

PERANCANGAN DSSC MENGGUNAKAN METODE DEPOSISI *SPIN COATING* PADA TiO₂ DENGAN DYE BERBAHAN EKSTRAK KLOROFIL DAUN PEPAYA

Abdul Harits Muzakki Alhawary, Ponco Siwindarto, Eka Maulana.

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jalan Mayjen Haryono 167 Malang 65145 – Telp (0341)567886
Email: abdulharitsmuzakki@gmail.com

ABSTRAK

Dalam penelitian ini, fabrikasi DSSC dilakukan dengan menggunakan metode deposisi *spin coating* untuk pelapisan TiO₂. Bahan organik yang digunakan adalah TiO₂ (*Titanium (IV) Oxide*) dan menggunakan ethanol PA sebagai pelarut dengan konsentrasi 98%. Substrat yang digunakan adalah kaca konduktif atau TCO (*Transparent Conductive Oxide*) yang dapat mengalirkan muatan listrik, dengan luasan 2x2 cm² dan resistansi 25 – 50 Ω/□. DSSC dirancang dengan struktur yang terdiri dari Kaca TCO atas sebagai fotoelektroda yang terlapisi pasta TiO₂, dye, dan elektrolit serta kaca TCO yang dilapisi karbon yang berfungsi sebagai *counter electrode*. Artikel ini membahas tentang fabrikasi DSSC dan karakterisasi keluaran DSSC. Parameter penelitian yang digunakan meliputi variasi kecepatan putar dan lama putaran deposisi TiO₂. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa puncak panjang gelombang absorbansi berada antara 300 nm sampai 500 nm. Semakin besar kecepatan putarnya, maka semakin tipis ketebalan lapisan TiO₂ serta semakin besar nilai tegangan, arus, dan daya yang dikeluarkan oleh DSSC. Sedangkan untuk lama putaran, semakin lama putaran maka lapisan TiO₂ semakin homogeny dan daya yang dikeluarkan tidak menunjukkan perbedaan hasil yang signifikan.

Kata Kunci: TiO₂, Fabrikasi DSSC, *Spin coating*, Karakterisasi DSSC.

ABSTRACT

In this paper, fabrication DSSC done using spin coating deposition methods for coating TiO₂. The organic material used is TiO₂ (*Titanium (IV) Oxide*) and ethanol use PA as a solvent with a concentration of 98%. The substrate used is a conductive glass or TCO (*Transparent Conductive Oxide*) which can deliver an electrical charge, with an area of 2x2 cm² and resistance of 25-50 Ω / □. DSSC is designed consecutively with a structure consisting of TiO₂ paste-coated TCO glass serving as photoelectrode, dye, an electrolyte and carbon-coated TCO glass that serves as a counter electrode. This article discusses the fabrication and output characterization of the DSSC. The Parameters used include variations of the rotational speed and duration of TiO₂ deposition. Based on the results showed that the peak absorbance wavelength is between 300 nm and 500 nm. The Output characterization of the DSSC is linear to the increase of rotational speed of the TiO₂ deposition. As for the duration of TiO₂ deposition, the power output is not showing any significant results.

Keywords: TiO₂, DSSC Fabrication, *Spin coating*, DSSC Characteristics.

PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan zaman, kebutuhan energi di Indonesia semakin meningkat. Energi yang selama ini merupakan salah satu sumber energi utama yaitu energi fosil, ketersediaannya sangat terbatas dan mulai menipis. (Kementerian ESDM, 2010). Energi matahari merupakan salah satu energi alternative yang dapat digunakan oleh manusia saat ini. Sebagian besar energi matahari diradiasikan sebagai panas. Masalah yang paling penting untuk merealisasikan sel surya

sebagai sumber energi alternative adalah efisiensi piranti sel surya dan biaya pembuatan (Trianiza, 2009). Berbeda dengan sel surya yang dikembangkan pada generasi sebelumnya, DSSC merupakan salah satu jenis sel surya organik dan cukup murah dalam proses fabrikasi jika dibandingkan dengan jenis sel surya lainnya (Hidayat, 2014).

Dye pada DSSC terbuat dari ekstraksi daun tumbuhan yang mengandung pigmen klorofil yang berperan sebagai penangkap cahaya (foton). Kemudian terjadi proses eksitasi

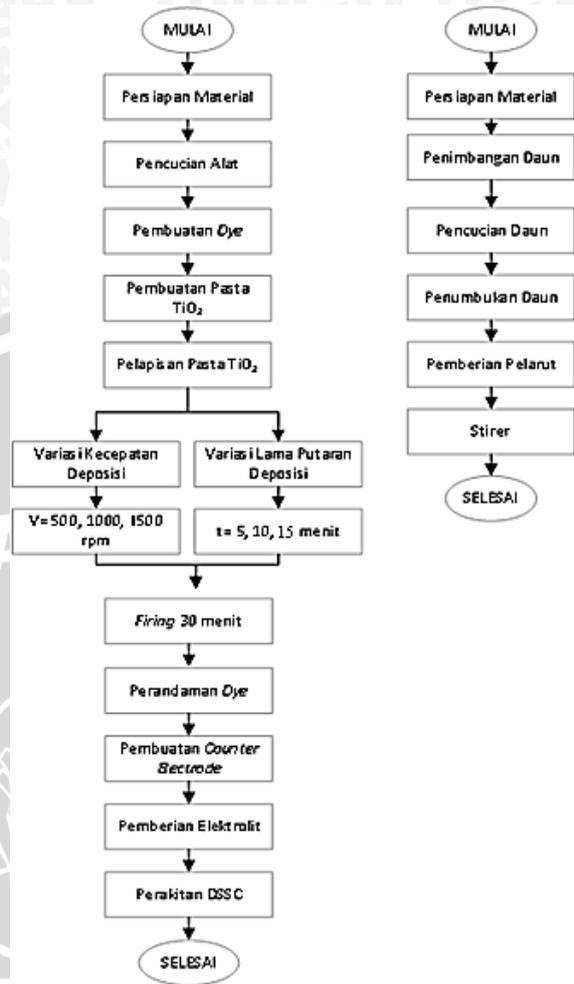
elektron pada molekul *dye* tersebut sehingga menghasilkan energi listrik. Oleh karena itu, kemampuan *dye* untuk menyerap foton menjadi karakteristik yang sangat penting pada *DSSC* karena tingkat absorpsi klorofil sangat berpengaruh pada panjang gelombang yang dapat diserap dan berpengaruh pada keluaran daya yang dihasilkan. Peningkatan efisiensi *DSSC* terus dikembangkan hingga berhasil mencapai nilai efisiensi sekitar 11% (Gratzel, 2003).

