

## Fabrikasi Dssc dengan Dye Ekstrak Jahe Merah (*Zingiber Officinale Linn Var. Rubrum*) Variasi Larutan $TiO_2$ Nanopartikel Berfase Anatase dengan Teknik Pelapisan *Spin Coating*

Vitriany Ekasari, Gatut Yudoyono

Jurusan Fisika, Fakultas IPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail:gyudoyono@physics.its.ac.id

**Abstrak**—Telah dilakukan fabrikasi DSSC dengan menggunakan dye ekstrak jahe merah (*Zingiber officinale Linn Var. Rubrum*) dengan variasi larutan  $TiO_2$  fase anatase dengan teknik pelapisan Spin Coating. Variasi larutan  $TiO_2$  yang digunakan yaitu Larutan  $TiO_2$  yang dicampur dengan menggunakan dye ekstrak jahe merah dan tanpa dicampur. Berdasarkan hasil pengujian menggunakan sumber cahaya lampu halogen. diperoleh karakteristik dari DSSC tersebut adalah  $V_{oc}$  500 mV,  $I_{sc}$  0,05 mA,  $P_{max}$  15,87 mWatt, FF 0,64 untuk sampel A. Sedangkan untuk sampel B diperoleh  $V_{oc}$  296 mV,  $I_{sc}$  0,02 mA,  $P_{max}$  1,7368 mWatt, FF 0,34. Dengan teknik pencampuran dye pada larutan  $TiO_2$  akan menghasilkan nilai tegangan dan arus yang lebih besar dan waktu preparasi yang lebih efisien.

**Kata Kunci**—DSSC,  $TiO_2$  anatase, dye ekstrak Jahe Merah, Spin Coating.

### I. PENDAHULUAN

Sel surya berdasarkan perkembangan teknologi saat ini dan bahan pembuatannya dapat dibedakan menjadi tiga yaitu pertama, sel surya yang terbuat dari silikon tunggal, dan silikon multi kristal. Kedua, sel surya tipe lapis tipis dan yang ketiga sel surya organik (*Dye Sensitized Solar Cell*). Sel surya konvensional berupa sambungan *p-n junction* yang terbuat dari bahan semikonduktor seperti silikon, masih mahal untuk dikembangkan karena menggunakan teknologi yang canggih. Hingga ditemukan oleh Gratzel yaitu sel surya organik, DSSC sebagai sel surya dengan dye sensitizer dari bahan organik dapat dikembangkan berbiaya murah serta fabrikasi mudah.

Pada penelitian sebelumnya oleh Puspita[1], fabrikasi DSSC masih menggunakan bahan semikonduktor  $TiO_2$  yang berukuran mikro sebagai fotokatalisnya, dan menggunakan *dye sensitizer* bunga rosella dengan metode pelapisan  $TiO_2$  pada kaca ITO yaitu metode *Doctor Blade* sehingga diperoleh nilai tegangan DSSC yang besar namun kestabilannya kurang. Penelitian Nasori[2], menggunakan *dye* jahe merah, bahan  $TiO_2$  dengan ukuran nanopartikel berfase anatase dan membandingkan pelapisan  $TiO_2$  dengan menggunakan metode *Doctor Blade* dan *Spin Coating*. Hasilnya teknik *Spin Coating* akan menghasilkan arus dan tegangan yang lebih besar daripada metode *Doctor Blade*.

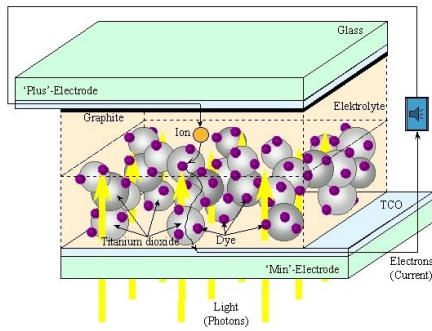
Berdasarkan referensi di atas, masih perlu inovasi untuk mendapatkan optimalisasi dari fabrikasi DSSC. Maka dari itu diperlukan adanya penelitian yang lebih lanjut agar diperoleh efisiensi DSSC yang tinggi dan menghasilkan daya yang lebih besar. Pada penelitian ini akan digunakan metode *Spin Coating* untuk pelapisan  $TiO_2$ . Bahan  $TiO_2$  yang digunakan

pada penelitian ini yaitu  $TiO_2$  nanopartikel berfase anatase, bahan *dye* yang digunakan yaitu ekstrak jahe merah yang memiliki kemampuan absorpsi yang lebih tinggi dan range panjang gelombang yang lebih besar dibandingkan bahan yang telah diteliti sebelumnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh larutan  $TiO_2$  yang dicampur larutan *dye* ekstrak jahe merah dan larutan  $TiO_2$  tanpa pencampuran. Variasi ini untuk mengetahui pengaruh terhadap daya yang dihasilkan DSSC dan keefektifan dalam penyerapan *dye* sebagai medium transport elektron.

