

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

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana
Sains (S.Si)*



**Oleh:
DINA WIRDATUL UMMAH
NIM. 150356065/2015**

**PROGRAM STUDI KIMIA
JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DA ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2019**

PERSETUJUAN SKRIPSI

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

Nama : Dina Wirdatul Ummah
NIM : 15036065
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Agustus 2019

Mengetahui:
Ketua Jurusan Kimia



Dr. Mawardi, M.Si.
NIP. 19611123198903100

Disetujui oleh:
Dosen pembimbing



Hary Sanjaya, S.Si, M.Si
NIP. 19830428 200912 1 007

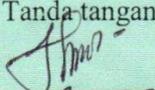
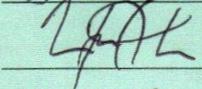
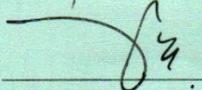
PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Dina Wirdatul Ummah
NIM : 15036065
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

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

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi Jurusan
Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri
Padang

Padang, Agustus 2019

Tim Penguji	Nama	Tanda-tangan
Ketua :	Hary Sanjaya, S.Si, M.Si	
Anggota :	Umar Kalmar Nizar, S.Si, M.Si, Ph.D	
Anggota :	Budhi Oktavia, S.Si, M.Si, Ph.D	

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Dina Wirdatul Ummah
NIM/BP : 15036065/2015
Tempat/Tanggal Lahir : Bogor/11 April 1997
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Alamat : Sijunjung

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "**Pembuatan *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* Menggunakan Substrat Kaca GMR dan Ekstrak Kulit Manggis (*Garcinia mangostana L*) sebagai *Dye Sensitizer***" adalah benar merupakan hasil karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau dipublikasikan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim. Apabila suatu saat nanti saya terbukti melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum negara yang berlaku, baik di Universitas Negeri Padang maupun masyarakat dan negara. Demikianlah Pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Padang, Agustus 2019
Saya yang menyatakan,

Dina Wirdatul Ummah
Nim. 15036065

**Pembuatan Dye Sensitized Solar Cell (Dscc) Menggunakan Substrat Kaca
GMR Dan Ektrak Kulit Manggis (*Garcinia mangostana L*) Sebagai Dye
Sensitizer**

Dina Wirdatul Ummah

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi DSSC menggunakan kaca GMR sebagai substrat dengan menggunakan pewarna dari kulit buah manggis. Kulit buah manggis banyak mengandung pigmen antosianin pada kulitnya. Berdasarkan pengujian penyerapan cahaya pada 510 nm panjang gelombang maksimum dengan absorbansi 2.8873 A. Hasil konversi sinar matahari menjadi energi listrik diperoleh nilai tertinggi pada konsentrasi 50% sebesar 0,281%. Sedangkan pada variasi waktu perendaman 5 jam sebesar 1,053% karena pasta ZnO direndam selama 5 jam dengan pewarna dan ditetesi elektroli semi padat.

Konsentrasi *dye* yang diberikan pada setiap sampel DSSC menghasilkan nilai efisiensi yang berbeda, semakin tinggi konsentrasi *dye* semakin bertambah efisiensi konversi energi yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena perbedaan konsentrasi *dye* yang diberikan mempengaruhi jumlah *dye* yang teradsorpsi pada ZnO, sehingga terjadi perubahan jumlah elektron yang di injeksikan ke pita konduksi ZnO. Begitu juga dengan lama perendaman yang menghasilkan nilai efisiensi yang berbeda setiap jam-nya.

Kata Kunci: Giant Magnetoresistance, Kulit Buah Manggis, DSSC

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberi kekuatan dan kesabaran kepada penulis dalam menyelesaikan Skripsi yang berjudul **“Pembuatan Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) menggunakan Kaca GMR sebagai Substrat dan Ekstrak Kulit Buah Manggis (*Garcinia mangostana L*) sebagai Dye-Sensitizer”** Shalawat beserta salam untuk nabi tauladan kita Muhammad SAW yang telah memberikan tauladan dalam setiap aktivitas yang kita lalui.

Skripsi ini diajukan untuk memenuhi persyaratan kelulusan dalam rangka memperoleh gelar sarjana S-1 pada Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang. Penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, petunjuk, arahan, dan masukan yang berharga dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih terutama kepada:

1. Bapak Hary Sanjaya, S.Si, M.Si selaku pembimbing dan penasehat akademik sekaligus selaku Ketua Prodi Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang yang telah memberikan bimbingan serta pengarahan hingga selesainya skripsi ini.
2. Bapak Umar Kalmar Nizar S.Si, M.Si, Ph.D dan Bapak Budhi Oktavia S.Si, M.Si, Ph.D sebagai Dosen Penguji.
3. Bapak Dr. Mawardi, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia Universitas Negeri Padang.

4. Seluruh Staf Pengajar dan Tenaga Administrasi di Jurusan Kimia FMIPA UNP.
5. Pranata Labor Pendidikan (PLP) Kimia FMIPA, yang telah memberikan bantuan dan dorongan selama penelitian.
6. Orang tua dari penulis yang telah memberikan semangat serta dorongan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Semua pihak terkait dan teman-teman kimia angkatan 2015 yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian.

Semoga rahmat dan kasih sayang Allah SWT selalu tercurah pada kita semua serta usaha dan kerja kita bernilai ibadah di hadapan Allah SWT, Amin Ya Rabbal ‘Alamin. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, Penulis mengharapkan masukan dan saran dari pembaca agar skripsi ini bermanfaat dikemudian harinya.

Padang, Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identitas Masalah	3
C. Batasan Masalah	3
D. Rumusan Masalah.....	4
E. Tujuan Penelitian	4
F. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
A. Sel Surya	5
B. <i>Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)</i>	6
C. Material DSSC	9
1. Substrat Kaca GMR (<i>Giant Magnetoresistance</i>)	9
2. <i>Dye Sensitizer Kulit Manggis (Garcinia Mangostana L)</i>	11
3. Bahan Semikonduktor <i>Zink Oxide (ZnO)</i>	12
4. Elektrolit	14
5. Counter Elektroda	15
D. Cobalt Ferrite (CoFe_2O_4)	15
E. Spin Coating.....	17
F. Instrumen Karakterisasi	18
1. Scanning Elektron Microscopy (SEM).....	18
2. Pengukuran Resistan Lapisan Menggunakan Metoda <i>4-Point Probe System</i>	21
3. X-Ray Fifrraction (XRD)	21
5. FTIR.....	22
BAB III METODE PENELITIAN	23

