

METODE ULTRASONIKASI PADA PEMBUATAN DSSC (DYE -SENSITIZED SOLAR CELL) DENGAN DYE ANTOSIANIN DARI KULIT EKSTRAK MANGGIS

Ibnu Eka Rahayu¹, Kusyanto, Sigit Hermawan¹, Aurelia Dika Kandini¹

¹⁾Dosen Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Samarinda

ABSTRACT

Increasing demand of energy consumption enforces the development of alternative energy source. Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) is a promising alternative for solar cell application of future generation. DSSC consists of semiconductor electrodes, dyes, opponent electrode and electrolyte. This research tries to make DSSC prototype by using mangosteen peel extract as dye sensitizer and TiO₂ semiconductor material as a photoelectrode has been conducted. Mangosteen peel contains of anthocyanin pigmented which is useful as fotosensitizer on DSSC. The solar cell is constructed in sandwich system. TiO₂ layer was deposited on top of a ITO glass by doctor blade method and subsequently the TiO₂ electrode will be immersion into the dye sensitizer mangosteen peel extract using ultrasonication method. A Counter electrode, carbon is placed on the layer of TiO₂-mangosteen peel dye with the electrolyte is located between the both electrode. Anthocyanin dye was made by diluting 40 gr of mangosteen peel in etanol 96% + HCl 1 M, then saved in dark place about 3 days for maceration extraction. The purpose of this research was to determinate the effect of TiO₂ paste immersed in the dye using with and without ultrasonication times on the efficiency of DSSC. TiO₂ paste immersed in dye material synthized from mangosteen peel for 60s, 120s and 180s using with and without ultrasonication. The result of this research that DSSC using with and without ultrasonication produces the best efficiency 0,33% and 0,12% for each at 180s. DSSC efficiency examination showed that the longer immersion time, then the efficiency generated was higher as well. Therefore, ultrasonication method that has been given will improve the efficiency value of DSSC system.

Keywords : *Anthocyanin, mangosteen peel, DSSC, immersion time, efficiency*

1. PENDAHULUAN

Peningkatan kebutuhan energi akan menimbulkan permasalahan berupa kurangnya persediaan energi saat ini. Solusi untuk masalah energi ini sangat dibutuhkan, misalnya dengan memanfaatkan energi matahari. Energi matahari merupakan sumber energi di bumi dan sumber energi utama bagi semua bentuk kehidupan [1]. Salah satu upaya teknologi untuk memanfaatkan energi cahaya matahari adalah dengan menggunakan *solar cell*. *Solar cell* adalah alat yang dapat mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik. *Solar cell* akan menghasilkan energi listrik sesuai besar intensitas cahaya yang diterimanya dari pancaran cahaya matahari. Semakin besar intensitas cahaya matahari yang ditangkap oleh *solar cell*, semakin besar daya listrik yang dihasilkan [2].

Buah manggis (*Garcinia Mangostana L*) adalah buah yang banyak mengandung antosianin pada bagian kulitnya. Kulit buah manggis mengandung pigmen yang berasal dari mangosteen dan β -mangosteen . Hasil dari ekstrak kulit buah manggis berupa pewarna alami yang menghasilkan warna merah sampai biru [3]. Antosianin merupakan senyawa organik dari keluarga *flavonoid*, merupakan pigmen yang amat potensial yang tersebar luas ditemukan pada bahan alami yang menyumbangkan warna oranye, merah muda, merah, ungu hingga biru [4]. Zat warna tersebut bisa menjadi alternatif pengganti *rethenium* kompleks yaitu sebagai reseptor cahaya dalam pembuatan *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC). *Antosianin* berfungsi menangkap foton dari cahaya matahari dan menggubahnya menjadi elektron [5].

