

**SINTESIS NANOPARTIKEL  $ZnO$  DOPING ZIRKONIUM OKSIKLORIDA  
PRODUKSI PSTA BATAN YOGYAKARTA SEBAGAI SEMIKONDUKTOR  
PHOTO ANODA UNTUK SEL SURYA TERSENSITISASI ZAT WARNA  
( DSSC )**

**Skripsi  
Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
mencapai derajat Sarjana S-1**



**Domo Slamet  
12630032**

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA  
2016**



**PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR**

Nomor : B.4353/Un.02/DST/PP.05.3/12/2016

Skripsi/Tugas Akhir dengan judul : Sintesis Nanopartikel ZnO *Doping* Zirkonium Oksiklorida  
Produksi PSTA Batan Yogyakarta Sebagai Semikonduktor  
*Photo Anoda* Untuk Sel Surya Tersensitisasi Zat Warna  
(DSSC)

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :  
Nama : Domo Slamet  
NIM : 12630032  
Telah dimunaqasyahkan pada : 29 November 2016  
Nilai Munaqasyah : A  
Dan dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga

**TIM MUNAQASYAH :**

Ketua Sidang

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

Penguji I

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

Penguji II

Dr. Imelda Fajriati, M.Si.  
NIP. 19750725 200003 2 001

Yogyakarta, 5 Desember 2016  
UIN Sunan Kalijaga  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Dekan



Dr. Murtono, M.Si.  
NIP. 19691212 200003 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 Saudara:

Nama : Domo Slamet

NIM : 12630032

Judul Skripsi : SINTESIS NANOPARTIKEL ZnO DOPING ZIRKONIUM  
OKSIKLORIDA PRODUKSI PSTA BATAN YOGYAKARTA  
SEBAGAI SEMIKONDUKTOR PHOTO ANODA UNTUK  
SEL SURYA TERSENSITISASI ZAT WARNA ( 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 Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terima kasih.

*Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Yogyakarta, 5 Desember 2016

Pembimbing I,



Didik Krisdiyanto, M.Sc.

NIP: 19811111 201101 007

Pembimbing II,



Khamidinal, S. Si., 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 berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Domo Slamet

NIM : 12630032

Judul Skripsi : SINTESIS NANOPARTIKEL ZnO DOPING ZIRKONIUM  
OKSIKLORIDA PRODUKSI PSTA BATAN YOGYAKARTA  
SEBAGAI SEMIKONDUKTOR PHOTO ANODA UNTUK  
SEL SURYA TERSENSITISASI ZAT WARNA ( DSSC )

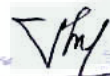
sudah benar dan sesuai ketentuan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

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

*Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Yogyakarta, 5 Desember 2016

Konsultan,



Khamidin, S. Si., 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 berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Domo Slamet  
NIM : 12630032  
Judul Skripsi : SINTESIS NANOPARTIKEL ZnO DOPING ZIRKONIUM  
OKSIKLORIDA PRODUKSI PSTA BATAN YOGYAKARTA  
SEBAGAI SEMIKONDUKTOR PHOTO ANODA UNTUK  
SEL SURYA TERSENSITISASI ZAT WARNA ( 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*

Yogyakarta, 5 Desember 2016  
Konsultan,

  
Dr. Imelda Fajriati, M. Si  
NIP.: 19750725 200003 2001

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Domo Slamet

NIM : 12630032

Jurusan : Kimia

Fakultas : Sains dan Teknologi

menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “SINTESIS NANOPARTIKEL ZnO DOPING ZIRKONIUM OKSIKLORIDA PRODUKSI PSTA BATAN YOGYAKARTA SEBAGAI SEMIKONDUKTOR PHOTO ANODA UNTUK SEL SURYA TERSENSITISASI ZAT WARNA ( 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, 21 November 2016



Materai 6000  
Tanda Tangan  
Domo Slamet  
NIM.: 12630032

## HALAMAN MOTTO

“TEMBANG POCUNG”

Ngelmu iku kalakone kanthi laku  
Lekase lawan kas  
Tegese kas nyantosani  
Setya budaya pangekese dur angkara

Angkara gung neng angga anggung gumulung  
Gegolonganira  
Triloka lekeri kongsi  
Yen den umbar ambabar dadi rubeda.

Beda lamun kang wus sengsem reh ngasamun  
Semune ngaksama  
Sasamane bangsa sisip  
Sarwa sareh saking mardi martatama

Taman limut durgameng tyas kang weh limput  
Karem ing karamat  
Karana karoban ing sih  
Sihing sukma ngrebda saardi pengira

Yeku patut tinulat tulat tinurut  
Sapitudhira  
Aja kaya jaman mangkin  
Keh pra mudha mundhi diri Rapal makna

Durung becus kesusu selak besus  
Amaknani rapal  
Kaya sayid weton mesir  
Pendhak pendhak angendhak Gunaning jalma

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya ini kami dedikasikan  
untuk almamater,  
**Kimia UIN Sunan Kalijaga**





## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi *Rabbul'alamin* yang telah memberi kesempatan dan kekuatan sehingga skripsi yang berjudul “SINTESIS NANOPARTIKEL ZnO DOPING ZIRKONIUM OKSIKLORIDA PRODUKSI PSTA BATAN YOGYAKARTA SEBAGAI SEMIKONDUKTOR PHOTO ANODA UNTUK SEL SURYA TERSENSITISASI ZAT WARNA ( 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 Program Studi Kimia yang senantiasa memantau dan memberikan motivasinya kepada kami.
3. Bapak Muzakky, M. Sc. dari Pusat Sains dan Teknologi Akselerasi Badan Tenaga Nuklir Nasional (PSTA BATAN) Yogyakarta yang telah berkenan memfasilitasi bahan zirkonium oksiklorida sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.
4. Bapak Didik Krisdiyanto, S. Si., M. Sc. dan Bapak Khamidinal, S. Si., M. Si. selaku Dosen Pembimbing atas arahan, bimbingan, kesabaran, dan ide kreatif

beliau yang selalu mengalir pada diskusi-diskusi yang berjalan dengan sangat menyenangkan. Hanya seucap doa yang dapat penulis persembahkan “semoga Allah SWT memuliakan beliau dan memberikan balasan atas kebaikan-kebaikan beliau dengan pahala yang berlipat”.

5. Bapak Khamidinal M. Si. dan Ibu Dr. Imelda Fajriati, M. Si. selaku penguji yang telah memberikan petunjuk dan arahan demi kelayakan skripsi ini.
6. Bapak Irwan Nugraha S. Si., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan motivasi dan pengarahan selama studi yang secara ikhlas dan sabar telah meluangkan waktunya untuk membimbing, mengarahkan, dan memotivasi penyusun dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini.
7. Segenap Dosen Prodi Kimia UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang dengan sepenuh hati memberikan ilmu.
8. Orang tua penulis, Ibu Juremi dan Bapak Darjo atas doa, dukungan moral dan materil serta kasih sayangnya yang tulus dan tak pernah surut. Suatu hal yang mustahil naskah skripsi ini dapat penulis selesaikan tanpa dukungannya. Semoga Allah mengasihi Bapak dan Ibu dengan kasih sayang yang hakiki.
9. Bapak Ilham Muhammad Nur sekeluarga terkhusus Ibu Anita Sofiyati selaku orang tua dan Mbak Kristiana Fajariatri selaku kakak penulis di Yogyakarta yang telah memberikan bantuan moral maupun materil secara ikhlas dan sabar sehingga penulis dapat menyelesaikan naskah skripsi ini. Semoga Allah membalas kebaikan beliau dengan menganugerahkan rahmatNya yang berlimpah.

10. Segenap PLP Laboratorium Kimia UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, Bapak Indra Nafiyanto S. Si., Mbak Isn Gustanti S. Si., dan Bapak Wijayanto S. Si., yang telah berkenan memfasilitasi kebutuhan yang menunjang selama penelitian.
11. Pak Yanto, Mas Wiranto, Radifan, Afri, Tanjung, Angga, Alfi, Farik, Dayat, Tejo, Yuan, Liim, Mahdiyah, Yayah serta rekan-rekan mahasiswa kimia lintas angkatan yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu atas bantuan, saran dan diskusi-diskusinya yang amat bermanfaat bagi penulis selama proses penelitian.

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, 5 Desember 2016

Domo Slamet  
12630032

## DAFTAR ISI

PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR .....	ii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR .....	iii
NOTA DINAS KONSULTAN .....	iv
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	vi
HALAMAN MOTTO .....	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	viii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
GLOSARIUM .....	xvii
ABSTRAK.....	
BAB I PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Batasan Masalah .....	4
C. Rumusan Masalah.....	5
D. Tujuan Penelitian .....	5
D. Manfaat Penelitian .....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI .....	7
A. Tinjauan Pustaka.....	7
B. Landasan Teori.....	10
1. Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) .....	10
2. Semikonduktor DSSC.....	14
3. Zirkonium .....	21

4. Perlakuan Panas .....	22
5. Karakterisasi material menggunakan XRD .....	24
6. Penentuan energi celah pita ( $E_g$ ) .....	27
7. Pengukuran Tegangan Sel Surya (DSSC) .....	28
BAB III METODE PENELITIAN.....	30
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	30
B. Alat-alat Penelitian.....	30
C. Bahan Penelitian .....	30
D. Cara Kerja Penelitian.....	31
1. Sintesis Nanopartikel Semikonduktor $ZnO:Zr$ Metode <i>Gel-Combustion</i> (Khan dkk., 2013).....	31
2. Deposisi Semikonduktor $ZnO:Zr$ pada substrat kaca ITO metode <i>doctor blade</i> . .....	32
3. Fabrikasi Sel Surya Tersintesis Zat Warna (DSSC). .....	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	36
A. Analisis struktur menggunakan <i>X-ray diffractometer</i> . .....	36
B. Analisis Serapan Radiasi Inframerah (FT-IR). .....	45
C. Energi Celah Pita $ZnO:Zr$ <i>doping</i> 0, 1, 3, dan 5%. .....	48
D. Uji aplikasi nanopartikel $ZnO:Zr$ sebagai semikonduktor photoanoda pada DSSC. ....	53
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	57
A. Kesimpulan .....	57
B. Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA .....	59
LAMPIRAN.....	1

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema dan prinsip kerja <i>Dye Sensitized Solar Cell</i> (DSSC) (Narayan, 2012). .....	12
Gambar 2.2 Struktur <i>hexagonal wurtzite</i> ZnO., Atom O ditampilkan sebagai bola putih besar, atom Zn sebagai bulatan hitam kecil. Satu unit sel diuraikan untuk kejelasan (Coleman dan Jagadish, 2006). .....	16
Gambar 2.3 Struktur pita LDA bongkahan heksagonal ZnO dihitung dengan menggunakan <i>dominant atomic self-interaction-corrected pseudopotentials</i> (SIC-PP) (Coleman dan Jagadish, 2006). .....	18
Gambar 2.4 Skema diagram untuk <i>splitting</i> bidang kristal dan orbit spin pada pita valensi ZnO dalam 3 sub pita yaitu, A, B dan C pada 4,2 K (Coleman dan Jagadish, 2006). .....	19
Gambar 2.13 Mekanisme proses <i>sintering</i> (Suvaci, 2008). .....	24
Gambar 4.1 Difraktogram nanopartikel ZnO:Zr dengan variasi konsentrasi doping 0, 1, 3 dan 5%. .....	37
Gambar 4.2 Perbesaran puncak difraksi bidang $d_{002}$ dan $d_{101}$ .....	38
Gambar 4.4 Spektra FTIR ZnO:Zr doping 0, 1, 3, dan 5% .....	46
Gambar 4.5 Penentuan energi celah pita (plot antara $(\alpha h\nu)^2$ vs $h\nu$ ) untuk ZnO:Zr doping 0, 1, 3, dan 5%. .....	49
Gambar 4.6 Spektra absorptansi ZnO:Zr variasi doping 0, 1, 3, dan 5%. .....	52
Gambar 4.7 Kontruksi sel surya (DSSC) untuk penentuan arus (I) dan tegangan (V) (O'Regan dan Grätzel, 1991). .....	54
Gambar 4.8 Grafik hubungan tegangan terhadap waktu DSSC sampel 1-4. ...	55



## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Nilai $d_{hkl}$ nanopartikel ZnO: Zr doping 0, 1, 3 dan 5%.....	39
Tabel 4.2 Nilai parameter kisi, rasio c/a, volume unit sel, dari nanopartikel ZnO:Zr doping 0, 1, 3, dan 5%.....	40
Tabel 4.3 Nilai ukuran kristal (D), <i>micro strain</i> ( $\epsilon$ ), dan <i>dislocation density</i> ( $\delta$ ) untuk ZnO:Zr doping 0, 1, 3 dan 5%. .....	42
Tabel 4.4 Nilai koefisien tekstural (TC) setiap bidang difraksi ZnO:Zr doping 0, 1, 3, dan 5 % .....	44
Tabel 4.5 Perbedaan serapan radiasi inframerah masing-masing sampel.....	47
Tabel 4.6 Hubungan antara energi celah pita dengan kisi kristal, ukuran kristal, dan <i>dislocation density</i> .....	51

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Contoh Stoikiometri .....	1
Lampiran 2. Contoh Perhitungan Parameter Kisi ZnO:Zr dan Volume Unit Sel.....	2
Lampiran 3. Contoh Perhitungan Ukuran Kristalit ZnO:Zr dan <i>microstrain</i> dan <i>dislocation density</i> .....	4
Lampiran 4. Contoh perhitungan harga koefisien tekstural nano partikel ZnO:Zr	6
Lampiran 5. Perhitungan Data Absorbansi Nanopartikel ZnO:Zr. ....	8
Lampiran 6. Tabel hasil pengujian divais DSSC sampel 1-4.....	25
Lampiran 7. Difraktogram ZnO:Zr doping 0%. ....	26
Lampiran 8. Difraktogram ZnO:Zr doping 1%. ....	28
Lampiran 9. Difraktogram ZnO:Zr doping 3%. ....	30
Lampiran 10. Difraktogram ZnO:Zr doping 5%. ....	32
Lampiran 11. Spektra FT-IR ZnO:Zr doping 0%. ....	34
Lampiran 12. Spektra FT-IR ZnO:Zr doping 1%. ....	35
Lampiran 13. Spektra FT-IR ZnO:Zr doping 3%. ....	36
Lampiran 14. Spektra FT-IR ZnO:Zr doping 5%. ....	37
Lampiran 15. Spektra absorbansi UV-Vis ZnO:Zr doping 0%.....	38
Lampiran 16. Spektra absorbansi UV-Vis ZnO:Zr doping 1%.....	39
Lampiran 17. Spektra absorbansi UV-Vis ZnO:Zr doping 3%.....	40
Lampiran 18. Spektra absorbansi UV-Vis ZnO:Zr doping 5%.....	41
Lampiran 19. Curriculum Vitae .....	42



## GLOSARIUM

<i>Direct bandgap</i>	semikonduktor yang mempunyai struktur pita valensi dan pita konduksi simetri.
<i>Doping</i>	proses penambahan ketidakmurnian ( <i>impurity</i> ) kepada semikonduktor murni (intrinsik) sehingga terbentuk semikonduktor ekstrinsik.
<i>Exciton</i>	pasangan elektron dan <i>hole</i> pada material semikonduktor
eV	elektron volt (satuan <i>bandgap</i> )
Grup ruang	prinsip penggolongan struktur kristal berdasarkan teori simetri
<i>Indirect bandgap</i>	semikonduktor yang mempunyai struktur pita valensi dan pita konduksi tidak simetri.
<i>Mode phonon</i>	teori penjelasan vibrasi bidang kristal
MeV	mega elektron volt (satuan <i>exciton</i> )
mV	mili volt (satuan tegangan listrik)
Nilai k	diperoleh dari hukum bragg berdasarkan $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ atau $k = \frac{n\pi}{d \sin \theta}$
Nukleasi	fasa awal pembentukan kristal

<i>Photoanoda</i>	potensial negatif pada elektroda yang disebabkan oleh adanya interaksi dengan cahaya.
UV	sinar <i>ultraviolet</i>
<i>Wurtzite</i>	struktur kristal untuk berbagai senyawa biner yang membentuk bangun heksagonal
Zona Brillouin	representasi dari nilai $k$ yang diperkenankan (tak kontinyu) untuk menjelaskan bandgap
$\Gamma$	Lambang zona brillouin

## ABSTRAK

### SINTESIS NANOPARTIKEL ZnO DOPING ZIRKONIUM OKSIKLORIDA PRODUKSI PSTA BATAN YOGYAKARTA SEBAGAI SEMIKONDUKTOR *PHOTO ANODA* UNTUK SEL SURYA TERSENSITISASI ZAT WARNA ( DSSC )

**Domo Slamet**  
**12630032**

*Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) merupakan divais untuk konversi cahaya tampak menjadi energi listrik berdasarkan konsep sensitasi semikonduktor celah lebar. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis semikonduktor nanopartikel ZnO:Zr dan menguji kinerja nanopartikel ZnO:Zr pada sistem DSSC.

