

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA BASA SCHIFF DARI  
SALISILALDEHIDA DAN ETILENDIAMINA SEBAGAI *SENSITIZER*  
DALAM *DYE SENSITIZED SOLAR CELL* (DSSC) MENGGUNAKAN  
VARIASI ELEKTRODA PEMBANDING**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**DWI SARASWATI LUTHFI**



**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2019**

## ABSTRAK

### SINTESIS DAN KARAKTERISASI BASA SCHIFF DARI SALISILALDEHIDA DAN ETILENDIAMINA SEBAGAI *SENSITIZER* PADA *DYE SENSITIZED SOLAR CELL* (DSSC) DENGAN MENGUNAKAN VARIASI ELEKTRODA PEMBANDING

Oleh

DWI SARASWATI LUTHFI

Telah dilakukan sintesis senyawa basa Schiff dari salisilaldehida dan etilendiamina menggunakan metode kondensasi dengan perbandingan konsentrasi 1:1. Senyawa basa Schiff hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui panjang gelombang dan tingkat energi, spektrofotometer IR untuk mengetahui gugus fungsi khas, dan analisis dengan DTA-TG untuk memperoleh data termal. Basa Schiff hasil sintesis diaplikasikan sebagai *sensitizer* pada DSSC. Pada fabrikasi DSSC, dilakukan variasi elektroda pembanding dari karbon grafit pensil 8B, jelaga api lilin, dan grafit pensil 8B yang kemudian dibakar jelaga api lilin. Dari hasil sintesis diperoleh padatan basa Schiff berwarna kuning dengan berat 2,6631 gram, dan rendemen sebesar 81,14 %. Analisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis menunjukkan senyawa basa Schiff mengalami pergeseran batokromik yang ditandai dengan bergesernya panjang gelombang dari senyawa pembentuknya dan yaitu 324 nm dan 328 nm ke 335 nm dengan transisi  $n \rightarrow \pi^*$ . Hasil analisis dengan spektrofotometer IR menunjukkan serapan gugus fungsi khas dari azometina (C=N) pada  $1610 \text{ cm}^{-1}$ . Hasil analisis DTA-TG menunjukkan terjadi pengurangan berat sebesar 97,2 % pada suhu 180-300 °C yang merupakan degradasi kerangka senyawa basa Schiff ( $\text{C}_9\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}$ ). Berdasarkan hasil analisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis, spektrofotometer IR, dan DTA-TG senyawa basa Schiff, menunjukkan bahwa basa Schiff hasil sintesis dapat digunakan sebagai *dye sensitizer* pada DSSC. Hasil uji DSSC berdasarkan variasi elektroda pembanding diperoleh memiliki nilai efisiensi tertinggi 0,21% dengan kuat arus 0,7 mA dan tegangan 306 mV yang berasal dari struktur DSSC dengan variasi elektroda pembanding jelaga api lilin.

Kata kunci: basa Schiff, *sensitizer*, *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC), elektroda pembanding.

## **ABSTRACT**

### **SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF SCHIFF BASE COMPOUND FROM SALICYLALDEHYDE AND ETHYLENEDIAMINE AS A SENSITIZER IN DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC) USING COMPARATIVE ELECTRICAL VARIATIONS**

**By**

**DWI SARASWATI LUTHFI**

The synthesis of Schiff base compounds from salicylaldehyde and ethylenediamine has been done using a condensation method with a mol ratio of 1:1. The Schiff base compounds were characterized using a UV-Vis spectrophotometer to determine wavelengths and energy levels, IR spectrophotometers to determine typical functional groups, and analysis with DTA-TG to obtain thermal data. The Schiff base compound was applied as a sensitizer in Dye Sensitized Solar Cell (DSSC). In the research, fabrication DSSC were using a comparative electrode variation from carbon graphite 8B pencil, soot candle flame and 8B graphite pencil and then burned with candle soot. From the synthesis, the schiff base compound results obtained yellow solid crystal with a weight of 2.6631 grams, and a yield of 81.14%. Analysis using a UV-Vis spectrophotometer showed the Schiff base compound underwent a bathochromic shift characterized by the shifting wavelengths of its constituent compounds that is 324 nm and 328 nm to 335 nm with the transition  $n \rightarrow \pi^*$ . The results of the analysis with IR spectrophotometer showed absorption of a typical functional group of azometina ( $C = N$ ) at  $1610\text{ cm}^{-1}$ . The results of DTA-TG analysis showed a weight reduction of 97.2% at a temperature of 180-300 °C which is a degradation of Schiff base compounds ( $C_9H_{12}N_2O$ ). Based on the results of analysis using UV-Vis spectrophotometer, IR spectrophotometer, and DTA-TG of Schiff base compounds, showed that Schiff base can be used as a dye sensitizer on DSSC. DSSC test results based on variations of the comparative electrodes obtained had the highest efficiency value of 0.21% with a strong current of 0.7 mA and a voltage of 306 mV originating from the DSSC structure with a variation of the candle soot soot electrode.

**Keywords:** Schiff bases, sensitizer, Dye Sensitized Solar Cell (DSSC), comparative electrodes.

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA BASA SCHIFF DARI  
SALISILALDEHIDA DAN ETILENDIAMINA SEBAGAI *SENSITIZER*  
DALAM *DYE SENSITIZED SOLAR CELL* (DSSC) MENGGUNAKAN  
VARIASI ELEKTRODA PEMBANDING**

Oleh

**Dwi Saraswati Luthfi**

**Skripsi**

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
**SARJANA SAINS**

Pada

**Jurusan Kimia  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Lampung**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2019**

Judul Skripsi : **SINTESIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA  
BASA SCHIFF DARI SALISILALDEHIDA DAN  
ETILENDIAMINA SEBAGAI SENSITIZER  
DALAM DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC)  
MENGUNAKAN VARIASI ELEKTRODA  
PEMBANDING**

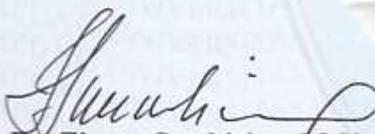
Nama Mahasiswa : **Dwi Saraswati Luthfi**

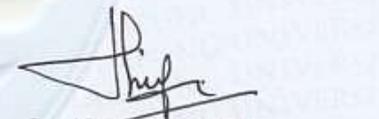
No. Pokok Mahasiswa : 1517011051

Jurusan : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



  
**Dr. Zipora Sembiring, M.Si.**  
NIP. 19590106 198603 2 001

  
**Syaiful Bahri, M.Si.**  
NIP. 19730825 200003 1 001

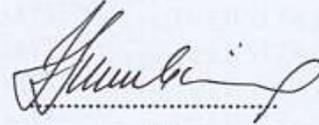
2. Ketua Jurusan Kimia  
FMIPA Universitas Lampung

  
**Dr. Eng. Supto Dwi Yuwono, M.T.**  
NIP. 19740705 200003 1 001

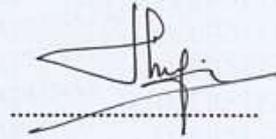
**MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji

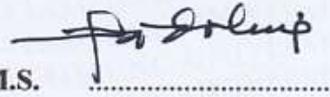
Ketua : **Dr. Zipora Sembiring, M.Si.**



Sekretaris : **Syaiful Bahri, M.Si.**

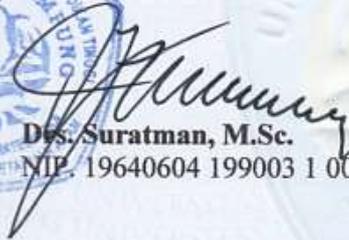


Penguji  
Bukan Pembimbing : **Dr. Hardoko Insan Qudus, M.S.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

**Drs. Suratman, M.Sc.**  
NIP. 19640604 199003 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **25 September 2019**

**SURAT PERNYATAAN  
KEASLIAN SKRIPSI**

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Dwi Saraswati Luthfi  
NPM : 1517011051  
Jurusan : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan dengan sebenar-benarnya dan sesungguhnya, bahwa skripsi saya berjudul "**Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Basa Schiff dari Salisilaldehida dan Etilendiamina sebagai *Sensitizer* dalam *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* Menggunakan Variasi Elektroda Pembanding**" adalah benar karya saya sendiri, baik gagasan, metode, hasil, dan analisisnya. Selanjutnya, saya juga tidak keberatan jika sebagian atau seluruh data di dalam skripsi tersebut digunakan oleh dosen/atau program studi untuk kepentingan publikasi, sepanjang nama saya disebutkan.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sadar dan sebenar-benarnya untuk digunakan sebagai mestinya.

Bandar Lampung, 30 September 2019



(Dwi Saraswati Luthfi)  
NPM. 1517011051

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis bernama lengkap Dwi Saraswati Luthfi, lahir di Bandar Lampung pada tanggal 24 Oktober 1997. Penulis merupakan anak kedua dari Ibu Hidayati dan Bapak Drs. Erinal Lutfi, M.Pd. Penulis tinggal di Jalan Turi Raya Gang Kelapa Gading nomor 63, kelurahan Pematang wangi, kecamatan Tanjung senang, Bandar Lampung.

Penulis menyelesaikan pendidikan mulai dari Taman Kanak-Kanak Taruna Jaya Bandar Lampung pada tahun 2001. Tahun 2003 penulis melanjutkan pendidikannya di SD Al-Azhar 2 Bandar Lampung. Tahun 2009 penulis melanjutkan pendidikannya pada jenjang sekolah menengah pertama di SMP Negeri 21 Bandar Lampung. Tahun 2012 penulis melanjutkan pendidikannya pada jenjang sekolah menengah atas di SMA Al-Azhar 3 Bandar Lampung. Tahun 2015 hingga penulisan skripsi ini, penulis berhasil melanjutkan pendidikan pada jenjang S1 Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN.

Selama menempuh pendidikan di Universitas Lampung, penulis aktif dalam kegiatan organisasi. Organisasi yang pernah diikuti adalah Himpunan Mahasiswa Kimia (Himaki) FMIPA Universitas Lampung sebagai kader muda himaki tahun 2015-2016, anggota Bidang Sosial dan Masyarakat tahun 2016-2017, dan anggota

Bidang Sosial dan Masyarakat 2017-2018. Penulis aktif sebagai anggota English Society (ESo) pada tahun 2015, penulis juga pernah menjadi anggota aktif Chemistri English Club (CEC) Kimia FMIPA Unila dan aktif sebagai anggota suatu komunitas sosial yakni Lampung Berbagi dari tahun 2018.

