

STUDI SIFAT KEOPTIKAN *DYE-SENSITIZED SOLAR CELL* (DSSC) DENGAN *DYE* EKSTRAKSI KULIT BUAH RAMBUTAN (*Nephelium Lappaceum*)

SKRIPSI

Disusun untuk Melengkapi Syarat-syarat Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains



HANIFAH WIDYA PUTRI

3225122051

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





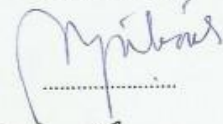
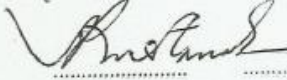
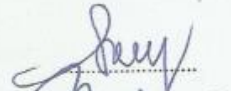

2016

PERSETUJUAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

Studi Sifat Keoptikan *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) dengan *Dye* Ekstraksi Kulit Buah Rambutan (*Nephelium Lappaceum*)

Nama : Hanifah Widya Putri

No. Reg : 322 512 2051

	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Penanggung Jawab			
Dekan :	Prof. Dr. Suyono, M.Si NIP. 19671218 199303 1005		05/08-2016
Wakil Penanggung Jawab			
Pembantu Dekan I:	Dr. Muktiningsih, M.Si NIP. 19640511 198903 2 001		01/08-2016
Ketua :	Dr. Widyaningrum Indrasari, M.Si NIP. 19770510 200604 2 001		01/08-2016
Sekretaris :	Dr. Mutia Delina, M.Si NIP. 19801119 200801 2 007		01/08-2016
Anggota			
Pembimbing I :	Cecep E. Rustana, P.hD NIP. 19590729 198602 1 001		01/08-2016
Pembimbing II :	Dr. Sunaryo, M.Si NIP. 19550303 198703 1 002		02/08-2016
Penguji Ahli :	Dr. Erfan Handoko, M.Si NIP. 19730201 200312 1 002		01/08-2016

Dinyatakan lulus ujian skripsi tanggal 26 Juli 2016.

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini, saya yang bertandatangan dibawah ini, mahasiswa Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta:

Nama : Hanifah Widya Putri

No. Reg. : 3225122051

Program Studi : Fisika

Menyatakan bahwa skripsi yang saya buat dengan judul “**STUDI SIFAT KEOPTIKAN *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 Januari 2016 – Juli 2016.
2. Bukan merupakan duplikat skripsi yang pernah dibuat oleh orang lain atau jiplakan karya tulis orang lain dan bukan terjemahan karya tulis orang lain.

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

Jakarta, Juli 2016

Yang membuat pernyataan



Hanifah Widya Putri

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan berkat-Nya penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi yang berjudul “**Studi Sifat Keoptikan *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* dengan *Dye Ekstraksi Kulit Buah Rambutan (*Nephelium Lappaceum*)*””. Proposal ini dibuat berdasarkan hasil studi literatur yang penulis lakukan dari buku-buku sumber, jurnal-jurnal, dan sebagainya.**

Dalam penyusunan proposal ini, tidak sedikit hambatan yang penulis hadapi karena keterbatasan kemampuan yang penulis miliki. Tetapi, atas bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, hambatan tersebut pun dapat penulis hadapi. Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung membantu dalam penyusunan proposal ini, terutama kepada:

1. Bapak Cecep E. Rustana, Ph.D selaku dosen pembimbing I yang dengan sabar membimbing, membantu, dan memberikan banyak masukan kepada penulis dalam menyelesaikan proposal ini.
2. Bapak Dr. Sunaryo, M.Si selaku dosen pembimbing II atas waktu bimbingan, masukan, dan saran-saran yang diberikan.
3. Ibu Widyaningrum Indrasari, M.Si selaku ketua program studi Fisika.
4. Seluruh dosen dan Staf Pengajar Fisika UNJ yang telah memberikan ilmu, nasihat, berbagi pengalaman ketika perkuliahan berlangsung.
5. Kedua orang tua, adik-adik tercinta Nabila Mutiara Anjani, Muhammad Tirta Ibrahim dan Kartika Nursyahbani Wiratno yang selalu memberi dukungan baik moril maupun materil kepada penulis selama penyusunan proposal ini.
6. Intan Khaerani, selaku tim dalam melakukan penelitian ini. Terimakasih atas kerjasamanya.
7. Riantoro Wibowo, terima kasih atas semangat, motivasi, dan waktu yang telah diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
8. Ulfah Zuhaeriah, Endah Dwi Cahyani, Indra Permana, Ayu Mutia, Anisa Agustianingsih, Novia Angelita, Mega Lialita, dan teman-teman prodi

Fisika 2012 yang selalu memberikan bantuan, saran, motivasi, dan semangat bagi penulis.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini belum sempurna dan masih terdapat banyak kekurangan. Untuk itu, dengan rasa terima kasih, penulis menerima kritik dan saran untuk membangun kreatifitas penulis menjadi lebih baik. Akhir kata, semoga proposal ini dapat menambah ilmu pengetahuan bagi kita semua.

Jakarta, Juli 2016

Hanifah Widya Putri

ABSTRAK

HANIFAH WIDYA PUTRI. Studi Sifat Keoptikan *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC) dengan *Dye* Ekstraksi Kulit Buah Rambutan (*Nephelium Lappaceum*). Skripsi. Jakarta: Jurusan Fisika. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Jakarta. 2016

Krisis energi mendorong kepada pengembangan sumber energi alternatif seperti panel surya. Salah satu jenis panel surya adalah DSSC. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan kulit buah rambutan (*Nephelium Lappaceum*) sebagai *fotosensitizer* dalam *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) serta mengetahui sifat optik DSSC tersebut. Struktur DSSC berbentuk *sandwich* yang terdiri dari kaca konduktif sebagai substrat, TiO_2 sebagai bahan semikonduktor, *dye* alami sebagai donor elektron dan elektrolit sebagai transfer elektron. Hasil *X-Ray Diffraction* lapisan TiO_2 menunjukkan intensitas relatif tinggi, dengan pola difraksi anatase dan ukuran kristal 60.8 nm. Karakterisasi spektroskopi UV-Vis digunakan untuk mengevaluasi sifat optik dalam sel surya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *fotosensitizer* menghasilkan absorpsi gelombang pada rentang panjang gelombang 400nm-600nm. Transmittansi DSSC relatif rendah berada pada rentang 300nm-800nm yang menunjukkan adanya absorpsi pada panjang gelombang tertentu. DSSC dengan elektroda pembanding karbon mempunyai absorbansi yang lebih tinggi yaitu 3.964 dibandingkan dengan elektroda yang dilapisi emas, yaitu 3.27. Sementara itu, hasil pengukuran lebar celah pita energi DSSC berada pada 2.8 Ev.

Kata Kunci: Sel Surya, DSSC, Sifat Optik.

ABSTRACT

*The energi crisis encourages the development of alternative energi sources such as solar panels. One type of solar panel is DSSC. This research aims to utilize the rind of Rambutan (*Nephelium lappaceum*) as a photosensitizer in the Dye-sensitized Solar Cell (DSSC) and discover the optical properties of the DSSC. The structure of DSSC is sandwich-shaped which consists of a conductive glass as a substrate, TiO₂ as a semiconductor material, a natural dye as an electron donor and an electrolyte as an electron transfer. The X-Ray Diffraction results of the layer of TiO₂ showed a relatively high intensity, with the the diffraction pattern of anatase and crystal size of 60.8 nm. The characterization of UV-Vis spectroscopy was used to evaluate the optical properties of the solar cell. The results showed that the photosensitizer produces wave absorption in the wavelength range of 400nm-600nm. The transmittance of DSSC was relatively low in the range of 300nm-800Nm that showed the presence of absorption at certain wavelengths. DSSC with the reference electrode of carbon had has a higher absorbance namely of 3,964 compared with the gold-plated electrodes, which was 3.27eV. Meanwhile, the measurement result of DSSC energi band gap width was at 2.8 eV.*

Keywords : Solar Cell, DSSC, Optical Properties.

DAFTAR ISI

PERSETUJUAN PANITIA UJIAN SKRIPSI	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	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.....	4
1.6. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II KAJIAN TEORI	6
2.1. <i>Dye Sensitized Solar Cell</i> (DSSC).....	6
2.2 Sifat Optik Sel Surya	8
2.3 Rambutan (<i>Nephelium lappaceum</i>)	10
BAB III METODE PENELITIAN	12
3.1 Tujuan Operasional.....	12
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	12
3.3 Metodologi Penelitian.....	12

3.4	Alat dan Bahan	12
3.5	Prosedur Penelitian	13
3.6	Alur Penelitian.....	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		20
4.1	Karakterisasi Bubuk TiO ₂ dengan <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	20
4.2	Karakterisasi Sifat Optik Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)	23
4.2.1	Absorbansi	23
4.2.2	Transmitansi.....	30
4.2.3	Reflektansi	32
4.2.4	Interaksi Absorbansi, Transmitansi, dan Reflektansi	37
BAB V PENUTUP		40
5.1	Kesimpulan	40
5.2	Saran	41
DAFTAR PUSTAKA		42
LAMPIRAN		44
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....		55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Susunan DSSC.....	7
Gambar 2.	Prinsip Kerja DSSC	8
Gambar 3.	Proses Absorbansi, Transmittansi, dan Reflektansi	9
Gambar 4.	Buah Rambutan	11
Gambar 5.	Struktur Antosianin.....	11
Gambar 6.	Pembuatan Pasta TiO ₂	14
Gambar 7.	Larutan Dye Ekstraksi Kulit Buah Rambutan.....	15
Gambar 8.	Pembuatan Larutan Elektrolit.....	16
Gambar 9.	Ilustrasi Skema Area Deposisi Pasta TiO ₂	17
Gambar 10.	Deposisi dan Sintering Pasta TiO ₂	17
Gambar 11.	Perendaman Lapisan TiO ₂ pada Dye	18
Gambar 12.	DSSC dengan Elektroda Pembanding Karbon dan Emas	18
Gambar 13.	Hasil XRD pada Bubuk Semikonduktor TiO ₂	21
Gambar 14.	Bidang hkl 011	22
Gambar 15.	Grafik Karakterisasi Absorbansi pada Ekstraksi Kulit Rambutan ..	24
Gambar 16.	Grafik Karakterisasi Absorbansi pada DSSC dengan Elektroda Pembanding yang dilapisi Karbon.....	26
Gambar 17.	Grafik Karakterisasi Absorbansi pada DSSC dengan Elektroda Pembanding yang dilapisi Emas.....	27
Gambar 18.	Grafik Perbandingan Karakterisasi Absorbansi pada DSSC dengan Elektroda Pembanding yang Dilapisi Karbon dan Emas.....	27
Gambar 19.	E-gap pada DSSC dengan elektroda pembanding yang dilapisi emas	30
Gambar 20.	E-gap pada DSSC dengan elektroda pembanding yang dilapisi Karbon	30
Gambar 21.	Grafik Karakterisasi Transmittansi pada DSSC dengan Elektroda Pembanding Karbon	31
Gambar 22.	Grafik Karakterisasi Transmittansi pada DSSC dengan Elektroda Pembanding Emas	31
Gambar 23.	Perbandingan Grafik Karakterisasi Transmittansi pada DSSC dengan Elektroda Pembanding Karbon dan Emas	32

Gambar 24. Grafik Karakterisasi Reflektansi pada DSSC dengan Elektroda Pembanding Karbon	33
Gambar 25. Grafik Karakterisasi Reflektansi pada DSSC dengan Elektroda Pembanding Emas	33
Gambar 26 Perbandingan Grafik Karakterisasi Reflektansi pada DSSC dengan Elektroda Pembanding Karbon dan Emas	34
Gambar 27. Grafik hasil perhitungan Tauc-Plot pada DSSC dengan elektroda pembanding karbon	36
Gambar 28. Grafik hasil perhitungan Tauc-Plot pada DSSC dengan elektroda pembanding Emas	36

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Parameter Pembuatan DSSC	20
Tabel 2. Tabel Karakterisasi XRD Bubuk TiO ₂	22
Tabel 3. Skala spektrum cahaya tampak Panjang gelombang (nm)	25
Tabel 4. Perbandingan Nilai Absorbansi dari Berbagai Bahan	28
Tabel 5. Hubungan Absorbansi, Transmittansi dan Reflektansi	33

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Dokumentasi Penelitian	44
Lampiran 2: Database TiO ₂	46
Lampiran 3: Menghitung Celah Pita Energi	48

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Krisis energi mendorong kepada pengembangan sumber energi alternatif seperti panel surya yang bersifat terbarukan dan juga ramah lingkungan. Saat ini sel surya yang sedang berkembang adalah sel surya generasi ketiga. Sel surya generasi ketiga ini sangat efisien, energi yang dihasilkan relatif cukup besar dan biaya fabrikasinya relatif murah. Sel surya generasi ketiga ini meliputi sel surya berbasis nanokristal, berbasis polimer, dan sel surya pewarna tersensitisasi (*dye-sensitized solar cell*)^[1].

Secara umum *DSSC* dibentuk melalui mekanisme *photoelectrochemical*, di mana penyerapan cahaya matahari terjadi melalui pewarna tersensitisasi (*dye-sensitized*) seperti halnya klorofil pada proses fotosintesis daun. Proses pembangkitan dan transfer elektron terjadi melalui bahan semikonduktor yang memiliki pita energi yang lebar, umumnya TiO_2 yang berfungsi sebagai fotoelektroda. Sementara itu, larutan elektrolit pasangan redoks I^-/I_3^- berfungsi sebagai media transport muatan dan elektroda lawan (*counter electrode*) yang diberi lapisan katalis ^[2].

Dye merupakan komponen penting dalam *DSSC*. Beberapa penelitian telah dilakukan menggunakan zat warna organik sebagai *dye* sel surya. Sebagian besar senyawa organik berasal dari sumber hayati, yaitu tumbuh-tumbuhan. 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 ekstrak klorofil [3].

Pewarna alami dapat digunakan untuk *sensitizer* meskipun dengan efisiensi yang lebih rendah. Kelebihan pewarna alami dibandingkan dengan pewarna buatan antara lain yaitu ketersediaan dan biaya yang rendah. Sensitisasi semikonduktor biasanya menggunakan antosianin yang berasal dari pigmen alami. Hal ini karena antosianin memiliki keunggulan yang lebih dari klorofil sebagai *sensitizer* DSSC. Senyawa antosianin berpotensi dipergunakan sebagai *sensitizer* karena memiliki spektrum cahaya dalam rentang yang cukup lebar, dari merah hingga biru.

