

**PENGARUH WAKTU *SPIN COATING* TERHADAP
STRUKTUR DAN SIFAT LISTRIK SEL SURYA PEWARNA
TERSENSITASI**

SKRIPSI

untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar sarjana sains



**DESI SUSANTHY
NIM. 05085/2008**

**PROGRAM STUDI FISIKA
JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

2013

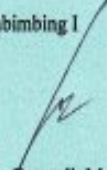
PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul : Pengaruh Waktu *Spin Coating* Terhadap Struktur dan Sifat Listrik Sel Surya Pewarna Tersensitisasi
Nama : Desi Susanthi
NIM : 05085
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

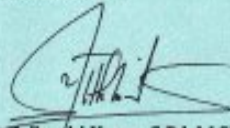
Padang, 15 Agustus 2013

Disetujui oleh :

Pembimbing I


Drs. Gusnedi, M.Si.
NIP. 19620810 198703 2 002

Pembimbing II


Zulhendri Kamus S.Pd, M.Si.
NIP. 19751231 200012 1 001

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Desi Susanthy
NIM : 05085
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

dengan judul

PENGARUH WAKTU *SPIN COATING* TERHADAP STRUKTUR DAN SIFAT

LISTRIK SEL SURYA PEWARNA TERSENSITASI

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Padang

Padang, 15 Agustus 2013

Tim Penguji

	Nama	Tanda tangan
Ketua	: Drs. Gusnedi, M.Si	
Sekretaris	: Zulhendri Kamus, S.Pd, M.Si	
Anggota	: Dra. Syakbaniah, M.Si	
Anggota	: Dra. Yenni Darvina, M.Si	
Anggota	: Dr. Yulkifli, M.Si	



SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa Skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata cara penulisan karya ilmiah yang lazim.

Padang, 15 Agustus 2013
Yang menyatakan,

Desi Susanthy
Nim. 05085

ABSTRAK

Desi Susanthi : Pengaruh waktu *spin coating* terhadap struktur dan sifat listrik sel surya pewarna tersensitisasi

Krisis energi yang melanda dunia dapat dirasakan oleh bangsa Indonesia. Alternatif solusi dari energi permasalahan ini perlu dilakukan salah satunya mencari energi alternatif seperti memanfaatkan matahari, maka untuk itu diperlukan solusi agar pengganti energi alternatif yang dapat dimanfaatkan yaitu sel surya. Sel Surya Pewarna Tersensitisasi merupakan suatu alat yang mengubah energi matahari menjadi energi listrik dengan memanfaatkan interaksi foton dengan fotosensitizer. Secara garis besar sel surya tersusun oleh elektroda, dye, elektrolit, dan semikonduktor. Masing-masing zat penyusun ini memberikan nilai koefisien dalam kerja sel surya. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh ketebalan lapisan tipis terhadap sifat listrik sel surya itu sendiri. Oleh karena itu dilakukan penelitian dengan tujuan mengubah energi matahari menjadi energi listrik.

Penelitian ini penelitian eksperimen, dilaboratorium Fisika Material dan Biofisika Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UNP dan Fisika Material Jurusan Fisika UNAND . Pembuatan sampel dilakukan dengan cara metoda *spin coating*, dimana lapisan tipis TiO_2 sel surya dengan teknik *sol-gel* dengan 4 variasi waktu, Dye-sensitizer digunakan dye alami dari ekstrak kulit manggis sebagai pengganti *ruthenium complex*, Larutan elektrolit dibuat dengan campuran KI dan acetonitril, Elektroda karbon digunakan grafit dari pensil, bagian-bagian tersebut kemudian disusun dengan struktur sandwich, alat yang digunakan untuk pengujian karakterisasi dilakukan dengan UV-Vis untuk melihat nilai absorpsi dan struktur sampel atau bentuk sampel dan ketebalan dari sampel dengan SEM yang dilakukan di labor biologi UNP.

Dari hasil penelitian didapatkan ketebalan yang bervariasi bergantung pada waktu lamanya pemutaran *spin coating*, untuk waktu 2 menit *spin coating* ketebalannya $67,8 \mu\text{m}$, waktu *spin coating* 4 menit ketebalan $66,1 \mu\text{m}$, waktu *spin coating* 6 menit ketebalan $63,0 \mu\text{m}$, waktu *spin coating* 8 menit ketebalan $59,6 \mu\text{m}$. Absorpsi maksimal dari dye dihasilkan pada panjang gelombang $338,17 \text{ nm}$ dengan nilai absorbansi 2.270. Hasil arus didapatkan $20 \mu\text{A}$ dan tegangan 130 mV pada ketebalan lapisan tipis $67,8 \mu\text{m}$, arus $500 \mu\text{A}$ dan tegangan 213 mV pada ketebalan $66,1 \mu\text{m}$, arus $18 \mu\text{A}$ dan tegangan 15 mV dengan ketebalan $63,0 \mu\text{m}$ dan arus $12 \mu\text{A}$ dan tegangan $1,7 \text{ mV}$ dengan ketebalan $59,6 \mu\text{m}$. Dari penelitian ini didapatkan 4 waktu *spin coating* dengan ketebalan $66,1 \mu\text{m}$ menghasilkan arus tertinggi sebesar $500 \mu\text{A}$ dan tegangan tertinggi sebesar 213 mV .

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Pengaruh waktu spin coating terhadap struktur dan sifat listrik sel surya pewarna tersensitisasi*”.

Adapun penulisan skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar sarjana sains pada Program Studi Fisika, Jurusan Fisika di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Penulis mendapatkan bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak selama penyelesaian skripsi ini. Terima kasih penulis ucapkan kepada:

1. Bapak Drs. Gusnedi, M.Si sebagai pembimbing I atas segala bantuannya yang telah tulus dan ikhlas memberikan arahan, membaca, memeriksa, mengoreksi dan memberikan saran-saran untuk perbaikan skripsi ini.
2. Bapak Zuhendri Kamus, S.Pd, M.Si sebagai pembimbing II dan juga sebagai Penasehat Akademis atas segala bantuannya yang telah tulus dan ikhlas memberikan arahan, membaca, memeriksa, mengoreksi dan memberikan saran-saran untuk perbaikan skripsi ini.
3. Ibu Dra. Syakbaniah, M.Si, ibu Dra. Yenni Darvina, M.Si, dan Bapak Dr. Yulkifli, M.Si, dan selaku tim penguji yang telah memberikan masukan yang berarti demi kesempurnaan skripsi ini.
4. Bapak Drs. Akmam, M.Si sebagai ketua Jurusan Fisika, Fakultas Matematikadan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.

5. Ibu Dra. Yurnetti, M.Pd sebagai Sekretaris Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
6. Ibu Dra. Hidayati, M.Si sebagai Ketua Prodi Fisika, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
7. Bapak dan Ibu staf Pengajar Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
8. Kedua orang tua dan teman-teman atas do'a dan dorongan semangat yang diberikan.
9. Semua pihak yang telah membantu penulis yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan dan ketulusan hati yang telah mereka berikan kepada penulis. Penulis berharap agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi kemajuan ilmu fisika khususnya. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca demi kelengkapan skripsi ini. Semoga semua bantuan, kritik dan saran yang telah diberikan menjadi masukan positif bagi penulis.

Padang , Agustus 2013

Desi Susanthi

Nim. 05085

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Rumusan Masalah.....	5
C. Batasan Masalah.....	5
D. Pertanyaan Penelitian.....	5
E. Tujuan Penelitian.....	6
F. Manfaat Penelitian.....	6
BAB II KAJIAN TEORI	
A. Sel surya secara umum.....	7
1. Sel surya konvensional.....	8
B. Dye sensitizer solar cells.....	10
1. Material DSSC.....	12
2. Prinsip kerja DSSC.....	16
C. Metoda sol gel	18
D. Intensitas cahaya.....	21

E. Arus dan tegangan.....	24
---------------------------	----

BAB III METODA PENELITIAN

A. Jenis Penelitian.....	26
B. Tempat Penelitian.....	26
C. Waktu Penelitian.....	26
D. Instrumen Penelitian.....	27
E. Variabel Penelitian.....	33
F. Prosedur Penelitian.....	34
G. Teknik Penumpulan Data.....	38
H. Teknik Analisa Data.....	39

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Deksripsi Data	40
B. Analisa Data.....	46
C. Pembahasan.....	52

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan.....	56
B. Saran.....	56

DAFTAR PUSTAKA	58
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN.....	60
----------------------	-----------

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Data panjang gelombang dan absorpsi dari dye kulit manggis.....	41
2. Ketebalan lapisan tipis variasi waktu.....	43
3. Data arus dan tegangan.....	46
4. Data olahan XRD (hkl).....	78

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Sel surya.....	9
2. Komponen dari Dye-Sensitized Solar Cell.....	11
3. Proses penetesan gel pada substrat.....	19
4. Alat spin coater.....	20
5. Radiasi yang Tampak.....	22
6. Kurva I dan V.....	23
7. Alur kerja kinerja lapisan tipis sel surya.....	24
8. Spin coater.....	27
9. Spektrofotometer UV-Vis.....	28
10. Magnetic stirer.....	28
11. Oven.....	29
12. Neraca digital.....	30
13. Multimeter digital.....	30
14. Luxmeter.....	31
15. Gelas ukur.....	31
16. Konduktif glass.....	32
17. Kertas Saring.....	32
18. Kulit manggis.....	33
19. Pengukuran arus dan tegangan.....	37
20. Alur tahapan pembuatan sel surya.....	38
21. Hasil absorpsi dye kulit manggis.....	40

22.	Ketebalan lapisan tipis.....	42
23.	Lapisan tipis tampak atas.....	44
24.	Perhitungan energi gap.....	47
25.	Grafik waktu deposisi dengan ketebalan lapisan tipis.....	48
26.	Grafik hubungan ketebalan dan arus.....	50
27.	Grafik hubungan ketebalan dan tegangan.....	51
28.	Grafik hubungan arus dan tegangan.....	51
29.	Proses penimbangan TiO_2	60
30.	Bahan pasta.....	60
31.	Campuran TiO_2 dan aquades.....	61
32.	Penggerusan TiO_2	61
33.	Melarutkan PVA.....	62
34.	Percampuran PVA dan TiO_2	62
35.	Tempat kaca.....	63
36.	Senitifikasi kaca.....	63
37.	Spin coating.....	64
38.	Penyaringan dye.....	64
39.	Bahan larutan elektrolit.....	65
40.	Larutan elektrolit.....	65
41.	Pembuatan elektroda pembanding.....	66
42.	Sampel sel surya.....	66
43.	Pengukuran.....	67

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Dokumentasi Penelitian	60
2. Data Base.....	68

BABI

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Energi merupakan bagian terpenting yang membuat manusia dapat melakukan segala sesuatu. Energi berasal dari bahasa Yunani yaitu *energia* yang merupakan kemampuan untuk melakukan usaha atau kerja. Karna itu, energi adalah sumber kehidupan terbesar bagi umat manusia di bumi.

Krisis energi saat ini yang melanda dunia masih dapat dirasakan terutama di Indonesia. Pada tahun 2000 hingga tahun 2004 konsumsi energi primer Indonesia meningkat sebesar 5,2% per tahunnya, lebih spesifik lagi kebutuhan listrik di Indonesia terus bertambah sebesar 4,6% setiap tahun (Sutrisna,2009). Bukti nyata krisis energi melanda Indonesia adalah pemadaman listrik bergilir yang melanda daerah-daerah terpencil.

Sumber-sumber energi digolongkan menjadi yang dapat diperbarui dan yang tidak dapat diperbarui. Sumber energi yang dapat diperbarui adalah sumber energi yang dapat diusahakan kembali keberadaannya oleh manusia. Walaupun sumber energi tersebut dipergunakan atau dimanfaatkan oleh manusia, tetapi manusia dapat mengusahakan kembali sumber daya tersebut, sehingga tidak akan habis, sumber energi ini adalah air, tumbuhan dan hewan. Sumber energi yang tidak dapat diperbarui adalah sumber energi yang jika dipakai terus menerus akan habis dan tidak dapat diusahakan kembali keberadaannya. Manusia tidak bisa membuat atau memperbanyak keberadaan sumber energi ini baik secara langsung maupun tidak langsung. Manusia hanya

bisa melakukan daur ulang terhadap sumber energi ini. Artinya manusia hanya bisa mengolah kembali bahan yang telah dipakai sehingga bisa dipergunakan atau dimanfaatkan kembali.

Energi merupakan besaran yang kekal, berdasarkan hukum kekekalan energi yaitu “energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, energi hanya dapat diubah dari suatu bentuk energi ke bentuk energi yang lain”(Hasbullah, M.T 2009). ini dapat terlihat pada konversi energi dimana perubahan energi dari satu bentuk ke bentuk lain. Energi termasuk besaran skalar karena tidak memiliki arah (Sunarti,titin 2004). Meningkatnya kebutuhan energi khususnya energi listrik disatu sisi dan semakin terbatasnya sumber energi konvensional atau bahan dasar fosil, telah menjadi pendorong untuk upaya-upaya mencari sumber energi yang baru terbarukan.

Energi yang ketersediaannya sangat melimpah dan ramah lingkungan namun belum digarap secara optimal khususnya di Indonesia adalah energi matahari. Potensi energi matahari di seluruh wilayah Indonesia yang berada di sepanjang garis katulistiwa sangat besar, dimana intensitas radiasi harian matahari rata-rata mencapai 4.8 kWh/m².

Sumber energi matahari yang dapat berupa energi panas dan energi cahaya. Sumber energi bukan hanya terdiri dari energi panas dan energi cahaya melainkan juga meliputi efek-efek matahari secara tidak langsung seperti tenaga angin, tenaga air, arus laut, tumbuhan, gas bumi, minyak bumi dan batubara. Ditinjau dari asalnya energi mempunyai bermacam-macam bentuk yaitu:

Energi potensial, energi kinetik, energi kimia, energi kalor, energi listrik, energi bunyi, energi nuklir, energi radiasi.

Sumber energi baru di masa mendatang akan semakin mempunyai peran yang sangat penting dalam memenuhi kebutuhan energi. Hal ini disebabkan oleh penggunaan bahan dasar fosil untuk pembangkit-pembangkit listrik konvensional dalam jangka waktu yang panjang akan menguras sumber minyak bumi, gas dan batu bara yang cadangannya semakin lama semakin menipis. Selain itu penggunaan bahan bakar fosil terbukti telah menimbulkan masalah yang sangat serius bagi lingkungan yakni pencemaran udara yang berdampak buruk terhadap kualitas kesehatan manusia serta penyebab terjadinya pemanasan global (*global warming*).

Perlunya sumber energi alternatif akhir-akhir ini sangat banyak diperbincangkan, dengan energi yang berasal dari fosil yang keberadaannya tidak dapat diperbaharui. Potensi energi matahari yang sangat besar dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik terutama daerah di sepanjang garis katulistiwa yang sangat besar intensitas radiasi matahari. Karena itu banyak para ahli mencari cara menciptakan energi alternatif yang dapat memenuhi kebutuhan manusia, dimana energi yang dihasilkan dapat diperbaharui. Energi yang dapat diperbarui tersebut berasal dari pancaran energi matahari yang dikonversi menjadi energi listrik. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mendapatkan cara menkonversi energi surya ini menjadi energi listrik seperti pembuatan sel surya/*solar cell*.

Pemanfaatan energi listrik dengan bantuan teknologi fotovoltaik atau sel surya yaitu teknologi yang mampu mengubah sinar matahari secara langsung

menjadi energi listrik (A, karina. S, sawitko). Sel surya merupakan salah satu sumber energi listrik terbarukan, tetapi sel surya yang banyak digunakan pada saat ini berbahan dasar silikon merupakan hasil dari perkembangan teknologi semikonduktor anorganik. Sel surya berbahan dasar silikon tersebut mempunyai biaya produksi lebih mahal daripada sumber energi dari fosil. Untuk itu diperlukan sel surya yang murah dengan kinerja sel tinggi dan sel surya organik.

Sel surya dengan pemakaian zat warna alami menawarkan suatu alternative yang sangat murah terhadap photovoltaic berbasis silikon. Sel surya organik menggunakan zat warna organik sebagai *dye*-nya yang dikenal dengan *dye-sensitized solar cell (DSSC)*. *DSSC* merupakan salah satu sumber energi yang bagus dikembangkan untuk masa datang karena biaya produksinya yang relatif murah. Berbeda dengan sel surya konvensional dimana semua proses melibatkan material silikon itu sendiri. Sel surya ini memanfaatkan lapisan tipis TiO_2 dengan metoda *spin coating*.