Nanopartikel ZnO didoping Zr dari prekursor  $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$  produksi Pusat Sains dan Teknologi Akselerasi Badan Tenaga Nuklir Nasional (PSTA BATAN) Yogyakarta disintesis dengan metode *gel-combustion*, dan diuji kinerjanya pada sistem DSSC. Pengaruh variasi konsentrasi doping Zr (0, 1, 3 dan 5%) pada struktur kristal dan sifat optik ZnO yang dikaji berdasarkan difraksi sinar-X, spektra infra merah, dan spektra absorbansi *UV-Visible*.

Pada penelitian ini juga dikaji mengenai pengaruh doping Zr terhadap perubahan parameter struktur kristal seperti jarak antar bidang kristal ( $d_{hkl}$ ), kisi kristal (a dan c), volume unit sel, ukuran kristalit, microstrain ( $\epsilon$ ), dislocation density ( $\delta$ ), dan koefisien tekstural ( $TC_{hkl}$ ). Nanopartikel hasil sintesis memenuhi kriteria struktur kristal heksagonal *wurtzite* material berskala nano tiga dimensi. Serapan radiasi inframerah ZnO menunjukkan terjadi peningkatan intensitas maupun pergeseran pada bilangan gelombang 610 - 400  $cm^{-2}$  akibat adanya doping Zr. Doping Zr juga berpengaruh terhadap struktur elektronik semikonduktor yang ditandai oleh adanya perubahan energi celah pita dari 3,10-3,05 eV. Uji kinerja semikonduktor nanopartikel pada sistem DSSC menunjukkan konsentrasi doping Zr 1% mampu meningkatkan tegangan sebesar 174 mV dan stabilitas sel surya dibandingkan sel surya ZnO tanpa doping yang menghasilkan tegangan sebesar 128 mV.

Kata Kunci: Semikonduktor, metode gel-combustion, ZnO.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Dewasa ini, sekitar 80 % kebutuhan energi dunia masih dipenuhi oleh bahan bakar dari fosil yang memiliki keterbatasan sumber serta memiliki emisi yang tidak ramah lingkungan. Menurut David Bower , " Kita tidak mewarisi bumi dari nenek moyang kita. Akan tetapi kita meminjamnya dari anak-anak kita “. Sehingga dibutuhkan pengalihan pada sumber energi terbarukan. Sumber terbarukan berbasis energi bumi seperti pembangkit listrik tenaga air, angin, panas bumi, biomassa dan lain – lain dipastikan tidak akan cukup untuk memenuhi konsumsi energi dunia (Apelian, 2007).

Sumber energi untuk sel surya yang melimpah dan terbaharui merupakan salah satu alasan dilakukannya pengembangan akan sel surya ini. Menurut Yulianto (2006), suplai energi surya dari sinar matahari yang diterima olah permukaan bumi sangat besar yaitu mencapai  $3 \times 10^{24}$  joule pertahun. Jumlah energi sebesar itu setara dengan 10.000 kali konsumsi energi di seluruh dunia saat ini. Dengan kata lain, dengan menutup 0,1% permukaan bumi dengan divais sel surya yang memiliki efisiensi 10% sudah mampu untuk menutupi kebutuhan energi di seluruh dunia saat ini ( Hardian, dkk., 2010).

Berbagai hal telah dilakukan untuk memodifikasi komponen sel surya tersintesisasi zat warna ini. DSSC merupakan sel surya yang tersusun atas beberapa

komponen dimana sangat memungkinkan untuk dilakukannya modifikasi sebagai upaya untuk meningkatkan performa sel surya tersebut. Modifikasi yang dilakukan diantaranya penggantian zat warna (Khuzairah, 2014), penggantian elektrolit redoks (Hardian dkk., 2010), variasi terhadap semikonduktor (Parthiban dkk, 2015), hingga berbagai macam metode yang digunakan untuk fabrikasi DSSC.

Berdasarkan hal-hal tersebut di atas, penelitian ini difokuskan pada modifikasi semikonduktor yang merupakan komponen utama DSSC menggunakan ZnO:Zr, dimana pada umumnya semikonduktor yang digunakan adalah  $TiO_2$  dimana merupakan semikonduktor jenis *indirect bandgap*. ZnO merupakan semikonduktor jenis *direct bandgap* yang mudah didapatkan di pasaran dengan harga yang relatif murah, dan memiliki *bandgap* 3,37 eV (Coleman dan Jagadish, 2006) sehingga bersifat transparan pada temperatur ruang dan menyerap cahaya pada daerah panjang gelombang *UV* dan biru. ZnO mengikat energi *exciton* sebesar 60 MeV sehingga ZnO memiliki kemampuan transfer elektron yang lebih baik dibandingkan  $TiO_2$  yang hanya mengikat energi *exciton* kurang dari 30 MeV. Namun demikian penggunaan ZnO masih terkendala oleh stabilitas kimia yang kurang baik, sehingga dibutuhkan modifikasi sebagai upaya meningkatkan kualitas ZnO.

Seiring dengan berkembangnya era nanoteknologi, sintesis oksida logam ZnO juga telah banyak pada pembentukan material berskala nano. Hal ini karena material berskala nano tersebut akan memberikan sifat elektronik dan sifat optik yang lebih baik bila dibandingkan material dalam ukuran ruahnya (*bulk*) (Zhao, dkk., 2007).

Berbagai metode digunakan untuk menghasilkan ZnO berkualitas tinggi, agar ukuran dan bentuk ZnO dapat diarahkan pada skala nano sehingga dapat diaplikasikan sebagai perangkat optoelektronik. Menurut penelitian sebelumnya, untuk meningkatkan konduktivitas ZnO dapat dilakukan dengan cara *doping*. Sampai saat ini, ZnO telah *didoping* dengan Tb ( Yang, dkk., 2008 ), Gd (Murmu, dkk., 2009 ), Yb ( Jiang, dkk., 2010 ), Ce ( George, dkk., 2011 ), Eu ( Badalawa, dkk., 2011 ), Er ( Jang, dkk., 2011 ) dan Nd (Xian dan Li, dkk., 2012).

Penelitian mengenai ZnO *terdoping* Zr telah dilakukan oleh beberapa peneliti, namun dalam penelitian ini zirkonium yang digunakan berasal zirkonium oksiklorida dari pengolahan pasir zirkon oleh PSTA BATAN Yogyakarta. Berdasarkan informasi dari PSTA BATAN Yogyakarta, penggunaan zirkonium oksiklorida yang dihasilkan dari proses ekstraksi pasir zirkon oleh lembaga tersebut belum pernah dilakukan sebagai prekursor *doping* (Poernomo, 2012). Zirkonium termasuk unsur transisi, nomor atom 40, dan massa relatif 91,22. Logam zirkonium berwarna abu-abu yang sangat keras, meleleh pada suhu  $1852^{\circ}\text{C}$ . Sehingga melalui sifat-sifat zirkonium tersebut diharapkan dapat meningkatkan stabilitas dan sifat kimia fisika ZnO melalui cara *doping*.

Metode sintesis nano ZnO dapat dilakukan dengan berbagai macam cara, akan tetapi metode sintesis fasa larutan dinilai lebih ekonomis dan dapat diaplikasikan dalam skala yang lebih luas. Metode sintesis fasa larutan seperti *sol-gel*, *auto-combustion*, hidrotermal, elektro deposisi serta *chemical bath deposition* (CBD)

menjadi metode yang lebih intensif dikembangkan oleh para peneliti. Di antara beberapa metode tersebut metode *auto-combustion* menjadi pilihan yang menarik karena berbagai kelebihan seperti sederhana dan biaya yang rendah (Elilarassi, dkk., 2010). Metode *auto-combustion* memberikan keuntungan seperti stoikiometri reaksi dapat dikontrol pada tingkat molekular, homogenitas dan kemurnian material hasil sintesis tinggi (Khan, dkk., 2013).

Pada penelitian ini akan dikaji mengenai pengaruh variasi *doping* Zr terhadap struktur kristal ZnO, sifat optik dan uji aplikasi pada ZnO:Zr pada DSSC. Adapun tujuan utama penelitian ini adalah mendapatkan material semikonduktor baru untuk *photo anoda* sel surya tersintesisasi ekstrak zat warna buah *Tacca Palmata*.

## **B. Batasan Masalah**

Beberapa batasan perlu diberikan agar permasalahan yang akan dibahas menjadi terarah, batasan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Material yang digunakan sebagai semikonduktor dasar pada penelitian ini adalah  $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$ , dengan penambahan  $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$  produksi PSTA BATAN Yogyakarta berdasarkan perbandingan konsentrasi 0%, 1%, 3%, dan 5% yang disintesis menggunakan metode *gel-combustion*.
2. Struktur dan sifat optik material semikonduktor ZnO:Zr pada berbagai variasi konsentrasi *doping*.

3. Uji serapan radiasi infra merah semikonduktor menggunakan FTIR serta uji kuantitas kinerja DSSC dilakukan dengan pengukuran tegangan terhadap waktu menggunakan multi tester PeakTech 2000 DM pada kondisi penyinaran lampu halogen.

### C. Rumusan Masalah

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

1. Zirkonium yang digunakan berasal dari zirkonium oksiklorida  $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$  produksi PSTA BATAN Yogyakarta
2. Bagaimana struktur (parameter kisi, volume unit sel, ukuran kristalit, *strain*, *dislocation density*, dan *texture coefficient*) kristal ZnO sebelum dan sesudah didoping Zr, dengan variasi konsentrasi *doping* 0, 1, 3 dan 5% ?
3. Bagaimana pengaruh *doping* Zr dengan variasi konsentrasi *doping* 0, 1, 3 dan 5% terhadap energi celah pita semikonduktor ZnO ?
4. Bagaimana pengaruh semikonduktor ZnO:Zr dengan variasi *doping* 0, 1, 3 dan 5% terhadap kuantitas kinerja DSSC?

### D. Tujuan Penelitian

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



1. Mengetahui struktur (parameter kisi, volume unit sel, ukuran kristalit, *strain*, *dislocation density*, dan *texture coefficient*) kristal ZnO sebelum dan sesudah didoping Zr, dengan variasi konsentrasi *doping* 0, 1, 3 dan 5% ?
2. Mengetahui pengaruh *doping* Zr dengan variasi konsentrasi *doping* 0, 1, 3 dan 5% terhadap energi celah pita semikonduktor ZnO ?
3. Mengetahui pengaruh semikonduktor ZnO:Zr dengan variasi *doping* 0, 1, 3 dan 5% terhadap kuantitas kinerja DSSC?

#### **D. Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi tambahan data penelitian mengenai karakteristik sifat fisik dan kimia semikonduktor *ZnO:Zr*, karakteristik energi celah pita *ZnO:Zr*, dan kinerja DSSC berbasis *ZnO:Zr* yang diukur dari tegangan sirkuit terbuka terhadap waktu. Disamping itu penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan nilai guna dari material *ZnO:Zr* sebagai kandidat semikonduktor baru pada sistem DSSC dalam upaya pemanfaatan energi dari sinar matahari sebagai energi yang terbarukan.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil tahapan, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Analisis karakteristik struktur kristal menunjukkan material fasa tunggal *wurtzite* pada tingkat *doping* 0%. Di atas nilai konsentrasi *doping* tersebut terdapat tiga fasa yaitu *wurtzite* (ZnO), *monoclinic* dan tetragonal ( $ZrO_2$ ).
2. ZnO:Zr *doping* 0, 1, 3, 5% dengan ukuran kristal yang diperoleh 31,87 ; 26,36 ; 29,80 ; 38,07 nm, nilai *microstrain*  $0,7 \times 10^{-3}$  ;  $1,1 \times 10^{-3}$  ;  $0,8 \times 10^{-3}$  ;  $0,4 \times 10^{-3}$ , nilai *dislocation density*  $0,0984 \times 10^9 \text{ garis/cm}^2$  ;  $0,1439 \times 10^9 \text{ garis/cm}^2$  ;  $0,1126 \times 10^9 \text{ garis/cm}^2$  ;  $0,0690 \times 10^9 \text{ garis/cm}^2$ .
3. *Doping* Zr 0, 1, 3, dan 5% berpengaruh terhadap spektra FTIR yang ditunjukkan oleh adanya pelebaran dan pergeseran puncak serapan gugus fungsi ZnO sebesar  $432,05 \text{ cm}^{-1}$  ;  $447,49 \text{ cm}^{-1}$  ;  $439,77 \text{ cm}^{-1}$  ;  $432,05 \text{ cm}^{-1}$ .
4. Analisis data serapan *uv-visible* menunjukkan *doping* Zr 0, 1, 3, dan 5% berpengaruh terhadap energi celah pita ZnO, adapun nilai yang diperoleh antara 3,10 ; 3,06 ; 3,06 ; 3,05 eV.
5. Uji aplikasi pada DSSC menunjukkan nilai tegangan dan kestabilan tertinggi diperoleh sampel dengan *doping* 1% dengan nilai tegangan sirkuit terbuka (Voc) 174 mV.