Indonesia dikenal memiliki beranekaragam tanaman buah-buahan dan sayur-sayuran, salah satunya adalah rambutan. Rambutan (*Nephelium lappaceum Linn*) merupakan sejenis buah-buahan tropika yang berasal dari Malaysia dan Indonesia. Saat ini, buah rambutan masih digemari oleh masyarakat. Namun kulitnya yang berwarna merah masih belum dimanfaatkan secara maksimal bahkan hanya sebagai sampah buangan, adanya warna merah tua diduga pigmen antosianin yang dapat digunakan sebagai pewarna alami.

Kulit rambutan mengandung pigmen antosianin yang dapat di ekstraksi untuk dimanfaatkan sebagai zat pewarna alami [4] dengan menggunakan pelarut *methanol* [5] dan juga pelarut etanol [6]. Pada tahun 2001, Lydia, dkk telah melakukan penelitian mengenai kandungan antosianin pada kulit rambutan dengan menggunakan pelarut etanol dan methanol hasilnya memperlihatkan bahwa perhitungan rerata dari konsentrasi antosianin pada filtrat ekstrak kulit buah rambutan berkisar $1,9 \times 10^{-3}$ - $4,1 \times 10^{-3}$ (mg/ml) [7]. Selanjutnya pada tahun 2013, Kumara.N dari Brunei melakukan penelitian mengenai DSSC menggunakan

antosianin yang berasal dari kulit buah rambutan dengan menggunakan pelarut etanol 70% dengan variasi penambahan larutan HCl. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini yaitu, antosianin yang tidak menggunakan HCl memiliki absorbansi 2,4 dan efisiensi 0,26%. Sedangkan antosianin yang di tambahkan larutan HCl menghasilkan absorbansi 2,5 dan efisiensinya meningkat menjadi 0,56% [8]. Sementara itu, penelitian yang dilakukan pada tahun 2014 oleh Olivia,dkk mengganti pelarut menggunakan etanol 95% yang telah di asamkan dengan larutan HCl 1% menghasilkan peningkatan absorpsi menjadi 2.6119^[6].

Berdasarkan latar belakang diatas, dalam penelitian ini dilakukan pembuatan dan karakterisasi keoptikan dari sel surya dssc. *Dye* yang digunakan berasal dari ekstraksi antosianin kulit rambutan, kulit buah rambutan yang akan di ekstraksi menggunakan pelarut etanol 95% yang telah diasamkan dengan HCl 1% karena telah menghasilkan absorbansi lebih tinggi dibandingkan dengan pelarut etanol 70%. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini yaitu dssc mempunyai nilai absorbansi yang tinggi dan transmitasi yang rendah sehingga dapat dimanfaatkan menjadi sumber energi terbarukan.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat diidentifikasi masalah-masalah sebagai berikut.

- a. Bagaimana cara mengekstraksi *dye* dari kulit rambutan yang tepat untuk fabrikasi DSSC?
- b. Bagaimana sifat optik yang di miliki oleh sel surya DSSC berbahan dasar kulit rambutan?

- c. Bagaimana karakteristik I-V yang di hasilkan dari sel surya DSSC berbahan dasar kulit rambutan?
- d. Bagaimana sifat termal yang dimiliki oleh sel surya DSSC berbahan dasar kulit rambutan?
- e. Berapa efisiensi yang dihasilkan dari sel surya DSSC berbahan dasar kulit rambutan?

1.3. Pembatasan Masalah

Pada penelitian ini permasalahan akan dibatasi pada pengujian untuk mengetahui karakteristik optik (absorbansi, reflektansi dan transmitasi) pada sel surya dssc dengan bahan kulit rambutan.

1.4. Perumusan Masalah

Masalah yang akan dikaji dari penelitian ini, yaitu bagaimana sifat optik (absorbansi, reflektansi dan transmitasi) pada sel surya DSSC berbahan dasar kulit rambutan.

1.5. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian itu, yaitu:

- a. Menghasilkan *prototype Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC) skala laboratorium yang mempunyai nilai absorbansi yang tinggi dan transmtansi yang rendah.
- b. Mengkarakterisasi dan menganalisa besarnya absorbansi, reflektansi dan transmitasi pada sel surya DSSC berbahan dasar kulit rambutan.

1.6. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini, yaitu:

- 1. Memahami sifat optik (absorbansi, reflektansi dan transmitasi) pada sel surya DSSC berbahan dasar kulit rambutan.

2. Penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan kajian untuk studi fisika energi dalam hal membuat model baru atau pengembangan sel surya DSSC pada penelitian selanjutnya.

BAB II

KAJIAN TEORI

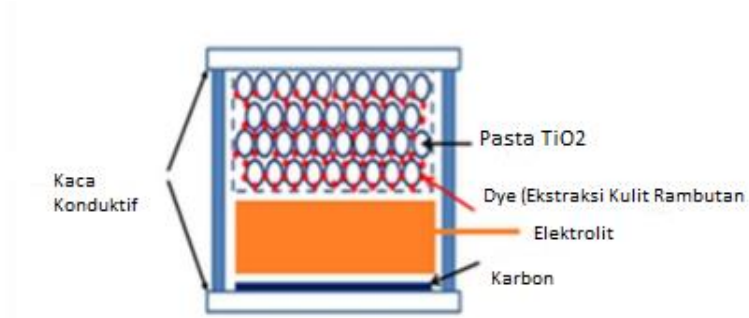
2.1. *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC)

Sel surya atau juga sering disebut fotovoltaik adalah perangkat yang mampu mengkonversi langsung cahaya matahari menjadi listrik. Salah satu jenis sel surya adalah sel surya organik (SSO) yang terbuat dari semikonduktor organik dan digunakan untuk mengkonversi sinar matahari menjadi listrik. Bagian teratas dari keadaan yang ditempati oleh elektron pada pita valensi disebut *Highest Occupied Molecular Orbital* (HOMO), sedangkan bagian terbawah dari keadaan yang tidak ditempati electron pada pita disebut dengan *Lowest Unoccupied Molecular Orbital* (LUMO) ^[9].

Dye Sensitized Solar Cell (DSSC), sejak pertama kali ditemukan oleh Professor Michael Gratzel pada tahun 1991, telah menjadi salah satu topik penelitian yang dilakukan secara intensif oleh peneliti di seluruh dunia. DSSC bahan disebut juga terobosan pertama dalam teknologi sel surya sejak sel surya silikon. Berbeda dengan sel surya konvensional, DSSC adalah sel surya fotoelektrokimia yang menggunakan elektrolit sebagai medium transport muatan. Selain elektrolit, DSSC terbagi menjadi beberapa bagian yang terdiri dari nanopori TiO₂, molekul *dye* yang teradsorpsi di permukaan TiO₂, dan katalis yang semuanya dideposisi diantara dua kaca konduktif.

Pada bagian atas dan alas sel surya merupakan *glass* yang umumnya sudah dilapisi oleh *Transparent Conducting Oxide* (TCO), yang berfungsi sebagai elektroda dan *counter*-elektroda. Pada TCO *counter*-elektroda dilapisi katalis untuk mempercepat reaksi redoks dengan elektrolit. Pasangan redoks yang umumnya

dipakai yaitu I^-/I_3^- (iodide/triiodide). Pada permukaan elektroda dilapisi oleh nanopori TiO_2 dimana *dye* teradsorpsi di pori TiO_2 [10]. Gambar 1 berikut ini memperlihatkan diagram susunan DSSC.



Gambar 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. Foton (sinar matahari) yang terabsorpsi oleh *dye* akan menyebabkan eksitasi elektron pada *dye*. Kejadian ini memberikan energi yang cukup kepada elektron untuk pindah menuju *conduction band* dari TiO_2 . Akibatnya elektron mengalir menuju *counter*-elektroda melalui rangkaian listrik. Elektrolit membawa elektron-elektron kembali ke *dye* yang berasal dari *counter elektroda* (CE).

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



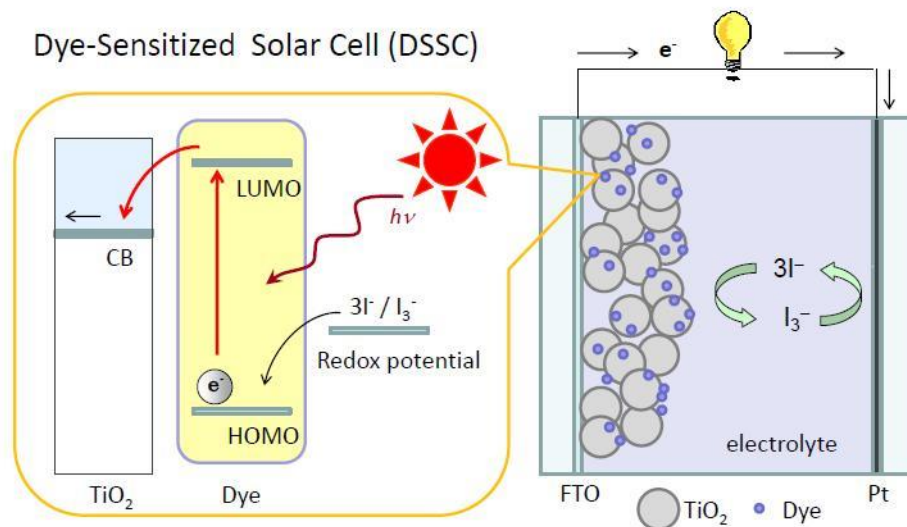
Elektron dari *excited state* (kondisi tereksitasi) kemudian langsung terinjeksi menuju *conduction band* (CB) sehingga molekul *dye* teroksidasi (D^+). Dengan adanya donor elektron oleh elektrolit (I) maka molekul *dye* kembali ke keadaan awalnya (*ground state*) dan mencegah penangkapan kembali elektron oleh *dye* yang teroksidasi.



2. 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 tersebut terjadi konversi langsung dari cahaya matahari menjadi listrik^[11]. Gambar 2 berikut ini memperlihatkan prinsip kerja DSSC.



Gambar 2. Prinsip Kerja DSSC

2.2 Sifat Optik Sel Surya

Sifat Optik sel surya adalah respon material tersebut terhadap paparan gelombang elektromagnetik, radiasi, khususnya untuk *range* cahaya tampak. Pada

pembahasan sifat optiksel surya ini, akan diukur dan dikaji variabel optikal yaitu absorbansi, reflektansi dan transmitasi.

Absorbansi adalah besarnya intensitas cahaya yang diserap saat cahaya melewati material tersebut, dan semakin besar nilai absorban mengartikan semakin besar pula nilai intensitas cahaya yang diserap. Besar nilai absorban dapat kita ketahui menggunakan perumusan sebagai berikut ^[12]:

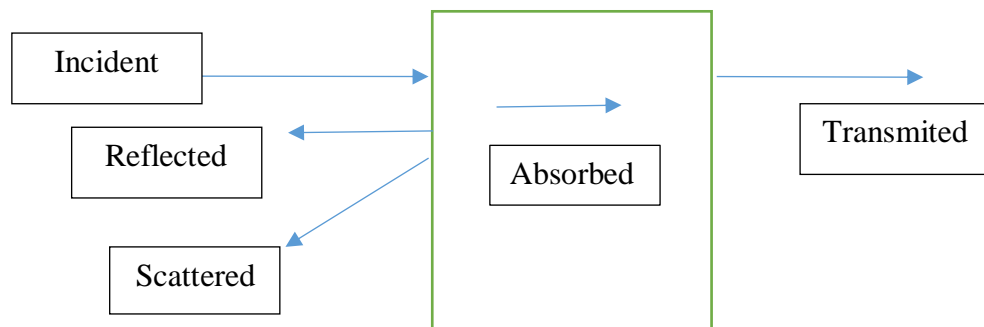
$$A = \log_{10} \frac{I_0}{I} \quad (2.4)$$

Dengan :

A = Absorbansi (%),

I₀ = Intensitas cahaya yang masuk (%), dan

I = intensitas cahaya yang di transmisikan (%)



Gambar 3. Proses Absorbansi, Transmitasi, dan Reflektansi

Transmitansi adalah besarnya cahaya yang ditansmisikan. Semakin besar cahaya yang berhasil melewati material tersebut maka semakin besar nilai transmitansi yang diperoleh. Transmitansi juga didefinisikan sebagai rasio dari

cahaya masuk dengan cahaya yang ditransmisikan. Berikut adalah perumusannya:

$$T = \frac{I}{I_0} \quad (2.5)$$

Dengan:

T = Transmittansi (%),

I_0 = Intensitas cahaya yang masuk (%), dan

I = intensitas cahaya yang di transmisikan (%)

Untuk mengetahui total cahaya yang masuk tidak dapat diketahui dengan mengetahui besar transmitansi dan absorbansi saja namun perlu juga mengetahui faktor lain yaitu berupa reflektansi. Reflektansi adalah besar cahaya yang dipantulkan kembali saat cahaya tersebut akan melewati material.

2.3 Rambutan (*Nephelium lappaceum*)

Rambutan berasal dari Malaysia dan Indonesia. Rambutan banyak terdapat di daerah tropis seperti Afrika, Kamboja, kepulauan Karibia, Amerika Tengah, India, Indonesia, Malaysia, Filipina, Thailand dan Sri Lanka. Kata Rambutan berasal dari bentuk buahnya yang mempunyai kulit menyerupai rambut. Secara taksonomi tumbuhan rambutan (*Nephelium lappaceum*) dikelompokkan dalam klasifikasi sebagai berikut.

Divisio: Magnoliophyta

Kelas: Magnoliopsida

Ordo: Sapindales

Familia: Sapindaceae

Genus: *Nephelium*

Spesies: *Nephelium lappaceum*

Sinonim: *Nephelium glabrum*

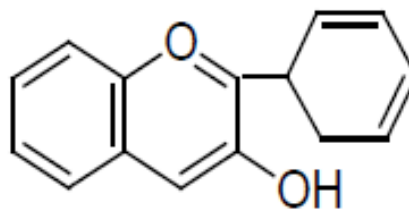
Nephelium chryseum

Nephelium sufferrugineum



Gambar 4. Buah Rambutan

Antosianin adalah pigmen yang larut dalam air. Antosianin dikelompokkan kedalam flavonoid dan phenolik. Zat tersebut berperan terhadap pemberian warna bunga atau bagian tanaman lain. Kulit buah rambutan mengandung flavonoid, tanin dan saponin serta antosianin yang diduga sebagai pigmen yang membuat kulitnya berwarna merah tua. Antosianin larut dalam pelarut polar seperti metanol, etanol, aseton atau kloroform, air, yang diasamkan dengan asam klorida atau asam format. Antosianin dilihat dari penampakan berwarna merah, merah senduduk, biru dan ungu, dan mempunyai panjang gelombang maksimum 465 - 560 nm.



