

**STUDI PENGARUH PERBEDAAN WAKTU TUMBUH TERHADAP
SIFAT LISTRIK DAN SIFAT OPTIK LAPISAN TIPIS ZnO**

SKRIPSI

Disusun untuk memenuhi syarat-syarat guna memperoleh gelar
Sarjana Sains (S.Si)



*Building
Future
Leaders*

Disusun Oleh:

ENDAH DWI CAHYANI




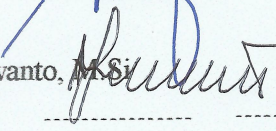
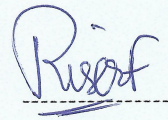
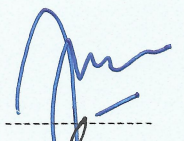
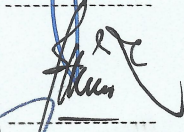
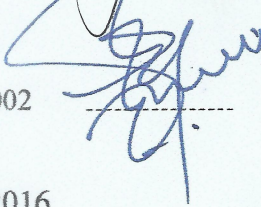
3225120230

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

PERSETUJUAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

**“STUDI PENGARUH PERBEDAAN WAKTU TUMBUH TERHADAP
SIFAT LISTRIK DAN SIFAT OPTIK LAPISAN TIPIS ZnO”**

Nama : Endah Dwi Cahyani
No Reg : 3225120230

	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
<u>Penanggung Jawab</u>			
Dekan	: Prof. Dr. Suyono, M.Si NIP. 19671218 199303 1 005		5/8/16
<u>Wakil Penanggung Jawab</u>			
Pembantu Dekan I	: Dr. Muktiningsih, M.Si NIP. 19640511 198903 2 001		1/8/16
Ketua	: Dr. rer. nat. Bambang Heru Iswanto, M.Si NIP. 19680401 199403 1 002		3/8/16
Sekretaris	: Riser Fahdiran, M.Si NIP. 19830717 200912 1 008		1/8/16
<u>Anggota</u>			
Pembimbing I	: Dr. Iwan Sugihartono, M.Si NIP. 19791010 200801 1 018		29/7/16
Pembimbing II	: Dr. Anggara Budi Susila, M.Si NIP. 19601001 199203 1 001		29/7/16
Penguji	: Dr. Erfan Handoko, M.Si NIP. 19730201 200312 1 002		28/7/16

Dinyatakan lulus ujian skripsi tanggal : 25 Juli 2016

HALAMAN PERSEMBAHAN

Kerja keras dalam menyelesaikan skripsi ini, saya persembahkan untuk;

“Bapak dan Ibu”

“Mereka lah yang tak putus memberikan doanya serta motivasinya agar dipermudah dalam menyelesaikan skripsi ini. Semoga dengan pencapaianku ini, aku dapat membuat kalian bangga dan semoga Allah SWT selalu memberikan kalian perlindungan. Aamiin”

Saya mewakili keluarga besar bapak Drs. Marsiman, MM mengucapkan terimakasih kepada seluruh teman serta kerabat atas segala motivasi dan doa yang telah diberikan

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, mahasiswa Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Universitas Negeri Jakarta:

Nama : Endah Dwi Cahyani

No. Registrasi : 3225120230

Jurusan : Fisika

program Studi : Fisika

Menyatakan bahwa skripsi yang telah saya selesaikan dengan judul “Studi Pengaruh Perbedaan Waktu Tumbuh Terhadap Sifat Listrik dan Sifat Optik Lapisan Tipis ZnO.”

1. Dibuat dan diselesaikan oleh saya sendiri
2. Bukan merupakan duplikat skripsi yang pernah dibuat oleh orang lain, bukan jiplakan karya tulis orang lain, dan bukan pula terjemahan karya tulis orang lain.

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

Jakarta, 13 Juni 2016

Yang membuat pernyataan

Endah Dwi Cahyani
3225120230

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “*Studi Pengaruh Perbedaan Waktu Tumbuh Terhadap Sifat Listrik dan Sifat Optik Lapisan Tipis ZnO*”. Shalawat dan salam semoga tercurah kepada Nabi Muhammad SAW sebagai penunjuk jalan yang *haq*. Demikian pula para keluarga, sahabat dan pengikutnya. Skripsi ini dibuat untuk memenuhi syarat-syarat guna memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) di Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Negeri Jakarta.

Penulis menyadari bahwa selesainya penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Dalam kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Iwan Sugihartono, M.Si selaku pembimbing I yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing dan mengarahkan dalam penelitian dan penulisan skripsi.
2. Bapak Dr. Anggara Budi Susila, M.Si selaku pembimbing II yang telah membantu untuk membimbing dan mengarahkan dalam penulisan skripsi.
3. Ibu Dr. Widyaningrum Indrasari, M.Si selaku kaprodi fisika.
4. Bapak Dr. rer.nat, Bambang Heru Iswanto, M.Si, Bapak Riser Fahdiran, M.Si dan Bapak Dr. Erfan Handoko, M.Si selaku ketua, sekretaris dan penguji sidang yang telah berkenan untuk memberikan waktu untuk berdiskusi.
5. Bapak/Ibu Dosen, Staff Jurusan Fisika, serta seluruh jajaran birokrasi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UNJ.
6. Bapak Drs. Marsiman, MM dan Ibu Naibatun selaku orang tua yang telah memberikan motivasi, fasilitas dan segala jenis bantuan maupun doa.
7. Team penelitian ZnO: Ayu Mutia, Mega Lialita, Ratih Alifya yang telah bekerja sama dengan baik.
8. Wahyu Hidayat yang telah memberikan motivasi dan bantuan dalam bentuk apapun.
9. Teman-teman fisika murni 2012 yang telah membantu bertukar pikiran.

10. Ibnu Fauzi, Herdina Widiyanti, dan Apriyanti Setiawati yang telah memberikan motivasi.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan, untuk itu segala saran dan kritik sangat penulis harapkan sebagai proses pembelajaran untuk masa yang akan datang. Semoga hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi peneliti, pembaca dan bidang sains pada umumnya.

Jakarta, Juli 2016

Penulis

ABSTRAK

Endah Dwi Cahyani, 2016, “Studi Pengaruh Perbedaan Waktu Tumbuh Terhadap Sifat Listrik dan Sifat Optik Lapisan Tipis ZnO”, Skripsi, Jakarta: Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta.

Lapisan tipis ZnO telah ditumbuhkan di atas substrat silikon (111) menggunakan metode *ultrasonic spray pyrolysis* (USP) dengan memvariasikan waktu tumbuh yaitu 10 menit, 20 menit dan 30 menit. Pengaruh waktu tumbuh terhadap lebar celah pita energi dikarakterisasi menggunakan UV-Vis spektrofotometer dengan metode *diffuse reflectance*. Pengaruh waktu tumbuh terhadap resistivitas dikarakterisasi menggunakan *four point probe*. Berdasarkan hasil karakterisasi XRD lapisan tipis ZnO memiliki struktur polikristal hexagonal *wurtzite* dengan *preferential orientation* yaitu (101). Hasil resistivitas dari ketiga lapisan tipis ZnO yaitu (0,0814 0,0825 dan 0,0813) Ωcm dan hasil lebar celah pita energi yaitu (3,20 3,22 dan 3,21) eV. Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa nilai lebar celah pita energi terbesar ada pada waktu tumbuh 20 menit yaitu 3,22 eV yang dimungkinkan adanya kristalinitas yang baik pada pembentukan lapisan tipis ZnO namun hal tersebut tidak terhadap sifat listrik yang baik. Sifat listrik dan sifat optik dipengaruhi oleh cacat kristal alamiah pada struktur kristal lapisan tipis ZnO.

Kata kunci : Lapisan tipis ZnO, waktu tumbuh, *ultrasonic spray pyrolysis* (USP), resistivitas, lebar celah pita energi.

ABSTRACT

Endah Dwi Cahyani, 2016, “Studies on effect of time growth in electrical dan optical properties of ZnO Thin Film” Thesis. Jakarta: Department of Physics, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, State University of Jakarta.

Thin layer of ZnO has been grown on a silicon substrate (111) using ultrasonic spray pyrolysis method (USP) by varying the growing time in 10 minutes, 20 minutes and 30 minutes. Influence from time grow for energy band gap, characterized using UV-Vis spectrophotometer by diffuse reflectance method. The influence of time grow the resistivity is characterized using a four point probe. Based on the results of XRD characterization of ZnO thin film has hexagonal wurtzite polycrystalline structure with a preferential orientation (101). The results of resistivity ZnO thin film is (0,0814 0,0825 and 0,0813) Ωcm and the results of band gap energy is (3.20 3.22 and 3.21) eV. In this study, it can be concluded that the value of the band gap energy was biggest with the growing time 20 minutes is 3.22 eV which made possible their good crysnalline at forming a thin layer of ZnO but it's not the excellent electrical properties. Electrical properties and optical properties were affected by nattice point defects in the structure of ZnO thin film.

Key words: *ZnO thin film, time growth, ultrasonic spray pyrolysis (USP), resistivity, band gap energy.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	5
1.3 Pembatasan Masalah	5
1.4 Perumusan Masalah	6
1.5 Tujuan Penelitian	6
1.6 Manfaat Penelitian	6
BAB II KAJIAN TEORI	7
2.1 Seng Oksida (ZnO)	7
2.2 Lapisan Tipis ZnO	7
2.3 Struktur Kristal ZnO	10
2.4 Penumbuhan Lapisan Tipis ZnO dengan USP	11
2.5 Sifat Listrik ZnO	13
2.6 Sifat Optik ZnO	15
2.7 Spektrofotometer UV-VIS	19
2.8 <i>Four Point Probe</i> (FPP)	20
2.9 <i>Roadmap</i>	22
BAB III METODOLOGI	24
3.1 Tujuan Penelitian	24
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	24

3.3 Metode Penelitian	25
3.4 Prosedur Penelitian	25
3.4.1 Alat dan Bahan Penelitian	25
3.4.2 Perangkat Karakterisasi	26
3.5 Diagram Alir Penelitian	28
3.6 Teknik Penumbuhan Lapisan Tipis ZnO	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1 Sifat listrik lapisan tipis ZnO	36
4.2 Sifat Optik lapisan tipis ZnO	39
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	45
5.1 Kesimpulan	45
5.2 Saran	46
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	: Gambaran umum lapisan tipis	8
Gambar 2.2	: Struktur kristal ZnO: (a) <i>rocksalt</i> , (b) <i>zinc blends</i> , (c) <i>wurtzite</i> ..	10
Gambar 2.3	: Struktur <i>wurtzite</i> dari ZnO	11
Gambar 2.4	: Skema sistem <i>Ultrasonic Spray Pyrolysis</i> (USP)	12
Gambar 2.5	: Atomisasi dari <i>ultrasonic nozzle</i>	12
Gambar 2.6	: Proses penumbuhan lapisan tipis ZnO	13
Gambar 2.7	: Resistivitas ZnO dengan variasi waktu tumbuh	15
Gambar 2.8	: Hukum refleksi	15
Gambar 2.9	: (a) <i>specular reflectance</i> (b) <i>diffuse reflectance</i>	16
Gambar 2.10	: Energi gap ZnO dengan variasi waktu tumbuh	17
Gambar 2.11	: Energi gap ZnO dengan variasi ketebalan	18
Gambar 2.12	: Skema kerja spektrofotometer UV-Vis	19
Gambar 2.13	: Skema kerja <i>Four Point Probe</i> (FPP)	20
Gambar 3.1	: FPP-5000 Veeco	26
Gambar 3.2	: UV-Vis U3900H	27
Gambar 3.3	: Menimbang <i>zinc asetat dyhidrate</i>	29
Gambar 3.4	: Menggetarkan campuran <i>zinc asetat dyhidrate</i> + <i>DI – Water</i>	30
Gambar 3.5	: Memasukkan larutan ke dalam <i>ultrasonic nebulizer</i>	31
Gambar 3.6	: Memanaskan sampel 450°C	31
Gambar 3.7	: Pengkabutan dengan variasi waktu tumbuh	31
Gambar 4.1	: Grafik XRD lapisan tipis ZnO	33
Gambar 4.2	: Gambaran umum pertumbuhan kristal ZnO	34
Gambar 4.3	: Resistivitas dan konduktivitas lapisan tipis ZnO	37
Gambar 4.4	: Grafik data reflektansi	39
Gambar 4.5	: Distribusi <i>defect</i>	40
Gambar 4.6	: Grafik F(R) dengan panjang gelombang	41
Gambar 4.7	: Grafik penentuan celah pita energi	42

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	: Kelebihan dan kekurangan bahan semikonduktor	2
Tabel 2.1	: Kelebihan dan kekurangan dari berbagai metode	9
Tabel 2.2	: Tabel <i>roadmap</i> ZnO	22
Tabel 3.1	: Waktu dan tempat pelaksanaan penelitian	24
Tabel 3.2	: Spesifikasi FPP-5000.....	27
Tabel 3.3	: Spesifikasi UV-Vis U3900H	27
Tabel 4.1	: Parameter penumbuhan lapisan tipis ZnO	32
Tabel 4.2	: Tabel data struktur XRD pada orientasi bidang (101)	35
Tabel 4.3	: Data hasil sifat listrik lapisan tipis ZnO	36
Tabel 4.4	: Perbandingan resistivitas dari berbagai penelitian	38
Tabel 4.5	: Tabel data celah pita energi	43

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	: Menghitung berat bubuk <i>Zinc Asetat Dyhidrate</i>	51
Lampiran 2	: Dokumentasi pada penumbuhan lapisan tipis ZnO	51
Lampiran 3	: Data hasil XRD dan fasa yang terbentuk	52
Lampiran 4	: Menghitung celah pita energi	59
Lampiran 5	: Bukti penerimaan presentasi ilmiah	63
Lampiran 6	: Sertifikat presentasi ilmiah	65

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Lapisan tipis merupakan salah satu perkembangan dari teknologi perangkat elektronika. Lapisan tipis terbuat dari bahan organik, anorganik, metal maupun campuran metal organik yang memiliki sifat konduktor, semikonduktor dan isolator^[1]. Lapisan tipis merupakan material dengan ketebalan dalam orde nano hingga tidak lebih dari 10 μm yang melapisi suatu substrat^[2]. Lapisan tipis berguna untuk pembuatan piranti elektronik seperti kapasitor, transistor, dioda, sel surya silikon amorf, dll^[3].

Bahan semikonduktor adalah bahan yang daya hantar listriknya antara konduktor dan isolator. Semikonduktor merupakan bahan dasar pembuatan komponen aktif elektronika seperti dioda, transistor, dan *integrated circuit* (IC). Semikonduktor juga merupakan bahan yang memiliki kehantaran di antara konduktor dan isolator (10^{-8} hingga 10^3 $(\Omega\text{m})^{-1}$)^[4]. Beberapa bahan semikonduktor yang digunakan sebagai bahan untuk lapisan tipis yaitu ZnO, SnO₂, ITO, TiO₂, dll. Kelebihan dan kekurangan dari bahan semikonduktor tersebut akan dipaparkan pada tabel 1.1.

Tabel 1.1 Kelebihan dan kekurangan bahan semikonduktor

Bahan semikonduktor	Kelebihan	Kekurangan
ZnO ^[5]	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Memiliki sifat kimia yang tidak beracun^[5] ➤ Memiliki nilai lebar celah pita energi 3,37 eV ➤ Memiliki resistivitas yang rendah ➤ Memiliki nilai ikat eksiton 60 meV. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pada proses deposisi, dibutuhkan kevakuman yang tinggi
SnO ₂ ^[6]	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Biayanya murah ➤ Stabil 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Resistivitas yang tinggi.
ITO ^[5]	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Resistivitas rendah ➤ Transmittansi yang tinggi 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Biayanya mahal karena unsur indium cenderung langka ➤ Beracun
TiO ₂ ^[2,7]	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Tidak beracun ➤ Stabil dalam air ➤ Biayanya murah 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pada aplikasi fotokatalik memiliki efisiensi yang rendah ➤ Tidak efisien untuk proses detoksifikasi.

ZnO merupakan senyawa semikonduktor golongan IIB – VIA yang dapat digunakan pada bahan dasar lapisan tipis^[8]. ZnO merupakan material yang menjanjikan untuk diaplikasikan sebagai alat elektronika dan optoelektronika seperti sel surya^[9,10], fotokatalis^[7,11,12], *surface acoustic device*^[5], sensor gas^[13], dll. ZnO memiliki sifat kimia dan mekanik yang stabil, tidak beracun^[5]. ZnO memiliki celah pita energi sebesar 3,37 eV dan energi ikat eksiton sebesar 60 MeV pada suhu kamar. Karena memiliki celah pita energi yang besar, maka ZnO transparan dalam daerah spektrum sinar tampak. Sifat transparan ini dikarenakan energi foton dan celah pita energi yang semakin besar menyebabkan serapan menurun, transmitasi naik. Dengan demikian bahan ZnO banyak digunakan untuk elektroda transparan (TCO) maupun sebagai lapisan tipis tipe-n dan jendela surya^[11].

Lapisan tipis ZnO dapat ditumbuhkan dengan *spray pyrolysis*^[14], *pulsed filtered cathodic vacuum arc deposition (PFCVAD)*^[15], *pulsed laser deposition*^[16], *sol gel spin-coating*^[8], *sol-gel electrochemical*^[17], *sputtering*^[6,18], *spray coating*^[7] *metaloorganic chemical vapor deposition (MOCVD)*^[19]. Namun metode yang lebih menguntungkan adalah *ultrasonic spray pyrolysis (USP)*. USP menggunakan teknik yang sederhana, bertekanan rendah, kebutuhan bahan baku yang hemat dan suhu substrat yang relatif rendah^[11].

