboksilat, Ester	1690 - 1760	Kuat
NO ₂	Senyawa Nitro	1500 - 1570 1300 - 1370	Kuat Kuat

3. Karakterisasi Tegangan DSSC di Dalam Ruang

Pengujian tegangan yang terukur pada setiap sel surya yang telah dirangkai dengan pengujian didalam ruangan dengan pencahayaan dari lampu neon dengan menggunakan alat ukur multimeter.

4. Karakterisasi Tegangan DSSC Diluar Ruang

Pengujian tegangan yang terukur pada setiap sel surya yang telah dirangkai dengan pengujian diluar ruangan dengan keadaan cerah berawan pada pukul 10:30-11:30 di Depok dan di Padang dengan menggunakan alat ukur multimeter.

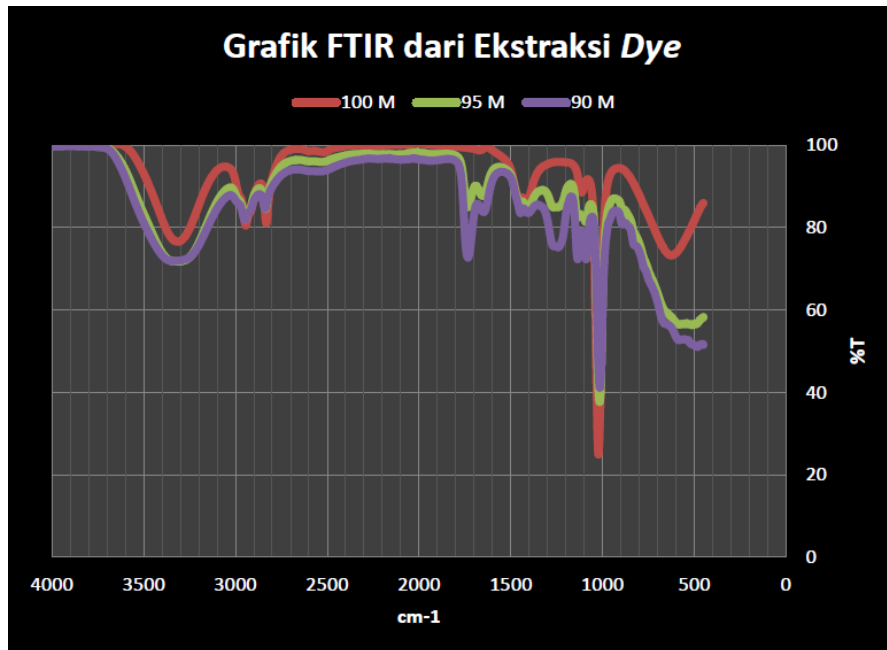
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisa Pengujian Larutan Dye Menggunakan FTIR

Pengujian larutan dye dilakukan dengan menggunakan *fourier transform infrared*

spectroscopy (FTIR). Pengujian dilakukan untuk melihat gugus fungsi pada larutan ekstrak jantung pisang dengan masing-masing variasi pelarut. Hasil dari pengujian berupa grafik dengan perbandingan antara % transmitansi dan panjang gelombang (cm⁻¹) yang mana grafik dengan garis merah merupakan ekstrak jantung pisang dengan pelarut methanol 100%, garis hijau merupakan ekstrak jantung pisang dengan pelarut methanol 95% dan asam tartarat 5%, sedangkan garis ungu menunjukkan ekstrak jantung pisang dengan pelarut methanol 90% dan asam tartarat 10% seperti pada Gambar 6.

Berdasarkan grafik pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa masing-masing larutan dye memiliki puncak gugus fungsi pada panjang gelombang yang relatif sama, seperti puncak pada panjang gelombang 3308 (merah), 3326 (hijau), dan 3341 (ungu), yang mana menunjukkan gugus fungsi -OH karena terletak pada panjang gelombang 3200-3600, kemudian puncak lainnya pada panjang gelombang 2944 dan 2832 untuk grafik merah, 2948 dan 2837 untuk grafik



Gambar 6. Grafik Hasil Pengujian FTIR

hijau, lalu 2949 dan 2838 untuk grafik ungu, yang mana menunjukkan gugus fungsi -CH karena terletak pada panjang gelombang 2850-2970. Dari gugus fungsi yang terbaca dapat diketahui bahwa larutan dye mengandung antosianin karena gugus fungsi -OH dan -CH merupakan struktur kimia dari antosianin.

