

**STUDI SIFAT LISTRIK PADA *DYE-SENSITIZED SOLAR CELL* (DSSC) DENGAN *DYE* EKSTRAKSI KULIT BUAH RAMBUTAN (*Nephelium lappaceum*)**

**SKRIPSI**

Disusun untuk Melengkapi Syarat-syarat Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains



**INTAN KHAERANI**

**3225122046**

**PROGRAM STUDI FISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

**2016**

## PERSETUJUAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

Studi Sifat Listrik Pada *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC) dengan *Dye* Ekstraksi Kulit  
Buah Rambutan (*Nephelium lappaceum*)

Nama : Intan Khaerani

No.Registrasi : 3225122046

	<b>Nama</b>	<b>Tanda Tangan</b>	<b>Tanggal</b>
Penanggung Jawab			
Dekan	: Prof. Dr. Suryono, M.Si NIP. 19671218199303 1005	.....	.....
Wakil Penanggung Jawab			
Pembantu Dekan I	: Dr. Muktiningsih, M.Si NIP. . 19640511 198903 2 001	.....	.....
Ketua	: Dr. Sunaryo, M.Si NIP. 1955030319871 002	.....	.....
Sekretaris	: Dr. Mutia Delina, M.Si NIP. 19801119 200801 2 007	.....	.....
Anggota			
Pembimbing I	: Cecep E. Rustana, Ph.D NIP. 1932798376739468976	.....	.....
Pembimbing II	: Prof. Dr. I Made Astra, M.Si NIP. 195812121984031004	.....	.....
Penguji Ahli	: Dr. Esmar Budi, M.T NIP. 19720728 199903 1 001	.....	.....

Dinyatakan lulus ujian skripsi tanggal 26 Juli 2016

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Motto :

*“Do what you love and love what you do”*

*“ Tiada hasil yang mengkhianati usaha”*

*“ Tidak ada kemudahan kecuali apa yang Engkau jadikan mudah. Sedangkan yang sulit bisa Engkau jadikan mudah, apabila Engkau menghendakinya menjadi mudah (HR. Ibnu Hibban)*

Seluruh perjuangan untuk menyelesaikan karya tulis ini ku persembahkan untuk :

*“Ayah dan Mama. Terimakasih karena kalian selalu menemani dan mendengarkan keluh kesahku. Terima kasih atas segala kasih sayang, doa dan restu disetiap langkahku. Semoga Allah senantiasa membalas semua kebaikanmu, Aku sayang kalian”*

*“Teman-teman All is well, hanifah dan ulfah. Terima kasih kalian sudah menjadi teman yang luar biasa baiknya berkat kalian karya ini berhasil terselesaikan”*

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertandatangan dibawah ini, Mahasiswa Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Jakarta :

Nama : Intan Khaerani

No. Registrasi : 3225122046

Jurusan : Fisika

Program Studi : Fisika

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “ **Studi Sifat Listrik *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* dengan *Dye Ekstraksi Kulit Buah Rambutan (*Nephelium lappaceum*)*” adalah :**

1. Dibuat dan diselesaikan oleh saya sendiri, berdasarkan data yang diperoleh dari hasil penelitian pada bulan Maret 2016 sampai dengan bulan Juni 2016.
2. Bukan merupakan duplikat skripsi yang pernah dibuat oleh orang lain atau jiplakan karya tulis orang lain atau bukan terjemahan karya tulis orang lain.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan saya bersedia menanggung segala akibat yang timbul jika pernyataan saya tidak benar.

Jakarta, Juli 2016

Intan Khaerani

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya ucapkan kehadiran Allah SWT atas nikmat dan karunia-Nya yang di berikan sehingga skripsi yang berjudul “*Studi Sifat Listrik pada Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC) dengan Dye Ekstraksi Kulit Buah Rambutan (Nephelium lappaceum)*” dapat terselesaikan. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini tak lepas dari adanya bimbingan, bantuan, dan kerjasama dari berbagai pihak. Oleh karenanya, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Cecep E. Rustana, P.hD selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, motivasi, pengetahuan, nasehat, saran dan kritik kepada penulis sehingga penelitian dan penyusunan skripsi dapat terselesaikan.
2. Prof. Dr. I Made Astra, M.Si selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan arahan, masukan dan bimbingan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat tersusun dengan baik.
3. Dr. Widyaningrum Indrasari, M.Si selaku Kaprodi Fisika, UNJ.
4. Dosen-dosen Fisika UNJ dan Laboran yang telah memberikan ilmu pengetahuannya selama masa perkuliahan.
5. Orang tua penulis, Ayah Didin dan Mama Susi serta keluarga yang telah memberikan kasih sayang, doa restu kepercayaan dan dukungan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
6. Hanifah Widya Putri, selaku teman seperjuangan dari kita SMP hingga saat ini, serta dalam menyelesaikan penelitian ini atas kerja samanya sehingga penelitian kita dapat terselesaikan.
7. Panji M. Saputra atas doa, dukungan, motivasi dan semangatnya selama pengerjaan skripsi.
8. Ulfah Zuhaeriah, Indra Permana, Endah Dwi Cahyani dan Mega Lialita atas diskusinya yang bermanfaat.
9. Teman-teman seperjuangan fisika 2012 atas kerjasama dan semangatnya selama ini.

Akhir kata saya ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berpartisipasi dalam membantu menyelesaikan skripsi ini. Saya menyadari tulisan ini memiliki kekurangan oleh karena itu kritik dan saran sangatlah di perlukan guna untuk menyempurnakan penulisan ini.

Jakarta, Juli 2016

Intan Khaerani

## ABSTRAK

**INTAN KHAERANI** .Studi Sifat Listrik pada *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC) dengan *Dye* Ekstraksi Kulit Buah Rambutan (*Nephelium lappaceum*). Skripsi. Jakarta: Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta, 2016.

Telah dilakukan penelitian pembuatan *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) dengan memanfaatkan ekstraksi kulit buah rambutan sebagai *dye* alami. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat listrik yang dimiliki DSSC tersebut. Struktur DSSC berbentuk *sandwich* yang terdiri dari kaca *Indium Tin Oxide* (ITO) sebagai substrat, *Titanium Dioxide* ( $\text{TiO}_2$ ) sebagai bahan semikonduktor, *dye* alami sebagai donor elektron dan larutan elektrolit sebagai media untuk mentransfer elektron. Penelitian ini menggunakan pasta  $\text{TiO}_2$  sebagai pelapis kaca konduktif dengan teknik *doctor blade*, *dye* dari antosianin ekstrak kulit buah rambutan dan variasi elektroda lawan yaitu emas dan karbon. Pengujian sifat listrik dilakukan melalui pengukuran arus dan tegangan listrik yang dihasilkan oleh sel DSSC yang disinari dengan lampu *Fluorescent Lamp* (TL) sebagai sumber cahaya. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa efisiensi yang dihasilkan oleh DSSC dengan elektroda karbon adalah sebesar 0,098% dan yang dihasilkan oleh elektroda emas adalah 0,099%. Sedangkan pengukuran konduktivitas listrik dengan menggunakan LCR meter memperlihatkan hasil masing-masing untuk elektroda karbon adalah  $2,613 \times 10^{-6}$  S/cm dan elektroda emas sebesar  $2,343 \times 10^{-6}$  S/cm.

Kata kunci : *DSSC, Kulit Rambutan, Antosianin, Sifat Listrik*

## ABSTRACT

**INTAN KHAERANI.** *Electrical Properties Study on Dye-sensitized Solar Cell (DSSC) with Dye Extraction Rambutan Fruit Leather (Nephelium lappaceum).. Thesis. Jakarta: Department of Physics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, State University of Jakarta, 2016.*

*Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) manufacture research has been done by utilizing the extraction of rambutan fruit leather as natural dye. The aim of this research is to determine the electrical properties of DSSC. Structure of DSSC is like sandwich consisting of Indium Tin Oxide (ITO) glass as the substrate, TiO<sub>2</sub> as semiconductor materials, natural dye as an electron donor and an electrolyte solution as a medium for transferring electron. TiO<sub>2</sub> paste was used as glass coating with a doctor blade technique, anthocyanin extract dye from the skin rambutan and variations of the counter electrode is gold and carbon. Electrical properties testing performed by measuring current and voltage generated by the DSSC cells are illuminated with fluorescent lamp as a light source. The results showed that the efficiency of DSSC with the carbon electrode was 0,098%, and gold electrode was 0,099%. Electrical conductivity was measured by using LCR Meter. The result showed that the electrical conductivity with carbon electrode was  $2,613 \times 10^{-6}$  S/cm and gold electrode was  $2,343 \times 10^{-6}$  S/cm.*

*Keyword : DSSC, Rambutan Leather, Antosianin, Electrical Properties*

## DAFTAR ISI

PERSETUJUAN PANITIA UJIAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
ABSTRAK .....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	3
1.3 Pembatasan Masalah .....	4
1.4 Perumusan Masalah.....	4
1.5 Tujuan Penelitian.....	5
1.6 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA .....	6
2.1 <i>Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)</i> .....	6
2.2 Performansi Sel Surya .....	10
2.3 Sifat Listrik.....	13
2.4 Buah Rambutan .....	14
2.4.1 Antosianin Buah Rambutan .....	15
2.4.2 Ekstraksi.....	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	17
3.1 Tujuan Operasional .....	17

3.2	Waktu dan Tempat Penelitian .....	17
3.3	Metode Penelitian.....	17
3.4	Alat dan Bahan .....	18
3.4.1	Bahan- bahan yang digunakan pada penelitian ini :.....	18
3.4.2	Peralatan yang digunakan dalam penelitian adalah : .....	18
3.5	Prosedur Penelitian.....	19
3.5.1	Pembuatan Pasta TiO <sub>2</sub> .....	19
3.5.2	Preparasi Larutan <i>Dye</i> .....	20
3.5.3	Preparasi Elektrolit.....	21
3.5.4	Preparasi <i>Counter-Elektroda</i> Karbon.....	22
3.5.5	Pemasangan DSSC.....	23
3.6	Pengujian DSSC .....	24
3.6.1	Karakterisasi Panjang Gelombang Antosianin <i>Dye</i> .....	24
3.6.2	Karakterisasi Struktur, Fase dan Ukuran Kristal TiO <sub>2</sub> .....	24
3.6.3	Karakteristik Arus dan Tegangan DSSC dengan Rangkaian .....	25
3.7	Alur Penelitian.....	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		27
4.1	Karakterisasi Bubuk TiO <sub>2</sub> dengan <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	27
4.2	Karakterisasi Panjang Gelombang Antosianin <i>Dye</i> Kulit Rambut.....	30
4.3	Karakteristik Arus-Tegangan pada DSSC.....	32
4.4	Karakteristik Sifat Konduktivitas Listrik DSSC .....	37
BAB V KESIMPULAN .....		39
5.1	Kesimpulan.....	39
5.2	Saran .....	40
DAFTAR PUSTAKA .....		41

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Jarak Antar Bidang Bubuk TiO <sub>2</sub> .....	29
Tabel 4.2 Hasil perhitungan efisiensi DSSC dengan menggunakan rangkaian ....	36
Tabel 4.3 Hasil Konduktivitas DSSC .....	37

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Susunan DSSC .....	7
Gambar 2.2. Skema prinsip kerja DSSC.....	10
Gambar 2.3. Bentuk kurva I-V sel surya organik .....	11
Gambar 2.4. Buah Rambutan .....	14
Gambar 2.5. Struktur umum antosianin .....	15
Gambar 3.1 Pembuatan Pasta TiO <sub>2</sub> .....	20
Gambar 3.2 Perendaman Serbuk Kulit Rambutan dengan Pelarut .....	21
Gambar 3.3 Pembuatan Larutan Elektrolit.....	22
Gambar 3.4 Pembuatan Lapisan Karbon .....	22
Gambar 3.5. Skema Area Deposisi Pasta TiO <sub>2</sub> .....	23
Gambar 3.6. Pemasangan DSSC.....	24
Gambar 3.7. Rangkaian Pengujian arus dan tegangan untuk DSSC.....	25
Gambar 3.8. Diagram alir penelitian.....	26
Gambar 4.1. Karakterisasi XRD pada Bubuk TiO <sub>2</sub> .....	29
Gambar 4.2. Spektrum Absorbansi dye kulit rambutan.....	31
Gambar 4.3. Kurva I-V pada DSSC Elektroda Karbon .....	32
Gambar 4.4. Kurva I-V pada DSSC Elektroda Emas .....	33
Gambar 4.5. Perbandingan Kurva I-V antara Elektroda karbon dan emas.....	35

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Penelitian .....	43
Lampiran 2. Perhitungan Konduktivitas Listrik DSSC.....	46
Lampiran 3. Database TiO <sub>2</sub> .....	48
Lampiran 4. Data Karakterisasi DSSC .....	50
Lampiran 5. Abstrak Seminar Nasional .....	54

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Sebagai wilayah tropis, Indonesia mempunyai banyak area yang disinari matahari dengan baik. Oleh karena itu energi terbarukan yang berasal dari energi matahari dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif selain energi dari bahan bakar fosil. Salah satu energi alternatif yang mempunyai potensi sangat besar namun belum dimanfaatkan secara maksimal adalah sel surya (*fotovoltaik*) yang mampu mengkonversi sinar matahari secara langsung menjadi energi listrik tanpa menghasilkan emisi gas buang apapun (Yuwono 2012). Sel surya berdasarkan perkembangannya terbagi menjadi tiga generasi. Generasi pertama adalah tipe multi kristal, generasi kedua adalah lapisan tipis dan generasi ketiga adalah sel surya organik. Sel surya generasi ketiga yang berbasis nanoteknologi mulai dikembangkan oleh Grätzel pada tahun 1991 yang dinamakan sel surya pewarna tersintesis atau *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC).