Pada penelitian sebelumnya, telah ditumbuhkan ZnO di atas substrat silikon (100) dengan metode *pulsed filtered cathodic vacuum arc deposition (PFCVAD)*. Hasil dari penelitian ini adalah didapati puncak yang lemah sebelum diberikan efek anil 850°C (100) dengan orientasi $2\theta = 32^\circ$ dan setelah diberikan efek anil 850°C didapati puncak yang kuat (200) pada $34,1^\circ$ dan $34,5^\circ$. Sifat optik dengan karakterisasi UV-Vis (*diffuse reflectance*) dengan menggunakan rumus Kubelka-

Munk memperoleh hasil celah pita energi sebelum diberikan efek anil 850°C dan sesudah diberikan efek anil 850°C yaitu 3,00 eV dan 3,28 eV^[15].

Lapisan tipis ZnO telah ditumbuhkan di atas substrat kaca dengan variasi konsentrasi (0,25 0,5 0,75 dan 1)gr menggunakan metode *sol-gel spin coating*. Hasil dari penelitian ini, struktur kristal ZnO yaitu *hexagonal wurtzite*. Foto SEM menunjukkan morfologi film tipis ZnO homogen sebesar 499,4 nm. Sifat optik dengan menghitung celah pita energi memperoleh hasil pada konsentrasi (0,25 0,5 0,75 dan 1) gr yaitu 3,896 eV, 3,216 eV, 3,245 eV, dan 3,263 eV. Hasilnya menurun pada konsentrasi 0,25 gr hingga 0,5 gr dan naik pada 0,5 gr hingga 1gr^[8].

Lapisan tipis ZnO ditumbuhkan di atas substrat kaca dengan memvariasikan waktu tumbuh yaitu 1 menit, 2 menit, 3 menit dan 4 menit menggunakan teknik *ultrasonic spray pyrolysis* pada suhu 350°C dan konsentrasi larutan prekursor sebesar 0,1 M. Hasil dari penelitian ini, struktur kristal lapisan tipis ZnO berbentuk *hexagonal wurtzite* dengan ukuran butir $G = 63,99$ nm pada waktu tumbuh 2 menit. Transmittansi rata-rata pada panjang gelombang 380 nm sampai 400 nm adalah 80% dengan celah pita energi dari 1 menit hingga 4 menit sebesar 3,257 eV 3,367 eV 3,351 eV 3,297 eV. Resistivitas yang didapat secara berurutan dari 1 menit hingga 4 menit sebesar 0,157 Ωcm 0,131 Ωcm 0,135 Ωcm 0,140 Ωcm ^[20].

Berbagai penelitian mengenai lapisan tipis ZnO dengan menggunakan metode *ultrasonic spray pyrolysis* (USP) telah dilakukan seperti variasi konsentrasi larutan prekursor^[5], variasi suhu tumbuh^[1], variasi waktu tumbuh^[20], dll.

Variasi waktu tumbuh yang dilakukan oleh Said B, dkk menyimpulkan bahwa semakin lama waktu tumbuhnya, maka ketebalan lapisan tipis ZnO akan semakin

besar sehingga celah pita energi semakin kecil dan resistivitasnya akan semakin kecil pula.

Sehingga pada penelitian ini, penulis akan membuat lapisan tipis ZnO dengan campuran prekursor sebesar 0,02 mol berupa serbuk *zinc asetat dyhidrate* atau $\text{Zn}(\text{CH}_3(\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ yang akan dilarutkan di air deionisasi dengan menggunakan metode *ultrasonic spray pirolisis* (USP) dan dipanaskan pada 450°C. Penelitian ini menggunakan variasi waktu tumbuh yaitu 10 menit, 20 menit, 30 menit. Penumbuhan lapisan tipis ZnO dilakukan di atas substrat silikon dengan orientasi bidang kristal (111). Sample tersebut akan dilakukan pengamatan pada sifat listrik (resistivitas) dan sifat optik (celah pita energi) dibandingkan pada literatur.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut maka masalah yang dapat diidentifikasi diantaranya:

1. Bagaimana pengaruh waktu tumbuh terhadap struktur kristal lapisan tipis ZnO?
2. Bagaimana pengaruh waktu tumbuh terhadap morfologi lapisan tipis ZnO?
3. Bagaimana pengaruh waktu tumbuh terhadap resistivitas lapisan tipis ZnO?
4. Bagaimana pengaruh waktu tumbuh terhadap celah pita energi lapisan tipis ZnO?

1.3 Pembatasan Masalah

Pada penelitian ini, penulis hanya mengkaji sifat listrik yakni resistivitas menggunakan metode *four point* dan sifat optik yakni penentuan celah pita energi

menggunakan metode *diffuse reflectance* pada lapisan tipis ZnO yang telah ditumbuhkan menggunakan metode *ultrasonic spray pyrolysis* (USP) dengan variasi waktu tumbuh yakni 10, 20 dan 30 menit.

1.4 Perumusan Masalah

Pokok permasalahan pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh waktu tumbuh pada sifat listrik (resistivitas) dan pengaruh waktu tumbuh terhadap celah pita pada lapisan tipis ZnO.

1.5 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan :

1. Mengetahui pengaruh variasi waktu tumbuh pada resistivitas lapisan tipis ZnO.
2. Mengetahui pengaruh waktu tumbuh terhadap celah pita energi lapisan tipis ZnO.

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memberikan beberapa manfaat, diantaranya:

1. Memberikan kontribusi pada bidang optoelektronik untuk penelitian berikutnya.
2. Memahami pengaruh waktu tumbuh pada sifat optik (celah pita energi) dan sifat listrik lapisan tipis ZnO.

BAB II

KAJIAN TEORI

2.1 Seng Oksida (ZnO)

Seng oksida (ZnO) merupakan salah satu persenyawaan dari logam Zn yang tergolong senyawa oksida. ZnO memiliki ikatan ionik. ZnO diklasifikasikan sebagai senyawa bergolongan II B- VIA, pada umumnya berstruktur *hexagonal wurtzite*. Secara umum, ZnO dapat dibuat dengan mereaksikan logam Zn dan oksigen pada suhu tinggi. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut^[8]:

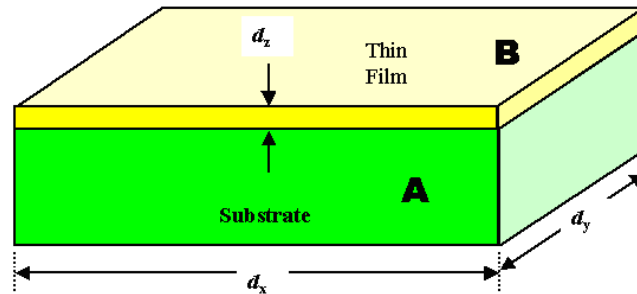


ZnO memiliki sifat kimia dan mekanik yang stabil, tidak beracun^[5]. ZnO memiliki celah pita energi sebesar 3,37 eV dan energi ikat eksiton sebesar 60 MeV pada suhu kamar. Karena memiliki celah pita energi yang besar, maka ZnO transparan dalam daerah spektrum sinar tampak. Sifat transparan ini dikarenakan energi foton dan celah pita energi yang semakin besar menyebabkan serapan menurun, transmitasi naik. Dengan demikian bahan ZnO banyak digunakan untuk elektroda transparan (TCO) maupun sebagai lapisan tipis tipe-n dan jendela surya^[1].

2.2 Lapisan Tipis ZnO

Lapisan tipis adalah suatu lapisan yang sangat tipis dari bahan organik, anorganik, metal maupun campuran metal-organik yang dapat memiliki sifat-sifat konduktor, semikonduktor, maupun isolator^[1]. Lapisan tipis merupakan material dengan ketebalan dalam orde nano hingga tidak lebih dari 10 μm yang melapisi suatu substrat^[2]. Lapisan tipis dideposisikan ke permukaan substrat material (*bulk*)

untuk mendapatkan sifat yang tidak dapat diperoleh jika materialnya hanya berupa substrat (tanpa lapisan tipis)^[5].



Gambar 2.1 Gambaran umum lapisan tipis.

ZnO adalah salah satu material yang baik untuk dijadikan sebagai bahan lapisan tipis. ZnO memiliki karakteristik tipe-n (mayoritas pembawa muatannya adalah elektron, yang bermuatan negatif) bahkan tanpa adanya pendopongan. Hal ini dikarenakan adanya cacat kristal alamiah (*native defect*) yang khas hanya dimiliki oleh ZnO, seperti kelebihan oksigen dan terdapat atom interstisi dari zinc^[1]. Lapisan tipis ZnO merupakan material yang menjanjikan untuk diaplikasikan sebagai alat elektronika dan optoelektronika seperti sel surya^[9,210], fotokatalis^[7,11,12], *surface acoustic device*^[5], sensor gas^[13], dll.

Lapisan tipis ZnO dapat ditumbuhkan dengan *spray pyrolysis*^[14], *pulsed filtered cathodic vacuum arc deposition (PFCVAD)*^[15], *pulsed laser deposition*^[16], *sol gel spin-coating*^[8], *sol-gel electrochemical*^[17], *sputtering*^[6,18], *spray coating*^[7], *metaloeganic chemical vapor deposition (MOCVD)*^[19], dll. Beberapa kelebihan dan kekurangan dari berbagai metode akan di paparkan pada tabel 2.1

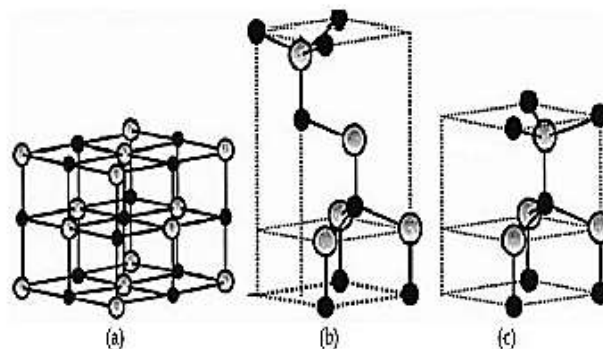
Tabel 2.1 Kelebihan dan kekurangan dari berbagai metode

Metode	Kelebihan	Kelemahan
<i>Sol gel – spray coating</i> ^[7,21]	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Biayanya relatif murah. ➤ Komposisinya homogen ➤ Tidak memerlukan ruang vakum 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bahan sol tidak selalu tersedia dalam bentuk komersial. ➤ Lapisan tipis sulit untuk di sintesis.
MOCVD ^[19]	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dapat mengendalikan struktur lapisan ➤ Memiliki laju pertumbuhan yang tinggi ➤ Mudah mengatur temperatur penumbuhan 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Diperlukan temperatur tinggi (850-1100°C) pada proses penumbuhannya. Temperatur penumbuhan yang tinggi tersebut menyebabkan kesulitan dalam mengontrol atom-atom nitrogen selama penumbuhan, sehingga menyebabkan kekosongan nitrogen yang pada akhirnya dapat menghasilkan fase kedua
<i>Sputtering</i> ^[6,18]	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Proses deposisi lebih cepat ➤ Dapat menghasilkan lapisan tipis dengan titik 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Kualitas <i>thin film</i> kurang baik.

	<p>leleh tinggi</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Lapisan yang terbentuk memiliki kekuatan rekat terhadap substrat. 	
USP ^[5,14]	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Teknik yang sederhana ➤ Bertekanan rendah ➤ Suhu substrat yang relatif rendah ➤ Bahan baku yang hemat 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Membutuhkan keadaan vakum yang tinggi

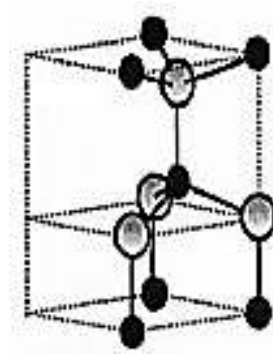
2.3 Struktur Kristal ZnO

Suatu struktur kristal dibangun oleh sel unit, sekumpulan atom yang tersusun secara khusus, yang secara periodik berulang dalam tiga dimensi dalam suatu kisi. Spasi antar sel unit dalam segala arah disebut parameter kisi. Struktur dan simetri suatu zat padat mempunyai peran penting dalam menentukan sifat-sifatnya, seperti struktur pita energi dan sifat optiknya.



Gambar 2.2 Struktur kristal ZnO : (a) *rocksalt*, (b) *zinc blends* (c) *wurtzite*^[8].

Gambar 2.2 menunjukkan struktur ZnO. Pada gambar (a) dan (b) merupakan struktur kristal ZnO yang didapat jika tekanan 10 GPa^[8]. Pada tekanan dan temperatur lingkungan, struktur kristal ZnO adalah *wurtzite*, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.3.

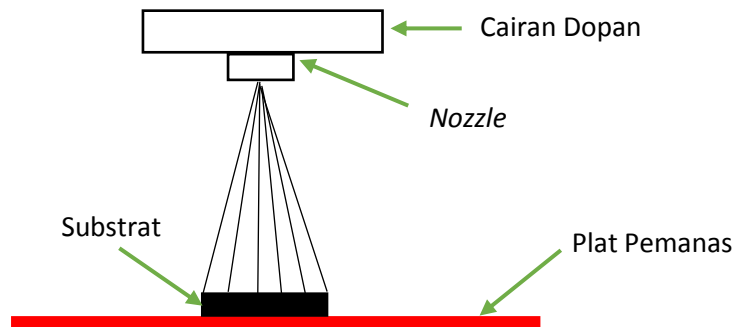


Gambar 2.3 Struktur *wurtzite* dari ZnO^[8].

Struktur kristal *wurtzite* pada ZnO memiliki parameter kisi $a = 3,2495 \text{ \AA}$ dan $c = 5,2069 \text{ \AA}$ dengan densitas $5,605 \text{ g/cm}^3$. Nilai a mewakili bidang alas, sedangkan c arah basal. Nilai a dan c disebut juga dengan istilah parameter kisi yaitu spasi antar sel dalam segala arah. Unit sel dari struktur kristalnya dibentuk oleh dua *hexagonal closed packed* (HCP) sub kisi, di mana atom Zn dikelilingi oleh empat atom O pada kondisi tetrahedral^[5].

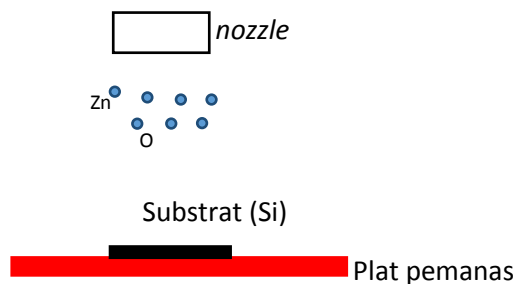
2.4 Penumbuhan lapisan tipis ZnO dengan menggunakan metode *Ultrasonic Spray Pyrolysis* (USP)

Ultrasonic spray pyrolysis adalah deposisi uap kimia yang merupakan metode yang digunakan dalam pembentukan berbagai bahan dalam lapisan tipis atau bentuk nanopartikel. Bahan prekursor sering dibuat melalui metode sol-gel termasuk pembentukan air perak nitrat, sintesis partikel zirkonia, dan fabrikasi katoda *solid oxide fuel cell* (SOFC) sel bahan bakar oksida padat.



Gambar 2.4 Skema sistem *ultrasonic spray pyrolysis* (USP) dengan plat vertikal^[22].

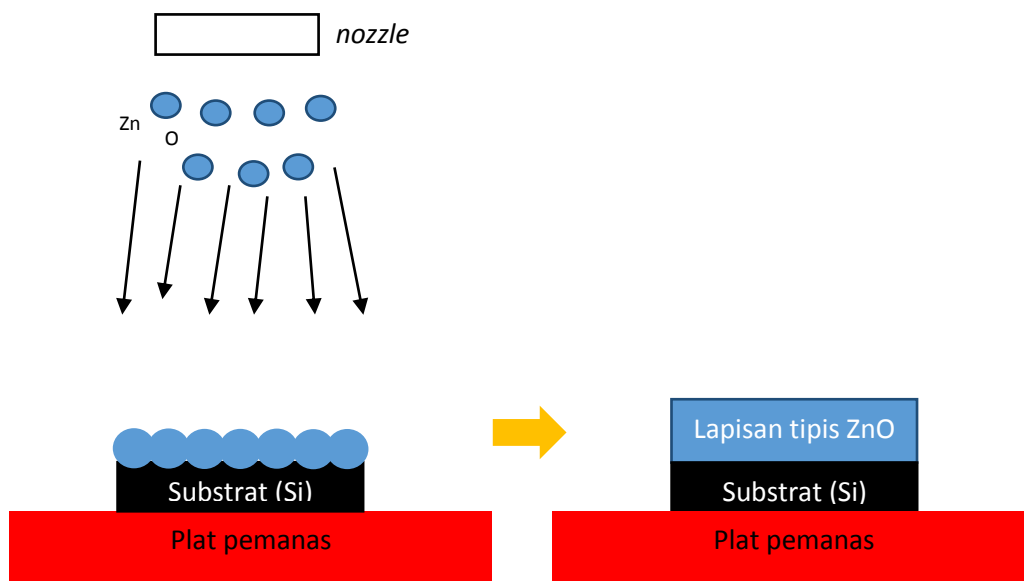
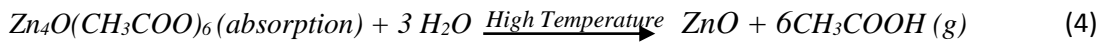
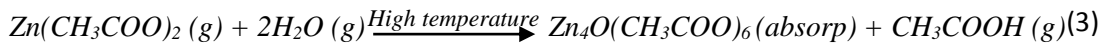
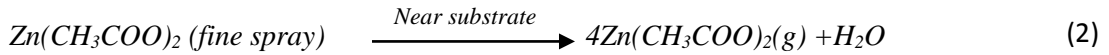
Pengkabutan dihasilkan dari sebuah *ultrasonic nozzle*. Uap yang dikeluarkan pada *ultrasonic nozzle* dihasilkan dari getaran *ultrasonic* pada frekuensi 1,7 MHz oleh *transducer piezoelectric*. Ketika amplitudo gelombang mencapai ketinggian kritis lalu tetesan kecil jatuh dari ujung setiap gelombang menghasilkan atomisasi seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.5^[23].



