

MAKING DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC) USING GMR AS SUBSTRATE AND PURPLE SWEET POTATO EXTRACT (*Ipomoea batatas L*) AS A DYE SENSITIZER

PEMBUATAN DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC) MENGGUNAKAN GMR SEBAGAI SUBSTRAT DAN EKSTRAK UBI JALAR UNGU (*Ipomoea batatas L*) SEBAGAI DYE SENSITIZER

Utami Oktavia¹⁾, Hary Sanjaya²⁾

Laboratorium Penelitian Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang, Jl. Prof. Dr.Hamka Padang 25131, Indonesia

¹⁾Utamioktavia465@yahoo.co.id

²⁾Hary_sanjaya@yahoo.com

Abstract-Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) is a third generation photovoltaic cell that configures visible light into electrical energy. This study aims to make DSSC using GMR as substrate with spin coating gel solvents and natural dyes from purple sweet potato (*Ipomoea batatas L*). From testing the purple sweet potato is known to contain anthocyanin compounds in testing using FTIR and has a maximum wavelength of 525 nm in testing Uv-Vis. From the results of the calculation of efficiency with immersion obtained at a concentration of 50% the efficiency is 0.19%, while the variation in immersion time is 5 hours of efficiency 0.72%.

Keywords : Giant Magnetoresistance, DSSC, Purple Sweet Potato

I. Pendahuluan

Energi listrik merupakan energi yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Hampir seluruh peralatan rumah tangga dan lainnya menggunakan energi listrik. Sumber energi sekarang masih menggunakan minyak bumi dari fosil, gas alam dan batu bara. Energi tersebut merupakan energi yang tidak bisa kita perbaharui sehingga sumber energi tersebut bisa saja habis. Matahari salah satu sumber energi yang bersih dan ramah lingkungan.

Indonesia yang beriklim tropis karena letak geografis Indonesia pada garis katulistiwa sehingga Indonesia memiliki potensi energi surya yang cukup tinggi. Indonesia memperoleh sinar matahari rata-rata 8 jam/hari dan diperoleh energi sebesar 4,8-6,0 kWh/m² pada bidang *horizontal* yang tidak terlindung. [1], [2].

Alternatif dalam memanfaatkan matahari sebagai energi listrik salah satunya adalah sel surya (*solar cell*). Prinsip dasar pembuatan sel surya adalah memanfaatkan efek *fotovoltaik* [3]. Jenis dari sel surya yang memodifikasi semikonduktor yang

dilapisi zat warna dan berbentuk seperti *sandwich* yang disebut *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC).

Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) merupakan sel generasi ke tiga fotovoltaiik yang mengkonfeksi sinar tampak menjadi energi listrik [4]. Menurut [5] DSSC terdiri dari komponen utama yaitu, (1) kaca berlapis *Transparent Conductive Oxides*; (2) Semikonduktor; (3) *Dye sensitizer*; (4) elektrolit yang mengandung mediator redoks; (5) elektroda yang berlawanan.

Elektroda kerja (semikonduktor-zat warna) dan elektroda berlawanan (karbon) berfungsi sebagai katalis yang keduanya dilapisi pada kaca konduksi. Kaca konduksi pada penelitian ini menggunakan kaca GMR (*Giant Magnetoresistance*) dengan metoda sol-gel *spin coating* yang digunakan sebagai substrat pada DSSC.

Giant Magnetoresistance (GMR) adalah sebuah sensor yang bekerja berdasarkan perubahan medan magnetik sekitarnya. Kelebihan GMR yaitu ukuran yang kecil, daya dan harga yang relatif rendah dibandingkan sensor-sensor magnetik lainnya serta sifat-sifat magnetik dan elektriknya

yang dapat divariasikan dalam *range* yang sangat lebar. GMR digunakan dalam bentuk struktur *sandwich* merupakan stuktur dasar GMR yang terdiri dari tiga lapisan dengan susunan bahan ferromagnetik/nonmagnetik/ferromagnetik (FM-NM-FM) [6]. Menggunakan $CoFe_2O_4$ sebagai lapisan Ferromagnetik yang memiliki kelebihan yaitu stabilitas kimia dan kekerasan mekanik yang baik. $CoFe_2O_4$ harus dikontrol ukuran material, sehingga akan memiliki sifat superparamagnetik yang memiliki magnetisasi tinggi ketika diberi medan eksternal, namun memiliki magnetisasi rata-rata nol tanpa medan eksternal. Nanopartikel $CoFe_2O_4$ mudah dikondisikan dalam aplikasinya [7]. Sedangkan Semikonduktor menggunakan ZnO karena Oksida Seng (ZnO) merupakan salah satu jenis material alternatif yang memiliki energi *band gap* yang cukup lebar yaitu 3,2 - 3,3 eV yang hampir sama dengan TiO_2 dan mudah disintesis dalam variasi struktur nano.