Sel surya jenis ini terdiri dari *photoelectrode*, elektrolit, molekul *dye* dan elektroda lawan yang bekerja dengan menggunakan prinsip elektrokimia sederhana yang meniru efek fotosintesis daun hijau (Gratzel, 2003). Pada DSSC terjadi proses absorpsi cahaya oleh molekul zat warna yang menyerap cahaya matahari dan akan mengalami eksitasi elektron. Elektron yang tereksitasi tersebut langsung terinjeksi menuju semikonduktor anorganik yang mempunyai *band-gap* yang lebar. Salah satu semikonduktor anorganik

yang mempunyai *band-gap* lebar serta sering digunakan adalah Titanium dioksida ( $\text{TiO}_2$ ). Hal ini dikarenakan  $\text{TiO}_2$  relatif murah, stabil, dan juga tidak beracun, sehingga lebih aman digunakan dalam aplikasinya (Gratzel, 2003)

Hal penting lainnya dalam penggunaan *dye* adalah kemampuannya menyerap spektrum cahaya yang lebar dan sesuai dengan pita energi  $\text{TiO}_2$ . *Dye* dapat berupa *dye* alami maupun *dye* sintesis. Pewarna sintetis umumnya menggunakan organologam berbasis *Ruthenium* kompleks. DSSC komersial ini telah mencapai efisiensi 10%, namun ketersediaan dan harganya yang mahal membuat adanya alternatif lain pengganti pewarna jenis ini yaitu pewarna alami yang dapat diekstrak dari bagian-bagian tumbuhan seperti daun, bunga, buah, kulit dan akar (Septina, dkk 2007). Kelompok studi di Jepang telah mencoba lebih dari dua puluh jenis *dye* alami dari ekstrak tumbuhan diantaranya adalah kol merah, kunyit, teh hijau dan sebagainya. Ekstrak *dye* atau pigmen tumbuhan yang digunakan sebagai *fotosensitizer* salah satunya berupa klorofil (Septina, 2007) dan antosianin (Santi, 2010). Antosianin larut dalam pelarut polar seperti metanol, etanol, aseton, kloroform dan air yang diasamkan dengan asam klorida atau asam format. Antosianin dilihat dari penampakannya berwarna merah, merah senduduk, biru dan ungu yang mempunyai panjang gelombang maksimum antara 490 - 550 nm (Santi, 2010).

Indonesia dikenal memiliki beranekaragam tanaman buah-buahan dan sayur-sayuran. Diantara berbagai buah-buahan tersebut, buah rambutan merupakan buah yang banyak digemari karena kandungan vitamin C-nya. Kulitnya yang berwarna merah masih belum dimanfaatkan secara maksimal dan hanya berakhir menjadi limbah, adanya warna merah tua diduga terdapat pigmen antosianin yang dapat

digunakan sebagai pewarna alami. Pigmen antosianin dapat diekstraksi untuk dimanfaatkan sebagai zat pewarna dengan menggunakan pelarut metanol (Rasida,dkk 2014) dan juga pelarut etanol (Olivia,dkk 2014).

Pada tahun 2013, N.T.R.N Kumara dari Brunei telah melakukan penelitian mengenai DSSC menggunakan antosianin kulit rambutan dengan menggunakan pelarut etanol 70% dengan variasi penambahan larutan HCl. Dengan hasil, antosianin yang tidak menggunakan HCl memiliki absorbansi maksimal sebesar 2,4 dan efisiensi 0,26%. Sedangkan antosianin yang di tambahkan larutan HCl menghasilkan absorbansi maksimal sebesar 2,5 dan efisiensi meningkat menjadi 0,56%. Penelitian selanjutnya tahun 2014 Olivia,dkk mencoba mengekstraksi antosianin kulit rambutan dengan menggunakan pelarut etanol 95% yang telah di asamkan dengan larutan HCl 1% menghasilkan absorbansi sebesar 2,6119 (Olivia,dkk 2014). Berdasarkan informasi tersebut pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan DSSC dengan *dye* alami yang digunakan adalah kulit buah rambutan yang akan diekstraksi menggunakan pelarut etanol 95% yang telah diasamkan dengan HCl 1% karena telah menghasilkan absorbansi lebih tinggi dibandingkan dengan pelarut etanol 70%. Hasil yang di harapkan dengan mengganti pelarut tersebut akan diperoleh efisiensi yang lebih tinggi dari penelitian sebelumnya.

## **1.2 Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, dapat diidentifikasi masalah dari penelitian ini, yakni sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh *dye* yang diasamkan dengan larutan HCl dengan yang tidak di asamkan?
2. Bagaimana sifat listrik yang dimiliki oleh sel surya DSSC dengan menggunakan antosianin kulit buah rambutan?
3. Bagaimana sifat optik yang dimiliki oleh sel surya DSSC dengan menggunakan antosianin kulit buah rambutan?
4. Bagaimana karakteristik I-V yang dihasilkan dari sel surya DSSC dengan menggunakan antosianin kulit buah rambutan?
5. Berapa efisiensi yang dihasilkan dari sel surya DSSC dengan menggunakan antosianin kulit buah rambutan?

### **1.3 Pembatasan Masalah**

Pada penelitian ini, penulis membatasi kajiannya pada sifat kelistrikan sel surya DSSC yang dibuat dengan menggunakan antosianin kulit buah rambutan. Dalam hal ini sifat kelistrikan yang dikaji adalah konduktivitas dan karakterisasi I-V, serta menghitung efisiensi yang dihasilkan oleh sel surya DSSC tersebut.

### **1.4 Perumusan Masalah**

Berdasarkan ruang lingkup permasalahan yang ada, perumusan masalah pada penelitian ini yaitu :

1. Berapa konduktivitas listrik yang dihasilkan DSSC dengan *dye* alami yang menggunakan antosianin kulit buah rambutan?
2. Bagaimana hubungan karakteristik I-V dan efisiensi yang di hasilkan dari sel surya DSSC yang menggunakan antosianin kulit buah rambutan?

### **1.5 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menghasilkan sel surya DSSC dengan menggunakan *dye* ekstraksi kulit buah rambutan.
2. Mengetahui karakteristik I-V dan efisiensi yang dimiliki oleh sel surya DSSC yang menggunakan antosianin kulit buah rambutan.
3. Mengetahui konduktivitas listrik yang dimiliki oleh sel surya DSSC yang menggunakan antosianin kulit buah rambutan.

### **1.6 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Dapat menghasilkan sel surya dengan memanfaatkan bahan-bahan organik yang mudah diperoleh dari lingkungan sekitar.
2. Penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya. .

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

Sel surya atau sering disebut *fotovoltaik* bekerja menggunakan energi matahari dengan mengkonversi secara langsung radiasi matahari menjadi listrik. Sel surya berdasarkan perkembangan teknologi dan bahan pembuatannya dapat dibedakan menjadi tiga generasi. Generasi pertama merupakan sel surya yang terbuat dari silikon tunggal dan silikon multikristal. Generasi kedua, sel surya tipe lapis tipis dan generasi ketiga adalah sel surya organik *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC). Sel surya jenis DSSC ini dikembangkan dengan menggunakan prinsip elektrokimia sederhana yang meniru efek fotosintesis daun hijau, yakni proses penangkapan energi foton pada skala molekuler untuk selanjutnya dikonversi menjadi energi listrik (Gratzel, M 2003).

#### **2.1 *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC)**

*Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) atau disebut juga sel Grätzel pertama kali ditemukan oleh Michael Gratzel dan Brian O'Regan pada tahun 1991 di École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Swiss. Berbeda dengan sel surya konvensional, DSSC adalah sel surya fotoelektrokimia yang menggunakan elektrolit sebagai medium transport muatan untuk mengkonversi cahaya matahari menjadi energi listrik. Teknologi DSSC muncul dari konsep fotosintesis buatan yang mencoba meniru kemampuan tanaman untuk mengubah sinar matahari menjadi energi. Pada DSSC, klorofil digantikan oleh warna penyerap cahaya, dimana molekulnya tereksitasi ke

bentuk energi yang lebih tinggi oleh cahaya yang mengenainya (Kumara, dkk 2012). DSSC memiliki empat komponen utama. Komponen pertama adalah substrat yang merupakan tempat bekerjanya material DSSC. Substrat ini berupa material kaca atau bahan lain yang secara optik transparan dan dapat menghantarkan arus listrik. Komponen kedua adalah *sensitizer* yang umumnya berupa bahan pewarna dari anorganik maupun organik yang berasal dari tumbuhan yang mengandung pigmen warna seperti klorofil dan antosianin. Komponen ketiga berupa elektrolit yaitu pasangan redoks yang berfungsi memberikan suplai elektron pada bahan pewarna yang telah tereksitasi. Komponen keempat adalah semikonduktor oksida logam bernergi celah pita lebar, umumnya menggunakan TiO<sub>2</sub> (Rahman, 2011).



**Gambar 2.1.** Susunan 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\*).



Elektron dari *excited state* kemudian langsung terinjeksi menuju *conduction band* (ECB) titania sehingga molekul *dye* teroksidasi (D<sup>+</sup>). Dengan adanya donor elektron oleh elektrolit (I<sup>-</sup>) maka molekul *dye* kembali ke keadaan awalnya (*ground state*) dan mencegah penangkapan kembali elektron oleh *dye* yang teroksidasi.

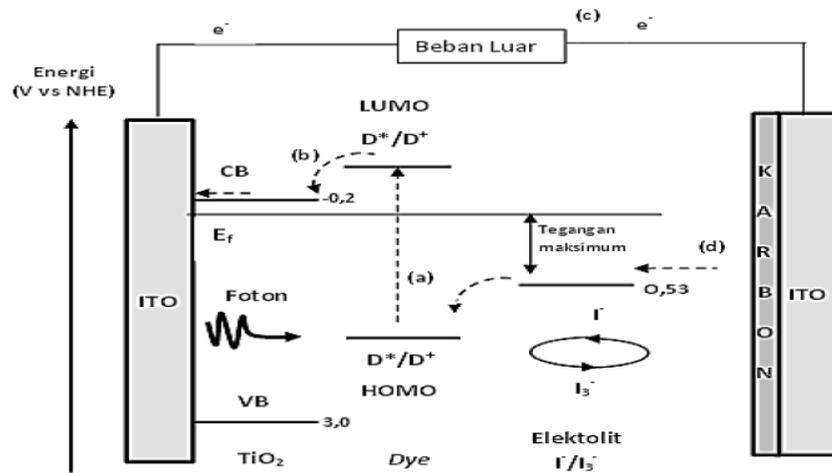


Setelah mencapai elektroda, elektron mengalir menuju *counter-elektroda* melalui rangkaian eksternal. Dengan adanya katalis pada *counter-elektroda*, elektron diterima oleh elektrolit sehingga *hole* yang terbentuk pada elektrolit (I<sup>3-</sup>) akibat donor elektron pada proses sebelumnya, dan selanjutnya berekombinasi dengan elektron membentuk iodide (I<sup>-</sup>).



Iodide ini digunakan untuk mendonor elektron kepada *dye* yang teroksidasi, sehingga terbentuk suatu siklus transport elektron. Dengan siklus tersebut terjadi konversi langsung dari cahaya matahari menjadi listrik. 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 TiO<sub>2</sub>. Akibatnya elektron mengalir menuju elektroda, rangkaian listrik sampai *counter elektroda*. Elektrolit membawa elektron-elektron kembali ke *dye* yang berasal dari *counter elektroda* (CE) (Kumara, dkk 2012).