Gambar 2.5 Atomisasi dari *ultrasonic nozzle*^[23].

Pada gambar 2.6 proses pembentukan lapisan tipis ZnO dimulai dari atom Zn dan O yang keluar dari *ultrasonic nozzle*. Atom mengisi substrat (Si) yang telah dipanaskan pada suhu 450°C. Atom-atom tersebut akan bernukleasi diatas substrat dan lamanya proses tersebut berlangsung membuat butir semakin besar dan

mengalami aglomerasi^[24]. Proses penumbuhan lapisan tipis ZnO pada substrat silikon memiliki urutan reaksi kimia sebagai berikut^[25];



Gambar 2.6 Proses pembentukan lapisan tipis.

2.5 Sifat Listrik ZnO

Sifat listrik suatu bahan adalah ketahanan dari suatu bahan terhadap aliran listrik dan daya hantarnya, dan tidak semua bahan mempunyai daya hantar listrik yang sama. Bahan semikonduktor merupakan material yang memiliki sifat penghantar arus listrik yang paling bagus dikarenakan tidak memiliki hambatan/resistansi (kemampuan suatu bahan untuk menahan aliran arus listrik) ataupun nilai resistansi mendekati nol.

Sifat listrik yang dikaji yaitu resistivitas. Resistivitas bahan adalah kecenderungan bahan untuk menghambat aliran arus listrik, yang berguna untuk menentukan sifat ohmik dan non ohmik dari suatu bahan. Sifat ohmik adalah di mana bahan dapat menghantarkan arus listrik dan non ohmik adalah bahan yang tidak dapat menghantarkan arus listrik^[3]. Untuk menghitung resistivitas dapat direpresentasikan sebagai berikut (ohm, 1825) ;

$$V = I \times R \quad (5)$$

Dengan $R = \rho \frac{l}{A}$

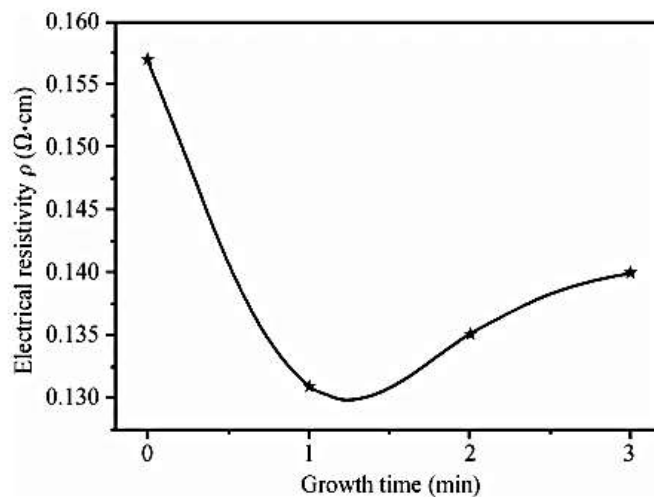
Sehingga

$$\rho = \frac{V \times A}{l \times I} \quad (6)$$

Di mana ρ merupakan resistivitas (Ω cm), A adalah luas penampang (m) V adalah sumber tegangan (Volt), I adalah sumber arus (A) l adalah jarak probe.

Terdapat dua metode untuk menentukan resistivitas yaitu metode *two point* dan metode *four point*. Metode *two point* sering digunakan untuk pengukuran resistivitas karena harganya yang murah, namun pada metode ini terdapat resistivitas parasit (yang tidak diinginkan) pada saat melakukan pengukuran. Metode *four point* merupakan metode yang menggunakan empat *probe*. Pada metode ini, tidak adanya resistansi parasit yang ditimbulkan saat pengukuran.

Pada penelitian sebelumnya, telah ditumbuhkan lapisan tipis ZnO diatas substrat kaca menggunakan teknik *ultrasonic spray pyrolysis* dengan konsentrasi larutan prekursor 0,1 M pada suhu 350°C. Sifat listrik dari lapisan tipis ZnO dapat dilihat pada gambar 2.7.

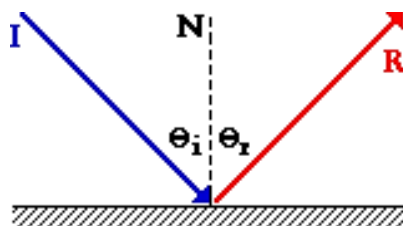


Gambar 2.7 Resistivitas lapisan tipis ZnO dengan variasi waktu tumbuh^[20].

Berdasarkan gambar 2.7, didapati hasil secara berurutan dari 1, 2,3 dan 4 menit adalah 0,157 Ωcm 0,131 Ωcm 0,135 Ωcm 0,140 Ωcm . Resistivitas menurun sampai waktu tertentu setelah itu meningkat dengan meningkatnya waktu tumbuh. Penurunan resistivitas dikarenakan perpindahan elektron yang menghasilkan kepadatan pembawanya meningkat. Peningkatan resistivitas seiring dengan meningkatnya waktu tumbuh dikarenakan akibat dari meningkatnya hambatan potensial karena atom dipisahkan dalam batas butir^[20].

2. 6 Sifat Optik ZnO

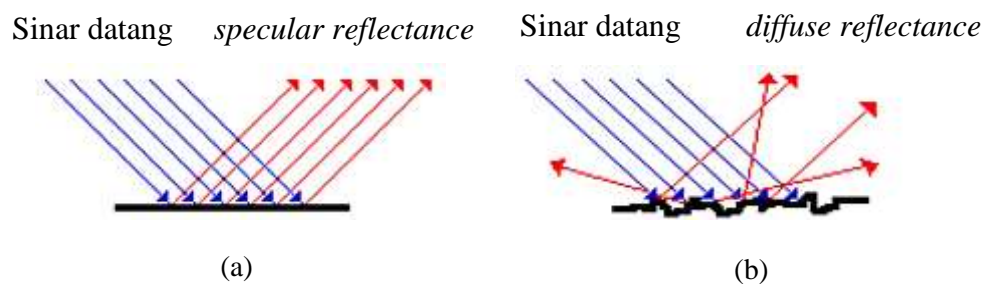
Sifat optik merupakan respon bahan terhadap paparan gelombang elektromagnetik, radiasi, khususnya pada *range* cahaya tampak. Sifat optik yang akan dikaji yaitu spektrum refleksi.



Gambar 2.8. Hukum refleksi^[26].

Sinar datang (I) berorientasi dengan garis normal yaitu perpendicular ke permukaan pada titik refleksi. sinar tercermin (R) terletak pada bidang kejadian dan memiliki sudut refleksi sama dengan sudut datang (relatif terhadap normal)^[27].

Terdapat 2 jenis refleksi yaitu *specular reflectance* dan *diffuse reflectance*. *Specular reflectance* merupakan refleksi dari permukaan yang halus sedangkan *diffuse reflectance* merupakan refleksi dari permukaan yang kasar. Kedua jenis refleksi tersebut di representasikan pada gambar 2.9



Gambar 2.9 (a) *Specular reflectance* (b) *Diffuse reflectance*^[28].

Spektrum reflektansi (*diffuse reflectance*) di gunakan untuk menentukan lebar celah pita energi pada suatu lapisan tipis. Lebar celah pita energi merupakan selisih antara energi terendah pada pita konduksi (E_k) dengan energi tertinggi pada pita valensi (E_v).

Diffuse reflectance berhubungan dengan fungsi Kubelka-Munk $F(R)$. Fungsi Kubelka-Munk digunakan untuk mengkonversi pengukuran ulang *diffuse reflectance* ke spektrum penyerapan setara. Teori Kubelka-Munk memungkinkan untuk menghitung kesenjangan energi dari lapisan tipis pada substrat transparan. Data penggunaan *diffuse reflectance* diubah menggunakan fungsi Kubelka-Munk oleh hubungan berikut^[15]:

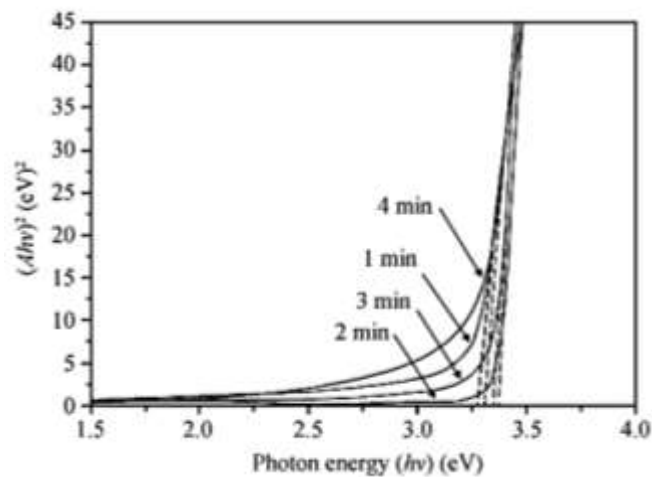
$$F(R) = \frac{(1 - R)^2}{2R} \quad (7)$$

Di mana R adalah penggunaan *diffuse reflectance* ; $F(R)$ adalah fungsi Kubelka-Munk yang sesuai dengan absorbansi. Koefisien penyerapan dari celah pita energi semikonduktor langsung terkait dengan persamaan Tauc, metode Tauc merupakan metode yang digunakan untuk penentuan celah pita energi yang diformulasikan sebagai berikut^[15]:

$$(\alpha hv)^{\frac{1}{n}} = A(hv - E_g) \quad (8)$$

Di mana α adalah koefisien linear penyerapan bahan, hv adalah energi foton, A adalah konstanta proporsionalitas, n adalah akuntansi konstan untuk jenis transisi optik, dan $n = 1/2$ menunjukkan transisi langsung pada keadaan kuantum. Fungsi Kubelka-Munk berbanding lurus dengan serapan.

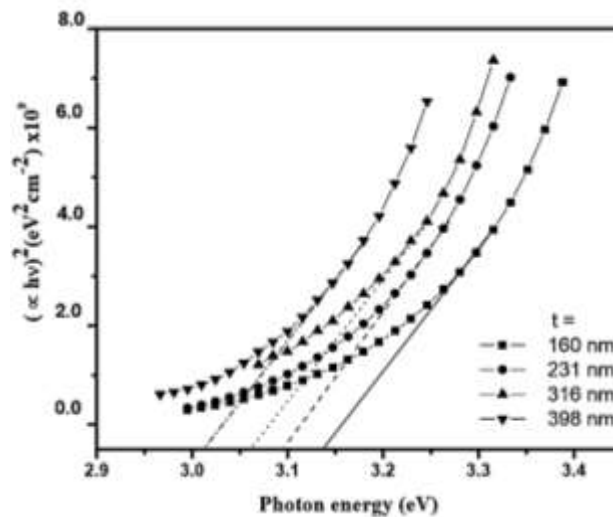
Pada penelitian sebelumnya, telah ditumbuhkan lapisan tipis ZnO diatas substrat kaca menggunakan teknik *ultrasonic spray pyrolysis* dengan konsentrasi larutan prekursor 0,1 M pada suhu 350°C. Sifat optik (celah pita energi) dari lapisan tipis ZnO ini dapat dilihat pada gambar 2.10



Gambar 2.10 Energi gap lapisan tipis ZnO dengan variasi waktu tumbuh^[20].

Berdasarkan gambar 2.10, didapati hasil secara berurutan dari 1 menit hingga 4 menit adalah 3,257 eV 3,367 eV 3,351 eV 3,297 eV. Terdapat kenaikan celah pita energi antara 1 menit hingga 2 menit yang dapat dikaitkan dengan jari-jari ionik yang sama antara O dan Zn, namun pada 1 menit - 4 menit cenderung mengalami penurunan^[20].

Penelitian sebelumnya oleh “R. Subba, dkka” yang telah menumbuhkan lapisan tipis ZnO dengan 4 variasi ketebalan yakni 160 – 398 nm menggunakan metode *RF reactive magnetron sputtering*. Sifat optik pada penelitian ini, ditunjukkan oleh gambar 2.11

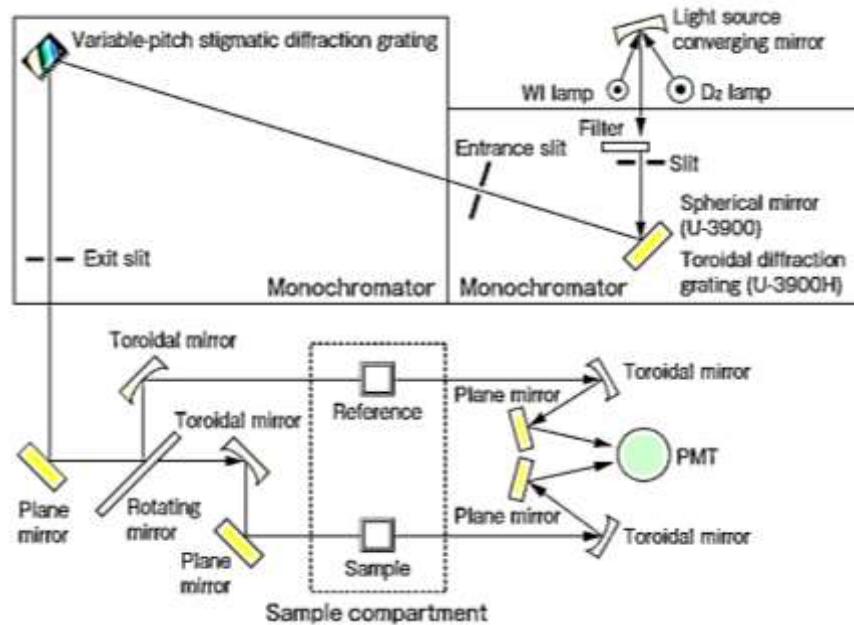


Gambar 2.11 Energi gap lapisan tipis ZnO dengan variasi ketebalan^[27].

Berdasarkan gambar 2.11 lebar celah pita energi yang dihasilkan dari variasi beberapa ketebalan tersebut yakni; 3,14 3,10 3,06 3,02. Penurunan lebar celah energi lapisan tipis ZnO dikarenakan sedikitnya cacat pada struktur kristal lapisan tipis ZnO^[27].

2.7 Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometer UV-Vis merupakan alat yang digunakan untuk mengamati spektrum pada sifat optik suatu bahan.



Gambar 2.12. Skema kerja spektrofotometer UV-Vis^[29].

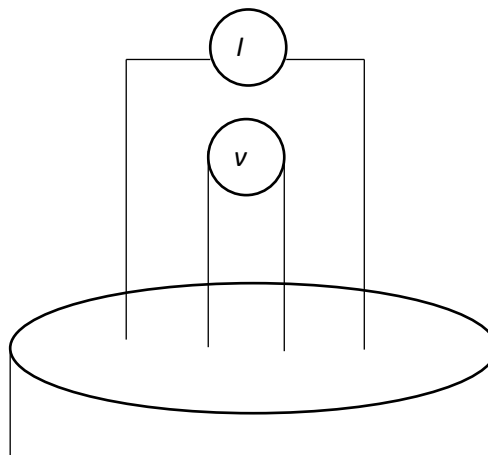
Prinsip kerja pada *double-beam* spektrofotometer UV-Vis, diawali dengan adanya pemisahan komponen panjang gelombang cahaya yang berasal dari sumber radiasi UV-Visible oleh prisma ataupun *diffraction grating*. Kemudian berkas sinar monokromatis akan terbagi menjadi dua bagian dengan intensitas yang sebanding dengan *mirror* dan dipantulkan. Berkas cahaya yang dipantulkan masing-masing melewati sampel referensi dan sampel yang diuji kemudian berkas cahaya yang melewati kedua sampel ini dideteksi oleh detektor. Kedua proses yang bersamaan ini kemudian dibandingkan^[29].

Ketika material disinari dengan gelombang elektromagnetik maka foton akan diserap oleh elektron dalam material. Setelah menyerap foton, elektron akan berusaha meloncat ke tingkat energi yang lebih tinggi. Jika energi foton yang

diberikan kurang dari lebar celah pita energi maka elektron tidak sanggup meloncat ke pita konduksi. Elektron tetap berada pada pita valensi. Keadaan ini dikatakan elektron tidak menyerap foton.

2.8 Four Point Probe (FPP)

Alat ukur *four point probe* (FPP) adalah salah satu jenis alat yang digunakan untuk mengukur nilai resistansi suatu bahan^[3]. Pengukuran resistansi pada lapisan tipis menggunakan metode 4 probe. Alat ukur ini didasarkan pada 4 buah probe dimana dengan 2 buah probe berfungsi untuk mengalirkan arus listrik dan 2 probe yang lain untuk mengukur tegangan listrik sewaktu probe-probe tersebut dikenakan pada bahan yang dijadikan sampel. Untuk menentukan serta mengkaji sifat-sifat bahan tersebut dapat dilakukan dengan menentukan nilai resistansi untuk suatu luasan dan ketebalan tertentu.



