

Perbandingan Efisiensi *Dye-sensitized Solar Cell* Berdasarkan Ekstrak Buah Naga, Kol Merah Dan Anggur Dengan Teknik *Doctor Blade*

Mochammad Alfian Syafii¹, Sholeh Hadi Pramono², Eka Maulana²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, ²Dosen Jurusan Teknik Elektro, Universitas Brawijaya
Jalan MT Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

E-mail: syafialfian@gmail.com, sholehpramono@gmail.com, ekamaulana@gmail.com

Abstrak – Buah naga, kol merah dan anggur, masing-masing telah diekstraksi dalam campuran *methanol*, asam asetat dan aquades dengan perbandingan 50:8:42. Hasil ekstraksi digunakan sebagai *dye sensitizer* pada *Dye-sensitized Solar Cell* (DSSC). Lapisan tipis TiO₂ dideposisi menggunakan teknik *doctor blade*. Pengamatan serapan panjang gelombang keempat *dye* alami tersebut diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Dimensi kerja DSSC adalah 2 cm². Pengujian pertama dilakukan menggunakan luminasi tetap yakni 20,000 lux dengan variasi resistansi 47 Ω, 100 Ω, 470 Ω, 4700 Ω, 10K Ω, 47K Ω, 100K Ω, dan 260K Ω. Dari pengujian tersebut, didapatkan *fill factor* untuk DSSC buah naga, kol merah dan anggur secara berturut-turut adalah 44.87 %, 37.89 % dan 41.20 %. Pengujian kedua dilakukan terhadap cahaya matahari langsung pada Air Mass 1.3 (sekitar pukul 08.50 – 09.05 WIB). Dengan menggunakan nilai *fill factor* masing-masing DSSC, didapatkan nilai efisiensi DSSC buah naga sebesar 0.0158 %, DSSC kol merah sebesar 0.00656 %, dan DSSC anggur sebesar 0.0108 %. Pengujian yang ketiga dilakukan dengan menggunakan iluminasi sebagai variabel untuk melihat tegangan dan arus yang dikeluarkan masing-masing DSSC. Hasilnya, nilai dari tegangan dan arus dari masing-masing DSSC sebanding dengan besarnya iluminasi.

Keywords – dragon fruit, red cabbage, grapes, DSSC, characterization, natural dye

I. PENDAHULUAN

Teknologi fotovoltaik mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik. Penerapan teknologi ini dapat ditemukan pada sel surya (solar cell). Sel surya-sel surya yang diproduksi saat ini, dibagi menjadi beberapa jenis sesuai dengan komposisi bahan mereka. Seperti sel surya kristal silikon tunggal, sel surya multi kristal silikon, sel surya non-kristal silikon dan sel surya pewarna organik. Sel surya silikon lebih populer, karena efisiensi konversinya lebih tinggi dibandingkan dengan sel surya pewarna sintesis (*Dye-sensitized solar Cell/DSSC*). Namun, biaya produksi DSSC lebih rendah dari sel surya silikon konvensional. Bahkan jika di masa depan biaya dapat dikurangi,

dengan efisiensi yang sama, total biaya DSSC hanya 1/10 dari sel surya silikon [1].

DSSC mengkonversi cahaya tampak menjadi listrik didasarkan pada sensitisasi lebar celah pita semikonduktor. Umumnya, DSSC tersusun dari elektroda foto (*photoelectrode*), elektrolit dan elektroda *counter*, yang diapit kaca *transparent conducting oxide*. Komponen DSSC terus dikembangkan selama bertahun-tahun dalam rangka meningkatkan efisiensi sel.

Efisiensi DSSC ditentukan terutama oleh *sensitizer* yang digunakan. Pewarna yang dipasarkan sebagian besar berbahan kimia, seperti pewarna N719 dan

pewarna N3, keduanya memberikan efisiensi konversi yang memuaskan. Hingga saat ini, efisiensi tertinggi yang mampu dicapai DSSC sebesar 11,10% [2].

