

TUGAS AKHIR

**RANCANG BANGUN PEMANFAATAN ENERGI MATAHARI DENGAN
MENGUNAKAN *DYE SENSITIZED SOLAR CELL* (DSSC)**

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Diajukan Oleh :

ARDIANSYAH MAKRIFF

NPM : 1407220107



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**RANCANG BANGUN PEMANFAATAN ENERGI MATAHARI DENGAN
MENGUNAKAN *DYE SENSITIZED SOLAR CELL* (DSSC)**

*Diajukan untuk memenuhi tugas-tugas dan syarat-syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Telah Diuji dan Disahkan Pada Tanggal
28 September 2018**

Oleh :

ARDIANSYAH MAKRIF

1407220107

Pembimbing I

(Noorly Evalina, S.T., M.T)

Pembimbing II

(Dr. Muhammad Fitra Zambak, M.Sc)

Penguji I

(Indra Roza, S.T., M.T)

Penguji II

(Faisal Irsan Pasaribu S.T., M.T)

**Diketahui dan Disahkan
Ketua Jurusan Teknik Elektro**



(Faisal Irsan Pasaribu S.T., M.T.)

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018**

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : Ardiansyah Makrif
NPM : 1407220107
Tempat / Tgl Lahir : Perbaungan / 03 Agustus 1996
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro



Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir (skripsi) saya ini yang berjudul :

RANCANG BANGUN PEMANFAATAN ENERGI MATAHARI DENGAN MENGGUNAKAN *DYE SENSITIZED SOLAR CELL* (DSSC)

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena berhubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan lain yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia di proses oleh tim fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas Akademik di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 29 Septmber 2018



g menyatakan

ARDIANSYAH MAKRIF

1407220107

Abstrak

Dye sensitized solar cell (DSSC) merupakan salah satu panel surya yang bekerja berdasarkan elektrokimia yang memiliki prinsip mengubah energi panas matahari menjadi energi listrik dengan tegangan Direct Current (DC). *Dye sensitized solar cell* (DSSC) dengan dye dari bahan alami dan menggunakan TiO₂ sebagai semikonduktor untuk pelapisan dengan cara spin coating. *Dye sensitized solar cell* (DSSC) akan bekerja jika memiliki elektroda dan elektroda counter, elektroda yang digunakan berupa kaca indium tin dioxide (ITO) dengan tahanan kurang dari 20 Ω dengan ukuran 40 mm x 50 mm dan ketebalan kaca 1,1 mm yang dilapis TiO₂ bubuk sebanyak 5 ml sendok dan sisik ikan yang dihaluskan sebanyak 2.5 ml sendok disatukan kedalam wadah. Setelah itu dioleskan dengan kuas ke elektroda yang menggunakan kaca indium tin dioxide (ITO). Selanjutnya elektroda counter menggunakan kaca indium tin dioxide (ITO) yang dilapisi karbon dari pensil 2b. Fabrikasi dye sensitized solar cell (DSSC) adalah dilakukan dengan menempelkan kedua kaca indium tin dioxide (ITO) dengan penjepit kertas, kemudian disinari dengan matahari langsung selama 5 menit. Setelah itu melakukan pengukuran pada dye sensitized solar cell (DSSC) dapat memberikan hasil pengukuran tegangan tertinggi 453,6 mili volt dengan perhitungan arus yang didapat 25,2 mili amper pada lamanya pengukuran 5 menit.

Kata kunci : *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC), sisik ikan sebagai dye, sinar matahari, elektroda indium tin dioxide.

Abstract

Dye sensitized solar cell (DSSC) is one of the solar panels that works on the basis of electrochemistry which has the stage of solar energy into electrical energy with a Direct Current (DC) voltage. Dye sensitized solar cell (DSSC) with dyes from natural materials and using TiO₂ as a semiconductor for coating by spin coating. Dye sensitized solar cell (DSSC) will work if it has electrodes and counter electrodes, electrodes which are indium tin dioxide (ITO) glass with a resistance of less than 20 Ω with a size of 40 mm x 50 mm and 1.1 mm glass thickness coated with TiO₂ powder as much as 5 ml of spoon and mashed fish scales of 2.5 ml of spoon are put together into the container. After that, it is applied with a brush to the electrode using indium tin dioxide (ITO) glass. Then the counter electrode uses indium tin dioxide (ITO) glass which uses carbon from pencil 2b. Dye sensitized solar cell (DSSC) fabrication is done by pairing both indium tin dioxide (ITO) glass with a paper clip, then illuminating it with direct sunlight for 5 minutes. After that measuring the sensitive sensitized solar cells (DSSC) can give the highest measurement results of 453.6 millions of volts with the calculation of the current obtained by 25.2 milliliters of ampere in the 5 minute measurement time.

Keywords : *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC), fish scales as coloring, sunshine, electrode indium tin dioxide.*

KATA PENGANTAR



Puji syukur kehadiran ALLAH.SWT atas rahmat dan karunianya yang telah menjadikan kita sebagai manusia yang beriman dan insya ALLAH berguna bagi alam semesta. Shalawat berangkaikan salam kita panjatkan kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad.SAW yan mana beliau adalah suri tauladan bagi kita semua yang telah membawa kita dari zaman kebodohan menuju zaman yang penuh dengan ilmu pengetahuan.

Tulisan ini dibuat sebagai tugas akhir untuk memenuhi syarat dalam meraih gelar kesarjanaan pada Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun judul tugas akhir ini adalah **Rancang Bangun Pemanfaatan Energi Matahari Dengan Menggunakan *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC).**

Selesainya penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT, karena atas berkah dan izin-Mu saya dapat menyelesaikan tugas akhir dan studi di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Ayahanda (Makrif) dan ibunda (Tena Chaniago) tercinta, yang dengan cinta kasih & sayang setulus jiwa mengasuh, mendidik, dan membimbing dengan segenap ketulusan hati tanpa mengenal kata lelah sehingga penulis bisa seperti saat ini.
3. Bapak Munawar Alfansury S.T, M.T, selaku Dekan Fakultas Tehknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Faisal Irsan Pasaribu S.T, M.T. selaku Ketua Prodi Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

5. Ibu Noorly Evalina, S.T.M.T, selaku Dosen Pembimbing I dikampus yang telah memberi ide-ide dan masukkan dalam menyelesaikan penulisan laporan tugas akhir ini.
6. Bapak Dr.Fitra Zambak, M.Sc, selaku Dosen Pembimbing II dikampus yang selalu sabar membimbing dan memberikan pengarahan penulis dalam penelitian serta penulisan laporan tugas akhir ini.
7. Segenap Bapak & Ibu dosen di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Abangda Yoga Tri Nugraha, S.T, selaku abang senior yang memberikan ide-ide dan masukan pada penelitian tugas akhir ini
9. Segenap, kepada teman seperjuangan Fakultas Teknik yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu serta Keluarga Besar Teknik Elektro 2014 yang selalu memberikan semangat dan suasana kekeluargaan yang luar biasa, salam kompak.
10. Serta semua pihak yang telah mendukung dan tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari kata sempurna, hal ini disebabkan keterbatasan kemampuan penulis, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik & saran yang membangun dari segenap pihak.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tulisan ini dapat menambah dan memperkaya lembar khazanah pengetahuan bagi para pembaca sekalian dan khususnya bagi penulis sendiri. Sebelum dan sesudahnya penulis mengucapkan terima kasih.

Medan, 28 September 2018
Penulis,

Ardiansyah Makrif

1407220107

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	
PERNYATAAN KEASLIAN	
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat/Kegunaan.....	3
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan	6
2.2 Landasan Teori	9
2.3 <i>Dye Sensitized Solar Cell</i> (DSSC).....	12
2.3.1 Pengertian Umum.....	12
2.3.2 Cara Kerja <i>Dye Sensitized Solar Cell</i> (DSSC).....	14

2.3.3 Material DSSC.....	15
2.4 Semikonduktor	16
2.5 Titanium Dioxide.....	17
2.5.1 Struktur Kristal TiO ₂	19
2.5.2 Fotokatalis TiO ₂	21
2.6 Metanol.....	23
2.7 Multitester Digital	25
2.7.1 Fungsi Multitester.....	26
2.8 Kaca ITO (<i>Indium Tin Dioxide</i>)	27
2.8.1 Konduktivitas ITO.....	28
2.9 Sisik Gurami (<i>Oshpronemus gouramy</i>).....	31
2.9.1 Karakteristik Kimia Sisik Gurami	33
2.10 Tegangan Arus Searah.....	35
2.11 Arus Searah	37
2.12 Tahanan (Ohm).....	38
2.13 Hubungan Antara Arus, Tegangan Dan Hambatan.....	39

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian	41
3.2 Peralatan Penelitian	41
A. Perangkat Lunak.....	41
B. Perangkat Keras	42
3.3 Metode Penelitian.....	42

3.4 Perancangan <i>Dye Sensitized Solar Cell</i> (DSSC)	42
3.5 Langkah-langkah Pembuatan Prototype	43
3.6 Diagram Alir Percobaan	45
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Prototype <i>Dye Sensitized Solar Cell</i> (DSSC)	46
4.2 Hasil Pengukuran (R, V) dan Perhitungan (I) Pada <i>Dye Sensitized Solar Cell</i> (DSSC)	47
4.2.1 Grafik dari hasil pada tabel 4.1, perbandingan tegangan (v) terhadap waktu (s).....	49
4.2.2 Grafik dari hasil pada tabel 4.1, perbandingan arus (i) terhadap tegangan (v)	49
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan.....	51
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur <i>Dye Sensitized Solar Cell</i> (DSSC)	14
Gambar 2.2 Material dilihat dari struktur pita energi. a) konduktor, b) isolator, dan c) Semikonduktor	17
Gambar 2.3 Struktur anatase TiO ₂	20
Gambar 2.4 Struktur rutil TiO ₂	21
Gambar 2.5 Multimeter Digital.....	25
Gambar 2.6 Pemakaian ITO pada produk teknologi (searah jarum jam) LCD, <i>Dye-sensitized Solar Cell</i> (DSSC), LCD, dan sel surya organik/polimer	29
Gambar 2.7 Struktur kristal <i>bixbyite</i> (kiri) dan <i>unit cell</i> dari struktur yang sama (kanan)	30
Gambar 2.8 Bentuk sisik ikan gurami.....	32
Gambar 2.9 Diagram pie rata-rata proksimat sisik gurami tiap kelompok bobot.....	33
Gambar 3.1 Flowchart analisa data penelitian	45
Gambar 4.1 Hasil prototype dengan menggunakan aplikasi software AutoCad 2007	46
Gambar 4.2 DSSC tampak atas (a), DSSC tampak samping (b)	47

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil pengukuran (R, V) dan Perhitungan (I) pada <i>dye sensitized solar cell</i> (DSSC)	49
--	----

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ketersediaan energi didunia dari tahun ke tahun mengalami penurunan, sedangkan permintaan untuk ketersediaan energi tersebut mengalami kenaikan, maka timbul permasalahan yang menyebabkan krisis energi didunia. Salah satu energi yang dibutuhkan manusia adalah energi listrik, namun ketersediaan energi ini tidak tercukupi dengan suplai bahan bakar pembangkit energi listrik yaitu bahan bakar fosil atau energi fosil. Ketersediaan bahan bakar fosil didunia setiap tahun mengalami kenaikan, sehingga memaksakan kita untuk mencari bahan bakar atau energi alternatif pengganti bahan bakar fosil [1]. Salah satu energi alternatifnya adalah pemanfaatan cahaya (radiasi) matahari sebagai sumber energi listrik dengan teknologi yang bekerja dengan prinsip mengkonversi langsung energi matahari menjadi energi listrik.

Energi matahari merupakan energi yang sedang giat dikembangkan saat ini, karena cahaya matahari yang sampai ke bumi ada yang diabsorb oleh atmosfer dan ada yang direfleksikan kembali. Indonesia sebenarnya sangat berpotensi untuk dijadikan sel surya sebagai salah satu sumber energi masa depan mengingat posisi Indonesia pada garis khatulistiwa yang memungkinkan sinar matahari dapat optimal diterima hampir seluruh Indonesia sepanjang tahun. Sel surya merupakan alat yang mampu merubah energi sinar matahari menjadi energi listrik.

Efek dari fotovoltaik adalah dasar dari teknologi sel surya saat ini salah satunya yang telah dikembangkan yaitu *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) atau sel

surya berbasis pewarna tersensitisasi (SSPT). Tingginya efisiensi konversi energi surya menjadi listrik dari DSSC merupakan salah satu daya tarik berkembangnya riset mengenai DSSC diberbagai negara [2]. DSSC memiliki beberapa keuntungan antara lain proses pembuatan yang mudah dan sederhana tanpa menggunakan alat canggih dan mahal sehingga biaya pembuatan dapat lebih murah. Disamping itu *dye sensitized solar cell* mengkonversi cahaya dan separasi muatan listrik terjadi pada proses berbeda, molekul *dye* bertugas mengabsorpsi cahaya sedangkan separasi muatan dilakukan oleh ionorganik semikonduktor nonkristal. Alternatif lain muncul untuk menggantikan *dye* konvensional yaitu penggunaan *dye* dari bahan-bahan alami.

Pada penelitian sebelumnya telah ditemukan *dye sensitized solar cell* (DSSC) dengan berbahan *dye* dari buah blueberry dikarenakan memiliki warna yang pekat [3]. Hal ini membuat peneliti mengubah bahan *dye* dari sisik ikan yang dihaluskan dan dicampur dengan TiO₂, serta metanol sebagai pelarut dan elektrolitnya, ini merupakan suatu pengembangan baru dalam penggunaan *dye* alami dan belum ada menggunakannya sebagai *dye* pada DSSC sebelumnya, sisik ikan yang dihaluskan dan TiO₂ akan dicampur dengan metanol sebagai bahan elektrolit yang akan dilarutkan dalam satu wadah, kedua larutan akan dilapiskan dengan kaca *indium tin dioxide* (ITO). Kaca *indium tin dioxide* (ITO) mempunyai sifat menyerap panas dan penghantar sehingga dapat digunakan pembuatan DSSC.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dibahas dalam skripsi ini adalah :

1. Bagaimana perancangan prototype *dye sensitized solar cell* dengan menggunakan TiO₂, *dye* dari bahan sisik ikan dan cairan elektrolit dari metanol ?
2. Bagaimana menghitung arus, mengukur tahanan dan tegangan dari *dye sensitized solar cell* (DSSC) ?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui rancang bangun *dye sensitized solar cell* dengan menggunakan *dye* dari sisik ikan, TiO₂ dan elektrolit metanol?
2. Mengetahui arus, tahanan dan tegangan yang dihasilkan dari *dye sensitized solar cell* dengan menggunakan *dye* dari sisik ikan, TiO₂ dan elektrolit metanol ?

1.4 Manfaat/Kegunaan

Menjadi energi alternatif pengganti solar cell yang mudah dan ramah lingkungan.

1.5 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini permasalahan yang dibahas dibatasi pada:

1. Bahan semikonduktor yang digunakan adalah Titanium Dioksida (TiO₂).
2. Kaca yang digunakan adalah *Indium Tin Dioxide* (ITO) dengan ukuran 40 mm x 50 mm dan tebal 1,1 mm.
3. *Dye* dibuat dari zat bahan alami berupa sisik ikan gurami yang dihaluskan dengan blender dan campuran elektrolit dari metanol.
4. TiO₂ dan *dye* dilapiskan pada kaca *indium tin oxide* (ITO) dengan menggunakan bantuan batang pengaduk untuk meratakan TiO₂ dan *dye*.
5. Parameter yang dihitung yaitu arus dan parameter yang diukur yaitu tahanan dan tegangan yang dihasilkan dari *dye sensitized solar cell* (DSSC).

1.6 Sistematika penulisan

Skripsi ini tersusun atas beberapa bab pembahasan. Sistematika penulisan tersebut adalah sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini menguraikan secara singkat latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat/kegunaan, dan batasan masalah.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi pembahasan secara garis besar tentang energi matahari, *dye sensitized solar cell* (DSSC), Semikonduktor, TiO₂, keuntungan DSSC, sisik ikan gurami, kaca *indium tin dioxide* (ITO).

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan menerangkan tentang lokasi penelitian, pencampuran TiO₂, pembuatan desain *dye sensitized solar cell* dengan bahan kaca *indium tin dioxide* (ITO) dan hal-hal lain yang berhubungan dengan proses perancangan.

BAB IV : PEMBAHASAN DAN ANALISA

Pada bab ini berisi hasil dari tegangan output yang diukur dengan multimeter digital dan hasil grafik yang didapat dari pengukuran. Menerangkan proses pencampuran TiO₂ dengan *dye*.

BAB V : PENUTUP

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari penulis skripsi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Energi matahari merupakan energi yang sedang giat dikembangkan saat ini, karena cahaya matahari yang sampai ke bumi ada yang diabsorb oleh atmosfer dan ada yang direfleksikan kembali. Indonesia sebenarnya sangat berpotensi untuk dijadikan sel surya sebagai salah satu sumber energi masa depan mengingat posisi Indonesia pada garis khatulistiwa yang memungkinkan sinar matahari dapat optimal diterima hampir seluruh Indonesia sepanjang tahun. Sel surya merupakan alat yang mampu merubah energi sinar matahari menjadi energi listrik. Sel surya yang digunakan adalah *Dye-sensitized solar cell* (DSSC). *Dye-sensitized solar cell* (DSSC) merupakan sel surya yang berbasis fotoelektrokimia. DSSC muncul seiring dengan perkembangan nanoteknologi yang beberapa tahun ke depan akan menjadi sangat penting bagi kehidupan manusia. Sel surya ini pertama kali ditemukan oleh Michael Gratzel dan Brian O'Regan pada tahun 1991 dan dikenal sebagai Gratzel Cells. Efisiensi DSSC masih lebih rendah dari efisiensi sel surya silikon yang dapat mencapai 17-25%.

Beberapa penelitian tentang *Dye-Sensitized Solar Cell* yang telah dilakukan yaitu :

Dye-Sensitized Solar cell (DSSC) merupakan seperangkat sel surya yang berbasis fotoelektrokimia, yang melibatkan transfer muatan listrik dari suatu fasa ke fasa lain. Penelitian ini bertujuan untuk membuat dye-sensitized solar cell dan mengetahui nilai konversi energi surya menjadi energi listrik serta nilai efisiensi

yang dihasilkannya. Pada penelitian ini digunakan TiO₂ Degusa P-25 yang dilapiskan pada kaca konduktif melalui teknik sol-gel dan sebagai zat penyerap foton digunakan *dye* antosianin dari ekstrak ketan hitam, daun bayam merah, bunga rosella, buah naga super merah dan ubi jalar ungu. Hasil karakterisasi dengan XRD pada serbuk TiO₂ menunjukkan puncak difraksi yang tinggi dan tajam dengan struktur kristal anatase dan rutil serta ukuran kristal sekitar 20 nm. Karakterisasi substrat kaca yang telah dilapisi TiO₂ menggunakan SEM dan EDX dimana dengan alat SEM terlihat bahwa TiO₂ dipermukaan kaca lebih merata serta dari EDAX diperoleh bahwa zat yang dominan terdapat pada permukaan kaca adalah Ti. Pada karakterisasi absorpsi cahaya UV-VIS diketahui bahwa antosianin dapat menyerap spectrum cahaya pada panjang gelombang sekitar 530 nm. Selain itu ketika sel surya disinari dengan cahaya matahari, sel surya dapat mengkonversi energi surya menjadi energi listrik. Tegangan, arus listrik dan efisiensi yang dihasilkan oleh sel surya dengan zat warna antosianin untuk masing-masing sumber zat warna adalah beras ketan hitam 937 mV, 468 μ A dan 0,405%, daun bayam 349,8 mV, 87 μ A dan 0,304%; bunga rosella 393,2 mV, 109 μ A dan 0,30%; buah naga 606 mV, 396 μ A dan 0,24% serta ubi jalar ungu 521 mV, 75 μ A dan 0,11% [3].