Selama menjalani perkuliahan, penulis pernah menjadi Asisten untuk praktikum Kimia dasar dan Kimia dalam Kehidupan pada tahun 2018 dan Praktiku Kimia Anorganik II pada tahun 2019. Pada tahun 2018 penulis menyelesaikan Praktik Kerja Lapangan di Laboratorium Kimia Anorganik/Fisik FMIPA Universitas Lampung.

.



*Puji syukur kepada Allah SWT atas limpahan karunia-Nya,  
kupersembahkan karya ini sebagai wujud bakti dan  
tanggung jawabku kepada :*

*Kedua orang tuaku,  
Ayahanda Erinal Lutfi, M.Pd. dan Bunda Hidayati yang  
telah mengajarkanku, mendidikku, membimbingku dengan  
cinta kasih sayang, memberikan dukungan, motivasi, dan  
selalu mendo'akanku.*

*Pembimbing penelitianku, Ibu Dr. Zipora Sembiring, M.Si.  
dan Bapak Syaiful Bahri, M.Si.*

*Kakakku, Muhammad Haris Luthfi.*

*Orang terdekat, sahabat, kerabat, dan teman*

*Almamater tercinta Universitas Lampung*

## *MOTTO*

*Man Jadda Wa Jadda*

*Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan  
(Qs. Al-Insyirah : 5)*

*Hatiku tenang karena mengetahui bahwa apa yang  
melewatkanku tidak akan pernah menjadi takdir ku dan apa  
yang di takdirkan untukku takkan pernah melewati ku  
Saat aku melibatkan Allah dalam semua impianku, aku  
percaya tak ada yang tidak mungkin untuk diraih  
(Ummar bin Khattab)*

*Setiap yang pergi dari dunia ini tidak akan kembali kecuali  
Doa  
(Anonim)*

*Start where you are. Use what you have. Do what you can.  
(Arthur Ashe)*

## SANWACANA

Segala puji bagi Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, karunia serta keberkahan kepada hamba-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul **“SINTESIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA BASA SCHIFF DARI SALISILALDEHIDA DAN ETILENDIAMINA SEBAGAI SENSITIZER DALAM DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC) MENGGUNAKAN VARIASI ELEKTRODA PEMBANDING”**. Shalawat serta salam yang selalu tercurahkan kepada Rasulullah nabi Muhammad SAW., kepada para keluarganya, sahabatnya serta pengikutnya yang semoga senantiasa istiqomah di jalan-Nya. Semoga di yaumul akhir nanti mendapatkan syafa'atnya. Aamiin. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains pada Jurusan Kimia FMIPA Unila. Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orangtua penulis yaitu Bunda Hidayati dan Ayah Erinal Lutfi yang selalu memberikan semangat, motivasi, dukungan, dan selalu mendo'akan untuk menyelesaikan skripsi ini.
2. Abangku Muhammad Haris Luthfi yang banyak membantu serta sepupu-sepupuku Uni Dewi Anggraini, Uni Yenni Yulianis Sari, dan Uni Meliya Sari yang selalu membawa keceriaan bagi penulis.

3. Ibu Dr. Zipora Sembiring, M.Si. selaku pembimbing pertama penelitian atas segala bimbingan, nasihat, motivasi, bantuan, saran, kesabaran, edukasi, dan segala kebbaikannya hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Syaiful Bahri, M.Si. selaku pembimbing kedua penelitian, atas bimbingan, nasihat, motivasi, bantuan, saran, kesabaran, edukasi, dan segala kebbaikannya yang telah diberikan kepada penulis dalam menyelesainya penulisan skripsi ini.
5. Bapak Dr. Hardoko Insan Qudus, M.S. selaku pembahas/penguji penelitian serta pembimbing Akademik atas segala saran, kritik, motivasi, bantuan, inspirasi, dan kesabaran dalam memberikan masukan kepada penulis untuk menyelesaikan penulisan skripsi ini.
6. Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono., M.T. selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung.
7. Bapak Dr. Mulyono, Ph.D. selaku sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung.
8. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung atas segala bimbingan, edukasi dan dedikasinya dalam perkuliahan serta yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis.
9. Sahabat seperjuanganku dari awal perkuliahan hingga kini: Tri Julianti, Naina Purnama Sari dan Rulan Aprilia yang selalu memberi saran dan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini serta selalu menjadi tempat penulis dalam menuangkan suka duka selama perkuliahan.
10. Tim penelitianku Naina Purnama Sari, Tri Julianti, Annisa Tri Agustin, dan Risyda Umami, terimakasih atas segala kesabaran, saling membantu,

mendukung, memotivasi, merasakan susah dan senang, canda dan tawa bersama selama penelitian bersama penulis.

11. Ukhitfillahku Santi Primadona, Widya Susanti, Tri Julianti dan Aura Dhyang, semoga Allah jadikan teman sedunia-sesyurga.
12. Teman karib yang banyak memotivasi dalam kebaikan Intan Tsamrotul, Siwi Meutia, Aulia Yulanda, Alifa Dyah, Mentari Yunika, Annisa Tri, Tri Fatma.
13. Sahabat seperjuangan dari masa putih biru Devi Maharani dan Riki Karomatush Sholeha.
14. Sahabat putih abu-abu Febriana Anugraeni, Kartika Puspa, Novriza Tri, Ade Rizka, Despiria, Anindya Fadhila.
15. Teman-teman Metamorfosisiku Yudha Aulia, Anisa Rizka, Ajeng Kiswardani, Faila Sova, Rizka Meidiantika, Nadya Yudo, Eka Walida, Christine.
16. Yang senantiasa mendoakan, mendukung, membantu dan menjadi pendengar, semoga Allah ijabah doa-doa dan beri kerberkahan.
17. Keluarga laboratorium kimia Anorganik atas segala bantuannya dalam menemani selama penulis melakukan penelitian.
18. Kimia angkatan 2015 yang selama ini menemani penulis dari awal perkuliahan hingga penulis menjadi sarjana.
19. Kelas B Kimia 2015 atas solidaritasnya selama ini serta dukungan dan motivasi yang diberikan kepada penulis selama perkuliahan.
20. Senior dan junior saya di jurusan Kimia Fmipa Unila : angkatan 2013, 2014, 2016, 2017, 2018, dan 2019.

Semoga Allah SWT melimpahkan buah pahala kebaikan atas bantuan yang telah

diberikan kepada penulis. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat kekurangan, namun penulis berharap semoga dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya. Aamiin.

Bandar Lampung, 7 Oktober 2019  
Penulis,

Dwi Saraswati Luthfi

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR ISI</b> .....	i
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	iii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	iv
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan penelitian .....	6
C. Manfaat Penelitian .....	6
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Basa Schiff.....	7
1. Salisilaldehida.....	9
2. Etilendiamina.....	10
B. <i>Dye Sensitized Solar Cell</i> (DSSC).....	11
1. Komponen DSSC.....	12
2. Prinsip DSSC.....	17
C. Karakterisasi Senyawa Kompleks .....	18
1. Spektrofotometri UV-Vis .....	18
2. Spektrofotometri FT-IR.....	22
3. DTA/TGA.....	24
<b>III. METODE PENELITIAN</b>	
A. Waktu dan Tempat.....	26
B. Alat dan Bahan.....	26
C. Metode Penelitian .....	27
1. Sintesis Senyawa Basa Schiff .....	27
2. Karakterisasi Senyawa Basa Schiff .....	28
3. Fabrikasi <i>Dye Sensitized Solar Cell</i> (DSSC) .....	29

<b>IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>	
A. Sintesis Senyawa Basa Schiff.....	33
B. Karakterisasi Senyawa basa Schiff.....	37
1. Analisis Panjang Gelombang dari senyawa basa Schiff.....	37
2. Analisis Gugus Fungsi dari senyawa Basa Schiff .....	39
3. Analisis Termal (DTA-TG) senyawa basa Schiff.....	42
C. Pengujian <i>Dye Sensitized Solar Cell</i> (DSSC).....	45
1. Fabrikasi <i>Dye Sensitized Solar Cell</i> (DSSC).....	45
2. Pengukuran Tegangan dan Arus DSSC .....	49
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN</b>	
A. Simpulan.....	53
B. Saran .....	54

#### **DAFTAR PUSTAKA**

#### **LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Panjang gelombang dan warna pada senyawa kompleks.....	19
2. Absorpsi kromofor senyawa aromatik pada spektrofotometer ultraungu-tampak .....	20
3. Pita serapan gugus fungsi pada spektrofotometer inframerah .....	23
4. Data panjang gelombang basa Schiff hasil sintesis dan senyawa pembentuknya .....	38
5. Data spektrum inframerah dari senyawa basa Schiff dan senyawa pembentuknya .....	40
6. Data DTA pengurangan massa senyawa basa Schiff.....	43
7. Data hasil pengukuran tegangan (mV), arus (mA), dan efisiensi ( $\eta$ ) DSSC ....	51

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Mekanisme pembentukan imina .....	8
2. Struktur Salisilaldehida .....	9
3. Struktur Etilendiamin .....	10
4. Komponen Struktur DSSC .....	12
5. Prinsip Kerja DSSC .....	17
6. Spektrum UV-Vis senyawa basa Schiff .....	21
7. Spektrum IR senyawa basa Schiff.....	23
8. Struktur sandwich rangkaian DSSC.....	32
9. Skema proses sintesis dan hasil senyawa basa Schiff .....	34
10. Reaksi pembentukan senyawa basa Schiff.....	35
11. Mekanisme pembentukan senyawa basa Schiff.....	36
12. Spektrum UV-Vis senyawa basa Schiff hasil sintesis.....	33
13. Spektrum IR senyawa basa Schiff hasil sintesis. ....	40
14. Termogram DTA-TG senyawa basa Schiff .....	43
15. Pembuatan elektroda kerja .....	46
16. Elektrolit gel PEG .....	47
17. Elektroda pembanding.....	48

18. Rangkaian DSSC.....	49
19. Pengukuran tegangan dan arus dari DSSC.....	50

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Seiring dengan meningkatnya teknologi, senyawa-senyawa kimia baru juga terus meningkat dan berkembang seperti senyawa basa Schiff. Basa Schiff adalah produk kondensasi amina primer dan senyawa karbonil (aldehida/keton). Basa Schiff ditemukan oleh seorang kimiawan Jerman, pemenang hadiah Nobel, Hugo Schiff. Basa Schiff ditemukan pada tahun 1864 (Brodowska *and* Lodgya, 2014). Basa Schiff disebut juga azometin dengan rumus umum (  $-R-C=N-$  ), dimana R dapat berupa alkil, atau aril (Ashraf *et al.*, 2011).