Gambar 2.13. Skema kerja *four point probe* (FPP)^[3].

Berdasarkan hukum ohm untuk menghitung nilai resistivitas dengan menggunakan metode *four point* maka akan direpresentasikan sebagai berikut;

$$V = I \times R \quad (9)$$

Dengan

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (10)$$

Sehingga

$$V = I \times \rho \frac{l}{A} \quad (11)$$

Di mana ρ merupakan resistivitas ($\Omega \text{ cm}$), V adalah sumber tegangan (Volt), I adalah sumber arus (A) l adalah jarak probe ke sampel (cm) A adalah luas penampang (cm). A dianggap silinder karena terdapat medan listrik dengan $A = 2\pi r l$, $r = s$ adalah jarak antar probe (cm).

$$V = \frac{\rho l l}{2\pi r l} = \frac{\rho l}{2\pi r} \quad (12)$$

Sehingga

$$\rho = 2\pi r \frac{V}{I} \quad (13)$$

Dengan $r = s$

$$\rho = 2\pi s \frac{V}{I} \quad (14)$$

2.9 Roadmap

Tabel 2.2. Tabel *Roadmap* ZnO

Nama	Tahun	Metode	Resistivitas (Ω cm)	Lebar celah pita energi (eV)	Aplikasi
Agustya, dkk ^[18]	2014	<i>Spray coating</i>		2,94	Fotokatalis
Eko. H, dkk ^[11]	2013	<i>Spray coating</i>		3,01	Fotokatalis
Nur Hasim, dkk ^[12]	2014	<i>Spray coating</i>		3,03	Fotokatalis
Wasan, dkk ^[9]	2012	<i>Spin coating</i>		3,1	Sel surya
S. Agrawal, dkk ^[10]	2013	<i>Reactive DC magnetron sputtering</i>	$1,5 \times 10^{-3}$	3,2	Sel surya
Chaabouni ^[30]	2013	<i>Sputtering</i>	7×10^{-3} sampai 8×10^{-2} $\Omega \cdot \text{cm}$	3,3	Sel surya

Kiki W, dkk ^[31]	2013	<i>DC</i> <i>magnetron</i> <i>sputtering</i>	$1,5 \times 10^6$	3,1-3,6	TCO
Suchea, dkk ^[13]	2006	<i>DC</i> <i>magnetron</i> <i>sputtering</i>	10^{-1}	3,3	Sensor gas

BAB III

METODOLOGI

3.1 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi waktu tumbuh terhadap resistivitas dan karakterisasi sifat optik untuk menentukan celah pita energi lapisan tipis ZnO. Variasi waktu tumbuh yang digunakan adalah 10 menit, 20 menit dan 30 menit dengan suhu tumbuh yang konstan yaitu 450°C pada jumlah mol prekursor 0,02 mol.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Tabel 3.1. Waktu dan Tempat Pelaksanaan Penelitian

Kegiatan	Waktu	Tempat
Pembuatan lapisan Tipis ZnO	September– Desember 2015	<ul style="list-style-type: none">Laboratorium sintesis material Universitas Indonesia
Karakterisasi Resistivitas	Januari 2016	<ul style="list-style-type: none">Laboratorium Fisika, LIPI, Serpong
Karakterisasi (UV-Vis) Reflektansi	Desember 2015	<ul style="list-style-type: none">Laboratorium organic & printed electronics. Institute of micromgining & nanoelectronics (IMEN). University Kebangsaan Malaysia

3.3 Metode

Metode yang digunakan adalah eksperimen. Eksperimen dilakukan dengan penumbuhan lapisan tipis ZnO menggunakan metode *ultrasonic spray pyrolysis* (USP). Karakterisasi sifat optik (UV-Vis) untuk penentuan celah pita energi dan karakterisasi resistivitas dengan metode *four point*.

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Alat dan Bahan Penelitian

a. Alat-alat Penunjang

1. *Ultrasonic nebulizer (ultrasonic spray pyrolysis)*,

Spesifikasi alat:

(a) Merek : Yamamoto Giken UN88, dengan spesifikasi,

(b) Frekuensi *ultrasonic* : 1,7 MHz

(c) Diameter kabut partikel : 1-5 μm

(d) Kabut Volume : > 3 ml/ menit

(e) Volume air mealui : ± 150 mL

(f) Tegangan : AC220V ± 22 v 50 Hz

(g) Aliran Udara : 2 mL/ menit, (120 cc/ jam)

2. Hot plate 500°C IKA

3. Multitester

4. Gelas ukur (100 mL)

5. Timbangan digital

(a) Merek : Shimadzu Libror AEU-210

(b) Nst 0,01 gram

6. *Ultrasonic bat*, WALBK W-288

7. Aluminium foil

8. Pinset

9. Tisu

10. Kertas timbang

b. Bahan yang digunakan

1. Substrat silikon

2. *Zinc asetat dihydrate powder* (250 gr)

3. *De-ionized water* (Air deionisasi)

4. Isopropanol

3.4.2 Perangkat Karakterisasi

1. *Four Point Probe* (FPP-5000 Veeco)



Gambar 3.1. FPP-5000 Veeco

Spesifikasi Alat;

Tabel 3.2 Spesifikasi FPP-5000

Dimensi	15'' (W), 15''(D), 5''(H) tertutup, 15'' (H) terbuka.
Daya	30 watts
Suhu pada saat pengoperasian	15°C-35°C
<i>Range pengukuran</i>	
V/I range	25 mΩ - 99,9 kΩ
Ketebalan sampel yg diukur	20 Å - 243kÅ
<i>Electronic accuracy</i>	± 0,5% (15°C-35°C) - ± 8% (> 35°C)

2. UV- Vis Spectrophotometer (U3900H)



Gambar 3.2. UV-Vis U3900H^[20]

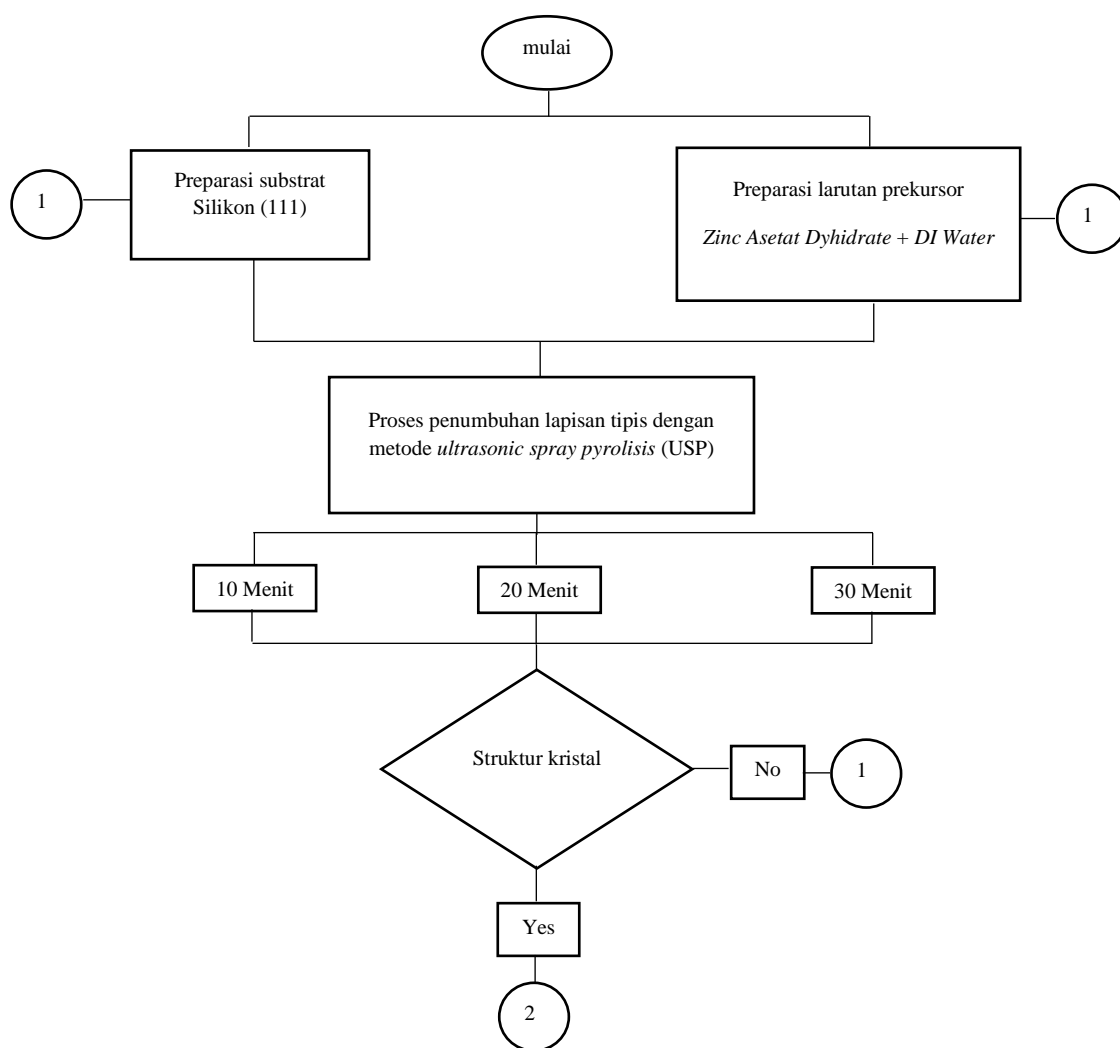
Spesifikasi alat;

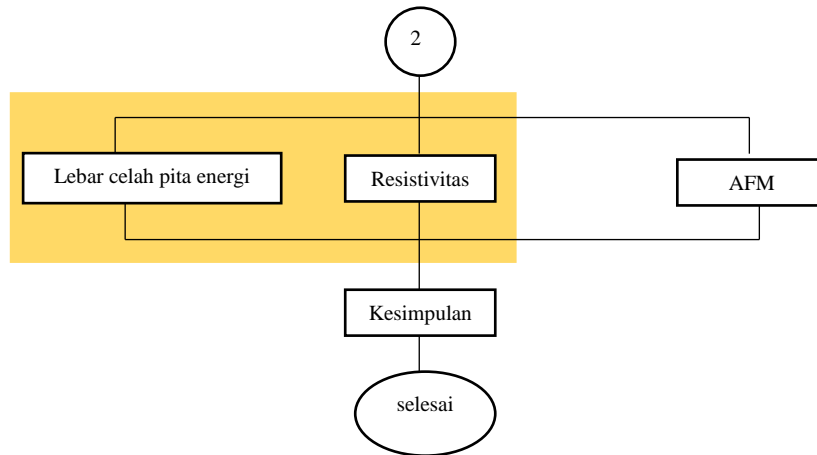
Tabel 3.3. Spesifikasi UV-Vis U3900H^[29]

Monochromator	Double monochromator Seya-Namioka mount
<i>Range panjang gelombang</i>	190 to 900 nm
Sumber cahaya	deuterium lamp D2: Ultraviolet

	Tungsten iodine: Visible
<i>detector</i>	Photomultiplier
Dimensi	680 (W) × 692 (D) × 257 (H) mm
Berat	45 kg
Pemakaian Daya	100 V AC 50/60 Hz, 300 VA

3.5 Diagram Alir Penelitian





3.6 Teknik penumbuhan Lapisan Tipis ZnO

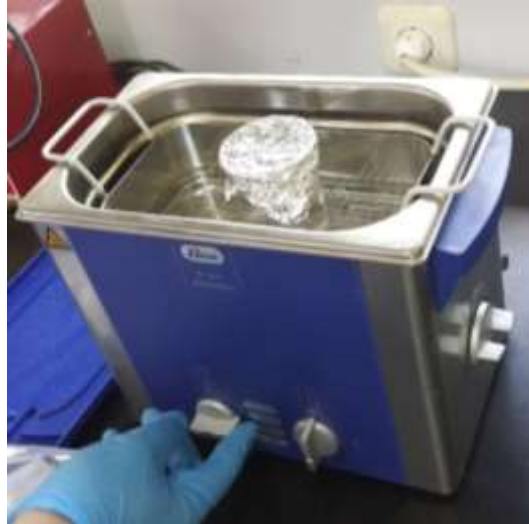
1. Mempersiapkan larutan prekursor

- Membersihkan seluruh alat yang digunakan dengan air deionisasi menggunakan *ultrasonic bat*.
- Menimbang *Zinc Asetat Dyhidrate* sebesar 4,39 gram (lampiran 1)



Gambar 3.3. Menimbang *Zinc Asetat Dyhidrate*

- Mencampurkan *Zinc Asetat Dyhidrate* dengan 100 mL air deionisasi lalu digetarkan menggunakan *ultrasonic cleaner* selama 15 menit.



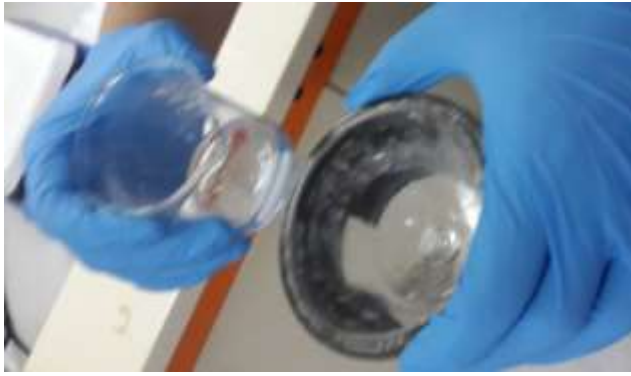
Gambar 3.4. Menggetarkan campuran *zinc asetat dyhidrate + DI-water*

2. mempersiapkan substrat silikon (111)

- Memotong substrat silikon (111) sebesar 1x1 cm
- Membersihkan substrat silikon (111) menggunakan isopropanol
- Menggetarkan substrat silikon tersebut menggunakan *ultrasonic bat* selama 15 menit.
- Mengkeringkan Substrat silikon (111).

3. Penumbuhan Lapisan Tipis

- Meletakkan substrat silikon (111) di atas *hot plate*
- Memasukan larutan homogen (air deionisasi + *Zinc Asetat Dyhidrate*) ke dalam *ultrasonic nebulizer*.



Gambar 3.5 Memasukan larutan ke dalam *ultrasonic nebulizer*

- Memanaskan *hot plate* hingga suhu 450°C.



Gambar 3.6 Memanaskan sampel 450°C.

- Setelah suhu mencapai 450°C, pengkabutan dimulai dengan waktu tumbuh yang divariasikan yaitu 10 menit, 20 menit, 30 menit.






Gambar 3.7 Pengkabutan dengan memvariasikan waktu tumbuh

BAB IV

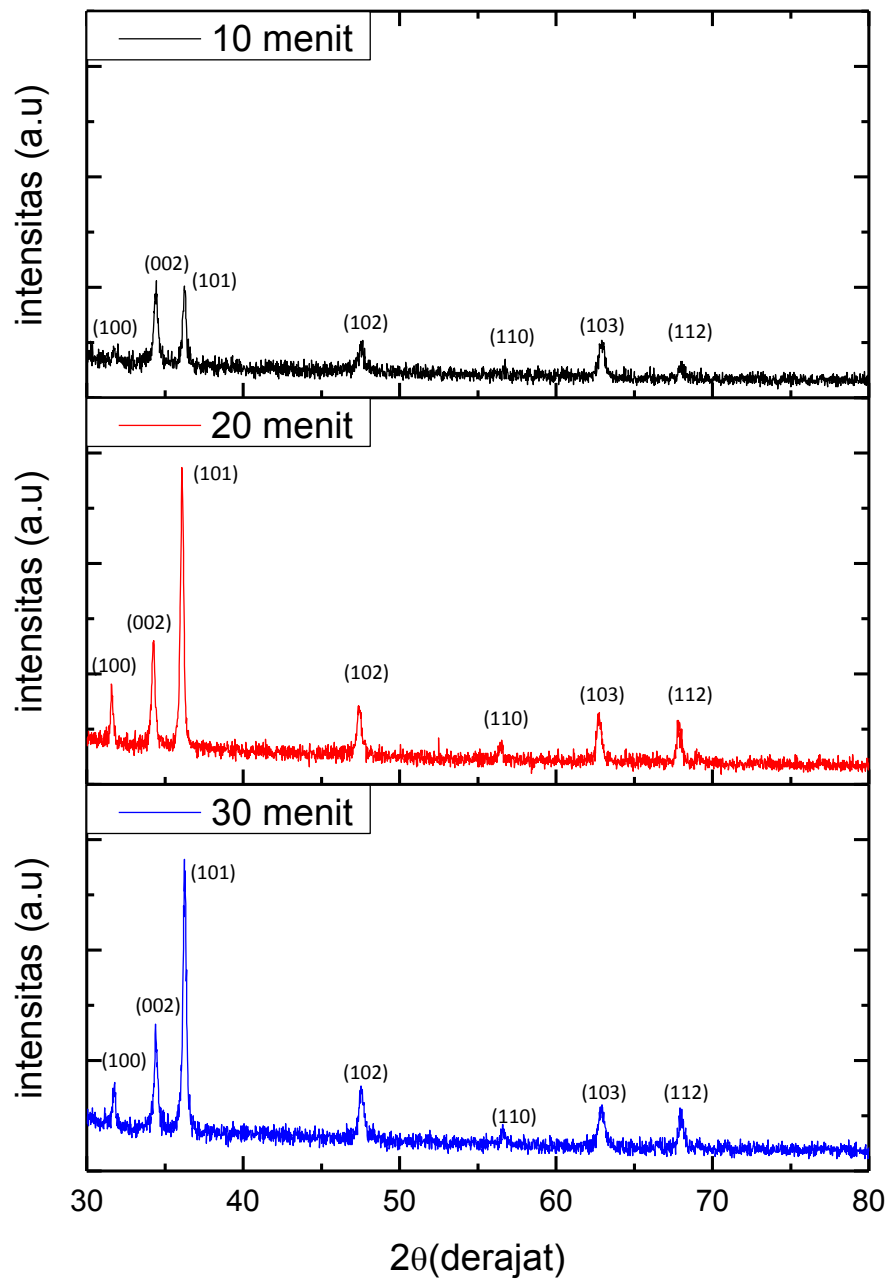
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini telah dihasilkan sampel lapisan tipis ZnO yang ditumbuhkan di atas substrat silikon menggunakan metode *ultrasonic spray pyrolysis* (USP). Proses penumbuhan lapisan tipis ZnO dilakukan dengan parameter yang ditunjukkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Parameter penumbuhan lapisan tipis ZnO.

