

MAKING DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC) USING GMR AS SUBSTRAT AND MANGOSTEEN SKIN EXTRACT (*Garcinia Mangostana L*) AS A DYE SENSITIZER

PEMBUATAN *DYE SENSITIZED SOLAR CELL* (DSSC) MENGGUNAKAN SUBSTRAT KACA GMR DAN EKSTRAK KULIT BUAH MANGGIS (*Garcinia Mangostana L*) SEBAGAI DYE SENSITIZER

Dina Wirdatul Ummah¹⁾, Hary Sanjaya²⁾

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang
Jln. Prof. Dr. Hamka Air Tawar, Padang, Indonesia Telp. 0751 7057420

¹uumwirdatul@gmail.com

²hary_sanjaya@yahoo.com

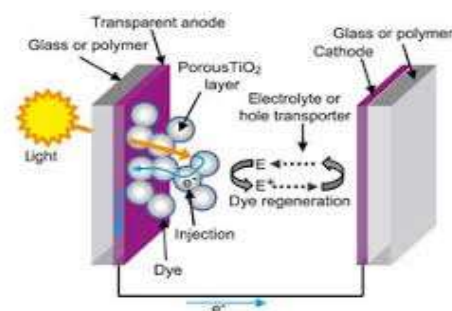
Abstrak- The aim of this is to determine the efficiency of DSSC by using GMR as a substrat with mangosteen skin s a dyes. Mangosteen skin contains of anthocyanin pigmentd. Based on the light absorption test of mangosteen peel extract dyes it is known that the spectrum of mangosteen peel can absorb light at the maximum 510 nm wavelength with absorbance of 2.8873 A. The results of the conversion of sunlight into electrical energy obtained the highest value at 50% concentration of 0.281%. Whereas at 5 hours time variation that is equal to 1.053% because ZnO paste is soaked for 5 hours with coloring and drops of liquid electrolyte.

Keywords: Giant Mangetoresistance, Kulit Buah Manggi, DSSC

I. Pendahuluan

Indonesia sangat berpotensi untuk menjadikan sel surya sebagai salah satu sumber energi listrik, karena Indonesia terletak pada garis khatulistiwa yang memungkinkan sinar matahari dapat optimal diseluruh Indonesia. Hal ini menunjukkan Indonesia mampu memanfaatkan sinar matahari sebagai sumber enegri. Salah satu energi alternatif diantaranya memanfaatkan sinr matahari dengan memproduksi sel surya. Sel surya ini ramah lingkungan dan bisa digunakan secara massal.

Sel surya merupakan suatu energi yang bisa mengubah energi matahari menjadi energi listrik melalui efek fotovoltaiik. Efek fotovoltaiik ini merupakan peristiwa terciptanya suatu muatan didalam bahan akibat penyerapan cahaya dari bahan tersebut (Trianiza, 2018). Sel surya bekerja menggunakan energi matahari menjadi energy listrik. Sel surya tebagi dua yaitu, pertama sel surya berbasis silikon dan sel surya lapisan tipis (thin film), dimana sel surya ini memiliki laju konversi yang tinggi, proses fabrikasi yang kompleks dan biaya yang mahal. Hal ini menyebabkan penggunaanya sangat minim dan belum bisa diandalkan sebagai media conterver [2]. Sehingga muncul sel surya generasi baru yaitu *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC).



