

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA BASA SCHIFF
(1,5 DIFENILKARBAZONA DAN SULFANILAMIDA) SEBAGAI
ZAT WARNA PADA *DYE SENSITIZED SOLAR CELL* (DSSC)
MENGUNAKAN VARIASI *COUNTER* ELEKTRODA**

(Skripsi)

Oleh

Khumil Ajmila



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

ABSTRACT

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF SCHIFF BASE COMPOUNDS FROM 1,5 DIFENILKARBAZONE AND SULFANILAMIDE AS SENSITIZER ON DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC) WITH COUNTER ELECTRODE VARIATIONS

By

Khumil Ajmila

Synthesis of Schiff base compounds from 1,5 difenilkarbazone and sulfanilamide has been done with reflux condensation method. The results of Schiff bases were obtained yellow crystals with a yield of 76,22%. The synthesized Schiff base was characterized using UV-Vis Spectrophotometry to determine the wavelength, IR Spectrophotometry to determine functional groups, and TG/DTA to obtain thermal data. UV-Vis characterization showed Schiff base ligand has a maximum wavelength of 265 nm with transition $n \rightarrow \pi^*$ and undergoes bathochromic shift. The IR spectrum appear at wave number 1655 cm^{-1} indicates the presence of an azometina group ($-\text{C}=\text{N}-$). Thermal decomposition analysis is carried out using DTA-TGA in the temperature range of 30-600 °C. A mass loss stage of the Schiff base molecule was obtained of 89,70% in the temperature range of 200-400 °C and there were carbon residues of 10,30%. Based on UV-Vis, IR, and DTA-TGA data, the synthesized Schiff base has the ability to be used as sensitizer on Dye Sensitized Solar Cells (DSSC). DSSC fabrication using a sensitizer from the synthesized Schiff base was carried out using three variations of the counter electrode, which were the counter electrode with pencil graphite, candle flame soot, and a combination of pencil graphite and candle flame soot. Counter electrodes from candle soot produced the best photovoltaic performance with an efficiency of 0,059%, maximum voltage (V_{max}) of 58,50 mV, and maximum current strength (I_{max}) of 1,02 mA.

Key words: Schiff base, sensitizer, Dye Sensitized Solar Cell (DSSC), counter electrode.

ABSTRAK

SINTESIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA BASA SCHIFF DARI 1,5 DIFENILKARBAZONA DAN SULFANILAMIDA SEBAGAI ZAT WARNA PADA *DYE SENSITIZED SOLAR CELL* (DSSC) MENGGUNAKAN VARIASI *COUNTER* ELEKTRODA

Oleh

Khumil Ajmila

Telah dilakukan sintesis senyawa basa Schiff dari 1,5 difenilkarbazona dan sulfanilamida dengan metode kondensasi refluks. Hasil sintesis basa Schiff diperoleh kristal berwarna *orange* dengan rendemen sebesar 76,22%. Senyawa basa Schiff hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk menentukan serapan panjang gelombang, spektrofotometer IR untuk menentukan gugus fungsi, dan TG/DTA untuk memperoleh data termal. Basa Schiff hasil sintesis diaplikasikan sebagai *sensitizer* pada *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) menggunakan variasi elektroda pembanding. Karakterisasi UV-Vis menunjukkan ligan basa Schiff memiliki panjang gelombang maksimum 265 nm dengan transisi $n \rightarrow \pi^*$ dan mengalami pergeseran batokromik. Data spektrum IR basa Schiff muncul pada bilangan gelombang 1655 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus azometin ($-\text{C}=\text{N}-$). Analisis dekomposisi termal dilakukan menggunakan DTA-TGA dengan pemanasan pada rentang suhu 30-600 °C. Diperoleh satu tahap kehilangan massa dari molekul basa Schiff sebesar 89,70% pada rentang suhu 200-400 °C dan terdapat residu karbon sebesar 10,30%. Fabrikasi DSSC menggunakan *sensitizer* dari basa Schiff hasil sintesis dilakukan dengan menggunakan tiga variasi elektroda pembanding yaitu elektroda pembanding dengan grafit pensil, jelaga api lilin, serta kombinasi grafit pensil dan jelaga api lilin. Elektroda pembanding dari jelaga api lilin menghasilkan kinerja fotovoltaiik paling baik dengan efisiensi sebesar 0,059%, tegangan maksimum (V_{max}) 58,50 mV, dan kuat arus maksimum (I_{max}) 1,02 mA.

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

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA BASA SCHIFF
(1,5 DIFENILKARBAZONA DAN SULFANILAMIDA)
SEBAGAI ZAT WARNA PADA *DYE SENSITIZED SOLAR
CELL* (DSSC) MENGGUNAKAN VARIASI *COUNTER
ELEKTRODA***

Oleh

Khumil Ajmila

Skripsi

Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar
SARJANA SAINS

Pada

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



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

Judul Skripsi : **SINTESIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA
BASA SCHIFF (1,5 DIFENILKARBAZONA DAN
SULFANILAMIDA) SEBAGAI ZAT WARNA
PADA *DYE SENSITIZED SOLAR CELL* (DSSC)
MENGUNAKAN VARIASI *COUNTER
ELECTRODA***

Nama Mahasiswa : **Khumul Ajmila**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1417011062**

Jurusan : **Kimia**


Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



Pembimbing I

Pembimbing II


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


Dr. Suropto Dwi Yuwono, M.T.
NIP 19740705 2000003 1 001

2. Ketua Jurusan Kimia
FMIPA Universitas Lampung


Mulyono, Ph. D.
NIP 19740611 200003 1 002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

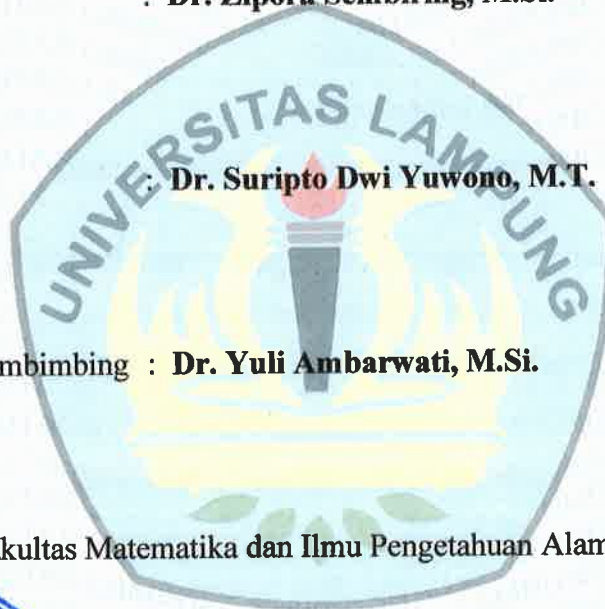
Ketua : **Dr. Zipora Sembiring, M.Si.**



Sekretaris : **Dr. Supto Dwi Yuwono, M.T.**



Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. Yuli Ambarwati, M.Si.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Supto Dwi Yuwono, M.T.

NIP. 19740705 200003 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **11 Mei 2020**

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Khumil Ajmila
NPM : 1417011062
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 (1,5 Difenilkarbazona dan Sulfanilamida) Sebagai Zat Warna Pada Dye Sensitized Sollar Cell (DSSC) Menggunakan Variasi Counter Elektroda”** adalah benar karya saya sendiri, baik gagasan, 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 dan terdapat kesepakatan sebelum dilakukan publikasi.

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

Bandar Lampung, Agustus 2021
Yang menyatakan



(Khumil Ajmila)
NPM. 1417011062

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Waringinsari Timur pada tanggal 12 Februari 1996, sebagai anak kedua dari tiga bersaudara yang merupakan putri dari pasangan Bapak Khamdi dan Ibu Roisatun.

Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di MI Al Khairiyah pada tahun 2008, Sekolah Menengah Pertama di MTs IBNU ZEIN Purwodadi pada tahun 2011, dan Sekolah Menengah Atas di SMA N 01 Sukoharjo pada tahun 2014. Pada tahun yang sama, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam kegiatan organisasi. Organisasi yang diikuti penulis yaitu Himpunan Mahasiswa Kimia sebagai Anggota bidang Kesekretariatan pada periode 2015/2016. Sebagai Anggota Biro Bina Baca Al Qur'an (BBQ) ROIS FMIPA Unilaperiode 2015/2016. Sekretaris Departemen Adkesma (Advokasi dan Kesejahteraan Mahasiswa) pada tahun 2016.

Dalam menyelesaikan studi, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Tulung Pasik, Kecamatan Mataram Baru, Lampung Timur. Penulis

melakukan PKL dan Penelitian di Laboratorium Anorganik jurusan Kimia
Universitas Lampung.

MOTTO

“... Jadikanlah sabar dan shalat sebagai penolongmu, Sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar”

(Q.S. Al-Baqarah : 153)

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”

(Q.S. Al-Insyirah : 8)

“Apapun yang menjadi takdirmu akan mencari jalannya untuk menemukanmu”

(Ali Bin Abu Thalib)

“Someone Can't Do Everithing, But Everyone Can Do Something”

(Anonim)

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

“Dengan mmenyebut nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang”

Atas Rahmat Allah SWT

**Ku persembahkan Karya sederhanaku ini
Teruntuk**

Kedua Orang Tuaku tercinta

yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, dukungan, motivasi dan semangat kepada adinda selama ini, semoga Allah SWT memberikan kesehatan dan perlindungan kepada Bapak dan Ibu

Saudara kandungku dan segenap keluarga besarku yang telah memberikan semangat, dukungan dan doa kepada penulis

Dr. Zipora Sembiring, M. Si. dan semua Dosen Jurusan Kimia FMIPA Unila yang telah membimbing penulis selama menempuh pendidikan

Sahabat-sahabat terbaikku serta Suami dan Anakku tersayang

**Almamater Tercinta
Universitas Lampung**

SANWACANA

Alhamdulillah rabbil'alamin, segala puji hanya milik Allah subhanahu wata'ala, Tuhan semesta alam. Sholawat dan salam semoga selalu tercurah kepada suri tauladan ummat yaitu Nabi Muhammad shallallahu'alaihi wassalam. Rasa syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanahu wata'ala yang telah memberikan kelancaran sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul

**“SINTESIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA BASA SCHIFF
(1,5 DIFENILKARBAZONA DAN SULFANILAMIDA) SEBAGAI ZAT
WARNA PADA *DYE SENSITIZED SOLLAR CELL* (DSSC)
MENGUNAKAN VARIASI *COUNTER ELEKTRODA*.”**

Teriring doa yang tulus, penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Kedua orang tuaku, Bapak Khamdi dan Ibu Roisatun yang tiada henti memberikan kasih sayang, do'a, perhatian, kepercayaan, serta senantiasa mendukung dalam keadaan apapun.
2. Ibu Dr. Zipora Sembiring, M.Si., selaku dosen pembimbing I yang senantiasa memberikan ilmu pengetahuan, bimbingan, gagasan, arahan, saran serta solusi terbaik kepada penulis dalam proses perencanaan, pelaksanaan, dan penyelesaian skripsi ini.