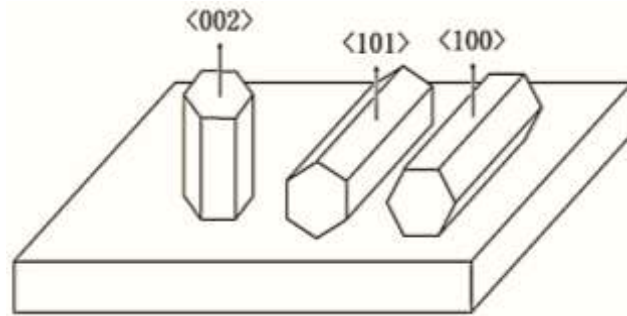
Sampel	Konsentrasi (mol)	Suhu (°C)	Waktu Tumbuh (menit)	Foto Sampel
A	0,02	450	10	
B	0,02	450	20	
C	0,02	450	30	

Eksperimen ini mempelajari sifat listrik dan sifat optik. Sifat listrik dianalisis melalui pengukuran I-V dengan metode *four point* dan sifat optik di analisis dengan spektrometer UV-Vis (*diffuse reflectance*). Hasil karakterisasi struktur kristal akan dibahas untuk mengetahui struktur kristal dan cacat kristal lapisan tipis ZnO yang akan digunakan untuk mempelajari sifat listrik dan sifat optik lapisan tipis ZnO. Struktur kristal lapisan tipis ZnO merepresentasikan hasil sebagai berikut^[32]:



Gambar 4.1 Grafik XRD lapisan tipis ZnO dengan waktu tumbuh^[32].

Berdasarkan hasil grafik XRD di atas, lapisan tipis ZnO memiliki struktur polikristal hexagonal *wurtzite* dengan orientasi bidang kristal (100), (002), (101), (102), (110), (103) dan (112) dan orientasi bidang kristal utama yang dikaji yaitu (100), (002), (101). Secara umum, penumbuhan kristal pada bidang (100), (002), dan (101) di gambarkan seperti gambar 4.2.



Gambar 4.2. Gambaran umum penumbuhan kristal lapisan tipis ZnO pada berbagai bidang^[33].

Seperti yang digambarkan pada gambar 4.2, ketika suatu material memiliki bidang yang dominan vertikal (002) maka akan semakin banyak bidang kristal yang terbentuk namun ketika material memiliki bidang yang dominan horizontal (101)/(100) maka kristal yang terbentuk akan sedikit^[33]. Pada penelitian ini, ketika waktu tumbuh 10 menit *preferential orientation* berada pada (002) sedangkan pada waktu tumbuh 20 menit dan 30 menit *preferential orientation* berada pada (101). Tabel 4.2 merupakan tabel data XRD pada orientasi bidang kristal (101). Berdasarkan tabel 4.2 dapat dilihat pada waktu tumbuh 20 menit memiliki ukuran kristal yang lebih besar bila dibandingkan dengan lapisan tipis ZnO dengan waktu tumbuh 10 dan 30 menit yaitu 41,8 nm. Hal tersebut memungkinkan pada lapisan tipis ZnO dengan waktu tumbuh 20 menit memiliki kristalinitas yang baik.

Tabel 4.2 Tabel data struktur XRD pada orientasi bidang (101).

Waktu Tumbuh	Arah Bidang (hkl)	Posisi Puncak 2θ (deg)	FWHM (deg)	c (Å)	a (Å)	<i>d-spacing</i> (Å)	Ukuran kristalin (nm)	Strain (%)
10 menit	(101)	36,224	0,344	5,229	3,239	2,477	24,300	0,459
20 menit		36,178	0,200	5,222	3,238	2,487	41,800	0,267
30 menit		36,255	0,203	5,217	3,235	2,476	41,200	0,271

4.1 Sifat Listrik lapisan tipis ZnO

Sifat listrik (resistivitas) diukur dengan metode *four point* menggunakan alat FPP-5000 Veeco. FPP-5000 Veeco didasarkan pada 4 buah probe dimana dengan 2 buah probe berfungsi untuk mengalirkan arus listrik dan 2 probe yang lain untuk mengukur tegangan listrik^[3]. Perolehan nilai resistivitas menggunakan persamaan (15).

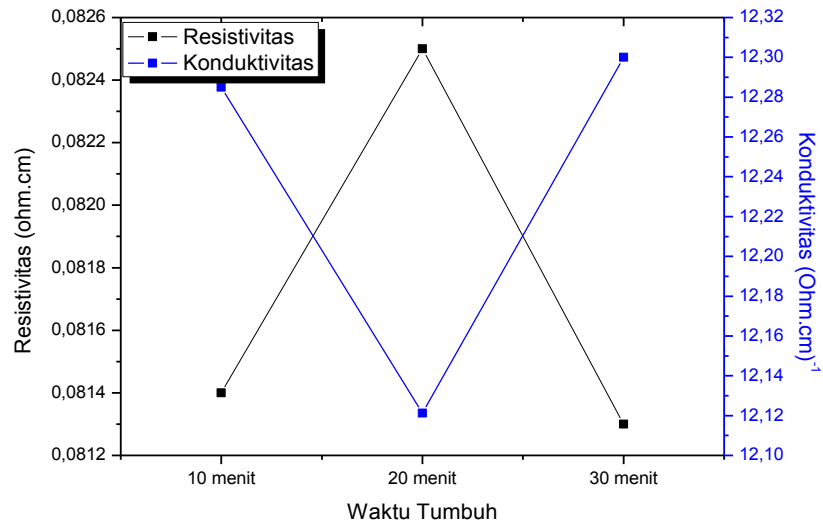
$$\rho = 2\pi s \frac{V}{I} \quad (15)$$

Di mana ρ merupakan resistivitas ($\Omega \text{ cm}$), s adalah jarak antar *probe* (cm), V adalah sumber tegangan (V), I adalah sumber arus (A). Sehingga dari pengukuran tersebut diperoleh hasil resistivitas pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Data hasil sifat listrik lapisan tipis ZnO.

Sampel	Resistivitas (Ωcm)	Konduktivitas (Ωcm) ⁻¹
10 menit	0,0814	12,2850
20 menit	0,0825	12,1212
30 menit	0,0813	12,3001

Berdasarkan hasil tersebut, didapatkan nilai resistivitas yang bervariasi menunjukkan pengaruh waktu tumbuh terlihat seperti gambar 4.3.



Gambar 4.3 Resistivitas dan konduktivitas lapisan tipis ZnO

Resistivitas pada waktu tumbuh 20 menit sebesar 0,0825 Ωcm lebih besar bila dibandingkan dengan resistivitas pada waktu tumbuh 10 menit dan 30 menit yakni sebesar 0,0814 Ωcm dan 0,0813 Ωcm dan konduktivitas pada waktu tumbuh 20 menit memiliki sifat kelistrikan yang kurang baik dibandingkan dengan lapisan tipis pada waktu tumbuh 10 menit dan 30 menit yakni memiliki konduktivitas sebesar 12,1212 (Ωcm)⁻¹. Nilai resistivitas yang bervariasi karena adanya perpindahan elektron yang berpengaruh pada kepadatan pembawa (Zhang, dkk)^[20]. Perpindahan elektron yang berpengaruh pada resistivitas dipengaruhi oleh lebar antar bidang (*d-spacing*) (Gao, dkk)^[31]. Pada *preferential orientation* (101) dengan waktu tumbuh 10 menit memiliki lebar *d-spacing* 2,477 Å, pada waktu tumbuh 20 menit sebesar 2,487 Å, dan 2,476 Å pada waktu tumbuh 30 menit.

Pada penelitian ini, Lebar *d-spacing* sebanding dengan resistivitas yang mana ketika *d-spacing* besar maka elektron akan sulit untuk berpindah ke bidang lain (dimungkinkan mobilitas elektron kecil) sehingga resistivitasnya akan tinggi

begitupun sebaliknya ketika *d-spacing* kecil maka elektron akan mudah untuk berpindah ke bidang lain (dimungkinkan mobilitas elektron tinggi) sehingga resistivitasnya akan kecil. Lebar *d-spacing* dimungkinkan dipengaruhi oleh cacat alamiah pada struktur kristal lapisan tipis ZnO seperti interstisi Zn atau kekosongan (vacancy) O^[34]. Atom Zn bermigrasi ke batas butir yang berperan sebagai penghalang bagi pertumbuhan batas butir yang mengakibatkan menurunnya ukuran kristal. Pertumbuhan kristal tersebut mempengaruhi besar kecilnya nilai *d-spacing*.

Lapisan tipis ZnO tersebut bersifat ohmik karena memiliki resistivitas yang relatif kecil apabila dibandingkan dengan hasil resistivitas pada penelitian sebelumnya. Perbandingan hasil resistivitas dari berbagai penelitian dapat dilihat pada tabel 4.4

Tabel 4.4. Perbandingan resistivitas dari berbagai penelitian.

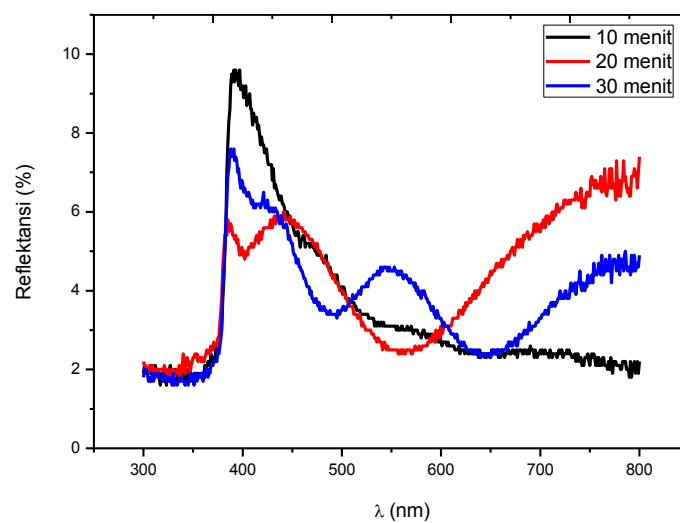
<i>Author</i>	Metode penumbuhan lapisan tipis	Resistivitas (Ωcm)	Metode
Kiki W, dkk ^[31]	<i>Dc Magnetron Sputtering</i>	$(1-2) \times 10^6$	<i>Two point</i>
Said, dkk ^[20]	<i>Ultrasonic spray pyrolysis</i>	(0,13-0,15)	<i>Co-plannar</i>
Feri A ^[19]	<i>MOCVD</i>	$\pm 3,42$	<i>Two point</i>
Mugi R ^[35]	<i>Dc Magnetron Sputtering</i>	$(0,62-0,65) \times 10^{-3}$	<i>Four point</i>
T. David ^[36]	<i>FVAD</i>	$(1-5) \times 10^{-2}$	<i>Four point</i>
S. Agrawal ^[10]	<i>Reactive DC magnetron sputtering</i>	$1,5 \times 10^{-3}$	<i>Four point</i>

Chaabouni ^[30]	<i>Sputtering</i>	7×10^{-3} sampai $8 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$	<i>Four point</i>
---------------------------	-------------------	--	-------------------

Berdasarkan tabel 4.4 pengukuran resistivitas dapat menggunakan berbagai metode seperti yang telah disebutkan, namun metode yang lebih baik adalah metode *four point* yang mana pada metode ini, tidak adanya resistansi parasit yang ditimbulkan saat pengukuran^[3]. Hal tersebut dikonfirmasi oleh data pada tabel 4.4 yang menyimpulkan jika hasil resistivitas pada metode *four point* relatif lebih kecil bila dibandingkan dengan metode *two point* dan *co-plannar*.

4.2 Sifat optik lapisan tipis ZnO

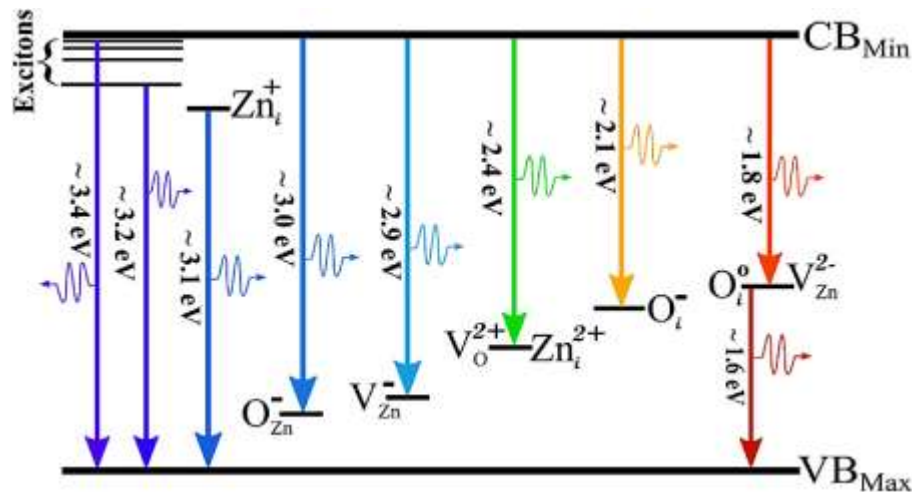
Sifat optik lapisan tipis ZnO diukur menggunakan UV-VIS U-3900H (*diffuse reflectance*). UV-VIS melakukan pengukuran reflektansi di daerah ultraviolet (200-400 nm) dan sinar tampak (400-800 nm) dan memberikan hasil sebagai berikut;



Gambar 4.4 Grafik data reflektansi

Gambar 4.4 merupakan hasil reflektansi pada lapisan tipis ZnO. Hasil tersebut memaparkan bahwa pada panjang gelombang 400 nm, saat waktu tumbuh 10 menit memiliki intensitas paling tinggi yaitu 10%, pada waktu tumbuh 30 menit memiliki intensitas 8% dan 6% untuk waktu tumbuh 20 menit. Pada panjang gelombang 550 nm waktu tumbuh 30 menit lebih tinggi intensitasnya yaitu 5%, pada waktu tumbuh 10 menit yaitu 4% dan 2% pada waktu tumbuh 20 menit. Hal tersebut dipengaruhi oleh distribusi *defect* yang berbeda pada struktur kristal lapisan tipis ZnO di masing-masing waktu tumbuh.

Pada panjang gelombang UV (< 400 nm) dan Vis (400-800) nm memiliki *defect* yang beragam seperti interstisi Zn dan kekosongan O^[34]. Pada rentan UV-Vis, distribusi *defect* dari berbagai tingkatan energi dapat digambarkan seperti gambar 4.5 dan merepresentasikan warna pada berbagai panjang gelombang^[37].

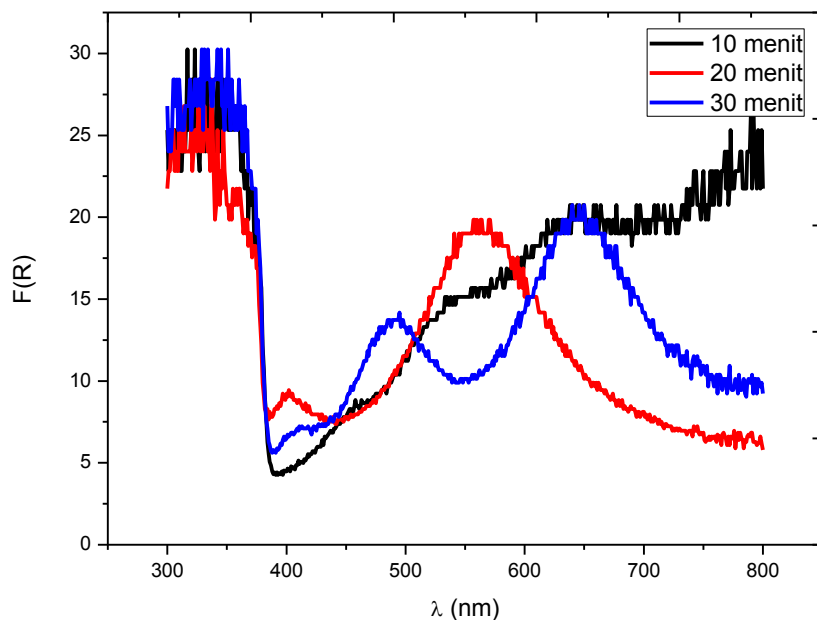


Gambar 4.5 Distribusi *defect*^[37].