Gambar 5. Struktur Antosianin

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tujuan Operasional

Penelitian ini bertujuan untuk membuat sel surya DSSC dengan menggunakan antosianin kulit buah rambutan sebagai *dye* alami dan mengkaji sifat optik (absorbansi, reflektansi dan transmitansi) yang di miliki. Sehingga dapat di gunakan sebagai alternatif sumber energi terbarukan yang dapat di peroleh dengan teknik fabrikasi mudah serta dan biaya yang terjangkau (relatif murah).

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Material Jurusan Fisika, Universitas Negeri Jakarta Rawamangun Jakarta Timur, Laboratorium XRD Beacukai, dan Laboratorium Spektrofotometer Institut Pertanian Bogor. Waktu penelitian di mulai pada bulan Maret 2016.

3.3 Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Dasar-dasar teori dan penelitian sebelumnya yang mendukung digunakan sebagai referensi untuk mengembangkan pembuatan sel surya DSSC dengan menggunakan antosiain kulit rambutan dan mengkaji berbagai variabel sifat optiknya.

3.4 Alat dan Bahan

Bahan- bahan:

1. Bubuk TiO₂
2. 95% ethanol
3. Aquades

4. *Potassium Iodide (KI)*
5. *Iodine (I₂)*
6. Asam asetat
7. HCl 1%
8. Triton X-100
9. Kulit Rambutan

Peralatan:

1. Gelas kimia
2. Blender
3. Pipet
4. Kaca konduktif (TCO)
5. *Magnetic Stirrer*
6. Cawan petri
7. Oven / *Furnace*
8. *Hot plate*
9. Mortar
10. *Scotch Tape*
11. Multimeter digital
13. Kertas Saring Whatman No.1
14. Spektrofotometer UV-VIS (Ocean Optic)
15. XRD PANalytical EMPYREAN

3.5 Prosedur Penelitian

- a. Pembuatan Pasta TiO₂

Pasta TiO_2 akan dideposisikan ke kaca konduktif dengan teknik lapisan tebal yaitu dengan prosedur pembuatan pasta sebagai berikut:

1. Menimbang bubuk TiO_2 sebanyak 6 gram menggunakan neraca digital. Setelah itu menghaluskan bubuk TiO_2 dengan menggunakan mortar.
2. Menambahkan 10 mL larutan asam asetat dan mengaduknya selama 10 menit. Lalu menambahkan 10 tetes Triton X-100 dan mengaduknya menggunakan *magnetic stirrer* selama 30 menit.
3. Memasukan pasta TiO_2 yang sudah terbentuk ke dalam botol kemudian di tutup. Mengocok terlebih dahulu sebelum di gunakan .



Gambar 6. Pembuatan Pasta TiO_2

b. Preparasi Larutan *Dye*

Kulit rambutan yang sudah di cuci dan di keringkan dipotong kecil-kecil dengan ukuran 0,5 x 0,5 cm lalu diblender hingga halus. Serbuk yang akan diekstrak ditimbang sebanyak 80 gram, lalu dimasukkan ke dalam labu leher tiga 1000 mL.

1. Kemudian menambahkan pelarut etanol dengan perbandingan 1:10. Pelarut tersebut diasamkan dengan HCl 1% [7]. Campuran ini diekstraksi pada temperatur 70°C selama 8 jam. Ekstrak yang diperoleh disaring dengan kertas saring *Whatman* No.1
2. Hasil penyaringan berupa ampas dan pelarut yang mengandung antosianin. Ampas kulit rambutan dibuang dan cairan yang diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam oven untuk menghilangkan pelarutnya. Dari proses tersebut diperoleh pigmen antosianin yang bebas pelarut.



Gambar 7. Larutan *Dye* Ekstraksi Kulit Buah Rambutan

c. Preparasi Elektrolit

Larutan elektrolit iodide/triiodide dibuat dengan prosedur sebagai berikut:

1. Mencampurkan 0,8 gram (0,5 M) *potassium iodide* (KI) dengan 10 ml *acetonitrile* kemudian mengaduknya.

2. Selanjutnya menambahkan 0,12 gram (0,05 M) *Iodine* (I₂) kedalam larutan tersebut dan kemudian mengaduknya dengan menggunakan *magnetic stirrer*.
3. Larutan elektrolit telah siap dan sementara disimpan ke dalam botol gelap tertutup.



Gambar 8. Pembuatan Larutan Elektrolit

d. Preparasi *Counter-Electrode* Karbon

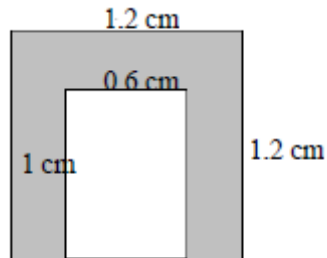
Sebagai sumber grafit digunakan karbon dari pensil jenis 2B. Grafit dilapiskan/diarsir ke kaca konduktif secara merata pada bagian konduktifnya kemudian dipanaskan menggunakan api dari lilin sampai terbentuk lapisan karbon yang merata.

e. Pemasangan DSSC

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

1. Pada kaca TCO yang telah dipotong menjadi ukuran 1,2 x 1,2 cm dibentuk area tempat TiO₂ dideposisikan dengan bantuan *Scotch tape* pada bagian kaca yang konduktif sehingga terbentuk area sebesar 1 x 0,6 cm dengan

ilustrasi seperti pada Gambar 9. *Scotch tape* juga berfungsi sebagai pengatur ketebalan pasta TiO₂.



Gambar 9: Ilustrasi Skema Area Deposisi Pasta TiO₂

2. Pasta TiO₂ dideposisikan diatas area yang telah dibuat pada kaca konduktif dengan metoda *doctor blade* yaitu dengan bantuan batang pengaduk untuk meratakan pasta. Kemudian lapisan dikeringkan selama kurang lebih 15 menit dan dipanaskan dalam tungku listrik pada temperatur 450°C selama 30 menit.



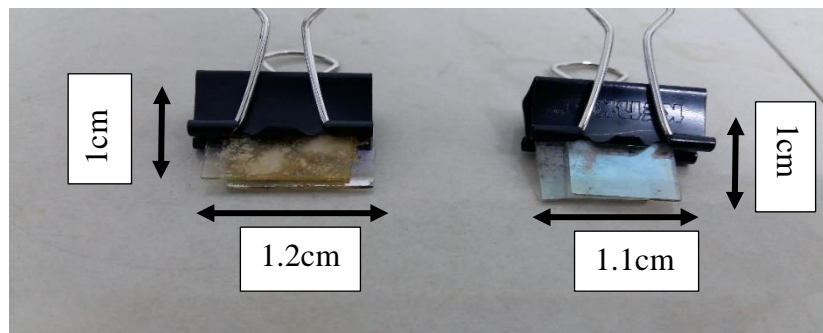
Gambar 10: Deposisi dan Sintering Pasta TiO₂

3. Lapisan TiO₂ kemudian direndam dalam larutan dye selama 2 jam hingga lapisan TiO₂ akan menjadi berwarna merah.



Gambar 11. Perendaman Lapisan TiO_2 pada Dye

4. Larutan elektrolit kemudian ditetaskan kira-kira sebanyak 2 tetes kepada ruang antara kedua elektroda.
5. Elektroda pembanding karbon kemudian diletakkan diatas lapisan TiO_2 dengan struktur *sandwich* dimana di masing-masing ujung diberi jarak sebesar 0,2 cm untuk kontak elektrik. Kemudian agar struktur selnya stabil dijepit dengan klip pada kedua sisi. Sel surya siap untuk diuji.



Gambar 12. DSSC dengan Elektroda Pembanding Karbon dan Emas

f. Pengujian DSSC

1. Pengujian Serbuk TiO_2

Pengujian ini dilakukan untuk melihat struktur kristal yang dimiliki oleh serbuk TiO_2 sebagai bahan semikonduktor pada penelitian ini. Pengujian menggunakan XRD.

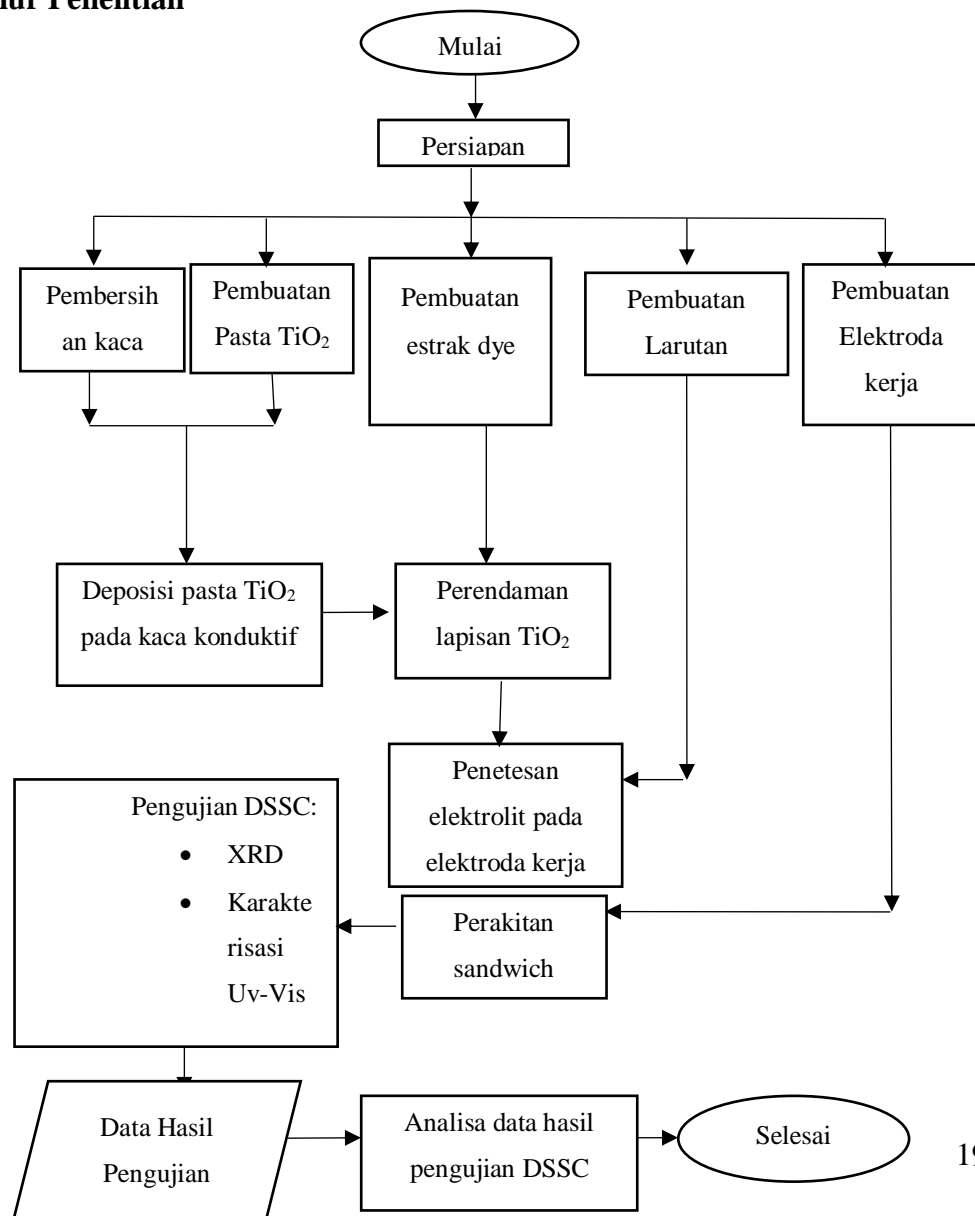
2. Pengujian Absorpsi, Reflektansi dan Transmittansi *Dye*

DSSC yang telah di fabrikasi dianalisa dengan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis.

3. Analisa Data

Setelah dilakukan karakterisasi UV-Vis dilakukan analisa terhadap data yang diperoleh. Data yang dihasilkan oleh UV-Vis merupakan presentasi absorpsi, presentasi tranmitansi, serta panjang gelombang. Data yang didapat diolah secara statistik untuk digunakan pada perhitungan mencari koefisien absorpsi sehingga dapat diketahui koefisien absorpsi dari DSSC tersebut.

3.6 Alur Penelitian



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini telah dihasilkan *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) dengan menggunakan *dye* ekstraksi kulit rambutan, yang dibuat dengan substrat kaca ITO (*Indium Tin Oxide*). Proses pembuatan DSSC dilakukan dengan elektroda pembanding yang ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 1: Parameter Pembuatan DSSC

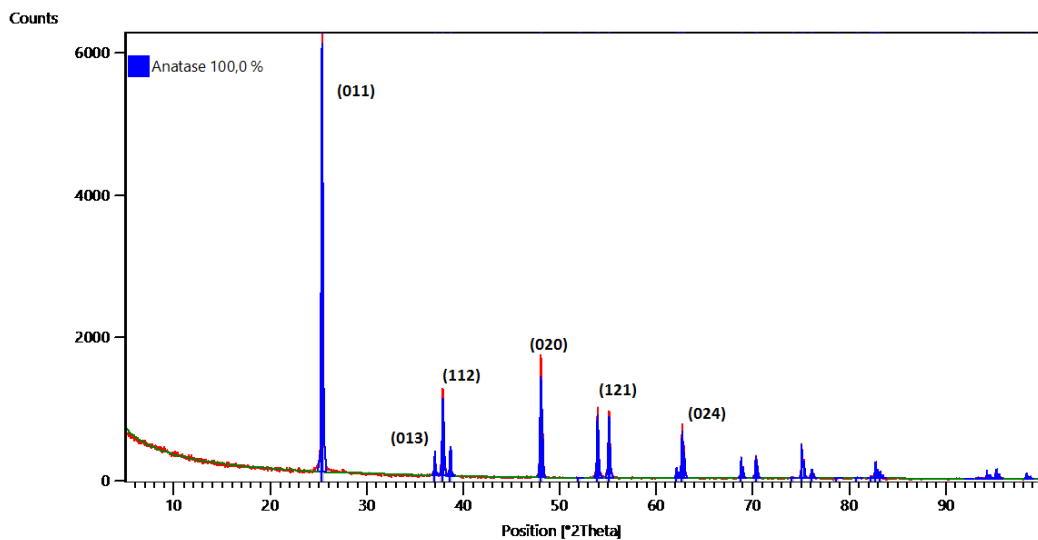
Sampel	Elektroda Pembanding
A	Karbon
B	Emas

Sifat optik yang terdiri dari absorbansi, transmitansi, dan reflektansi dianalisis dengan spektrometer UV-Vis (*Ocean Optic*). Hasil karakterisasi struktur kristal TiO_2 dalam penelitian ini akan digunakan untuk mengetahui struktur kristal bubuk TiO_2 .

