

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI LIGAN BASA SCHIFF (SALISILALDEHIDA
DAN ETILENDIAMINA) SEBAGAI *DYE SENSITIZER* DENGAN VARIASI
KONSENTRASI ELEKTROLIT PADA APLIKASI *DYE SENSITIZED SOLAR CELL*
(DSSC)**

(Skripsi)

Oleh

Anita Anggrahini



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDARLAMPUNG
2023**

ABSTRAK

SINTESIS DAN KARAKTERISASI LIGAN BASA SCHIFF (SALISILALDEHIDA DAN ETILENDIAMINA) SEBAGAI *DYE* *SENSITIZER* DENGAN VARIASI KONSENTRASI ELEKTROLIT PADA APLIKASI *DYE SENSITIZED SOLAR CELL* (DSSC)

Oleh

ANITA ANGGRAHINI

Telah dilakukan penelitian tentang sintesis senyawa basa schiff dari salisilaldehida dan etilendiamina dengan metode kondensasi sebagai *dye sensitizer* dengan variasi konsentrasi elektrolit gel pada aplikasi *Dye Sensitized Sollar Cell* (DSSC) yang dikarakterisasi menggunakan spektrofotometri UV-Vis dan FTIR dengan variasi konsentrasi elektrolit gel PEG 0,15 M, 0,20 M, 0,25 M. Tujuan penelitian ini yaitu pengaplikasian senyawa basa schiff sebagai *dye sensitizer* pada *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC), mendapatkan nilai efisiensi (η), kuat arus (A) dan tegangan (V) yang dapat dihasilkan dari DSSC dengan menggunakan *dye sensitizer* senyawa ligan basa schiff. Hasil sintesis didapat kristal senyawa basa schiff sebanyak 4,068 g berwarna kuning terang. Hasil yang diperoleh dari pengukuran menggunakan spektrofotometri UV-Vis pada sintesis salisilaldehida dan etilendiamina dengan konsentrasi 10^{-5} M adalah telah terbentuknya ligan basa schiff. Hal ini terbukti dengan munculnya puncak serapan pada panjang gelombang 318 nm yang memiliki transisi elektron $n \rightarrow \pi^*$ mengakibatkan adanya pergeseran batokromik (pergeseran merah) atau pergeseran panjang gelombang kearah yang lebih besar. Hasil data spektrum IR yang muncul, maka dipastikan telah terbentuk senyawa basa schiff, terbukti dengan munculnya puncak serapan di daerah sekitar 1625 cm^{-1} yang merupakan gugus azometina atau gugus khas senyawa basa schiff. Berdasarkan hasil pengukuran menggunakan spektrofotometri UV-Vis dan FTIR, senyawa basa schiff dapat digunakan sebagai *dye sensitizer*. Hasil uji DSSC berdasar pada variasi konsentrasi larutan elektrolit gel PEG 0,25 M memiliki nilai efisiensi tertinggi sebesar 1,904% dengan kuat arus 1,4 mA dan tegangan 1360 mV. Hasil pengukuran rangkaian DSSC menunjukkan bahwa senyawa basa schiff dapat diaplikasikan pada DSSC.

Kata Kunci : Senyawa Basa Schiff, *dye sensitizer*, DSSC, FTIR

ABSTRACT

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF SCHIFF BASE LIGANDS (SALICYLDALDEHYDE AND ETHYLENEDIAMINE) AS DYE SENSITIZERS WITH VARIATION OF ELECTROLYTE CONCENTRATIONS IN DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC) APPLICATIONS

By

ANITA ANGGRAHINI

Research has been carried out on the synthesis of Schiff base compounds from salicylaldehyde and ethylenediamine by the condensation method as a dye sensitizer with varying concentrations of gel electrolytes in Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) applications characterized using UV-Vis and FTIR spectrophotometry with varying concentrations of PEG gel electrolyte 0.15 M, 0.20 M, 0.25 M. The purpose of this study was to apply Schiff base compound as a dye sensitizer in Dye Sensitized Solar Cell (DSSC), to obtain efficiency (η), current strength (A) and voltage (V) values can be produced from DSSC using a dye sensitizer with schiff base ligand compounds. The results of the synthesis obtained 4.068 g of crystals of the Schiff base compound which were bright yellow in color. The results obtained from measurements using UV-Vis spectrophotometry on the synthesis of salicylaldehyde and ethylenediamine at a concentration of 10 M indicated that a basic Schiff ligand had been formed. This is proven by the emergence of an absorption peak at a wavelength of 318 nm which has an electron transition $n \rightarrow \pi^*$ resulting in a bathochromic shift (red shift) or a shift in wavelength towards a larger one. As a result of the IR spectrum data that appears, it is confirmed that a Schiff base compound has been formed, as evidenced by the appearance of an absorption peak in the area around 1625 cm^{-1} which is an azomethine group or a typical group of Schiff base compounds. Based on the results of measurements using UV-Vis spectrophotometry and FTIR, Schiff base compounds can be used as dye sensitizers. The DSSC test results were based on variations in the concentration of the 0.25 M PEG gel electrolyte solution with the highest efficiency value of 1.904% with a current strength of 1.4 mA and a voltage of 1360 mV. The measurement results of the DSSC series show that the Schiff base compound can be applied to DSSC.

Keywords : Schiff Base Compound, dye sensitizer, DSSC, FTIR

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI LIGAN BASA SCHIFF
(SALISILALDEHIDA DAN ETILENDIAMINA) SEBAGAI *DYE*
SENSITIZER DENGAN VARIASI KONSENTRASI ELEKTROLIT PADA
APLIKASI *DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC)***

Oleh

Anita Anggrahini

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar
SARJANA SAINS

pada

Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDARLAMPUNG
2023**

Judul : **SINTESIS DAN KARAKTERISASI LIGAN
BASA SCHIFF (SALISILALDEHIDA DAN
ETILENDIAMINA) SEBAGAI *DYE SENSITIZER*
DENGAN VARIASI KONSENTRASI
ELEKTROLIT PADA APLIKASI *DYE*
*SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC)***

Nama Mahasiswa : *Anita Anggrahini*

No. Pokok Mahasiswa : 1617011105

Jurusan : Kimia

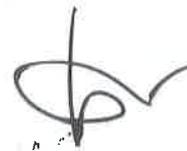
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

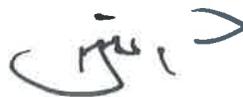


Dr. Zipora Sembiring, M.Si.
NIP. 19590106 198603 2001



Dr. Sonny Widiarto, M.Sc.
NIP. 19711030 199703 1003

2. Ketua Jurusan Kimia
FMIPA Universitas Lampung



Mulyono, Ph.D.
NIP.19740611 200003 1002

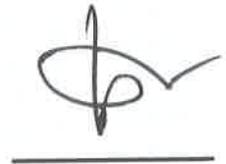
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Dr. Zipora Sembiring, M.Si.



Sekretaris : Dr. Sonny Widiarto, M.Sc.



**Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Mita Rilyanti, S.Si., M.Si.**



2. Dekan Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP. 19711001 200501 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 15 Mei 2023

SURAT PERNYATAAN
KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Anita Anggrahini
NPM : 1617011105
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan dengan sebenar-benarnya dan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul **“Sintesis dan Karakterisasi Ligan Basa Schiff (Salisilaldehida Dan Etilendiamina) sebagai *Dye Sensitizer* dengan Variasi Konsentrasi Elektrolit pada Aplikasi *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)*”** adalah benar karya saya sendiri dan tidak terdapat karya yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dicantumkan dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Selanjutnya, saya tidak keberatan apabila 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 sebagai mestinya.

Bandarlampung, 20 Mei 2023

Yang menyatakan,



Anita Anggrahini
NPM. 1617011105

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Anita Anggrahini, lahir di Tulang Bawang pada tanggal 29 April 1998 sebagai anak pertama dari dua bersaudara, dari pasangan Bapak Sumaryanto dan Ibu Sumiarti. Penulis mengawali jenjang pendidikan di TK Yayasan Pendidikan Indolampung (YAPINDO) pada tahun 2002. Tahun 2004 penulis melanjutkan pendidikannya di SD 02 YAPINDO yang kemudian pada tahun 2005 berpindah ke SDN 2 Sidomulyo. Tahun 2010 penulis melanjutkan pendidikannya pada jenjang Sekolah Menengah Pertama di SMPN 01 Penawartama. Tahun 2013 penulis melanjutkan pendidikannya pada Sekolah Menengah Atas di MAN 1 Lampung Timur. Pada tahun 2016 penulis diterima sebagai mahasiswi Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) serta memperoleh beasiswa Bidikmisi.

Selain belajar di bangku kuliah, penulis juga aktif berorganisasi. Organisasi yang pernah diikuti adalah Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMAKI) sebagai Kader Muda Himaki (KAMI) pada tahun 2016-2017 dan anggota Bidang Sains dan Penalaran Ilmu Kimia (SPIK) pada tahun 2017-2018. Penulis juga sempat tergabung sebagai anggota UKM *English Society* Unila (ESo Unila) pada tahun 2017. Penulis juga mengikuti beberapa perlombaan dan ajang diluar kampus seperti pemilihan putri hijab, dan memperoleh Juara 3 Putri Hijab Kota Metro tahun 2018, penulis juga terpilih sebagai finalis Duta Bahasa Provinsi Lampung tahun 2022 dan tergabung sebagai anggota serta koordinator Duta Bahasa angkatan 2022 pada Ikatan Duta Bahasa Provinsi Lampung tahun 2022-sekarang.

Pada bulan Agustus 2021 penulis menyelesaikan Praktik Kerja Lapangan di Laboratorium Kimia Anorganik/Fisik yang diberi judul “**Variasi Konsentrasi Larutan Elektrolit Gel Menggunakan Larutan Pasta TiO₂ dan Elektroda Arang Pagu (Jelaga) Terhadap Efisiensi *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC)**”. Pada Juli-Agustus 2019, penulis melaksanakan program Kuliah Kerja Nyata (KKN) selama 40 hari di Desa Kaur Gading, Kecamatan Pematang Sawa, Kabupaten Tanggamus.