A. Jenis Penelitian Waktu dan Tempat	23
B. Objek Penelitian.....	23
C. Variabel Penelitian.....	23
D. Alat Dan bahan	23
1. Alat	23
2. Bahan	23
E. Prosedur Penelitian	24
1. Pembuatan Prekursor CoFe_2O_4 0,25 M.....	24
2. Pembuatan Prekursor Zn 0,5 M.....	24
3. Persiapan Substrat Kaca	24
4. Proses Pembuatan Lapisan Tipis CoFe_2O_4	24
5. Proses Pembuatan Lapisan Tipis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$	24
6. Karakterisasi Lapisan Tipis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$	25
7. Ekstraksi Zat Warna dari Kulit Buah Manggis.....	25
9. Preparasi Elektroda Karbon.....	26
10. Pembuatan Dye Sensitized Solar Cell (DSSC).....	26
11. Perendaman larutan dye pada elektroda kerja Lapisan ZnO	27
12. Karakterisasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC).....	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28
A. Preparasi Komponen-Komponen DSSC	28
1. Preparasi dan Karakterisasi Zat Warna	28
2. Karakterisasi Lapisan Tipis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$	30
3. Preparasi Elektrolit.....	35
4. Preparasi Counter Elektroda Karbon	35
5. Perakitan DSSC.....	35
B. Perhitungan Efisiensi DSSC	36
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	40
A. Kesimpulan	40
B. Saran	40
DAFTAR PUSTAKA.....	41
LAMPIRAN	44

DAFTAR TABEL

TABEL	Halaman
1. Sifat Fisik ZnO.....	13
2. Hasil Interpretasi Spectra FTIR.....	29
3. Ketebalan Lapisan Tipis CoFe ₂ O ₄ /Zn/CoFe ₂ O ₄	31
4. Data Hasil Uji XRD CoFe ₂ O ₄	32
5. Data Hasil Uji ZnO.....	33
6. Hasil Pengukuran Tegangan, Kuat Arus, Hambatan dan Efisiensi DSSC dengan Variasi Konsentrasi.....	35
7. Hasil Pengukuran Tegangan, Kuat Arus, Hambatan dan Efisiensi DSSC Variasi Lama Waktu Perendaman.....	36

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR	Halaman
1. Skema Kerja dari DSSC.....	8
2. Struktur Lapisan Tipis GMR.....	10
3. Struktur Antosianin.....	11
4. Buah Manggis.....	12
5. Spin Coating.....	17
6. Skema Alat Spektroskopi SEM.....	19
7. Spektrum Absorbansi Kulit Buah Manggis.....	28
8. Spektrum FTIR Ekstrak Antosianin.....	29
9. Foto SEM Permukaan Lapisan Tipis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$ perbesaran 10.000x.....	30
10. Hasil Pencitraan <i>cross section</i> Lapisan Tipis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$	31
11. Pola XRD dari $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$	32
12. Perakitan DSSC.....	34
13. Kurva Efisiensi DSSC dengan Variasi Konstrasi Zat Warna.....	37
14. Kurva Efisiensi DSSC dengan Variasi Lama Waktu Perendaman.....	38

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN	Halaman
1. Desain Penelitian.....	44
2. Pembuatan CoFe_2O_4	45
3. Pembuatan Prekursor Zn 0,5M.....	45
4. Persiapan Substrat Kaca.....	46
5. Proses Pembuatan Lapisan Tipis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$	47
6. Karakterisasi Lapisan Tipis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$	48
7. Preparasi Larutan Zat Warna.....	48
8. Preprasi Larutan Elektrolit.....	49
9. Preparasi Counter Elektroda Karbon.....	49
10. Kaca GMR.....	50
11. Perhitungan Pembuatan Larutan.....	51
12. Perhitungan Efisiensi dengan Variasi Konsentrasi Zat Warna.....	54
13. Perhitungan Efisiensi dengan Variasi Waktu Perendaman.....	56
14. Data Hasil Pengukuran XRD dan Perhitungan Ukuran Kristal $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$	58
15. Perhitungan Resistansi Dan Resistivitas Lapisan Tipis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$	61
16. ICSD-ICDD CoFe_2O_4	62
17. ICSD-ICDD ZnO.....	65
18. Foto Hasil Penelitian.....	68

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

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 energi. Salah satu energi alternatif diantaranya memanfaatkan sinar matahari dengan memproduksi sel surya. Sel surya selain yang lingkungan 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 (Trianiza, 2018). Sel surya bekerja menggunakan energi matahari dengan mengkonversi secara langsung radiasi matahari menjadi listrik. Sel surya terbagi dalam dua macam, pertama yaitu 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 produksi mahal. Hal ini menyebabkan penggunaannya sangat minim dan belum bisa diandalkan sebagai media converter (Sawitri & Wahyuono, 2017), sehingga muncul sel surya generasi ketiga yaitu *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC).

DSSC ini 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

pewarna (*dye*) dan elektrolit (Dayang, Irwanto, Gomesh, & Ismail, 2018). Di dalam DSSC, zat warna bekerja dengan menyerap cahaya matahari yang kemudian mengubah menjadi energi listrik. Zat warna juga termasuk bagian terpenting dalam DSSC (Zulkifili, Kento, Daiki, & Fujiki, 2015). Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) merupakan metode baru dari sel surya dan paling unggul dibandingkan sel surya silikon, karena Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) terbuat dari zat warna alami seperti bunga, daun dan buah-buahan sebagai sensitizer untuk konversi cahaya matahari menjadi energi listrik, selain itu DSSC juga ramah lingkungan, tidak beracun, dan biaya yang murah (Soni, Murty, & Kushwaha, 2019). Zat warna memiliki peran yang besar dalam meningkatkan efisiensi DSSC yang berfungsi untuk mengabsorpsi cahaya (Maulina, Hardeli, & Bahrizal, 2014)

Zat warna yang digunakan adalah kulit buah manggis. Buah manggis (*Garcinia Mangostana L*) ialah buah yang mengandung antosianin yang paling banyak pada bagian kulitnya, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai zat warna pada sel surya DSSC (Maulina et al., 2014). Pada sel surya DSSC ini menggunakan substrat kaca *Giant Magnetoresistance* (GMR). *Giant Magnetoresistance* (GMR) adalah material yang memiliki karakteristik magnetoresistansi yang tinggi, sifat-sifat magnetik dan elektrik yang baik (Djamal, Wirawan, & Sanjaya, 2011). Prinsip dari *Giant Magnetoresistance* (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 paralel dan anti

parallel atau yang disebut dengan *spin dependent transport* (Susanti & Suharyadi, 2016).

Dalam DSSC, konversi cahaya tampak menjadi energi listrik dicapai melalui sensitisasi spectral semikonduktor pita lebar seperti TiO₂, ZnO, SnO₂, NiO dan lain-lain. Dimana, semikonduktor yang digunakan adalah Zink Oksida (ZnO). ZnO merupakan semikonduktor yang memiliki band gap 3.37 eV dan energi ikat sebesar 60 meV. ZnO memiliki suhu kamar yang tinggi ($115-155 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ S}^{-1}$) yang meningkatkan kinerja sel surya dengan mengurangi rekombinasi elektron (Giannouli, Govatsi, Syrokostas, & Leftheriotis, 2018). ZnO merupakan kristal yang banyak dipakai, salah satunya sebagai katalis dan semikonduktor. ZnO juga memiliki sifat yang mudah bereaksi menjadikan bahan yang baik digunakan sebagai tambahan pada sel surya untuk menghasilkan material structural yang memiliki kualitas yang cukup baik (Rustan, Subaer, 2015).