4.1 Karakterisasi Bubuk TiO_2 dengan *X-Ray Diffraction* (XRD)

Difraksi sinar-X terjadi pada hamburan elastis foton-foton sinar-X oleh atom dalam sebuah kisi periodik. Hamburan monokromatis sinar-X dalam fasa tersebut memberikan interferensi yang konstruktif. Karakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* bertujuan untuk menentukan ukuran dan struktur kristal yang dimiliki oleh bubuk semikonduktor TiO_2 .

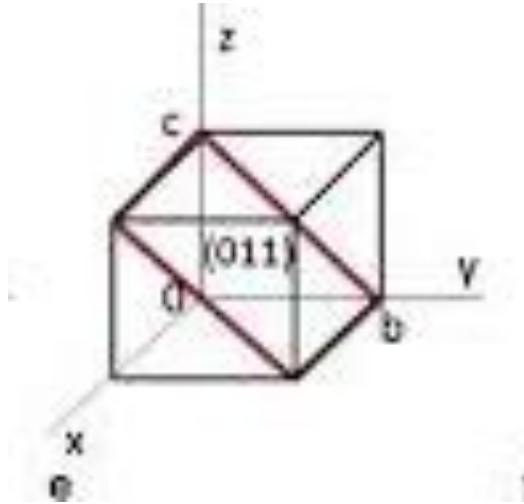
Titanium dioksida (TiO_2) memiliki tiga fase, yaitu anatase, rutile, dan brookit. Berdasarkan hasil penelitian, hanya anatase saja yang terkandung dalam bubuk TiO_2 yang digunakan. Anatase diketahui sebagai kristal yang lebih fotoaktif dari pada rutile karena harga energi gap TiO_2 jenis anatase yang lebih tinggi dari pada jenis rutile. Energi gap (E_g) adalah selang energi antara pita konduksi minimum dan pita valensi maksimum. Harga E_g yang lebih tinggi akan menghasilkan luas permukaan aktif yang lebih besar sehingga menghasilkan fotoaktivitas yang lebih efektif (Reza Rahman, 2008). Hasil pengukuran TiO_2 dengan XRD ditunjukkan oleh gambar.13 berikut ini:



Gambar 13 Hasil XRD pada Bubuk Semikonduktor TiO_2

Dari gambar.13 diatas, hasil Analisis XRD menunjukkan puncak-puncak karakteristik TiO_2 dengan intensitas tertinggi adalah pada sudut $2\theta = 25,34^\circ$ yang merupakan puncak fase anatase. Berdasarkan nilai FWHM (*Full Width at Half Maximum*) dapat ditentukan ukuran kristal dengan menggunakan persamaan Scherrer yaitu 60.8 nm. Dari gambar.13 tersebut juga dapat dilihat, bahwa puncak

intensitas bubuk TiO₂ berada pada bidang hkl 011 yang mengindikasikan adanya pertumbuhan secara orientasi pada bidang tersebut.



Gambar 14: Bidang hkl 011

Tabel 2: Tabel Karakterisasi XRD Bubuk TiO₂

Arah Bidang (hkl)	Posisi Puncak 2θ (°)	FWHM (°)	d spacing (Å)	Ukuran Kristal (Å)
(001)	25.34	0.134	3.512	608
(013)	36.99	0.121	2.427	692
(112)	38.16	0.128	2.329	657
(020)	48.21	0.118	1.890	738
(121)	55.11	0.131	1.666	684
(024)	62.69	0.127	1.479	732

Dari hasil interpretasi data XRD untuk penentuan fasa kristal melalui pengukuran intensitas DSSC diketahui bahwa kristal DSSC secara keseluruhan berupa fase anatase. Hasil penelitian ini memperlihatkan kesesuaian dengan apa yang dilaporkan Hidalgo bahwa perbandingan fasa anatase dan rutil untuk TiO_2 umumnya adalah sebesar 90: 10 (Hidalgo et.al., 2002). Sementara itu, Septina (2007) menjelaskan bahwa fase anatase mempunyai kemampuan fotoaktif yang lebih tinggi dibanding fase rutil. Hal ini dikarenakan luas permukaan anatase lebih besar dari pada rutil sehingga sisi aktif per unit fase anatase lebih besar dibandingkan fase rutil. Adanya fasa anatase yang lebih banyak ini dapat meningkatkan kinerja dari DSSC yang dihasilkan.

4.2 Karakterisasi Sifat Optik Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)

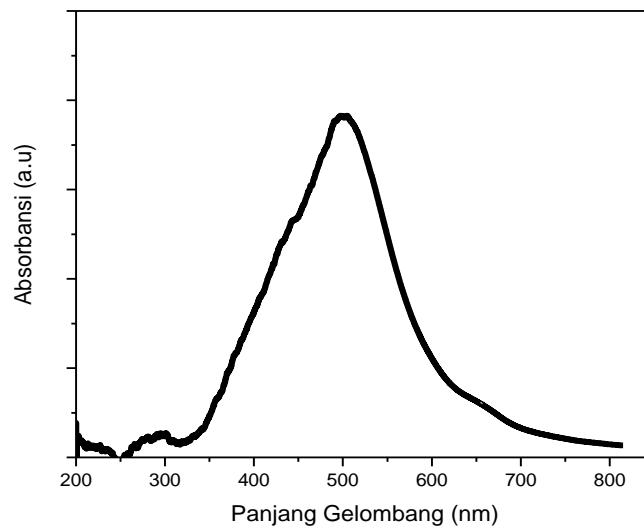
Spektrofotometer sinar tampak dan Ultraviolet (UV-Vis) merupakan suatu alat yang mencakup spektrum energi dan spektrofotometri. Prinsip dasar spektroskopi UV-Vis adalah terjadinya transisi elektronik yang disebabkan penyerapan sinar UV-Vis yang mampu mengeksitasi elektron dari orbital yang kosong. Spektrometer UV-Vis meliputi pengukuran absorbansi, transmitansi, dan reflektansi di daerah ultraviolet (200-400 nm) dan sinar tampak (400-800 nm) dan memberikan hasil sebagai berikut;

4.2.1 Absorbansi

Absorpsi cahaya UV-Vis mengakibatkan transisi elektronik, yaitu pembangkitan elektron-elektron dari orbital keadaan dasar yang berenergi rendah ke orbital keadaan dasar yang berenergi tinggi. Panjang gelombang cahaya UV-Vis bergantung pada mudahnya pembangkitan elektron. Senyawa yang menyerap cahaya pada daerah tampak (yaitu senyawa yang berwarna) mempunyai elektron

yang lebih mudah dipromosikan daripada senyawa yang menyerap pada panjang gelombang UV yang lebih pendek.

Sebelum digunakan sebagai sensitizer, ekstrak rambutan terlebih dahulu diuji spektrum absorpsinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Hasil karakterisasi spektrum absorbansi yang ada pada ekstrak kulit rambutan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar.14 di bawah ini. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa spektrum serapan cukup lebar dengan panjang gelombang berada pada rentang 465 nm - 560 nm, dan panjang gelombang maksimum pada sekitar 500 nm.



Gambar 15: Grafik Karakterisasi Absorbansi pada Ekstrak Kulit Rambutan

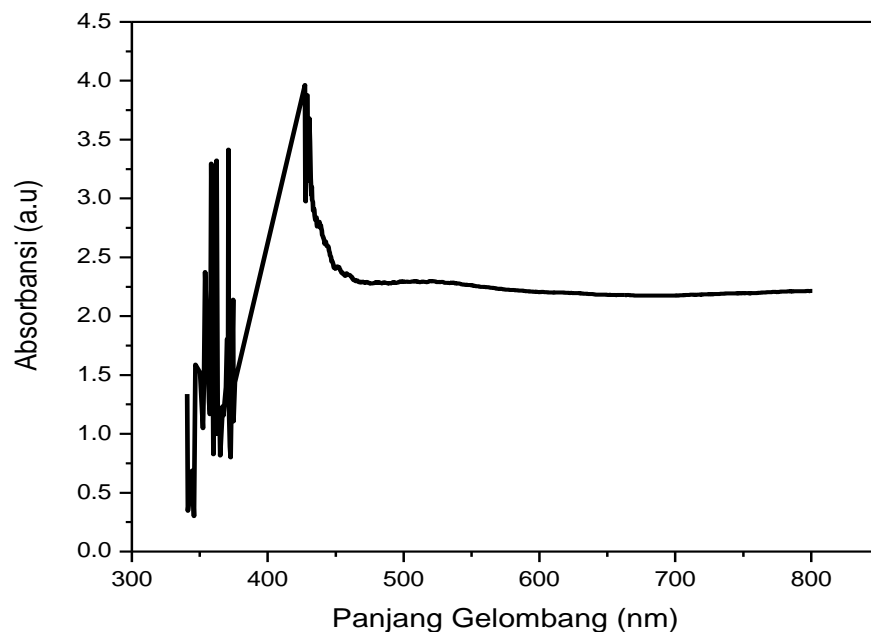
Hasil penelitian ini bersesuaian dengan warna yang terlihat dari ekstraksi kulit rambutan yang berwarna merah sebagaimana diperlihatkan pada tabel 4 berikut ini.

Tabel 3: Skala spektrum cahaya tampak Panjang gelombang (nm)

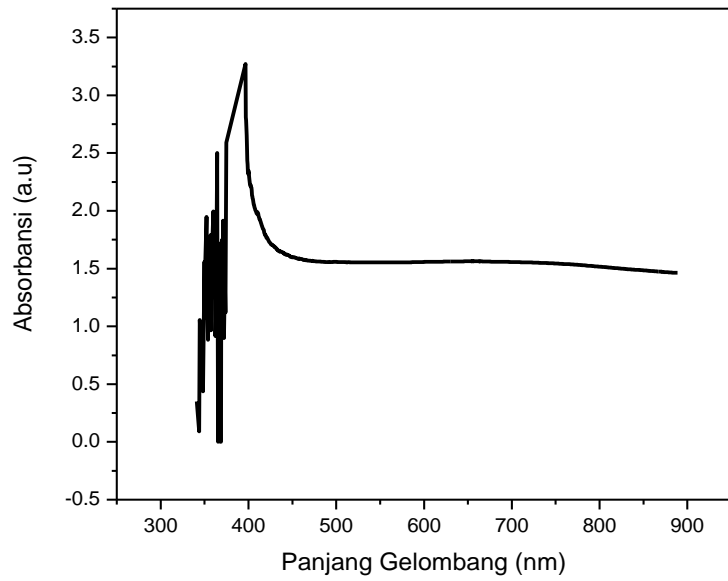
Skala Spektrum Cahaya Tampak Panjang Gelombang (nm)	Warna yang Diserap	Warna Komplementer (warna yang terlihat)
400-435	Ungu	Hijau Kekuningan
435-480	Biru	Kuning
480-490	Biru Kehijauan	Jingga
490-500	Hijau Kebiruan	Merah
500-560	Hijau	Ungu Kemerahan
560-580	Hijau Kekuningan	Ungu
580-595	Kuning	Biru
595-610	Jingga	Biru Kehijauan

Gambar 15 dan 16 di bawah ini memperlihatkan grafik hasil karakterisasi absorbansi pada DSSC yang menggunakan kulit rambutan yang menggunakan elektroda pembanding yang dilapisi karbon maupun emas. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa DSSC yang di lapisi dengan karbon memiliki nilai absorbansi yang lebih tinggi daripada yang dilapisi emas. Secara berurutan, puncak absorbansi

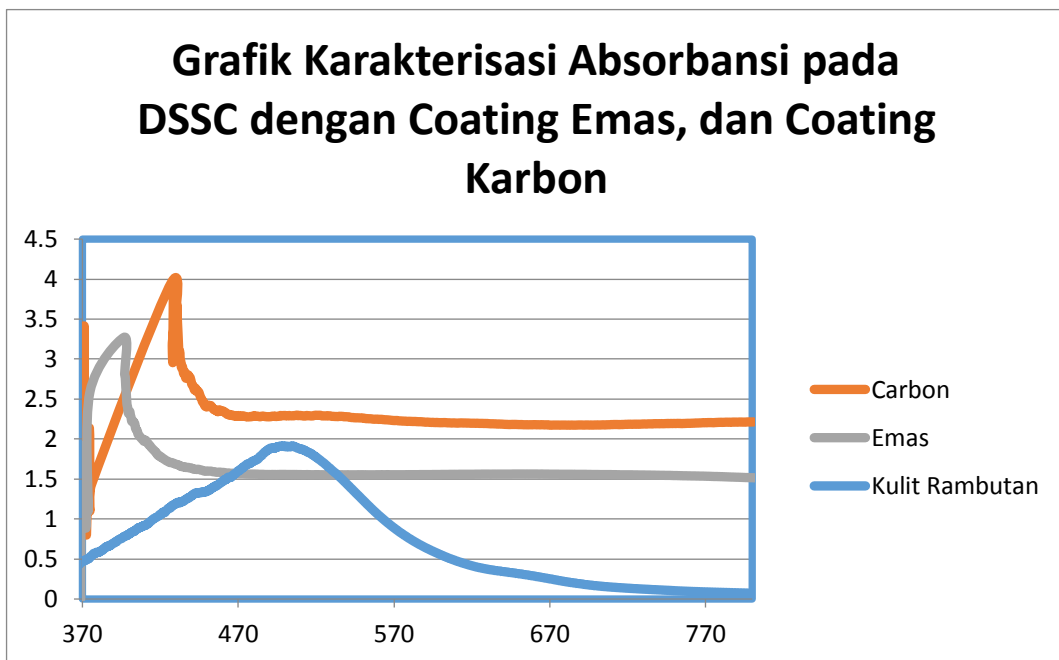
untuk karbon terjadi pada panjang gelombang 427nm dan untuk emas pada panjang gelombang sebesar 396 nm. Hal ini dikarenakan pelapisan karbon pada elektroda pembanding bersifat sebagai katalis, sehingga elektron diterima dengan cepat oleh elektrolit. Selain itu, karena luas permukaannya yang besar, elektroda pembanding karbon mempunyai keaktifan reduksi triiodida yang menyerupai elektroda konvensional platina. Platina adalah material yang umum digunakan sebagai elektroda pembanding pada berbagai aplikasi, juga sangat efisien dalam aplikasinya pada DSSC [13]. Nilai konduktifitas untuk DSSC dengan elektroda pembanding karbon adalah 2.61307×10^{-6} (S/cm), sedangkan nilai untuk DSSC dengan elektroda pembanding emas adalah 2.34266×10^{-6} (S/cm) [14].



