

**PENGARUH WAKTU PERENDAMAN ZnO:Zr 1% YANG DISINTESIS  
MENGUNAKAN ZIRKONIUM OKSIKLORIDA PRODUKSI BATAN  
DALAM LARUTAN KURKUMIN SEBAGAI SUBSTRAT PADA  
*DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC)***

Skripsi  
Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
mencapai derajat Sarjana S-1



Oleh:

**Melly Khoerunnisa**  
NIM. 12630048

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

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

**2017**



## PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-2401/Un.02/DST/PP.00.9/10/2017

Tugas Akhir dengan judul : PENGARUH WAKTU PERENDAMAN ZnO:Zr 1% YANG DISINTESIS MENGGUNAKAN ZIRKONIUM OKSIKLORIDA PRODUKSI BATAN DALAM LARUTAN KURKUMIN SEBAGAI SUBSTRAT PADA DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC)

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : MELLY KHOERUNNISA  
Nomor Induk Mahasiswa : 12630048  
Telah diujikan pada : Senin, 09 Oktober 2017  
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

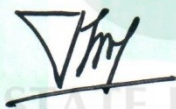
### TIM UJIAN TUGAS AKHIR

Ketua Sidang



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

Penguji I



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

Penguji II




Karmanto, S.Si., M.Sc.  
NIP. 19820504 200912 1 005

Yogyakarta, 09 Oktober 2017

UIN Sunan Kalijaga

Fakultas Sains dan Teknologi

DEK A N



Lutfono, M.Si.  
NIP. 195912200003 1 001



## SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir  
Lamp. : -

Kepada  
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta  
di Yogyakarta

*Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*  
Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk, dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudari:

Nama : Melly Khoerunnisa  
NIM : 12630048  
Judul Skripsi : Pengaruh Waktu Perendaman ZnO:Zr 1% yang Disintesis Menggunakan Zirkonium Oksiklorida Produksi Batan dalam Larutan Kurkumin sebagai Substrat pada *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC)

sudah dapat diajukan kembali kepada Jurusan 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 mengharapkan agar skripsi/tugas akhir Saudari tersebut di atas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terima kasih.

*Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Yogyakarta, September 2017

Pembimbing I,

Didik Krisdiyanto, S.Si., M.Sc.  
NIP.: 19811111 201101 1 007

Pembimbing II,

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

## NOTA DINAS KONSULTAN

Hal: Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Kepada  
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta  
di Yogyakarta

*Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

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

Nama : Melly Khoerunnisa  
NIM : 12630048  
Judul Skripsi : Pengaruh Waktu Perendaman ZnO:Zr 1% yang Disintesis Menggunakan Zirkonium Oksiklorida Produksi Batan dalam Larutan Kurkumin sebagai Substrat pada *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC)

sudah benar dan sesuai ketentuan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

Demikian kami sampaikan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terima kasih.  
*Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

Yogyakarta, Oktober 2017  
Konsultan,



Karmanto, S.Si., M.Sc.

NIP.: 19820504 200912 1 005



## NOTA DINAS KONSULTAN

Hal: Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Kepada  
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta  
di Yogyakarta

*Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

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

Nama : Melly Khoerunnisa  
NIM : 12630048  
Judul Skripsi : Pengaruh Waktu Perendaman ZnO:Zr 1% yang Disintesis Menggunakan Zirkonium Oksiklorida Produksi Batan dalam Larutan Kurkumin sebagai Substrat pada *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC)

sudah benar dan sesuai ketentuan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

Demikian kami sampaikan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

Yogyakarta, Oktober 2017  
Konsultan,



Khamidinal, M.Si.

NIP.: 19691104 200003 1 002

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Melly Khoerunnisa  
NIM : 12630048  
Jurusan : Kimia  
Fakultas : Sains dan Teknologi


menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“Pengaruh Waktu Perendaman ZnO:Zr 1% yang Disintesis Menggunakan Zirkonium Oksiklorida Produksi Batan dalam Larutan Kurkumin sebagai Substrat pada *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)*”** merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 22 September 2017



  
Melly Khoerunnisa  
NIM. 12630048

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA



Karya tulis ilmiah ini  
kami dedikasikan untuk almamater  
**Kimia UIN Sunan Kalijaga**



STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
**SUNAN KALIJAGA**  
YOGYAKARTA

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi *Rabbul 'alamin* yang telah memberi kesempatan dan kekuatan sehingga skripsi yang berjudul “Pengaruh Waktu Perendaman ZnO:Zr 1% yang Disintesis Menggunakan Zirkonium Oksiklorida Produksi BATAN dalam Larutan Kurkumin sebagai Substrat pada *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC)” ini dapat diselesaikan sebagai salah satu persyaratan mencapai derajat Sarjana Kimia.

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 Dr. Murtono, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Dr. Susy Yunita Prabawati, M.Si., selaku Ketua Jurusan Kimia yang telah banyak memberikan pengarahan selama kami menempuh pendidikan.
3. Bapak Irwan Nugraha, S.Si., M.Sc., selaku dosen pembimbing akademik yang telah banyak memberikan motivasi kepada kami sebagai bimbingannya untuk sabar dan bekerja keras menyelesaikan pendidikan kami.
4. Bapak Didik Krisdiyanto, S.Si., M.Sc., dan Bapak Khamidinal, M.Si., selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan motivasi dan pengarahan selama penelitian dan penyusunan skripsi ini.



5. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah banyak membagi ilmu serta membimbing kami sebagai anak dan mahasiswanya.
6. Bapak A. Wijayanto, S.Si., Bapak Indra Nafiyanto, S.Si., dan Ibu Isni Gustanti, S.Si. sebagai PLP Laboratorium Kimia UIN Sunan Kalijaga yang telah banyak membantu kami selama penelitian.
7. Seluruh staf karyawan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah banyak memudahkan administrasi selama kami menempuh pendidikan.
8. Teman-teman kimia UIN Sunan Kalijaga angkatan 2012 yang dengan kebersamaan dan rasa kekeluargaan saling memotivasi sehingga kita semua dapat menyelesaikan pendidikan dan tugas akhir ini.
9. Semua pihak yang tidak penulis sebutkan satu persatu atas bantuannya dalam penyelesaian skripsi ini, terkhusus *my beloved family*, Bapak, Ibu, *Aa*, dan dua anakku sayang.

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

Yogyakarta, 4 September 2017

Melly Khoerunnisa  
NIM. 12630048

## DAFTAR ISI

PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR .....	ii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR .....	iii
NOTA DINAS KONSULTAN .....	iv
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI .....	vi
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
ABSTRAK .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Batasan Masalah .....	4
C. Rumusan Masalah .....	5
D. Tujuan Penelitian .....	6
E. Manfaat Penelitian .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI</b> .....	<b>8</b>
A. Tinjauan Pustaka .....	8
B. Landasan teori .....	12

BAB III METODE PENELITIAN.....	27
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	27
B. Alat-alat Penelitian.....	27
C. Bahan Penelitian .....	27
D. Cara Kerja Penelitian .....	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	32
A. Karakterisasi sifat kristal ZnO:Zr 1%.....	32
B. Karakterisasi gugus fungsi.....	34
C. Karakterisasi panjang gelombang.....	36
D. Perhitungan tegangan listrik.....	40
BAB V PENUTUP.....	43
A. Kesimpulan .....	43
B. Saran.....	44
DAFTAR PUSTAKA .....	45
LAMPIRAN.....	49

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Posisi pita (energi gap) pada beberapa semikonduktor. Tampak ZnO memiliki kesesuaian energi gap dengan TiO <sub>2</sub> (Gratzel, 2001).....	15
Gambar 2. 2. Skema dan prinsip kerja <i>Dye Sensitized Solar Cell</i> (DSSC).....	17
Gambar 2. 3. Kurva arus-tegangan (I-V) yang menunjukkan kinerja DSSC.....	18
Gambar 2. 4. Struktur kimia kurkumin bentuk keto ( <i>a</i> ) dan bentuk enol ( <i>b</i> ).....	20
Gambar 2. 5. Jenis transisi elektron pada senyawa organik .....	22
Gambar 2. 6. Ilustrasi difraksi sinar X berdasarkan Hukum Bragg .....	25
Gambar 4. 1. Difraktogram ZnO:Zr 1% hasil sintesis menggunakan XRD (inset: difraktogram standar ZnO (JCPDS No. 003-0888)).....	32
Gambar 4. 2. Profil spektra IR untuk kurkumin dan masing-masing perlakuan ZnO:Zr 1%.....	35
Gambar 4. 3. Perbandingan panjang gelombang kurkumin, ZnO:Zr 1%, dan (ZnO:Zr 1%)-Kur 24 Jam.....	37
Gambar 4. 4. Perbandingan energi gap kurkumin, ZnO:Zr 1%, dan (ZnO:Zr 1%)-Kur 24 Jam .....	39
Gambar 4. 5. Profil tegangan sirkuit terbuka ( $V_{oc}$ ) yang dihasilkan oleh sistem DSSC ZnO:Zr 1% tersensitasi kurkumin dengan variasi waktu perendaman 1, 16, 24, dan 30 jam.....	41

**DAFTAR TABEL**

Tabel 4. 1.	Nilai $2\theta$ dan dhkl bidang-bidang utama pada ZnO:Zr 1% hasil sintesis .....	33
Tabel 4. 2	Nilai parameter kisi, volume pori, dan panjang ikatan Zn-O pada ZnO:Zr 1% hasil sintesis dihitung menggunakan persamaan 2.11 -2.14.....	34



**DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1.	Hasil karakterisasi XRD ZnO:Zr 1% .....	50
Lampiran 2.	Hasil karakterisasi FT-IR kurkumin .....	51
Lampiran 3.	Hasil karakterisasi FT-IR ZnO:Zr 1% .....	52
Lampiran 4.	Hasil karakterisasi FT-IR ZnO:Zr 1% tersensitasi kurkumin 1 jam .....	53
Lampiran 5.	Hasil karakterisasi FT-IR ZnO:Zr 1% tersensitasi kurkumin 16 jam .....	54
Lampiran 6.	Hasil karakterisasi FT-IR ZnO:Zr 1% tersensitasi kurkumin 24 jam .....	55
Lampiran 7.	Hasil karakterisasi FT-IR ZnO:Zr 1% tersensitasi kurkumin 30 jam .....	56
Lampiran 8.	Hasil karakterisasi UV-Vis ZnO:Zr kurkumin dalam ekstrak etanol .....	57
Lampiran 9.	Hasil karakterisasi UV-Vis ZnO:Zr 1 % .....	58
Lampiran 10.	Hasil karakterisasi UV-Vis ZnO:Zr 1% tersensitasi kurkumin 24 jam .....	59
Lampiran 11.	Foto dan dokumentasi penelitian .....	60
Lampiran 12.	Perhitungan dan pengolahan data .....	61

## ABSTRAK

### **Pengaruh Waktu Perendaman ZnO:Zr 1% yang Disintesis Menggunakan Zirkonium Oksiklorida Produksi BATAN dalam Larutan Kurkumin sebagai Substrat pada *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC)**

Oleh:

Melly Khoerunnisa

NIM. 12630048

Pengaruh waktu perendaman ZnO:Zr 1% dalam larutan kurkumin telah dipelajari untuk memperoleh waktu perendaman yang menghasilkan tegangan sirkuit terbuka ( $V_{oc}$ ) maksimal pada sistem *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC). Semikonduktor ZnO:Zr 1% disintesis menggunakan metode *gel combustion*. Data XRD yang diperoleh dibandingkan dengan data XRD ZnO standar (JCPDS No. 003-0888). Hasil yang diperoleh menunjukkan pergeseran sudut  $2\theta$   $d_{002}$  ZnO:Zr 1% hasil sintesis menjadi lebih kecil dan sejalan dengan perubahan jarak antar bidang ( $d_{hkl}$ ), parameter kisi ( $a$  dan  $c$ ), volume pori ( $V$ ), serta panjang ikatan Zn–O ( $L$ ) yang menjadi lebih besar. Perendaman ZnO:Zr 1% hasil sintesis dilakukan dalam larutan etanol kurkumin 10 ppm selama 1, 16, 24, dan 30 jam. Hasil karakterisasi FT-IR setelah perendaman menunjukkan serapan gugus C=O dan C-OH kurkumin menghilang pada semua variasi waktu perendaman, serapan gugus C-O-C kurkumin menghilang pada variasi waktu perendaman 16 dan 24 jam, serta serapan Zn-O ZnO:Zr pada daerah  $420-500\text{ cm}^{-1}$  menjadi lebih tajam pada variasi waktu perendaman 24 jam. Hasil tersebut menunjukkan variasi waktu perendaman 24 jam lebih maksimal membentuk ikatan (ZnO:Zr 1%)-Kurkumin. Hasil karakterisasi spektra UV-Vis menunjukkan panjang gelombang (ZnO:Zr 1%)-Kurkumin 24 jam terjadi pada daerah sinar UV (337 nm) dan sinar tampak (444 nm). Energi gapnya mengalami kenaikan yang tidak signifikan sebesar  $+0.03\text{ eV}$  dibandingkan dengan energi gap ZnO:Zr 1%. Kenaikan ini sejalan dengan pergeseran panjang gelombang ZnO:Zr 1% setelah disensitasi kurkumin, yakni pergeseran hipsokromik. Untuk kinerja sistem DSSC, hasil pengukuran menunjukkan (ZnO:Zr 1%)-Kurkumin 24 jam menghasilkan tegangan sirkuit terbuka ( $V_{oc}$ ) paling tinggi, yakni sebesar  $174.3\text{ mV}$  pada menit ke-35. Variasi waktu perendaman yang lain, yakni 1, 16, dan 30 jam menunjukkan nilai  $V_{oc}$  yang rendah dan kurang stabil.

**Kata kunci:** ZnO:Zr 1%, *gel combustion*, kurkumin, waktu perendaman, dan tegangan sirkuit terbuka.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Sel surya atau fotovoltaik adalah sumber energi alternatif berupa piranti yang mampu menghasilkan listrik melalui proses fotolistrik pada material semikonduktor menggunakan sinar matahari. Matahari sebagai sumber energi utama dapat diolah dengan berbagai cara, salah-satunya melalui prinsip *helioelectrical* yang menghasilkan listrik. Efek listrik dari sinar matahari pertama kali ditemukan oleh *Becquerel* pada tahun 1839 yang mendeteksi tegangan foton yang muncul saat sinar matahari mengenai elektroda pada larutan elektrolit (Su'ait dkk., 2015).

Berdasarkan perkembangannya, sel surya terbagi dalam tiga generasi. Sel surya generasi pertama terbuat dari silikon kristalin berupa silikon monokristalin atau polikristalin. Untuk menekan biaya produksi, generasi kedua dibuat dalam bentuk yang lebih tipis sehingga disebut *thin film solar cell*. Selanjutnya, generasi ketiga muncul dengan variasi menggunakan zat warna sebagai sensitizer sehingga disebut *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC). Sistem DSSC pertama kali diperkenalkan oleh *O'Regan* dan *Gratzel* pada tahun 1991 (Hagfeldt dkk., 2010).

Hingga saat ini, DSSC merupakan jenis sel surya yang secara intensif terus dikembangkan oleh banyak peneliti untuk memperoleh efisiensi yang lebih baik. Efisiensi DSSC dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor-faktor tersebut meliputi jenis kaca konduktif (TCO), semikonduktor, *sensitizer*, larutan elektrolit, dan material

elektroda yang digunakan. Dengan mengoptimalkan faktor-faktor tersebut, efisiensi maksimal yang mampu dihasilkan oleh DSSC hingga saat ini mencapai 10-11% (Hagfeldt dkk., 2010).

Salah satu jenis material yang banyak digunakan sebagai semikonduktor pada DSSC adalah ZnO. Efisiensi yang dihasilkan sebesar 1 hingga 5,2%. Efisiensi tersebut dipengaruhi oleh jenis ZnO, metode sintesis, jenis zat warna, waktu perendaman, dan lain-lain. Salah-satunya sebagaimana dilaporkan oleh McCune dkk. (2012) menggunakan ZnO nanowires yang disintesis menggunakan metode *spin-coating*. Efisiensi tertinggi yang dihasilkan adalah 5,2% tanpa menyebutkan jenis sensitizer yang digunakan.

Penelitian lain menggunakan metode *chemical bath* untuk ZnO nanoporous dan sensitiser N719 menghasilkan efisiensi 4.27% (Hosono dkk., 2008). Sementara itu, metode sol gel untuk ZnO films menghasilkan efisiensi sebesar 2,2% dengan sensitizer N719 (Gultekin dkk., 2014). Gaikwada dkk. (2016) melaporkan ZnO yang dibuat menggunakan metode *M-SILAR* kemudian disensitasi dengan zat warna N3 mampu menghasilkan efisiensi pada DSSC sebesar 0.7%.

Metode lain yang banyak digunakan untuk meningkatkan efisiensi ZnO sebagai semikonduktor DSSC adalah metode *doping* atom. Hingga saat ini, ZnO telah di-*doping* dengan atom Al (Yun dkk., 2010), Sn (Ameen dkk., 2012), Mg (Raj dkk., 2013), I (Zheng dkk., 2011), B (Pawar dkk., 2009), F (Luo dkk., 2011), Cu (Liu dkk., 2013), Pr-N (Zhang dkk., 2013), dan lain-lain. Efisiensi yang dihasilkan sebagai semikonduktor DSSC sekitar 1.38 – 5.2%.

Untuk doping dengan atom Zr, Slamet (2016) telah menyintesis ZnO:Zr menggunakan metode *gel combustion* dengan variasi konsentrasi atom Zr sebesar 1%, 3%, dan 5%. Variasi untuk memperoleh tegangan listrik maksimal menggunakan zat warna ekstrak buah *Tacca Palmata* di bawah lampu halogen adalah ZnO:Zr 1%. Tegangan sirkuit terbuka ( $V_{oc}$ ) maksimal yang dihasilkan sebesar 174 mV untuk waktu perendaman selama 24 jam.

Terkait pengaruh waktu perendaman, Wiranwetchayan dkk. (2015) memperoleh waktu perendaman terbaik untuk semikonduktor ZnO films menggunakan sensitiser N719 adalah 30 menit. Hosono dkk. (2008) dalam penelitiannya memperoleh waktu perendaman terbaik untuk ZnO nanoporous menggunakan sensitiser N719 adalah 1 jam. Hasil penelitian yang lain menggunakan semikonduktor TiO<sub>2</sub> dalam ekstrak teh hitam memperoleh waktu perendaman terbaik adalah 24 jam (Umam dan Hastuti, 2013), TiO<sub>2</sub> dalam ekstrak antosianin kol merah adalah 12 jam (Saputro dkk., 2015), dan TiO<sub>2</sub> nanoporous dan ekstrak etanol kurkumin adalah 2 jam (Hossain dkk., 2017).

Hasil beberapa penelitian di atas menunjukkan penelitian untuk mempelajari faktor yang mempengaruhi efisiensi DSSC masih luas. Salah-satunya yang dapat dilakukan adalah mempelajari efisiensi penggunaan semikonduktor ZnO:Zr yang disintesis menggunakan metode *gel combustion* sebagaimana telah dilakukan oleh Slamet (2016). Sumber atom Zr berasal dari zirkonium oksiklorida (ZrOCl<sub>2</sub>.8H<sub>2</sub>O) hasil pengolahan pasir zirkon oleh PSTA BATAN Yogyakarta.