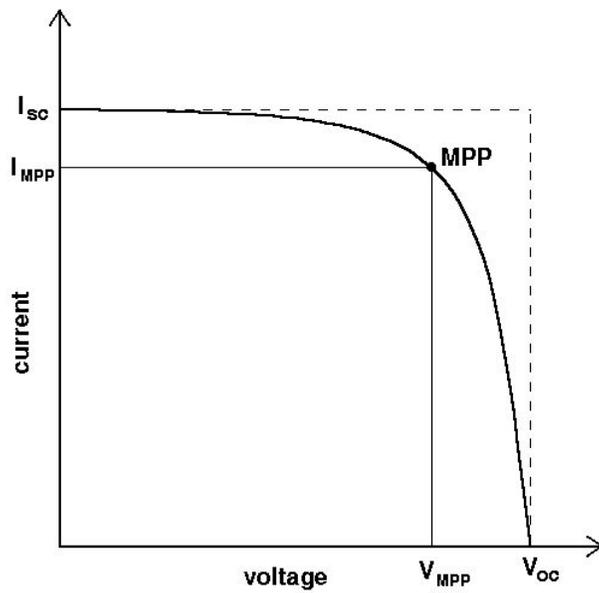
Prinsip kerja DSSC tersusun atas tiga komponen utama yaitu elektroda kerja, elektroda lawan dan larutan elektrolit. Elektroda kerja merupakan lapisan tipis semikonduktor  $\text{TiO}_2$  pada substrat kaca transparan. Energi yang diterima oleh DSSC mengakibatkan tereksitasinya elektron dari pita HOMO (*High Occupied Molecular Orbital*) ke pita LUMO (*Low Unoccupied Molecular Orbital*) akibat adanya perbedaan tingkat energi dari pita konduksi semikonduktor  $\text{TiO}_2$  yang lebih rendah dibandingkan dengan orbital LUMO *dye* ke pita konduksi dari semikonduktor, selanjutnya menuju kaca konduktif. Prinsip kerja tersebut diilustrasikan pada Gambar 2.2. Eksitasi elektron dari orbital HOMO ke orbital LUMO, menyebabkan terjadinya *hole* pada orbital HOMO. *Hole* ini kemudian diregenerasi kembali oleh pemberian elektron dari elektrolit yang digunakan. Hal ini mengakibatkan pada sisi *counter electrode* akan lebih bermuatan positif dan mempunyai potensial positif. Sedangkan pada sisi TCO yang terlapis  $\text{TiO}_2$  sebagai semikonduktor akan mempunyai potensial negatif. Hal ini yang menyebabkan terjadinya beda potensial antara kedua elektroda tersebut, sehingga menyebabkan adanya aliran listrik-antara kedua elektroda tersebut.



Gambar 2.2 Skema Prinsip Kerja DSSC

## 2.2 Performansi Sel Surya

Sel surya akan menghasilkan daya listrik ketika terpapar cahaya sehingga menghasilkan arus dan tegangan. Kinerja sel surya dapat dilihat berdasarkan efisiensi konversi energi cahaya ke listrik. Nilai efisiensi dari sebuah sel surya dapat dihitung melalui grafik arus-tegangan (I-V) yang dihasilkan. Pada Gambar 2.3 menunjukkan kurva karakteristik I-V. Pada Gambar 2.3 terdapat tegangan rangkaian terbuka ( $V_{oc}$ ), arus hubungan pendek ( $I_{sc}$ ) dan *maximum power point* (MPP). Pada MPP atau titik daya maksimum terdapat arus maksimum serta tegangan maksimum yang disebut dengan  $I_{mpp}$  dan  $V_{mpp}$ . Titik pada kurva I-V yang menghasilkan arus dan tegangan maksimum disebut titik daya maksimum.



Gambar 2.3. Bentuk Kurva I-V Sel Surya

Karakteristik lain dalam pengukuran ini juga dipengaruhi oleh *fill factor* (FF). FF merupakan perbandingan antara daya maksimum dengan tegangan pada rangkaian terbuka, dan dituliskan pada Persamaan 2.4.

$$FF = \frac{V_{max} \times I_{max}}{V_{oc} \times I_{sc}} \quad (2.4)$$

Parameter lain yang diperlukan pada pengukuran sel surya yaitu daya maksimum yang dihasilkan oleh sel surya yang dituliskan pada Persamaan 2.5.

$$P_{out} = V_{max} \times I_{max} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF \quad (2.5)$$

Daya yang diterima oleh sel surya dituliskan sebagai berikut.

$$P_{in} = I \times A \quad (2.6)$$

Efisiensi yang dihasilkan oleh sel surya dapat diketahui dengan adanya parameter  $V_{max}$ ,  $I_{max}$ ,  $V_{oc}$ ,  $I_{sc}$  dan  $FF$ . Efisiensi sel surya didefinisikan sebagai perbandingan antara daya maksimum yang dihasilkan dengan daya yang diterima (Halme, 2002).

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (2.7)$$

$$\eta = \frac{V_{oc} \times I_{sc} \times FF}{I \times A} \times 100\% \quad (2.8)$$

Dengan :  $\eta$  = Efisiensi (%)

$V_{max}$  = Tegangan Maksimum (V)

$I_{max}$  = Arus Maksimum (A)

$V_{oc}$  = Tegangan Sirkuit Terbuka (V)

$I_{sc}$  = Arus Sirkuit Singkat (A)

$FF$  = *fill factor*

$I$  = Intensitas Penyinaran ( $W/cm^2$ )

$A$  = Luasan Sel Surya ( $cm^2$ )

$P_{out}$  = Daya Keluaran (W)

$P_{in}$  = Daya Masukan (W)

### 2.3 Sifat Listrik

Sifat listrik adalah ketahanan dari suatu bahan terhadap aliran listrik dan daya hantarnya. Sifat listrik yang di bahas pada penelitian ini adalah konduktivitas listrik. Konduktivitas sel surya berhubungan dengan cahaya sehingga dapat disebut sebagai fotokonduktivitas. Ketika foton mengenai permukaan semikonduktor, energi dari foton ini akan mengeksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi akibat energi foton yang datang lebih besar dari energi pita terlarangnya. Elektron yang tereksitasi ke pita konduksi ini akan meningkatkan pembawa muatan yang pada akhirnya akan meningkatkan konduktivitas listriknya (Safitri,2014).

Untuk mengukur konduktivitas listrik digunakan alat LCR meter. Pengujian menggunakan alat tersebut akan mendapatkan nilai konduktansi. Konduktansi (G) adalah kemampuan bahan listrik dalam menyalurkan listrik. Sedangkan konduktivitas ( $\sigma$ ) adalah nilai konduktansi bahan listrik pada satuan panjang dan luas penampang. Hubungan antara konduktivitas listrik dengan konduktansi sesuai dalam persamaan:

$$\sigma = \frac{Gl}{A} \quad (2.9)$$

Dimana :  $\sigma$  = Konduktivitas listrik (Siemens/cm)

G = konduktansi listrik (S cm)

l = panjang bahan (cm)

A = Luas penampang bahan (cm<sup>2</sup>)

## 2.4 Buah Rambutan

Buah rambutan (*Nephelium lappaceum*) merupakan buah musiman yang berasal dari daerah tropis, khususnya Brunei, Malaysia dan Indonesia. Kulitnya yang berwarna merah masih belum dimanfaatkan secara maksimal. Adanya warna merah tua diduga terdapat pigmen antosianin yang dapat digunakan sebagai pewarna alami (Rasida,2014).



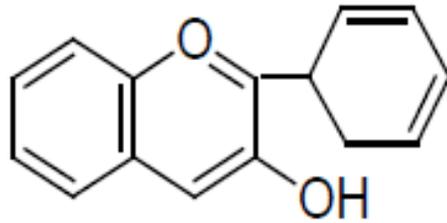
**Gambar 2.4.** Buah Rambutan (*Nephelium lappaceum*)

Berikut klasifikasi ilmiah dari tanaman rambutan :

Kerajaan	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Subkelas	: Rosidae
Ordo	: Sapindales
Famili	: Sapindaceae
Genus	: Nephelium
Spesies	: <i>Nephelium lappaceum</i>

### 2.4.1 Antosianin Buah Rambutan

Antosianin merupakan kelompok pigmen warna kemerahan yang bersifat larut air secara alami terdapat pada berbagai jenis tumbuhan. Senyawa ini tergolong pigmen dan pembentuk warna pada tanaman yang ditentukan oleh pH dari lingkungannya. Berikut adalah struktur umum antosianin :



**Gambar 2.5.** Struktur Umum Antosianin

Kulit buah rambutan mengandung flavonoid, tanin dan saponin serta antosianin yang diduga sebagai pigmen yang membuat kulitnya berwarna merah tua (Lydia, 2001). Antosianin larut dalam pelarut polar seperti metanol, etanol, aseton atau kloroform dan air yang diasamkan dengan asam klorida atau asam format. Antosianin dilihat dari penampakan berwarna merah, merah senduduk, biru dan ungu yang mempunyai panjang gelombang maksimum 465 - 560 nm (Santi, 2010). Pada tahun 2001, Lydia,dkk telah melakukan penelitian mengenai kandungan antosianin pada kulit rambutan dengan menggunakan pelarut etanol dengan hasil absorbansi maksimum yang dihasilkan adalah 0,73 (Lydia,2001). Penelitian selanjutnya tahun 2014 yang dilakukan oleh Rasida, dkk menggunakan pelarut metanol yang telah diasamkan dengan larutan HCl menghasilkan absorbansi sebesar 1,6103 (Rasida,2014) dan di

tahun yang sama Olivia,dkk mengganti pelarut metanol dengan etanol yang telah diasamkan dengan larutan HCl menghasilkan peningkatan absorbansi menjadi 2,6119 (Olivia,2014).

#### **2.4.2 Ekstraksi**

Ekstraksi adalah kegiatan penarikan kandungan kimia yang dapat larut sehingga terpisah dari bahan yang tidak dapat larut dalam pelarut cair. Diketuinya senyawa aktif yang dikandung oleh suatu bahan akan mempermudah pemilihan pelarut dan metode ekstraksi yang tepat (Vitriany,2013). Ekstraksi ini didasarkan pada perpindahan massa komponen zat padat ke dalam cairan penyari dan perpindahan mulai terjadi pada lapisan antarmuka, kemudian terdifusi masuk ke dalam pelarut. Sebelum ekstraksi dilakukan, biasanya serbuk tumbuhan dikeringkan lalu dihaluskan dengan derajat kehalusan tertentu. Pada penelitian ini teknik ekstraksi yang dilakukan adalah dengan cara maserasi. Maserasi dilakukan dengan merendam serbuk dalam pelarut. Pelarut akan menembus dinding sel dan masuk ke dalam rongga sel yang mengandung zat aktif yang akan larut karena adanya perbedaan konsentrasi antara larutan zat aktif yang di dalam dengan yang di luar sel, maka larutan yang terpekat akan terdesak keluar. Peristiwa tersebut berulang sehingga tercapai keseimbangan konsentrasi antara larutan diluar sel dan di dalam sel. Pelarut yang sering digunakan untuk mengekstraksi antosianin adalah metanol, etanol, aseton atau kloroform dan air yang diasamkan dengan asam klorida atau asam format

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Tujuan Operasional**

Penelitian ini bertujuan untuk membuat sel surya DSSC dengan menggunakan antosianin kulit buah rambutan sebagai *dye* alami dan mengetahui sifat kelistrikan (konduktivitas) yang dimiliki serta menghitung efisiensi yang dihasilkan. Sehingga dapat digunakan sebagai alternatif sumber energi terbarukan yang dapat diperoleh dengan fabrikasi mudah serta biaya yang terjangkau.

#### **3.2 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Material dan Energi, Jurusan Fisika Universitas Negeri Jakarta. Pengukuran nilai absorbansi *dye* kulit buah rambutan dilakukan di Laboratorium Spektroskopi, Institut Pertanian Bogor dan pengukuran konduktivitas listrik dilakukan di Laboratorium karakteristik listrik, Institut Pertanian Bogor. Sedangkan pengukuran struktur dan ukuran kristal  $\text{TiO}_2$  menggunakan XRD dilakukan di Laboratorium Bea Cukai. Waktu penelitian dimulai pada bulan Maret hingga Juni 2016.

#### **3.3 Metode Penelitian**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Dasar-dasar teori dan hasil penelitian sebelumnya yang mendukung digunakan sebagai

sumber pengetahuan untuk melakukan pembuatan sel surya DSSC yang menggunakan antosiain kulit rambutan sehingga dapat menghasilkan efisiensi yang di harapkan.

### **3.4 Alat dan Bahan**

3.4.1 Bahan- bahan yang dgunakan pada penelitian ini :

1. Bubuk  $\text{TiO}_2$
2. Ethanol 95 %
3. Aquades
4. Potassium iodide (KI)
5. Iodine ( $\text{I}_2$ )
6. Asam asetat
7. HCl 1%
8. Triton X-100
9. Kulit Rambutan Kering

3.4.2 Peralatan yang digunakan dalam penelitian adalah :

1. Gelas Kimia
2. Blender
3. Pipet Tetes
4. Kaca konduktif (TCO) jenis ITO
5. *Magnetic Stirrer*
6. Cawan petri

7. *Furnace*
8. Mortar
9. *Scotch Tape*
10. Multimeter digital
11. Kertas Saring Whatman No.1
12. Neraca Digital
13. *Ultrasonic Cleaner*
14. Spatula Besi
15. Lampu Fluroscent (TL)
16. Lux Meter
17. Spektrofotometer UV-Vis Ocean Optic
18. XRD PANalytical EMPYREAN
19. LCR Meter HIOKI 3522-50 LCR HiTESTER

### **3.5 Prosedur Peneliti**

#### **3.5.1 Pembuatan Pasta TiO<sub>2</sub>**

Pasta TiO<sub>2</sub> akan dideposisikan ke kaca konduktif dengan teknik *doctor blade* atau lapisan tebal yaitu dengan prosedur pembuatan pasta sebagai berikut:

- a. Sebanyak 6 gram bubuk TiO<sub>2</sub> ditimbang menggunakan neraca digital.