Pada dasarnya prinsip kerja DSSC mengkonversi energi cahaya ke listrik dalam skala molekular dalam bentuk reaksi dari transfer elektron. Proses pertama dimulai dengan terjadinya eksitasi elektron pada *dye* akibat absorpsi foton. Dimana ini merupakan salah satu peran dari sifat  $TiO_2$ . Ketika foton dari sinar matahari menimpa elektroda kerja pada DSSC, energi foton tersebut diserap oleh *dye* yang melekat pada permukaan  $TiO_2$ . Sehingga *dye* mendapatkan energi untuk tereksitasi. *Dye* tereksitasi membawa energi dan diinjeksikan ke pita konduksi pada  $TiO_2$ .  $TiO_2$  berperan sebagai sebagai akseptor atau kolektor elektron. Molekul *dye* yang ditinggalkan kemudian dalam keadaan teroksidasi. Selanjutnya elektron akan ditransfer melewati rangkaian luar menuju elektroda pembanding ( elektroda yang mengandung lapisan karbon). Elektrolit (pasangan iodide dan triiodide) yang bertindak sebagai mediator elektron sehingga dapat menghasilkan proses siklus dalam sel. Ion Triiodide menangkap elektron yang berasal dari rangkaian luar dengan bantuan molekul karbon sebagai katalis. Elektron yang tereksitasi masuk kembali ke dalam sel dan dibantu oleh karbon sehingga dapat bereaksi dengan elektrolit yang menyebabkan penambahan ion iodide pada elektron. Kemudian satu ion iodide pada elektrolit mengantarkan elektron yang membawa energi menuju *dye* teroksidasi. Elektrolit menyediakan elektron pengganti untuk molekul *dye* teroksidasi. Sehingga *dye* kembali ke keadaan awal[2].

Secara umum, Gambar 1 menunjukkan DSSC terdiri dari *dye-sensitized* yang terbuat dari bahan organik, lapisan  $TiO_2$  nanokristal, larutan elektrolit yang mengandung pasangan redoks  $I/I^{3-}$  dan substrat kaca ITO sebagai elektroda kerja. Faktor luar area dan ketebalan lapisan semikonduktor yang mengatur peningkatan beban *dye*, kemudian kerapatan optis yang menghasilkan efisiensi penyerapan cahaya. Kerapatan optis menyatakan ukuran transmisi suatu elemen optik dengan panjang gelombang tertentu. Jika dihubungkan dengan pemberian radiasi pada suatu objek, maka kerapatan optisnya

merupakan perbandingan antara intensitas awal dan intensitas transmisi.



Gambar 1 Skema DSSC

DSSC berbentuk struktur *sandwich*, dimana dua elektroda yaitu elektroda TiO<sub>2</sub> dengan dye dan elektroda pembanding yang terbuat dari kaca ITO dilapisi karbon yang mengapit elektrolit membentuk sistem sel fotoelektrokimia. Elektroda pembanding terbuat dari kaca ITO yang dilapisi dengan karbon karena memiliki konduktivitas yang cukup dan resistansi panas dan aktivitas elektrokatalitik dari reduksi triiodide.

TiO<sub>2</sub> adalah material fotokatalis yang memiliki daya oksidasi yang kuat, photostabilitas yang tinggi dan selektivitas redoks. Syarat penting untuk meningkatkan aktivitas katalis dari TiO<sub>2</sub> adalah meningkatkan luas permukaan dari TiO<sub>2</sub> yang bergantung pada ukuran kristalnya.

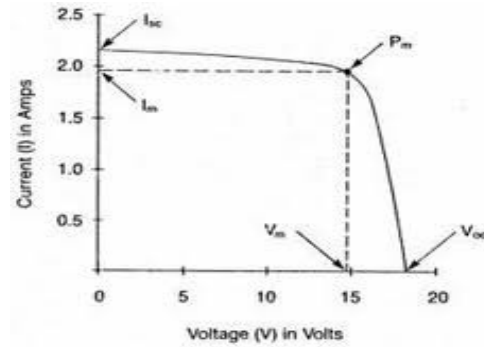
Sifat fisis dan kimia dari TiO<sub>2</sub> bergantung pada ukuran, morfologi dan struktur kristalnya. TiO<sub>2</sub> memiliki tiga bentuk kristal yaitu anatase, rutile, dan brookite. Kristal TiO<sub>2</sub> fase anatase memiliki kemampuan yang lebih aktif daripada rutile. Anatase dianggap sebagai fase yang paling menguntungkan untuk fotokatalisis dan konversi solar energi. TiO<sub>2</sub> hanya mampu menyerap sinar ultraviolet (350-380 nm). Untuk meningkatkan serapan spektra TiO<sub>2</sub> di daerah tampak, dibutuhkan lapisan zat warna yang akan menyerap cahaya tampak. Zat warna tersebut berfungsi sebagai *sensitizer*.