Dalam penelitian tersebut, Slamet (2016) memperoleh variasi konsentrasi Zr dalam ZnO:Zr yang terbaik adalah ZnO:Zr 1% sebagaimana telah disebutkan sebelumnya. Namun, penelitian tersebut belum mempelajari mengenai waktu optimum perendaman ZnO:Zr 1% dalam sensitiser. Oleh karena itu, kajian mengenai waktu perendaman tersebut dilakukan dalam penelitian ini sebagai upaya memaksimalkan kinerja ZnO:Zr 1% sebagai semikonduktor DSSC.

Terkait dengan zat warna, salah satu zat warna alam yang tersedia dan melimpah di Indonesia adalah kurkumin dari tanaman kunyit (*Curcuma longa* L). Penggunaannya sebagai sensitiser DSSC telah dipelajari oleh Hossain dkk., (2017) menggunakan ekstrak etanol kurkumin dan TiO<sub>2</sub> nanoporous. Efisiensi yang dihasilkan sebesar 0.33% dengan  $V_{oc}$  sebesar 555 mV. Sementara itu, penelitian yang dilakukan oleh Win dkk. (2012) menggunakan semikonduktor ZnO dan ekstrak aseton kurkumin dengan perendaman selama 15 jam menghasilkan efisiensi sebesar 0.29% dengan  $V_{oc}$  sebesar 124 mV. Efisiensi ini masih sangat rendah jika dibandingkan dengan beberapa penelitian sebelumnya sehingga modifikasi yang dilakukan pada penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi penggunaan kurkumin sebagai sensitiser ZnO:Zr.

## **B. Batasan Masalah**

Batasan penelitian ini secara spesifik adalah:

1. Variasi doping ZnO:Zr yang digunakan adalah variasi 1% menggunakan metode sintesis *gel combustion* sebagaimana telah dilakukan oleh Slamet (2016).

2. Sumber atom Zr berasal dari zirkonium oksiklorida ( $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$ ) hasil pengolahan pasir zirkon oleh PSTA BATAN Yogyakarta.
3. Kurkumin yang digunakan adalah kurkumin komersial dan pelarut yang digunakan adalah etanol.
4. Variasi waktu perendaman adalah 1, 16, 24, dan 30 jam
5. Karakterisasi material dan sensitiser menggunakan instrumen XRD, spektrofotometer UV-Vis, dan FT-IR.
6. Parameter kinerja DSSC yang diukur adalah tegangan pada kondisi sirkuit terbuka ( $V_{oc}$ ) di bawah lampu halogen menggunakan multimeter.

### C. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah penelitian ini adalah:

1. Apakah ZnO:Zr 1% dapat disintesis menggunakan metode *gel-combustion* dan bagaimana pengaruh atom Zr sebagai *dopant* berdasarkan data XRD yang dihasilkan?
2. Apakah kurkumin dapat terikat sebagai sensitiser pada ZnO:Zr 1% melalui perendaman selama 1, 16, 24, dan 30 jam dan bagaimana perubahan gugus fungsi kurkumin dan ZnO:Zr 1% setelah perendaman tersebut berdasarkan spektra FT-IR yang dihasilkan?
3. Bagaimana perubahan energi gap dan panjang gelombang maksimum ZnO:Zr 1% sebelum dan setelah mengikat kurkumin berdasarkan spektra UV-Vis yang dihasilkan?

4. Bagaimana pengaruh waktu perendaman selama 1, 16, 24, dan 30 jam terhadap tegangan sirkuit terbuka ( $V_{oc}$ ) yang dihasilkan oleh sistem DSSC ZnO:Zr 1% tersensitasi kurkumin?

#### **D. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mensintesis ZnO:Zr 1% menggunakan metode *gel-combustion* dan mempelajari pengaruh atom Zr sebagai *dopant* berdasarkan data XRD yang dihasilkan.
2. Menentukan gugus fungsi kurkumin yang membentuk ikatan dengan ZnO:Zr 1% setelah perendaman selama 1, 16, 24, dan 30 jam berdasarkan spektra FT-IR yang dihasilkan.
3. Menentukan energi gap dan panjang gelombang maksimum semikonduktor ZnO:Zr 1% sebelum dan setelah mengikat kurkumin berdasarkan spektra UV-Vis yang dihasilkan.
4. Menentukan waktu perendaman terbaik ZnO:Zr 1% dalam kurkumin sebagai sensitiser DSSC berdasarkan tegangan sirkuit terbuka ( $V_{oc}$ ) yang dihasilkan dengan variasi 1, 16, 24, dan 30 jam.

#### **E. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini merupakan penelitian rintisan untuk mengetahui potensi pemanfaatan ZnO:Zr dan kurkumin sebagai substrat sel surya DSSC sehingga diharapkan hasil penelitian ini menjadi data dan referensi bagi penelitian selanjutnya.

Harapan lebih lanjut, potensi ZnO:Zr dan kurkumin yang tersedia banyak dan melimpah di Indonesia dapat lebih dimaksimalkan.



## BAB V PENUTUP

### A. Kesimpulan

1. Semikonduktor ZnO:Zr 1% dapat disintesis menggunakan metode *gel-combustion*. Penggunaan atom Zr sebagai *dopant* menyebabkan sudut  $2\theta$   $d_{002}$  bergeser ke sudut yang lebih kecil berdasarkan data ZnO standar (JCPDS No. 003-0888) dan sejalan dengan perubahan jarak antar bidang ( $d_{hkl}$ ), parameter kisi ( $a$  dan  $c$ ), volume pori ( $V$ ), dan panjang ikatan Zn-O ( $L$ ) yang menjadi lebih besar.
2. Hasil karakterisasi FT-IR setelah perendaman menunjukkan serapan gugus C=O dan C-OH kurkumin menghilang pada semua variasi waktu perendaman, serapan gugus C-O-C kurkumin menghilang pada variasi waktu perendaman 16 dan 24 jam, dan serapan gugus Zn-O ZnO:Zr pada daerah  $420-500\text{ cm}^{-1}$  menjadi lebih tajam pada variasi waktu perendaman 24 jam
3. Panjang gelombang (ZnO:Zr 1%)-Kurkumin 24 jam terjadi pada daerah sinar UV (337 nm) dan sinar tampak (444 nm). Energi gapnya mengalami kenaikan yang tidak signifikan sebesar  $+0.03\text{ eV}$  dibandingkan dengan energi gap ZnO:Zr 1%.
4. Tegangan sirkuit terbuka ( $V_{oc}$ ) tertinggi dihasilkan oleh sistem DSSC (ZnO:Zr 1%)-Kurkumin 24 jam, yakni sebesar  $174.3\text{ mV}$  pada menit ke-35. Variasi waktu perendaman yang lain, yakni 1, 16, dan 30 jam menunjukkan nilai  $V_{oc}$  yang rendah dan kurang stabil.



**B. Saran**

1. Pengaruh jenis pelarut dan konsentrasi awal larutan kurkumin perlu dipelajari untuk memperoleh hasil yang lebih maksimal. Pelarut yang digunakan pada penelitian ini adalah etanol dengan konsentrasi kurkumin sebesar 10 ppm.
2. Perlakuan kurkumin menggunakan berbagai jenis asam dapat dilakukan untuk mengetahui pengaruh yang dihasilkan sebagaimana telah dilakukan oleh Kim dkk., (2013) menggunakan semikonduktor  $\text{TiO}_2$ .

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Asedy, H.J., Bidin, N., Abbs, K.N., dan Al-Azawi, M.A. 2016. ZnO QDs Deposited on Si by Sol-Gel Method: Role of Annealing Temperature on Structural and Optical Properties. *Modern Applied Science*, Vol. 10, No. 4, hal 12-20.
- Ameen, S., Akhtar, M.S., Seo, H.K., Kim, Y.S., dan Shin, H.S. 2012. Influence of Sn Doping on ZnO Nanostructures From Nanoparticles to Spindle Shape and Their Photoelectrochemical Properties for Dye Sensitized Solar Cells. *Chemical Engineering Journal*, 187, hal. 351 –356.
- Balasubramanian, K. 1991. Theoretical Calculations on the Transition Energies of the UV-Visible Spectra of Curcumin Pigment in Turmeric. *Indian Journal of Chemistry*, Vol. 30A, hal. 61-65.
- Chignell, C.F., Bilski, P., Reszka, K.J., Motten, A.G., Sik, R.H., dan Dahl, T.A. 1994. Spectral and Photochemical Properties of Curcumin. *Photochemistry and Photobiology*. Vol. 59, No. 3, hal. 295-302.
- Djurisic, A.B. dan Leung, Y.H. 2006. Optical Properties of ZnO Nanostructures, *Small*, 2(8 –9), hal. 944 –961.
- Gaikwada, M.A., Suryawanshi , M.P., Nikama, S.S., Bhosalea , C.H., Kimb , J.H., dan Moholkara, A.V. 2016. Influence of Zn Concentration and Dye Adsorption Time on The Photovoltaic Performance of M-Silar Deposited ZnO-Based Dye Sensitized Solar Cells. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 329, hal. 246 –254
- Gultekin, D., Alaf, M., dan Akbulut, H. 2014. Nanostructured ZnO Photoelectrode Synthesis for Dye Sensitized Solar Cells. *Acta Physica Polonica A*, 125(2), hal. 301-303.
- Gratzel, M. 2001. Photoelectrochemical Cells (insight review articles). *Nature*, 414, hal 338.
- Hagfeldt, A., Boschloo, G., Sun, L., Kloo, L., dan Pettersson, H. 2010. Dye-Sensitized Solar Cells. *Chem. Rev.*, 110, hal. 6595 –6663.