Gambar 1. Cara Kerja DSSC

DSSC diperkenalkan pertama kali tahun 1991 oleh O'Regan dan Gratzel dengan prinsip mengkonversi foton dari energi surya menjadi energi listrik berdasarkan beberapa komponen seperti lebar celah pita semikonduktor, zat warna (*dye*) dan elektrolit [3]. Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) terbuat dari zat warna alami seperti bunga, daun, dan buah-buahan sebagai sensitizer untuk mengkonversi cahay matahari menjadi energi listrik, selin itu DSSC juga ramah lingkungan, tidak beracun dan biaya yang murah [4]. Zat warna memiliki peran yang besar dalam meningkatkan efisiensi DSSC yang berfungsi untuk mengabsorpsi cahaya. Zat warna yang digunakan

adalah kulit buah manggis. Buah manggis (*Garcinia Mangostana L*) adalah buah yang banyak mengandung antosianin pada bagian kulitnya. Kulit buah manggis mengandung pigmen yang berasal dari mangosteen dan β -mangosteen jika hasil dari ekstrak berupa pewarna alami yang menghasilkan warna merah sampai biru [5].



Gambar 2. Buah Manggis

Pada sel surya DSSC ini menggunakan substrat kaca *Giant Magnetoresistance* (GMR). *Giant Magnetoresistance* adalah material yang memiliki karakteristik magnetosistansi yang tinggi, sifat-sifat magnetic dan elektrik yang baik [6]. Prinsip GMR adalah perubahan resistansi pada lapisan multilayer yang diberikan ke medan magnet luar dan merupakan efek mekanika kuantum yang bergantung pada fenomena *scattering spin*. Perubahan resistansi ini diakibatkan adanya hamburan elektron antara wilayah magnetisasi parallel dan anti parallel atau yang disebut dengan *spin dependent transport* [7].

GMR terbuat dari nanopartikel Cobalt Ferrit (CoFe_2O_4). Nanopartikel CoFe_2O_4 merupakan salah satu jenis material nanopartikel, karena memiliki sifat superparamagnetic [8]. Dalam DSSC, konversi cahaya tampak menjadi energi listrik dicapai melalui sensitisasi spectral semikonduktor pita lebar seperti TiO_2 , ZnO , SnO_2 dan lain-lain. Semikonduktor yang digunakan adalah Zink Oksida (ZnO). ZnO merupakan semikonduktor yang memiliki band gap 3.37 eV dan energi ikat sebesar 60 meV [9]. ZnO ini banyak digunakan sebagai katalis dan semikonduktor. ZnO memiliki sifat yang mudah bereaksi dan digunakan untuk bahan tambahan pada sel surya (Rustan & Subaer, 2015).

Selain semikonduktor, elektrolit juga memiliki peran yang penting pada DSSC yang bisa mempengaruhi hasil efisiensi. Elektrolit yang digunakan yang berbentuk cair yang mengandung I^-/I_3^- yang memberikan efisiensi yang besar [11].

II. Metode Penelitian

A. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan adalah Scanning Electron Microscopy (SEM), X-Ray Diffraction (XRD), FTIR, UV-Vis, spin coating, ultrasonic cleaner, oven, furnace, gelas kimia, gelas ukur, elenmeyer, pipet tetes, pipet takar, batang pengaduk, magnetic stirrer, spatula, cawan petri, lumping alu, selotip, dan corong pisah.

Bahan-bahan yang digunakan yaitu etanol, aquades, kaca preparat, methanol, KI, I_2 , asam klorida (HCl) 1M, asetonitril, polietilen glikol (PEG), bubuk pensil, kertas whatman, kulit buah manggis, $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, dan $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Zn} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Preparasi Komponen-Komponen DSSC

Preparasi GMR ($\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$)