## B. Saran

Berdasarkan pokok bahasan, penelitian ini mengkaji eksperimen mekanika kuantum yang diaplikasikan. Sehingga sangat dibutuhkan objektivitas karakterisasi hasil sintesis mengingat problematika mekanika kuantum adalah pada sifat pengukuran maupun material yang probabilistik relativistik. Guna mendapatkan interpretasi data yang objektif perlu dilakukan karakterisasi material menggunakan alat *Differential Thermal Analyzer* (DTA) untuk mengetahui temperatur optimal penumbuhan kristal, *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk melihat morfologi permukaan, *Gas Sorption Analyzer* (GSA) untuk mengetahui luas permukaan spesifik lapis tipis semikonduktor, dan *I-V meter keitley 2400* untuk melihat efisiensi DSSC secara akurat. Misal kekurangan yang belum disempurnakan pada penelitian tersebut atau permasalahan yang masih mungkin diteliti lebih lanjut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Apelian, D. 2007. Looking Beyond the Last 50 Years: The Future of Materials Science and Engineering. *Overview*. JOM.
- Apriyana, W. 2011. Sintesis Lapis Tipis ZnO Nanorod orientasi vertikal pada Substrat Kaca. *Tesis*. Jurusan Kimia. UGM.
- Badalawa, W. Matsui, H. dkk. 2011. Correlation between structural and luminescent properties of  $Eu^{3+}$  -doping ZnO epitaxial layers. *Journal of applied physics*. 109. 053502–7.
- Caglar, M. Caglar, Y. dan Ilican, S. 2006. The Determination of The Thickness and Optical Constants of the ZnO Crystalline Thin Film by Using Envelope Method. *J. Optoelectron. Adv. Mater.* 8. 1410-1413.
- Chen, C. W. Chen K. H. dkk. 2006. Anomalous Blueshift in Emission Spectra of ZnO Nanorods with Sizes beyond Quantum Confinement Regime. *App, Phys. Lett.* 88. 19051-19053.
- Coleman, V. A. dan Jagadish, C. 2006. Chapter 1 – Basic Properties and Applications of ZnO. *Elsevier. Zinc Oxide Bulk, Thin Films and Nanostructures, Processing, Properties and Applications*. 1-20.
- Dhamodharan, P. Manoharan, C. dkk. 2015. Dye-sensitized solar cell using sprayed ZnO nanocrystalline thin films on ITO as photoanode. *Elsevier. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 136. 1671–1678.
- Dresselhaus, M. S. Crabtree, G. W. dan Buchanan, M. V. 2005. Addressing Energy Challenges Through Advanced Materials. *MRS Bulletin*. 518–524.
- Elilarassi, R. dan Chandrasekaran, G. (2010). Synthesis and optical properties of Ni-doped zinc oxide nanoparticles for optoelectronic. *Applications Optoelectron. Lett.* 6. 6.
- Elinson, S. V dan Petrov, K. I. 1960. Zirconium Chemical and Physical Methods Of Analyzer. Moscow: Atomic Energy at The Council Of Ministry.
- Garcia, J. C. Scolfaro, L. M. R. dkk. 2012. Structural, Electronic, and Optical Properties of  $ZrO_2$  from ab initio Calculations. *cond-mat.mtrl-sci*. 1. 1204-2886.
- George, A. Sharma, S. K. dkk. 2011. Detailed of X-ray diffraction and photoluminescence studies of Ce doped ZnO nanocrystals. *Journal of Alloys and Compounds*. 509. 594–46.

- Guanglong, Z. 2007. Orientation enhancement of polycrystalline ZnO thin films through thermal. *Elsevier. Materials Letters*. 61. 4305-4308.
- Hardian, A. Mudzakir, A. dan Sumarna, O. 2010. Sintesis dan Karakterisasi Kristal Cair Ionik Berbasis Garam Fatty Imidazolinium sebagai Elektrolit Redoks pada Sel Surya Tersensitisasi Zat Warna. *ISSN 2087-7412*. 1. 7-16.
- Hartono, B. dan Pratapa, S. 2009. Karakteristik Pola Difraksi Sinar-X Dua Moda Ukuran Nanokristal Periklas. *Jurnal Nanosains dan Teknologi*. 1970-0880.
- Halme, E. J. 2002. Dye Sensitized Nanostructure And Organic Photovoltaic Cells: Technical Review And Preliminary Tests. *Thesis*. Departement Of Engineering Physics And Mathematics Helsinki University Of Technology. Espoo.
- Jang, Y. R. Yoo, K. H. dkk. 2011. 1.54  $\mu\text{m}$  emission mechanism of Er-doped zinc oxide thin films. *Applied Surface Science*. 257. 2822-4.
- Jiang, N. Ye, S. dan Qiu, J. R. 2010. Electron energy-loss spectroscopy study of Yb doped ZnO. *Journal of Applied Physics*. 108(083535):1-4.
- Kartini, I. Wahyuningsih, S. dkk. 2008. Ekstrak Klorofil Alga Sebagai Sensitizer Sel Surya Titania Tersensitisasi Pigmen Alga (TIPA). *Seminar Hasil Penelitian Klaster Sains dan Teknologi*. LPPM UGM.
- Khan, I. Khan, S. dkk. 2013. Structural and optical properties of gel-combustion synthesized Zr doped ZnO nanoparticles. *Elsevier. Optical Materials*. 35. 1189-1193.
- Khuzairah, S. 2014. Karakteristik Absorpsi Ekstrak Krokot (*Portulaca Oleracea* L.) Sebagai Sensitizer Alami untuk *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC). *Skripsi*. Program Studi Kimia. UIN Sunan Kalijaga. Yogyakarta.
- Kim, K. S. Jeong, H. Jeong, M. S. Dan Jung, G. Y. 2010. Polymer Templated Hydrothermal Growth of Vertically Aligned Single Crystal ZnO Nanorods and Morphological Transformations Using structural Polarity. *Adv. Funct. Mater.* 20. 3055-3065.
- Kittel, C. 2005. Introduction to Solid State Physics, 8th Edition. *Textbook*. John Wiley & Sons, Inc.
- Kwela, Z. N. 2006. Alkali-Fusion Processes for the Recovery of Zirconia and Zirconium Chemical from Zircon Sand. *Zirconia Extraction Processes. Chapter 5*. University of Pretoria.
- Ludin, N. A. Narosikin, A. A. M. dkk. 2014. Review on the development of nature dye photosensitizer for dye sensitized solar cell. *Renewable And Sustainable Energy*. 386-396.

- Lupan, Z. Guerin, V. M. dkk. 2010. Well-aligned Arrays of Vertically Oriented ZnO Nanowires Electrodeposited on ITO-coated glass Their Integration in Dye Sensitized Solar Cells. *J. Photochem. Photobiol. A*. 215. 65-73.
- Misbachuddin, M. C. Trihandaru. dkk. 2013. Pembuatan prototipe dye sensitized solar cell (DSSC) dengan memanfaatkan ekstrak antosianin stawberry. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Pendidikan Sains Fakultas MIPA UKSW*.
- Muchtar, M. Munisa, L. dan Saleh, R. 2012. Co-Precipitation Synthesis and Characterization of Nanocrystalline Zinc Oxide Particles Doped with  $Cu^{2+}$  Ions. *Materials Sciences and Applications*. 3. 543-551.
- Murmu, P. P. Kennedy, J. V. dkk. 2009. Compositional and structural study of Gd implanted ZnO films. *Melville. American Institute of Physics*. 1151. 185-8.
- Murtaza, G. Ahmad, R. dkk. 2014. Structural and Magnetic Studies on Zr doped ZnO Diluted Magnetic Semiconductor. *Elsevier. Current Applied Physics*. 14. 176-181.
- Narayan, M. R. 2012. *Review: Dye Sensitized Solar Cells Based On Natural Photosensitizers. Renewable And Sunstainable Energy*. 208-215.
- Nehru, L. C. Umadevi, M. dan Sanjeeviraja, C. 2012. Studies on Structural, Optical and Electrical Properties of ZnO Thin Films Prepared by the Spray Pyrolysis Method. *International Journal of Materials Engineering*. 02. 12-17.
- O'Regan, B., dan Grätzel, M. 1991. A Lost-Cost, High-Efficiency Solar Cell Based on Dye –Sensitized Colloidal  $TiO_2$  Film. *Nature*. 353-737.
- Parthiban, R. Balamurugan, D. dan Jeyaprakash, B. G. 2015. Spray deposited ZnO and Ga doped ZnO based DSSC with bromophenol blue dye as sensitizer: Efficiency analysis through DFT approach. *Elsevier. Materials Science in Semiconductor Processing*. 31. 471-477.
- Rahman, A. 2009. Pengaruh Tingkat Kekristalan  $TiO_2$  pada Tegangan Terbuka Sel Surya Tersensitisasi – Pewarna Berbasis ZnO –  $Ti_2$  = The effect of  $TiO_2$  Nanocrystallinity on the open circuit voltage of ZnO –  $Ti_2$ -based dye-sensitized solar cell. *Skripsi. Teknik Metalurgi dan Material*. UI.
- Rahman, H. dan Prajitno, G. 2013. Pengaruh Pemberian *Space* (Bantalan) untuk Mendapatkan Kestabilan Arus dan Tegangan *Prototipe* DSSC dengan Ekstraksi Kulit Manggis (*Garcinia mangostana L.*) Sebagai *Dye Sensitizer*. *Jurnal Sains dan Seni POMITS*. 1. 2301-928X.
- Ripna, Habib R. D. 2007. Sintesis dan Karakterisasi Cairan Ionik Berbasis Garam Benzotriazolium sebagai Elektrolit Redoks pada Sel Surya Tersensitisasi

Zat Warna. *Skripsi*. Program Studi Kimia. Jurusan Pendidikan Kimia. FPMIPA UPI.

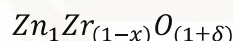
- Syafinar, R. Gomesh N. dkk. 2015. Potential of Purple Cabbage, Coffe, Blueberry and Turmeric as Based Dyes for Dye Sensitized Solar Cell (DSSC). *Elsevier. Energy Procedia*. 79. 799-807.
- Song, j. dan Lim, S. 2007. Effect of Seed Layer on The Growth of ZnO Nanorods. *J. Phys. Chem. C*, 111, 596-600.
- Vigneswaran, N. Kumar, S. dkk. 2006. Functional Finishing of Cotton Fabrics Using Zinc Oxide–Soluble Starch Nanocomposites. *Nanotechnology*. 17. 50-87.
- Wang, Z. L. Kong, X. Y. dan Zuo, J. M. 2003. Novel Nanostructures and Nanodevices of ZnO. *Phys. Rev. Lett.* 91, 185-502.
- Williamson, G. K. dan Hall, W. H. 1953. X-ray line broadening from filed aluminium and wolfram. *Elsevier. Acta Metallurgica*. 01.22-31.
- Witjaksono, A. 2011. Karakterisasi nanokristalin ZnO hasil kopresipitasi dengan perlakuan pengeringan, anil, dan pasca hidrotermal. *Tesis*. Jurusan Metalurgi dan Material. UI.
- Xian, F. dan Li, X. 2012. Effect of Nd doping level on optical and structural properties of ZnO:Nd thin films synthesized by the sol–gel route. *Elsevier. Optics dan Laser Technology*. 45. 508–512.
- Yang, L. Tang, Y. dkk. 2008. Raman scattering and luminescence study on arrays of ZnO doped with Tb<sup>3+</sup>. *Physical Review B: Condensed Matter*. 403. 2230–4.
- Yaoming, L. 2010. The effect of heat treatment on the physical properties of sol-gel derived by sol-gel method. *Elsevier. Applied Surface Science*. 256. 4543-4547.
- Yulianto, B. 2006. Teknologi Sel Surya untuk Energi Masa Depan, *Majalah Iptek ISTECS*. 6-8.
- Zhang, D. Lanier, S.M. dkk. 2008. Betalain Pigments For dye-sensitized solar cells. *Elsevier. Photochemistry and photobiology*. 72-80.
- 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. *Elsevier. Vacuum*. 84. 833–836.
- Zhao, Q. Xie, T., dkk. 2007. Size and Orientation Dependet Photovoltaic Properties of ZnO Nanorods. *J. Phys. Chem.* 111. 17136-17145.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Contoh Stoikiometri

#### 1. ZnO:Zr doping 0%

Adapun rumus kimia diacu berdasarkan Khan, dkk. adalah :



$$\text{Jumlah atom Zn} = \text{massa } 0,3 \text{ M ZnO (gram)} \times \left( \frac{\text{bil.avogadro}}{(\text{Ar Zn} + \text{Ar O})} \right) \times \% \text{ komposisi}$$

$$\text{Jumlah atom Zn} = 0,4883 \text{ g} \times \left( \frac{6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}}{\left( \frac{65,3900 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 16 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{\text{mol}} \right)} \right) \times 1 = 3,6129 \times 10^{21} \text{ atom/mol}$$

$$\text{massa Zn(CH}_3\text{COO)}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = \frac{n \text{ Zn}}{\left( \frac{\text{bil. avogadro}}{\text{Mr Zn(CH}_3\text{COO)}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} \right)}$$

$$\text{massa Zn(CH}_3\text{COO)}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = \frac{3,6129 \times 10^{21} \text{ atom/mol}}{\left( \frac{6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}}{219,5 \text{ g/mol}} \right)} = 1,3169 \text{ g}$$

sehingga,

$$\text{jumlah atom Zr} = \text{massa } 0,3 \text{ M ZnO (gram)} \times \left( \frac{\text{bil.avogadro}}{(\text{Ar Zn} + \text{Ar O})} \right) \times \% \text{ komposisi}$$

$$\text{jumlah atom Zr} = 0,4883 \text{ g} \times \left( \frac{6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}}{\left( \frac{65,3900 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 16 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{\text{mol}} \right)} \right) \times 0 = 0 \text{ atom/mol}$$

$$\text{massa Zn(CH}_3\text{COO)}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = \frac{n \text{ Zr}}{\left( \frac{\text{bil. avogadro}}{\text{Mr Zn(CH}_3\text{COO)}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} \right)}$$

$$\text{massa Zn(CH}_3\text{COO)}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = \frac{3,6129 \times 10^{19} \text{ atom/mol}}{\left( \frac{6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}}{219,5 \text{ g/mol}} \right)} = 0 \text{ g}$$



## Lampiran 2. Contoh Perhitungan Parameter Kisi ZnO:Zr dan Volume Unit Sel

Data XRD sampel ZnO:Zr *doping* 0% :

Bidang difraksi	D hkl
100	2,8172
002	2,6033

Penentuan parameter kisi kristal *wurtzite* heksagonal :

$$\frac{1}{(d_{hkl})^2} = \frac{4}{3} \left( \frac{h^2 + hk^2 + k^2}{a^2} \right) + \frac{l^2}{c^2}$$

$$\frac{1}{(d_{hkl})^2} = \frac{4}{3} \left( \frac{1^2 + 0^2 + 0^2}{a^2} \right) + \frac{0^2}{c^2}$$

$$\frac{1}{(2,8172)^2} = \frac{4}{3} \left( \frac{1}{a^2} \right) + \frac{0^2}{c^2}$$

$$\frac{1}{7,9366} = \left( \frac{4}{3a^2} \right)$$

$$a^2 = \frac{4}{3} \times 7,9366$$

$$a = 3,2530 \text{ \AA} = 0,3253 \text{ nm}$$

$$\frac{1}{(d_{hkl})^2} = \frac{4}{3} \left( \frac{h^2 + hk^2 + l^2}{a^2} \right) + \frac{l^2}{c^2}$$

$$\frac{1}{(2,6033)^2} = \frac{4}{3} \left( \frac{h^2 + hk^2 + k^2}{a^2} \right) + \frac{2^2}{c^2}$$

$$\frac{1}{6,7772} = 0 + \frac{4}{c^2}$$

$$c^2 = 4 \times 6,7772$$

$$c = 5,2066 \text{ \AA} = 0,5207 \text{ nm}$$

$$V = \frac{\sqrt{3}a^2c}{2} = 0,866a^2c$$

$$V = 0,866 \times 0,3253^2 \text{ nm} \times 0,5207 \text{ nm} = \mathbf{47,727 \text{ nm}^3}$$