Senyawa basa Schiff memiliki berbagai keistimewaan dari segi struktur, sifat, dan dalam proses sintesis. Ditinjau dari segi ekonomi, proses sintesis senyawa basa Schiff memiliki keunggulan karena dilakukan dengan metode yang sederhana yaitu metode kondensasi dengan menggunakan alat-alat yang sederhana, serta ketersediaan bahan amina primer dengan karbonil (aldehida / keton) bervariasi dan mudah didapatkan, sedangkan apabila ditinjau dari segi waktu, proses sintesis ini berlangsung dalam waktu yang singkat. Laju reaksi kondensasi basa Schiff tergantung pada nukleofinitas amina dan elektrofilitas senyawa karbonil. Pada umumnya, reaktivitas turunan amina menurun

sebanding dengan kebiasaan yang menurun : hidrazin lebih basa dari amina alifatik, sedangkan amina alifatik lebih basa dari amina aromatik. Pada senyawa karbonil : aldehida memiliki elektrofilitas yang lebih tinggi dari keton dan quinon. Proses kondensasi amina alifatik dengan aldehida aromatik merupakan reaksi yang sangat eksotermik, berlangsung cepat dalam larutan dan menghasilkan nilai konversi yang tinggi (Grigoras *and* Catanescu, 2004). Dengan memperhatikan nukleotifitas amina dan elektrifolitas senyawa karbonil, serta laju reaksi proses kondensasi aldehida aromatik dan amina alifatik, pada penelitian ini digunakan aldehida aromatik yaitu salisilaldehida dan amina alifatik etilendiamina.

Basa Schiff memiliki ciri khas secara struktur pada gugus imina (RCN). Gugus imina adalah gugus yang bertindak sebagai gugus kromofor. Gugus kromofor adalah gugus fungsional yang mengabsorpsi radiasi ultraviolet dan tampak, sehingga senyawa dengan gugus kromofor ini akan melakukan transisi pada jarak yang lebih pendek. Oleh karena itu, energi yang dibutuhkan untuk melakukan transisi elektronik menjadi lebih kecil, dan akan menghasilkan spektra pada panjang gelombang yang lebih besar dengan absorbtivitas molar tinggi. Hal ini menyebabkan senyawa basa Schiff berwarna pada spektrum dengan panjang gelombang daerah sinar tampak menggunakan pengukuran dengan spektrofotometer UV-Vis (Hameed, 2009).

Basa Schiff memiliki keistimewaan lainnya secara struktur karena memiliki ikatan terkonjugasi baik dalam senyawa oligomer maupun polimer. Basa Schiff terkonjugasi merupakan senyawa yang stabil secara termal. Basa Schiff

aromatik yang berwarna kuning, oranye, merah, coklat hingga hitam menunjukkan stabilitas termal yang sangat baik. Basa Schiff juga tahan terhadap radiasi dan stabilitasnya tidak bergantung pada ionisasi. Selain itu, basa Schiff terkonjugasi mempunyai keistimewaan lainnya, basa Schiff terkonjugasi merupakan bahan semikonduktor yang memiliki stabilitas, elektroaktifitas, dan aktivitas listrik yang baik. Dalam perangkat fotovoltaik, basa Schiff memiliki koefisien penyerapan yang lebih tinggi daripada kompleks logam, dan jangkauan yang lebih luas dari pewarna untuk pita penyerapan cahaya yang berbeda, sumber daya yang tidak terbatas, dan mudah didaur ulang (Jeevadason *et al.*, 2014). Dengan memperhatikan berbagai keistimewaan senyawa basa Schiff dari berbagai aspek, senyawa basa Schiff dapat diaplikasikan sebagai molekul pewarna yang berfungsi sebagai penyerap cahaya untuk mengkonversi energi dalam perangkat fotovoltaik *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* (Chen, 2007).

*Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* merupakan perangkat fotovoltaik dengan aplikasi yang menjanjikan dalam mengkonversi energi secara berkelanjutan. Sel surya ini terbuat dari semikonduktor yang dilapisi oleh zat pewarna. Pelapisan semikonduktor oleh zat pewarna berfungsi agar efisiensi konversi energi matahari dapat meningkat. *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* mulai dikembangkan Grätzel dan O'Regan pada tahun 1991. Pembuatan jenis sel surya tersensitisasi ini tergolong mudah dan tidak membutuhkan biaya mahal. Pada DSSC terjadi proses absorpsi cahaya oleh molekul zat warna, molekul zat warna yang menyerap cahaya matahari tersebut akan mengalami eksitasi

elektron. Elektron yang tereksitasi tersebut langsung terinjeksi menuju semikonduktor nanokristal anorganik yang mempunyai *band-gap* yang lebar. Berbagai optimasi juga telah dilakukan untuk meningkatkan kinerja sel surya tersensititasi zat warna, penggunaan zat pembentuk warna yang mampu menyerap spektrum cahaya lebar dan cocok dengan pita energi semikonduktor. Pada penelitian yang pernah dilakukan, senyawa pewarna dihasilkan dari sintesis senyawa organologam berbasis rutenium dapat mencapai efisiensi 11-12%. Namun, jumlah senyawa organologam berbasis rutenium terbatas, dan harganya cukup mahal, maka penelitian berkembang ke arah pencarian senyawa pewarna sintesis seperti basa Schiff, digunakannya senyawa basa Schiff sintesis karena efisiensi konversi sel surya secara kimia dan termal lebih stabil, warnanya sulit terdegradasi, dan proses sintesis yang lebih mudah dan murah (Li *et al.*, 2013).

Senyawa basa Schiff yang telah berhasil disintesis dan diaplikasikan sebagai *dye sensitizer* pada DSSC telah dilaporkan pada beberapa penelitian. Dadkhah and Niasari. (2014) berhasil mensintesis senyawa basa Schiff *N,N-bis(salicylaldehyde)ethylenediimine* berupa kristal berwarna kuning dan menghasilkan efisiensi DSSC sebesar 0,47%, Ghan *et al.* (2017) telah berhasil mensintesis senyawa *N,N'-Bis(Salicylidene)Ethylenediamine* berupa kristal berwarna kuning dengan dan menghasilkan efisiensi DSSC sebesar efisiensi 0,14%.

Selain *dye*, elektroda pembanding juga mempengaruhi efisiensi DSSC, kecepatan reaksi reduksi pada elektroda pembanding (katoda) penting untuk

keberlangsungan proses konversi energi matahari menjadi energi listrik. Reaksi yang terjadi pada fotoanoda harus lebih lambat dari reaksi yang terjadi pada elektroda pembanding, maka dalam penelitian ini, peneliti membuat elektroda pembanding dari karbon, dengan beberapa sumber dan metode penempatan karbon pada substrat ITO, guna mendapatkan elektroda pembanding yang dapat diaplikasikan pada DSSC dan menghasilkan efisiensi yang paling tinggi.

Berdasarkan uraian di atas, pada penelitian ini disintesis senyawa basa Schiff menggunakan metode kondensasi untuk mengembangkan senyawa basa Schiff baru sebagai *sensitizer* dalam DSSC. Senyawa basa Schiff disintesis dari salisilaldehida sebagai turunan aldehida dengan etilendiamina sebagai amina primer, senyawa basa Schiff yang diperoleh dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mendapatkan serapan panjang gelombang dan tingkat energi, spektrofotometer FT-IR untuk mengetahui gugus fungsi khas yang terbentuk, dan DTA/TG untuk mendapatkan data termal dari senyawa hasil sintesis serta struktur senyawa basa Schiff hasil sintesis. Setelah itu, basa Schiff yang terbentuk diaplikasikan sebagai *dye sensitizer* pada *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC) dengan variasi elektroda pembanding yang kemudian diuji untuk menentukan kuat arus (mA), tegangan (mV), dan efisiensinya dalam persen.

## B. Tujuan penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan kristal senyawa basa Schiff dari hasil sintesis salisilaldehid dengan etilendiamina menggunakan metode kondensasi.
2. Memperoleh serapan panjang gelombang dan tingkat energi pada senyawa basa Schiff hasil sintesis menggunakan spektrofotometer UV-Vis.
3. Mengetahui serapan gugus fungsi khas yang terbentuk pada senyawa basa Schiff hasil sintesis dari spektrofotometer IR.
4. Memperoleh data termal senyawa basa Schiff hasil sintesis dari DTA/TG.
5. Mendapat struktur dan rumus molekul senyawa basa Schiff hasil sintesis.
6. Mendapatkan nilai tegangan, kuat arus, dan efisiensi dari variasi elektroda pembanding pada DSSC yang merupakan aplikasi dari senyawa basa Schiff.

## C. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah dapat diaplikasikannya senyawa basa Schiff dari hasil sintesis sebagai *sensitizer* dalam pengembangan aplikasi senyawa basa Schiff dan sebagai *sensitizer* yang lebih variatif dalam DSSC

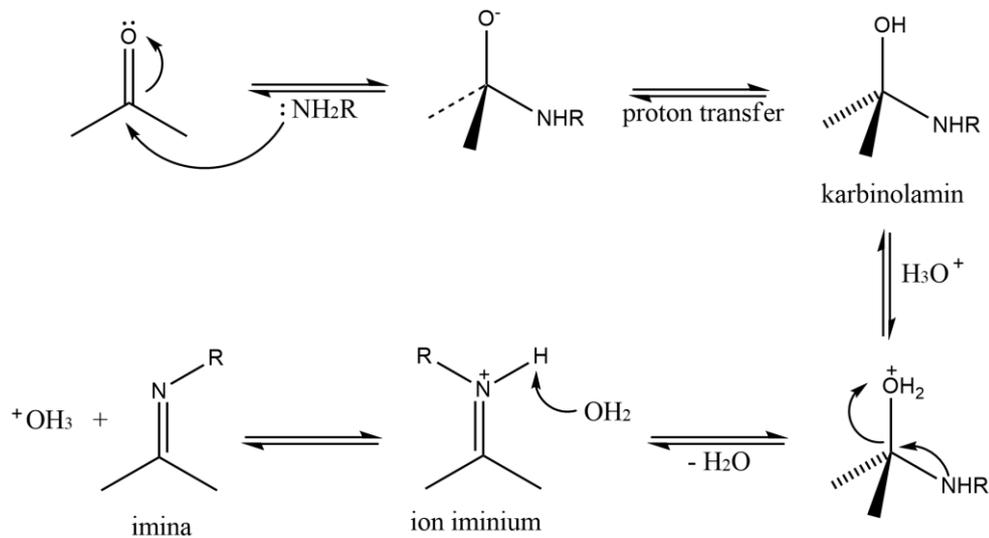
## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Basa Schiff

Senyawa basa Schiff merupakan produk kondensasi dari amina primer dan karbon karbonil yang pertama kali ditemukan oleh seorang kimiawan Jerman bernama Hugo Schiff pada tahun 1864 (Brodowska *and* Lodgya, 2014).