Jahe Merah termasuk rimpang umbi-umbian yang banyak terdapat di tanah Indonesia dan banyak dimanfaatkan sebagai bahan obat. Jahe Merah memiliki nama ilmiah *Zingiber officinale Linn Var. rubrum*. Antosianin jumlahnya 90-96% dari total senyawa fenol. Antosianin adalah bagian dari senyawa fenol yang tergolong flavonoid. Antosianin merupakan zat warna yang paling penting dan tersebar luas, pigmen memberikan warna pada tumbuhan tinggi dan mudah larut dalam air[3]. Pigmen ini berperan terhadap timbulnya warna pada bunga, daun, dan buah. Antosianin bersifat polar sehingga dapat dilarutkan pada pelarut polar seperti etanol, aseton, dan air. Berdasarkan tingkat polaritasnya antara antosiansin sebagai zat terlarut dan air sebagai pelarut tidak seimbang.

Ekstraksi adalah kegiatan penarikan kandungan kimia yang dapat larut sehingga terpisah dari bahan yang tidak dapat larut dalam pelarut cair. Diketuainya senyawa aktif yang dikandung oleh suatu bahan (simplisia) akan mempermudah pemilihan pelarut dan metode ekstraksi yang tepat[4].

Sifat kelistrikan dapat diukur dengan menggunakan

voltmeter dan amperemeter dengan variable beban. Pengukuran *fill factor* (*FF*) dan efisiensi ( $\eta$ ) solar energi menurut persamaan 1 [5], berdasarkan gravik I-V seperti ditunjukkan Gambar 2..



Gambar 2 Grafik I-V pada photovoltaic yang bekerja secara normal

$$FF = \frac{I_{max} \times V_{max}}{I_{sc} \times V_{oc}} \quad (1)$$

dimana *FF* = *fill factor*

*I max* = arus maksimum

*V max* = tegangan maksimum

*Isc* = arus yang dihasilkan pada keadaan *short circuit*

*V oc* = tegangan *input*

$$\eta(\%) = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 = \frac{I_{max} \times V_{max}}{P_{in}} \times 100 \quad (2)$$

## II. METODOLOGI

### A. Preparasi TiO<sub>2</sub> Nano

TiO<sub>2</sub> nano disintesis dengan metode kopresipitasi menggunakan bahan TiCl<sub>3</sub> PA dari Merck 20ml, HCl PA 20 ml, NH<sub>4</sub>OH PA 40-50ml, dan aquades 50 ml. Aquades sebanyak 50 ml dimasukkan dalam gelas beker, lalu ditambahkan larutan HCl pekat 20 ml, kemudian diletakkan sambil distirer perlahan. Larutan TiCl<sub>3</sub> 20 ml dituangkan ke dalam beker gelas sedikit demi sedikit sambil distirer. Setelah itu campuran tersebut distirer selama 30 menit. Kemudian ditambahkan larutan NH<sub>4</sub>OH sebanyak 40-50 ml diteteskan dengan pipet kaca dan distirer selama 1 jam. Setelah itu stirer dimatikan dan campuran dibiarkan selama 1 hari hingga larutan itu mengendap. Setelah terbentuk endapan barulah larutan itu dicuci dengan menggunakan aquades hingga tidak berbau lagi dan campuran berwarna putih. Setelah itu disaring dengan menggunakan kertas saring untuk mendapatkan substrat TiO<sub>2</sub>. Substrat yang diperoleh kemudian dioven dengan temperatur 400°C selama 3 jam menggunakan furnace. Butiran TiO<sub>2</sub> yang terbentuk diuji XRD untuk mengetahui ukuran kristalnya.