*“Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi
Maha Penyayang”*

*Atas rahmat Allah SWT
Kupersembahkan karya ini sebagai wujud bakti dan
tanggung jawab kepada :*

Tuhan Yang Maha Esa; Allah SWT,

*Kedua orang tuaku,
Ibu Sumiarti dan Bapak Sumaryanto yang telah menyayangi,
merawat, mendidik, mengajarkan kebaikan, dan selalu mendoakan
keberhasilanku dalam setiap sujud.*

*Adikku Martha Amalia Pratiwi yang selalu memberikan
semangat dan doa yang terbaik.*

*Pembimbing penelitianku :
Ibu Dr. Zipora Sembiring, M.Si.
Bapak Dr. Sonny Widiarto, M.Sc.
Ibu Dr. Mita Rilyanti, S.Si., M.Si.
Terimakasih atas ilmu, nasihat, dan kesabaran
dalam membimbing selama ini.*

Dosen Jurusan Kimia yang selalu membagi ilmunya untukku

Orang terkasih, Sahabat, Kerabat dan Teman-temanku

Almamater Tercinta Universitas Lampung



MOTTO

**"...Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan,
sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan..."**
(Q.S. Al-Insyirah : 5-6)

**"...Boleh jadi kamu membenci sesuatu padahal ia amat baik bagimu,
dan boleh jadi pula kamu menyukai sesuatu padahal ia amat buruk
bagimu. Allah mengetahui sedang kamu tidak mengetahui..."**
(Q.S. Al-Baqarah : 126)

**"Barangsiapa menempuh jalan untuk mendapatkan ilmu, Allah akan
memudahkan baginya jalan menuju surga"**
(HR.Muslim)

"It always seems impossible until it's done"
(Nelson Mandela)

**"When the world pushes you to your knees, you're in the perfect
position to pray"**
(Jalaludin Rumi)

"There is a will, there is a way. What you start, you must finish"



SANWACANA

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul:

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI LIGAN BASA SCHIFF
(SALISILALDEHIDA DAN ETILENDIAMINA) SEBAGAI DYE
SENSITIZER DENGAN VARIASI KONSENTRASI ELEKTROLIT PADA
APLIKASI DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC)**

sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains pada Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung. Shalawat serta salam tak lupa penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW, keluarga, sahabat, dan seluruh umatnya yang selalu taat mengikuti dan mengamalkan ajaran dan sunnahnya. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua yang sangat penulis cintai, Ibu Sumiarti dan Bapak Sumaryanto yang selalu memberikan kasih sayang, semangat, dukungan, motivasi, dan doa untuk penulis. Terima kasih telah membesarkan dan mendidiku menjadi anak yang kuat dalam segala urusan di dunia ini, semoga Allah SWT memberikan balasan yang terbaik untuk ibu bapak.
2. Ibu Dr. Zipora Sembiring, M.Si. selaku dosen pembimbing pertama penelitian atas segala bimbingan, semangat, bantuan, nasihat, saran, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Sonny Widiarto, M.Sc. selaku dosen pembimbing kedua atas segala bimbingan, bantuan, nasihat, motivasi, dan saran sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini.
4. Ibu Dr. Mita Rilyanti, S.Si, M.Si. selaku dosen pembahas atas segala nasihat, kritik, dan saran yang sangat membangun dalam penulisan skripsi ini.

5. Prof. Dr. Tati Suhartati, M.S. selaku dosen pembimbing akademik atas segala bimbingan, nasihat, bantuan, semangat dan saran selama perkuliahan.
6. Bapak Mulyono, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung.
7. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
8. Bapak Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung, terima kasih atas seluruh ilmu, pengalaman, dan motivasi yang diberikan selama perkuliahan. Semoga Allah SWT senantiasa membalasnya.
9. Segenap staff pengajar dan karyawan khususnya Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung.
10. Bapak Ibu Guru dari TK, SD, SMP, dan SMA yang telah banyak memberikan ilmu, pendidikan akhlak serta pengalaman kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan ini.
11. Adik penulis Martha Amalia Pratiwi, dan nenek penulis, Nenek Semi yang penulis cintai, yang selalu memberikan semangat, motivasi dan doa terbaik untuk penulis.
12. *Partner* penelitian penulis, Novi Aditya dan Afdahul Irza Khadriyan yang selalu membantu, menasihati, dan memberikan motivasi kepada penulis.
13. Rekan-rekan di Laboratorium Kimia Anorganik/Fisik Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung, terima kasih atas kebersamaannya selama ini.
14. Keluarga Kimia16 Unila, terima kasih atas kebersamaan yang telah dilalui dalam kehidupan kampus dari awal PROPTI sampai sekarang. *See you on top !*
15. Sahabat terbaik penulis Septi Nur Khasanah, Ayu Lilis Suryana, S.Pd., Ratna Sari, S.Sos. dan Ahmad Muzaki. Terima kasih atas kebersamaan, segala bantuan, motivasi, nasihat, dan semangat yang diberikan kepada penulis. *Love you guys.*
16. Sahabat Apaajalah *Squad*, Wiwin Agustina, Uswatun Khasanah, Nadia Salimah, Violita Panca Pebriyanti, Amalia Dea Sagita yang telah memberikan motivasi, bantuan, nasihat, semangat dan doa untuk penulis. *I Miss you, guys !*

17. Sahabat Perciwian, Novia Ismi Nurhidayah, Tirza Juita Putri Lanyo, Rika Meliana Putri, Laila Hidayah, Krisanti Winina Putri. Terima kasih atas kebersamaan, bantuan, semangat, motivasi dan doa untuk penulis.
18. Keluarga Duta Bahasa Provinsi Lampung, terima kasih atas *support* yang diberikan untuk penulis. Cerdas Berkualitas!
19. Kakak dan adik tingkat penulis, kimia angkatan 2013, 2014, 2015, 2017, 2018, dan 2019 yang tidak bisa disebutkan satu per satu.
20. .Almamater tercinta Universitas Lampung. *Thank you so much!*
21. Semua pihak yang telah membantu dan mendukung penulis dalam penyusunan skripsi ini. Atas segala kebaikan yang telah diberikan, semoga Allah SWT membalasnya dengan pahala yang berlipat-lipat, aamiin. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat kekurangan, namun penulis ini berharap skripsi ini dapat bermanfaat dan berguna bagi rekan-rekan khususnya mahasiswa kimia dan pembaca pada umumnya.

Bandarlampung, Mei 2023

Penulis

Anita Anggrahini

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	4
1.3 Manfaat Penelitian.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Basa Schiff	6
2.2 Reaksi Aldehida dengan Amina Primer	8
2.3 Salisilaldehida	9
2.4 Etilendiamina	9
2.5 <i>Dye Sensitized Solar Cell</i> (DSSC)	10
2.5.1 Komponen DSSC.....	11
2.5.2 Prinsip Kerja <i>Dye Sensitized Solar Cell</i> (DSSC).....	14
2.6 Karakterisasi Senyawa Basa Schiff.....	16
2.6.1 Spektrofotometri UV-Vis	16
2.6.2 Spektrofotometri <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR)	17
III. METODE PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat	20
3.2 Alat dan Bahan	20
3.2.1 Alat-alat	20
3.2.2 Bahan-bahan	21
3.3 Prosedur Kerja.....	21
3.3.1 Sintesis Senyawa Basa Schiff	21

3.3.2 Fabrikasi <i>Dye Sensitized Solar Cell</i> (DSSC).....	22
3.4 Analisis Ligan Basa Schiff.....	24
3.4.1 Karakterisasi Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis.....	24
3.4.2 Karakterisasi Menggunakan Spektrofotometer FTIR.....	25

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Sintesis Senyawa Basa Schiff	26
4.2 Analisis Panjang Gelombang dari Senyawa Basa Schiff	27
4.3 Analisis Gugus Fungsi dari Senyawa Basa Schiff	30
4.4 Analisis Sel Surya	34

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan.....	37
5.2 Saran.....	38

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Panjang gelombang dan warna komplementer	16
2. Absorpsi kromofor senyawa aromatik pada spektrofotometer UV-Vis.....	16
3. Pita serapan gugus fungsi pada spektrofotometer FTIR	18
4. Data hasil pengukuran panjang gelombang dan absorpsi ligan basa	28
5. Data spektrum UV-Vis dari salisilaldehida dan senyawa basa schiff.....	29
6. Data spektrum inframerah dari salisilaldehida, etilendiamina, dan	33
7. Data hasil pengukuran tegangan dan kuat arus DSSC	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Struktur umum basa schiff	8
2. Struktur salisilaldehida.....	9
3. Struktur etilendiamina.....	10
4. Komponen struktur DSSC	112
5. Skema prinsip kerja DSSC.....	14
6. Spektrum IR senyawa basa schiff	19
7. Struktur <i>sandwich</i> rangkaian DSSC.....	24
8. Senyawa basa schiff hasil sintesis salisilaldehida dan etilendiamina	26
9. Reaksi pembentukan senyawa basa schiff	27
10. Spektrum UV-Vis Salisilaldehida.....	27
11. Spektrum UV-Vis senyawa basa schiff.....	28
12. Mekanisme pembentukan senyawa basa schiff salisilaldehida dan.....	30
13. Spektrum inframerah salisilaldehida.....	31
14. Spektrum inframerah etilendiamina.....	31
15. Spektrum inframerah senyawa etilendiamina pada penelitian.....	32
16. Spektrum inframerah senyawa basa schiff.....	32
17. Pengujian kuat arus dan tegangan sel surya pada cahaya matahari	34

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan terhadap energi semakin hari semakin meningkat dikarenakan energi merupakan kebutuhan pokok manusia. Terdapat beberapa macam sumber energi yang dapat kita temukan dalam kehidupan sehari-hari seperti energi panas, energi kimia dan energi listrik. Energi listrik merupakan salah satu energi yang sangat penting peranannya. Di Indonesia, penyumbang listrik terbesar yaitu berasal dari energi fosil/batubara. Diketahui per- Mei 2020, konsumsi listrik didalam negeri sebesar 159,12 juta barel setara minyak/*Barel of Oil Equivalent* (BOE) dan energi fosil/batubara merupakan penyumbang sebesar 85% sebagai bahan baku Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) (Thomas, 2020). Konsumsi listrik pada tahun 2021, meningkat 5,82% dibandingkan tahun sebelumnya yaitu sebesar 168,36 juta BOE (Widi, 2022). Dengan meningkatnya kebutuhan konsumsi listrik, dan polusi udara yang ditimbulkan dari penggunaan energi fosil/batubara sebagai bahan baku Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), maka dibutuhkan sumber energi alternatif yang lebih ramah lingkungan, dapat diperbaharui (*renewable*), dan ekonomis (Zaini dkk, 2018).