Berdasarkan uraian diatas, maka penulis akan melakukan penelitian dengan judul “Pembuatan Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Menggunakan Substrat Kaca GMR dan Ekstrak Kulit Manggis (*Garcinia Mangostana L*) Sebagai Dye Sensitizer”.

B. Identitas Masalah

1. Efisiensi DSSC dipengaruhi oleh konsentrasi ekstrak kulit manggis dan lama waktu perendaman kaca dengan zat warna.
2. Penggunaan GMR dengan Metoda sol gel *spin coating* sebagai substrat.

C. Batasan Masalah

Penulis membatasi masalah yang akan dibahas hanya mengenai:

1. Pengaruh variasi konsentrasi ekstrak kulit manggis terhadap efisiensi DSSC.

2. Pengaruh variasi lama perendaman elektroda dalam ekstrak kulit manggis terhadap efisiensi.

D. Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dikaji pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi ekstrak kulit manggis terhadap efisiensi DSSC dan waktu perendaman kaca zat warna?
2. Bagaimana cara menggunakan lapisan GMR sebagai substrat pada DSSC?

E. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan:

1. Untuk menentukan pembuatan kaca GMR ($\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$) dengan metoda *spin coating*.
2. Untuk menentukan pengaruh variasi konsentrasi ekstrak kulit manggis terhadap efisiensi DSSC.
3. Untuk menentukan pengaruh variasi lama perendaman terhadap efisiensi DSSC.

F. Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi Pembuatan Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Menggunakan Substrat Kaca GMR Dan Ekstrak Kulit Manggis (*Garcinia Mangostana L*) Sebagai Dye Sensitizer.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Sel Surya

Sel surya bekerja menggunakan energi matahari dengan mengkonversi secara langsung radiasi matahari menjadi listrik. Sel surya terdapat 2 generasi, pertama yaitu sel surya berbasis silikon dan sel surya lapisan tipis (thin film) (Sawitri & Wahyuono, 2017). Sel surya berbasis silikon merupakan jenis sel surya yang banyak digunakan, tetapi mahal biaya produksi dan proses fabrikasi yang tidak sederhana menjadi kendalanya. Sel surya silikon ini memiliki bahan baku silikon yang terbatas dan harga silikon yang meningkat di pasar industry menjadi salah satu kekurangan dari sel surya silikon (Trianiza, 2018).

Sel surya generasi kedua atau sel surya lapis tipis (thin film) bisa mempengaruhi kinerja sel surya karena elektron yang diinjeksi akan melewati sejumlah besar partikel kolid. Rekombinasi elektron akan lebih besar dengan naiknya ketebalan, tetapi rekombinasi elektron juga bisa menurunkan efisiensi sel surya (Grätzel, 2003). Sel surya generasi kedua ini proses fabrikasi yang menghasilkan limbah yang dapat mencemari lingkungan dan efisiensi yang lebih rendah. Penggunaan sel surya juga merupakan alternatif yang paling potensial, sel surya juga merupakan suatu peristiwa yang menghasilkan muatan listrik didalam bahan sebagai penyerapan cahaya (Maulina et al., 2014).

Oleh karena itu diperlukan ketebalan optimum untuk mendapatkan efisiensi sel surya yang maksimum(Grätzel, 2003) maka lahirlah sel surya generasi ketiga

yaitu sel surya berwarna tersensitasasi yang lebih dikenal sebagai *dye sensitized solar cell* (DSSC) (Hardeli et al., 2013)

B. *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)*

Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) telah banyak menarik perhatian karena biaya yang murah, fabrikasi yang mudah dan sumber teknologi ramah lingkungan. DSSC pertama kali diperkenalkan pada tahun 1991 oleh O'Regan dan Gratzel. Efisiensi tertinggi antara 10-12% menggunakan logam Ruthenium (Ru) yang dianggap sebagai pewarna terbaik untuk DSSC. Namun, kerugian menggunakan Ru adalah biaya tinggi dan menyebabkan dampak lingkungan. Dengan demikian, pewarna alami menjadi solusi untuk menggantikan Ru yang berbiaya mahal dan sensitizer pewarna yang ramah lingkungan (Dayang et al., 2018).

Dye sensitized solar cell (DSSC) generasi ketiga dari sel surya yang memiliki teknologi murah, bahan murah dan pengganti yang menjanjikan untuk konvensional sel surya berbasis silikon. Secara umum DSSC dilapisi ZnO/ TiO₂ sebagai fotoelektroda karena afinitas kimia yang cocok dan luas permukaan untuk adsorpsi zat warna serta pita energi yang menjanjikan transfer muatan antara elektrolit dan pewarna (Lai, Yang, & Kuo, 2015). Pewarna adalah komponen utama yang menemukan efisiensi konversi fotovoltalik dari DSSC, sebelumnya telah dilakukan dalam mengeksplorasi pewarna yang efisiensi. Ada tiga jenis pewarna yang digunakan dalam DSSCs yaitu, kompleks logam (sintetik), logam bebas kompleks (sintetik organik), dan pewarna alami (Richhariya & Kumar, 2018).

DSSC adalah perangkat elektrokimia yang mengubah cahaya tampak menjadi energi listrik berdasarkan kepekaan semikonduktor band gap (Syafinar,

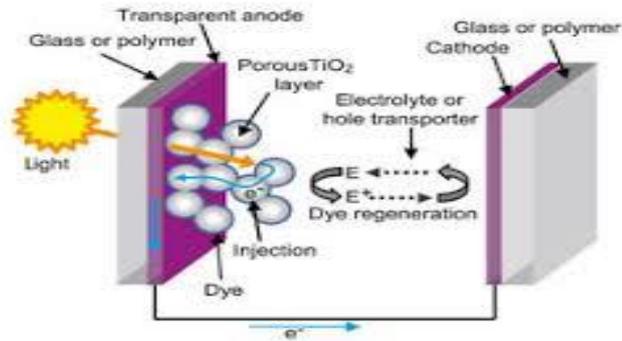
Gomesh, Irwanto, Fareq, & Irwan, 2015). Prinsip dari DSSC yaitu mengkonversi foton dari energi surya menjadi energi listrik berdasarkan beberapa komponen seperti kaca sebagai substrat, semikonduktor ZnO, zat pewarna (*dye*), elektrolit (Dayang et al., 2018). Komponen counter elektroda yang bertindak untuk regenerasi elektron. Dye-sensitizer penting digunakan untuk menyerap sinar matahari dan mengubah menjadi energi listrik (Syafinar et al., 2015).