Zat warna atau *dye* yang sering digunakan sebagai sensitizer dapat berupa zat warna sintesis maupun alami yang dapat diperoleh dari tumbuh-tumbuhan. Zat warna yang digunakan untuk menyerap cahaya matahari dapat diperoleh dari tumbuh-tumbuhan. Diantaranya telah dilakukan penelitian oleh Hao Sancun *et.al* (2006), Maddu (2007) dan Septina (2007) dimana masing-masing menggunakan ekstrak *black rice*, kol merah dan buah delima. Penelitian Hao Sancun (2006) dengan menggunakan bunga *Erythrina variegata* dan *Capsicum* yang masing-masing mengandung pigmen karoten menghasilkan arus sebesar 0,776 mA dan 0,225 mA. Pada penelitian ini akan dicoba menentukan arus dan tegangan yang dihasilkan dari sel surya zat warna alami dari ekstrak kulit manggis yang mana menghasilkan arus yang cukup tinggi yang dipengaruhi oleh nilai absorpsi pada kulit manggis tersebut. Untuk itu terkait dengan

hal ini maka penulis tertarik melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh waktu spin coating terhadap struktur dan sifat listrik sel surya pewarna tersensitisasi”.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka yang menjadi permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana Pengaruh waktu spin coating sel surya sensitizer terhadap struktur dan sifat listrik sel surya pewarna tersensitasi.

C. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Sel surya pewarna tersensitasi yang digunakan dari dye kulit manggis.
2. Sifat listrik sel surya pewarna tersensitasi yang diteliti berupa arus dan tegangan.
3. Variasi dari waktu penggunaan spin coating 4 buah sel surya dengan 2 menit, 4 menit, 6 menit, dan 8 menit.

D. Pertanyaan Penelitian

Untuk menentukan arah penelitian, maka penulis perlu membuat pertanyaan mengenai apa yang akan diteliti. Adapun pertanyaan penelitiannya yaitu:

1. Berapa nilai panjang gelombang absorbansi dari zat warna kulit manggis?
2. Bagaimana pengaruh waktu *spin coating* terhadap ketebalan dan struktur mikro lapisan tipis pada sel surya?
3. Bagaimana pengaruh waktu *spin coating* terhadap arus dan tegangan yang dihasilkan sel surya?

E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui nilai panjang gelombang absorpsi dari zat warna yang kulit manggis tersebut.
2. Mengetahui pengaruh waktu pada ketebalan dan struktur mikro lapisan tipis pada sel surya.
3. Mengetahui pengaruh waktu spin coating terhadap arus dan tegangan sel surya.

F. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan nantinya dapat berkontribusi dalam:

1. Konsumen, sebagai sumber energi alternatif baru, dalam pengembangan energi kepada masyarakat.
2. Petani, meningkatkan kebutuhan pasar dengan adanya penelitian ini.
3. Peneliti, sebagai acuan atau sumber bagi peneliti lanjutan.

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Sel surya

Sel surya terdiri dari persambungan bahan semikonduktor bertipe p dan n (p-n junction semiconductor) yang jika tertimpa sinar matahari maka akan terjadi aliran electron. Aliran electron inilah yang disebut sebagai aliran arus listrik.

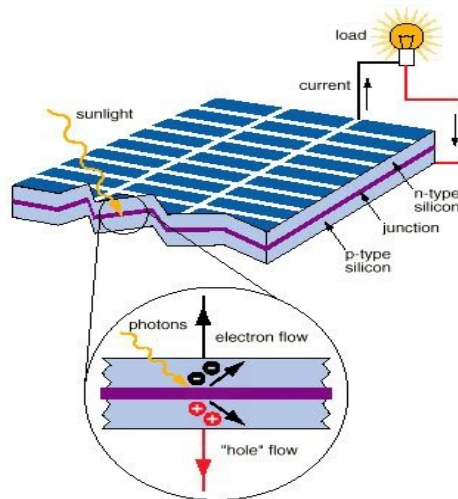
Sel surya, yaitu teknologi yang mampu mengubah sinar matahari secara langsung menjadi energi listrik, merupakan sebuah alat semikonduktor yang terdiri dari sebuah wilayah-besar diode p-n junction, di mana adanya cahaya matahari mampu menciptakan energi listrik. Pengubahan ini disebut efek Fotovoltaik. Bidang riset berhubungan dengan sel surya dikenal sebagai fotovoltaics. Efek fotovoltaik ini ditemukan oleh Becquerel pada tahun 1839, dimana Becquerel mendeteksi adanya tegangan foton ketika sinar matahari mengenai elektroda pada larutan elektrolit.

Sel surya pertama kali dibuat oleh Charles Fritts pada 1883 yang melapisi semikonduktor selenium dengan lapisan emas yang sangat tipis untuk membentuk junction. Era modern dalam pembuatan sel surya dimulai pada 1954, pada saat Bell Laboratories bereksperimen dengan semikonduktor dan menemukan bahwa silikon yang didoping dengan beberapa bahan memiliki sensitivitas yang sangat tinggi terhadap cahaya (suherdiana,2008). Sekarang ini sel surya yang berbasis silikon mendominasi pasar sel surya sekitar 82%.

Energi solar atau radiasi cahaya terdiri dari biasan foton-foton yang memiliki tingkat energi yang berbeda-beda. Perbedaan tingkat energi dari foton cahaya inilah yang akan menentukan panjang gelombang dari spectrum cahaya. Ketika foton mengenai permukaan suatu sel *photovoltaic*, maka foton tersebut dapat dibiaskan, diserap, ataupun diteruskan menembus sel *photovoltaic*. Foton yang terserap oleh sel *photovoltaic* inilah yang akan memicu timbulnya energi listrik.

1. Sel surya konvensional

Prinsip Kerja Sel Surya Silikon adalah berdasarkan konsep semikonduktor p-n *junction*. Sel terdiri dari lapisan semikonduktor *doping-p* yang membentuk p-n junction dan subtract logam tempat mengalirnya arus dari lapisan tipe-n (electron) dan tipe-p (hole). Semikonduktor tipe-n didapatkan dengan mendoping silikon dengan unsur dari golongan V sehingga terdapat kelebihan elektron valensi dibanding atom sekitar. Sedangkan semikonduktor tipe-p diperoleh dengan doping oleh golongan III sehingga elektron valensinya kurang satu dari atom sekitar. Daerah yang ditinggalkan elektron ini disebut dengan hole. Ketika kedua material tersebut mengalami kontak, maka kelebihan elektron dari tipe-n akan berdifusi ke tipe-p sehingga area doping-n akan bermuatan positif sedangkan area doping-p akan bermuatan negatif. Medan elektrik yang terjadi antara keduanya mendorong elektron kembali ke daerah-n dan hole ke daerah-p, Pada proses ini terbentuklah p-n junction(suherdiana,2008).



Gambar 1. Sel surya (Riky, 2009)

Pada saat cahaya mengenai permukaan silikon pada sel surya, ada beberapa hal yang mungkin terjadi dapat terlihat pada Gambar 1. Pertama, foton akan menembus silikon. Hal ini biasanya terjadi pada foton yang memiliki energi yang rendah. Kedua, foton akan dipantulkan oleh permukaan. Ketiga, foton akan diserap oleh silikon. Ketika foton diserap oleh silikon, maka hal tersebut dapat menyebabkan timbulnya panas maupun membentuk pasangan elektron-hole yang terjadi ketika energi foton yang datang lebih tinggi daripada lebar pita energi silikon. Apabila ditempatkan hambatan pada terminal sel surya, maka elektron dari area-n akan kembali ke area-p sehingga arus akan mengalir.

Sel surya silikon yang mendominasi pada saat ini harganya sangat mahal karna difokuskan akan ketersediaan silika yang tergolong minim. Selain itu, jenis sel surya berbasis teknologi murah yaitu sistem fotovoltaiik yang paling terkenal dan juga diteliti dinamakan sel surya pewarna tersensitisasi (dye sensitizer solar cell).

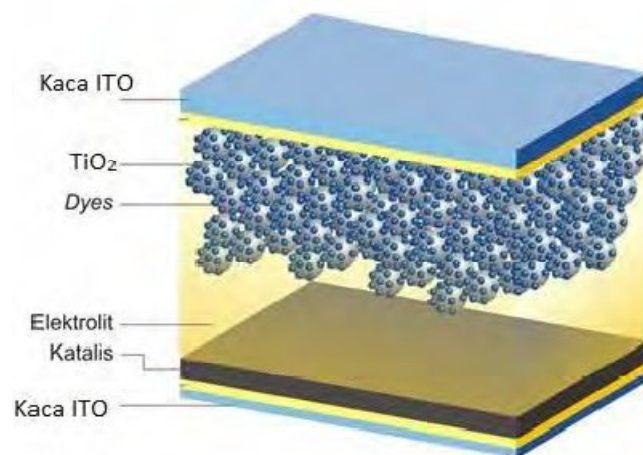
B. Dye sensitized solar cells

Dye Sensitized Solar Cell ini pertama kali ditemukan oleh Michael Gratzel dan Brian O'Regan pada tahun 1991 di École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Swiss. *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) telah menjadi salah satu topik penelitian yang dilakukan intensif oleh peneliti di seluruh dunia. DSSC merupakan terobosan pertama dalam teknologi sel surya sejak sel surya silikon. Berbeda dengan sel surya konvensional, DSSC adalah sel surya fotoelektrokimia menggunakan elektrolit sebagai medium transport muatan (Smestad, G.P., dan Gratzel, M., 1998).

Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC) Selain elektrolit, DSSC terbagi menjadi beberapa bagian yang terdiri dari nanopori TiO_2 , molekul dye yang teradsorpsi di permukaan TiO_2 , dan katalis yang semuanya dideposisi diantara dua kaca konduktif (Jung, 2005).

Sel surya nanokristal TiO_2 tersensitisasi dye dikembangkan sebagai konsep alternatif bagi piranti fotovoltaik konvensional berbasis silikon. Sistem sel surya ini pertama kali dikembangkan oleh Grätzel sehingga disebut juga sel Grätzel. Beberapa keuntungan sistem sel surya ini adalah proses fabrikasinya lebih sederhana tanpa menggunakan peralatan rumit dan mahal sehingga biaya fabrikasinya lebih murah. Efisiensi konversi sistem sel surya tersensitisasi dye telah mencapai 10-11%. Namun, sel surya ini memiliki kelemahan yaitu stabilitasnya rendah karena penggunaan elektrolit cair yang mudah mengalami degradasi atau kebocoran (Huang dkk, 2007). Sel surya

TiO₂ tersensitasi dye terdiri dari lapisan nanokristal TiO₂ berpori sebagai fotoanoda, dye sebagai fotosensitizer, elektrolit redoks dan elektroda lawan (katoda) yang diberi lapisan katalis (Kay, A., Grätzel, M., 1996). Struktur sel surya ini berbentuk struktur sandwich, dimana dua elektroda yaitu elektroda TiO₂ tersensitisasi dye dan elektroda lawan mengapit elektrolit. Berbeda dengan sel surya silikon, pada sel surya tersensitisasi dye, foton diserap oleh dye yang melekat pada permukaan partikel TiO₂. Dalam hal ini dye bertindak sebagai donor elektron yang dibangkitkan ketika menyerap cahaya, mirip fungsi klorofil pada proses fotosintesis.



Gambar 2. Komponen dari Dye-Sensitized Solar Cell (Heru,2011)

Komponen dan struktur dari *dye-sensitizer solar cells* (DSSC) diperlihatkan pada Gambar 2. Alas dan atasnya berupa kaca yang sudah dilapisi TCO (*transparent Conducting Oxide*) biasanya SnO₂ yang berfungsi sebagai elektroda dan counter-elektroda. Pasangan redoks yang umumnya dipakai yaitu I⁻/I³⁻ (iodide/triiodide). Pada permukaan elektroda dilapisi oleh

nanopori TiO₂ yang mana dye teradsorpsi di pori TiO₂. Dye yang umumnya digunakan yaitu jenis ruthenium complex.

1. Material DSSC

a. Subtrat kaca ITO

Substrat yang digunakan pada DSSC yaitu jenis TCO (Transparent Conductive Oxide) yang merupakan kaca transparan konduktif. Material substrat itu sendiri berfungsi sebagai lapisan pelindung dari sel surya dan lapisan konduktifnya berfungsi sebagai tempat muatan mengalir. Material yang umumnya digunakan yaitu flourine-doped tin oxide (SnF atau FTO) dan *Indium Tin Oxide* (ITO).

b. Molekul dye yang terserap oleh semikonduktor

Zat warna atau *dye* yang sering digunakan sebagai sensitizer dapat berupa zat warna sintesis maupun alami. Zat warna sintesis umumnya menggunakan organik logam berbasis ruthenium kompleks, namun zat warna sintesis ini cukup mahal. Sedangkan zat warna alami dapat diekstrak dari bagian-bagian tumbuhan seperti daun, bunga atau buah. Berbagai jenis ekstrak tumbuhan telah digunakan sebagai fotosensitizer pada sistem sel surya tersensitisasi zat warna. Ekstrak *dye* atau pigmen tumbuhan yang digunakan sebagai fotosensitizer diantaranya ekstrak klorofil, karoten dan antosianin (Maddu, 2007). Ekstrak zat warna yang menghasilkan arus dan tegangan tertinggi terdapat pada kol merah dengan arus 5,6 μ A dan 7,2 μ A tegangan 500 mV dan 510 mV.

Proses fotosintesis pada tumbuhan telah membuktikan adanya senyawa pada tumbuhan yang dapat digunakan sebagai dye. Zat-zat tersebut ditemukan pada daun atau buah, yaitu antosianin, klorofil, dan xantofil. Peneliti telah membuktikan bahwa klorofil dan xantofil dapat tereksitasi dengan adanya penyinaran pada penerapan *dyes*. Sebagai hasil pengembangannya, peneliti telah mendapatkan efisiensi konversi energi yang lebih baik pada turunan *dyes* klorofil tersebut karena memiliki gugus carboxylate (Wang Song, dkk,2007).

Zat pewarna pada layer oksida DSSC berfungsi untuk menangkap foton cahaya. Selanjutnya foton tersebut akan diabsorpsi ke dalam nanopartikel TiO₂. Pada Gratzel *cell*, zat pewarna yang umumnya digunakan dan mencapai efisiensi paling tinggi yaitu jenis *ruthenium complex*.

Namun, *dye* jenis *ruthenium complex* sulit untuk disintesis dan berharga mahal. Dewasa ini telah dikembangkan DSSC dengan zat pewarna organik yang murah dan mudah di dapat yaitu dengan menggunakan unsur pewarna alami (*Flavonoids*) dari buah-buahan, bunga, kayu, dan bahan organik lainnya. Flavonoids berfungsi sebagai proteksi terhadap sinar UV.

Garcinia mangostana merupakan salah satu nama buah yang cukup terkenal yaitu manggis. Genus *garcinia* ini merupakan tumbuhan tropis yang termasuk dalam familia *clusiaceae* dan mempunyai lebih kurang 180 spesies (Soewarno,2005; Elya,2003).

Karakteristik penting dari bahan dye yang digunakan yaitu mampu menyerap spektrum cahaya yang lebar dan cocok dengan pita energi TiO_2 . Senyawa antosianin yang terdapat pada tumbuhan ternyata mampu dijadikan sebagai sensitizer. Buah manggis (*Garcinia Mangostana*) merupakan salah satu tumbuhan yang mengandung antosianin yang terdapat pada bagian kulitnya, sehingga bisa dimanfaatkan sebagai dyesensitizer pada sel surya jenis DSSC (Suryadi, 2009).

Penggantian pewarna atau zat *photosensitizer* dengan sari buah alami ini dimungkinkan karena adanya karakteristik warna sebagaimana ekstrak buah dari tumbuhan lain. Warna dari ekstrak tumbuhan dapat menyerap maupun meneruskan spektrum cahaya tampak, karena pigmen yang terdapat pada zat warna memegang peranan penting dalam proses absorpsi cahaya.

c. Larutan elektrolit

Elektrolit yang sering digunakan sebagai pasangan redoks dalam pelarut adalah pasangan I^-/I_3^- . Karakteristik ideal dari pasangan redoks untuk elektrolit DSSC yaitu

- 1) Potensial redoksnya secara termodinamika berlangsung sesuai dengan potensial redoks dari dye untuk tegangan sel yang maksimal.
- 2) Tingginya kelarutan terhadap pelarut untuk mendukung konsentrasi yang tinggi dari muatan pada elektrolit.

- 3) Pelarut mempunyai koefisien difusi yang tinggi untuk transportasi massa yang efisien
- 4) Tidak adanya karakteristik spectral pada daerah cahaya tampak untuk menghindari absorpsi cahaya datang pada elektrolit.
- 5) Kestabilan yang tinggi baik dalam bentuk tereduksi maupun teroksidasi
- 6) Mempunyai reversibilitas tinggi
- 7) Inert terhadap komponen lain pada DSSC
- 8) TiO_2

Dalam umumnya TiO_2 mempunyai tiga fasa yaitu rutil, anatase, dan brookite. Untuk aplikasi pada DSSC, TiO_2 yang digunakan umumnya berfasa anatase karena mempunyai kemampuan fotoaktif yang tinggi. Selain itu TiO_2 dengan struktur nanopori yaitu ukuran pori dalam skala nanometer akan meningkatkan kinerja sel surya karena struktur nanopori mempunyai karakteristik luas permukaan yang tinggi sehingga akan menaikkan jumlah dye yang terserap yang implikasinya akan menaikkan jumlah cahaya yang terserap (Septina, 2007).

d. Katalis counter elektroda

Katalis dibutuhkan untuk mempercepat kinetika reaksi proses reduksi triiodide pada TCO. Platina, material yang umum digunakan sebagai katalis pada berbagai aplikasi, juga efisien dalam aplikasinya pada DSSC.