### B. Preparasi Elektroda Kerja

Elektroda kerja dibuat dari kaca konduktif ITO yang di atasnya dideposisi larutan TiO<sub>2</sub> nano dengan teknik *Spin Coating*. Cara membuat larutan TiO<sub>2</sub> nano yaitu dengan mencampurkan serbuk TiO<sub>2</sub> nano dengan larutan asam asetat dan Triton X-100. Larutan TiO<sub>2</sub> nano dibuat dengan 1 gr TiO<sub>2</sub>

nano ditambahkan 4 ml Asam asetat, distirer selama 30 menit, kemudian ditambahkan 5 tetes Triton X-100 dan distirrer kembali selama 30 menit. Pada penelitian digunakan dua variasi larutan yaitu larutan  $\text{TiO}_2$  yang dicampur dengan larutan dye ekstrak Jahe Merah dan tanpa dicampur dye. Untuk membuat larutan yang dicampur dye, cukup menambahkan 2 ml dye pada larutan yang dibuat tadi dan distirer selama 10 menit, agar semua tercampur merata.

Pada penelitian ini sel berupa substrat kaca ITO dengan ukuran sel  $2 \times 2$  cm. Larutan  $\text{TiO}_2$  yang telah disiapkan sebelumnya, diletakkan di atas permukaan kaca ITO yang tidak berselotip kemudian dilakukan teknik *spin coating* untuk pelapisannya di atas permukaan ITO. Agar deposisi  $\text{TiO}_2$  menjadi lebih baik, dilakukan sintering pada temperatur  $200^\circ\text{C}$  selama 10 menit. Kemudian didinginkan hingga mencapai temperatur ruang.

### C. Preparasi Dye Jahe Merah sebagai fotosensitizer

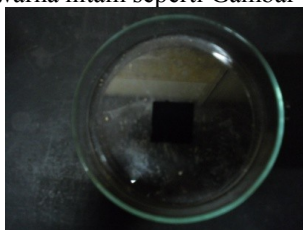
Pewarna yang digunakan dalam penelitian ini adalah ekstrak jahe merah. Jahe merah diekstrak dengan membuat bubuk dari jahe yang telah dikeringkan, kemudian bubuk tersebut dilarutkan dengan menggunakan air [6]. Setiap 25 gr bubuk jahe merah membutuhkan 125 ml air. Agar bahan lebih awet, maka bahan tersebut disimpan dalam lemari es dalam wadah yang rapat dan kedap udara. Untuk menguji daya serap dari ekstrak Jahe Merah yaitu dengan menggunakan UV-VIS spektrofotometri.

### D. Preparasi Larutan Elektrolit

Larutan elektrolit yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah pasangan redoks iodin dan Iodide ( $\text{I}^-/\text{I}_3^-$ ). Senyawa dalam pembuatan larutan elektrolit ini adalah Kalium Iodida (KI) 0.5 M, Iodine 0.05 M, dan pelarut air. Prosedur awal pembuatan larutan ini adalah mencampurkan 0.8 gram Kalium Iodide ke dalam 10 ml air, kemudian diaduk hingga rata. Selanjutnya ditambahkan 10 tetes iodine ke dalam larutan tersebut dan distirrer selama 10 menit. Simpan larutan dalam wadah yang tertutup.

### E. Pembuatan Elektroda Pembanding

Elektroda pembanding dibuat dengan kaca ITO yang dilapisi karbon. Adapun cara untuk melapisi karbon pada kaca ITO yaitu dengan menggores-goreskan Pensil 8B pada bagian konduktif kaca ITO kemudian dipanaskan di atas lilin hingga terbentuk lapisan berwarna hitam seperti Gambar 3.



Gambar 3 Elektroda Karbon

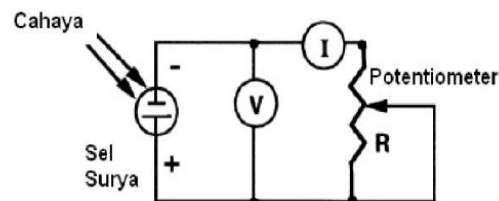
### F. Perangkaian DSSC

Setelah masing-masing komponen DSSC tersebut siap akan dilakukan perangkaian DSSC dengan prosedur sebagai berikut:

1. Elektroda kerja yang telah disiapkan, direndam dalam larutan dye selama 1 hari untuk elektroda kerja yang menggunakan larutan  $\text{TiO}_2$  tanpa dye (sampel A). Sehingga terjadi pewarnaan pada lapisan  $\text{TiO}_2$ . Sedangkan untuk larutan yang telah  $\text{TiO}_2$  yang telah dicampur dye (sampel B) cukup didiadakan saja.
2. Setelah itu disiapkan spacer dari film plastik dengan ukuran sama dengan design di atas dan diletakkan di atas substrat  $\text{TiO}_2$ . Kemudian larutan elektrolit diteteskan tepat di atas lapisan  $\text{TiO}_2$ . Setelah itu diletakkan elektroda pembanding diatas substrat  $\text{TiO}_2$  yang telah diberi spacer tadi, elektroda pembanding dipasang tidak sejajar untuk memudahkan pada saat pengujian. Setelah itu klip kertas dipasang untuk menguatkan kedua elektroda tersebut.

