

Karakterisasi *Dye-sensitized Solar Cell* (DSSC) Menggunakan TiO₂ Nanopartikel dan Klorofil Daun Alfalfa (*Megicago Sativa*) Sebagai Sensitizer

Nurul Yanti Cahaya, Gontjang Prajitno, dan Nurrisma Puspitasari
 Departemen Fisika, Fakultas Ilmu Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
e-mail: gontjang@physics.its.ac.id

Abstrak—*Dye-sensitized Solar Cell* (DSSC) dengan lima variasi ketebalan yaitu 10 μm, 20 μm, 30 μm, 40 μm, dan 50 μm dengan menggunakan gel elektrolit dan ekstrak klorofil daun Alfalfa sebagai *sensitizer* telah berhasil dibuat. TiO₂ nanopartikel berfase anatas dengan ukuran 13 nm yang digunakan pada penelitian ini disintesis menggunakan metode kopresipitasi. Efisiensi ketebalan 10 μm berturut-turut sebesar 0,114%.

Kata Kunci—DSSC, Efisiensi, Ketebalan lapisan.

I. PENDAHULUAN

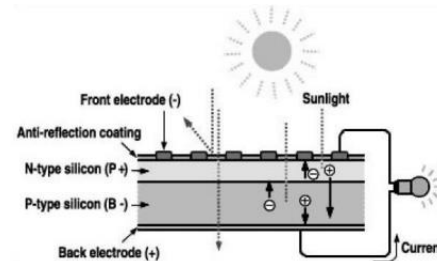
ENERGI listrik merupakan kebutuhan primer bagi manusia. Kebutuhan listrik yang meningkat mendorong kita untuk mencari energi alternatif lain. Energi surya merupakan salah satu energi alternatif yang menjanjikan. Solusi yang telah didapatkan untuk mengubah energi cahaya menjadi energi listrik yaitu sel surya. Namun, penggunaan sel surya masih menggunakan bahan-bahan yang tidak ramah lingkungan [1]. Perkembangan sel surya telah sampai pada generasi ketiga yaitu sel Grätzel atau DSSC yang dikembangkan oleh Profesor Michael Grätzel. Penelitian tentang DSSC telah banyak dilakukan. Salah satu penelitian yang dilakukan Puspitasari (2018) yang menunjukkan bahwa lapisan TiO₂ 10 μm menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan DSSC dengan ketebalan lapisan 20 μm dan 30 μm. Penelitian lainnya yaitu oleh Maulana et al (2015) didapatkan bahwa daya maksimal yang dihasilkan DSSC yaitu pada ketebalan 292 μm dibandingkan ketebalan 137 μm dan 284 μm. Namun belum dilakukan studi lebih lanjut mengenai faktor yang mempengaruhi perbedaan efisiensi tersebut seperti sifat listrik dan sifat optik lapisan TiO₂.

Efek *photovoltaic* adalah fenomena dimana suatu sel *photovoltaic* dapat menyerap energi cahaya dan mengubahnya menjadi energi listrik. Prinsip ini digunakan pada sel surya. Cara kerja sel surya sebenarnya memanfaatkan perilaku cahaya sebagai partikel. Sel surya umumnya menggunakan bahan semikonduktor berjenis silikon.

Ketika semikonduktor sambungan p-n disinari, maka akan terjadi pelepasan elektron dan hole pada semikonduktor tersebut [2].

Karakteristik penting lainnya dari sel surya yaitu *fill factor* (FF) yaitu faktor pengisian.

$$FF = \frac{V_{MPP} I_{MPP}}{V_{oc} I_{sc}} \tag{1}$$



Gambar 1. Rangkaian Cara Kerja Sel Surya

Efisiensi sel surya yang didefinisikan sebagai daya yang dihasilkan dari sel (P_{max}) dibagi dengan daya dari cahaya yang datang (P_{cahaya}) sebagai berikut :

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{cahaya}} \tag{2}$$

DSSC terdiri dari lapisan nano semikonduktor berpori sebagai elektroda kerja (anoda), *dye* sebagai fotosensitizer, elektrolit redoks dan elektroda pembanding (katoda) yang diberi lapisan katalis. Berikut susunan bagian-bagian dari DSSC yang lebih dikenal dengan *sandwich* dapat diamati pada Gambar 2.