Gambar16. Grafik Karakterisasi Absorbansi pada DSSC dengan Elektroda Pembanding yang dilapisi Karbon



Gambar 17. Grafik Karakterisasi Absorbansi pada DSSC dengan Elektroda Pemanding yang dilapisi Emas



Gambar 18. Grafik Perbandingan Karakterisasi Absorbansi pada DSSC dengan Elektroda Pemanding yang Dilapisi Karbon dan Emas

Hasil penelitian juga memperlihatkan, terjadinya pergeseran puncak panjang gelombang pada rentang 396-430 sebagaimana diperlihatkan pada gambar.17 di atas. Hal ini disebabkan panjang gelombang tersebut merupakan karakterisasi nilai absorbansi TiO₂ ^[15]. Nilai absorbansi maksimal pada DSSC yang dilapisi karbon pada elektroda pembandingnya yaitu 3.96, sedangkan yang dilapisi emas yaitu 3.27. Hasil penelitian ini memperlihatkan adanya peningkatan bila dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Akhiruddin Madu, dengan nilai absorbansi 2.0 yang menggunakan kol merah sebagai sensitizer atau penelitian yang dilakukan oleh Lydia Simanjutak yang menggunakan kulit buah naga merah dengan nilai absorbansi 2.3. Berikut ini disajikan beberapa nilai absorbansi dari berbagai bahan sebagai pembanding nilai absorbansi dengan kulit rambutan berwarna merah:

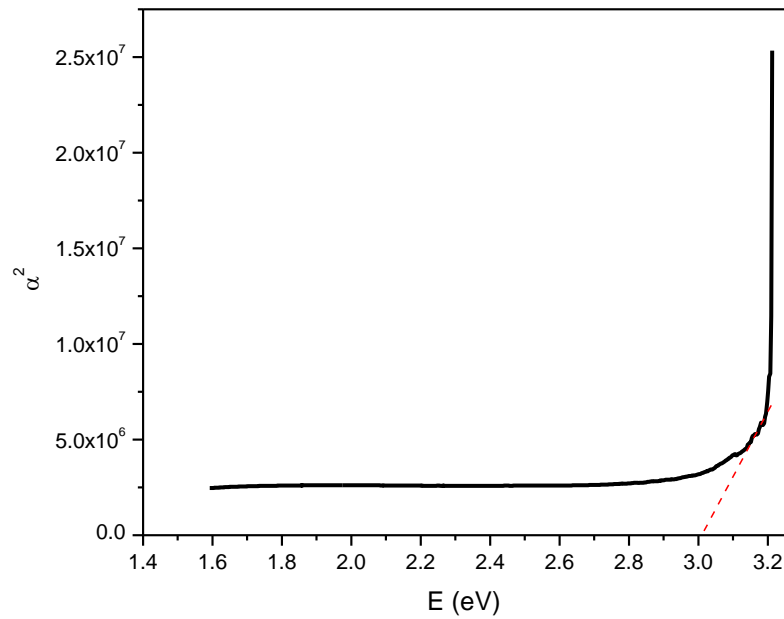
Tabel 4: Perbandingan Nilai Absorbansi dari Berbagai Bahan

Sampel	Absorbansi (a.u)
Strawberry (Mochamad Choirul Misbachudin, 2013)	1,2
Daun Bayam (Maya Sukma Widya, 2012)	1.9
Ekstrak Teh Hitam	0.8

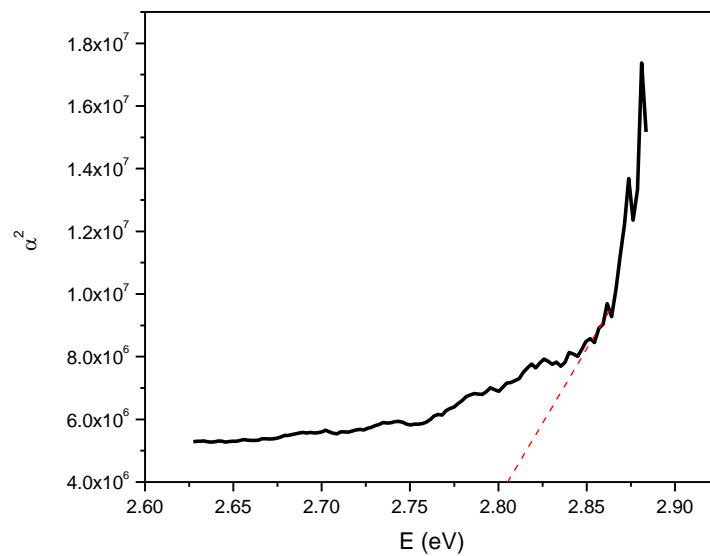
(Rachmawati Ningsih, 2013)	
Kulit Buah Naga Merah (Lidya Simanjuntak, 2014)	2.3
Kol Merah (Akhirudin Madu, 2007)	2,0

Spektrum absorpsi menunjukkan besarnya serapan optik terhadap energi foton gelombang yang melewatinya. Plot kuadrat absorpsi optik (α^2) terhadap energi foton dari kedua sampel DSSC ditunjukkan pada Gambar 18 dan gambar 19. Material TiO₂ pada DSSC mempunyai celah pita energi langsung (*direct bandgap*). Celah pita energi pada DSSC yang dihasilkan dengan perbedaan pelapis elektroda pembanding ditentukan dengan mengekstrapolasi grafik spektrum absorpsi.

Besarnya celah pita energi pada DSSC yang dihasilkan dengan perbedaan pelapis elektroda pembanding di tunjukkan pada Gambar 18 dan Gambar 19, secara berturut-turut besarnya sebagai berikut:



Gambar 19. E-gap pada DSSC dengan elektroda pembanding yang dilapisi emas

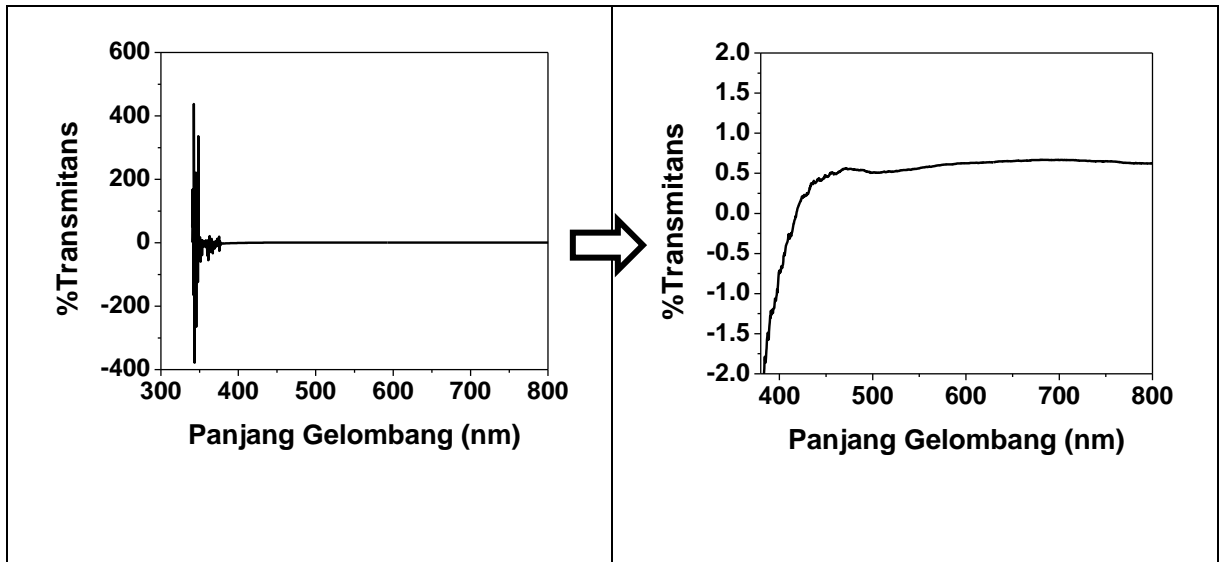


Gambar 20. E-gap pada DSSC dengan elektroda pembanding yang dilapisi Karbon

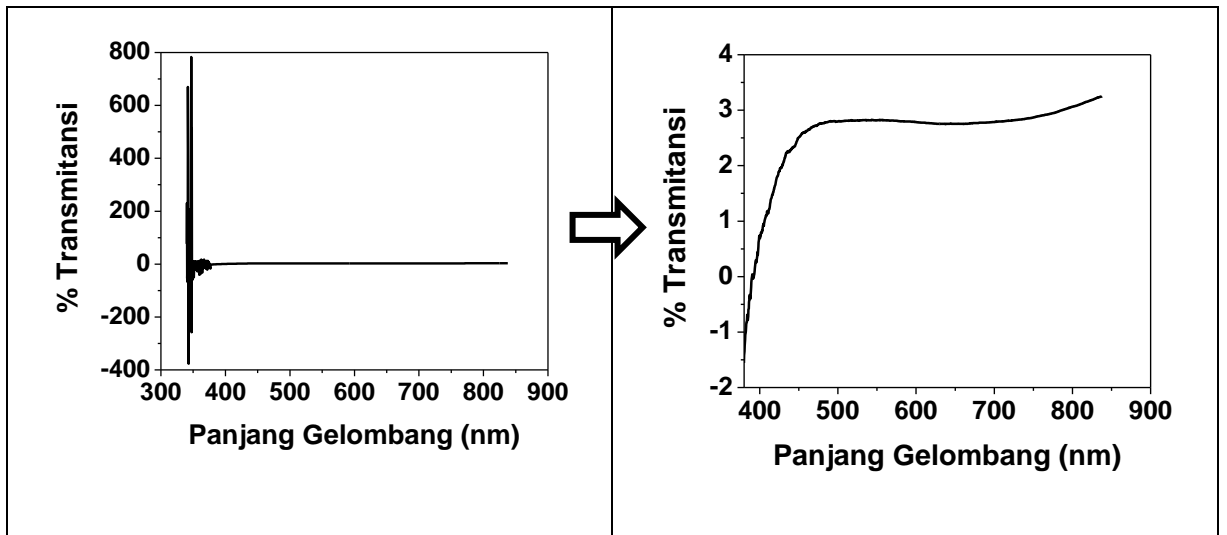
4.2.2 Transmittansi

Pengukuran transmittansi optik dengan spektrometer UV-Vis dari DSSC dengan kulit rambut yang menggunakan karbon dan emas ditunjukkan dengan grafik transmittansi pada gambar.20, gambar.21, dan gambar.22. Nampak adanya

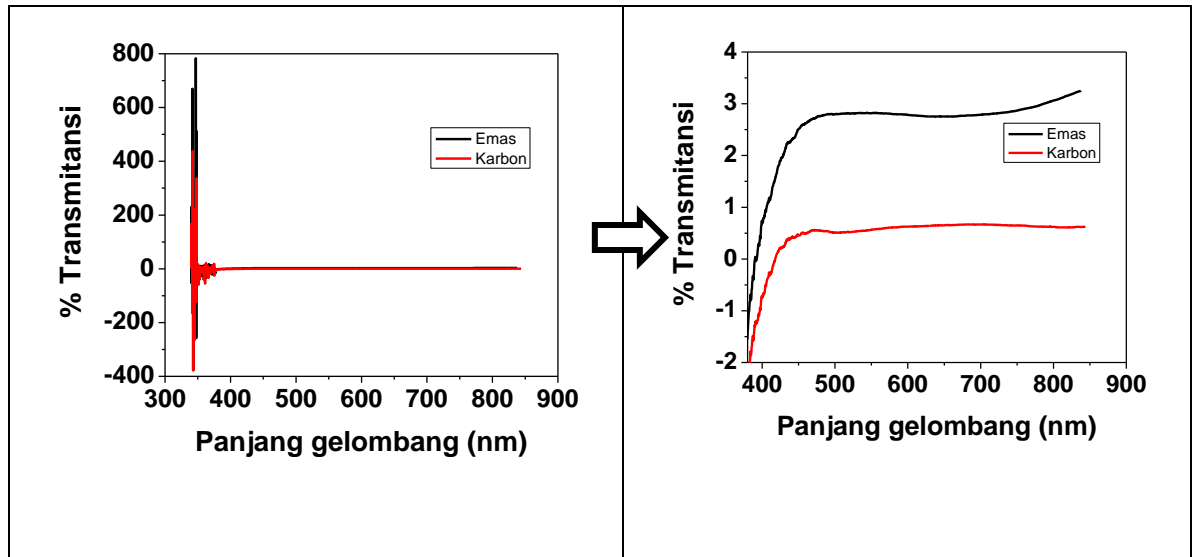
perubahan transmitansi pada rentang panjang gelombang 380 nm sampai 800 nm yang merupakan daerah panjang gelombang cahaya tampak. Perubahan transmitansi tersebut menunjukkan adanya absorpsi pada panjang gelombang tertentu.