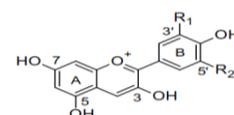
Zat warna berperan dalam eksitasi dan transfer elektron ke pita konduksi lapisan semikonduktor. Zat warna pada DSSC bersifat menyerap cahaya tampak yang dihasilkan cahaya matahari [8]. Zat warna yang digunakan pada DSSC yaitu zat warna sintetis dan zat warna alami. Zat warna sintetis memerlukan biaya mahal dan tidak ramah lingkungan sehingga memerlukan uji toksisitas. Sedangkan zat warna alami relatif terjangkau, mudah didapat dan ramah lingkungan. Zat warna alami biasanya digunakan buah buahan dan sayur sayuran yang menghasilkan warna yang terdapat antosanin yang berfungsi sebagai penyerap foton pada DSSC. Pada penelitian kai ini menggunakan ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas*) sebagai zat warna/*dye* pada DSSC.



Gambar 1. Variasi Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas*) [9]

Ubi jalar ungu dikenal sebagai *Ipomoea batatas* Linn keluarga *Convolvulaceae* adalah tanaman rambat herbal yang memiliki bunga putih dan ungu, dan akar nya memiliki banyak manfaat dan daun yang berbentuk hati. Asia tenggara biasanya mengkonsumsi sebagai sayuran, di Brazil dimanfaatkan sebagai obat rakyat dan di Jepang, Korea dan negara-negara Asia lainnya umumnya dimakan sebagai tanaman akar [10].

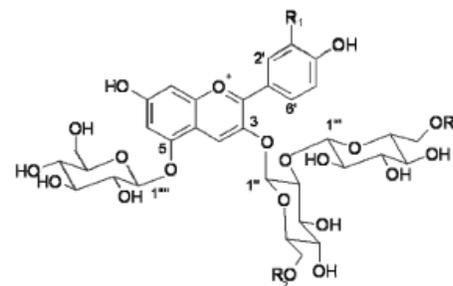
Ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas*) memiliki kulit dan daging umbi gelap berwarna ungu. Ubi jalar ungu mengandung pigmen warna antosianin. Total ungu konten pada ubi jalar antosianin adalah 519 mg / 100 g berat basah. Pigmen ungu (antosianin) di ubi jalar ungu bermanfaat sebagai antioksidan karena dapat bereaksi dengan radikal bebas dalam sel-sel tubuh untuk mengurangi kapasitas radikal bebas yang dapat menyebabkan kerusakan pada tubuh.



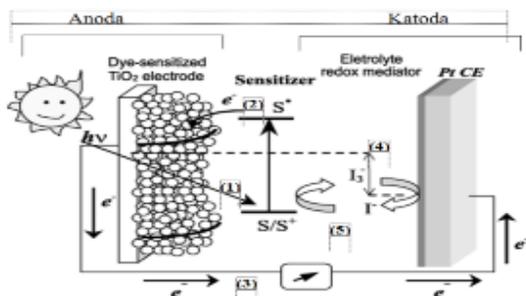
Anthocyanidin	R ₁	R ₂	Colour
Pelargonidin	H	H	Orange
Cyanidin	OH	H	Orange-red
Delphinidin	OH	OH	Bluish-red
Petunidin	OCH ₃	H	Orange-red
Petunidin	OCH ₃	OH	Bluish-red
Malvidin	OCH ₃	OCH ₃	Bluish-red

Gambar 2. Struktur utama antosianin [11].

Beberapa faktor yang mempengaruhi kestabilan antosianin adalah suhu, pH, cahaya, oksigen, enzim, struktur dan konsentrasi, keberadaan asam askorbat, gula, garam sulfat, ion logam dan *copigments* [12]. Intensitas dan jenis warna antosianin dipengaruhi oleh jumlah hidroksil dan Metoksil : jika gugus hidroksil mendominasi, maka warnanya cenderung ke arah warna yang lebih kebiruan tetapi jika kelompok metoksil lebih dominan maka warnanya kemerahan [11]



Gambar 3. Struktur utama antosiani yang terdapat dalam ubi jalar ungu [9]



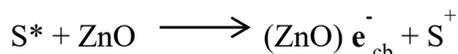
Gambar 4. Prinsip Kerja DSSC [13].

Pada dasarnya prinsip kerja DSSC mengkonversi energi cahaya ke listrik dalam skala molekular dalam bentuk reaksi dari transfer elektron, secara skematik. Sedangkan proses yang terjadi di dalam DSSC dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Ketika foton menimpa elektroda kerja pada DSSC. Maka molekul *dye* mengalami absorpsi foton sehingga electron akan tereksitasi dari *ground state* (S) ke *excited state* (S*).