Meskipun efisiensinya memuaskan, kedua pewarna ini menggunakan beberapa logam berat (senyawa *ruthenium complex*) yang mahal dan menghasilkan pencemaran lingkungan. Untuk menggantikan senyawa ruthenium langka dan mahal, berbagai jenis pewarna alami telah diuji coba. Namun, respon yang diberikan pewarna alami ini lemah. Efisiensinya kurang dari 1% (bagi kebanyakan pewarna alami yang diuji sejauh ini).

Meskipun demikian, pewarna alami tetap memiliki keuntungan dari penggunaan yang ramah lingkungan dan biaya yang sangat rendah. Berbagai jenis ekstrak tumbuhan telah digunakan sebagai photosensitizer pada DSSC, seperti daun pepaya, daun jarak [3], bayam, bunga ipomoea, buah labu rambat, bunga kamboja merah [4], dan tembakau [5].

Dalam penelitian ini, ekstrak buah naga, kol merah dan anggur akan digunakan sebagai pewarna alami pada DSSC. Ketiga bahan tersebut memiliki kesamaan, warna mereka berada pada rentang warna ungu sampai biru tua. Rentang warna tersebut masuk dalam jenis antosianin (*anthocyanins*) dalam pigmen *flavonoids* [6]. Ketersediaan yang melimpah menjadi alasan digunakannya bahan-bahan tersebut.

Pewarna alami buah naga memang telah diuji, namun makalah ini menekankan pada perbandingan performansi DSSC dengan parameter kemampuan absorbansi, dari masing-masing bahan tersebut. Efisiensi DSSC yang dibuat juga akan menjadi variabel yang dibandingkan. Teknik yang digunakan untuk deposisi TiO₂ dalam penelitian ini adalah teknik *doctor blade*.

II. METODE PENELITIAN

Untuk membuat *Dye-sensitized Solar Cell* (DSSC), dibutuhkan persiapan komponen-komponen penyusun DSSC serta langkah-langkah penyusunannya. Komponen-komponen DSSC yaitu

substrat, pasta TiO₂, *dye*, elektrolit dan karbon. Sedangkan penyusunan DSSC terbagi menjadi empat langkah, yaitu pelapisan pasta TiO₂, perendaman pada larutan *dye*, penetasan larutan elektrolit, pelapisan karbon, dan penyatuan dua substrat.

A. Preparasi Substrat

Substrat yang digunakan dalam perancangan adalah *Transparent Conductive Oxide* (TCO) jenis *Indium Tin Oxide* (ITO) Aldrich® dan memiliki nilai resistifitas sebesar 10-25 ohm/sq. Ukuran masing-masing substrat Aldrich® adalah 7,5 cm x 2,5 cm. Substrat tersebut dipotong menjadi 3 persegi, sehingga masing-masing potongan substrat mempunyai luas 6,25 cm². Untuk membuat satu sel, dibutuhkan dua substrat, yang masing-masing substrat tersebut akan difungsikan sebagai anoda dan katoda dalam struktur DSSC.

B. Pembuatan Pasta TiO₂

Langkah pembuatan pasta dijelaskan sebagai berikut:

- 1) Menyiapkan *Polyvinyl Alcohol* (PVA), aquades, bubuk TiO₂, gelas ukur, pipet, spatula, kertas aluminium foil, timbangan digital berskala miligram, dan *hotplate magnetic stirrer*.
- 2) Membuat larutan binder, dengan mencampur 1,5 gram *Polyvinyl Alcohol* (PVA) dengan 15 ml aquades di dalam gelas ukur. Kemudian *magnetic bar* dimasukkan ke dalam gelas tersebut, dan gelas ditutup rapat dengan aluminium foil. Setelah siap, gelas diletakkan di atas *hotplate magnetic stirrer* agar campuran didalamnya dapat teraduk dan menjadi homogen. *Setting* temperatur pada *hotplate magnetic stirrer* adalah 40 °C dan lama pemutarannya sekitar 30 menit. Larutan *binder* siap digunakan jika proses pencampuran ini selesai. Jika tidak segera digunakan, larutan *binder* hanya bisa bertahan selama 3 hari.
- 3) Membuat pasta TiO₂, dengan mencampur 2 sendok spatula bubuk TiO₂ dengan kurang lebih 8-10 tetes larutan *binder*. Pencampuran dilakukan dengan menumbuk secara perlahan dengan spatula pada wadah dengan permukaan alas yang kecil. Untuk hasil yang optimal, ada dua hal yang perlu