**Lampiran 3. Contoh Perhitungan Ukuran Kristalit ZnO:Zr dan *microstrain* dan *dislocation density***

$$\beta \cos\theta = 4\varepsilon \sin\theta + \frac{k\lambda}{D}$$

$$Y = mX + C$$

$$\beta \text{ (rad)} = \frac{3,14 \times FWHM(^{\circ})}{180}$$

$$k = 0,89$$

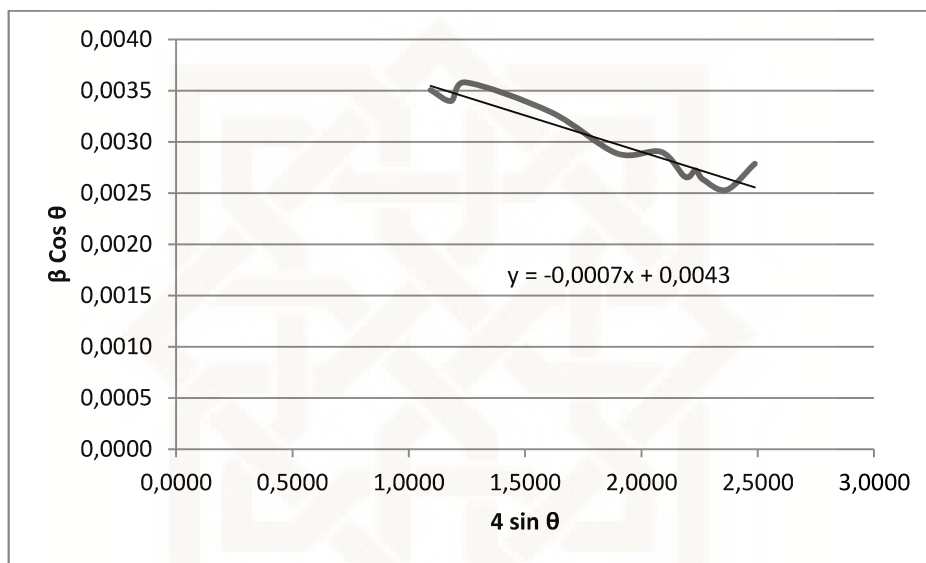
$$\lambda = 0,154 \text{ nm}$$

Data XRD nano partikel ZnO:Zr doping 0%:

$\beta$	$\Theta$	Cos $\theta$	Sin $\theta$	$\beta$ Cos $\theta$	4sin $\theta$
0,0036	15,868	0,962	0,273	0,0035	1,0936
0,0036	17,211	0,955	0,296	0,0034	1,1836
0,0038	18,109	0,951	0,311	0,0036	1,2432
0,0036	23,750	0,915	0,403	0,0033	1,6108
0,0033	28,265	0,881	0,474	0,0029	1,8944
0,0034	31,407	0,854	0,521	0,0029	2,0844
0,0032	33,153	0,837	0,547	0,0027	2,1876
0,0033	33,937	0,830	0,558	0,0027	2,2332
0,0032	34,511	0,824	0,567	0,0026	2,2664
0,0031	36,261	0,806	0,592	0,0025	2,3660

0,0036	38,439	0,783	0,622	0,0028	2,4868
--------	--------	-------	-------	--------	--------

Pembuatan plot  $\beta \cos \theta$  terhadap  $4 \sin \theta$  :



Sehingga,

$$\frac{\kappa \lambda}{D} = 0,0043$$

$$\text{Ukuran kristalit } D = \frac{0,89 \times 0,154}{0,0043} = 31,87 \text{ nm}$$

$$\text{microstrain } \varepsilon = 0,7 \times 10^{-3}$$

$$\text{dislocation density } \delta = \frac{1}{31,87^2} = 0,0009843 \text{ (} 10^{11} \text{ lines/ cm)}$$

**Lampiran 4. Contoh perhitungan harga koefisien tekstural nano partikel**

**ZnO:Zr**

(hkl)	2θ	d (Å)	Intensitas yang terukur (I)	Intensitas dari JCPDS ( $I_0$ )	$\frac{I(hkl)}{I_0(hkl)}$
(100)	31,736	2,8172	42	57	0,74
(002)	34,422	2,6033	33	44	0,75
(101)	36,217	2,4783	71	100	0,71
(102)	47,499	1,9127	19	23	0,83
(110)	56,529	1,6267	26	32	0,81
(103)	62,814	1,4782	28	29	0,97

Penentuan harga  $TC(hkl)$  nano partikel ZnO:Zr dari data XRD :

$$TC(hkl) = \frac{I(hkl)/I_0(hkl)}{N^{-1}\sum_n I(hkl)/I_0(hkl)}$$

$$TC(hkl) = \frac{I(100)/I_0(100)}{\frac{1}{6} \left\{ \frac{I_{(100)}}{I_{0(100)}} + \frac{I_{(002)}}{I_{0(002)}} + \frac{I_{(101)}}{I_{0(101)}} + \frac{I_{(102)}}{I_{0(102)}} + \frac{I_{(110)}}{I_{0(110)}} + \frac{I_{103}}{I_{0(103)}} \right\}}$$

$$TC(hkl) = \frac{0,74}{\frac{1}{6} \{0,74 + 0,75 + 0,71 + 0,83 + 0,81 + 0,97\}} = \frac{0,74}{0,80} = 0,93$$

$$TC(hkl) = \frac{0,75}{\frac{1}{6} \{0,74 + 0,75 + 0,71 + 0,83 + 0,81 + 0,97\}} = \frac{0,75}{0,80} = 0,94$$

$$TC(hkl) = \frac{0,71}{\frac{1}{6}\{0,74 + 0,75 + 0,71 + 0,83 + 0,81 + 0,97\}} = \frac{0,71}{0,80} = 0,89$$

$$TC(hkl) = \frac{0,83}{\frac{1}{6}\{0,74 + 0,75 + 0,71 + 0,83 + 0,81 + 0,97\}} = \frac{0,83}{0,80} = 1,04$$

$$TC(hkl) = \frac{0,81}{\frac{1}{6}\{0,74 + 0,75 + 0,71 + 0,83 + 0,81 + 0,97\}} = \frac{0,81}{0,80} = 1,03$$

$$TC(hkl) = \frac{0,97}{\frac{1}{6}\{0,74 + 0,75 + 0,71 + 0,83 + 0,81 + 0,97\}} = \frac{0,97}{0,80} = 1,21$$

**Lampiran 5. Perhitungan Data Absorbansi Nanopartikel ZnO:Zr.**

$\lambda$ nm	abs	$\alpha$	hv	$\alpha hv$	$(\alpha hv)^2$
200	1,675	3,858	6,2	23,930	572,662
201	1,675	3,858	6,2	23,811	566,978
202	1,675	3,858	6,1	23,693	561,378
203	1,675	3,858	6,1	23,577	555,861
204	1,675	3,858	6,1	23,461	550,424
205	1,675	3,858	6,1	23,347	545,068
206	1,675	3,858	6,0	23,233	539,788
207	1,675	3,858	6,0	23,121	534,586
208	1,675	3,858	6,0	23,010	529,458
209	1,675	3,858	5,9	22,900	524,403
210	1,675	3,858	5,9	22,791	519,421
211	1,675	3,858	5,9	22,683	514,509
212	1,675	3,858	5,9	22,576	509,667
213	1,675	3,858	5,8	22,470	504,892
214	1,675	3,858	5,8	22,365	500,185
215	1,675	3,858	5,8	22,261	495,543
216	1,675	3,858	5,7	22,158	490,965
217	1,675	3,858	5,7	22,056	486,450
218	1,675	3,858	5,7	21,954	481,998
219	1,675	3,858	5,7	21,854	477,606
220	1,675	3,858	5,6	21,755	473,274
221	1,675	3,858	5,6	21,656	469,001
222	1,675	3,858	5,6	21,559	464,785
223	1,675	3,858	5,6	21,462	460,626
224	1,675	3,858	5,5	21,366	456,522
225	1,675	3,858	5,5	21,271	452,473
226	1,675	3,858	5,5	21,177	448,478
227	1,675	3,858	5,5	21,084	444,535
228	1,675	3,858	5,4	20,992	440,645
229	1,675	3,858	5,4	20,900	436,804
230	1,675	3,858	5,4	20,809	433,014
231	1,675	3,858	5,4	20,719	429,274
232	1,675	3,858	5,3	20,630	425,581

233	1,67	3,846	5,3	20,480	419,420
234	1,666	3,837	5,3	20,343	413,854
235	1,661	3,825	5,3	20,196	407,880
236	1,656	3,814	5,3	20,050	401,999
237	1,651	3,802	5,2	19,905	396,210
238	1,645	3,788	5,2	19,749	390,037
239	1,639	3,775	5,2	19,595	383,964
240	1,633	3,761	5,2	19,442	377,988
241	1,626	3,745	5,1	19,278	371,651
242	1,619	3,729	5,1	19,116	365,419
243	1,613	3,715	5,1	18,967	359,737
244	1,607	3,701	5,1	18,819	354,145
245	1,6	3,685	5,1	18,660	348,206
246	1,593	3,669	5,0	18,503	342,365
247	1,586	3,653	5,0	18,347	336,621
248	1,58	3,639	5,0	18,204	331,390
249	1,574	3,625	5,0	18,062	326,241
250	1,568	3,611	5,0	17,921	321,174
251	1,563	3,600	4,9	17,793	316,591
252	1,559	3,590	4,9	17,677	312,478
253	1,555	3,581	4,9	17,562	308,424
254	1,552	3,574	4,9	17,459	304,821
255	1,55	3,570	4,9	17,368	301,656
256	1,548	3,565	4,8	17,278	298,532
257	1,547	3,563	4,8	17,200	295,830
258	1,547	3,563	4,8	17,133	293,542
259	1,547	3,563	4,8	17,067	291,279
260	1,548	3,565	4,8	17,012	289,417
261	1,55	3,570	4,8	16,969	287,946
262	1,553	3,577	4,7	16,937	286,859
263	1,557	3,586	4,7	16,916	286,150
264	1,561	3,595	4,7	16,895	285,448
265	1,566	3,606	4,7	16,885	285,115
266	1,572	3,620	4,7	16,886	285,148
267	1,578	3,634	4,6	16,887	285,181
268	1,585	3,650	4,6	16,899	285,573



269	1,593	3,669	4,6	16,921	286,322
270	1,602	3,689	4,6	16,954	287,426
271	1,611	3,710	4,6	16,986	288,523
272	1,621	3,733	4,6	17,029	289,972
273	1,633	3,761	4,5	17,092	292,130
274	1,645	3,788	4,5	17,155	294,279
275	1,657	3,816	4,5	17,217	296,420
276	1,669	3,844	4,5	17,279	298,554
277	1,682	3,874	4,5	17,350	301,038
278	1,696	3,906	4,5	17,432	303,872
279	1,709	3,936	4,4	17,503	306,340
280	1,721	3,963	4,4	17,563	308,442
281	1,734	3,993	4,4	17,632	310,895
282	1,748	4,026	4,4	17,712	313,699
283	1,761	4,056	4,4	17,780	316,136
284	1,774	4,086	4,4	17,848	318,566
285	1,787	4,115	4,4	17,916	320,987
286	1,8	4,145	4,3	17,983	323,401
287	1,814	4,178	4,3	18,060	326,166
288	1,827	4,208	4,3	18,126	328,564
289	1,84	4,238	4,3	18,192	330,955
290	1,854	4,270	4,3	18,267	333,697
291	1,867	4,300	4,3	18,332	336,071
292	1,88	4,330	4,2	18,397	338,437
293	1,893	4,360	4,2	18,461	340,796
294	1,907	4,392	4,2	18,534	343,507
295	1,919	4,419	4,2	18,587	345,489
296	1,932	4,449	4,2	18,650	347,824
297	1,945	4,479	4,2	18,712	350,151
298	1,957	4,507	4,2	18,765	352,109
299	1,969	4,535	4,1	18,816	354,061
300	1,98	4,560	4,1	18,859	355,645
301	1,992	4,588	4,1	18,910	357,581
302	2,003	4,613	4,1	18,951	359,150
303	2,014	4,638	4,1	18,992	360,713
304	2,025	4,664	4,1	19,033	362,269

305	2,036	4,689	4,1	19,074	363,818
306	2,046	4,712	4,1	19,105	365,003
307	2,055	4,733	4,0	19,127	365,827
308	2,065	4,756	4,0	19,157	367,001
309	2,076	4,781	4,0	19,197	368,524
310	2,085	4,802	4,0	19,218	369,332
311	2,094	4,822	4,0	19,239	370,136
312	2,104	4,846	4,0	19,269	371,288
313	2,115	4,871	4,0	19,308	372,787
314	2,124	4,892	4,0	19,328	373,575
315	2,133	4,912	3,9	19,348	374,360
316	2,143	4,935	3,9	19,378	375,490
317	2,153	4,958	3,9	19,407	376,615
318	2,162	4,979	3,9	19,426	377,386
319	2,171	5,000	3,9	19,446	378,152
320	2,179	5,018	3,9	19,457	378,567
321	2,188	5,039	3,9	19,476	379,326
322	2,196	5,057	3,9	19,487	379,736
323	2,203	5,074	3,8	19,488	379,798
324	2,209	5,087	3,8	19,481	379,516
325	2,216	5,103	3,8	19,483	379,578
326	2,223	5,120	3,8	19,484	379,640
327	2,228	5,131	3,8	19,468	379,021
328	2,233	5,143	3,8	19,453	378,406
329	2,237	5,152	3,8	19,428	377,458
330	2,242	5,163	3,8	19,413	376,853
331	2,246	5,173	3,7	19,389	375,917
332	2,248	5,177	3,7	19,347	374,322
333	2,25	5,182	3,7	19,306	372,739
334	2,254	5,191	3,7	19,283	371,829
335	2,256	5,196	3,7	19,242	370,269
336	2,257	5,198	3,7	19,194	368,394
337	2,257	5,198	3,7	19,137	366,211
338	2,259	5,202	3,7	19,097	364,693
339	2,259	5,202	3,7	19,041	362,545
340	2,257	5,198	3,6	18,968	359,777

341	2,254	5,191	3,6	18,887	356,720
342	2,253	5,189	3,6	18,823	354,322
343	2,251	5,184	3,6	18,752	351,634
344	2,246	5,173	3,6	18,656	348,042
345	2,24	5,159	3,6	18,552	344,181
346	2,236	5,150	3,6	18,465	340,973
347	2,231	5,138	3,6	18,371	337,496
348	2,224	5,122	3,6	18,261	333,457
349	2,215	5,101	3,6	18,135	328,871
350	2,207	5,083	3,5	18,018	324,636
351	2,199	5,064	3,5	17,901	320,453
352	2,189	5,041	3,5	17,769	315,744
353	2,177	5,014	3,5	17,622	310,525
354	2,165	4,986	3,5	17,475	305,378
355	2,153	4,958	3,5	17,329	300,303
356	2,139	4,926	3,5	17,168	294,747
357	2,123	4,889	3,5	16,992	288,730
358	2,105	4,848	3,5	16,801	282,271
359	2,088	4,809	3,5	16,619	276,185
360	2,069	4,765	3,4	16,422	269,677
361	2,047	4,714	3,4	16,202	262,512
362	2,024	4,661	3,4	15,976	255,230
363	2	4,606	3,4	15,743	247,842
364	1,974	4,546	3,4	15,496	240,115
365	1,946	4,482	3,4	15,234	232,075
366	1,917	4,415	3,4	14,966	223,981
367	1,886	4,343	3,4	14,684	215,615
368	1,854	4,270	3,4	14,395	207,230
369	1,82	4,191	3,4	14,093	198,618
370	1,783	4,106	3,4	13,769	189,595
371	1,745	4,019	3,3	13,440	180,622
372	1,706	3,929	3,3	13,104	171,712
373	1,665	3,834	3,3	12,755	162,682
374	1,622	3,735	3,3	12,392	153,563
375	1,577	3,632	3,3	12,016	144,387
376	1,531	3,526	3,3	11,635	135,364