- Hecht, D.S., Hu, L., dan Irvin, G. 2011. Emerging Transparent Electrodes Based on Thin Films of Carbon Nanotubes, Graphene, and Metallic Nanostructures. *Advanced Material*, 23, hal 1482 –1513.
- Hosono, E., Mitsui, Y., dan Zhou, H. 2008. Metal-Free Organic Dye Sensitized Solar Cell Based on Perpendicular Zinc Oxide Nanosheet Thick Films with High Conversion Efficiency. *Dalton Trans*, hal. 5439 –5441.
- Hossain, M.K., Pervez, M.F., Mia, M.N.H., Mortuza, A.A., Rahaman, M.S., Karim, M.R., Islam, J.M.M, Ahmed, F., dan Khan, M.A. 2017. Effect of Dye Extracting Solvents and Sensitization Time on Photovoltaic Performance of Natural Dye Sensitized Solar Cells. *Results in Physics*, 7, hal. 1516 –1523
- Khan, I., Khan, S., Nongjai, R., Ahmed, H., dan Khan, W. 2013. Structural and Optical Properties of Gel-Combustion Synthesized Zr Doped ZnO Nanoparticles. *Optical Materials*, 35, hal. 1189 –1193.
- Kim, H., Horwitz, J.S., Kim, W.H., Qadri, S.B., dan Kafafi, Z.H. 2003. Anode Material Based on Zr-doped ZnO Thin Films for Organic Light-Emitting Diodes. *Applied Physics Letters*, Volume 83, Number 18, hal. 3809-3811.
- Kim, H.J., Kim, D.J., Karthick, S.N., Hemalatha, K.V., Raj, C.J., Sunseong, dan Choe, Y. 2013. Curcumin Dye Extracted from *Curcuma longa* L. Used as Sensitizers for Efficient Dye-Sensitized Solar Cells. *Int. J. Electrochem. Sci.*, 8, hal. 8320 – 8328.
- Liu, C., Liu, Z., Li, J., Li, Y., Han, J., Wang, Y., Liu, Z., dan Ya, J. 2013. Cu-doping ZnO/ZnS Nanorods Serve as the Photoanode to Enhance Photocurrent and Conversion Efficiency. *Microelectronic Engineering*, 103, hal. 12 –16.
- Luo, L., Tao, W., Hu, X., Xiao, T., Heng, B., Huang, W., Wang, H., Han, H., Jiang, Q., Wang, J., dan Tang, Y. Mesoporous F-doped ZnO Prism Arrays with Significantly Enhanced Photovoltaic Performance for Dye-Sensitized Solar Cells. *Journal of Power Sources*, 196, hal. 10518 –10525.
- Maheshwari, R.K., Singh, A.K., Gaddipati, J., dan Srimal, R.C. 2006. Multiple Biological Activities of Curcumin: A Short Review. *Life Sciences*, 78, hal. 2081-2087.
- McCune, M., Zhang, W., dan Deng, Y. 2012. High Efficiency Dye-Sensitized Solar Cells Based on Three Dimensional Multilayered ZnO Nanowire Arrays with “Caterpillar-like” Structure. *Nano Lett.*, 12, hal. 3656 –3662.

- Mohan, P.R.K., Sreelakshmi, G., Muraleedharan, C.V., dan Joseph, R. 2012. Water Soluble Complexes of Curcumin With Cyclodextrins: Characterization by FT-Raman Spectroscopy. *Vibrational Spectroscopy*, 2012.
- Moussawi, R.N. dan Patra, D. 2016. Modification of Nanostructured ZnO Surfaces with Curcumin: Fluorescence-Based Sensing for Arsenic and Improving Arsenic Removal by ZnO. *RSC Adv.*, 6, hal. 17256–17268.
- Murtaza, G., Ahmad, R., Rashid, M.S., Hassan, M., Hussnain, A., Khan, M.A., Haq, M.E., Shafique, M.A., dan Riaz, S. 2014. Structural and Magnetic Studies on Zr Doped ZnO Diluted Magnetic Semiconductor. *Current Applied Physics*, 14, hal. 176-181.
- Paul, G.K., Bandyopadhyay, S., Sen, S.K., dan Sen, S. 2003. Structural, Optical and Electrical Studies on Sol–Gel Deposited Zr Doped ZnO Films. *Materials Chemistry and Physics*, 79, hal. 71–75.
- Pawar, B.N., Cai, G., Ham, D., Mane, R.S., Ganesh, T., Ghule, A., Sharma, R., Jadhava, K.D., dan Han, S.H. 2009. Preparation of Transparent and Conducting Boron-Doped ZnO Electrode for its Application in Dye-Sensitized Solar Cells. *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 93, hal. 524–527
- Priyadarsini, K.I. 2014. The Chemistry of Curcumin: From Extraction to Therapeutic Agent (review). *Molecules*, 19, hal. 20091-20112;
- Raj, C.J., Prabakar, K., Karthick, S.N., Hemalatha, K.V., Son, M.K., dan Kim, H.J. 2013. Banyan Root Structured Mg-Doped ZnO Photoanode Dye-Sensitized Solar Cells. *J. Phys. Chem. C*, 117, hal. 2600–2607.
- Saputro, G.A.H., Shanti, M.R.S., dan Sutresno, A. 2015. Pengaruh Waktu Perendaman TiO<sub>2</sub> dalam Larutan Ekstrak Antosianin Koll Merah (*Brassica Oleracea Var.*) pada Kinerja Prototipe Dye-Sensitized Solar Cells. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, Volume 11, Nomor 1, hal. 15-18.
- Slamet, D. 2016. *Sintesis Nanopartikel ZnO Doping Zirkonium Oksiklorida Produksi PSTA BATAN Yogyakarta sebagai Semikonduktor Photo Anoda untuk Sel Surya Tersintesisasi Zat Warna (DSSC)*. Skripsi. Jurusan Kimia UIN Sunan Kalijaga.
- Sookhakian, M., Amin, Y.M., Basirun, W.J., Tajabadi, M.T., dan Kamarulzaman, N. 2014. Synthesis, Structural, and Optical Properties of Type-II ZnO–ZnS Core–Shell Nanostructure. *Journal of Luminescence*, 145, hal. 244–252.

- Su'ait, M.S., Rahman, M.Y.A., dan Ahmad, A. Review on Polymer Electrolyte in Dye-Sensitized Solar Cells (DSSCs). *Solar Energy*, 115, hal. 452 –470.
- Umam, M.C., Hastuti, E. 2013. Pengaruh Lama Perendaman Terhadap Efisiensi Sel Surya Tersensitisasi Dye dari Tinta Sotong dan Ekstrak Teh Hitam. *Jurnal Neutrino*, Vol.5, No. 2, hal. 73-79.
- Win, T.T., Maung, Y.M., dan Soe, K.K. 2012. Characterization of Nano-sized ZnO Electrodes with Curcumin-derived Natural Dye Extract for DSSC Application. *American Journal of Materials Science and Technology*, 1, hal. 28-33.
- Wiranwetchayan, O., Promnopas, W., Hongsith, K., Choopun, S., Singjai, P., Thongtem, S. 2015. Effect of ZnO Films Immersion Duration in N719 Dye on Energy Conversion Efficiency of DSSCs. *Res Chem Intermed*, DOI 10.1007/s11164-015-2237-5.
- Yun, S. Lee, J., Chung, J., dan Lim, S. 2010. Improvement of ZnO Nanorod-Based Dye-Sensitized Solar Cell Efficiency by Al-doping. *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, 71, hal. 1724 –1731.
- Zhang, H., Liu, H., dan Feng, L. 2010. Influence of Annealing Temperature on the Properties of ZnO:Zr Films Deposited by Direct Current Magnetron Sputtering. *Vacuum*, 84, hal. 833 –836.
- Zhang, L., Yang, Y., Fan, R., Yu, J., dan Li, L. 2013. Improving the Efficiency of ZnO-Based Dye-Sensitized Solar Cells by Pr and N co-Doping. *J. Mater. Chem. A*, 1, hal. 12066 –12073.
- Zhang, Q., Dandeneau, C.S., Zhou, X., dan Cao, G. 2009. ZnO Nanostructures for Dye-Sensitized Solar Cells (review). *Advanced Material*, 21, hal 4087-4108.
- Zheng, Y.Z., Tao, X., Hou, Q., Wang, D.T., Zhou, W.L., dan Chen, J.F. 2011. Iodine-Doped ZnO Nanocrystalline Aggregates for Improved Dye-Sensitized Solar Cells. *Chem. Mater.*, 23, hal. 3-5.
- Zsila, F., Bikadi, Z., dan Simonyi, M. 2003. Molecular Basis of the Cotton Effects Induced by the Binding of Curcumin to Human Serum Albumin. *Tetrahedron: Asymmetry*, 14, hal. 2433 –2444.



**LAMPIRAN**

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA



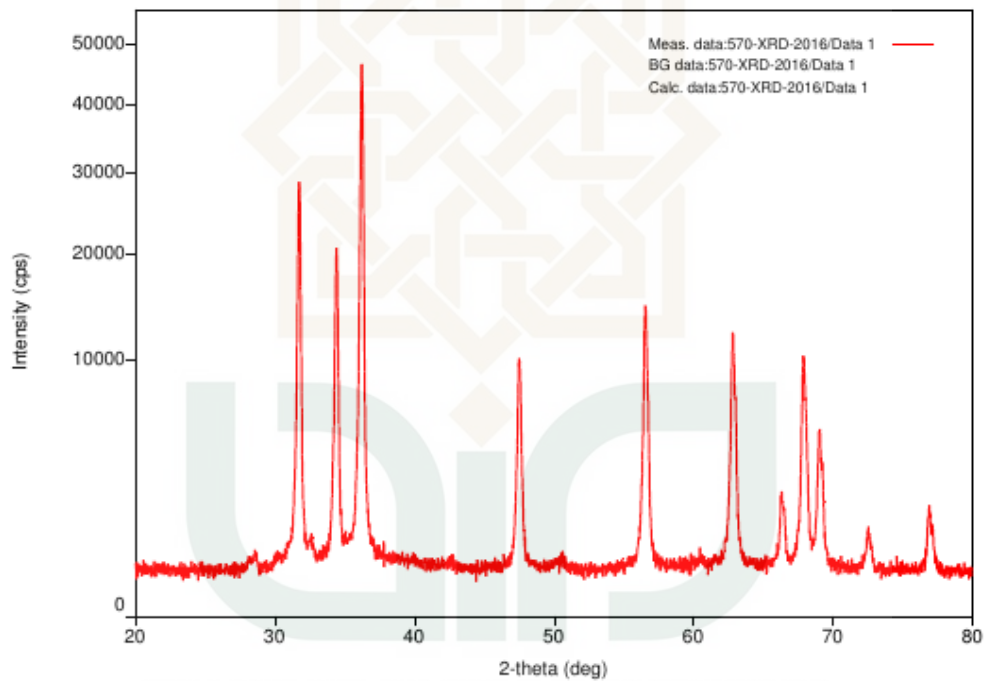
## Lampiran 1. Hasil karakterisasi XRD ZnO:Zr 1%