Berdasarkan gambar tersebut, pada tingkatan energi 3,1 – 3,2 eV memiliki *defect* interstisial Zn, pada tingkatan energi 3,0 eV memiliki *defect* substitusi atom O,

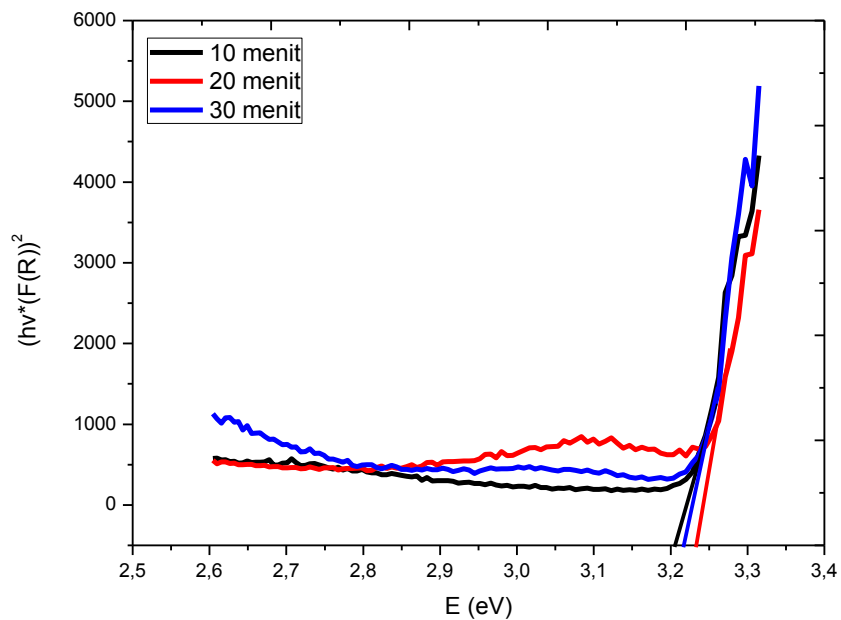
pada energi 2,9 eV memiliki *defect* kekosongan atom O, dll. Distribusi *defect* inilah yang mempengaruhi variasi pada grafik reflektansi (gambar 4.4) dan grafik spektrum penyerapan (gambar 4.6) yang berpengaruh pada lebar celah pita energi.

Penggunaan *difusse reflectance* berkaitan dengan fungsi Kubelka-Munk. Fungsi Kubelka-Munk digunakan untuk mengkonversi pengukuran reflektansi ke spektrum penyerapan^[15]. Berdasarkan gambar 4.6 terdapat kurva tajam yang disebut tepi absorpsi yakni pada panjang gelombang 375- 400 nm. Hal ini mengindikasikan lebar celah pita energi yang dimiliki lapisan tipis ZnO. Grafik hubungan antara fungsi Kubelka-Munk dengan panjang gelombang mengakibatkan transisi elektron, yaitu perpindahan elektron-elektron dari orbital keadaan dasar yang berenergi rendah ke orbital keadaan tereksitasi berenergi lebih tinggi. Hal tersebut direpresentasikan pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Grafik F(R) dengan panjang gelombang

Perpindahan elektron dipengaruhi oleh lebar celah pita energi yang mana jika lebar celah pita energi kecil maka elektron akan mudah berpindah dan berlaku sebagai konduktor begitupun sebaliknya ketika lebar celah pita energi besar maka elektron akan sulit berpindah dan bahan tersebut akan berlaku sebagai isolator. Perhitungan lebar celah pita energi melalui metode Tauc (lampiran 4) yang merepresentasikan hasilnya sebagaimana ditunjukkan pada gambar 4.7



Gambar 4.7 Grafik penentuan celah pita energi.

Berdasarkan gambar 4.7, maka lebar celah pita energi pada waktu tumbuh 10, 20 dan 30 menit di paparkan pada tabel 4.5

Tabel 4.5. Tabel data celah pita energi

Waktu Tumbuh	Celah Pita Energi (eV)
10 menit	3,20
20 menit	3,22
30 menit	3,21

Celah pita energi lapisan tipis ZnO bervariasi yang menunjukkan variasi waktu tumbuh yang digunakan berpengaruh pada hasil lebar celah pita energi. Lebar celah pita energi dipengaruhi oleh nilai serapan yang tinggi yang menyebabkan banyak elektron yang tereksitasi. Elektron yang tereksitasi dimungkinkan dipengaruhi oleh ukuran kristal pada lapisan tipis ZnO yang mana jika ukuran kristal besar maka lebar celah pita energi akan besar dan jika ukuran kristal kecil maka lebar celah pita energi akan kecil. Ukuran kristal dimungkinkan dipengaruhi oleh cacat alamiah pada struktur kristal lapisan tipis ZnO seperti interstisi Zn atau kekosongan (*vacancy*) O^[34]. Pada penelitian ini, berdasarkan gambar 4.3 cacat kristal alamiah yang dimiliki lapisan tipis ZnO dengan waktu tumbuh 10, 20, dan 30 menit dimungkinkan adalah interstisial Zn. Atom O yang mengalami penguapan pada suhu tinggi mengakibatkan banyaknya atom Zn^[38]. Atom Zn bermigrasi ke batas butir yang berperan sebagai penghalang bagi pertumbuhan batas butir yang mengakibatkan menurunnya ukuran kristal. Cacat alamiah dimungkinkan dapat dilihat pada besar kecilnya nilai regangan kisi (*strain*).

Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa nilai lebar celah pita energi terbesar ada pada waktu tumbuh 20 menit yaitu 3,22 eV yang dimungkinkan adanya kristalinitas yang baik pada pembentukan lapisan tipis ZnO namun hal

tersebut tidak terhadap sifat listrik yang baik. Sifat listrik dan sifat optik dipengaruhi oleh cacat kristal alamiah pada struktur kristal lapisan tipis ZnO.

Berdasarkan hasil pada penelitian ini yang diperlihatkan pada tabel 4.3 dan 4.5 kemudian dibandingkan dengan tabel 2.2 maka lapisan tipis ZnO dengan variasi waktu tumbuh yaitu 10, 20 dan 30 menit dapat diaplikasikan untuk jendela sel surya.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dipaparkan, maka dapat disimpulkan;

- Lapisan tipis yang terbentuk pada ketiga sampel tersebut memiliki struktur polikristal hexagonal *wurtzite*.
- Pengaruh waktu tumbuh terhadap resistivitas adalah semakin lama waktu tumbuhnya maka semakin tinggi resistivitasnya pada waktu tumbuh 10 dan 20 menit, namun terdapat anomali pada waktu tumbuh 30 menit.
- Besar nilai resistivitas dipengaruhi oleh lebar antar bidang yang akan berkesinambungan terhadap mobilitas elektron.
- Pengaruh waktu tumbuh terhadap lebar celah pita energi adalah ketika semakin lama waktu tumbuhnya maka lebar celah pita energi akan semakin besar. Hal itu terjadi pada waktu tumbuh 10 dan 20 menit dan adanya anomali pada 30 menit
- Besar nilai lebar celah pita energi dipengaruhi oleh ukuran kristal yang mana ketika ketika ukuran kristal semakin besar maka lebar celah pita energi akan semakin besar.
- Nilai ukuran kristal bergantung pada cacat kristal yang terdapat pada lapisan tipis ZnO. Ketika cacat kristal meningkat maka akan menekan laju pertumbuhan ukuran kristal. Hal ini yang mempengaruhi besarnya nilai lebar celah pita energi.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian ini, maka disarankan untuk;

- Melakukan *photo luminisence* untuk mengetahui jumlah cacat alamiah yang dimiliki lapisan tipis ZnO
- Menggunakan suhu tumbuh yang lebih tinggi namun dibawah *melting point* agar penyebaran molekul lebih merata dan ketebalan lapisan tipis akan lebih homogen.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aji, W.P, R.Priyotomo, I.Sugihartono, E. Handoko, B. Soegijono, dan M. Hikam. 2013. *Pengaruh Suhu Tumbuh terhadap Struktur Kristal Lapisan Tipis ZnO 0,02 mol*. Jurnal spektra. Universitas Negeri Jakarta. Indonesia.
- [2] Amananti, Wilda, dkk. 2015. *Analisis Sifat Optis Lapisan Tipis ZnO, TiO₂, TiO₂:ZnO, dengan dan Tanpa Lapisan Penyangga yang Dideposisikan Menggunakan Metode Sol-Gel Spray Coating*. Jurnal Fisika Indonesia No: 55, Vol XIX. Universitas Diponegoro. Indonesia.
- [3] Safitri, juwita, dkk. 2014. *Rancang Bangun Alat Ukur Resistivitas pada Lapisan Tipis Menggunakan Metode 4 Probe Berbasis ATmega 8535 Dengan Tampilan LCD Karakter 2 x 16*. Jurnal Fisika Unand Vol. 3, No. 2. Universitas Negeri Andalas. Indonesia
- [4] Jorena. 2009. *Menentukan Energi Gap Semikonduktor Silikon Melalui Pengukuran Resistansi Bahan pada Suhu Beragam*. Jurnal Penelitian Sains Volume 12 Nomer 1(B) 12104. Universitas Sriwijaya. Indonesia.
- [5] Sari, Lara Permata, Erfan Handoko, I. Sugihartono. 2015. *Studi Pengaruh Jumlah Mol Zinc Asetat Dyhidrate Terhadap Struktur Kristal dan Fotoluminisen Lapisan Tipis ZnO*. Jurnal Spektra. Universitas Negeri Jakarta. Indonesia.
- [6] Wirjoadi, dkk. 2007. *Sifat Optik Struktur Kristal dan Struktur Mikro Lapisan Tipis ZnO:Al Pada Substrat Kaca Sebagai Bahan TCO*. Jurnal ISSN 0216 - 3128. Batan. Indonesia.
- [7] Surono, Agustya, Tri, dkk. 2014. *Sifat Optik Zinc Oxide (ZnO) yang Dideposisi diatas Substrat Kaca Menggunakan Metode Chemical Solution Deposition (CSD) dan Aplikasinya Untuk Degradasi Zat Warna Methylene Blue*. Youngster physics journal ISSN 2303 - 7371. Universitas Diponegoro. Indonesia
- [8] Syamsuluri, Sri, dkk. 2012 *Pengaruh Konsentrasi Seng Asetat Dehidrat (Zn(CH₃COO)₂2H₂O) Terhadap Sifat Optik dan Struktur Kristal ZnO*. Jurnal FMIPA. Universitas Hasanudin. Indonesia
- [9] Wasan, dkk, 2012. *Synthesis Sol-Gel Derived Highly Transparent ZnO Thin Films for Optoelectronic Applications*. Advances in Materials

- Physics and Chemistry, 2012, 2, 11-16. University of Baghdad, Baghdad. Iraq.
- [10] Agrawal, dkk. 2013. *ZnO Thin Film Deposition for TCO Application in Solar Cell*. Conference Papers in Energy Volume 2013, Article ID 718692. India.
- [11] Eko H, dkk. 2013. *Pembuatan Lapisan Fotokatalis Zinc Oxide (ZnO) dengan Teknik Spray Coating dan Aplikasinya Pada Pengering Jagung*. Berkala Fisika ISSN: 1410-9662. Universitas Diponegoro. Indonesia.
- [12] Efendi Nur Hasim, dkk. 2014. *Pengaruh Temperatur Sintering Terhadap Sifat Optik Lapisan Tipis Zinc Oxide (ZnO) Yang Dideposisi Di atas Substrat Kaca dan Aplikasinya Untuk Mendegradasi Pewarna Methylene Blue*. Youngster physics journal. Universitas Diponegoro. Indonesia.
- [13] Sucheai, dkk. 2006. *ZnO transparent thin films for gas sensor applications*. Thin Solid Films 515 (2006) 551–554. Greece.
- [14] Kenanakis, dkk. 2014. *Ultrasonic Spray Pyrolysis Growth of ZnO and ZnO:Al Nanostructured Film: Application to Photocatalysis*. Materials Research Bulletin 60 (2014) 752–759. Greece.
- [15] Kamura, Kara. 2014. *Annealing Effects of ZnO Thin Films on P-Si(100) Substrate Deposited by PECVD*. Turk J Phys (2014) 38: 238 – 244. Turkish.
- [16] Taabouche, Adel, dkk. 2013. *Effect of Substrates on the Properties of ZnO Thin Films Grown by Pulsed Laser Deposition*. Advances in Materials Physics and Chemistry, 2013, 3, 209-213. University of Algeria. Algeria.
- [17] Lopez, Rosendo, dkk. 2011. *Band-gap Energy Estimation From Diffuse Reflectance Measurements on Sol-gel and Commercial TiO₂: a Comparative Study*. Journal of Sol-Gel Sci Technol (2012) 61:1–7. Mexico.
- [18] Nugraha, dkk. 2006. *Pendeposisian Sambungan p-n CuInSe₂ Multilayer-ZnO dengan Metode RF Sputtering dan Karakterisasinya*. Berkala MIPA, 16(3). Universitas Gajah Mada. Indonesia.

- [19] Adriyanto, Feri. 2002. *Identifikasi Parameter – Parameter Yang Berpengaruh Dalam Penumbuhan Lapisan Tipis ZnO Dengan Metode MOCVD*. ISSN0 216-312. Indonesia.
- [20] Benramache, dkk. 2013. *Influence of growth time on crystalline structure, conductivity and optical properties of ZnO thin films*. Journal of semiconductor Vol. 34, No. 2. Universitas Biskra Algeria. Algeria.
- [21] Handini, Niratia, dkk. 2012. *Sintesa Partikel ZrO₂ (Zirconium Oxide) Berpori dengan Menggunakan Metode Spray Pyrolysis*. Jurnal Teknik Pomits Vol. 1, No. 1, (2012) 1-4. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Indonesia.
- [22] Syuhada, dkk, 2008. *Pembuatan Konduktor Transparan Thin Film SnO₂ Dengan Menggunakan Teknik Spray Pyrolysis*. Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia ISSN No. 0854-3046 Volume 8 No Indonesia.
- [23] Manual book of Sono-Tek. 2012. Sono-Tek Cooperation. USA.
- [24] Ramadan, dkk. 2012. *On the Wavy Behaviour of Grain Growth in Sprayed Thin Films*. Int. J. Thin Film Sci. Tec. 2 No. 1, 1-8. Mesir.
- [25] H.L. M.A, dkk. 2013. *Nanostructured ZnO films with various morphologies prepared by ultrasonic spray pyrolysis and its growing process*. Applied surface 283 (2013) 1006-1011. Guangzhou. China.
- [26] Resnick & Halliday. 2011. *Principles of physics*. 9 edition. Wiley.
- [27] Subba, dkk. 2012. *Effect of film thickness on the structural morphological and optical properties of nanocrystalline ZnO films formed by RF magnetron sputtering*. Adv. Mat. Lett. 2012, 3(3), 239-245. India.
- [28] Manual book of pike technologies. 2011. Cottonwood Drive Madison.
- [29] Manual book of Hitachi high-tech U3900/U3900H. 2009. Soy Ink. Japan.
- [30] Chaabouni, dkk. 2013. *Physical Properties of TCO - ZnO Thin Films Sputtered from a Powder Target*. Chinese Journal of Physics VOL. 52, NO. 1-I. Tunis.
- [31] Wahyuningsih, Kiki, dkk 2013. *Konduktivitas dan Transmittansi Film Tipis zinc oxide yang Dideposisikan Pada Temperatur Ruang*. Unnes physics journal UPJ 2 (1). Universitas Negeri Semarang, Indonesia

- [32] Mutia, ayu dkk. 2016. *Studi Pengaruh Waktu Tumbuh Terhadap Struktur dan Morfologi Lapisan Tipis ZnO*. Skripsi. Universitas Negeri Jakarta. Indonesia
- [33] Polat, Ismail. 2014. *The influence of Cu-doping on structural, optical and photocatalytic properties of ZnO nanorods*. Jurnal Elsevier.Turki.
- [34] Jejurikar, dkk. 2006. *Structural, morphological, and electrical characterization of heteroepitaxial ZnO thin films deposited on Si (100) by pulsed laser deposition: Effect of annealing (800°C)*. J. Appl. Phys. 99, 014907. Amerika.
- [35] Raharjo, Mugi. 2009. *Struktur Kristal, Sifat Listrik (Resistivitas), dan Sifat Optik Film Tipis ZnO dengan Doping Al yang Ditumbuhkan Dengan Metode DC Magnetron Sputering*. Unnes physics journal. Universitas Negeri Semarang. Indonesia.
- [36] David, dkk. 2012. *Dependence of Zinc Oxide Thin Films Properties on Filtered Vacuum Arc Deposition Parameters*. Tel Aviv 69978. Israel.
- [37] Chitra, jay, dkk. 2015. *Effect of pH on Crystal Size and Photoluminescence Property of ZnO Nanoparticles Prepared by Chemical Precipitation Method*. Acta Metallurgica Sinica (English Letters). Inggris.
- [38] Saravanakumar, dkk. 2011. *Columnar Growth of Nanocrystalline ZnO Thin Films Prepared through RF Magnetron Sputtering*. Adv. Studies Theor. Phys., Vol. 5, 2011, no. 3, 143 – 154. India
- [39] Kanda. *Measurements of Band Gap in Compound Semiconductors - Band Gap Determination from Diffuse Reflectance Spectra*. Jurnal SHIMADZU. Jepang.
- [40] Maddu, Akhirudin. 2006. *Struktur dan Sifat Optik Film ZnO Hasil Deposisi dengan Teknik Spin-Coating Melalui Proses Sol-Gel*. Jurnal. Institut Pertanian Bogor (IPB). Indonesia.