Pada penelitian ini digunakan metode deposisi TiO_2 *spin-coating*. Metode deposisi *spin coating* digunakan untuk mendapatkan nilai arus yang sebanding dengan kecepatan putar deposisi dan kehomogenan lapisan TiO_2 yang sebanding dengan lama putaran deposisi. (Purwanto, 2013). Karakterisasi dibutuhkan untuk mengetahui kemampuan TiO_2 mengikat *dye* dan selanjutnya akan berpengaruh terhadap daya luaran yang dihasilkan. *DSSC* telah diteliti dan dirancang menggunakan *dye* klorofil daun pepaya dan daun jarak. Tingkat absorpsi klorofil sangat bergantung pada konsentrasi klorofil yang dipengaruhi oleh jumlah daun yang digunakan, konsentrasi pelarut dan lama lama pelepasan klorofil. Desain *DSSC* dengan variasi konsentrasi klorofil dan konsentari pelarut telah dirancang (Sembiring, 2015). Dalam penelitian ini dilakukan variasi kecepatan dan lama putaran deposisi TiO_2 untuk mengetahui pengaruh terhadap daya keluaran *DSSC*.

METODE

Perancangan ini dimulai dengan menyiapkan semua alat dan bahan yang diperlukan, menyiapkan substrat, membuat pasta TiO_2 , melapiskan pasta TiO_2 pada substrat, *firing*, perakitan *DSSC*, pengujian dan analisis. Gambar 1. menunjukkan alur perancangan yang dilakukan dalam penelitian ini.

Kaca TCO yang digunakan dipotong dengan ukuran $2 \times 2 \text{ cm}^2$ dan kemudian kaca TCO tersebut direndam dalam ethanol selama 10 menit. *Dye* dibuat dengan cara daun pepaya dipisahkan dengan tulang daun dan ditimbang dengan berat mencapai 30 gram, daun pepaya dicuci dengan aquades dan dikeringkan, ditumbuk pada cawan porselin sampai halus, tumbukan daun pepaya dimasukkan kedalam 50 ml ethanol PA konsentrasi 98%.



Gambar 1. Diagram Alur Perancangan dan pembuatan larutan *dye*

Daun pepaya diaduk agar menghasilkan ekstraksi klorofil dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama 30 menit. ekstraksi klorofil dimasukkan ke dalam botol gelap yang dilapisi alumunium dan di diamkan selama 24 jam. kemudian ekstraksi disaring dengan kertas saring dengan ukuran $1 \mu\text{m}$ dan ditempatkan pada botol gelap yang dilapisi alumunium.

TiO_2 yang akan dideposisikan pada kaca TCO dibuat dalam bentuk pasta dengan membuat larutan pengikat, yaitu larutan yang terbuat dari campuran 1,5 gram *Polyvinyl Alcohol* (PVA) dan 13,5 ml aquades yang diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* pada temperatur 70°C s.d. 80°C selama 30 menit hingga larutan mengental dan homogen. Dan mencampurkan 0,5 gram bubuk TiO_2 dengan larutan pengikat sebanyak 7,5 ml dan diaduk hingga menjadi bentuk pasta. Diagram alur pembuatan pasta TiO_2 ditunjukkan pada Gambar 2.

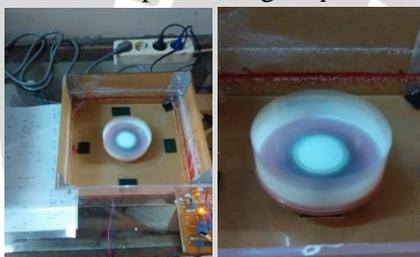




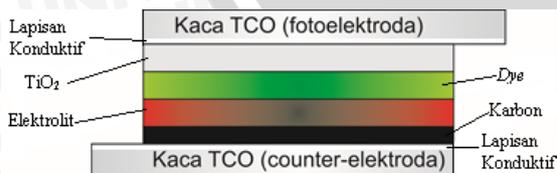
Gambar 2. diagram alur pembuatan pasta TiO²

Deposisi pasta TiO₂ dilakukan dengan metode *spin coating* dengan variasi kecepatan putar deposisi spin coating yaitu 500 rpm, 1000 rpm, 1500 rpm dengan lama lama putaran yang sama yaitu 10 menit dan variasi lama putaran deposisi spin coating yaitu 5, 10, 15 menit dengan kecepatan putar yang sama yaitu 1000 rpm. Proses deposisi TiO₂ dengan metode *spin coating* ditunjukkan pada Gambar 3.

Gambar 3. deposisi dengan *spin coating*



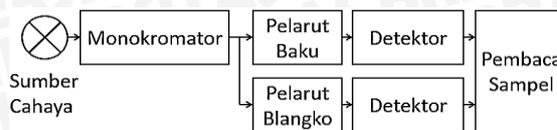
Setelah proses *firing*, TiO₂ direndam pada larutan *dye* selama 30 menit. TiO₂ yang telah direndam, ditetesi larutan elektrolit yang dibuat dengan langkah mencampur 0,83 gram (0,5 M) Potassium Iodide (KI) dengan 1 ml aquades dan 9ml acetonitrile, tambahkan 0,127 gram (0,05 M) Iodide (I₂) kedalam larutan tersebut dan diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama 30 menit. *Counter electrode* dibuat dengan melapiskan karbon pada kaca substrat.