3. Bapak Dr. Suropto Dwi Yuwono, M.T., selaku dosen pembimbing II yang senantiasa memberikan bimbingan, gagasan, dan arahan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
4. Ibu Dr. Yuli Ambarwati, M.Si., selaku dosen pembahas atas ketersediaannya memberikan arahan, koreksi, serta saran demi kemajuan penulis.
5. Bapak Mulyono, P. hD., selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
6. Bapak Dr. Suropto Dwi Yuwono, M.T., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
7. Bapak/Ibu dosen Jurusan Kimia yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan, wawasan, motivasi, serta pengalaman yang menginspirasi.
8. Bapak dan Ibu staf administrasi jurusan Kimia FMIPA Unila.
9. Kakakku tersayang Heni Khusniatul Ulfa dan Kakak Iparku Hamdai yang selalu memberikan semangat, dukungan dan doa kepada penulis.
10. Adikku tersayang Bima Syarwana yang selalu memberikan hiburan dan keceriaan kepada penulis.
11. Kakek dan Nenekku yang tidak henti-hentinya memberikan dukungan dan doa kepada penulis.
12. Suamiku M. Fuaidi Abdillah dan Anakku Syafiq Miqdad Addausy yang menjadi semangat dan motivasi kepada penulis.
13. Sahabatku terkasih, Annisa Syafitri, Bunga Lantri Dwinta, Diva Amila, Fitrotin Mubaroroh, Hidayatul Mufidah, Liana Hariyanti, Ni Putu Rahma Agustina, Nur Laelatul Khotimah, Riza Mufarida Akhsin, Rizky Fijaryani,

Siti Fatimah, Widia Sari yang selalu memberikan dukungan, motivasi, doa dan hiburan bagi penulis.

14. Partner *Basa Schiff research* diantaranya Anniza, Hotasi, Novi Indarwati, Putri Sendi Khairunnisa. Atas motivasi, bantuan dan kerjasamanya.
15. Rekan-rekan kerja di Laboratorium Kimia Anorganik atas dukungan, semangat dan kerjasamanya.
16. Sahabat-sahabat Kimia Angkatan 2014 yang saling memberikan dukungan, semangat.
17. Pengurus Rois FMIPA Unila periode 2014/2015 dan 2015/2016, *Jazzakumullah khairan katsiran* untuk kebersamaannya dan menularkan semangat totalitas kepada penulis.
18. Keluarga besar HIMAKI, Terimakasih untuk pengalaman dan kerbersamaan yang telah diberikan kepada penulis.
19. Teman-teman KKN Desa Tulung Pasik.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tak luput dari kekeliruan dan jauh dari kata sempurna, namun penulis berharap tulisan ini dapat bermanfaat dan berguna bagi pembaca dan masyarakat. Semoga seluruh perhatian, bimbingan, kebaikan dan keikhlasan yang diberikan dibalas oleh Allah SWT dengan pahala berlipat ganda. Terimakasih.

Bandar Lampung, Agustus 2021

Penulis

Khumil Ajmila

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan Penelitian	4
C. Manfaat Penelitian	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Ligan	6
B. Ligan Basa Schiff.....	6
C. Struktur 1,5 Difenilkarbazona.....	10
D. Sulfanilamida	10
E. <i>Dye Sensitized Solar Cell</i> (DSSC)	12
1. Komponen-komponen DSSC	12
2. Material Semikonduktor Oksida	12
3. <i>Dye</i>	15
4. Elektrolit	15
5. Counter Electrode	17
6. Cara Kerja DSSC.....	17
F. Analisis Ligan Basa Schiff	19
1. Spektrofotometer UV Vis	19
2. Spektrofotometer IR	21
3. <i>Differential Thermal Analysis/Thermogravimetric Analysis</i> (DTA/TGA)	23
III. METODOLOGI PENELITIAN	
A. Waktu dan Tempat.....	25
B. Alat dan Bahan.....	25
C. Metode Penelitian	26
1. Pembuatan Ligan Basa Schiff (1,5-Difenilkarbazona-Sulfanilamida).....	26

2.	Karakterisasi Senyawa Ligan Basa Schiff.....	26
2.1	Penentuan Panjang Gelombang Ligan Basa Schiff Menggunakan Spektrofotometer UV Vis.....	26
2.2	Penentuan Gugus Fungsi Ligan Basa Schiff Menggunakan Spektrofotometer Infra Merah (IR)	27
2.3	Penentuan Sifat Termal Ligan Basa Schiff Menggunakan Differential Thermal Analysis-Thermografimeter Analysis	27
3.	Preparasi Dye Sensitized Solar Cell	27
3.1	Pembuatan Pasta TiO ₂	27
3.2	Preparasi Elektrolit	28
3.3	Pembuatan Elektroda Pembanding.....	28
3.4	Pelapisan Elektroda Kerja	28
3.5	Pengukuran Arus dan Tegangan pada DSSC	29
D.	Diagram Alir	30
1.	Sintesis Ligan Basa Schiff	30
2.	Fabrikasi DSSC.....	31
4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	
A.	Ligan Basa Schiff.....	32
B.	Karakterisasi Ligan Basa Schiff.....	34
1.	Spektrofotometri UV-Vis.....	35
2.	Spektrofotometri Infra Merah	38
3.	Analisis Dekomposisi Termal Menggunakan DTA-TGA	40
C.	Aplikasi Ligan Basa Schiff pada DSSC.....	43
5.	SIMPULAN DAN SARAN	47
	DAFTAR PUSTAKA	49
	LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Panjang Gelombang Ligan Basa Schiff	35
Tabel 2. Data spektrum infra merah (cm^{-2}) Ligan Basa Schiff	38
Tabel 3. Data TGA pengurangan berat senyawa ligan basa Schiff.....	41
Tabel 4. Hasil Pengukuran DSSC	44

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Struktur umum basa Schiff	7
Gambar 2. Rumus struktur 1,5-difenilkarbazona	10
Gambar 3. Struktur sulfanilamida	11
Gambar 4. Komponen dan struktur DSSC	12
Gambar 5. Pita-pita Energi Sebuah Semikonduktor.....	13
Gambar 6. Skema kerja DSSC	17
Gambar 7. Spektrum elektromagnetik.....	20
Gambar 8. Reaksi pembentukan ligan basa Schiff	33
Gambar 9. Kristal ligan basa Schiff	34
Gambar 10. Spektrum panjang gelombang ligan basa Schiff	37
Gambar 11. Spektrum serapan inframerah ligan basa Schiff.....	38
Gambar 12. Kurva DTA-TG Senyawa Ligan Basa Schiff	41
Gambar 13. Struktur Basa Schiff 1,5 Difenilkarbazona-Sulfanilamida.....	43

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Basa Schiff telah dikenal sejak 1864 ketika Ahli kimia dari Jerman Hugo Schiff melaporkan kondensasi amina primer dengan senyawa karbonil. Struktur umum dari senyawa ini adalah kelompok azometin dengan rumus umum $RHC=N-R_1$, dimana R dan R_1 adalah alkil, aril, siklo alkil atau kelompok heterosiklik. Basa Schiff menjadi salah satu hal yang menarik perhatian para ahli kimia karena kemudahan sintesis dan pembuatan kompleksnya.

Ligan basa Schiff dapat disintesis melalui kondensasi amina primer dengan senyawa karbonil. Secara konvensional, basa Schiff dapat disintesis dengan melakukan refluks terhadap amina primer dan aldehid atau keton dalam suatu pelarut organik dalam suasana asam atau basa. Vaghasiya dkk (2004) melakukan sintesis basa Schiff dari vanillina dan *p*-anisidin dengan metode refluks dalam pelarut etanol dan memakai katalis asam asetat, hasilnya diperoleh rendemen sebesar 67%. Kemudian Ibrahim dkk (2011) melakukan sintesis basa Schiff dari asam antranilat dan *p*-nitrobenzaldehyd dalam pelarut etanol dengan hasil rendemen 62%. Selanjutnya Ashraf dkk (2011) melakukan sintesis basa Schiff dari 4-aminofenol dan vanilina dengan metode refluks dalam pelarut etanol dengan hasil rendemen 57%. Dalam penelitian ini ligan basa Schiff disintesis dari 1,5 defenilkarbazona dan amina primer dengan tipe $ArNH_2$ yaitu

sulfanilamida yang merupakan turunan dari anilina dengan sulfonamida dengan metode refluks dalam pelarut etanol.

Menurut banyak penelitian, basa Schiff memiliki banyak manfaat dalam berbagai bidang, dalam bidang koordinasi basa Schiff sangat dikenal dalam pembentukan senyawa kompleks dengan berbagai macam logam golongan transisi dan memiliki aplikasi dalam berbagai bidang, seperti bidang pertanian, kimia farmasi, dan kimia industri. Selain itu, basa Schiff juga merupakan salah satu golongan senyawa aktif yang memiliki aktivitas biologi sebagai antituberkular, antikanker, inhibitor pertumbuhan tanaman, insektisida, CNS depresan dan antibakteri (Murhekar dan Khadsan, 2011). Menurut Ibrahim dan Sharif (2007), basa Schiff memiliki kegunaan sebagai indikator pH. Polimer basa Schiff dilaporkan menunjukkan sifat mekanikal, termal, elektrik dan dielektrik yang superior (Rahim dkk., 2013). Selain dibidang koordinasi dan kesehatan, senyawa basa Schiff juga memiliki aplikasi dibidang fotovoltaiik yaitu pada *dye sensitizer solar cell* (DSSC). Dalam perangkat fotovoltaiik DSSC senyawa basa Schiff digunakan sebagai *dye sensitizer* yang dapat menghasilkan efisiensi mencapai 4% (Hindson et al., 2010; Iwan et al., 2012).

Dye Sensitizer Solar Cell (DSSC) pada dasarnya adalah sebuah sel yang meniru proses fotosintesis pada tanaman, tetapi pada DSSC konversi energi cahaya tampak ke energi listrik lebih kompleks (Galindo dkk., 2014). *Dye Sensitizer Solar Cell* (DSSC) terdiri dari lima komponen. Komponen penyusunnya yaitu elektroda kerja, semikonduktor, *dye sensitizer* atau pewarna, elektrolit, dan elektroda pembanding (Yum dkk., 2010).