377	1,484	3,418	3,3	11,248	126,507
378	1,435	3,305	3,3	10,847	117,665
379	1,385	3,190	3,3	10,442	109,031
380	1,334	3,072	3,3	10,031	100,617
381	1,282	2,952	3,3	9,615	92,439
382	1,228	2,828	3,2	9,185	84,372
383	1,173	2,701	3,2	8,751	76,582
384	1,118	2,575	3,2	8,319	69,207
385	1,062	2,446	3,2	7,882	62,124
386	1,006	2,317	3,2	7,447	55,456
387	0,949	2,186	3,2	7,007	49,095
388	0,891	2,052	3,2	6,562	43,055
389	0,835	1,923	3,2	6,133	37,619
390	0,779	1,794	3,2	5,707	32,574
391	0,722	1,663	3,2	5,276	27,839
392	0,666	1,534	3,2	4,855	23,567
393	0,612	1,409	3,2	4,450	19,799
394	0,558	1,285	3,1	4,047	16,376
395	0,504	1,161	3,1	3,646	13,292
396	0,452	1,041	3,1	3,261	10,637
397	0,402	0,926	3,1	2,893	8,371
398	0,354	0,815	3,1	2,541	6,459
399	0,307	0,707	3,1	2,199	4,833
400	0,261	0,601	3,1	1,864	3,476
401	0,218	0,502	3,1	1,553	2,413
402	0,178	0,410	3,1	1,265	1,601
403	0,138	0,318	3,1	0,978	0,957
404	0,101	0,233	3,1	0,714	0,510
405	0,066	0,152	3,1	0,466	0,217
406	0,034	0,078	3,1	0,239	0,057
407	0,004	0,009	3,0	0,028	0,001
408	-0,024	-0,055	3,0	-0,168	0,028
409	-0,05	-0,115	3,0	-0,349	0,122
410	-0,073	-0,168	3,0	-0,509	0,259
411	-0,093	-0,214	3,0	-0,647	0,418
412	-0,112	-0,258	3,0	-0,777	0,603

413	-0,129	-0,297	3,0	-0,892	0,797
414	-0,143	-0,329	3,0	-0,987	0,974
415	-0,155	-0,357	3,0	-1,067	1,139
416	-0,166	-0,382	3,0	-1,140	1,300
417	-0,174	-0,401	3,0	-1,192	1,422
418	-0,181	-0,417	3,0	-1,237	1,531
419	-0,186	-0,428	3,0	-1,268	1,609
420	-0,19	-0,438	3,0	-1,293	1,671
421	-0,193	-0,444	2,9	-1,310	1,716
422	-0,194	-0,447	2,9	-1,314	1,725
423	-0,194	-0,447	2,9	-1,310	1,717
424	-0,193	-0,444	2,9	-1,301	1,692
425	-0,191	-0,440	2,9	-1,284	1,649
426	-0,188	-0,433	2,9	-1,261	1,590
427	-0,185	-0,426	2,9	-1,238	1,533
428	-0,18	-0,415	2,9	-1,202	1,444
429	-0,176	-0,405	2,9	-1,172	1,374
430	-0,17	-0,392	2,9	-1,130	1,276
431	-0,165	-0,380	2,9	-1,094	1,197
432	-0,159	-0,366	2,9	-1,052	1,106
433	-0,153	-0,352	2,9	-1,010	1,019
434	-0,147	-0,339	2,9	-0,968	0,937
435	-0,141	-0,325	2,9	-0,926	0,858
436	-0,134	-0,309	2,8	-0,878	0,771
437	-0,128	-0,295	2,8	-0,837	0,700
438	-0,122	-0,281	2,8	-0,796	0,633
439	-0,116	-0,267	2,8	-0,755	0,570
440	-0,111	-0,256	2,8	-0,721	0,520
441	-0,105	-0,242	2,8	-0,680	0,463
442	-0,1	-0,230	2,8	-0,646	0,418
443	-0,095	-0,219	2,8	-0,613	0,375
444	-0,091	-0,210	2,8	-0,586	0,343
445	-0,087	-0,200	2,8	-0,559	0,312
446	-0,083	-0,191	2,8	-0,532	0,283
447	-0,079	-0,182	2,8	-0,505	0,255
448	-0,076	-0,175	2,8	-0,485	0,235

449	-0,074	-0,170	2,8	-0,471	0,222
450	-0,071	-0,164	2,8	-0,451	0,203
451	-0,069	-0,159	2,8	-0,437	0,191
452	-0,067	-0,154	2,7	-0,424	0,179
453	-0,066	-0,152	2,7	-0,416	0,173
454	-0,065	-0,150	2,7	-0,409	0,167
455	-0,063	-0,145	2,7	-0,396	0,157
456	-0,062	-0,143	2,7	-0,389	0,151
457	-0,062	-0,143	2,7	-0,388	0,150
458	-0,061	-0,140	2,7	-0,381	0,145
459	-0,06	-0,138	2,7	-0,374	0,140
460	-0,06	-0,138	2,7	-0,373	0,139
461	-0,059	-0,136	2,7	-0,366	0,134
462	-0,058	-0,134	2,7	-0,359	0,129
463	-0,058	-0,134	2,7	-0,358	0,128
464	-0,057	-0,131	2,7	-0,351	0,123
465	-0,056	-0,129	2,7	-0,344	0,118
466	-0,056	-0,129	2,7	-0,343	0,118
467	-0,055	-0,127	2,7	-0,337	0,113
468	-0,054	-0,124	2,7	-0,330	0,109
469	-0,053	-0,122	2,6	-0,323	0,104
470	-0,052	-0,120	2,6	-0,316	0,100
471	-0,051	-0,117	2,6	-0,309	0,096
472	-0,05	-0,115	2,6	-0,303	0,092
473	-0,049	-0,113	2,6	-0,296	0,088
474	-0,047	-0,108	2,6	-0,283	0,080
475	-0,046	-0,106	2,6	-0,277	0,077
476	-0,045	-0,104	2,6	-0,270	0,073
477	-0,043	-0,099	2,6	-0,258	0,066
478	-0,042	-0,097	2,6	-0,251	0,063
479	-0,041	-0,094	2,6	-0,245	0,060
480	-0,04	-0,092	2,6	-0,238	0,057
481	-0,038	-0,088	2,6	-0,226	0,051
482	-0,037	-0,085	2,6	-0,219	0,048
483	-0,036	-0,083	2,6	-0,213	0,045
484	-0,035	-0,081	2,6	-0,207	0,043

485	-0,034	-0,078	2,6	-0,200	0,040
486	-0,033	-0,076	2,6	-0,194	0,038
487	-0,032	-0,074	2,5	-0,188	0,035
488	-0,03	-0,069	2,5	-0,176	0,031
489	-0,029	-0,067	2,5	-0,169	0,029
490	-0,028	-0,064	2,5	-0,163	0,027
491	-0,027	-0,062	2,5	-0,157	0,025
492	-0,026	-0,060	2,5	-0,151	0,023
493	-0,025	-0,058	2,5	-0,145	0,021
494	-0,024	-0,055	2,5	-0,139	0,019
495	-0,023	-0,053	2,5	-0,133	0,018
496	-0,022	-0,051	2,5	-0,127	0,016
497	-0,021	-0,048	2,5	-0,121	0,015
498	-0,02	-0,046	2,5	-0,115	0,013
499	-0,019	-0,044	2,5	-0,109	0,012
500	-0,018	-0,041	2,5	-0,103	0,011
501	-0,016	-0,037	2,5	-0,091	0,008
502	-0,015	-0,035	2,5	-0,085	0,007
503	-0,014	-0,032	2,5	-0,080	0,006
504	-0,013	-0,030	2,5	-0,074	0,005
505	-0,012	-0,028	2,5	-0,068	0,005
506	-0,011	-0,025	2,5	-0,062	0,004
507	-0,01	-0,023	2,4	-0,056	0,003
508	-0,009	-0,021	2,4	-0,051	0,003
509	-0,008	-0,018	2,4	-0,045	0,002
510	-0,007	-0,016	2,4	-0,039	0,002
511	-0,006	-0,014	2,4	-0,034	0,001
512	-0,005	-0,012	2,4	-0,028	0,001
513	-0,004	-0,009	2,4	-0,022	0,000
514	-0,003	-0,007	2,4	-0,017	0,000
515	-0,002	-0,005	2,4	-0,011	0,000
516	-0,001	-0,002	2,4	-0,006	0,000
517	-0,001	-0,002	2,4	-0,006	0,000
518	0	0,000	2,4	0,000	0,000
519	0,001	0,002	2,4	0,006	0,000
520	0,002	0,005	2,4	0,011	0,000

521	0,003	0,007	2,4	0,016	0,000
522	0,004	0,009	2,4	0,022	0,000
523	0,005	0,012	2,4	0,027	0,001
524	0,006	0,014	2,4	0,033	0,001
525	0,006	0,014	2,4	0,033	0,001
526	0,007	0,016	2,4	0,038	0,001
527	0,008	0,018	2,4	0,043	0,002
528	0,009	0,021	2,3	0,049	0,002
529	0,01	0,023	2,3	0,054	0,003
530	0,01	0,023	2,3	0,054	0,003
531	0,011	0,025	2,3	0,059	0,004
532	0,012	0,028	2,3	0,064	0,004
533	0,013	0,030	2,3	0,070	0,005
534	0,013	0,030	2,3	0,070	0,005
535	0,014	0,032	2,3	0,075	0,006
536	0,015	0,035	2,3	0,080	0,006
537	0,015	0,035	2,3	0,080	0,006
538	0,016	0,037	2,3	0,085	0,007
539	0,017	0,039	2,3	0,090	0,008
540	0,017	0,039	2,3	0,090	0,008
541	0,018	0,041	2,3	0,095	0,009
542	0,019	0,044	2,3	0,100	0,010
543	0,019	0,044	2,3	0,100	0,010
544	0,02	0,046	2,3	0,105	0,011
545	0,02	0,046	2,3	0,105	0,011
546	0,021	0,048	2,3	0,110	0,012
547	0,022	0,051	2,3	0,115	0,013
548	0,022	0,051	2,3	0,115	0,013
549	0,023	0,053	2,3	0,120	0,014
550	0,023	0,053	2,3	0,119	0,014
551	0,024	0,055	2,3	0,124	0,015
552	0,024	0,055	2,2	0,124	0,015
553	0,025	0,058	2,2	0,129	0,017
554	0,025	0,058	2,2	0,129	0,017
555	0,026	0,060	2,2	0,134	0,018
556	0,026	0,060	2,2	0,134	0,018



557	0,027	0,062	2,2	0,139	0,019
558	0,027	0,062	2,2	0,138	0,019
559	0,028	0,064	2,2	0,143	0,020
560	0,028	0,064	2,2	0,143	0,020
561	0,029	0,067	2,2	0,148	0,022
562	0,029	0,067	2,2	0,147	0,022
563	0,03	0,069	2,2	0,152	0,023
564	0,03	0,069	2,2	0,152	0,023
565	0,031	0,071	2,2	0,157	0,025
566	0,031	0,071	2,2	0,156	0,024
567	0,031	0,071	2,2	0,156	0,024
568	0,032	0,074	2,2	0,161	0,026
569	0,032	0,074	2,2	0,161	0,026
570	0,033	0,076	2,2	0,165	0,027
571	0,033	0,076	2,2	0,165	0,027
572	0,034	0,078	2,2	0,170	0,029
573	0,034	0,078	2,2	0,170	0,029
574	0,034	0,078	2,2	0,169	0,029
575	0,035	0,081	2,2	0,174	0,030
576	0,035	0,081	2,2	0,174	0,030
577	0,036	0,083	2,2	0,178	0,032
578	0,036	0,083	2,1	0,178	0,032
579	0,036	0,083	2,1	0,178	0,032
580	0,037	0,085	2,1	0,182	0,033
581	0,037	0,085	2,1	0,182	0,033
582	0,037	0,085	2,1	0,182	0,033
583	0,038	0,088	2,1	0,186	0,035
584	0,038	0,088	2,1	0,186	0,035
585	0,039	0,090	2,1	0,190	0,036
586	0,039	0,090	2,1	0,190	0,036
587	0,039	0,090	2,1	0,190	0,036
588	0,039	0,090	2,1	0,190	0,036
589	0,04	0,092	2,1	0,194	0,038
590	0,04	0,092	2,1	0,194	0,038
591	0,04	0,092	2,1	0,193	0,037
592	0,041	0,094	2,1	0,198	0,039

593	0,041	0,094	2,1	0,198	0,039
594	0,041	0,094	2,1	0,197	0,039
595	0,041	0,094	2,1	0,197	0,039
596	0,042	0,097	2,1	0,201	0,041
597	0,042	0,097	2,1	0,201	0,040
598	0,042	0,097	2,1	0,201	0,040
599	0,042	0,097	2,1	0,200	0,040
600	0,042	0,097	2,1	0,200	0,040
601	0,043	0,099	2,1	0,204	0,042
602	0,043	0,099	2,1	0,204	0,042
603	0,043	0,099	2,1	0,204	0,042
604	0,043	0,099	2,1	0,203	0,041
605	0,043	0,099	2,1	0,203	0,041
606	0,043	0,099	2,0	0,203	0,041
607	0,044	0,101	2,0	0,207	0,043
608	0,044	0,101	2,0	0,207	0,043
609	0,044	0,101	2,0	0,206	0,043
610	0,044	0,101	2,0	0,206	0,042
611	0,044	0,101	2,0	0,206	0,042
612	0,044	0,101	2,0	0,205	0,042
613	0,044	0,101	2,0	0,205	0,042
614	0,044	0,101	2,0	0,205	0,042
615	0,044	0,101	2,0	0,204	0,042
616	0,044	0,101	2,0	0,204	0,042
617	0,044	0,101	2,0	0,204	0,042
618	0,044	0,101	2,0	0,203	0,041
619	0,044	0,101	2,0	0,203	0,041
620	0,044	0,101	2,0	0,203	0,041
621	0,044	0,101	2,0	0,202	0,041
622	0,044	0,101	2,0	0,202	0,041
623	0,044	0,101	2,0	0,202	0,041
624	0,044	0,101	2,0	0,201	0,041
625	0,044	0,101	2,0	0,201	0,040
626	0,044	0,101	2,0	0,201	0,040
627	0,044	0,101	2,0	0,201	0,040
628	0,044	0,101	2,0	0,200	0,040

629	0,044	0,101	2,0	0,200	0,040
630	0,044	0,101	2,0	0,200	0,040
631	0,044	0,101	2,0	0,199	0,040
632	0,044	0,101	2,0	0,199	0,040
633	0,044	0,101	2,0	0,199	0,039
634	0,044	0,101	2,0	0,198	0,039
635	0,044	0,101	2,0	0,198	0,039
636	0,044	0,101	2,0	0,198	0,039
637	0,044	0,101	1,9	0,197	0,039
638	0,044	0,101	1,9	0,197	0,039
639	0,044	0,101	1,9	0,197	0,039
640	0,044	0,101	1,9	0,196	0,039
641	0,044	0,101	1,9	0,196	0,038
642	0,044	0,101	1,9	0,196	0,038
643	0,044	0,101	1,9	0,196	0,038
644	0,044	0,101	1,9	0,195	0,038
645	0,043	0,099	1,9	0,190	0,036
646	0,043	0,099	1,9	0,190	0,036
647	0,043	0,099	1,9	0,190	0,036
648	0,043	0,099	1,9	0,190	0,036
649	0,043	0,099	1,9	0,189	0,036
650	0,043	0,099	1,9	0,189	0,036
651	0,043	0,099	1,9	0,189	0,036
652	0,043	0,099	1,9	0,188	0,036
653	0,043	0,099	1,9	0,188	0,035
654	0,043	0,099	1,9	0,188	0,035
655	0,043	0,099	1,9	0,188	0,035
656	0,043	0,099	1,9	0,187	0,035
657	0,043	0,099	1,9	0,187	0,035
658	0,043	0,099	1,9	0,187	0,035
659	0,043	0,099	1,9	0,186	0,035
660	0,043	0,099	1,9	0,186	0,035
661	0,043	0,099	1,9	0,186	0,035
662	0,043	0,099	1,9	0,186	0,034
663	0,043	0,099	1,9	0,185	0,034
664	0,043	0,099	1,9	0,185	0,034