Gambar 21 .Grafik Karakterisasi Transmitansi pada DSSC dengan Elektroda Pemanding Karbon



Gambar 22. Grafik Karakterisasi Transmitansi pada DSSC dengan Elektroda Pemanding Emas

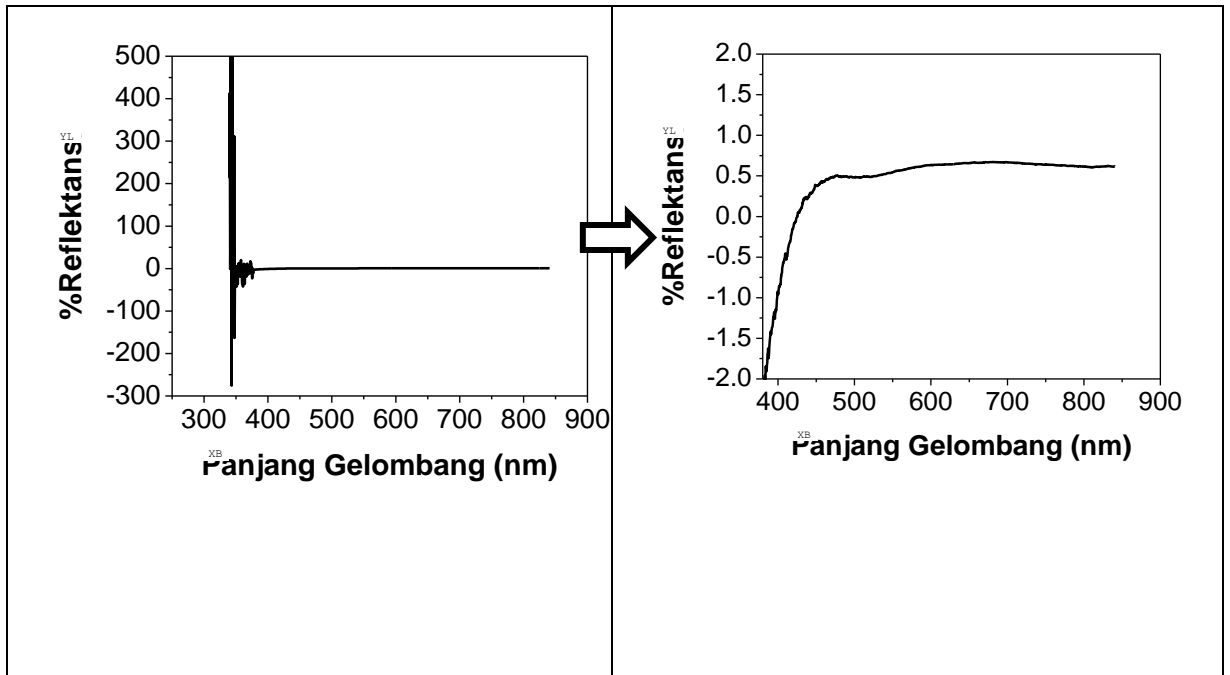


Gambar 23. Perbandingan Grafik Karakterisasi Transmittansi pada DSSC dengan Elektroda Pemanding Karbon dan Emas

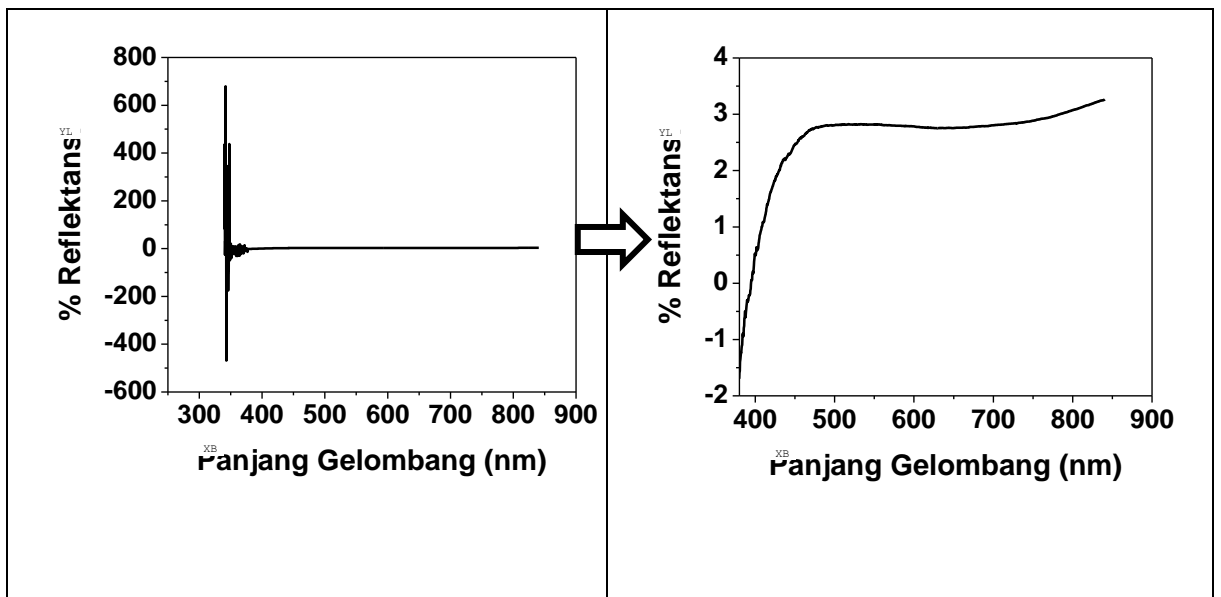
Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa DSSC yang menggunakan elektroda pemanding karbon dan emas, keduanya mempunyai nilai transmittansi yang rendah. Hal ini disebabkan transmittansi mempunyai hubungan terbalik dengan absorbansi. Ketika absorbansinya tinggi, maka material tersebut diasumsikan mempunyai transmittansi yang rendah. Pada gambar.23, DSSC dengan elektroda pemanding emas mempunyai transmittansi yang lebih tinggi dibandingkan elektroda pemanding karbon, hal ini sesuai dengan nilai absorbansi yang dimiliki masing-masing DSSC, yaitu nilai absorbansi yang dilapisi karbon lebih tinggi dari yang dilapisi emas.

4.2.3 Reflektansi

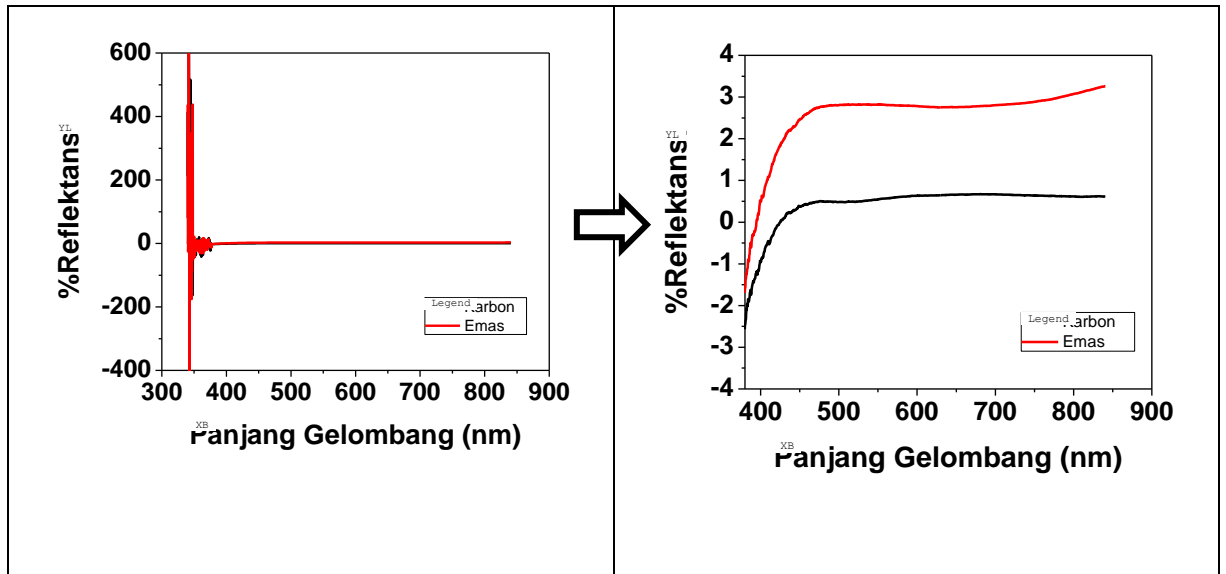
Pengukuran reflektansi optik dengan spektrometer UV-Vis ditunjukkan dengan grafik % *Reflektans* terhadap panjang gelombang sebagaimana terlihat pada gambar 24, gambar 25, dan gambar 26.



Gambar 24: Grafik Karakterisasi Reflektansi pada DSSC dengan Elektroda Pemanding Karbon



Gambar 25 :Grafik Karakterisasi Reflektansi pada DSSC dengan Elektroda Pemanding Emas



Gambar 26 Perbandingan Grafik Karakterisasi Reflektansi pada DSSC dengan Elektroda Pembanding Karbon dan Emas

Hasil penelitian karakteristik reflektansi memperlihatkan bahwa puncak reflektansi untuk DSSC dengan kulit rambutan bagi kedua elektroda pembanding karbon dan emas terjadi pada daerah panjang gelombang antara 380 – 400 nm. Karakterisasi reflektansi berkaitan dengan fungsi *Kubelka-Munk*. Fungsi *Kubelka-Munk* digunakan untuk mengkonversi pengukuran reflektansi ke spektrum penyerapan. Jika suatu material dengan ketebalan x , diradiasikan dengan sejumlah energi foton, maka material tersebut akan menyerap atau menghamburkan foton.

$$F(R) = \frac{(1-R)^2}{2R} \quad (4.1)$$

Material TiO_2 pada DSSC mempunyai celah pita energi langsung (*direct bandgap*). Celah pita energi pada DSSC dari kedua macam elektorda pembanding berlapis karbon dan emas dapat ditentukan dengan mengekstrapolasi grafik spektrum reflektansi pada gambar 24 dan 25. Untuk menentukan lebar celah pita energi, dapat menggunakan *Tauc plot*, yakni :

$$(\alpha hv)^{\frac{1}{n}} = A(hv - E_g) \quad (4.2)$$

α = Koefisien Linier Penyerapan Bahan

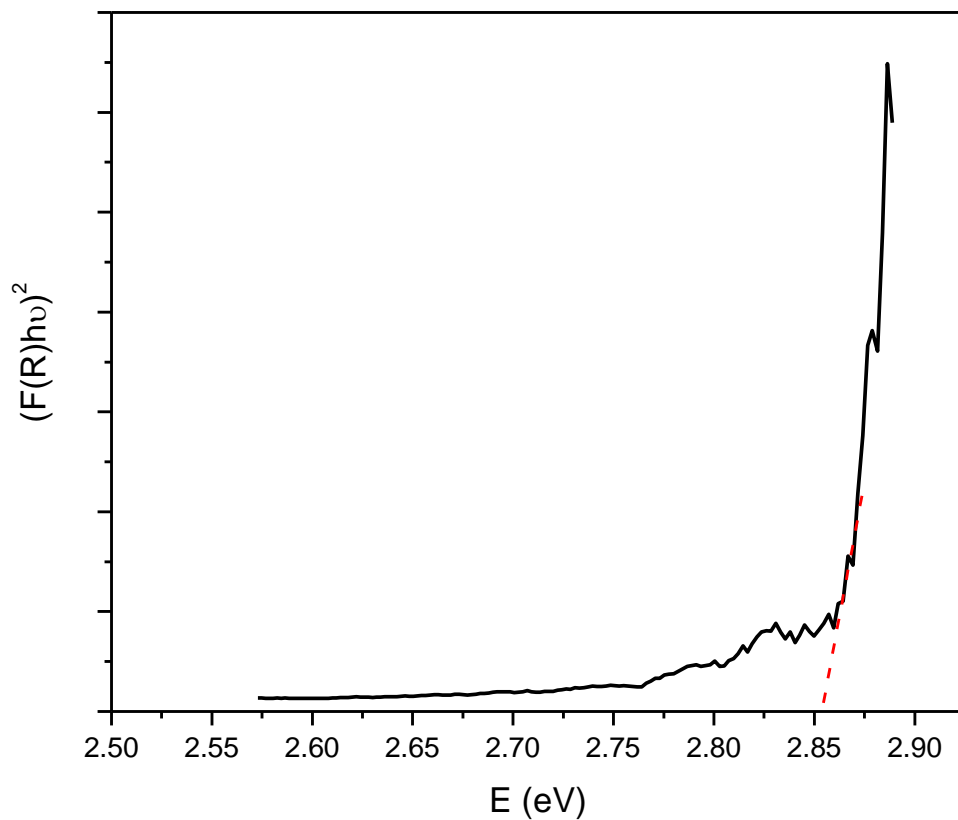
A = Konstanta Proporsionalitas

n = akuntansi konstan jenis transisi optik, $n = 1/2$

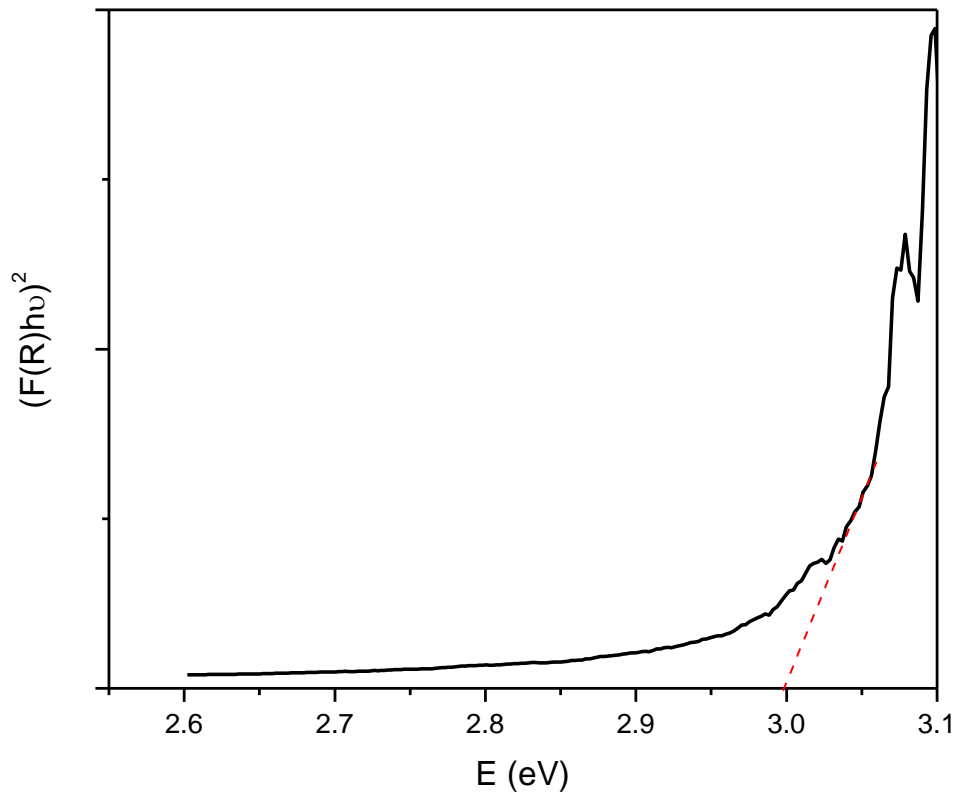
Nilai α pada persamaan *Tauc* diubah dengan menggantikan dengan $F(R)$:

$$(F(R)hv)^2 = A(hv - E_g) \quad (4.3)$$

Berikut ini akan ditampilkan grafik hasil perhitungan *Tauc-Plot* yang merupakan lebar celah pita energi pada DSSC yang menggunakan elektroda pembanding karbon maupun emas.



Gambar 27: Grafik hasil perhitungan Tauc-Plot pada DSSC dengan elektroda pembanding karbon



Gambar 28: Grafik hasil perhitungan Tauc-Plot pada DSSC dengan elektroda pembanding Emas

Perpindahan elektron dipengaruhi oleh lebar celah pita energi yang mana jika lebar celah pita energi kecil, maka electron akan mudah berpindah dan berlaku sebagai konduktor, begitupun sebaliknya ketika lebar celah pita energi besar maka elektron akan sulit berpindah dan bahan tersebut akan berlaku sebagai isolator.

