

*Skripsi Fisika*

**KARAKTERISASI SIFAT FISIS HETEROSTRUKTUR LAPISAN TIPIS ZnO  
– NiO DARI SOL-GEL TEKNIK *SPIN COATING***

**OLEH :**

**SALDY BUDIANTO**

**H211 13 002**



**DEPARTEMEN FISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2017**

**HALAMAN JUDUL**

**KARAKTERISASI SIFAT FISIS HETEROSTRUKTUR LAPISAN TIPIS ZnO  
– NiO DARI SOL-GEL TEKNIK *SPIN COATING***

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
Pada Program Studi Fisika Jurusan Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Hasanuddin*

**OLEH :**

**SALDY BUDIANTO**

**H211 13 002**

**DEPARTEMEN FISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

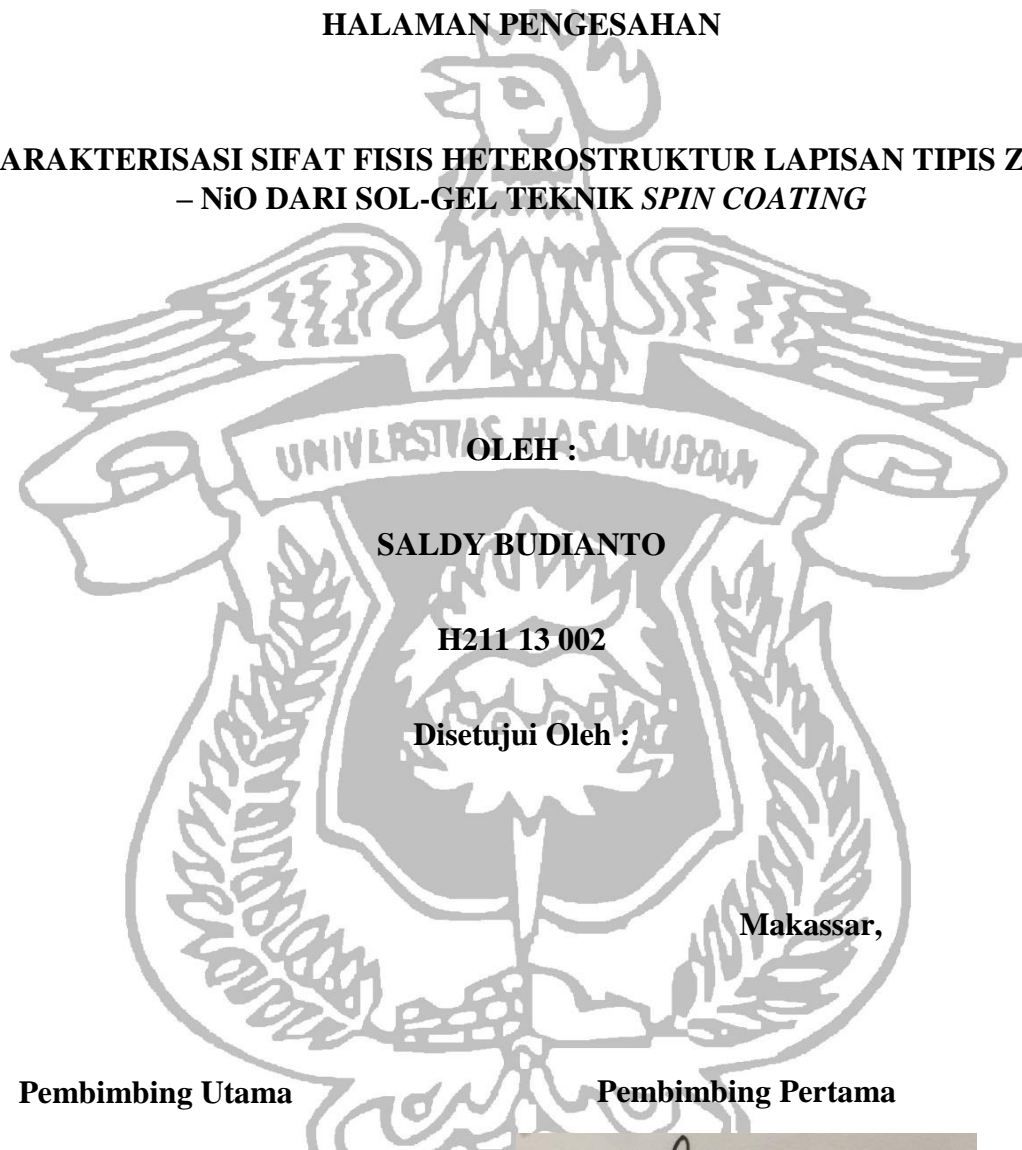
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2017**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**KARAKTERISASI SIFAT FISIS HETEROSTRUKTUR LAPISAN TIPIS ZnO  
– NiO DARI SOL-GEL TEKNIK *SPIN COATING***