3.2. Analisa Pengujian Lapisan TiO_2 Menggunakan FE-SEM

Pengujian lapisan TiO_2 menggunakan *field emission scanning electron microscopy* (FE-SEM) di Laboratorium Metalurgi di Universitas Indonesia dimana didapatkan foto dengan perbesaran 400, 200, 100, 50, 30 μm dari lapisan TiO_2 polos dan TiO_2 yang telah direndam dengan larutan dye (dengan pelarut methanol 100%).

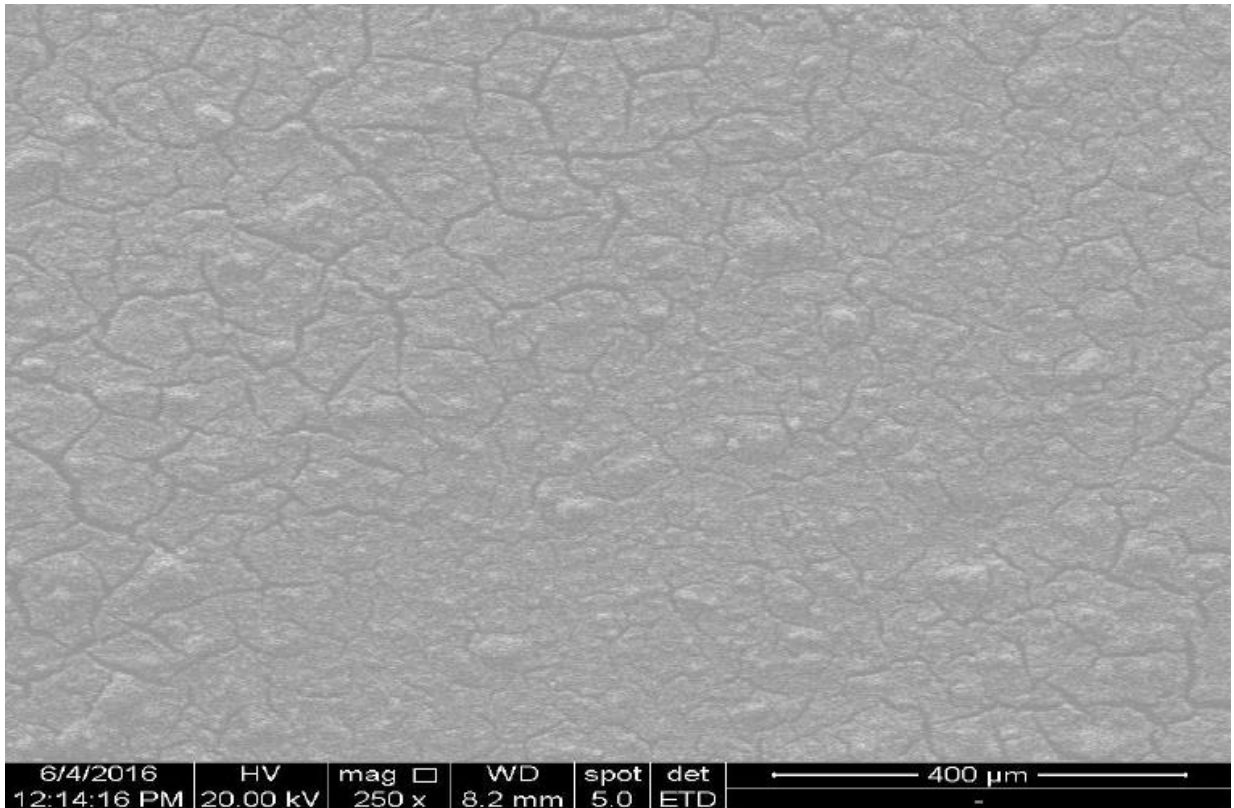
- Lapisan TiO_2 Polos

Hasil pengujian lapisan TiO_2 polos yang telah dideposisi di atas kaca FTO (tanpa direndam larutan dye) dengan pengujian menggunakan FE-SEM dapat dilihat pada Gambar 7. Berdasarkan Gambar 7 dapat dilihat bahwa hasil dari deposisi TiO_2 pada kaca FTO masih kurang merata, karena terdapat celah-celah

