

PENGARUH SUHU EKSTRAKSI TANAMAN KROKOT (*Portulaca oleracea* L.) SEBAGAI DYE DALAM DYE-SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC) TERHADAP EFISIENSI DAN STABILITASNYA

Skripsi

Untuk memenuhi sebagian persyaratan

Mencapai derajat Sarjana Kimia



Reyza Anni Mufiidah Umami

10630027

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

2015



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Surat Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu 'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Reyza Anni Mufidah Umami
NIM : 10630027
Judul Skripsi : Pengaruh Suhu Ekstraksi Tanaman Krokot (*Portulaca Oleracea L.*)
sebagai Dye dalam Dye-Sensitized Solar Cell (Dssc) terhadap
Efisiensi dan Stabilitasnya

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang kimia.

Dengan ini kami mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera diumumkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu 'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 13 Januari 2015

Pembimbing I

Khamidinal, M.Si

NIP. 19691104 200003 1 002

Pembimbing II

Didik Krisdiyanto, M.Sc

NIP. 19811111 201101 1 007



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Nota Dinas Konsultasi Skripsi

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu 'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Reyza Anni Mufiidah Umami

NIM : 10630027

Judul Skripsi : Pengaruh Suhu Ekstraksi Tanaman Krokot (*Portulaca Oleracea L.*)

sebagai *Dye* dalam *Dye-Sensitized Solar Cell (Dssc)* untuk

mengetahui Efisiensi dan Stabilitasnya

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang kimia.

Wassalamu 'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 28 Januari 2015

Konsultan


Didik Krisdiyanto, M.Sc

NIP. 19811111 201101 1 007



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Nota Dinas Konsultasi Skripsi

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu 'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Reyza Anni Mufidah Umami

NIM : 10630027

Judul Skripsi : Pengaruh Suhu Ekstraksi Tanaman Krokot (*Portulaca Oleracea L.*)

sebagai *Dye* dalam *Dye-Sensitized Solar Cell (Dssc)* untuk

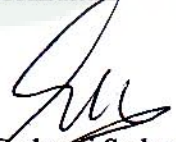
mengetahui Efisiensi dan Stabilitasnya

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang kimia.

Wassalamu 'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 28 Januari 2015

Konsultan


Endang Sedyadi, M.Sc



PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Nomor : UIN.02/D.ST/PP.01.1/415/2015

Skripsi/Tugas Akhir dengan judul : Pengaruh Suhu Ekstraksi Tanaman Krokot (*Portulaca oleracea* L.) sebagai Dye dalam Dye-Sensitized Solar Cell (Dssc) terhadap Efisiensi dan Stabilitasnya

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :
Nama : Reyza Anni Mufiidah Umami
NIM : 10630027
Telah dimunaqasyahkan pada : 26 Januari 2015
Nilai Munaqasyah : A/B
Dan dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga

TIM MUNAQASYAH :

Ketua Sidang

Khamidinal, M.Si
NIP.19691104 200003 1 002

Penguji I

Didik Krisdiyanto, M.Sc
NIP.19811111 201101 1 007

Penguji II

Endang Sedyadi, M.Sc

Yogyakarta, 3 Februari 2015
UIN Sunan Kalijaga
Fakultas Sains dan Teknologi
Pit. Dekan



Khamidinal, M.Si.
NIP.19691104 200003 1 002

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

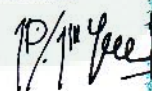
Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Reyza Anni Mufiidah Umami
NIM : 1063001427
Program Studi : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Skripsi : Pengaruh Suhu Ekstraksi Tanaman Krokot (*Portulaca oleracea L.*) sebagai Dye dalam Dye-Sensitized Solar Cell (Dssc) Terhadap Efisiensi dan Stabilitasnya

Menyatakan dengan sesungguhnya, bahwa skripsi ini adalah hasil pekerjaan sendiri dan sepanjang pengetahuan penulis tidak berisi materi yang telah dipublikasikan atau telah ditulis oleh orang lain, kecuali pada bagian tertentu yang diambil sebagai acuan yang tertulis dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka. Apabila terbukti ini tidak benar, sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

Yogyakarta, 15 Januari 2015

Penulis



Reyza Anni
NIM: 10630027



KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Rabbul ‘alamin Allah SWT yang telah melimpahkan karunia, rahmat, dan hidayah-Nya yang terus-menerus, serta anugerah-Nya berupa keyakinan, kesempatan, dan kemampuan sehingga penyusunan skripsi dengan judul ini dapat diselesaikan sebagai salah satu persyaratan mencapai derajat Sarjana Kimia. Selama penyusunan skripsi, baik pada saat persiapan, pelaksanaan kegiatan hingga penyusunan laporan skripsi, penyusun mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Penyusun mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dorongan, semangat, dan ide-ide kreatif sehingga tahap demi tahap penyusunan skripsi ini telah selesai. Ucapan terima kasih tersebut secara khusus disampaikan kepada:

1. Bapak Prof. Drs. Akh. Minhaji, MA., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Maya Rahmayanti, M.Si, selaku dosen pembimbing akademik mahasiswa kimia 2010.
3. Bapak Khamidinal, M. Si dan Bapak Didik Krisdianto, M. Si selaku dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan motivasi dan pengarahan selama studi sekaligus sebagai pembimbing skripsi yang secara ikhlas dan sabar telah meluangkan waktunya untuk membimbing, mengarahkan, dan memotivasi penyusun dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini.
4. Bapak dan Ibu, serta seluruh keluarga besar tercinta yang selalu penyusun rasakan kekuatan do’a dan kasih sayang yang tidak ternilai.

5. Seluruh Staf Karyawan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah membantu sehingga penyusunan skripsi ini dapat berjalan dengan lancar.
6. Teman sepenilitian yaitu Ifah, Cici, semua teman-teman Program Studi Kimia angkatan 2010 dan teman-teman di laboratorium penelitian kimia UIN Sunan Kalijaga atas saran dan bantuannya.
7. Semua pihak yang tidak bisa penyusun sebutkan satu persatu atas bantuannya dalam penyelesain skripsi ini.

Demi kesempurnaan skripsi ini, kritik dan saran sangat penyusun harapkan. Penyusun berharap skripsi ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan secara umum dan kimia secara khusus.

Yogyakarta, 28 Januari 2015

Penyusun

HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dengan rahmat Allah SWT, karya sederhana ini ku persembahkan untuk:

Ibu dan Bapakku tercinta,

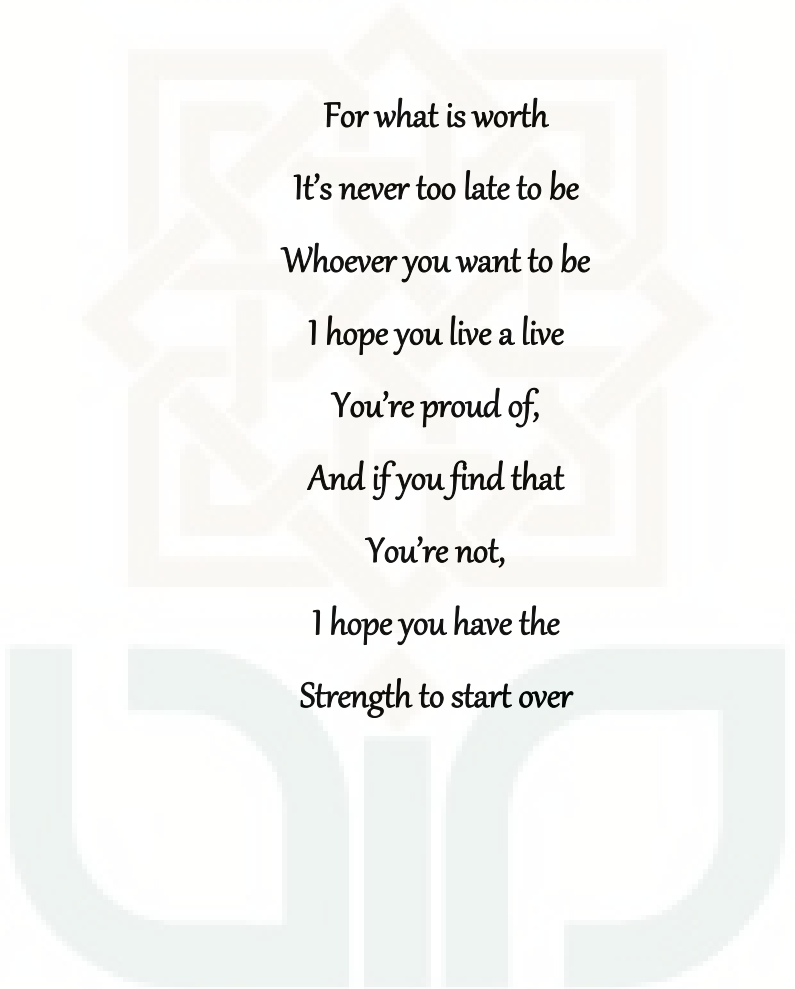
Kakakku, Muhammad Zaifar Rohman dan Muhammad Nafis Roihan,

Suamiku Aria Wira Hadi Kusuma Saputra,

Almamater yang kubanggakan, prodi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi,

Universitas Islam Negeri Yogyakarta

MOTTO



For what is worth
It's never too late to be
Whoever you want to be
I hope you live a life
You're proud of,
And if you find that
You're not,
I hope you have the
Strength to start over

-f. Scott Fitzgerald-

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN NOTA DINAS KONSULTASI	iii
HALAMAN NOTA PENGESAHAN	v
HALAMAN PERNYATAAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	ix
MOTTO	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
ABSTRAK	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Pembatasan Masalah	3
C. Perumusan Masalah	4
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	5

A. Tinjauan Pustaka.....	5
B. Landasan Teori	7
1. Zat Warna Krokot (<i>Portulaca oleracea L.</i>)	7
a. Kandungan Tanaman Krokot (<i>Portulaca oleracea L.</i>)	7
b. Ekstraksi Zat Warna	8
c. Pengaruh Suhu Terhadap Ekstraksi Zat Warna	9
2. Zat Warna (<i>Dye</i>) pada DSSC.....	11
a. Sifat Zat Warna DSSC	11
b. Prinsip Kerja Sel Surya DSSC	12
c. Komponen DSSC	13
3. Karakterisasi Zat Warna dan DSSC.....	15
a. Karakterisasi Sifat Optik Ekstrak Zat Warna.....	15
b. Karakterisasi Sifat Elektronik Film Lapis Tipis	17
c. Karakterisasi Gugus Fungsi Ekstrak Zat Warna	19
d. Karakterisasi Sifat Listrik DSSC	20
C. Kerangka Berfikir	23
BAB III METODELOGI PENELITIAN.....	24
A. Waktu dan Tempat Penelitian	24
B. Alat dan Bahan	24
1. Alat.....	24
2. Bahan.....	25
C. Prosedur Penelitian	25
1. Ekstraksi Tanaman Krokot.....	25