**OLEH :**

**SALDY BUDIANTO**

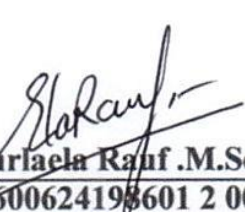
**H211 13 002**

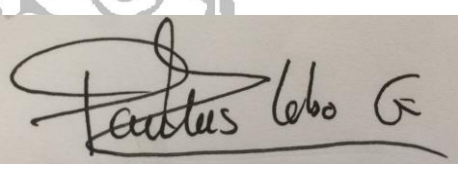
**Disetujui Oleh :**

**Makassar,**

**Pembimbing Utama**

**Pembimbing Pertama**

  
**Dr. Nurlaela Rauf .M.Sc.**  
**NIP. 19600624198601 2 001**

  
**Dr. Paulus Lobo Gareso.M.Sc**  
**NIP. 19650305 199103 1 008**

## **PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini merupakan karya orisinal saya dan sepanjang pengetahuan saya tidak memuat bahan yang pernah dipublikasi atau telah ditulis oleh orang lain dalam rangka tugas akhir untuk suatu gelar akademik di Universitas Hasanuddin atau di lembaga pendidikan lainnya di manapun, kecuali bagian yang telah dikutip sesuai kaidah yang berlaku. Saya juga menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil kerja saya sendiri dan dalam batas tertentu dibantu oleh pihak pembimbing.

**Penulis**

**SALDY BUDIANTO**

## SARI BACAAN

Telah ditumbuhkan lapisan tipis ZnO:NiO *heterostructure* dengan menggunakan metode solgel teknik *spin coating*. Lapisan tipis itu divariasikan 3x pelapisan, 6x pelapisan, 10x pelapisan, dan 11x pelapisan. Sifat struktur dan sifat optik lapisan ini diidentifikasi dengan menggunakan pengukuran XRD dan UV-Vis. Hasil XRD memperlihatkan bahwa penurunan ukuran kristal dengan bertambahnya jumlah pelapisan. Pada celah pita energi didapatkan nilai yang semakin meningkat dengan adanya jumlah pelapisan yang semakin meningkat.

Kata kunci: lapisan tipis ZnO:NiO *heterostructure*, solgel *spin coating*, celah pita energi.

## **ABSTRACT**

ZnO: NiO heterostructure has been grown by using solin spin coating technique. The thin layer is varied 3x coating, 6x coating, 10x coating, and 11x coating. The properties of the structure and optical properties of these layers were identified using XRD and UV-Vis measurements. The XRD results show that the decrease in the size of the crystal by the increasing number of coatings. The energy band gap obtained values are increasing with the number of coatings are increasing.

Keywords: thin film ZnO: NiO heterostructure, spin coating solgel, energy band gap.

## KATA PENGANTAR



Segala puji bagi dan syukur senantiasa tercurah untuk Allah Subhanahu Wa Ta'ala, sang penguasa alam semesta, karena berkat limpahan rahmat dan pertolongan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul : “**Karakterisasi Sifat Fisi Heterostruktur Lapisan Tipis ZnO – NiO Dari Sol-Gel Teknik *Spin Coating*** “ yang merupakan tugas akhir untuk melengkapi persyaratan mencapai gelar Sarjana Fisika Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Shalawat dan salam senantiasa penulis kirimkan kepada baginda Rasulullah Muhammad Shallallahu Alaihi Wasallam, keluarga, para sahabat, dan para pengikutnya.