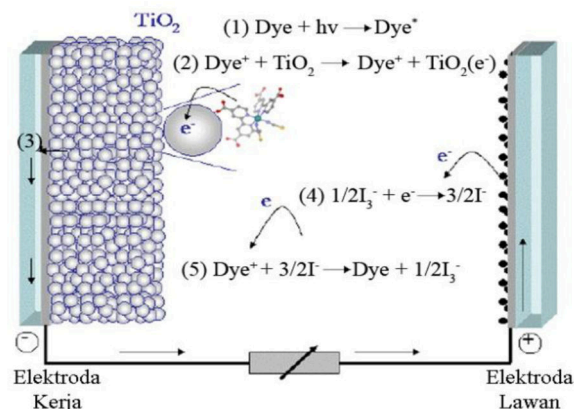
Dasar prinsip kerja dari DSSC adalah suatu siklus transfer elektron oleh komponen-komponen DSSC sehingga menghasilkan muatan listrik. Pada sistem kerja DSSC, absorpsi cahaya dilakukann oleh molekul dye antosianin dan transfer muatan dilakukan oleh semikonduktor anorganik nanokristal yang memiliki *band gap* lebar. Salah satu semikonduktor *ber-band gap* lebar yang sering digunakan adalah *Titanium dioxide* (TiO₂). Penggunaan semikonduktor dengan *band gap* lebar akan memperbanyak elektron yang mengalir dari pita konduksi ke pita valensi, karena dengan *band gap* lebar akan membuat ruang reaksi fotokatalis dan absorpsi oleh *dye* akan menjadi lebih banyak atau dengan kata lain spektrum absorpsi menjadi lebar [6].

Pada paper ini, melaporkan perbandingan antara kinerja DSSC dengan proses adsorpsi larutan zat warna alami pada permukaan lapisan TiO₂ menggunakan *dye* ekstrak kulit manggis menggunakan metode ultrasonikasi dan tanpa ultrasonikasi.

¹ Korespondensi penulis: Ibnu Eka Rahayu, Telp.081347366406, ibnu.polnes@gmail.com

2. METODE PENELITIAN

Prinsip kerja DSSC sebagaimana ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1 Prinsip Kerja DSSC

Peralatan dan Bahan

Peralatan yang digunakan adalah neraca digital, spatula kaca arloji, pipet volume, pipet ukur, erlenmeyer, mortar botol seprot, bulp, batang pengaduk, beaker glass, kertas saring whatman, corong pisah, hot plate, kaca TCO, Spektrofotometer UV-Vis, multimeter digital, digital ultrasonic cleaner (35 kHz), dan furnace. Bahan-bahan yang digunakan adalah aquades, kulit buah manggis, TiO_2 , Metanol 96%, n-heksana p.a, etil asetat p.a, PEG 1000, triton X-100, asetilaseton, ethanol 96%, I_2 , KI , asetonitril, lilin dan asam asetat.

Preparasi Komponen-Komponen DSSC

1) Preparasi Pasta TiO_2

Pasta TiO_2 dibuat dari 0,7 gram serbuk TiO_2 yang dilarutkan ke dalam 1,4 ml aquades dan mencampurkannya dengan 0,3 gram PEG 1000, 0,7 mL asam asetat, 1 mL asetilaseton dan 0,7 mL triton X-100 sambil diaduk sampai menjadi pasta yang homogen.

2) Preparasi Larutan Zat Warna

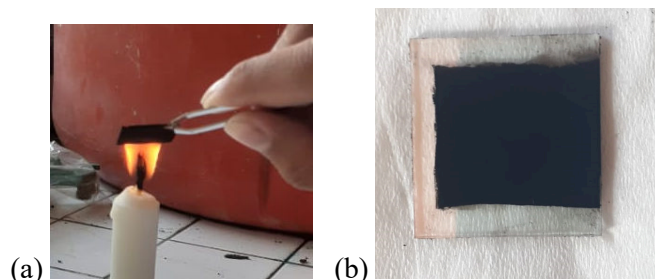
Larutan zat warna dibuat dari 40 gram kulit manggis yang telah dihaluskan menggunakan blender, lalu dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan menambahkan pelarut etanol 96%, HCL 1M dengan perbandingan volume 50 mL : 10 mL selama tiga hari kemudian ditutup dengan aluminium foil dan disimpan di tempat yang gelap. Setelah tiga hari, ekstrak *dye* kulit manggis kemudian disaring menggunakan kertas saring whatman no. 42.

3) Preparasi larutan elektrolit

Larutan elektrolit dibuat dari KI sebanyak 8,3 gram dan I_2 sebanyak 1,26 gram lalu dilarutkan ke dalam 12 mL asetonitril dalam gelas kimia. Larutan pada kedua gelas tersebut dilarutkan sampai homogen. Larutan elektrolit yang sudah jadi kemudian disimpan di dalam botol kaca gelap [7].