Dye sensitized solar cell (DSSC) adalah sel surya generasi ketiga sebagai alternatif dalam pembuatan sel surya murah dengan potensi kinerja yang tinggi. DSSC memiliki struktur *sandwich* yang tersusun dari material organik *dye* (zat warna) dan beberapa komponen lain yaitu semikonduktor oksida, elektrolit dan substrat (*counter elektroda* dan *elektroda kerja*). Substrat terbuat dari kaca konduktif (TCO) yang biasanya menggunakan kaca jenis *Indium in Oxide* (ITO) atau *Fluorine-doped Tin Oxide* (FTO). Dalam pembuatan DSSC pada penelitian ini

digunakan substrat ITO yang diperoleh dari lapisan *capacitive touchscreen* dengan menggunakan *dye* (zat warna) dari klorofil *nannochloropsis sp.* yang diekstrak dengan pelarut aseton. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai pengaruh ketebalan lapisan pasta TiO₂ terhadap kinerja DSSC dengan *Capacitive touchscreen* sebagai substrat dan ekstrak *nannochloropsis sp.* sebagai *dye* sensitizer. Penelitian ini membuat DSSC dengan 3 variasi ketebalan pasta TiO₂ (DSSC 1: 0.36 mm, DSSC 2: 0.45 mm, dan DSSC 3: 0.54 mm). Absorbansi larutan *dye* di uji dengan spektrofotometri UV-Vis. Untuk pengujian DSSC dilakukan dalam 2 tahap. Tahap pertama adalah pengujian pada 5 variasi pencahayaan (2000 lux, 4000 lux, 6000 lux, 8000 lux, 10000 lux) untuk mengetahui respon terhadap cahaya. Tahap kedua merupakan pengujian pada 8 variasi hambatan (1 K Ω , 5 K Ω , 10 K Ω , 20 K Ω , 40 K Ω , 60 K Ω , 80 K Ω , 100 K Ω) untuk mengetahui efisiensi DSSC. Pengujian dilakukan dengan cahaya dari lampu CFL *daylight* 15 W. Kinerja terbaik diperoleh oleh DSSC 1 dengan rata-rata kenaikan tegangan dan arus saat penambahan pencahayaan 2000 lux sebesar 37 mV dan 40×10^{-4} mA serta nilai efisiensi 0.8596% [4].

Dye alami dari daun pandan, akar kunyit dan biji *black rice* telah dipreparasi dalam larutan etanol sebagai sensitiser pada *dye sensitized solar cells* (DSSC). Dye campuran dipreparasi dengan perbandingan volume 1 : 1 juga diteliti sebagai sensitiser pada DSSC. Metoda *doctor blade* dipakai untuk menumbuhkan lapisan tipis TiO₂. Karakterisasi spektrofotometer UV-Vis dilakukan pada larutan dye untuk mengamati panjang gelombang yang diserap dye dan menghitung energy gap dye. Dari perhitungan diperoleh energi gap dye 1,387- 1,777 eV. Sedangkan dari karakterisasi arus tegangan (I-V), diperoleh efisiensi terbesar dye tunggal 0,056%

dari dye kunyit dan efisiensi terbesar dye campuran 0,207% dari dye campuran *black rice* dan kunyit. Penggunaan dye campuran dapat meningkatkan performa dan efisiensi DSSC secara signifikan.

2.2 Landasan Teori

Energi surya merupakan radiasi yang diproduksi oleh reaksi fusi nuklir pada inti matahari. Panas dan cahaya yang diterima bumi disuplai dari matahari untuk digunakan makhluk hidup. Energi surya sampai kebumi dalam bentuk paket-paket energi yang disebut foton [5].

Segala sesuatu dalam kehidupan yang ada di bumi ini berinteraksi dengan cahaya. Sehingga cahaya masih menjadi topik yang sangat menarik untuk dibahas secara kontinyu. Bahkan munculnya dari teori dualisme cahaya sebagai partikel dan gelombang semakin membuktikan bahwa cahaya memiliki sifat istimewa yang menarik untuk didiskusikan.

Bergerak merupakan sifat dari cahaya yang dapat merambat tanpa memerlukan zat perantara sehingga dapat merambat ke segala arah, bahkan dapat merambat ke dalam ruang angkasa yang vakum. Cahaya diciptakan Allah untuk semua makhluk baik di bumi maupun di langit, seperti yang sudah dijelaskan dalam firman Allah SWT surat Yunus ayat 5, Dalam surat Yunus 5 terdapat kata matahari yang bersinar. Sinar (cahaya) matahari tersebut dipancarkan ke bumi dan langit beserta isinya. Cahaya tersebut berasal dari matahari yang juga merupakan ciptaan Allah SWT. Dibalik cahaya matahari tersebut terdapat energi yang kita jadikan sebagai sumber energi terbarukan.

Banyak perkembangan teori atau penjelasan tentang cahaya mulai dari zaman Plotinus sampai masa keemasan Islam Abu Ali Hasan Ibn al-Haitam (Al-Hazen) hingga zaman Albert Einstein yang mempertanyakan tentang pembiasan.

Bahkan sampai sekarang mengalami peningkatan teori yang menjelaskan tentang cahaya tersebut. Al-Hazen dalam teorinya menjelaskan bahwa setiap titik pada daerah yang tersinari cahaya, dapat mengeluarkan sinar ke segala arah. Namun, hanya satu sinar dari setiap titik yang masuk ke mata secara tegak lurus dapat dilihat. Sedangkan yang tidak dapat dilihat adalah cahaya yang mengenai mata tidak secara tegak lurus.

Energi matahari menyuplai energi ke bumi dalam bentuk radiasi. Tanpa radiasi matahari, kehidupan di bumi tidak akan berjalan. Kualitas energi matahari mencapai permukaan bumi berkisar 3.9×10^{24} Joule = $1,08 \times 10^{18}$ kWh. Jadi energi yang diterima bumi adalah 10.000 kali lebih banyak dari permintaan energi primer secara global tiap tahunnya dan lebih banyak dari cadangan ketersediaan keseluruhan energi matahari yang ada di bumi.

Intensitas radiasi matahari diluar atmosfer bumi tergantung pada jarak antara bumi dengan matahari. Sepanjang tahun, jarak antara matahari dengan bumi bervariasi antara $1,47 \times 10^8$ km – $1,52 \times 10^8$ km. akibatnya, *irradiance* E_0 berfluktuasi antara 1.325 W/m^2 – 1.412 W/m^2 . Nilai rata-rata dari *irradiance* ini dikenal dengan solar constant (konstanta surya). Konstanta surya $E_0 = 1.367 \text{ W/m}^2$.

Sebagai negara tropis, limpahan cahaya matahari di Indonesia sangat melimpah. Potensinya energi surya di Indonesia yaitu sekitar $4,8 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$. Namun berdasarkan data dari Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral

Indonesia, tahun 2005 kapasitas panel surya yang terpasang di Indonesia baru 8 MW. Nilai ini masih sangat kecil bila dibandingkan potensi tersebut. Padahal pemanfaatan energi surya misalnya dalam bentuk Solar Home System untuk daerah-daerah terpencil merupakan solusi andal untuk elektrifikasi desa-desa tersebut. Karena bagaimanapun tingkat elektrifikasi suatu bangsa menentukan derajat pengetahuan suatu bangsa, karena dengan listrik akan membuka jalan akses kepada masyarakat global dimana lintas informasi dan ilmu pengetahuan berjalan dengan sangat cepat [5].

Sebagai gambaran di negara lain, berdasarkan studi yang dilakukan Ketut Astawa, Eropa telah mencanangkan penggunaan energi terbarukan sekita 25% dari seluruh kebutuhan energinya pada tahun 2025 Sedangkan Jerman dan Amerika menjalankan program 1juta roof (instalasi sel surya di atap rumah). Jepang sebagai negara terdepan di dunia dalam hal memproduksi dan memakai sel surya bahkan telah mengambil pajak keuntungan mulai 2003 lalu dari setiap penggunaan sel surya oleh masyarakatnya, setelah bertahun-tahun sejak tahun 80-an mensubsidi besar-besaran untuk penggunaan sel surya. Bahkan dalam roadmapnya, dicanangkan bahwa pada tahun 2030 kontribusi sel surya akan sebanyak 10% terhadap total elektrifikasi, belum juga kontribusi dai energi terbarukan yang lain [5].

China tidak kurang belasan manufaktur sel surya yang tengah memproduksi rata-rata 20-50 MW sel surya pertahunnya, India memiliki tidak kurang 8 manufaktur sel surya yang telah berproduksi mulai akhir tahun 90-an. Di Asia Tenggara, Thailand telah mengembangkan sel surya dan memiliki 3 manufaktur dengan kapasitas produksi 15-20 MW pertahun. Negara ini, saat ini juga

mengembangkan sel surya langsung untuk mensuplai listrik air condition (AC) untuk gedung-gedung pemerintahannya. Philipina mendapat kesempatan mengembangkan sel surya, dimana UNI Solar USA, telah memindahkan salah satu cabang manufakturnya dari Amerika Malaysia satu manufaktur sel suryanya telah memproduksi 15MW per tahun dan satu manufaktur lainnya tengah dikerjakan untuk produksi sekitar 30MW pertahun [5].

Pemerintah Indonesia sendiri mencanangkan bahwa pada tahun 2025, energi terbarukan berkontribusi sekitar 4% terhadap total konsumsi energi lokal dimana 0,02% nya berasal dari energi surya. Untuk mewujudkan hal tersebut perlu dilakukan investasi baik dalam hal riset maupun untuk produksi massal melalui misalnya subsidi bagi perusahaan yang berminat mengembangkan sel surya dan juga konsumen pemakai sel surya [5].

Dalam hal riset untuk sel surya silikon terutama harus difokuskan pada proses pengolahan pasir silika yang tersedia banyak di Indonesia menjadi wafer silikon yang bisa digunakan untuk sel surya. Selain itu riset mengenai jenis sel surya berbasis teknologi murah seperti dye sensitized solar cell (DSSC) juga perlu mulai dikaji untuk pengembangannya di Indonesia, karena jenis sel surya ini tidak memerlukan peralatan yang berteknologi tinggi untuk proses fabrikasinya sehingga dengan kondisi tersebut para peneliti di Indonesia bisa juga ikut ambil bagian dalam perkembangan DSSC dunia dan juga untuk kemungkinan produksi massal lokal [5].

2.3 *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)*

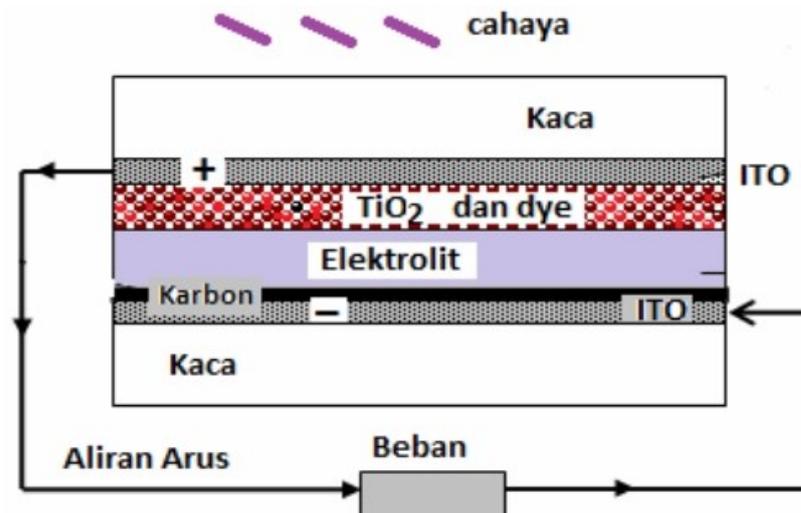
2.3.1 Pengertian Umum

Michael Gratzel dan Brian O'Regan adalah orang yang pertama kali menemukan *Dye Sensitized Solar Cell* pada tahun 1991. DSSC ini telah menjadi salah satu topik penelitian yang dilakukan secara intensif oleh peneliti diseluruh dunia, bahkan dikalangan pelajar/mahasiswa maupun kalangan industri. Setelah sel surya silikon, DSSC merupakan terobosan pertama dalam teknologi sel surya. DSSC berbeda dengan sel surya konvensional, bahan ini merupakan bahan fotoelektrokimia yang menggunakan elektrolit sebagai medium transpor muatan [6].

Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) merupakan sel surya foto elektrokimia, terutama terdiri dari *photoelectrode*, elektrolit, dan elektroda lawan (Gratzel, 2003). Bahan DSSC yang banyak dikembangkan saat ini adalah *dye*. Digunakan sebagai fotoelektrokimia yang terabsorpsi pada permukaan semikonduktor. Sel surya ini memiliki dua komponen elektroda, yaitu elektroda kerja dan elektroda pembanding. Elektroda kerja dibuat dari kaca TCO yang dideposisikan pasta suatu semikonduktor tersensitisasi zat warna (*dye*) yang berfungsi sebagai transpor pembawa muatan dan zat warna sebagai penyerap cahaya. Sedangkan elektroda lawan dibuat dari kaca TCO yang dilapisi karbon. Kedua elektroda tersebut dirangkai mengapit elektrolit. Pasangan elektrolit redoks yang digunakan adalah iodide/triiodide (I/I_3^-) [7].

Berbeda dengan sel surya konvensional, semua proses produksi pada DSSC harus melibatkan material silikon itu sendiri. Tidak seperti sel surya silikon yang seluruh prosesnya melibatkan silikon saja dan terpisah, absorpsi cahaya dan separasi muatan listrik DSSC terjadi pada proses yang terpisah. Pada DSSC, absorpsi cahaya dilakukan oleh molekul *dye* dan separasi muatan dilakukan oleh

ionorganik semikonduktor nanokristal yang mempunyai *band gap* lebar. *Band gap* lebar pada suatu semikonduktor akan memperbanyak elektron yang mengalir dari pita konduksi ke pita valensi, sehingga ruang reaksi fotokatalis dan absorpsi oleh *dye* akan menjadi lebih banyak, dan spektrumnya menjadi lebih lebar [8].



Gambar 2.1. Struktur *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) [9]

Kaca terletak pada bagian atas terletak sel surya yang sudah dilapisi oleh kaca ITO/TCO (*Transparent Conducting Oxide*), TiO_2 dan *dye*. Fungsi kaca tersebut sebagai elektroda *coujnter – electrode*. Pada kaca TCO/ ITO *counter – electrode* dilapisi katitalis/ karbon, yang fungsinya untuk mempercepat redaksi redoks dengan elektrolit. Secara umum pasangan redoks yang dpakai yaitu I^-/I_3^- (*iodide / triiodide*) [5].

2.3.2 Cara kerja *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC)

Cara kerja dari *Dye Sensitized Solar Cell* ini adalah, apabila permukaan sel terkena sinar matahari, elektron-elektron *dye* dari level HOMO (*Highest Occupied*

Molecular Orbital) tereksitasi ke tingkat energi LUMO (*Lowest Unoccupied Molecular Orbital*) dengan adanya foton yang berenergi sesuai. Prinsip kerja Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) ini mirip dengan fungsi klorofil proses fotosintesis tumbuhan. Lapisan semikonduktor bertindak sebagai akseptor atau kolektor elektron yang ditransfer dari *dye* teroksidasi. Elektrolit redoks, yang terdiri dari pasangan iodida dan triiodida (I^-/I_3^-) bertindak sebagai mediator redoks sehingga dapat menghasilkan proses siklus di dalam sel.

Prinsip kerja dari DSSC, pada dasarnya merupakan reaksi dari transfer elektron, meliputi [5] :

1. Terjadinya eksitasi elektron pada molekul *dye* akibat absorpsi foton.
2. Kemudian setelah eksitasi, elektron langsung terinjeksi menuju *conduction band* (E_{cb}) titania sehingga molekul *dye* teroksidasi. Dengan adanya donor elektron oleh elektrolit, maka molekul *dye* kembali ke keadaan awalnya dan mencegah penangkapan kembali elektron oleh *dye* yang teroksidasi.
3. Elektron akan mengalir menuju elektroda CE (*Counter-Electrode*) melalui rangkaian eksternal setelah mencapai elektroda WE (*Working Electrode*).
4. Adanya katalis pada elektroda CE (*Counter Electrode*), elektron diterima oleh elektrolit sehingga *hole* yang terbentuk pada elektrolit, akibat donor elektron pada proses sebelumnya, berekombinasi dengan elektron membentuk iodide.
5. *Iodide* ini digunakan untuk mendonor elektron kepada *dye* yang teroksidasi, sehingga terbentuk suatu siklus transfer elektron. kemudian dari siklus ini, secara langsung akan terjadi konversi cahaya matahari menjadi listrik.

2.3.3 Material DSSC

Sebuah *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) terdiri dari tiga komponen penting untuk terjadi suatu mekanisme fotovoltaiik, yakni [10]:

1. Semikonduktor nanokristalin oksida sebagai elektroda, yang biasanya menggunakan TiO₂, yang memiliki fungsi untuk menampung fotoelektron. Dalam penelitian ini akan digunakan semikonduktor ZnO-SiO₂. Molekul dye terabsorpsi pada permukaan bahan semikonduktor untuk penyerapan cahaya tampak.
2. Elektrolit, yang akan menghantarkan elektron dari elektroda penutup untuk meregenerasikan dye yang tereksitasi.

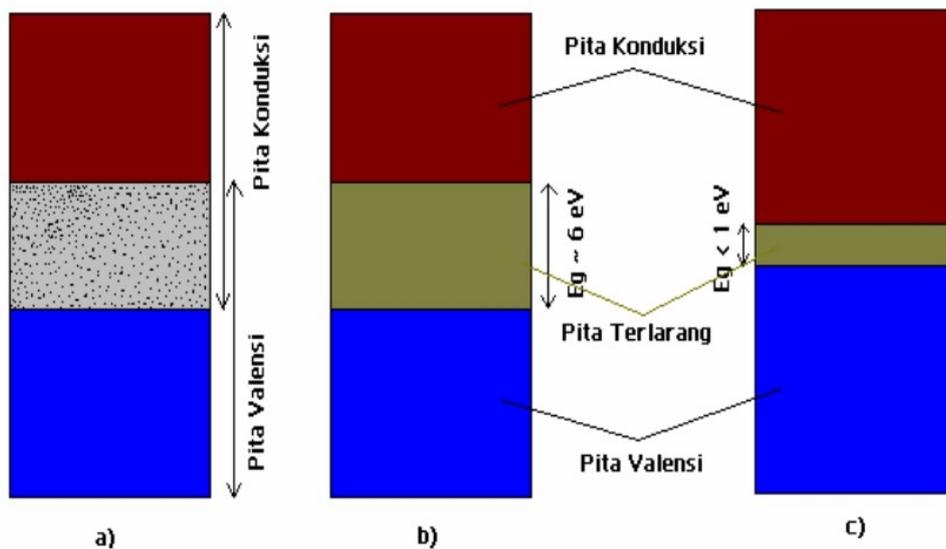
2.4 Semikonduktor

Material semikonduktor adalah suatu padatan (solid) dan seperti logam, konduktifitas elektriknya juga ditentukan oleh elektron valensinya. Namun, berbeda dengan logam yang konduktifitasnya menurun dengan kenaikan temperatur, konduktifitas dari material semikonduktor ini akan meningkat secara *significant*. Material semikonduktor merupakan bahan yang secara umum digunakan sel surya sebagai penghasil elektron bebas [11].