Gambar 4. Struktur berlapis DSSC

Perakitan DSSC menggunakan struktur berlapis yang dilakukan sesuai dengan Gambar 4.

Pengujian absorbansi klorofil dengan blangko ethanol PA menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 300-800 nm.

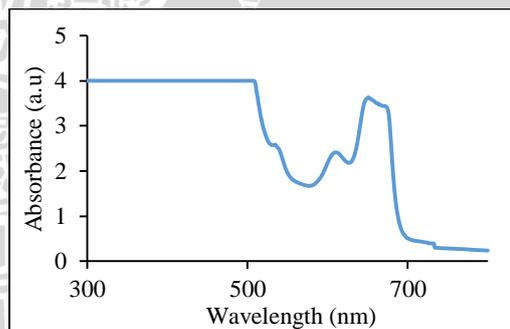


Gambar 5. Prinsip Kerja Spektrofotometer

Larutan *dye* dimasukkan dalam kuvet menggunakan mikropipet, kemudian kuvet tersebut diletakkan dalam *drive cell* untuk ditembakki cahaya dan dihitung absorbansinya. Cara kerja tersebut seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5. Hasil pembacaan dari detector pelarut baku (*dye*) dikurangi dengan hasil pembacaan dari detector pelarut blangko.

HASIL DAN PEMBAHASAN

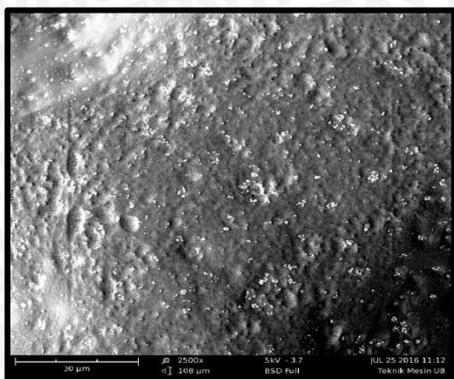
Berdasarkan observasi spektrofotometer UV-VIS tipe UV-1800, ditunjukkan bahwa puncak panjang gelombang absorbansi *dye* yang dilarutkan dalam ethanol PA 98% berada antara 300 nm sampai 500 nm seperti dalam Gambar 6.



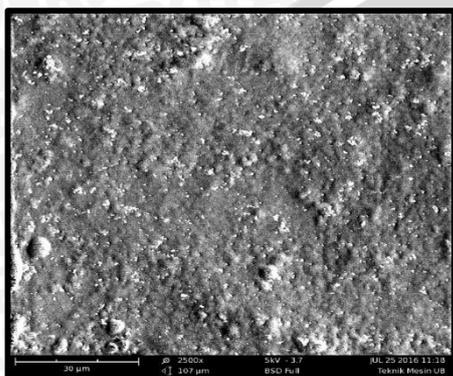
Gambar 6. Grafik Absorbansi daun pepaya

Pengujian pengukuran ketebalan dan morfologi permukaan TiO₂ dilakukan di Laboratorium Sentral Teknik Mesin Univ. Brawijaya dengan alat SEM. Tampilan hasil pengujian ketebalan dan permukaan lapisan TiO₂ ditunjukkan pada gambar 7 sampai gambar 9.



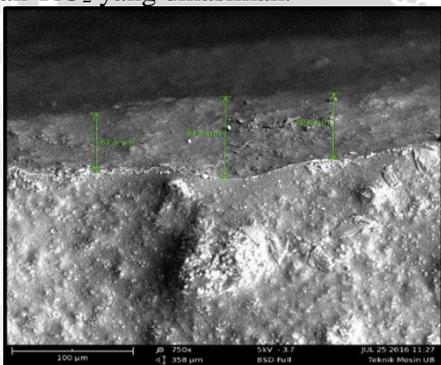


Gambar 7 permukaan variasi *spin coating* 5 menit

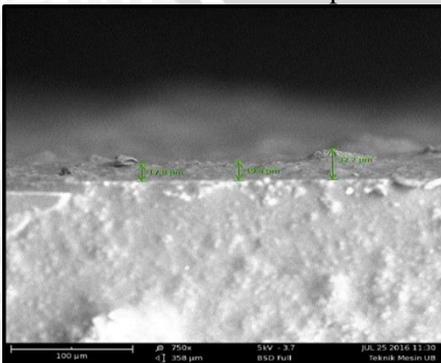


Gambar 8 permukaan variasi *spin coating* 15 menit

Pada Gambar 7 dan 8, dapat ditunjukkan bahwa semakin lama waktu putaran *spin coating*, maka semakin homogen dan merata lapisan TiO₂ yang dihasilkan.



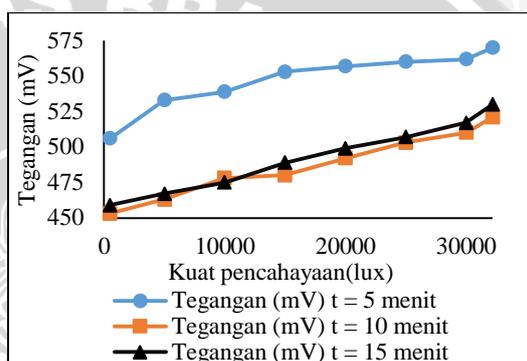
Gambar 9 ketebalan variasi kecepatan 500 rpm



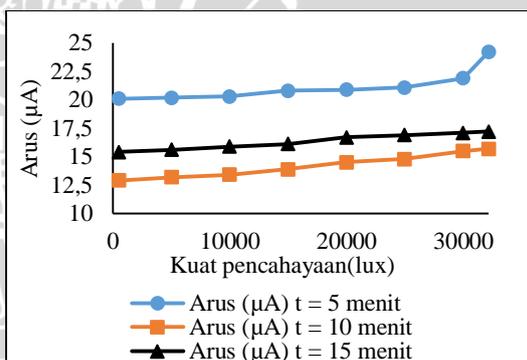
Gambar 10 ketebalan variasi kecepatan 1500rpm

Pada gambar 9 didapatkan rata-rata ketebalan adalah 73,6 μm dan pada gambar 10 didapatkan rata-rata ketebalan adalah 23,2 μm. hal ini menunjukkan semakin cepat putaran maka semakin tipis lapisan TiO₂ yang didapatkan.