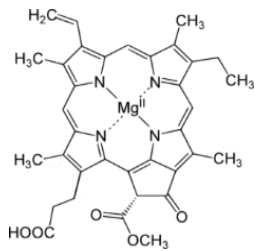


Gambar 2. Susunan Sandwich DSSC

Klorofil adalah pigmen utama yang berfungsi menyerap cahaya dan mengubahnya menjadi energi kimia yang dibutuhkan dalam mereduksi karbondioksida menjadi karbohidrat dalam proses fotosintesis. Klorofil merupakan komponen yang menarik sebagai fotosensitizer pada daerah *visible* [3].

Alfalfa berasal dari Bahasa Arab “Al-Fac-Facah” yang berarti “Bapak Segala Tumbuhan” karena memiliki kandungan klorofil yang tinggi (Gambar 3). Daun alfalfa (*Medicago Sativa*) ini ditemukan pada tahun 1300 sebelum masehi di Turki. Alfalfa adalah spesies tanaman berkingdom Plantae, berdivisi Magnoliophyta, berkelas Manoliopsida, berordo Fabales dan berfamili Fabaceae. Alfalfa adalah tanaman sejenis herba yang memiliki tangkai daun berbulu dan berukuran 5-30 mm. 30 ml alfalfa memiliki 83%

tembaga dan besi, serta 36% magnesium.



Gambar 3. Gugus Fungsi Klorofil



Gambar 4. Daun Alfalfa

Tanaman Alfalfa telah tersebar di berbagai belahan dunia karena memiliki nilai nutrisi hijauan dan produktivitasnya yang stabil. Daun tanaman Alfalfa memiliki kandungan klorofil empat kali lipat dibandingkan dengan tanaman sayuran lainnya. Kandungan unsur lain yaitu flavonoid terdiri dari apigenin, glikosida, luteolin dan adenosine [4].

Untuk mengatasi kebocoran elektrolit, elektrolit dapat dibuat dalam bentuk gel. Pada umumnya elektrolit gel terbuat dari bahan polimer yang dicampur dengan elektrolit cair [5].

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *ultrasonic cleaner*, neraca digital, gelas ukur, beaker glass, *hot-plate*, *magnetic stirrer*, pipet, pH meter atau kertas indikator pH, mortar, krusibel, *furnace*, *cuvet*, pinset, kabel, lakban, penjepit dan penggaris. Untuk karakterisasi sampel digunakan alat uji berupa I-V meter.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah TiCl_3 , aquades, NH_4OH (Merck), HCl (Merck) dye klorofil K-LINK, PEG-1000 (Polyethyleneglycol), KI, acetonitril, iodine, ethanol, triton X-100, asam asetat, dan *black carbon*.

B. Prosedur Kerja

1) Persiapan

Persiapan dan pembersihan peralatan yang akan digunakan pada penelitian ini agar bahan tidak terkontaminasi bahan lain seperti mortar, beaker glass, pipet, krusibel, dan kaca substrat ITO.

2) Sintesis Nanopartikel TiO_2

Sintesis nanopartikel TiO_2 fase anatase dilakukan dengan metode kopersipitasi yaitu dengan cara dicampurkan 20 mL TiCl_3 dengan 100 mL aquades kemudian diaduk selama 1 jam. Setelah diaduk selama 1 jam menggunakan *magnetic stirrer*, larutan ditetesi NH_4OH \pm 20 mL dan diatur tingkat pH larutan menggunakan pH meter digital hingga mencapai pH 9 dengan tetap dalam keadaan diaduk. Setelah dicapai pH 9, penetesan NH_4OH dihentikan. Larutan tetap diaduk

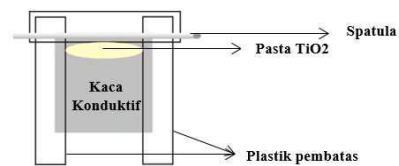
hingga warna larutan berubah menjadi putih pekat \pm 4 jam (Gambar 2). Larutan diendapkan pada suhu kamar dan ditutup rapat selama 24 jam. Setelah diendapkan, dilakukan pencucian dengan cara endapan dipisahkan dari larutan kemudian diganti dengan 200 mL aquades dan diaduk. pH diukur dan kembali diendapkan berulang hingga diperoleh endapan dengan pH 7. Setelah diperoleh endapan dengan pH 7, endapan kemudian dikalsinasi pada suhu 400°C dengan waktu *holding* selama 3 jam.