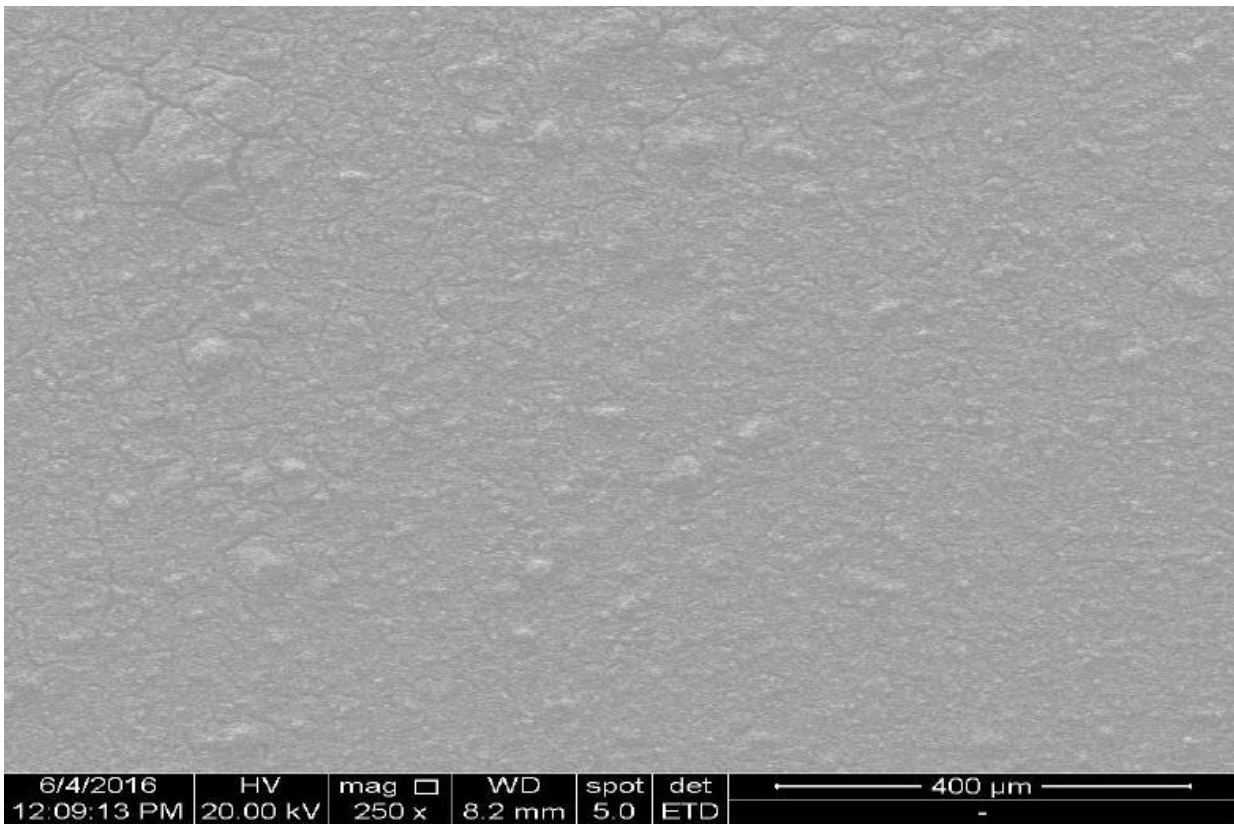
halus di beberapa sisi, dan juga masih terdapat tumpukan TiO_2 . Hal ini terjadi karena kurang meratanya dalam mendeposisikan TiO_2 dengan menggunakan tangkai spatula. Secara umum hal ini tidak terlalu mengurangi performa dari DSSC karena celah-celah halus tersebut nantinya akan tertutupi dengan larutan dye maupun larutan elektrolit nantinya. Selain itu celah halus maupun penumpukan TiO_2 yang terjadi masih di batas wajar.

- Lapisan TiO_2 yang Telah Direndam dengan Larutan Dye

Hasil pengujian lapisan TiO_2 yang telah direndam dengan larutan dye (hasil ekstraksi jantung pisang dengan pelarut 100% methanol) selama 1 jam dengan pengujian menggunakan FE-SEM dapat dilihat pada Gambar 8. Berdasarkan Gambar 8 dapat dilihat bahwa celah-celah halus pada lapisan TiO_2 yang telah direndam dengan larutan dye berkurang, hal ini mungkin karena celah-celah halus tersebut tertutupi oleh larutan dye. Namun tumpukan TiO_2 yang terjadi masih cukup banyak.



Gambar 7. Foto Hasil FE-SEM dari TiO₂ Polos



Gambar 8. Foto Hasil FE-SEM dari TiO₂ yang Telah Direndam Larutan Dye



Gambar 9. Grafik Hasil Pengujian DSSC di Dalam Ruangan

3.3. Analisa Pengujian Tegangan DSSC di Dalam Ruangan

Pengujian tegangan DSSC yang dilakukan di dalam ruangan dengan pencahayaan dari lampu neon dengan jarak waktu pengujian masing-masing ± 5 menit dengan penambahan elektrolit di masing-masing pengujian. Pengujian dilakukan dengan menggunakan multimeter digital, dengan posisi DSSC tepat dibawah cahaya lampu. Hasil pengujian tegangan DSSC dari masing-masing variasi pelarut yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 9.