Pada umumnya semikonduktor yang digunakan yaitu TiO_2 karena memiliki *band gap* yang lebar maka elektron yang mengalir dari pita konduksi ke pita valensi akan semakin banyak sehingga membuat ruang reaksi fotokatalis dan absorpsi oleh pewarna menjadi lebih banyak dan spektrum menjadi lebih lebar (Kalyanasundaram, 2010). Selain TiO_2 ada juga yang menggunakan Ruthenium bipyridil (Ru-2,2' bipyridil) seperti pada penelitian Gratzel, dan ada pula yang menggunakan ZnO sebagai alternatif lain. Sedangkan elektroda pembanding yang biasa dipakai yaitu elektroda Pt. Akan tetapi karena Pt sangat mahal dipasaran diperlukan alternatif lain pengganti Pt yang lebih murah yaitu karbon yang berbasis nano material. Karbon berpotensi menggantikan Pt dikarenakan material ini mempunyai konduktivitas listrik yang baik dan luas permukaan yang tinggi. *Dye Sensitizer Solar Cell* (DSSC) berisi pula elektrolit. Elektrolit yang dipakai yaitu I^-/I_3^- . Zat warna yang digunakan dapat berupa zat warna anorganik maupun zat warna organik (alami dan sintesis). Efisiensi DSSC bergantung dari setiap unit komponen-komponen penyusunnya (Sughatan dkk., 2015). Efisiensi yang lebih tinggi dapat diperoleh dengan menggunakan pewarna sintetis. Alasan digunakannya pewarna sintetis yaitu efisiensi konversi sel surya secara kimia dan termal lebih stabil, warnanya susah terdegradasi, serta memiliki pergerakan elektron lebih tinggi (Li dkk., 2013).

Basa Schiff sebagai pewarna sintetis pada DSSC memiliki karakteristik yaitu ikatan terkonjugasi, ikatan terkonjugasi ini yang membuat senyawa basa Schiff dapat digunakan sebagai semikonduktor baru karena sifatnya yang memiliki stabilitas, elektroaktifitas dan konduktivitas listrik yang baik. Adanya ikatan

terkonjugasi dalam basa Schiff menyebabkan elektron terdelokalisasi di sepanjang rantai polimer dan memiliki mobilitas muatan yang tinggi. Oleh karena itu, menjadikan basa Schiff sebagai semikonduktor akan meningkatkan efisiensi pada perangkat DSSC. Pewarna organik sintesis memiliki beberapa kelebihan diantaranya biaya lebih efektif, sumber daya tidak terbatas dan mudah untuk didaur ulang (Chen *et al.*, 2007).

Berdasarkan uraian di atas, maka dalam penelitian ini dilakukan sintesis dan karakterisasi senyawa basa Schiff dari 1,5 difenilkarbazona dan sulfanilamida sebagai *sensitizer* pada *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) menggunakan variasi elektroda.

B. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini, yaitu sebagai berikut :

1. Mendapatkan senyawa basa Schiff hasil dari sintesis 1,5–difenil karbazona dengan sulfanilamida menggunakan metode kondensasi.
2. Mendapatkan struktur dan rumus molekul senyawa basa Schiff hasil sintesis.
3. Mengaplikasikan ligan basa Schiff sebagai zat warna pada *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC).

C. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu senyawa ligan basa Schiff 1,5 difenilkarbazona dan sulfanilamida dapat digunakan sebagai komponen pewarna atau *sensitizer* pada *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) yang nantinya mampu mengkonversi cahaya matahari menjadi energi listrik sebagai sumber energi alternatif.

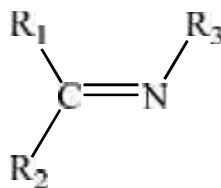
II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Ligan

Ligan adalah suatu anion atau molekul netral yang dapat berfungsi sebagai donor pasangan elektron bagi atom pusat sehingga disebut sebagai basa Lewis sedangkan logam transisi memiliki orbital d yang belum terisi penuh yang bersifat asam lewis yang dapat menerima pasangan elektron bebas yang bersifat basa lewis (Chang, 2004). Kuat lemahnya suatu ligan berpengaruh terhadap sifat senyawa kompleks yang terbentuk. Ligan pada senyawa kompleks dikelompokkan berdasarkan jumlah elektron yang dapat disumbangkan pada atom pusat. Ligan yang hanya menyumbangkan satu donor kepada atom pusat disebut ligan monodentat. Ligan polidentat (bidentat, tridentat, dan sebagainya) adalah suatu ligan dari dua atau lebih donor atom yang dapat mengikat atom pusat (Effendy, 2007).

B. Ligan Basa Schiff

Pertama sekali basa Schiff ditemukan oleh Hugo Schiff pada tahun 1864, bentuk struktur dari senyawa ini adalah kelompok azometina dengan formula umum $RHC = NR'$, dimana R dan R' adalah alkil, aril, siklo atau kelompok heterosiklik yang dapat diganti. Senyawa ini juga dikenal sebagai anils, imines atau azomethines. Rumus umum dari basa Schiff adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Struktur umum basa Schiff.

Basa Schiff memiliki rumus umum $R^1R^2C=NR^3$ dimana R adalah gugus aril atau alkil rantai samping. Dalam definisi ini basa Schiff identik dengan azometina. Jika gugus azometina dimana atom hidrogen pada posisi imina sekunder dengan rumus umum $RCH = NR'$, maka rantai pada nitrogen akan membuat basa Schiff imina menjadi stabil. Basa Schiff yang berasal dari anilin, dimana R^3 adalah fenil atau yang disebut anil (Dawood *et al.*, 2009).

Ligan basa Schiff mudah didapat dari kondensasi antara aldehida dan imina. Pusat stereogenik atau unsur kiral lainnya dapat digunakan dalam merancang sintesis. Ligan basa Schiff dapat berkoordinasi dengan banyak logam berbeda untuk menstabilkannya pada bentuk teroksidasi (Osman, 2006).

Terdapat reaksi kondensasi yang dikatalisis asam dengan kondisi refluks salah satunya antara amina dengan aldehid atau keton. Bagian pertama reaksi ini adalah serangan nukleofilik atom nitrogen dari amina terhadap karbon karbonil, normalnya menghasilkan senyawa antara karbonilamin yang tidak stabil. Reaksi dapat berbalik menjadi bahan awal, atau saat gugus hidroksil dieliminasi dan terbentuk gugus $C=N$, produknya disebut imina. Banyak faktor yang mempengaruhi reaksi kondensasi, sebagai contoh pH larutan disesuaikan pengaruh sterik dan elektron dari senyawa karbonil dan imina. Dalam larutan asam, amina terprotonasi, sehingga tidak dapat berfungsi sebagai nukleofil dan

reaksi tidak dapat terjadi. Lebih lanjut, pada kondisi reaksi yang sangat mendasar, reaksi dihalangi cukup proton sehingga tidak dapat mengkatalisis gugus hidroksil karbonilamin yang dieliminasi. Umumnya, aldehid bereaksi lebih cepat dibandingkan keton pada reaksi basa Schiff sebab pusat reaksi aldehid kurang sterik dibandingkan dengan keton. Selain itu, kelebihan karbon menyebabkan densitas elektron bertambah sehingga keton menjadi kurang elektrofilik dibandingkan aldehid (Raeisaenen, 1995).

Berbagai jenis ligan basa Schiff telah disintesis dari turunan keton/aldehid dengan amina primer, salah satunya adalah ligan basa Schiff turunan karbazona. Ligan basa Schiff karbazona sangat menarik untuk dikaji karena struktur dan aplikasi dari ligan basa Schiff memiliki berbagai keistimewaan antara lain :

1. Ligan basa Schiff $RCH=NR$, dimana atom C terikat pada atom H gugus azometin, maka rantai N yang terdapat pada gugus akan membuat basa Schiff imina menjadi stabil (Mirkhani, 2008)
2. Ligan basa Schiff dapat memiliki donor elektron N, N, O atau N, O, X atau N, N, X tergantung awal ligan dipersiapkan (Pouralimadana *et al.*, 2007).
3. Basa Schiff asimetris dapat mengikat satu, dua atau lebih ion logam pusat yang melibatkan berbagai model koordinasi dan memungkinkan sintesis berhasil menjadi homo dan heteronuklir logam kompleks dengan stereokimia menarik. Gugus R nitrogen imin dapat menyebabkan efek geometri pada kompleks basa Schiff jenis ON (Tai *et al.*, 2003).
4. Ligan basa Schiff dapat membentuk senyawa kompleks khelat baik bidentat, tridentat, maupun tetradentat karena ikatan pendek N-N seperti pada konformasi molekul benzhidrazona dimana atom-atom N yang dimiliki

benzhydrazona bertindak sebagai ligan kelat tridentat atau tetradentat membuat senyawa kompleks makin stabil.

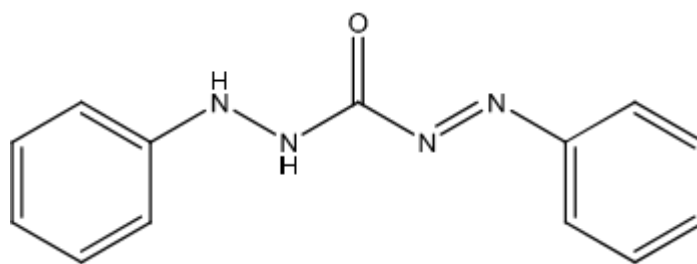
Ligan basa Schiff memiliki kesamaan dalam atom donor dan dapat diprediksi bahwa jenis kompleks basa Schiff hidrazona dapat bertindak sebagai ligan multidentat dengan logam (biasanya dari kelompok transisi). Berbagai penelitian juga menunjukkan bahwa gugus azometin memiliki pasangan e^- bebas pada hibridisasi orbital π atau sp^2 pada trigonal nitrogen yang cukup penting (Liu *et al.*, 2006).

Biasanya basa Schiff berbentuk kristal padat, yang pada dasarnya lemah tetapi beberapa diantaranya membentuk garam tak larut dalam asam kuat. Basa Schiff sering digunakan sebagai ligan dalam bidang senyawa koordinasi, salah satu alasannya yaitu ikatan hidrogen intramolekuler antara atom (O) dan (N) yang berperan penting dalam pembentukan kompleks, dan transfer proton dari atom hidroksil (O) ke imina (N) (Elerman, 2002).

Ligan basa Schiff memiliki keistimewaan di bidang kimia terutama dalam kompleks basa Schiff karena ligan basa Schiff berpotensi untuk membentuk kompleks yang stabil dengan ion-ion logam. Ligan basa Schiff mudah didapat dari kondensasi antara aldehid dan imina. Pusat stereogenik atau unsur kiral lainnya dapat digunakan dalam merancang sintesis. Ligan basa Schiff dapat berkoordinasi dengan banyak logam berbeda untuk menstabilkannya pada bentuk teroksidasi (Osman, 2006).