## Peak List

### General information

Analysis date 2016/07/22 11:07:33  
 Sample name Zn O : Zr Dp 1% Measurement date 2016/07/22 10:59:47  
 File name 570-XRD-2016.ras Operator administrator  
 Comment

### Measurement profile



### Peak list

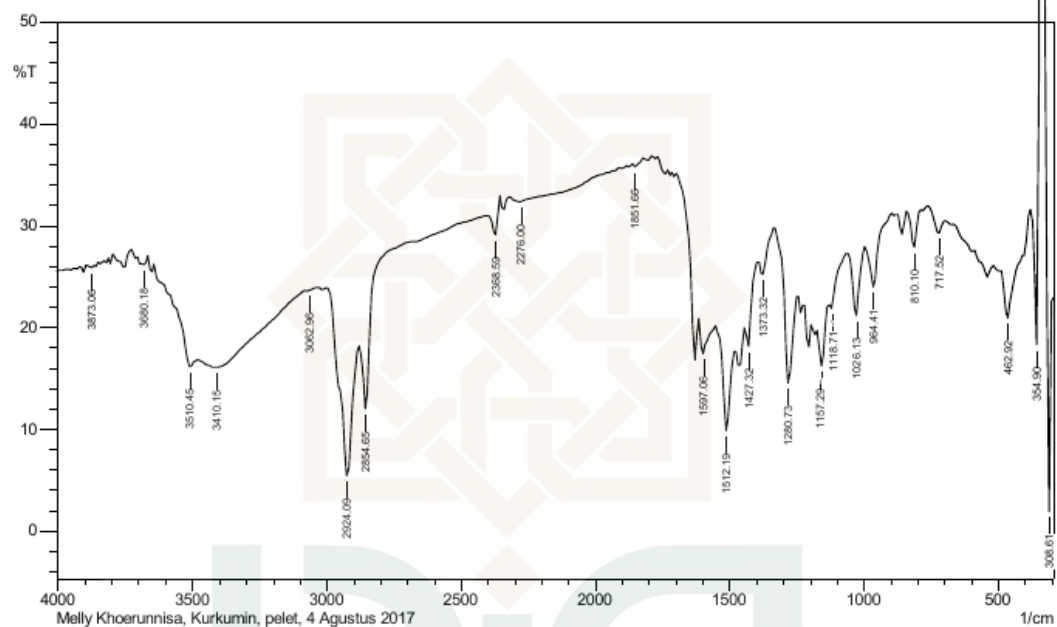
No.	2-theta(deg)	d(ang.)	Height(cps)	FWHM(deg)	Int. deg	I(cps)	Int. W(deg)	Asym. factor
1	28.651(17)	3.1132(19)	143(35)	0.57(7)	96(11)	0.7(2)	5(4)	
2	31.773(4)	2.8141(4)	19782(406)	0.230(3)	5679(40)	0.287(8)	1.73(13)	
3	34.461(6)	2.6004(5)	14092(343)	0.236(5)	3960(43)	0.281(10)	2.5(3)	
4	36.264(4)	2.4752(3)	32440(520)	0.247(3)	9762(69)	0.301(7)	1.89(14)	
5	47.540(7)	1.9111(3)	7281(246)	0.249(5)	2259(22)	0.310(14)	1.55(18)	
6	56.549(5)	1.62615(14)	11697(312)	0.243(4)	3640(28)	0.311(11)	0.83(7)	
7	62.855(5)	1.47731(11)	9719(285)	0.256(5)	3205(25)	0.330(12)	1.47(12)	
8	66.323(12)	1.4082(2)	1714(120)	0.214(13)	471(15)	0.27(3)	0.68(17)	
9	67.909(4)	1.37914(8)	8489(266)	0.244(5)	2720(22)	0.320(13)	1.21(9)	
10	69.066(6)	1.35883(10)	4362(191)	0.231(7)	1344(17)	0.308(17)	1.49(16)	
11	72.55(2)	1.3019(3)	616(72)	0.28(3)	224(10)	0.36(6)	1.3(4)	
12	76.929(12)	1.23836(16)	1317(105)	0.230(13)	423(11)	0.32(3)	1.3(3)	

## Lampiran 2. Hasil karakterisasi FT-IR kurkumin



Lab. Kimia Organik FMIPA - UGM

SHIMADZU



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	308.61	1.91	50.21	331.76	293.18	30.85	15.73
2	354.9	18.26	75.57	378.05	339.47	15.98	11.29
3	462.92	20.85	5.89	486.06	385.76	60.21	5.19
4	717.52	29.23	1.56	756.1	702.09	28.12	0.65
5	810.1	27.81	3.37	833.25	794.67	20.53	1
6	964.41	23.94	4.38	987.55	902.69	47.12	1.81
7	1026.13	21.11	6.44	1056.99	995.27	37.5	2.98
8	1118.71	21.82	0.94	1126.43	1064.71	37.06	0.18
9	1157.29	16.17	4.43	1172.72	1134.14	28.19	2.07
10	1280.73	14.49	11.12	1327.03	1249.87	52.26	6.77
11	1373.32	25.16	2.14	1388.75	1334.74	30.41	0.74
12	1427.32	18.1	3.97	1442.75	1396.46	30.25	1.21
13	1512.19	9.81	8.93	1550.77	1481.33	57.53	6.95
14	1597.06	17.39	3.16	1612.49	1558.48	39.34	1.88
15	1851.66	35.76	0.37	1859.38	1820.8	17.07	0.12
16	2276	32.28	0.74	2314.58	1959.68	169.04	2.56
17	2368.59	29.02	3.02	2391.73	2353.16	19.89	0.82
18	2854.65	11.96	6.8	2877.79	2399.45	269.59	3.5
19	2924.09	5.37	14.41	2993.52	2885.51	96.4	21.39
20	3062.96	23.54	0.06	3070.68	3032.1	24.08	0
21	3410.15	16.05	1.74	3471.87	3086.11	278.65	8.01
22	3510.45	16.12	2.42	3641.6	3479.58	111.41	1.67
23	3680.18	26.13	1.05	3726.47	3664.75	35.53	0.72
24	3873.06	25.82	0.31	3888.49	3849.92	22.56	0.13

Comment;

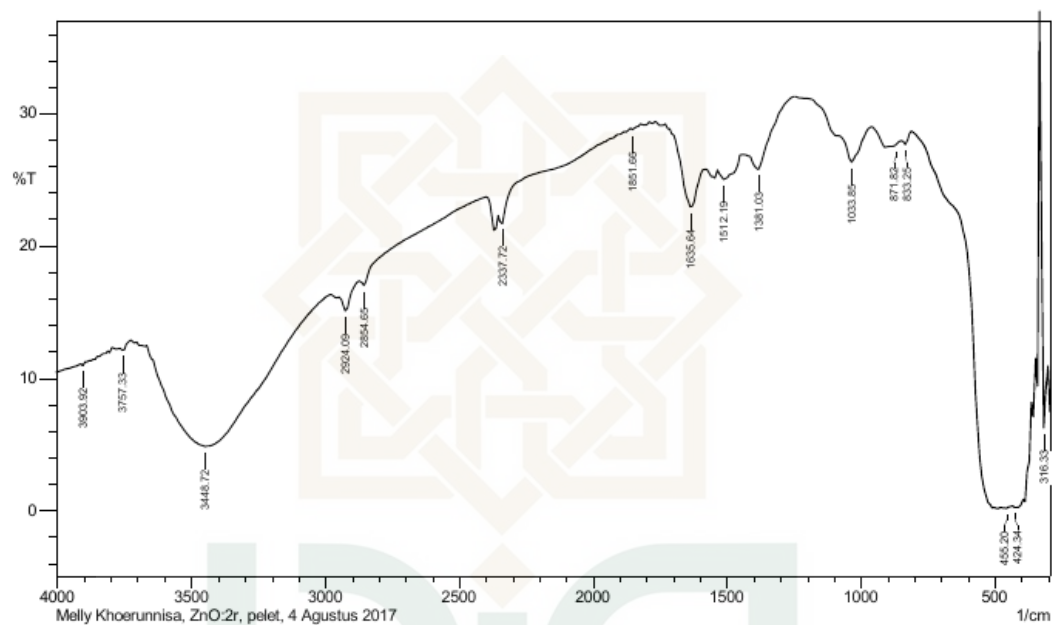
Melly Khoerunnisa, Kurkumin, pelet, 4 Agustus 2017

## Lampiran 3. Hasil karakterisasi FT-IR ZnO:Zr 1%

SHIMADZU



Lab. Kimia Organik FMIPA - UGM



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	316.33	6.208	7.762	324.04	308.61	17.389	2.489
2	424.34	0.218	2.978	432.05	331.76	171.283	32.925
3	455.2	0.138	0.088	462.92	439.77	61.616	1.593
4	833.25	27.611	0.599	848.68	810.1	21.269	0.15
5	871.82	27.467	0.115	879.54	848.68	17.178	0.002
6	1033.85	26.282	3.323	1188.15	964.41	121.827	4.689
7	1381.03	25.754	2.512	1442.75	1249.87	105.763	2.368
8	1512.19	24.977	0.708	1527.62	1450.47	45.773	0.853
9	1635.64	22.912	4.108	1728.22	1581.63	86.717	4.132
10	1851.66	28.756	0.166	1859.38	1820.8	20.767	0.056
11	2337.72	21.643	0.833	2353.16	1859.38	287.52	0.236
12	2854.65	16.995	0.513	2870.08	2399.45	319.024	0.194
13	2924.09	15.059	1.421	2947.23	2877.79	55.015	1.093
14	3448.72	4.821	8.855	3664.75	2985.81	717.867	143.593
15	3757.33	12.107	0.248	3765.05	3726.47	34.882	0.177
16	3903.92	10.927	0.186	3911.64	3795.91	108.39	0.499