diperhatikan. Pertama, bubuk TiO_2 sebaiknya disaring terlebih dahulu. Kedua, penumbukan dilakukan pada tetes ke 8, jika hasilnya masih bertekstur kasar, ditetaskan lagi larutan *binder* kemudian ditumbuk kembali. Hal ini dilakukan sampai didapatkan pasta TiO_2 dengan tekstur yang lembut dan kental.

C. Preparasi Larutan *Dye*

Dye merupakan komponen terpenting dalam DSSC, yang dalam hal ini didapatkan dari ekstraksi bahan alami. Jenis zat pewarna yang digunakan adalah antosianin pada beberapa bahan pangan. Langkah yang dilakukan untuk mendapatkan larutan *dye* antosianin adalah sebagai berikut:

- 1) Mempersiapkan bahan yang akan diekstrak (buah naga, kol merah dan anggur), *methanol*, aquades, asam asetat, mortar, pipet, tabung ukur, dan aluminium foil.
- 2) Sebanyak 40 gram bahan yang akan diekstrak ditumbuk menggunakan mortar sampai halus.
- 3) Mencampur *methanol*, asam asetat dan aquades dengan perbandingan 50 : 8 : 42.
- 4) Merendam hasil tumbukan bahan ke dalam campuran *methanol*, asam asetat dan aquades di dalam wadah yang gelap, tertutup rapat, dan tidak terkena sinar matahari langsung.
- 5) Setelah didiamkan selama 24 jam, rendaman disaring menggunakan kertas saring. Dan kembali diletakkan ke dalam wadah gelap dan tertutup.
- 6) Ekstrak siap digunakan, dan dapat disimpan di dalam kulkas agar lebih awet.

D. Preparasi Elektrolit

Untuk membuat larutan elektrolit, dibutuhkan *Pottasium Iodide* (KI), *Acetonitrile*, dan *Iodine* (I_2). Adapun langkah-langkah pembuatannya adalah sebagai berikut:

- 1) Sebanyak 0,8 gram (0,5 M) *Potassium Iodide* (KI) dicampur dengan 10 ml *Acetonitrile*, kemudian diaduk.
- 2) Hasil campuran tersebut kemudian ditambahkan 0,127 gram (0,05 M) *Iodine* (I_2) dan diaduk kembali.
- 3) Larutan elektrolit telah siap digunakan. Jika hendak disimpan, larutan harus berada dalam botol yang gelap dan tertutup.

E. Preparasi Counter-Elektroda

Substrat lain, yang akan difungsikan sebagai *counter electrode*, dibakar diatas api lilin pada sisi konduktifnya sehingga menghasilkan karbon jelaga. Pembakaran dilakukan sampai kaca TCO terlihat hitam pekat (api lilin tidak terlihat melalui kaca). Untuk mendapatkan area yang sama dengan pasta TiO_2 pada substrat *electrode* (yaitu 2 cm^2), karbon yang berada di luar area 2 cm^2 dapat dihilangkan dengan menggunakan tisu.