665	0,043	0,099	1,9	0,185	0,034
666	0,043	0,099	1,9	0,184	0,034
667	0,044	0,101	1,9	0,188	0,036
668	0,044	0,101	1,9	0,188	0,035
669	0,044	0,101	1,9	0,188	0,035
670	0,044	0,101	1,9	0,188	0,035
671	0,044	0,101	1,8	0,187	0,035
672	0,044	0,101	1,8	0,187	0,035
673	0,044	0,101	1,8	0,187	0,035
674	0,044	0,101	1,8	0,187	0,035
675	0,044	0,101	1,8	0,186	0,035
676	0,044	0,101	1,8	0,186	0,035
677	0,044	0,101	1,8	0,186	0,034
678	0,044	0,101	1,8	0,185	0,034
679	0,044	0,101	1,8	0,185	0,034
680	0,044	0,101	1,8	0,185	0,034
681	0,044	0,101	1,8	0,185	0,034
682	0,044	0,101	1,8	0,184	0,034
683	0,044	0,101	1,8	0,184	0,034
684	0,044	0,101	1,8	0,184	0,034
685	0,044	0,101	1,8	0,184	0,034
686	0,044	0,101	1,8	0,183	0,034
687	0,044	0,101	1,8	0,183	0,033
688	0,044	0,101	1,8	0,183	0,033
689	0,044	0,101	1,8	0,182	0,033
690	0,044	0,101	1,8	0,182	0,033
691	0,044	0,101	1,8	0,182	0,033
692	0,044	0,101	1,8	0,182	0,033
693	0,044	0,101	1,8	0,181	0,033
694	0,044	0,101	1,8	0,181	0,033
695	0,044	0,101	1,8	0,181	0,033
696	0,044	0,101	1,8	0,181	0,033
697	0,044	0,101	1,8	0,180	0,033
698	0,043	0,099	1,8	0,176	0,031
699	0,043	0,099	1,8	0,176	0,031
700	0,043	0,099	1,8	0,176	0,031

701	0,043	0,099	1,8	0,175	0,031
702	0,043	0,099	1,8	0,175	0,031
703	0,043	0,099	1,8	0,175	0,031
704	0,042	0,097	1,8	0,170	0,029
705	0,042	0,097	1,8	0,170	0,029
706	0,042	0,097	1,8	0,170	0,029
707	0,042	0,097	1,8	0,170	0,029
708	0,041	0,094	1,8	0,165	0,027
709	0,041	0,094	1,7	0,165	0,027
710	0,041	0,094	1,7	0,165	0,027
711	0,041	0,094	1,7	0,165	0,027
712	0,04	0,092	1,7	0,161	0,026
713	0,04	0,092	1,7	0,160	0,026
714	0,04	0,092	1,7	0,160	0,026
715	0,039	0,090	1,7	0,156	0,024
716	0,039	0,090	1,7	0,156	0,024
717	0,039	0,090	1,7	0,155	0,024
718	0,038	0,088	1,7	0,151	0,023
719	0,038	0,088	1,7	0,151	0,023
720	0,037	0,085	1,7	0,147	0,022
721	0,037	0,085	1,7	0,147	0,022
722	0,037	0,085	1,7	0,146	0,021
723	0,036	0,083	1,7	0,142	0,020
724	0,036	0,083	1,7	0,142	0,020
725	0,035	0,081	1,7	0,138	0,019
726	0,035	0,081	1,7	0,138	0,019
727	0,035	0,081	1,7	0,138	0,019
728	0,034	0,078	1,7	0,133	0,018
729	0,034	0,078	1,7	0,133	0,018
730	0,033	0,076	1,7	0,129	0,017
731	0,033	0,076	1,7	0,129	0,017
732	0,032	0,074	1,7	0,125	0,016
733	0,032	0,074	1,7	0,125	0,016
734	0,031	0,071	1,7	0,121	0,015
735	0,031	0,071	1,7	0,121	0,015
736	0,03	0,069	1,7	0,116	0,014

737	0,03	0,069	1,7	0,116	0,014
738	0,029	0,067	1,7	0,112	0,013
739	0,029	0,067	1,7	0,112	0,013
740	0,028	0,064	1,7	0,108	0,012
741	0,028	0,064	1,7	0,108	0,012
742	0,027	0,062	1,7	0,104	0,011
743	0,027	0,062	1,7	0,104	0,011
744	0,026	0,060	1,7	0,100	0,010
745	0,026	0,060	1,7	0,100	0,010
746	0,025	0,058	1,7	0,096	0,009
747	0,025	0,058	1,7	0,096	0,009
748	0,025	0,058	1,7	0,095	0,009
749	0,024	0,055	1,7	0,092	0,008
750	0,024	0,055	1,7	0,091	0,008
751	0,023	0,053	1,7	0,088	0,008
752	0,023	0,053	1,6	0,087	0,008
753	0,022	0,051	1,6	0,083	0,007
754	0,022	0,051	1,6	0,083	0,007
755	0,022	0,051	1,6	0,083	0,007
756	0,021	0,048	1,6	0,079	0,006
757	0,021	0,048	1,6	0,079	0,006
758	0,021	0,048	1,6	0,079	0,006
759	0,02	0,046	1,6	0,075	0,006
760	0,02	0,046	1,6	0,075	0,006
761	0,02	0,046	1,6	0,075	0,006
762	0,019	0,044	1,6	0,071	0,005
763	0,019	0,044	1,6	0,071	0,005
764	0,019	0,044	1,6	0,071	0,005
765	0,019	0,044	1,6	0,071	0,005
766	0,019	0,044	1,6	0,071	0,005
767	0,018	0,041	1,6	0,067	0,004
768	0,018	0,041	1,6	0,067	0,004
769	0,018	0,041	1,6	0,067	0,004
770	0,018	0,041	1,6	0,067	0,004
771	0,018	0,041	1,6	0,067	0,004
772	0,018	0,041	1,6	0,067	0,004

773	0,018	0,041	1,6	0,067	0,004
774	0,018	0,041	1,6	0,066	0,004
775	0,018	0,041	1,6	0,066	0,004
776	0,018	0,041	1,6	0,066	0,004
777	0,018	0,041	1,6	0,066	0,004
778	0,018	0,041	1,6	0,066	0,004
779	0,018	0,041	1,6	0,066	0,004
780	0,018	0,041	1,6	0,066	0,004
781	0,018	0,041	1,6	0,066	0,004
782	0,018	0,041	1,6	0,066	0,004
783	0,018	0,041	1,6	0,066	0,004
784	0,018	0,041	1,6	0,066	0,004
785	0,018	0,041	1,6	0,066	0,004
786	0,018	0,041	1,6	0,065	0,004
787	0,018	0,041	1,6	0,065	0,004
788	0,018	0,041	1,6	0,065	0,004
789	0,018	0,041	1,6	0,065	0,004
790	0,018	0,041	1,6	0,065	0,004
791	0,018	0,041	1,6	0,065	0,004
792	0,018	0,041	1,6	0,065	0,004
793	0,018	0,041	1,6	0,065	0,004
794	0,018	0,041	1,6	0,065	0,004
795	0,018	0,041	1,6	0,065	0,004
796	0,018	0,041	1,6	0,065	0,004
797	0,018	0,041	1,6	0,065	0,004
798	0,018	0,041	1,6	0,064	0,004
799	0,018	0,041	1,6	0,064	0,004
800	0,018	0,041	1,6	0,064	0,004

**Lampiran 6. Tabel hasil pengujian divais DSSC sampel 1-4.**

<b>DSSC</b>	<b>Waktu (menit)</b>					
	10	20	30	40	50	60
<b>0% Zr</b>	128 mV	125 mV	123 mV	120 mV	119 mV	110 mV
<b>1% Zr</b>	174 mV	172 mV	172 mV	167 mV	165 mV	161 mV
<b>3% Zr</b>	111 mV	108 mV	107 mV	101 mV	98 mV	90 mV
<b>5% Zr</b>	80 mV	78 mV	70 mV	69 mV	65 mV	53 mV



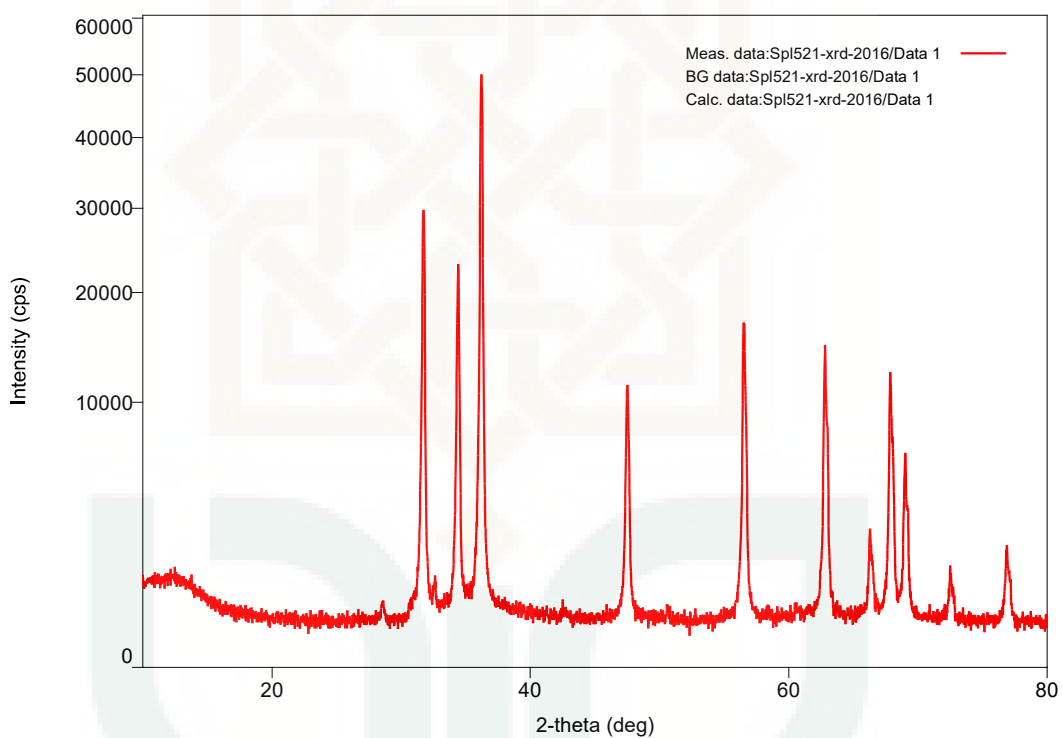
## Lampiran 7. Difraktogram ZnO:Zr doping 0%.

### Peak List

#### General information

Analysis date 2016/06/27 09:37:10  
 Sample name ZnO : Zr Measurement date 2016/06/27 09:27:23  
 File name Spl521-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	31.736(4)	2.8172(4)	21443(423)	0.209(3)	5676(42)	0.265(7)	1.92(18)	
2	34.422(4)	2.6033(3)	16472(370)	0.204(3)	4171(33)	0.253(8)	2.2(2)	
3	36.217(4)	2.4783(3)	36530(552)	0.216(3)	9724(71)	0.266(6)	1.73(15)	
4	47.499(5)	1.91266(18)	8878(272)	0.206(4)	2350(19)	0.265(10)	1.39(13)	
5	56.529(3)	1.62667(8)	14871(352)	0.188(4)	3739(26)	0.251(8)	1.19(8)	
6	62.814(3)	1.47818(7)	12699(325)	0.195(4)	3272(28)	0.258(9)	1.26(9)	

7	66.305(8)	1.40856(14)	2065(131)	0.182(8)	504(12)	0.24(2)	1.2(2)
8	67.874(3)	1.37976(6)	11068(304)	0.188(3)	2773(23)	0.251(9)	1.20(9)
9	69.021(4)	1.35961(7)	5503(214)	0.183(4)	1348(16)	0.245(13)	1.37(14)
10	72.522(13)	1.3024(2)	972(90)	0.180(14)	240(10)	0.25(3)	1.2(5)
11	76.877(9)	1.23907(12)	1614(116)	0.204(10)	449(11)	0.28(3)	1.0(2)



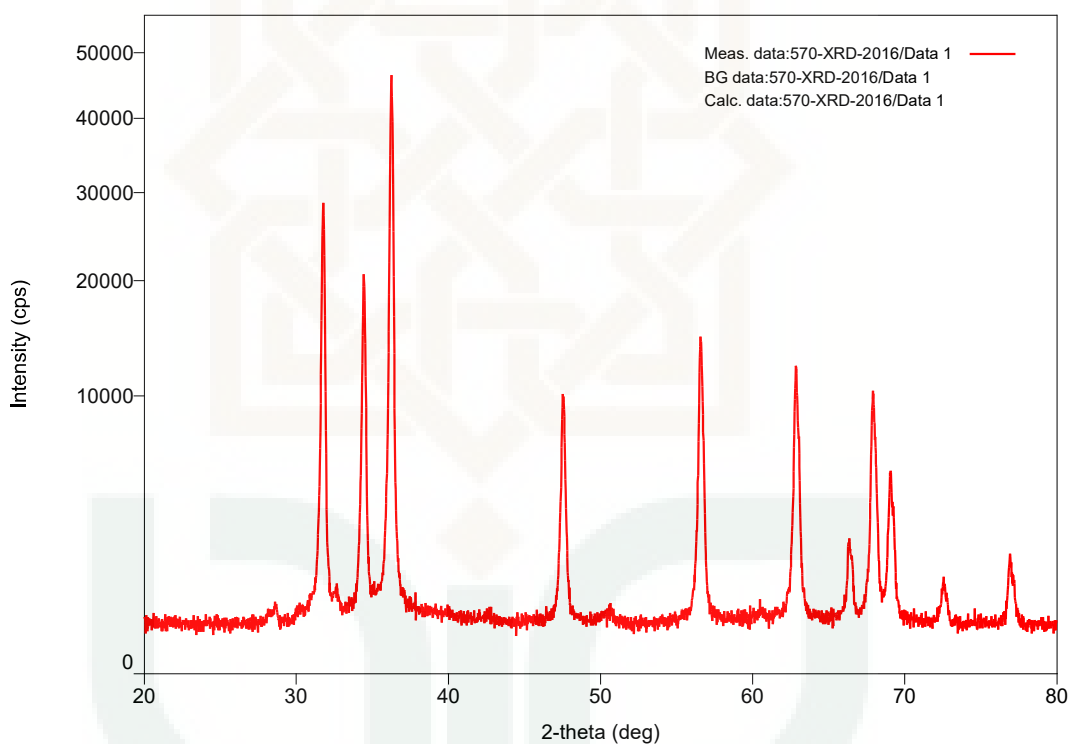
## Lampiran 8. Difraktogram ZnO:Zr doping 1%.