Dalam penyelesaian skripsi ini, tak terlepas dari berbagai rintangan dan hambatan serta keterbatasan penulis, namun berkat bantuan dan dorongan dari berbagai pihak sehingga dapat diselesaikan dengan baik. Untuk itu tak ada kata yang pantas penulis ucapkan selain terimah kasih yang sebesar-besarnya dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada kedu orang tua tercinta , ayahanda **Renny** dan ibunda **Solichatun** rasa terimah kasih yang tidak terhingga atas tetesan keringat dalam kerja keras dan cucuran air mata dalam doa, hanya untuk mempersembahkan dan memohon yang terbaik untuk penulis. Atas dukungan moril, cinta dan kasih sayang yang tidak ada

hentinya ayah dan ibu berikan. Semua ini tidak cukup untuk membayar segala pengorbanan yang telah ayah dan ibu berikan. Mudah-mudahan akan terbalas berlipat-lipat ganda di Dunia dan Akhirat. AMIN...!!!!.

Dalam penulisan skripsi tugas akhir ini ingin mengucapkan terimah kasih kepada pihak-pihak yang telah berperan dalam membantu dalam penyelesaian skripsi ini, antara lain kepada :

1. **Bapak Drs. H. Arifin, MT** selaku Ketua Departemen Fisika Fakultas MIPA Unhas dan **Bapak Bannu, S.Si, M.Si** selaku Sekertaris Departemen Fisika Fakultas MIPA Unhas.
2. Bapak **Eko Juarlin, S.Si., M.Si** selaku Penasehat Akademik yang telah banyak memberikan nasehat selama penulis menempuh studi.
3. Ibu **Dr. Nurlaela Rauf, M.Sc**, selaku Pembibing Utama yang telah banyak meluangkan waktu dan pikirannya serta memberi motivasi, masukan dan arahnya dalam penyusunan skripsi ini.
4. Bapak **Dr.Paulus Lobo Gareso.M.Sc** selaku Pembimbing Pertama yang telah banyak memberi masukan, arahan serta meluangkan waktu dan pikirannya dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Ibu **Dr.Bidayatul Arminah.M.Si** Bapak **Dr. Bualkar Abdullah, M.Eng.Sc** dan Bapak **Prof. Dr. Dahlang Tahir, M.Si** tim penguji yang telah banyak memberi masukan, saran serta kritiknya demi penyempurnaan skripsi ini.



6. **Dosen-dosen pengajar** yang telah mambagikan ilmunya serta memberi bimbingan selama perkuliahan.
7. Staf pegawai baik itu dari Departemen Fisika maupun dari Fakultas MIPA yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan segala jenis administrasi selama menempuh studi. Terkhusus : **Pak Aji, Pak Latif, Pak Ali, Pak Syukur, Pak Suardi, Pak Bahtiar , dan Pak sangkala.**
8. Adikku yang saya sayangi **Renal Lukita** yang selalu memberikan dukungan moral dan moril selama penulis menempuh studi.
9. Keluarga besarku terutama **Kakek** satu-satunya yang dimiliki penulis, **Tante Evi** yang selalu memberikan dukungan moral dan moril selama penulis melaksanakan kuliah, **Made Asliyah, Tante Linda, Inggi**, serta sepupu- sepupu yang selalu memberikan semangat kepada penulis **Kak rini, Kak Hilda, Kak Rio, Kak Rano, Kak Afni, Kak Fahrul**, yang banyak membantu penulis, **Nisa, Yunita, Ardy Armawan Syah, Muhammad Aziz Fikry**, dan **Monika Pakabu.**
10. Para anggota “**POJOK HOUSE**”. **Ramandito Anggara Bintano, Fauzan, Melvin Ferdian Lumondo, Aditya Herdian, Fadel Hasan, Refaldo Saputra, Renal Lukita, Fathur, I Gusti Ngurah Putu, Ari, Arif**, teman gokil, santai, susah senang penulis dari awal kuliah sampai saat ini yang senantiasa ikhlas dan tabah mendengarkan keluh kesah dan kegalauan penulis, yang selalu memberikan dukungan serta semangat kepada penulis. **Awan Rhilo Pambudi dan Aziz Resjufifat** teman penulis