2. Elektron dari *excited state* kemudian langsung terinjeksi menuju *conduction band* (e_{cb}) ZnO sehingga molekul *dye* teroksidasi (S^+).



3. Dengan adanya donor elektron oleh elektrolit (I^-) maka molekul *dye* kembali ke keadaan awalnya (*ground state*) dan mencegah penangkapan kembali elektron oleh *dye* yang teroksidasi.

4. Setelah mencapai elektroda TCO, elektron mengalir menuju *counter elektroda* melalui rangkaian eksternal.

Dengan adanya katalis pada *counterelektroda*, elektron diterima oleh elektrolit sehingga *hole* yang terbentuk pada elektrolit (I_3^-), akibat donor elektron pada proses sebelumnya, berkombinasi dengan elektron membentuk iodida (I^-)

5. Dengan kata lain, I_3^- dihasilkan elektroda ZnO dan digunakan pada *counter electrode*, dengan demikian penyebarannya pada elektrolit saling berhubungan.. Demikian pula, I_2 dihasilkan pada *counterelektroda* dan disebarkan ke arah yang berlawanan dalam elektrolit. Iodida (I^-) ini digunakan untuk mendonor elektron kepada *dye* yang teroksidasi sehingga terbentuk suatu siklus transport electron. Dengan siklus ini terjadi konversi langsung dari cahaya matahari menjadi listrik [13].

II. Metodologi

A. Alat dan Bahan

Alat : Neraca analitik, Ultrasonik Cleaner, Oven, Furnace, Gelas Kimia, Gelas Ukur, labu ukur 10 ml, erlenmeyer, pisau, pipet tetes, pipet takar, batang pengaduk, magnetic stirrer, spatula, cawan petri, lumpang alu, corong pisah, pompa vakum, X-ray Diffraction(XRD), Scanning Electron Microscopy(SEM), spin coating, Spektrofotometri UV-Vis, 4-point probe system, FTIR.

Bahan : $Co(NO_3)_2 \cdot 6 H_2O$, $Fe(NO_3)_2 \cdot 9 H_2O$, $(CH_3COO)_2Zn \cdot 2 H_2O$, Etanol, Aquades, Substrat kaca, Metanol, Asam asetat, KI, I_2 , Mono Ethanol Amin (MEA), Polyethylene Glycol (PEG), ZnO, Asetonitril, pensil 2b, Aluminium foil dan Ubi jalar ungu.

B. Pembuatan lapisan tipis Giant Magnetoresis (GMR)

Pembuatan Prekursor $CoFe_2O_4$ 0,25 M

Serbuk $Co(NO_3)_2 \cdot 6 H_2O$ sebanyak 1,4550 gram dan $Fe(NO_3)_2 \cdot 9 H_2O$ sebanyak 4,0395 gram dilarutkan dalam 20 ml etanol, lalu disonifikasi dengan ultrasonik cleaner selama 30 menit agar terbentuk sol yang homogen [14]

Pembuatan Prekursor Zn 0,5 M

Serbuk $(CH_3COO)_2Zn \cdot 2 H_2O$ sebanyak 2,195 gram dilarutkan dalam 20 ml metanol, kemudian larutan di homogenkan dengan ultrasonik cleaner selama 30 menit. Larutan tersebut kemudian ditambahkan MEA 3 tetes.

Persiapan substrat kaca

Plat kaca yang akan dilapisi dengan material diatas dibersihkan dahulu dengan menggunakan aseton agar pengotor organik yang terdapat pada permukaan plat kaca bisa lepas sehingga tidak mengganggu lapisan yang akan terbentuk. Setelah dibilas dengan aseton plat kaca dipanaskan dengan suhu $100^\circ C$ selama 15 menit. Lalu didinginkan dan siap untuk dilapisi (Ramli *et al*, 2017)

Proses Pembuatan Lapisan Tipis CoFe₂O₄

Nano partikel CoFe₂O₄ dilapiskan ke plat kaca melalui metoda spin coating dengan putaran pelapisan 2000 rpm selama 30 detik, kemudian dioven pada suhu 100°C selama 1 jam dikalsinasi pada suhu 300°C selama 3 jam (*pre-annealing*) pada suhu 500°C selama 1 jam (*post-annealing*).