2. Pembuatan Elektroda Kerja.....	25
3. Pembuatan Elektroda Lawan	26
4. Pembuatan Elektrolit.....	26
5. Fabrikasi DSSC.....	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	28
A. Pengaruh Suhu Ekstraksi Terhadap Sifat Optik Larutan Ekstrak Krokot.....	28
B. Pengaruh Suhu Ekstraksi Terhadap Sifat Optik Lapis Tipis TiO ₂ - Ekstrak Krokot.....	31
C. Pengaruh Suhu Ekstraksi Terhadap Gugus Fungsi.....	35
D. Pengaruh Suhu Ekstraksi Terhadap Efisiensi DSSC.....	37
E. Pengaruh Suhu Ekstraksi Terhadap Stabilitas DSSC.....	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	44
A. Kesimpulan.....	44
B. Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN.....	50

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1 Nilai puncak absorbansi larutan ekstrak krokot.....	30
Tabel 4.2 Serapan elektronik ekstrak krokot dan lapis tipis TiO_2 dengan ekstrak krokot	33
Tabel 4.3 Parameter sel surya TiO_2 tersensitisasi ekstrak krokot pada kondisi awal	39
Tabel 4.4 Parameter sel surya TiO_2 tersensitisasi ekstrak krokot pada kondisi awal dan setelah 2 jam	42

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gamabr 2.1 Skema prinsip kerja DSSC.....	13
Gamabr 2.2 Karakteristik sel surya pada penyinaran dan gelap	21
Gamabr 4.1 Spektra Absorbansi ekstrak krokot pada masing-masing ekstrak krokot : (A) ekstrak krokot A, (B) ekstrak krokot B, (C) ekstrak krokot C, dan (D) ekstrak krokot D	29
Gamabr 4.2 Spektrum absorbansi dan <i>reflektance</i> pasta TiO ₂	32
Gamabr 4.3 <i>Energy Gap</i> TiO ₂ : (A) pasta TiO ₂ , (B) lapis tipis TiO ₂ dengan ekstrak krokot A, (C) lapis tipis TiO ₂ dengan ekstrak krokot B, (D) lapis tipis TiO ₂ dengan ekstrak krokot C, dan (E) lapis tipis TiO ₂ dengan ekstrak krokot D.....	34
Gamabr 4.4 Hasil uji FTIR pada TiO ₂	35
Gamabr 4.5 Spektra IR ekstrak krokot pada masing-masing ekstrak krokot : (A) ekstrak krokot A, (B) ekstrak krokot B, (C) ekstrak krokot C, dan (D) ekstrak krokot D	36
Gamabr 4.6 Karakterisasi I-V meter sel surya TiO ₂ tersensitisasi ekstrak krokot pada kondisi terang awal : (A) ekstrak krokot A, (B) ekstrak krokot B, (C) ekstrak krokot C dan (D) ekstrak krokot D	38
Gamabr 4.7 Karakterisasi I-V meter sel surya TiO ₂ tersensitisasi ekstrak krokot pada kondisi terang awal dan terang setelah 2 jam: (A) ekstrak	

krokot A, (B) ekstrak krokot B, (C) ekstrak krokot C dan (D) ekstrak krokot D	41
--	----



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Spektra UV-Visible ekstrak krokot	50
Lampiran 2. <i>Spectrum</i> absorbansi dan <i>spectrum reflectance</i> pasta TiO ₂ dan lapis tipis TiO ₂ dengan ekstrak krokot	54
Lampiran 3. Spektra IR ekstrak krokot.....	59
Lampiran 4. Perhitungan Efisiensi dan Stabilitas DSSC	64
Lampiran 5. Dokumentasi.....	72

ABSTRAK

PENGARUH SUHU EKSTRAKSI TANAMAN KROKOT (*Portulaca oleracea L.*) SEBAGAI DYE DALAM DYE-SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC) TERHADAP EFISIENSI DAN STABILITASNYA

Reyza Anni Mufiidah Umami

NIM : 10630027

Pada penelitian ini telah dibuat Sel surya berbasis lapis tipis titania (TiO_2) tersensitisasi zat warna ekstrak krokot (*Portulaca oleracea L.*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu ekstraksi terhadap sifat optik, sifat elektronik ekstrak krokot, nilai efisiensi dan stabilitas sistem kerja sel surya tersintesis ekstrak krokot.

Sel surya ini terdiri dari dua kaca TCO (*Transparent Conducting Oxide*) yang berfungsi sebagai elektroda kerja dan elektroda lawan. Elektroda kerja dibuat dari kaca TCO terlapis TiO_2 yang direndam dalam ekstrak krokot. Ekstrak krokot dibuat dengan variasi suhu, yaitu suhu ekstraksi krokot normal, 40 °C, 50 °C, dan 60 °C. Elektroda lawan sebagai katalis karbon. Kedua elektroda tersebut dirangkai mengapit elektrolit.

Hasil spektra UV-Visible menunjukkan adanya serapan pada panjang gelombang 410 nm, dan 664 nm yang mengindikasikan serapan klorofil a, dan klorofil b. Nilai band gap tertinggi pada lapis tipis TiO_2 -ekstrak krokot B 3,6 eV. Analisis gugus fungsi dengan FTIR menunjukkan serapan yang semakin tajam dari ekstraksi krokot normal ke ekstraksi suhu 60 °C. Nilai efisiensi terbesar pada sel surya ekstrak krokot B (ekstraksi suhu 40 °C) sebesar $2,635 \times 10^{-3}$, sedangkan stabilitas sel surya terbaik pada sel surya ekstrak krokot C (ekstraksi suhu 50 °C) yang mengalami kenaikan efisiensinya sebesar -11,1111 %.

Kata Kunci : Tanaman krokot (*Portulaca oleracea L.*), zat warna alami, UV-Vis, UV-Vis *reflectance*, FTIR, I-V meter, Efisiensi DSSC, Stabilitas DSSC.

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Salah satu sumber energi terbarukan yang disarankan sebagai energi alternatif untuk mengatasi krisis energi saat ini diantaranya adalah sel surya. Energi surya menjadi salah satu alternatif yang banyak digunakan karena sangat menjanjikan antara lain ditinjau dari segi kelimpahannya di alam, bersih, aman dan memungkinkan sebagai pembangkit energi (Arya *et al*, 2013). Sel surya mengandalkan siraman sinar matahari dengan intensitas yang memadai. Dengan letak geografis Indonesia di khatulistiwa dengan jaminan limpahan sinar matahari sepanjang tahun tidak mengalami perubahan berarti, maka sel surya patut menjadi salah satu bentuk energi masa depan yang perlu dikembangkan (Arya *et al*, 2013, Subrodo *et al*, 2013, dan Kartini *et al*, 2008).

Sel surya berbasis lapis tipis semikonduktor titania yang dikenal dengan sistem *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC) merupakan generasi ketiga sistem sel surya yang sangat potensial setelah sel surya berbasis silikon (O'Regan and Gratzel, 1991). Sel surya ini terdiri dari dua kaca TCO (*Transparent Conducting Oxide*) yang berfungsi sebagai elektroda kerja dan elektroda lawan. Elektroda kerja dibuat dari kaca TCO yang dideposisikan pasta TiO_2 tersensitisasi zat warna (*dye*) yang berfungsi sebagai transport pembawa muatan dan zat warna sebagai penyerap cahaya. Sedangkan elektroda lawan dibuat dari kaca TCO yang dilapisi karbon. Kedua elektroda tersebut dirangkai mengapit elektrolit. Pasangan

elektrolit redoks yang biasa digunakan adalah iodida/triiodida (I^-/I_3^-) (Gratzel, 2003).

Konsep sensitisasi memungkinkan diperolehnya arus listrik dengan memanfaatkan energi yang lebih rendah dari energi celah bahan semikonduktor yaitu bagian cahaya tampak sinar matahari. Sistem sel surya ini pertama kali ditemukan oleh peneliti Swiss O'Regan & Gratzel (1991) dengan menggunakan kompleks ruthenium sebagai zat warna. Zat warna berfungsi sebagai penyerap radiasi matahari dan semikonduktor celah lebar seperti TiO_2 sebagai transport pembawa muatan. Pigmen dengan karakter serapan elektronik yang lebar di daerah cahaya tampak dari spektrum cahaya matahari secara teoritis akan menyerap radiasi matahari dalam jumlah lebih banyak dan merupakan sensitiser yang baik (Kartini *et al*, 2008).

Sejauh ini, zat warna yang digunakan sebagai *sensitizer* dapat berupa zat warna sintesis maupun zat warna alami. Zat warna alami dapat berasal dari tanaman ataupun hewan. Larutan klorofil yang merupakan zat warna tanaman telah diteliti efisiensinya sebagai zat warna *sensitizer*. Karakterisasi sifat optik dan elektrik dari larutan klorofil telah dilakukan oleh Supriyanto *et al*, (2007) menggunakan bahan bayam dan mikroalga *Spirulina sp*. Nampak, klorofil dari bahan mikroalga *Spirulina sp* mempunyai sifat *sensitizer* yang lebih baik dibandingkan dengan bayam. Ekstraksi klorofil juga pernah diteliti oleh Kartini *et al*, (2008) terhadap 5 jenis alga yang diuji potensinya sebagai *sensitizer* DSSC dan didapatkan efisiensi konversi energi cahaya menjadi energi listrik dari *Sargassum mcclurei* Setchell.

Tanaman *Portulaca grandiflora* (krokot) dilaporkan memiliki pigmen betaxhantin dan betacyanin (Trezza *et al*, 1991). Beberapa senyawa yang telah dilaporkan mencakup asam organik (asam oksalat, asam kafein, asam malat, dan asam sitrat), alkaloids, komarin, flavonoid, *cardiac glycosides*, *anthraquinone glycosides*, alanin, katekolamin, saponin, dan tannin (Mohammad *et al*, 2004 ; Xin *et al*, 2008). Senyawa-senyawa inilah yang diharapkan dapat berikatan dengan senyawa semikonduktor TiO₂. Gugus hidroksil yang ada pada senyawa tersebut yang berguna sebagai perekat antara ekstrak tanaman krokot dengan kaca elektroda (TCO), semakin banyak jumlah dari gugus hidroksil ini akan menjadikan senyawa tersebut dapat menempel pada elektroda dan mempunyai lebih banyak jumlah elektron yang tidak berpasangan yang dapat digunakan sebagai sumber elektron yang akan dieksitasi.

B. Pembatasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah diatas, maka penelitian ini dibatasi pada :

1. Ekstrak yang digunakan berasal dari tanaman krokot.
2. Ekstraksi tanaman krokot menggunakan pelarut etanol.
3. Ekstraksi tanaman krokot menggunakan metode maserasi dengan variasi suhu yaitu suhu ekstraksi krokot normal, 40 °C, 50 °C, dan 60 °C.
4. Kajian pengaruh suhu ekstraksi terhadap sifat optik menggunakan UV-Visible dan kajian pengaruh suhu ekstraksi terhadap sifat elektronik menggunakan UV-Vis *reflectance*.
5. Penentuan efisiensi dan stabilitas DSSC menggunakan I-V meter.

C. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, maka dapat dirumuskan beberapa masalah sebagai berikut :

1. Bagaimanakah pengaruh suhu ekstraksi terhadap sifat optik dan elektronik ekstrak krokot?
2. Bagaimanakah pengaruh suhu ekstraksi terhadap nilai efisiensi dan stabilitas sistem kerja pada sel surya tersintesis ekstrak krokot?

D. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh suhu ekstraksi terhadap sifat optik ekstrak krokot dan sifat elektrik.
2. Mengetahui pengaruh suhu ekstraksi terhadap nilai efisiensi dan stabilitas sistem kerja pada sel surya.

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah yang lebih mendalam mengenai pigmen tumbuhan, *dye sensitizer*, dan tanaman krokot. Serta memberikan informasi tentang karakterisasi optik dan elektronik larutan ekstrak krokot dalam sel surya berbasis DSSC dan nilai guna dari tanaman krokot.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan pembahasan, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil karakterisasi sifat optik ekstrak krokot menunjukkan keberadaan klorofil a, dan klorofil b, yang mengalami penurunan absorbansi pada ekstraksi suhu 60 °C, sedangkan karakterisasi sifat elektronik dengan nilai *band gap* tertinggi adalah pada lapis tipis-ekstrak krokot C sebesar 3,5 eV.
2. Nilai efisiensi terbesar adalah pada ekstrak krokot B yaitu sebesar $2,635 \times 10^{-3}$ % dan stabilitas terbaik terjadi pada ekstrak tanaman krokot C yang mengalami kenaikan efisiensi sebesar 11,1111% setelah 2 jam.

B. Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, saran untuk penelitian selanjutnya agar menghasilkan DSSC yang optimal yaitu :

1. Sebaiknya pada penelitian selanjutnya TiO₂ yang digunakan berukuran nanopartikel.
2. Elektrolit yang digunakan berupa elektrolit cair yang lebih kental yaitu berupa gel atau padatan, agar tidak mudah menguap sehingga transfer elektron tidak terhambat sehingga menghasilkan arus dan tegangan yang lebih stabil.

DAFTAR PUSTAKA

- Almeselmani, M, Deshmukh, PS and Chinnusamy, V 2012, *Effects of prolonged high temperature stress on respiration, photosynthesis and gene expression in wheat (Triticum aestivum L.) varieties differing in their thermotolerance*, *Plant Stress*, vol. 6, no. 1, pp. 25-32.
- Arya, Fredicha., Agus Supriyanto, dan Fahru Nur Rosyid. 2013. *Fabrikasi Sel Surya Organik Berbasis FTO/PEDOT:PSS/P3HT/Klorofil/Al*. Jurusan Fisika FMIPA UNS.
- Barbosa-Filho J.M., Alencar A.A., Nunes X.P., Tomaz A.C.A., Sena-Filho J.G., Athayde-Filho P.F., Silva M.S., Souza M.F.V., da-Cunha E.V.L. 2008. *Sources of alpha, beta, gamma, delta and epsilon-carotenes: A twentieth century review*. *Rev Bras Farmacogn*. 18:135-54.
- Bridle, P. and Timberlake, C.F., 1997, *Anthocyanins as Natural Food Colours—Selected Aspects*. *Food Chem*, 58(1-2):103–109.
- Calogero, Giuseppe., Jun-Ho Yun, Alessandro S., Gaetano Di M., Michael G.I, and Mohammad Khaja Nazeeruddin, 2012, *Anthocyanins and Betalains as Light-harvesting Pigments for Dye-sensitized Solar Cells*, *Solar Energy* 86 1563-1575.
- Chotimah, Kuwat Triyana dan Indriyana Kartini, 2012. *Efek Intensitas Cahaya terhadap Efisiensi Konversi Daya Sel Surya Organik Bulk Heterojunction Berbasis Poly(3-hexylthiophene) dan Phenyl C61 butyric Acid Methylester*. Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVI HFI Jateng & DIY
- Dalimartha S, 2009. *Atlas Tumbuhan Obat Indonesia Jilid 6*. Jakarta: Pustaka Bunda.
- De man, JM. 1980. *Principles of Food Chemistry*. The AVI Publishing CO. Inc. Westport. Connecticut.
- Effendi, W. 1991, *Ekstraksi, Purifikasi, dan Karakterisasi Antosianin dari kulit Manggis (Garcini mangostana L.)*. Fakultas Teknologi Pertanian Bogor, Bogor.
- Fennema, Owen R. 1996. *Food Chemistry Third Edition*. Marcel Dekker Inc. New York.
- Fessenden, R.J dan Fessenden, J.S. 1997. *Organic Chemistry*. diterjemahkan oleh A. Hadyana Pudjaatmaka. Kimia Organik edisi ketiga jilid 3. Jakarta: Erlangga.
- Fessenden dan Fessenden. 1982. *Kimia Organik jilid 2*. Edisi ke-3. Eirlangga . Jakarta
- Garcia, C.G., Polo, A.S. and Murakami Iha, N.Y., 2003, *Photoelectrochemical Solar Cell Using Extract of Eugenia Jambolana Lam as a Natural Sensitizer*, *An. Acad. Braws. Cienc.*, 75(2), 163-165.
- Grätzel, Michael, 2003, “*Dye-Sensitized Solar Cells*, *journal of Photochemistry and Photobiology*”, Vol.4, 145-153.
- Gross, J. 1991. *Pigments in Vegetables*. Van Nostrand Reinhold. New York.

- Halme, 2002, *Dye-sensitized nanostructured and organik photovoltaic cells : technical review and preliminary tests*, Master's thesis, Departemen of Engineering Physics and Mathematics, Helsinki University of Technology, Espoo
- Harbone, J.B., 1996, *Metode Fitokimia : Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan*, a.b : Kosasih P. dan Iwang S., ITB, Bandung.
- Harborne, Y. B. 1987. *Metode fitokimia: penuntun cara modern menganalisa tumbuhan*. Alih bahasa oleh: padmawinata, K. Dan Soediro, i. Bandung: ITB
- Hariana A, 2005. *Tumbuhan Obat dan Khasiatnya Seri 2*. Jakarta: Pesebar Swadaya.
- Hidayat, N., dan Saati, E.A. (2006). *Membuat Pewarna Alami*. Surabaya: Penerbit Trubus Agrisarana. Hal. 35.
- Hug, Hubert., Michael Bader, Peter Mair, & Thilo Glatzel, 2013, *Biophotovoltaics: Natural Pigments in Dye-sensitized Solar Cells*. Applied Energy 115 (2004) 216-225.
- Karlina, C. Yudha., M. Ibrahim, G. Trimulyono. 2013. *Aktivitas Antibakteri Ekstrak Herba Krokot (Portulaca oleracea L.) terhadap Staphylococcus aureus dan Escherichia coli*. Universitas Negeri Surabaya. ISSN: 2252-3979
- Kartini, S. Wahyuningsih, T. D. Wahyuningsih, dan Chotimah. 2008. *Ekstrak Klorofil Alga Sebagai Sensitiser Sel Surya Titania Tersensitisasi Pigmen Alga (TIPA)*. Yogyakarta: LPPM UGM
- Kay, A. and Gratzel, M., 1993, Artificial Photosynthesis. I. *Photosensitization of TiO_2 Solar Cells with Chlorophyll Derivatives and Related Natural Porphyrins*, J. Phys. Chem., 97, 6272-6277.
- Kirk, R.E and Donald F.Othmer, 1993, *Encyclopedia of Chemical Technology*, Volume 12 The Interscience Encyclopedia, Inc., New York, pp. 917-921.
- Kumara, Maya S. W., dan Gontjang P., 2012. *Studi Awal Fabrikasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Dengan Menggunakan Ekstraksi Daun Bayam (Amaranthus Hybridus L.) Sebagai Dye Sensitizer Dengan Variasi Jarak Sumber Cahaya Pada DSSC*. Surabaya : Digilib ITS.
- Laren, Mc., 1986, *The Colour Science of Dyes and pigments*, second edition, Adam Hilger Ltd, Bristol
- Li L., Wang, P. Wang, 2006, *Sol. Energy Mater*, Sol. Cells 90, 546.
- Luo, Peihui., Haijun Niu, Gang Zheng, Xudou Bai, Milin Zhang, and Wen Wang, 2009, *From Salmon Pink to Blue Natural Sensitized for Solar Cells: Canna indica L., Salvia splendens, cowberry and Solanum nigrum L.*, Spectrochimica Acta Part A 74 936-942.
- Maddu, Akhirudin., Mahfuddin Z., dan Irmansyah, 2007, *Penggunaan Ekstrak Antosianin Kol Merah Sebagai Fotosensitizer Pada Sel Surya TiO_2 Nanokristal Tersensitisasi Dye*, Makara, Teknologi, VOL. 11, NO. 2, November 2007: 78-84.
- Mc Cabe, W.L., 2005, *Unit Operations of Chemical Engineering*, 5th ed. Mc Graw-Hill, New York.
- Mohammad T.B., Mohammad H.B., dan Farhad M. 2004. *Antitussive effect of Portulaca oleracea L. in Guinea Pigs*. Iran. J. Pharmaceut. Res. 3:187-90.