DSSC pada umumnya menerapkan film nanopartikel semikonduktor peka warna sebagai lapisan penyerapan cahaya. Diperlukan area permukaan yang tinggi dari film partikel nano untuk mencapai efisiensi yang cukup tinggi, karena hanya lapisan tunggal molekul pewarna yang secara langsung teradsorpsi pada permukaan yang dapat berkontribusi pada arus photocurrent. Dengan demikian diperlukan area permukaan tinggi yang membutuhkan ketebalan tinggi dari film berpori serta transport elektron yang efisien melalui film (Dunkel, von Graberg, Smarsly, Oekermann, & Wark, 2014).

Skema kerja DSSC ditunjukkan pada Gambar. 1 Pada dasarnya prinsip kerja DSSC merupakan reaksi transfer elektron, meliputi:

1. Proses pertama dimulai dengan terjadinya eksitasi elektron pada molekul *dye* akibat absorpsi foton. Elektron tereksitasi dari *ground state* (D) ke *excited state* (D*).





Gambar 1. Skema Kerja dari DSSC

- Elektron dari *excited state* kemudian terinjeksi menuju *conduction band* (E_{CB}) titania sehingga molekul *dye* teroksidasi (D^+). 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.



- Setelah mencapai elektroda WE (*Working electrode*), elektron mengalir menuju elektroda CE (*Counter electrode*) melalui rangkaian eksternal.
- Adanya katalis pada elektroda CE (*Counter Electrode*), elektron diterima oleh elektrolit sehingga *hole* yang terbentuk pada elektrolit (I_3^-), akibat donor elektron pada proses sebelumnya, berekombinasi dengan elektron membentuk iodide (I^-).



- Iodide* ini digunakan untuk donor elektron kepada *dye* yang teroksidasi, sehingga terbentuk suatu siklus *transport* elektron. Dengan siklus ini terjadi

konversi langsung dari cahaya matahari menjadi listrik (Zulkifili et al., 2015).

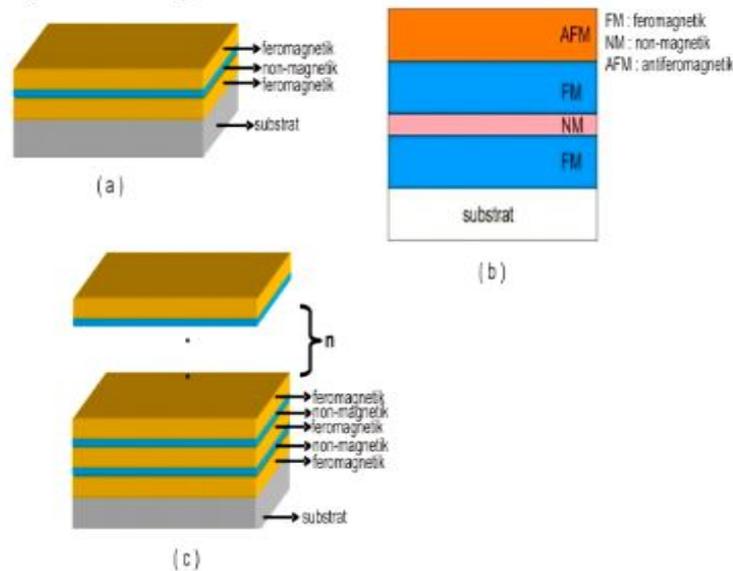
Adapun prinsip kerja DSSC adalah mengkonversi energi cahaya ke energi listrik dalam skala molekular dalam bentuk reaksi dari transfer elektron. Proses ini dimulai dengan terjadinya eksitasi elektron pada *dye* akibat absorpsi foton. Ketika foton terkena sinar matahari yang menimpa elektroda kerja DSSC, energi foton tersebut diserap oleh *dye* yang melekat pada permukaan ZnO. Sehingga *dye* mendapatkan energi untuk tereksitasi, energi ini dapat diinjeksikan ke pita konduksi pada ZnO. ZnO berperan sebagai akseptor atau kolektor elektron (Ekasari & Yudoyono, 2013).

C. Material DSSC

1. Substrat Kaca GMR (*Giant Magnetoresistance*)

Giant Magnetoresistance (GMR) merupakan material yang mempunyai karakteristik magnetoresistansi yang tinggi, mempunyai sifat magnetic dan elektrik yang baik. Sensor magnetik GMR ini bekerja berdasarkan efek perubahan resistansi yang besar pada bahan logam dalam medan magnet luar. Kelebihan dari GMR ini memiliki sensitivitas tinggi, kestabilan temperature tinggi, konsumsi daya rendah, ukuran kecil dan harga murah. (Djamal et al., 2011). Efek dari GMR ini adalah perubahan konduktivitas listrik dalam system lapisan logam ketika medan magnet eksternal mengubah magnetisasi lapisan feromagnetik relative satu sama lain. (Enne Inga, Daniel Keppe, Thomas Rempel, 2016). Efek ini mempunyai interaksi *exchange coupling* dan teori listrik magnetik yang sangat kompleks (Tri Mardji Atmono, Yunanto, 2014).

Adapun struktur dari GMR yaitu struktur *sandwich*, *spin valve* (*sandwich pinned*) dan *multilayer*. seperti terlihat pada Gambar 2.



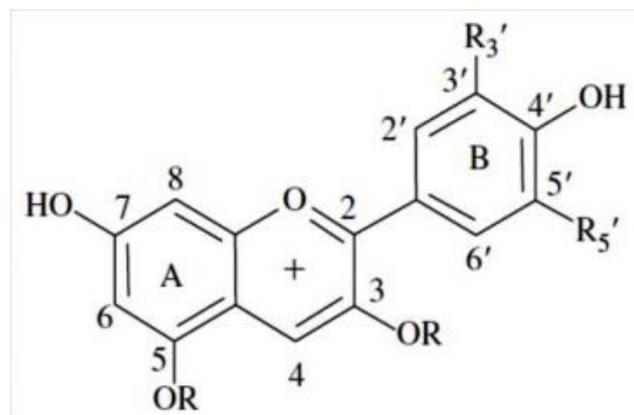
Gambar 2. Struktur lapisan tipis GMR: (a) sandwich, (b) spin valve, dan (c) multilayer (Djamal et al., 2011)

Material GMR memiliki sifat listrik dan magnetic yang baik dan keuntungan dari penggunaan GMR ini adalah memiliki sensitivitas yang tinggi dan respon cepat pada medan magnet rendah. Prinsip dasar *Giant magnetoresistance* adalah perubahan resistansi pada lapisan multilayer ketika diberikan medan magnet luar dan merupakan efek mekanika kuantum yang bergantung pada fenomena *scattering spin*. Perubahan resistansi ini adalah hamburan elektron antara wilayah magnetisasi parallel dan antiparalel yang disebut dengan *spin dependent transport* (Susanti & Suharyadi, 2016).