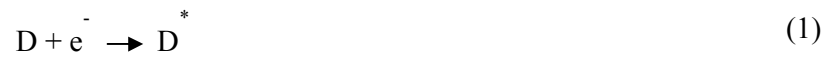
Walaupun mempunyai kemampuan katalitik yang tinggi, platina merupakan material yang mahal. Sebagai alternative, dapat digunakan counter-elektroda karbon sebagai lapisan katalis. Karena luas permukaan yang tinggi, counter-elektroda karbon mempunyai keaktifan reduksi triiodida yang menyerupai elektroda platina (Smestad,1998).

DSSC mempunyai keunggulan yaitu selain teknik fabrikasinya relatif sederhana juga tidak memerlukan teknologi yang rumit sehingga biaya produksinya relatif rendah. Berbeda dengan sel surya konvensional yang semua proses melibatkan bahan silikon itu sendiri, pada DSSC absorpsi cahaya dan separasi muatan listrik terjadi pada proses yang terpisah. Absorpsi cahaya dilakukan oleh molekul *dye* dan separasi muatan oleh semikonduktor anorganik nanokristal yang memiliki celah pita lebar. Bahan semikonduktor yang sering digunakan sebagai elektroda dalam DSSC adalah TiO₂ (*Titanium Dioxide*). Hal itu dikarenakan TiO₂ memiliki fase Kristal yang reaktif terhadap cahaya, eksitasi elektron ke pita konduksi dapat dengan mudah terjadi apabila kristal ini dikenai cahaya dengan energi yang lebih besar daripada celah energinya. Selain itu TiO₂ relatif murah, inert, banyak dijumpai dan tidak beracun (Gratzel, 2006).

2. Prinsip kerja DSSC

Pada dasarnya prinsip kerja dari DSSC merupakan reaksi dari transfer elektron. Proses pertama dimulai dengan terjadinya eksitasi

elektron pada molekul dye akibat absorpsi foton. Elektron tereksitasi dari *ground state* (D) ke *excited state* (D^*) terlihat pada reaksi kimia persamaan (1) berikut:



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

Dengan adanya donor elektron oleh elektrolit (I^-) maka molekul dye kembali ke keadaan awalnya (*ground state*) dan mencegah penangkapan kembali elektron oleh dye yang teroksidasi.



Setelah mencapai elektroda TCO, elektron mengalir menuju counter-elektroda melalui rangkaian eksternal. Dengan adanya katalis pada counter-elektroda, elektron diterima oleh elektrolit sehingga hole yang terbentuk pada elektrolit (I_3^-), akibat donor elektron pada proses sebelumnya, berekombinasi dengan elektron membentuk iodide (I^-).



Iodide ini digunakan untuk mendonor elektron kepada dye yang teroksidasi, sehingga terbentuk suatu siklus transport elektron. Dengan siklus ini terjadi konversi langsung dari cahaya matahari menjadi listrik (septina.wilma,2007).

Elektroda dilapisi oleh layer nanopartikel yang dilapisi oleh molekul *dye* (zat pewarna) sensitasi. Molekul *dye* berfungsi sebagai penangkap foton cahaya, sedangkan nano partikel semikonduktor berfungsi menyerap dan meneruskan foton menjadi electron. Pada tempat elektroda diberi katalis, umumnya carbon atau platinum, berfungsi untuk mempercepat kinetika reaksi proses reduksi triiodide pada TCO.

Pada saat Foton (sinar matahari) yang terabsorpsi oleh dye akan mengalami eksitasi elektron pada dye. Kejadian ini memberikan energi yang cukup kepada elektron untuk pindah menuju conduction band dari TiO₂. Akibatnya elektron mengalir menuju elektroda, rangkaian listrik sampai counter elektroda. Elektrolit membawa elektron-elektron kembali ke dye yang berasal dari counter elektroda (CE) .

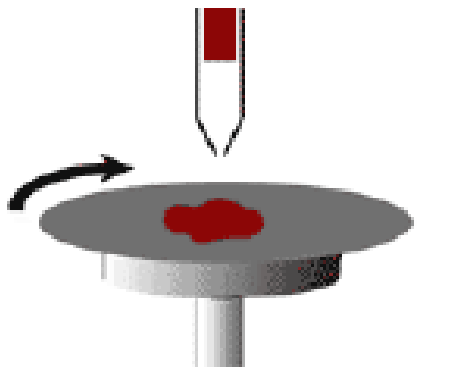
C. Metode sol-gel

Metode sol-gel merupakan metode penumbuhan film tipis yang memanfaatkan proses perubahan fase dari sol ke fase gel. Metode ini tergolong sederhana dengan biaya yang murah. Metode sol-gel memiliki beberapa teknik penumbuhan film tipis, salah satunya adalah dengan teknik *spin coating*.

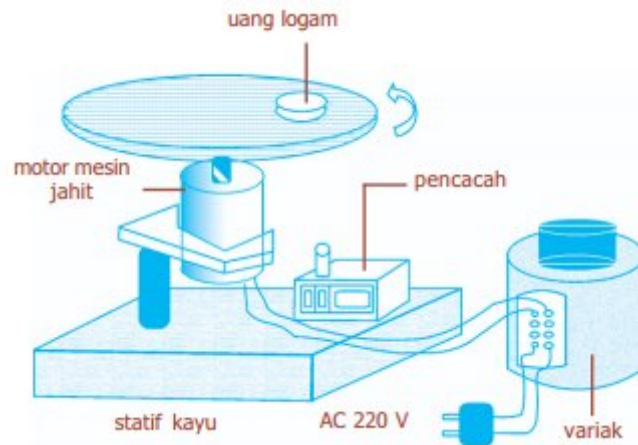
1. Teknik *Spin Coating*

Teknik *spin coating* merupakan salah satu teknik penumbuhan film tipis dengan metoda *sol-gel*. Prosedur pembuatan film tipis dengan teknik *spin coating* lebih mudah dalam pengoperasiannya dengan biaya

operasional yang rendah. Teknik ini memanfaatkan fenomena reaksi gaya sentripetal yang mengarah keluar pada benda berputar. Gaya setripetal adalah suatu benda bergerak melingkar maka benda akan mengalami gaya yang arahnya menuju ke pusat lingkaran. Besarnya gaya tersebut sebanding dengan kuadrat kecepatannya dan berbanding terbalik dengan jari-jari lingkarannya. Reaksi dari gaya ini akan menyebabkan gel yang dideposisikan pada substrat akan tersebar ke seluruh permukaan substrat dan membentuk lapisan tipis. Besar kecilnya gaya sentripetal yang bekerja pada gel dipengaruhi oleh laju putaran *spin-coater*.



Gambar 3. Proses penetasan gel pada substrat



Gambar 4. Alat spin coater (teguh,2010).

2. Laju spin coater

Kelajuan *spin-coater* merupakan salah satu faktor terpenting yang mempengaruhi hasil lapisan tipis dengan teknik *spin coating*. Kelajuan *spin-coater* menentukan besarnya gaya sentripetal yang bekerja pada gel yang ditetaskan diatas substrat, berdasarkan persamaan (4) :

$$F = \quad (4)$$

Dimana F_{sp} merupakan gaya sentipetal yang bekerja pada *spin-coater* dengan laju putaran *spin-coater* .

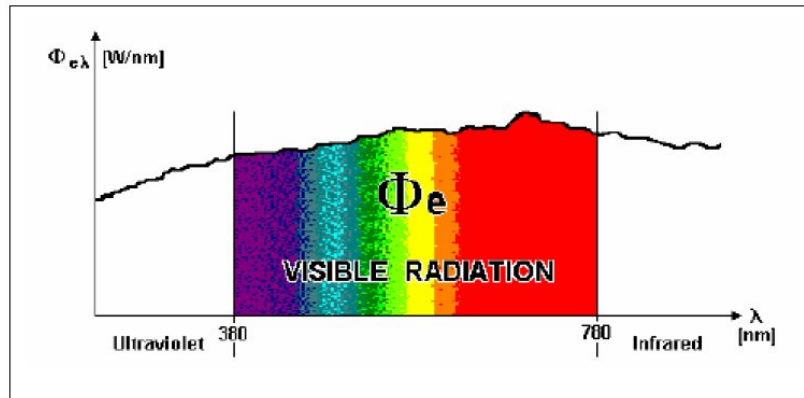
Laju putaran *spin-coater* mempengaruhi ketebalan dari lapisan tipis yang dihasilkan. Berdasarkan data dari Columbia University tahun 2002, peruban laju putaran *spin-coater* sekitar ± 50 rpm akan menyebabkan perubahan ketebalan film yang dihasilkan terhadap laju putaran *spinner*.

Waktu *spin* dan percepatan substrat ke arah kelajuan *spin* juga dapat mempengaruhi sifat fisis film yang dihasilkan. Semakin lama waktu *spin* film yang dihasilkan akan semakin tipis untuk molaritas gel yang sama. Percepatan putaran akan berpengaruh pada pola lapisan yang terbentuk di atas substrat, karena percepatan putaran akan memberikan torsi pada gel. Efek torsi berkemungkinan akan menghasilkan bayang-bayang substrat pada gel.

D. Intensitas cahaya

Cahaya merupakan satu bagian jenis gelombang elektromagnetis yang terbang ke angkasa. Gelombang tersebut memiliki panjang dan frekuensi tertentu, dapat dibedakan dari energi cahaya lainnya dalam spektrum elektromagnetisnya. Cahaya dipancarkan sebagai partikel-partikel kecil yang disebut *foton*.

Cahaya yang dapat dilihat pada spektrum elektromagnetik, diberikan dalam Gambar 3, menyatakan gelombang yang sempit diantara cahaya *ultraviolet* (UV) dan energy inframerah (panas). Gelombang cahaya merangsang retina mata, yang menghasilkan sensasi penglihatan yang disebut pandangan. Oleh karena itu, penglihatan memerlukan mata yang berfungsi dan cahaya yang nampak.



Gambar 5. Radiasi yang Tampak (Biro Efisiensi Energi, 2005).

Efek fotolistrik adalah peristiwa terlepasnya elektron-elektron dari permukaan logam (disebut sebagai elektron foto) ketika logam tersebut disinari dengan cahaya. Rumus energy berdasarkan teori kuantum adalah

$$= h \quad (5)$$

Efek fotolistrik dipengaruhi oleh dua sifat penting dari gelombang cahaya yakni intensitas cahaya dan frekuensi. Permukaan sel surya membutuhkan frekuensi minimum tertentu yang disebut frekuensi ambang (f_0) untuk dapat menghasilkan elektrofoto. Energy kinetik maksimum electron foton bertambah jika frekuensi cahaya diperbesar (hasbullah,2008).

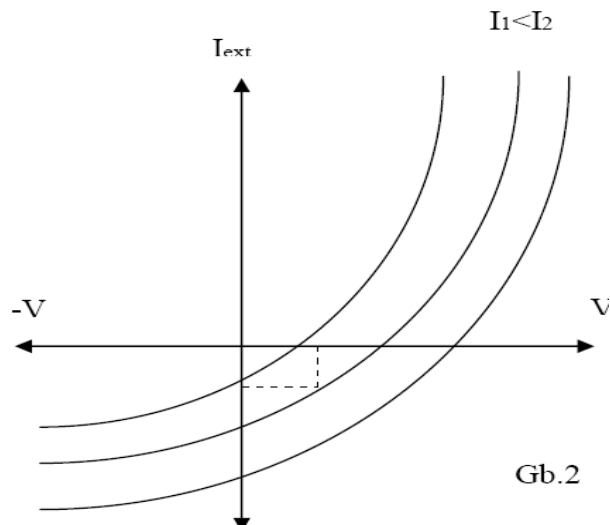
Sel surya p-n junction (sambungan p-n) disinari oleh cahaya yang memiliki energi photon lebih besar dari energi band gap material tersebut ,maka akan terbentuk pasangan elektron – hole. Jika sinar datang memiliki intensitas I dan frekuensinya f jatuh pada permukaan solar sel dengan sensitif area A , maka seluruh cahaya yang diserap oleh solar sel akan menghasilkan pasangan elektron –hole dengan efisiensi kuantum η . Jumlah pasangan elektron –hole yang dihasilkan didalam sel perdetik ialah:

$$n = \frac{\eta LA}{hf} \quad (6)$$

Pada kondisi tersebut solar sel bertindak sebagai sumber arus tetap (konstan) dengan besar arus photo dinyatakan oleh

$$i_f = ne = \frac{e\eta LA}{hf} \quad (7)$$

Berdasarkan persamaan tersebut arus photo berbanding lurus dengan intensitas radiasi sinar datang.



Gambar 6. kurva I V(sinaga,)

Daya maksimum akan dihasilkan oleh solar sel ketika perkalian $I_{ext} V$ adalah maksimum. Beban optimum ditentukan oleh titik (V_m, I_m) seperti ditunjukkan pada kurva karakteristik I-V dari solar sel sambungan p-n yang disinari oleh cahaya, seperti pada gambar 4. Adapun hubungan arus dan tegangan dapat dilihat pada persamaan (8) dimana:

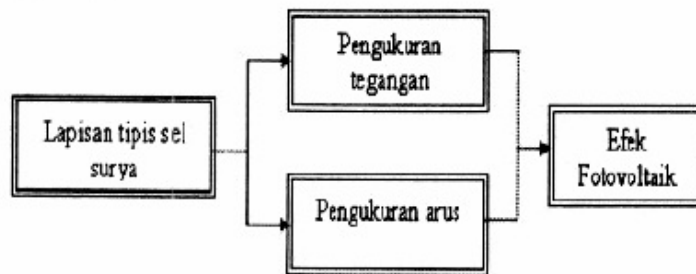
$$V = I.R \quad (8)$$

Hubungan tegangan dan arus sebanding dengan dikalikan hambatan pada sel surya tersebut.

E. Arus dan tegangan

Listrik yang dihasilkan oleh panel surya dapat langsung digunakan atau disimpan lebih dahulu ke dalam baterai. Arus listrik yang dihasilkan adalah listrik dengan arus searah (DC) sebesar 3.5 A. Besar tegangan yang dihasilkan adalah 0.4-0.5V. Desain rangkaian panel-panel surya, secara seri atau paralel, untuk memperoleh output tegangan dan arus yang diinginkan. Untuk memperoleh arus bolak balik (AC) diperlukan alat tambahan yang disebut inverter.

Pengukuran arus dan tegangan sebagai uji kinerja lapisan tipis yang telah dibuat, dilakukan dengan mengukur tegangan dan arusnya sesuai alur kerja seperti



Gambar 7. Alur kerja kinerja lapisan tipis sel surya

Pengukuran arus dan tegangan fotovoltaiik dilakukan pada setiap sel surya. Di atas lapisan tipis sel surya, diberikan lapisan elektroda karbon yang digunakan untuk elektroda pembanding pada lapisan tipis sel surya. Gambar 7 menjelaskan alur kerja lapisan tipis sel surya dimana langkah pertama dari alur kerja tersebut dibuat lapisan tipis sel surya dengan metoda spin coating. Dilakukan pengukuran arus dan tegangan sel surya. Hasil dari pengukuran tersebut adalah efek fotovoltaiik yang memanfaatkan cahaya dari sinar foton.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini termasuk jenis penelitian eksperimen, karena pada penelitian ini dilaksanakan di laboratorium. Dalam penelitian ini dilakukan pembuatan dye sensitizer sel surya dari ekstrak kulit manggis sehingga menghasilkan arus dan tegangan dari ekstrak zat warna.

B. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang dan di Laboratorium Biologi, dan laboratorium Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UNAND.

C. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama empat bulan, waktu penelitian dibagi menjadi beberapa tahap yaitu:

1. Persiapan

Pada tahap persiapan dilakukan kajian kepustakaan dengan melakukan kajian terhadap teori – teori yang mendukung.

2. Perencanaan

Pada tahap perencanaan meliputi pencarian alat yang akan digunakan dan sampel yang akan digunakan.

3. Pelaksanaan

Pada tahap ini penelitian dilakukan hingga mendapatkan data mentah.

4. Pengolahan data dan analisa data

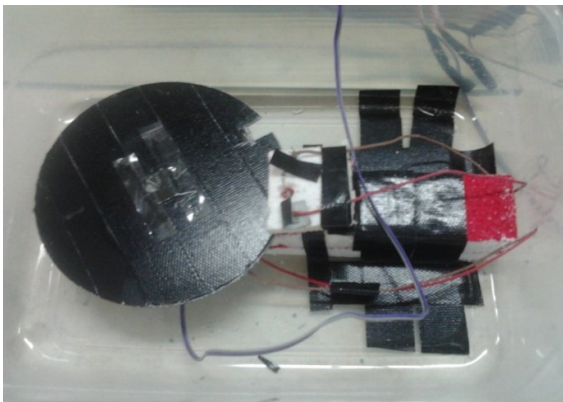
Untuk membantu hasil dan analisa pada pembuatan laporan akhir, maka dilakukan pengolahan dan analisa data, sehingga diperoleh suatu kesimpulan.

5. Laporan akhir

D. Instrumen Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Metode yang digunakan dalam pembuatan sel surya tersensitasi *dye* organik ekstrak kulit manggis adalah metode *sol-gel-spin coating*.