dari SMP sampai insya Allah akhir hayat akan selalu menjadi teman sejati dan selalu memberikan semangat kepada penulis. **Andy Indrajaya** teman yang paling kocak dengan segala tingkah aneh yang pasti membuat kegalauan penulis hilang dan selalu memberikan perhatian kepada penulis.

11. Sahabat tergoxil Terima kasih **Ardi Armawan Syah dan Muh Aziz Fikry** yang selalu mau mendengar curahan hati, yang selalu mau direpotkan, serta yang selalu memberikan dukungan kepada penulis.
12. Partner selama penelitian **Yunita dan Monika Pakabu**, terima kasih penulis ucapkan atas pengertian dan kesabaran dalam menghadapi penulis selama penelitian.
13. Saudara-saudari seperjuangan yang saya sayangi “**Angker’013**” yang selalu menemani hari-hari penulis selama penulis menjalani waktu perkuliahan.
14. Teman KM FMIPA 2013 “**B’ROS**” atas kebersamaannya selama ini tetap dalam ikatan persaudaraan “**Semangat Ke-MIPA-an**”.
15. Kanda-kanda yang telah berbagi ilmu dan petunjuk kepada penulis yaitu Warga **HIMAFI (Jayalah HIMAFI Fisika Nan Jaya)**, dan Warga **KM FMIPA UNHAS(Use Your Mind Be The Best)**. Terima kasih untuk semua kebersamaannya.
16. **Adik-adik Fisika 2014, 2015, dan 2016** terima kasih dan selamat berjuang menyelesaikan studi dan berorganisasi di **HIMAFI FMIPA UNHAS**.

17. Teman-Teman **KKN GELOMBANG 93** Kab. Gowa Kec. Pattalasang

**Harista BR Ginting, Ratih Kusuma Wardani Sagita, Fatun Munir**

serta pak camat, pak desa dan bu desa yang telah menerima saya dalam mengabdikan di desa maupun kecamatan dan terima kasih atas kebersamaannya.

18. Semua pihak yang tidak mampu penulis sebutkan satu persatu, yang telah banyak memberi bantuan dan kemudahan dalam proses penulisan ini.

Semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca maupun penulis. Penulis telah mengerahkan segala kemampuan dalam menyelesaikan skripsi ini, namun sebagai manusia yang memiliki kekurangan, penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan masih jauh dari kesempurnaan karena sesungguhnya kesempurnaan hanyalah milik Allah SWT. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun dari anda sangat diharapkan. *Wabillahi Taufik Wal Hidayah, Wassalamu Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

Makassar,

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>SAMPUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>SARI BACAAN</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
I.1 Latar Belakang .....	1
I.2 Ruang Lingkup .....	2
I.3 Tujuan Penelitian .....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>3</b>
II.1 <i>Heterostructure</i> .....	3
II.2 Metode solgel <i>spin coating</i> .....	5
II.3 Lapisan Tipis ( <i>Thin Film</i> ).....	5
II.4 <i>Zinc Oxide (ZnO)</i> .....	6
II.5 <i>Nickle Oxide (NiO)</i> .....	6
II.6 Cacat Kristal .....	6