3) Pembuatan Pasta TiO_2

Proses pembuatan pasta dilakukan dengan dicampurkan 0,7 gram serbuk TiO_2 dengan 1 mL aquades ke dalam mortar kemudian dihaluskan selama 10 menit. Kemudian ditambahkan 0,7 mL asam asetat, 0,7 mL triton X-100 dan PEG-1000 [4].

4) Pendeposisian Pasta TiO_2 pada Kaca ITO

Pada penelitian ini pendeposisian pasta TiO_2 dilakukan dengan metode *doctor blade* pada Gambar 5.



Gambar 5. Teknik *Doctor Blade*

5) Karakterisasi Larutan Dye

Penelitian ini menggunakan *dye* klorofil daun Alfalfa. Daya absorbansi larutan *dye* yang digunakan diketahui dengan menggunakan spektrofotometer UV-VIS. Pembuatan *dye* klorofil dilakukan dengan penambahan aquades, yakni 2 mL *dye* klorofil ditambah dengan 70 mL aquades. Pengujian absorbansi menggunakan spektrofotometer UV-VIS 1100 di LPPM ITS.

6) Perendaman Elektroda Kerja

Pasta TiO_2 yang terdepresiasi pada kaca ITO direndam kedalam 10 mL larutan *dye* klorofil selama 24 jam.

7) Pembuatan Elektrolit

Pembuatan gel elektrolit diawali dengan pembuatan elektrolit cair yang dibuat dari 3 gram KI dan 3 mL iodine dilarutkan dalam 10 mL acetonitril. Kemudian dicampurkan 7 gram PEG 1000, 25 mL kloroform, dan elektrolit cair yang telah dibuat [5].

8) Pembuatan Elektroda Pembanding

Penelitian ini menggunakan karbon yang berasal dari serbuk *black carbon*. Serbuk tersebut dihaluskan dengan ditambahkan ethanol. Kemudian larutan tersebut dideposisi pada lima buah kaca ITO setebal \pm 10 μm dan dipanaskan pada suhu 250°C menggunakan *furnace* selama \pm 20 menit.



Gambar 6. Elektroda Pembanding

9) *Pembuatan Sandwich Dye-sensitized Solar Cell*

Lapisan sandwich terdiri dari elektroda kerja, elektrolit dan elektroda pembanding. Sisi-sisi elektroda pembanding dilapisi dengan pembatas plastik. Kemudian diisi elektrolit dan ditutup rapat dengan elektroda kerja.

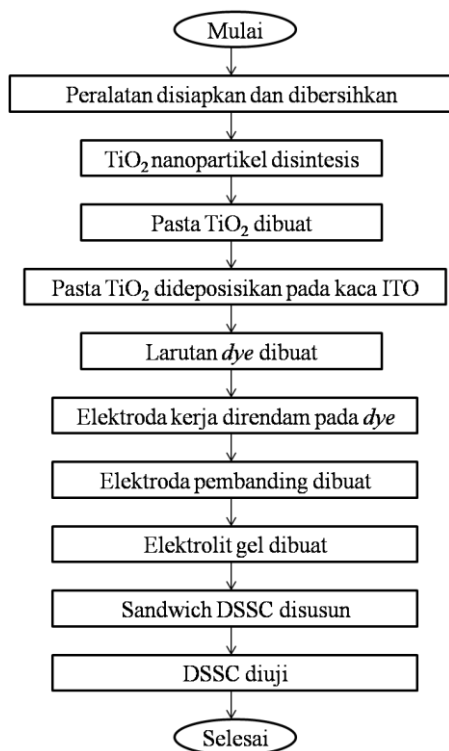


Gambar 7. Sandwich DSSC

10) *Pengujian Sandwich Dye-sensitized Solar Cell*

Karakterisasi arus dan tegangan (I-V) pada DSSC menggunakan I-V meter menghasilkan data luaran dari I-V meter berupa nilai arus dan tegangan. Perlakuan yang diberikan adalah memberikan tegangan input 127,2 W/m² pada kondisi disinari cahaya matahari langsung.