Bahan semikonduktor adalah bahan yang bersifat setengah konduktor karena celah energi yang dibentuk oleh struktur bahan ini lebih kecil dari celah energi bahan isolator tetapi lebih besar dari celah energi bahan konduktor, sehingga memungkinkan elektron berpindah dari satu atom penyusun ke atom penyusun lain dengan perlakuan tertentu terhadap bahan tersebut (pemberian tegangan, perubahan suhu dan sebagainya). Oleh karena itu semikonduktor bisa bersifat setengah menghantar [12].

Isolator merupakan struktur dasar dari bahan semikonduktor yang memiliki energi gap kurang dari 1 elektron volt (eV). Karena energi gap-nya tidak terlalu besar, maka eksitasi termal sangat memungkinkan bagi elektron untuk bergerak dari pita valensi ke pita konduksi melewati energi gap tersebut.

Pada suhu 0 K pita valensi terisi hampir penuh dan pita konduksi hampir kosong sehingga pada keadaan ini bahan bersifat isolator. Namun, ketika suhu dinaikkan, maka sebagian elektron valensi akan memperoleh energi termal yang lebih besar dari energi gap. Sehingga elektron-elektron dapat bergerak menuju pita konduksi sebagai elektron hampir bebas. Kekosongan elektron pada pita valensi disebut hole (lubang) yang mempunyai peran sama pentingnya seperti elektron yaitu sebagai penghantar listrik [13].



Gambar 2.2 Material dilihat dari struktur pita energi. a) konduktor, b) isolator, dan c) Semikonduktor [13].

Klasifikasi semikonduktor berdasarkan harga resistivitas listrik pada temperatur kamar, yakni dalam rentang 10^{-2} sampai $10^9 \Omega\cdot m$. Resistivitas listrik dipengaruhi oleh temperatur, cahaya yang menyinari, medan listrik dan medan magnet. Konduktor adalah bahan yang memiliki resistivitas lebih rendah. Sedangkan resistivitas lebih tinggi dimiliki oleh bahan isolator [14].

2.5 Titanium Dioksida

Titanium dioksida adalah salah satu material yang telah menarik perhatian para peneliti terutama berkaitan dengan ukuran partikelnya, karena ukuran partikel suatu material merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi tingkat efektifitas performa dari material tersebut terutama pada partikel yang berukuran kurang dari 100 nanometrik. Titanium dioksida memiliki tiga bentuk polimorf yaitu anatas, rutil, dan brookit.

Fasa rutil secara termodinamik lebih stabil daripada anatas, struktur rutil terlihat menjadi stabil secara termodinamik di bawah kondisi pellet, walaupun dalam eksperimen termodinamik menunjukkan bahwa anatas dapat menjadi lebih stabil daripada rutil ketika kristalnya hanya beberapa nanometer. Fasa anatas adalah bentuk metastabil, apabila diberi perlakuan pemanasan dapat bertransformasi menjadi rutil. Pada tekanan dan temperatur ruangan untuk sistem makrokristalin, fasa rutil secara termodinamik lebih stabil apabila dibandingkan dengan anatas dan brookit, tetapi kestabilan termodinamik bergantung pada ukuran partikel yang berkontribusi terhadap energi bebas permukaan [15].

Titanium dioksida (TiO_2) merupakan material yang banyak dipelajari, karena aplikasinya pada sel surya, fotokatalis, sensor biologis dan kimia, produk

kesehatan, hingga pigmentasi cat. Dalam penelitian ini dibuat lapisan tipis TiO₂ dengan metode spin coating. Spin coating merupakan metode penumbuhan lapisan tipis pada substrat kaca dengan cara meneteskan cairan ke atas substrat, kualitas lapisan yang dihasilkan dari metode ini sangat baik dan murah. Selain itu, dalam penelitian ini dilakukan juga variasi pemanasan pada suhu 300OC, 400OC, 500OC, dan 600OC. Karakterisasi lapisan tipis TiO₂ dilakukan dengan menggunakan SEM (Scanning Electron Microscopy) untuk mengetahui morfologi permukaan dan ketebalan lapisan. Ukuran kristal diamati dengan menggunakan XRD (X-Ray Diffractometer), dan analisis penyerapan cahaya dan nilai pita energi dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

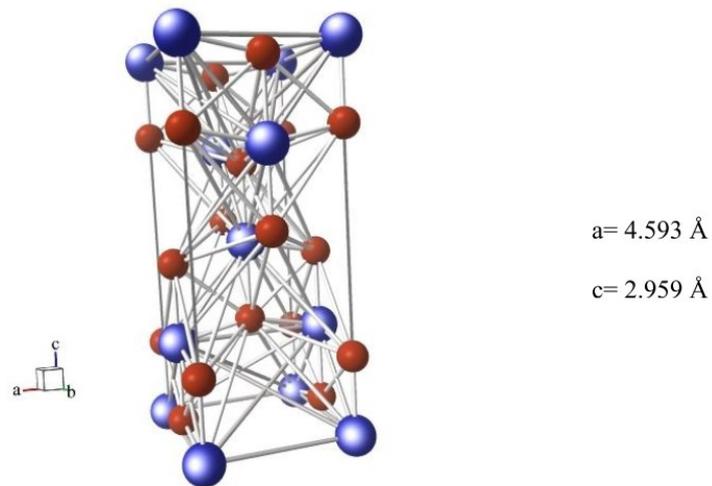
Titanium oksida atau yang lebih sering disebut titania adalah keluarga (IV) oksida yang merupakan semikonduktor dengan celah terlarang 3,0 untuk rutil dan 3,2 eV untuk fasa anatase. Ti merupakan kristal yang berwarna putih dan juga salah satu logam berlimpah nomor empat di dunia setelah aluminium, besi, dan magnesium. Selain itu, titanium juga merupakan elemen berlimpah kesembilan (mencakup 0,63% pada kerak bumi) 0,6% mineral TiO₂ yang utama adalah FeTiO₃ (iliminite), CaTiO₃ (perovskite). Titanium memiliki indeks bias (n) yang sangat tinggi yaitu 2,4 dalam bentuk bubuk dan 2,7 dalam bentuk lapisan tipis, Ti juga tahan terhadap degradasi warna akibat sinar matahari dengan titik lebur 1885°C. Ada dua bentuk alotropi dan lima isotop alami dari unsur yaitu Ti-46 sampai Ti- 50 dengan Ti-48 yang paling banyak terdapat di alam (73,8%), Titanium memiliki massa jenis yang rendah, tahan karat, memiliki biokompabilitas yang tinggi dengan tubuh sehingga dapat digunakan sebagai produk implan dalam tubuh.

Kristal TiO₂ bersifat asam dan tidak larut dalam air, asam klorida, asam sulfat encer dan alkohol namun larut dalam asam sulfat pekat dan asam fluorida.

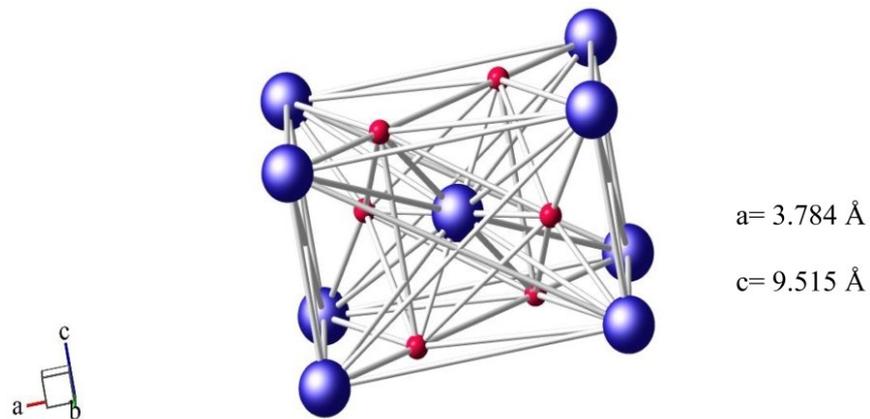
2.5.1 Struktur Kristal TiO₂

TiO₂ dibuat dari ilmenite dan rutil, yang menghasilkan dua bentuk alotropi atau bentuk struktur kristal yang berbeda dari unsur yang sama, yaitu anatase dan rutil. TiO₂ memiliki tiga fasa polymorpik yaitu rutil (tetragonal, 4,120 g/cm³), anatase (tetragonal, 3,894 g/cm³), dan brookite (4,120 g/cm³ orthorombik). Fasa anatase dan rutil memiliki struktur kristal tetragonal, namun memiliki perbedaan grup ruang (*space group*). Anatase memiliki grup ruang IA1/amd dengan empat unit dalam satu unit sel dan rutil memiliki P42/mnm dengan dua unit TiO₂ dalam satu unit sel.

Pada proses fotokatalisis fasa rutil maupun anatase dapat digunakan namun dalam aplikasinya anatase memiliki potensi yang paling besar untuk digunakan sebagai fotokatalis karena memiliki struktur kisi yang sesuai dengan aktivitas fotokatalis yang tinggi. Struktur rutil lebih stabil pada suhu tinggi dan anatase pada suhu rendah. Struktur rutil dan anatase dapat digambarkan dengan TiO₆ oktahedra, di mana setiap ion Ti⁴⁺ dikelilingi oleh enam ion O²⁻. Struktur anatase dan rutil digambarkan pada gambar 2.3 dan 2.4. Perbedaan dari kedua struktur kristalin terletak pada distorsi struktur oktahedronnya. Pada rutil, struktur oktahedronnya sedikit distorsi orthorhombik. Sementara anatase, distorsi jauh lebih besar, sehingga strukturnya kurang simetris dibandingkan orthorhombik. Jarak antara Ti-Ti lebih besar pada anatase, yaitu 3,79 Å dan 3,4 Å, sementara pada rutil adalah 3,57 dan 2,96 Å, jarak Ti-O lebih besar di rutil [16].



Gambar 2.3 Struktur anatase TiO₂ [16].



Gambar 2.4 Struktur rutil TiO₂ [16].

Untuk beberapa aplikasi struktur rutil lebih banyak digunakan daripada anatase karena memiliki sifat fisik yang unik misalnya berkilau, keras dan tahan terhadap korosi. Sel satuan pada rutil adalah tetragonal dengan atom-atom logam terletak pada sudut-sudutnya. Struktur rutil dari TiO₂ pada umumnya dapat digambarkan sebagai suatu distorsi barisan oksida heksagonal tertutup dengan

setengah dari oktahedral diduduki oleh atom Ti. Struktur brokit dari TiO₂ mengkristal dalam struktur orthorombik, yang memiliki simetri yang polimorf (memiliki struktur kristal yang tidak teratur) dan akan berubah menjadi fasa rutil pada temperatur sekitar 750°C.

2.5.2 Fotokatalis TiO₂

Fotokatalisis merupakan suatu proses kombinasi antara proses kimia dan katalis, yaitu suatu proses sintesis secara kimiawi dengan melibatkan cahaya sebagai pemicu dan katalis sebagai pemercepat proses transformasi tersebut. Tipe katalis yang efektif digunakan pada proses fotokatalitik, yaitu oksida logam misalnya ZnO, WO₃, Fe₂O₃, CdSe, SnO₂ tetapi beberapa penelitian membuktikan bahwa TiO₂ yang berada dalam larutan tersuspensi merupakan katalis yang sangat efektif dan efisien digunakan dalam fotokatalitik [17].

Titanium dioksida adalah material yang dikenal luas sebagai fotokatalis didasarkan pada sifat semikonduktornya. Fotokatalisis merupakan suatu proses reaksi katalis dengan bantuan cahaya tampak (*visible light*) atau UV. Selain itu, diantara oksida logam yang lain, titanium dioksida dikenal tidak beracun (*non toxic*), memiliki stabilitas termal cukup tinggi, dan kemampuannya yang dapat dipergunakan berulang kali tanpa kehilangan sifat kataliknya, dapat menyerap cahaya ultraviolet dengan baik, bersifat inert dalam reaksi, memiliki kemampuan oksidasi yang tinggi dan termasuk zat organik yang sulit terurai dan secara umum TiO₂ memiliki aktivitas fotokatalisis yang lebih tinggi dari pada fotokatalisis lain seperti ZnO, CdS, WO₂, dan SnO₂.

Sifat fotokatalitik titanium dioksida pertama kali ditemukan oleh Akira Fujishime pada tahun 1967 dan diterbitkan pada tahun 1972. Titanium dioksida

memiliki potensi untuk digunakan dalam produksi energi sebagai fotokatalis, dapat melakukan hidrolisis yaitu memecah air menjadi hidrogen dan oksigen. Dalam proses fotokatalis, semikonduktor TiO₂ membutuhkan serapan energi yang lebih besar dari selang energinya. Aktifitas fotokatalis ini membutuhkan penyerapan sinar *ultraviolet* (UV) untuk membentuk dua pasangan elektron dan lubang (*hole*). Elektron yang tereksitasi pada pita konduksi dan lubang yang terdapat pada pita valensi dapat bergabung kembali dan mengubah input energi menjadi panas atau terperangkap pada permukaan menjadi stabil. Gabungan elektron yang diadsorpsi pada permukaan semikonduktor atau disekitar medan listrik muatan partikel bisa juga menjadi pengubah input energi [16].

Karakter Ionik Senyawa TiO₂ dikarekakan tidak adanya senyawa ionik yang karakter ioniknya 100%. Setiap ikatan mempunyai karakteristik ikatan ionik dan kovalen. Hal ini didasarkan pada keelektronegatifan antar atom-atom yang berikatan. Jika nilai perbedaan keelektronegatifan 1,7 atau lebih maka ikatan tersebut cenderung ikatan ionik, dan apabila keelektronegatifan di bawah 1,7 maka ikatan tersebut cenderung ikatan kovalen.

2.6 Metanol

Metanol diperoleh dari distilasi destruktif kayu, merupakan alkohol yang paling sederhana dengan rumus kimia CH₃OH, memiliki berat molekul 32,04. Metanol memiliki titik didih 64,5 °C, bersifat ringan, mudah menguap, tidak berwarna dan mudah terbakar. Dalam bidang industri metanol digunakan sebagai bahan tambahan pada bensin, bahan pemanas ruangan, pelarut industri pada larutan mesin fotocopy, serta bahan makanan untuk bakteri yang memproduksi protein.

Dalam rumah tangga paling sering ditemukan dalam bentuk *canned heat* cairan pembersih kaca mobil [18].

Di dalam hepar, metanol akan diubah menjadi formaldehid oleh enzim alkohol dehidrogenase yang kemudian akan mengalami oksidasi yang dikatalisasi oleh enzim formaldehid dehidrogenase menghasilkan asam format. Oksidasi ini berlangsung lebih cepat dibandingkan perubahan metanol menjadi formaldehid sehingga hanya sedikit formaldehid yang terakumulasi dalam serum. Hal ini menjelaskan latensi dari gejala antara penelanan dan timbulnya gejala toksisitas metanol. Waktu paruh dari formaldehid adalah sekitar 1-2 menit [18].

Asam format kemudian akan dioksidasi menjadi karbondioksida dan air oleh tetrahidrofolat. Namun, oksidasi asam format ini berlangsung lambat sehingga asam format akan terakumulasi di dalam tubuh dan menyebabkan asidosis metabolik dan memberikan karakteristik khusus pada mata (fotofobia, blurred vision, kebutaan komplit jika paparan metanol tinggi). Karakteristik yang sering ada pada toksisitas metanol akut diawali dengan depresi dari sistem saraf pusat (*Parkinsonian-like condition*) dan iritasi gastrointestinal dimana juga akan diikuti periode laten selama kurang lebih 12-24 jam, terkadang dapat pula sampai 48 jam. Setelah terjadi asidosis, maka akan timbul gejala mual, muntah, dan sakit kepala. Jika paparan metanol terlalu banyak, dapat menyebabkan coma dan kematian, selain itu intoksikasi yang parah akan menyebabkan kerusakan permanen untuk sistem saraf pusat dan kebutaan permanen [18].

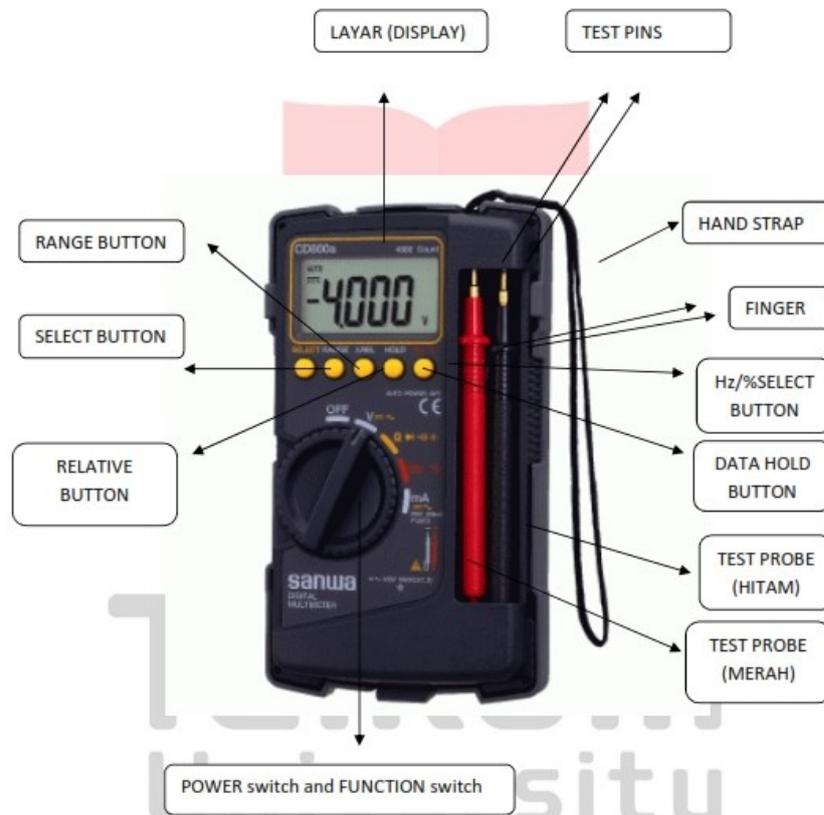
Metanol, juga dikenal sebagai metil alkohol, wood alcohol atau spiritus. Metanol adalah senyawa kimia dengan rumus kimia CH_3OH yang merupakan bentuk alkohol paling sederhana. Pada keadaan atmosfer methanol berbentuk cairan

yang ringan, mudah menguap, tidak berwarna, mudah terbakar, dan beracun dengan bau yang khas (berbau lebih ringan daripada etanol) [18].