4) Preparasi counter elektroda karbon

Elektroda karbon dibuat dengan cara membakar kaca TCO berukuran 2x2 cm di atas api lilin sampai berwarna hitam. Karbon yang telah menempel pada permukaan konduktif kaca kemudian dipanaskan di dalam furnace pada suhu 450°C selama 15 menit. Bagian pinggir kaca kemudian dibersihkan sampai membentuk ukuran 1x1,5 cm seperti pada gambar 2.



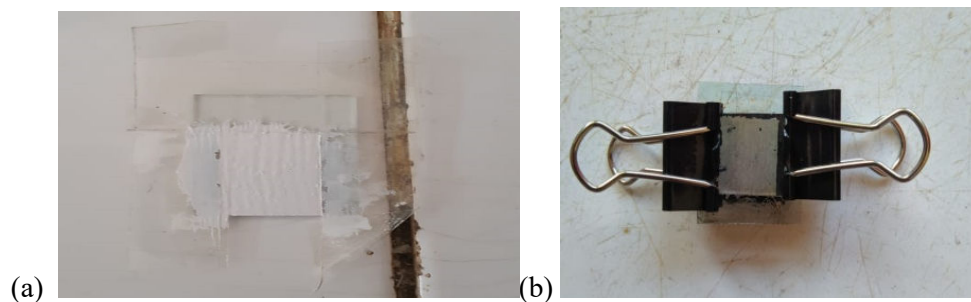
Gambar 2. (a) Proses pelapisan karbon dengan jelaga api lilin dan (b) elektroda karbon dengan batas 1 x 1.5 cm

Pengujian Absorpsi Zat Warna

Absorpsi zat warna ekstrak kulit manggis diuji menggunakan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 400-800 nm.

Perakitan DSSC

Setelah semua komponen DSSC telah dipreparasi kemudian dilakukan perakitan. Langkah pertama adalah perakitan sel surya untuk pasta TiO₂ yang akan direndam pada *dye* antosianin kulit manggis. Pada kaca TCO berukuran 2 x 2 cm dibentuk area untuk mendeposisikan pasta TiO₂ dengan selotif pada bagian kaca konduktif membentuk area 1 x 1.5 cm. Pasta TiO₂ dideposisikan di atas area yang telah dibuat dengan bantuan batang pengaduk untuk meratakan pasta seperti pada gambar 3(a). Kemudian lapisan didiamkan selama 15 menit setelah itu difurnace pada temperatur 450°C selama 30 menit. Lapisan TiO₂ kemudian direndam sesuai dengan variabel yang diinginkan yaitu 60s, 120s dan 180s. Pada proses ini terjadi adsorpsi pada permukaan TiO₂. Adsorpsi larutan *dye* dalam lapisan TiO₂ dilakukan dengan dua metode, yakni perendaman tanpa dan dengan bantuan gelombang ultrasonik (35 kHz). Metode pertama (DSSC-U) lapisan TiO₂ direndam dalam larutan *dye* dengan perlakuan ultrasonikasi dengan waktu perendaman yang telah ditentukan. Metode kedua (DSSC-NU) lapisan TiO₂ direndam dalam larutan *dye* tanpa perlakuan ultrasonikasi dengan waktu perendaman yang telah ditentukan. Setelah perendaman dicuci dengan etanol 96% dan dikeringkan. Kemudian larutan elektrolit yang telah dibuat diteteskan pada permukaan TiO₂ lalu ditutup dengan elektroda lawan (*counter electorde*) sehingga membentuk struktur *sandwich*. Setelah itu masing-masing ujung diklip seperti pada Gambar 3(b) lalu DSSC siap untuk diuji.



Gambar 3. Perakitan DSSC (a) pendeposisian pasta TiO₂ dengan batas 1 x 1,5 cm dan (b) *prototype* DSSC

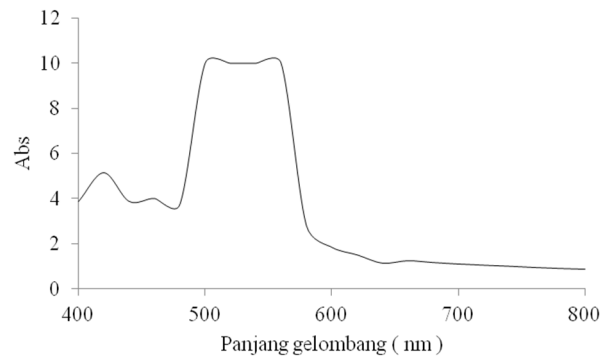
Pengujian Kelistrikan

Pada DSSC yang telah dirangkai dilakukan pengujian tegangan dan arus yang terukur dengan menggunakan multimeter digital merk Kyoristu. Sumber cahaya yang digunakan yaitu cahaya matahari langsung yang diukur dengan Lux Meter. Pengujian kelistrikan meliputi pengujian voltase dan kuat arus.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Absorbansi