- Moller, H. J., 1993, *Semiconductor for Solar Cells*, Artech House Inc, London.
- Palupi, E., 2006, *Degradasi Methylene Blue dengan Metode Fotokatalisis dan Fotoelektrokatalisis menggunakan Film TiO₂*, Skripsi, FMIPA Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Narayan, Monishka Rita., 2011, *Review: Dye Sensitized Solar Cells Based on Natural Photosensitizers*, School of Engineering and information Technology.
- Ningsih, Rachmawati., dan Erna Hastuti. 2012. *Karakterisasi Ekstrak Teh Hitam Dan Tinta Cumi-Cumi Sebagai Fotosensitiser Pada Sel Surya Berbasis Pewarna Tersensitisasi*. Malang: UIN Maliki Malang.
- Nyquist, R.A., 1997, *Infrared and Raman Spectral Atlas of Inorganic Compounds and Organic Salts*, vol.3, Academic Press, London.
- O'Regan, B. and M. Gratzel, 1991, *A low-cost, high-efficiency solar cell based on dye-sensitized colloidal TiO₂ film*, *Nature*, 353, 737-739.
- Palupi, E., 2006, *Degradasi Methylene Blue dengan Metode Fotokatalisis dan Fotoelektrokatalisis Menggunakan film TiO₂*, Skripsi, Dpartemen Fisika FMIPA IPB, Bogor.
- Prasetyo, S., Henny S., dan Yohanes Y. N. 2012. *Pengaruh Rasio Massa Daun Suji / Pelarut, Temperatur dan Jenis Pelarut pada Ekstraksi Klorofil Daun Suji Secara Batch dengan Pengontakan Dispersi*. Lembaga Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Katolik Prahayangan
- Putri, Widya Dwi Rukmi. Elok Zubaidah, N. Sholahudin., 2013, *Ekstraksi Pewarna alami Daun Suji, Kajian pPengaruh Blanching dan Jenis Bahan Pengekstrak*. Fakultas teknologi pertanian Unibraw
- Rashed A.N., Afifi F.U., Shaedah.M., and Taha M. 2004. *Investigation of the active constituents of Portulaca oleracea L. (Portulacaceae) growing in Jordan*. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*. 17:37-45.
- Robinson, T. 1995. *Kandungan Organik Tumbuhan Tinggi*. Edisi ke-6. Penerjemah : Kosasih Padmawinata. Penerbit ITB. Bandung.
- Saati, E.A., Theovilla RRD., Simon BW., dan Aulanni'am, 2002, *Optimalisasi Fungsi Pigmen Bunga Mawar Sortiran sebagai Zat Pewarna Alami dan Bioaktif pada Beberapa Produk Industri*, *Jurnal Teknik Industri*, 12(2): 133–140
- Salisbury, F. dan Cleon W Ross., 1995, *Fisiologi Tumbuhan*, Jilid Kedua. ITB, Bandung, hlm.143-154.
- Samsudin, A.S., Khoiruddin. 2011, *Ekstraksi dan Filtrasi Membran dan Uji Stablitas Warna dari Kulit Manggis (Garcinia mangostana)*. Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro.
- Saputra, Ferri Rusady., Ferdy Samuel Rondonuwu, dan Adita Sutresno, 2013, *Pemanfaatan Ekstrak Antosianin Kol Merah (Brassica oleracea var) sebagai Dye Sensitized dalam PembuatanPrototipe Solar Cell (DSSC*, *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Pendidikan Sains VIII*, Fakultas Sains dan Matematika.
- Sari, Kartika., 2014, *Pengaruh Penambahan Dye Sansivieria trifasciata pada Lapisan Tipis Titanium Dioksida terhadap Penurunan Celah Pita Energi*, Program Studi Fisika Jurusan MIPA FST, Universitas Jenderal Soedirman

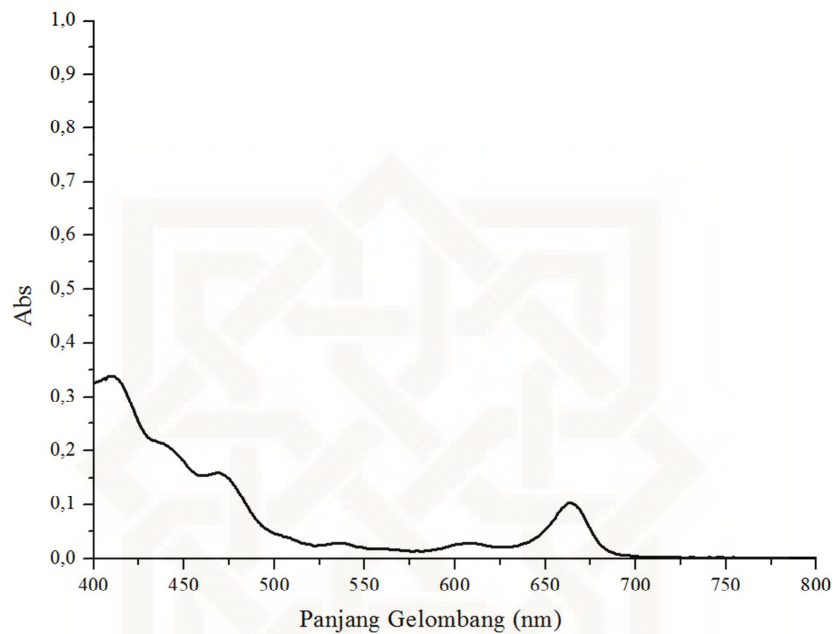
- Sastrohamidjodjo, Hardjono. 2001. *Spektroskopi*. Liberty: Yogyakarta.
- Sharifi, A. and Hassani, B., 2012, *Extraction Methods and Stability of Color Extracted From Barberry Pigments*, International Journal of AgriScience, 2: 320-327.
- Skoog, West Holler., 2002, *Fundamental of Analytical Chemistry*, 8th ed .Thomas Brooks Cole, New York.
- Smestad, G.P., dan Gratzel, M., 1998, "Demonstrating electron Transfer and Nanotechnology : A Natural Dye-Sensitized Nanocrystalline energy Converter", J.Chem. Educ., 75, 752-756.
- Subodro, Rohmat , dan Sunaryo . 2013. *Ekstraksi Pewarna Bahan Antosianin Kulit Terong Ungu Sebagai Pewarna Alami Pada Sel Surya Dye Dye-Sensitized Solar Cell (Dssc)*. Politeknosains Vol. Xi No. 2.
- Sumaryanti, Utari, Agus Supriyanto, dan Budi Purnama. 2011. *Karakterisasi Optik Dan Listrik Larutan Klorofil Spirulina Sp Sebagai Dye Sensitized Solar Cell*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Supriyanto, A., Kusminarto, K. Triyana, dan Roto. 2007. *Optical and Electrical Characteristics of Chlorophyll-Porphyrins Isolated from Spinach and Spirulina Microalgae for Possible Use as Dye Sensitizer of Optoelectronic Devices. International Conference On Chemical Sciences*.
- Tambunan, Jessi Linar, 2009, *Karakteristik Optik Dan Elektronik Ekstrak KlorofilSpirulina fusiformis*, Institut Pertanian Bogor,Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam.
- Tauc, J., 1974.*Amorphous and Liquid* semiconductors, NewYork, Plenum, USA.
- Tensiska dan Een Sukarminah, 2007. *Ekstraksi Pewarna Alami dari Buah Arben dan Aplikasinya Pada Sistem Pangan*. Jurusan Teknologi Pangan Fakultas Pertanian UNPAD, Bandung.
- Treybal, R.E.,1984, *Mass Transfer Operations*, McGraw-Hill Book Co., New York
- Trezzini, G. F., Zryd, and J.-P., 1991. *Characterization of Some Natural Semi-synthetic Betaxanthins*. Phytochem., 30: 1901-1903
- Whongcharee, Khwanchit., Vissanu Meeyoo, and Sumaeth Chavadej, 2007, *Dye-sensitized Solar Cell Using Natural Dyes Extracted from Rosella and Blue Pea Flowers*, Solar Energy Materials & Solar Cells 91 566-571.
- Wijaya, L. A., Marcel P.S., dan Fenny S. 2001. *Mikroenkapsulasi Antosianin sebagai Pewarna Makanan Alami Sumber Antioksidan Berbasis Limbah Kulit Manggis (Garcinia mangostana L.)*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Wolfbauer, Bond, Eklund, 2001, *A channel flow cell sistem specifically designed to test teh efficiency of redox shuttles in dye sensitized solar cells*, Sol. Enegy Mater. Sol. Cells, 70, 85-101
- Xin H.L., Xu Y.F., Yue X.Q., Hou Y.H., Li M., and Ling C.Q. 2008. *Analysis of chemical constituents in extract from Portulaca oleracea L. with GC-MS method (in Chinese)*. Pharmaceut. J. Chin. People's Liberat. Army. 24:133-6.
- Xu, X., L. Yu, and G. Chen. 2005. *Determination of flavonoids in Portulaca oleraceaL. by capillary electrophoresis with electrochemical detection. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 41:493-9.