Gambar 8. Spin coater

Pada penelitian ini metoda penumbuhan lapisan tipis digunakan teknik sol-gel lapisan tipis. Dimana metoda ini bervariasi waktu lama pemutaran spin coating untuk pelapisannya dengan kecepatan 1500 rpm. Kaca ITO dideposisikan pada piringan dengan bantuan selotip lalu ditetesi 2 tetes pasta TiO_2 .

2. Spektrofotometer Uv-Vis

Spektrofotometer Uv-Vis yang digunakan untuk mengukur nilai absorpsi zat pewarna.



Gambar 9. Spektrofotometer UV-Vis

Alat spektrometer UV-Vis digunakan untuk melihat pada panjang gelombang berapa nilai absorpsi kulit manggis ini terdeteksi.

3. Magnetic stirrer

Magnetic stirrer digunakan untuk menghomogenisasi pasta TiO_2 dan larutan elektrolit.



Gambar 10 . Magnetic stirrer

Alat ini digunakan untuk homogenisasi TiO₂, air dan PVA dengan dengan pemakaian magnetic bar sebagai pemutar di dalam gelas kimia tersebut.

4. Tissue dan aluminium foil

Tissue digunakan untuk membersihkan alat-alat yang digunakan selama penelitian ini. AVO digunakan untuk lapisan ekstrak dye sel surya.

5. Oven/hot plate

Oven digunakan untuk mengeringkan lapisan tipis hasil deposisi.



Gambar 11. Oven

Oven ini berfungsi untuk mengaktifkan lapisan tipis agar pori-pori pada lapisan tipis terbuka dan mudah membentuk sudut kontak sehingga, bertahan lama dengan pemakaian suhu 300 F selama 30 menit yang diatur pada oven.

6. Neraca digital

Neraca digital digunakan untuk mengukur massa TiO_2 yang digunakan.



Gambar 12. Neraca digital

Neraca digital digunakan untuk mengukur berat atau massa TiO_2 yang dipakai selama penelitian.

7. Multimeter

Multimeter digunakan untuk mengukur tegangan dan arus.



Gambar 13. Multimeter digital

Multimeter digital ini digunakan untuk mengukur arus dan tegangan pada saat penelitian dengan penyambungan kabel merah dan biru sebagai penanda positif dan negatifnya.

8. Luxmeter

luxmeter merupakan alat untuk mengukur intensitas matahari yg di gunakan saat pengujian.



Gambar 14. Luxmeter.

Alat luxmeter ini terdiri dari sensor yang berwarna putih sebagai penangkap intensitas cahaya dengan satuan lux. Dimana sumber cahaya yang dipakai pada penelitian berupa lampu dengan merk philip 18 watt.

9. Gelas ukur (gelas mili)



Gambar 15. Gelas ukur

Gelas ukur yang digunakan untuk mengukur takaran aquades yang digunakan. Pada gelas ukur ini terdapat garis-garis menandakan volume pada garis tersebut.

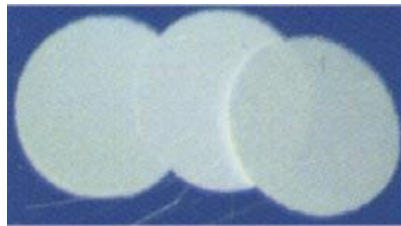
10. Kaca ITO(konduktif).



Gambar 16. Konduktif glass

kaca konduktif yang berfungsi sebagai penyerapan muatan foton pada sel surya. Pada penelitian ini kita gunakan kaca ITO dimana kaca tersebut mempunyai hambatan dalam orde Ω pada salah satu sisinya, sedangkan sisi yang lain tidak mempunyai hambatan.

11. Kertas Saring



Gambar 17. Kertas saring Whatman

Kertas saring yang digunakan untuk menyaring ekstrak zat warna. Zat warna dari ekstrak kulit manggis yang sudah didiamkan 24 jam disaring dengan menggunakan kertas saring.

12. Dye / zat warna

Zat warna yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

Kulit manggis yang dihancurkan dengan lumpang dan diambil ekstraknya sebelumnya direndam dengan methanol, asam asetat dan air selama 24 jam, lalu disaring menggunakan kertas saring.



(a)



(b)

Gambar 18. Kulit manggis (a) ampas kulit manggis yang sudah diambil kandungannya, (b) ekstrak dye kulit manggis yang sudah disaring.

1. Variabel Penelitian

Variabel penelitian terdiri dari :

a. Variabel Bebas

Yang menjadi variabel bebas dalam penelitian ini adalah waktu deposisi sampel pada penggunaan dari *spin coating* dari sel surya.

b. Variabel Kontrol

Yang menjadi variabel kontrol dalam penelitian ini adalah intensitas cahaya yang digunakan pada saat pengukuran.

c. Variabel Terikat

Yang menjadi variabel terikat dalam penelitian ini adalah nilai arus dan tahanan dari ekstrak tanaman tersebut.

2. Prosedur Penelitian

a. Pengujian nilai absorpsi dari zat warna yang berupa kulit manggis.

Pada penelitian ini melakukan pengujian pada sel surya dilakukan pengujian karakterisasi larutan *dye* dengan menggunakan UV-Vis. Zat dye yang diuji yaitu ekstrak kulit manggis. Adapun pembuatan Larutan Zat Warna yang dilakukan sebagai berikut:

Zat warna ditimbang sebanyak 20 gram lalu dihaluskan dengan mortar, direndam dengan 10 ml methanol, 1,4 ml asam asetat dan 8,4 ml air selama 24 jam. Selama perendaman, larutan ekstrak kulit manggis disimpan di tempat gelap. Setelah direndam selama 24 jam, selanjutnya ekstrak disaring menggunakan kertas saring lalu dimasukkan kedalam botol berwarna gelap atau botol yang telah dilapisi aluminium foil. Selanjutnya zat warna kulit manggis ini diuji dengan menggunakan UV-Vis untuk absorpsi dan panjang gelombang.

b. Ketebalan lapisan tipis sel surya pewarna tersensitasi

1. Persiapan bahan

Pada penelitian ini bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan sel surya zat pewarna ini adalah: Serbuk TiO_2 , asam asetat,

acetonitril, polyvinyl alcohol(PVA), potassium iodide (KI), iodide (I_2), methanol 95%, aquades dan zat warna yang dari kulit manggis.

2. Persiapan alat

Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini adalah gelas kimia, tabung ukur, pipet tetes, kaca konduktif (TCO), pengaduk magnetic, cawan petri, mortar, selotip, oven, multimeter digital, dan ampermeter.

3. Pembuatan pasta TiO_2

TiO_2 dideposisikan dengan teknik lapisan tipis sehingga sebelumnya dibuat TiO_2 dalam bentuk pasta, yaitu dengan prosedur pembuatan sebagai berikut: Polyvinyl alcohol (PVA) sebanyak 0.5 gram ditambahkan ke dalam 5 ml air, kemudian diaduk pada temperature $80^{\circ}C$. suspensi ini akan berfungsi sebagai binder dalam pembuatan pasta. Bubuk TiO_2 sebanyak 4.5 gram ditambahkan kedalam suspensi tersebut. Kemudian digerus dengan mortar sampai terbentuk pasta.

4. Pembuatan Elektroda

Pasta TiO_2 dilapiskan pada *conducting glass* yang telah dilapisi isolasi pada kedua sisinya hingga luas bagian yang akan dilapisi mencapai 1 cm^2 . Pelapisan dilakukan dengan teknik *spin coater* hingga mencapai ketebalan $7 - 10\ \mu\text{m}$. Kaca yang sudah terlapisi TiO_2 disintering dalam oven pada suhu $450\ ^{\circ}C$ selama 30 menit, kemudian didinginkan pada suhu $700\ C$. Permukaan kaca berlapis

TiO₂ direndam dalam ekstrak kulit manggis dalam cawan petri kemudian disimpan dalam tempat gelap selama satu hari. Setelah permukaan kaca direndam, dicuci kembali dengan menggunakan etanol, dan dikeringkan dengan tissue di bagian luarnya. Selanjutnya lapisan tipis di oven pada suhu 450°C selama 30 menit, dan lapisan tipis siap di uji struktur dan ketebalannya dengan menggunakan SEM (*Scanning Elektron Mikroskopi*).

c. Pengukuran terhadap arus dan tegangan keluaran, proses nya sebagai berikut:

1) Larutan elektrolit

Dicampurkan 0,8 gram (0,5M) kalium iodide kedalam 10 ml acetonitril lalu diaduk. Ditambahkan 0,127 gram (0,05M) iodine (I₂) kedalam larutan tersebut diaduk, larutan disimpan dalam botol tertutup.

2) Pembuatan Elektroda Pembanding

Permukaan *conducting glass* dilapisi dengan pensil grafit hingga rata. Pada bagian konduktifnya, Kemudian plat dipanaskan selama 30 menit pada suhu 450 °C, agar grafit pensil membentuk kontak yang baik sesama partikel karbon dan dengan ITO.

3) Perangkaian Alat

Elektroda kerja yang telah siap diletakkan di atas meja dengan posisi film yang terlapisi di bagian atas kemudian ditemplei dengan elektroda pembanding sehingga sisi konduktif dari elektroda

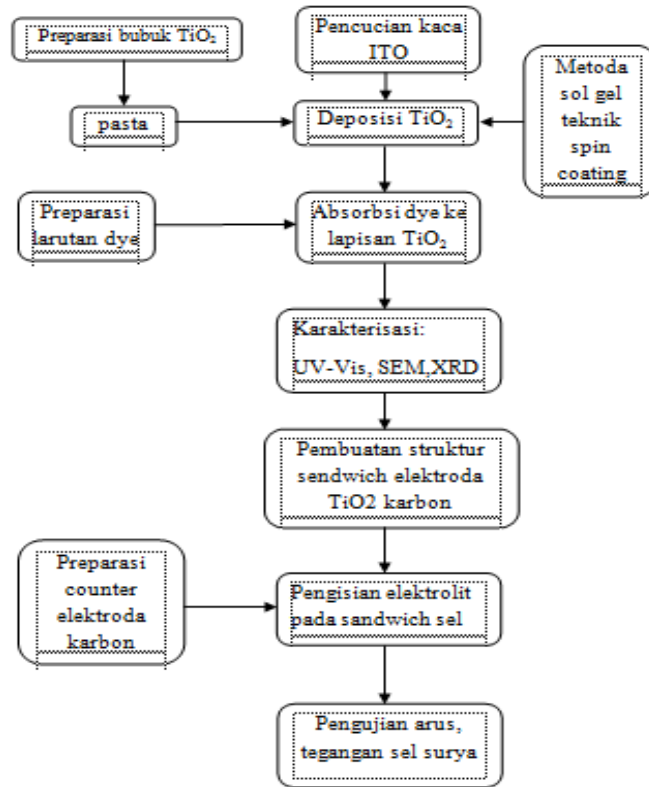
pembanding berhadapan dengan film TiO_2 , kemudian di sela-sela kedua elektroda ditambah 2 tetes larutan elektrolit iodin/iodida. Salah satu sisi elektroda kemudian dijepit dengan klip binder, lalu kedua ujungnya dijepit dengan capit buaya seperti gambar 19.



Gambar 19. Pengukuran arus dan tegangan

Pengukuran arus dan tegangan ini memakai potensio dengan tahanan 10K untuk mendapatkan arus dan tegangan yang stabil.

Secara umum tahapan alur penelitian ditunjukkan pada gambar 20.



Gambar 20. Alur tahapan pembuatan sel surya

3. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilakukan langsung dengan pengukuran pada sampel sel surya dilakukan dengan beberapa tahap yaitu:

- Menentukan panjang gelombang maksimum absorpsi dye pada spektrum cahaya tampak, dilakukan dengan cara zat warna yang telah diekstrak diletakkan pada kuvet UV-Vis.
- Menentukan ketebalan lapisan tipis sel surya. Alat yang digunakan untuk mengukur ketebalan lapisan tipis sel surya ini digunakan SEM (scanning elektron mikroskop).

- c. Mengukur arus dan tegangan keluaran digunakan multimeter digital.

4. Teknik analisa data

- a. Panjang gelombang maksimum absorpsi dye pada spektrum cahaya tampak, dilakukan dengan cara zat warna yang telah diekstrak pada pengukuran alat spektrofotometer UV-Vis, disini kita dapat memperoleh energi gap penyerapan pada dye tersebut dengan rumus:

$$E = (\alpha h\nu) eV \tag{9}$$

- b. Ketebalan dari lapisan tipis yang dideposisikan dengan metoda spin coating digunakan alat SEM, dimana keempat sampel mempunyai variasi waktu deposisi dengan ketebalan yang berbeda. Data yang diperoleh di plot dengan grafik hubungan antara waktu dan ketebalan lapisan tipis.
- c. Teknik analisa data dilakukan dengan memplot grafik hubungan antara tegangan keluaran sumbu x dan arus pada sumbu y, adapun statistik yang digunakan adalah statistik deskriptif berupa nilai rata-rata \bar{x} dan simpangan baku S^2 .

$$\bar{x} = \frac{\sum(xi)}{n} \tag{10}$$

$$S^2 = \frac{\sum(xi - \bar{x})^2}{n-1} \tag{11}$$

Keterangan: \bar{x} = rata-rata

n = banyak data

xi = jumlah data

s^2 = simpangan baku (standar deviasi)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

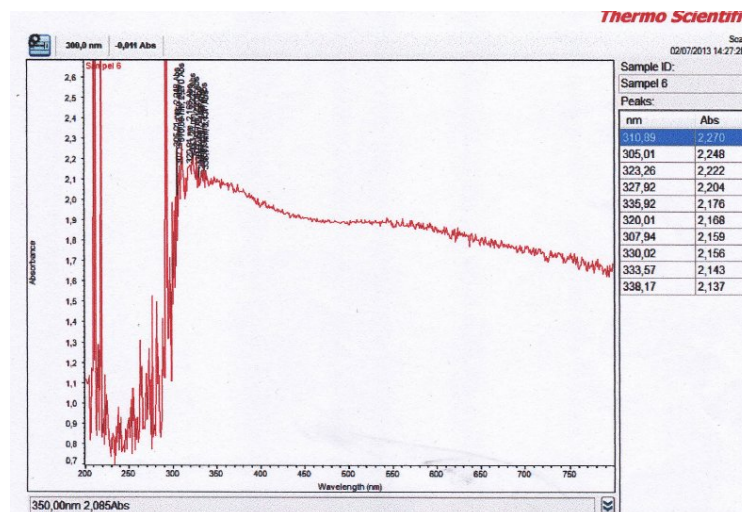
Pada bagian ini dibahas tentang deskripsi data, analisis data dan pembahasan data. Adapun uraian dari masing-masing sebagai berikut:

A. Deskripsi Data

Pada deskripsi data ini dirangkum semua hasil penelitian yang diperoleh, selanjutnya data akan dianalisis sesuai dengan teknik analisa data yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya.

1. Nilai absorpsi dan panjang gelombang zat warna kulit manggis.

Dari data yang diperoleh berupa nilai panjang gelombang penyerapan absorpsi zat warna berupa kulit manggis. Dengan data nilai panjang gelombang dan absorpsi tersebut dapat digunakan untuk mengetahui energi gap penyerapan dari ekstrak dye tersebut. Hal ini dapat terlihat pada hasil UV-Vis pada gambar 21.