Pengujian tegangan dan arus terhadap kuat pencahayaan menggunakan lampu merkuri Philips 250 W. Pengujian variasi lama putaran terdiri atas lama putaran 5 menit, lama putaran 10 menit dan lama putaran 15 menit. Dimana masing-masing kecepatan putarnya adalah 1000 rpm. Hasil pengujian arus dan tegangan untuk variasi lama putaran *spin coating* ditunjukkan pada gambar 11 dan 12.



Gambar 11. Hasil pengujian tegangan variasi lama putaran *spin coating*



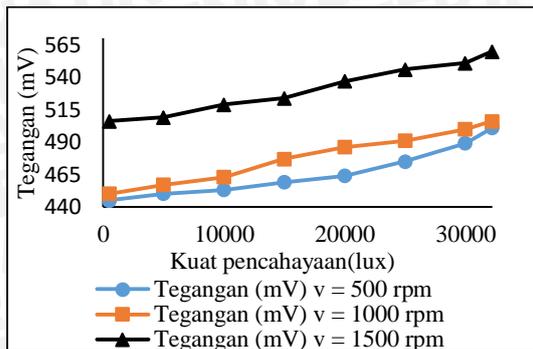
Gambar 12. Hasil pengujian arus variasi lama putaran *spin coating*

Pada gambar 11, ditunjukkan bahwa tegangan keluaran paling besar adalah variasi lama putaran 5 menit pada 32200 lux sebesar 570 mV. Pada gambar 12, dijelaskan bahwa arus keluaran paling besar adalah variasi lama putaran 5 menit pada 32200 lux sebesar 24,2 μA.

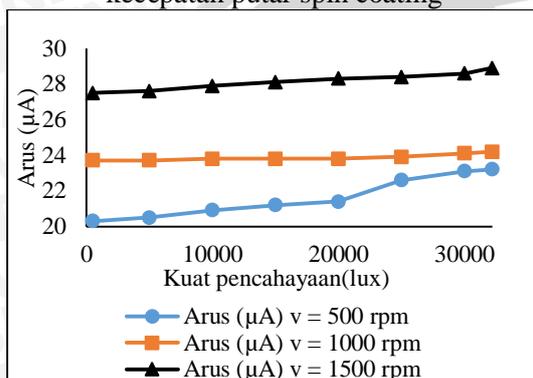
Pengujian variasi kecepatan putar terdiri atas kecepatan putar 500 rpm, kecepatan putar 1000 rpm dan kecepatan putar 1500 rpm. Dimana masing-masing lama putarnya adalah 10 menit. Hasil pengujian tegangan dan



arus untuk variasi kecepatan putar *spin coating* ditunjukkan pada gambar 13 dan 14.



Gambar 13 Grafik pengujian tegangan variasi kecepatan putar *spin coating*

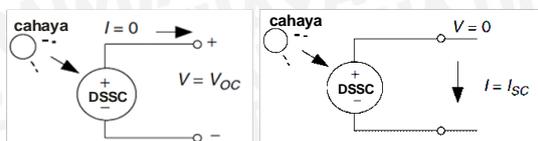


Gambar 14 Grafik pengujian arus variasi kecepatan putar *spin coating*

Pada gambar 13, ditunjukkan bahwa tegangan keluaran paling besar adalah variasi kecepatan putar 1500 rpm pada 32200 lux sebesar 560 mV. Pada gambar 14, dijelaskan bahwa arus keluaran paling besar adalah variasi kecepatan putaran 1500 rpm pada 32200 lux sebesar 28,9 µA.

Pengujian karakterisasi *DSSC* dilakukan dengan menggunakan lampu LED 7 watt dengan kuat pencahayaan sebesar 50000 lux. Pengujian dilakukan dengan cara mengukur tegangan hubung terbuka (V_{oc}) dan arus hubung singkat (I_{sc}) menggunakan rangkaian uji.

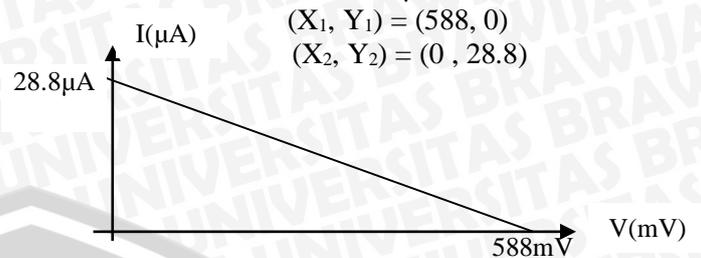
Setelah V_{oc} dan I_{sc} didapatkan, kemudian dicari V_{mpp} dan I_{mpp} untuk mendapatkan FF (*Fill Factor*) dan daya maksimum (P_{max}).