Setelah itu dihaluskan dengan menggunakan mortar.

- b. Kemudian ditambahkan 10 ml larutan asam asetat dan di aduk selama 10 menit. Lalu menambahkan 10 tetes Triton X-100 dan di aduk menggunakan magnetic stirrer selama 30 menit hingga larutan homogen.
- c. Pasta TiO<sub>2</sub> yang sudah terbentuk dimasukkan ke dalam botol kemudian ditutup. Sebelum digunakan kocok terlebih dahulu.



**Gambar 3.1** Pembuatan Pasta TiO<sub>2</sub>

### 3.5.2 Preparasi Larutan *Dye*

Pewarna antosianin diperoleh dari kulit buah rambutan yang sudah dikeringkan lalu diblender hingga halus. Serbuk yang akan diekstrak ditimbang sebanyak 100 gram, lalu dimasukkan ke dalam labu leher tiga 1000 mL. Kemudian ditambahkan pelarut etanol yang telah diasamkan dengan HCl 1% dengan perbandingan 1:10. Larutan tersebut dimaserasi selama 24 jam, ekstrak yang diperoleh disaring dengan kertas saring *Whatman* No.1. Hasil penyaringan berupa ampas dan pelarut yang mengandung antosianin. Ampas dibuang dan cairan yang diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam

oven untuk menghilangkan pelarutnya. Dari proses tersebut diperoleh pigmen antosianin yang bebas pelarut. Antosianin yang dihasilkan ini kemudian disimpan pada suhu rendah sebelum dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis.



**Gambar 3.2** Perendaman Serbuk Kulit Rambut dengan Pelarut

### 3.5.3 Preparasi Elektrolit

Larutan elektrolit iodide/triiodide dibuat dengan cara sebanyak 0,8 gram (0,5 M) potassium iodide (KI) dicampur dengan 10 ml *aquades* kemudian diaduk. Selanjutnya menambahkan 0,127 gram (0,05 M) Iodine ( $I_2$ ) kedalam larutan tersebut dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer*. Larutan elektrolit yang sudah siap disimpan ke dalam botol gelap tertutup.



**Gambar 3.3** Pembuatan Larutan Elektrolit

#### **3.5.4 Preparasi *Counter-Elektroda* Karbon**

Sebagai sumber grafit digunakan karbon dari pensil jenis 2B. Grafit dilapiskan/ diarsir ke kaca konduktif secara merata pada bagian konduktifnya kemudian dipanaskan menggunakan api dari lilin sampai terbentuk lapisan karbon yang merata.



**Gambar 3.4** Pembuatan Lapisan Karbon

### 3.5.5 Pemasangan DSSC

Setelah masing-masing komponen DSSC berhasil dibuat kemudian dilakukan pemasangan untuk membentuk sel surya dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Pada kaca TCO yang telah dipotong menjadi ukuran 1,5 x 1,2 cm dibentuk area tempat  $\text{TiO}_2$  dideposisikan dengan bantuan *Scotch tape* pada bagian kaca yang konduktif seperti pada Gambar 3.5.



**Gambar 3.5** Skema Area Deposisi Pasta  $\text{TiO}_2$

- b. Pasta  $\text{TiO}_2$  dideposisikan diatas area yang telah dibuat pada kaca konduktif dengan teknik *doctor blade* dengan bantuan batang pengaduk untuk meratakan pasta. Kemudian lapisan dikeringkan selama kurang lebih 15 menit dan dipanaskan dengan menggunakan *furnace* pada temperatur  $450^\circ\text{C}$  selama 30 menit.
- c. Lapisan  $\text{TiO}_2$  kemudian direndam dalam larutan *dye* selama 2 jam hingga lapisan  $\text{TiO}_2$  akan menjadi berwarna kecoklatan.
- d. Selanjutnya larutan elektrolit diteteskan kira-kira sebanyak 2 tetes ke atas lapisan  $\text{TiO}_2$  yang telah di rendam dengan *dye*.

- e. *Counter-elektroda* karbon kemudian diletakkan diatas lapisan  $\text{TiO}_2$  dengan struktur *sandwich* dimana di masing-masing ujung diberi jarak sebesar 0,2 cm untuk kontak elektrik. Kemudian sel dijepit dengan klip pada kedua sisi.



**Gambar 3.6.** Pemasangan DSSC

### **3.6 Pengujian DSSC**

#### **3.6.1 Karakterisasi Panjang Gelombang Antosianin *Dye* Kulit Rambut**

Kulit rambut yang telah diekstraksi menjadi larutan *dye*, diuji absorbansinya menggunakan Spektrofotometer UV-Visible. Panjang gelombang yang digunakan antara 300-800 nm. Prinsip spektrofotometri adalah penyerapan cahaya oleh molekul-molekul. Molekul dapat menyerap radiasi dari daerah UV-Vis karena mengandung elektron, baik berpasangan maupun sendiri yang dapat dieksitasi ke tingkat energi yang lebih tinggi. Absorbansi terjadi bergantung pada kekuatan elektron terikat dalam molekul.

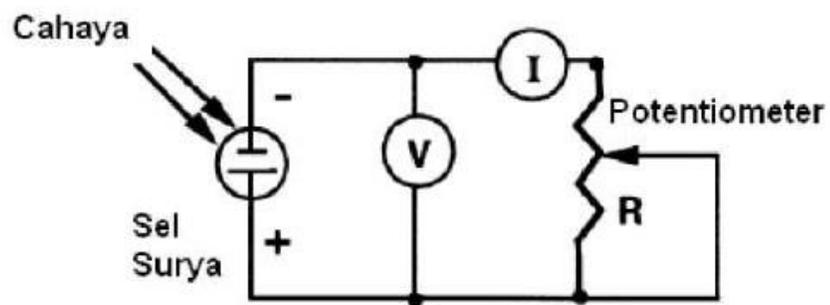
#### **3.6.2 Karakterisasi Struktur, Fase dan Ukuran Kristal $\text{TiO}_2$**

Pengujian struktur kristal, fase dan ukuran kristal  $\text{TiO}_2$  yang dimiliki oleh serbuk  $\text{TiO}_2$  sebagai bahan semikonduktor pada penelitian ini menggunakan metode sinar-X dengan alat XRD dengan menggunakan radiasi  $\text{Cu K}\lambda$  (1.5406 Å). Hasil

difraktometer dibandingkan dengan data yang ada pada JCPDS  $\text{TiO}_2$ . Untuk menentukan struktur kristal dapat dihitung dengan menggunakan hasil uji XRD berupa sudut  $2\theta$  dan intensitasnya. Sudut-sudut tersebut lalu dicocokkan dengan *data base* pada JCPDS, sehingga didapat struktur kristal dan bidangnya. Sedangkan untuk menentukan ukuran kristal dengan cara menentukan FWHM dan kemudian dicari menggunakan rumus Scherrer.

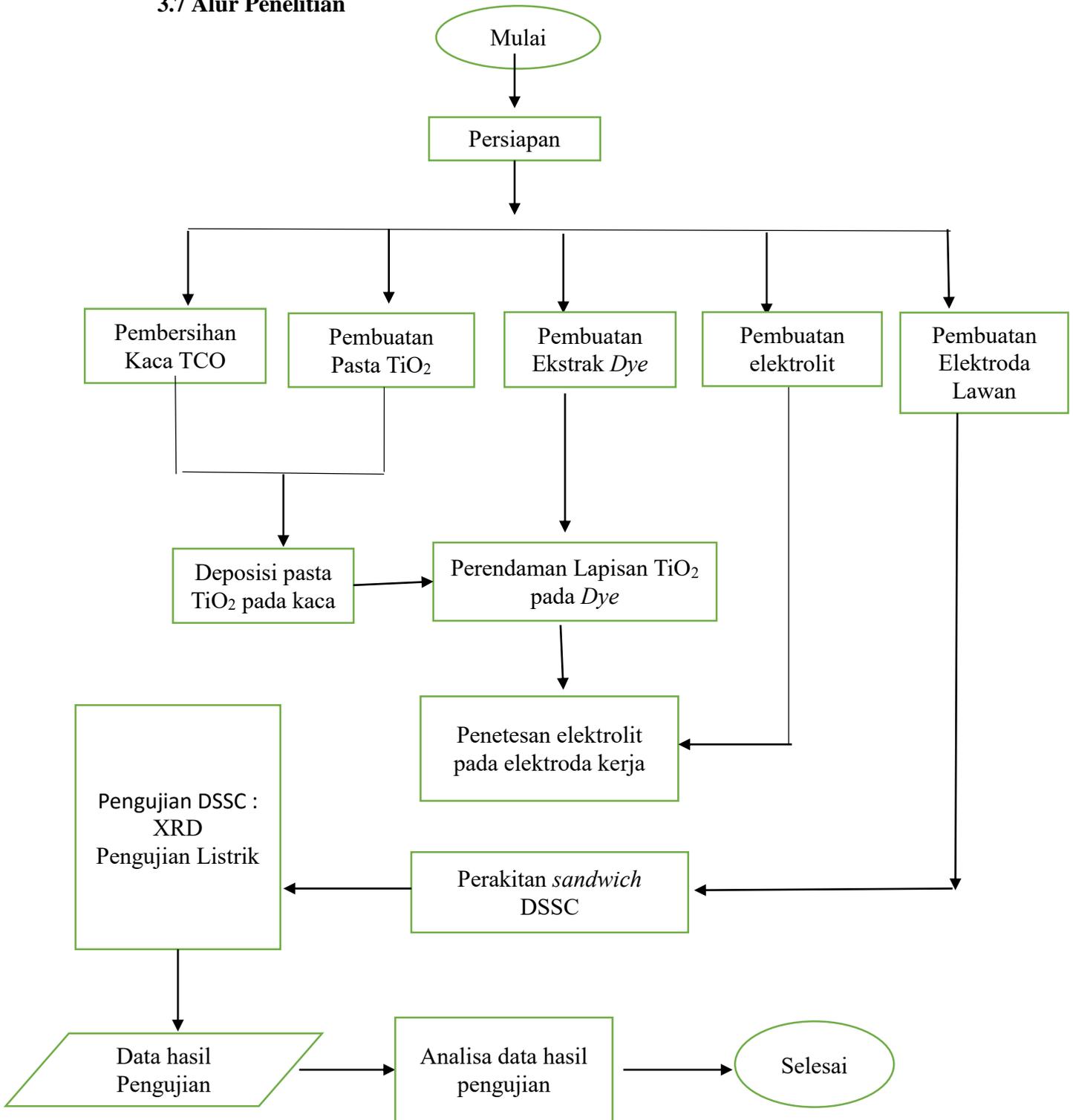
### 3.6.3 Karakteristik Arus dan Tegangan DSSC dengan Rangkaian

Pada DSSC yang telah dirangkai dilakukan pengujian langsung tegangan dan arus yang terukur dari sel dengan menggunakan multimeter. Sumber cahaya yang digunakan yaitu cahaya lampu Fluorescent (TL) untuk pengujian dalam ruangan.



**Gambar 3.7.** Rangkaian Pengujian Arus dan Tegangan untuk DSSC

### 3.7 Alur Penelitian



Gambar 3.8 Diagram Alir Penelitian

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

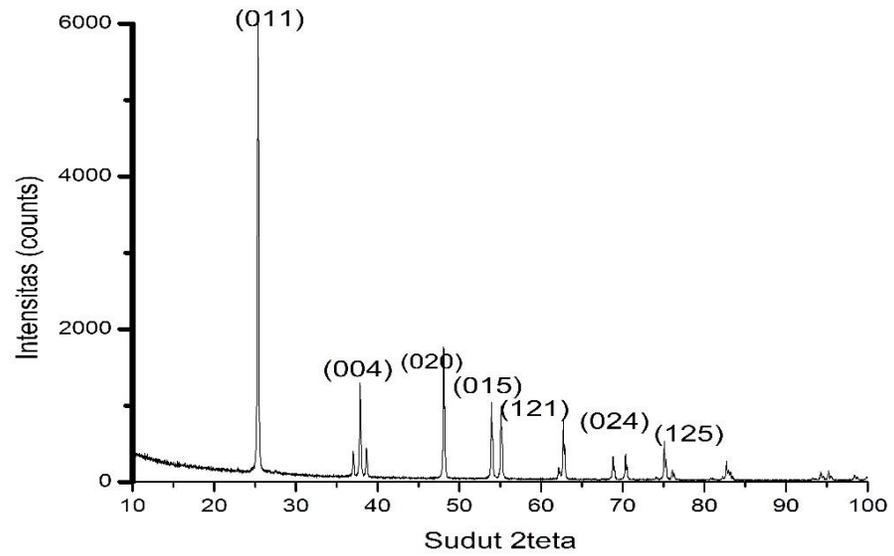
Pada penelitian ini dilakukan studi tentang sifat kelistrikan yang dimiliki oleh *Dye Sensitized Solar cell* (DSSC) dengan menggunakan ekstraksi antosianin kulit buah rambutan (*Nephelium Lappaceum*) sebagai *dye* alami. Pada bagian ini akan disajikan tentang karakterisasi bubuk TiO<sub>2</sub> dengan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), karakterisasi panjang gelombang ekstrak antosianin kulit rambutan dengan menggunakan Spektrofotometer UV-VIS, pengujian konduktivitas listrik dengan menggunakan LCR Meter dan pengujian sifat kelistrikan DSSC dengan sumber cahaya lampu berdasarkan rangkaian.