Yuniwati,Murni. Ari Wijaya Kusuma, dan Fajar Yunanto. 2012. *Optimasi Kondisi Proses Ekstraksi Zat Pewarna dalam Daun Suji dengan Pelarut Etanol*. Jurusan Teknik Kimia, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta



Lampiran 1. Spektra UV-Visible ekstrak krokot

1. Spektra ekstrak krokot pada maserasi suhu normal (A)



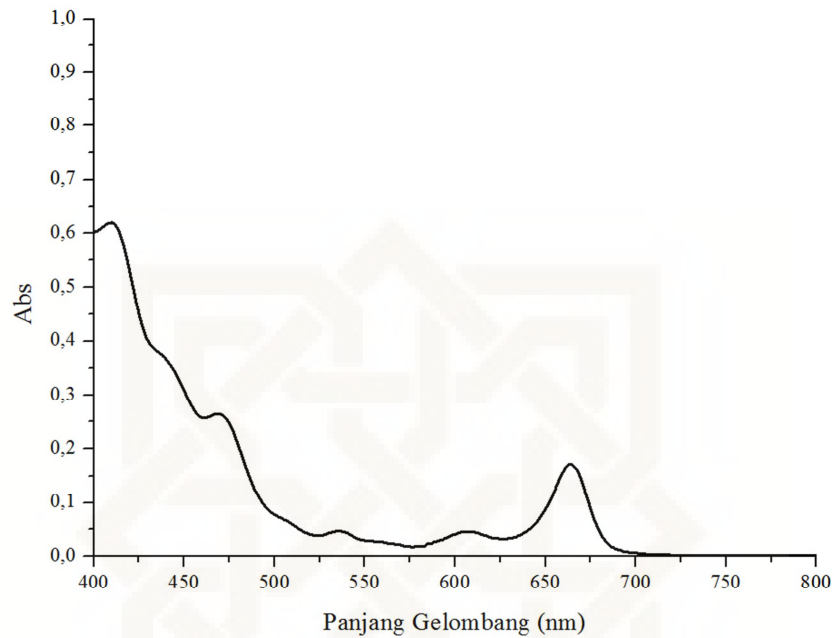
Wavelength Scan

Data Mode : Abs
 Scan Range : 800,0 – 400,0 nm
 Slit Width : 4 nm
 Speed (nm/min) : 400 nm/min
 Lamp Change Wavelength : 340,0 nm
 Path Length : U-1800 Spectrophotometer

Peak

WL (nm)	Abs	WL (nm)	Abs
664,5	0,102	607,0	0,029
559,5	0,018	536,0	0,029
469,5	0,159	411,0	0,339

2. Spektra ekstrak krokot pada maserasi suhu 40 °C (B)



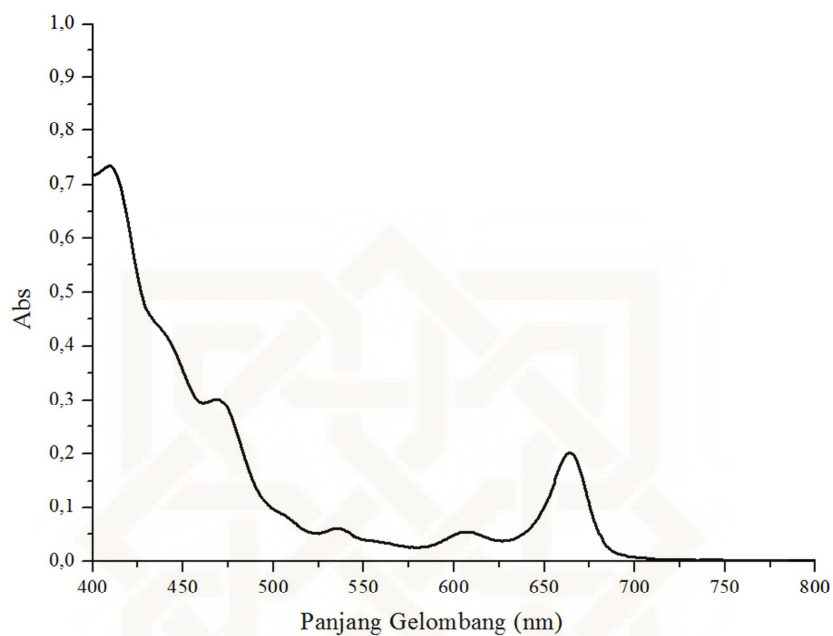
Wavelength Scan

Data Mode : Abs
 Scan Range : 800,0 – 400,0 nm
 Slit Width : 4 nm
 Speed (nm/min) : 400 nm/min
 Lamp Change Wavelength : 340,0 nm
 Path Length : U-1800 Spectrophotometer

Peak

WL (nm)	Abs	WL (nm)	Abs
664,5	0,171	606,5	0,046
535,0	0,047	469,0	0,265
410,0	0,620		

3. Spektra ekstrak krokot pada maserasi suhu 50 °C (C)



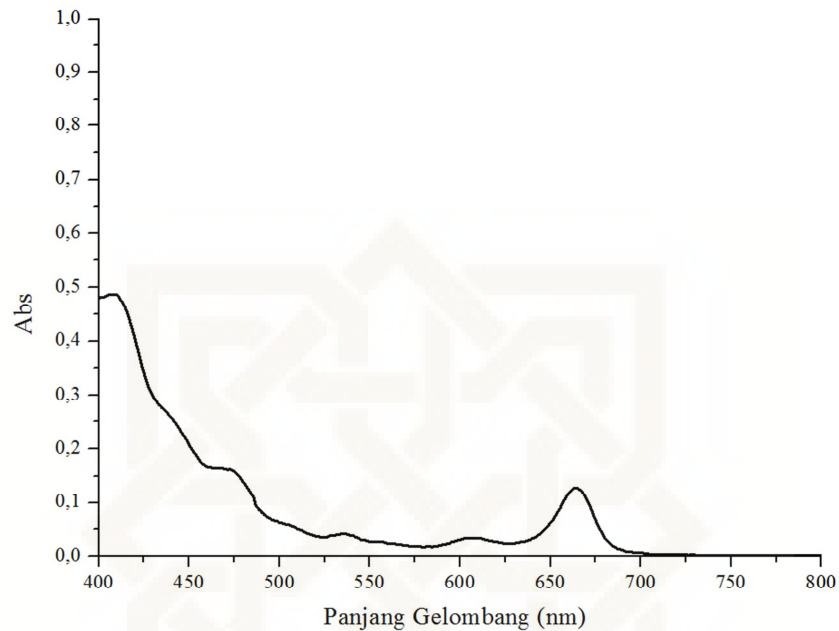
Wavelength Scan

Data Mode : Abs
 Scan Range : 800,0 – 400,0 nm
 Slit Width : 4 nm
 Speed (nm/min) : 400 nm/min
 Lamp Change Wavelength : 340,0 nm
 Path Length : U-1800 Spectrophotometer

Peak

WL (nm)	Abs	WL (nm)	Abs
664,5	0,202	607,0	0,054
535,5	0,061	469,0	0,302
409,5	0,734		

4. Spektra ekstrak krokot pada maserasi suhu 60 °C (D)



Wavelength Scan

Data Mode : Abs
 Scan Range : 800,0 – 400,0 nm
 Slit Width : 4 nm
 Speed (nm/min) : 400 nm/min
 Lamp Change Wavelength : 340,0 nm
 Path Length : U-1800 Spectrophotometer

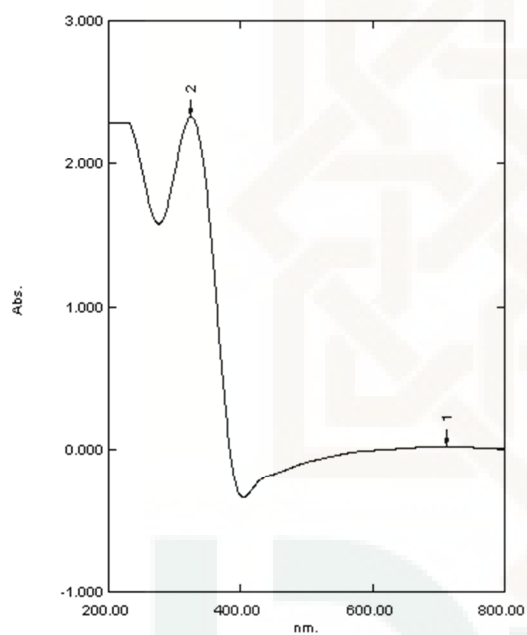
Peak

WL (nm)	Abs	WL (nm)	Abs
795,0	0,002	664,5	0,127
607,0	0,034	535,5	0,04
467,5	0,165	409,0	0,486

Lampiran 2. *Spectrum* absorbansi dan *spectrum reflectance* pasta TiO_2 dan lapis tipis TiO_2 dengan ekstrak kroket

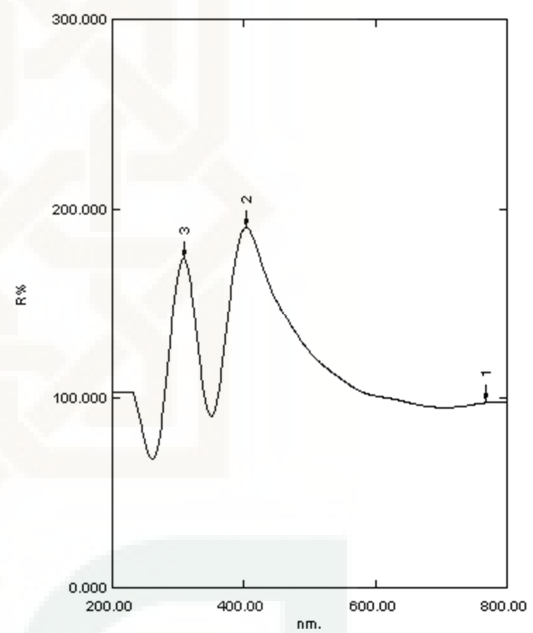
KODE SAMPEL : PASTA TiO_2

**SPECTRUM ABSORBANSI
PANJANG GELOMBANG 200 – 800**



NO	nm	Abs.
1	712.00	0.022
2	325.00	2.328

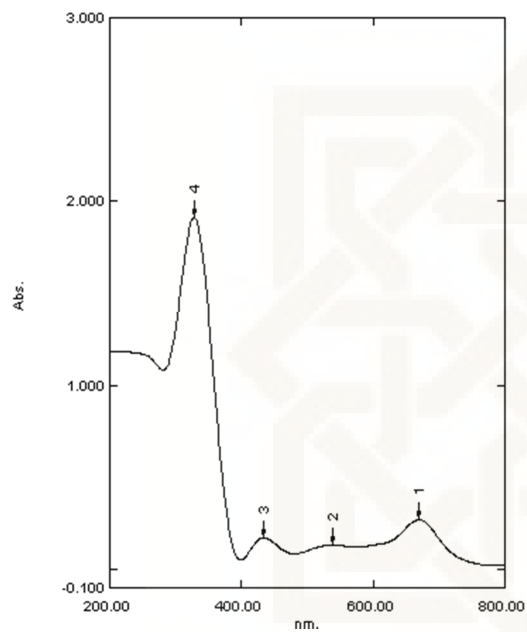
**SPECTRUM REFLECTANCE
PANJANG GELOMBANG 200 – 800**