Proses Pembuatan Lapisan Tipis CoFe₂O₄/Zn/CoFe₂O₄

Lapisan tipis *Giant Magnetoresistance* (GMR) dengan struktur *sandwich* dibuat dengan cara plat kaca yang telah terlapisi CoFe₂O₄ dilapisi lagi di atasnya dengan precursor ZnO dan kemudian di oven pada suhu 100°C selama 3 jam (*pre-annealing*) pada suhu 500°C selama 1 jam (*post-annealing*). Selanjutnya, dilapiskan lagi CoFe₂O₄ di atasnya dan dikalsinasi dengan variasi suhu yang sama.

fKarakteristik Lapisan Tipis CoFe₂O₄/Zn/CoFe₂O₄

Untuk melihat sifat kristal lapisan tipis CoFe₂O₄ yang terbentuk diamati dengan menggunakan XRD. Sedangkan untuk melihat morfologi lapisan serta ketebalan dan bentuk molekul nano partikel yang dihasilkan diamati dengan SEM.

a). Menganalisa morfologi lapisan tipis menggunakan SEM

Sampel yang akan dianalisa adalah lapisan tipis CoFe₂O₄. Lapisan tipis CoFe₂O₄ diletakkan ke dalam tempat sampel. Permukaan sampel ditembakkan dengan berkas elektron berenergi tinggi. Hasil yang didapatkan berupa gambar dari permukaan yang lapisan tipis dengan perbesaran tertentu.

b). Menganalisa kristalinitas lapisan tipis menggunakan XRD

Sampel berupa lapisan tipis CoFe₂O₄ dimasukkan ke dalam set holder. Memindai sampel pada 2 θ 1-100° dan diperoleh difraktogram. Difraktogram dianalisa dengan menentukan derajat kristalinitas lapisan tipis yang dihasilkan.

c). 4-Point Probe System

C. Aplikasi Giant Magnetoresistance (GMR) dalam DSSC

Preparasi Elektroda ZnO

ZnO ditimbang sebanyak 6 gram ditambahkan 10 ml Etanol, kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 30 menit. Setelah itu pasta ZnO dilapisi pada kaca kemudian di sintering pada suhu 300°C menggunakan furnace.

Ekstrak Zat Warna Ubi Ungu

40 gram ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas L*) dipotong kecil-kecil dan di gerus halus dengan mortal, kemudian direndam dalam Etanol:HCl 1M (50:10 ml perbandingan volume) selama 24 jam. Selama perendaman, larutan ekstrak ubi jalar ungu harus disimpan ditempat gelap. Setelah direndam selama 24 jam, selanjutnya ekstrak zat warna ubi

jalar ungu disaring dengan menggunakan kertas saring whatman dan dirotari selama 2 jam dan disimpan ditempat yang gelap. [16]

Perendaman Elektroda ZnO dalam larutan dye

Elektroda ZnO yang telah dibuat kemudian direndam dalam ekstrak ubi jalar ungu, masing-masing pada konsentrasi 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% selama 1 jam. Kemudian kaca tersebut dikeringkan lalu diukur efisiensi optimum. Lalu elektroda ZnO direndam dengan konsentrasi zat warna optimum selama 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam dan 5 jam.

Preparasi Larutan Elektrolit

Pembuatan elektrolit dibuat dari KI 0.5M, I₂ 0.05M dan PEG (Polyethylene Glycol). 0.498 gr KI dilarutkan ke dalam 6 ml asetonitril dalam gelas kimia hingga larut. Pada gelas kimia lain, 0.076 gr I₂ dilarutkan dengan 6 ml asetonitril hingga larut. Kedua larutan tersebut dilarutkan hingga homogen. Kemudian 2.4 gr PEG dimasukkan ke dalam larutan elektrolit yang telah dibuat dan di aduk hingga membentuk gel [17]

Preparasi Elektroda Karbon

Karbon yang digunakan adalah pensil 2b. Pensil 2b dikikis halus dan serbuknya diletakkan ke atas kaca GMR menggunakan ayakan kecil. Lalu kaca tersebut difurnace pada suhu 300°C selama 1 jam.

Karakterisasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)

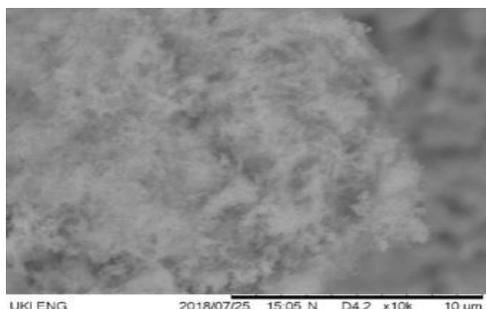
Sel surya yang telah tersusun dengan struktur *sandwich* kemudian diukur arus dan tegangannya (I-V) dengan menggunakan multimeter digital untuk menganalisis karakteristik hasil keluaran dari sel surya. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan sumber cahaya lampu halogen 8 Watt sebanyak 3 lampu.