F. Penyusunan komponen DSSC

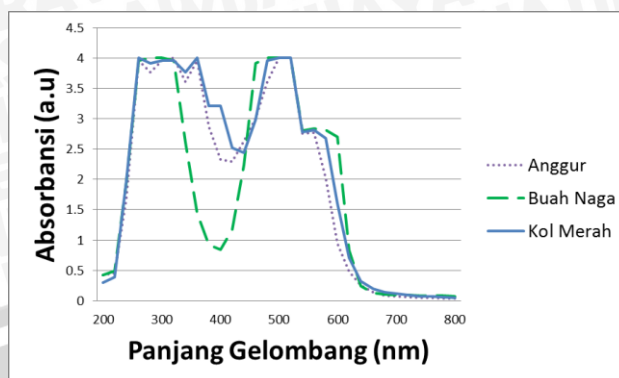
Setelah masing-masing komponen bahan DSSC selesai dibuat, *assembly* dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- 1) Persiapan substrat. Substrat yang digunakan sebagai *electrode*, dilapisi dengan pasta TiO_2 . Pelapisan pasta dilakukan pada sisi substrat yang memiliki resistifitas atau mengandung *Indium Tin Oxide* (ITO). Sebelum pasta TiO_2 dideposisi, tiga sisi substrat ditutup dengan *scotch tape* sehingga terbentuk area pelapisan pasta berukuran $1,4 \times 1,4 \text{ cm}^2$. *Scotch tape* yang digunakan sebanyak tiga lapis untuk mendapatkan ketebalan pasta yang baik.
- 2) Pengeringan pasta pada *substrat electrode*. Setelah proses deposisi pasta TiO_2 pada substrat selesai, substrat tersebut kemudian dipanaskan dalam tungku pemanas atau *furnace* dengan temperatur sebesar $450 \text{ }^\circ\text{C}$ dan lama pemanasan 30 menit.
- 3) Perendaman substrat pada larutan *dye*. Pasta TiO_2 yang telah mengering dengan baik pada substrat, kemudian direndam di dalam larutan *dye* atau larutan hasil ekstraksi selama 30 menit. Berhasilnya proses perendaman dapat dilihat pada warna pasta, yang berubah menjadi ungu kebiruan.
- 4) Penetesan larutan elektrolit pada substrat *electrode*. Setelah diangkat dari perendaman, substrat *electrode* ditetesi larutan elektrolit sebanyak 0,25 ml. Penetesan dilakukan secara merata pada area kerja substrat.
- 5) Penyatuan 2 substrat. Penyatuan 2 substrat adalah langkah terakhir dalam pembuatan DSSC. Penyatuan substrat ini dilakukan dengan memerhatikan area kerja pada tiap substrat, agar penyatuan dapat dilakukan dengan tepat. Untuk memperkuat

penyatuan dua substrat, digunakan *binder clip*.

G. Pengujian

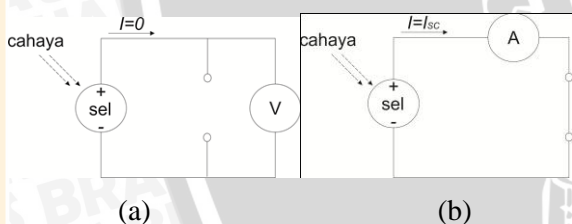
Pertama, dilakukan pengukuran penyerapan dari antosianin yang digunakan sebagai dye dengan menggunakan UV-1601 UV-VIS *Spectrophotometer* Shimadzu. Larutan *dye* akan menyerap spectrum cahaya pada panjang gelombang 200 - 800 nm.



Gambar 4. Hasil pengujian UV-Vis terhadap antosianin anggur, buah naga dan kol merah

Kedua, DSSC diuji dibawah cahaya lampu pada luminasi 20.000 lux dengan resistansi 0 Ω, 47 Ω, 100 Ω, 470 Ω, 4700 Ω, 10K Ω, 47K Ω, 100K Ω, 260K Ω. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui performansi dan efisiensi DSSC. Ketiga, DSSC diuji dibawah sinar matahari langsung pada *Air Mass* tertentu. Hal ini juga ditujukan untuk mengetahui performansi DSSC.