Energi alternatif yang sangat potensial untuk dikembangkan yaitu sinar matahari. Energi sinar matahari yang sampai ke bumi mencapai 120.000 terawatt, sehingga dapat dikatakan bahwa energi dari matahari jumlahnya tak terbatas (Zaini dkk., 2018). Berdasarkan alasan ini, pembangkit listrik tenaga surya berpotensi untuk dikembangkan.

Salah satu cara dalam menyerap energi yang bersumber dari matahari yaitu dengan mengubah sinar surya menjadi listrik dengan panel photovoltaik yang terbuat dari semikonduktor berbahan silikon. Oleh sebab itu, penelitian sel surya dengan semikonduktor berbahan silikon terus dikembangkan. Sel surya yang dibuat menggunakan semikonduktor berbahan silikon, memiliki efisiensi tinggi, akan tetapi biaya produksinya relatif mahal. Hal ini disebabkan sel surya konvensional harus menggunakan silikon dengan kemurnian yang tinggi dan juga penggunaan bahan-bahan kimia yang cukup berbahaya. Dikembangkanlah sel surya generasi baru tanpa menggunakan semikonduktor berbahan silikon yang biaya produksinya lebih ekonomis, yang dikenal dengan *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) (Andari, 2017).

Komponen dari DSSC terdiri dari elektroda kerja, semikonduktor, elektrolit, *dye sensitizer*, karbon dan elektroda pembanding. Elektroda kerja yang sering digunakan adalah kaca *Flourine-doped Tin Oxide* (FTO), *Antimony-doped Tin Oxide* (ATO), *Alumunium-doped Zinc Oxide* (AZO), *Indium Thin Oxide* (ITO). Lapisan berikutnya adalah semikonduktor, semikonduktor yang banyak digunakan yakni TiO_2 , ZnO , SnO_2 . Elektrolit gel yang sering digunakan ialah pasangan redoks I^-/I_3^- yang dilarutkan pada asetonitril atau PEG. *Dye sensitizer* yang umum atau banyak digunakan ialah *dye* sintetik *ruthenium complex* maupun *dye* bahan alam. Karbon yang dapat digunakan sebagai komponen DSSC adalah jelaga api lilin maupun karbon aktif. Elektroda pembanding yang digunakan, sama dengan elektroda kerja yaitu kaca *Flourine-doped Tin Oxide* (FTO), *Antimony-doped Tin Oxide* (ATO), *Alumunium-doped Zinc Oxide* (AZO), *Indium Thin Oxide* (ITO). Berdasarkan komponen tersebut, keunggulan DSSC dibandingkan dengan sel surya konvensional berbasis silikon, yakni lebih ekonomis, pembuatannya mudah, serta memiliki efisiensi konversi daya yang tinggi meskipun pada keadaan intensitas cahaya yang kurang dan fabrikasinya yang mudah untuk dilakukan.

Elektrolit merupakan salah satu komponen penting pada DSSC. Terdapat dua jenis elektrolit yaitu elektrolit berfasa padat dan berfasa cair. Elektrolit padat memiliki stabilitas dan daya tahan yang cukup baik aplikasinya pada sel surya DSSC apabila dibandingkan dengan elektrolit berfasa cair (Maddu dan Irmansyah,

2007). Akan tetapi pada DSSC dengan komponen elektrolit berfasa cair, memiliki kelemahan yaitu larutan akan mudah menguap pada temperatur yang tinggi dan sistem akan bereaksi dengan oksigen sehingga mengakibatkan korosi (Zaini dkk., 2018).

Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) merupakan sel surya yang berbasis fotoelektrokimia. DSSC ini muncul seiring dengan perkembangan nanoteknologi yang beberapa tahun kedepan akan sangat penting bagi kehidupan manusia. Sel surya ini pertama kali ditemukan oleh Michael Gratzel dan Brian O'ragen pada tahun 1991 yang dikenal dengan Gratzel Cells (Hardeli dkk., 2013). DSSC berbeda dengan sel surya konvensional yang berbasis silikon. Pada DSSC ini terjadi pemisahan fungsi antara fungsi penyerapan cahaya dengan transport pembawa muatannya.

Pada rangkaian DSSC terdapat beberapa komponen salah satu komponennya yakni *dye*. *Dye* merupakan komponen penting dari DSSC, karena performa DSSC bergantung pada jenis pewarna yang digunakan. Umumnya penelitian DSSC menggunakan *dye* yang berasal dari bahan alam. Beberapa pewarna alami yang berasal dari tumbuhan yaitu pandan betawi, kulit manggis (Shahid dkk, 2013) ekstrak klorofil *Nannochloropsis sp* (Ardianto dkk, 2015), ekstrak buah murbei (Zahrok dan Prajitno, 2015) dan berbagai macam bahan alam yang berwarna. Keunggulan dari bahan alam adalah mudah disintesis, harganya murah dan absorbansinya luas. Kelemahan pewarna alami yaitu pergerakan dan kestabilan senyawa tersebut terhadap panas dan reaksi kimia lebih rendah karena mudah terdegradasi (Shahid dkk, 2013).

Banyak senyawa organik yang digunakan sebagai *dye* pada aplikasi DSSC. Salah satu senyawa organik yang dapat digunakan yaitu ligan basa schiff. Ligan Basa schiff memiliki absorbansi yang lebar pada semua rentang spektrum daerah cahaya tampak serta konduktivitas listrik yang baik sehingga dapat meningkatkan efisiensi tinggi pada DSSC. Ligan merupakan molekul netral atau anion yang berperan sebagai donor pasangan elektron bagi atom pusat atau ion. Tingkat kekuatan ligan nantinya akan berpengaruh pada sifat senyawa kompleks yang terbentuk (Jolly, 1991). Ligan basa schiff umumnya merupakan ligan yang

terbentuk dari reaksi amina primer dan keton atau aldehida. Metode yang digunakan untuk mensintesis ligan basa schiff ini yaitu metode kondensasi yang relatif mudah dan sederhana. Basa schiff memiliki gugus azometina ($-C=N$) yang akan membentuk senyawa kompleks apabila berikatan dengan ion logam. Hal ini terjadi dikarenakan gugus azometina pada basa schiff mampu membentuk senyawa kompleks cincin khelat jika berikatan dengan logam dan memiliki kestabilan yang cukup baik (Sembiring, 2017). Komponen lain dari *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) yakni elektrolit gel, yang digunakan pada penelitian ini yakni polietilen glikol (PEG). Berdasarkan penelitian terdahulu, untuk dapat mengeksplor dan mengetahui lebih banyak tentang efisiensi kinerja DSSC, maka dibuatlah variasi konsentrasi pada elektrolit gel tersebut dengan konsentrasi PEG sebesar 0,15 M, 0,20 M, 0,25 M.

Menurut uraian tersebut dan berdasarkan tinjauan terhadap potensi yang dimiliki oleh ligan basa Schiff, maka pada penelitian ini dilakukan sintesis ligan basa schiff dari salisilaldehida dan etilendiamina dengan metode kondensasi refluks untuk mengembangkan ligan basa schiff sebagai *sensitizer* dengan variasi elektrolit gel pada kinerja DSSC. Hasil sintesis yang telah didapatkan kemudian dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui panjang gelombang maksimum dan tingkat energi, dan *Fourier Transform Infra Red* (FT-IR) digunakan untuk mengetahui gugus fungsi yang terbentuk. Pengukuran kuat arus dan tegangan menggunakan Multimeter Digital yang dihubungkan pada rangkaian DSSC untuk mengetahui keberhasilan basa schiff sebagai *dye sensitizer* pada DSSC dari penelitian ini.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan senyawa basa schiff melalui metode kondensasi dari hasil sintesis salisilaldehida dan etilendiamina.
2. Mendapatkan karakteristik dari senyawa basa schiff yang terbentuk.

3. Aplikasi senyawa basa Schiff sebagai *dye sensitizer* pada *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC).
4. Mendapatkan nilai efisiensi (η), kuat arus (A) dan tegangan (V) yang dapat dihasilkan dari DSSC.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dilakukan penelitian ini adalah senyawa basa schiff hasil sintesis salisilaldehida dan etilendiamina dapat diaplikasikan sebagai *dye sensitized* pada *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC), referensi yang dapat digunakan pada penelitian terkait *sensitized*, alternatif penanggulangan krisis energi listrik.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Basa Schiff

Basa schiff adalah senyawa yang terbentuk dari hasil kondensasi karbonil dan amina primer. Sebutan lain dari basa schiff adalah anil, imina dan azometine. Senyawa basa schiff pertama kali disintesis oleh Hugo Schiff, seorang pemenang Nobel pada tahun 1864 dengan menggunakan metode kondensasi. Reaksi pembentukan basa Schiff dilakukan melalui cara destilasi dengan menggunakan benzena untuk menghasilkan produk terbanyak. Reaksi pembentukan basa Schiff terjadi pada suasana tanpa air (kering), reaksinya bersifat *reversible* (tidak dapat kembali ke bentuk semula). Ciri struktur senyawa basa schiff yakni gugus $-C=N-$ dengan rumus umum $RHC=N-R_1$ dengan R atau R_1 merupakan alkil, aril atau heterosiklik (Ismiyarto dkk., 2020).

Basa schiff adalah jenis ligan multidentat yang merupakan senyawa imina yang sering digunakan sebagai ligan dalam bidang senyawa koordinasi. Hal ini dikarenakan ikatan hidrogen intramolekuler antara atom O dan N yang berperan penting dalam pembentukan senyawa kompleks dan transfer proton dari atom hidroksil (O) ke imina (N). Basa schiff tidak hanya digunakan sebagai ligan. Menurut beberapa penelitian, basa schiff juga berperan sebagai antitumor, antivirus, antijamur, dan antibakteri pada dunia pengobatan (Brodowska & Lodyga, 2014). Basa schiff juga berpotensi sebagai indikator pH di bidang terapan (Ibrahim dan Sharif, 2007), hingga pengaplikasian basa schiff dibidang pertanian, industri dan farmasi (Sembiring dkk., 2013).