NO	nm	R%
1	768.00	97.709
2	404.00	190.258
3	309.00	173.825

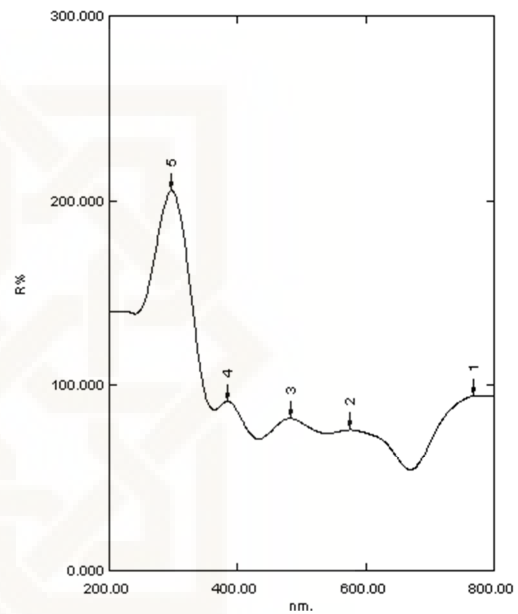
KODE SAMPEL : LAPIS TIPIS TiO₂ DENGAN EKSTRAK KROKOT A

**SPECTRUM ABSORBANSI
PANJANG GELOMBANG 200 – 800**



NO	nm	Abs.
1	670.00	0.269
2	538.00	0.132
3	434.00	0.171
4	328.00	1.912

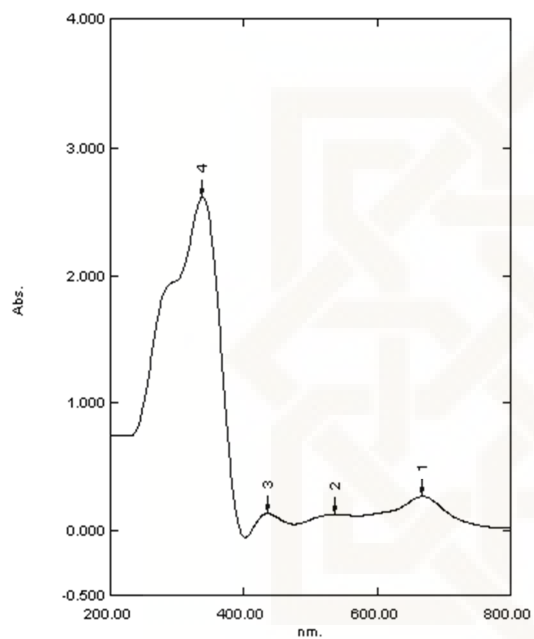
**SPECTRUM REFLECTANCE
PANJANG GELOMBANG 200 – 800**



NO	nm	R%
1	768.00	94.432
2	576.00	76.134
3	482.00	82.219
4	384.00	91.467
5	297.00	205.489

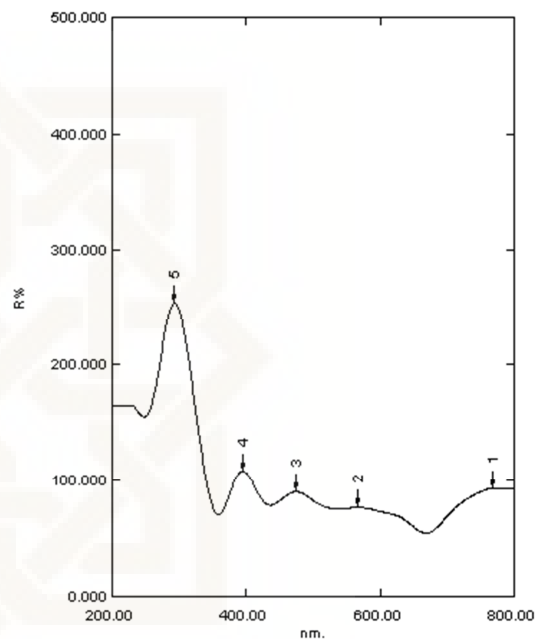
KODE SAMPEL : LAPIS TIPIS TiO₂ DENGAN EKSTRAK KROKOT B

**SPECTRUM ABSORBANSI
PANJANG GELOMBANG 200 – 800**



NO	nm	Abs.
1	668.00	0.265
2	537.00	0.126
3	435.00	0.133
4	338.00	2.613

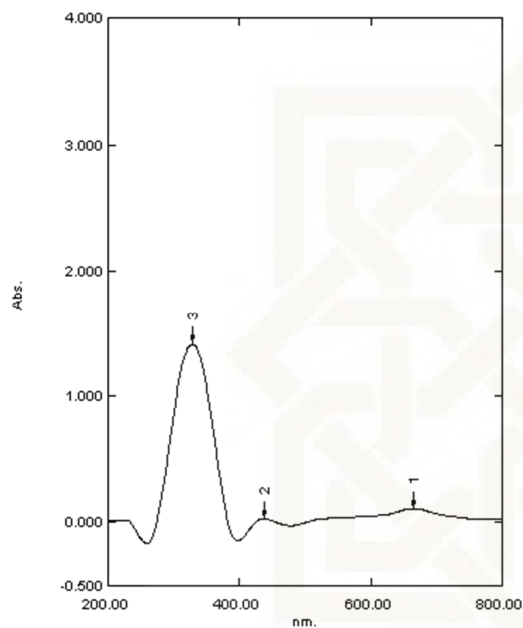
**SPECTRUM REFLECTANCE
PANJANG GELOMBANG 200 – 800**



NO	nm	R%
1	768.00	93.382
2	567.00	76.444
3	475.00	89.952
4	395.00	107.940
5	293.00	253.482

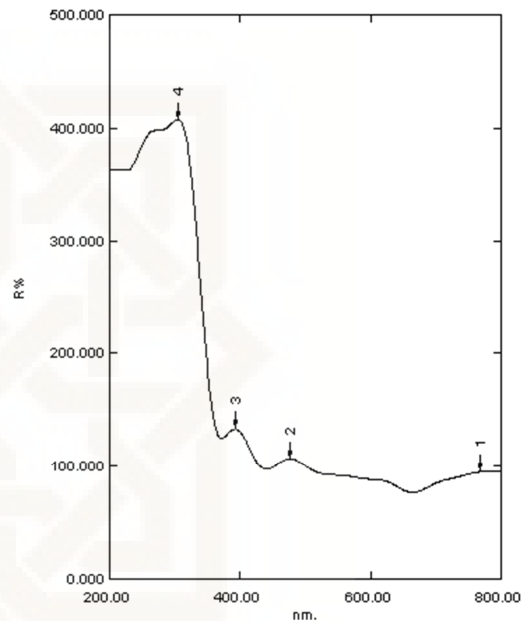
KODE SAMPEL : LAPIS TIPIS TiO_2 DENGAN EKSTRAK KROKOT C

**SPECTRUM ABSORBANSI
PANJANG GELOMBANG 200 – 800**



NO	nm	Abs.
1	665.00	0.107
2	437.00	0.026
3	329.00	1.411

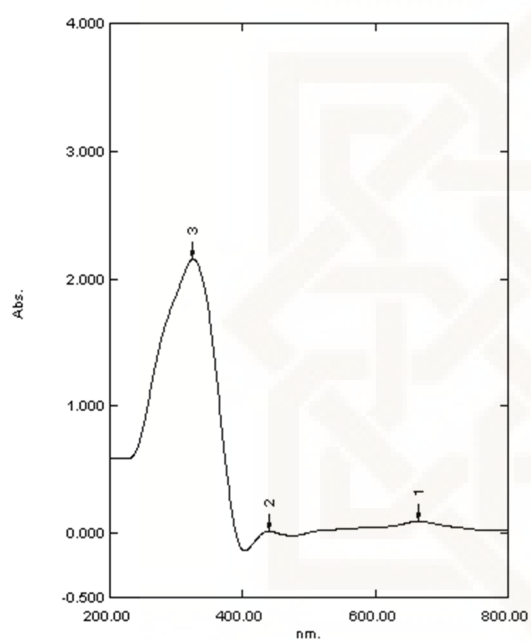
**SPECTRUM REFLECTANCE
PANJANG GELOMBANG 200 – 800**



NO	nm	R%
1	768.00	94.861
2	476.00	106.744
3	392.00	133.093
4	305.00	407.690

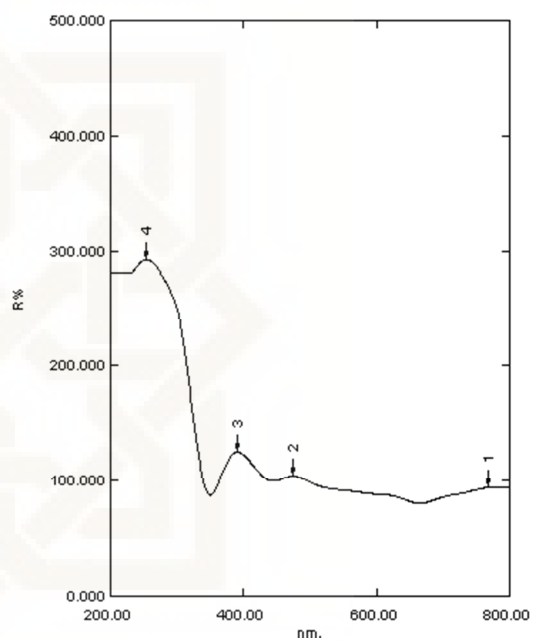
KODE SAMPEL : LAPIS TIPIS TiO₂ DENGAN EKSTRAK KROKOT D

**SPECTRUM ABSORBANSI
PANJANG GELOMBANG 200 – 800**



NO	nm	Abs.
1	666.00	0.091
2	439.00	0.017
3	325.00	2.153

**SPECTRUM REFLECTANCE
PANJANG GELOMBANG 200 – 800**



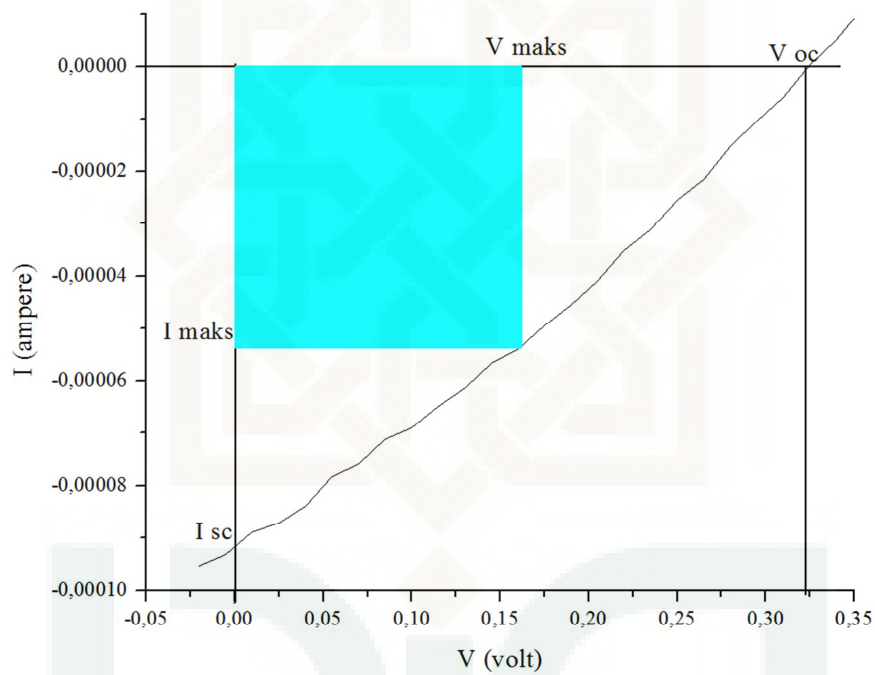
NO	nm	R%
1	768.00	94.016
2	474.00	103.764
3	391.00	125.119
4	253.00	292.129