Gambar 10. Rangkaian Pengukuran V_{oc} (kiri) dan Rangkaian Pengukuran I_{sc} (kanan)

Pengujian karakteristik daya output variasi lama putaran 5 menit

$$V_{oc} = 588 \text{ mV} ; I_{sc} = 28,8 \text{ } \mu\text{A}$$



$$m = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} = \frac{28,8 - 0}{0 - 588} = -0,04898$$

$$y = -0,04898x + 28,8$$

Berikut hasil perhitungan V_{mpp} dan I_{mpp} *DSSC* variasi lama putaran 5 menit tabel 1.

Tabel 1. Hasil Perhitungan V_{mpp} dan I_{mpp} *DSSC* variasi lama putaran 5 menit

x(mV)	y(µA)	x,y
0	28,8	0
42	26,74286	1123,2
84	24,68571	2073,6
126	22,62857	2851,2
168	20,57143	3456
210	18,51429	3888
252	16,45714	4147,2
294	14,4	4233,6
336	12,34286	4147,2
378	10,28571	3888
420	8,228571	3456
462	6,171429	2851,2
504	4,114286	2073,6
546	2,057143	1123,2
588	0	0

$$FF = \frac{V_{mpp} \times I_{mpp}}{V_{oc} \times I_{sc}} = \frac{294 \times 14,4}{588 \times 28,2} = 0,25$$

$$P_{max} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF$$

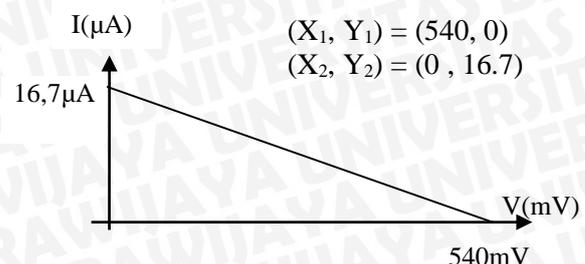
$$= 588 \times 28,8 \times 0,25$$

$$= 4,2336 \times 10^{-6} \text{ watt}$$

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{cahaya}} \times 100\% = 0,00006048 \%$$

Pengujian karakteristik daya output variasi lama putaran 10 menit

$$V_{oc} = 540 \text{ mV} ; I_{sc} = 16,7 \text{ } \mu\text{A}$$



$$m = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} = \frac{16,7 - 0}{0 - 540} = -0,03093$$

$$y = -0,03093x + 16,7$$

Berikut hasil perhitungan V_{mpp} dan I_{mpp} DSSC variasi lama putaran 10 menit tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan V_{mpp} dan I_{mpp} DSSC variasi lama putaran 10 menit

x(mV)	y (μA)	x.y
0	16,7	0
45	15,30833	688,875
90	13,91667	1252,5
135	12,525	1690,875
180	11,13333	2004
225	9,741667	2191,875
270	8,35	2254,5
315	6,958333	2191,875
360	5,566667	2004
405	4,175	1690,875
450	2,783333	1252,5
495	1,391667	688,875
540	0	0

$$FF = \frac{V_{mpp} \times I_{mpp}}{V_{oc} \times I_{sc}} = \frac{270 \times 8,35}{540 \times 16,7} = 0,25$$

$$P_{max} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF$$

$$= 540 \times 16,7 \times 0,25$$

$$= 2,2545 \times 10^{-6} \text{ watt}$$

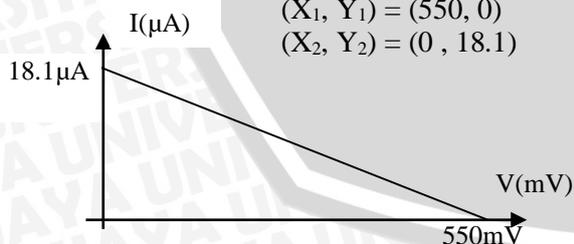
$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{cahaya}} \times 100\% = 0,0000322 \%$$

Pengujian karakteristik daya output variasi lama putaran 15 menit

$$V_{oc} = 550 \text{ mV} ; I_{sc} = 18,1 \mu\text{A}$$

$$(X_1, Y_1) = (550, 0)$$

$$(X_2, Y_2) = (0, 18,1)$$



$$m = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} = \frac{18,1 - 0}{0 - 550} = -0,03291$$

$$y = -0,03291x + 18,1$$

Berikut hasil perhitungan V_{mpp} dan I_{mpp} DSSC variasi lama putaran 15 menit tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan V_{mpp} dan I_{mpp} DSSC variasi lama putaran 15 menit

x(mV)	y (μA)	x.y
0	18,1	0
25	17,27727	431,9318
50	16,45455	822,7273
75	15,63182	1172,386
100	14,80909	1480,909
125	13,98636	1748,295
150	13,16364	1974,545
175	12,34091	2159,659
200	11,51818	2303,636
225	10,69545	2406,477
250	9,872727	2468,182
275	9,05	2488,75
300	8,227273	2468,182
325	7,404545	2406,477
350	6,581818	2303,636
375	5,759091	2159,659
400	4,936364	1974,545
425	4,113636	1748,295
450	3,290909	1480,909
475	2,468182	1172,386
500	1,645455	822,7273
525	0,822727	431,9318
550	0	0

$$FF = \frac{V_{mpp} \times I_{mpp}}{V_{oc} \times I_{sc}} = \frac{275 \times 9,05}{550 \times 18,1} = 0,25$$

$$P_{max} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF$$

$$= 550 \times 18,1 \times 0,25$$

$$= 2,4887 \times 10^{-6} \text{ watt}$$

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{cahaya}} \times 100\% = 0,0000355 \%$$

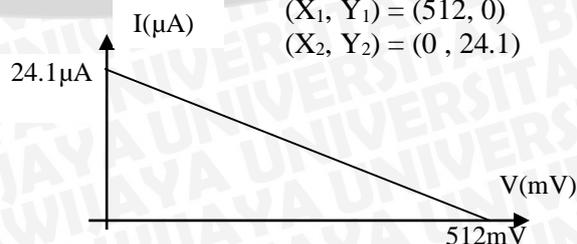
Pada variasi lama putaran, daya paling besar dikeluarkan oleh variasi 5 menit yaitu sebesar $4,2336 \times 10^{-6}$ watt dan variasi lainnya tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan yaitu $2,2545 \times 10^{-6}$ watt dan $2,4887 \times 10^{-6}$ watt.