Berdasarkan grafik pada Gambar 9 dapat dilihat bahwa tegangan paling besar didapatkan pada DSSC dengan ekstraksi dye menggunakan pelarut methanol dan asam tartarat dengan persentase 90 : 10, yang mana besar tegangan rata-rata dari 3 kali pengujian yaitu 575,67 mV, dan yang terendah yaitu DSSC dengan ekstraksi dye menggunakan pelarut methanol 100% dengan tegangan rata-rata dari 3 kali pengujian yaitu 105,13 mV. Hasil dari pengujian DSSC didalam ruangan, diketahui bahwa pelarut dengan tambahan asam tartarat 10% membuat ekstraksi lebih mengeluarkan zat warna jantung pisang, sehingga DSSC dapat menangkap cahaya matahari lebih baik. Pada DSSC dengan ekstraksi dye menggunakan pelarut methanol 100% terdapat perbedaan yang cukup besar pada pengujian 1 dengan pengujian 2 dan 3, yang mana pada pengujian 1 menghasilkan tegangan 77,5 mV sedangkan pada pengujian 2 dan 3 menghasilkan

118,6 mV dan 119,3 mV, Hal ini bisa terjadi karena stabilitasi DSSC yang belum *steady*.

3.4. Analisa Pengujian Tegangan DSSC di Luar Ruangan

Pengujian tegangan DSSC yang dilakukan di luar ruangan dalam keadaan langit cerah berawan pada jam 10:30 - 11:30. Pengujian dilakukan di 2 tempat berbeda yaitu halaman Departemen Metalurgi dan Material Universitas Indonesia (Depok, Jawa Barat) dengan menggunakan multimeter digital dan daerah Kuranji (Padang, Sumatera Barat) dengan menggunakan multimeter analog. Posisi pengambilan data yang dilakukan dengan menghadapkan DSSC kearah matahari. Hasil pengujian tegangan DSSC dari masing-masing variasi yang dilakukan dapat dilihat pada grafik perbandingan pengujian yang dilakukan di Padang dan Depok dari masing-masing variasi dapat dilihat pada Gambar 10.

Berdasarkan data dari Gambar 10 dapat dilihat bahwa didapatkan nilai tegangan dari DSSC terbesar yaitu dengan variasi pelarut methanol 90% dan asam tartarat 10%, yang mana sama seperti pengujian didalam ruangan. Hal ini berarti data yang didapat sesuai dengan teori yaitu DSSC dengan menggunakan dye yang dilarutkan menggunakan methanol 90% dan asam tartarat 10% membuat ekstraksi antosianin lebih baik sehingga DSSC menyerap cahaya matahari lebih maksimal

[7]. Jika dilihat pada Gambar 10 grafik dari perbandingan pengujian di Depok dan Padang terdapat perbedaan yang cukup besar. Hal ini terjadi karena perbedaan temperatur dan kelembaban pada saat melakukan pengujian di Depok dan Padang, yang mana menurut teori, semakin tinggi temperatur dan semakin rendah kelembaban maka mengindikasikan semakin tinggi intensitas cahaya, lalu semakin tinggi intensitas maka semakin tinggi juga tegangan yang dihasilkan [9][10]. Adapun temperatur dan kelembaban yang terbaca diantaranya, pada saat pengujian di Depok temperatur yang terbaca yaitu 27°C dengan probabilitiy of rain 53% sedangkan temperatur yang terbaca saat pengujian di Padang yaitu 29°C dengan probabilitiy of rain 25%.

Dari pengujian dengan menggunakan multimeter untuk melihat harga tegangan yang dihasilkan dari masing-masing variasi didapatkan bahwa DSSC dengan menggunakan larutan dye dari jantung pisang yang dilarutkan dengan methanol 90% dan asam tartarat 10% mendapatkan hasil yang paling besar, baik pengujian di dalam ruangan maupun di luar ruangan. Sedangkan paling rendah yaitu DSSC dengan menggunakan larutan dye yang diekstrak menggunakan methanol 100% dengan pengujian di dalam ruangan dan di luar ruangan. Namun kekurangan dari menggunakan asam yang terlalu besar membuat lapisan TiO₂ menjadi terkikis seperti pada Gambar 11 dapat dilihat bahwa pada DSSC dengan larutan dye menggunakan pelarut methanol 90% dan asam tartarat 10% lapisan TiO₂ telah terkikis pada bagian tengahnya seperti yang ditunjukkan oleh tanda panah. Sedangkan pada DSSC yang menggunakan pelarut methanol 100% dan DSSC dengan pelarut methanol 95% dan asam tartarat 5% juga mengalami pengikisan namun hanya berupa titik-titik.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa: (1) Pada penelitian ini telah berhasil membuat prototype dye-sensitized solar cell (DSSC) dengan menggunakan ekstraksi jantung pisang sebagai dye;