Substrat kaca yang akan dilapisi dibersihkan menggunakan methanol. Setelah dibilas dengan methanol substrat kaca di panaska dengan suhu 100°C selama 15 menit, lalu di dinginkan dn siap untuk dilapisi. Lapisan pertama dibuat dari nanopartikel CoFe_2O_4 yang akan dilapiskan ke plat kaca yang telah dibersihkan melalui metode spin coating, kemudian diputar dengan kecepatan 2000 rpm selama 30 detik, kemudian di oven pada suhu 100°C selama 1 jam, dikalsinasi pada suhu 300°C selama 3 jam (*pre-anneling*) dan pada suhu 500°C selama 1 jam (*post-anneling*). Lapisan kedua dibuat dari nanopartikel Zn asetat yang akan dilapisi setelah nanopartikel CoFe_2O_4 melalui metode spin coating, kemudian diputar dengan kecepatan 2000 rpm selama 30 detik, kemudian di oven pada suhu 100°C selama 1 jam, dikalsinasi pada suhu 300°C selama 3 jam (*pre-anneling*) dan pada suhu 500°C selama 1 jam (*post-anneling*). Dan lapisan ketiga dibuat dari nanopartikel CoFe_2O_4 melalui metode spin coating, kemudian diputar dengan kecepatan 2000 rpm selama 30 detik, kemudian di oven pada suhu 100°C selama 1 jam, dikalsinasi pada suhu 300°C selama 3 jam (*pre-anneling*) dan pada suhu 500°C selama 1 jam (*post-anneling*).

Preparasi ZnO

Pasta ZnO dibuat dari 6 gram bubuk ZnO. Kemudian ditambahkan methanol sebanyak 10 mL dan di stirrer selama 30 menit. Pasta ZnO di oleskan pada GMR secara hati-hati dan kemudian di panaskan dengan temperature 300°C selama 30 menit.

Preparasi Larutan Zat Warna

40 gram kulit manggis yang telah dipotong kecil-kecil dan digerus halus menggunakan mortar, ekstrak kulit manggis yang telah halus kemudian dimasukkan kedalam erlenmeyer yang telah ditutupi dengan aluminium foil dan direndam dengan pelarut etanol 96% : HCl 1M dengan perbandingan volume 50 mL : 10 mL selama 24 jam. Selama proses

perendaman erlenmeyer disimpan dalam tempat yang gelap. Setelah cairan ekstrak kulit manggis direndam selama 24 jam, selanjutnya ekstrak zat warna kulit manggis disaring menggunakan kertas whatman, filtrate yang sudah didapatkan di eveportasi dengan rotary evaporator untuk menghilangkan pelarutnya. Ekstrak yang dihasilkan disimpan dalam botol gelap. Hal ini bertujuan agar antosianin tidak terkena cahaya sehingga mudah terdegradasi (Munawaroh H et al, 2016).

Preparasi Larutan Elektrolit

Preparasi elektrolit cair dibuat dari Potassium Iodide (KI) sebanyak 8,3 gr dilarutkan ke dalam 6 mL asetonitril dalam gelas kimia. Iodine (I₂) sebanyak 1,26 gr dilarutkan ke dalam 6 mL asetonitril dalam gelas kimia. Larutan pada kedua gelas kimia tersebut dicampur dan diaduk hingga homogeny. Sebanyak 2 gr PEG dimasukkan dalam larutan elektrolit yang telah dicampurkan. Larutan elektrolit yang sudah jadi kemudian disimpan dalam botol berwarna gelap.

Preparasi Elektroda Karbon

Kaca berlapis GMR diarsir dengan menggunakan pensil 8b. Selanjutnya kaca tersebut dipanaskan pada temperature 300°C selama 30 menit.

Perakitan DSSC

Langkah pertama perakitan sel surya adalah untuk pembuatan substrat kaca GMR yang terbuat dari larutan nanopartikel CoFe₂O₄/Zn/CoFe₂O₄. Kemudian pada kaca GMR yang berukuran 2,5 x 2,5 cm di oleskan semikonduktor dari ZnO secara merata dan lapisan tersebut dikeringkan selama 30 menit dan di *furnace* pada temperature 300°C. Lapisan ZnO kemudian direndam dalam larutan zat warna dengan konsentrasi 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% selama 1 jam. Lapisan ZnO yang telah direndam dalam zat warna akan menjadi warna hijau. Pada proses ini terjadi adsorpsi antosianin ke permukaan ZnO. Kemudian tetesi elektrolit keatas permukaan yang telah di lapisi ZnO dan direndam dengan zat warna lalu ditutup dengan elektroda lawan sehingga terbentuk struktur *sandwich*. Kemudian agar struktur selnya mantap dijepit dengan klip pada kedua sisi.