II. Hasil dan pembahasan

A. Karakterisasi Giant Magnetoresistance (GMR)

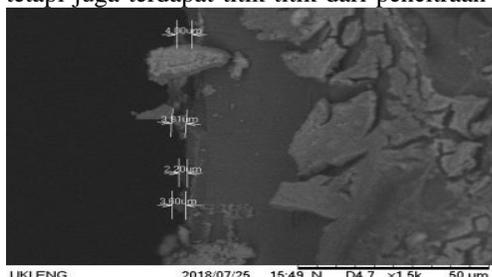
Karakterisasi lapisan tipis GMR dengan lapisan nanopartikel CoFe₂O₄/ZnO/CoFe₂O₄ dilakukan menggunakan SEM, XRD dan *4-point probe system*.

a. Scanning Electron Microscopy (SEM)



Gambar 5. Foto SEM Permukaan Lapisan Tipis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$ perbesaran 10.000x

Faktor yang mempengaruhi kualitas dari lapisan tipis GMR salah satunya adalah ketebalan dari lapisan tipis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$. Untuk mengetahui ketebalan dan morfologi permukaan lapisan tipis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$ dapat menggunakan instrument SEM (*Scanning Electron Microscope*). Gambar 2 dapat dilihat bahwa terbentuknya fase gel magnetik pada substrat kaca tetapi juga terdapat titik-titik dari pencitraan tersebut



yang menunjukkan bentuk bubuk magnetic belum bertransformasi secara sempurna ke bentuk gel.

Gambar 6. Hasil pencitraan *cross section* Lapisan tipis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$

Tabel 1. Ketebalan lapisan tipis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$

	Tebal lapisan (μm)
t1	3.60
t2	2.20
t3	3.81
t4	4.00
Rata-rata	3.5

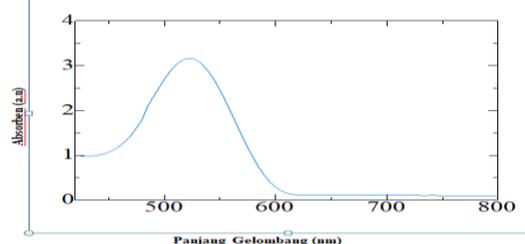
Pada gambar 3 dapat diketahui ketebalan dari lapisan tipis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$ dapat dilihat adanya perubahan ukuran ketebalan lapisan yang dihasilkan. Sedangkan table 3 dapat diketahui ketebalan rata-rata lapisan tipis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$ dapat dilihat yang berhasil dilapisi pada permukaan substrat kaca sebesar $3,5 \mu\text{m}$.

b. Sifat Listrik Metode 4-Point Probe system

4-Point Probe system digunakan untuk mencari nilai resistensi dan resistivitas dari sampel. Pada sampel lapisan tipis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$ menggunakan metoda sol gel spin coating dengan kecepatan putaran 2000 rpm didapatkan nilai resistensi $<100 \Omega$. Nilai resistensi dipengaruhi oleh ketebalan lapisan. Nilai resistensi berbanding lurus dengan tegangan, sehingga jika nilai resistensi besar maka tegangannya akan makin besar dan resistensi berbanding terbalik dengan arus sehingga jika nilai resistensinya besar maka arus yang mengalir semakin kecil. Dari hasil dapat diketahui bahwa kaca GMR bias digunakan untuk substrat pada DSS

B. Karakterisasi Zat warna (Dye)

a. Spektrofotometer UV-Vis



UV-Vis digunakan untuk mengetahui absorbansi cahaya antosianin ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas L*). Pengujian dilakukan dengan rentangan panjang gelombang spektrum absorpsi 425-800 nm.

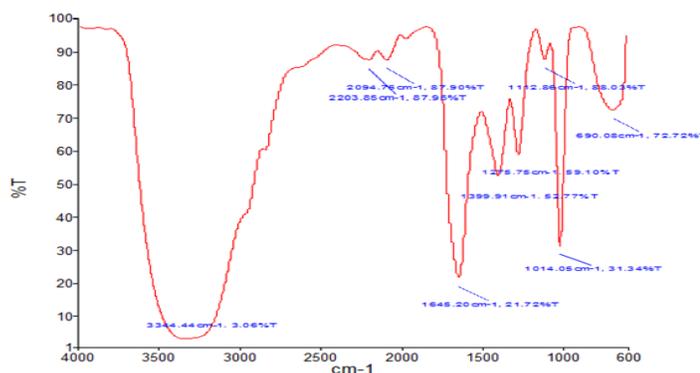
Gambar 7. Spektrum Absorbansi Ubi Jalar Ungu