2. *Dye Sensitizer Kulit Manggis (Garcinia Mangostana L)*

Garcinia Mangostana L (manggis) adalah buah asli tropis dari Kepulauan Melayu, Kepulauan Sunda, dan Maluku. Di Asia Tenggara, kulit buah manggis adalah obat tradisional yang digunakan untuk pengobatan diare, keseleo, tifoid, bisul, infeksi kulit, dan digunakan sebagai anti-inflamasi dan untuk sterilisasi. Spesies manggis dikenal kaya akan berbagai benzofenon dan xanthone, beberapa di antaranya menunjukkan berbagai kegiatan biologis dan farmakologis termasuk sitotoksik, anti-inflamasi, antimikroba, dan aktivitas antijamur, serta regulasi kekebalan tubuh (Yang et al., 2017).

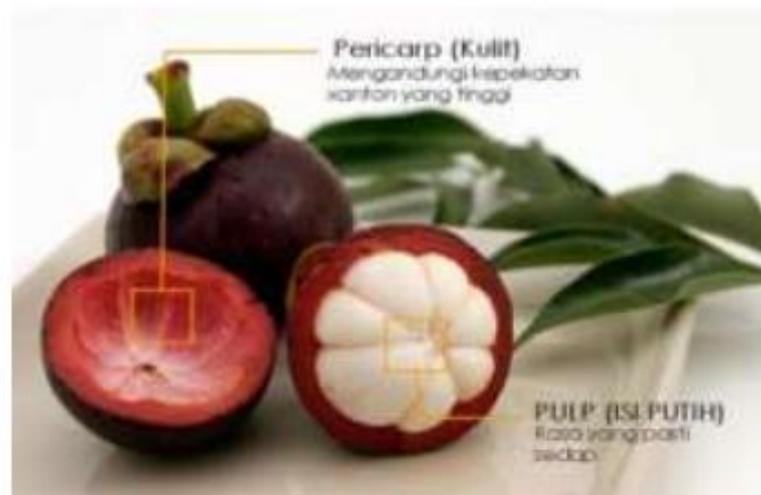
Buah manggis mengandung pigmen antosianin pada kulitnya dan bisa digunakan sebagai dye sensitizer. Pada penelitian ini digunakan senyawa antosianin dari kulit manggis sebagai pewarna alternatif dari ruthenium. Senyawa antosianin dari kulit manggis berupa cyanidin-3-sphoroside dan cyanidin-3-glucoside (Suryadi Joko, Gunawan, 2010).



Gambar 3. Struktur Antosianin (Priska, Peni, Carvallo, & Ngapa, 2018)

Antosianin merupakan kelompok pigmen yang menghasilkan warna merah, ungu dan biru. Antosianin termasuk golongan pigmen dari flavonoid yang

umumnya larut dalam air. Kulit buah manggis mengandung pigmen yang berasal dari dua metabolit yaitu, mangosteen dan β - mangosteen jika hasil dari ekstraksi berupa pewarna alami menghasilkan warna merah sampai biru (Farida & Choirun Nisa, 2015). Zat warna bisa meningkatkan efisiensi DSSC yang berfungsi sebagai mengabsorpsi cahaya. Absorpsi cahaya ini dilakukan untuk transfer muatan dan molekul zat warna oleh semikonduktor yang memiliki celah pita lebar (Maulina et al., 2014).



Gambar 4. Buah Manggis

3. Bahan Semikonduktor *Zink Oxide (ZnO)*

Dalam DSSC, konversi cahaya tampak menjadi energi listrik dicapai melalui sensitisasi spectral semikonduktor pita lebar seperti TiO_2 , ZnO , SnO_2 , NiO dan lain-lain. Dimana, semikonduktor yang digunakan adalah Zink Oksida (ZnO). ZnO merupakan semikonduktor yang memiliki band gap 3.37 eV dan energi ikat sebesar 60 meV. ZnO memiliki suhu kamar yang tinggi ($115\text{-}155 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ S}^{-1}$) yang meningkatkan kinerja sel surya dengan mengurangi rekombinasi elektron

(Giannouli et al., 2018). ZnO merupakan kristal yang banyak dipakai, salah satunya sebagai katalis dan semikonduktor. ZnO memiliki sifat mudah bereaksi yang banyak digunakan untuk bahan tambahan pada pasta geopolimer yang menghasilkan material structural memiliki kualitas yang cukup baik (Rustan & Subaer, 2015).

Sifat ZnO sangat potensial digunakan sebagai semikonduktor, sebagai transistor film tipis, emisi lampu diode, sensor UV/ozon, biosensor, peralatan elektronik dan teknologi laser.

Tabel 1. Sifat Fisik ZnO

Sifat	Nilai
Struktur kristal	Wurtzite (stabil pada 300 K), Zinc blende dan Rocksalt
Energi gap	3.3 eV
Energi ikat eksitasi	60 meV
Kerapatan	5.606 g/Cm ³
Titik lebur	1975 ⁰ C
Parameter kisi a ₀	0.32495 nm
C ₀	0.52069 nm
C ₀ /a ₀	1.60
Konduktivitas termal	0.6, 1-12
Koefisien linear ekspansi (⁰ C)	a ₀ : 6.5x10 ⁻⁶ , c ₀ : 3.0x10 ⁻⁶
Konstanta dielektrik relatif	8.656
Indeks bias	2.008, 2.029

(Kolodziejczak-Radzimska & Jesionowski, 2014).

Pada perekayasaan semikonduktor untuk anoda DSSC, ZnO memiliki sifat fisika yang lebih baik dan memiliki potensial pita konduksi yang lebih tinggi sehingga menghasilkan tegangan yang lebih besar dan elektron mampu bergerak

lebih cepat menghasilkan sel surya dengan efisiensi tinggi (Sawitri & Wahyuono, 2017). Masalah utama dari ZnO DSSC adalah bahwa pewarna selalu dirancang untuk anoda TiO₂, sedangkan untuk ZnO tidak ada pewarna yang efisiensi untuk anoda. Kelemahan dari ZnO yaitu kesulitan serapan pewarna selama sensitisasi kinerja ZnO DSSC lebih rendah (Syu, Tingare, Lin, Yeh, & Wu, 2016).

Ukuran ZnO primer cenderung meningkat ke skala mikron dan kinerja normal nanopartikel ZnO dihambat. Mensintesis nanopartikel ZnO menggunakan metode termal pelarut suhu rendah digunakan prekursor methanol (Chen, Ding, & Sun, 2017).