C. Struktur 1,5-Difenilkarbazona

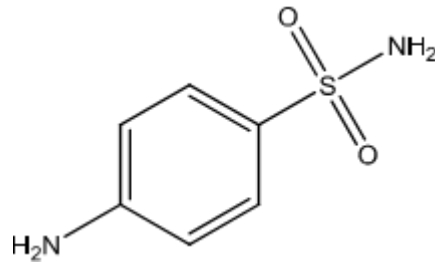
1,5-difenilkarbazona merupakan senyawa berupa bubuk berwarna merah kekuning-kuningan yang memiliki rumus molekul $C_{13}H_{12}N_4O$, berat molekul 240,27 g/mol dan tidak larut dalam air. Dalam salah satu metode analisis spektrometri serapan atom, 1,5-difenilkarbazona digunakan sebagai salah satu agen pengkhelat organik untuk menentukan kadar tembaga (Cu) dalam jumlah yang kecil (Dadfarnia *et al.*, 2002). 1,5 difenilkarbazona merupakan senyawa yang memiliki gugus karbonil yang dapat diserang dengan nukleofil nitrogen, berupa senyawa amina primer dengan tipe RNH ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Rumus struktur 1,5-difenilkarbazona.

D. Sulfanilamida

Sulfanilamida ($C_6H_8N_2O_2S$) merupakan senyawa organik yang terbentuk dari turunan anilin dengan kelompok sulfonamida yang memiliki massa molar 172.20 g/mol. Sulfanilamida memiliki gugus amina primer yang dapat membentuk imina dengan aldehida atau keton. Gambar 3. menunjukkan struktur dari sulfanilamida.



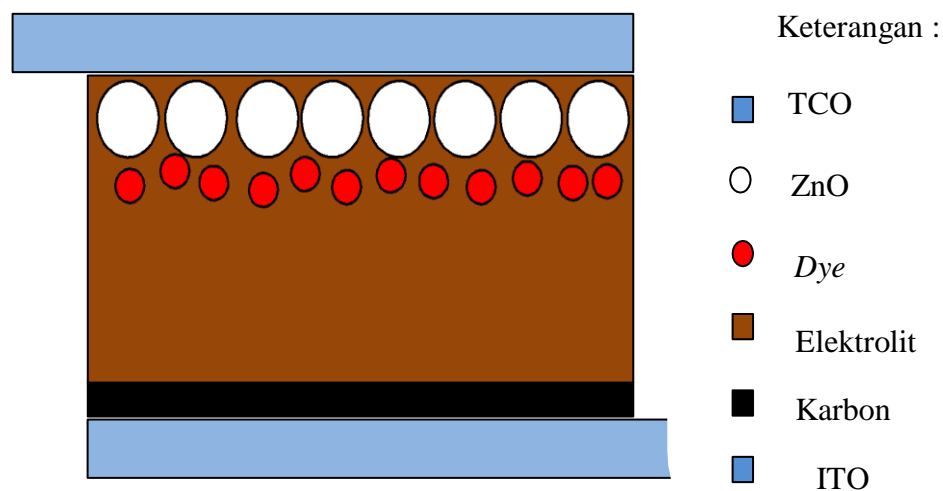
Gambar 3. Struktur sulfanilamida (Borba *et al.*, 2013)

Menurut Salehi *et al.*, (2016), sistem yang mengandung kedua kelompok azometin dan sulfanilamida menunjukkan aktivitas biologis seperti antimalaria, antibakteri, antijamur (Subudhi *and* Ghoshynthesis, 2012) dan antimikroba (Singh *et al.*, 2010). Kimia koordinasi dari senyawa kompleks imina sulfonamida memiliki sifat yang menarik misalnya mencegah pembentukan asam dihidrofolik, suatu senyawa yang disintesis oleh bakteri untuk kelangsungan hidup bakteri (Subashini *et al.*, 2009).

E. *Dye Sensitized Selular Cell (DSSC)*

1. Komponen-Komponen DSSC

Diilustrasikan pada Gambar 4. Material penyusun *dye Sensitized Solar cell* (DSSC) berbentuk struktur *sandwich*.

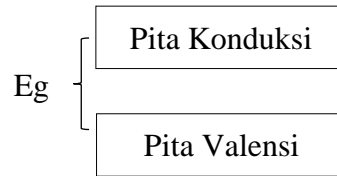


Gambar 4. Komponen dan struktur DSSC (Fatayati, 2014).

2. Material Semikonduktor Oksida

Semikonduktor ialah zat padat kristalin, seperti silikon atau germanium, namun luangan energinya tidak terlalu besar, biasanya berkisar dari 0,5 sampai 3,0 eV . Dalam semikonduktor, luangan energinya (energy gap) relatif kecil, sehingga eksitasi termal dari elektron melalui sela ini dapat terjadi sampai tingkat tertentu pada temperatur kamar. Eksitasi termal dari elektron akan menaruh beberapa elektron ke dalam pita yang hampir kosong yang disebut pita konduksi (*conduction band*) dan akan meninggalkan keadaan kosong atau lubang (holes) yang sama banyaknya di dalam pita valensi (*valence band*) (Novianti et al., 2016).

Gambaran dari pita-pita energi untuk sebuah semikonduktor ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5 . Pita-pita Energi Sebuah Semikonduktor.

Beberapa semikonduktor oksida yang mempunyai celah energi (E_g) pada daerah cahaya tampak adalah TiO_2 , WO_2 , $SrTiO_3$, ZnO , dan Fe_2O_3 . Diantara semikonduktor tersebut, TiO_2 telah terbukti penggunaannya untuk DSSC dan aman untuk lingkungan.

Titania merupakan semikonduktor fotokatalis yang bisa dimanfaatkan untuk remediasi lingkungan, bersifat fotoaktif, bisa digunakan dalam cahaya tampak, bersifat inert, murah, non toksik, mudah diproduksi dan digunakan. Titania mempunyai ketahanan yang bagus terhadap korosi atmosfer, baik di lingkungan laut maupun di kawasan industri dan terhadap korosi erosi di air tawar, sehingga titania digunakan pada bidang industri kecantikan (Kenneth, et al., 1991).

Semikonduktor adalah inti dari system *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC). Perwujudan *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) dibuat dengan semikonduktor oksida berenergi celah pita yang lebar yang kontak dengan elektrolit redoks (Gregg, 2003). Semikonduktor ini adalah tempat melekatnya selapis pewarna yang akan tereksitasi saat dikenai cahaya. Selain menjadi tempat perlekatan

bahan pewarna, pita konduksi dari semikonduktor ini juga menjadi tempat pelarian dari elektron yang tereksitasi dari bahan pewarna.

TiO₂ dan ZnO adalah semikonduktor yang paling banyak digunakan karena efisiensinya lebih tinggi dari yang lain. TiO₂ merupakan bahan semikonduktor yang bersifat inert, stabil terhadap fotokorosi dan korosi oleh bahan kimia. Film TiO₂ memiliki band gap yang tinggi (>3eV) dan memiliki transmisi optik yang baik. Lebar pita energinya yang besar (>3eV), dibutuhkan dalam DSSC untuk transparansi semikonduktor pada sebagian besar spektrum cahaya matahari. TiO₂ yang digunakan pada DSSC umumnya berfasa anatase karena mempunyai kemampuan fotoaktif yang tinggi. TiO₂ dengan struktur nanopori yaitu ukuran pori dalam skala nano akan menaikkan kinerja sistem karena struktur nanopori mempunyai karakteristik luas permukaan yang tinggi sehingga akan menaikkan jumlah *dye* yang teradsorpsi yang implikasinya akan menaikkan jumlah cahaya yang terabsorpsi.

Material Seng Oksida sebagai semikonduktor memiliki celah pita energi yang lebar yaitu antara 3,3-3,4 eV. Besaran celah pita energi ini hampir mirip dengan yang dimiliki oleh anatase (TiO₂) yang nilainya 3,2 eV. Posisi tepian pita konduksi kedua material pun hampir sama. Dengan demikian, diperkirakan bahwa ZnO, selain beberapa material oksida logam lain yang juga serupa, memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi semikonduktor pada *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) (Rahman, 2011).

3. *Dye*

Penggunaan *dye* dapat meningkatkan kinerja pada DSSC yang sesuai dengan pita energi ZnO. ZnO hanya menyerap pada daerah UV (350 – 380 nm). Untuk meningkatkan serapan spektra ZnO di daerah cahaya tampak, dibutuhkan *dye* sebagai absorpsi cahaya (Purwanto, 2013). *Dye* yang digunakan sebagai *sensitizer* pada DSSC dapat berupa *dye* sintesis maupun *dye* alami.

Sinar matahari menghasilkan 5% spectra di daerah ultraviolet dan 45% di daerah cahaya tampak. TiO₂ hanya menyerap sinar ultraviolet (350-380 nm). Untuk meningkatkan serapan spektra TiO₂ di daerah cahaya tampak, dibutuhkan lapisan zat warna/*sensitizer* yang akan menyerap cahaya tampak pada TiO₂. *Sensitizer* yang digunakan dalam sel surya bisa berupa zat warna anorganik maupun zat warna organik. *Sensitizer* tersebut efektif jika terjadi ikatan atau pembentukan kelat dengan TiO₂ (Semestad dan Gratzel, 1998).

4. Elektrolit

Elektrolit yang biasa digunakan berwujud cair dan memiliki sifat seperti stabilitas tinggi dalam kaitannya dengan evaporasi, kebocoran, kemudahan cairan terbakar, dekomposisi dari pewarna, dan lain-lain (Sugathan dkk, 2015). Elektrolit yang biasa digunakan yaitu I⁻/I₃⁻. Elektron redoks berupa larutan iodin I⁻/I₃⁻ (*Dyesol* HSE) yang bertindak sebagai mediator elektron sehingga dapat menghasilkan proses siklus dalam sel. Akan tetapi elektrolit cair memiliki kelemahan yaitu bersifat lebih mudah menguap dengan titik didih 85°C, hal itu merupakan

temperatur yang dapat dicapai sel surya pada kondisi terkena sinar radiasi sinar matahari secara penuh (Hastuti dan Ningsih, 2013).