Dari gambar hasil pengujian UV-Vis diketahui spectrum serapan ubi jalar ungu cukup lebar dari 460-580 dengan panjang gelombang maksimum yaitu 525nm. spektrum serapan yang cukup lebar dari ekstrak ubi jalar ungu ini dapat meningkatkan performansi sel surya. Hasil dari pengujian ini hampir mendekati hasil dari penelitian Retno Darmayani (2014) dengan panjang gelombang maksimum yaitu 533nm. Sedangkan nilai absorbansi dari ekstrak ubi jalar ungu yaitu 3,16A. Nilai absorbansi ekstrak ubi jalar ungu ini cukup tinggi yang menunjukkan bahwa tingginya konsentrasi zat warna antosianin dalam penyerapan spektrum

serapan yang diberikan. Hasil absorbansi ini menunjukkan bahwa ekstrak ubi jalar ungu dapat digunakan sebagai zat warna pada DSSC.

b. Spektrofotometri IR (FTIR)

FTIR digunakan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada zat warna yaitu ubi jalar ungu. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar dimana pengujian dilakukan pada rentangan spectrum panjang gelombang 4000-600 cm⁻¹.



Gambar 8. Spektrum Bilangan Gelombang Ekstrak ubi Jalar Ungu

Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar dimana pengujian dilakukan pada rentangan spectrum panjang gelombang 4000-600 cm⁻¹. Dari interpretasi spectra infra merah menunjukkan ekstrak ubi jalar ungu terdapat gugus -OH dengan serapan pada daerah 3327.16 cm⁻¹ yang didukung oleh adanya puncak C-O stretching tajam pada serapan panjang gelombang 1026.61cm⁻¹. Serapan

ikatan C-H ditunjukkan pada serapan panjang gelombang 703.27cm⁻¹ yang didukung pula adanya ikatan C=C aromatic pada serapan panjang gelombang 1642.30 cm⁻¹. Berdasarkan hasil indentifikasi FTIR dapat disimpulkan bahwa ekstrak ubi jalar ungu terdapat senyawa antosianin yang digunakan sebagai zat warna pada DSSC.

Tabel 2. Interpretasi Spektra FTIR Antosianin

NO	Bilangan Gelombang cm ⁻¹		Gugus Fungsi
	Hasil Spektra	Teori	
1	3327.16	3500-3000	-OH
2	1642.30	1650-14500	-C=C aromatic
3	1026.61	1230-1000	-C-O alkohol
4	703.27	900-690	-C-H tekuk

C. Perhitungan Efisiensi DSSC

Efisiensi yaitu persentase daya yang dihasilkan DSSC berbanding dengan daya yang

dihasilkan sinar matahari. Perhitungan efisiensi menggunakan rumus,

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{in}} \times 100\%$$

Dimana:

η = efisiensi (%),

P_{max} = daya maksimum,

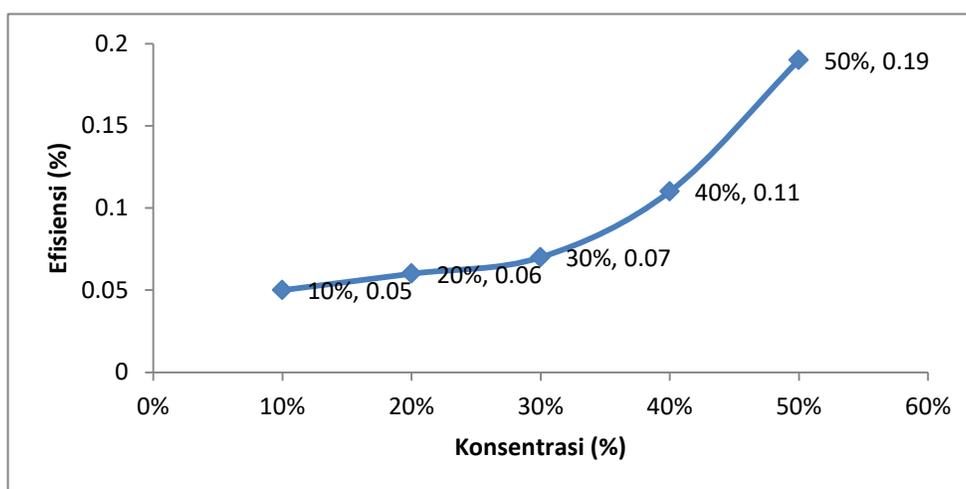
P_{in} = daya sinar matahari.

matahari tetapi pada penelitian ini menggunakan lampu Uv dengan arus 8 watt. Dari tegangan dan hambatan dapat diketahui nilai dari arus yang dihasilkan dengan rumus $V=I \times R$, dimana V adalah tegangan (Volt), I adalah Arus (Watt) dan R adalah hambatan (Ω).