Pengujian karakteristik daya output variasi kecepatan putar 500 rpm.

$$V_{oc} = 512 \text{ mV} ; I_{sc} = 24,1 \mu\text{A}$$

$$(X_1, Y_1) = (512, 0)$$

$$(X_2, Y_2) = (0, 24,1)$$



$$m = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} = \frac{24,1 - 0}{0 - 512} = -0,04707$$

$$y = -0,04707x + 24,1$$

Berikut hasil perhitungan V_{mpp} dan I_{mpp} DSSC variasi kecepatan putar 500 rpm tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan V_{mpp} dan I_{mpp} DSSC variasi kecepatan putar 500 rpm

x(mV)	y (μA)	x.y
0	24,1	0
51,2	21,69	1110,528
102,4	19,28	1974,272
153,6	16,87	2591,232
204,8	14,46	2961,408
256	12,05	3084,8
307,2	9,64	2961,408
358,4	7,23	2591,232
409,6	4,82	1974,272
460,8	2,41	1110,528
512	0	0

$$FF = \frac{V_{mpp} \times I_{mpp}}{V_{oc} \times I_{sc}} = \frac{256 \times 12,05}{512 \times 24,1} = 0,25$$

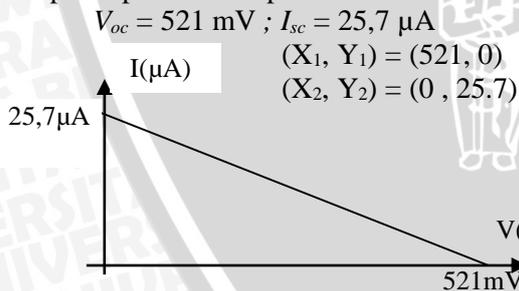
$$P_{max} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF$$

$$= 512 \times 24,1 \times 0,25$$

$$= 3,0848 \times 10^{-6} \text{ watt}$$

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{cahaya}} \times 100\% = 0,0000441 \%$$

Pengujian karakteristik daya output variasi kecepatan putar 1000 rpm.



$$m = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} = \frac{25,7 - 0}{0 - 521} = -0,04933$$

$$y = -0,04933x + 25,7$$

Berikut hasil perhitungan V_{mpp} dan I_{mpp} DSSC variasi kecepatan putar 1000 rpm tabel 5.

Tabel 5. Hasil Perhitungan V_{mpp} dan I_{mpp} DSSC variasi kecepatan putar 1000 rpm

x(mV)	y (μA)	x.y
0	25,7	0
26,05	24,415	636,0108
52,1	23,13	1205,073
78,15	21,845	1707,187
104,2	20,56	2142,352
130,25	19,275	2510,569
156,3	17,99	2811,837
182,35	16,705	3046,157
208,4	15,42	3213,528
234,45	14,135	3313,951
260,5	12,85	3347,425
286,55	11,565	3313,951
312,6	10,28	3213,528
338,65	8,995	3046,157
364,7	7,71	2811,837
390,75	6,425	2510,569
416,8	5,14	2142,352
442,85	3,855	1707,187
468,9	2,57	1205,073
494,95	1,285	636,0108
521	0	0

$$FF = \frac{V_{mpp} \times I_{mpp}}{V_{oc} \times I_{sc}} = \frac{260,5 \times 12,85}{521 \times 25,7} = 0,25$$

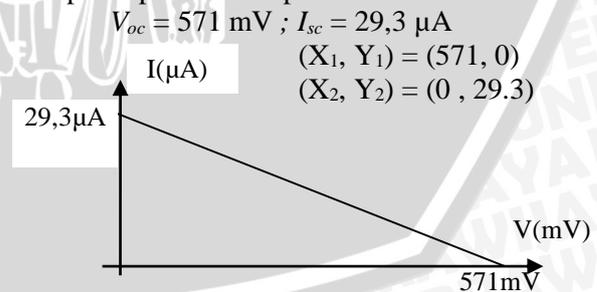
$$P_{max} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF$$

$$= 521 \times 25,7 \times 0,25$$

$$= 3,3474 \times 10^{-6} \text{ watt}$$

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{cahaya}} \times 100\% = 0,0000478 \%$$

Pengujian karakteristik daya output variasi kecepatan putar 1500 rpm.



$$m = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} = \frac{29,3 - 0}{0 - 571} = -0,05131$$

$$y = -0,05131x + 29,3$$

Berikut hasil perhitungan V_{mpp} dan I_{mpp} DSSC variasi kecepatan putar 1500 rpm tabel 6.

Tabel 6. Hasil Perhitungan V_{mpp} dan I_{mpp} DSSC variasi kecepatan putar 1500 rpm

x(mV)	y (μA)	x.y
0	29,3	0
28,55	27,835	794,6893
57,1	26,37	1505,727
85,65	24,905	2133,113
114,2	23,44	2676,848
142,75	21,975	3136,931
171,3	20,51	3513,363
199,85	19,045	3806,143
228,4	17,58	4015,272
256,95	16,115	4140,749
285,5	14,65	4182,575
314,05	13,185	4140,749
342,6	11,72	4015,272
371,15	10,255	3806,143
399,7	8,79	3513,363
428,25	7,325	3136,931
456,8	5,86	2676,848
485,35	4,395	2133,113
513,9	2,93	1505,727
542,45	1,465	794,6892
571	0	0

$$FF = \frac{V_{mpp} \times I_{mpp}}{V_{oc} \times I_{sc}} = \frac{285,5 \times 14,65}{571 \times 29,3} = 0,25$$

$$P_{max} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF$$

$$= 571 \times 29,3 \times 0,25$$

$$= 4,1825 \times 10^{-6} \text{ watt}$$

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{cahaya}} \times 100\% = 0,0000598\%$$

Pada variasi kecepatan putar, semakin besar kecepatan putarnya maka daya yang dihasilkan semakin besar. Pada variasi kecepatan putar 1500 rpm didapatkan daya keluaran terbesar yaitu $4,1825 \times 10^{-6}$ watt. Sedangkan daya paling kecil dihasilkan oleh variasi kecepatan putar 500 rpm yaitu $3,0848 \times 10^{-6}$ watt.