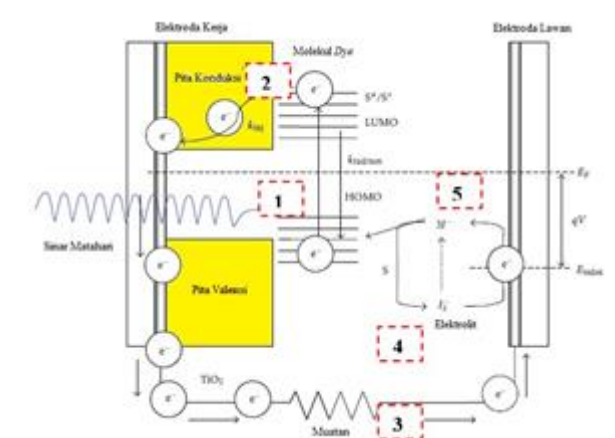
Fungsi elektrolit dalam DSSC adalah untuk menggantikan kehilangan elektron pada pita HOMO dari *dye* akibat eksitasi elektron dari pita HOMO ke pita LUMO karena penyerapan cahaya tampak oleh *dye*. Elektrolit juga dapat menerima elektron pada sisi *counter* elektroda. Pada umumnya pembuatan sel DSSC menggunakan pasangan elektrolit I^- dan I_3^- sebagai elektrolit, karena sifatnya yang stabil dan mempunyai *reversibility* yang baik. Pada umumnya, elektrolit ini menggunakan pelarut asetonitril dalam pembuatannya. Penggunaan acetonitrile dapat memunculkan beberapa masalah diantaranya pelarut mengalami evaporasi dan bisa terbakar, sehubungan dengan masalah tersebut terdapat cara untuk mengatasinya yaitu mengganti larutan elektrolit dengan solid atau *quasi-solid state electrolyte* (Kang, *et al.*, 2006). 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 diameter pori skala nano dan dapat menjaga kestabilan kerja. PEG termasuk dalam golongan alkohol dengan dua buah gugus $-OH$ yang berulang dan termasuk bahan yang dapat larut dalam air. PEG bisa berbentuk padatan maupun cairan kental (gel), tergantung pada komposisi berat molekulnya.

5. Counter Elektroda

Counter elektroda digunakan sebagai katalis dalam DSSC. Penggunaan katalis yang umum digunakan yaitu platina dan karbon. Penggunaan masing-masing jenis elektroda mempunyai kelebihan masing-masing. Pada penelitian ini elektroda yang digunakan yaitu karbon. Karbon mempunyai luas permukaan yang relative lebih kuat dibandingkan dengan platina.

Dalam aplikasi DSSC pada counter elektroda diberi katalis. Kay dan Gratzel (1996) mengembangkan desain DSSC dengan menggunakan counter elektroda karbon sebagai lapisan katalis. Katalis dibutuhkan untuk mempercepat kinetika reaksi proses reduksi tri iodida pada FTO. Karena luas permukaannya yang tinggi, counter-elektroda karbon mempunyai keaktifan reduksi triiodide yang menyerupai elektroda platina. Umumnya material yang sering digunakan yaitu platina. Platina mempunyai kemampuan sifat katalitik yang tinggi, namun harganya mahal (Hastuti & Ningsih, 2013).

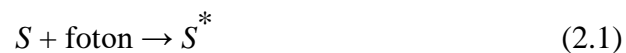
6. Cara Kerja DSSC



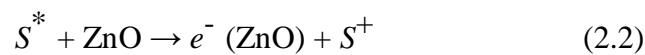
Gambar 6. Skema kerja DSSC (Sokolsky dkk., 2010).

Pada Gambar 6. menunjukkan skema kerja DSSC dan proses yang terjadi dalam DSSC dijelaskan sebagai berikut:

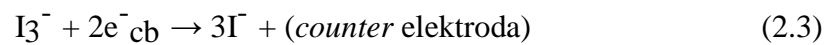
1. Saat *dye* menyerap foton, maka *dye* akan tereksitasi dari level HOMO ke level LUMO, sehingga elektron dari *dye* mendapatkan energi untuk tereksitasi (S^*).



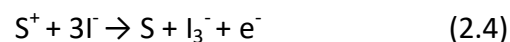
2. Elektron yang tereksitasi akan diinjeksikan pada pita konduksi ZnO. ZnO bertindak sebagai akseptor/kolektor elektron. Molekul *dye* yang ditinggalkan kemudian dalam keadaan teroksidasi (S^+).



3. Elektron kemudian akan diteruskan ke elektroda pembanding.
4. Elektrolit bertindak sebagai mediator elektron sehingga menghasilkan proses siklus dalam sel. Elektrolit yang terbentuk akan menangkap elektron yang berasal dari rangkaian luar dengan bantuan molekul karbon sebagai katalis (Kumara & Sukma, 2012).



5. Dengan adanya donor elektron oleh elektrolit (I^-) maka molekul *dye* akan kembali pada keadaan awal dan mencegah penangkapan kembali elektron oleh *dye* yang teroksidasi.

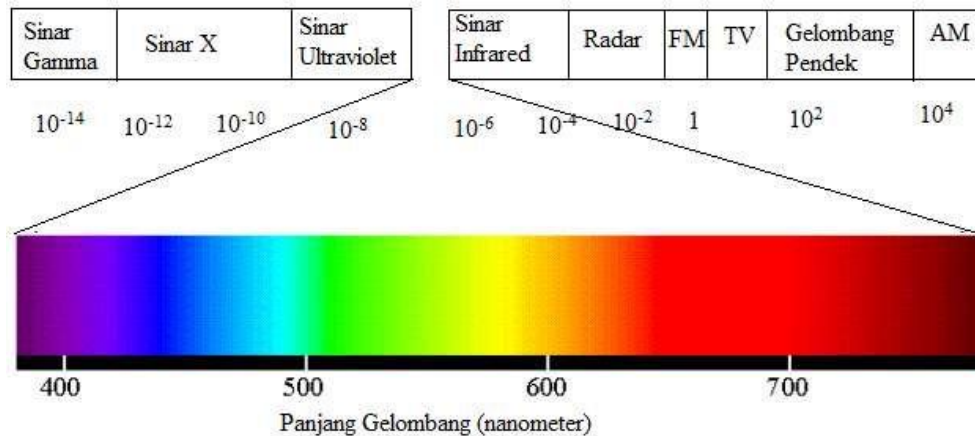


Berdasarkan proses DSSC diatas maka akan terbentuk suatu siklus transport elektron yang menghasilkan konversi cahaya menjadi listrik.

F. Analisis Ligan Basa Schiff

1. Spektrofotometer UV-Vis

Pada spektrofotometer UV-Vis senyawa yang dianalisis akan mengalami transisi elektronik sebagai akibat penyerapan radiasi sinar UV dan sinar tampak oleh senyawa yang dianalisis. Transisi tersebut pada umumnya antara orbital ikatan atau pasangan elektron bebas dan orbital anti ikatan. Panjang gelombang serapan merupakan ukuran perbedaan tingkat-tingkat energy dari orbital-orbital. Agar elektron dalam ikatan sigma tereksitasi maka diperlukan energi paling tinggi dan akan memberikan serapan pada 120-2—nm ($1 \text{ nm} = 10^{-7} \text{ cm} = 10 \text{ \AA}$). Daerah ini dikenal sebagai daerah ultraviolet hampa karena pada pengukuran tidak boleh ada udara, sehingga sukar dilakukan dan relatif tidak banyak memberikan keterangan untuk penentuan struktur. Di atas 200 nm merupakan daerah eksitasi elektron dari orbital p, d, dan orbital p terutama sistem p terkonjugasi mudah pengukurannya dan spektrumnya memberikan banyak keterangan.



Gambar 7. Spektrum elektromagnetik.

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). Sebagian besar molekul, orbital molekul terisi pada tingkat energi terendah adalah orbital σ yang berhubungan dengan ikatan σ sedangkan orbital π berada pada tingkat energi lebih tinggi. Orbital non ikatan (n) yang mengandung elektron-elektron yang belum berpasangan berada pada tingkat energi yang lebih tinggi lagi, sedangkan orbital-orbital anti ikatan yang kosong yaitu σ^* dan π^* menempati tingkat energi yang tertinggi (Pavia *et al.*, 2001).

Kegunaan spektrofotometer UV-Vis ini terletak pada kemampuannya mengukur jumlah ikatan rangkap atau konjugasi aromatik di dalam suatu molekul.

Spektrofotometer ini dapat secara umum membedakan diena terkonjugasi dari diena tak terkonjugasi, diena terkonjugasi dari triena dan sebagainya. Letak

serapan dapat dipengaruhi oleh substituen dan terutama yang berhubungan dengan substituen yang menimbulkan pergeseran dalam diena terkonjugasi dari senyawa karbonil (Sudjadi, 1983).

2. Spektrofotometer IR

Spektrofotometer adalah instrumen yang digunakan untuk mengetahui adanya suatu gugus fungsi dengan mengukur resapan radiasi inframerah pada berbagai panjang gelombang. Dalam spektroskopi tersebut, frekuensi dinyatakan dalam bilangan gelombang (*wavenumber*) (Fessenden dan Fessenden, 1986). Spektra IR memberikan absorpsi yang bersifat aditif atau bias juga sebaliknya. Sifat aditif yang disebabkan karena *overtone* dari vibrasi-vibrasinya. Penurunan absorpsi disebabkan karena kesimetrisan molekul, sensitivitas alat, aturan seleksi. Aturan seleksi yang mempengaruhi intensitas serapan IR ialah perubahan momen dipol selama vibrasi yang dapat menyebabkan molekul menyerap radiasi IR. Dengan demikian, jenis ikatan yang berlainan (C-H, C-C, atau O-H) menyerap radiasi IR pada panjang gelombang yang berlainan. Suatu ikatan dalam molekul dapat mengalami berbagai jenis getaran. Oleh sebab itu, suatu ikatan tertentu dapat menyerap energi lebih dari satu gelombang. Puncak-puncak yang muncul pada daerah $4000\text{-}1450\text{ cm}^{-1}$ biasanya berhubungan dengan energi untuk vibrasi uluran diatomik. Daerahnya dikenal dengan *group frequency region* (Sudjadi, 1985).

Atom-atom dalam molekul tidak hanya diam di tempat, melainkan mengalami getaran (vibrasi) relatif satu sama lain. Apalagi getaran atom-atom tersebut menghasilkan perubahan momen dwikutub, akan terjadi penyerapan radiasi inframerah pada frekuensi yang sama dengan frekuensi vibrasi alamiah molekul

tersebut. Spektroskopi FTIR (*Fourier Transform InfraRed*) didasarkan adanya interaksi molekul dengan energi radiasi inframerah dan bukan dengan berkas elektron berenergi tinggi. Atom-atom di dalam suatu molekul tidak dapat diam melainkan bervibrasi/bergerak. Perekaman spektrum inframerah dilakukan pada daerah inframerah yaitu dari panjang gelombang $0,00078^{-1}$ nm. Spektrum ini menunjukkan banyak puncak absorpsi pada frekuensi yang karakteristik (Fessenden dan Fessenden, 1986).

Serapan yang terjadi di daerah $3500-200\text{ cm}^{-1}$ disebabkan oleh vibrasi yang mungkin terjadi dalam ligan yang terkoordinasi. Informasi mengenai struktur dan ikatan untuk vibrasi logam-ligan berada pada bilangan gelombang antara $600-400\text{ cm}^{-1}$. Dari spektrum inframerah akan diperoleh informasi mengenai pergeseran frekuensi getaran yang diakibatkan oleh kompleksasi ligan, dan ada tidaknya pita-pita inframerah tertentu sering digunakan untuk mengetahui informasi struktural suatu senyawa (Paramitha *et al*, 2012).