Sebelum digunakan sebagai sensitizer, ekstrak kulit buah manggis terlebih dahulu dikarakterisasi dengan menggunakan Spektrofotometer UV-VIS. Karakteristik ini dilakukan untuk mengetahui panjang gelombang dan nilai absorbansi pigmen antosianin dari kulit manggis. Spektrum absorbansi diukur pada rentang panjang gelombang 400-800 nm. Dari gambar 4 terlihat bahwa ekstrak antosianin kulit buah manggis dapat menangkap spektrum cahaya dengan rentang 400-800 nm dengan panjang gelombang maksimum sebesar 556 nm dan absorbansi sebesar 10. Pada panjang gelombang 556 nm warna yang terlihat adalah warna ungu kemerahan. Hal ini menandakan bahwa kemungkinan adanya pigmen antosianin jenis sianidin-3-glukosida yang terkandung pada ekstrak kulit manggis [7].



Gambar 4. Absorbansi larutan dye ekstrak kulit manggis

Perendaman kaca substrat pada larutan *dye* antosianin dengan penambahan metode ultrasonikasi memiliki efek untuk menyebarkan endapan molekul pewarna, meningkatkan difusi molekul *dye* ke dalam nanopartikel TiO₂, dan dengan cepat melepaskan gas yang terperangkap di lapisan TiO₂ berpori. Penggunaan jangka pendeknya adalah untuk mencegah proses ultrasonik merusak lapisan TiO₂, karena gelombang ultrasonik akan mempengaruhi pergerakan larutan *dye* yang tidak teratur, sehingga jika dioperasikan dalam waktu lama dapat menimbulkan kerusakan pada lapisan TiO₂ [8].

Efisiensi Dye Sensitized Solar Cell Kulit Buah Manggis

Dari pengujian kelistrikan diperoleh hasil yang dapat dilihat pada tabel 1 dan untuk menghitung nilai efisiensi dari DSSC kulit buah manggis dapat digunakan rumus:

$$\% \eta = \frac{P(\max)}{P(\text{in})} \times 100\%$$

$$P(\max) = V(\max) \times I(\max)$$

Dimana :

V (max) = tegangan maksimum yang dihasilkan DSSC (mV)

I (max) = arus maksimum yang dihasilkan oleh DSSC (mA)

P (max) = nilai daya maksimum dari DSSC kulit buah manggis (Watt)

P (in) = daya yang diberikan oleh sinar matahari (Lux)

Tabel 1. Nilai Efisiensi DSSC Kulit Buah Manggis pada Variabel Waktu Perendaman

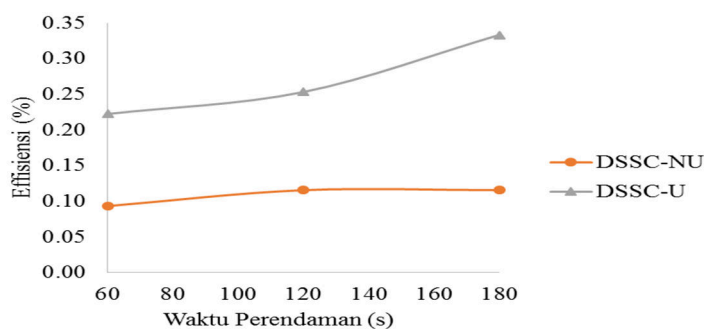
| Sampel | Waktu (s) | I (mA/cm ²) | V (mV) | Pmax (mW/cm ²) | Flux | Pin (mW/cm ²) | η (%) |
|-----------|-----------|-------------------------|--------|----------------------------|-------|---------------------------|-------|
| DSSC-U* | 60 | 0,082 | 0,9 | 0,0738 | 42000 | 33,18 | 0,22 |
| | 120 | 0,084 | 1 | 0,084 | 42000 | 33,18 | 0,25 |
| | 180 | 0,085 | 1,3 | 0,1105 | 42000 | 33,18 | 0,33 |
| DSSC-NU** | 60 | 0,062 | 0,5 | 0,031 | 42000 | 33,18 | 0,09 |
| | 120 | 0,064 | 0,6 | 0,0384 | 42000 | 33,18 | 0,12 |
| | 180 | 0,064 | 0,6 | 0,0384 | 42000 | 33,18 | 0,12 |