Kegunaan methanol yang paling besar adalah untuk membuat senyawa kimia lainnya. Sekitar 40% dari produksi methanol dibuat menjadi formaldehid. Formaldehid kemudian dijadikan produk plastic, kayu lapis, cat, dan lain-lain. Turunan methanol lainnya adalah dimethyl ether (DME) sebagai pengganti klorofluorokarbon dalam aerosol dan asam asetat. Dimethyl ether juga digunakan sebagai campuran dalam pembuatan liquefied petroleum gas (LPG) [18].

Metanol dibuat dari gas sintesis yang diproduksi dari gas alam atau gasifikasi batubara. Di Indonesia kini sedang dikembangkan methanol yang diperoleh dari proses gasifikasi batubara muda (rendah kalori) untuk pembuatan DME. Di Indonesia pemakaian terbanyak methanol adalah pada industry formaldehyde dan produk turunannya seperti urea formaldehid, phenol formaldehid, dan melamin formaldehid [18].

2.7 Multitester Digital



Gambar 2.5 Multimeter digital [19]

Multimeter digital atau sering juga disebut sebagai digital multitester sama merupakan jenis multimeter yang telah menggunakan display digital sebagai penampil hasil ukurnya. Hasil ukur yang ditampilkan pada multitester digital merupakan hasil yang telah sesuai, sehingga tidak perlu dilakukan lagi perhitungan antar hasil ukur dan batas ukur. Multimeter Digital menggunakan peraga bilangan digital dan besaran ukur berdasarkan tegangan yang dikonversi ke sinyal digital [20].

2.7.1 Fungsi Multitester

Fungsi ukur yang dimiliki setiap multimeter ada beberapa macam tergantung tipe dan merk multimeter. Akan tetapi pada umumnya setiap multimeter / multitester memiliki 3 fungsi ukur utama yaitu sebagai alat ukur arus, tegangan dan resistansi.

Berikut adalah beberapa fungsi ukur yang digunakan pada multitester:

A Ampere meter

Ampere meter adalah salah satu fungsi ukur pada multimeter yang berfungsi untuk mengukur arus listrik. Pada multimeter pada umumnya terdiri dari 2 jenis ampere meter yaitu ampere meter DC dan amper meter AC. Pada multimeter analog dan digital pada fungsi ampere meter ini saklar selektor berfungsi sebagai batas ukur maksimum, oleh karena itu arus yang akan diukur harus diprediksikan dibawah batas ukur multimeter yang digunakan. Hal ini bertujuan untuk menghindari kerusakan pada multimeter.

B Volt meter

Volt meter merupakan fungsi ukur untuk mengetahui level tegangan listrik. Sama halnya dengan fungsi multimeter sebagai ampere meter. Pada fungsi volt meter ini saklar selektor yang ada pada multimeter baik digital maupun analog berfungsi sebagaibatas ukur maksimum, oleh karenaitu harus diprediksikan level tegangan yang akan diukur harus dibawah nilai batas ukur yang dipilih.

C Ohm meter

Ohm meter merupakan salah satu fungsi multimeter yang berfungsi untuk mengetahui nilai resistansi suatu resistor atau komponen elektronika yang memiliki unsur resistansi. Pada fungsi ohm meter ini untuk multimeter analog saklar selektor

berfungsi sebagai multiplier sedangkan pada multimeter digital saklar selektor berfungsi sebagai batas ukur maksimum suatu resistansi yang dapat dihitung oleh multimeter tersebut.

D Kapasitansi meter

Kapasitansi meter merupakan fungsi yang tidak selalu terdapat pada setiap multimeter. Fungsi kapasitansi meter ini berguna untuk mengetahui nilai kapastansi suatu kapasitor. Pada multi meter analog yang telah memiliki fungsi kapasitansi meter saklar selektor pada fungsi ini berfungsi sebagai multiplier atau faktor pengali dari nilai yang ditunjukkan oleh jarum meter. Sedangkan pada multimeter digital dengan fungsi kapasitansi meter maka saklar selektor berfungsi sebagai batas ukur maksimum.

E Frekuensi

Frekuensi meter hanya terdapat pada tipe multimeter digital tertentu. Fungsi frekuensi meter ini digunakan untuk mengetahui frekuensi suatu sinyal atau isyarat pada suatu rangkaian elektronika.

Kualitas suatu multimeter ditentukan dari akurasi hasil ukur dan daya tahan multimeter tersebut. Berapa merk multimeter umum dan memiliki kualitas diantaranya adalah multimeter dengan *merk* sanwa dan heles. Harga jual multimeter analog maupun multimeter digital *merk* sanwa dan heles tergantung pada tipe multimeter tersebut [20].

2.8 Kaca ITO (*Indium Tin Oxide*)

Indium Tin Oxides (ITO) merupakan material TCO yang paling populer karena sifat transparansi dan konduktifitas yang paling baik diantara material

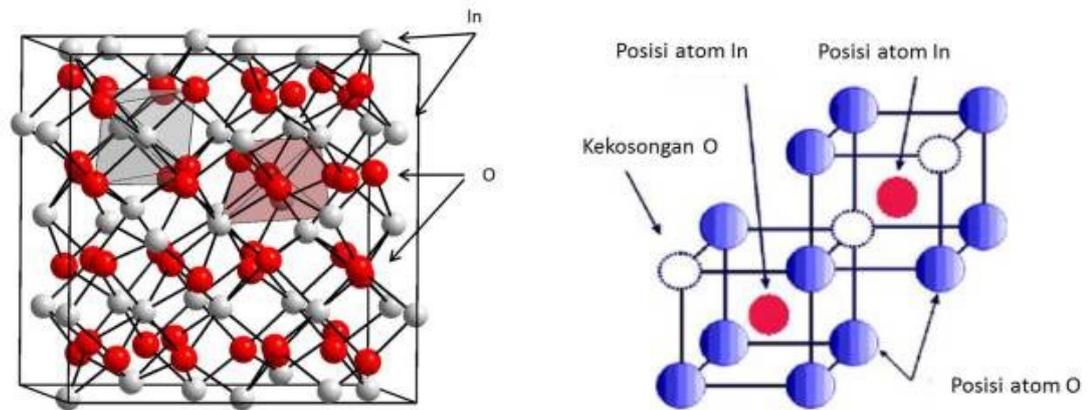
oksida lain. Transparansinya bisa mencapai 80-85% kaca atau gelas jadi terlihat tembus pandang, memiliki ketebalan yang sangat tipis, memiliki *sheet resistance* biasanya 10 Ohm/Sq atau memiliki resistivitas dalam skala 10^{-4} Ohm/cm. Dua sifat ITO inilah yang sering dijadikan *benchmark* atau barometer seberapa bagus sebuah TCO [21].

Indium tin oxides (ITO) dinominasikan oleh Institut Nasional Ilmu Kesehatan Lingkungan untuk karakterisasi toksikologi yang komprehensif berdasarkan pada peningkatan potensi paparan pekerja karena penggunaannya yang semakin meningkat dalam tampilan kristal cair (LCD), perhatian terhadap toksisitas paru dan karsinogenisitas berdasarkan temuan sebelumnya dari studi toksikologi tikus NTP dari indium fosfida dan efek yang diamati pada pekerja yang terpapar, dan kurangnya data toksisitas yang memadai. ITO dapat dibentuk secara langsung selama proses pelapisan, misalnya, sputtering reaktif dari target alloy indium-timah di hadapan oksigen. Aplikasi utamanya adalah sebagai lapisan tipis pada kaca atau plastik yang digunakan untuk panel sentuh (elektrokromik, electroluminescent, dan LCD); display plasma; display panel datar (televisi, layar komputer, telepon seluler, dll.); menampilkan emisi lapangan; pelapis reflektif panas; panel surya; tabung sinar katoda; jendela hemat energi; sensor gas; dan fotovoltaiik [22].

2.8.1 Konduktivitas ITO

ITO pada dasarnya tersusun dari In_2O_3 (Indium oksida) yang ditambah dengan 10% SnO_2 (timah oksida). In_2O_3 sebenarnya sudah memiliki karakteristik dasar transparans-konduktif. Namun penelitian yang panjang telah membuktikan bahwa penambahan 10-15% SnO_2 mampu meningkatkan konduktivitas secara signifikan. Sebagaimana TCO pada umumnya, ITO memiliki band gap kurang lebih

mineral *bixbyite*. Distribusi atom Indium (In, putih) dan Oksigen (O, merah) terdistribusi di dalam struktur kristal.



Gambar 2.7 struktur kristal *bixbyite* (kiri) dan *unit cell* dari struktur yang sama (kanan) [21].

Penambahan 10-15% SnO_2 tidak merubah struktur kristal In_2O_3 karena jumlah SnO_2 yang ditambahkan relatif sedikit. Sn dan oksigen (O) dari SnO_2 hanya akan menempati ruang-ruang kosong di dalam struktur *bixbyite* atau menempati posisi dan sekaligus mensubstitusi atom In dan O di dalam struktur *bixbyite* tersebut. Untuk mempermudah mempelajari struktur *bixbyite*, kita cukup melihat struktur yang disederhanakan yang dapat mewakili kompleksitas struktur di gambar 1. Ilmu mengenai kristal (kristalografi) menyebut struktur yang disederhanakan ini sebagai *unit cell*. Struktur *bixbyite* tadi hanya pengulangan dari *unit cell*. Terlihat bahwa Indium oksida memiliki struktur kristal dengan satu kation In dikelilingi oleh atom-atom anion O. Namun, terlihat juga bahwa ada dua posisi kosong yang semestinya ditempati oleh O yang disebut dengan kekosongan atom (*vakansi*). Di tempat kosong inilah baik Sn maupun O dari SnO_2 dapat “hinggap”, atau saya istilahkan dengan *penyisipan*. Selain itu, masih ada kemungkinan lain

bahwa atom Sn akan mengganti In, yakni atom Sn menempati posisi atom In di dalam struktur kristal (*substitusi*). Adanya penambahan atom lain (Sn) di dalam struktur In_2O_3 ini membawa beberapa konsekuensi sesuai dengan aturan bagaimana atom-atom Sn berinteraksi dengan atom-atom In. Skenario pertama ialah substitusi atom In dengan atom Sn dan penyisipan atom O [21].

Penambahan Sn di dalam kristal In_2O_3 membawa kemungkinan bahwa atom Sn dapat menggantikan atom In. Dikarenakan perbedaan muatan antara atom Sn (bermuatan positif 4 karena berasal dari SnO_2) dan atom In (bermuatan positif 3 karena berasal dari In_2O_3), maka struktur kristal *bixbyte* akan kelebihan muatan positif 1. Dikarenakan struktur kristal manapun harus memiliki muatan total 0 (nol) atau netral, maka konsekuensi dari adanya kelebihan muatan positif 1 ini ialah lepasnya satu elektron (simbol e^- , bermuatan negatif 1). Lepasnya elektron ini tidak lain sebenarnya untuk mengkompensasi berlebihnya muatan positif di dalam struktur kristal *bixbyte* akibat penambahan satu atom Sn serta untuk menjaga muatan total kristal tetap netral [21].

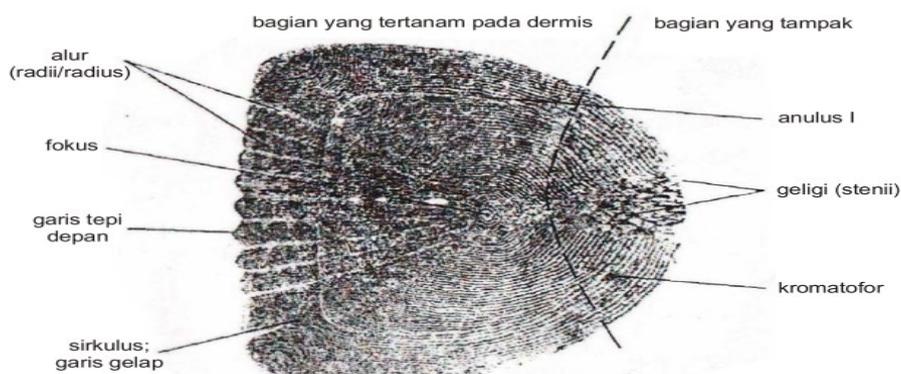
2.9 Sisik Gurami (*Oshpronemus gouramy*)

Sebagian besar ikan tubuhnya ditutupi oleh sisik. Sisik berasal dari lapisan kulit yang dinamakan dermis, sehingga kulit sering disebut rangka dermis. Beberapa ikan sisiknya menjadi keras karena bahan penyusunnya. Ikan yang tingkat evolusinya lebih modern, kekerasan sisiknya sudah tereduksi menjadi sangat lentur. Sisik ikan adalah jaringan yang mengandung osteoblast dan osteoclast seperti yang ditemukan pada tingkat vertebrata yang lebih tinggi, namun regulasi aktivitas sel dalam jaringan masih sedikit diketahui. Sisik juga mempunyai karakteristik yang

ditemukan dalam struktur-struktur lain seperti tulang, gigi, dan urat daging yang bermineral. Semua bahan ini sebagian besar dibentuk oleh suatu komponen organik (yaitu kolagen), suatu komponen mineral (yaitu hydroxyapatite) dan air [23].

Susunan sisik yang seperti genting akan mengurangi gesekan dengan air sehingga ikan dapat berenang dengan lebih cepat. Bagian sisik yang menempel ke tubuh kira-kira separuhnya. Penempelannya tertanam ke dalam sebuah kantung kecil di dalam dermis. Bagian yang tertanam pada tubuh disebut anterior, transparan dan tidak berwarna. Bagian yang terlihat adalah bagian belakang (posterior), berwarna karena mengandung butir-butir pigmen (kromatofor). Berdasarkan bentuk dan kandungan bahan, sisik ikan dibedakan menjadi lima jenis yakni plakoid, kosmoid, ganoid, sikloid dan stenoid [23].

Jenis sisik gurami adalah stenoid Nikol'sk, sisik stenoid terdapat pada sebagian besar golongan Osteichthyes, yang masing-masing terdapat pada golongan ikan berjari-jari sirip lemah (Malacopterygii). Sisik ini sangat tipis, fleksibel, transparan dan tidak mengandung dentin ataupun enamel. Bagian-bagian sisik sikloid pada dasarnya sama dengan sisik stenoid, kecuali bagian posterior sisik stenoid dilengkapi dengan steni (semacam gerigi kecil). Bentuk sisik stenoid dicantumkan pada Gambar 2.8.

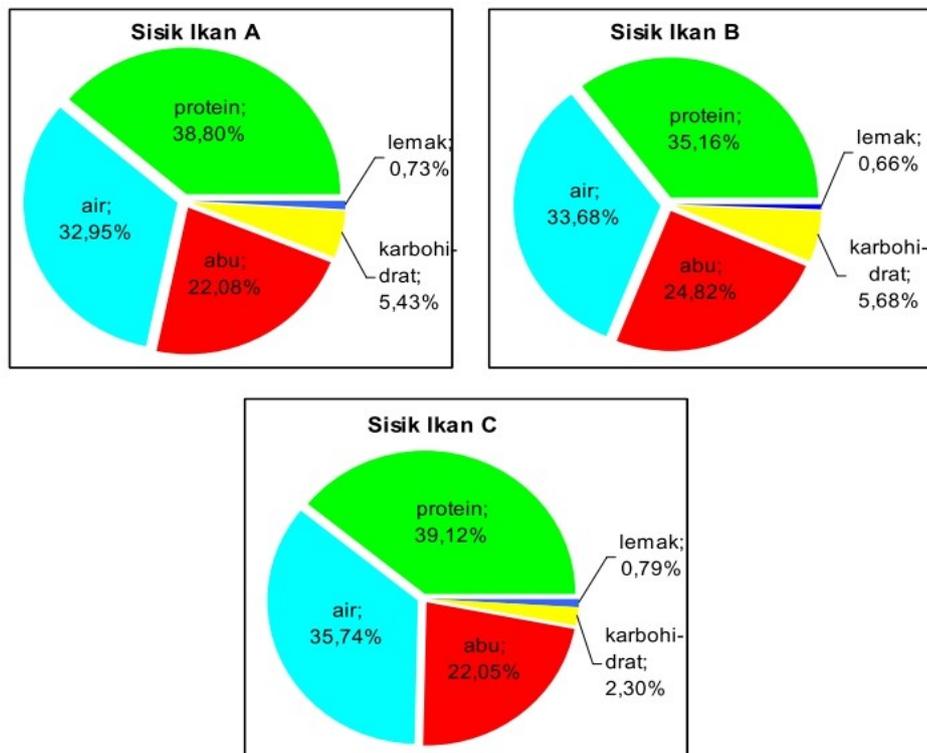


Gambar 2.8 Bentuk sisik ikan gurame [23]

2.9.1 Karakteristik Kimia Sisik Gurami

Analisis proksimat Kandungan kimia pada sisik ikan secara umum dapat diketahui dengan analisis proksimat, yang terdiri dari kadar air, abu, protein, lemak, dan karbohidrat. Analisis dilakukan pada empat kadar pertama, sedangkan kadar karbohidrat diperoleh dengan cara by differences yaitu dengan perbedaan, caranya adalah mengurangi seratus persen dengan penjumlahan persen empat kadar yang diukur. Kandungan sisik ikan secara umum adalah air 70 %, protein 27 %, lipid % dan abu 2 %. Komponen organik yang terkandung didalam sisik ikan yaitu 40-90 % dan komponen terbanyak adalah kolagen.

Rata-rata nilai proksimat sisik gurami dari tiap kelompok bobot dapat dilihat pada Gambar 2.9 Ketiga diagram pie menunjukkan bahwa tiga kadar terbesar sisik gurami berdasarkan urutan persentasenya adalah protein, air dan abu.



Gambar 2.9 Diagram pie rata-rata proksimat sisik gurami tiap kelompok bobot

1. Protein

Kadar protein sisik gurami adalah yang terbesar diantara empat kadar lainnya, dengan kisaran 35-40 %. Urutan rata-rata kadar protein sisik gurami dari yang tertinggi hingga terendah adalah sisik ikan C; A; B, masing-masing 39,12 %; 38,80 %; dan 35,16 % [23].

2. Kolagen

Pada sisik ikan kemungkinan berupa kolagen dan keratin. Sisik ikan kaya dengan protein (terutama kolagen) bahwa kolagen fibril tipe 1 adalah komponen organik utama pada sisik ikan sama seperti pada tulang. Alfa-keratin adalah protein serat utama yang memberikan perlindungan eksternal bagi vertebrata. Protein ini menyusun hampir seluruh berat kering darirambut, wol, sayap, kuku, cakar, duri, sisik, tanduk, kuku kuda, kulit penyu, dan banyak lagi lapisan kulit luar [23].

3. Air

Komponen terbesar kedua pada sisik gurami setelah protein adalah air dengan kisaran 30-37 %. Urutan rata-rata kadar air sisik gurami dari yang tertinggi hingga terendah adalah sisik ikan C; B; A, masing-masing 35,74 %; 33,68 %; 32,95 % [23].