Atom molekul bergerak dengan berbagai cara, tetapi selalu pada tingkat energi tercahu. Energi getaran rentang untuk molekul organik bersesuaian dengan radiasi inframerah dengan bilangan gelombang antara 1200 dan 4000 cm^{-1} . Bagian tersebut dari spektrum inframerah khususnya berguna untuk mendeteksi adanya gugus fungsi dalam senyawa organik. Memang daerah ini sering dinyatakan sebagai daerah gugus fungsi karena kebanyakan gugus fungsi yang dianggap penting oleh para kimiawan organik mempunyai serapan khas dan nisbi tetap pada panjang gelombang tersebut.

Identifikasi pita absorpsi khas yang disebabkan oleh berbagai gugus fungsi merupakan dasar penafsiran spektrum inframerah. Hadirnya sebuah puncak serapan dalam daerah gugus fungsi dalam sebuah spektrum inframerah hampir selalu merupakan petunjuk pasti bahwa beberapa gugus fungsi tertentu terdapat dalam senyawa cuplikan. Demikian pula, tidak adanya puncak dalam bagian tertentu dari daerah gugus fungsi sebuah spektrum inframerah biasanya berarti bahwa gugus tersebut yang menyerap pada daerah itu tidak ada. Asam karboksilat mempunyai dua karakteristik absorpsi IR yang membuat senyawa $\text{-CO}_2\text{H}$ dapat diidentifikasi dengan mudah. Ikatan O-H dari golongan karboksil diabsorpsi pada daerah 2500 sampai 3300 cm^{-1} , dan ikatan C=O yang ditunjukkan diabsorpsi di antara 1710 sampai 1750 cm^{-1} (McMurry, 2008).

3. Differential Thermal Analysis/Thermo Gravimetric Analysis (DTA.TGA)

Differential Thermal Analysis (DTA) adalah suatu teknik analisis termal berdasarkan perubahan material yang diukur sebagai fungsi perubahan suhu. Steven (2001) menyatakan bahwa perubahan fasa terjadi akibat perubahan entalpi material. Kurva DTA dapat digunakan sebagai *finger print* suatu materi yang memiliki karakteristik khusus sehingga dapat digunakan sebagai dasar pengukuran kualitatif.

Pengukuran DTA didasarkan pada perbedaan temperatur antara sampel dengan referensi sebagai hasil reaksi dekomposisi material. Reaksi dekomposisi material ini diperoleh dalam bentuk kurva DTA yang diplot sebagai fungsi suhu terhadap waktu.

Sedangkan *Thermogravimetric Analysis* (TGA) adalah suatu teknik atau metode analitik yang digunakan untuk menentukan stabilitas termal material dan fraksi komponen yang bersifat *volatile* dengan cara menghitung perubahan berat yang dihubungkan dengan kenaikan suhu.

Analisis menggunakan TGA biasanya digunakan untuk menentukan karakteristik khusus suatu material (polimer), sehingga dapat menentukan penurunan suhu, kandungan material yang diserap, komponen anorganik yang berada di dalam material, dekomposisi material dan residu bahan pelarut. TGA juga sering digunakan untuk kinetika korosi akibat oksidasi pada suhu tinggi. Pengukuran dengan metode TGA dilakukan pada udara atau pada atmosfer inert, seperti gas helium atau argon, dan berat yang dihasilkan sebagai fungsi dari kenaikan suhu. Pengukuran dapat juga dilakukan pada atmosfer oksigen (1-5% O₂ di dalam atmosfer inert) untuk melambatkan oksidasi (Steven, 2001).

Umumnya karakterisasi sampel menggunakan metode DTA/TG dilakukan pada rentang suhu yang sangat tinggi, sekitar 190-1600 °C dan sampel yang digunakan hanyalah sedikit (hanya beberapa mg) dan merupakan salah satu keuntungan dalam analisis menggunakan metode ini. Hal ini dikarenakan untuk mengurangi masalah *gradient thermal* yang diakibatkan terlalu banyaknya sampel yang digunakan sehingga menyebabkan berkurangnya sensitifitas serta akurasi dari DTA/TGA.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan pada bulan Januari sampai April 2019 di Laboratorium Kimia Anorganik/Fisik FMIPA Unila. Spektrofotometer UV-Vis, IR di Laboratorium Biomassa FMIPA Unila dan DTA/TGA di Laboratorium Universitas Negeri Padang.

B. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah alat-alat gelas yang lazim digunakan di laboratorium merk Iwaky dan Pirex, magnetic stirrer merk Stuart, satu set peralatan refluks, *hot plate* merk Behr-Labor Technich, thermometer, pompa vakum, corong *buchner*, desikator, pengaduk magnetic, neraca analitis, penangas air, vakum desikator, spektrofotometer ultraungu-tampak (Uv-vis) merk Hitachi model 150/20, spektrofotometer IR dan DTA/TGA.

Bahan-bahan yang digunakan adalah 1,5-difenilkarbazona, sulfanilamida, akuades, akuabides, etanol p.a 96%, kertas saring merk whatman no. 42, alumunium foil, tisu, larutan I/I_3^- , TiO_2 , karbon.

C. Metode Penelitian

1. Pembuatan Ligan Basa Schiff (1,5-Difenil Karbazona - Sulfanilamida)

Ligan basa Schiff disintesis dengan cara mencampurkan 1,5-difenil karbazona dan anilina dengan perbandingan mol 1:1. Sebanyak 2,4026 gram bubuk 1,5-difenil karbazona dicampurkan dalam 10 mL etanol, kemudian larutan yang terbentuk dicampurkan dengan 1,72 gr sulfanilamida yang telah dilarutkan dengan 10 mL etanol. Kemudian campuran ini dilarutkan kembali dalam 20 mL etanol dan kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* sambil direfluks selama 2 jam pada suhu 75-80 °C. Campuran yang telah direfluks selanjutnya didinginkan pada suhu ruang hingga terbentuk kristal (1,5-difenil karbazona - sulfanilamida). Kristal yang terbentuk dicuci menggunakan 20 mL akuabides. Kristal dikeringkan dalam desikator hingga beratnya konstan.

2. Karakterisasi Senyawa Kompleks Ligan Basa Schiff Karbazona.

2.1 Penentuan Panjang Gelombang Ligan Basa Schiff Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis

Penentuan spektrum serapan dilakukan pada daerah 200-800 nm untuk larutan ligan basa Schiff (L). Adapun pengukuran spektrum serapan bertujuan untuk mendapatkan panjang gelombang maksimum (λ) dan melihat perbedaan antara larutan-larutan tersebut ditinjau dari absorbansinya. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-vis berkas ganda, alat diatur daerah panjang gelombang (λ), kecepatan scanning serta absorbansinya.

2.2 Penentuan Gugus Fungsi Ligan Basa Schiff Menggunakan

Spektrofotometer Infra Merah (IR)

Senyawa ligan basa Schiff (1,5 difenil karbazona-sulfanilamida) diukur dengan pita serapan $400-4000\text{ cm}^{-1}$ menggunakan spektrofotometer infra merah (IR).

Pengukuran dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi dari ligan basa Schiff.

2.3 Penentuan Sifat Termal Ligan Basa Schiff Menggunakan Differential

Thermal Analysis-Thermo Grafimeter Analysis (DTA/TGA)

Untuk mengukur sifat termal dari ligan basa Schiff, diukur dengan menggunakan DTA (*Differential Thermal Analysis*) dan TGA (*Thermo Gravimetric Analysis*).

Mula-mula ke dalam tabung yang berisi sampel dengan variasi suhu dan konsentrasi tertentu dimasukkan termokopel. Kemudian dipanaskan dengan laju tertentu. Hasil pengaluran ΔT sebagai fungsi T merupakan indikasi perolehan atau kehilangan energi dan perubahan berat dari sampel.

3. Preparasi *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC)

3.1 Pembuatan Pasta TiO_2

Pasta TiO_2 dibuat dari 0,5 gram bubuk TiO_2 , kemudian digerus, diayak, dan dimasukkan ke dalam gelas kimia. ditambahkan 2 mL etanol dan distirer sampai 15 menit. Pasta TiO_2 yang telah terbentuk dicampurkan dengan 0,5 gr ligan basa

Schiff kemudian distirer sampai 15 menit. Kemudian campuran pasta TiO_2 dan ligan basa Schiff disimpan dalam botol yang ditutup untuk digunakan.

3.2 Preparasi Elektrolit

Larutan PEG 0,1 M (KI 0,5 M dan I_2 0,05 M) disiapkan dengan cara mengambil sebanyak 0,498 gr KI dilarutkan ke dalam 6 mL asetonitril dalam gelas kimia.

Pada gelas kimia lain, dimasukkan sebanyak 0,076 gr I_2 dan 6 mL asetonitril, lalu diaduk hingga homogen. Larutan pada kedua gelas tersebut dicampur dan diaduk hingga homogen. Sebanyak 2,4 gr PEG dimasukkan dalam larutan elektrolit yang telah dibuat, dan diaduk hingga membentuk gel.

3.3 Pembuatan Elektroda Pemandang

Pada pelat gelas dilapisi grafit menggunakan pensil dengan cara diarsirkan pada salah satu permukaan pelat gelas. Selanjutnya pelat gelas dengan sisi yang telah dilapisi grafit dikenakan api pada lilin hingga karbon hasil pembakaran menempel (Listari, 2010), elektroda pemandang kedua, pelat gelas yang telah dilapisi grafit tidak dilakukan proses pembakaran dan elektroda pemandang ketiga pelat gelas dikenakan api pada lilin tanpa pelapisan grafit.