Nilai efisiensi diketahui dari pengukuran tegangan dan hambatan dengan bantuan sinar

Tabel 3. Hasil Pengukuran Tegangan, Hambatan dan Efisiensi DSSC Terhadap Konsentrasi Ekstrak Ubi Jalar Ungu

NO	Konsentrasi	V (mV)	R(k Ω)	η (%)
1	10 %	117.5	2.296	0.05
2	20%	137.5	2.426	0.06
3	30%	154.9	2.69	0.07
4	40%	178.0	2.25	0.11
5	50%	216.8	1.98	0.19

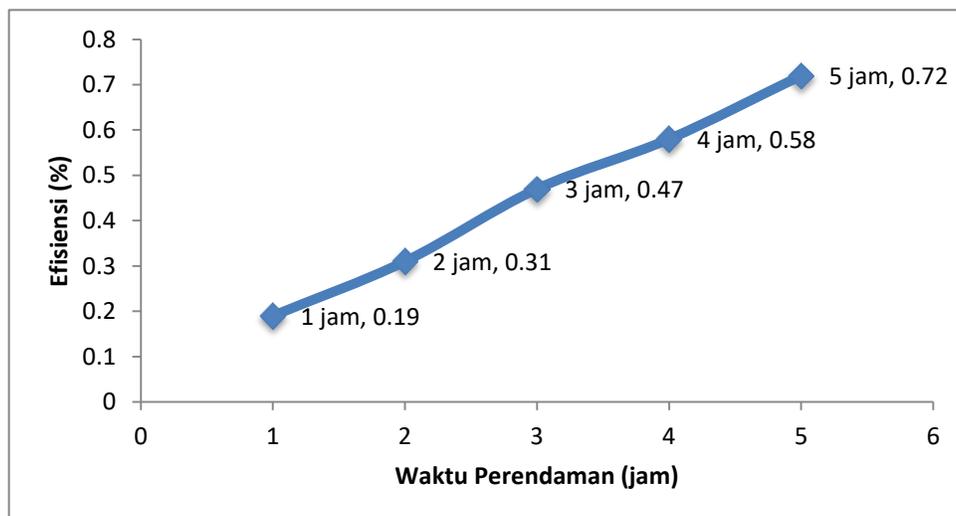


Gambar 9. Variasi Konsentrasi Ekstrak Ubi Jalar Ungu

Tabel 4. Hasil Pengukuran Tegangan, Hambatan dan Efisiensi DSSC Terhadap Waktu Penyerapan Ekstrak Ubi Jalar Ungu

NO	Waktu	V (mV)	R(k Ω)	η (%)
1	1 jam	216.8	1.98	0.19
2	2 jam	297.2	2.30	0.31

3	3 jam	328.0	1.90	0.47
4	4 jam	338.8	1.63	0.58
5	5 jam	360.0	1.47	0.72



Gambar 10. Variasi Waktu Perendaman Ekstrak Ubi Jalar Ungu

Dari hasil penelitian dapat dilihat pada tabel 3 yang menunjukkan Efisiensi maksimum pada konsentrasi zat warna 50% yaitu 0.19% ini dikarenakan banyak senyawa antosianin yang terdapat pada larutan. Selain itu pada tabel 4 waktu perendaman optimum 5 jam yaitu 0.72%, dikarenakan semakin lama waktu perendaman semikonduktor maka semakin banyak antosianin yang terikat pada semikonduktor dan semakin banyak pula electron yang ditangkap oleh antosianin maka makin tinggi pula efisiensi yang dihasilkan.

VI. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan :

1. Lapisan tipis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{ZnO}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$ dengan metoda Sol- gel spin coating memiliki nilai resistensi cukup rendah sehingga dapat digunakan untuk substrat pada DSSC.
2. Pada perendaman dengan variasi konsentrasi ekstrak ubi jalar ungu yaitu 10,20,30,40 dan 50% didapatkan pada konsentrasi 50% memiliki nilai efisiensi yang cukup tinggi yaitu 0.19%. sedangkan pada variasi waktu

perendaman substrat pada ekstrak ubi jalar ungu didapatkan waktu optimum yaitu 5 jam dengan nilai efisiensi 0.72%.