4. Abu

Mineral menjadi komponen penyusun terbesar ketiga pada sisik gurami setelah protein dan air, dengan kisaran 22-25 %. Urutan rata-rata kadar abu sisik gurami dari yang tertinggi hingga terendah adalah sisik ikan C; A; B, masing-masing 22,05 %; 22,08 %; dan 24,84 %. Bertambahnya ukuran sisik gurami ternyata tidak memberikan kenaikan kadar abu yang teratur. Torres menyatakan bahwa kandungan anorganik pada sisik yang utama berupa hidroksiapatit. Kalsium

merupakan komponen struktural mineral tulang atau hidroksiapatit yang komposisinya kira-kira adalah $[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2]_3 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$ [23].

5. Lemak

Sisik gurami dilarutkan dengan pelarut nonpolar n-heksana, diperoleh rata-rata kadar lemak berkisar 0,6–0,8 %. Urutan rata-rata kadar lemak sisik gurami dari yang tertinggi hingga terendah adalah sisik ikan B; A; C, masing-masing 0,66 %; 0,73 %; dan 0,79 %. Seperti halnya kadar abu dan kadar protein, rata-rata kadar lemak juga menunjukkan penurunan yang tidak teratur sesuai bobot. Belum dapat dijelaskan mengapa beberapa kadar tersebut menunjukkan tren yang tidak teratur [23].

6. Karbohidrat

Kadar karbohidrat diperoleh dengan mengurangi seratus persen dengan keempat jumlah rata-rata kadar (air, abu, protein dan lemak). Karbohidrat by differences sisik ikan tidak memberikan pola yang teratur, berkisar antara 2-6 %. Urutan rata-rata kadar karbohidrat sisik gurami dari yang tertinggi hingga terendah adalah sisik ikan B; A; C, masing-masing 5,68 %; 5,43 %; dan 2,30 %. Berdasarkan literatur yang diperoleh, kemungkinan karbohidrat yang terdapat pada sisik ikan salah satunya berupa kitin [23].

2.10 Tegangan Arus Searah

Tegangan listrik adalah beda potensial listrik antara dua titik. Tegangan listrik terjadi karena adanya perbedaan muatan listrik diantara kedua titik tersebut. Tegangan listrik tidak bisa dilihat namun bisa dirasakan dan diukur besarnya. Pada

nilai tertentu, tegangan listrik bisa berbahaya bagi manusia. Kejadian terkena tegangan listrik pada manusia seing kita sebut dengan kesetrum [24].

Tegangan listrik merupakan perwujudan dari energi listrik. Tegangan listrik bisa dihasilkan melalui pembangkit-pembangkit listrik. Namun dalam skala kecil tidak disebut pembangkit tapi lebih umum dengan penghasil listrik saja. Contoh tegangan listrik yang sering kita temui adalah 220V pada listrik rumah tangga, 1.5V pada battery dan 12V pada aki [24].

Tegangan listrik berfungsi sebagai tenaga (power). Untuk bisa bekerja, sebuah rangkaian elektronika membutuhkan tegangan listrik sebagai tenaga "penggerakannya". Oleh karena itu dalam rangkaian, bagian yang menghasilkan tegangan listrik biasanya disebut Power Supply atau Penyuplai tenaga.

Simbol tegangan listrik dinyatakan dalam V ditulis dengan huruf besar. Pada beberapa kasus juga ditemui penggunaan simbol E, tujuannya agar tidak bingung antara V sebagai simbol dan V sebagai satuan (Volt). Khusus untuk tegangan DC juga bisa ditulis dengan simbol B, yaitu singkatan dari Battery.

Tegangan DC Adalah tegangan dengan aliran arus searah. Tegangan DC memiliki notasi/tanda positif pada satu titiknya dan negatif pada titik yang lain. Sumber-sumber tagangan DC diantaranya adalah elemen volta, battery, aki, solar cell dan adaptor/power supply DC. Pemasangan tegangan DC pada rangkaian harus benar sesuai kutubnya karena jika terbalik bisa berakibat kerusakan pada kedua bagian [24].

Aplikasi tegangan DC banyak kita jumpai pada peralatan elektronik portabel seperti handphone, remote, sepeda motor, mainan dan pemutar musik portabel. Sekarang ini sudah banyak dipakai sumber tegangan DC berupa battery

yang bisa diisi ulang (recharge) jadi jika tegangan listrik pada battery habis bisa dibangkitkan lagi dengan mengisinya.

2.11 Arus Searah

Arus listrik searah (Direct Current atau DC) adalah aliran elektron dari suatu titik yang energi potensialnya tinggi ke titik lain yang energi potensialnya lebih rendah. Arus searah dulu dianggap sebagai arus positif yang mengalir dari ujung positif sumber arus listrik ke ujung negatifnya. Pengamatan-pengamatan yang lebih baru menemukan bahwa sebenarnya arus searah merupakan arus negatif (elektron) yang mengalir dari kutub negatif ke kutub positif [25].

Aliran elektron ini menyebabkan terjadinya lubang-lubang bermuatan positif, yang “tampak” mengalir dari kutub positif ke kutub negatif. Contoh dari penggunaan listrik arus searah yaitu penyaluran tenaga listrik komersil yang pertama (dibuat oleh Thomas Alfa Edison di akhir abad ke 19) menggunakan listrik arus searah. Generator komersiel yang pertama di dunia juga menggunakan listrik arus searah. Di tahun 1883, Nicola Tesla dianugerahi hak paten untuk penemuannya, arus bolak-balik fase banyak.

Pada bulan Mei 1883, dia menyampaikan kuliah klasik kepada The American Institute of Electrical Engineers: ”A New System of Alternating Current Motors and Transformers.” Karena listrik arus bolak-balik lebih mudah digunakan dibandingkan dengan listrik arus searah untuk transmisi (penyaluran) dan pembagian tenaga listrik, di zaman sekarang hampir semua transmisi tenaga listrik menggunakan listrik arus bolak-balik. Walaupun begitu, pada saat pertama

peluncuran arus listrik bolak-balik, arus listrik searah masih tetap digunakan. Bahkan, ada yang tidak mau menerima arus bolak-balik [25].

Dengan perkembangan teknologi elektronika saat ini, listrik arus searah (DC) dapat dihasilkan dengan cara merubah Arus bolak-balik (AC) menjadi Arus Searah (DC) dengan menggunakan suatu alat yang disebut Power Supply atau Adaptor. Sebagai dasar dari rangkaian Power Supply adalah sebuah komponen diode yang dapat berfungsi sebagai penyearah, artinya adalah dapat merubah dan menyearahkan arus bolak-balik (AC) menjadi Arus Searah (DC).

2.12 Tahanan (Ohm)

Hukum dasar Elektronika yang wajib dipelajari dan dimengerti oleh setiap Engineer Elektronika ataupun penghobi Elektronika adalah Hukum Ohm, yaitu Hukum dasar yang menyatakan hubungan antara Arus Listrik (I), Tegangan (V) dan Hambatan (R). Hukum Ohm dalam bahasa Inggris disebut dengan “Ohm’s Laws” [25].

Hukum Ohm pertama kali diperkenalkan oleh seorang fisikawan Jerman yang bernama Georg Simon Ohm (1789-1854) pada tahun 1825. Georg Simon Ohm mempublikasikan Hukum Ohm tersebut pada Paper yang berjudul “The Galvanic Circuit Investigated Mathematically” pada tahun 1827 [25].

Pada dasarnya, bunyi dari Hukum Ohm adalah :

“Besarnya arus listrik (I) yang mengalir melalui sebuah penghantar atau Konduktor akan berbanding lurus dengan beda potensial / tegangan (V) yang diterapkan kepadanya dan berbanding terbalik dengan hambatannya (R)”.

Secara Matematis, Hukum Ohm dapat dirumuskan menjadi persamaan seperti dibawah ini :

$$\mathbf{V = I \times R}$$

$$\mathbf{I = V / R}$$

$$\mathbf{R = V / I}$$

Dimana :

V = Voltage (Beda Potensial atau Tegangan yang satuan unitnya adalah Volt (V))

I = Current (Arus Listrik yang satuan unitnya adalah Ampere (A))

R = Resistance (Hambatan atau Resistansi yang satuan unitnya adalah Ohm (Ω))

Dalam aplikasinya, Kita dapat menggunakan Teori Hukum Ohm dalam Rangkaian Elektronika untuk memperkecilkan Arus listrik, Memperkecil Tegangan dan juga dapat memperoleh Nilai Hambatan (Resistansi) yang kita inginkan [26].

Hal yang perlu diingat dalam perhitungan rumus Hukum Ohm, satuan unit yang dipakai adalah Volt, Ampere dan Ohm. Jika kita menggunakan unit lainnya seperti milivolt, kilovolt, miliampere, megaohm ataupun kiloohm, maka kita perlu melakukan konversi ke unit Volt, Ampere dan Ohm terlebih dahulu untuk mempermudah perhitungan dan juga untuk mendapatkan hasil yang benar [26].

2.13 Hubungan antara Arus, Tegangan dan Hambatan

Arus listrik adalah banyaknya muatan listrik yang mengalir dalam rangkaian tiap satuan waktu. Arus listrik disimbolkan dengan huruf "I" dan satuannya adalah *Coulomb/detik* atau *Ampere (A)*.

$$I = \frac{Q}{t}$$

Selain itu besarnya arus listrik adalah proporsional dengan tegangan yang diberikan dan juga besarnya tahanan pada penghantar.

$$I = \frac{V}{R}$$

V = Tegangan, R = Tahanan/resistansi

Tegangan adalah beda potensial antara dua titik rangkaian listrik yang memberi tekanan ke arus listrik untuk mengalir. Tegangan disimbolkan dengan "V" dan satuannya adalah *Volt*.

$$V = \frac{I}{R}$$

Elektron-elektron yang mengalir di penghantar cenderung mengalami gesekan dan perlawanan. Perlawanan ini lah yang disebut dengan "Resistansi atau Hambatan". Sesuai dengan namanya, hambatan bersifat menghambat arus listrik (laju elektron yang mengalir) dan efek dari penghambatan ini bisa menimbulkan energi lain seperti panas, cahaya. Hambatan disimbolkan dengan huruf "R" dan memiliki satuan "Ohm".

$$R = \frac{V}{I}$$

Hukum Ohm yaitu arus listrik akan mengalir dalam penghantar jika memenuhi dua syarat yaitu adanya tegangan dan rangkaianannya tertutup. Jumlah arus listrik yang mengalir dalam rangkaian dipengaruhi oleh besarnya tegangan yang diberikan dan juga besarnya hambatan. Jika tegangan dinaikkan, maka arus listrik akan meningkat. Namun, jika hambatannya juga dinaikkan maka arus akan melemah.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan membahas bagaimana *dye sensitized solar cell* (DSSC) yang dirancang dan efisiensi yang akan diukur dengan menggunakan multimeter.

3.1 Lokasi penelitian

Penelitian dilakukan pada tanggal 29 Juni 2018 sampai dengan 31 Agustus 2018 bertempat di Laboratorium Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Jalan Kapten Muchtar Basri No 3 Medan.

3.2 Peralatan Penelitian

Pada penelitian ini memerlukan beberapa peralatan yang digunakan sebagai berikut:

Peralatan yang digunakan dalam rancang bangun pemanfaatan energi matahari dengan *dye sensitized solar cell* (DSSC), terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat lunak digunakan untuk membantu dalam proses perhitungan, membuat grafik dan untuk mengetahui variabel dari alat yang sedang diteliti. Sedangkan perangkat keras digunakan untuk proses perancangan alat.

A Perangkat Lunak

1. Autocad 2007, perangkat lunak ini digunakan untuk merancang dan menggambar alat yang akan diteliti.
2. Microsoft Excel 2007, perangkat ini digunakan untuk pengolahan data dan akan didapat grafik yang diteliti.

B Perangkat Keras

1. Multitester, digunakan sebagai alat untuk mengambil dan mengukur efisiensi dari penelitian pemanfaatan energi matahari dengan menggunakan *dye sensitized solar cell* (DSSC).

3.3 Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Konsultasi terhadap dosen yang bersangkutan dengan cara wawancara
2. Mementukan tema permasalahan yang akan diteliti dengan cara melakukan studi pustaka, guna memperoleh berbagai teori-teori dan konsep yang akan mendukung penelitian yang akan dilaksanakan.
3. Merancang dan mengukur hasil dari pemanfaatan energi matahari dengan *dye sensitized solar cell* (DSSC), sehingga didapat hasil yang dibutuhkan untuk diolah pada bab selanjutnya.

3.4 Perancangan *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC)

Untuk merancang *dye sensitized Solar Cell* (DSSC), terlebih dahulu menyediakan bahan-bahan sebagai berikut :

1. Menyediakan titanium dioxide (TiO₂).
2. Menyediakan *dye* dari sisik ikan yang dihaluskan.
3. Menyediakan metanol sebagai cairan elektrolit.
4. Menyediakan kaca *indium tin oxide* (ITO).
5. Menyediakan pensil 2b dan penjepit kertas (paper clip).
6. Menyediakan penjepit buaya dan kabel penghubung.

3.5 Langkah-langkah Pembuatan Prototype

Ada pun beberapa langkah dalam rancang bangun *dye sensitized solar cell* (DSSC) sebagai berikut :

1. Membersihkan dengan *tissue* kaca *indium tin dioxide* (ITO), setelah itu meletakkan kelantai dan membatasi kaca dengan isolasi transparan, dengan ukuran pembatas 3mm x 3mm.
2. Memasukan TiO₂ kedalam gelas kaca berukuran kecil dengan takkaran 5 ml sendok atau 2,76 gram.
3. Memsukkan *dye* dari sisik ikan yang dihaluskan sebanyak 2,5 ml sendok atau 0,42 kedalam wadah gelas yang telah terisi dengan TiO₂.
4. Memasukkan cairan metanol sebanyak 3 - 4 ml kedalam wadah gelas yang telah berisi *dye* dan TiO₂.
5. Setelah itu mengaduk semuanya dengan menggunakan kuas lukis yang bermata kecil, mengaduk hingga merata.
6. Mengoleskan bahan yang telah tercampur ke kaca *indium tin dioxide* (ITO).
7. Melapiskan kembali dengan kaca *indium tin dioxide* (ITO) yang sudah digores dengan pensil sebagai karbon.
8. Setelah itu menjepit kedua kaca *indium tin dioxide* (ITO) dengan penjepit kertas (paper clip) dan memasang penjepit buaya pada kaca *indium tin dioxide* yang diberi karbon sebagai negatif (-) , dan yang tidak diberi karbon sebagai positif (+) .

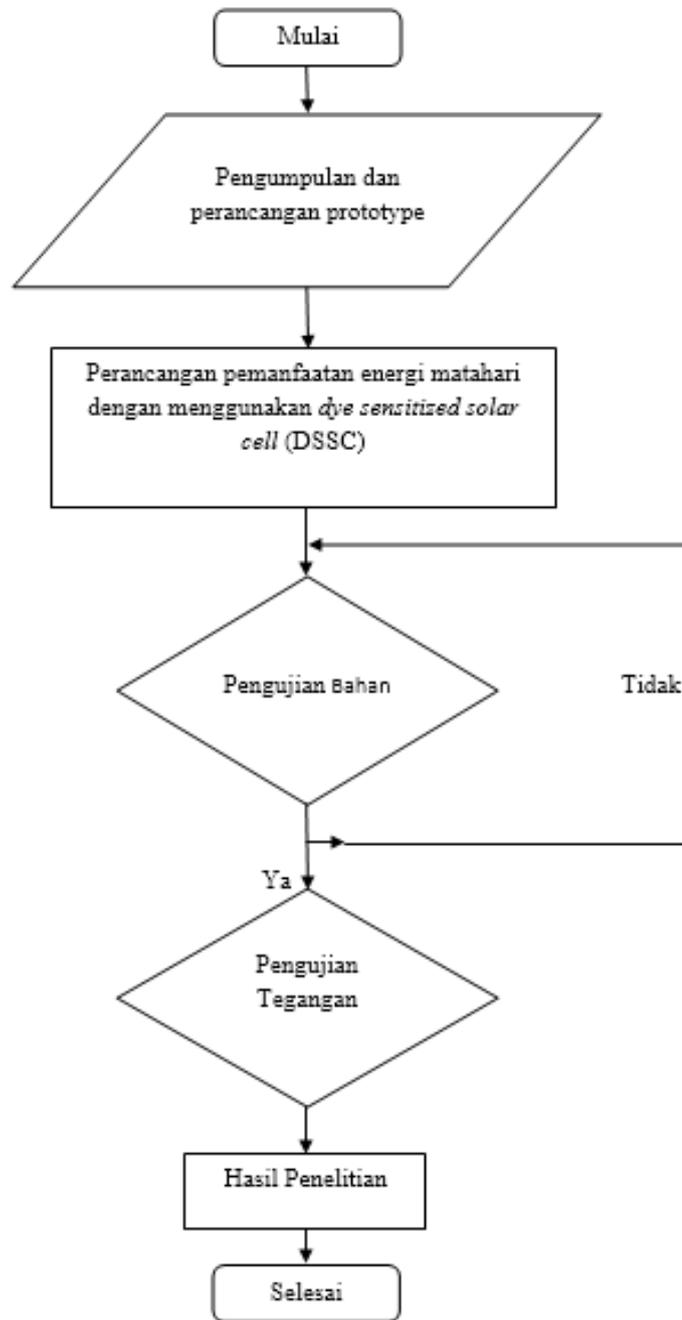
9. Meletakkan alat penelitian dibawah sinar matahari selama 5 menit, kemudian mengukur tegangan yang dihasilkan dari *dye sensitized solar Cell* (DSSC) selama 5 menit.
10. Merancang desain *dye sensitized solar cell* (DSSC) dengan menggunakan software AutoCad 2007.

Berikut adalah beberapa cara mengukur efesiensi pada prototype *dye sensitized solar cell* (DSSC) :

1. Multitester digital terlebih dahuru dikalibrasi, dengan cara menyatukan positif (-) dan negatif (-).
2. Menghubungkan kabel positif (merah) dan negatif (hitam) dari kabel yang terhubung pada penjepit buaya ke multitester dengan arah panah multitester pada volt.

Mengamati dan mencatat hasil efesiensi dari keluaran yang didapat.