3.4 Pelapisan Elektroda Kerja

Pada kaca TCO yang berukuran 2,5 x 1,25 cm dibentuk area tempat TiO_2 dideposisikan dengan bantuan selotip pada bagian kaca yang konduktif sehingga terbentuk area sebesar 1 x 1 cm. Pasta TiO_2 dideposisikan di atas area yang telah

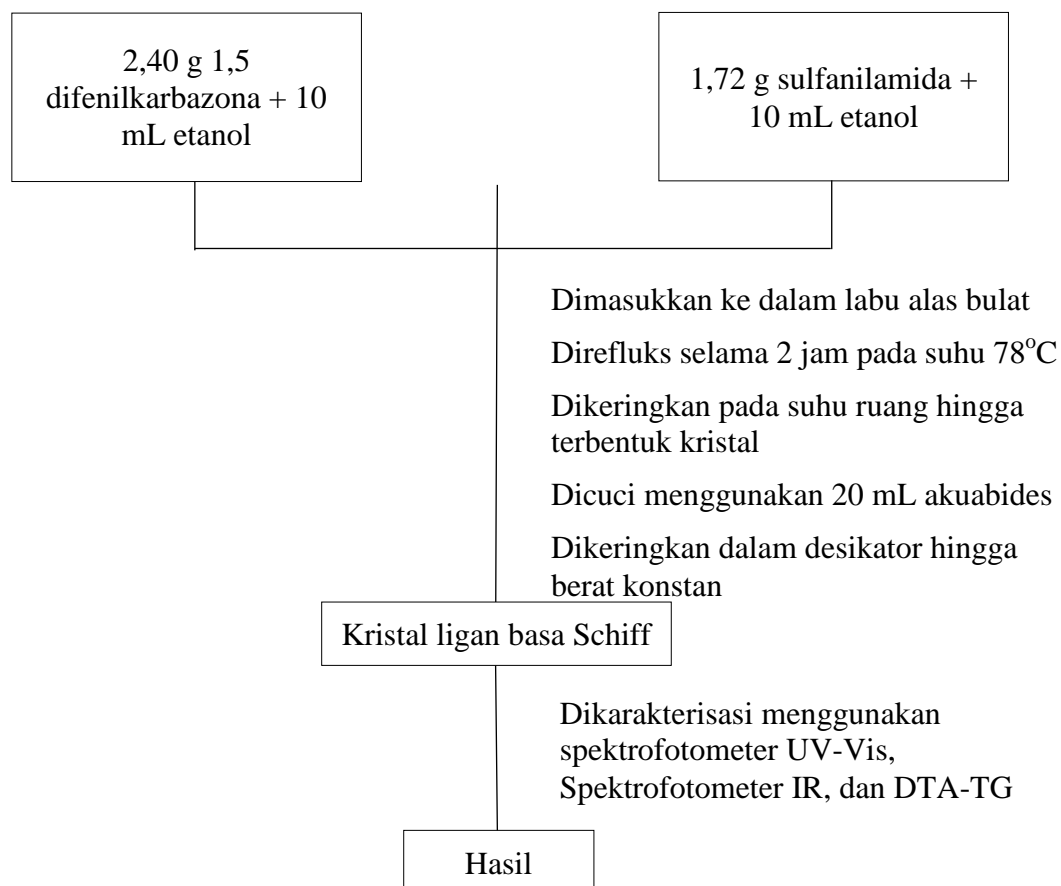
dibuat pada kaca konduktif dengan bantuan batang pengaduk untuk meratakan pasta. Kemudian lapisan dikeringkan selama kurang lebih 15 menit dan di *furnace* pada temperatur sekitar 450°C selama 30 menit. Kemudian elektrolit diteteskan diatas permukaan TiO₂ lalu ditutup dengan elektroda lawan (*counter electrode*) sehingga membentuk struktur *sandwich*. Kemudian agar struktur selnya mantap dijepit dengan klip pada kedua sisi.

3.5 Pengukuran Arus dan Tegangan DSSC

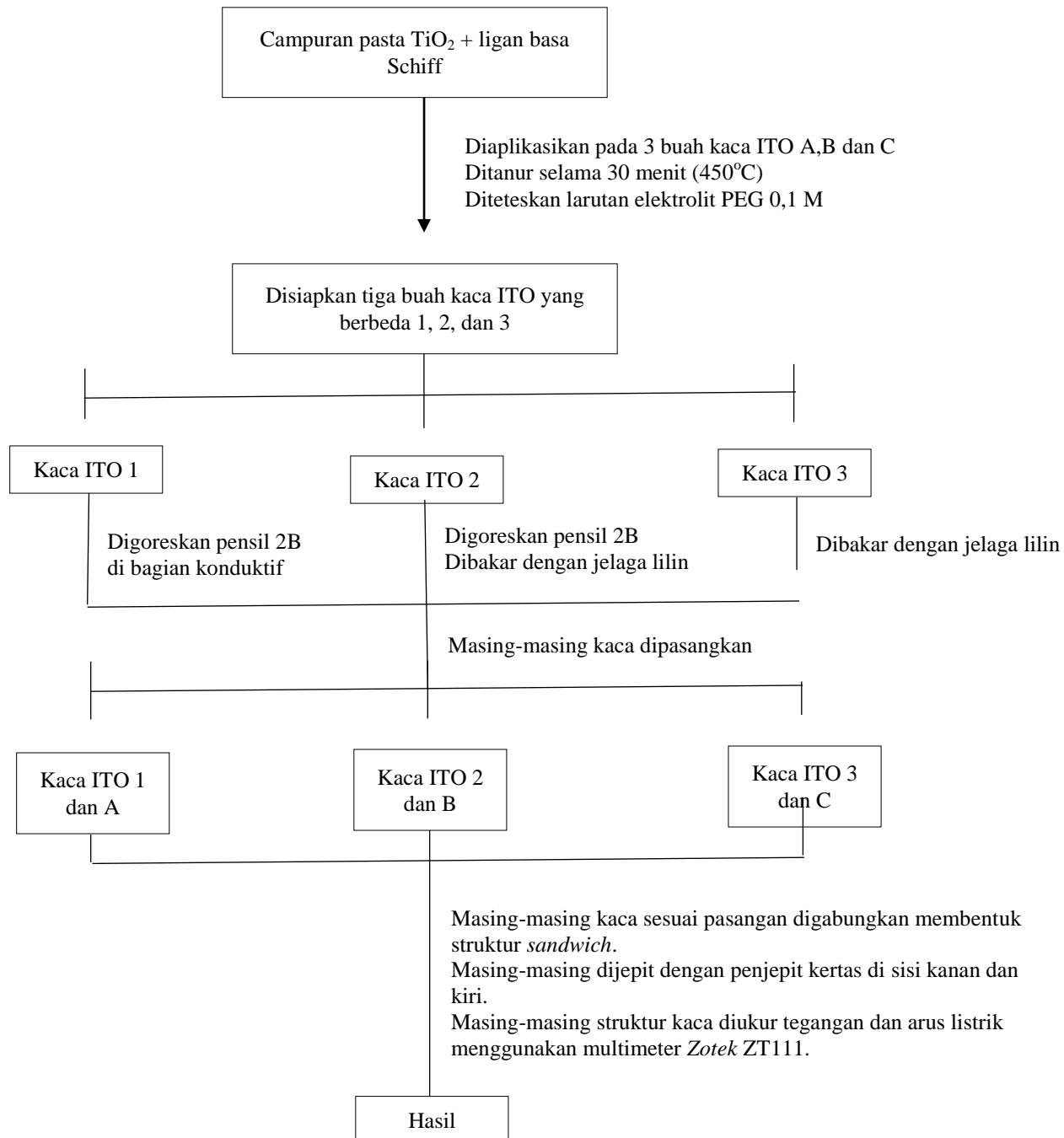
Rangkaian DSSC dihubungkan dengan kabel multimeter dimana kutub positif dihubungkan dengan elektroda pembanding dan kutub negatif dihubungkan dengan elektroda kerja, kemudian DSSC ditempatkan pada tempat yang disinari cahaya matahari dan diukur tegangan arus serta tegangan maksimumnya.

D. Diagram Alir

1. Sintesis ligan basa Schiff (1,5 difenilkarbazona dengan sulfanilamida)



2. Fabrikasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)



V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan pembahasan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka didapatkan simpulan sebagai berikut :

1. Senyawa basa Schiff hasil sintesis berupa padatan berwarna orange dengan rendemen 76,22%
2. Hasil analisis spektrofotometri UV-Vis menunjukkan senyawa basa Schiff mengalami pergeseran batokromik sebanyak 15 nm dan 4 nm dengan panjang gelombang maksimum 265 nm dengan absorbansi 0,272.
3. Hasil spektra IR menunjukkan adanya serapan khas senyawa target gugus azometina ($-C=N$) pada 1655 cm^{-1} .
4. Hasil analisis DTA-TGA senyawa basa Schiff menunjukkan terjadi pengurangan pada rentang suhu $200\text{-}400\text{ }^{\circ}\text{C}$ sebesar 89,70% yaitu setara dengan molekul $\text{C}_{19}\text{H}_{18}\text{N}_6\text{SO}_2$ dengan tiga karbon sebagai residu.
5. DSSC yang telah dibuat diuji secara fotovoltaiik untuk menghitung nilai tegangan, kuat arus, dan efisiensi terbesar yaitu 0,059% dengan tegangan 58,50 mV dan kuat arus 1,02 mA pada variasi elektroda menggunakan karbon jelaga api lilin.
6. Basa Schiff 1,5 difenilkarbazona dan sulfanilamida hasil sintesis menunjukkan bahwa ligan ini kurang maksimal sebagai zat warna pada DSSC.

B. Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, saran yang berkaitan dengan penelitian ini, adalah sebagai berikut :

1. Dilakukan sintesis senyawa kompleks menggunakan basa Schiff hasil sintesis dari penelitian ini dan kemudian diaplikasikan sebagai *sensitizer* pada DSSC untuk mengetahui pengaruh adanya pengompleksan terhadap kinerja fotovoltaiik.
2. Dilakukan sintesis ligan basa Schiff dengan menggunakan senyawa turunan keton/aldehid yang lain untuk mengetahui variasi basa Schiff yang lebih efisien sebagai *sensitizer* pada DSSC.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashraf, M. A., Mahmoud K., and Wajid A. 2011. Synthesis, Characterization and Biological Activity of Schiff Bases. *IPCBEE*, 10: 1-7.
- Borba, A., Andrea Gómez-Zavaglia and Rui. 2013. Faus to conformational Land scape, Photochemistry, and Infrared Spectra of Sulfanilamide. *the Journal of Physical Chemistry*. 117:704–717.
- Chang, R. 2004. *Kimia Dasar Konsep-konsep Inti*, Jilid I Edisi 3. Erlangga. Jakarta.
- Chen, Z., Li, F. and Huang, C. 2007. Organic D–p–dyes for *Dye Sensitized Solar Cells*. *Journal Organic Chemistry*. 11:1241–58.
- Dadfarnia, S. A. M. Salmazadeh dan A. M. Haji Shabani. 2002. Immobilized 1,5- diphenylcarbazone as a Complexing Agent for Online Trace Enrichment and Determination of Copper by Flow Injection-Atomic Absorption Spectroscopy. *Journal Analytical Atomic. Spectromass*. 17: 1434-1438.
- Dawood Z. F., Mohammed T. J. and Syarif M. R., (2009). New Nickel(II) Complexes with Benzilbis (Semicarbazone) and Dithiocarbamate Ligand. *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*, Vol. 23, Supplement II, 135141.
- Effendy. 2007. *Perspektif Baru Kimia Koordinasi. Edisi Pertama*. Bayu media Publishing. Malang. 129-160 hlm.
- Elerman, Y. M; Kabak, A; dan Elmali, Z. 2002. *Naturforsch*. No B57. Hal 651.
- Fatayati, I. (2014). *Ekstrak Kulit Buah Naga Merah (Hylocereus Costaricensis) Sebagai Dye Pada Solar Cell*. Universitas Islam Sunan Gunung Djati Bandung.
- Fessenden, R. J., dan Fessenden, J. S. 1982. *Kimia Organik Edisi Ketiga Jilid 1*. Diterjemahkan oleh Pudjaatmaka, A. H. Erlangga. Jakarta.
- Fessenden, R.J. dan J.S. Fessenden.1986. *Kimia Organik Dasar Edisi Ketiga*. Jilid 2. Terjemahan oleh A.H. Pudjaatmaka. Erlangga. Jakarta.