C. *Diagram Alir*



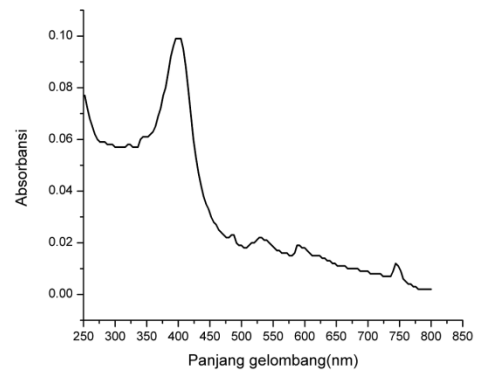
Gambar 8. Diagram Alir Penelitian

III. ANALISA DAN PEMBAHASAN

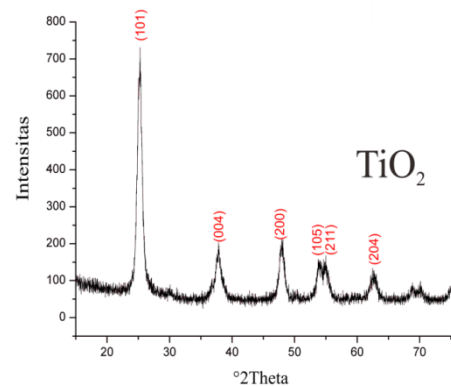
A. *Analisa Data*

Pengujian absorbansi dye klorofil dilakukan dengan menggunakan Spektrofotometer UV-VIS pada rentang panjang gelombang 250-800 nm.

Dihasilkan TiO₂ fase anatase dengan struktur tetragonal ditandai puncak 2Theta tertinggi pada sudut 25.31°. Dilakukan pengujian arus dan tegangan yang dihasilkan DSSC menggunakan I-V Meter setelah satu bulan fabrikasi dan didapatkan hasil pada tabel 1.



Gambar 9. Absorbansi Dye Klorofil



Gambar 10. Hasil XRD TiO₂ Fase Anatase Menggunakan Match

Tabel 1. Efisiensi DSSC

No.	Ketebalan	V _{oc} (V)	J _{sc} (mA/cm ²)	P _{max} (mW)	FF	η (%)
1.	10	0,318	0,1030	0,0145	0,432	0,114

B. *Pembahasan*

Puncak (*peak*) absorbansi tertinggi pada Gambar 10 menandakan penyerapan foton yang semakin besar pada panjang gelombang 375-425 nm. Hasil yang hampir sama juga didapatkan oleh Puspitasari (2013) dengan puncak absorbansi klorofil terletak pada 328-400 nm [3]. Setelah didapatkan absorbansi dye, dengan menggunakan metode *Tauc plot* diperoleh energi celah sebesar 2,7 eV. Selain itu, dengan memanfaatkan hasil karakterisasi XRD didapatkan ukuran TiO₂ yang telah disintesis dihasilkan sebesar 133,7691 Å atau 13 nm.

Tampak pada Gambar 11 bahwa DSSC dengan ketebalan lapisan 10 µm menunjukkan nilai V_{oc} dan J_{sc} yang cukup besar sehingga efisiensi ketebalan 10 µm sebesar 0,114%.

IV. KESIMPULAN

Setelah dilakukan penelitian, didapatkan kesimpulan yaitu efisiensi ketebalan 10 µm sebesar 0,114%.

DAFTAR PUSTAKA

- G. Widayana, "Pemanfaatan Energi Surya," UNDIKSHA, 2012.
- S. R, "Photovoltaic Modules of Dye Solar Cells," University of Freiburg, 2006.
- N. Puspitasari, "Studi Awal Pembuatan Prototipe Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Menggunakan Ekstraksi Rosela (Hibiscus Sabdariffa) sebagai Dye Sensitizer dengan Variasi Luas Permukaan Lapisan TiO₂," ITS, 2012.
- P. S. H. Maulana, E. S. T., M. T., M. Eng., Sembiring, M. Aulia Rahman, "Pengaruh Variasi Ketebalan Titanitum Dioksida Terhadap Daya Keluaran DSSC," Universitas Brawijaya, 2015.

- [5] K. M.-R. 2009 Kook, Lee Jin, Jeong Bo-Hwa, Jang Sung-il, Kim Young-Guen, Jang Yong-Wook, Lee Su-Bin, "Preparations of TiO₂ pastes and its application to light-scattering layer for dye-sensitized solar cells," *J. Ind. Eng. Chem.*, pp. 724–729, 2009.