4. Elektrolit

Selain semikonduktor, elektrolit juga memiliki peran yang penting pada DSSC yang bisa mempengaruhi hasil efisiensi . Elektrolit yang digunakan yang berbentuk cair yang mengandung I⁻/I₃⁻ yang memberikan efisiensi yang besar (Maulina et al., 2014). Larutan elektrolit digunakan pada DSSC biasanya Iodine (I⁻) dan triiodine (I₃⁻) sebagai pasangan redoks dalam pelarut. Karakteristik pasangan redoks yang digunakan sebagai elektrolit pada DSSC yaitu:

1. Potensial redoks secara termodinamika berlangsung sesuai dengan potensial redoks dari dye untuk tegangan sel yang maksimum.
2. Tingginya kelarutan terhadap pelarut untuk mendukung konsentrasi yang tinggi dari mautan pada elektrolit.
3. Pelarut mempunyai koefisien difusi transportasi massa yang efisien.
4. Tidak adanya karakteristik spectral pada daerah cahaya tampak untuk menghindari absorbs cahaya datang pada elektrolit.

5. Kestabilan yang tinggi baik dalam bentuk tereduksi mampu teroksidasi.
6. Mempunyai reversibilitas yang tinggi.
7. Inert terhadap komponen lain pada DSSC (Latifataz & Prajitno, 2015)

Elektrolit bertindak sebagai mediator elektron sehingga dapat menghasilkan proses siklus dalam sel. Ion Triiodide menangkap elektron yang berasal dari rangkaian luar dengan bantuan molekul karbon sebagai katalis yang membawa energi menuju *dye* teroksidasi. Elektrolit menyediakan elektron pengganti untuk molekul *dye* teroksidasi. Sehingga *dye* kembali ke keadaan awal (Ekasari & Yudoyono, 2013)

5. Counter Elektroda

Elektroda yang berfungsi mengalirkan elektron dalam rangkaian yang tersambung dengan elektroda utama disebut counter elektroda (elektroda bantu). Sehingga elektroda bantu berfungsi sebagai katoda dan yang berfungsi sebagai anoda adalah elektroda kerja (Hidayat, Rokhmat, Si, & Qurthobi, 2014).

D. Cobalt Ferrite (CoFe₂O₄)

Salah satu material nanopartikel yang banyak diteliti adalah nanopartikel CoFe₂O₄ (*cobalt ferrite*). Nanopartikel CoFe₂O₄ berpotensi untuk berbagai aplikasi teknologi seperti katalis, *soft magnets*, biosensor dan cairan magnetik (Eka & Suharyadi, 2014). *Cobalt Ferrite* merupakan salah satu jenis material nanopartikel, karena memiliki sifat superparamagnetik. Ukurannya yang sangat kecil menyebabkan material tersebut sangat sensitif terhadap medan magnet luar, jika medan magnet luar dihilangkan pengaruhnya secara perlahan-lahan maka sifatnya akan mirip dengan material paramagnetik (Perdana, 2008).

Ferit adalah bahan magnet yang penting. Cobalt ferrite adalah ferit magnet keras. CoFe_2O_4 memiliki koersivitas tinggi 5000 Oe, magnetisasi saturasi sedang sekitar 80 emu / g, suhu Curie tinggi (T_C) 520 °C, dan konstanta anisotropi tinggi $2,65 \times 10^6$ hingga $5,1 \times 10^6$ erg/cm³. Selain itu, CoFe_2O_4 menunjukkan insulasi yang baik, stabilitas kimia yang sangat baik dan kekerasan fisik. Magnet kobalt ferit telah banyak digunakan sebagai rekaman magnetik berdensitas tinggi sedang dalam perekaman magnetik (Lin et al., 2018).

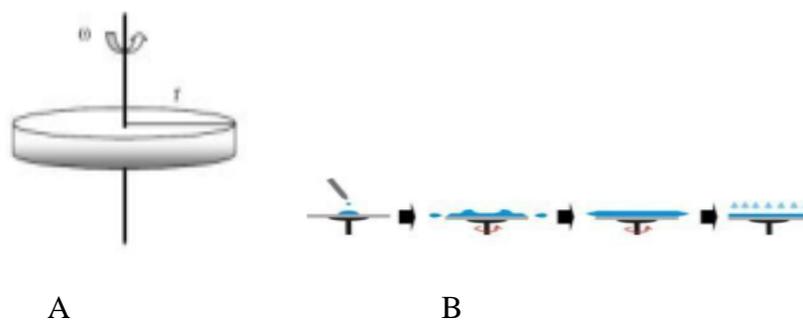
Nanopartikel magnetik telah menjadi objek penelitian yang cukup menarik karena sifat yang dimiliki sehingga dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang seperti bioteknologi, penyimpanan data dan biomedis. CoFe_2O_4 adalah material magnetik yang banyak diteliti karena mempunyai kekerasan mekanik dan stabilitas kimia yang baik. Selain itu, CoFe_2O_4 akan mempunyai sifat superparamagnetik dengan mengontrol ukuran material menjadi ukuran nano. Sifat superparamagnetik yaitu mempunyai magnetisasi tinggi saat diberi medan eksternal, namun magnetisasi yang dimiliki rata-rata nol tanpa medan eksternal (Cedeno, 2007).

Untuk mensintesis *cobalt ferrite* dibagi 2 kategori yaitu *bottom-up* dan *top-down*. Pada *bottom-up* ion-ion tersebut digabung secara kimiawi untuk membentuk partikel kecil, sedangkan *top-down* materi khusus yang dilumatkan untuk membentuk partikel kecil. Ada beberapa teknik sintesis untuk *bottom-up* yang meliputi Co-presipitasi, dekomposisi thermal, hidrotermal, sol del, solvothermal, sonokimia dan deposisi uap dimana 4 yang pertama lebih populer (Kefeni, Msagati, & Mamba, 2017).

E. Spin Coating

Metoda yang digunakan untuk melapisi bahan semikonduktor $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$ ini adalah metoda spin coating. Teknik ini memanfaatkan fenomena reaksi gaya sentripetal yang mengarah keluar pada benda berputar. Gaya setripetal adalah suatu benda bergerak melingkar maka benda akan mengalami gaya yang arahnya menuju ke pusat lingkaran. Besar kecilnya gaya sentripetal yang bekerja pada gel dipengaruhi oleh laju putaran *spin-coater* (Susanthy Desi, Gusnedi, 2014).

Metode spin coating adalah metode pembentukan lapisan tipis dengan cara pemutaran atau spin. Bahan yang akan dibentuk lapisan tipis dibuat dalam bentuk larutan atau gel. Bahan yang sudah disediakan ditetaskan pada permukaan suatu substrat dan diletakkan diatas piringan yang memiliki kecepatan putar tinggi. Pada saat piringan sentripetal tersebut berputar sehingga bahan tertarik ke pinggir substrat dan tersebar secara merata. Hal ini dipengaruhi oleh gaya sentripetal. Dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 5. (A) Piringan Berputar dan (B) Skema Tahapan *spin coating* (Hidayat et al., 2014).