LAMPIRAN

Lampiran 1

Menghitung berat bubuk *Zinc Asetat Dyhidrate*.

$$\text{gr} = n \times \text{Mr} \quad (16)$$

dengan $n = 0,02$ mol dan $\text{Mr} = 219,5$
sehingga didapatkan $\text{gr} = 4,39$ gram

Lampiran 2

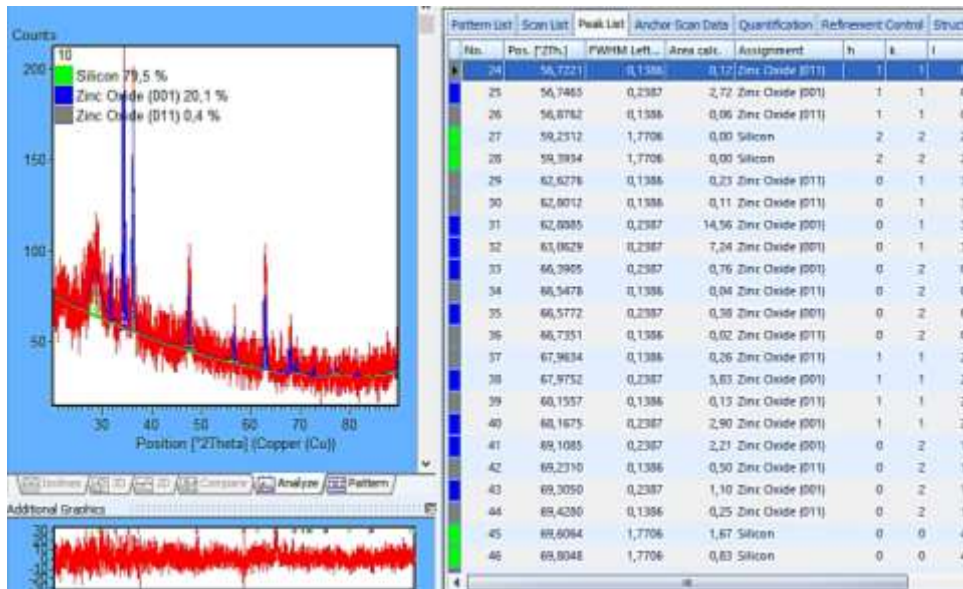
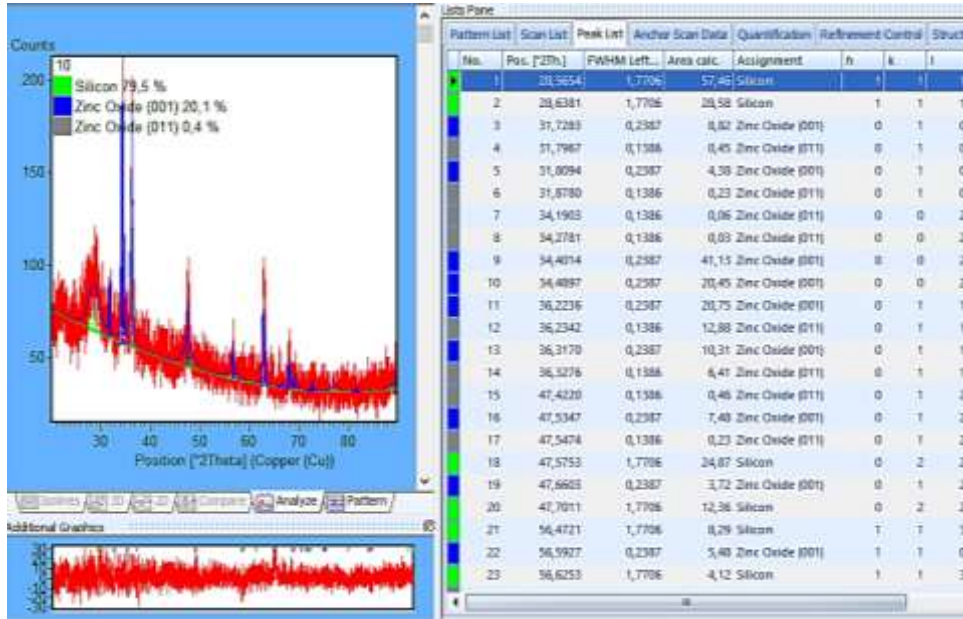
Dokumentasi pada penumbuhan lapisan tipis ZnO.

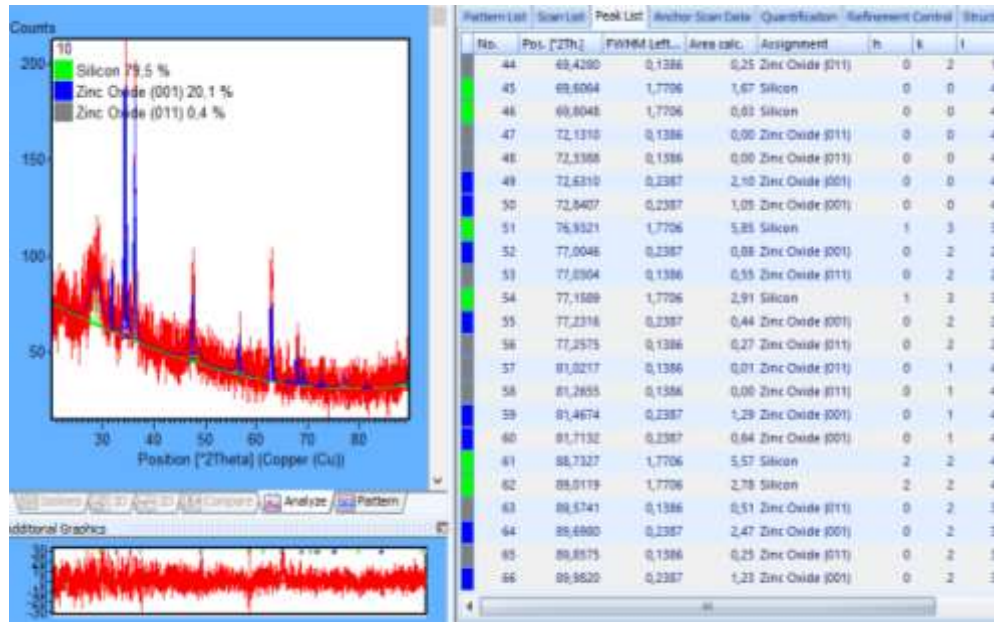


Lampiran 3

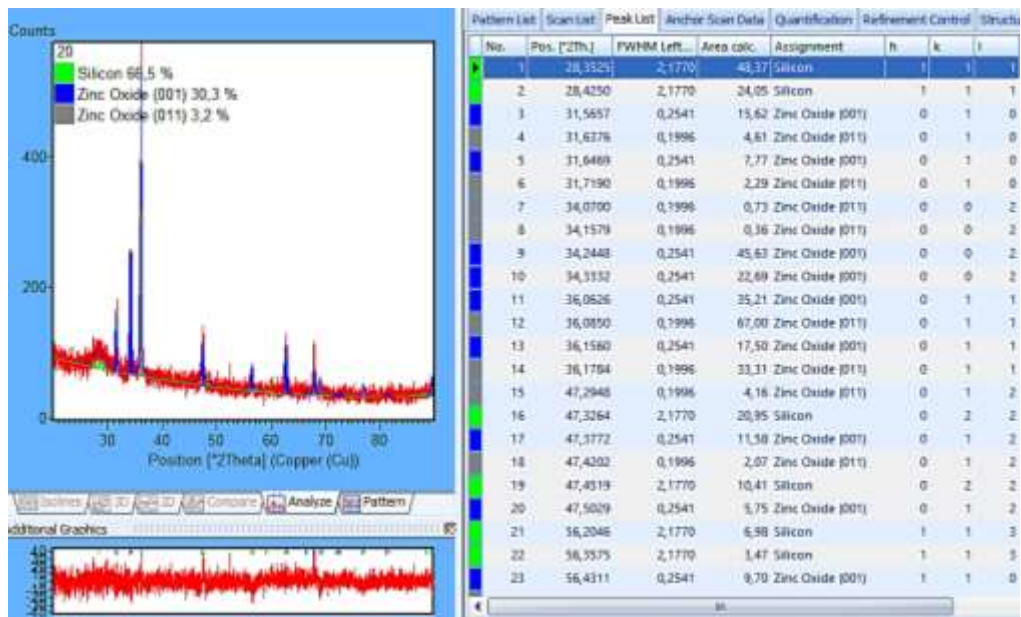
Data hasil XRD dan fasa yang terbentuk

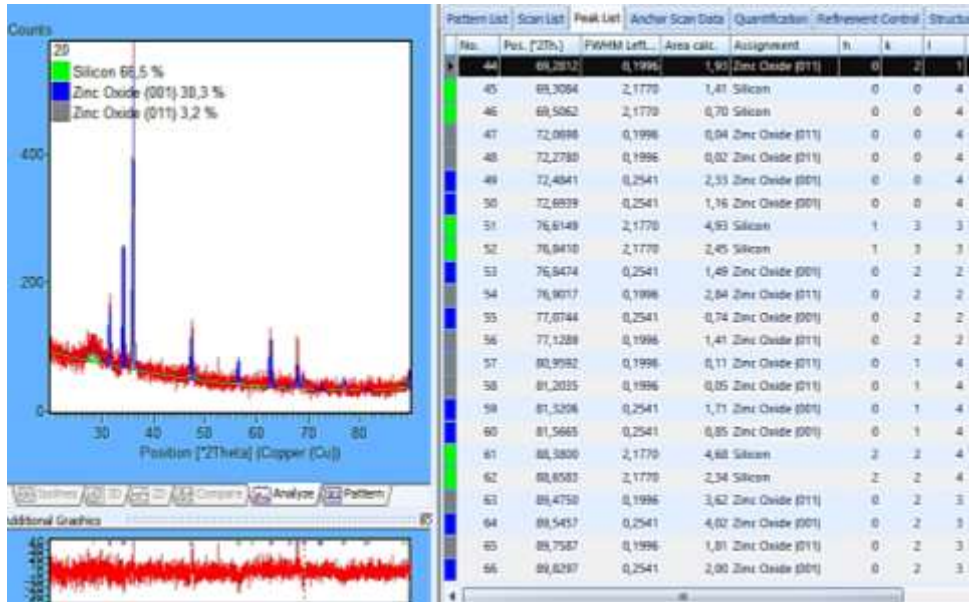
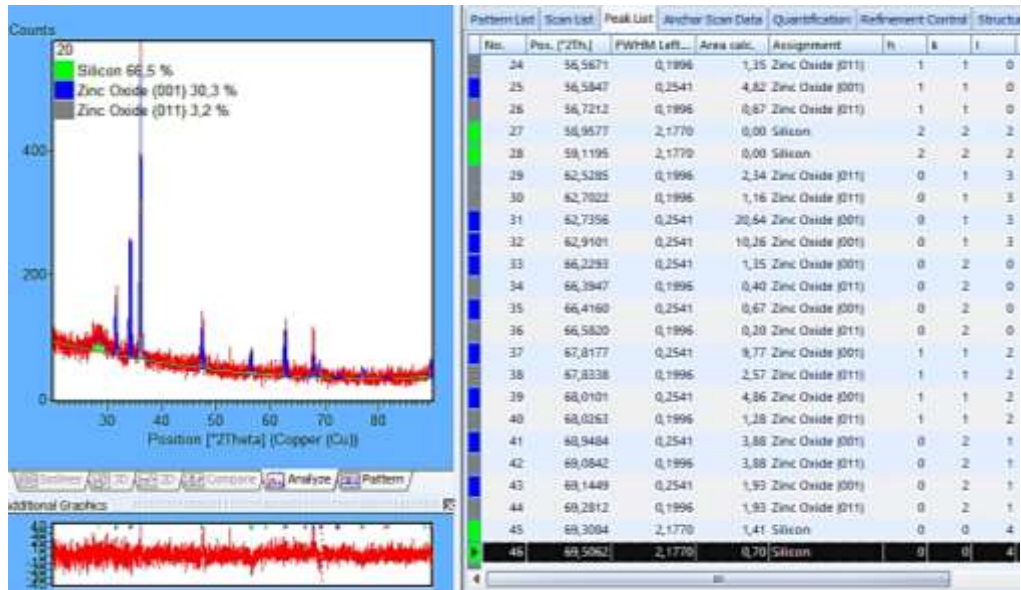
- lapisan tipis ZnO dengan variasi waktu tumbuh 10 menit



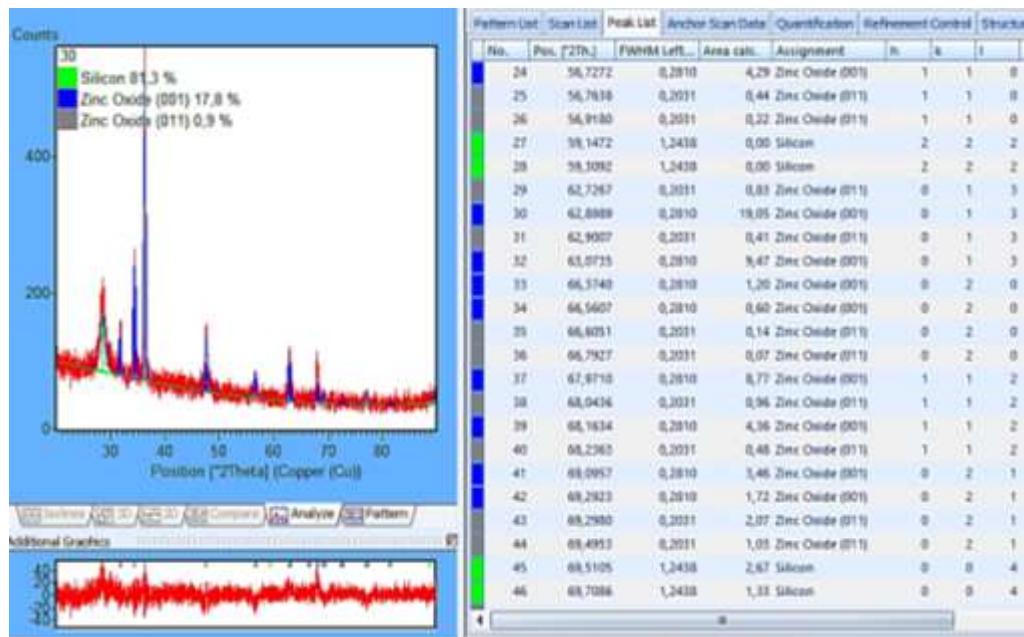
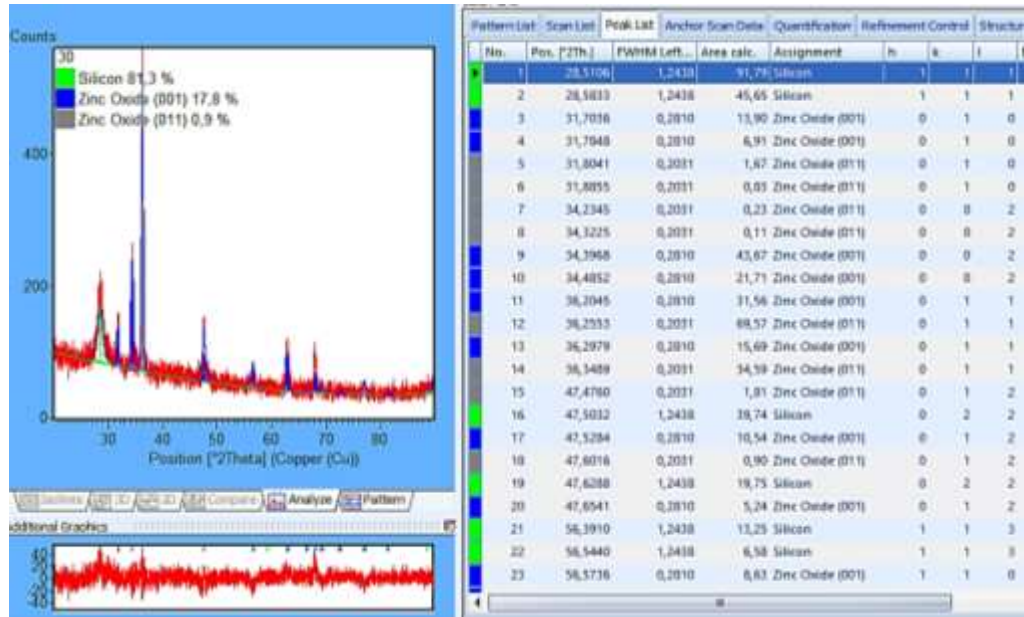


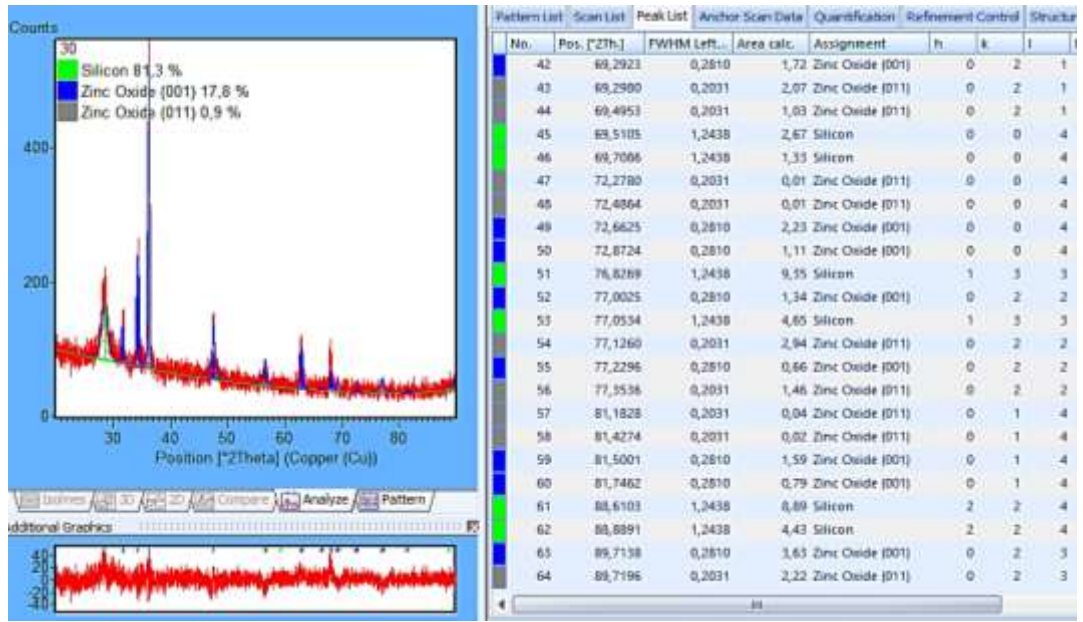
- lapisan tipis ZnO dengan variasi waktu tumbuh 20 menit





- lapisan tipis ZnO dengan variasi waktu tumbuh 30 menit





- Tabel data struktur kristal pada lapisan tipis ZnO dengan orientasi 3 bidang utama.