Berdasarkan grafik *Tauc Plot* diatas, terlihat bahwa DSSC dengan elektroda pembanding yang dilapisi dengan karbon memiliki celah pita energi yang lebih kecil daripada DSSC dengan elektroda pembanding emas. Hal ini memiliki kesamaan nilai apabila dihitung menggunakan spectrum absorbansi (gambar 18). DSSC dengan elektroda pembanding yang dilapis memiliki nilai celah pita energi sebesar 3.0 eV, sedangkan DSSC dengan elektroda pembanding yang dilapisi

karbon memiliki nilai celah pita energi sebesar 2.8 eV. Level orbital dye tersebut mengindikasikan bahwa fotokatalis mampu menginjeksikan elektron ke permukaan TiO₂ dan menghasilkan regenerasi dye oleh elektrolit redoks I⁻/I₃⁻ dengan baik [16]. Pengurangan celah pita energi tersebut sesuai dengan nilai serapan besar dan transmitansi optis rendah yang dimiliki oleh DSSC dengan elektroda pembanding yang dilapisi karbon. Nilai serapan yang tinggi menyebabkan banyak electron yang tereksitasi, sehingga celah energi bernilai kecil. Pada penelitian sebelumnya, Romi Nugraha, dkk menentukan nilai celah energi pada DSSC dengan dye yang berasal dari tanaman hanjuang dan menghasilkan Egap sebesar 2.33 eV.

4.2.4 Interaksi Absorbansi, Transmitansi, dan Reflektansi

Ketika suatu cahaya dari suatu media menuju ke media yang lain (misalnya dari udara ke media zat padat sel surya) terjadi beberapa hal. Beberapa radiasi cahaya dapat ditransmisikan melalui media, beberapa akan diserap, dan beberapa cahaya akan direfleksikan pada media tersebut. Dalam hal ini berlaku hubungan:

$$I_0 = I_T + I_A + I_R \quad (4.4)$$

$$T + A + R = 1 \quad (4.5)$$

$T = \text{Transmitansi } (\%)$

$A = \text{Absorbansi } (\%)$

$R = \text{Reflektansi } (\%)$

Tabel 5: Hubungan Absorbansi, Transmittansi dan Reflektansi

Panjang Gelombang	Absorbansi (%A)		Transmittansi (%T)		Reflektansi (%R)		T+A+R	
	Karbon	Emas	Karbon	Emas	Karbon	Emas	Karbon	Emas
364.37	116.9	145	15.89	17.685	46.492	10.839	172.282	173.524
375.94	143.9	172.6	30.472	29.638	41.329	34.376	72.099	108.586
427.31	396.4	104.7	21.913	14.077	-5.616	-2.357	368.871	88.266
427.67	316.7	175	20.018	-9.172	-3.169	14.125	293.513	151.703
428.04	297.4	106.8	6.766	3.901	1.911	10.208	306.077	120.909
428.41	387.9	191.6	39.305	21.912	36.151	24.091	312.444	145.597
429.14	387.7	139.3	8.474	10.83	0.67	8.068	396.844	158.198
429.51	314.8	89.8	13.197	0.086	3.165	-4.867	304.768	85.019
429.87	363.4	107.4	1.853	10.623	3.957	1.135	369.21	119.158
430.24	349.8	140.6	-0.973	8.951	12.834	7.007	361.661	156.558
430.61	368.2	111.9	-1.759	0.937	-8.399	1.297	358.042	114.134
430.97	348.1	259	-5.658	-4.95	-2.527	6.178	339.915	260.228
431.34	333.2	327.2	11.909	5.527	-4.205	-2.467	317.086	330.26

431.7	317.2	281	3.88	3.466	-5.894	9.544	315.186	294.01
432.07	303.1	278.3	0.703	-7.543	18.816	23.026	284.987	247.731
432.44	309.9	265.3	-6.412	27.982	-9.567	11.473	293.921	225.845
432.8	299.1	255	-6.225	10.687	-0.665	4.867	292.21	270.554
433.17	297	243.7	12.304	8.685	0.916	10.407	285.612	241.978
433.53	289.4	240.5	7.535	0.557	20.118	4.74	317.053	245.797
433.9	291.4	233.8	10.426	13.758	11.622	16.312	269.352	203.73
434.27	290	231.8	-6.144	4.439	3.27	9.602	287.126	245.841
434.63	285.6	233.8	16.592	-2.955	17.462	30.624	251.546	200.221
435	281.7	234.4	-0.641	-22.94	-2.071	-7.084	278.988	204.376

Tabel 5 diatas merupakan sebagian data dari hasil karakterisasi absorbansi, reflektansi, dan transmitansi. Dalam tabel tersebut terdapat juga hasil penjumlahan dari absorbansi, reflektansi, dan transmitansi. Hasil dari data penjumlahan tersebut menunjukkan bahwa hubungan antara absorbansi, transmitansi, dan reflektansi tidak sesuai dengan yang ada pada persamaan 4.5. Hal ini dikarenakan karakterisasi absorbansi yang dimiliki DSSC lebih dari 100%. Hasil karakterisasi yang melebihi 100% diasumsikan karena DSSC tersebut bersifat *absorber* sehingga memiliki nilai absorbansi yang tinggi.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Panjang gelombang maksimum pada DSSC dengan kulit rambutan adalah 500 nm
2. DSSC dengan karbon mempunyai nilai absorbansi sebesar 3.964 | sedangkan dengan emas mempunyai nilai absorbansi sebesar 3.27
3. Nilai reflektansi DSSC dengan karbon sebesar 0.5% | sedangkan dengan elektroda pembanding emas sebesar 2.7%
4. Nilai transmitansi DSSC dengan karbon sebesar 0.5% | sedangkan dengan emas sebesar 2.7%
5. Nilai celah pita energi pada pelapis karbon adalah 2.8 eV dan celah pita energi pada pelapis emas adalah 3.0 eV
6. DSSC dengan *dye* ekstraksi kulit rambutan dapat dimanfaatkan sebagai sumber energy terbarukan karena mempunyai nilai absorbansi yang tinggi dan transmtansi yang rendah

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan beberapa hal yaitu:

1. Pada penelitian lanjutan, dalam rangkaian sel surya perlu digunakan kaca konduktor yang memiliki nilai hambatan yang lebih rendah dan konduktivitas yang lebih tinggi.
2. Metode mengekstraksi kulit rambutan dapat dikembangkan lebih lanjut, seperti menggunakan alat ekstraksi soxhlet, dan lain-lain
3. Cara deposisi TiO₂ sebaiknya menggunakan metode yang lebih presisi. Pelapisan yang menggunakan *system spray* dan pemanasan dengan cara lain disarankan untuk memungkinkan diperoleh lapisan yang rata dan pelekatan yang lebih baik.
4. Pemasangan DSSC seperti sandwich, dikedua ujungnya diberi celah untuk menempatkan lapisan tembaga agar lebih mudah dalam pengukurannya.
5. Dalam Pengambilan data karakterisasi UV-Vis reflektansi, sebaiknya menggunakan alat reflektansi diffuse reflectant agar hasil dari karakterisasi yang didapat lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ekasari Vitriany, Fabrikasi Dssc dengan Dye Ekstrak Jahe Merah (*Zingiber Officinale Linn Var.Rubrum*) Variasi Larutan Tio₂ Nanopartikel Berfase Anatase dengan Teknik Pelapisan *Spin Coating*. Jurnal Sains dan Seni Pomits Vol. 2, No.1, (2013) 2337-3520 (2301-928X Print)
- [2] Grätzel, M. (2003), Dye-Sensitized Solar CellsE Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Review, 4, 145-153
- [3] Septina W, Dimas F dan Mega A. 2007. *Pembuatan Prototipe Solar Cell Murah dengan Bahan Organik-Inorganik (Dyesensitized Solar Cell)*. Bandung: ITB
- [4] Mangku, I Gede Pasek, dkk. 2006. Studi Pemanfaatan kulit buah rambutan sebagai pewarna alami. Jurnal lingkungan dan pembangunan wicaksana vol.15
- [5] Rasida, Elvi Florentina Hutapea,dkk. Ekstraksi Pigmen Antosianin dari Kulit Rambutan (*Nephelium lappaceum*) dengan Pelarut Metanol.Jurnal Teknik Kimia USU, Vol. 3, No. 2 (Juni 2014)
- [6] Olivia, Laura Siahaan, dkk. Ekstraksi Pigmen Antosianin dari Kulit rambutan (*Nephelium lappaceum*) dengan Pelarut Etanol. Jurnal Teknik Kimia USU, Vol. 3, No. 3 (September 2014).
- [7] 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.
- [8] N.T.R.N Kumara, dkk. 2013. *Study of the Enhancement of Cell Performance ofDye Sensitized Solar Cells Sensitized with Nephelium lappaceum (F: Sapindaceae)*. Journal of Solar Engineering Vol. 135
- [9] Pratiwi, Zeniar Rosa. 2013. Pengaruh Suhu Anealing Lapisan Aktif Polimer P3ht; Pcbm terhadap UnjukKerja Sel Surya yang Ditumbuhkan diatas Substrat Gelas.Universitas Pendidikan Indonesia. Bandung
- [10]Prajitno, Gontjang. 2013. *Pembuatan Dan Karakterisasi Prototipe Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Menggunakan Ekstraksi Kulit Buah Manggis*

Sebagai Dye Sensitizer Dengan Metode Doctor Blade. FMIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.

- [11] 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.
- [10] Callister Jr, William D, 2009, *Materials Science And Engineering An Introduction*, 8th Edition, New Jersey : John Wiley & Sons, Inc, Hoboken
- [11] 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.
- [12] Novita, A., (2015). *Sintesis dan karakterisasi zinc oxide (zno) nanorods menggunakan metode hidrotermal*. Depok: Universitas Indonesia.
- [13] Ningsih Rahmawati. 2013. Karakterisasi Ekstrak Teh Hitam dan Tinta Cumi-Cumi Sebagai Fotosensitizer pada Sel Surya Berbasis Pewarna Tersensitisasi
- [14] Khaerani, Intan. 2016. Studi Sifat Kelistrikan pada Dye sensitized Solar Cell (DSSC) dengan Dye Ekstraksi Kulit Buah Rambutan (*Nephelium Lappaceium*). Fisika, Universitas Negeri Jakarta. Jakarta
- [15] Maddu, Akhiruddin, dkk. 2007. Penggunaan Ekstrak Antosianin Kol Merah Sebagai Fotosensitizer pada Sel Surya TiO_2 Nanokristal Tersintesis Dye. Departemen Fisika, FMIPA. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- [16] Nugraha, Romi, dkk. 2015. Fotofisika-kimia Biosel Surya *Cordyline Fruticosa* berpigmen Kuersetin-3-O-Glukosida terkombinasi Klorofil a. Prosiding SNIPS 2015. Bandung

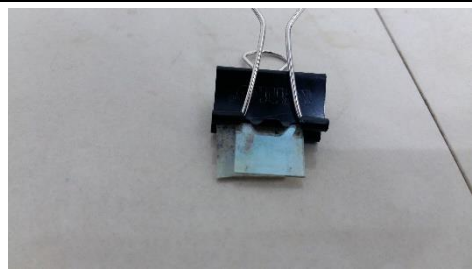
LAMPIRAN

Lampiran 1: Dokumentasi Penelitian

 <p>Pencucian Kaca Konduktif menggunakan <i>Ultrasonic Bath</i></p>	 <p>Deposisi Pasta TiO₂</p>
 <p>Pemanasan Kaca Konduktif yang telah dideposisi pasta TiO₂</p>	 <p>Perendaman dengan Ekstrak Kulit Rambutan</p>
 <p>Pemanasan Elektroda Pembanding Karbon</p>	 <p>Elektroda dan Elektroda Pembanding</p>



**DSSC dengan Elektroda
Pemanding Emas**



**DSSC dengan Elektroda
Pemanding Karbon**



Ocean Optic



Pengukuran Sifat Optik DSSC

Lampiran 2: Database TiO₂

Name and formula

Reference code:	98-000-9852
Mineral name:	Anatase
Compound name:	Anatase
Common name:	Anatase
Chemical formula:	O ₂ Ti ₁

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 ³):	3,89
Volume of cell (10 ⁶ pm ³):	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 ₂ (tI12). Temperature factors available. Temperature in Kelvin: 298. Structure type prototype : TiO ₂ (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 ₂ (tI12).

Recording date: 1/1/1980. Modification date: 2/1/2012.
 Mineral origin: Binntal, Wallis, Switzerland. ANX formula:
 AX₂. 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: TiO₂(tI12)
 Chemical Name: Titanium Oxide
 Second Chemical Formula: Ti O₂

References

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

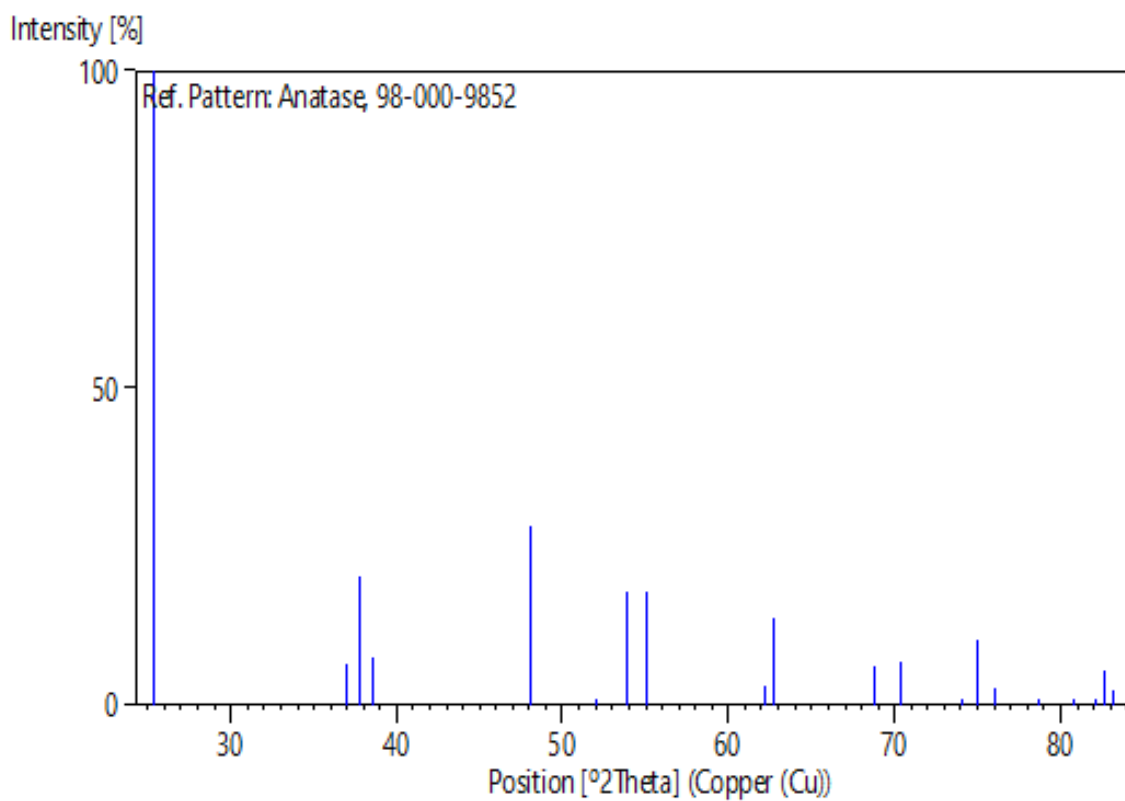
Peak list

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
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 3: Menghitung Celah Pita Energi