Spin coating merupakan teknik khusus yang menggunakan deposit cairan dalam jumlah kecil, kemudian diputar dengan kecepatan tinggi pada suatu bidang datar. Alat deposisi spin coating yang ada saat ini masih memiliki keterbatasan (Rustami, 2008), kecepatan putar yang dihasilkan pada nilai tertentu proses pengontrolannya masih manual. Kecepatan putaran yang dinyatakan dalam rotation per minute (RPM) adalah parameter yang sangat penting pada metode spin coating. Jika nilai kecepatan yang dihasilkan bervariasi maka hasil pelapisan material uji semakin beragam (Hidayat et al., 2014).

Metode *spin coating* terbukti menghasilkan film dengan ketebalan terkontrol dan memiliki homogenitas tinggi serta proses yang simpel. Ketebalan film yang terkontrol memungkinkan untuk mendapatkan film dengan pengulangan yang konsisten. Untuk mendapatkan DSSC dengan efisiensi tinggi ketebalan film pada elektroda foto-anoda ZnO yang optimum karena ketebalan film ini mempengaruhi proses penyerapan cahaya (*ligh absorption*) (Hardani & Hendra, Muh.Iman Darmawan, 2014).

F. Instrumen Karakterisasi

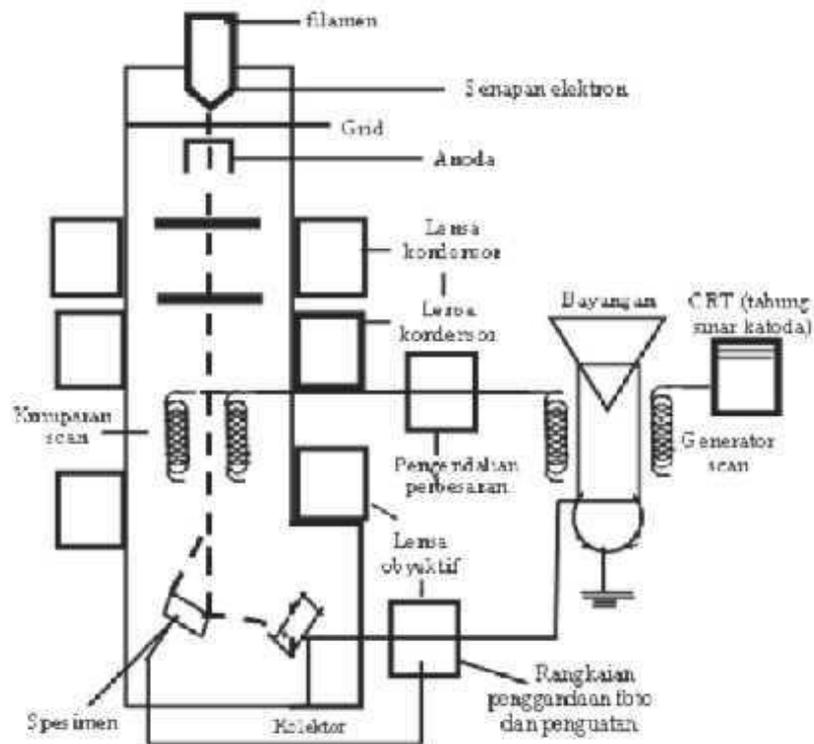
1. Scanning Elektron Microscopy (SEM)

SEM adalah salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambar profil permukaan benda. Prinsip kerja SEM adalah menembakkan permukaan benda dengan berkas elektron berenergi tinggi. Permukaan benda yang dikenai berkas akan memantulkan kembali berkas tersebut atau menghasilkan elektron sekunder ke segala arah. Tetapi ada satu arah dimana berkas dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Detektor di dalam SEM mendeteksi elektron yang dipantulkan dan menentukan lokasi berkas yang dipantulkan dengan

intensitas tertinggi. Arah tersebut memberi informasi profil permukaan benda seperti seberapa landai dan kemana arah kemiringan.

Pada saat dilakukan pengamatan, lokasi permukaan benda yang ditembak dengan berkas elektron di-scan ke seluruh area daerah pengamatan. Kita dapat membatasi lokasi pengamatan dengan melakukan zoon-in atau zoom-out. Berdasarkan arah pantulan berkas pada berbagai titik pengamatan maka profil permukaan benda dapat dibangun menggunakan program pengolahan gambar yang ada dalam komputer.

Sebagai pengganti sumber cahaya digunakan suatu sumber elektron yang dapat menembakkan elektron berenergi tinggi. SEM dapat menampilkan hasil gambar dari suatu permukaan yang dianalisis dengan pembesaran yang cukup tinggi serta kedalaman medan yang baik. Hasil ditampilkan secara tiga dimensi dengan sangat detail. SEM merupakan alat yang dapat digunakan untuk mempelajari atau mengamati rincian bentuk maupun struktur mikro permukaan suatu objek yang tidak dapat dilihat dengan mata atau dengan mikroskop optik. Skema alat spektroskopi SEM dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Skema alat spektroskopi SEM

Syarat agar SEM dapat menghasilkan citra yang tajam adalah permukaan benda harus bersifat sebagai pemantul elektron atau dapat melepaskan elektron sekunder ketika ditembak dengan berkas elektron. Material yang memiliki sifat demikian adalah logam. Jika permukaan logam diamati di bawah SEM maka profil permukaannya tampak dengan jelas (Khairurrijal, 2009).

SEM memiliki resolusi yang lebih tinggi daripada mikroskop optik. Hal ini disebabkan oleh panjang gelombang de Broglie yang dimiliki elektron lebih pendek daripada gelombang optik. Makin kecil panjang gelombang yang digunakan maka makin tinggi resolusi mikroskop. Syarat agar SEM dapat menghasilkan citra yang tajam adalah permukaan benda harus bersifat sebagai pemantul elektron atau dapat melepaskan elektron sekunder ketika ditembak dengan berkas elektron. Material yang memiliki sifat demikian adalah logam. Jika permukaan logam diamati di bawah SEM maka profil permukaan akan tampak dengan jelas.

Morfologi permukaan lapisan tipis diselidiki dengan SEM. Selain digunakan untuk morfologi permukaan, hasil SEM juga digunakan untuk menghitung ketebalan lapisan yang terbentuk (Ramli, Riri, & Hartono, 2017).

2. Pengukuran Resistan Lapisan Menggunakan Metoda *4-Point Probe System*

Alat ukur ini terdiri dari 4 *probe* dengan 2 *probe* terluar berfungsi sebagai penghantar arus listrik, dan 2 *probe* dalam untuk mengukur tegangan listrik ketika keempat *probe* dikenakan pada sampel (konduktor dan semikonduktor) yang akan diukur. Penggunaan alat ini disukai karena tidak membutuhkan penyiapan sampel yang rumit sebelum diukur dan hasilnya sangat akurat (Li, Wang, & Ba, 2012).