Gambar 21. Hasil absorpsi dye kulit manggis

Spektrum absorpsi dari dye digunakan alat *Ultraviolet-visible spectroscopy* (UV-Vis). Tujuan dari pengukuran ini adalah untuk mengetahui spektrum karakteristik absorpsi yaitu rentang panjang gelombang cahaya yang mampu diserap baik oleh suatu bahan dan berdasarkan data pada waktu karakterisasi didapatkan panjang gelombang penyerapan dari rentang 300.0 nm sampai 350.00nm. nilai absorpsi yang dilihat dari rentang -0.011 abs sampai 2.085 abs dari sampel dengan dye berupa kulit manggis dengan data sebagai berikut:

Tabel 1. Data panjang gelombang dan absorpsi dari dye kulit manggis

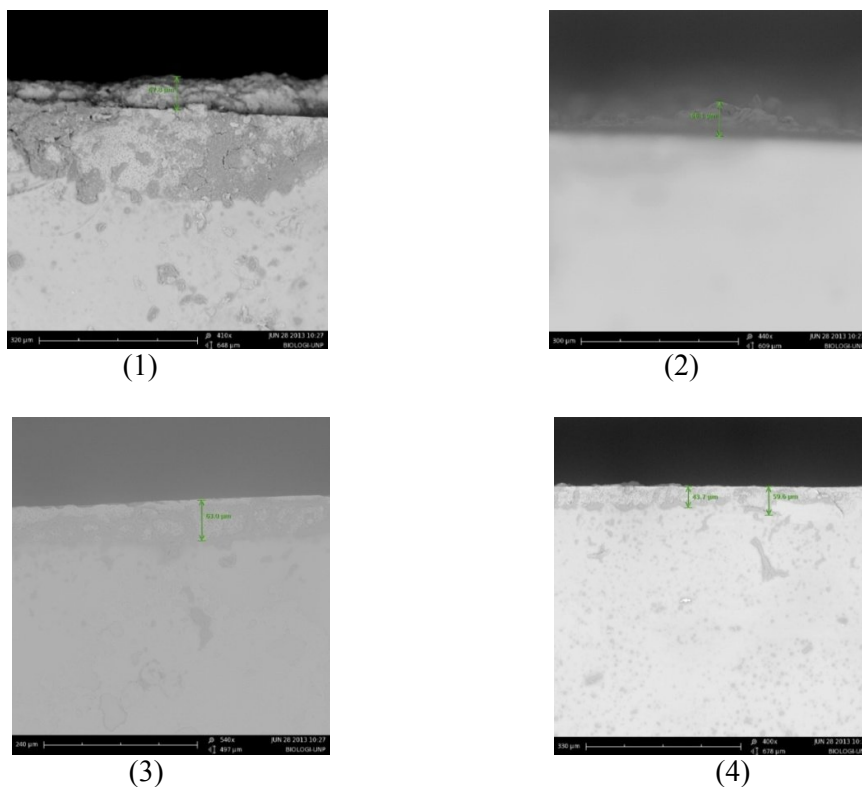
$\lambda(\text{nm})$	α	$\nu=c/\lambda$	$h\nu(\text{j})$	$h\nu(\text{eV})$	$(ah\nu)(\text{eV})$	$(ah\nu)^2\text{eV}$
310,89	2.270	9.64972E+14	6.39776E-19	3,99220303	9,062305261	82,12537664
305,01	2.248	9.83574E+14	6.5211E-19	4,069164945	9,147482796	83,67644151
323,26	2.222	9.28046E+14	6.15294E-19	3,839435748	8,531226232	72,78182102
327,92	2.204	9.14857E+14	6.0655E-19	3,78487436	8,341863089	69,5866798
335,92	2.176	8.9307E+14	5.92105E-19	3,694736842	8,039747368	64,63753774
320,01	2.168	9.37471E+14	6.21543E-19	3,878428799	8,408433636	70,70175621
307,94	2.159	9.74216E+14	6.45905E-19	4,03044749	8,701736131	75,72021169
330,02	2.156	9.09036E+14	6.02691E-19	3,760790255	8,10826379	65,74394168
333,57	2.143	8.99361E+14	5.96277E-19	3,720766256	7,973602087	63,57833024
338,17	2.137	8.87128E+14	5.88166E-19	3,670154065	7,843119237	61,51451936

Berdasarkan data terlihat bahwa sampel tersebut menyerap panjang gelombang paling kecil 305,01 nm dan panjang gelombang terbesar 338.17 nm. Dan nilai absorpsi 2.137 dan absorpsi terbesar yaitu 2.270. dari data tersebut kita dapat memperoleh besar kemungkinan energi gap pada sampel. Terlihat pada grafik UV-Vis terdapat puncak pada panjang

gelombang 338.17 nm. Dan nilai absorbansi dari dye kulit manggis maksimum 2.270.

2. Ketebalan lapisan tipis.

Ketebalan sel surya dengan bentuk karakterisasi SEM diperlihatkan oleh Gambar 22. Pada Gambar 22. dapat terlihat ketebalan pada masing-masing lapisan tipis berbeda-beda yaitu:



Gambar 22. Ketebalan lapisan tipis sel surya untuk masing-masing sampel

dari karakterisasi SEM pada masing-masing sampel terlihat ketebalan yang berbeda-beda setiap sampel, pada sampel 1 dengan perbesaran 410x dapat terlihat ketebalan 67,8 μm, pada sampel 2 dengan perbesaran 440x terlihat ketebalan pada sampel 2 berkisar 66.1 μm, pada sampel 3 dengan

perbesaran 540x dengan ketebalan 63.0 μm dan sampel 4 dengan perbesaran 400x diperoleh ketebalan sampel 4 yaitu 59,6 μm , hal ini dapat dirangkum dengan data sebagai berikut:

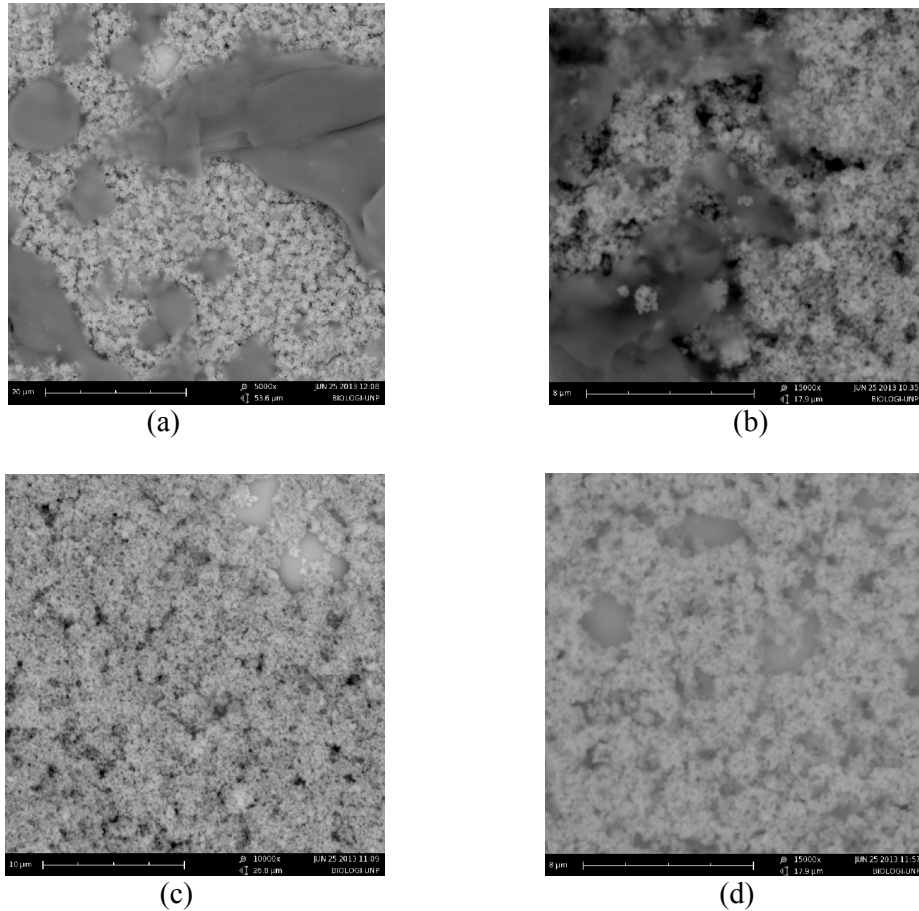
Tabel 2. Ketebalan lapisan tipis variasi waktu

Sampel	Waktu	Kecepatan	Ketebalan
1	2 menit	1500 rpm	67.8 μm
2	4 menit		66.1 μm
3	6 menit		63.0 μm
4	8 menit		59.6 μm

Dari Tabel 2 terlihat dengan waktu deposisi lapisan tipis dapat diperoleh hubungan variasi waktu dengan ketebalan yang berbeda. Waktu divariasikan dengan 4 variasi lamanya pemutaran spin coating, sedangkan ketebalan dari lapisan tipis diperoleh dari pengukuran SEM. Adapun data penelitiannya yaitu 2 menit dengan ketebalan 67.8 μm , 4 menit dengan ketebalan 66,1 μm , 6 menit dengan ketebalan 63,0 μm dan pada waktu penggunaan *spin coating* 8 menit dengan ketebalan 59,6 μm . Hubungan waktu deposisi dengan ketebalan diperoleh semakin lama waktu deposisi dengan spin coating semakin tipis lapisan tipis yang terlihat dari pengukuran SEM. Adapun kecepatan deposisi yang digunakan sama yaitu 1500 rpm.

3. Struktur mikro permukaan lapisan tipis.

Karakteristik SEM dilakukan untuk mengetahui nanostruktur dan pori pada lapisan tipis TiO₂ yang terdapat pada kaca ITO. Hasil SEM ditunjukkan pada Gambar 23 .



Gambar 23. Lapisan tipis tampak atas

Permukaan lapisan tipis yang tampak pada Gambar 23. dengan perbesaran yang berbeda-beda pada masing-masing sampel. Pada Gambar 23(a) merupakan sampel 1. dengan perbesaran 5000x tampak pori-pori terlihat kecil, dan diselimuti oleh lapisan dye zat warna. Pori-pori sampel 1 ini dengan ketebalan 67,8 μm terlihat bentuk dan ukurannya hampir sama.

Begitupun pada Gambar 23(b). bentuk pori-pori lapisan tipis ini terlihat jelas. Bagian yang tampak dengan perbesaran 15000x adalah jelaslah permukaan lapisan tipis ini tidak rata dengan adanya bagian yang gelap dan ada bagian yang terang. Ketebalan permukaan lapisan tipis pada sampel 2 adalah 66.1 μm . Pada gambar 23(c) terlihat ada bagian yang merata pada lapisan tipis dan ada bagian subtrak yang tidak terlapsi lapisan TiO_2 dengan perbesaran 10000x, sedangkan ketebalan pada sampel 3 ini 63,0 μm . Pada gambar 23(d) terlihat lapisan tipis ini semakin tipis dengan adanya bagian yang tidak merata pada permukaan dengan perbesaran 15000x semua bagiannya tidak terlapsi. Ketebalan pada sampel 4 ini 59,6 μm .

4. Sifat listrik sel surya.

Pengukuran arus dan tegangan dilakukan dengan menggunakan multimeter digital seperti yang telah dijelaskan pada bab 3 sebelumnya. Prototipe sel surya tersensitasi dye organik akan dilakukan uji arus tegangan listrik yang dihasil dengan tujuan akhir didapatkan sel surya dengan kriteria terbaik. Adapun data yang diperoleh dari penelitian dapat terlihat pada tabel 4 berikut:

Tabel 3. Data arus dan tegangan

Sampel	Tegangan (mV)	Arus (μA)	Luas (cm)
1	130	20	0,5 x1,2
2	213	500	0,6 x1,1
3	15	18	0,5 x1,3
4	1.7	12	0,6 x1,25

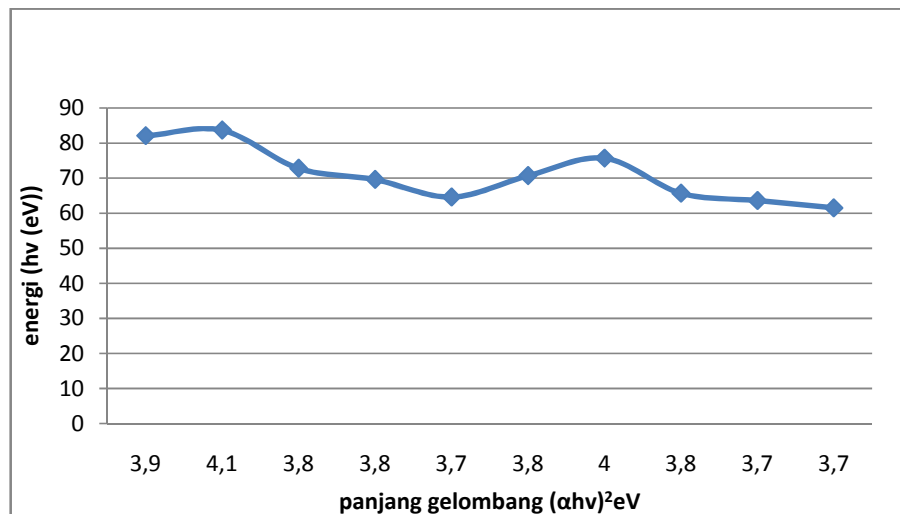
Berdasarkan data yang ada terlihat hubungan arus dan tegangan masing-masing sampel dengan luas lapisan yang berbeda. Intensitas cahaya yang digunakan pada saat penelitian 1680 lux. Nilai tegangan dan arus pada masing-masing sampel berbeda-beda, dari keempat sampel yang mempunyai sifat listrik yang bagus terlihat pada sampel 2 dengan data tegangan 213 mV dan arus 500 μA .

B. Analisa data

Pada analisa data ini dirangkum semua data yang diperoleh dari deskripsi data dan nantinya dianalisa berdasarkan data yang di dapatkan selama penelitian dan dibandingkan dengan data yang telah ada sebelumnya dari sumber. Adapun tahapan analisa data ini terdiri dari bagian-bagian data penelitian yang dibagi dalam bagian-bagian yaitu:

1. Nilai absorpsi dan panjang gelombang zat warna kulit manggis

Analisa data absorpsi terdapat puncak pada panjang gelombang 338.17 nm yang dapat mengabsorpsi cahaya dalam spektrum cahaya tampak. Molekul dalam keadaan dasar dapat menyerap energi sehingga berada dalam keadaan tereksitasi. Eksitasi ini yang ditimbulkan oleh absorpsi panjang gelombang. Adapun perhitungan energi yang terserap dalam sampel dapat terlihat pada Gambar 24.



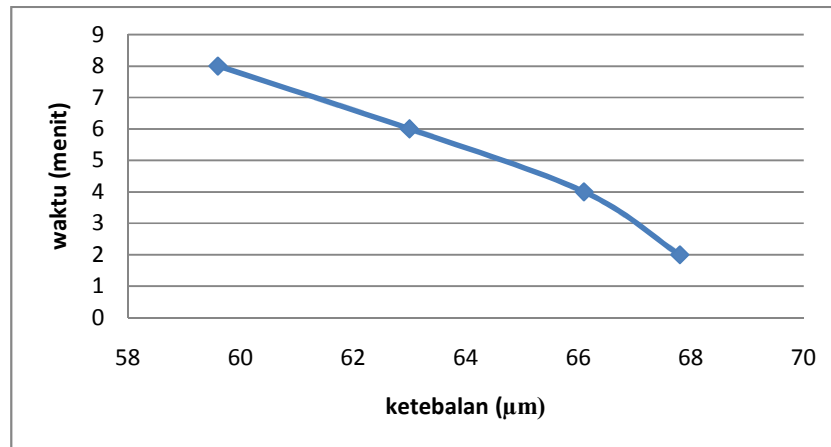
Gambar 24. Perhitungan Energi gap

Berdasarkan perhitungan energi penyerapan molekul dye tersebut energi maksimum 83.67 eV dimana menandakan bahwa adanya pigmen antocyanin yang ada pada kulit manggis dapat mengabsorpsi cahaya dengan panjang gelombang 338.17 nm yang masih dalam spektrum cahaya tampak.

Pada bagian yang panjang gelombang kurang dari 338.17 nm juga terdapat beberapa puncak yang merupakan area radiasi ultraviolet dimana semua benda gelap dapat menyerap radiasi tersebut.

2. Ketebalan lapisan tipis.

Ketebalan lapisan tipis sangat berpengaruh pada karakteristik penyerapan dye sel surya. Pengukuran ketebalan lapisan tipis dengan variasi waktu deposisi pada spin coating maka diperoleh grafik pada gambar 25.



Gambar 25. Grafik hubungan lama waktu deposisi dengan ketebalan lapisan tipis

hubungan lama waktu deposisi lapisan tipis ini sangat mempengaruhi ketebalan lapisan tipis dimana pada Gambar 25. Pada waktu 2 menit ketebalan lapisan tipis mencapai 67.8 μm dan semakin tipis seiring waktu deposisi dimana pada waktu deposisi 8 menit ketebalan lapisan tipis mencapai 59.6 μm .

3. Struktur mikro lapisan tipis.

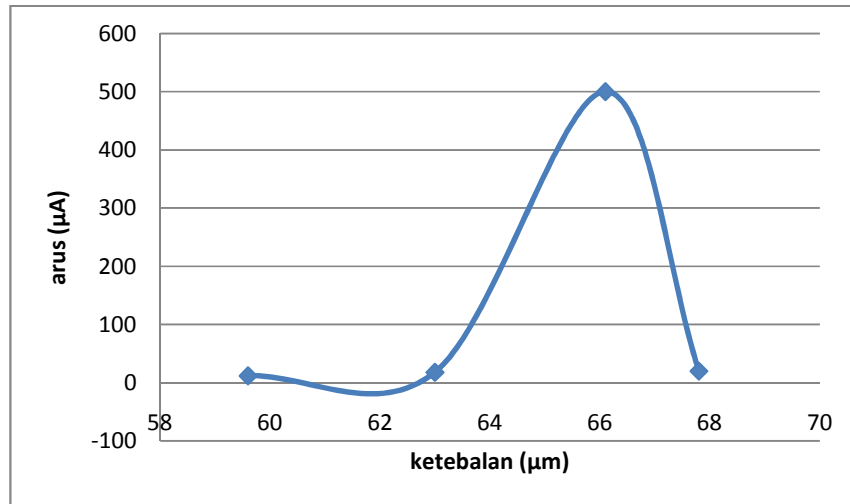
Permukaan lapisan tipis ini hampir merata dengan perbesaran 5000x, 15000x, 10000x dan 15000x dapat terlihat untuk masing-masing waktu deposisi lapisan tipis pada alat *spin coating*. Lapisan TiO₂ yang bersifat porous dan memiliki luas bidang sentuh yang besar. Hal ini sangat baik karena akan meningkatkan penyerapan dye sehingga cahaya yang teradsorpsi lebih banyak. Selain itu, ketebalan lapisan fotoelektroda merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi karakteristik dye sel surya.