II.7.Pembentukan Sinar X .....	9
II.8 Celah Pita Energi.....	13
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>15</b>
III.1 Waktu dan Tempat .....	15
III.2 Alat dan Bahan Penelitian .....	15
III.2.1. Alat Penelitian .....	15
III.2.2 Bahan Penelitian.....	15
III.3 Metode Penelitian.....	15
III.3.1 Persiapan Sample Solgel .....	16
III.3.2. Persiapan <i>Spin Coating</i> .....	16
III.3.3. Karakterisasi .....	17
III.3.3.1.X-ray Diffraction (XRD) .....	17
III.3.3.2.Spektroskopi Uv-Visible .....	18
III.3.3.2.Photoluminiscence (PL) .....	19
III.4.Bagan Alir Penelitian .....	20
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>21</b>
IV.1 Hasil Karakterisasi Difraksi Sinar X (XRD) .....	21
IV.2 Hasil Uji Karakterisasi Spektrometer Uv-Visible.....	26
IV.3. Hasil Uji Karakterisasi Spektrometer <i>Photoluminescence</i> .....	29
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>32</b>
IV.1 Kesimpulan .....	32

IV.2 Saran.....	33
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>32</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>36</b>

## DAFTAR TABEL

1. Tabel IV.1 Kualitas Kristal film tipis ZnO:NiO dengan variasi ketebalan ... ..... 24

## DAFTAR GAMBAR

1. Gambar II.1. Cacat Titik ( <i>Vacancy, Self Interstitial dan Interstitial</i> ) .....	7
2. Gambar II.2. Cacat Garis (Dislokasi).....	8
3. Gambar II.3. Batas butir ( <i>Grain Boundaries</i> ).....	8
4. Gambar II.4. Skema Pembangkitan Sinar-X.....	9
5. Gambar II.5. Dua cara menghasilkan Sinar-X (a) Sinar-X Bremstrahlung (b) Sinar-X Karakteristik.....	10
6. Gambar II.6. Hukum Bragg.....	12
7. Gambar III.1. Difraksi Sinar-X.....	17
8. Gambar III.2. Diagram alir penelitian.....	20
9. Gambar IV.1. Spektra XRD film tipis ZnO:NiO pada 3 kali pelapisan, 6x pelapisan, 10 kali pelapisan, dan 11 kali pelapisan.....	21
10. Gambar IV.2 Grafik perubahan nilai fwhm terhadap ukuran butir Kristal ZnO:NiO heterostruktur.....	22
11. Gambar IV.3. Spektrum transmitansi ZnO:NiO pada 3 kali pelapisan, 6 kali pelapisan, 10 kali pelapisan, dan 11 kali pelapisan.....	23
12. Gambar IV.4. plot $(\alpha h\nu)^2$ terhadap $h\nu$ film tipis ZnO:NiO heterostruktur (a) ZnO 3 kali pelapisan (b) ZnO:NiO heterostruktur 6 kali pelapisan (c) ZnO:NiO heterostruktur 10 kali pelapisan (d) ZnO:NiO heterostruktur 11 kali pelapisan.....	24
13. Gambar IV.5. (a) Grafik energi gap lapisan tipis ZnO dengan 3 kali pelapisan.....	25
14. Gambar IV.5.(b) Grafik energi gap lapisan tipis ZnO heterostruktur dengan menggunakan senyawa NiO 6 kali pelapisan.....	29
15. Gambar IV.5.(c) Grafik energi gap lapisan tipis ZnO heterostruktur dengan menggunakan senyawa NiO 10 kali pelapisan.....	29



16. Gambar IV.5.(d) Grafik energi gap lapisan tipis ZnO heterostruktur dengan menggunakan senyawa NiO 11 kali pelapisan.....	30
--	----

### **DAFTAR LAMPIRAN**

1. Lampiran 1. Data International Center for Diffraction Data (ICDD).....	37
2. Lampiran 2. Alat dan Bahan.....	40
3. Lampiran 3. Gambar Hasil Uji XRD.....	44
4. Lampiran 4. Perhitungan Kualitas Kristal film Tipis ZnO.....	48

# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1.LATAR BELAKANG

Senyawa ZnO mempunyai celah pita energi 3,37 eV. Senyawa ini juga merupakan semikonduktor tipe-n, biaya rendah, ramah lingkungan, dan memiliki kristalisasi tinggi sehingga dapat digunakan untuk beberapa aplikasi seperti konduktor transparan, sel surya, sensor gas, fotovoltaiik dan fotokatalis <sup>[1-3]</sup>.