REFERENSI

- [1] M. D. Surindra, "ANALISIS KARAKTERISTIK ELECTRICAL MODUL PHOTOVOLTAIC UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA SKALA LABORATORIUM," pp. 74–78, 2012.
- [2] A. Shodiqin and A. Yani, "ANALISA CHARGING TIME SISTEM SOLAR CELL MENGGUNAKAN PENCARI ARAH SINAR MATAHARI YANG DILENGKAPI DENGAN PEMFOKUS CAHAYA," vol. 5, no. 1, pp. 1–7, 2016.
- [3] S. H. Subandi, "Pembangkit Listrik Energi Matahari Sebagai Penggerak Pompa Air Dengan Menggunakan Solar Cell," *J. Teknol. Technoscientia*, 2015.
- [4] A. Mohammad Bagher, "Types of Solar Cells and Application," *Am. J. Opt. Photonics*, vol. 3, no. 5, p. 94, 2015.

- [5] M. K. Nazeeruddin, E. Baranoff, and M. Grätzel, "Dye-sensitized solar cells: A brief overview," *Sol. Energy*, 2011.
- [6] F. A. Hasibuan, J. Fisika, F. Matematika, D. A. N. Ilmu, P. Alam, and U. G. Mada, "Kajian Magnetoresistansi pada Nanopartikel Magnetite (Fe_3O_4) yang Dienkapsulasi dengan Polyethylene Glycole (PEG) dan Biomaterial dengan Sensor Lapisan Tipis Co/Cu Multilayer Berbasis Giant Magnetoresistance," vol. XIX, no. November, pp. 13–19, 2015.
- [7] Novi Susanti dan Edi Suharyadi, "Pengukuran Magnetoresistance Berbasis Lapisan Tipis Giant Magnetoresistance (GMR) pada Polyethylen Glicol (PEG)-Coated- Nanopartikel Magnetik CoFe_2O_4 ," vol. 20, no. April, pp. 280–283, 2014.
- [8] D. D. Pratiwi, R. Suryana, and F. Nurosyid, "Pemanfaatan Antosianin dari Ekstrak Kol Merah (*Brassica oleracea* var) sebagai Pewarna Dye-Sensitized Solar Cells (DSSC)," *J. Appl. Phys.*, no. April, pp. 6–12, 2016.
- [9] E. Cuevas Montilla, M. Silke, and H. Peter, "Anthocyanins in Purple Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L .) Varieties," *Fruit, Veg. Cereal Sci. Biotechnol.*, pp. 0–5, 2011.
- [10] H. Kang, Y. G. Kwak, and S. Koppula, "Protective effect of purple sweet potato (*ipomoea batatas* Linn, *Convolvulaceae*) on neuroinflammatory responses in lipopolysaccharide-stimulated microglial cells," *Trop. J. Pharm. Res.*, vol. 13, no. 8, pp. 1257–1263, 2014.
- [11] M. G. Miguel, "Anthocyanins: Antioxidant and/or anti-inflammatory activities," *J. Appl. Pharm. Sci.*, vol. 1, no. 6, pp. 7–15, 2011.
- [12] D. Arslan, "Effects of degradation preventive agents on storage stability of anthocyanins in sour cherry concentrate," *Agron. Res.*, vol. 13, no. 4, pp. 892–899, 2015.
- [13] Hardeli, Suwardani, T. Fernando, Maulidis, and S. Ridwan, "Dye Sensitized Solar Cells (DSSC) Berbasis Nanopori TiO_2 Menggunakan Antosianin dari Berbagai Sumber Alami," *Pr 2013osiding Semirata FMIPA Univ. Lampung*, 2013.
- [14] Rahmayeni, A. Devi, Y. Stiadi, N. Jamarun, Emriadi, and S. Arief, "Preparation, characterization of $\text{ZnO}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$ magnetic nanocomposites and activity evaluation under solar light irradiation," *J. Chem. Pharm. Res.*, vol. 7, no. 9, pp. 139–146, 2015.
- [15] R. Ramli, R. Jonuarti, and A. Hartono, "Analisis Struktur Nano Dari Lapisan Tipis Cobalt Ferrite Yang Dipreparasi Dengan Metode Sputtering," *EKSAKTA Berk. Ilm. Bid. MIPA*, vol. 18, no. 01, pp. 46–53, 2017.
- [16] H. Munawaroh, G. F. Adillah, L. N. M. Z. Saputri, Q. A. Hanif, R. Hidayat, and S. Wahyuningsih, "The co-pigmentation of anthocyanin isolated from mangosteen pericarp (*Garcinia mangostana* L.) as Natural Dye for Dye- Sensitized Solar Cells (DSSC)," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2016.
- [17] H. dan H. S. Retno Damayanti, "PREPARASI DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC) MENGGUNAKAN EKSTRAK ANTOSIANIN UBI JALAR UNGU (*Ipomoea batatas* L.)," *J. Sainstek*, vol. VI, no. December, pp. 148–157, 2014.