#### 4.1 Karakterisasi Bubuk TiO<sub>2</sub> dengan *X-Ray Diffraction* (XRD)

Karakterisasi bubuk semikonduktor TiO<sub>2</sub> menggunakan XRD bertujuan untuk menentukan fase, ukuran dan struktur kristal yang dimiliki oleh bubuk semikonduktor tersebut. Analisis dilakukan dengan membandingkan puncak-puncak pada sampel dengan puncak-puncak standar dari *Joint Comitte on Powder Diffraction Standard* (JCPDS) *database anatase* dan JCPDS *database rutile*. Pola difraksi pada gambar 4.1 menunjukkan puncak tertinggi memiliki sudut  $2\theta$  sebesar 25,309. Rentang ini berdasarkan JCPDS no. 21-1272 merupakan fasa kristal anatase. Dengan menggunakan persamaan Scherrer pada indeks bidang miller (011) yang terdapat pada Tabel 4.1, ukuran kristal yang terhitung yaitu 60,8 nm. Dalam kaitannya dengan hal ini, dengan

semakin dibuat kecilnya ukuran suatu material hingga skala nanometer ( $10^{-9}$  m) maka rasio antara permukaan terhadap volume (*surface to volume ratio*) akan semakin besar sehingga interaksi dengan lingkungan sekelilingnya akan semakin intens. Penggunaan nanopartikel  $\text{TiO}_2$  sebagai lapisan oksida DSSC dimungkinkan dapat meningkatkan mekanisme injeksi elektron tereksitasi dari zat pewarna untuk memanen (*harvesting*) foton dari cahaya matahari (Herman,2011).

Fase anatase adalah fase kristal yang paling efektif sebagai lapisan tipis sel surya karena menjadikan semikonduktor mempunyai aktivitas fotokatalitik yang baik. Kemampuan fotokatalitik ini akan meningkat apabila lapisan tipis  $\text{TiO}_2$  memiliki ukuran partikel dalam kisaran nanometer (Septina,2006). Sebagaimana diperlihatkan pada gambar 4.1 bahwa puncak yang meruncing hasil karakteristik XRD terhadap bubuk  $\text{TiO}_2$  menunjukkan kristalinitas yang baik. Dengan kristalinitas yang baik, maka proses difusi elektron pada  $\text{TiO}_2$  akan lebih cepat, sehingga dapat meningkatkan efisiensi sel surya (Septina,2006). Fase anatase bubuk  $\text{TiO}_2$  memiliki sistem kristal tetragonal dengan sumbu  $a = b \neq c$  dan  $\alpha = \beta = \gamma = 90$ . Parameter kisi  $\text{TiO}_2$  dalam fase anatase berdasarkan JCPDS yaitu  $a = 3.785 \text{ \AA}$  dan  $c = 9.513 \text{ \AA}$ ; Sedangkan nilai parameter kisi  $a$  dari penelitian adalah  $a = 3,7840 \text{ \AA}$  dan  $c = 9,5150 \text{ \AA}$ . Nilai pengukuran tersebut mendekati atau setara dengan nilai parameter kisi pada data JCPDS.



**Gambar 4.1.** Karakterisasi XRD pada Bubuk TiO<sub>2</sub>

**Tabel 4.1** Jarak Antar Bidang Bubuk TiO<sub>2</sub>

2 θ	h,k,l	Jarak Antar Bidang (d) Å	FWHM (°)
25,309	011	3,51615	0,134
37,789	004	2,37875	0,123
48,050	020	1,892	0,118
53,884	015	1,7011	0,12

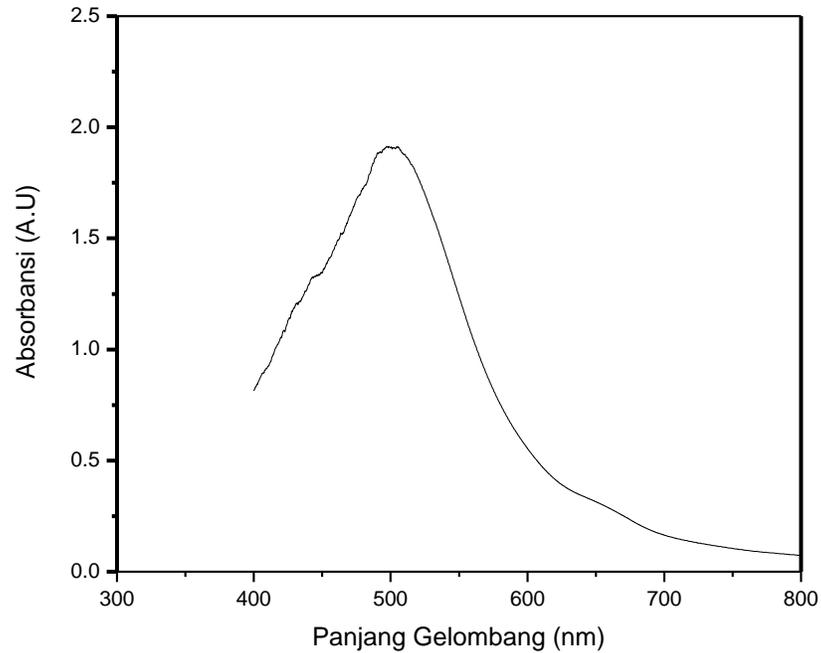
55,076	121	1,66611	0,131
62,693	024	1,48074	0,127
75,054	125	1,26458	0,139

#### 4.2 Karakterisasi Panjang Gelombang Antosianin *Dye* Kulit Rambutan

Meskipun semikonduktor TiO<sub>2</sub> dalam kondisi stabil, tetapi TiO<sub>2</sub> memiliki energi *bandgap* yang cukup lebar, sehingga tidak menyerap cahaya tampak dan hanya menyerap radiasi Ultraviolet (UV). Keterbatasan sifat semikonduktor TiO<sub>2</sub> dapat diatasi dengan memodifikasi permukaan atau struktur semikonduktor TiO<sub>2</sub> tersebut. Penggunaan bahan pewarna (*sensitizer*) merupakan salah satu cara untuk memperbaiki sifat semikonduktor dengan meningkatkan respon panjang gelombang cahaya tampak dari semikonduktor (Nugrahawati,2012).

Pada penelitian ini telah dilakukan pembuatan *dye* alami dari kulit buah rambutan. Dalam pembuatan ekstrak kulit rambutan tersebut digunakan larutan etanol 95% yang telah diasamkan dengan larutan HCl 1% sebagai pelarut. Sebelum larutan yang didapatkan dari hasil ekstraksi digunakan sebagai *sensitizer*, ekstrak antosianin terlebih dahulu diuji spektrum panjang gelombang dan absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Proses pengujian absrobansi *dye* antosianin kulit buah ramburan diawali dengan proses *baseline* pada spektrometer. Proses *baseline* ini bertujuan untuk mengurangi pengaruh etanol sebagai pelarut pada ekstrak

kulit rambutan, sehingga hanya spektrum absorbs dari zat terlarut saja yang terukur. Selanjutnya setelah proses *baseline* dilakukan pengujian absrobsi *dye* kulit rambutan dengan hasil yang ditunjukkan pada Gambar 4.2. di bawah ini.



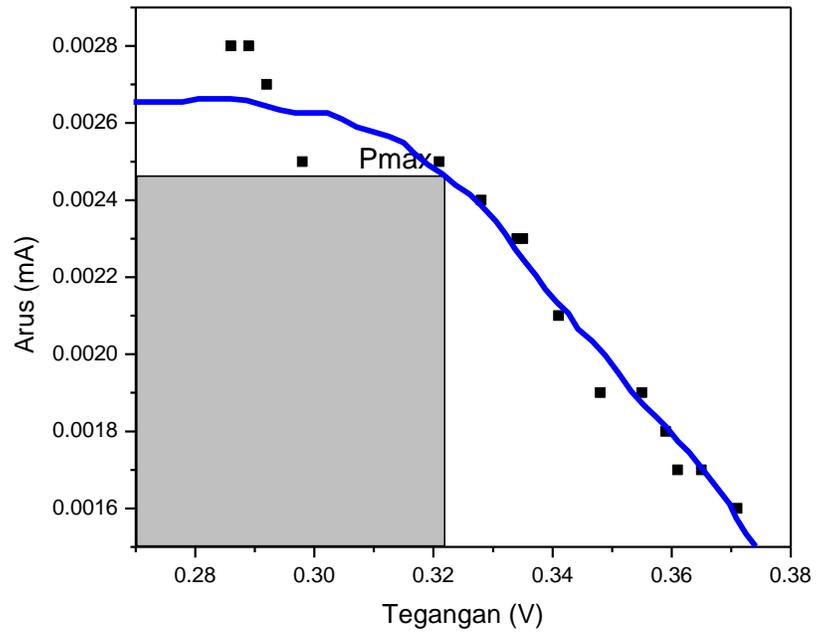
**Gambar 4.2** Spektrum Absorbansi *Dye* Kulit Rambutan

Gambar 4.2 memperlihatkan spektrum absrobansi sebagai fungsi panjang gelombang. Hasil pengujian pada rentang panjang gelombang 300-800 nm menunjukkan bahwa spektrum serapan ekstrak antosianin cukup lebar dengan panjang gelombang maksimumnya sekitar 500 nm. Panjang gelombang pengukuran ini bersesuaian atau berada direntang panjang gelombang antosianin yakni 465-560 nm (Lydia,dkk,2001). Nilai panjang gelombang yang dihasilkan pada penelitian ini jauh lebih besar dan tepat berada dalam rentang panjang gelombang antosianin bila

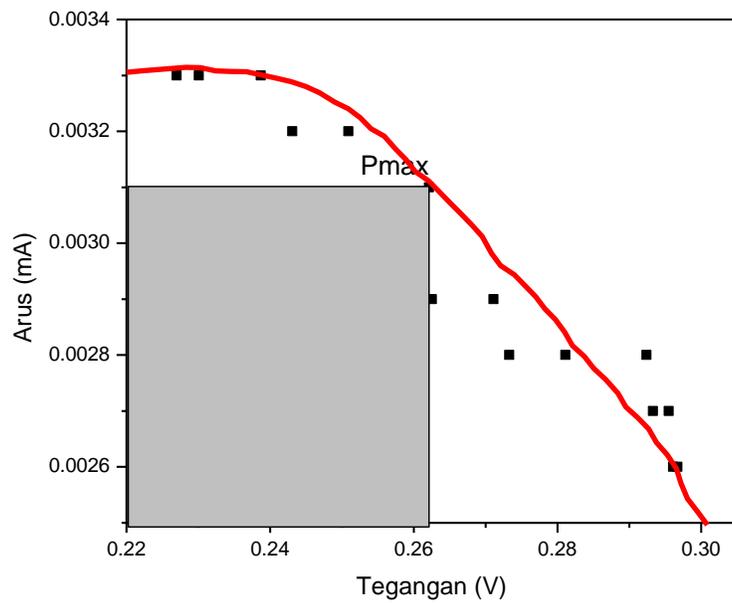
dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Hafiz,dkk. Dengan penggunaan campuran klorofil-karetonoid, Hafiz, dkk hanya menghasilkan panjang gelombang maksimal sebesar 435 nm (Hafiz,2015) atau di luar rentang panjang gelombang antosianin.

### **4.3 Karakteristik Arus-Tegangan pada DSSC**

Untuk mengetahui kinerja sel DSSC, maka pada penelitian ini telah dilakukan pengukuran karakteristik arus-tegangan (I-V) pada kondisi tersinari oleh sumber cahaya lampu *Fluroscet Lamp* (TL). Pada pengukuran I-V sel surya, elektroda kerja dan elektroda lawan disusun seperti *sandwich*. Sementara itu, ruang antara elektroda kerja dan elektroda lawan disisipkan larutan elektrolit. Penggunaan variasi elektroda pembanding dilakukan pada penelitian untuk mengetahui bagaimana pengaruh elektroda pembanding terhadap kinerja sel surya. Hasil karakterisasi arus-tegangan sel surya dengan menggunakan elektoda karbon ditunjukkan pada Gambar 4.3. Sedangkan, dengan menggunakan elektroda emas ditunjukkan pada Gambar 4.4 di bawah ini. Untuk keperluan penelitian ini masing-masing sel direndam dengan *dye* selama 2 jam. Berdasarkan data yang didapat diketahui bahwa sistem DSSC dapat menghasilkan arus listrik meskipun kecil. Adanya arus yang terbaca menunjukkan bahwa sensitasi pada lapis tipis TiO<sub>2</sub> oleh zat warna alami mengalami transfer elektron dari keadaan tereksitasi zat warna menuju pita konduksi TiO<sub>2</sub>.