Lapisan tipis (*thin film*) ZnO banyak dikembangkan dan dikombinasi dengan senyawa lain, diantaranya dibuat sebagai *doping*, komposit, dan heterostruktur. Beberapa penelitian heterostruktur menggunakan NiO sebagai kombinasi dalam pelapisan <sup>[4-5]</sup>. Heterostruktur dipilih karena dapat diketahui kualitas kristal, lebar celah pita energi (*band gap*), dan juga sifat optik dari bahan tersebut <sup>[6]</sup>.

Senyawa NiO merupakan semikonduktor tipe -p dengan lebar celah pita energi sebesar 3,6 - 4,0 eV. Senyawa ini memiliki sifat kimia khusus, biaya ekonomis, ramah lingkungan <sup>[7-8]</sup>.

Metode yang digunakan dalam pembuatan heterostruktur diantaranya *dip coating*, *pulsed laser deposition*, *sol-gel*, dan *spin coating*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode sol-gel dengan teknik *spin coating*. Metode sol-gel *spin coating* merupakan salah satu teknik fabrikasi dalam pembuatan lapisan tipis. Pada suhu rendah, dengan produk berukuran nanopartikel, tidak beracun, dan tingkat homogen yang tinggi <sup>[3-4]</sup>.

## **I.2.Ruang Lingkup**

Ruang lingkup dari penelitian ini membahas tentang kualitas kristal, sifat optik, dan nilai lebar celah pita energi (*band gap*) dari lapisan tipis heterostruktur ZnO;NiO dengan cara memvariasikan ketebalan lapisan tipis yang didisposisikan diatas substrat *corning glass* menggunakan metode sol-gel teknik *spin coating*.

## **I.3.TUJUAN PENELITIAN**

Adapun tujuan dari penelitian ini diantaranya:

1. Menentukan pengaruh variasi ketebalan lapisan tipis ZnO:NiO heterostruktur.
2. Menentukan lebar celah pita energi (*band gap*) pada setiap variasi ketebalan lapisan tipis ZnO;NiO heterostruktur.
3. Menganalisis sifat optik dari lapisan tipis ZnO;NiO heterostruktur.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **II.1. Heterostruktur**

Bahan material yang mengandung semikonduktor dapat dimanfaatkan dalam proses heterostruktur. Heterostruktur merupakan suatu proses penggabungan dari 2 atau lebih bahan semikonduktor yang berbeda. Penggunaan bahan yang berbeda ini, ada kaitannya dengan perbedaan lebar celah pita energi dari masing-masing bahan. Perbedaan ini yang nantinya dapat merekayasa suatu divais.

Semikonduktor adalah sebuah bahan yang memiliki konduktivitas berbeda diantara insulator dan konduktor. Pita valensi merupakan pita yang terbentuk dari orbital molekul (*bonding*), pita konduksi merupakan pita yang terbentuk dari molekul yang tidak berikatan (*nonbonding*). Pita konduksi dan pita valensi ini memegang peranan penting dalam material semikonduktor. Jarak dari pita valensi dan pita konduksi dinamakan celah pita (*band gap*)<sup>[9-10]</sup>.

Perbedaan sifat isolator, konduktor, dan semikonduktor, dapat dilihat dari ukuran konduktivitas listrik, pita valensi, dan pita konduksi, yaitu:<sup>[11]</sup>

- a. Konduktor, merupakan suatu bahan yang dapat dengan mudah mengantarkan arus listrik dengan nilai konduktivitas listrik( $\sigma$ ) sebesar  $10^4$ - $10^6 \text{ ohm}^{-1}\text{cm}^{-1}$ , mempunyai struktur dengan pita valensi berisi elektron dan pita konduksi kosong serta energi celah pita yang kecil serta struktur yang berhimpit