Lampiran 4. Perhitungan Efisiensi dan Stabilitas DSSC

$$P_{in} = 1000 \text{ watt} \times 0,0005 \text{ m}^2 = 0,5 \text{ watt m}^2$$

1. Efisiensi dan Stabilitas DSSC ekstrak krokot A

a. Pengujian awal

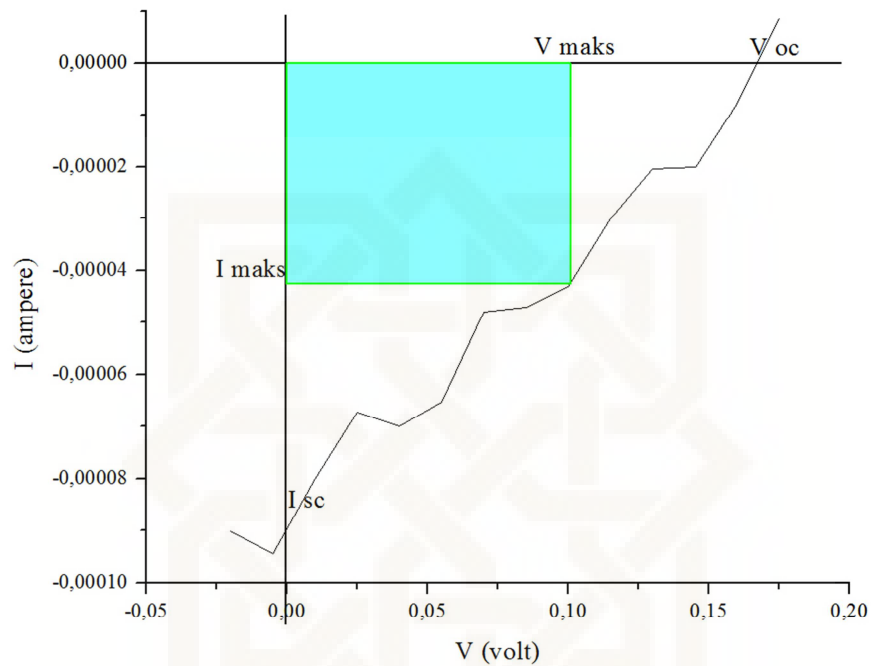


V maks (mV)	V oc (mV)	I maks (μA)	I sc (μA)
0,16	0,32	0,000045	0,000092

$$FF = \frac{0,16 \times 0,000045}{0,32 \times 0,000092} = 24,4565217 \times 10^{-2}$$

$$\eta = \frac{0,32 \times 0,000092 \times 0,244565217}{0,5} \times 100\% = 14,4 \times 10^{-3} \%$$

b. Setelah 2 jam



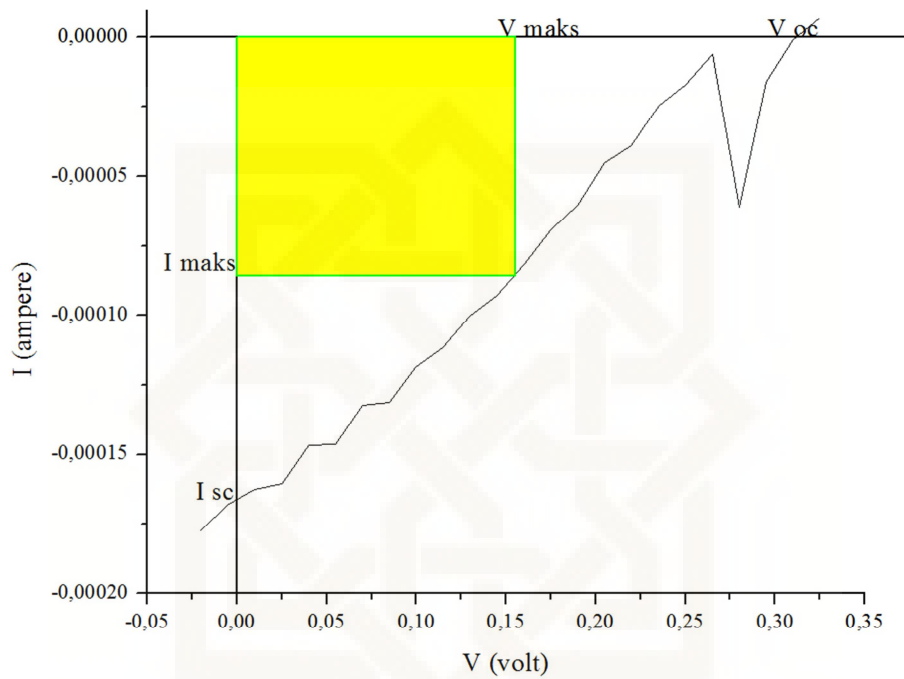
V maks (mV)	V oc (mV)	I maks (μ A)	I sc (μ A)
0,1	0,17	0,000043	0,00009

$$FF = \frac{0,1 \times 0,000043}{0,17 \times 0,00009} = 28,104575 \times 10^{-2}$$

$$\eta = \frac{0,17 \times 0,00009 \times 0,281045752}{0,5} \times 100\% = 8,6 \times 10^{-4} \%$$

2. Efisiensi dan Stabilitas DSSC ekstrak krokot B

a. Pengujian awal

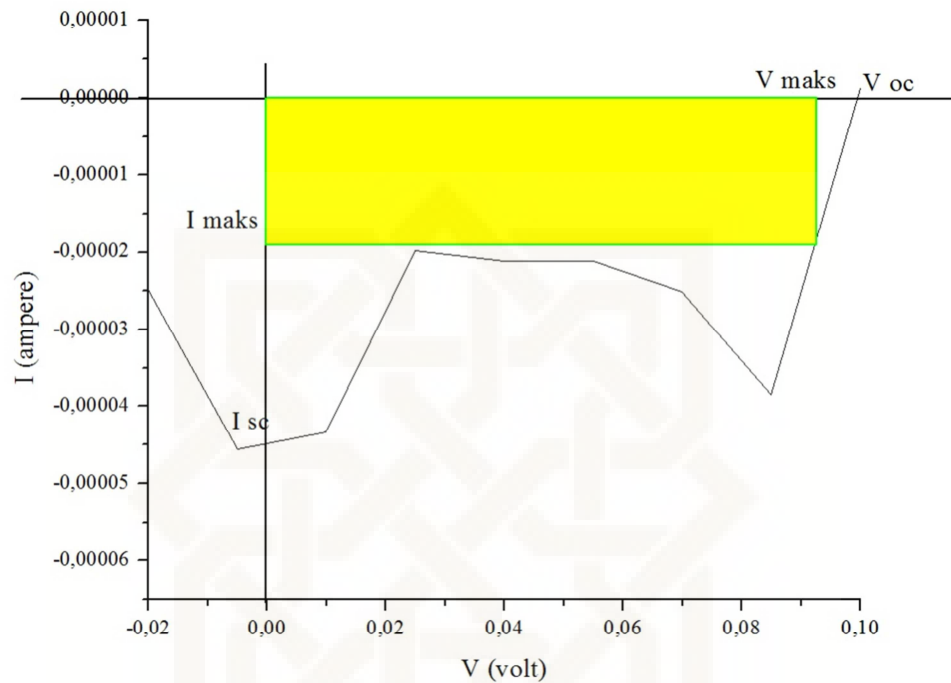


V maks	V oc	I maks (μA)	I sc (μA)
0,155	0,31	0,000085	0,000165

$$FF = \frac{0,155 \times 0,000085}{0,31 \times 0,000165} = 25,7576 \times 10^{-2}$$

$$\eta = \frac{0,31 \times 0,000165 \times 0,257576}{0,5} \times 100\% = 2,635 \times 10^{-3} \%$$

b. Setelah 2 jam



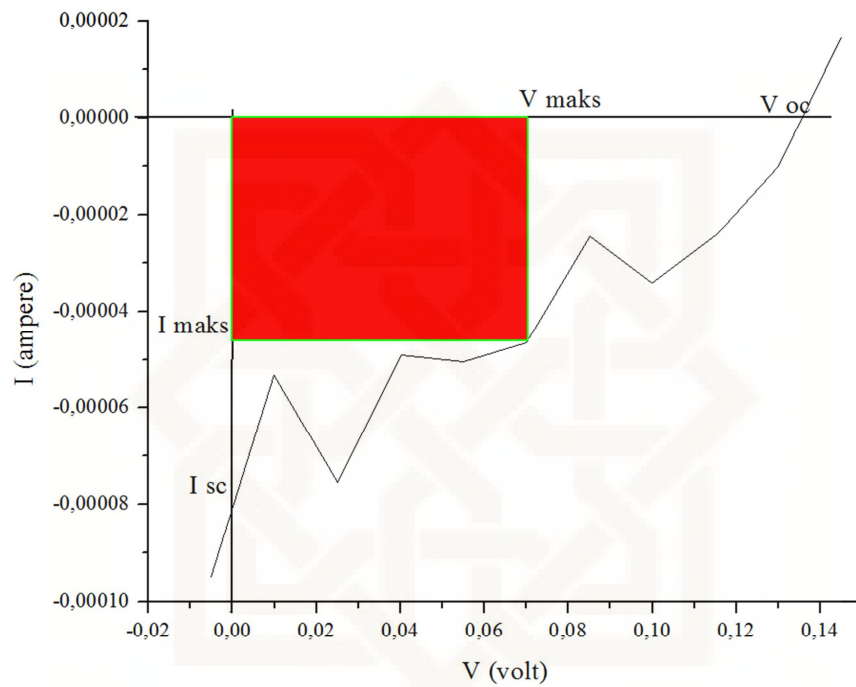
V maks	V oc	I maks (μA)	I sc (μA)
0,09	0,1	0,00002	0,000045

$$FF = \frac{0,09 \times 0,00002}{0,1 \times 0,000045} = 0,4$$

$$\eta = \frac{0,1 \times 0,000045 \times 0,4}{0,5} \times 100\% = 3,6 \times 10^{-4}\%$$