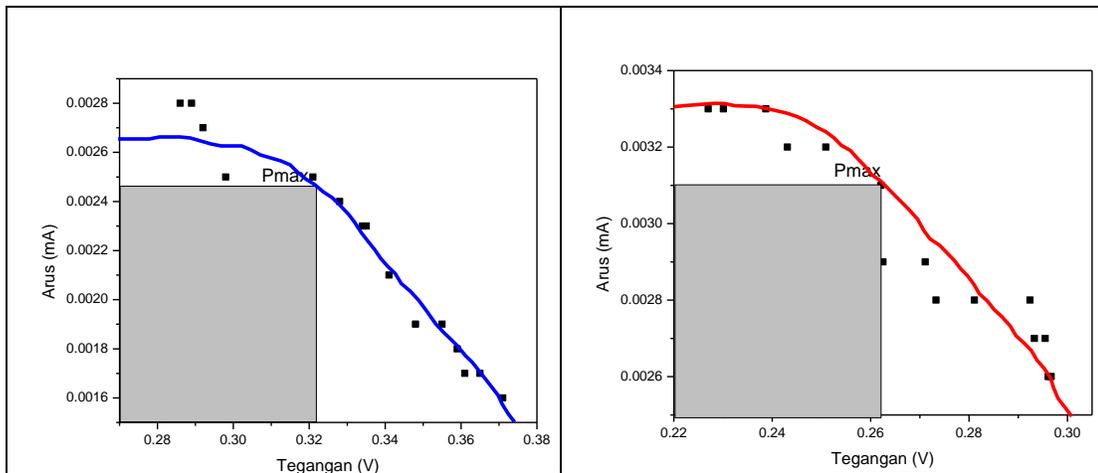
**Gambar 4.3.** Kurva I-V pada DSSC Elektroda Karbon



**Gambar 4.4.** Kurva I-V pada DSSC Elektroda Emas

Berdasarkan kedua grafik tersebut terlihat bahwa sel yang dilapisi emas memberikan arus keluaran yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang dilapisi karbon. Mengalirnya arus pada sel surya dikarenakan elektron yang dihasilkan dari zat warna yang tereksitasi tersinari oleh cahaya dari sumber lampu *Fluorescent Lamp* (TL) pada daerah cahaya tampak terinjeksi kedalam pita konduksi semikonduktor  $\text{TiO}_2$ . Terjadinya injeksi elektron dikarenakan adanya ikatan antara zat warna dengan  $\text{TiO}_2$ . Jika tidak terjadi interaksi/ikatan antara zat warna dengan  $\text{TiO}_2$ , elektron lebih sulit mengalami injeksi sehingga tidak terjadi aliran elektron yang menyebabkan sistem sel surya tidak bekerja. Hal lain yang dapat menyebabkan tidak bekerjanya sel surya adalah jika larutan elektrolit tidak terdistribusi secara merata pada seluruh permukaan kontak elektroda kerja dan elektroda lawan (Nugrahawati,2012).

Sedangkan grafik perbandingan antara sel yang dilapisi dengan elektroda karbon dan yang dilapisi dengan emas ditunjukkan pada Gambar 4.5 di bawah ini. Berdasarkan gambar 4.5 terlihat bahwa arus yang dihasilkan oleh sistem surya masih rendah, hal ini dimungkinkan akibat ketebalan pasta yang tidak seragam, dimana semakin tebal lapisan pasta  $\text{TiO}_2$  semakin sedikit elektron yang dapat mengalir ke lapisan kaca konduktif.



(a)

(b)

**Gambar 4.5.** Perbandingan Kurva I-V antara (a) Elektroda karbon dan (b) Elektroda emas

Faktor-faktor yang dimungkinkan mempengaruhi besar kecilnya tegangan dan arus yang dihasilkan prototipe DSSC ini adalah (1) elektrolit yang digunakan pada penelitian ini menggunakan pelarut aquades. Larutan elektrolit sebaiknya menggunakan pelarut jenis asetonitril. Selain itu elektrolit yang digunakan berbentuk cairan sehingga mudah menguap. (2) Penggunaan lapisan emas dan lapisan karbon sebagai pengganti platina untuk bahan katalis pada elektroda lawan/pembanding. Berdasarkan hasil yang didapat, diasumsikan bahwa lapisan emas dan lapisan karbon memiliki kemampuan katalisasi lebih rendah dibandingkan platina sebagai pembawa ion-ion larutan elektrolit (3) Kontruksi pengukuran yang belum sempurna, pembuatan kontak listrik yang kurang baik bisa menurunkan pengukuran kinerja sel surya. Dari pengujian rangkaian didapatkan hasil arus, tegangan dan nilai efisiensi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Efisiensi DSSC

Elektroda Pembanding	Voc (V)	Isc (A)	FF	Efisiensi (%)
Karbon	0.37	$2,8 \times 10^{-6}$	0.77	0.098
Emas	0.30	$3,3 \times 10^{-6}$	0.81	0.099

Penelitian ini memperlihatkan bahwa sel surya DSSC berhasil mengkonversi energi surya menjadi listrik yang ditunjukkan dengan terbacanya nilai tegangan dan arus maksimum pada multimeter. Kinerja sel surya yang dihasilkan dalam penelitian ini belum cukup baik dikarenakan nilai efisiensi konversi  $\eta$  yang dihasilkan masih rendah. Nilai efisiensi yang rendah dikarenakan nilai arus dan tegangan yang dihasilkan masih rendah. Arus sel surya sangat ditentukan oleh mekanisme transfer dan transpor elektron di dalam sel. Dari analisis hasil pengukuran arus dan tegangan, diyakini bahwa telah terjadi transfer elektron dari antosianin teroksidasi ke dalam lapisan fotoelektroda, namun diperkirakan belum optimal. Demikian juga transfer elektron di dalam lapisan fotoelektroda belum berjalan baik karena hambatan lapisan yang sangat besar. Kedua faktor ini diyakini merupakan penyebab utama rendahnya arus dan tegangan listrik yang dihasilkan sehingga efisiensi konversi sel surya rendah (Hardeli,2013).

Hasil penelitian ini masih rendah bila dibandingkan dengan hasil penelitian oleh N.T.R.N Kumara (2013). Sebagaimana diketahui bahwa efisiensi yang dihasilkan oleh penelitian N.T.R.N Kumara apabila tidak menggunakan HCl sebesar 0,26%, dan yang menggunakan HCl sebesar 0,56%. Sementara hasil penelitian ini dengan DSSC yang menggunakan elektroda karbon hanya sebesar 0.098%, sedangkan dengan elektroda emas hanya sebesar 0.099%. Hal ini dimungkinkan karena pada penelitian N.T.R.N Kumara menggunakan lapisan tipis TiO<sub>2</sub> fase anatase dengan ukuran kristal 13 nm yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan ukuran kristal pada penelitian ini yaitu 60,8 nm. Selain itu, pada penelitian N.T.R.N Kumara menggunakan lapisan platina sebagai elektroda lawan, sebagaimana diketahui bahwa kemampuan katalitik lapisan platina sebagai elektroda lawan lebih unggul dibandingkan dengan penggunaan lapisan karbon maupun lapisan emas.

#### **4.4 Karakteristik Sifat Konduktivitas Listrik DSSC**

Pengujian sifat konduktivitas listrik dari DSSC kulit rambutan dengan menggunakan alat uji LCR Meter HIOKI 3522-50 LCR HiTESTER pada penelitian ini disajikan pada Tabel 4.3. Nilai konduktivitas listrik suatu material menunjukkan sifat konduktivitas material tersebut, yakni konduktor, isolator dan semikonduktor. Tabel 4.3 menunjukkan besarnya konduktivitas listrik yang dimiliki oleh DSSC yang dibuat pada penelitian ini merupakan material semikonduktor karena nilai konduktivitas listriknya berada dalam rentang nilai konduktivitas listrik semikonduktor yaitu berada pada rentang  $10^{-6}$  S/cm. Range nilai ini jika dilihat pada literatur jenis material

berdasarkan konduktivitas listriknya menunjukkan bahwa sampel yang dikarakterisasi ini tergolong material semikonduktor (M.Romzie, 2008).

**Tabel 4.3** Hasil Konduktivitas DSSC

Nama Sampel	G (S)	$\sigma$ (S/cm)
DSSC dengan Elektroda Lawan Karbon	$3.13569 \times 10^{-6}$	$2.61307 \times 10^{-6}$
DSSC dengan Elektroda Lawan Emas	$2.81119 \times 10^{-6}$	$2.34266 \times 10^{-6}$

Berdasarkan hasil diatas sampel DSSC dengan elektroda lawan karbon memiliki nilai konduktivitas listrik lebih besar dibandingkan dengan elektroda yang menggunakan emas. Hal ini dikarenakan sifat karbon sebagai elektroda lawan dapat mempercepat proses transfer muatan yang melibatkan elektrolit sebagai media transport muatan. Fotokonduktivitas adalah fenomena optik dan listrik di dalam suatu material yang menjadi lebih konduktif ketika menyerap radiasi elektromagnet seperti cahaya tampak, sinar ultraviolet, sinar inframerah, atau radiasi gamma. Ketika cahaya diserap oleh sebuah material seperti semikonduktor, jumlah dari perubahan elektron bebas dan *hole* dapat meningkatkan konduktivitas listrik dari semikonduktor. Peningkatan konduktivitas listrik disebabkan oleh eksitasi dari penambahan pengisian elektron bebas yang diangkut oleh cahaya energi tinggi pada semikonduktor dan insulator.

## BAB V

### KESIMPULAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan :

1. Kulit rambutan mengandung pigmen warna antosianin yang membuat warnanya menjadi merah.
2. Panjang gelombang yang dihasilkan pada antosianin kulit rambutan berada pada range 465-560 nm. Dengan panjang gelombang maksimum sebesar 500 nm.
3. DSSC dengan *dye* alami ekstrak kulit buah rambutan terbukti dapat mengkonversi energi surya menjadi energi listrik, dibuktikan dengan terbacanya tegangan dan arus yang mengalir ke dalam sistem sel surya.
4. Hasil karakterisasi I-V dengan rangkaian menunjukkan bahwa sel surya dengan elektroda karbon memiliki efisiensi sebesar 0.09848 % sedangkan sel surya dengan elektroda emas memiliki efisiensi sebesar 0.09948 %.
5. Konduktivitas listrik yang dimiliki sel surya dengan elektroda karbon adalah  $2.61307 \times 10^{-6}$  (S/cm). Sedangkan sel surya dengan elektroda emas memiliki konduktivitas listrik sebesar  $2.34266 \times 10^{-6}$  (S/cm).