Adapun parameter keluaran DSSC meliputi tegangan rangkaian hubung buka (*open circuit*) V_{OC} , arus hubung singkat (*short circuit*). V_{OC} dan I_{SC} dapat diketahui setelah melakukan pengukuran seperti rangkaian dalam Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian skematik pengujian (a) tegangan rangkaian hubung buka dan (b) arus hubung singkat

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Arbsorbsi Dye Antosianin

Berdasarkan pengujian tingkat penyerapan dye yang telah dilakukan, antosianin keempat bahan memiliki karakteristik tingkat penyerapan yang hampir sama. Hanya saja, penyerapan *dye* anggur dan kol merah lebih baik, hal tersebut ditunjukkan dalam Gambar 3.

Rata-rata, keempat bahan tersebut pada mulanya menyerap secara maksimal – 4 a.u – pada panjang gelombang 250 – 370 nm. Kemudian menurun dan kembali menyerap maksimal pada panjang gelombang 470 nm. Setelah panjang gelombang 535 nm, penyerapan terus menurun hingga 0 a.u.

B. Perhitungan *Fill Factor* DSSC Antosianin

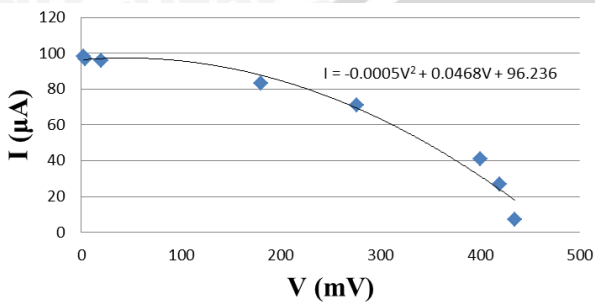
Kualitas DSSC dapat dinilai berdasarkan nilai *fill factor* yang dimiliki dan besar efisiensinya dalam mengkonversi foton cahaya menjadi elektron. *Fill factor* merupakan rasio perbandingan antara daya maksimum DSSC dengan perkalian antara V_{OC} dan I_{SC} . Sedangkan daya maksimum ditentukan dengan menggunakan kurva karakteristik I-V.

Kurva karakteristik I-V didapatkan dengan mengukur besar tegangan dan arus yang dikeluarkan DSSC dalam luminasi tetap dengan resistansi yang berbeda. Dalam penelitian ini besarnya luminasi adalah 2000 lux dan besarnya resistansi adalah 47 Ω, 100 Ω, 470 Ω, 4700 Ω, 10K Ω, 47K Ω, 100K Ω, dan 260K Ω. Untuk mendapatkan V_{OC} dan I_{SC} , dilakukan pengukuran dalam luminasi yang sama namun tanpa resistansi.



Tabel 1.
Data Hasil Pengujian V_{OC} dan I_{SC}
Terhadap Luminasi 20,000 lux

R (Ω)	Buah Naga		Kol Merah		Anggur	
	V (mV)	I (μ A)	V (mV)	I (μ A)	V (mV)	I (μ A)
0	438	100	365	118	367	117
47	2	98	2	108	2	111
100	4	97	3	107	5	111
470	20	96	16	105	25	109
4700	180	83	135	91	157	95
10000	276	71	220	75	230	80
47000	400	41	325	37	314	46
100000	420	27	341	24	332	28
260000	435	7	357	5	359	11



Gambar 6. Kurva Karakteristik I-V Buah Naga

Dengan mengetahui fungsi kurva, yakni $I = -0.0005V^2 + 0.0468V + 96.236$ maka langkah pertama untuk menghitung daya maksimum dapat dilakukan dengan memasukkan fungsi tersebut ke dalam persamaan daya,

$$P = VI$$

$$P = V(-0.0005V^2 + 0.0468V + 96.236)$$

Sehingga persamaan daya menjadi:

$$P = -0.0005V^3 + 0.0468V^2 + 96.236V$$

Dari Persamaan (4-2), dilakukan penurunan fungsi P terhadap fungsi V, sehingga didapatkan:

$$\frac{dP}{dV} = -0.0015V^2 + 0.0936V + 96.236$$

Untuk mendapatkan nilai V maksimum, maka nilai $\frac{dP}{dV} = 0$, sehingga Persamaan (4-3) menjadi:

$$-0.0015V^2 + 0.0936V + 96.236 = 0$$

Digunakan persamaan $V_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$, sehingga didapatkan nilai:

$$V_{1,2} = \frac{-0.0936 \pm \sqrt{(0.0936)^2 - 4(-0.0015)(96.236)}}{2(-0.0015)}$$

$$V_1 = -224.007 \quad \text{dan} \quad V_2 = 286.407$$

Dengan diketahui nilai $V = 286.407$ maka nilai I bisa didapat dengan memasukkan nilai V tersebut ke dalam fungsi I yang sudah diketahui dari Gambar 4.2.

$$I = -0.0005(286.407)^2 + 0.0468(286.407) + 96.236$$

$$I = -41.014 + 13.404 + 96.236$$

$$I = 68.626$$

Dari hasil perhitungan, dapat ditemukan bahwa daya terbesar terjadi saat 280.407 mV dan 68.626 μ A, dengan nilai 19.655×10^{-6} W. Tegangan dan arus tersebut didefinisikan sebagai tegangan saat daya maksimum (V_m) dan arus saat daya maksimum (I_m). Sedangkan tegangan hubung buka (V_{OC}) dan arus hubung singkat (I_{SC}) diperoleh dari pengukuran beban 0 atau tanpa beban. Dengan adanya nilai dari empat parameter tersebut, maka dapat dihitung nilai *fill factor*.

$$FF = \frac{V_m \times I_m}{I_{sc} \times V_{oc}} = \frac{280.407 \times 68.626}{438 \times 100} = 44.87 \%$$

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama, didapatkan nilai-nilai DSSC lainnya. Persamaan kurva DSSC kol merah adalah $y = -0.0008x^2 + 0.0309x + 106.09$. Sehingga didapatkan nilai daya terbesar pada tegangan (V_m) = 223.517 mV dan arus (I_m) = 73.029 μ A. Sedangkan nilai *fill factor*-nya adalah sebesar 37.89%.

Persamaan kurva DSSC anggur adalah $y = -0.001x^2 + 0.0882x + 109.39$. Sehingga didapatkan nilai daya terbesar pada tegangan (V_m) = 222.603 mV dan arus (I_m) = 79.472 μ A. Sedangkan nilai *fill factor*-nya adalah sebesar 41.20 %.

Tabel 4.1 Perbandingan Nilai Fill Factor dari DSSC Buah Naga, Kol Merah dan Anggur

DSSC	I_{sc} (μ A)	V_{oc} (mV)	I_m (μ A)	V_m (mV)	P_m (μ W)	FF (%)
Buah Naga	100	438	68.626	280.407	19.655	44.87
Kol Merah	118	365	73.029	223.517	16.323	37.89
Anggur	117	367	79.472	222.603	17.690	41.20

Berdasarkan perbandingan nilai yang ditunjukkan dalam Tabel 4.2, DSSC buah naga memiliki nilai terbaik. Hal tersebut sesuai dengan nilai absorbansi DSSC buah naga yang paling besar dari ketiga bahan pada panjang gelombang lampu merkuri, yakni kisaran 550 nm.

C. Perhitungan Efisiensi DSSC Antosianin

Untuk menentukan efisiensi DSSC, perlu dilakukan pengujian dibawah sinar matahari langsung. Dalam penelitian ini telah dilakukan pengujian pada saat *Air Mass* 1.3 (sekitar pukul 08.50 – 09.05 WIB). Hasil pengukuran dapat dilihat dalam Tabel 3.

Tabel 3.