Senyawa basa Schiff juga sering disebut dengan anil, imina, dan azometin. Ciri struktur dari senyawa basa Schiff adalah gugus  $-C=N-$  dengan rumus umum  $RHC=N-R_1$ , R dan  $R_1$  dapat berupa alkil, atau aril (Ashraf *et al.*, 2011)

Mekanisme pembentukan imina berawal dari reaksi adisi amina nukleofilik pada karbon karbonil yang bermuatan parsial positif. Senyawa yang mengandung gugus  $-NH_2$  seperti amina primer dapat direaksikan dengan aldehida atau keton melalui proses dua tahap yaitu tahap adisi dan tahap eliminasi. Tahap adisi amina yang merupakan nukleofilik pada karbon karbonil yang bermuatan positif parsial diikuti dengan lepasnya proton dari nitrogen dan diperoleh proton oleh oksigen. Tahap eliminasi yaitu terjadinya protonasi gugus  $-OH$  yang kemudian dapat lepas sebagai air (Xavier *and* Srividhya, 2014). Mekanisme umum pembentukan senyawa basa Schiff dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Mekanisme pembentukan imina (Xavier and Srividhya, 2014)

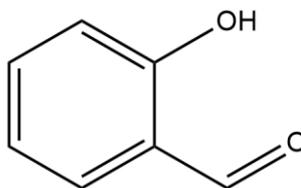
Laju reaksi kondensasi basa Schiff tergantung pada nukleofitas amina dan elektrofilitas senyawa karbonil. Pada umumnya, reaktivitas turunan amina menurun sebanding dengan kebasaaan yang menurun : hidrazin lebih basa dari amina alifatik, sedangkan amina alifatik lebih basa dari amina aromatik. Pada senyawa karbonil : aldehida memiliki elektrofilitas yang lebih tinggi dari keton dan quinon. Proses kondensasi amina alifatik dengan aldehida aromatik merupakan reaksi yang sangat eksotermik, berlangsung cepat dalam larutan dan menghasilkan nilai konversi yang tinggi. Senyawa basa Schiff dari aldehida alifatik relatif tidak stabil dan berpolimerisasi. Jika digunakan aldehida dan amina primer aromatik, maka senyawa basa Schiff yang terbentuk lebih stabil karena memiliki konjugasi yang panjang (Hassan, 2014).

Penelitian terdahulu menunjukkan senyawa basa Schiff yang berfungsi sebagai ligan dalam kompleks dengan ion logam transisi dapat digunakan sebagai

katalisator pembentukan polimer ( Sembiring dkk., 2013 ), inhibitor korosi (Ashraf *et al.*, 2011) dan *sensitizer* dalam DSSC (Mukherjee *et al.*, 2015).

## 1. Salisilaldehida

Salisilaldehida merupakan aldehida aromatik sintesis yang mempunyai gugus formil atau aldehida ( $-CHO$ ) dalam struktur kimianya. Radikal formil dalam senyawa aromatik pada salisilaldehida terikat pada inti benzen. Salisilaldehida dengan rumus molekul ( $C_6H_4CHO-2-OH$ ) merupakan senyawa berbentuk cairan berminyak berwarna merah gelap dengan massa molar 122,12 g/mol. Gambar 2 menunjukkan struktur dari salisilaldehida.



Gambar 2. Struktur Salisilaldehida

Salisilaldehida diubah menjadi senyawa basa Schiff melalui kondensasi dengan amina primer. Pada penelitian ini, salisilaldehida direaksikan dengan etilendiamina membentuk basa Schiff sebagai senyawa yang dapat diaplikasikan menjadi dye sensitizer dalam DSSC. Penelitian terdahulu telah berhasil mensintesis senyawa basa Schiff dari salisilaldehida yaitu sintesis senyawa basa Schiff *N,N-bis(salicylaldehyde)ethylenediimine*

(Dadkhah *and* Niasari., 2014) dan *N,N'*-Bis(Salicylidene)Ethylenediamine (Ghan *et al.*, 2017).

## 2. Etilendiamina

Etilendiamina adalah senyawa organik dengan rumus  $C_2H_4(NH_2)_2$ .

Etilendiamina (1,2- diamino etana) dibuat dari etilen diklorida dan amonia, sifatnya adalah tidak berwarna, jernih, mempunyai bau amonia, densitasnya  $0,898 \text{ g/cm}^3$ , titik didihnya  $116-117 \text{ }^\circ\text{C}$ , sedikit larut dalam eter, tidak larut dalam benzena, bersifat sangat basa sehingga mudah mengadsorpsi  $CO_2$  dari udara membentuk karbonat yang tak mudah menguap. Gambar 3 menunjukkan struktur dari etilendiamina.



Gambar 3. Struktur Etilendiamin

Penelitian terdahulu telah berhasil mensintesis senyawa basa Schiff dari etilendiamina yaitu sintesis senyawa basa Schiff dari furfural dengan etilendiamina (Bulolo, 2018) sebagai inhibitor korosi logam seng, dan senyawa basa Schiff dari salisilaldehida dan etilendiamina (Ghan *et al.*, 2017) sebagai *dye sensitizer* dalam DSSC.

## **B. *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)***

*Dye Sensitized Solar Cell* merupakan pengembangan dari sel surya terdahulu yang mampu mengubah energi matahari menjadi energi listrik dengan biaya produksi rendah serta ramah lingkungan. DSSC adalah salah satu generasi ketiga sel surya. DSSC sangat mirip dengan proses menyerupai produksi energi pada tumbuhan (fotosintesis) berdasarkan mekanisme energi dan transfer elektron (Kaylamasundaram, 2010).

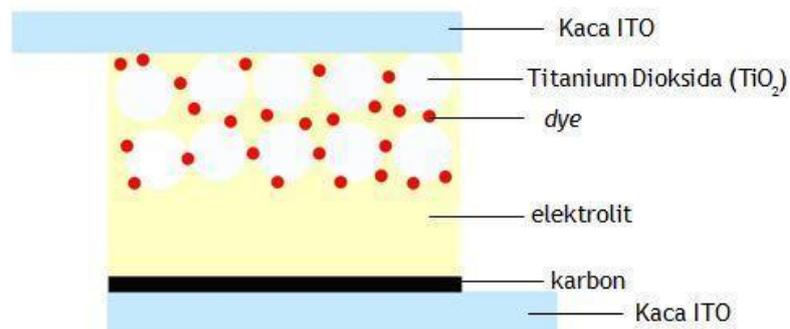
Bahan DSSC yang banyak dikembangkan saat ini adalah *dye*, *dye* digunakan sebagai bahan fotoelektrokimia yang terabsorpsi pada permukaan semikonduktor, semikonduktor mempunyai fungsi yang mirip dengan klorofil dalam fotosintesis. Sel surya ini memiliki dua komponen elektroda, yaitu elektroda kerja dan elektroda pembanding. Elektroda kerja dibuat dari kaca TCO yang dideposisikan pasta suatu semikonduktor tersensitisasi zat warna (*dye*) yang berfungsi sebagai transport pembawa muatan dan zat warna sebagai penyerap cahaya. Sedangkan elektroda lawan dibuat dari kaca TCO yang dilapisi karbon. Kedua elektroda tersebut dirangkai mengapit elektrolit, pasangan elektrolit redoks menggantikan fungsi oksigen dan air. Pasangan elektrolit redoks yang biasa digunakan adalah iodin/triiodida ( $I^-/I_3^-$ ) (Gratzel, 2003).

DSSC merupakan terobosan pertama dalam teknologi sel surya, DSSC berbeda dengan sel surya konvensional berbasis silikon yang seluruh prosesnya melibatkan silikon saja dan terpisah, pada DSSC, absorpsi cahaya dilakukan

oleh molekul *dye* dan separasi muatan dilakukan oleh semikonduktor nanokritisal yang mempunyai *band gap* lebar. *Band gap* lebar pada semikonduktor akan memperbanyak elektron yang mengalir dari pita konduksi ke pita valensi, sehingga ruang reaksi fotokatalis dan absorpsi *dye* akan menjadi lebih banyak, dan spektrumnya lebih lebar (Nafi dan Susanti, 2013).

## 1. Komponen DSSC

Sebuah DSSC terdiri dari beberapa komponen penting untuk dapat menjadi mekanisme fotovoltaiik yang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Komponen Struktur DSSC (Firmanila, 2016)

### a. Substrat

Substrat kaca yang digunakan yaitu jenis TCO (*transparent conductive oxide*). TCO merupakan material dengan karakteristik tranparansi yang tinggi pada panjang gelombang *visible* dan resistivitas listrik yang rendah sehingga dapat dimanfaatkan sebagai teknologi *window layer* dalam sel

surya. Fungsi kaca tersebut adalah sebagai elektroda kerja dan elektroda pembanding. Kaca TCO yang paling banyak digunakan dalam pembuatan DSSC adalah *flourine-doped tin oxide* (FTO) akan tetapi sangat sulit diperoleh, maka dapat diganti dengan *indium thin oxide* (ITO). Kaca ITO memiliki karakterisasi yang baik dari segi transmitansi optik, *band gap* yang lebar, serta konduktivitas listrik yang tinggi. Lapisan tipis ITO memiliki konduktivitas  $\sim 10^4 \text{ ohm}^{-1}$  dan transmitansi  $\sim 85\%$  dengan *band gap*  $\sim 3,7 \text{ eV}$  (Firmanila, 2016).