Metode probe 4 titik ini disebut juga metode Kelvi jika probe diganti dengan kawat penghantar. Metode kelvin dapat digunakan untuk mengukur resistansi bahan yang nilainya dari yang sangat kecil sampai yang sangat besar, bahkan sampai jutaan ampere. Untuk arus yang sangat besar digunakan tahanan yang sangat kecil. (orde mili Ohm) (Toifur, 2014).

3. X-Ray Fiffraction (XRD)

Difraction sinar X (X-Ray Difraction) atau yang sering dikenal dengan XRD merupakan instrumen yang digunakan untuk mengidentifikasi material kristalit maupun non-kristalit, sebagai contoh identifikasi struktur kristalit (kualitatif) dan fasa (kuantitatif) dalam suatu bahan dengan memanfaatkan radiasi gelombang elektromagnetik sinar-X. Dengan kata lain, teknik ini digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel.

Metode difraksi sinar-X adalah salah satu cara untuk mempelajari keteraturan atom atau molekul dalam suatu struktur tertentu. Jika struktur atom atau molekul atau molekul tertata secara teratur membentuk kisi, maka radiasi elektromagnetik pada kondisi eksperimen tertentu akan mengalami penguatan. Pengetahuan tentang kondisi eksperimen itu dapat memberikan informasi yang sangat berharga tentang penataan atom atau molekul dalam suatu struktur (Ramli et al., 2017).

4. UV-Vis

Spektrofotometri UV-Vis digunakan untuk mengetahui adanya ikatan rangkap terkonjugasi yang terdapat dalam molekul kulit manggis. Spektroskopi adalah studi mengenai interaksi cahaya dengan atom dan molekul. Radiasi cahaya atau elektromagnet dapat dianggap menyerupai gelombang. Dasar spektroskopi UV-Vis adalah serapan cahaya. Bila cahaya jatuh pada senyawa, maka sebagian dari cahaya diserap oleh molekul-molekul sesuai dengan struktur dari molekul senyawa tersebut. Serapan cahaya oleh molekul dalam daerah spektrum UV-Vis tergantung pada struktur elektronik dari molekul. Spectra UV-Vis dari senyawa-senyawa organik berkaitan erat dengan transi-transi diantara tingkatan-tingkatan tenaga elektronik.

5. FTIR

FTIR digunakan untuk mengkarakterisasi zat warna antosianin terkopigmentasi asam galat. Karakterisasi ini dilakukan untuk mengetahui kehadiran gugus fungsi yang terdapat dalam antosianin. Pengujian spektrum bilangan gelombang dilakukan dengan menggunakan panjang gelombang 4000-600 cm^{-1} .

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. 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*).
2. Efisiensi yang di dapatkan oleh DSSC sebesar 1,053% dengan konsentrasi 50% variasi waktu 5 jam.

B. Saran

Dari penelitian yang dilakukan, didasarkan untuk :

1. Pelapisan lapisan tipis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$ dengan metoda sol gel *spin coating* dilakukan dengan cermat agar mendapatkan hasil lapisan $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Zn}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$ merata dan mendapatkan resistensi yang rendah.
2. Pembuatan semikonduktor ZnO lebih baik lagi sehingga antosianin dan semikonduktor lebih terikat dan mendapatkan efisiensi yang lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Bashir, F. A., Febri, A., Hidayah, A. T., Rizky, N., Nuraini, A., Wulandari, N., ... Tio, S. (2016). Pembersihan kaca TCO Pembuatan pasta Ekstraksi dye antocyanin Pembuatan counter elektroda Pembuatan counter elektroda Preparasi elektrolit Preparasi elektrolit, *2016*, 249–254.
- Chen, Y., Ding, H., & Sun, S. (2017). Preparation and Characterization of ZnO Nanoparticles Supported on Amorphous SiO₂. *Nanomaterials*, *7*(8), 217. <https://doi.org/10.3390/nano7080217>
- Dayang, S., Irwanto, M., Gomes, N., & Ismail, B. (2018). Natural dyes from roselle flower as a sensitizer in dye-sensitized solar cell (DSSC). *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, *9*(1), 191–197. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v9.i1.pp191-197>
- Djamal, M., Wirawan, R., & Sanjaya, E. (2011). Sensor Magnetik GMR, Teknologi dan Aplikasi Pengembangannya. *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXV HFI*, 1–8.
- Dunkel, C., von Graberg, T., Smarsly, B. M., Oekermann, T., & Wark, M. (2014). Limits of ZnO electrodeposition in mesoporous tin doped indium oxide films in view of application in dye-sensitized solar cells. *Materials*, *7*(4), 3291–3304. <https://doi.org/10.3390/ma7043291>
- Eka, R. S., & Suharyadi, E. (2014). Pengukuran Tetapan Suseptibilitas pada Polyethylene Glykol (PEG-4000) Coated- Nanopartikel Magnetik Cobalt Ferrite (CoFe₂O₄) Pengukuran Tetapan Suseptibilitas pada Polyethylene Glycol (PEG- 4000) Coated-Nanopartikel. *Indonesia*, *53*, 50–54.
- Ekasari, V., & Yudoyono, G. (2013). Fabrikasi Dssc dengan Dye Ekstrak Jahe Merah (Zingiber Officinale Linn Var. Rubrum) Variasi Larutan Tio₂ Nanopartikel Berfase Anatase dengan Teknik Pelapisan Spin Coating. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, *2*(1), B15–B20. <https://doi.org/10.12962/j23373520.v2i1.2513>
- Enne Inga, Daniel Keppe, Thomas Rempel, C. G. and A. H. (2016). Giant Magnetoresistance: Basic Concepts, Microstructure, Magnetic Interactions and Applications. *Sensors*, *16*. <https://doi.org/10.3390/s16060904>
- Farida, R., & Choirun Nisa, F. (2015). 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). *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, *3*(2), 362–373. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.2008.01330.x>
- Giannouli, M., Govatsi, K., Syrokostas, G., & Leftheriotis, G. (2018). Factors Affecting the Power Conversion Efficiency in ZnO DSSCs: Nanowire vs. Nanoparticles. <https://doi.org/10.3390/ma11030411>
- Grätzel, M. (2003). Dye-sensitized solar cells, *4*, 145–153. [https://doi.org/10.1016/S1389-5567\(03\)00026-1](https://doi.org/10.1016/S1389-5567(03)00026-1)
- Hardani, & Hendra, Muh.Iman Darmawan, A. S. (2014). Penggunaan Ekstrak Pigmen Kulit Buah Manggis (Garcinia Mangostana L.) Sebagai Zat Peka Cahaya Tio₂-Nano Partikel Dalam Dye-Sensitized Solar Cell (Dssc).
- Hardeli, Suwardani, Fernando, T., Maulidis, & Ridwan, S. (2013). Dye Sensitized Solar Cells (DSSC) Berbasis Nanopori TiO₂ Menggunakan Antosianin dari