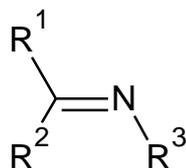
Berdasarkan penelitian Sirumapea, 2015 pada sintesis senyawa antibakteri kompleks Fe(III) dengan derivat *schiff base*, sintesis antara senyawa ortohidroksi benzaldehid (karbonil) dengan senyawa 4,4-diamino difenil eter (amina primer) menghasilkan menghasilkan senyawa basa schiff. Senyawa basa schiff tersebut diperoleh melalui metode refluks. Hasil karakterisasi senyawa basa schiff tersebut menggunakan spektrofotometer FTIR , menunjukkan bahwa senyawa basa schiff telah terbentuk dengan munculnya gugus azometina pada bilangan gelombang $1620,21\text{ cm}^{-1}$. Kemudian pada pengujian aktivitas antibakteri pada bakteri *Staphylococcus aureus*, menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi basa schiff maka semakin besar pula diameter hambatnya. Hal tersebut menunjukkan bahwa senyawa yang diperoleh memiliki aktivitas antibakteri yang baik diakarenakan senyawa basa schiff sebagai donor atom O dan N, sehingga gugus hidroksil meningkatkan aktivitas biologi (Chasanah dkk., 2015).

Basa Schiff banyak digunakan dikarenakan lebih mudah disiapkan melalui metode kondensasi dan mampu mengoordinasikan banyak logam juga menstabilkan logam tersebut dalam reaksi katalitik. Basa Schiff dapat digunakan sebagai kemosensor, yaitu senyawa kimia yang dapat digunakan sebagai sensor yang bekerja apabila terdapat analit pada suatu proses yang menunjukkan adanya senyawa ion ataupun senyawa kompleks (Nur & Purwono, 2017).

Basa schiff berpotensi membentuk kompleks yang stabil dengan ion logam transisi, oleh karena itu basa schiff sering digunakan sebagai ligan untuk kompleksasi ion logam. Banyak manfaat yang dimiliki oleh kompleks logam basa schiff antara lain sebagai antimikroba, antikanker dan antitumor. Sintesis logam dengan ligan basa schiff banyak dipelajari dikarenakan sifatnya fleksible, selektif juga sensitif. Hasil sintesis tersebut dapat digunakan sebagai katalis, dalam bidang industri digunakan sebagai antikorosi, dalam bidang kesehatan digunakan sebagai agen anti-inflamasi dan antibiotik (Chasanah dkk., 2015).

Basa schiff umumnya berbentuk padatan kristal yang bersifat basa lemah. Dalam sintesis asam amino atau dalam pembuatan kompleks logam dengan rangkaian struktur yang berbeda digunakan basa schiff sebagai zat antara. Basa schiff memiliki pengaplikasian yang luas diberbagai bidang kehidupan. Proses

pembentukan basa schiff (imina) pada mekanismenya dapat dilakukan dalam suasana asam ataupun basa (Febriany, 2014). Pada Gambar 1 menunjukkan struktur umum dari basa Schiff :



Gambar 1. Struktur umum basa schiff (Brodowska dan Lodyga, 2014)

2.2 Reaksi Aldehida dengan Amina Primer

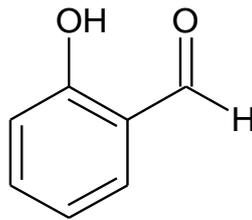
Pada pembentukan senyawa basa schiff terjadi reaksi Mannich atau reaksi kondensasi. Basa schiff yang disintesis dari amina primer dan aldehida aromatis akan lebih stabil karena memiliki sistem konjugasi yang lebih panjang. Amonia merupakan suatu nukleofil yang dapat menyerang gugus karbonil. Produk yang dihasilkan adalah senyawa yang mengandung gugus $-C=N-$. Sintesis senyawa basa schiff melalui dua tahapan reaksi, yaitu reaksi adisi dan reaksi eliminasi (Fessenden dan Fessenden, 1982).

Pada tahap pertama, reaksi yang terjadi adalah reaksi adisi amina. Amina akan berperan sebagai nukleofilik yang akan menyerang karbon yang memiliki parsial positif pada karbonil aldehida. Rreaksi ini menyebabkan terprotonasinya atom oksigen pada karbonil dan lepasnya proton dari atom nitrogen pada amina primer (Fessenden dan Fessenden, 1982).

Pada tahap kedua, reaksi yang terjadi adalah reaksi eliminasi. Produk samping dari reaksi ini berupa H_2O yang terbentuk dari $-OH$ terprotonasi. Laju pembentukan basa schiff optimal pada kisaran pH 3-4, sehingga laju reaksi pada tahap kedua ini meningkat dibandingkan laju pada tahap pertama, yang disebabkan meningkatnya konsentrasi asam (Fessenden dan Fessenden, 1982).

2.3 Salisilaldehida

Salisilaldehida merupakan aldehida aromatik sintesis dengan gugus formil atau aldehida (-CHO) pada struktur kimianya dan memiliki rumus molekul $C_7H_6O_2$. Salisilaldehida merupakan senyawa dengan massa molar 122,12 g/mol yang berbentuk cairan berminyak berwarna merah gelap. Salisilaldehida memiliki massa jenis sebesar $1,146 \text{ g/cm}^3$, titik leburnya -7°C , titik didihnya sebesar 196°C hingga 197°C . Basa schiff dari salisilaldehida diproses menggunakan metode kondensasi. Peneliti terdahulu banyak melakukan sintesis basa schiff menggunakan salisilaldehida yaitu sintesis senyawa basa schiff *N,N'*-*Bis(Salicylidene)Ethylenediamine* (Ghann dkk., 2017) dan *N,N'*-*bis(salicylaldehyde)ethylenediimine* (Dadhah dan Niasari, 2014). Gambar 2 menunjukkan struktur dari salisilaldehida :



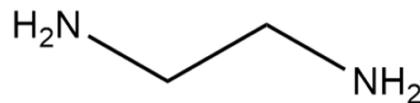
Gambar 2. Struktur salisilaldehida (Dakhah dan Niasari, 2014)

Melalui metode kondensasi, salisilaldehida disintesis dengan menggunakan amina primer untuk diubah menjadi senyawa basa schiff. Pada penelitian ini dilakukan sintesis antara salisilaldehida dengan etilendiamina agar dapat diaplikasikan sebagai *dye* pada DSSC. Salisilaldehida tidak hanya dapat dipergunakan sebagai senyawa pembentuk basa schiff, pada penelitian terdahulu salisilaldehida juga digunakan sebagai modifikasi kain antibakteri (Ismiyarto dkk, 2020).

2.4 Etilendiamina

Etilendiamina merupakan senyawa organik yang memiliki rumus $C_2H_4(NH_2)_2$, merupakan amina sintetis yang terbentuk dari hasil reaksi antara etilenklorida dan

amonia. Etilendiamina atau 1,2-dimetiletana memiliki sifat seperti tidak berwarna (jernih), memiliki bau amonia, densitasnya $0,898 \text{ g/cm}^3$, sedikit larut dalam eter, titik didihnya $116\text{-}117^\circ\text{C}$, tidak larut dalam benzena, bersifat sangat basa, mudah mengadsorpsi CO_2 dalam udara membentuk karbonat yang tidak mudah menguap, merupakan poliamina primer yang larut dalam air dan bersifat higroskopis (Ghan dkk, 2017). Gambar 3 menunjukkan struktur etilendiamina :



Gambar 3. Struktur etilendiamina (Ghan dkk, 2017)

Senyawa basa schiff berhasil disintesis pada penelitian terdahulu dengan menggunakan etilendiamina, yakni dengan mensintesis senyawa basa schiff dari furfural dengan etilendiamina. Etilendiamina harus dilindungi dari kelembaban atmosfer dan CO_2 selama pemurnian dan pemakaiannya karena akan menyebabkan banyak kesalahan dalam hasil yang diperoleh (Bulolo, 2018).

2.5 *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)*

Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) pertama kali ditemukan oleh Michael Gratzel dan Brian O'Regan pada tahun 1991 di Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, Swiss. DSSC merupakan salah satu energi alternatif ramah lingkungan. DSSC mengubah energi surya menjadi energi listrik. DSSC telah menjadi salah satu topik yang diteliti secara intensif oleh peneliti dunia. DSSC merupakan sel surya yang terbuat dari elektroda semikonduktor yang dilapisi oleh zat warna untuk meningkatkan efisiensi konversi sinar matahari. Sistem konversi energi surya menjadi energi listrik berlangsung melalui sistem yang disebut sel fotovoltaik.

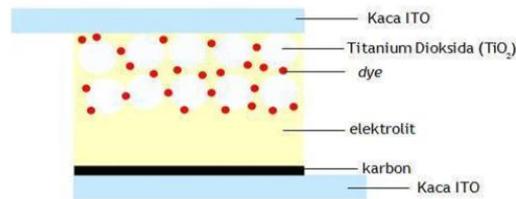
Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) tersusun atas elektroda semikonduktor, pewarna, elektroda lawan dan elektrolit. DSSC bekerja pada daerah sinar tampak

dan sedikit daerah infra merah. DSSC merupakan terobosan pertama dalam teknologi sel surya sejak sel surya silikon. DSSC di desain atas beberapa komponen yang di susun secara berurutan. Sel surya merupakan salah satu energi alternatif yang terus dikembangkan. *Dye Sensitized Sollar Cell* (DSSC) merupakan salah satu sel surya generasi ketiga yang berbasis *dye sensitized* dimana *dye* sebagai sensitizier yang berfungsi menyerap energi matahari dan mengalirkan elektron ke lapisan semikonduktor (Ayalew & Ayele, 2016).

DSSC tersusun atas dua elektroda yakni elektroda kerja dan elektroda lawan. Elektroda berperan sangat penting dalam DSSC. Elektroda kerja dalam DSSC juga berfungsi sebagai tempat absorpsi *dye*. Salah satu aplikasi DSSC adalah sebagai *solar window* (panel surya dalam bentuk kaca jendela). Salah Satu syarat *solar window* adalah transparan (Dewi dkk., 2017). Energi surya yang mulai dikembangkan yakni DSSC, yang dapat mengonversi sinar tampak menjadi energi listrik berdasarkan sensitivitas lebar *band gap* dari bahan semikonduktor. Adapun DSSC memiliki keunggulan maupun kekurangan. Keunggulan dari DSSC adalah tidak memerlukan bahan dengan kemurnian yang tinggi, sehingga biaya yang dibutuhkan relatif rendah. Namun demikian, DSSC memiliki kelemahan yaitu stabilitasnya rendah karena penggunaan elektron cair yang mudah mengalami degradasi atau kebocoran. Penyerapan cahaya pada DSSC dilakukan oleh molekul zat warna (*dye*) dan pemisah muatan oleh semikonduktor yang memiliki celah pita yang besar (Aprilla & Haris, 2016).