## **b. Semikonduktor**

Semikonduktor berperan untuk memfasilitasi proses reduksi karena struktur elektronik konduktif yang mengarah sebagai pita valensi dan pita konduksi. Semikonduktor yang biasa digunakan yaitu  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZnO}$ , dan  $\text{SnO}_2$ . Titanium dioksida dipilih dengan alasan karena  $\text{TiO}_2$  memiliki *band gap* yang lebar sehingga elektron yang mengalir dari pita konduksi ke pita valensi menjadi semakin banyak yang mengakibatkan ruang reaksi fotokatalis dan absorpsi oleh pewarna menjadi lebih banyak dan spektrum menjadi lebih lebar. Titanium dioksida mempunyai tiga fase di alam, yaitu rutil, anatase, dan brookite. Rutil merupakan yang paling stabil dari ketiga fase tersebut. Akan tetapi anatase lebih dipilih digunakan pada DSSC dikarenakan lebih aktif secara kimiawi dibanding rutil (Gong and Sumathy, 2012).

### c. *Dye*

*Dye* melekat pada semikonduktor yang mempunyai peranan penting dalam menangkap energi foton dalam sinar matahari. *Dye* yang digunakan haruslah melekat kuat pada  $\text{TiO}_2$  agar injeksi elektron ke dalam pita konduksi dari  $\text{TiO}_2$  efisien. *Dye* juga harus memiliki ikatan terkonjugasi, dan gugus kromofor. DSSC menggunakan kompleks polimiridin rutenium (II) sebagai *sensitizer* semikonduktor namun dikarenakan proses sintesis yang rumit dan harga ekonomis tinggi, serta ketersediaan logam rutenium yang terbatas, maka digunakan *dye* dari senyawa sintesis basa Schiff. Penggunaan senyawa basa schiff dikarenakan senyawa basa Schiff memenuhi persyaratan untuk diaplikasikan sebagai *dye sensitizer* dalam DSSC dimana senyawa basa Schiff mempunyai ikatan terkonjugasi, dan gugus kromofor (Hadi, 2016).

Senyawa basa Schiff yang telah berhasil disintesis dan diaplikasikan sebagai *dye sensitizer* pada DSSC telah dilaporkan pada beberapa penelitian. Dadkhah and Niasari. (2014) berhasil mensintesis senyawa basa Schiff *N,N-bis(salicylaldehyde)ethylenediimine* berupa kristal berwarna kuning dan menghasilkan efisiensi DSSC sebesar 0,47%, Ghan et al. (2017) telah mensintesis senyawa *N,N'-Bis(Salicylidene)Ethylenediamine* berupa kristal berwarna kuning dengan dan menghasilkan efisiensi DSSC sebesar efisiensi 0,14%.

#### d. Elektrolit

Elektrolit berfungsi dalam transfer muatan antara dua elektroda dan regenerasi pewarna. Elektrolit harus memiliki viskositas rendah, tekanan uap yang dapat diabaikan, titik didih tinggi dan sifat dielektrik tinggi. Elektrolit yang digunakan biasanya berwujud cair dan memiliki sifat seperti stabilitas tinggi dalam kaitannya dengan evaporasi, kebocoran, kemudahan cairan terbakar, dekomposisi dari pewarna (Sugathan *et al*, 2015).

Elektrolit  $I^-/I_3^-$  merupakan pasangan redoks terbaik untuk mereduksi *dye* secara efektif. Pasangan redoks  $I^-/I_3^-$  umumnya dilarutkan dalam pelarut organik yang juga berperan sebagai medium elektrolit. Dalam hal ini, digunakan pelarut organik seperti asetonitril sebagai pelarut pasangan redoks  $I^-/I_3^-$ . Namun penggunaan asetonitril membuat pelarut mengalami evaporasi dan bisa terbakar, untuk itu larutan elektrolit diganti dengan *solid* atau *quasi-solid state electrolyte*. Pelarut lain yang dapat digunakan dalam larutan elektrolit yaitu *polyethylene glycol* (PEG). PEG dapat menembus ke dalam serapan *dye*  $TiO_2$  baik untuk perbandingan ukuran partikel yang kecil maupun pada skala nano dan dapat menjaga kestabilan kerja. Dalam elektrolit, PEG berperan sebagai medium pasangan redoks  $I^-/I_3^-$  karena PEG mampu menjerat anion  $I^-/I_3^-$ . Pasangan redoks  $I^-/I_3^-$  berperan sebagai carrier dan transport muatan sehingga memungkinkan siklus elektron dan regenerasi molekul *dye* dalam DSSC.

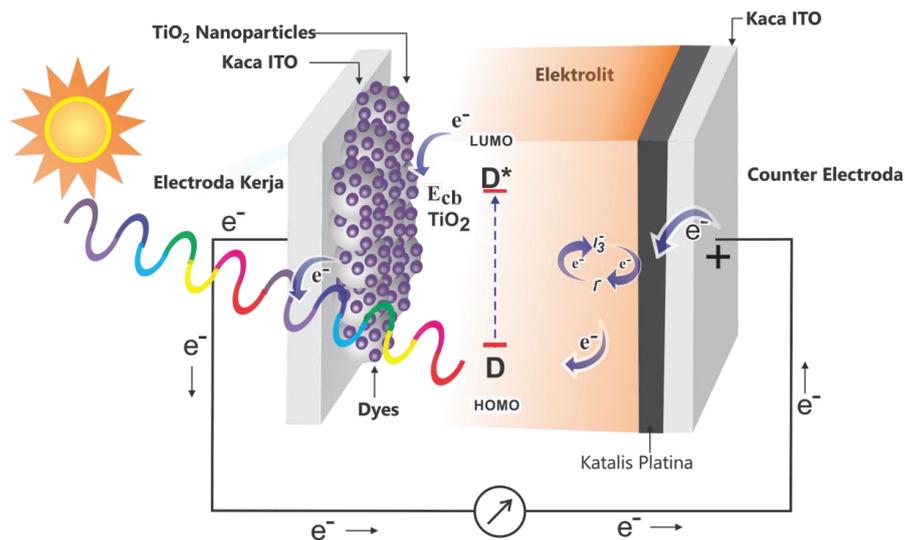
#### e. Elektroda pembanding

Elektroda pembanding merupakan salah satu faktor penting dalam berlangsungnya siklus terproduksinya arus dan tegangan. Fungsi utama elektroda pembanding adalah sebagai katalis agar proses berlangsungnya transfer elektron dan proses reduksi iodin/triiodida pada elektrolit, apabila semakin cepat maka semakin cepat pula DSSC memproduksi listrik. Bahan katalis yang sering digunakan sebagai bahan yang dapat mempercepat reaksi redoks pada DSSC adalah katalis dari bahan karbon. Karbon mempunyai sifat tahan terhadap korosi, kemampuan elektrokatalitis yang baik terhadap triiodida luas permukaan yang relatif luas dibandingkan dengan platina dan memiliki struktur yang bervariasi diantaranya karbon *nanotube*, karbon *nanowire*, campuran grafit hitam dengan  $\text{TiO}_2$ , batang grafit atau grafit lunak pada pensil. Selain itu, karbon digunakan karena mempunyai kereaktifan yang tinggi dan menyerupai elektroda platina dan luas permukaannya yang tinggi (Kumara dan Prajitno, 2012).

Elektroda pembanding juga mempengaruhi efisiensi DSSC, kecepatan reaksi reduksi pada elektroda pembanding (katoda) penting untuk keberlangsungan proses konversi energi matahari menjadi energi listrik. Reaksi yang terjadi pada fotoanoda harus lebih lambat dari reaksi yang terjadi pada elektroda pembanding.

## 2. Prinsip DSSC

Prinsip kerja DSSC dimulai dengan eksitasi elektron molekul *dye* akibat absorpsi foton, prinsip kerja DSSC dapat dilihat pada Gambar 5.

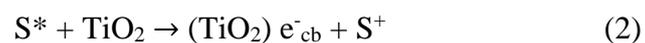


Gambar 5. Prinsip Kerja DSSC (Hardeli *et al.*, 2013)

1. Elektron tereksitasi dari *ground state* ( $S$ ) ke *excited state* ( $S^*$ ).



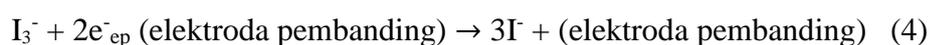
2. Elektron dari *excited state* kemudian langsung terinjeksi menuju *conduction band* ( $e_{cb}$ )  $TiO_2$  sehingga molekul *dye* teroksidasi ( $S^+$ )



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 elektroda pembanding melalui rangkaian eksternal. Dengan adanya katalis pada elektroda pembanding, 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 pada elektroda  $TiO_2$  dan digunakan pada elektroda pembanding, sehingga penyebarannya pada elektrolit saling berhubungan.. Demikian pula,  $I^-$  dihasilkan pada elektroda pembanding dan disebarkan ke arah yang berlawanan dalam elektrolit. Iodida ( $I^-$ ) ini digunakan untuk mendonor elektron kepada dye yang teroksidasi, sehingga terbentuk suatu siklus transpor elektron. Dengan siklus ini terjadi konversi langsung dari cahaya matahari menjadi listrik (Hardeli *et al.*, 2013).

## C. Karakterisasi Senyawa Kompleks

### 1. Spektrofotometri UV-Vis

Spektrofotometri UV-Vis merupakan salah satu teknik analisis spektroskopi yang memakai sumber radiasi elektromagnetik ultraungu (190-380 nm) dan sinar tampak (380-780 nm) dengan instrumen spektrofotometer (Mulja dan Suharman, 1995). Prinsip dasar spektrofotometri UV-Vis adalah terjadinya transisi elektronik yang disebabkan penyerapan sinar UV-Vis yang mampu

mengeksitasi elektron dari orbital yang kosong. Umumnya, transisi yang paling mungkin adalah transisi pada tingkat energi tertinggi (HOMO) ke orbital molekul yang kosong pada tingkat terendah (LUMO).

Cahaya tampak merupakan cahaya berkesinambungan atau cahaya yang terdiri dari semua panjang gelombang yang mungkin terdapat dalam suatu jarak tertentu. Hubungan antara warna-warna dan panjang gelombang terlihat pada Tabel 1 disertai dengan warna komplementer yaitu merupakan pandangan dua warna (spektrum). Apabila kedua warna ini digabungkan maka akan dihasilkan warna putih.

Tabel 1. Panjang gelombang dan warna pada senyawa kompleks.