Pada pengujian tegangan dan arus terhadap intensitas cahaya menggunakan lampu merkuri Philips 250 W, didapatkan bahwa nilai tegangan dan arus pada variasi lama lama putaran tidak terlalu berbeda secara signifikan. Sedangkan nilai tegangan dan arus pada variasi kecepatan putar semakin besar seiring dengan semakin cepatnya putaran.

Berdasarkan pengujian tegangan dan arus terhadap kuat pencahayaan dan perhitungan karakteristik DSSC, didapatkan bahwa semakin besar kecepatan putaran deposisi *spin coating*

maka semakin tipis lapisan TiO_2 yang dihasilkan. Dengan semakin tipisnya lapisan TiO_2 maka hambatan pada lapisan tersebut semakin kecil. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian (Rahayu S, 2012) yang menunjukkan bahwa kecepatan pertumbuhan menurun akibat semakin bertambahnya ketebalan lapisan yang menyebabkan semakin besar pula hambatan pada elektroda terdeposisi. Hal tersebut menyebabkan tegangan, arus dan daya yang dikeluarkan DSSC semakin besar seiring dengan semakin besarnya kecepatan putaran *spin coating*.

Semakin lama waktu putaran *spin coating*, maka semakin homogen lapisan TiO_2 yang dihasilkan. Pada variasi waktu putaran *spin coating* ini, perbedaan waktu variasi tidak menunjukkan perubahan yang terlalu signifikan pada tegangan, arus dan daya yang dikeluarkan DSSC. Hal ini sesuai dengan penelitian (Purwanto, 2013) yang menunjukkan bahwa kecepatan putaran *spin coating* mempengaruhi seberapa arus yang dikeluarkan, sedangkan lama pemutaran *spin coating* berpengaruh terhadap kehomogenan lapisan yang dibuat.

Pada variasi waktu putaran *spin coating* memiliki tegangan keluaran DSSC yang lebih besar dan arus keluaran DSSC yang lebih kecil dibandingkan dengan variasi kecepatan putaran *spin coating*. Hal yang dimungkinkan menjadi faktor penyebab perbedaan keluaran DSSC tersebut adalah pada saat pengujian menggunakan lampu merkuri, temperatur lampu melebihi $40^\circ C$. Hal ini menyebabkan *dye* pada DSSC dapat menguap akibat temperatur yang dipancarkan oleh lampu semakin meningkat dan dapat menurunkan performa dari DSSC tersebut. Pada pelaksanaannya dimungkinkan alat ukur temperatur yang digunakan kurang presisi sehingga menyebabkan kesalahan pembacaan terhadap temperatur sesungguhnya pada lampu pengujian. Selain itu intensitas cahaya yang bersumber dari selain lampu pengujian dan kondisi tempat penyimpanan DSSC dapat menyebabkan perbedaan nilai keluaran DSSC.

Pada perancangan sampel DSSC variasi waktu putaran *spin coating* 5 menit dengan kecepatan putaran *spin coating* 1000 rpm, didapatkan nilai tegangan, arus dan daya keluaran yang lebih besar dibandingkan dengan variasi waktu putaran *spin coating* 10 menit dan 15 menit dengan kecepatan putaran *spin coating* yang sama. Hal tersebut dimungkinkan terjadi karena tingkat kesegaran *dye* menurun yang

menyebabkan menurunnya daya absorbansi cahaya oleh *dye* yang dapat mempengaruhi keluaran dari *DSSC*.

KESIMPULAN

Kesimpulan fabrikasi dan analisis karakteristik keluaran *DSSC* (*Dye-Sensitized Solar Cell*) dengan menggunakan metode deposisi *spin coating* adalah sebagai berikut:

- a. Semakin cepat kecepatan *spin coating* maka semakin tipis ketebalan pada lapisan TiO_2 . Pada variasi 1500 rpm didapatkan ketebalan paling tipis dengan rata-rata 23,2 μm . Semakin lama waktu putaran *spin coating* maka semakin merata tingkat homogenitas atau persebaran TiO_2 . Nilai absorbansi *dye* tertinggi berada pada panjang gelombang diantara 300 nm hingga 500 nm dengan nilai absorbansi 4 a.u. namun pada pengujian menggunakan lampu merkuri, panjang gelombang yang digunakan antara 400 nm hingga 600 nm dengan nilai absorbansi.
- b. Semakin cepat kecepatan putar *spin coating*, maka semakin besar nilai tegangan, arus dan daya yang dikeluarkan semakin meningkat. Pada penelitian ini didapatkan nilai tegangan terbesar 560 mV, nilai arus terbesar 28,9 μA , dan nilai daya terbesar $4,1825 \times 10^{-6}$ watt pada variasi kecepatan putar *spin coating* 1500 rpm.
- c. Semakin lama waktu putaran *spin coating* maka nilai tegangan, arus dan daya yang dihasilkan pada variasi waktu putaran *spin coating* 10 menit dan 15 menit, tidak menunjukkan perubahan yang signifikan yaitu . Namun pada pembuatan *DSSC* dengan variasi waktu putaran 5 menit menghasilkan tegangan, arus dan daya yang besar, dikarenakan *dye* yang digunakan masih baru diekstrak dibandingkan dengan *dye* pada variasi waktu putaran 10 dan 15 menit.