Sel surya yang telah dibuat 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 24 Watt.

Karakterisasi Giant Magnetoresistance (GMR) dan Larutan Zat Warna

Karakterisasi GMR dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dilakukan untuk mengetahui morfologi permukaan dan ketebalan lapisan tipis

CoFe₂O₄/Zn/CoFe₂O₄. Selanjutnya dilakukan pengujian absorbansi zat warna. Uji absorbansi zat warna dilakukan untuk mengetahui pigmen antosianin dari kulit buah manggis dengan menggunakan UV-VIS.

Pengujian Gugus Fungsi

Uji adanyan gugus fungsi dilakukan untuk mengetahui apakah senyawa yang terekstrak adalah antosianin. Analisis dilakukan dengan melihat bentuk spektrumnya yaitu dengan melihat puncak-puncak spesifik yang menunjukkan jenis gugus fungsional menggunakan FTIR.

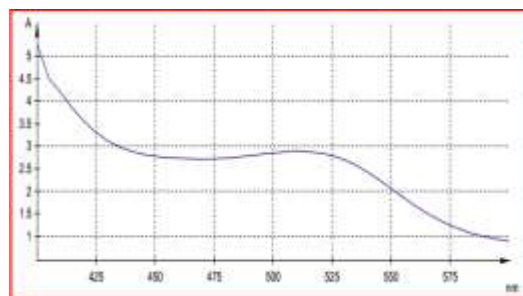
Pengujian Sifat Arus Listrik

Sel surya yang telah dirangkai dilakukan pengujian tegangan dan hambatanya menggunakan multimeter digital. Sumber cahaya yang digunakan yaitu lampu UV 24 watt.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

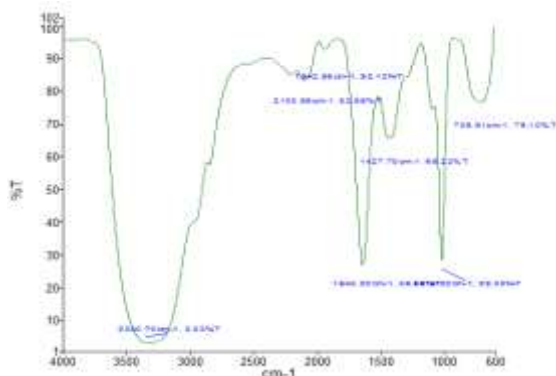
Karakterisasi Zat Warna

Sebelum digunakan sebagai sensitizer, ekstrak kulit buah manggis terlebih dahulu dikarakterisasi dengan menggunakan instrumen UV-VIS. Karakterisasi ini dilakukan untuk mengetahui absorbansi cahaya oleh pigmen antosianin dari kulit buah manggis. Spectrum absorbansi diukur pada rentang panjang gelombang 400-600 nm.



Gambar 3 Spektrum Absorbansi Kulit Buah Manggis

Dari Gambar 3. Dapat dilihat bahwa spectrum serapan ekstrak kulit buah manggis dari 400-600 nm dengan panjang gelombang maksimum (λ max) 510 nm. Serapan ekstrak kulit buah manggis cukup lebar ini akan meningkatkan performansi dari sel surya. Hasil absorbansi dari ekstrak kulit buah manggis ini cukup bagus digunakan sebagai sumber zat warna pada DSSC.