<b>Panjang gelombang (nm)</b>	<b>Warna</b>	<b>Warna Komplementer</b>
400-435	Ungu	Hijau kekuningan
435-480	Biru	Kuning
480-490	Biru kehijauan	Jingga
490-500	Hijau kebiruan	Merah
500-560	Hijau	Ungu kemerahan
595-610	Jingga	Biru kehijauan
610-680	Merah	Hijau kebiruan
680-700	Ungu kemerahan	Hijau

(Sumber : Khopkar, 1990)

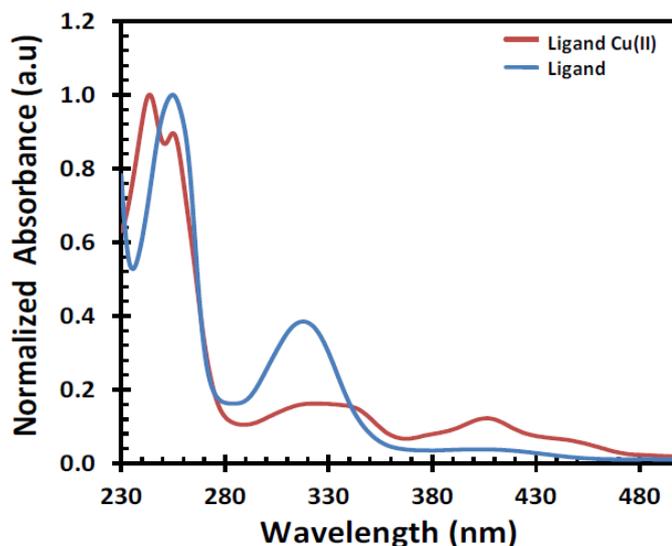
Pada Tabel 2 menunjukkan beberapa kromofor organik dan senyawa aromatik dengan puncak absorpsi dan nilai absorpsivitas molar serta transisi yang mungkin terjadi. Tabel ini berguna untuk mengidentifikasi gugus fungsi dalam analisis spektra. Absorpsi multikromofor bersifat aditif dan adanya sistem terkonjugasi dapat mempengaruhi sifat spektra.

Tabel 2. Absorpsi kromofor senyawa aromatik pada spektrofotometer ultraungu-tampak

<b>Kromofor/senyawa</b>	<b><math>\lambda</math> maks</b>	<b><math>\epsilon</math> maks</b>	<b>Transisi</b>
Karbonil	186-280	$1,0 \times 10^3 - 16$	$n \rightarrow \pi^*$
Azometin	339	60	$n \rightarrow \pi$
Keton	282	27	Delokalisasi $n^*$
Benzen	204	$7,9 \times 10^3$	$\pi \rightarrow \pi^*$
Anilin	230	$8,6 \times 10^3$	$\pi \rightarrow \pi^*$

(Sumber : Khopkar, 1990)

Karakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis bertujuan untuk menentukan panjang gelombang yang dimiliki oleh senyawa tersebut sehingga nantinya dapat digunakan sebagai penyerap sinar matahari. Sampel yang dapat diukur oleh spektrofotometer UV-Vis adalah sampel yang berwarna atau dibuat berwarna. Proses yang dapat dilakukan untuk membuat larutan berwarna adalah pembentukan senyawa basa Schiff. Warna senyawa basa Schiff dapat dideteksi dengan mengukur panjang gelombang yang diserap oleh senyawa basa Schiff menggunakan spektrofotometer UV-Vis.



Gambar 6. Spektrum UV-Vis senyawa basa Schiff (Ghan *et al.*, 2017)

Berdasarkan hasil spektrum senyawa basa Schiff oleh Ghan *et al.* (2017) pada Gambar 6 menunjukkan bahwa senyawa basa Schiff *N,N'*-*Bis(Salicylidene)Ethylenediamine* memiliki panjang gelombang pada 318,9 nm dengan absorbansi 0,4. Munculnya puncak panjang gelombang tersebut dikarenakan basa Schiff mengandung gugus kromofor yaitu imina atau azometina ( $C=N-$ ) yang memberikan serapan yang khas pada panjang gelombang tersebut. Besarnya panjang gelombang maksimum senyawa tersebut berkaitan dengan transisi  $\pi \rightarrow \pi^*$  dari gugus imina atau benzen pada basa Schiff dimana terdapat elektron  $\pi$  ( $\phi$ ) menuju orbital  $\pi^*$  ( $\phi$  anti ikatan) (Kurniawan, 2009).

## 2. Spektrofotometri FT-IR

Spektrofotometri FT-IR merupakan metode yang mengamati interaksi molekul dengan radiasi elektromagnetik yang berada pada daerah bilangan gelombang  $13.000-10\text{ cm}^{-1}$ . Seperti halnya dengan tipe penyerapan energi yang lain maka molekul akan terkesitasi ke tingkatan energi yang lebih tinggi bila menyerap radiasi *infrared*. Prinsip kerja dari FTIR yaitu apabila suatu senyawa ditembak suatu energi yang berasal dari sumber sinar maka molekul tersebut akan mengalami vibrasi. Vibrasi ini terjadi karena energi yang berasal dari sumber sinar yaitu sinar *infrared* tidak cukup kuat untuk menyebabkan terjadinya atomisasi ataupun eksitasi elektron pada molekul senyawa yang ditembak dimana besarnya energi vibrasi tiap atom atau molekul berbeda tergantung pada atom-atom dan kekuatan ikatan yang menghubungkannya sehingga dihasilkan vibrasi yang berbeda (Griffiths and Haseh, 2007).

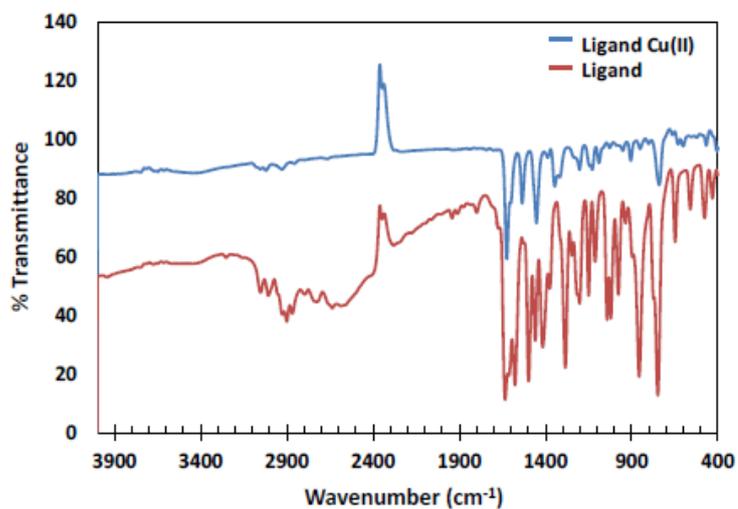
Spektrum IR memberikan puncak-puncak maksimum yang baik spektrum absorpsi dibuat dengan bilangan gelombang pada sumbu X dan persen transmittan (T) pada sumbu Y. Jika dibandingkan dengan UV-Vis dimana energi dalam daerah ini dibutuhkan untuk transisi elektronik maka radiasi inframerah hanya terbatas pada perubahan energi setingkat molekul.

Tabel 3. Pita serapan gugus fungsi pada spektrofotometer inframerah

Gugus fungsi	Bilangan gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )
$\nu(\text{M-N})$	400-600
$\nu(\text{N-H})$	660-900
$\nu(\text{C-N})$	1020-1220
$\nu(\text{N=N})$	1400-1500
$\nu(\text{C=N})$	1600-1660
$\nu(\text{C=O})$	1710-1720
$\nu(\text{C-H})$	3000-3100
$\nu(\text{O-H})$	3100-3700

(Sumber : Khopkar, 1990)

Karakterisasi menggunakan FTIR bertujuan untuk gugus fungsi khas yang terdapat dalam ligan dan senyawa kompleks yang telah disintesis. Serapan yang khas pada senyawa basa Schiff terletak pada  $\text{C=N}$  pada daerah  $1500\text{-}1600\text{ cm}^{-1}$  (Ummathur, 2009).



Gambar 7. Spektrum IR senyawa basa Schiff (Ghan et al., 2017)

Berdasarkan hasil spektrum senyawa basa Schiff oleh Ghan *et al* (2017) pada Gambar 7 hasil spektrum FTIR senyawa *N,N'*-

*Bis(Salicylidene)Ethylenediamine* yang merupakan hasil sintesis dari salisilaldehida dan etilendiamina mengindikasikan adanya serapan-serapan khas, bilangan gelombang pada 1680 dan 1560  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus imina (C=N). pada bilangan gelombang 3200 - 2700  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya vibrasi C-H yang secara teoritis pita C-H muncul pada bilangan gelombang 3000-3100  $\text{cm}^{-1}$  (Khopkar, 1990).

### 3. DTA/TG

DTA-TG (*Differential Thermal Analysis – Thermogravimetric*) merupakan salah satu metode analisis termal. Metode ini didasarkan pada perubahan kandungan panas akibat terjadinya perubahan temperatur. Pada metode ini terjadi perubahan berat dalam sampel sebagai fungsi temperatur. Analisis ini memberikan informasi tentang kestabilan termal, kandungan uap dan pelarut, kandungan senyawa tambahan, suhu oksidasi dan suhu dekomposisi (Rohaeti dan Surdia, 2003).

Penggunaan TG bertujuan untuk mengukur kecepatan rata-rata perubahan massa suatu bahan sebagai fungsi dari suhu atau waktu pada atmosfer yang terkontrol. Pengukuran digunakan khususnya untuk menentukan komposisi dari suatu bahan atau cuplikan dan untuk memperkirakan stabilitas termal pada suhu di atas 1000 °C. Proses kehilangan massa terjadi karena adanya proses dekomposisi yaitu pemutusan ikatan kimia, evaporasi yaitu kehilangan

atsiri pada peningkatan suhu, reduksi yaitu interaksi bahan dengan pereduksi, dan desorpsi. Sedangkan kenaikan massa disebabkan oleh proses oksidasi yaitu interaksi bahan dengan suasana pengoksidasi dan absorpsi (Prasetyoko dkk., 2016).

Analisis termal diferensial adalah teknik dimana suhu dari sampel dibandingkan dengan material referen *inert* selama perubahan suhu terprogram. Suhu sampel dan referen akan sama apabila tidak terjadi perubahan, namun pada saat terjadinya beberapa peristiwa termal (Khopkar, 1990). Menurut Yu *et al.* (2009), dekomposisi senyawa basa Schiff terjadi pada suhu antara 285,3 – 560 °C.

### III. METODE PENELITIAN

#### A. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari sampai dengan Agustus 2019 di Laboratorium Kimia Anorganik, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Karakterisasi senyawa basa Schiff menggunakan Spektrofotometer UV-Vis dan Spektrofotometer IR, serta karakterisasi DTA-TG di UPT Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Universitas Lampung (LT-SIT).