3.6 Diagram Alir Percobaan



Gambar 3.1 Flowchart analisa data penelitian

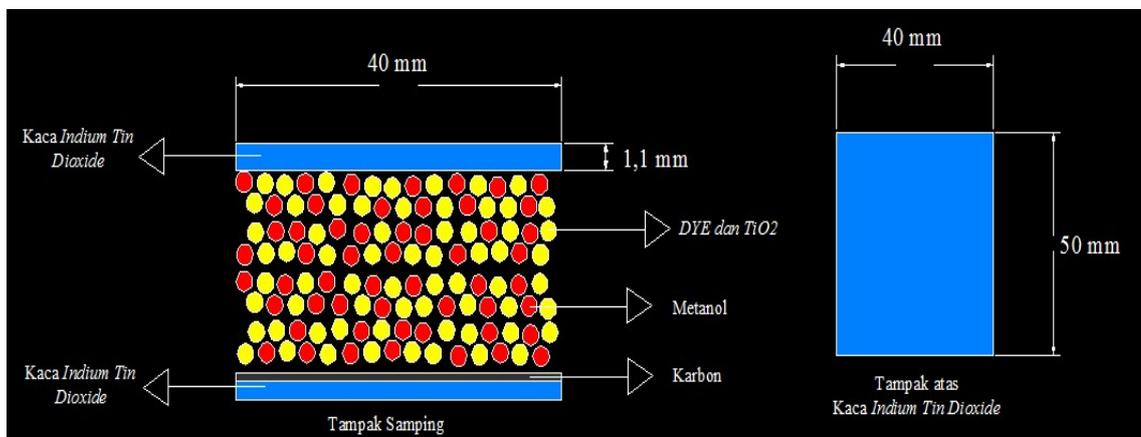
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

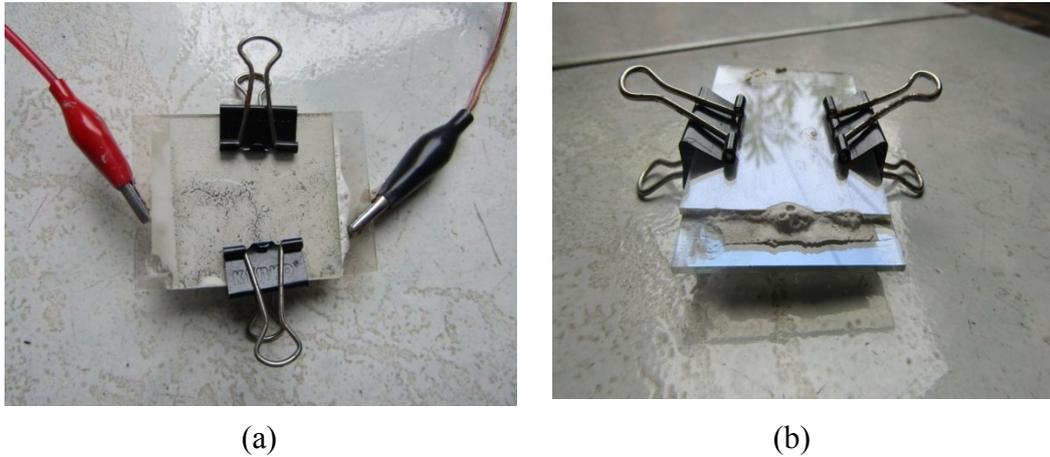
Penelitian ini telah dilakukan dari hasil referensi jurnal yang telah membuat DSSC dengan *dye* sebagai zat pewarna alami dari buah blueberry, hal ini disebabkan karena warna yang dihasilkan dari blueberry sedikit pekat, maka peneliti mengganti *dye* dari bahan alami lain berupa sisik ikan gurami, ini dilakukan karena pada sisik ikan gurame sebagai zat warna yaitu abu.

4.1 Prototype *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC)

Pada pembuatan prototype yang telah dirancang dengan menggunakan aplikasi software AutoCad 2007 seperti terlihat pada gambar 4.1 dan pada gambar 4.2. Pada bagian paling bawah *dye sensitized solar cell* (DSSC) adalah kaca *indium tin dioxide* (ITO) dengan dilapiskan karbon dari pensil 2b. diatas lapisan kaca dan karbon terdapat campuran *dye*, TiO_2 , cairan metanol dan dilapis dengan kaca *indium tin dioxide* (ITO). Panas matahari akan diserap melalui kaca *indium tin dioxide* (ITO) yang tidak dilapis dengan karbon berkutub (+), sedangkan kaca *indium tin dioxide* (ITO) yang dilapis dengan karbon berkutub (-).



Gambar 4.1 Hasil prototype dengan menggunakan aplikasi *software* AutoCad 2007



Gambar 4.2 DSSC tampak atas (a), DSSC tampak Samping(b)

4.1 Hasil Pengukuran (R, V) dan Perhitungan (I) Pada *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC)

Tabel 4.1 Hasil perhitungan arus (I) yang didapat pada pengukuran *dye sensitized solar cell* (DSSC)

Waktu	Suhu °	Pengukuran Tahanan (R) dan Tegangan (V) pada <i>Dye Sensitized Solar Cell</i> (DSSC)		Perhitungan Arus(I) dengan Menggunakan Rumus
		Tahanan Kaca (R)	Tegangan (V)	Arus (I)
12.00 – 12.05 Wib	31 °C	18 Ω	252.4 mV	14.02 mA
12.15 – 12.20 Wib	31 °C	18 Ω	300.2 mV	16.67 mA

13.30 – 13.35 Wib	31 °C	18 Ω	351.3 mV	17.51 mA
13.45 – 13.50 Wib	31 °C	18 Ω	403.5 mV	22.41 mA
14.00 – 14.05 Wib	31 °C	18 Ω	453.6 mV	25.2 mA

Dari tabel 4.1 diatas, penelitian telah dilakukan pengukuran pada *dye sensitized solar cell* (DSSC) dengan waktu pengukuran yang berbeda-beda. Saat pukul 12.00 – 12.05 dengan suhu 31 °C telah dilakukan pengukuran dengan tahanan dari kaca *indium tin dioxide* sebesar 18 Ω, kemudian mengukur tegangan yang dihasilkan dari serapan sinar matahari terhadap *dye sensitized solar cell* (DSSC) sebesar 252.4 mili volt, dengan arus yang diketahui melalui rumus sebagai berikut :

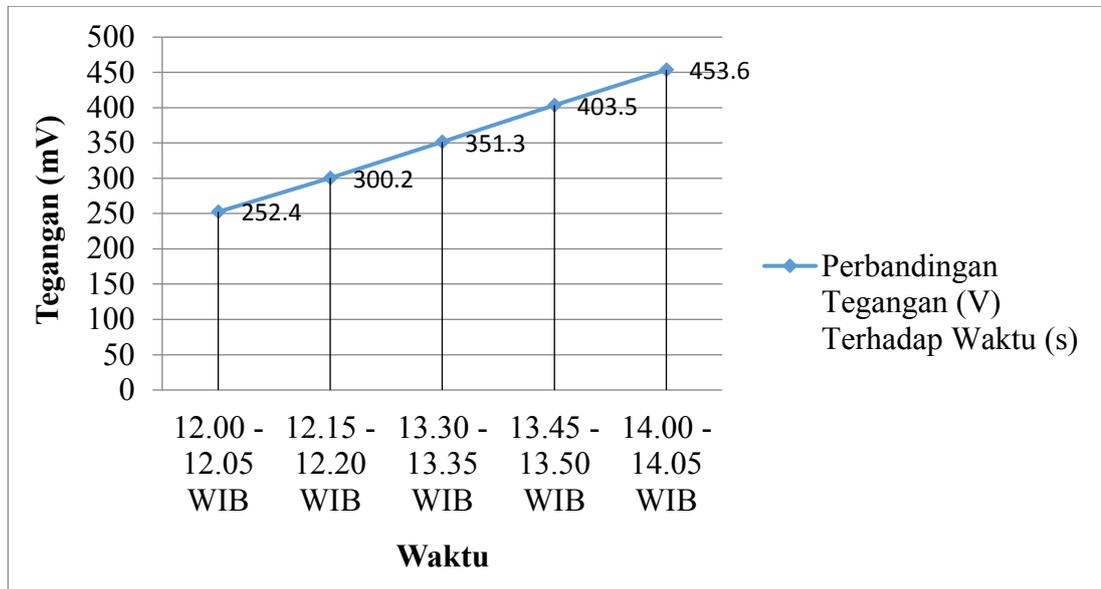
$$I = \frac{V}{R}$$

$$I = \frac{252.4 \text{ mV}}{18 \Omega}$$

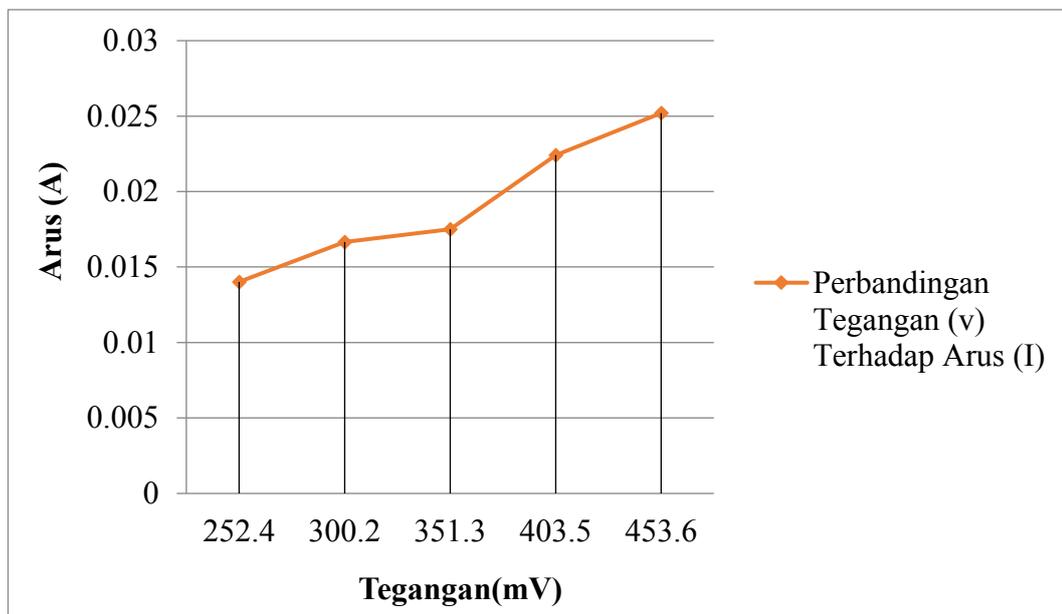
$$I = 14.02 \text{ mA}$$

Dari hasil yang didapat diatas, Maka arus (I) yang dihasil adalah 14.02 mA atau 0.01402 ampere.

4.2.1 Grafik dari hasil perhitungan pada tabel 4.1, perbandingan tegangan (v) terhadap waktu (s)



4.2.2 Grafik dari hasil perhitungan pada tabel 4.1, perbandingan Arus (i) terhadap Tegangan (v)



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Perancangan prototype *dye sensitized solar cell* (DSSC) menggunakan bahan *dye* dari sisik ikan gurami yang dihaluskan
2. Kaca *indium tin dioxide* (ITO), TiO₂ sebagai semikonduktor, metanol sebagai cairan elektrolit dan bahan karbon dari pensil 2b.
3. Penyerapan panas matahari pada kaca *indium tin dioxide* (ITO) menyebabkan konsentrasi *dye* DSSC mengakibatkan perubahan nilai tegangan dan arus yang dihasilkan oleh *dye sensitized solar cell* (DSSC), dari hasil pengukuran yang didapat pada waktu 14.00 – 14.05 dengan tegangan tertinggi 453,6 mili volt dengan hasil perhitungan arus menggunakan rumus yaitu 25,2 mili ampere selama 5 menit pengukuran dan suhu berkisar 31°C .
4. Tegangan yang dihasilkan akan menurun secara perlahan apabila sinar dari matahari tidak mengenai langsung ke *dye sensitized solar cell* (DSSC) atau dalam keadaan cuaca mendung.

5.2 Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya agar dapat dihasilkan tegangan yang lebih tinggi hingga 1 volt keatas.

Perlunya output beban, agar terlihat seberapa kuat serapan panas matahari terhadap *dye sensitized solar cell* (DSSC).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Fitria, A. Amri, And A. Fadli, "Pembuatan Prototip Dye Sensitized Solar Cell (Dssc) Menggunakan Dye Ekstrak Buah Senduduk (Melastoma Malabathricum L) Dengan Variasi Fraksi," *Jom Fteknik*, Vol. 3, No. 1, Pp. 1–9, 2016.
- [2] M. A. Saputra, M. F. Azis, And E. Aditia, "Inovasi Peningkatan Efisiensi Panel Surya Berbasis."
- [3] T. Fernando, S. Ridwan, M. Gratzel, And O. Regan, "Dye Sensitized Solar Cells (Dssc) Berbasis Nanopori Tio 2 Menggunakan Antosianin Dari Berbagai Sumber Alami," Pp. 155–162, 2013.
- [4] R. Ardianto *Et Al.*, "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," *J. Keteknikan Pertan. Trop. Dan Biosist.*, Vol. 3, No. 3, Pp. 325–337, 2015.
- [5] W. Septina, "Pembuatan Prototipe Solar Cell Murah Dengan Bahan Organik-Inorganik (Dye- Sensitized Solar Cell) Penghargaan Pt . Rekayasa Industri Pembuatan Prototipe Solar Cell Murah Dengan Bahan Organik-Inorganik (Dye-Sensitized Solar Cell) Oleh : Wilman Septina D," No. May, 2014.
- [6] M. S. W. Kumara And G. Prajitno, "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," *J. Fis.*, 2012.

- [7] M. O'regan Dan Grätzel, "A Low Cost, High Efficiency Solar Cell Based On Dye-Sensitized Colloidal Tio₂ Films," *Nature*, Vol. 353, No. 6346, Pp. 737–740, 1991.
- [8] R. Syafinar, N. Gomesh, M. Irwanto, M. Fareq, And Y. M. Irwan, "Optical Characterization Using Nature Based Dye Extracted From Hibiscus's Flower," *Arpn J. Eng. Appl. Sci.*, Vol. 10, No. 15, Pp. 6336–6340, 2015.
- [9] D. Dahlan And D. Fahyuan, "Jurnal Sains Materi Indonesia Efisiensi Sel Surya Dye Sensitized Solar Cell," *J. Sains Mater. Indones.*, Vol. 15, No. 2, Pp. 74–79, 2014.
- [10] S. Meng And E. Kaxiras, "Electron And Hole Dynamics In Dye-Sensitized Solar Cells: Influencing Factors And Systematic Trends," *Nano Lett.*, Vol. 10, No. 4, Pp. 1238–1247, 2010.
- [11] B. S. Zno-Sio And J. Fisika, "Simulasi Performa Dye Sensitized Solar Cell (Dssc) Oleh : Abdul Baqi," 2016.
- [12] I. Yelfianhar, "Bahan - bahan Semikonduktor."
- [13] "Tesis Komputasi Parameter Internal Sel Surya Organik Dan Penentuan Pola Keterkaitannya Terhadap Intensitas Menggunakan Metode," 2009.
- [14] P. Parno, "Pengaruh Model Penemuan Terbimbing Dengan Strategi Self-Explanation Terhadap Prestasi Belajar Fisika Zat Padat Mahasiswa Effect Of Guided Discovery Model With Self- Explanatio Pengaruh Model Penemuan Terbimbing Dengan Strategi Self-Explanation Terha," No. January 2015, 2016.
- [15] A. J. Haider, A. Materials, And A. Materials, "Synthesis And Characterization Of Tio₂ Nanoparticles Via Sol- Gel Method By Pulse Laser

- Ablation,” Vol. 33, No. 5, Pp. 3–4, 2015.
- [16] Hery Sutanto Supriyanto, Edy, Agus Subagio, “Titanium Dioxide,” Pp. 7–27, 2006.
- [17] S. A. Pataya *Et Al.*, “Karakterisasi Lapisan Tipis Titanium Dioksida (Tio 2) Yang Ditumbuhkan Dengan Metode Spin Coating Diatas Substrat Kaca,” 2016.
- [18] F. Yora, “Pengertia Metanol,” Pp. 6–9, 1956.
- [19] Ratnadewi, Agus Prijono, Yohana Susanthi, “Dasar - Dasar Rangkaian Listrik,” 2015.
- [20] F. Pyrolysis, “Bab Ii Tinjauan Pustaka 2.1 Incinerator,” Pp. 5–27, 2012.
- [21] P. S. Fisika, F. Sains, D. A. N. Teknologi, U. Islam, N. Sunan, And G. Djati, “Transparent Conductive Oxide (Tco),” 2013.
- [22] N. T. Program, “Chemical Information Profile For Indium Tin Oxide,” No. 50926, P. 31, 2009.
- [23] “Karakteristik Kimia Dan Fisik Sisik Ikan Gurami (Osphronemus Gouramy) Vanadia Yogaswari Program Studi Teknologi Hasil Perikanan,” 2009.
- [24] Susanthi, Yohana. 2010. *Diktat Kuliah Rangkaian Listrik 1*, Jurusan Teknik Elektro - UKM
- [25] Drs. Ridwam R. 1999. *Dasar Dasar Elektronika*, Bandung
- [26] Moel Marris,.1990. *Dasar Listrik dan Elektronika*, Jakarta

LAMPIRAN

A. Keterangan Pembelian Kaca *Indium Tin Dioxide*

13 14.16

←

📄 🛒 ⋮

Jual Kaca ITO (Indium Thin Oxide)
Ukuran Kecil

Rp 75.000

📦 Stok terbatas! Tersedia >20

★★★★★
1 Ulasan

💬
1 Diskusi

🚚
3 Kurir

Beli

Transaksi Berhasil	100%
Kondisi	Baru
Pemesanan Min.	1
Kategori	Elektronik
Etalase	Kaca Konduktif

Deskripsi Produk

Kaca konduktif ITO (Indium Thin Oxide) ukuran kecil.

Ukuran 40x50mm dengan tebal 1,1mm.

Memiliki resistansi kurang dari 20 ohm per lembar.

Kemampuan transmisi cahaya 83%

Temperatur kerja 300 *C

Silakan tanyakan jika ada yang kurang jelas..

Beli



LEMBARAN ASISTENSI

Nama : Ardiansyah Makrif
NPM : 1407220107
Asistensi : Dosen Pembimbing I
Judul : RANCANG BANGUN PEMANFAATAN ENERGI
MATAHARI DENGAN MENGGUNAKAN DYE
SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC)

No	Keterangan	Tanggal	Paraf
1.	sec judul	02/7-2018	Sudi
2.	- Pembacaan referensi, guru Mandelley - Pembacaan rumus material	12/7-2018	Sudi
3.	Pembacaan literatur dalam jurnal, gambar dan teori pembacaan metodologi yg dijelaskan	3/8-2018	Sudi
4.	Pembacaan Bab IV, analisis dari penguatan on & tegu	2/9-2018	Sudi
5.	Pembacaan Alkitab & kerajinan	1/9-2018	Sudi
6.	Pembacaan analisis	4/9-2018	Sudi
	sec senior	7/9-2018	Sudi

Dosen Pembimbing I

(Noorly Evalina, S.T, M.T)



TUGAS AKHIR
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Kampus Utama Umsu, Jln. Kapt. Mucktar Basri no.3 Medan 20238, Telp (061) 661059

LEMBARAN ASISTENSI

Nama : Ardiansyah Makrif
NPM : 1407220107
Asistensi : Dosen Pembimbing II
Judul : RANCANG BANGUN PEMANFAATAN ENERGI
MATAHARI DENGAN MENGGUNAKAN DYE
SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC)

No	Tanggal	Uraian	Paraf
1	19/juli-2018	Perbaiki pada tujuan 1 dan 2 langsung.	
2	19/Agustus-2018	Perbaiki spasi pada akhiran kalimat terhadap mendeley	
3	29/Agustus-2018	Langkah-langkah pada BAB IV pindah ke BAB III	
4	1/September-2018	Lanjutkan BAB IV, Abstrak, BAB V dan DAFTAR PUSTAKA.	
5	3/September-2018	Cek spasi	
6	1/September-2018	Kalimat eja sempurnakan	
7	5/September-2018	hery eye kata pengantar, Daftar Isi, Daftar Pustaka.	
8	7/September-2018	Acc Seminar	

Dosen Pembimbing II

(Dr. Fitra Zambak, M.Sc)



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Kapten Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6023480 - EXT. 12

Website : <http://fatek.umsu.ac.id> E-mail : fatek@umsu.ac.id

Original Certificate of Appointment

Ela merupakan surat ini agar diterbitkan
 sesuai data yang tertera

Nomor : *As P/* IL.3-AU/UMSU-07/F/2018
 Lamp : -
 Hal : Undangan Sidang Tugas Akhir
 Prodi Teknik Elektro

Medan, 15 Muharram 1440 H
25 September 2018 M

Kepada : Yth.Sdr.