2.5.1 Komponen DSSC

Dye sensitized sollar cell (DSSC) tersusun atas beberapa komponen sehingga dapat menjadi mekanisme fotovoltaiik. Beberapa komponen tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Komponen struktur DSSC (Firmanila, 2016)

2.5.1.1 Substrat atau Elektroda Kerja

Substrat yang digunakan yaitu *transparent conductive oxide* (TCO) karena bersifat konduktif dan transparan. *Transparent Conductive Oxide* (TCO) dengan karakteristik transparansi yang tinggi pada panjang gelombang *visible* dan resistivitas listrik yang rendah sehingga dapat dimanfaatkan sebagai *window layer* pada sel surya. Fungsi kaca tersebut ialah sebagai elektroda kerja dan elektroda pembanding, penghantar elektron yang dieksitasi oleh dye. *Flourine-doped tin oxide* (FTO), *antimony-doped tin oxide* (ATO), *alumunium-doped zinc oxide* (AZO) merupakan kaca yang banyak digunakan dalam pembuatan DSSC. Akan tetapi, kaca FTO sangat sulit untuk diperoleh sehingga digantikan dengan kaca *indium thin oxide* (ITO) yang memiliki karakterisasi yang baik seperti memiliki *band gap* lebar sekitar $\sim 3,7$ eV, transmitansi optik yang baik sebesar $\sim 85\%$ dan konduktivitas listrik yang tinggi yaitu $\sim 10^4$ ohm⁻¹ dan metode penggunaannya yaitu dengan proses sintering lapisan oksida substrat pada suhu 450-500°C (Firmanila, 2016).

2.5.1.2 Semikonduktor

Komponen kedua pada DSSC yakni semikonduktor berbentuk padatan kristalin yang berperan memfasilitasi proses reduksi karena struktur elektronik konduktif mengarah sebagai pita konduksi dan pita valensi. Semikonduktor yang sering digunakan yaitu ZnO, TiO₂, SnO₂. Titanium dioksida (TiO₂) banyak dipilih dikarenakan memiliki *band gap* yang lebar, menjadikan elektron yang mengalir dari pita konduksi ke pita valensi semakin banyak sehingga mengakibatkan ruang reaksi fotokatalis dan absorpsi oleh pewarna (*dye*) menjadi lebih banyak dan spektrum menjadi lebih lebar. TiO₂ berfungsi sebagai material anoda dikarenakan

memiliki kelebihan yaitu sensitif terhadap cahaya, struktur yang stabil dibawah radiasi matahari dan harga yang relative murah. TiO_2 memiliki *band gap* yang tinggi yaitu sebesar 3,2 eV. TiO_2 juga merupakan bahan yang inert serta tidak berbahaya dan memiliki karakteristik optik yang cukup baik (Dwiphanur dkk., 2020).

2.5.1.3 *Dye Sensitizer* (Zat Warna)

Dye merupakan komponen ketiga dalam rangkaian DSSC. *Dye* berfungsi sebagai tempat berlangsungnya eksitasi elektron ketika terkena sinar matahari. *Dye* yang umum atau banyak digunakan ialah *dye* sintetik *ruthenium complex* dengan efisiensi 9,2%. Akan tetapi ketersediaan dan harganya yang relatif mahal memungkinkan untuk menggantikannya dengan *dye* alternatif lain. *Dye* yang digunakan harus dapat melekat kuat pada TiO_2 atau semikonduktor agar injeksi elektron ke dalam pita konduksi dari semikonduktor dapat berlangsung secara efisien. *Dye* juga harus memiliki ikatan rangkap terkonjugasi dan gugus kromofor (Andari, 2017).

2.5.1.4 Elektrolit

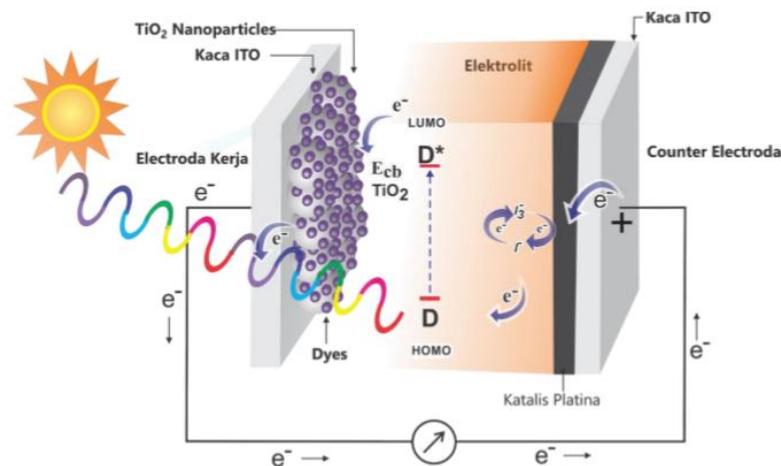
Elektrolit berfungsi sebagai penghubung atau mediator elektron antara TiO_2 photoanoda elektroda dengan counter elektroda. Elektrolit berupa pasangan redoks I/I_3^- yang merupakan pasangan redoks terbaik untuk mereduksi *dye* secara efektif. Pasangan redoks I/I_3^- secara umum dilarutkan dengan menggunakan pelarut organik seperti asetonitril. Akan tetapi, penggunaan asetonitril mengakibatkan evaporasi dan dapat terbakar sehingga digantikan dengan menggunakan *solid* atau *quasi-solid state electrolyte*. Pelarut lain yang dapat digunakan sebagai pengganti ialah *polyethylene glycol* (PEG). Elektrolit berfasa liquid dapat digantikan dengan alternatif baru yaitu elektrolit berfasa gel. Pasangan redoks I/I_3^- berperan sebagai *carrier* dan transport muatan sehingga memungkinkan siklus elektron dan regenerasi molekul *dye* dalam DSSC (Hikmah & Prajitno, 2015).

2.5.1.5 Elektroda Pembanding

Pada *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) elektroda pembanding digunakan sebagai katalis reaksi redoks pada elektrolit dan merupakan salah satu faktor penting pada siklus terproduksi arus dan tegangan. Umumnya digunakan kaca yang dilapisi dengan karbon atau platina yang digunakan sebagai elektrolit pembanding.

Katalis berbahan karbon ialah katalis yang sering digunakan pada DSSC. Karbon yang digunakan ialah yang sifatnya tahan terhadap korosi, memiliki luas permukaan yang relatif lebih luas dibandingkan dengan platina, kemampuan elektrokatalitis yang baik, memiliki kereaktifan yang tinggi. Reaksi yang terjadi pada foto anoda dipastikan harus lebih lambat dibandingkan dengan reaksi pada elektroda pembanding (Kumara & Prajitno, 2012). Karbon yang digunakan pada elektroda pembanding dapat menggunakan grafit dari pensil (Damayanti dkk., 2014) atau karbon dari jelaga api lilin (Chadijah dkk., 2017).

2.5.2 Prinsip Kerja *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC)



Gambar 5. Skema prinsip kerja DSSC (Hardeli, dkk., 2013)

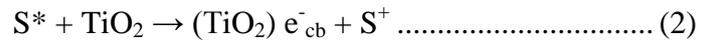
Prinsip kerja DSSC secara skematis dapat dilihat pada Gambar 5. Untuk proses lebih lanjut yang terjadi dapat dijelaskan sebagai berikut:

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



Foton dari sinar matahari menimpa elektroda kerja pada DSSC, foton kemudian diserap oleh partikel warna (*dye*) yang menempel pada permukaan partikel TiO₂. Elektron dari zat warna memiliki energi untuk tereksitasi (S*), seperti yang ditunjukkan pada persamaan 1.

2. Elektron dari *excited state* kemudian langsung terinjeksi menuju *conduction band* (ecb) TiO₂ sehingga molekul *dye* teroksidasi (S⁺)

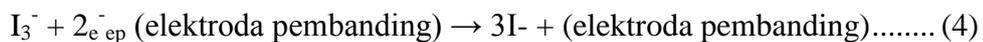


Elektron yang tereksitasi dari molekul *dye* tersebut kemudian diinjeksikan ke pita konduksi TiO₂ yang berperan sebagai akseptor elektron. Molekul *dye* yang ditinggalkan dalam kondisi teroksidasi, seperti yang ditunjukkan pada persamaan 2.

3. Adanya donor elektron oleh elektrolit (I-) maka molekul *dye* kembali ke keadaan awalnya (*ground state*) dan mencegah penangkapan kembali elektron oleh *dye* yang teroksidasi, seperti ditunjukkan pada persamaan 3.



4. Setelah sampai pada elektroda kerja atau TCO, elektron mengalir melalui rangkaian eksternal menuju elektroda pembanding. Adanya katalis pada elektroda pembanding, elektron diterima oleh elektrolit sehingga *hole* yang terbentuk pada elektrolit (I₃⁻), akibat donor elektron pada proses sebelumnya, berkombinasi dengan elektron membentuk iodida (I-), seperti ditunjukkan pada persamaan 4.



5. I₃⁻ dihasilkan pada TiO₂ kemudian digunakan pada elektroda pembanding, sehingga penyebarannya pada elektrolit saling berhubungan. Begitupula dengan I dihasilkan pada elektroda pembanding kemudian disebarkan ke arah yang berlawanan dalam elektrolit. I digunakan untuk mendonorkan electron ke *dye* yang teroksidasi, hingga terbentuklah siklus transpor elektron.

Dengan siklus ini terjadi konversi cahaya matahari menjadi listrik (Hardeli dkk., 2013).

2.6 Karakterisasi Senyawa Basa Schiff

Pada penelitian ini senyawa basa schiff hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis dan spektrofotometer FTIR.