### G. Pengujian DSSC

Pengujian tegangan dan arus yang dihasilkan DSSC dilakukan di dalam ruangan dengan menggunakan cahaya lampu Halogen. Rangkaian pengujian arus dan tegangan seperti ditunjukkan Gambar 4.

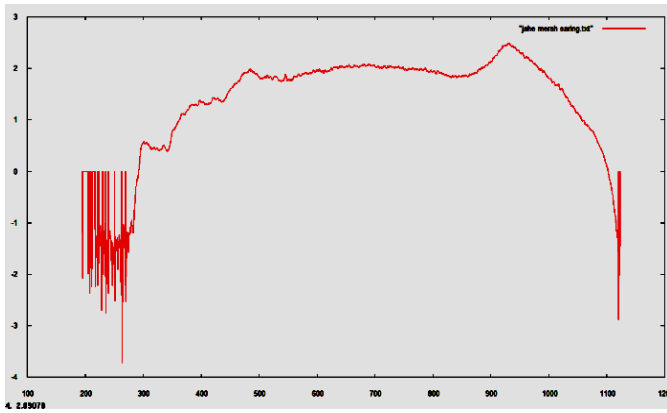


Gambar 4 Rangkaian Pengujian arus dan tegangan untuk DSSC

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### H. Hasil Uji Spektrofotometer UV Vis pada Dye Jahe Merah

Pengujian terhadap dye ekstrak Jahe Merah menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui absorbansi ekstrak Jahe Merah. Prinsip spektrofotometri adalah penyerapan cahaya oleh molekul-molekul. Molekul dapat menyerap radiasi dari daerah UV-Vis karena mengandung elektron, baik berpasangan maupun sendiri yang dapat dieksitasi ke tingkat energi yang lebih tinggi. Absorbansi terjadi bergantung pada kekuatan elektron terikat dalam molekul [7]. Hubungan antara absorbansi ekstrak dye Jahe Merah terhadap foton yang dipancarkan oleh sinar matahari yaitu absorbansi yang besar terhadap energi cahaya matahari pada permukaan sel surya dapat mengeksitasi elektron-elektron dari bahan semikonduktor  $\text{TiO}_2$  pada pita valensi ke pita konduksi, sehingga dapat menghasilkan arus listrik yang besar. Selain itu sifat transmitansi yang kecil akan meminimalkan energi foton yang terbuang [8]. Berikut ini hasil UV-Vis spektrofotometri pada Gambar 5 absorbansi jahe merah hampir merata pada seluruh panjang gelombang.

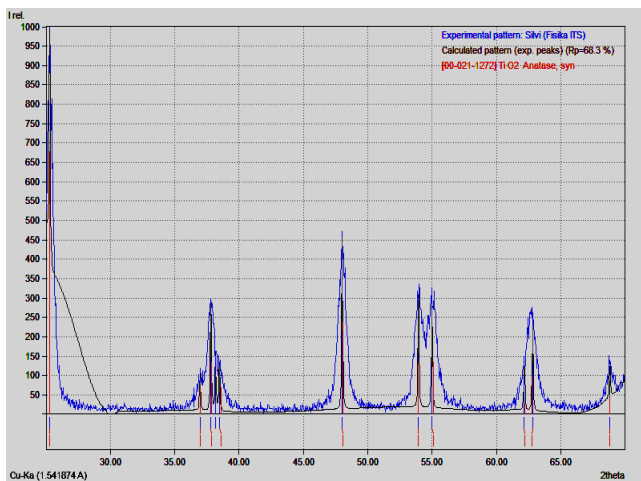


Gambar 5 Absorbansi dye jahe merah

Berdasarkan Gambar 5 Absorbansi dye jahe merah tampak merata pada seluruh rentang panjang gelombang dari 270-1100 nm. Dengan puncak terjadi pada 635-680 nm dan 950 nm. Dengan memiliki kemampuan absorbansi pada rentang panjang gelombang UV-Vis hingga NIR dapat dimungkinkan jahe merah ini mampu menyerap energi sinar matahari untuk memaksimalkan kinerja dari DSSC. Namun pada penelitian ini digunakan lampu halogen sebagai sumber cahaya polikromatis yang dapat menjangkau berbagai panjang gelombang sebagai pengganti cahaya matahari.