Data Hasil Pengujian DSSC Antosianin Terhadap Sinar Matahari Langsung Pada Pukul 08.50 – 09.05 (AM 1.3)

Bahan	Tegangan (mV)	Arus (µA)
Anggur	482	106
Buah Naga	514	133
Kol Merah	362	93

Dengan menggunakan rumus efisiensi, didapatkan nilai efisiensi dari masing-masing bahan adalah sebagai berikut:

Buah Naga

$$\eta = \frac{Voc \times Isc \times FF}{I_G \times A}$$

$$= \frac{(514 \times 10^{-3}) \times (133 \times 10^{-6}) \times 44.87}{930.6 \times 0.0002}$$

$$= 0.0158 \%$$

Kol Merah

$$\eta = \frac{Voc \times Isc \times FF}{I_G \times A}$$

$$= \frac{(362 \times 10^{-3}) \times (93 \times 10^{-6}) \times 37.89}{930.6 \times 0.0002}$$

$$= 0.00656 \%$$

Anggur

$$\eta = \frac{Voc \times Isc \times FF}{I_G \times A}$$

$$= \frac{(482 \times 10^{-3}) \times (106 \times 10^{-6}) \times 41.20}{930.6 \times 0.0002}$$

$$= 0.0108 \%$$

I_G adalah intensitas global (IG) cahaya matahari yang menurut teori adalah sebesar 930.6 W/m. Sementara itu A adalah luar area kerja/aktif DSSC yang dalam penelitian ini sebesar 2 cm² atau 0.0002 m².

Berdasarkan efisiensi yang dihasilkan maka penelitian ini masih perlu dilakukan dengan mengontrol lapisan TiO₂, suhu dan memperhatikan metode penyusunannya, sehingga dapat memperbaiki performansi DSSC.

D. Pengujian Berdasarkan Tingkat Intensitas Penerangan Cahaya

Pengujian selanjutnya dilakukan dengan mengubah intensitas penerangan untuk melihat tegangan dan arus yang dihasilkan. Sumber cahaya yang digunakan adalah lampu merkuri 7v dengan rentang luminasi 500 – 50.000 lux. Tabel 4 dan Tabel 5 menunjukkan hasil pengukuran dari ketiga bahan.

Tabel 4.

Data Hasil Pengukuran Arus Hubung Singkat Berdasarkan Tingkat Intensitas Penerangan Cahaya

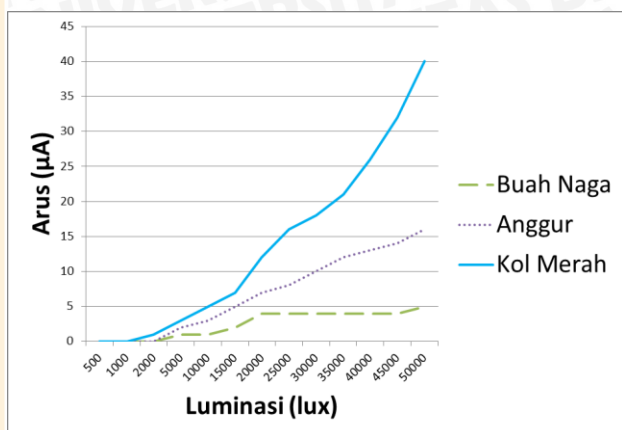
Lux	Isc (µA)		
	Buah Naga	Kol Merah	Anggur
500	0	0	0
1000	0	0	0
2000	0	1	0
5000	1	3	2
10000	1	5	3
15000	2	7	5
20000	4	12	7
25000	4	16	8
30000	4	18	10
35000	4	21	12
40000	4	26	13
45000	4	32	14
50000	5	40	16

Tabel 5.