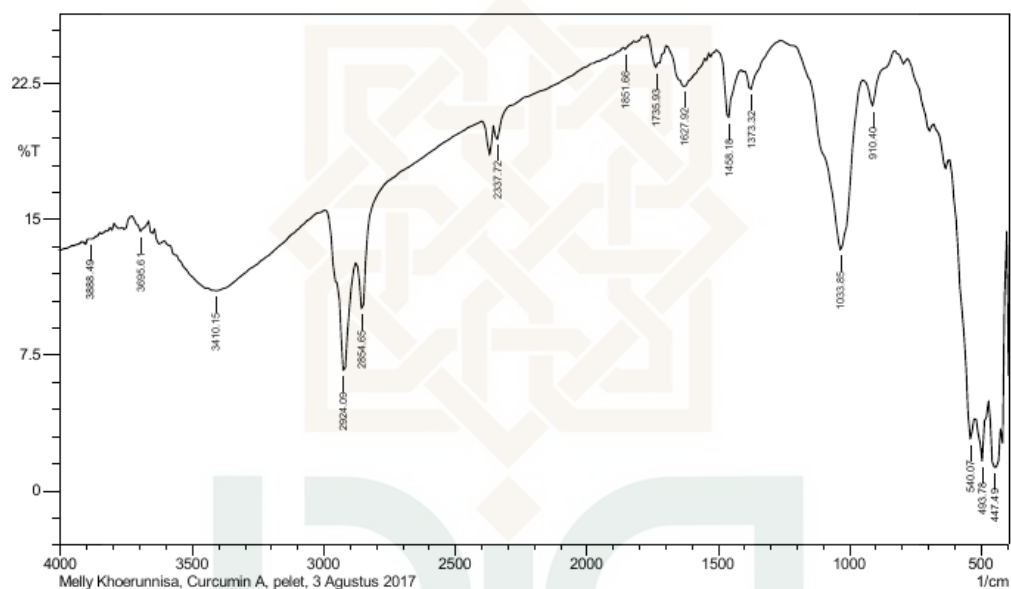
Comment;

Melly Khoerunnisa, ZnO:Zr, pelet, 4 Agustus 2017

## Lampiran 4. Hasil karakterisasi FT-IR ZnO:Zr 1% tersensitasi kurkumin 1 jam



Lab. Kimia Organik FMIPA - UGM



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	447.49	1.258	4.498	462.92	408.91	87.987	25.113
2	493.78	1.62	2.803	516.92	470.63	69.513	7.076
3	540.07	2.824	3.514	617.22	524.64	102.215	4.082
4	910.4	21.252	1.836	941.26	833.25	69.293	1.33
5	1033.85	13.282	10.017	1211.3	948.98	188.869	24.321
6	1373.32	22.181	1.491	1411.89	1265.3	91.862	1.236
7	1458.18	20.615	3.069	1496.76	1419.61	50.236	1.888
8	1627.92	22.335	2.048	1689.64	1535.34	97.97	3.273
9	1735.93	23.379	1.541	1766.8	1697.36	43.017	1.031
10	1851.66	24.375	0.188	1859.38	1820.8	23.483	0.06
11	2337.72	19.381	0.91	2353.16	1867.09	314.999	0.336
12	2854.65	10.045	2.575	2870.08	2399.45	354.021	1.776
13	2924.09	6.634	7.167	2985.81	2877.79	105.623	12.826
14	3410.15	11.024	3.316	3603.03	2993.52	544.952	36.273
15	3695.61	14.31	0.56	3726.47	3672.47	45.125	0.421
16	3888.49	13.887	0.075	3896.21	3849.92	39.512	0.137

Comment;

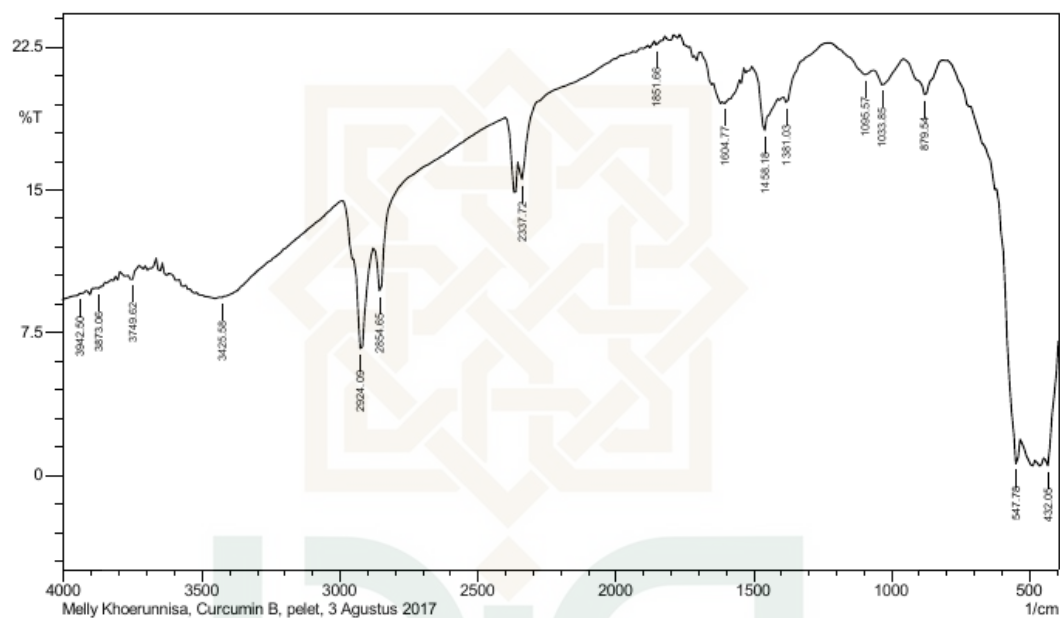
Melly Khoerunnisa, Curcumin A, pelet, 3 Agustus 2017

## Lampiran 5. Hasil karakterisasi FT-IR ZnO:Zr 1% tersensitasi kurkumin 16 jam

SHIMADZU



Lab. Kimia Organik FMIPA - UGM



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	432.05	0.465	2.166	447.49	393.48	89.351	6.824
2	547.78	0.589	2.376	810.1	532.35	257.945	7.191
3	879.54	19.996	1.793	948.98	817.82	89.068	2.272
4	1033.85	20.504	0.858	1056.99	956.69	67.826	0.981
5	1095.57	21.013	0.509	1226.73	1064.71	107.278	0.535
6	1381.03	19.562	0.407	1388.75	1234.44	102.569	0.13
7	1458.18	18.095	2.605	1496.76	1396.46	71.403	2.294
8	1604.77	19.51	2.241	1689.64	1535.34	106.657	4.477
9	1851.66	22.587	0.242	1859.38	1820.8	24.776	0.103
10	2337.72	15.522	1.128	2353.16	1982.82	257.138	0.43
11	2854.65	9.676	2.295	2870.08	2399.45	371.551	1.673
12	2924.09	6.63	6.338	2985.81	2877.79	108.926	11.213
13	3425.58	9.315	0.102	3433.29	2993.52	410.701	0.773
14	3749.62	10.26	0.423	3765.05	3726.47	37.583	0.275
15	3873.06	9.785	0.09	3880.78	3834.49	46.312	0.088
16	3942.5	9.416	0.062	3950.22	3919.35	31.46	0.022

Comment;

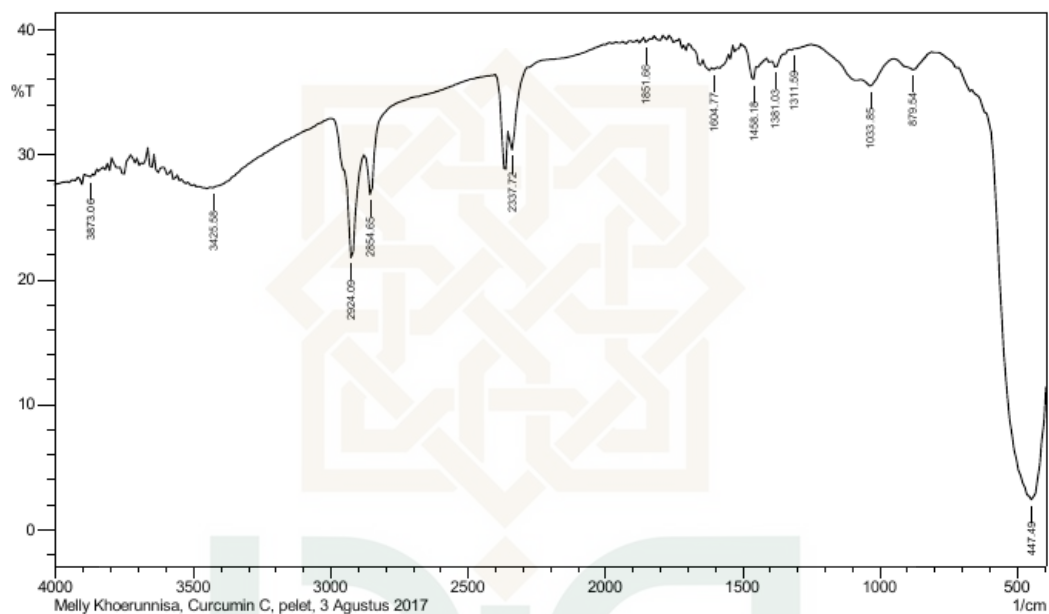
Melly Khoerunnisa, Curcumin B, pelet, 3 Agustus 2017