Lapisan tipis tampak atas dimana dengan perbesaran yang berbeda. Permukaan lapisan tipis tampak atas dengan perbesaran 15000x dimana bentuk pori-porinya terlihat jelas dan ada bagian yang tidak merata pada lapisan tipis sedangkan dye pada lapisan tipis tidak terlihat jelas. Pada perbesaran 5000x perbesaran dapat terlihat perbandingannya, dimana pada perbesaran ini ukuran porinya terlihat kecil dan merata dan juga terlihat lapisan dye unsur kulit manggis pada perbesaran ini.

4. Sifat listrik sel surya.

Mengetahui kinerja sel surya dilakukan pengukuran karakteristik arus-tegangan (I-V) pada kondisi tersinari dengan menggunakan sumber cahaya lampu Halogen 24 watt dengan intensitas 1680 lux dan menggunakan potensio dengan tahanan 10k. Hasil hubungan arus dan ketebalan sel surya ditunjukkan pada Gambar 26, Kurva ketebalan-arus yang diperoleh menunjukkan pola yang belum cukup ideal, dimana kelengkungan kurva

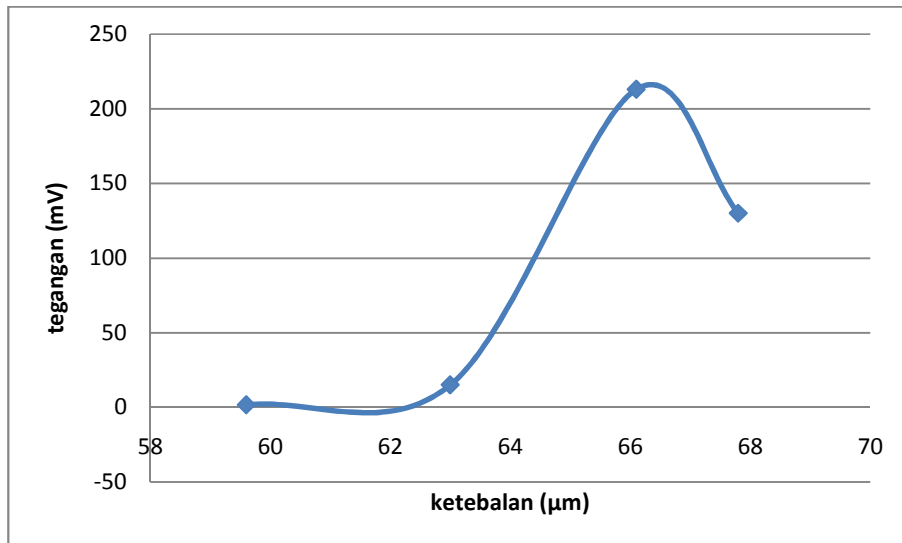
masih agak landai. Hal ini diakibatkan oleh konduktivitas elektrolit yang rendah dan merupakan salah satu kendala dari elektrolit polimer.



Gambar 26. Grafik hubungan ketebalan dan arus

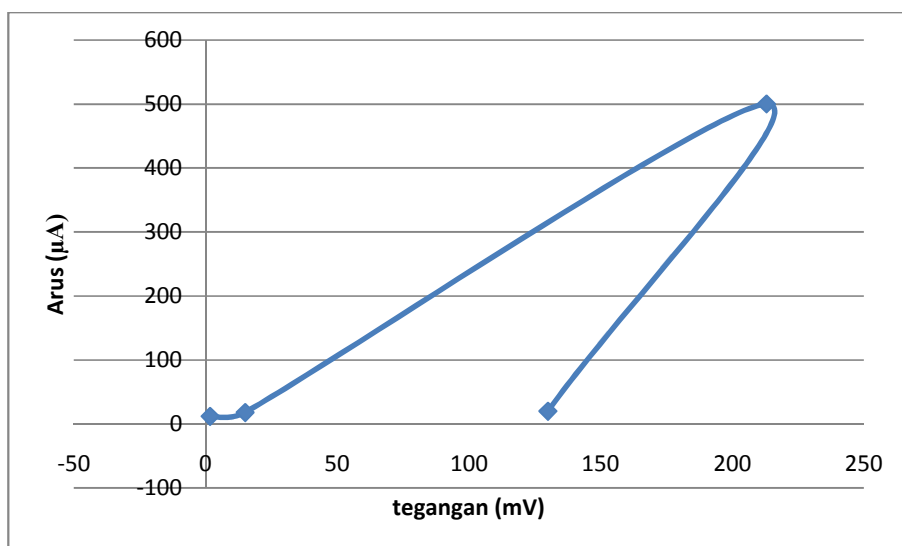
Berdasarkan Grafik 26. terlihat bahwa hubungan ketebalan-arus yang dihasilkan bervariasi tapi masih dalam rentang μA begitu juga dengan ketebalan yang dihasilkanpun bervariasi dalam satuan μm . Arus yang tertinggi dihasilkan dari sampel 2 dengan arus $500 \mu\text{A}$ pada ketebalan $66.1 \mu\text{m}$.

Hasil hubungan ketebalan-tegangan sel surya dapat dilihat pada Gambar 27. Berdasarkan data yang diperoleh ketebalan sel surya dengan satuan μm dan tegangan yang didapatkan pada penelitian dalam satuan mV . Grafik hasil hubungan tegangan-ketebalan sel surya ini ditunjukkan pada Gambar 27.



Gambar 27. Grafik hubungan ketebalan dan tegangan

Dari grafik hubungan ketebalan-tegangan dapat terlihat bahwa pada ketebalan sampel 2 menunjukkan tegangan maksimum yaitu 213 mV pada ketebalan 66.1 μm . Jadi dari keempat sampel yang menghasilkan sifat listrik yang baik yaitu pada sampel 2 pada ketebalan 66.1 μm .



Gambar 28. Grafik hubungan arus dan tegangan

Dari grafik 28. Terlihat bahwa sel surya untuk arus dan tegangan tertinggi di hasilkan dari sampel 2 dengan arus sebesar 500 μA dan tegangan sebesar 213 mV. Tegangan sel surya 130 mV, 213 mV, 15 mV dan 1.7 mV untuk setiap sampel sel surya. Nilai tegangan ini cukup signifikan untuk prototipe sel surya skala laboratorium, jika dibandingkan dengan hasil-hasil peneliti terdahulu seperti Wang *et.al.* [9] memperoleh nilai tegangan sebesar 540 mV. Sedangkan arus sel surya 20 μA , 500 μA , 18 μA , dan 12 μA .

C. Pembahasan

Pada bagian ini dilakukan pembahasan mengenai penelitian yang dilakukan yang terdiri dari beberapa tahapan yaitu:

Ketika cahaya polikromatis mengenai suatu zat, maka cahaya dengan panjang gelombang tertentu saja yang akan diserap. Didalam suatu molekul yang memegang peranan penting adalah elektron valensi dari setiap atom yang ada sehingga terbentuk suatu molekul dapat berpindah, berputar (rotasi) dan bergetar (vibrasi) jika dikenai suatu energi.

Pada saat zat menyerap cahaya tampak dan UV maka akan terjadi perpindahan elektron dari keadaan dasar menuju keadaan tereksitasi. Perpindahan elektron ini disebut transisi elektronik. Apabila cahaya yang diserap adalah cahaya inframerah maka elektron yang ada dalam atom atau elektron ikatan pada suatu molekul dapat bergetar (vibrasi). Padahal gerakan berputar energi hanya terjadi pada gelombang energi yang rendah pada gelombang radio.

Pada penelitian ini sebelum membuat sel surya berbahan organik, hal pertama yang dilakukan adalah membuat larutan dye dari ekstrak kulit manggis yang dapat menyerap dan meneruskan spektrum cahaya tampak. Kedua membuat lapisan semikonduktor TiO_2 dibuat dengan metoda spin coating dengan variasi waktu dan kecepatan yang sama yaitu 1500 rpm. Elektroda pembanding terdiri dari kaca konduktif transparan dan lapisan karbon. Larutan elektrolit yang digunakan larutan garam Kalium Iodida (KI). Kaca transparan disini digunakan agar bisa menembus atau menyerap cahaya sehingga foton dari sumber diserap oleh dye.

Karakterisasi zat warna dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui panjang gelombang yang dapat ditangkap larutan dye. Spektrum absorpsi yang terukur pada panjang gelombang 338.17 nm menandakan pigmen antocyanin yang ada pada kulit manggis dapat mengabsorpsi cahaya dengan panjang gelombang 338.17 nm yang masih dalam spektrum cahaya tampak.

Ketebalan lapisan TiO_2 akan meningkatkan jumlah dye yang dapat terserap. Besarnya kontak antara dye dengan cahaya yang datang akan meningkatkan arus foton yang dihasilkan sehingga performa sel juga meningkat, disebabkan karna pengaruh gaya sentripetal pada saat penumbuhan lapisan tipis dimana kita memakai variasi waktu dan kecepatan pada sampel.

Ketebalan pada masing-masing sampel dengan variasi waktu penempelan lapisan tipis pada pemakaian alat spin coating dan kecepatan tertentu. Dengan tabel 2. Tersebut kita dapat menarik kesimpulan bahwa semakin lama variasi

waktu yang dipakai membuat lapisan tipis akan semakin menipis. Hal ini dapat terlihat pada grafik 25. hubungan waktu dan ketebalan lapisan tipis. Hubungan ketebalan dan variasi waktu berbanding terbalik, dimana semakin lama waktu yang divariasikan maka semakin tipis lapisan tipis yang diperoleh. Hubungan ini sesuai dengan prinsip gaya sentripetal pada penumbuhan lapisan tipis, dimana gaya sentri petal yaitu benda bergerak melingkar maka benda akan mengalami gaya yang arahnya menuju ke pusat lingkaran. Reaksi dari gaya ini akan menyebabkan gel yang dideposisikan pada substrat akan tersebar ke seluruh permukaan substrat dan membentuk lapisan tipis. Semakin lama variasi waktunya semakin tipis penumbuhan lapisan tipis tersebut.

Arus keluaran sel surya (disebut juga arus foto) masih sangat rendah yaitu dalam orde mikroAmper (μA). Arus untuk masing-masing sampel sebesar $20 \mu\text{A}$, $500 \mu\text{A}$, $18 \mu\text{A}$ dan $12 \mu\text{A}$. Kecilnya arus keluaran yang dihasilkan disebabkan oleh resistansi lapisan elektroda semikonduktor TiO_2 dan elektrolit polimer yang sangat besar, dari hasil pengukuran diketahui nilai resistansi lapisan TiO_2 dalam orde megaOhm ($\text{M}\Omega$). Dengan nilai resistansi yang sangat besar ini mengakibatkan elektron yang diinjeksi dari *dye* mengalami hambatan yang sangat besar di dalam lapisan TiO_2 sehingga jumlah elektron yang mengalir ke rangkaian luar menjadi kecil, akibatnya arus yang dihasilkan juga kecil. Penyebab lainnya dapat diakibatkan oleh belum optimalnya fungsi *dye* dalam pembangkitan dan injeksi elektron ke lapisan elektroda TiO_2 . Nilai arus yang didapat jika dibandingkan dengan (maddu, 2007) kol merah sebagai *dye*nya dimana I_{SC} sebesar $5.6 \mu\text{A}$, dan $7.2 \mu\text{A}$ sedangkan I_{maks} didapatkannya

3.7 μA dan 5 μA . Dapat disimpulkan dari keempat sampel yang dibuat sampel yang menghasilkan arus yang bagus terdapat pada sampel 1, 2 dan 3. Sedangkan sampel 4 memiliki arus yang jauh lebih kecil dari yang didapatkan oleh maddu,2007.

Tegangan yang didapatkan 130 mV, 213 mV, 15 mV dan 1.7 mV. Tegangan yang didapatkan jika dibandingkan dengan (maddu,2007) kol merah sebagai dye-sensitizer jauh kecil, dimana 500 mV dan 510 mV dan V_{max} 362 mV dan 358 mV.

Hasil dari arus dan tegangan untuk masing-masing sel masih sangat rendah dibandingkan dengan hasil-hasil yang diperoleh oleh peneliti-peneliti terdahulu. Untuk sistem sel surya tersensitisasi *dye* alami telah dicapai oleh Zhang, *et.al.*. Rendahnya nilai konversi terutama akibat rendahnya arus yang dihasilkan, salah satunya akibat resistansi sistem sel surya yang terdiri dari lapisan elektroda semikonduktor TiO_2 dan elektrolit polimer yang sangat besar. Untuk mengurangi resistansi sel surya dapat dilakukan dengan mengurangi ketebalan atau modifikasi lapisan elektroda TiO_2 .

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Grafik UV-Vis terdapat puncak pada panjang gelombang 338.17 nm menandakan bahwa pigmen antocyanin yang ada pada kulit manggis dapat mengabsorpsi cahaya dengan panjang gelombang 338.17 nm yang masih dalam spektrum cahaya tampak.
2. Ketebalan lapisan TiO₂ akan meningkatkan jumlah dye yang dapat terserap. Besarnya kontak antara dye dengan cahaya yang datang akan meningkatkan arus foton yang dihasilkan sehingga performa sel juga meningkat. Ketebalan sel surya dengan bentuk karakterisasi SEM berkisaran (a) 67.8 μm (b) 66.1 μm (c) 63.0 μm dan (d) 59.6 μm .
3. Berdasarkan pengukuran nilai arus terbesar diperoleh 500 μA dan tegangan yang didapat 213 mV untuk sampel dengan ketebalan 66.1 μm .

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pengalaman peneliti, maka peneliti menyarankan untuk:

1. Dalam pembuatan sel surya tersensitasi sebaiknya menggunakan dye yang mengandung getah alami, karna beberapa percobaan membuat dengan dye yang tidak mengandung getah menyebabkan lapisan tipis menjadi rontok. Sehingga mempersulit dalam pengambilan data.

2. Meneliti lebih lanjut sebaiknya dapat mengetahui penyebab kerontokan lapisan tipis yang dipengaruhi oleh dye yang tidak mengandung getah.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhilus, syamsir.2009.pengaruh hubungan seri-paralel pada rangkaian sel surya berwarna tersensitisasi (sspt) terhadap efisiensi konversi energy listrik.surabaya:ITB
- Eka Wulandari, Henni.2012. studi awal fabrikasi dye sensitized solar cell (DSSC) menggunakan ekstraksi bunga sepatu (*hibiscus rosa sinensis l*) sebagai dye sensitizer dengan variasi lama absorpsi dye. Institut Teknologi Sepuluh Nopember:surabaya
- Grätzel, M., dan R., Durrant, 2006, *Dye-Sensitized Mesoscopic Solar Cells*, chapter 8, 503-536.
- Hao, Sancun dkk. 2006. *Natural dyes as photosensitizers for dye-sensitized solar cell*. Journal of Solar Energy Vol 80, 209–214
- Hasbullah M.T.2009.Dasar konversi energi. Elecktrikal engineering dept energy conversion system. FPTK UPI
- Hilman, Catur dan Sa'diyah, Aminatus.2013. Analisis Pemanfaatan *Anthocyanin* Tumbuhan Tropis sebagai *Sensitizer* pada *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC).ITB
- Huang dkk, “*Preparation of a Novel Polymer Gel Electrolyte Gel based on N-methyl-quinoline Iodide and Its Application in Quasi-Solid-State Dye-Sensitized Solar Cell*”, J. Sol-Gel Sci, 2007.
- Jung,Hung Suk dkk.2005. *Natural dyes as photosensitizes for dye-sensitizer solar cell*. Journal of solar Energy. Vol 80,209-214.
- Maddu, Akhiruddin., Mahfuddin Zuhri, dan Irmansyah. 2007. *Penggunaan Ekstrak Antosianin Kol Merah Sebagai Fotosensitizer Pada Sel Surya TiO₂ Nanokristal Tersensitisasi Dye*. Bogor: Institut Pertanian Bogor. Jurnal Makara, Teknologi, Vol. 11, No. 2, 78-84
- Ningsih, Rachmawati. Karakterisasi Ekstrak Teh Hitam dan Tinta Cumi-cumi Sebagai Fotosensitizer Pada Sel Surya Berbasis Pewarna Tersensitasi. UIN MALIKI: Malang
- Pancaningtyas, lidia & akhlu, syafsir. Peranan elektrolit pada performa sel surya tersensitizer. Surabaya: ITS keputih_sukolilo.
- Kuswanti,nur.2008. Contextual Teaching and Learning Ilmu Pengetahuan Alam.Jakarta: Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional.
- Rahmadhani, kholid. 2009. Pengaruh hubungan seri_paralel pada rangkaian sel surya berwarna tersensitizer (SSPT) terhadap efisiensi konversi energy listrik. surabaya: ITS-november.