2.6.1 Spektrofotometri UV-Vis

Spektrofotometri sinar tampak (UV-Vis) merupakan salah satu teknik analisis spektroskopi yang menggunakan sumber radiasi elektromagnetik ultraungu (190-380 nm) dan sinar tampak (380-780 nm) dengan instrumen spektrofotometer (Mulja & Suharman, 1995) atau pengukuran energi cahaya oleh suatu sistem kimia pada panjang gelombang tertentu (Day & Underwood, 2001). Sampel yang dapat diukur dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis ialah sampel yang memiliki warna ataupun yang dibuat berwarna. Hubungan warna-warna tersebut dan panjang gelombang disertai dengan warna komplementer yaitu warna dengan pandangan dua warna (spektrum), apabila kedua warna ini digabungkan maka akan menjadi warna putih, yang dapat dilihat pada Tabel 1 berikut :

Tabel 1. Panjang gelombang dan warna komplementer

Panjang Gelombang (nm)	Warna	Warna Komplementer
400-435	Ungu	Hijau kekuningan
435-480	Biru	Kuning
480-490	Biru kehijauan	Jingga
490-500	Hijau kebiruan	Merah
500-560	Hijau	Biru keunguan
595-610	Jingga	Biru kehijauan
610-680	Merah	Hijau kebiruan
680-700	Ungu kemerahan	Hijau

(Sumber: Khopkar, 1990)

Tabel 2. Absorpsi kromofor senyawa aromatik pada spektrofotometer UV-Vis

Kromofor/Senyawa	λ maks	ϵ maks	Transisi
------------------	----------------	-----------------	----------

Karbonil	186-280	$1,0 \times 10^3 - 16$	$n \rightarrow \pi^*$
Azometin	339	60	$n \rightarrow \pi^*$
Keton	282	27	Delokalisasi n^*
Benzena	204	$7,9 \times 10^3$	$\pi \rightarrow \pi^*$
Anilin	230	$8,6 \times 10^3$	$\pi \rightarrow \pi^*$
Fenol	211	$6,2 \times 10^3$	$\pi \rightarrow \pi^*$

(Sumber: Khopkar, 1990)

apat dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis ialah senyawa tersebut mengandung gugus kromofor. Kromofor merupakan gugus fungsional yang mengabsorpsi radiasi ultraviolet dan *visible* jika diikat dengan gugus aoksokrom. Hampir seluruh kromofor memiliki ikatan rangkap terkonjugasi seperti dienon ($-(O=C)-C(=O)-$), benzena dan lain-lain. Auksokrom merupakan gugus fungsional yang memiliki elektron bebas, seperti $-OH$, $-X$, $-NH_2$, $-NO_2$ (Harminta, 2006). Prinsip kerja spektrofotometer UV-Vis yaitu apabila cahaya jatuh pada medium homogen, sinar yang masuk sebagian akan diserap dan sebagian akan dipantulkan, kemudian sisanya akan diteruskan.

Pada penelitian Kurniawan (2009), spektrum menunjukkan bahwa ligan basa schiff memiliki satu panjang gelombang maksimum pada 312,9 nm dan absorbansi 2,758. Pembentukan puncak panjang gelombang tersebut disebabkan oleh basa Schiff yang mengandung gugus kromofor, yaitu Imina atau azometin ($-C=N$), memberikan serapan panjang gelombang yang khas. Panjang gelombang maksimum ligan melibatkan transisi $\pi \rightarrow \pi^*$ gugus imina atau benzena dalam basa schiff dengan elektron π (ϕ) ke orbital π^* (anti-ikatan ϕ).

2.6.2 Spektrofotometri *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Spektrofotometri *Fourier Transform Infrared* (FTIR) merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengamati interaksi molekul senyawa organik dengan radiasi elektromagnetik. Prinsip kerja dari spektrofotometri FTIR yaitu apabila suatu senyawa ditembak dengan suatu energi yang berasal dari suatu sinar maka molekul senyawa tersebut akan mengalami vibrasi. Energi yang berasal dari sinar inframerah yang tidak cukup kuat untuk mengalami atomisasi atau eksitasi elektron pada molekul senyawa yang ditembak mengakibatkan terjadinya vibrasi. Besarnya vibrasi tiap atom atau molekul berbeda, tergantung pada atom-atom atau

kekuatan ikatannya sehingga frekuensi yang dihasilkan juga berbeda-beda (Griffiths & Haseeth, 2007). Spektrum IR untuk senyawa yang berbeda, gugus fungsinya juga berbeda sehingga serapan IR yang dihasilkan juga berbeda.

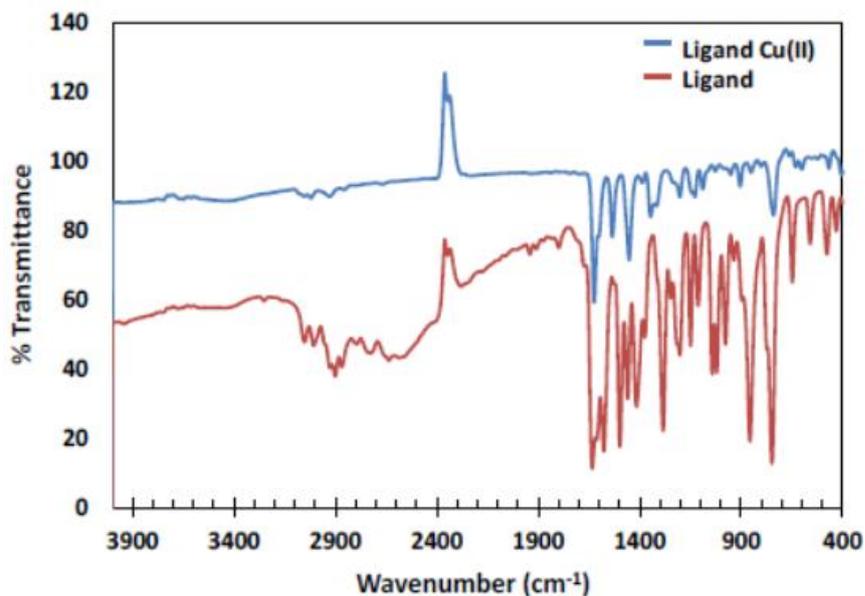
Tabel 3. Pita serapan gugus fungsi pada spektrofotometer FTIR

Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang (cm^{-1})
$\nu(\text{M-N})$	400-600
$\nu(\text{N-H})$	3000-3500
$\nu(\text{C-N})$	1180-1360
$\nu(\text{N=N})$	1400-1500
$\nu(\text{C=N})$	1600-1660
$\nu(\text{C=O})$	1710-1720
$\nu(\text{C-H})$	2850-2970
$\nu(\text{O-H})$	3100-3700

(Sumber: Khopkar, 1990)

Gugus alkohol (-OH) dari etanol memiliki serapan yang melebar pada daerah $3550\text{-}3200\text{ cm}^{-1}$, senyawa fenol memiliki gugus hidroksi (-OH) yang mempunyai serapan pada daerah 3224 cm^{-1} . Gugus karbonil (-C=O) pada keton, aldehida, asam karboksilat, amida dan ester umumnya emberikan serapan tajam pada $1870\text{-}1540\text{ cm}^{-1}$. Akan tetapi, gugus karbonil (-C=O) pada aldehid atau keton yang tersubstitusi oleh fenil menyerap radiasi IR pada 1686 cm^{-1} . Gugus eter (-R-O-R) memiliki serapan pada daerah $1150\text{-}1085\text{ cm}^{-1}$, tetapi pada senyawa aromatik seperti anisol, vibrasi simetris eter menunjukkan serapan pada 1046 cm^{-1} (Silverstein dkk., 2005).

Pada penelitian sebelumnya, terdapat karakteristik yang menarik pada basa schiff yaitu terdapat pita serapan yang muncul akibat adanya gugus azometina atau imina (-C=N) pada spektrum inframerahnya. Spektrum inframerah dari basa schiff menunjukkan absorpsi yang kuat pada 1620 cm^{-1} (Yildirim dkk., 2002), 1605 cm^{-1} (Lu dkk., 2006), 1657 cm^{-1} (Tai dkk., 2003), $1600\text{-}1650\text{ cm}^{-1}$ (Sembiring dkk., 2021) yang berkaitan dengan vibrasi uluran (-C=N) dari gugus imina basa schiff.



Gambar 6. Spektrum IR senyawa basa schiff (Ghan,dkk., 2017)

Berdasarkan hasil spektrum senyawa basa schiff (Ghann dkk., 2017), hasil spektrum FTIR senyawa *N,N'*-Bis(Salicylidene)Ethylenediamine yang merupakan hasil sintesis senyawa salisilaldehida dan etilendiamina mengindikasikan adanya serapan-serapan khas, bilangan gelombang 1680 dan 1560 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus imina ($-\text{C}=\text{N}$). Pada bilangan gelombang 3200-2700 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi $-\text{C}-\text{H}$ yang secara teoritis pita $-\text{C}-\text{H}$ muncul pada bilangan gelombang 3000-3100 cm^{-1} (Khopkar, 1990). Karakterisasi dengan menggunakan spektrofotometer FTIR bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi khas yang terdapat pada ligan dan senyawa kompleks yang telah diintesis. Serapan khas pada senyawa basa schiff terletak pada ikatan $-\text{C}=\text{N}$ pada daerah 1500-1600 cm^{-1} (Ummathur dkk., 2009).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Waktu pelaksanaan penelitian dimulai dari bulan September 2022 s/d Februari 2023 yang dilaksanakan di Laboratorium Kimia Anorganik/Fisik, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Analisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis dilakukan di Laboratorium Kimia Anorganik/Fisik dan spektrofotometer FT-IR dilakukan di UPT Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi (LTSIT).

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat-alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: labu leher dua, pipet tetes, pipet volume, bulb, gelas beaker, gelas ukur, *magnetic stirrer*, batang pengaduk, corong, kaca arloji, gelas Erlenmeyer, *thermometer*, satu set peralatan refluks, desikator, spatula, *hot plate stirrer* merk Stuart US152, *furnace*, cawan porselen, mortar dan alu, penjepit kaca, neraca analitik merk Kern ABT 220-4M, multimeter digital merk Dekko DM148C, Spektrofotometer UV-Vis Tipe Carry 50, spektrofotometer FT-IR Tipe Carry 630.

3.2.2 Bahan-bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi salisilaldehida ($C_7H_6O_2$), etilendiamina ($C_2H_8N_2$), etanol p.a Merck, alkohol 96%, bubuk TiO_2 , etil asetat, kertas saring *whattman* 42, polietilen glikol (PEG) 6000, asetonitril p.a, kalium iodida, iodin (I_2), arang aktif, akuabides, *scotch tape*, kaca *Indium Thin Oxide* (ITO) berukuran 2x2 cm x 1cm.