## Lampiran 6. Hasil karakterisasi FT-IR ZnO:Zr 1% tersensitasi kurkumin 24 jam

SHIMADZU



Lab. Kimia Organik FMIPA - UGM



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	447.49	2.373	12.511	802.39	393.48	323.759	69.651
2	879.54	36.754	1.138	948.98	810.1	59.442	0.936
3	1033.85	35.454	0.953	1064.71	956.69	47.431	0.55
4	1311.59	38.324	0.053	1319.31	1257.59	25.547	0.007
5	1381.03	36.985	0.539	1388.75	1334.74	22.9	0.152
6	1458.18	35.96	2.119	1496.76	1419.61	33.176	0.77
7	1604.77	36.785	0.2	1612.49	1558.48	23.316	0.122
8	1851.66	38.961	0.365	1859.38	1820.8	15.698	0.087
9	2337.72	30.312	1.785	2353.16	1982.82	159.289	0.34
10	2854.65	26.753	3.08	2870.08	2399.45	217.885	0.808
11	2924.09	21.704	9.384	2993.52	2877.79	64.416	5.969
12	3425.58	27.288	0.25	3441.01	3001.24	229.116	0.365
13	3873.06	28.157	0.331	3888.49	3849.92	21.101	0.123

Comment;

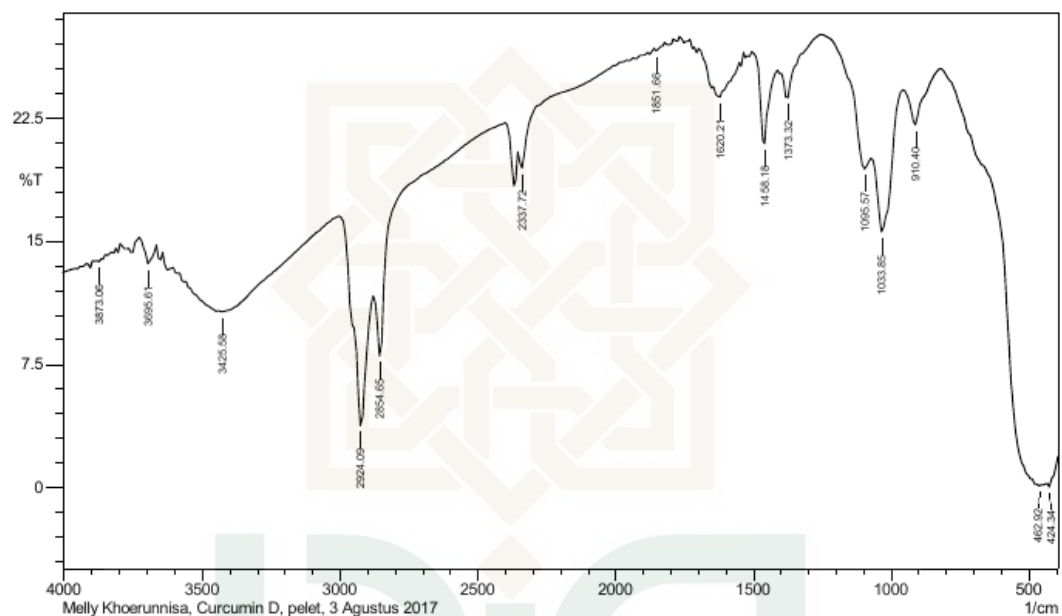
Melly Khoerunnisa, Curcumin C, pelet, 3 Agustus 2017



## Lampiran 7. Hasil karakterisasi FT-IR ZnO:Zr 1% tersensitasi kurkumin 30 jam



Lab. Kimia Organik FMIPA - UGM



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	424.34	0.011	0.532	432.05	393.48	92.74	11.827
2	462.92	0.068	1.657	817.82	439.77	461.307	10.407
3	910.4	22.05	2.487	948.98	825.53	76.869	2.156
4	1033.85	15.544	5.573	1064.71	956.69	77.254	6.455
5	1095.57	19.36	1.652	1249.87	1072.42	110.163	0.983
6	1373.32	23.732	2.199	1411.89	1257.59	90.398	1.428
7	1458.18	20.915	4.874	1496.76	1419.61	48.234	2.736
8	1620.21	23.757	2.757	1689.64	1535.34	93.225	4.25
9	1851.66	26.553	0.258	1859.38	1820.8	22.064	0.092
10	2337.72	19.415	1.226	2353.16	1959.68	243.502	0.391
11	2854.65	7.95	4.198	2877.79	2399.45	348.925	3.293
12	2924.09	3.757	9.195	3001.24	2885.51	120.286	19.462
13	3425.58	10.668	2.794	3556.74	3008.95	488.362	27.071
14	3695.61	13.612	1.057	3726.47	3672.47	45.777	0.743
15	3873.06	13.729	0.113	3880.78	3834.49	39.539	0.079

Comment;

Melly Khoerunnisa, Curcumin D, pelet, 3 Agustus 2017

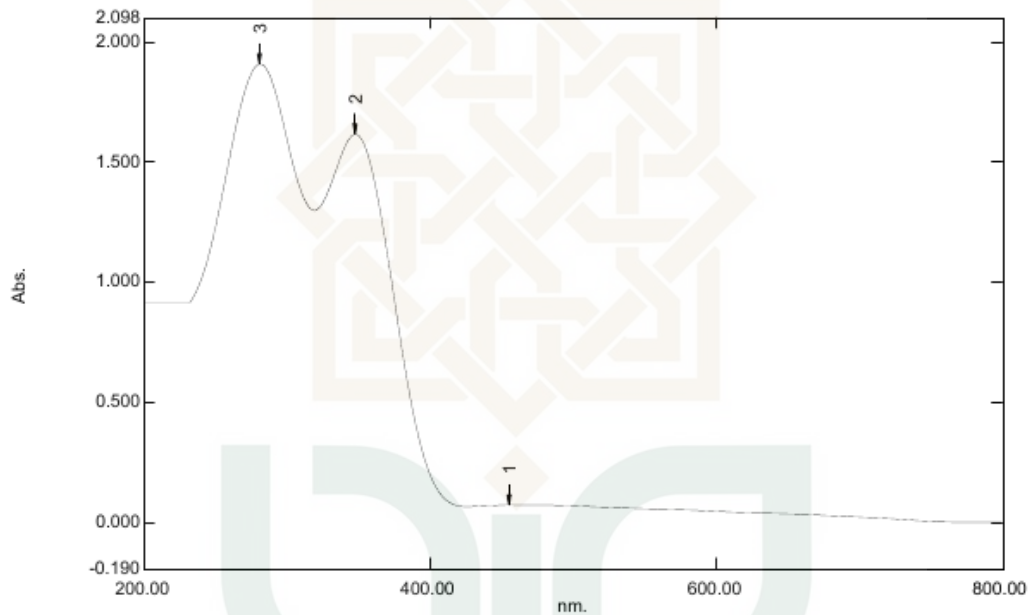


## Lampiran 9. Hasil karakterisasi UV-Vis ZnO:Zr 1 %

**Spectrum Peak Pick Report**

08/14/2017 10:08:57 AM

Data Set: Storage 100355 - Dataset 100614 - D:\Pharmaspec UV-1700\2017\Agustus\20170814  
- Melly Khoerunnisa\ZnO-Zr ABS.spc

**Measurement Properties**

Wavelength Range (nm.): 200.00 to 800.00  
Scan Speed: Fast  
Sampling Interval: 1.00  
Auto Sampling Interval: Disabled  
Scan Mode: Single

**Sample Preparation Properties**

Weight:  
Volume:  
Dilution:  
Path Length:  
Additional Information: Melly Khoerunnisa

**Instrument Properties**

Instrument Type: UV-1700 Series  
Measuring Mode: Absorbance  
Slit Width: 1.0 nm  
Light Source Change Wavelength: 340.8 nm  
S/R Exchange: Normal

**Attachment Properties**

Attachment: None

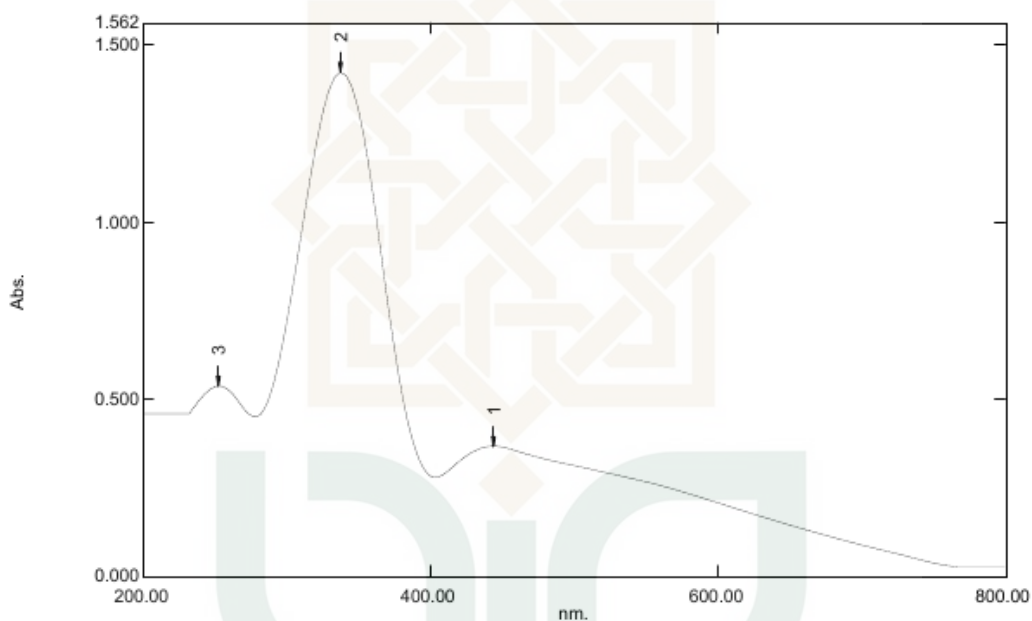
No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	📍	455.00	0.073	
2	📍	348.00	1.614	
3	📍	281.00	1.908	
4	📍	768.00	0.001	
5	📍	426.00	0.065	
6	📍	319.00	1.297	