I. Hasil Uji XRD pada Serbuk TiO<sub>2</sub> Sebagai Bahan Semikonduktor

Bahan semikonduktor yang digunakan pada penelitian ini adalah TiO<sub>2</sub> nano partikel yang berfase anatase berdasarkan sintesis metode Koprstisipasi. Data kualitatif TiO<sub>2</sub> diperoleh dengan uji karakteristik difraktometer sinar-X ( XRD) dan untuk mengetahui ukuran nano pada TiO<sub>2</sub> dianalisa menggunakan software Rietica diperoleh ukuran serbuk TiO<sub>2</sub> polikristal anatase berukuran 14-16 nm. Informasi yang diperoleh dari uji XRD ini adalah intensitas dalam satuan cacah per detik pada sumbu y dan sudut hamburan 2θ yang diatur dari sudut 10° - 60° dapat dilihat pada Gambar 6.

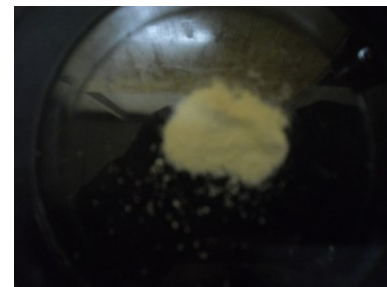


Gambar 6 Grafik hasil Uji XRD TiO<sub>2</sub>

Penggunaan TiO<sub>2</sub> nanopartikel fase anatase pada DSSC sangat potensial untuk mencapai efisiensi lebih tinggi dalam

mengubah cahaya menjadi listrik karena mempunyai kemampuan fotoaktif yang tinggi yaitu kemampuan penyerapan yang tinggi. TiO<sub>2</sub> fase anatase memiliki aktivitas fotokatalisis yang lebih tinggi dibandingkan dengan fase rutil dan brookite. Fotokatalisis adalah suatu proses yang dibantu oleh adanya cahaya dan material katalis. Dengan pencahayaan UV ( $\lambda < 405 \text{ nm}$ ) permukaan TiO<sub>2</sub> mempunyai kemampuan menginisiasi reaksi kimiawi. TiO<sub>2</sub> dengan struktur nanopori akan menaikkan kinerja sistem karena struktur nanopori mempunyai karakteristik luas permukaan yang tinggi sehingga akan menaikkan jumlah cahaya yang terabsorpsi [9].

TiO<sub>2</sub> memiliki beberapa sifat unik sebagai material semikonduktor pada DSSC. Band gap konduksinya berada dibawah tingkat energi tereksitasi dari berbagai dye agar keadaan injeksi elektron terjadi secara efisien. TiO<sub>2</sub> fase anatase memiliki konstanta dielektrik yang tinggi ( $\epsilon = 80$ ) menghasilkan penghalang gaya elektrostatik injeksi elektron dari oksidasi molekul dye yang menempel pada permukaan TiO<sub>2</sub>, kemudian mencegah rekombinasi sebelum reduksi dari dye oleh elektrolit redoks. Indeks bias dari TiO<sub>2</sub> ( $n = 2,5$  untuk anatase) menghasilkan penghamburan cahaya difus didalam elektroda yang porous sehingga dapat meningkatkan penyerapan cahaya. Berdasarkan lebarnya celah pita konduksinya anatase memiliki  $E_g = 3,2 \text{ eV}$ , dan rutil  $E_g = 3,0 \text{ eV}$  (berdasarkan batas penyerapan dari  $\lambda_g = 400 \text{ nm}$  dan  $\lambda_g = 420 \text{ nm}$ ). Gambar 7, menunjukkan foto serbuk TiO<sub>2</sub> nano pertikel fase anatase.