- Ramdhani, Husein Slamet.2012.Pembuatan Sel Surya TiO₂ Tersensitisasi Dye Padat Dengan Elektrolit Polimer. Bogor: IPB
- Septina wilman.2007. Pembuatan prototype solar cell Murah dengan bahan organic ionganik(dye sensitized solar cell).ITB
- Smestad, G.P., dan Gratzel, M., 1998, “*Demonstrating electron Transfer and Nanotechnology : A Natural Dye-Sensitized Nanocrystalline energy Converter*”, J.Chem. Educ., 75, 752-756.
- Suhandi, Andi & Rusdiana, dadi.2010.PEMBUATAN SEL SURYA TIO₂ NANOKRISTAL BERBAHAN DASAR EOSIN Y SEBAGAI MATERIAL DYE. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Sukma Widya Kumara, sukma. 2012. Studi awal fabrikasi dye sensitized solar cell (DSSC) dengan menggunakan ekstraksi daun bayam (*amaranthus hybridus l.*) sebagai dye sensitizer dengan variasi jarak sumber cahaya pada DSSC.Institut Teknologi Sepuluh Nopember:surabaya
- Sulisyanto, heri. Wiyono, edy.2008.ilmu pengetahuan alam. Jakarta: pendidikan nasional
- Sunarti, titin.2004. *usaha energy dan daya*. Jakarta: departement pendidikan nasional
- Wang Song, dkk, “*TiO₂ films prepared by micro-plasma oxidation method for dye-sensitized solar cell*”, *Eletochimia Acta* 53, 2007.
- WWW3.petra.ac.id/library/cari_bahan.php
- Zamrani R.A.2013.Pembuatan Dan Karakterisasi Prototipe Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Menggunakan Ekstraksi Kulit Buah Manggis Sebagai Dye Sensitizer Dengan Metode Doctor Blade. Institut Teknologi Sepuluh Nopember:Surabaya

LAMPIRAN I

Dokumentasi penelitian

1. Pembuatan pasta TiO₂



Gambar 29. Proses penimbangan TiO₂



Gambar 30. Bahan pasta



Gambar 31. Campuran TiO_2 dan aquades



Gambar 32. Penggerusan TiO_2



Gambar 33. Melarutkan PVA



Gambar 34. Percampuran PVA dan TiO_2

2. Preparasi kaca ITO

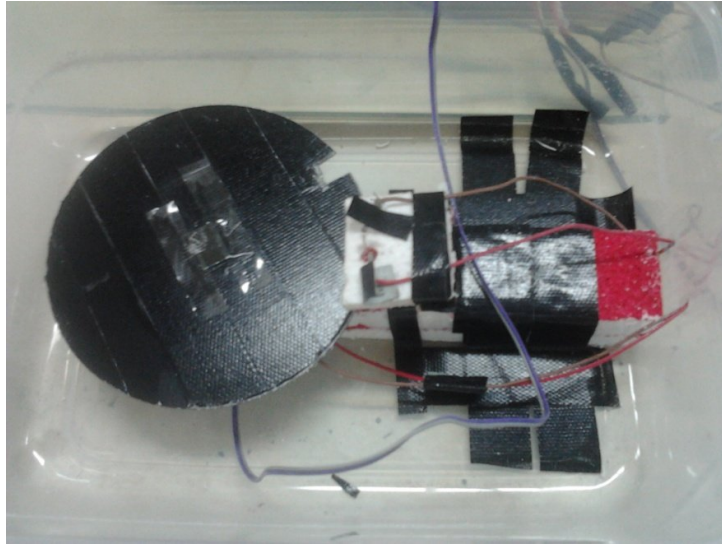


Gambar 35. Tempat kaca



Gambar 36. senitifikasi kaca

3. Proses pelapisan pasta



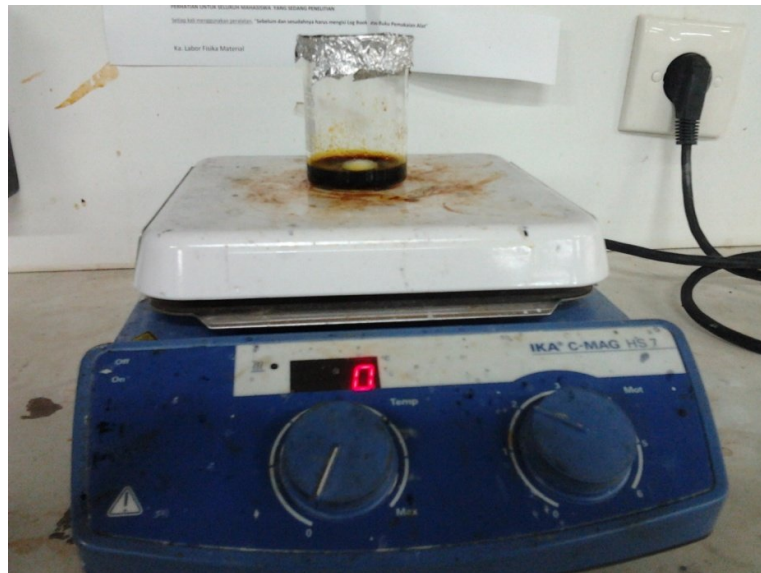
Gambar 37. Spin coating



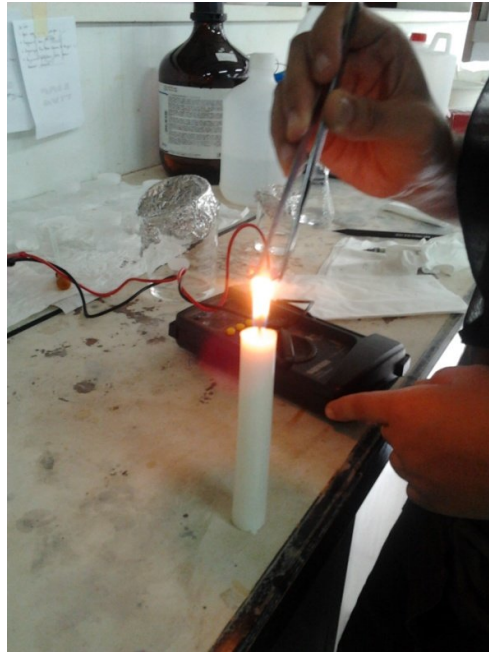
Gambar 38. Penyaringan dye



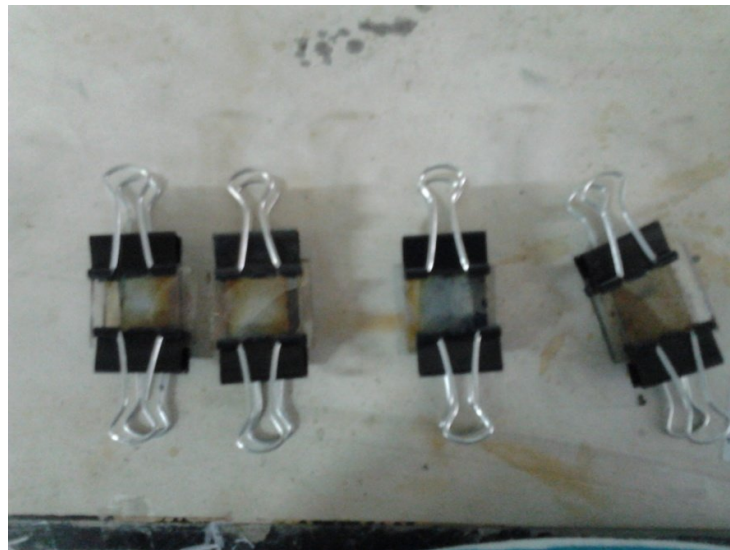
Gambar 39. Bahan larutan elektrolit



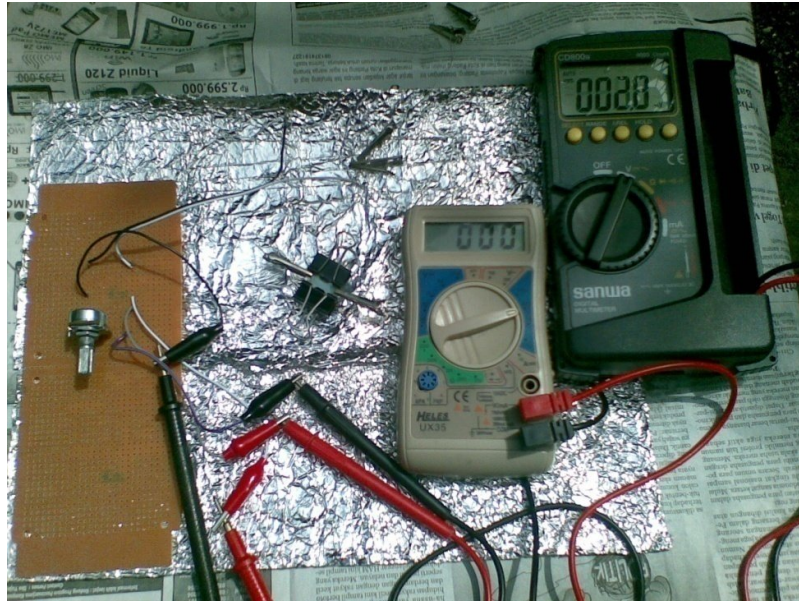
Gambar 40. Larutan elektrolit



Gambar 41. Pembuatan elektroda pembanding



Gambar 42. Sampel sel surya



Gambar 43. Pengukuran

LAMPIRAN II

DATA BASE, data tambahan

Name and formula

Reference code:	01-075-2545
Mineral name:	Anatase, syn
Compound name:	Titanium Oxide
PDF index name:	Titanium Oxide
Empirical formula:	O ₂ Ti
Chemical formula:	TiO ₂

Crystallographic parameters

Crystal system:	Tetragonal
Space group:	I41/amd
Space group number:	141
a (Å):	3.7990
b (Å):	3.7990
c (Å):	9.5090
Alpha (°):	90.0000
Beta (°):	90.0000
Gamma (°):	90.0000
Volume of cell (10 ⁶ pm ³):	137.24
Z:	4.00
RIR:	5.01

Subfiles and quality

Subfiles:	Alloy, metal or intermetallic Common Phase Excipient Forensic ICSD Pattern Inorganic Mineral Pharmaceutical
Quality:	Star (S)

Comments

ANX: AX2
ICSD collection code: 154602
Creation Date: 11/20/2008
Modification Date: 1/19/2011
ANX: AX2
Analysis: O2 Ti1
Formula from original source: Ti O2
ICSD Collection Code: 154602
Calculated Pattern Original Remarks: As prepared Fe doped sample
Wyckoff Sequence: e b(141/AMDZ)
Unit Cell Data Source: Powder Diffraction.

References

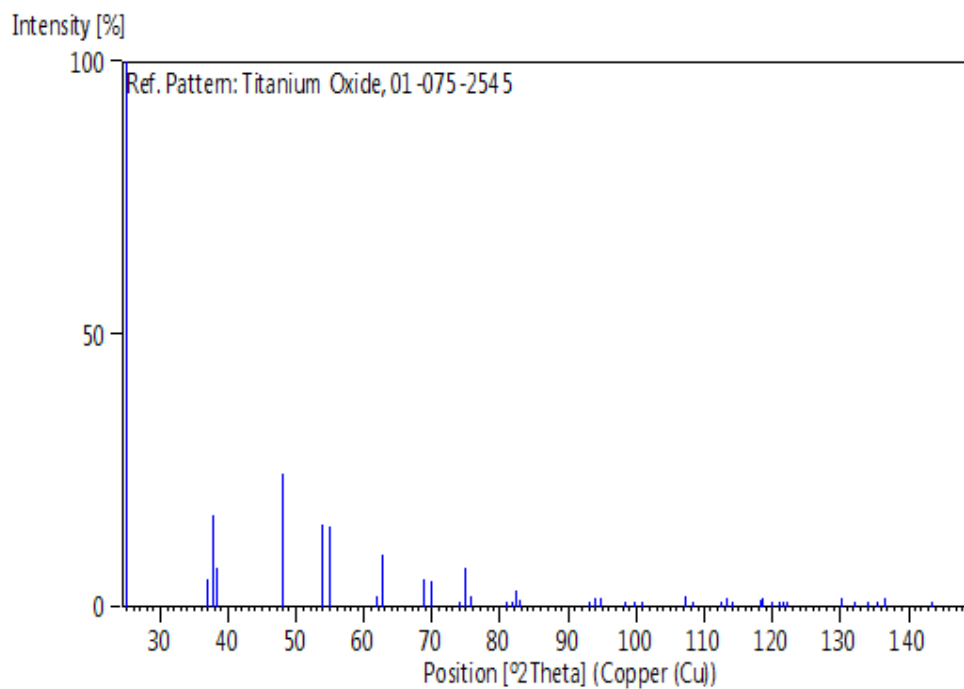
Primary reference: *Calculated from ICSD using POWD-12++*
Structure: Djerdj, I., Tonejc, A.M., *J. Alloys Compds.*, **413**, 159, (2006)

Peak list

No.	h	k	l	d [Å]	2Theta[deg]	I [%]
1	1	0	1	3.52790	25.224	100.0
2	1	0	3	2.43380	36.903	5.2
3	0	0	4	2.37720	37.814	16.9
4	1	1	2	2.33880	38.459	7.3
5	2	0	0	1.89950	47.848	24.5
6	1	0	5	1.70060	53.867	15.0
7	2	1	1	1.67250	54.848	14.8
8	2	1	3	1.49740	61.918	2.1
9	2	0	4	1.48400	62.540	9.7
10	1	1	6	1.36500	68.710	5.0
11	2	2	0	1.34320	69.987	4.8
12	1	0	7	1.27910	74.058	0.4
13	2	1	5	1.26700	74.886	7.1
14	3	0	1	1.25520	75.713	1.9
15	0	0	8	1.18860	80.793	0.2
16	3	0	3	1.17600	81.842	0.4
17	2	2	4	1.16940	82.404	3.1
18	3	1	2	1.16470	82.809	1.3
19	2	1	7	1.06100	93.106	0.4
20	3	0	5	1.05400	93.913	1.5
21	3	2	1	1.04720	94.713	1.7
22	1	0	9	1.01790	98.358	0.9
23	2	0	8	1.00760	99.723	0.5
24	3	2	3	0.99990	100.776	0.4
25	3	1	6	0.95740	107.138	2.1
26	4	0	0	0.94980	108.390	1.0
27	3	0	7	0.92630	112.524	0.1
28	3	2	5	0.92170	113.386	1.8
29	4	1	1	0.91710	114.266	1.1
30	2	1	9	0.89720	118.311	1.4
31	1	1	10	0.89640	118.482	1.8

32	2	2	8	0.89010	119.859	0.4
33	4	1	3	0.88480	121.055	0.3
34	4	0	4	0.88200	121.702	1.1
35	3	3	2	0.88000	122.171	0.3
36	4	2	0	0.84950	130.125	1.5
37	1	0	11	0.84290	132.091	0.3
38	4	2	2	0.83620	134.202	0.1
39	3	2	7	0.83260	135.389	0.2
40	4	1	5	0.82920	136.549	1.5
41	3	0	9	0.81130	143.414	0.5
42	4	2	4	0.79990	148.729	1.8

Stick Pattern



Name and formula

Reference code: 01-088-0773

Compound name: Indium Tin Oxide

PDF index name: Indium Tin Oxide

Empirical formula: $\text{In}_4\text{O}_{12}\text{Sn}_3$

Chemical formula: $\text{In}_4\text{Sn}_3\text{O}_{12}$

Crystallographic parameters

Crystal system: Rhombohedral
Space group: R-3
Space group number: 148

a (Å): 9.4604
b (Å): 9.4604
c (Å): 8.8584
Alpha (°): 90.0000
Beta (°): 90.0000
Gamma (°): 120.0000

Volume of cell (10⁶ pm³): 686.60
Z: 3.00

RIR: 10.01

Status, subfiles and quality

Status: Alternate Pattern
Subfiles: ICSD Pattern
Inorganic
Quality: Star (S)

Comments

ANX: AB6X12
ICSD collection code: 85084
Creation Date: 11/20/2008
Modification Date: 1/19/2011
ANX: AB6X12
Analysis: In4 O12 Sn3
Formula from original source: In4 Sn3 O12
ICSD Collection Code: 85084
Calculated Pattern Original Remarks: Cell of In_{3.85} Zr_{2.80} Sn_{.035} O₁₂: 9.5149(2), 8.8951(2) (3rd ref., Koster). Wyckoff Sequence: f3 a(R3-H). Unit Cell Data Source: Powder Diffraction.