### 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)



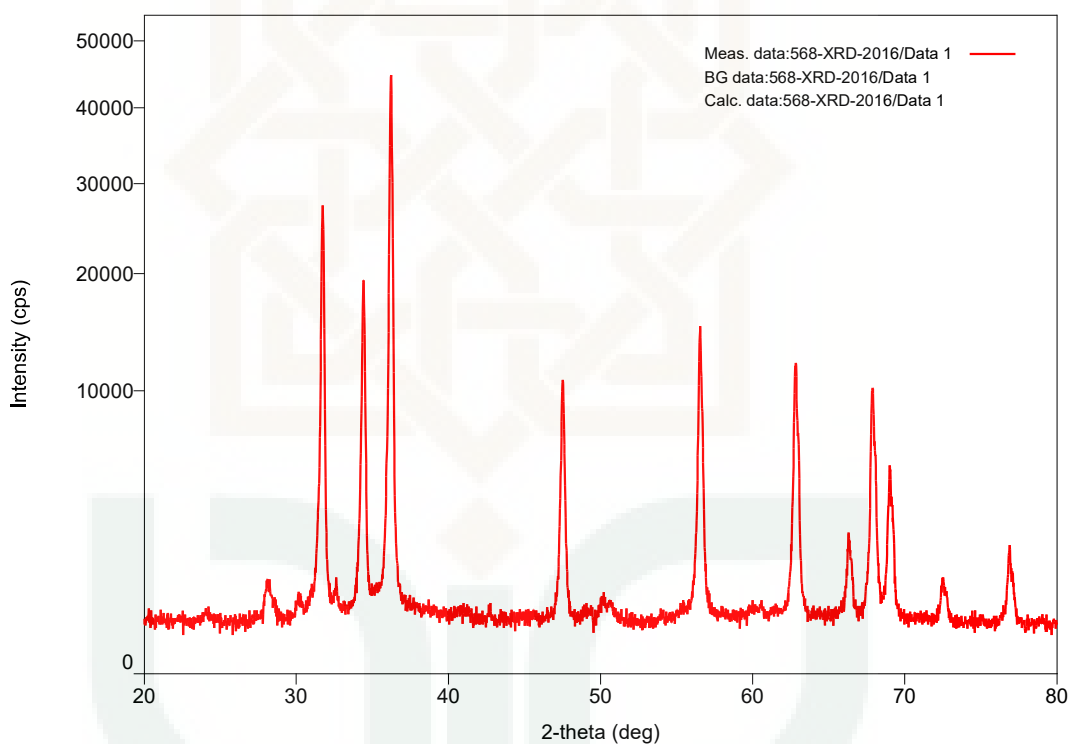
### Lampiran 9. Difraktogram ZnO:Zr doping 3%.

## Peak List

### General information

Analysis date 2016/07/22 11:01:56  
 Sample name Zn O Dp 3% Measurement date 2016/07/22 10:38:38  
 File name 568-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	28.158(19)	3.167(2)	524(66)	0.41(3)	348(14)	0.66(11)	1.4(2)	
2	30.10(2)	2.966(2)	148(35)	0.28(6)	44(12)	0.30(15)	0.6(7)	
3	31.733(5)	2.8175(4)	19312(401)	0.208(3)	5195(40)	0.269(8)	1.64(15)	
4	32.612(19)	2.7435(16)	198(41)	0.15(6)	31(12)	0.16(9)	2(3)	
5	34.433(6)	2.6025(5)	13278(333)	0.227(5)	3595(43)	0.271(10)	2.5(4)	
6	36.234(4)	2.4771(3)	32063(517)	0.222(3)	8779(63)	0.274(6)	2.10(19)	

7	47.515(5)	1.9120(2)	7948(257)	0.217(5)	2132(22)	0.268(11)	1.78(19)
8	50.33(3)	1.8114(11)	161(37)	0.84(8)	143(19)	0.9(3)	0.9(4)
9	56.540(4)	1.62637(11)	12438(322)	0.206(4)	3444(27)	0.277(9)	1.40(11)
10	62.828(4)	1.47787(9)	9884(287)	0.235(4)	2928(25)	0.296(11)	1.61(12)
11	66.313(13)	1.4084(2)	1629(117)	0.228(15)	462(15)	0.28(3)	1.1(2)
12	67.884(4)	1.37959(8)	8793(271)	0.217(5)	2472(25)	0.281(11)	1.40(12)
13	69.020(6)	1.35963(10)	4364(191)	0.219(7)	1227(18)	0.281(16)	1.23(13)
14	72.535(17)	1.3022(3)	696(76)	0.236(19)	218(9)	0.31(5)	2.0(8)
15	76.878(11)	1.23905(14)	1472(111)	0.205(12)	445(11)	0.30(3)	1.0(3)



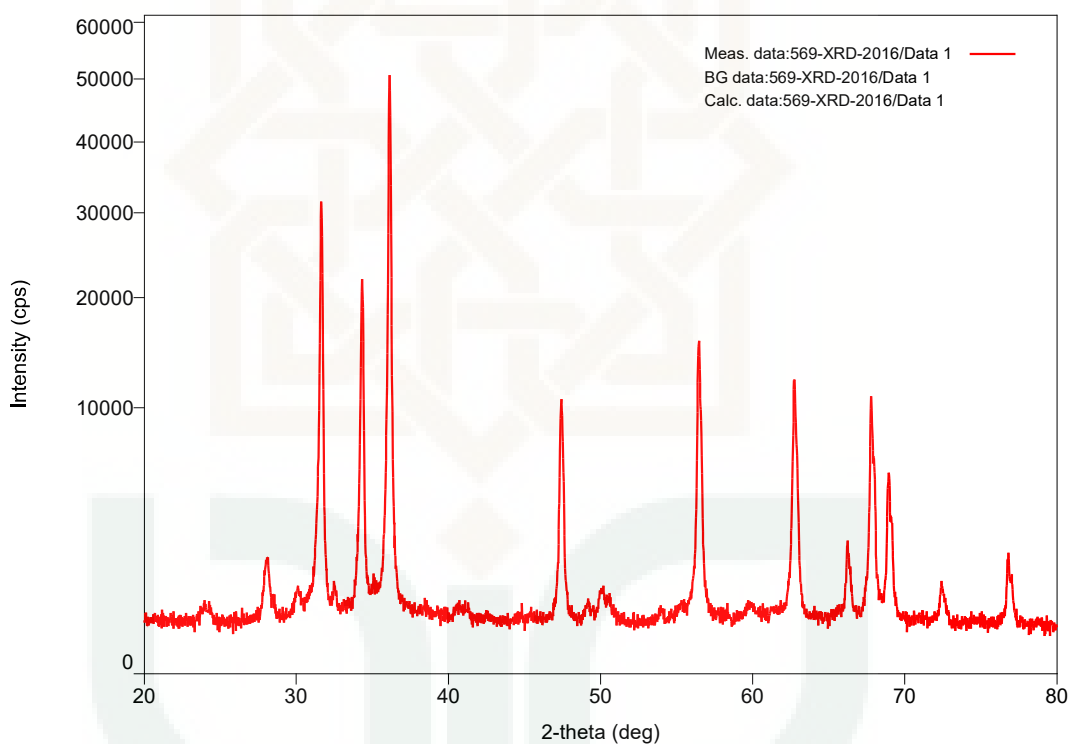
## Lampiran 10. Difraktogram ZnO:Zr doping 5%.

### Peak List

#### General information

Analysis date 2016/07/22 11:00:58  
 Sample name Zn O : Zr Dp 5% Measurement date 2016/07/22 10:46:21  
 File name 569-XRD-2016.ras Operator administrator  
 Comment

#### Measurement profile



#### Peak list

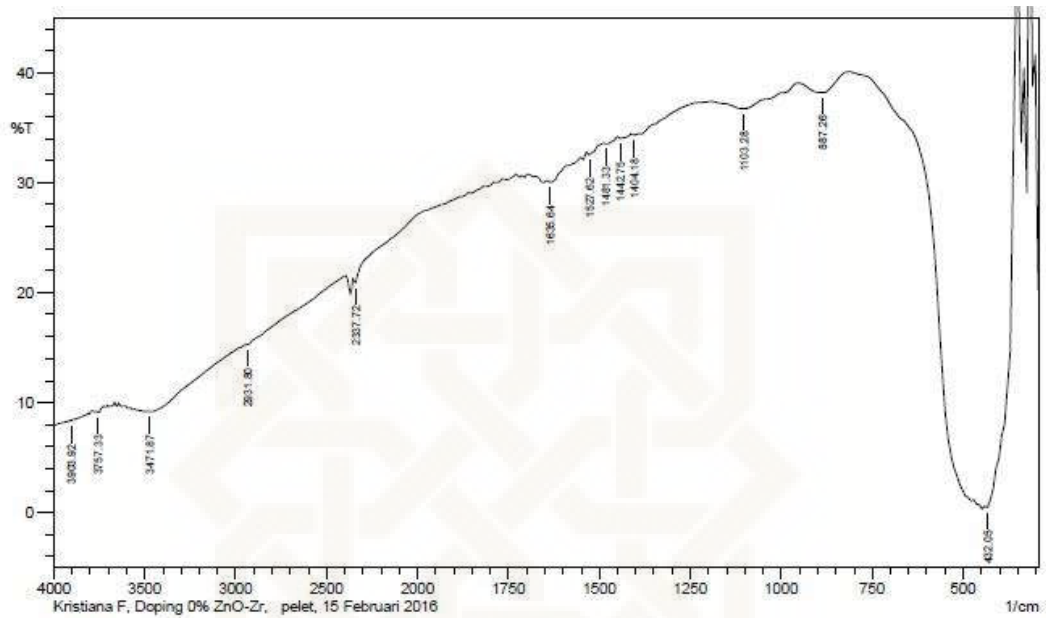
No.	2-theta(deg)	d(ang.)	Height(cps)	FWHM(deg)	Int. deg)	I(cps)	Int. W(deg)	Asym. factor
1	27.96(3)	3.188(3)	894(86)	0.41(2)	438(20)	0.49(7)	0.40(15)	
2	30.02(6)	2.974(6)	274(48)	0.28(7)	91(26)	0.33(15)	0.5(4)	
3	31.628(5)	2.8266(5)	23581(443)	0.174(5)	5688(52)	0.241(7)	1.07(14)	
4	34.331(6)	2.6100(5)	15441(359)	0.194(5)	3746(47)	0.243(9)	2.0(3)	
5	36.135(4)	2.4837(3)	37715(561)	0.185(3)	9100(66)	0.241(5)	1.75(18)	
6	47.413(6)	1.9159(2)	8201(261)	0.196(5)	1996(25)	0.243(11)	1.21(15)	

7	49.12(3)	1.8534(9)	144(35)	0.36(10)	56(9)	0.39(16)	0.6(6)
8	50.00(5)	1.8227(19)	317(51)	0.76(5)	255(20)	0.80(19)	0.33(12)
9	56.455(3)	1.62862(8)	13621(337)	0.180(4)	3384(23)	0.248(8)	1.11(8)
10	62.742(4)	1.47971(8)	10626(298)	0.197(5)	2855(25)	0.269(10)	1.18(10)
11	66.230(9)	1.40996(16)	1819(123)	0.176(10)	416(13)	0.23(2)	0.79(19)
12	67.805(4)	1.38099(7)	9450(281)	0.183(4)	2401(23)	0.254(10)	1.17(11)
13	68.952(4)	1.36080(8)	4916(202)	0.182(5)	1212(16)	0.247(13)	1.28(15)
14	72.41(2)	1.3041(3)	608(71)	0.25(2)	189(10)	0.31(5)	0.6(2)
15	76.795(10)	1.24019(14)	1521(113)	0.183(10)	402(11)	0.26(3)	0.7(2)



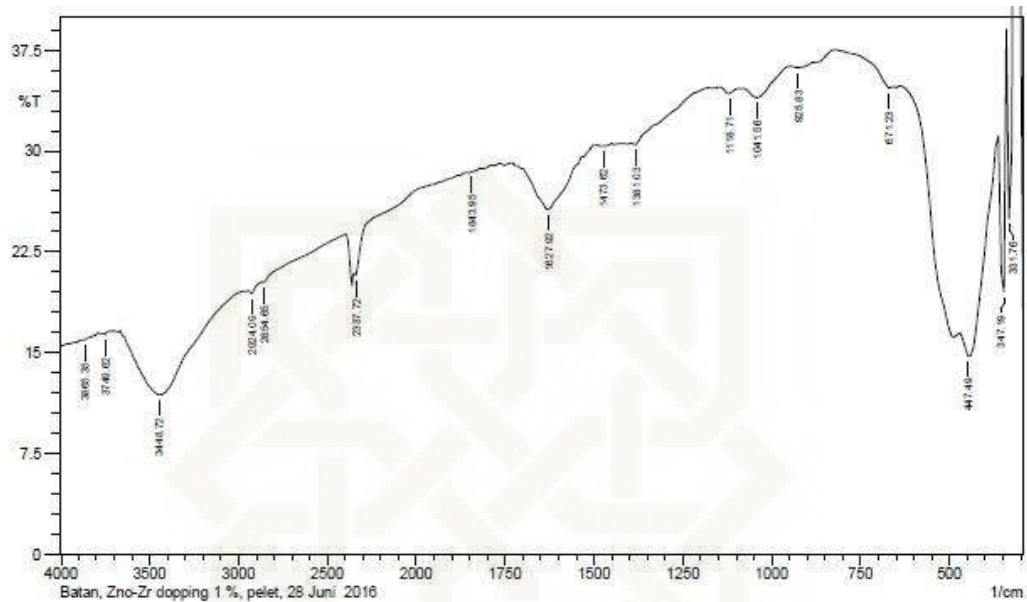


Lampiran 11. Spektra FT-IR ZnO:Zr doping 0%.



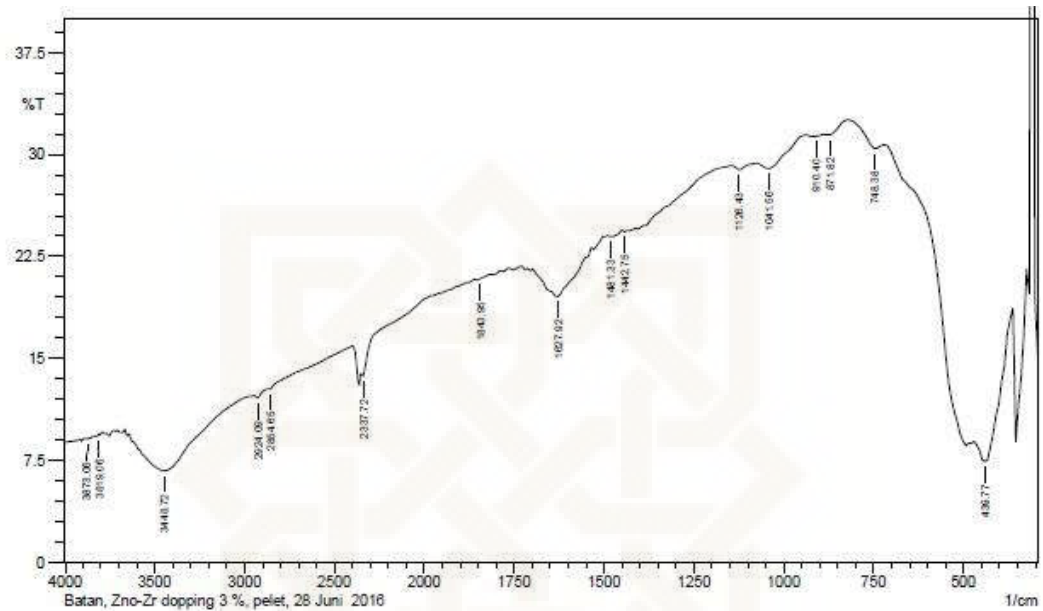
	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	432.05	0.442	45.664	810.1	354.9	430.583	268.615
2	887.26	38.181	1.356	948.98	817.82	53.878	1.099
3	1103.28	36.717	1.258	1188.15	956.69	98.605	1.918
4	1404.18	34.301	0.236	1411.89	1195.87	95.608	0.151
5	1442.75	34.001	0.244	1450.47	1411.89	17.995	0.087
6	1481.33	33.537	0.153	1489.05	1450.47	18.191	0.088
7	1527.62	32.49	0.436	1535.34	1489.05	22.246	0.111
8	1835.64	29.986	0.407	1843.35	1558.48	43.056	0.157
9	2337.72	20.866	0.654	2353.16	1820.8	314.367	0.23
10	2931.8	15.243	0.09	2939.52	2399.45	398.118	0.036
11	3471.87	9.179	0.277	3495.01	2947.23	506.149	2.403
12	3757.33	9.093	0.195	3765.05	3726.47	39.681	0.195
13	3903.92	6.257	0.151	3911.64	3795.91	122.807	0.659

Lampiran 12. Spektra FT-IR ZnO:Zr doping 1%.