3.3 Prosedur Kerja

Prosedur yang dilakukan terdapat dua tahapan yaitu sintesis basa schiff, dan fabrikasi *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC). Sintesis basa schiff dilakukan sebagai tahap mempersiapkan ligan yang akan diaplikasikan pada *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC). Tahap *Fabrikasi Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) merupakan tahapan pembuatan pasta TiO_2 dengan pewarna basa schiff yang telah dibuat pada tahap sebelumnya. Adapun prosedur kerja yang dilakukan adalah sebagai berikut:

3.3.1 Sintesis Senyawa Basa Schif

Basa schiff dari salisilaldehida dan etilendiamina disintesis dengan perbandingan mol 1:1. Sebanyak 1,15 mL (0,01 mol) salisilaldehida dilarutkan dalam 10 mL etanol dan 0,66 mL (0,01 mol) etilendiamina dalam 10 mL etanol dicampurkan. Kemudian campuran direfluks selama 2 jam pada suhu $78^{\circ}C$, kemudian didiamkan hingga terbentuk kristal. Kristal yang terbentuk disaring dengan *whattman* 42, dicuci dengan akuabides dan dikeringkan dalam desikator. Kristal kering akan ditimbang beratnya hingga konstan. Kristal kering ini kemudian dihaluskan menggunakan lumpang dan alu. Kemudian diukur panjang gelombang maksimum (λ) dan absorbansinya menggunakan spektrofotometri UV-Vis dan spektrofotometer IR.

3.3.2 Fabrikasi *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC)

3.3.2.1 Preparasi Pasta TiO₂

Disiapkan pasta yaitu dengan menimbang serbuk TiO₂ sebanyak 0,5 g lalu digerus dan diayak hingga didapatkan serbuk yang halus, ditambahkan 2 mL etanol dan diaduk dengan pengaduk magnetik selama 15 menit hingga berbentuk pasta, hingga pasta homogen.

3.3.2.2 Preparasi Zat Warna Basa Schiff

Zat warna pada *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) dibuat menjadi pasta dengan cara mencampurkan dengan pasta TiO₂. Sebanyak 0,5 g zat warna dari ligan basa schiff hasil sintesis salisilaldehida dan etilendiamina, dicampurkan dengan pasta TiO₂ yang telah dibuat. Campuran tersebut dihomogenkan menggunakan pengaduk magnet atau *magnetic stirrer* selama 15 menit hingga zat warna merata. Kemudian zat warna disimpan pada wadah tertutup.

3.3.2.3 Deposisi TiO₂ pada Substrat

Sebanyak 6 buah kaca ITO dicuci dengan alkohol 96%. Pada sisi konduktif kaca ITO ditutup dengan selotip hingga menyisakan ukuran 0,5 x 0,5 cm. Campuran dari pasta TiO₂ dengan zat warna dari ligan basa schiff kemudian dilapiskan pada sisi konduktif 6 buah kaca ITO dengan metode *doctor rblade* yakni menggunakan batang pengaduk hingga merata. Lapisan pasta tersebut dikeringkan selama 10 menit dan difurnace selama 15 menit pada suhu 200°C.

3.3.2.4 Preparasi Elektrolit Gel

Preparasi elektrolit divariasikan menjadi tiga konsentrasi PEG 0,15 M, PEG 0,20 M, PEG 0,25 M. Larutan PEG 0,15 M dibuat dari 0,498 g KI yang dilarutkan kedalam 6 mL asetonitril, lalu dicampurkan dengan 0,076 g I₂ yang telah dilarutkan kedalam 6 mL asetonitril. Campuran tersebut ditambahkan dengan 3,6

g PEG 6000 kemudian diaduk menggunakan pengaduk magnet hingga homogen. Untuk pembuatan PEG dengan konsentrasi 0,20 M, 0,25 M, menggunakan prosedur yang sama. Akan tetapi, pada pembuatan larutan PEG 0,20 M ditambahkan 4,8 g PEG 6000 kedalam campuran KI dan I₂. Kemudian, pada larutan PEG 0,25 M ditambahkan 6,0 gram PEG 6000 kedalam campuran KI dan I₂.

3.3.2.5 Preparasi Elektroda Karbon

Kaca *Indium Thin Oxide* (ITO) yang sudah dipreparasi kemudian digosokkan arang aktif hingga terbentuk lapisan karbon. Masing-masing tepi kaca digosok (dirapikan) menggunakan kertas tisu agar karbon yang terbentuk seluas 1,5 x 1,5 cm.

3.3.2.6 Pembuatan Lapisan Sandwich DSSC

Pada perakitan sel surya, langkah pertama yang harus dilakukan ialah menyiapkan 3 buah kaca ITO yang telah dibersihkan. Ketiga kaca ITO berukuran 2x2 cm tersebut dibuat area sebagai tempat campuran TiO₂ dengan basa schiff dideposisikan sehingga terbentuk area sebesar 1,5 x 1,5 cm dengan bantuan selotip pada bagian kaca yang konduktif. Pasta campuran TiO₂ dan basa schiff dideposisikan diratakan dengan menggunakan batang pengaduk pada area yang telah dibuat pada ketiga kaca konduktif. Lapisan dikeringkan selama 10 menit dan di furnace selama 10 menit pada suhu $\pm 200^{\circ}\text{C}$. Kemudian larutan gel polimer yang telah dibuat menjadi tiga variasi konsentrasi, ditetaskan masing-masing pada kaca yang terdapat campuran pasta TiO₂ dan basa schiff. Kaca pertama ditetaskan larutan gel elektrolit 0,15 M, kaca kedua ditetaskan larutan gel elektrolit 0,20 M, kaca ketiga ditetaskan larutan gel elektrolit 0,25 M. Elektroda kerja dan elektroda pembanding disusun seperti struktur *sandwich*, seperti yang terlihat pada Gambar 7 dengan dua sisi diberi *offside* sebesar 0,5 cm untuk kontak elektrik. Kedua sisi lain dengan penjepit agar tidak bergeser atau berubah posisi. Ketiga sel surya yang telah dirangkai dilakukan pengukuran kuat arus dan

tegangan dengan menggunakan multimeter digital merk Dekko DM148C. Kemudian siap dilakukan pengujian terhadap sel surya.



Gambar 7. Struktur *sandwich* rangkaian DSSC

3.3.2.7 Pengujian *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC)

Sel surya yang telah dirangkai selanjutnya dilakukan pengukuran kuat arus dan tegangan yang terukur dari sel surya dengan menggunakan multimeter digital. Pengukuran tersebut dilakukan dengan cara menghubungkan rangkaian *dye sensitized solar cell* (DSSC) yang telah diberi penjepit buaya dengan kabel pada multimeter digital. Elektroda pembanding (kutub positif) dihubungkan dengan probe merah dan elektroda kerja (kutub negatif) dihubungkan dengan probe hitam pada multimeter. Sumber cahaya yang digunakan ialah cahaya matahari langsung pada penyinaran siang hari.

3.4 Analisis Ligan Basa Schiff

3.4.1 Karakterisasi Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis

Dilakukan pengukuran panjang gelombang maksimum (λ_{maks}) pada senyawa basa schiff. Sebanyak $1,64 \times 10^{-5}$ g (10^{-5} M) dilarutkan dengan etanol p.a menggunakan labu takar 10 mL. Kemudian dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis nilai absorbansinya pada panjang gelombang 200-600 nm.

3.4.2 Karakterisasi Menggunakan Spektrofotometer FTIR

Pengukuran sampel padat senyawa ligan basa schiff dengan menggunakan metode DRS 8000, yang dicampurkan terlebih dahulu sampel dengan KBr (5-10%). Kemudian diletakkan pada *sample pan*, lalu dianalisis dengan menggunakan spektrofotometri FTIR dengan pita serapan 400-4000 cm^{-1} . Sedangkan pengukuran dengan menggunakan metode pelet, sampel padat dicampurkan dengan serbuk KBr (5-10%). Campuran yang telah dihomogenkan, kemudian dibuat pelet KBr dengan menggunakan alat *mini hand press*. Setelah pil terbentuk, sampel siap untuk dianalisis.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan simpulan sebagai berikut:

1. Sintesis basa schiff dari salisilaldehida dan etilendiamina menghasilkan kristal berwarna kuning terang sebanyak 4,068 gram dengan rendemen sebesar 82,63%.
2. Basa schiff hasil sintesis mengalami pergeseran kearah batokromik dengan panjang gelombang maksimum sebesar 318 nm dengan absorbansi 0,165.
3. Hasil analisis spektra IR menunjukkan sintesis basa schiff telah berhasil dilakukan dengan munculnya puncak serapan khas senyawa target yaitu gugus azometina (-C=N-) pada daerah 1625 cm^{-1} .
4. Berdasarkan hasil analisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan FT-IR mengindikasikan bahwa senyawa basa Schiff hasil sintesis sangat memungkinkan untuk digunakan sebagai *dye sensitizer* pada DSSC.
5. Pengujian DSSC menghasilkan efisiensi (η) tertinggi yang dihasilkan dari variasi elektrolit gel PEG 0,25 M dengan menggunakan pasta TiO_2 dan elektroda arang aktif sebesar 1,904% dengan tegangan maksimum (V_{max}) 1360 mV, kuat arus maksimum (I_{max}) 1,4 mA.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, pada penelitian selanjutnya disarankan sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai desain sel yang lebih optimal untuk menjaga performansi dari sel surya
2. Dilakukan sintesis senyawa kompleks dengan menggunakan ligan basa schiff hasil penelitian, kemudian diaplikasikan sebagai *dye sensitizer* pada DSSC untuk mengetahui kinerja fotovoltaiik dengan adanya pengaruh pengompleksan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andari, R. 2017. Sintesis dan Karakterisasi Dye Sensitized Solar Cells (DSSC) dengan Sensitizer Antosianin dari Bunga Rosella. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 13(2), 88.
- Aprilla, W. R., & Haris, A. 2016. Sintesis Semikonduktor TiO₂ serta Aplikasinya pada Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC) Menggunakan Dye Indigo Carmine. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 19(3), 111–117.
- Ardianto, R., Nugroho, W. A., & Sutan, S. M. 2015. Uji Kinerja Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Menggunakan Lapisan Capacitive Touchscreen Sebagai Substrat dan Ekstrak Klorofil Nannochloropsis Sp. Sebagai Dye Sensitizer dengan Variasi Ketebalan Pasta TiO₂. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*, 3(3), 325-337.
- Ayalew, W. A., & Ayele, D. W. 2016. Dye-sensitized solar cells using natural dye as light-harvesting materials extracted from *Acanthus sennii* chiovenda flower and *Euphorbia cotinifolia* leaf. *Journal of Science: Advanced Materials and Devices*, 1(4), 488–494.
- Brodowska, K., & Lodyga-Chruscinska, E. 2014. Schiff bases—Interesting range of applications in various fields of science. *Chemik*, 68, 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. *Universitas Sumatera Utara*, 61.
- Chadijah, S., Dahlan, D., & Harmadi, H. 2017. Pembuatan Counter Elektroda Karbon Untuk Aplikasi Elektroda Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC). *Jurnal Ilmu Fisika Universitas Andalas*, 8(2), 78–86.
- Chasanah, U. W., Widodo, D. S., & Mulyani, N. S. 2015. Sintesis Elektrokimia Kompleks Cu(II)-Basa Schiff N-Benziliden Anilin dan Uji Aktivitas sebagai Antibakteri terhadap *Escherichia Coli* dan *Staphylococcus Aureus*. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 18(1), 34–38.