- Galindo, E.G., Ariza, M. J., Nieves, F. J. De, & Garcia-salinas. M. J., 2015. Effects of multilayer coating and calcination procedures on the morphology of dye-sensitizer solar cell semiconductor photoelectrodes. *Thin Solid Films*, 590, 230-240
- Gregg, B. (2003). Excitonic Solar Cells. *Journal Physics Chemistry B* **107**, 4688–4698
- Hindson, J., Ulgut, R., Greenham, Norder, B., Kotlewski, A. and Dingemans, T. 2010. All aromatic Liquid Crystal Triphenylamine based Poly(Azomethines) as Hole Transport Materials For Optoelectronic Applications. *Journal Material Chemistry*. 20:937–944.
- Ibrahim, N. Muhamed., Sharif Salah, S.A. 2007. *Sintesis dan Karakterisasi Penggunaan Basa Schiff Sebagai Reagen Analitik Fluorimetri*. *Jurnal Kimia* 4 (4), 531-535.
- Ibrahim R., Lotem M., Harmankaya K. 2011. Ipilimumab Plus Dacarbazine for previously untreated metastatic melanoma. *New England Journal of Medicine* 364 (26), 2517-2526.
- Iwan, A., Palewicz, M., Michal, K., Marzena, G. and Sikora, R. 2012. Synthesis, Materials Characterization And Opto(Electrical) Properties Of Unsymmetrical Azomethines With Benzothiazole Core. *Journal Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. 97: 546–555
- Jiao, T., Zhou, J., Gao, L., Xing, Y. and Li, X. 2011. Synthesis and Characterization of Chitosan-based Schiff Base Compounds with Aromatic Substituent Groups. *Journal Iranian Polymer*. 2:123–136.
- Kalyanasundaram E. K. 2010. *Dye Sensitized Solar Cells*. EPFL Press. Lausanne. Switzerland 1-9.
- Kang, K., Ying, S.M., Julien, B., Clare, P.G. 2006. Electrodes With High Power and High Capacity For Rechargeable Lithium Batteries. *Science* 311 (5763), 977-980.
- Kay, A., Gratzel, M. 1996. Low Cost Photovoltaic Modules Based on Dye Sensitized Nanocrystalline Titanium Dioxide and Carbon Powder. *Solar Energy Materials and Solar Cells*. Elsevier.
- Kennet, W.D. 1991. Assessment of Titanium-Sapphire Lasers and Optical Parametric Oscillators as Sources of Variable Wavelength for Resonant Ionization Mass Spectrometry. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry* 6 (1). 73-77.
- Khopkar, S. M. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. UI Press. Jakarta.

- Kumara., Sukma, W., Gontjang, P. 2012. *Studi Awal Fabrikasi Dye Sensitized Sollar Cell (DSSC) dengan Menggunakan Ekstraksi Daun Bayam (Amaranthus hybridus L.) Sebagai Dye Sensitizer dengan Variasi Jarak Sumber Cahaya pada DSSC*. Jurusan Fisika FMIPA Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Latifah, Nur Laela. 2015. *Fisika Bangunan 2. Griya Kreasi Penebar Swadaya Group*. Jakarta.
- 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, 176-184.
- Listari N. 2010. *Pewarna Anorganik Dari Kompleks Besi Formazona Sebagai Fotosensitizer Pada Sel Surya Pewarna Tersensitisasi (SSPT)*. Thesis. Jurusan Kimia. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Liu J., B. Wu, B. Zhang, and Y. Liu. 2006. Syntesis and Characterization of Metal Complexes of Cu(II), Ni(II), Zn(II) and Cd(II) with Tetradentate Schiff Bases. *Turkish Journal of Chemistry*. 30:41-48.
- McMurry, J. 2008. *Organic Chemistry. 7th Edition. Thomson Brooks Cole*.
- Mirkhani V., Bahramian B., Ardejani F. D., Badli K. 2008. Diatomite-supported Manganese Schiff Base: An Efficient Catalyst for Oxidation of Hydrocarbon. *Applied Catalyst A General* 345 (1), 97-103.
- Murhekar M.M., Khadsan R.E. 2011. Synthesis of Schiff Base by Organic Free Solvent Method. *J Chem Pharm Res* 3, 846-849.
- Ningsih, R dan Hastuti, E. 2013. *Karakterisasi Ekstrak The Hitam dan Tinta Cumi-Cumi Sebagai Fotosensitizer Pada Sel Surya Berbasis Pewarna Tersensitisasi*. UIN Maliki. Malang
- NIST Standard Reference Data. 2018.
<https://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?ID=C90028&Type=IRSPEC&Index=1#IR-SPEC>. Diakses pada 12 Agustus 2019.
- Novianti, R.M., dan Utami, S.N. 2016. *Band Gap (Pita Energi) Semikonduktor*. Program Studi Fisika FMIPA. Universitas Padjajaran.
- Osman. A. H. 2006. Synthesis and Characterization of Cobalt(II) and Nickel(II) Complexes of Some Schiff Bases Derived from 3-Hydrazino-6-Methyl[1,2,4] Triazin-5(4H). *One Trans Met Chem*. Hal 31 dan 35-41.
- Paramitha, D.L., Suhartana, S., Pardoyo, P. 2012. Pengaruh Pelarut pada Rendemen Sintesis Senyawa Kompleks Bis-Asetilasetonatotembaga (II). *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi* 17 (2), 48-50.

- Pavia L.G. Lampman, dan S.K. Goerge. 2001. *Introduction to Spectroscopy: a Guide for Students or Organic Chemistry*. Harcourt College. Philadelphia.
- Purwanto. (2013). Variasi Kecepatan Dan Waktu Pemutaran Spin Coating Dalam Pelapisan TiO₂ Untuk Pembuatan Dan Karakterisasi Prototipe DSSC Dengan Ekstraksi Kulit Manggis (*Garcinia Mangostana*) Sebagai Dye Sensitizer. *Jurnal Sains dan Seni POMITS* 2, 23373520.
- Raisanen. 1995. *Immobilisasi Karbonat Anhidrase-Isoenzim Manusia dengan Metode Alternatif*. Institut Sains dan Teknologi Balikesir University. Turki.
- Rahim, Nurul A.A., Tyagi V.V., Jeyraj L., Selvaraj L., Rahim Nurul Abd. 2013. Progress in Solar PV Technology Research and Achievement. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 20, 443-461.
- Rahman M.M., Faisal M., Sher B.K., Jamal A. 2011. Low-Temperature Growth of ZnO Nanoparticles Photocatalyst and Acetone Sensor. *Talanta* 85 (2), 943-949.
- Salehi, M., Fateme, R., Maciej, K., Asadi, A. 2016. Structural, Spectroscopic, Electrochemical and Antibacterial Studies of Same New Nickel (II) Schiff Base Complexes. *Inorganica Chimica Acta* 443. 28-35.
- Sembiring, Z., Iwan Hastiawan, Achmad Zainuddin dan Husein H Bahti. 2013. Sintesis Basa Schiff Karbazona Variasi Gugus Fungsi: Uji Kelarutan dan Analisis Struktur Spektroskopi Uv-Vis *Prosiding Semirata Fmipa Universitas Lampung*. 483-487 hlm.
- Semestad P.G., Gratzel M. 1998. Demonstrating Electron Transfer and Nanotechnology a Natural Dye-Sensitized Nanocrystalline Energy Converter. *Journal of Chemical Education* 75(6), 752.
- Singh, U.K., S. N. Pandeya, A. Singh, B. K. Srivastava, and M. Pandey. 2010. Synthesis and Antimicrobial Activity of Schiff's and N-Mannich Bases of Isatin and Its Derivatives with 4-Amino-N-Carbamimidoyl Benzene Sulfonamide. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research*. 2:151-154.
- Skolosky, M., Cirak, J. 2010. Dye-Sensitized Solar Cell: Materials and Processes. *Acta Electrotechnica et Informatica*. Vol. 10, pp. 193-202.
- Sousa, M. S., Buchanan, J. W. 1999. Computer-Generated Graphite Pencil Rendering of 3D Polygonal Models. *Computer Graphics Forum* 18 (3). 195-208.

- Stevens, R. 2001. *Kimia Polimer*. Diterjemahkan oleh Iis Sopyan. Pradya Paramita. Jakarta.
- Subashini, A., M. Hemamalini, P. Thomas, G. Bocelli, and A. Cantoni. 2009. Synthesis and Crystal Structure of a New Schiff Base 4-[(2-hydroxy-benzylidene)-amino]-N-(5-methyl-isoxazol-3-yl)-benzenesulfonamide. *Journal of Chemical Crystallography*. 39:112-116.
- Subudhi B.B., and G. Ghoshsynthesis. 2012. Antibacterial Activity of Some Heterocyclic Derivatives of Sulfanilamide. *Bulletin of The Chemical Society of Ethiopia*. 26:455-460.
- Sudjadi. 1983. *Penentuan Struktur Senyawa Organik*. Ghalia Indonesia. Jakarta. 128-188 hlm.
- Sugathan, V., John, E., and Sudhakar, K. 2015. Recent Improvements In Sye Sensitized Solar Cells. *A review Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 52, 54-64.
- Tai, Xichi, Xianhong Yin, Qiang Chen., and Minyu Tan. 2003. Synthesis of Some Transition Metaln Complexes of a Novel Schiff Base Ligand Derived from 2,2'-Bis(P-Methoxyphenylamine) and Salicylaldehyde. *Molecules*. 28:439-443.
- Vaghasiya Yogesh K., Nair Rathish., Soni M., Baluja S., Chanda S. 2004. Shyntesis, Structural Determination and Antibacterial Activity of Compound Derived from Vanilin and 4-Aminoantipyrine. *J Serb Chem Soc* 69 (12), 991-998.
- Yum,J., Humphry-baker, R. Zakeeruddin, S. M., Nazeeruddin, M. K., & Gratzel, M., 2010. Effect of heat and light on the performance of dye-sensitized solar cell based on organic sensitizers and nanostructured TiO₂. *Nano Today*, 5, 91-98.