- | | |
|----------------------------------|---------------------------------|
| 1. Indra Roza.S.T.M.T | (DosenPenguji-I) |
| 2. Faisal Irsan.P.S.T.M.T | (Dosen Penguji - II) |
| 3. Noorly Evalina.S.T.M.T | (Dosen Penguji Pendamping - I) |
| 4. Dr.M.Fitra Zambak.M.Sc | (Dosen Penguji Pendamping - II) |

di-
Medan.

Bismillahirrahmanirrahim. Assalamu'alaikum Wr.Wb Dengan hormat,sesuai dengan rekomendasi ka. Prodi Teknik Elektro Tanggal 22 September 2018 tentang dosen pembimbing Tugas Akhir maka melalui surat ini kami mengundang saudara untuk menghadiri sidang tugas Akhir Fakultas teknik Jurusan teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara atas nama mahasiswa yang tersebut dibawah ini:

Nama : **Ardiansyah Makrif**
 NPM : 1407220107
 Jurusan : Teknik Elektro
 Judul Tugas Akhir : **Rancang Bangun Pemanfaatan Energi Matahari Dengan Menggunakan Dye Sensitized Solar Cell (DSSC).**

Insyn Allah akan dilaksanakan pada :

Hari / tanggal : **Jum'at / 28 September 2018**
 Waktu : **09.00 Wib S/D Selesai**
 Tempat : **Fakultas Teknik UMSU**
Jalan Muktar Basri No.: 03 Medan.

Demikian undangan ini kami sampaikan atas perhatian saudara kami ucapkan terima kasih .Akhirnya selamat dan Sejahteralah kita semua Amin.

Cc:File.

Wassalam,
 Terimakasih,

Munawar Alfansury, S.T.M.T
NIDN : 0101017202

RANCANG BANGUN PEMANFAATAN ENERGI MATAHARI DENGAN MENGGUNAKAN DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC)

Ardiansyah Makrif¹⁾, Noorly Evalina²⁾, Muhammad Fitra Zambak³⁾

¹⁾ Mahasiswa Program Sarjana Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

^{2,3)} Pengajar dan Pembimbing Program Sarjana Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Email: amakrif@gmail.com

ABSTRAK - *Dye sensitized solar cell (DSSC) merupakan salah satu panel surya yang bekerja berdasarkan elektrokimia yang memiliki prinsip mengubah energi panas matahari menjadi energi listrik dengan tegangan Direct Current (DC). Dye sensitized solar cell (DSSC) dengan dye dari bahan alami dan menggunakan TiO₂ sebagai semikonduktor untuk pelapisan dengan cara spin coating. Dye sensitized solar cell (DSSC) akan bekerja jika memiliki elektroda dan elektroda counter, elektroda yang digunakan berupa kaca indium tin dioxide (ITO) dengan tahanan kurang dari 20 Ω dengan ukuran 40 mm x 50 mm dan ketebalan kaca 1,1 mm yang dilapis TiO₂ bubuk sebanyak 5 ml sendok dan sisik ikan yang dihaluskan sebanyak 2.5 ml sendok disatukan kedalam wadah. Setelah itu dioleskan dengan kuas ke elektroda yang menggunakan kaca indium tin dioxide (ITO). Selanjutnya elektroda counter menggunakan kaca indium tin dioxide (ITO) yang dilapis karbon dari pensil 2b. Fabrikasi dye sensitized solar cell (DSSC) adalah dilakukan dengan menempelkan kedua kaca indium tin dioxide (ITO) dengan penjepit kertas, kemudian disinari dengan matahari langsung selama 5 menit. Setelah itu melakukan pengukuran pada dye sensitized solar cell (DSSC) dapat memberikan hasil pengukuran tegangan tertinggi 453,6 mili volt dengan perhitungan arus yang didapat 25,2 mili amper pada lamanya pengukuran 5 menit.*

Kata kunci: Dye Sensitized Solar Cell (DSSC), sisik ikan sebagai dye, sinar matahari, elektroda indium tin dioxide.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi matahari merupakan energi yang sedang giat dikembangkan saat ini, karena cahaya matahari yang sampai ke bumi ada yang diabsorb oleh atmosfer dan ada yang direfleksikan kembali. Indonesia sebenarnya sangat berpotensi untuk dijadikan sel surya sebagai salah satu sumber energi masa depan mengingat posisi Indonesia pada garis khatulistiwa yang memungkinkan sinar matahari dapat optimal diterima hampir seluruh Indonesia sepanjang tahun. Sel surya merupakan alat yang mampu merubah energi sinar matahari menjadi energi listrik.

Efek dari fotovoltaik adalah dasar dari teknologi sel surya saat ini salah satunya yang telah dikembangkan yaitu *Dye*

Sensitized Solar Cell (DSSC) atau sel surya berbasis pewarna tersensitisasi (SSPT). Tingginya efisiensi konversi energi surya menjadi listrik dari DSSC merupakan salah satu daya tarik berkembangnya riset mengenai DSSC diberbagai negara [2]. DSSC memiliki beberapa keuntungan antara lain proses pembuatan yang mudah dan sederhana tanpa menggunakan alat canggih dan mahal sehingga biaya pembuatan dapat lebih murah. Disamping itu *dye sensitized solar cell* mengkonversi cahaya dan separasi muatan listrik terjadi pada proses berbeda, molekul *dye* bertugas mengabsorpsi cahaya sedangkan separasi muatan dilakukan oleh ionorganik semikonduktor nonkristal. Alternatif lain muncul untuk menggantikan *dye* konvensional yaitu penggunaan *dye* dari bahan-bahan alami.

Pada penelitian sebelumnya telah ditemukan *dye sensitized solar cell* (DSSC) dengan berbahan *dye* dari buah blueberry dikarenakan memiliki warna yang pekat [3]. Hal ini membuat peneliti mengubah bahan *dye* dari sisik ikan yang dihaluskan dan dicampur dengan TiO₂, serta metanol sebagai pelarut dan elektrolitnya, ini merupakan suatu pengembangan baru dalam penggunaan *dye* alami dan belum ada menggunakannya sebagai *dye* pada DSSC sebelumnya, sisik ikan yang dihaluskan dan TiO₂ akan dicampur dengan metanol sebagai bahan elektrolit yang akan dilarutkan dalam satu wadah, kedua larutan akan dilapiskan dengan kaca *indium tin dioxide* (ITO). Kaca *indium tin dioxide* (ITO) mempunyai sifat menyerap panas dan penghantar sehingga dapat digunakan pembuatan DSSC.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Energi matahari merupakan energi yang sedang giat dikembangkan saat ini, karena cahaya matahari yang sampai ke bumi ada yang diabsorb oleh atmosfer dan ada yang direfleksikan kembali. Indonesia sebenarnya sangat berpotensi untuk dijadikan sel surya sebagai salah satu sumber energi masa depan mengingat posisi Indonesia pada garis khatulistiwa yang memungkinkan sinar matahari dapat optimal diterima hampir seluruh Indonesia sepanjang tahun. Sel surya merupakan alat yang mampu merubah energi sinar matahari menjadi energi listrik. Sel surya yang digunakan adalah *Dye-sensitized solar cell* (DSSC). *Dye-sensitized solar cell* (DSSC) merupakan sel surya yang berbasis fotoelektrokimia. DSSC muncul seiring dengan perkembangan nanoteknologi yang beberapa tahun ke depan akan menjadi sangat penting bagi kehidupan manusia. Sel surya ini pertama kali ditemukan oleh Michael Gratzel dan Brian O'Regan pada tahun 1991 dan dikenal sebagai Gratzel Cells. Efisiensi DSSC masih lebih rendah dari efisiensi sel surya silikon yang dapat mencapai 17-25%.

Dye-Sensitized Solar cell (DSSC) merupakan seperangkat sel surya yang berbasis fotoelektrokimia, yang melibatkan

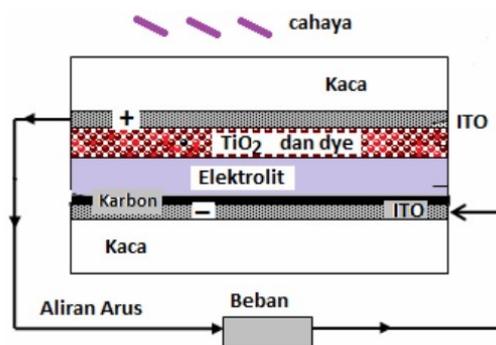
transfer muatan listrik dari suatu fasa ke fasa lain. Penelitian ini bertujuan untuk membuat *dye-sensitized solar cell* dan mengetahui nilai konversi energi surya menjadi energi listrik serta nilai efisiensi yang dihasilkannya. Pada penelitian ini digunakan TiO₂ Degussa P-25 yang dilapiskan pada kaca konduktif melalui teknik sol-gel dan sebagai zat penyerap foton digunakan *dye* antosianin dari ekstrak ketan hitam, daun bayam merah, bunga rosella, buah naga super merah dan ubi jalar ungu. Hasil karakterisasi dengan XRD pada serbuk TiO₂ menunjukkan puncak difraksi yang tinggi dan tajam dengan struktur kristal anatase dan rutil serta ukuran kristal sekitar 20 nm. Karakterisasi substrat kaca yang telah dilapisi TiO₂ menggunakan SEM dan EDX dimana dengan alat SEM terlihat bahwa TiO₂ dipermukaan kaca lebih merata serta dari EDAX diperoleh bahwa zat yang dominan terdapat pada permukaan kaca adalah Ti. Pada karakterisasi absorpsi cahaya UV-VIS diketahui bahwa antosianin dapat menyerap spectrum cahaya pada panjang gelombang sekitar 530 nm. Selain itu ketika sel surya disinari dengan cahaya matahari, sel surya dapat mengkonversi energi surya menjadi energi listrik. Tegangan, arus listrik dan efisiensi yang dihasilkan oleh sel surya dengan zat warna antosianin untuk masing-masing sumber zat warna adalah beras ketan hitam 937 mV, 468 μ A dan 0,405%, daun bayam 349,8 mV, 87 μ A dan 0,304%; bunga rosella 393,2 mV, 109 μ A dan 0,30%; buah naga 606 mV, 396 μ A dan 0,24% serta ubi jalar ungu 521 mV, 75 μ A dan 0,11% [3].

2.2 *Dye Sensitized Solar Cell*

Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) merupakan sel surya foto elektrokimia, terutama terdiri dari *photoelectrode*, elektrolit, dan elektroda lawan (Gratzel, 2003). Bahan DSSC yang banyak dikembangkan saat ini adalah *dye*. Digunakan sebagai fotoelektrokimia yang terabsorp pada permukaan semikonduktor. Sel surya ini memiliki dua komponen elektroda, yaitu elektroda kerja dan elektroda pembanding. Elektroda kerja dibuat dari kaca TCO yang dideposisi pasta suatu

semikonduktor tersensitisasi zat warna (*dye*) yang berfungsi sebagai transpor pembawa muatan dan zat warna sebagai penyerap cahaya. Sedangkan elektroda lawan dibuat dari kaca TCO yang dilapisi karbon. Kedua elektroda tersebut dirangkai mengapit elektrolit. Pasangan elektrolit redoks yang digunakan adalah iodide/triiodide (I^-/I_3^-) [4].

Berbeda dengan sel surya konvensional, semua proses produksi pada DSSC harus melibatkan material silikon itu sendiri. Tidak seperti sel surya silikon yang seluruh prosesnya melibatkan silikon saja dan terpisah, absorpsi cahaya dan separasi muatan listrik DSSC terjadi pada proses yang terpisah. Pada DSSC, absorpsi cahaya dilakukan oleh molekul *dye* dan separasi muatan dilakukan oleh ionorganik semikonduktor nanokristal yang mempunyai *band gap* lebar. *Band gap* lebar pada suatu semikonduktor akan memperbanyak elektron yang mengalir dari pita konduksi ke pita valensi, sehingga ruang reaksi fotokatalis dan absorpsi oleh *dye* akan menjadi lebih banyak, dan spektrumnya menjadi lebih lebar [5].



Cell (DSSC) [5]

Kaca terletak pada bagian atas terletak sel surya yang sudah dilapisi oleh kaca ITO/TCO (*Transparent Conducting Oxide*), TiO_2 dan *dye*. Fungsi kaca tersebut sebagai elektroda *counter - electrode*. Pada kaca TCO/ ITO *counter - electrode* dilapisi katialis/ karbon, yang fungsinya untuk mempercepat redaksi redoks dengan elektrolit. Secara umum pasangan redoks yang dipakai yaitu I^-/I_3^- (*iodide / triiodide*) [6].

2.3 Titanium Dioksida

Titanium dioksida adalah salah satu material yang telah menarik perhatian para peneliti terutama berkaitan dengan ukuran partikelnya, karena ukuran partikel suatu material merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi tingkat efektifitas performa dari material tersebut terutama pada partikel yang berukuran kurang dari 100 nanometrik. Titanium dioksida memiliki tiga bentuk polimorf yaitu anatase, rutil, dan brookit. Fasa rutil secara termodinamik lebih stabil daripada anatase, struktur rutil terlihat menjadi stabil secara termodinamik di bawah kondisi pellet, walaupun dalam eksperimen termodinamik menunjukkan bahwa anatase dapat menjadi lebih stabil daripada rutil ketika kristalnya hanya beberapa nanometer. Fasa anatase adalah bentuk metastabil, apabila diberi perlakuan pemanasan dapat bertransformasi menjadi rutil. Pada tekanan dan temperatur ruangan untuk sistem makrokristalin, fasa rutil secara termodinamik lebih stabil apabila dibandingkan dengan anatase dan brookit, tetapi kestabilan termodinamik bergantung pada ukuran partikel yang berkontribusi terhadap energi bebas permukaan [7].

2.4 Metanol

Metanol diperoleh dari distilasi destruktif kayu, merupakan alkohol yang paling sederhana dengan rumus kimia CH_3OH , memiliki berat molekul 32,04. Metanol memiliki titik didih $64,5^\circ C$, bersifat ringan, mudah menguap, tidak berwarna dan mudah terbakar. Dalam bidang industri metanol digunakan sebagai bahan tambahan pada bensin, bahan pemanas ruangan, pelarut industri pada larutan mesin fotocopy, serta bahan makanan untuk bakteri yang memproduksi protein. Dalam rumah tangga paling sering ditemukan dalam bentuk *canned heat* cairan pembersih kaca mobil [8].

Metanol, juga dikenal sebagai metil alkohol, wood alcohol atau spiritus. Metanol adalah senyawa kimia dengan rumus kimia CH_3OH yang merupakan bentuk alkohol paling sederhana. Pada keadaan atmosfer metanol berbentuk cairan yang ringan,

mudah menguap, tidak berwarna, mudah terbakar, dan beracun dengan bau yang khas (berbau lebih ringan daripada etanol).

Kegunaan methanol yang paling besar adalah untuk membuat senyawa kimia lainnya. Sekitar 40% dari produksi methanol dibuat menjadi formaldehid. Formaldehid kemudian dijadikan produk plastic, kayu lapis, cat, dan lain-lain. Turunan methanol lainnya adalah dimethyl ether (DME) sebagai pengganti klorofluorokarbon dalam aerosol dan asam asetat. Dimethyl ether juga digunakan sebagai campuran dalam pembuatan liquefied petroleum gas (LPG).

Metanol dibuat dari gas sintesis yang diproduksi dari gas alam atau gasifikasi batubara. Di Indonesia kini sedang dikembangkan methanol yang diperoleh dari proses gasifikasi batubara muda (rendah kalori) untuk pembuatan DME. Di Indonesia pemakaian terbanyak methanol adalah pada industry formaldehyde dan produk turunannya seperti urea formaldehid, phenol formaldehid, dan melamin formaldehid [9].

2.5 Kaca ITO (*Indium Tin Oxide*)

Indium Tin Oxides (ITO) merupakan material TCO yang paling populer karena sifat transparansi dan konduktivitas yang paling baik diantara material oksida lain. Transparansinya bisa mencapai 80-85% kaca atau gelas jadi terlihat tembus pandang, memiliki ketebalan yang sangat tipis, memiliki *sheet resistance* biasanya 10 Ohm/Sq atau memiliki resistivitas dalam skala 10^{-4} Ohm/cm. Dua sifat ITO inilah yang sering dijadikan *benchmark* atau barometer seberapa bagus sebuah TCO.

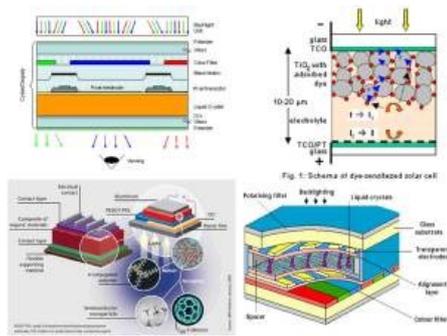
Indium tin oxides (ITO) dinominasikan oleh Institut Nasional Ilmu Kesehatan Lingkungan untuk karakterisasi toksikologi yang komprehensif berdasarkan pada peningkatan potensi paparan pekerja karena penggunaannya yang semakin meningkat dalam tampilan kristal cair (LCD), perhatian terhadap toksisitas paru dan karsinogenisitas berdasarkan temuan sebelumnya dari studi toksikologi tikus NTP dari indium fosfida dan efek yang diamati pada pekerja yang terpapar, dan kurangnya data toksisitas yang

memadai. ITO dapat dibentuk secara langsung selama proses pelapisan, misalnya, sputtering reaktif dari target alloy indium-timah di hadapan oksigen. Aplikasi utamanya adalah sebagai lapisan tipis pada kaca atau plastik yang digunakan untuk panel sentuh (elektrokromik, electroluminescent, dan LCD); display plasma; display panel datar (televisi, layar komputer, telepon seluler, dll.); menampilkan emisi lapangan; pelapis reflektif panas; panel surya; tabung sinar katoda; jendela hemat energi; sensor gas; dan fotovoltaik [10].

2.5.1 Konduktivitas ITO

ITO pada dasarnya tersusun dari In_2O_3 (Indium oksida) yang ditambah dengan 10% SnO_2 (timah oksida). In_2O_3 sebenarnya sudah memiliki karakteristik dasar transparansi-konduktif. Namun penelitian yang panjang telah membuktikan bahwa penambahan 10-15% SnO_2 mampu meningkatkan konduktivitas secara signifikan. Sebagaimana TCO pada umumnya, ITO memiliki band gap kurang lebih 3,0 eV yang membuatnya tembus pandang. Sedangkan penambahan SnO_2 meningkatkan jumlah elektron di dalam ITO sehingga berujung pada sifat konduktivitas total ITO [10].