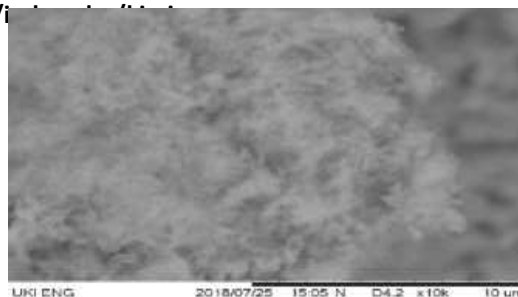


Gambar 4 Spektrum FTIR Ekstrak Antosianin

Hasil interpretasi spectra FTIR tersaji dalam Tabel 1. Dari interpretasi spectra infra merah menunjukkan bahwa antosianin yang diekstrak mengandung gugus fungsi seperti -OH- yang ditunjukkan oleh serapan tajam pada daerah 3340,70 cm^{-1} yang didukung juga oleh munculnya serapan pada bilangan gelombang 1002,00 cm^{-1} untuk ikatan -C-O- alcohol dan serapan ikatan rangkap -C=C- aromatic ditunjukkan oleh serapan pada bilangan gelombang 1642,00 cm^{-1} yang didukung juga oleh munculnya serapan pada bilangan gelombang 709,91 cm^{-1} untuk ikatan -C-H tekuk. Berdasarkan hasil spektrum UV-Vis dan spektrum FTIR disimpulkan bahwa senyawa yang diekstrak adalah antosianin.

Hasil interpretasi spectra FTIR tersaji dalam Tabel 1.

No	Bilangan Gelombang (cm^{-1})		Bentuk Pita	Gugus Fungsi
	Pada Spektra	Pada Pustaka		
1.	3340,70	3500-3000	Tajam	OH
2.	1642,00	1650-1450	Tajam	C=C
3.	1002,00	1230-1000	Tajam	C-O
4.	709,91	900-690	Sedang	C-H



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

Untuk mengetahui morfologi permukaan dan ketebalan lapisan tipis GMR dari $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$ dapat dilihat menggunakan instrumen *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Ketebalan dari lapisan tipis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$ dapat dilihat pada gambar 5. Dari gambar tersebut ketebalan dari lapisan tipis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$ merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas dari GMR. Pada gambar 5 dapat dilihat bahwa terbentuk fase gel magnetik pada substrat kaca dan terdapat juga beberapa titik dari pencitraan menunjukkan yang belum sempurna bertransformasi bentuk bubuk magnetic ke bentuk gel.

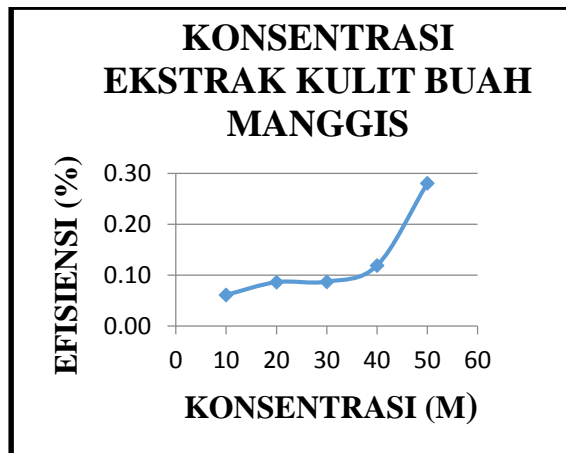
Untuk mengukur kaca GMR menggunakan 4-probe system. 4-probe system ini digunakan untuk mencari nilai resistansi dan resistivitas dari sampel.

Perhitungan Efisiensi DSSC

Untuk mengetahui efisiensi DSSC dilakukan pengukuran tegangan dan hambatan dengan bantuan lampu UV 24 watt. Dari tegangan dan hambatan dihitung kuat arus yang dihasilkan dengan rumus $V = I \times R$. Dimana V adalah tegangan, I adalah arus dan R adalah resistansi. Efisiensi DSSC ini dilakukan dengan variasi konsentrasi 10%, 20%, 30%, 40 dan 50% dan variasi waktu 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam dan 5 jam.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Tegangan, Kuat Arus, Hambatan dan Efisiensi DSSC dengan Variasi Konsentrasi