- 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., Sanjaya, H., & Hardeli. 2014. Preparasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) menggunakan Ekstrak Antosianin Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas* L). *Jurnal Saintek*, VI(2), 10.
- Dewi, N. A., Nurosyid, F., Supriyanto, A., & Suryana, R. 2017. Effect of thickness Type on Transparent TiO₂ as the Working Electrode of Dye sensitized Solar Cell (DSSC) for Solar Windows Applications. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 6(02), 73.
- Dwipanur, A., Dahlan, D., Firmawati, N., & Umar, A. A. 2020. Pengaruh Doping Palladium (Pd) Terhadap Lapisan TiO₂ dengan Metode LPD untuk Aplikasi Fotoanoda Sel Surya DSSC. *Jurnal Ilmu Fisika Universitas Andalas*, 12(1), 6–10.
- Fathiana, D. Z., & Onggo, D. 2005. Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Kompleks Besi(II) dengan Ligan 3,6-Di-2-Piridil-1,2,4,5-Tetrazin (DPTZ). *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 7(1), 16–20.
- Febriany, E. A. 2014. *Sintesis Basa Schiff dari Hasil Kondensasi Etilendiamina dan Anilina dengan Senyawa Aldehida Hasil Ozonolisis Metil Oleat Serta Pemanfaatannya Sebagai Inhibitor Korosi pada Logam Seng. (Skripsi)*. Sumatera Utara.
- Fessenden, R.J. and Fessenden, J.S. 1982. *Kimia Organik*, diterjemahkan oleh Pudjaatmakan, A. H., Edisi Ketiga, Jilid 2. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Firmanila, V. 2016. Karakterisasi DSSC pada Semikonduktor ZnO-SiO₂ dengan Pewarna Ekstrak Buah Manggis dan Daun Jati. *Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim*, 103.
- Ghann, W., Sobhi, H., Kang, H., Chavez-Gil, T., Nesbitt, F., & Uddin, J. 2017. Synthesis and Characterization of Free and Copper (II) Complex of N,N'-Bis(Salicylidene)Ethylendiamine for Application in Dye Sensitized Solar Cells. *Journal of Materials Science and Chemical Engineering*, 05(06), 46–66.
- Griffiths, P. R., & Haseth, J. A. 2007. *Fourier Transform Infrared Spectrometry: (second)*. Hoboken.
- Hardeli, Suwardani, Riky, T, F., Maulidis, & Ridwan, S. 2013. Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Berbasis Nanopori TiO₂ Menggunakan Antosianin dari Berbagai Sumber Alam. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*, 155–163.
- Harminta. 2006. *Analisis Kuantitatif Bahan Baku dan Sediaan Farmasi* (edisi ke-1). Departemen Farmasi FMIPA Universitas Indonesia.

- Hikmah, I., & Prajitno, G. 2015. Pengaruh Penggunaan Gel-Electrolyte Pada Prototipe Dye Sensitized SolarCell (DSSC) berbasis TiO₂ Nanopartikel dengan Ekstrak Murbei (Morus) sebagai Dye Sensitizer pada Substrat Kaca ITO. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 4, 2337–3520.
- Ibrahim, N.Muhamed., Sharif Salah, S.A. 2007. Sintesis dan Karakterisasi Penggunaan Basa Schiff Sebagai Reagen Analitik Fluorimetri. *Jurnal Kimia* 4 (4), 531-535.
- Ismiyarto, I.-, Novari, S., Ngadiwiyan, N., Sarjono, P. R., & Prasetya, N. B. A. 2020. Modifikasi Kain Aktif Antibakteri Berbasis Komplek Mn(II) Basa Schiff–Kitosan Salisilaldehida. *Jurnal Penelitian Saintek*, 25(1), 11–23.
- Jolly, W. L. 1991. *Modern Inorganic Chemistry* (fourth). McGraw-Hill Inc.
- Khopkar, S. M. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik* (first). UI-Press.
- Kumara, M. S. W., & Prajitno, D. 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. *Institut Teknologi Sepuluh November*, 11.
- Kurniawan, A. 2009. Sintesis dan Karakterisasi Kompleks Cu(II) dengan Ligan Basa Schiff Hasil Turunan 1,5-difenilkarbazon dan Anilin. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Lu, Y.-H., Lu, Y.-W., Wu, C.-L., Shao, Q., Chen, X.-L., & Bimbong, R. N. B. 2006. UV–Visible Spectroscopic Study of the Salicylaldehyde Benzoylhydrazone and its Cobalt Complexes. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 65(3–4), 695–701.
- Maddu, A., Zuhri, M., & Irmansyah, I. 2007. Penggunaan ekstrak antosianin kol merah sebagai Fotosensitizer pada sel surya TiO₂ Nanokristal Tersensitisasi Dye. *Makara Journal of Technology*, 11(2), 150092.
- Mulja, M., & Suharman. 1995. *Analisis Instrumental* (1 ed.). Airlangga University Press.
- NIST Standard Reference Data. 2023.
<https://webbook.nist.gov/cgi/inchi?ID=C959364&Mask=400> ex=1#UV-SPEC. Diakses pada 06 April 2023
- NIST Standard Reference Data. 2023.
<https://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?ID=B6007275&Mask=80>. Diakses pada 06 April 2023

- Nur, A., & Purwono, B. 2017. Sintesis Kemosensor Anion Senyawa 4-(2,6-difenil-Piridin-4-Il)-2-Metoksi-Fenol Dari Vanilin. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 12(1), 37.
- O'Regan B, Gratzel M.1991. A low-cost. High Efficiency Solar Cell Based on Dye-Sensitized. *Nature*. Vol. 353, hal. 737-740.
- R.A, Day., & A.L, Underwood. (2001). *Analisis Kimia Kuantitatif* (keenam). Erlangga.
- Sembiring, Z., Hastiawan, I., Zainuddin, A., & Bahti, H. H. 2013. Sintesis Basa Schiff Karbazona Variasi Gugus Fungsi: Uji Kelarutan dan Analisis Struktur Spektroskopi Uv-vis. *Prosiding SEMIRATA 2013*, 1(1).
- Sembiring, Z. 2017. Sintesis dan Karakterisasi Struktur Senyawa Kompleks Cu(II) dan Mn(II) dengan Basa Schiff Turunan Aldehida Sebagai Indikator. *Universitas Lampung*, 41.
- Sembiring, Z., Bahri, S., Rinawati, R., Sukma Ramadhania, A., & Dhayang Fiarizky, A. 2021. Pengaruh Ligan Pada Sintesis Senyawa Kompleks Co(II) dengan Ligan Basa Schiff N,N-Dimetil-4- (Feniliminometil) Anilin dan 1,10-Fenantrolin. *Analytical And Enviromental Chemistry*, 6(02), 180–188.
- Shahid, M., & Mohammad, F. 2013. Recent advancements in natural dye applications: a review. *Journal of cleaner production*, 53, 310-331.
- Shilvina Widi. 2022. *Berapa Konsumsi Listrik Indonesia pada 2021?*. <https://dataindonesia.id/sektor-riil/detail/berapa-konsumsi-listrik-indonesia-pada-2021>. Diakses pada 05 April 2023
- Silverstein, R. M., Webster, F. X., & Kiemle, D. J. 2005. *Spectrometric Identification of Organic Compounds*. John Willey and Sons inc.
- Supratman, Unang. 2010. *Elusidasi Struktur Senyawa Organik*. Widya Padjadjaran.Bandung
- Tai, X., Yin, X., Chen, Q., & Tan, M. 2003. Synthesis of Some Transition Metal Complexes of a Novel Schiff Base Ligand Derived from 2,2'-bis(p-Methoxyphenylamine) and Salicylaldehyde. *Molecules*, 8(5), 439–443.
- Tatar Yildirim, L., Emregul, K. C., Kurtaran, R., & Atakol, O. 2002. Structure and electrochemical behaviour of Bis[N-(4-methylphenyl)salicylaldimine]copper(II) N,N'dimethylformamide solvate. *Crystal Research and Technology*, 37(12), 1344–1351.
- Thomas, V. F. 2020. *Energi Fosil Sumbang 85% Listrik RI per Mei 2020*. <https://tirto.id/energi-fosil-sumbang-85-listrik-ri-per-mei-2020-terbanyak-pltu-fU1K>

- Ummathur, M. B., Sayudevi, P., & Krishnankutty, K. 2009. Schiff Bases of 3-[2-1,3-Benzothiazol-2-Y1)Hidrazinylidene] Pentane-2,4-Dione With Aliphatic Diamines and Their Metal Complexes. *Journal of the Argentine Chemical Society*, 97, 9.
- Xavier, A., & Srividhya, N. 2014. Synthesis and study of Schiff base ligands. *IOSR Journal of Applied Chemistry*, 7(11), 06-15.
- Zahrok, Z. L., & Prajitno, G. 2015. Ekstrak Buah Murbei (Morus) Sebagai Sensitizer Alami Pada Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC) Menggunakan Substrat Kaca ITO Dengan Teknik Pelapisan Spin Coating. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 4(1), B26-B31.
- Zaini, M. B., Maryam, S., Suryani, S. E. I., Himmah, S. W., Nurdiana, Z., Solehudin, S., Prayogi, T., Sunaryono, S., & Diantoro, M. 2018. Pengaruh Fraksi Nano (TiO₂:SnO₂) terhadap Struktur dan Efisiensi DSSC TiO₂:SnO₂/β-Karoten/FTO. *Journal of Physical Science and Engineering*, 3(1), 63–69.