References

Primary reference: *Calculated from ICSD using POWD-12++*
Structure: Nadaud, N., Nanot, M., Jove, J., Roisnel, T., *Key Eng. Mater.*, **132**, 1373, (1997)

Peak list

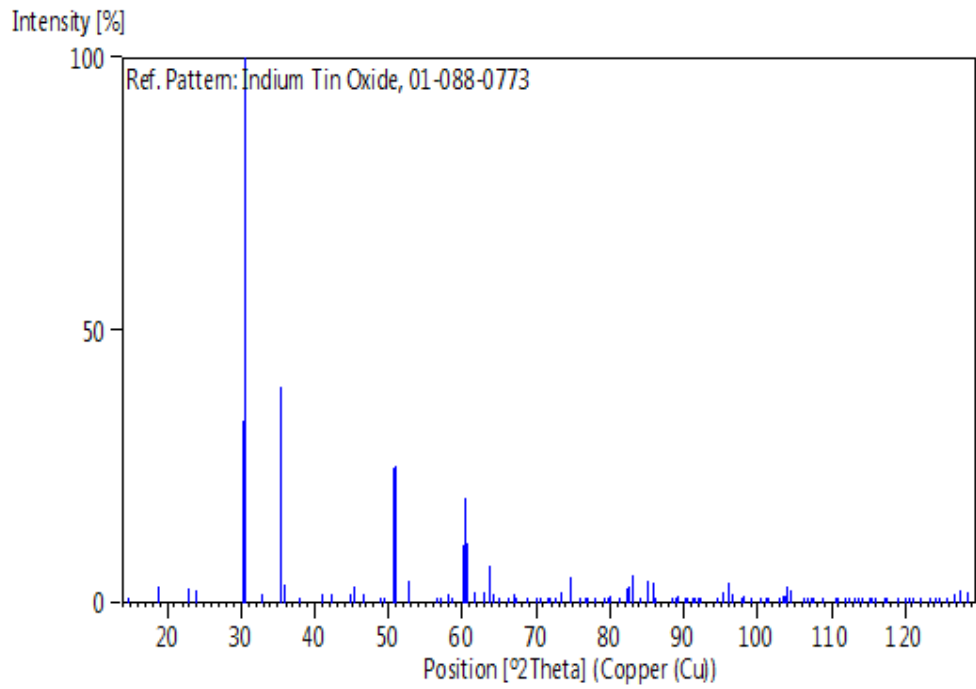
No.	h	k	l	d [Å]	2Theta[deg]	I [%]
1	1	0	1	6.01480	14.716	0.1
2	1	1	0	4.73020	18.744	2.9

3	0	1	2	3.89630	22.805	2.8
4	0	2	1	3.71820	23.913	2.5
5	0	0	3	2.95280	30.244	33.5
6	1	2	-1	2.92320	30.557	100.0
7	3	0	0	2.73100	32.766	1.5
8	2	1	-2	2.53790	35.338	39.5
9	1	1	-3	2.50480	35.821	3.4
10	2	2	0	2.36510	38.015	0.7
11	3	1	-1	2.20100	40.972	1.6
12	1	0	4	2.13790	42.238	1.8
13	1	3	-2	2.02180	44.791	1.7
14	3	0	3	2.00490	45.189	3.1
15	4	0	1	1.99560	45.412	2.0
16	0	2	4	1.94810	46.583	1.8
17	0	4	2	1.85910	48.956	0.2
18	2	2	-3	1.84600	49.326	0.3
19	2	3	-1	1.83870	49.535	1.0
20	1	2	-4	1.80140	50.632	24.8
21	1	4	0	1.78780	51.045	25.0
22	3	2	-2	1.73020	52.873	4.2
23	2	0	5	1.62610	56.551	0.3
24	0	5	1	1.61130	57.118	0.3
25	3	1	-4	1.58600	58.115	1.5
26	3	3	0	1.57670	58.491	0.7
27	5	0	2	1.53780	60.121	10.6
28	2	1	-5	1.53780	60.121	10.6
29	1	4	-3	1.52940	60.485	19.1
30	4	2	-1	1.52520	60.669	10.9
31	4	0	4	1.50370	61.630	2.1
32	0	0	6	1.47640	62.898	2.1
33	2	4	-2	1.46160	63.609	7.0
34	1	5	-1	1.45160	64.100	1.8
35	2	3	-4	1.43300	65.033	0.3
36	1	1	-6	1.40940	66.261	0.8
37	5	1	-2	1.39640	66.958	1.6
38	1	3	-5	1.39640	66.958	1.6
39	3	3	-3	1.39090	67.258	0.6
40	6	0	0	1.36550	68.682	0.1
41	0	4	5	1.34000	70.178	0.2
42	4	3	1	1.33160	70.687	0.1
43	0	5	4	1.31720	71.578	0.7
44	2	5	0	1.31190	71.912	0.5
45	3	0	6	1.29880	72.753	0.7
46	3	2	-5	1.28920	73.382	2.0
47	3	4	2	1.28920	73.382	2.0
48	4	2	-4	1.26900	74.748	4.8
49	2	2	-6	1.25240	75.912	0.1
50	1	0	7	1.25060	76.041	0.1
51	0	6	3	1.23940	76.853	0.6
52	6	1	-1	1.23720	77.015	0.5
53	1	5	-4	1.22560	77.880	0.8
54	0	2	7	1.20910	79.150	0.5
55	1	6	-2	1.20250	79.670	0.6
56	2	5	-3	1.19890	79.958	1.3
57	4	4	0	1.18260	81.289	0.6
58	1	2	-7	1.17140	82.233	2.6

59	2	4	-5	1.16580	82.714	3.0
60	7	0	1	1.16030	83.193	5.1
61	3	4	-4	1.15080	84.035	0.2
62	4	1	-6	1.13840	85.165	4.1
63	3	5	-2	1.13160	85.799	3.7
64	2	6	-1	1.12690	86.244	0.1
65	3	1	-7	1.10560	88.330	0.6
66	6	2	-2	1.10050	88.847	0.1
67	0	1	8	1.09780	89.123	1.3
68	4	4	3	1.09780	89.123	1.3
69	6	1	-4	1.08820	90.123	0.3
70	1	7	0	1.08520	90.441	0.8
71	3	3	-6	1.07770	91.248	0.3
72	4	0	7	1.07660	91.367	0.6
73	4	3	-5	1.07220	91.850	0.2
74	2	0	8	1.06890	92.216	0.2
75	2	3	-7	1.04970	94.417	0.2
76	4	5	-1	1.04260	95.263	1.9
77	2	1	-8	1.04260	95.263	1.9
78	5	3	-4	1.03480	96.214	3.7
79	6	3	0	1.03220	96.537	1.7
80	4	5	2	1.02100	97.956	1.1
81	6	1	5	1.02100	97.956	1.1
82	1	7	-3	1.01860	98.267	1.4
83	2	6	-4	1.01090	99.281	0.1
84	0	6	6	1.00250	100.417	0.6
85	8	0	2	0.99780	101.067	0.1
86	7	2	-1	0.99460	101.516	0.9
87	0	0	9	0.98430	102.996	0.4
88	2	5	-6	0.98070	103.526	1.2
89	4	2	-7	0.97980	103.660	1.4
90	7	2	2	0.97660	104.139	2.9
91	0	7	5	0.97660	104.139	2.9
92	0	4	8	0.97440	104.472	2.4
93	6	3	-3	0.97440	104.472	2.4
94	1	1	-9	0.96360	106.145	0.7
95	1	5	-7	0.95950	106.799	0.4
96	6	2	-5	0.95640	107.301	0.3
97	1	8	-1	0.95410	107.677	1.0
98	3	2	-8	0.95410	107.677	1.0
99	4	5	-4	0.94800	108.692	0.6
100	8	1	-2	0.93720	110.554	0.4
101	4	6	1	0.93460	111.016	0.1
102	0	8	4	0.92950	111.936	0.1
103	3	0	9	0.92600	112.580	0.3
104	4	4	6	0.92300	113.140	0.6
105	3	4	-7	0.92300	113.140	0.6
106	4	6	-2	0.91930	113.842	0.4
107	3	7	-1	0.91680	114.324	0.5
108	7	2	-4	0.91210	115.244	0.6
109	9	0	0	0.91030	115.602	0.1
110	2	2	-9	0.90870	115.924	0.1
111	7	3	-2	0.90240	117.214	0.8
112	2	4	-8	0.90070	117.569	1.1
113	2	8	0	0.89390	119.023	1.0
114	6	1	-7	0.88910	120.082	0.4

115	8	0	5	0.88660	120.645	0.1
116	5	1	-8	0.88480	121.055	0.1
117	1	8	-4	0.88000	122.171	0.5
118	1	7	-6	0.87440	123.514	0.8
119	2	7	-5	0.87150	124.228	0.6
120	0	9	3	0.86990	124.627	0.2
121	0	2	10	0.86580	125.670	0.3
122	1	4	9	0.86220	126.610	1.6
123	3	5	7	0.85930	127.385	2.2
124	2	8	3	0.85560	128.396	2.0
125	3	4	8	0.85560	128.396	2.0

Stick Pattern

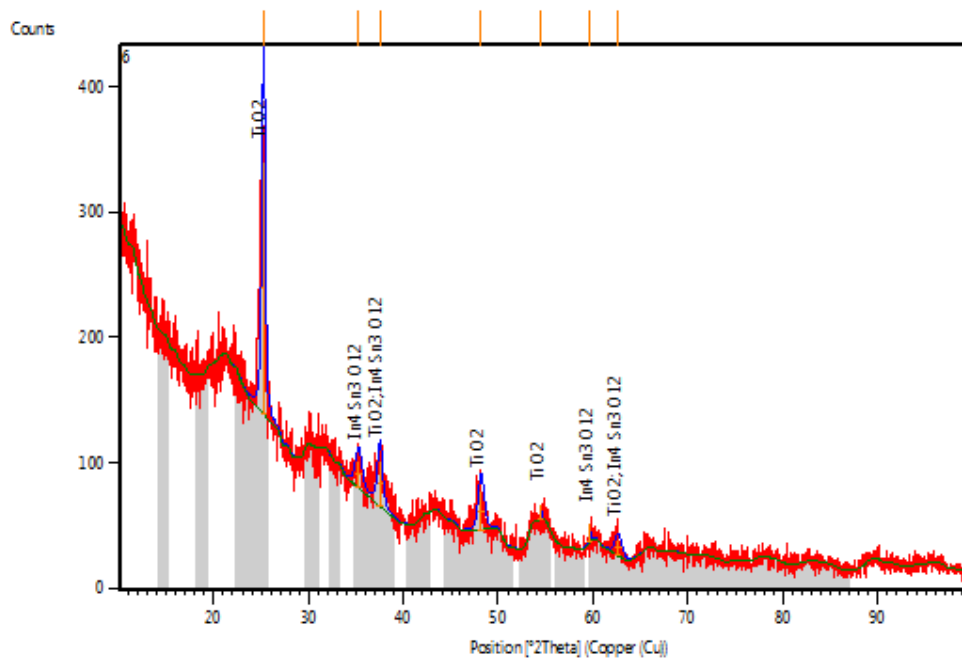


1. DATA OLAHAN

Anchor Scan Parameters

Dataset Name:	6
File name:	C:\XRD data\Data Hasil Pengukuran XRD\6.Juni\28-06-2013\DESI SUSANTI\6\6.xrdml
Sample Identification:	6
Comment:	Thin Film slit 1 derajat SAMPEL 6 Configuration=Reflection-Transmission Spinner, Owner=User-1, Creation date=9/5/2012 12:30:22 PM Goniometer=PW3050/60 (Theta/Theta); Minimum step size 2Theta:0.001; Minimum step size Omega:0.001 Sample stage=Reflection-Transmission Spinner PW3064/60; Minimum step size Phi:0.1 Diffractometer system=XPERT-PRO Measurement program=C:\PANalytical\Data Collector\Programs\program 2 spinner.xrdmp, Identifier={2F0C9188- 2535-4307-812F-2E500C18D104} Thin Film
Measurement Date / Time:	6/28/2013 5:21:45 PM
Operator:	User
Raw Data Origin:	XRD measurement (*.XRDML)
Scan Axis:	2Theta only
Start Position [$^{\circ}$ 2Th.]:	10.0131
End Position [$^{\circ}$ 2Th.]:	99.9731
Step Size [$^{\circ}$ 2Th.]:	0.0260
Scan Step Time [s]:	7.1400
Scan Type:	Continuous
PSD Mode:	Scanning
PSD Length [$^{\circ}$ 2Th.]:	3.35
Offset [$^{\circ}$ 2Th.]:	0.0000
Divergence Slit Type:	Fixed
Divergence Slit Size [$^{\circ}$]:	0.9570
Specimen Length [mm]:	10.00
Measurement Temperature [$^{\circ}$ C]:	25.00
Anode Material:	Cu
K-Alpha1 [\AA]:	1.54060
K-Alpha2 [\AA]:	1.54443
K-Beta [\AA]:	1.39225
K-A2 / K-A1 Ratio:	0.50000
Generator Settings:	30 mA, 40 kV
Diffractometer Type:	0000000011130968
Diffractometer Number:	0
Goniometer Radius [mm]:	240.00
Dist. Focus-Diverg. Slit [mm]:	91.00
Incident Beam Monochromator:	No
Spinning:	Yes

Graphics



Peak List

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHMLeft [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
25.2344	201.13	0.4093	3.52935	100.00
35.2582	21.99	0.8187	2.54557	10.93
37.5000	35.52	0.6140	2.39839	17.66
48.1539	30.81	0.7164	1.88972	15.32
54.4870	11.95	0.0900	1.68271	5.94
59.5951	15.20	0.0900	1.55010	7.56
62.6003	12.79	0.8187	1.48394	6.36

Pattern List

Visible	Ref.Code	Score	Compound Name	Displ. [°2Th]
Scale	Fac.	Chem.	Formula	
0.827	01-075-2545	42	Titanium Oxide	0.000
0.132	01-088-0773	1	Indium Tin Oxide	0.000
	In4 Sn3 O12			

Document History

Insert Measurement:

- File name = "6.xrdml"
- Modification time = "7/17/2013 2:01:29 PM"
- Modification editor = "User"

Default properties:

- Measurement step axis = "None"
- Internal wavelengths used from anode material: Copper (Cu)
- Original K-Alpha1 wavelength = "1.54060"
- Used K-Alpha1 wavelength = "1.54060"
- Original K-Alpha2 wavelength = "1.54443"
- Used K-Alpha2 wavelength = "1.54443"
- Original K-Beta wavelength = "1.39225"
- Used K-Beta wavelength = "1.39225"
- Dist. focus to div. slit = "91.00000"
- Irradiated length = "10.00000"
- Receiving slit size = "0.10000"
- Step axis value = "0.00000"
- Offset = "0.00000"
- Sample length = "10.00000"
- Modification time = "7/17/2013 2:01:29 PM"
- Modification editor = "User"

Interpolate Step Size:

- Derived = "Yes"
- Step Size = "0.01"
- Modification time = "7/17/2013 2:01:29 PM"
- Modification editor = "PANalytical"

Search Peaks:

- Minimum significance = "2"
- Minimum tip width = "0.01"
- Maximum tip width = "1"
- Peak base width = "2"
- Method = "Minimum 2nd derivative"
- Modification time = "2/20/2001 11:55:18 AM"
- Modification editor = "PANalytical"

Search & Match:

- Allow pattern shift = "No"
- Auto residue = "Yes"
- Data source = "Profile and peak list"
- Demote unmatched strong = "Yes"
- Multi phase = "Yes"
- Restriction set = "Default"
- Restriction = "None"
- Subset name = ""
- Match intensity = "Yes"
- Two theta shift = "0"
- Identify = "No"
- Max. no. of accepted patterns = "5"
- Minimum score = "50"
- Min. new lines / total lines = "60"
- Search depth = "10"
- Minimum new lines = "5"
- Minimum scale factor = "0.1"
- Intensity threshold = "0"
- Use line clustering = "Yes"
- Line cluster range = "1.5"
- Search sensitivity = "1.8"
- Use adaptive smoothing = "Yes"
- Smoothing range = "1.5"

- Threshold factor = "3"
 - Modification time = "1/23/2013 10:37:19 AM"
 - Modification editor = "User"

Insert Peak:
 - Peak position [$^{\circ}2\theta$.] = "54.4870"
 - Modification time = "7/17/2013 2:08:23 PM"
 - Modification editor = "User"

Insert Peak:
 - Peak position [$^{\circ}2\theta$.] = "20.5074"
 - Modification time = "7/17/2013 2:08:27 PM"
 - Modification editor = "User"

Delete Peak(s):
 - Start position = "20.5074"
 - End position = "20.5074"
 - Modification time = "7/17/2013 2:08:30 PM"
 - Modification editor = "User"

Insert Peak:
 - Peak position [$^{\circ}2\theta$.] = "59.5951"
 - Modification time = "7/17/2013 2:08:39 PM"
 - Modification editor = "User"

Insert Peak:
 - Peak position [$^{\circ}2\theta$.] = "30.2793"
 - Modification time = "7/17/2013 2:09:10 PM"
 - Modification editor = "User"

Delete Peak(s):
 - Start position = "30.2793"
 - End position = "30.2793"
 - Modification time = "7/17/2013 2:09:18 PM"
 - Modification editor = "User"

2. NILAI (hkl)

no	Pos. [$^{\circ}2\theta$.]	FWHM	Backgr.[cts]	d-spacing [\AA]	Height [cts]	Rel. Int. [%]	hkl
1	25.2344	0.4093	138.97	3.52935	201.13	100	(101)
2	35.2582	0.8187	80.05	2.54557	21.99	10.93	(002)
3	37.5	0.614	65.64	2.39839	35.52	17.66	(004)
4	48.1539	0.7164	46.89	1.88972	30.81	15.32	(220)
5	54.487	0.09	55.05	1.68271	11.95	5.94	(105)
6	59.5951	0.09	36.8	1.5501	15.2	7.56	(012)
7	62.6003	0.8187	26.11	1.48394	12.79	6.36	(105)

Tabel 4. Data olahan XRD (hkl)