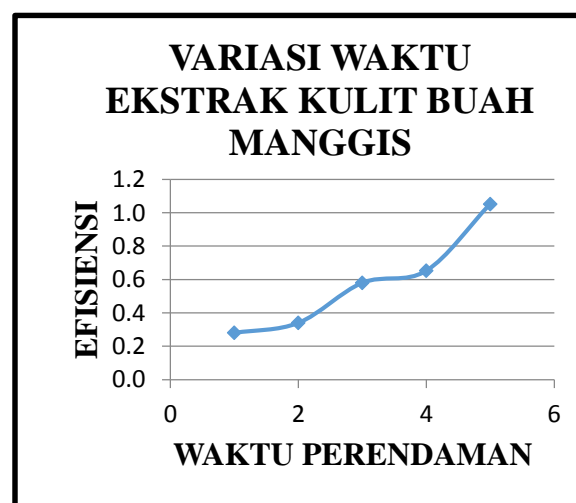
Konsentrasi	V (mV)	R ($\text{k}\Omega$)	Efisiensi (%)
10%	126,3 mV	2,175 $\text{k}\Omega$	0,061%
20%	162,1 mV	2,516 $\text{k}\Omega$	0,086%
30%	175,4 mV	2,938 $\text{k}\Omega$	0,0872%
40%	176,5 mV	2,175 $\text{k}\Omega$	0,119%
50%	211,3 mV	1,32 $\text{k}\Omega$	0,281%



Gambar 6. Kurva Efisiensi DSSC dengan Variasi Konsentrasi Zat Warna

Tabel 3. Hasil Pengukuran Tegangan, Kuat Arus, Hambatan dan Efisiensi DSSC Variasi Lama Waktu Lama Perendaman.

Waktu	V (mV)	R (kΩ)	Efisiensi (%)
1 jam	211,3 mV	1,32 kΩ	0,281%
2 jam	297,7 mV	2,13 kΩ	0,346%
3 jam	350,9 mV	1,76 kΩ	0,581%
4 jam	385,9 mV	1,9 kΩ	0,6531%
5 jam	396,8 mV	1,245 kΩ	1,053%



Gambar 7. Kurva Efisiensi DSSC dengan Variasi Lama Waktu Perendaman

Pada penelitian ini DSSC berhasil mengkonversi energi surya menjadi energi listrik yang ditunjukkan dengan nilai tegangan, kuat arus, hambatan dan efisiensi yang diperoleh pada tabel 5.

DSSC mengkonversi sinar matahari menjadi energi listrik yang ditunjukkan dengan adanya nilai tegangan maksimum pada multimeter. Data dari tabel 5. dibuat grafik hubungan pengaruh konsentrasi zat warna terhadap efisiensi yang dihasilkan. Efisiensi maksimum konversi energi matahari menjadi energi listrik diperoleh pada konsentrasi zat warna 50% yaitu 0,281% untuk variasi 1 jam. Dari variasi konsentrasi zat warna hasil efisiensi yang didapatkan 0,281% lebih tinggi dibandingkan konsentrasi zat warna 10%, 20%, 30% dan 40%.

Dari tabel 6. dibuat grafik hubungan pengaruh dari konsentrasi 50% dengan variasi lama waktu perendaman selama 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam dan 5 jam. Sehingga didapatkan hasil yang meningkat per-jamnya. Dapat dilihat dari gambar 8. dimana hasil yang didapatkan selalu naik sehingga bisa dikatakan zat warna yang diserap pada pasta ZnO. Dari hasil yang diperoleh, zat warna yang direndam konsentrasi 50% dengan variasi waktu perendaman didapatkan hasil maksimum. Semakin lama waktu perendaman maka hasil efisiensi yang didapatkan lebih tinggi.