3. Efisiensi dan Stabilitas DSSC ekstrak krokot C

a. Pengujian awal

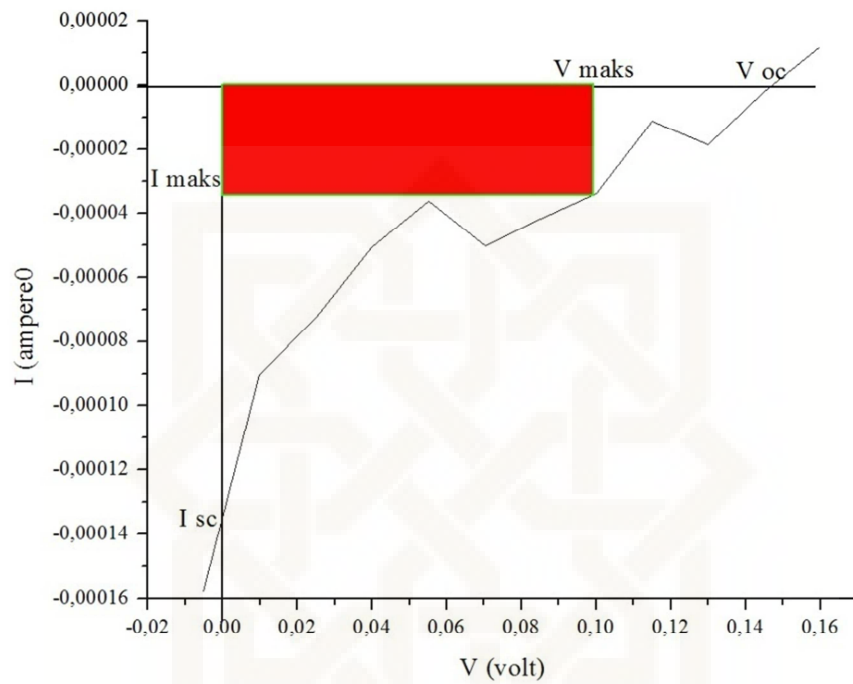


V maks	V oc	I maks (μA)	I sc (μA)
0,07	0,135	0,000045	0,00008

$$FF = \frac{0,07 \times 0,00008}{0,135 \times 0,000045} = 29,1667 \times 10^{-2}$$

$$\eta = \frac{0,135 \times 0,00008 \times 0,291667}{0,5} \times 100\% = 6,3 \times 10^{-4}\%$$

b. Setelah 2 jam



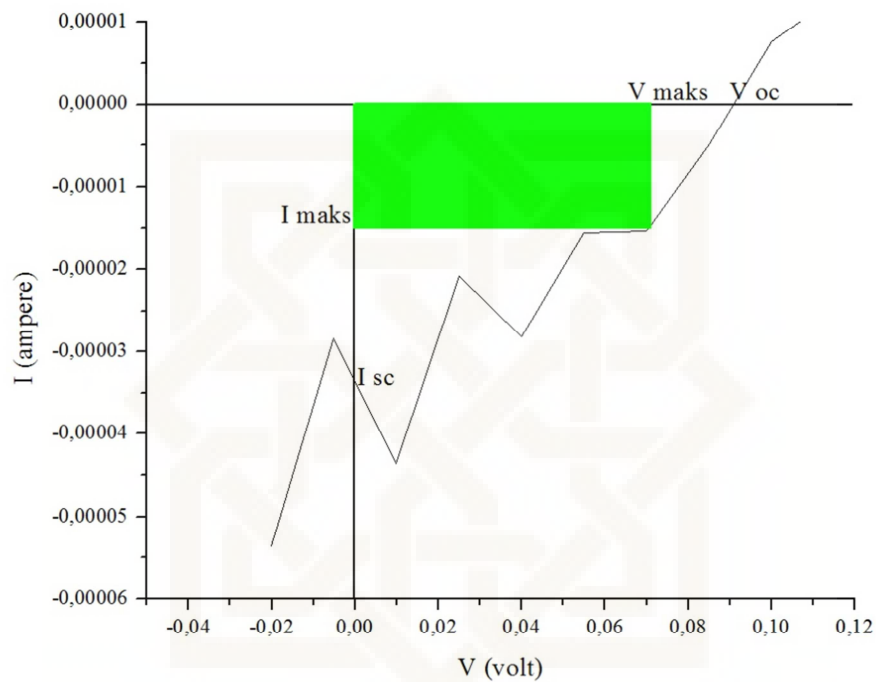
V maks	V oc	I maks (μA)	I sc (μA)
0,1	0,145	0,000035	0,000135

$$FF = \frac{0,1 \times 0,000035}{0,145 \times 0,000135} = 17,8799 \times 10^{-2}$$

$$\eta = \frac{0,145 \times 0,000135 \times 0,178799}{0,5} \times 100\% = 7 \times 10^{-4}\%$$

4. Efisiensi dan Stabilitas DSSC ekstrak krokot D

a. Pengujian awal

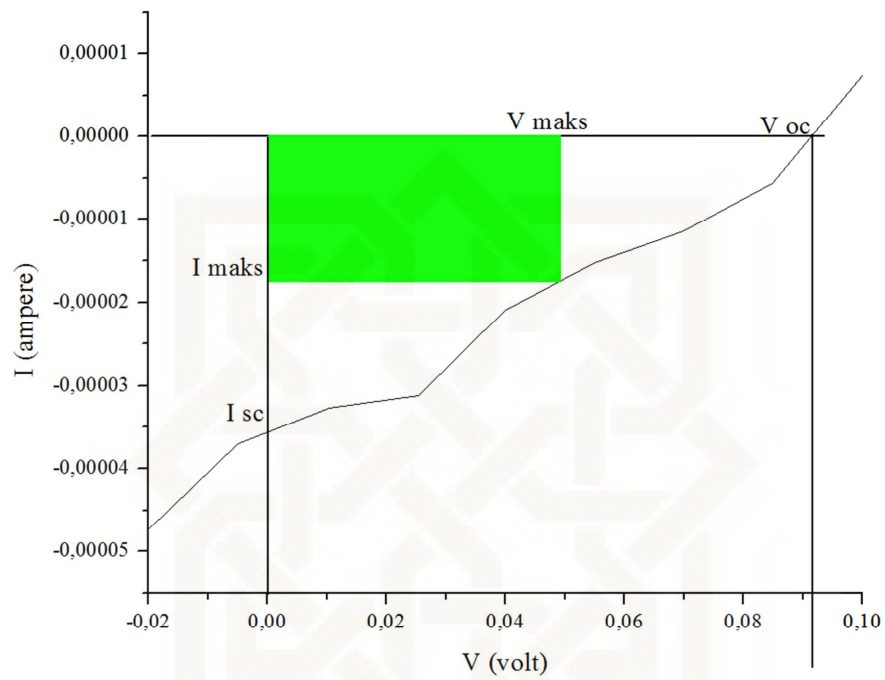


V maks	V oc	I maks (μA)	I sc (μA)
0,07	0,09	0,000015	0,000034

$$FF = \frac{0,07 \times 0,000015}{0,09 \times 0,000034} = 34,3137 \times 10^{-2}$$

$$\eta = \frac{0,09 \times 0,000034 \times 0,343137}{0,5} \times 100\% = 2,1 \times 10^{-4}\%$$

b. Setelah 2 jam



V maks	V oc	I maks (μA)	I sc (μA)
0,049	0,092	0,000018	0,000035

$$FF = \frac{0,049 \times 0,000018}{0,092 \times 0,000035} = 27,3913 \times 10^{-2}$$

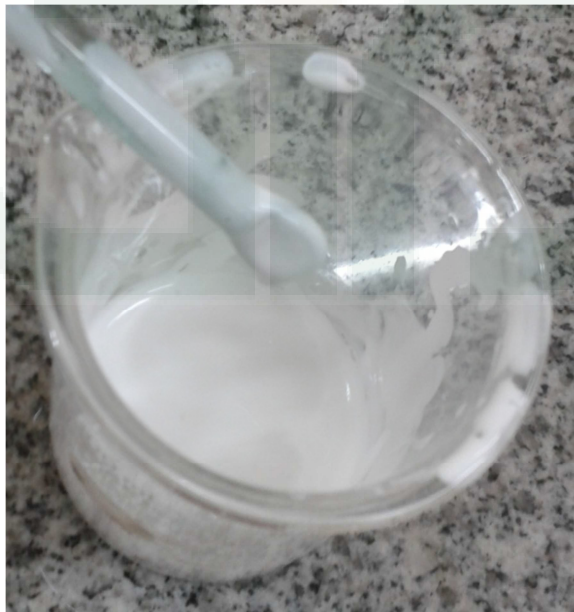
$$\eta = \frac{0,092 \times 0,000035 \times 0,273913}{0,5} \times 100\% = 1,76 \times 10^{-4}\%$$

Lampiran 5. Dokumentasi

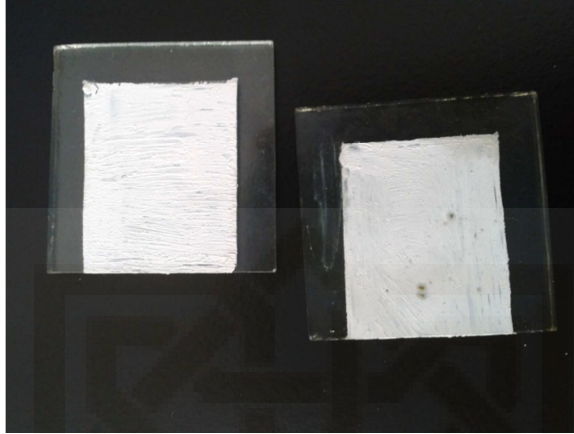
1. Ekstraksi Zat Warna



2. Pembuatan Pasta TiO_2



3. Elektroda Kerja



4. Sistem DSSC