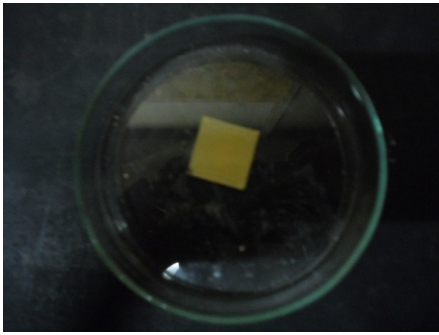


Gambar 7 Serbuk TiO<sub>2</sub> nano pertikel fase anatase

J. Hasil Deposisi Larutan TiO<sub>2</sub> Nano Partikel pada Substrat Kaca ITO

Pendeposisian lapisan TiO<sub>2</sub> pada substrat kaca ITO menggunakan *Spin Coating*. Metode ini dilakukan dengan meneteskan cairan pelapis yaitu larutan TiO<sub>2</sub> pada substrat kaca ITO dan kemudian diputar dengan kecepatan 500, 1000 dan 2000 rpm masing-masing 1 menit, 2 menit, dan 3 menit. Pada penelitian ini ukuran kaca ITO yang digunakan sebagai elektroda kerja adalah 2 cm × 2 cm. Sampel A substrat yang telah jadi dipanaskan dengan menggunakan hot plate pada suhu 200° C selama 10 menit untuk menghilangkan larutan CH<sub>3</sub>COOH yang terdapat pada larutan TiO<sub>2</sub>, kemudian dapat langsung diuji untuk mengukur arus dan tegangannya. Sedangkan pada sampel B mengalami perlakuan yang sama pemanasan, namun untuk pemberian dye masih harus ditetaskan dan didiamkan selama 24 jam agar dye meresap pada lapisan TiO<sub>2</sub>. Salah satu keunggulan dari sampel pertama yaitu lebih efisien waktu daripada sampel kedua. Gambar 8 menunjukkan hasil pendeposisian larutan TiO<sub>2</sub> nano fase

anatase pada kaca ITO dengan metode Spin Coating dan telah difurnish selama 10 menit pada suhu 200°C.

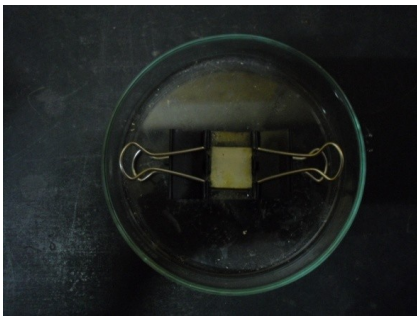


Gambar 8 Hasil pendeposisian larutan  $TiO_2$  pada kaca ITO

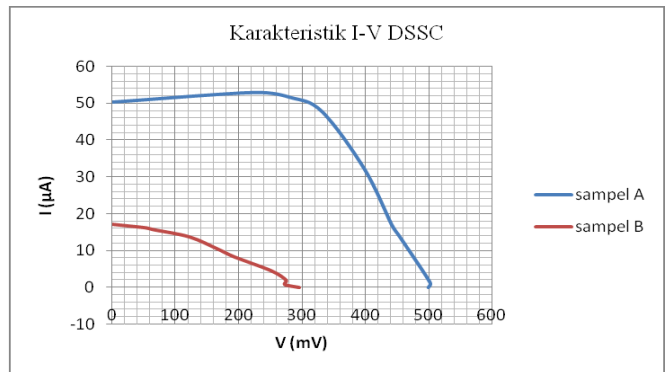
Metode *spin coating* memiliki hasil yang lebih baik dari pada metode *Doctor Blade* karena homogenitas larutan  $TiO_2$  fase anatase terkalsinasi dengan baik pada substrat sehingga mampu menyerap dye dengan maksimal [2].

#### K. Pengujian Daya yang Dihasilkan Oleh DSSC Berukuran $2\text{ cm} \times 2\text{ cm}$

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh metode pelapisan  $TiO_2$  pada kaca ITO sebagai elektroda kerja dengan membandingkan hasil pengukuran arus dan tegangan pada DSSC dengan variasi larutan  $TiO_2$  yang dicampur dengan beberapa tetes dye Jahe Merah dan tanpa dicampur dye Jahe Merah. Gambar 9 menunjukkan bentuk DSSC siap diuji. Gambar 10 menunjukkan karakteristik dari DSSC berdasarkan pengukuran tegangan dan arus secara bersamaan dengan menggunakan rangkaian yang terdiri dari dua buah multimeter yang digunakan untuk mengukur arus dan tegangan serta sebuah potensiometer sebagai beban dalam pengukuran arus, yang nampak pada rangkaian. Grafik yang berwarna merah menunjukkan pengukuran tegangan dan arus dari DSSC larutan  $TiO_2$  yang tanpa dicampur dye ekstrak jahe merah sedangkan grafik berwarna biru, pengukuran DSSC larutan  $TiO_2$  yang dicampur dye.



Gambar 9 DSSC siap diuji



Gambar 10 Grafik karakteristik I-V DSSC berukuran  $2\text{ cm} \times 2\text{ cm}$  dengan variasi dye yang dicampurkan pada larutan  $TiO_2$  (sampel A) dan dye yang diteteskan pada lapisan  $TiO_2$  (sampel B) pada substrat ITO.