(A)

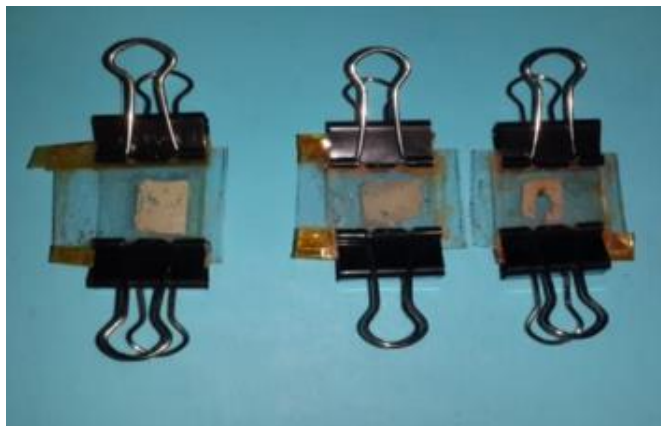


(B)



(C)

Gambar 10. Grafik Hasil Pengujian di Depok Vs Padang (A) Variasi 100:0, (B) Variasi 95:5, (C) Variasi 90:10



Gambar 11. Kondisi DSSC yang telah di rangkai

(2) Pada pengujian DSSC baik dilakukan di dalam ruangan maupun diluar ruangan, tegangan tertinggi yang didapat yaitu pada DSSC dengan larutan dye yang menggunakan pelarut methanol 90% dan asam tartarat 10% yaitu 585 mV pada pengujian di dalam ruangan, 1420 mV pada pengujian luar ruangan di Padang, dan 728 mV pada pengujian luar ruangan di Depok.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. Septina. *Pembuatan Prototipe Solar Cell Murah dengan Bahan Organik-Inorganik (Dye-sensitized Solar Cell)*, 2007.
- [2] J. B. Harborne. *Metode Fitokimia: Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan*, Institut Teknologi Bandung, Bandung, 1996.
- [3] A. Latif, S. Monzir, B. Mahmoud, *et al.*, “Dye-Sensitized Solar Cells Using Dyes Extracted From Flowers, Leaves, Parks, and Roots of Three Trees”, *International Journal of Renewable Energy Research*, Vol. 5, No. 1, 2015.
- [4] E. A. Pazmino-Duran, M. M. Giusti, R. E. Wrolstad, *et al.*, *Anthocyanins from banana bracts (Musa paradisiaca) as potential food colorant. Food Chemistry*, 2001.
- [5] U. Yanuarti. “Identifikasi Antosianin Jantung Pisang (*Musa paradisca*, Linn) Varietas Kepok”, Program Studi Kimia. Fakultas Sains dan Matematika. Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga, 2008.
- [6] L. N. Lestario, D. Lukito, dan K. H. Timotius. “Kandungan antosianin dan antosianidin dari jantung pisang klutuk (*Musa brachycarpa* Back) dan pisang ambon (*Musa acuminata* Colla)”, *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 2009.
- [7] L. N. Lestario, M. K. W. C. Yoga, A. I. Kristijanto. “Stabilitas Antosianin Jantung Pisang Kepok (*Musa paradisiaca* L) Terhadap Cahaya Sebagai Pewarna Agar-Agar”, Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana.
- [8] D. A. Skoog, F. J. Holler, T. A. Nieman. *Principle of Instrumental Analysis*, 1998.
- [9] N. Wijayanto, Nurunnajah. “Intensitas Cahaya, Suhu, Kelembaban, dan Perakaran Lateral Mahono (*Swietenia Macrophilla* King.) di RPH Babakan Madang BKPH Bogor, KPH Bogor”, Fakultas Kehutanan IPB, Bogor, 2012.
- [10] R. Ardianto, W. A. Nugroho, S. M. Sutan. “Uji Kinerja Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Menggunakan Lapisan Capacitive Touchscreen Sebagai Substrat dan Ekstrak Klorofil *Nannochloropsis* Sp. Sebagai Dye Sensitizer dengan Variasi Ketebalan Pasta TiO_2 ”, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang, 2015.