## 5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan beberapa hal yaitu :

1. Memperhatikan ketebalan lapisan yang digunakan, karena tipis atau tebalnya lapisan mempengaruhi kinerja dari sel DSSC.
2. Mencoba menggunakan teknik lain dalam pelapisan  $\text{TiO}_2$  seperti *spin coating* untuk melapisakan pasta agar ketebalan pasta lebih seragam.
3. Membandingkan efektifitas DSSC dengan menggunakan elektroda lawan yang berbeda selain karbon dan emas.
4. Membandingkan pemanasan lapisan  $\text{TiO}_2$  pada kaca konduktif dengan temperatur yang berbeda atau pengeringan di alam terbuka.
5. Menggunakan elektrolit yang bersifat padat sehingga daya tahan DSSC lebih lama.
6. Menggunakan lapisan semikonduktor  $\text{TiO}_2$  yang berukuran lebih kecil dibandingkan dengan penelitian ini.
7. Melakukan variasi perendaman untuk mengetahui hubungan perendaman lapisan  $\text{TiO}_2$  ke dalam *dye* dengan kinerja DSSC.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bahtiar,Hafiz. 2015. Konstruksi Sel Surya Bio menggunakan Campuran Klorofil-Karotenoid sebagai *Sensitizer*. Jurnal Fisika dan Aplikasinya Volume 11 Nomor 1 Januari 2015.
- Boyo, Anike. 2014. *Electrical Properties of Roystonea regia Fruit Extract as Dye Sensitized Solar Cell*. *International Journal of Electrical, computer, energetic and communication Engineering* Vol. 8 No. 6, 2014.
- Ellis, Hanna. 2016. *Developing Environmentally friendly Dye Sensitized Solar Cell*. *Digital Comprehensive summaries of Uppsala Disertations ACTA Universitatis Upsaliensis*.
- Gratzel, M. 2003. *Dye-Sensitized Solar Cell*. *Journal of Photochemistry and Photobiology C:Photochemistry Reviews* 4 hal 145-153
- Hardeli. 2013. *Dye Sensitized Solar Cells (DSSC) Berbasis Nanopori TiO<sub>2</sub> Menggunakan Antosianin dari Berbagai Sumber Alami*. Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung, 2013
- Halme J., 2002, *Dye sensitized Nanostructured and Organic Photovoltaic Cell Technical Review And Preliminary Test*, Master Thesis of Helsinki University of Technology
- Herman,Ahmad. 2011. Sel Surya Tersensitasi Zat Pewarna Berbasis Nanopartikel TiO<sub>2</sub> Hasil Proses Sol-Gel dan Perlakuan Pasca Hidrotermal. *Jurnal Material dan Energi Indonesia* Vol. 01, No. 03 (2011) 127 – 140 Jurusan Fisika FMIPA Universitas Padjadjaran
- Lydia S. Wijaya, Simon B. Widjanarko, dan Tri Susanto, “Ekstraksi dan Karakterisasi Pigmen dari Kulit Buah Rambutan (*Nephelium Lappaceum*) Var. Binjai”, *Jurnal Teknologi Pangan dan Gizi*, Vol.2, No.1, 2001.
- Kumara, Maya Sukma Widya.2012. Studi Awal Fabrikasi *Dye Sensitized Solar Cell* Dengan Menggunakan Ekstraksi Daun Bayam (*Amaranthus Hybridus L.*) Sebagai *Dye Sensitizer* Dengan Variasi Jarak Sumber Cahaya Pada DSSC. FMIPA Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya
- M. Romzie. 2008. Studi Konduktivitas Listrik, Kurva I-V dan Celah Energi Fotodioda Berbasis Film Tipis Ba<sub>0,75</sub>Sr<sub>0,25</sub>TiO<sub>3</sub> (BST) yang didadah Galium (BSGT) Menggunakan Metode *Chemical Solution Deposition (CSD)*. FMIPA. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

- Nugrahawati, Dewi. 2012. Fabrikasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Menggunakan Mawar Merah (*Rosa Damascena* Mill) sebagai Pewarna Alami Berbasis Antosianin. FMIPA. Universitas Sebelas Maret. Surakarta
- N.T.R.N Kumara, dkk. 2013. *Study of the Enhancement of Cell Performance of Dye Sensitized Solar Cells Sensitized With Nephelium lappaceum (F: Sapindaceae)*. Journal of Solar Engineering Vol. 135
- Olivia, Laura Siahaan, dkk. Ekstraksi Pigmen Antosianin dari Kulit Rambut (*Nephelium lappaceum*) dengan Pelarut Etanol. Jurnal Teknik Kimia USU, Vol. 3, No. 3 (September 2014)
- Rahman, Arif. 2011. Fabrikasi dan Karakterisasi Nanopartikel ZnO untuk Aplikasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC). Tesis. Fakultas Teknik. Program Studi Teknik Metalurgi dan Material Kekhususan Material Manufaktur Universitas Indonesia, Depok.
- Rasida, Elvi Florentina Hutapea, dkk. Ekstraksi Pigmen Antosianin dari Kulit Rambut (*Nephelium lappaceum*) dengan Pelarut Metanol. Jurnal Teknik Kimia USU, Vol. 3, No. 2 (Juni 2014)
- Safitri, Juwita, dkk. 2014. Rancang Bangun Alat Ukur Resistivitas pada Lapisan Tipis Menggunakan Metode 4 Probe Berbasis ATmega 8535 Dengan Tampilan LCD Karakter 2 x 16. Jurnal Fisika Unand. Universitas Negeri Andalas.
- Santi Wibiani, "Isolasi dan Identifikasi Senyawa Antosianin dari Kulit Buah Anggur (*Vitis vinifera* var. Prabu Bestari)", Skripsi, Jurusan Kimia, Fakultas Sains Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang, 2010.
- Septina W, Dimas F dan Mega A. 2006. Pembuatan Prototipe Solar Cell Murah dengan Bahan Organik-Inorganik (*Dye sensitized Solar Cell*). Bandung : ITB
- Vitriany, Ekasari. 2013. Fabrikasi DSSC dengan Dye Ekstrak Jahe Merah (*Zingiber Officinale* Linn Var. *Rubrum*) Variasi Larutan TiO<sub>2</sub> Nanopartikel Berfase Anatase dengan Teknik Pelapisan *Spin Coating*. Jurnal Sains dan Seni Pomits Vol. 2, No.1, (2013) 2337-3520 (2301-928X Print)
- Yuwono, Akhmad Herman. Sel Surya Tersensitasi Zat Pewarna Berbasis Nanopartikel TiO<sub>2</sub> Hasil Proses Sol-Gel dengan Perlakuan Pasca-Hidrotermal. Jurnal Material dan Energi Indonesia Vol. 01, No. 03 (2011) 127 – 140.
- 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. JURNAL SAINS DAN SENI POMITS Vol. 1, No.2, (2013) 2301-928X

**LAMPIRAN**

**Lampiran 1. Dokumentasi Penelitian**

<p>Pembersihan Kaca Konduktif Menggunakan <i>Ultrasonic Cleaner</i></p> 	<p>Pembuatan Pasta TiO<sub>2</sub> menggunakan <i>magnetic stirrer</i></p> 
<p>Deposisi Lapisan TiO<sub>2</sub> ke Kaca Konduktif</p> 	<p>Hasil Deposisi Lapisan TiO<sub>2</sub> ke Kaca Konduktif</p> 



Sintering dengan Suhu 450°C



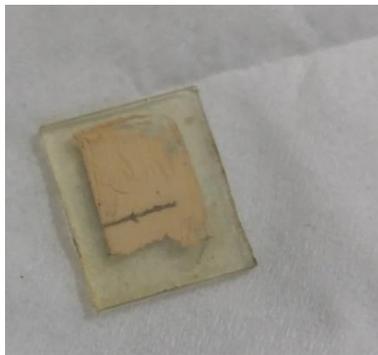
Pembuatan Lapisan Karbon



Ekstraksi Kulit Rambutan dengan cara maserasi



Perendaman Lapisan TiO<sub>2</sub> ke dalam *dye* kulit rambutan



Hasil Perendaman Lapisan TiO<sub>2</sub>



Pembuatan Larutan Elektrolit



Pengujian konduktivitas listrik menggunakan LCR Meter



Pengujian menggunakan sumber cahaya lampu Fluroscent Lamp(TL)

## Lampiran 2. Perhitungan Konduktivitas Listrik DSSC

Untuk mendapatkan nilai konduktivitas listrik ( $\sigma$ ) sel surya gunakan persamaan berikut :

$$\sigma = \frac{Gl}{A}$$

Dengan:

$\sigma$  = konduktivitas listrik (S/cm)

G = konduktansi (S)

l = jarak antar 2 kontak (cm)

A = luas penampang kontak (cm<sup>2</sup>)

Tabel 1. Data hasil perhitungan konduktivitas listrik DSSC dengan elektorda lawan karbon

No	G (uS)	G(S)	R (ohm)	$\sigma$ (S/cm)
1	1.9835	1.98E-06	504159.31	1.65292E-06
2	2.2537	2.25E-06	443714.78	1.87808E-06
3	2.327	2.33E-06	429737.86	1.93917E-06
4	4.3186	4.32E-06	231556.52	3.59883E-06
5	2.828	2.83E-06	353606.79	2.35667E-06
6	3.1737	3.17E-06	315089.64	2.64475E-06
7	3.8465	3.85E-06	259976.6	3.20542E-06
8	3.8781	3.88E-06	257858.23	3.23175E-06
9	3.6121	3.61E-06	276847.26	3.01008E-06
Jumlah	28.2212	2.82E-05	3072547	2.35177E-05
Rata-rata	3.135689	3.14E-06	341394.11	2.61307E-06

Tabel 2. Data hasil perhitungan konduktivitas listrik DSSC dengan elektorda lawan emas

No	G (uS)	G(S)	R(ohm)	$\sigma$ (S/cm)
1	1.2402	1.2402E-06	806321.6	1.0335E-06
2	1.38831	1.38831E-06	720300.2	1.15693E-06
3	4.9043	4.9043E-06	203902.7	4.08692E-06
4	2.8507	2.8507E-06	350791	2.37558E-06
5	3.3537	3.3537E-06	298178.1	2.79475E-06
6	3.2475	3.2475E-06	307929.2	2.70625E-06
7	2.6948	2.6948E-06	371085.1	2.24567E-06
8	2.81	0.00000281	355871.9	2.34167E-06
Jumlah	22.48951	2.24895E-05	3414380	1.87413E-05
Rata-rata	2.811189	2.81119E-06	426797.5	2.34266E-06

### Lampiran 3. Database TiO<sub>2</sub>

#### Name and formula

Reference code: 98-000-9852

Mineral name: Anatase  
Compound name: Anatase  
Common name: Anatase

Chemical formula: O<sub>2</sub>Ti<sub>1</sub>

#### Crystallographic parameters

Crystal system: Tetragonal  
Space group: I 41/a m d  
Space group number: 141

a (Å): 3,7840  
b (Å): 3,7840  
c (Å): 9,5150  
Alpha (°): 90,0000  
Beta (°): 90,0000  
Gamma (°): 90,0000

Calculated density (g/cm<sup>3</sup>): 3,89  
Volume of cell (10<sup>6</sup> pm<sup>3</sup>): 136,24  
Z: 4,00

RIR: 5,13

#### Subfiles and quality

Subfiles: User Inorganic  
User Mineral

Quality: User From Structure (=)

#### Comments

Creation Date: 01/01/1980  
Modification Date: 01/02/2012  
Original ICSD space group: I41/AMDS  
Alias type name: anatase; SB: C5. AE: Ti: 6o O6; O: 3l Ti3. Stable below 300 K (3rd ref., Tomaszewski), 300-800 K: Pbca. X-ray diffraction from single crystal. Structure type : TiO<sub>2</sub>(tI12). Temperature factors available. Temperature in Kelvin: 298. Structure type prototype : TiO<sub>2</sub>(tI12). The structure has been assigned a PDF number (experimental powder diffraction data): 21-1272. The structure has been assigned a PDF number (calculated powder diffraction data): 01-071-1166. Compound with mineral name: Anatase. Structure

type: TiO<sub>2</sub>(tI12). Recording date: 1/1/1980. Modification date: 2/1/2012. Mineral origin: Binntal, Wallis, Switzerland. ANX formula: AX<sub>2</sub>. Z: 4. Calculated density: 3.89. R value: 0.023. Pearson code: tI12. Wyckoff code: e a. PDF code: 00-021-1272

Structure TIDY: TRANS Origin 0 3/4 5/8

Structure TIDY: REMARK Transformed from non-centrosymmetric setting.

Publication title: Refinement of the structure of anatase at several temperatures

ICSD collection code: 9852

Structure: TiO<sub>2</sub>(tI12)

Chemical Name: Titanium Oxide

Second Chemical Formula: Ti O<sub>2</sub>

## References

Structure: Meagher, E.P.;Schwerdtfeger, C.F.;Horn, M., *Golden Book of Phase Transitions*, Wroclaw, 1, 1 - 123, (2002)

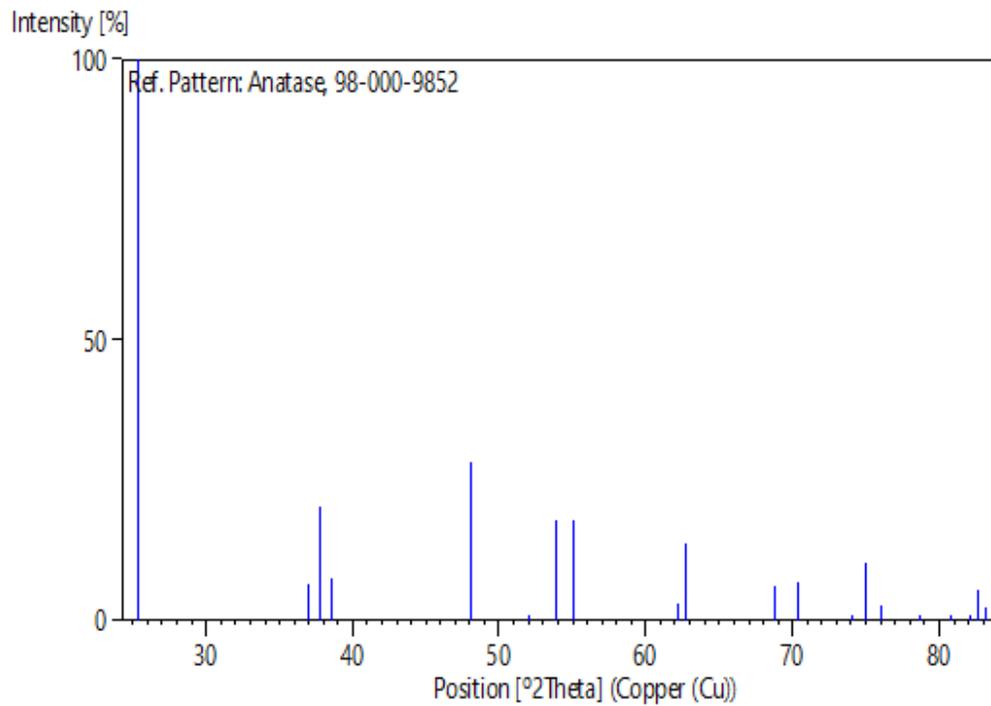
## Peak list

No.	h	k	l	d [Å]	2Theta[deg]	I [%]
1	0	1	1	3,51615	25,309	100,0
2	0	1	3	2,43074	36,951	6,6
3	0	0	4	2,37875	37,789	20,3
4	1	1	2	2,33215	38,573	7,7
5	0	2	0	1,89200	48,050	28,2
6	0	2	2	1,75808	51,972	0,0
7	0	1	5	1,70011	53,884	18,0
8	1	2	1	1,66611	55,076	17,8
9	1	2	3	1,49303	62,119	3,2
10	0	2	4	1,48074	62,693	13,9
11	1	1	6	1,36423	68,755	6,2
12	2	2	0	1,33785	70,308	6,8
13	0	1	7	1,27925	74,048	0,6
14	1	2	5	1,26458	75,054	10,4
15	0	3	1	1,25039	76,056	2,8
16	0	2	6	1,21537	78,662	0,0
17	0	0	8	1,18938	80,729	0,5
18	0	3	3	1,17205	82,177	0,7
19	2	2	4	1,16608	82,690	5,3
20	1	3	2	1,16046	83,179	2,2