Keterangan :

*DSSC-U = Perendaman dengan Ultrasonik

** DSSC-NU = Perendaman tanpa Ultrasonik

Berdasarkan analisis data menunjukkan bahwa peningkatan efisiensi berbanding lurus dengan waktu perendaman. Penambahan waktu perendaman meningkatkan kinerja dari DSSC yang disebabkan oleh semakin lama waktu perendaman maka semakin banyak jumlah *dye* yang terserap pada pori TiO₂. Pada gambar 5 dapat dilihat bahwa DSSC-U memiliki efisiensi lebih baik dibandingkan dengan DSSC-NU dan peningkatan nilai efisiensi pada DSSC-U menunjukkan perubahan yang lebih signifikan. Hal ini disebabkan karena penggunaan ultrasonikasi memberikan efek dispersi pada molekul larutan *dye* sehingga terjadi peningkatan penyerapan molekul *dye* ke dalam pori TiO₂. Semakin bertambahnya jumlah *dye* antosianin yang terserap pada pori TiO₂ maka jumlah foton dari cahaya matahari yang diubah menjadi elektron oleh DSSC juga semakin bertambah, hal inilah yang menyebabkan kenaikan efisiensi DSSC.



Gambar 5. Hubungan waktu perendaman dengan nilai efisiensi

4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa penambahan waktu perendaman kaca substrat pada larutan *dye* meningkatkan efisiensi dan penggunaan metode ultrasonikasi semakin meningkatkan penyerapan *dye* pada permukaan TiO₂ dan meningkatkan kinerja sistem DSSC. Nilai efisiensi tertinggi tanpa dan dengan menggunakan metode ultrasonikasi sebesar 0,12% dan 0.33% pada waktu 180s.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] M.A.M. Al-Alwani, A.B. Mohamad, N.A. Ludin, A.A. Kadhun, and K. Sopian, "Dye-Sensitized Solar Cells: Development, Structure, Operation Principles, Electron Kinetics, Characterisation, Synthesis Materials and Natural Photosensitizers," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.06.045>, 2016.
- [2] Felycia, "Solar Cell Tracking System dengan Lux Meter Berbasis Arduino Uno R3," 7(2), pp. 132–140, 2020.
- [3] R. Farida dan F.C. Nisa, "Ekstraksi Antosianin Limbah Kulit Manggis Metode Microwave Assisted Extraction (Lama Ekstraksi dan Rasio Bahan : Pelarut)," *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 2015.
- [4] Rista Anggriani, Nurul Ain, Syaiful Adnan, M. F. N, "Identifikasi Fitokimia dan Karakterisasi Antosianin Dari Sabut Kelapa Hijau (*Cocos Nucifera L Var Varidis*)," *Jurnal Teknologi Pertanian*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21776/ub.jtp.2017.018.03.16>, 2017.
- [5] W. Ingrath, W.A. Nugroho, dan R. Yulianingsih, "Ekstraksi Pigmen Antosianin dari Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus costaricensis*) Sebagai Pewarna Alami Makanan dengan Menggunakan Microwave," *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis*, 2015.
- [6] S. Nadaek dan D. Susanti, "Variasi Temperatur dan Waktu Tahan Kalsinasi Terhadap Unjuk Kerja Semikonduktor TiO₂ Sebagai Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Dengan Dye Dari Ekstrak Buah Naga," *Jurnal Teknik ITS*, 2014.
- [7] D.W. Ummah dan H. Sanjaya, "Pembuatan Dye Sensitized Solar Cell (Dssc) Menggunakan Substrat Kaca Gmr Dan Ekstrak Kulit Buah Manggis (*Garcinia Mangostana L*) Sebagai Dye Sensitizer," 82(1), 1–6, 2019.
- [8] H. Santoso, V. Zharvan, R. Daniyati, N.I.A. Siantang, G. Yudoyono, dan E. Endarko, "Peningkatan Kinerja Dye-Sensitized Solar Cells Menggunakan Metode Ultrasonikasi," *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 11(1), 32–35. <https://doi.org/10.12962/j24604682.v11i1.783>, 2015.