Lampiran 10. Hasil karakterisasi UV-Vis ZnO:Zr 1% tersensitasi kurkumin 24 jam

## Spectrum Peak Pick Report

08/09/2017 10:10:14 AM

Data Set: Storage 095707 - Dataset 100930 - D:\Pharmaspec UV-1700\2017\Agustus\20170809  
- Melly Khoerunnisa\ZnO;Zr - Curcumin C ABS.spc



Measurement Properties  
Wavelength Range (nm.): 200.00 to 800.00  
Scan Speed: Fast  
Sampling Interval: 1.00  
Auto Sampling Interval: Disabled  
Scan Mode: Single

### Sample Preparation Properties

Weight:  
Volume:  
Dilution:  
Path Length:  
Additional Information: Melly Khoerunnisa

### Instrument Properties

Instrument Type: UV-1700 Series  
Measuring Mode: Absorbance  
Slit Width: 1.0 nm  
Light Source Change Wavelength: 340.8 nm  
S/R Exchange: Normal

### Attachment Properties

Attachment: None

No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	●	444.00	0.366	
2	●	337.00	1.423	
3	●	252.00	0.536	
4	●	768.00	0.024	
5	●	403.00	0.277	
6	●	278.00	0.449	

## Lampiran 11. Foto dan dokumentasi penelitian



Pembuatan fasa gel ZnO:Zr 1%



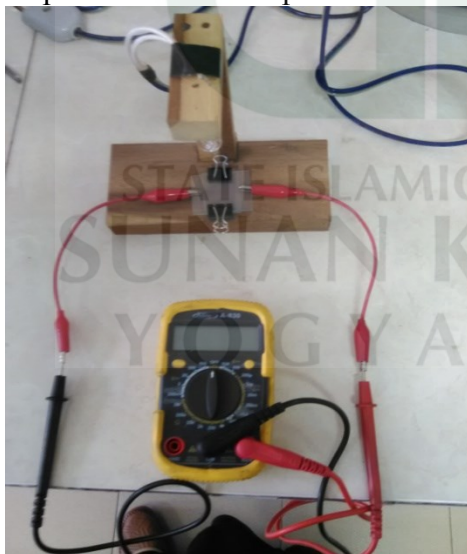
ZnO:Zr 1% setelah di-furnace



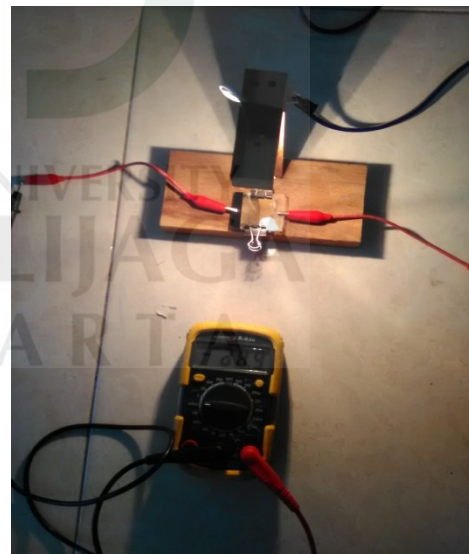
Deposisi ZnO:Zr 1% pada kaca ITO



ZnO:Zr 1% setelah disensitasi



Perakitan sistem DSSC ZnO:Zr 1%

Pengukuran  $V_{oc}$  dalam kotak tertutup

## Lampiran 12. Perhitungan dan pengolahan data

1. Penentuan nilai  $d_{hkl}$  (Å) ZnO:Zr 1% untuk bidang hkl = 100, 002, dan 101 dimana  $n = 1$  dan  $\lambda = 1.5406$  nm.

hkl = 100, $2\theta = 31.773$	hkl = 002, $2\theta = 34.461$	hkl = 101, $2\theta = 36.264$
$d = \frac{n \lambda}{2 \sin \theta}$	$d = \frac{n \lambda}{2 \sin \theta}$	$d = \frac{n \lambda}{2 \sin \theta}$
$d = \frac{1 \times 1.5406}{2 \times \sin(15.89)}$	$d = \frac{1 \times 1.5406}{2 \times \sin(17.23)}$	$d = \frac{1 \times 1.5406}{2 \times \sin(18.132)}$
$d = \frac{1.5406}{2 \times 0.2737}$	$d = \frac{1.5406}{2 \times 0.2962}$	$d = \frac{1.5406}{2 \times 0.3112}$
$d = \frac{1.5406}{0.5474}$	$d = \frac{1.5406}{0.5924}$	$d = \frac{1.5406}{0.6224}$
$d = 2.814$	$d = 2.600$	$d = 2.475$

2. Penentuan nilai parameter kisi ( $a$  dan  $c$ ), volume pori ( $V$ ), dan panjang ikatan Zn-O ( $L$ ) pada ZnO:Zr 1%.

a. 
$$a = \frac{\lambda}{\sqrt{3} \sin \theta_{100}}$$

$$a = \frac{1.5406}{\sqrt{3} \times \sin(15.89)}$$

$$a = \frac{1.5406}{1.732 \times 0.2737}$$

$$a = \frac{0.4740}{1.5406}$$

$$a = 3.249 \text{ \AA}$$

c. 
$$V = \frac{\sqrt{3} a^2 c}{2}$$

$$V = \frac{\sqrt{3} \times (3.249)^2 \times 5.2}{2}$$

$$V = \frac{1.732 \times 10.556 \times 5.2}{2}$$

$$V = \frac{95.0716}{2}$$

$$V = 47.556 \text{ \AA}^3$$

b. 
$$c = \frac{\lambda}{\sin \theta_{002}}$$

$$c = \frac{1.5406}{\sin(17.23)}$$

$$c = \frac{1.5406}{0.2962}$$

$$c = 5.200 \text{ \AA}$$

d. 
$$L = \sqrt{\left(\frac{a^2}{3} + \left(\frac{1}{2} - \frac{a^2}{3c^2} + 0.25\right)^2 c^2\right)}$$

$$L = \sqrt{\left(\frac{(3.249)^2}{3} + \left(\frac{1}{2} - \frac{(3.249)^2}{3(5.2)^2} + 0.25\right)^2 (5.2)^2\right)}$$

$$L = 1.976 \text{ \AA}$$



3. Penentuan energi gap kurkumin, ZnO:Zr 1%, dan (ZnO:Zr 1%)-Kur 24 Jam menggunakan metode *Touc Plot* berdasarkan persamaan 2.7,  $(\alpha h\nu)^2 = K(h\nu - E_g)^n$ , dimana  $n = \frac{1}{2}$ ,  $K = 1$ ,  $h = 6.6 \times 10^{-34}$  Js,  $h\nu = hc/\lambda$ ,  $c = 3 \times 10^8$  m/s,  $\alpha = 2,303 A/t$ ,  $A =$  absorbansi,  $t = 1$ .

a. ZnO:Zr 1%

$\lambda$	A	$h\nu$ (J)	$h\nu$ (eV)	$\alpha h\nu$	$(\alpha h\nu)^2$
200	0.915	9.9E-19	6.17958	13.02189	169.57
201	0.915	9.85075E-19	6.148835821	12.9571	167.887
202	0.915	9.80198E-19	6.11839604	12.89296	166.228
203	0.915	9.75369E-19	6.088256158	12.82945	164.595
204	0.915	9.70588E-19	6.058411765	12.76656	162.985
205	0.915	9.65854E-19	6.028858537	12.70428	161.399
206	0.915	9.61165E-19	5.999592233	12.64261	159.836

dst.... Ekstrapolasi kurva menghasilkan persamaan  $y = 588.3x - 1889.4$  sehingga pada  $y = 0$  diperoleh  $x = 3.21$  eV

b. Kurkumin

$\lambda$	A	$h\nu$ (J)	$h\nu$ (eV)	$\alpha h\nu$	$(\alpha h\nu)^2$
286	0.324	6.92E-19	4.321384615	3.224496	10.39738
287	0.324	6.9E-19	4.306327526	3.213261	10.32505
288	0.324	6.88E-19	4.291375	3.202104	10.25347
289	0.324	6.85E-19	4.276525952	3.191024	10.18263
290	0.324	6.83E-19	4.26177931	3.18002	10.11253
291	0.324	6.8E-19	4.247134021	3.169092	10.04315
292	0.324	6.78E-19	4.232589041	3.158239	9.974476

dst.... Ekstrapolasi kurva menghasilkan persamaan  $y = 63.79x - 165.24$  sehingga pada  $y = 0$  diperoleh  $x = 2.59$  eV

c. (ZnO:Zr 1%)-Kur 24 Jam

$\lambda$	A	$h\nu$ (J)	$h\nu$ (eV)	$\alpha h\nu$	$(\alpha h\nu)^2$
200	0.458	9.9E-19	6.17958	6.51806	42.48511027
201	0.458	9.9E-19	6.148835821	6.485632	42.06342444
202	0.458	9.8E-19	6.11839604	6.453525	41.64798576
203	0.458	9.8E-19	6.088256158	6.421734	41.23867143
204	0.458	9.7E-19	6.058411765	6.390255	40.83536166
205	0.458	9.7E-19	6.028858537	6.359083	40.43793958
206	0.458	9.6E-19	5.999592233	6.328214	40.04629114

dst.... Ekstrapolasi kurva menghasilkan persamaan  $y = 398.55x - 1294.7$  sehingga pada  $y = 0$  diperoleh  $x = 3.24$  eV