Menghitung celah pita energi pada absorbansi

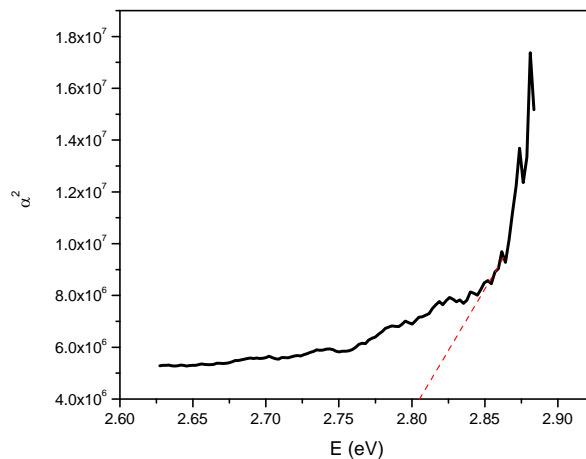
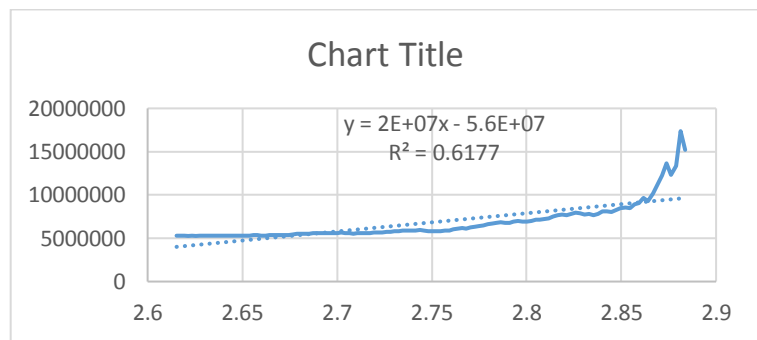
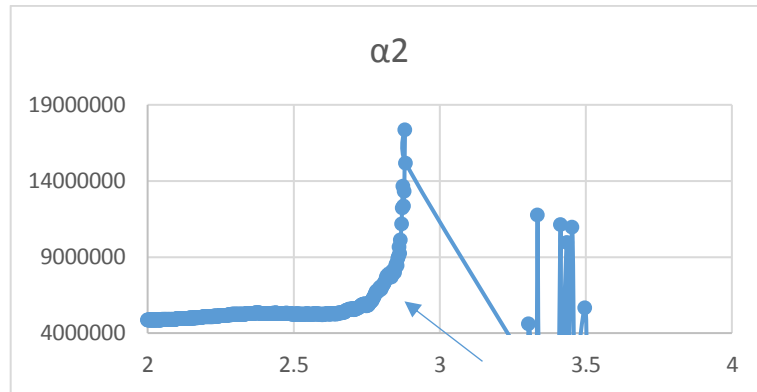
- Spektrum absorpsi menunjukkan besarnya serapan optik terhadap energi foton gelombang yang melewatinya. Plot kuadrat absorpsi optik (α^2) terhadap energi foton dibuat untuk menentukan nilai celah pita energi
- Menghitung besar nilai absorpsi optik:

$$\alpha = 2.303 \frac{A}{d}$$

Dengan A merupakan absorbansi dan d merupakan tebal DSSC.

α	α^2	E
1345.426265	1810171.835	3.631801373
346.6557592	120170.2154	3.62786198
693.3115183	480680.8614	3.592162554
302.4445899	91472.72995	3.580418366
1595.621291	2546007.306	3.568853641
1526.29014	2329561.59	3.534401508
1052.024869	1106756.325	3.511734158
1504.184555	2262571.175	3.504275925
2387.403141	5699693.759	3.496849303
1277.099913	1630984.187	3.467552118
1172.600785	1374992.602	3.463863853
1180.63918	1393908.873	3.460280178
3311.818499	10968141.77	3.453038674
829.9642234	688840.6121	3.438646215
3156.074607	9960806.927	3.435114504
1002.789703	1005587.189	3.417281087
3339.95288	11155285.24	3.413793103
1213.797557	1473304.509	3.406744666
1174.610384	1379709.554	3.396273019
819.9162304	672262.6248	3.38929667
1241.931937	1542394.937	3.372118372
1162.552792	1351528.995	3.368630226
1402.699825	1967566.8	3.351660257
1812.657941	3285728.81	3.3448658

- Membuat plot grafik kuadrat absorpsi optik (α^2) terhadap energi foton



Menghitung celah pita energi pada refletansi

- Hasil reflektansi yang didapatkan dari UV-Vis *Ocean Optic* memiliki satuan (%), oleh karena itu ubah ke bentuk bukan persen dengan membagi dengan 100.

%R	R- Karbon	%R	R-Emas
211.992	2.11992	79.302	0.79302
211.992	2.11992	79.302	0.79302

413.409	4.13409	436.484	4.36484
-1.091	-0.01091	-25.929	-0.25929
68.7	0.687	31.631	0.31631
29.189	0.29189	-8.626	-0.08626
1784.729	17.84729	679.146	6.79146
311.228	3.11228	297.146	2.97146
68.105	0.68105	74.624	0.74624

- Mengubah nilai reflektansi tersebut ke spektrum penyerapan dengan menggunakan rumus Kubelka-Munk

$$F(R) = \frac{(1 - R)^2}{2R}$$

Panjang Gelombang (nm)	F (R)-Karbon	F (R) - Emas
339.61	0.295817957	0.838137676
339.98	0.295817957	0.838137676
340.36	1.187990601	0.014874051
340.74	-46.83496921	-24.42816039
341.11	0.071302038	6.048073316
341.49	0.858919066	0.011586557
341.87	7.951660458	3.038710177
342.24	0.716793926	0.055947517
342.62	0.074685487	5.732083809
342.99	-2.560381988	-2.475474355
343.37	0.021549776	22.21287218
343.75	0.082620425	5.093082547
344.12	1.67677892	0.136580232
344.5	0.052680389	8.517538136
344.88	0.515635132	0.227495481
345.25	1.745820239	0.159308449
345.63	0.841995741	0.014825102
346	-2.031009728	-2.26168783
346.38	0.307913842	0.777787787
346.75	-2.220851338	-2.335564557

347.13	0.719462377	0.054694561
347.51	-2.122550581	-2.296840937
347.88	-2.11530726	-2.29402591

- Menentukan lebar celah pita energi yakni menggunakan *Tauc plot*

$$(\alpha hv)^{\frac{1}{n}} = A (hv - E_g)$$

Di mana α adalah koefisien linear penyerapan bahan, hv adalah energi foton, A adalah konstanta proporsionalitas, n adalah akuntansi konstan untuk jenis transisi optik, dan $n = 1/2$ menunjukkan *direct allowed transition*.

- Mengubah persamaan Tauc dengan menggantikan α dengan $F(R)$

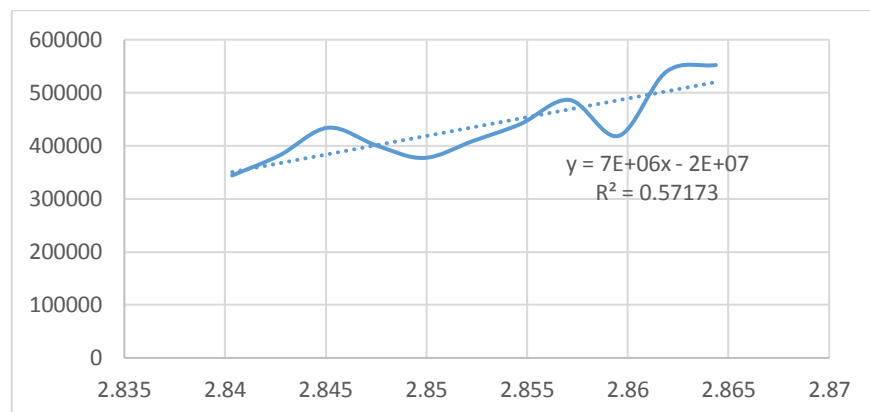
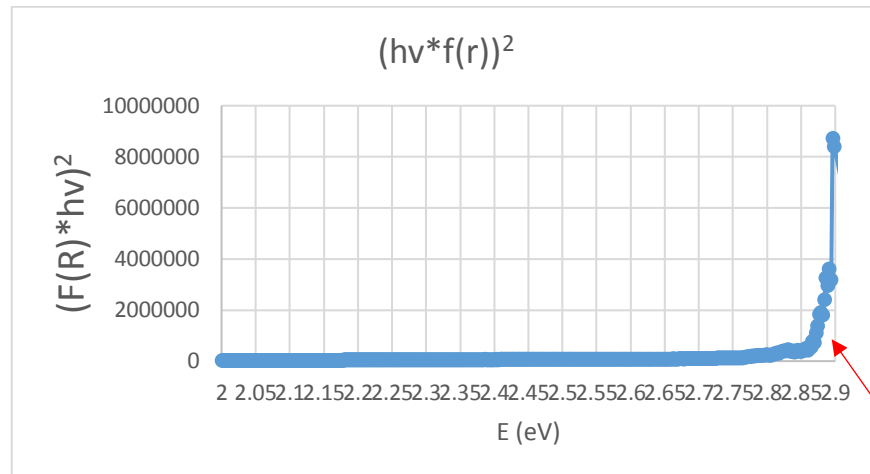
$$(F(R)hv)^2 = A(hv - E_g)$$

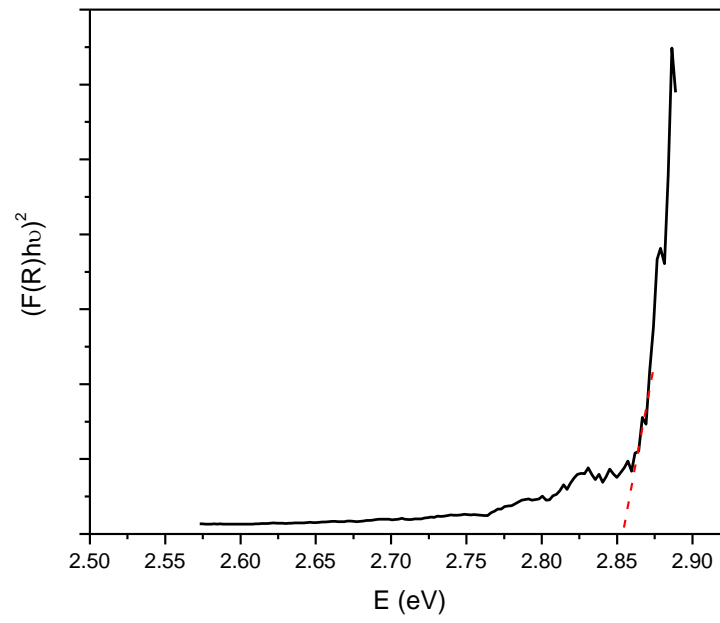
- Membuat grafik dengan energi (E) sebagai sumbu (x) dan $(F(R)hv)^2$ sebagai sumbu (y).
- $E = hv = 1239,7/\lambda$ dalam satuan (eV)

Panjang gelombang (nm)	hv	R	F(R)	hv*f(r)	(hv*f(r))^2
339.61	3.650363652	2.11992	0.295818	1.079843	1.166061159
339.98	3.646390964	2.11992	0.295818	1.078668	1.163524493
340.36	3.642319897	4.13409	1.187991	4.327042	18.72329077
340.74	3.638257909	-0.01091	-46.835	-170.398	29035.37519
341.11	3.634311512	0.687	0.071302	0.259134	0.067150335
341.49	3.630267358	0.29189	0.858919	3.118106	9.722584071
341.87	3.626232194	17.84729	7.95166	28.83457	831.4322624
342.24	3.622311828	3.11228	0.716794	2.596451	6.741558395
342.62	3.61829432	0.68105	0.074685	0.270234	0.073026455
342.99	3.61439109	-2.75821	-2.56038	-9.25422	85.64062193
343.37	3.610391123	0.81283	0.02155	0.077803	0.006053325
343.75	3.6064	1.49743	0.08262	0.297962	0.088781532
344.12	3.602522376	5.15975	1.676779	6.040634	36.48925402
344.5	3.598548621	0.72384	0.05268	0.189573	0.0359379
344.88	3.594583623	2.65456	0.515635	1.853494	3.435438533
345.25	3.590731354	0.18857	1.74582	6.268771	39.29749575
345.63	3.586783555	0.29508	0.841996	3.020056	9.12074112
346	3.582947977	-1.28197	-2.03101	-7.277	52.95476094

346.38	3.579017264	0.46492	0.307914	1.102029	1.214467817
346.75	3.57519827	-0.52051	-2.22085	-7.93998	63.04334372
347.13	3.571284533	3.11823	0.719462	2.569405	6.601841322
347.51	3.567379356	-1.63257	-2.12255	-7.57194	57.3343227
347.88	3.563585144	-1.60918	-2.11531	-7.53808	56.82261279

➤ Membuat grafik berdasarkan data tersebut.





DAFTAR RIWAYAT HIDUP



IDENTITAS DIRI

Nama : HANIFAH WIDYA PUTRI
Tempat, Tanggal Lahir : Bekasi, 30 Oktober 1994
Alamat : Jalan Karet Pasar Baru Barat V
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Islam
Golongan Darah : O
Orangtua : - Agus Wiratno (Alm)
- Nova Siregar
Email : nifa.3094@gmail.com

PENDIDIKAN FORMAL

2000 – 2006 SDN 04 Jatimulya
2006 – 2009 SMPN 40 Jakarta
2009 – 2012 SMAN 35 Jakarta

2012 – 2016 Fisika Universitas Negeri Jakarta

PENGALAMAN KERJA

2014	Asisten Laboran (Aslab) Mata Kuliah Praktikum Fisika Dasar I
2015	Asisten Laboran (Aslab) Mata Kuliah Praktikum Fisika Komputasi
2015	Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Badan Pengkajian dan Pengembangan Teknologi (BPPT) – Balai Besar Teknologi Energi (B2TE)