Waktu Tumbuh	Arah Bidang (hkl)	Posisi Puncak 2 θ (deg)	FWHM (deg)	Parameter kisi (\AA) (a)	Parameter kisi (\AA) (c)	<i>d-spacing</i> (\AA)	Ukuran kristalin (nm)	Regangan Kisi (%)
10 menit	(100)	31,728	0,344	3,239	5,229	2,812	41,300	0,306
	(002)	34,401	0,344			2,605	24,200	0,458
	(101)	36,224	0,344			2,477	41,800	0,459
20 menit	(100)	31,719	0,200	3,238	5,222	2,826	41,300	0,307
	(002)	34,333	0,254			2,616	32,700	0,359
	(101)	36,178	0,200			2,487	41,800	0,267
30 menit	(100)	31,704	0,281	3,235	5,217	2,820	29,400	0,431
	(002)	34,397	0,281			2,605	29,600	0,359
	(101)	36,255	0,203			2,476	41,200	0,271

Lampiran 4

Menghitung celah pita energi pada metode diffuse reflectance^[39].

- Hasil reflektansi yang didapatkan dari UV-Vis U3900H alat memiliki satuan (%), oleh karena itu ubah ke bentuk bukan persen dengan membagi dengan 100.

λ	Intensitas (%) 10'	Intensitas (%) 20'	Intensitas (%) 30'	Intensitas 10'	Intensitas 20'	Intensitas 30'
300	1,9	2,2	1,8	0,019	0,022	0,018
301	2,1	2,1	2	0,021	0,021	0,02
302	1,9	2,1	1,9	0,019	0,021	0,019
303	1,9	2	2	0,019	0,02	0,02
304	2	1,9	1,9	0,02	0,019	0,019
305	1,9	1,9	1,7	0,019	0,019	0,017
306	1,9	2,1	1,7	0,019	0,021	0,017
307	2	2	1,8	0,02	0,02	0,018

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

$$F(R) = \frac{(1 - R)^2}{2R} \quad (17)$$

λ	F(R) 10'	F(R) 20'	F(R) 30'
300	25,325	21,738	26,787
301	22,820	22,820	24,010
302	25,325	22,820	25,325
303	25,325	24,010	24,010
304	24,010	25,325	25,325
305	25,325	25,325	28,420
306	25,325	22,820	28,420
307	24,010	24,010	26,787
308	25,325	22,820	28,420

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

$$(\alpha hv)^{\frac{1}{n}} = A(hv - E_g) \quad (18)$$

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

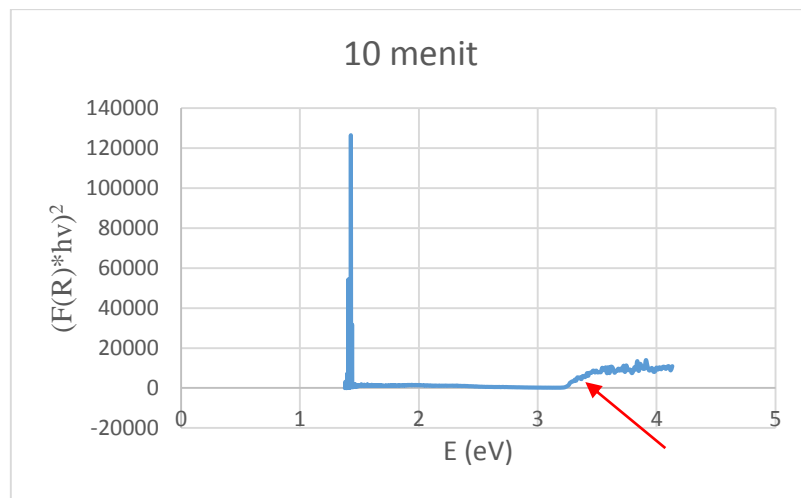
- Mengubah persamaan Tauc dengan menggantikan α dengan $F(R)$

$$(F(R)hv)^2 = A(hv - E_g) \quad (19)$$

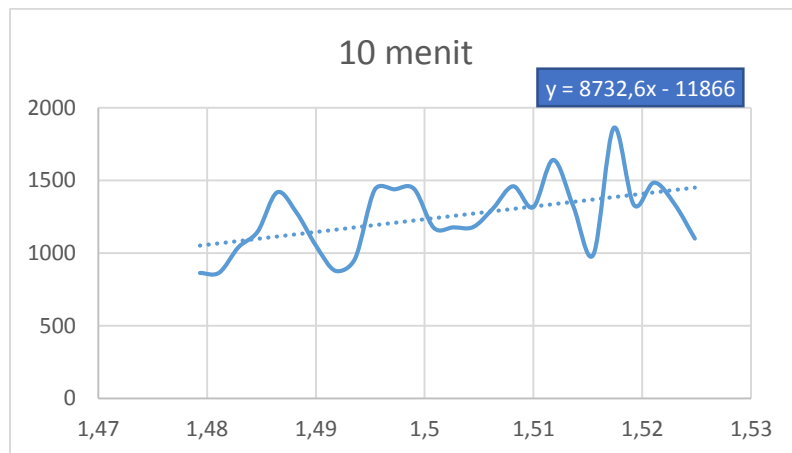
- Membuat grafik dengan energi (E) sebagai sumbu (x) dan $(F(R)hv)^2$ sebagai sumbu (y).
- $E = hv = 1239,7/\lambda$ dalam satuan (eV)

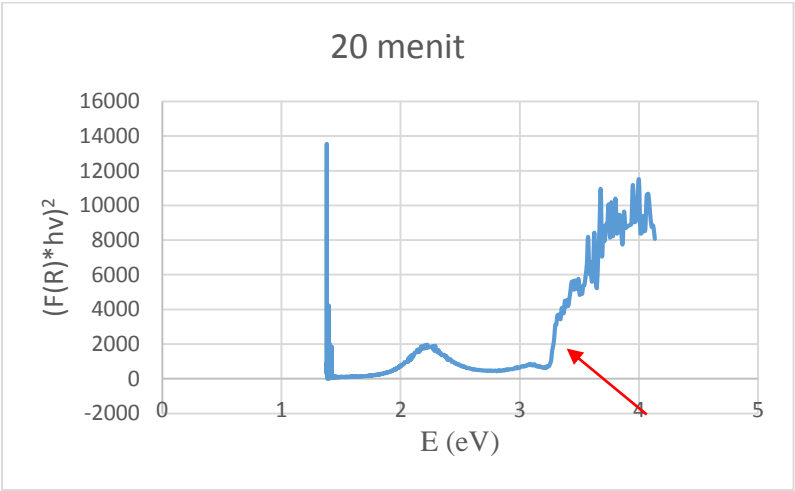
1	λ	E	$(F(R) \cdot hv)^2 10'$	$(F(R) \cdot hv)^2 20'$	$(F(R) \cdot hv)^2 30'$
2	300	4,1323	10952,1537	8069,3910	12252,6956
3	301	4,1186	8833,4915	8833,4915	9778,7768
4	302	4,1050	10807,5724	8775,0885	10807,5724
5	303	4,0914	10736,3530	9650,1100	9650,1100
6	304	4,0780	9586,7269	10665,8353	10665,8353
7	305	4,0646	10596,0100	10596,0100	13344,1145
8	306	4,0513	10526,8682	8547,1738	13257,0406
9	307	4,0381	9400,2796	9400,2796	11700,3109
10	308	4,0250	10390,5995	8436,5320	13085,4302

➤ Membuat grafik berdasarkan data tersebut.

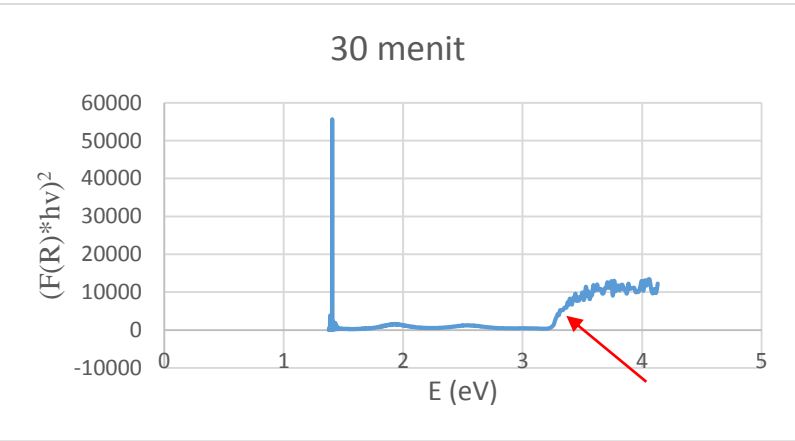
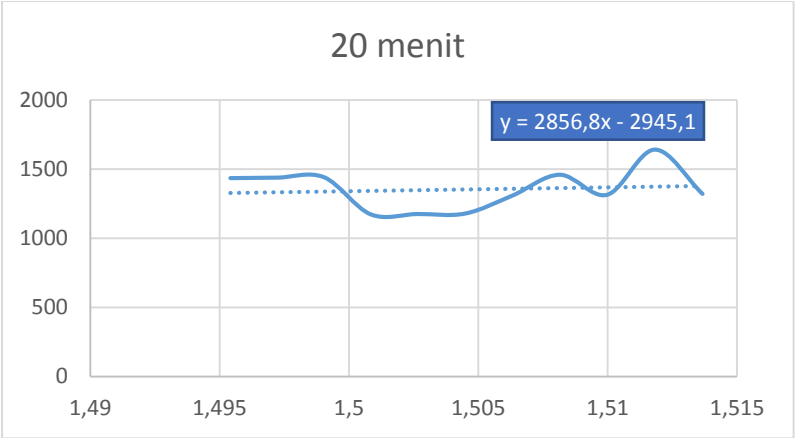


Membuat garis lurus pada daerah yang diberi tanda panah.

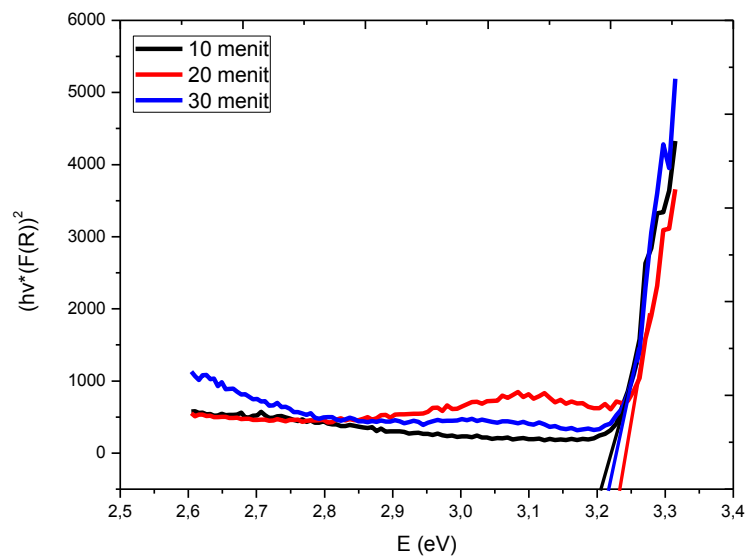
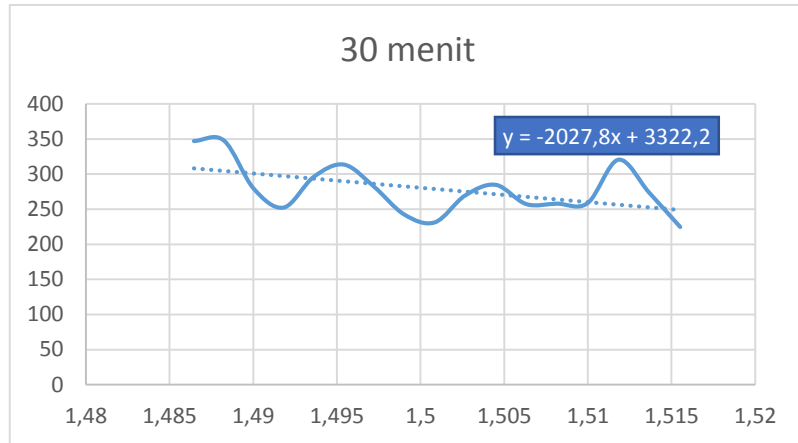




Membuat garis lurus pada daerah yang diberi tanda panah.



Membuat garis lurus pada daerah yang diberi tanda panah.



Dan Hasil lebar celah pita energi diketahui.

Waktu Tumbuh	Celah Pita Energi (eV)
10 menit	3,20
20 menit	3,22
30 menit	3,21

Lampiran 5

Bukti penerimaan presentasi ilmiah

Penilaian Makalah PPI KIM 2016

Nomor Editor : H

No. Makalah : Mak36

Judul :

PENGARUH WAKTU TUMBUH TERHADAP SIFAT LISTRIK LAPISAN TIPIS ZnO

No	Materi Penilaian	Ya	Tidak
	Judul		
1	Apakah judul menggambarkan substansi makalah?	✓	
	Abstract / Intisari		
2	Apakah abstract/intisari berisi latar belakang, cara-cara penyelesaian dan hasil akhir yang dicapai dalam penelitian?	✓	
	Pendahuluan		
3	Apakah pendahuluan berisi latar belakang, metoda pendekatan penyelesaian, dan berisi batasan penelitian/penulisan berikut dasar pertimbangannya?	✓	
	Dasar Teori (kalau ada)		
4	Apakah dasar teori berkaitan langsung dengan isi makalah?	✓	
	Pengambilan Data		
5	Apakah terdapat korelasi antara data yang dibutuhkan dengan percobaan/simulasi yang dilakukan?	✓	
	Pembahasan/Diskusi		
6	Apakah analisis data yang diberikan menunjang dalam pengambilan kesimpulan?	✓	

No	Materi Penilaian	Ya	Tidak
	Kesimpulan		
7	Apakah kesimpulan merupakan rangkuman dari isi makalah?	✓	

8	Apakah kesimpulan memberikan kontribusi?	✓	
Daftar Pustaka			
9	Jumlah pustaka minimal 5?	✓	
10	Apakah ada kaitannya dengan isi makalah?	✓	
Umum			
11	Apakah makalah belum pernah diterbitkan?		✓
12	Apakah makalah bukan merupakan saduran atau terjemahan dari makalah lain?		✓

} Sebaiknya
saya

Daftar perbaikan yang perlu dilakukan oleh penulis naskah.

1.

2.

REKOMENDASI

- [.....✓] 1. Makalah dapat diterima tanpa revisi.
- [.....✍] 2. Makalah dapat diterima dengan revisi minor.
- [.....] 3. Makalah dapat diterima dengan revisi mayor.
- [.....] 4. Makalah tidak dapat diterima.

Lampiran 6

Sertifikat presentasi ilmiah



DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Endah Dwi Cahyani
Jl. Mesjid Al Munir No. 39
RT 17 – RW 03 Kp. Makassar
Jakarta Timur (13570)
☎ +62 89636373240
✉ endahcahyani7@yahoo.com

DATA DIRI		
	Nama	Endah Dwi Cahyani
	Tempat/ tanggal lahir	Jakarta/ Septeber 7 th 1994
	Alamat	Jl. Mesjid Al Munir No.39 RT 17 – RW 03 Kp. Makassar Jakarta Timur 13570
	Nomer Hp	+62 89636373240
	Alamat Email	endahcahyani7@yahoo.com endahcahya@gmail.com
	Agama	Islam
	Status	Belum menikah
	Kebangsaan	Indonesia
LATAR BELAKANG PENDIDIKAN		
Pendidikan Formal		
Jenjang	Institusi	Tahun
S-1	Universitas Negeri Jakarta (UNJ), Fakultas Ilmu Pengetahuan Alam, Jurusan Fisika	2012-2016
Sekolah Menengah Atas	SMAN 9 Jakarta	2009-2012
Sekolah Menengah Pertama	SMPN 50 Jakarta	2006-2009
Sekolah Dasar	SDN Makasar 09 Pagi	2000-2006

Pengalaman Organisasi		
Jenjang	Institusi	Tahun
Ketua "PMR"	SMPN 50 Jakarta	2007
KA Keputrian	SMAN 9 Jakarta	2010
Sekretaris "Karang Taruna 17"	RT 017/03 kp. Makasar Jakarta Timur	2014
Bendahara	Mesjid Al-Munir	2015