Defect dalam ilmu material merujuk pada “cacat” di dalam struktur kristal yakni kondisi di mana struktur kristal tidak seperti kondisi yang ideal. Misalnya, satu atau beberapa atom hilang dari struktur kristal, atau adanya atom asing/pengotor yang masuk di dalam sebuah kristal, atau susunan atom-atomnya tidak berada pada tempat semestinya. Maksud *defect chemistry* di sini ialah studi reaksi kimia yang menyertai hilangnya atom di dalam sebuah struktur kristal atau yang menyertai adanya penambahan atom asing ke dalam struktur kristal. Lantas untuk memahami *defect chemistry*, perlu pula melihat struktur kristal dari molekul yang menjadi objek pembahasan, dalam hal ini struktur kristal ITO [11].



Gambar 2.2 Pemakaian ITO pada produk teknologi (searah jarum jam) LCD, *Dye-sensitized Solar Cell* (DSSC), LCD, dan sel surya organik/polimer.

2.6 Sisik Gurami (*Oshpronemus gouramy*)

Sebagian besar ikan tubuhnya ditutupi oleh sisik. Sisik berasal dari lapisan kulit yang dinamakan dermis, sehingga kulit sering disebut rangka dermis. Beberapa ikan sisiknya menjadi keras karena bahan penyusunnya. Ikan yang tingkat evolusinya lebih modern, kekerasan sisiknya sudah tereduksi menjadi sangat lentur. Sisik ikan adalah jaringan yang mengandung osteoblast dan osteoclast seperti yang ditemukan pada tingkat vertebrata yang lebih tinggi, namun regulasi aktivitas sel dalam jaringan masih sedikit diketahui. Sisik juga mempunyai karakteristik yang ditemukan dalam struktur-struktur lain seperti tulang, gigi, dan urat daging yang bermineral. Semua bahan ini sebagian besar dibentuk oleh suatu komponen organik (yaitu kolagen), suatu komponen mineral (yaitu hydroxyapatite) dan air [12].

2.7 Hubungan antara Arus, Tegangan dan Hambatan

Arus listrik adalah banyaknya muatan listrik yang mengalir dalam rangkaian tiap satuan waktu. Arus listrik disimbolkan dengan huruf "I" dan satuannya adalah *Coulomb/detik* atau *Ampere (A)*.

$$I = \frac{Q}{t}$$

Selain itu besarnya arus listrik adalah proporsional dengan tegangan yang diberikan dan juga besarnya tahanan pada penghantar.

$$I = \frac{V}{R}$$

V = Tegangan, R = Tahanan/resistansi

Tegangan adalah beda potensial antara dua titik rangkaian listrik yang memberi tekanan ke arus listrik untuk mengalir. Tegangan disimbolkan dengan "V" dan satuannya adalah *Volt*.

$$V = \frac{I}{R}$$

Elektron-elektron yang mengalir di penghantar cenderung mengalami gesekan dan perlawanan. Perlawanan ini lah yang disebut dengan "Resistansi atau Hambatan". Sesuai dengan namanya, hambatan bersifat menghambat arus listrik (laju elektron yang mengalir) dan efek dari penghambatan ini bisa menimbulkan energi lain seperti panas, cahaya. Hambatan disimbolkan dengan huruf "R" dan memiliki satuan "Ohm".

$$R = \frac{V}{I}$$

Hukum Ohm yaitu arus listrik akan mengalir dalam penghantar jika memenuhi dua syarat yaitu adanya tegangan dan rangkaianannya tertutup. Jumlah arus listrik yang mengalir dalam rangkaian dipengaruhi oleh besarnya tegangan yang diberikan dan juga besarnya hambatan. Jika tegangan dinaikkan, maka arus listrik akan meningkat. Namun, jika hambatannya juga dinaikkan maka arus akan melemah.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.6 Lokasi penelitian

Penelitian dilakukan pada tanggal 29 Juni 2018 sampai dengan 31 Agustus 2018 bertempat di Laboratorium Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Jalan Kapten Muchtar Basri No 3 Medan.

3.7 Peralatan Penelitian

Pada penelitian ini memerlukan beberapa peralatan yang digunakan sebagai berikut. Peralatan yang digunakan dalam rancang bangun pemanfaatan energi matahari dengan *dye sensitized solar cell* (DSSC), terdiri dari

perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat lunak digunakan untuk membantu dalam proses perhitungan, membuat grafik dan untuk mengetahui variabel dari alat yang sedang diteliti. Sedangkan perangkat keras digunakan untuk proses perancangan alat.

C Perangkat Lunak

3. Autocad 2007, perangkat lunak ini digunakan untuk merancang dan menggambar alat yang akan diteliti.
4. Microsoft Excel 2007, perangkat ini digunakan untuk pengolahan data dan akan didapat grafik yang diteliti.

D Perangkat Keras

2. Multitester, digunakan sebagai alat untuk mengambil dan mengukur efisiensi dari penelitian pemanfaatan energi matahari dengan menggunakan *dye sensitized solar cell* (DSSC).

3.8 Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan beberapa tahapan sebagai berikut:

4. Konsultasi terhadap dosen yang bersangkutan dengan cara wawancara
5. Mementukan tema permasalahan yang akan diteliti dengan cara melakukan studi pustaka, guna memperoleh berbagai teori-teori dan konsep yang akan mendukung penelitian yang akan dilaksanakan.
6. Merancang dan mengukur hasil dari pemanfaatan energi matahari dengan *dye sensitized solar cell* (DSSC), sehingga didapat hasil yang dibutuhkan untuk diolah pada bab selanjutnya.

3.9 Perancangan *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC)

Untuk merancang *dye sensitized Solar Cell* (DSSC), terlebih dahulu menyediakan bahan-bahan sebagai berikut :

7. Menyediakan titanium dioxide (TiO_2).

8. Menyediakan *dye* dari sisik ikan yang dihaluskan.
9. Menyediakan metanol sebagai cairan elektrolit.
10. Menyediakan kaca *indium tin oxide* (ITO).
11. Menyediakan pensil 2b dan penjepit kertas (paper clip).
12. Menyediakan penjepit buaya dan kabel penghubung.

3.10 Langkah-langkah Pembuatan Prototype

Ada pun beberapa langkah dalam rancang bangun *dye sensitized solar cell* (DSSC) sebagai berikut :

11. Membersihkan dengan *tissue* kaca *indium tin dioxide* (ITO), setelah itu meletakkan kelantai dan membatasi kaca dengan isolasi transparan, dengan ukuran pembatas 3mm x 3mm.
12. Memasukan TiO_2 kedalam gelas kaca berukuran kecil dengan takkaran 5 ml sendok atau 2,76 gram.
13. Memasukkan *dye* dari sisik ikan yang dihaluskan sebanyak 2,5 ml sendok atau 0,42 kedalam wadah gelas yang telah terisi dengan TiO_2 .
14. Memasukkan cairan metanol sebanyak 3 - 4 ml kedalam wadah gelas yang telah berisi *dye* dan TiO_2 .
15. Setelah itu mengaduk semuanya dengan menggunakan kuas lukis yang bermata kecil, mengaduk hingga merata.
16. Mengoleskan bahan yang telah tercampur ke kaca *indium tin dioxide* (ITO).
17. Melapiskan kembali dengan kaca *indium tin dioxide* (ITO) yang sudah digores dengan pensil sebagai karbon.
18. Setelah itu menjepit kedua kaca *indium tin dioxide* (ITO) dengan penjepit kertas (paper clip) dan memasang penjepit buaya pada kaca *indium tin dioxide* yang diberi

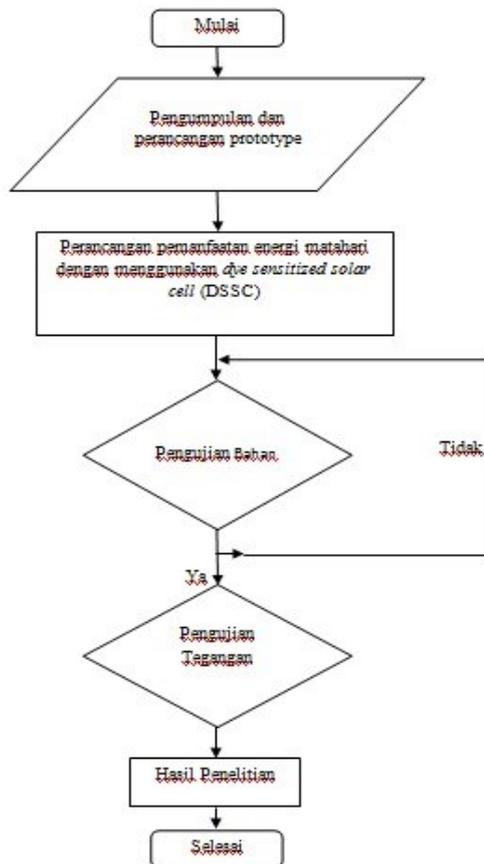
karbon sebagai negatif (-), dan yang tidak diberi karbon sebagai positif (+).

19. Meletakkan alat penelitian dibawah sinar matahari selama 5 menit, kemudian mengukur tegangan yang dihasilkan dari *dye sensitized solar Cell* (DSSC) selama 5 menit.
20. Merancang desain *dye sensitized solar cell* (DSSC) dengan menggunakan software AutoCad 2007.

Berikut adalah beberapa cara mengukur efesiensi pada prototype *dye sensitized solar cell* (DSSC) :

3. Multitester digital terlebih dahuru dikalibrasi, dengan cara menyatukan positif (-) dan negatif (-).
4. Menghubungkan kabel positif (merah) dan negatif (hitam) dari kabel yang terhubung pada penjepit buaya ke multitester dengan arah panah multitester pada volt.
5. Mengamati dan mencatat hasil efesiensi dari keluaran yang didapat.

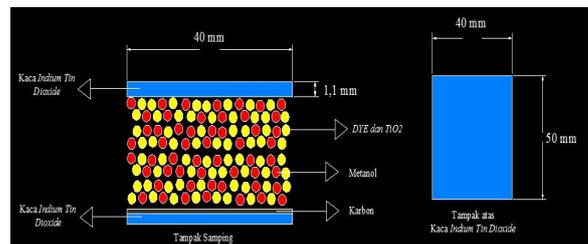
3.6 Diagram Alir Percobaan (Flowchart)



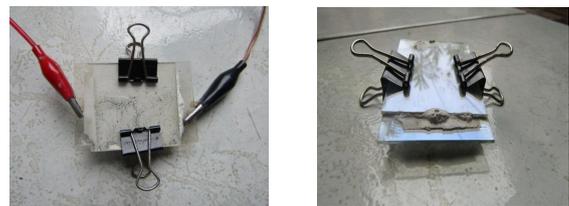
3.7 Hasil Perhitungan, Pengukuran dan Prototype *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC)

3.7.1 Prototype *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC)

Pada pembuatan prototype yang telah dirancang dengan menggunakan aplikasi software AutoCad 2007 seperti terlihat pada gambar 4.1 dan pada gambar 4.2. Pada bagian paling bawah *dye sensitized solar cell* (DSSC) adalah kaca *indium tin dioxide* (ITO) dengan dilapiskan karbon dari pensil 2b. diatas lapisan kaca dan karbon terdapat campuran *dye*, TiO₂, cairan metanol dan dilapis dengan kaca *indium tin dioxide* (ITO). Panas matahari akan diserap melalui kaca *indium tin dioxide* (ITO) yang tidak dilapis dengan karbon berkutub (+), sedangkan kaca *indium tin dioxide* (ITO) yang dilapis dengan karbon berkutub (-).



Gambar 4.1 Hasil prototype dengan menggunakan aplikasi software AutoCad 2007



(a) (b)

Gambar 4.2 DSSC tampak atas (a), DSSC tampak Samping(b)

3.7.2 Hasil Pengukuran (R, V) dan Perhitungan (I) Pada *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC)

Tabel Hasil perhitungan arus (I) yang didapat pada pengukuran *dye sensitized solar cell* (DSSC)

Waktu	Suhu °C	Pengukuran Tahanan (R) dan Tegangan (V) pada <i>Dye Sensitized Solar Cell</i> (DSSC)		Perhitungan Arus(I) dengan Menggunakan Rumus
		Tahanan Kaca (R)	Tegangan (V)	Arus (I)
12.00 – 12.05 Wib	31 °C	18 Ω	252.4 mV	14.02 mA
12.15 – 12.20 Wib	31 °C	18 Ω	300.2 mV	16.67 mA
13.30 – 13.35 Wib	31 °C	18 Ω	351.3 mV	17.51 mA
13.45 – 13.50 Wib	31 °C	18 Ω	403.5 mV	22.41 mA
14.00 – 14.05 Wib	31 °C	18 Ω	453.6 mV	25.2 mA

Dari tabel diatas, penelitian telah dilakukan pengukuran pada *dye sensitized solar cell* (DSSC) dengan waktu pengukuran yang berbeda-beda. Saat pukul 12.00 – 12.05 dengan suhu 31 °C telah dilakukan pengukuran dengan tahanan dari kaca *indium tin dioxide* sebesar 18 Ω, kemudian mengukur tegangan yang dihasilkan dari serapan sinar matahari terhadap *dye sensitized solar cell* (DSSC) sebesar 252.4 mili volt, dengan arus yang diketahui melalui rumus sebagai berikut :

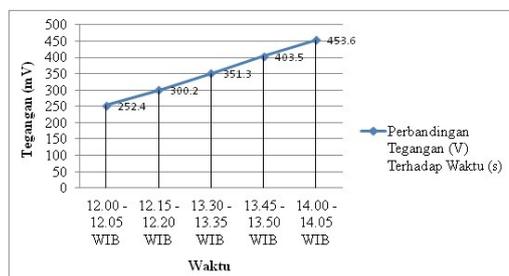
$$I = \frac{V}{R}$$

$$I = \frac{252.4 \text{ mV}}{18 \Omega}$$

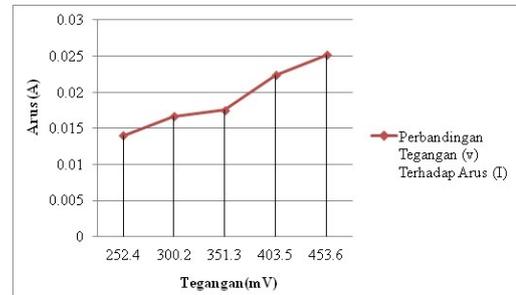
$$I = 14.02 \text{ mA}$$

Dari hasil yang didapat diatas, Maka arus (I) yang dihasil adalah 14.02 mA atau 0.01402 ampere.

1. Grafik dari hasil perhitungan pada tabel, perbandingan tegangan (v) terhadap waktu (s)



2. Grafik dari hasil perhitungan pada tabel 4.1, perbandingan Arus (i) terhadap Tegangan (v)



IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Perancangan prototype *dye sensitized solar cell* (DSSC) menggunakan bahan *dye* dari sisik ikan gurami yang dihaluskan
- Kaca *indium tin dioxide* (ITO), TiO₂ sebagai semikonduktor, metanol sebagai cairan elektrolit dan bahan karbon dari pensil 2b.
- Penyerapan panas matahari pada kaca *indium tin dioxide* (ITO) menyebabkan konsentrasi *dye* DSSC mengakibatkan perubahan nilai tegangan dan arus yang dihasilkan oleh *dye sensitized solar cell* (DSSC), dari hasil pengukuran yang didapat pada waktu 14.00 – 14.05 dengan tegangan tertinggi 453,6 mili volt dengan hasil perhitungan arus menggunakan rumus yaitu 25,2 mili ampere selama 5 menit pengukuran dan suhu berkisar 31°C .
- Tegangan yang dihasilkan akan menurun secara perlahan apabila sinar dari matahari tidak mengenai langsung ke *dye sensitized solar cell* (DSSC) atau dalam keadaan cuaca mendung.

4.2 Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya agar dapat dihasilkan tegangan yang lebih tinggi hingga 1 volt keatas.
2. Perlunya output beban, agar terlihat seberapa kuat serapan panas matahari terhadap *dye sensitized solar cell* (DSSC).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Fitria, A. Amri, And A. Fadli, "Pembuatan Prototip Dye Sensitized Solar Cell (Dssc) Menggunakan Dye Ekstrak Buah Senduduk (Melastoma Malabathricum L) Dengan Variasi Fraksi," *Jom Fteknik*, Vol. 3, No. 1, Pp. 1–9, 2016.
- [2] M. A. Saputra, M. F. Azis, And E. Aditia, "Inovasi Peningkatan Efisiensi Panel Surya Berbasis."
- [3] T. Fernando, S. Ridwan, M. Gratzel, And O. Regan, "Dye Sensitized Solar Cells (Dssc) Berbasis Nanopori Tio 2 Menggunakan Antosianin Dari Berbagai Sumber Alami," Pp. 155–162, 2013.
- [4] M. O'regan Dan Grätzel, "A Low Cost, High Efficiency Solar Cell Based On Dye-Sensitized Colloidal Tio₂ Films," *Nature*, Vol. 353, No. 6346, Pp. 737–740, 1991.
- [5] R. Syafinar, N. Gomesh, M. Irwanto, M. Fareq, And Y. M. Irwan, "Optical Characterization Using Nature Based Dye Extracted From Hibiscus's Flower," *Arpn J. Eng. Appl. Sci.*, Vol. 10, No. 15, Pp. 6336–6340, 2015.
- [6] D. Dahlan And D. Fahyuan, "Jurnal Sains Materi Indonesia Efisiensi Sel Surya Dye Sensitized Solar Cell," *J. Sains Mater. Indones.*, Vol. 15, No. 2, Pp. 74–79, 2014.
- [7] W. Septina, "Pembuatan Prototipe Solar Cell Murah Dengan Bahan Organik-Inorganik (Dye- Sensitized Solar Cell) Penghargaan Pt . Rekayasa Industri Pembuatan Prototipe Solar Cell Murah Dengan Bahan Organik-Inorganik (Dye-Sensitized Solar Cell) Oleh : Wilman Septina D," No. May, 2014.
- [8] A. J. Haider, A. Materials, And A. Materials, "Synthesis And Characterization Of Tio₂ Nanoparticles Via Sol- Gel Method By Pulse Laser Ablation," Vol. 33, No. 5, Pp. 3–4, 2015.
- [9] F. Yora, "Pengertia Metanol," Pp. 6–9, 1956.
- [10] P. S. Fisika, F. Sains, D. A. N. Teknologi, U. Islam, N. Sunan, And G. Djati, "Transparent Conductive Oxide (Tco)," 2013.
- [11] N. T. Program, "Chemical Information Profile For Indium Tin Oxide," No. 50926, P. 31, 2009.
- [12] "Karakteristik Kimia Dan Fisik Sisik Ikan Gurami (Osphronemus Gouramy) Vanadia Yogaswari Program Studi Teknologi Hasil Perikanan," 2009.

RIWAYAT HIDUP



Nama : ARDIANSYAH MAKRIF
NPM : 1407220107
TTL : Perbaungan, 03 Agustus 1996
Alamat : JL. Inti II, Kel. Batang Terap, Kec. Perbaungan,
Sumatera Utara – Medan. 20986
Email : amakrif@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

TK Ade Irma Perbaungan : Tahun 2000 – 2002
SDN 108293 : Tahun 2002 – 2008
MTs. Alwashliyah 16 : Tahun 2008 – 2011
Perbaungan
SMA N 1 Perbaungan : Tahun 2011 – 2014
Universitas Muhammadiyah : Tahun 2014 – 2018
Sumatera Utara, Fakultas
Teknik Elektro