#### B. Alat dan Bahan

##### 1. Alat-alat yang digunakan

Alat-alat yang akan digunakan pada penelitian ini meliputi alat-alat gelas (gelas kimia, gelas ukur, labu ukur, pipet tetes, corong gelas, batang pengaduk, kaca arloji, spatula kaca), desikator, neraca analitik, pengaduk magnet, termometer, *magnetic stirrer*, satu set peralatan refluks, *hot plate*, mortar dan alu, saringan, penjepit kertas, *alligator clip*, multimeter digital merek zotek ZT111, *furnace*, *scotch tape*, spektrofotometer UV-Vis

Agilent Cary 50, spektrofotometer IR Agilent Cary 660, dan DTA-TG Shimadzu DTG 60.

## 2. Bahan-bahan yang digunakan

Bahan-bahan yang akan digunakan pada penelitian ini meliputi, salisilaldehida ( $C_7H_6O_2$ ), etilendiamina ( $C_2H_8N_2$ ), etanol, titanium dioksida ( $TiO_2$ ), polietilena glikol (PEG), kalium iodida (KI), iodin ( $I_2$ ), asetonitril, pensil 8B, lilin, kaca *indium tin oxide* (ITO), akuabides, kertas saring *whatman 42*, dan aluminium foil.

## C. Metode Penelitian

### 1. Sintesis Senyawa Basa Schiff

Senyawa basa Schiff disintesis dengan cara mencampurkan salisilaldehida dan etilendiamina dalam suasana asam dengan perbandingan mol [1 : 1]. Sebanyak 1,15 mL ( $1 \times 10^{-2}$  mol) salisilaldehida dilarutkan dalam 10 mL etanol, kemudian larutan yang terbentuk dicampurkan dengan 0,67 mL etilendiamina ( $1 \times 10^{-2}$  mol) yang telah dilarutkan dalam 10 mL etanol. Larutan salisilaldehida dan etilendiamina dicampurkan ke dalam labu bulat 50 mL dan campuran yang terbentuk berwarna kuning, kemudian direfluks selama 2 jam pada suhu 75-79 °C menggunakan *hot plate stirer*. Campuran yang telah direfluks selanjutnya didinginkan pada desikator pada suhu ruang hingga terbentuk kristal. Kristal yang terbentuk dicuci menggunakan 10 mL etanol. Kemudian kristal tersebut dikeringkan lagi

dalam desikator dan timbang hingga diperoleh berat konstan. Kristal kering dengan berat konstan kemudian dikarakterisasi dengan menggunakan spektrofotometer ultra-ungu tampak (UV-Vis), spektrofotometer inframerah (IR), dan DTA-TG.

## **2. Karakterisasi Senyawa Basa Schiff**

### **a. Spektrofotometri UV-Vis**

Dilakukan pengukuran serapan panjang gelombang dari senyawa basa Schiff dengan melarutkan Sebanyak 0,0016 gram ( $1 \times 10^{-3}$  M) senyawa basa Schiff dalam labu ukur 10 mL dengan menggunakan etanol, kemudian dilakukan pengenceran menjadi  $1 \times 10^{-5}$  M dengan mengambil sebanyak 0,1 mL larutan senyawa basa Schiff  $1 \times 10^{-3}$  M yang dilarutkan dalam 10 mL etanol, selanjutnya dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis carry 50, diamati absorbansinya pada panjang gelombang 200-800 nm.

### **b. Spektrofotometri Inframerah (IR)**

Karakterisasi menggunakan dengan spektrofotometer IR dilakukan untuk mengidentifikasi gugus-gugus fungsional di dalam basa Schiff hasil sintesis. Karakterisasi menggunakan spektrofotometer IR dengan sampel padatan dapat dilakukan dengan dua metode, metode pertama yaitu metode DRS-8000, pada metode ini, sampel padat yang akan dianalisa dicampur dengan serbuk KBR K (5 – 10% sampel dalam

serbuk KBr), kemudian ditempatkan pada sampel *pan* dan siap untuk dianalisis. Metode yang kedua, metode pelet KBr. Pada metode yang kedua, sampel padat dicampurkan dengan serbuk KBr (5 – 10% sampel dalam serbuk KBr). Campuran yang sudah homogen kemudian dibuat pelet KBr (pil KBr) dengan alat *mini hand press*. Setelah terbentuk pil KBr siap dianalisis untuk mengetahui gugus fungsi pada sampel basa Schiff. Pada penelitian ini pengukuran dilakukan pada daerah radiasi  $4000-600\text{ cm}^{-1}$ .

### c. Analisis Dekomposisi Termal (DTA/TG)

Analisis termal dapat didefinisikan sebagai pengukuran sifat-sifat fisik dan kimia material sebagai fungsi dari suhu. Langkah-langkah yang dilakukan dalam metoda DTA dan TG adalah sampel basa Schiff diletakkan dalam *pan* dan ditutup menggunakan *stainless steel* menggunakan alat *crimp*, letakkan sampel pembanding pada plat kaca, selanjutnya mengalirkan gas nitrogen dan mengatur kenaikan temperatur sebesar  $5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{menit}$ . Pengukuran dilakukan dari suhu ruang ( $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) hingga  $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

## 3. Fabrikasi *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC)

### a. Pembuatan pasta $\text{TiO}_2$

Pasta  $\text{TiO}_2$  dibuat dari 0,5 gr bubuk  $\text{TiO}_2$  kemudian digerus, diayak, dan dimasukkan ke dalam gelas kimia. Ditambahkan 2 mL etanol dan

distirer selama 15 menit. Pasta  $\text{TiO}_2$  yang telah terbentuk dicampurkan dengan 0,5 gram senyawa basa Schiff kemudian distirer selama 15 menit. Kemudian campuran pasta  $\text{TiO}_2$  dan senyawa basa Schiff disimpan dalam botol yang ditutup untuk digunakan.

#### **b. Preparasi larutan elektrolit**

Preparasi elektrolit semipadat (gel polimer) dengan konsentrasi PEG 0,1 M, pertama larutan PEG 0,1 M (KI 0,5 M dan  $\text{I}_2$  0,05 M) disiapkan dengan cara mengambil sebanyak 0,498 gram KI dilarutkan ke dalam 6 mL asetonitril dalam gelas kimia. Pada gelas kimia lain, dimasukkan sebanyak 0,076 gram  $\text{I}_2$  dan 6 mL asetonitril, lalu diaduk hingga homogen. Larutan pada kedua gelas tersebut dicampur dan diaduk hingga homogen. Sebanyak 2,4 gram PEG dimasukkan dalam larutan elektrolit yang telah dibuat, dan diaduk hingga membentuk gel.

#### **c. Preparasi Elektroda Pembanding Karbon**

Preparasi elektroda pembanding karbon disubstrat kaca ITO menggunakan variasi tiga karbon yang berasal dari grafit pensil 8B, jelaga api lilin, dan grafit pensil 8B dengan jelaga api lilin. Pendeposisian kaca ITO yang pertama digores dengan menggunakan pensil 8B, Pendeposisian kaca ITO yang kedua dibakar dengan api lilin, Pendeposisian kaca ITO yang ketiga digores pensil 8B lalu dibakar dengan api lilin. Pada sampel, bagian yang akan

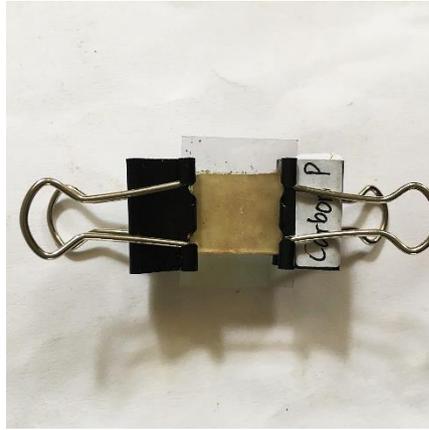
dideposisikan elektroda pembanding karbon adalah bagian konduktif dari substrat ITO (Chadijah dkk., 2016).

**d. Perakitan *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC)**

Langkah pertama dalam perakitan sel surya adalah mempersiapkan tiga buah kaca ITO yang telah dibersihkan. Pada ketiga kaca ITO yang berukuran 2 x 2 cm dibentuk area tempat campuran TiO<sub>2</sub> dengan basa Schiff dideposisikan dengan bantuan selotip pada bagian kaca yang konduktif sehingga terbentuk area sebesar 1,5 x 1,5 cm. Pasta campuran TiO<sub>2</sub> dengan basa Schiff dideposisikan di atas area yang telah dibuat pada ketiga kaca konduktif dengan bantuan batang pengaduk untuk meratakan pasta. Kemudian lapisan dikeringkan selama 10 menit setelah itu, kaca ITO yang terlapisi pasta TiO<sub>2</sub> dan senyawa basa Schiff di-*furnace* pada temperatur sekitar 200 °C selama 10 menit. Kemudian larutan elektrolit gel polimer 0,1 M ditetaskan masing-masing di atas permukaan ketiga kaca yang terdapat campuran pasta TiO<sub>2</sub> dengan basa Schiff, bagian ini sebagai fotoanoda.

Kemudian Pada kaca pertama *disandwich* dengan elektroda pembanding yang dideposisi dengan karbon penggoresan pensil 8B, kaca kedua *disandwich* dengan elektroda pembanding yang dideposisi dengan karbon dari pembakaran dengan api lilin, dan kaca ketiga *disandwich* dengan elektroda pembanding yang dideposisi dengan karbon penggoresan pensil 8B yang kemudian dibakar dengan api

lilin. Kemudian dijepit dengan *clipbinder* agar tidak bergerak dan DSSC siap diuji.



Gambar 8. Struktur *sandwich* rangkaian DSSC

Gambar 8, menunjukkan fabrikasi DSSC bentuk *sandwich* yang telah dibentuk dan dijepit dengan *clipbinder*. Kemudian setelah fabrikasi, ketiga sel surya kemudian dilakukan pengujian tegangan dan kuat arus menggunakan multimeter digital merk Zotek ZT111 dengan menggunakan sumber cahaya matahari langsung pada saat penyinaran cerah yaitu sekitar pukul 12.00

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### A. Simpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Sintesis senyawa basa Schiff dari salisilaldehid dan etilendiamin menghasilkan padatan kristal berwarna kuning dengan berat 2.6631 gram dengan rendemen sebesar 81,14%.
2. Hasil pengukuran dengan spektrofotometer UV-Vis diperoleh puncak serapan senyawa basa Schiff hasil sintesis mengalami pergeseran batokromik dari 328 nm menjadi 335 nm.
3. Hasil pengukuran dengan spektrofotometer IR menunjukkan bahwa senyawa basa Schiff hasil sintesis memiliki pita serapan di daerah 1610  $\text{cm}^{-1}$  yang menandakan adanya gugus azometin (C=N) yang menjadi ciri khas senyawa basa Schiff.
4. Hasil analisis DTA-TG menunjukkan data termal senyawa basa Schiff mengalami dekomposisi satu tahap pada suhu 180 – 300 °C sebesar 97,2 %.
5. Pengujian konversi rangkaian DSSC menghasilkan efisiensi paling tinggi dari variasi elektroda pembanding jelaga api lilin dengan efisiensi sebesar 0,21%, tegangan maksimum 306 mV dan arus maksimum 0,7 mA.