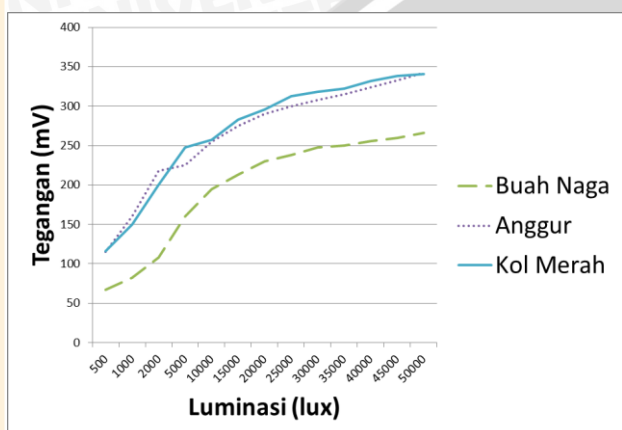
Data Hasil Pengukuran Tegangan Hubung Buka Berdasarkan Tingkat Intensitas Penerangan Cahaya

Lux	Voc (mV)		
	Buah Naga	Kol Merah	Anggur
500	67	116	115
1000	82	150	160
2000	108	200	218
5000	160	248	225
10000	195	257	255
15000	213	283	275
20000	230	296	290
25000	238	313	300
30000	248	318	308
35000	250	322	315
40000	256	332	324
45000	260	338	333
50000	266	341	342





(a)



(b)

Gambar 7. Kurva hasil pengukuran berdasarkan tingkat intensitas cahaya untuk parameter (a) arus dan (b) tegangan

Berdasarkan grafik yang terlihat dalam Gambar 4.5 dan 4.6, dapat disimpulkan bahwa nilai iluminasi yang semakin besar menyebabkan nilai tegangan dan arus keluaran ketiga DSSC semakin besar pula.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil pembuatan dan pengujian hasil keluaran 4 prototype DSSC diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Perancangan DSSC dapat dilakukan dengan menggunakan teknik doctor blade untuk proses deposisi TiO₂ pada substrat. Pelarut untuk pewarna jenis antosianin, dapat menggunakan campuran methanol, asam asetat dan aquades dengan perbandingan 50:8:42.
- 2) Besar absorbansi buah naga, kol merah dan anggur sebanding dengan besar tegangan

dan arus yang dihasilkan DSSC ketiga bahan tersebut. Dan juga semakin besar iluminasi yang diserap, maka semakin besar pula tegangan dan arus yang dihasilkan.

- 3) Efisiensi buah naga adalah yang terbesar dari ketiga bahan tersebut yakni sebesar 0.0158 %, kemudian disusul dengan anggur yang mempunyai efisiensi sebesar 0.0108 % dan kol merah sebesar 0.00656 %.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chang, H., Wu, H.M., Chen, T.L., Huang, K.D., Jwo, C.S. & Lo, Y.J. 2009. *Dye-sensitized Solar Cell Using Natural Dyes Extracted From Spinach And Ipomoea*. Journal of Alloys and Compounds 495.
- [2] Narayan, Monishka Rita. 2011. *Review: Dye-sensitized Solar Cells Based On Natural Photosensitizers*. Renewable and Sustainable Energy Reviews 16 (2012) 208–215.
- [3] Pramono, S., Maulana, E., Julius, M. & Utomo, T. 2013. *Organic Solar Cell Based on Extracti on of Papaya (Carica papaya) and Jatropha (Ricinus communis) Leaves in DSSC (Dye Sensitized Solar Cell)*. Proceeding of International Confrence on Education, Technology and Science 2013: 248 – 251. Purwokerto: UMP.
- [4] Shanmugam, Vinoth, Manoharan, Subbaiah, Anandan, Sambandam & Murugan, Ramaswamy. 2013. *Performance of Dye-sensitized Solar Cells Fabricated With Extracts from Fruits of Ivy Gourd and Flowers of Red Frangipani as Sensitizers*. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy 104.
- [5] Illah, F.A., Maulana, Eka & Mudjirahardjo, Panca. 2016. *Desain Sensor Optik Menggunakan Bahan Dasar Dye dan Titanium Dioksida (TiO₂)*. Skripsi. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.