Potensiometer yang digunakan pada pengukuran ini memiliki resistivitas 500 K $\Omega$ . Saat cahaya yang membawa energi foton mengenai DSSC, akan ada elektron dari dye yang mendesak elektron dari  $TiO_2$  tereksitasi dari pita konduksi ke pita valensi dan menuju elektroda kerja sehingga tercipta arus dalam DSSC, kemudian mengalir diluar rangkaian dan diukur tegangan melalui voltmeter dan arus diukur menggunakan amperemeter yang dirangkai secara seri dengan hambatan berupa potensiometer. Berdasarkan Gambar 10 dapat diketahui tegangan *open circuit*, arus *short circuit*, dan dihitung daya maksimum, serta *fill factor* dari DSSC tersebut adalah  $V_{oc}$  500 mV,  $I_{sc}$  0,05 mA,  $P_{max}$  15,87 mWatt,  $FF$  0,64 dan efisiensi 0,78 % untuk sampel A. Sedangkan untuk sampel B diperoleh  $V_{oc}$  296 mV,  $I_{sc}$  0,02 mA,  $P_{max}$  1,7368 mWatt,  $FF$  0,34 dan efisiensi sebesar 0,002%. Sebagai perbandingan, DSSC hasil penelitian Nasori [2] menggunakan metode deposisi yang sama dengan  $TiO_2$  yang berukuran 6-10 nm serta jahe merah sebagai dye sensitizer mampu mencapai efisiensi 0,0007%. Besarnya nilai yang diperoleh DSSC ini karena pada model ini telah digunakan isolasi sehingga meningkatkan ketahanan elektrolit dalam DSSC dan juga akibat pengaruh penempelan dye pada permukaan  $TiO_2$  yang meningkatkan efektifitas penyerapan energi sinar matahari.

#### IV. KESIMPULAN

Nilai hasil pengukuran DSSC tersebut adalah  $V_{oc}$  500 mV,  $I_{sc}$  0,05 mA,  $P_{max}$  15,87 mWatt,  $FF$  0,64 untuk sampel A. Sedangkan untuk sampel B diperoleh  $V_{oc}$  296 mV,  $I_{sc}$  0,02 mA,  $P_{max}$  1,7368 mWatt,  $FF$  0,34. Besarnya efisiensi dari sampel A dimungkinkan partikel-partikel dye menempel sempurna pada permukaan  $TiO_2$  sehingga meningkatkan penyerapan foton.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Puspita, Nurisma., (2012), "Studi Awal Pembuatan Prototype Dye Sensitizer Solar Cell (DSSC) Menggunakan ekstraksi Rosella (*Hibiscus Sabdariffa*) Sebagai Dye Sensitizer Dengan variabel Luas permukaan lapisan  $TiO_2$ ", Tugas Akhir, ITS Surabaya
- [2] Nasori, (2012), Pengembangan dan fabrikasi Dye Sensitized Solar Cell berbasis jahe Merah Dengan metode deposisi Spin Coating dan Doctor Blade. Thesis, Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, ITS Surabaya.

- [3] Durst, R. W., & Wrolstad, R. E., 2005. Unit F1.2: **Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-visible Spectroscopy**. In R. E. Wrolstad (Ed.), Handbook of analytical food chemistry (pp. 33–45). New York: John Wiley & Sons.
- [4] Treyball, R.E., (1981), —*Mass-Transfer Operations*l, 3rd ed, Mc Graw-Hill, New York, hal. 717-723
- [5] O’regan dan Gratzel, M.”**A low –Cost, High Efficiency Solar Cell Based On Dye Sensitized Colloidal TiO<sub>2</sub> Films**”. Nature Vol.353. Issue 6346, 737.1991
- [6] Spiro, M., Kandiah, M. and Price, W., (1990), —Extraction of ginger rhizome: kinetic studies with dichloromethane, ethanol,2-propanol and acetone–water mixture, *International Journal of Food Science and Technology*, 25, hal. 157–167.
- [7] [http://www.chem-is-try.org/artikel/kimia/kimia material/fotokatalis pada permukaan tio2/](http://www.chem-is-try.org/artikel/kimia/kimia%20material/fotokatalis%20pada%20permukaan%20tio2/)diakses 11 Januari 2013
- [8] Sastrohamidjojo, H, 1991,**Spektroskopi**. Yogyakarta.: Liberty
- [9] H. Zhang, J.F. Banfield. “Understanding Polymorphic Phase Transformation Behavior during Growth of Nanocrystalline Aggregates: Insights from TiO<sub>2</sub> “, *J Phys Chem B*, vol. 104, pp. 3481. 2000