Dengan nilai efisiensi ini dapat diindikasikan bahwa senyawa basa Schiff hasil sintesis dapat digunakan sebagai *dye sensitizer*.

## **B. Saran**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka pada penelitian selanjutnya disarankan perlu dilakukan karakterisasi lainnya seperti karakterisasi menggunakan SEM-EDX untuk melihat morfologi pada pasta TiO<sub>2</sub> dan perlu dikaji lebih lanjut mengenai berbagai karakteristik komponen DSSC terhadap performa sel surya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ashraf, M. A., Mahmoud, K., and Wajid, A. 2011. Synthesis, Characterization and Biological Activity of Schiff Bases. *IPCBE*, 10 : 1-7.
- Asi, H. 2019. *Studi Karakterisasi Senyawa Kompleks Fe(II) dengan Ligan Basa Schiff dari Salisilaldehid dan Etilendiamina*. Skripsi. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Brodowska, K., and Lodgja, E. 2014. Schiff Bases- Interesting Range of Applications in Various Fields of Science. *CHEMIK*, 68 (2) : 129-134.
- Buulolo, D. 2018. *Sintesis basa Schiff Hasil Kondensasi Etilendiamina dengan Furfural yang Diperoleh Dari Ampas Tebu Dan Pemanfaatannya Sebagai Inhibitor Korosi Logam Seng*. Medan: Universitas Sumatra Utara.
- Chadijah, S., D, D., and Harmadi. 2016. Pembuatan Counter Electrode Karbon untuk Aplikasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC). *Jurnal Ilmu Fisika Universitas Andalas*, 8:78-86.
- Chemical Book Standard Reference Data. 2019.  
[https://www.chemicalbook.com/SpectrumEN\\_90-02-8\\_IR1.htm](https://www.chemicalbook.com/SpectrumEN_90-02-8_IR1.htm)  
Diakses pada 28 Agustus 2019
- Chemical Book Standard Reference Data. 2019.  
[https://www.chemicalbook.com/SpectrumEN\\_333-18-6\\_IR1.htm](https://www.chemicalbook.com/SpectrumEN_333-18-6_IR1.htm)  
Diakses pada 28 Agustus 2019
- Chen, Z., Li, F., and Huang, C. 2007. *Current Organic Chemistry*, 11 : 1241 - 1258.
- Dadkhah, M., and Niasari, M. S. 2014. Dye-sensitized Solar Cells Based on Tin Dioxide Nano Particles Prepared by A Facile Hydrothermal Method. *Materials Science in Semiconductor Processing* , 41-48.
- Damayanti, R., Hardeli, dan Sanjaya, H. 2014. Preparasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) menggunakan Ekstrak Antosianin Ubi Jalar Ungu (Ipomoea batatas L.) . *Jurnal Saintek*, 2:148-157.

- Firmanila, V. 2016. *Karakterisasi DSSC pada Semikonduktor ZnO-SiO<sub>2</sub> dengan Pewarna Ekstrak Buah Manggis dan Daun Jati*. Malang: Universitas Islam Negri Maulana Malik Ibrahim.
- Ghan, W., Hany, S., Hyeonngon, K., Tulio, C. G., Fred, N., & Jamal, U. 2017. Synthesis and Characterization of Free and Copper (II) Complex of N,N-Bis(Salicylidine)Ethylenediamine for Application in Dye Sensitized Solar Cell. *Material Science and Chemical Engineering*, 46-66.
- Gong, J. L., and Sumathy, K. 2012. Review on Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC) : Fundamental concepts and novel materials. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16 (8) : 5848 - 5860.
- Gratzel, M. 2003. Dye Sensitized Solar Cell. *Journal of Photochemistry and Photobiology*, 4 : 145-153.
- Griffiths, R. P., and Haseth, J. A. 2007. *Fourier Transform Infrared Spectrometry : Second Edition*. New Jersey: Hoboken.
- Grigoras, M., and Catanescu, M. 2004. Imine Oligomers and Polymers. *Journal of Macromolecular Science*, 131-173.
- Hadi, M. S. 2016. *Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Kompleks Fe(II)-Methyl Orange sebagai Sensitizer pada Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Hameed, B. H. 2009. Spent Tea Leaves : A New Conventional and Low Cost Adsorbent for Removal of Basic Dye from Aqueous Solution. *Journal Hazard*, 161:753-759.
- Hardeli, Suwardani, Riky, T. F., Maulidis, and Ridwan, S. 2013. Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Berbasis Nanopori TiO<sub>2</sub> Menggunakan Antosianin dari berbagai Sumber Alam. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*, 155-163.
- Hassan, F. 2014. Synthesis, Characterization and Antioxidant of Some 4-Amino-Phenyl-4h-1, 2,4-Triazole-3-hiol Derivatives. *International Journal of Applied Science and Technology*, 4(2) : 202-211.
- Jiao TF, Zhou J, Gao L, Xing Y, Li X. 2011. Synthesis and Characterization of Chitosan-based Schiff Base Compounds with Aromatic Substituent Groups. *Iranian Polymer Journal*. 2:123-136.
- Jeevadason, A. W., Murugavel, K. K., dan Neelakantan, M. A. 2014. Review on Schiff bases and their metal complexes as a Photovoltaic Materials. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 220-227.

- Kaylamasundaram, E. K. 2010. *Dye-Sensitized Solar Cell*. Lausanne, Switzerland: EPFL Press.
- Khopkar, S. M. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. UI Press: Jakarta.
- Kumara, M. S., dan Prajitno, G. 2012. *Studi Awal Fabrikasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) dengan Menggunakan Ekstraksi Daun Bayam (Amaranthus Hybridus L) Sebagai Dye Sensitizer dengan Variasi Jarak Sumber Cahaya pada DSSC*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Kurniawan, A. 2009. *Sintesis dan Karakterisasi Kompleks Cu(II) dengan Ligan basa Schiff Hasil Turunan 1,5-difenilkarbazon dan Anilin*. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Li, W., Liu, B., Wu, Y., Zhu, S., Zhang, Q., and Zhu, W. 2013. Organic Sensitizers Incorporating 3,4-ethylenedioxythiophene as The Conjugated Bridge : Joint Photophysical and Electrochemical Analysis of Photovoltaic Performance. *Dye and Pigment* 99, 01, 178-184.
- Liu, C., Jack, M., Carraher, J., Swedberg, C., Hendron, C., Chelsea, N., and Jean, F. 2014. Selective Base-Catalyzed Isomerization of Glucose to Fructose. *NSF Engineering Research Center for Biorenewable Chemicals (CBiRC)*, 1-7.
- Lu, Yi H., Yu W.L., Cheng L.W., Qun S.B., Xiao L.C., and Rosa N.B. 2006. UV-Visible Spectroscopic Study of The Salicyladehyde Benzoylhydrazone and Its Cobalt Complexes. *Spectrochimica Acta*. 65:695-701
- Mukherjee, S., Bowman, D. N., and Jakubikova, E. 2015. Cyclometalated Fe (II) Complexes as Sensitizers in Dye-Sensitized Solar Cells. *Inorganic Chemistry*, 560-569.
- Mulja, M., dan Suharman. 1995. *Analisis Instrumental*. Surabaya: Airlangga Press.
- Nafi, M., dan Susanti, D. 2013. *Aplikasi Semikonduktor TiO<sub>2</sub> Dengan Variasi Temperatur dan Waktu Tahan Kalsinasi sebagai Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) dengan Dye dari Ekstrak Buah Terung Belanda (Solanum betaceum)*. Surabaya: ITS.
- Pancaningtyas, L., dan Akhlus, S. 2010. *Peranan Elektrolit pada Performa Sel Surya Pewarna Tersensitasi (SSPT)*. Surabaya: ITS.
- Prasetyoko, D., Fansuri, H., Ni'mah, Y. L., dan Fadlan, A. 2016. *Karakterisasi Struktur Padatan, Edisi pertama*. Yogyakarta: Deepublish.

- Puspitasari, N., Adawiyah, S. R., Fajar, M. N., Yudoyono, G., Rubiyanto, A., dan Endarko. 2017. Pengaruh Jenis Katalis pada Elektroda Pembanding Terhadap Efisiensi Dye Sensitized Solar Cell dengan Klorofil sebagai Dye Sensitizer. *Jurnal Fisika dan Aplikasi*, 13:30-35.
- Rohaeti, E., dan Surdia, N. M. 2003. Pengaruh Variasi Berat Molekul Polietilen Glikol terhadap Sifat Mekanik Poliuretan. *Jurnal Matematika dan Sains*, 8:63-66.
- Sembiring, Z., Hastiawan, I., Zainuddin, A., dan Bahti, H. H. 2013. Sintesis Basa Schiff Karbazona Variasi Gugus Fungsi : Uji Kelarutan dan Analisis Struktur Spektroskopi Uv-VIS. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*.
- Sugathan, V., John, E., and Sudakhar, K. 2015. Recent Improvements in Dye Sensitized Solar Cell : A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54-64.
- Ummathur, M. 2009. Schiff Bases of 3-[2-(1,3-Benzothiazol-2-yl)hidrazinylidene] Pentane-2,4-Dione With Aliphatic Diamines and Their Metal Complexes. *J. Argent Chem*, 31-39.
- Xavier D. and Srividhya. 2014. Synthesis and Study of Schiff Base Ligand. *IOSR Journal of Applied Chemistry*. 7:2278-5736.
- Yu, Y., Y, H. X., Liu, F., and Zhao, G. L. 2009. Synthesis, Characterization, Crystal Structure and Antibacterial Activities of Transition Metal(II) Complexes of The Schiff Base 2-[(4-Methylphenylimino)Methyl]-6-Methoxyphenol. *Molecules*, 14:1747-1754.