IV. Kesimpulan

Kesimpulan penelitian ini adalah pertama, penelitian ini telah berhasil dilakukan pembuatan DSSC (*Dye Sensitized Solar Cell*) menggunakan GMR sebagai substrat dengan variasi konsentrasi dan variasi waktu perendaman dengan ekstrak antosianin kulit buah manggis (*Garcinia Mangostana L*). Kedua, Efisiensi yang di dapatkan oleh DSSC sebesar 1,053% dengan konsentrasi 50%.

REFERENSI

- [1] I. Trianiza, "Pemanfaatan ekstrak kulit buah kasturi sebagai dye sensitizer solar cell," vol. 1, no. 1, 2018.
- [2] D. Sawitri and A. Wahyuono, "Preparasi dan Karakterisasi Dye-sensitized Solar Cell (DSSC) dengan Pewarna Ekstrak Jeruk : Pengaruh Variasi Komposisi Karotenoid dan Flavonoid Terhadap Efisiensi Sel Surya," pp. 103–108, 2017.
- [3] S. Dayang, M. Irwanto, N. Gomesh, and B. Ismail, "Natural dyes from roselle flower as a sensitizer in dye-sensitized solar cell (DSSC)," *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 9, no. 1, pp. 191–197, 2018.

- [4] P. Soni, V. V. S. Murty, and K. K. and A. G. Kushwaha, "A Study of Nature Based Dye with Different Extracting Solvents as a Sensitizer for Dye-Sensitized Solar Cells," vol. 8, no. 3, 2019.
- [5] R. Farida and F. Choirun Nisa, "EKSTRAKSI ANTOSIANIN LIMBAH KULIT MANGGIS METODE MICROWAVE ASSISTED EXTRACTION (LAMA EKSTRAKSI DAN RASIO BAHAN: PELARUT) Extraction Anthocyanin Mangosteen Peel Waste with Microwave (Length of Extraction Time and Ratio of Material : Solvent)," *J. Pangan dan Agroindustri*, vol. 3, no. 2, pp. 362–373, 2015.
- [6] M. Djamal, R. Wirawan, and E. Sanjaya, "Sensor Magnetik GMR , Teknologi dan Aplikasi Pengembangannya," *Pros. Pertem. Ilm. XXV HFI*, pp. 1–8, 2011.
- [7] N. Susanti and E. Suharyadi, "Analisa Magnetoresistance Berbasis Lapisan Tipis Giant Magnetoresistance (GMR) pada Nanopartikel Cobalt ($CoFe_2O_4$) dilapisi Polyethelyn Glicol," vol. 20, no. 1, pp. 6–13, 2016.
- [8] F. A. Perdana, "SINTESIS DAN KARAKTERISASI PARTIKEL NANO Fe_3O_4 DENGAN TEMPLATE PEG- 1000," *Solid State Commun.*, 2008.
- [9] M. Giannouli, K. Govatsi, G. Syrokostas, and G. Leftheriotis, "Factors Affecting the Power Conversion Efficiency in ZnO DSSCs: Nanowire vs. Nanoparticles," 2018.
- [10] M. Rustan and I. , Subaer, "Studi tentang pengaruh nanopartikel zno (seng oksida) terhadap kuat tekan geopolimer berbahan dasar metakaolin," pp. 286–291, 2015.
- [11] A. Maulina, Hardeli, and Bahrizal, "Preparasi Dye Sensitized Solar Cel Menggunakan Ekstrak Antosianin Kulit Buah Mnaggis (*Gracinia Mangostana L.*)," *J. Saintek*, vol. VI, no. 2, pp. 158–167, 2014.
- [12] G. F. Munawaroh H and S. W. L N M Z Saputri, Q A Hanif, R hidayat, "The co-pigmentation of anthocyanin isolated from mangosteen pericarp (*Garcinia Mangostana L.*) as Natural Dye for Dye- Sensitized Solar Cells The co-pigmentation of anthocyanin isolated from mangosteen pericarp (*Garcinia Mangostana L.*) as Natural Dye," 2016.