## Structure

No.	Name	Elem.	X	Y	Z	Biso	sof	Wyck.
1	O1	O	0,00000	0,25000	0,16690	0,6100	1,0000	8e
2	Ti1	Ti	0,00000	0,25000	0,37500	0,3900	1,0000	4b

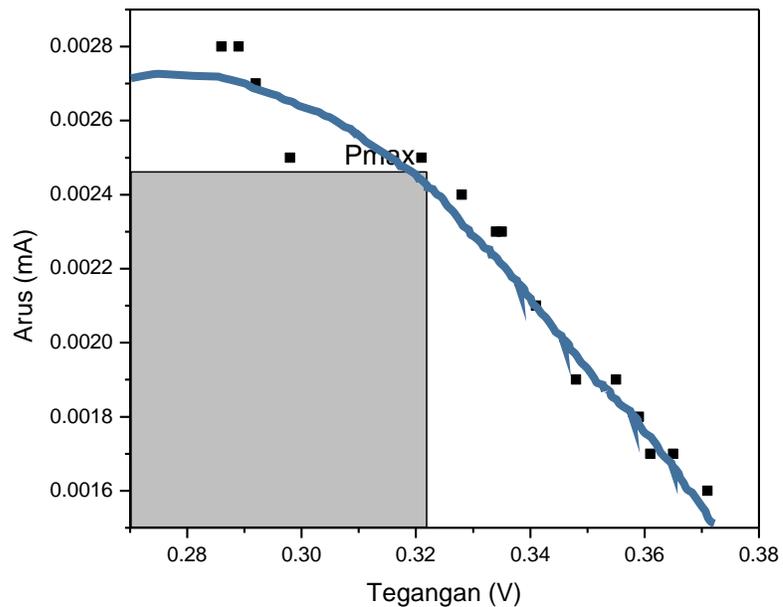
## Stick Pattern



#### Lampiran 4. Data Karakterisasi DSSC

Tabel 3. Data Karakterisasi DSSC dengan Elektroda Karbon

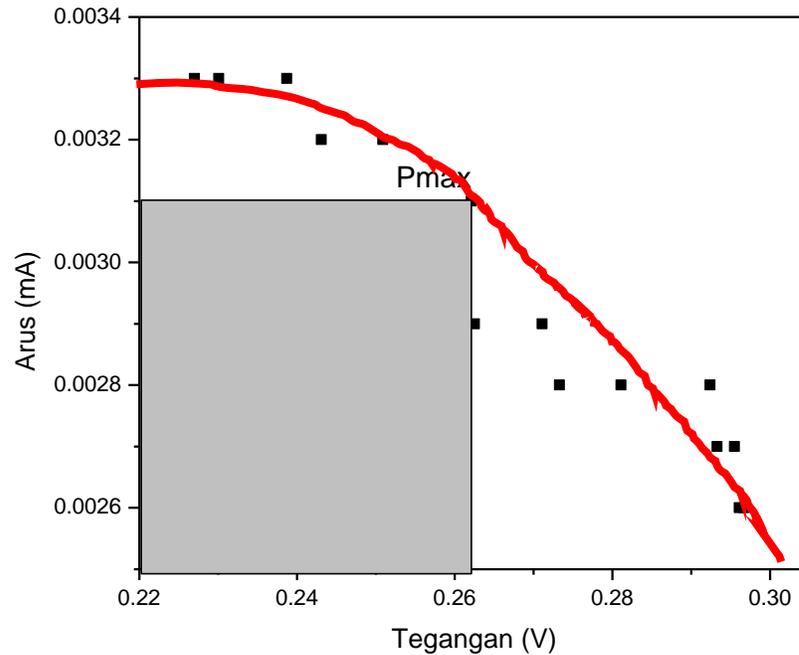
Tegangan (V)	Arus (A)	Daya(Watt)
0.371	0.0000019	7.049E-07
0.365	0.0000019	6.935E-07
0.361	0.0000019	6.859E-07
0.359	0.0000019	6.821E-07
0.355	0.0000019	6.745E-07
0.348	0.000002	6.96E-07
0.341	0.000002	6.82E-07
0.335	0.000002	6.7E-07
0.334	0.0000021	7.014E-07
0.328	0.0000021	6.888E-07
0.321	0.0000021	6.741E-07
0.298	0.0000023	6.854E-07
0.292	0.0000023	6.716E-07
0.289	0.0000028	8.092E-07
0.286	0.0000031	8.866E-07



Grafik kurva I-V pada Elektroda karbon

Tabel 4. Data Karakterisasi DSSC dengan Elektroda Emas

Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (Watt)
0.2961	0.0000026	7.6986E-07
0.2933	0.0000026	7.6258E-07
0.2967	0.0000027	8.0109E-07
0.2955	0.0000027	7.9785E-07
0.2924	0.0000028	8.1872E-07
0.2811	0.0000028	7.8708E-07
0.2733	0.0000028	7.6524E-07
0.2711	0.0000029	7.8619E-07
0.2621	0.0000029	7.6009E-07
0.2625	0.0000031	8.1375E-07
0.2509	0.0000032	8.0288E-07
0.2431	0.0000032	7.7792E-07
0.2387	0.0000033	7.8771E-07
0.2301	0.0000033	7.5933E-07
0.227	0.0000033	7.491E-07



Grafik kurva I-V pada Elektroda emas

Menentukan daya input (Pinput) dari sel surya menggunakan persamaan:

$$P_{in} = I_{max} \times Luas Kontak$$

Dengan :

Pinput = daya maksimum (watt)

Imaks = intensitas maksimum (Watt/cm<sup>2</sup>)

Luas kontak = luas kontak (cm<sup>2</sup>)

Intensitas cahaya yang digunakan pada penelitian ini adalah sumber cahaya lampu TL sebesar 3000 lux

Dengan 1 lux = 0,0015 W/m<sup>2</sup> = 1,5 x 10<sup>-7</sup> W/cm<sup>2</sup>

Maka 3000 lux = 3000 x 1,5 x 10<sup>-7</sup> W/cm<sup>2</sup> = 0,00045 W/cm<sup>2</sup>

Dan luas DSSC adalah 1,8 cm<sup>2</sup>

Maka Pinput dari sel surya tersebut adalah

$$P_{input} = (0.00045 \text{ W/cm}^2) \times (1.8 \text{ cm}^2)$$

$$P_{input} = 0.00081 \text{ W/cm}^2$$

Dan perhitungan nilai efisiensi dari sel surya dengan menggunakan persamaan :

$$\eta = \frac{V_{oc} \times I_{sc} \times FF}{I \times A} \times 100\%$$

Berdasarkan grafik I-V pada Elektroda Karbon :

$$I_{sc} = 0.0028 \text{ mA}$$

$$V_{oc} = 0.37 \text{ V}$$

$$I_{max} = 0.0025 \text{ mA}$$

$$V_{max} = 0.32 \text{ V}$$

$$FF = \frac{V_{max} \times I_{max}}{V_{oc} \times I_{sc}} = \frac{0.32 \times 2.5 \times 10^{-6}}{0.37 \times 2.8 \times 10^{-6}} = 0.77$$

$$\eta = \frac{V_{oc} \times I_{sc} \times FF}{P_{in}} \times 100\% = \frac{0.37 \times 2.8 \times 10^{-6} \times 0.77}{0.00081} = 0.09848\%$$

Sedangkan berdasarkan grafik I-V pada Elektroda emas :

$$I_{sc} = 0.0033 \text{ mA}$$

$$V_{oc} = 0.30 \text{ V}$$

$$I_{max} = 0.0031 \text{ mA}$$

$$V_{max} = 0.26 \text{ V}$$

$$FF = \frac{V_{max} \times I_{max}}{V_{oc} \times I_{sc}} = \frac{0.26 \times 3.1 \times 10^{-6}}{0.30 \times 3.3 \times 10^{-6}} = 0.814$$

$$\eta = \frac{V_{oc} \times I_{sc} \times FF}{P_{in}} \times 100\% = \frac{0.30 \times 3.3 \times 10^{-6} \times 0.814}{0.00081} = 0.09948\%$$

## Lampiran 5. Abstrak Seminar Nasional



No	Title		
1	<p style="text-align: center;"><b>[ABS-109]</b></p> <p style="text-align: center;"><b>STUDI SIFAT LISTRIK PADA DYE-SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC) DENGAN MENGGUNAKAN EKSTRAKSI KULIT BUAH RAMBUTAN (<i>Nephelium lappaceum</i>)</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Intan Khaerani, Cecep E. Rustana, I Made Astra</i></p> <p style="text-align: center;">Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Jakarta Jl. Pemuda Rawamangun No. 10 Jakarta Timur, 13220.</p> <p style="text-align: center;"><b>Abstract</b></p> <p>Telah dilakukan penelitian pembuatan Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) dengan memanfaatkan ekstraksi kulit buah rambutan sebagai dye alami. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat listrik yang dimiliki DSSC tersebut. Struktur DSSC berbentuk sandwich yang terdiri dari kaca Indium Tin Oxide (ITO) sebagai substrat, Titanium Dioxide (TiO<sub>2</sub>) sebagai bahan semikonduktor, dye alami sebagai donor elektron dan larutan elektrolit sebagai transfer elektron. Pada penelitian ini digunakan pasta TiO<sub>2</sub> yang dilapiskan pada kaca konduktif dengan metode doctor blade dan dye dari antosianin ekstrak kulit buah rambutan. Pengujian sifat listrik dilakukan dengan menggunakan lampu halogen sebagai sumber cahaya dengan mengukur arus dan tegangan pada berbagai variasi jarak terhadap sel DSSC. Hasil menunjukkan bahwa jarak menentukan intensitas, arus dan tegangan yang diterima. Semakin jauh jarak lampu halogen terhadap sel, maka nilai arus, tegangan dan intensitas yang didapat semakin kecil.</p> <p><b>Keywords:</b> DSSC, Kulit Rambutan, Antosianin, Sifat Listrik</p> <p><b>Topic:</b> Energi</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #ADD8E6;">Abstract Review Result</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Decision: Accept</td> </tr> </tbody> </table>	Abstract Review Result	Decision: Accept
Abstract Review Result			
Decision: Accept			

## RIWAYAT HIDUP



Intan Khaerani lahir di Jakarta, 16 Februari 1995 sebagai anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Didin Khaerudin dan Susilowati. Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN Bendungan Hilir 03 Pagi (2001-2006) dan menengah pertama di SMPN 40 SSN Jakarta (2006-2009). Kemudian pada tahun 2009-2012 penulis melanjutkan pendidikan di SMAN 35 Jakarta. Pada tahun yang sama dengan tahun kelulusan, penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Negeri Jakarta melalui jalur SNMPTN Tertulis. Selama perkuliahan penulis pernah menjadi Asisten Laboratorium Fisika Dasar I dan II, penulis juga pernah menjadi Koordinator Harian Laboratorium Fisika Dasar. Pada bulan Juli-September 2015 penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan di Divisi Energi B2TE, BPPT. Pada bulan Juli 2016 penulis menjadi pemakalah di Simposium Nasional Inovasi dan Pembelajaran Sains di Institut Teknologi Bandung. Perkuliahan ditempuh penulis dari tahun 2012 hingga lulus pada tahun 2016 dengan skripsi berjudul “Studi Sifat Listrik *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) Dengan *Dye* Ekstraksi Kulit Buah Rambutan (*Nephelium lappaceum*)”.