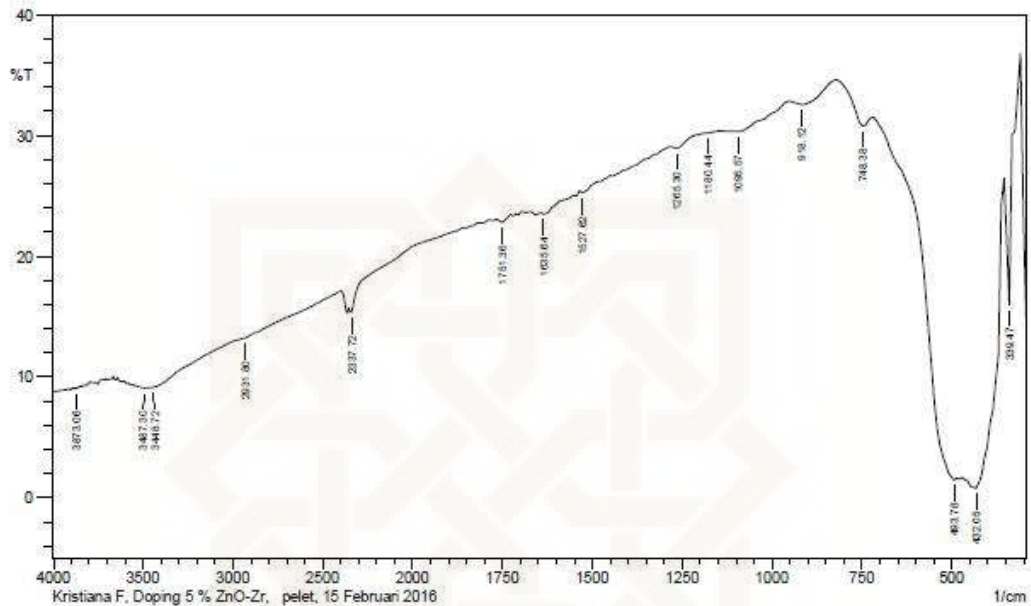
	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	331.76	24.95	36.21	339.47	316.33	8.47	5.68
2	347.19	19.47	16.92	362.62	339.47	13.86	3.84
3	447.49	14.71	4.94	470.63	370.33	70.93	6.65
4	671.23	34.66	0.63	817.82	640.37	78.25	0.22
5	925.83	36.19	0.25	941.26	825.53	50.44	0.36
6	1041.56	33.93	1.18	1080.14	948.98	59.99	0.89
7	1118.71	34.23	0.44	1141.86	1087.85	24.99	0.13
8	1381.03	30.43	0.43	1396.46	1180.44	104.75	0.1
9	1473.62	30.33	0.13	1489.05	1450.47	19.95	0.05
10	1627.92	25.64	4.01	1728.22	1504.48	124.41	6.55
11	1843.95	28.33	0.09	1851.66	1820.8	16.81	0.01
12	2337.72	20.73	0.3	2345.44	1867.09	260.87	0.05
13	2854.65	20.2	0.14	2870.08	2399.45	308.12	0.04
14	2824.09	19.37	0.34	2939.52	2870.08	48.8	0.17
15	3448.72	11.83	5.73	3664.75	2947.23	583.59	50.92
16	3749.62	16.3	0.18	3765.05	3726.47	30.23	0.06
17	3865.35	15.9	0.05	3873.08	3795.91	61.1	0.08

Lampiran 13. Spektra FT-IR ZnO:Zr doping 3%.

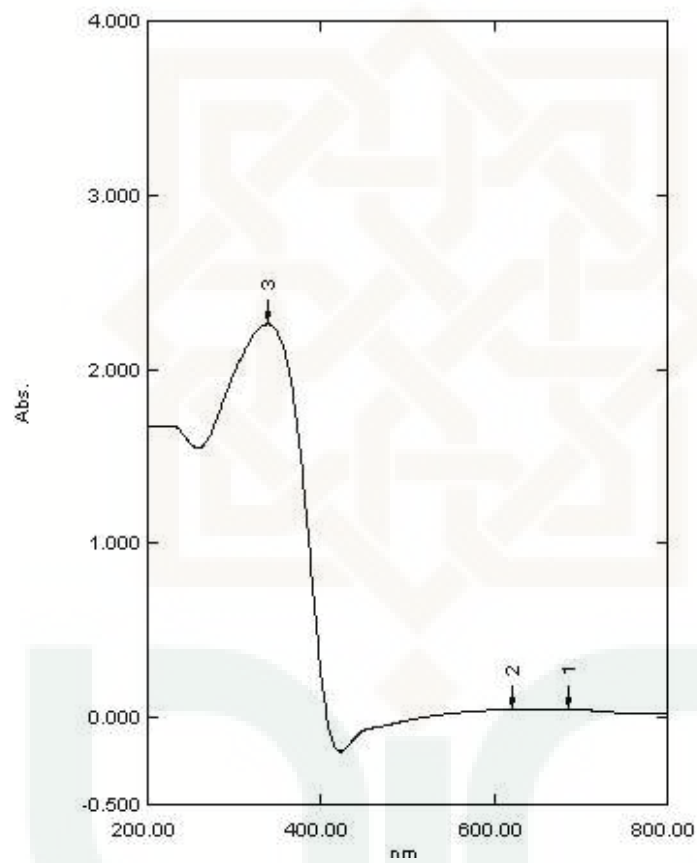


	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	439.77	7.37	4.26	470.63	370.33	98.46	9.34
2	748.38	30.41	0.71	817.82	725.23	46.74	0.33
3	871.82	31.42	0.29	887.26	825.53	30.64	0.13
4	910.4	31.31	0.1	933.55	887.26	23.32	0.04
5	1041.56	28.92	0.87	1072.42	941.26	68.64	0.81
6	1126.43	28.87	0.32	1141.86	1080.14	33.09	0.12
7	1442.75	24.29	0.25	1450.47	1149.57	172.56	0.83
8	1481.33	23.93	0.14	1489.05	1450.47	23.84	0.1
9	1627.92	19.53	3.17	1728.22	1496.76	155.23	6.89
10	1843.95	20.73	0.11	1851.66	1820.8	20.93	0.01
11	2337.72	13.65	0.41	2353.16	1867.09	381.41	0.13
12	2854.65	12.71	0.12	2870.08	2399.45	396.53	0.05
13	2924.09	12.07	0.31	2947.23	2870.08	69.93	0.28
14	3448.72	6.69	3.51	3641.6	2854.95	716.13	50.9
15	3819.06	9.24	0.13	3834.49	3795.91	39.69	0.12
16	3873.06	9.03	0.09	3888.49	3849.92	40.16	0.11

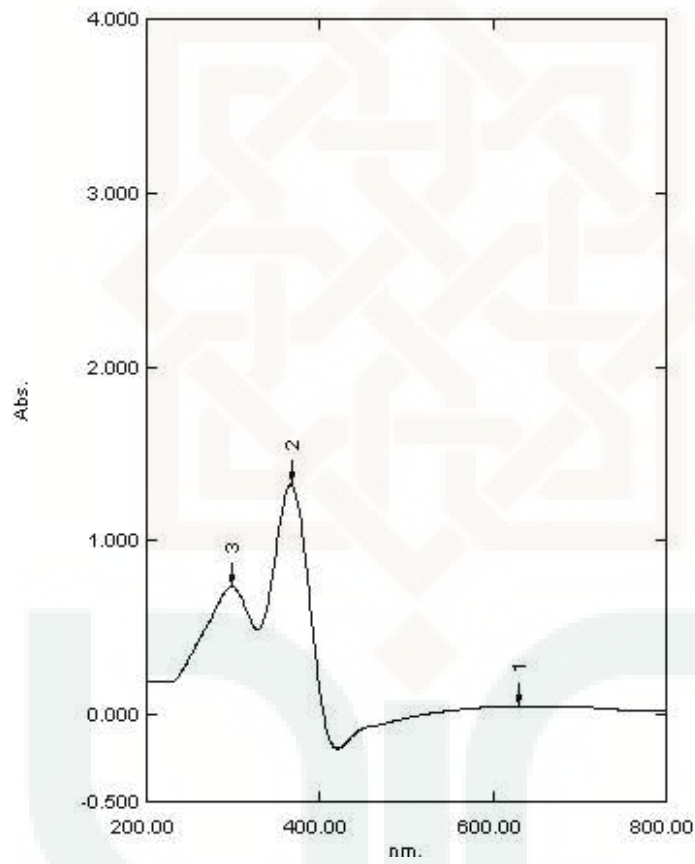
Lampiran 14. Spektra FT-IR ZnO:Zr doping 5%.



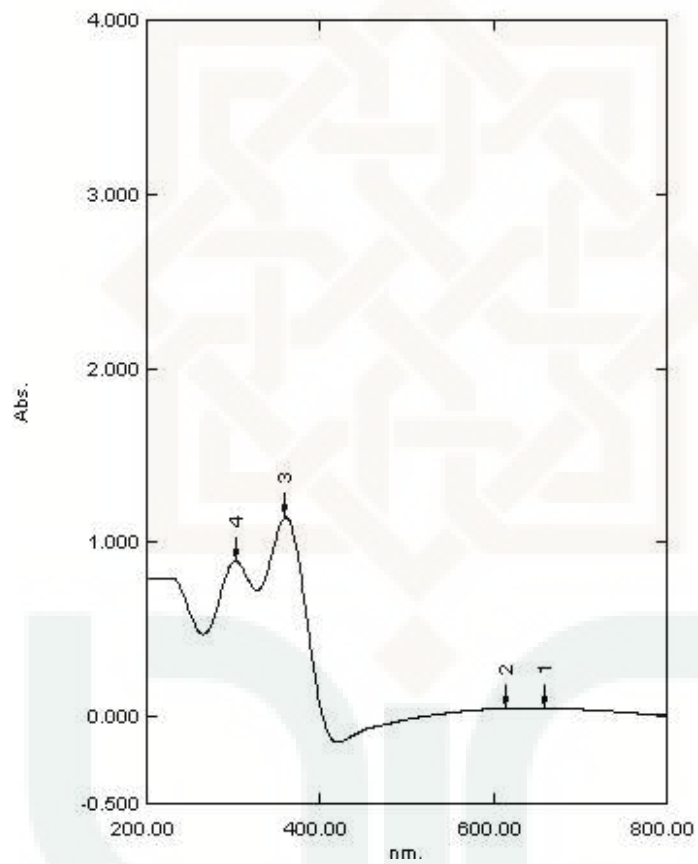
	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	339.47	15.954	13.295	354.9	316.33	23.075	3.154
2	432.05	0.733	8.991	470.63	362.62	165.031	40.447
3	493.78	1.459	1.136	717.52	486.06	202.003	-63.965
4	748.38	30.756	1.469	817.82	725.23	45.411	0.68
5	918.12	32.563	0.691	948.98	825.53	59.039	0.789
6	1095.57	30.289	0.262	1111	956.89	77.78	0.554
7	1180.44	30.183	0.038	1188.15	1141.86	24.023	0.013
8	1265.3	28.899	0.347	1280.73	1188.15	48.943	0.134
9	1527.62	25.209	0.304	1535.34	1288.45	139.807	0.253
10	1635.64	23.462	0.258	1643.35	1558.48	52.229	0.13
11	1751.36	22.794	0.393	1766.8	1697.36	44.017	0.212
12	2337.72	15.316	0.602	2353.16	1820.8	374.71	0.236
13	2931.8	13.182	0.056	2939.52	2399.45	443.545	0.029
14	3448.72	9.071	0.069	3456.44	2947.23	483.971	0.275
15	3487.3	9.052	0.091	3556.74	3464.15	96.241	0.305
16	3873.06	9.036	0.062	3880.78	3795.91	87.728	0.326

**Lampiran 15. Spektra absorbansi UV-Vis ZnO:Zr doping 0%.****❖ SPECTRUM ABSORBANSI PANJANG GELOMBANG 200 – 800  
Sampel : sampel 0%**

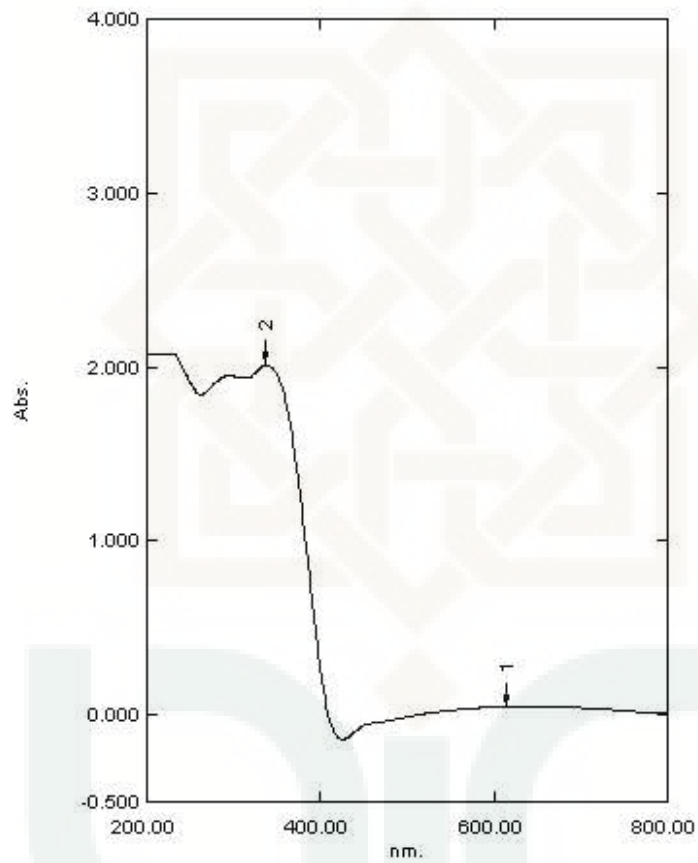
NO	nm	Abs.
1	685.00	0.044
2	621.00	0.044
3	339.00	2.259

**Lampiran 16. Spektra absorbansi UV-Vis ZnO:Zr doping 1%.****❖ SPECTRUM ABSORBANSI PANJANG GELOMBANG 200 – 800  
Sampel : sampel 1%**

NO	nm	Abs.
1	629.00	0.046
2	367.00	1.324
3	298.00	0.734

**Lampiran 17. Spektra absorbansi UV-Vis ZnO:Zr doping 3%.****❖ SPECTRUM ABSORBANSI PANJANG GELOMBANG 200 – 800  
Sampel : sampel 3%**

NO	nm	Abs.
1	659.00	0.044
2	614.00	0.043
3	360.00	1.145
4	302.00	0.893

**Lampiran 18. Spektra absorbansi UV-Vis ZnO:Zr doping 5%.****❖ SPECTRUM ABSORBANSI PANJANG GELOMBANG 200 – 800  
Sampel : sampel 5%**

NO	nm	Abs.
1	614.00	0.045
2	336.00	2.012



**Lampiran 19. Curriculum Vitae**

Nama : Domo Slamet

Tempat dan Tanggal Lahir : Temanggung, 25 April 1992

Alamat : Jl. Asem 10, Karang Sari, RT 01 RW 31,  
Wedomartani, Ngemplak, Sleman

No. HP : 085743053049

Email : [domo.slamet@student.uin-suka.ac.id](mailto:domo.slamet@student.uin-suka.ac.id)

Riwayat Pendidikan :

SD Negeri 02 Candisari Tahun Lulus 2005

SMP AL-IMAN Parakan Tahun Lulus 2008

SMA 1 Muhammadiyah Temanggung Tahun Lulus 2011

Motto :

“Terkadang orang yang tak diduga-lah yang melakukan sesuatu diluar dugaan”