SARAN

Perancangan dan analisis *DSSC* dengan variasi kecepatan putar dan lama putaran *spin coating* ini belum sempurna. Pada penelitian lebih lanjut, disarankan dalam proses perendaman kaca *TCO* pada larutan *dye*, digunakan *dye* yang sama pada tingkat kesegarannya. Agar nilai tegangan, arus dan daya bisa menunjukkan nilai yang sesuai dengan karakteristik dari variasi yang digunakan. Dikarenakan belum adanya informasi mengenai pengaruh kesegaran *dye* terhadap keluaran *DSSC*.

Dan pada proses deposisi pasta TiO_2 untuk menggunakan *spin coater* yang lebih optimal dan sudah teruji secara standar. Dikarenakan dalam fabrikasi pasta TiO_2 masih menggunakan *spin coater* yang belum dapat dipastikan keoptimalannya karena alat tersebut merupakan hasil perancangan mahasiswa Teknik Elektro Universitas Brawijaya, sehingga diperlukan alat yang sudah teruji secara standar.

DAFTAR PUSTAKA

- Birnie, Dunbar P. 2005. *MBE – Molecular Beam Epitaxial Growth of Semiconductors*. Department of Material Science and Engineering Rutgers University.
- Dorf, Richard C. 1997. *The Electrical Engineering Handbook Second Edition*. CRC Press. United States of America.
- Ekasari, Vitriany., Gatut Yudhoyono. 2013. *Fabrikasi DSSC dengan Dye Ekstrak Jahe Merah (Zingiber Officinale Linn Var. Rubrum) Variasi Larutan TiO_2 Nanopartikel Berfase Anatase dengan Teknik Pelapisan Spin Coating*. Jurusan Fisika. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Frankhauser. 2011. Spectrophotometer Use and Beer's Law. <http://biology.clc.uc.edu/courses/bio111/Berslaw%20Intro.htm>. Diakses pada 2 Juli 2015.
- Grätzel, Michael. 2005. *Photovoltaic performance and long-term stability of dye-sensitized meoscopic solar cells*. Laboratory for Photonics and Interfaces, École polytechnique fédérale, CH-1015 Lausanne, Switzerland.
- Guttman, W. Hopkins. 1983. *Understanding Biology*. New York : Harcourt Brace Jovanovich, Inc.
- Hidayat, Aldy Satria., Mamat Rokhmat., dan Ahmad Qurthobi. 2014. *Pengaruh Suhu dan Kecepatan Putar Spin Coating Terhadap Kinerja Sel Surya Berbahan Dasar TiO_2* . Universitas Telkom. Bandung.
- Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2012. *Kajian Indonesia Energy Outlook*. Pusat Data dan Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral.

- Kumara, Maya Sukma Widya, Drs. Gontjang Prajitno, M.Si. 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 : Digilib ITS.
- Nuryadi, Ratno. 2012. *Fabrikasi Sel Surya Tersensitasi Zat Warna Bebasis Semikonduktor TiO₂ dengan Metode Elektrofosis*. Pusat Teknologi Material, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT). Jakarta.
- Pasquarelli, Robert. 2011. *Solution Processing of Transparent Conductors: From Flask to Film*. Chemical Society Reviews.
- Pramono, Sholeh Hadi., Eka Maulana., dan Teguh Utomo. 2013. *Organic Solar Cell based on Extraction of Papaya (Carica papaya) and Jatropha (Ricinus communis) leaves in DSSC (Dye Sensitized Solar Cell)*. Proceeding of International Conf. on Edu. Tech and Science: 248-251.
- Purwanto, Romli., dan Gontjang Prajitno. 2013. *Variasi Kecepatan dan Waktu Pemutaran Spin Coating dalam Pelapisan TiO₂ untuk Pembuatan dan Karakterisasi Prototipe DSSC dengan Ekstraksi Kulit Manggis (Garcinia Mangostana) sebagai Dye Sensitizer*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Rahayu, S., R. Nuryadi., L. Aprilia., dan H. Purwati. 2012. *Pengaruh Tegangan dan Waktu Deposisi Terhadap Pelapisan TiO₂ dengan Metode Elektroforesis*. Pusat Teknologi Material, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT). Jakarta.
- Santoso. 2004. *Fisiologi Tumbuhan*. Bengkulu : Universitas Muhammadiyah Bengkulu.
- Sembiring, Muhammad. Aulia. Rahman. 2015. *PENGARUH VARIASI KETEBALAN TITANIUM DIOKSIDA (TiO₂) TERHADAP DAYA KELUARAN DYE-SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC)*. Fakultas Teknik. Universitas Brawijaya. Malang
- Septina,Septina dkk., Dimas Fajarisandi., dan Mega Aditia. 2007. *Pembuatan Prototipe Solar Cell Murah dengan Bahan Organik-Inorganik*. Penghargaan PT. Rekayasa Industri Penelitian Bidang Energi. Jakarta.
- Trianiza, Ice., dan Gatut Yudoyono, 2009. *Fabrikasi DSSC (Dye Sensitized Solar Cell) dengan Teknik Pelapisan Spin Coating Menggunakan Kaca ITO dan FTO sebagai Substrat dan Variasi Jahe Merah (Zingiber Officinale Var Rubrum) sebagai Dye Sensitiser*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- Uthirakumar, A. P., 2011. *Fabrication of ZnO Based Dye Sensitized Solar Cells*. Nanoscience Centre for Optoelectronics and Energy Devices, Sona College of Technology.
- Zhang, H., dan Banfield. 2000. *Understanding Polymorphic Phase Transformation Behavior during Growth of Nanocrystalline Aggregates: Insights from TiO₂*. J-Phys Chem B, vol. 104