- b. Isolator, merupakan bahan dengan daya hantar listrik yang sangat lemah atau bahkan tidak ada, dengan nilai konduktivitas listrik lebih kecil dari  $10^{-15} \text{ ohm}^{-1}\text{cm}^{-1}$ , mempunyai pita valensi yang terisi sebagian dan pita konduksi kosong, serta energi celah pita yang besar (lebih besar dari 4,0 eV).
- c. Semikonduktor, merupakan suatu bahan dengan konduktivitas listrik di antara konduktor dan isolator. Mempunyai nilai konduktivitas listrik sebesar  $10^4 > \sigma > 10^{-8} \text{ ohm}^{-1}\text{cm}^{-1}$ . Mempunyai pita valensi yang terisi penuh dan pita konduksi yang kosong. Serta memiliki energi celah pita yang tidak terlalu besar sehingga memungkinkan beberapa elektron yang mempunyai cukup energi (bila diberi energi berupa radiasi) dapat berpindah dari pita valensi ke pita konduksi<sup>[11]</sup>.

Material atau bahan dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori berdasarkan konduktivitas bahan tersebut, 1) konduktor, dengan resistivitas  $< 10^{-4} \Omega\text{m}$ , 2) insulator, yang resistivitasnya adalah  $> 10^{12} \Omega\text{m}$  dan 3) semikonduktor, dengan resistivitas diantara konduktor dan isolator. Material semikonduktor merupakan material yang paling banyak dimanfaatkan bagi pengembangan teknologi modern seperti *devaice* elektronik, optoelektronik, dan sensor<sup>[12]</sup>.

Energi celah yang tidak terlalu besar pada semikonduktor memungkinkan beberapa elektron pada semikonduktor yang memiliki cukup energi dapat naik ke pita konduksi. Sedangkan pada isolator yang memiliki energi celah yang cukup besar maka sangat sedikit elektron yang memiliki energi cukup untuk dapat naik ke pita konduksi<sup>[10]</sup>.

## **II.2. Metode sol-gel *spin coating***

Lapisan tipis dapat dihasilkan dengan menggunakan berbagai metode sintesis, yaitu *dip coating*, *pulsed laser deposition*, *sol-gel*, dan *spin coating* <sup>[3-4]</sup>. Dalam penelitian ini metode yang digunakan yaitu metode *sol-gel* teknik *spin coating*. Keunggulan metode ini peralatan yang dibutuhkan sederhana dan tidak mahal, selain itu tingkat kemurnian senyawa serta pengontrolan komposisi larutan mudah dilakukan<sup>[18]</sup>. Dalam menghasilkan struktur lapisan tipis yang baik, maka tidak terlepas dari berbagai parameter salah satunya parameter *annealing*. *Annealing* yang berbeda secara signifikan akan mempengaruhi ukuran dan kualitas kristal. Metode *spin coating* merupakan teknik yang banyak digunakan untuk fabrikasi film tipis. Teknik ini memiliki keunggulan dapat dilakukan pada temperatur rendah, biaya operasionalnya yang murah, produk yang dihasilkan berukuran nanopartikel, tidak beracun, dan memiliki tingkat homogen yang tinggi <sup>[3-4]</sup>.

## **II.3. Lapisan Tipis (*Thin Film*)**

Merupakan suatu lapisan yang memiliki ketebalan tidak lebih dari 10  $\mu\text{m}$  <sup>[13]</sup>. Lapisan tipis ini dapat dibentuk dengan material bahan organik, anorganik, metal, maupun campuran metal organik. Pembuatan lapisan tipis merupakan inovasi untuk mendapatkan sifat-sifat konduktor, isolator, maupun semikonduktor <sup>[14-15]</sup>.

## **II.4. Zinc Oxide (ZnO)**

*Zinc Oxide* merupakan bahan semikonduktor tipe -n pada golongan II-VI memiliki lebar pita energi 3,37 eV. Pada suhu ruang logam ini memiliki transmisi optik yang tinggi serta mampu mengantarkan listrik. Senyawa ini merupakan

material alternatif yang cukup baik untuk lapisan tipis. ZnO memiliki transparansi optik pada daerah tampak, dan konstanta piezoelektrik yang besar. *Zinc Oxide* juga mempunyai struktur kristal hexagonal dengan tipe kristal *wurtzite* <sup>[1,3]</sup>.

## **II.5. *Nickle oxide* (NiO)**

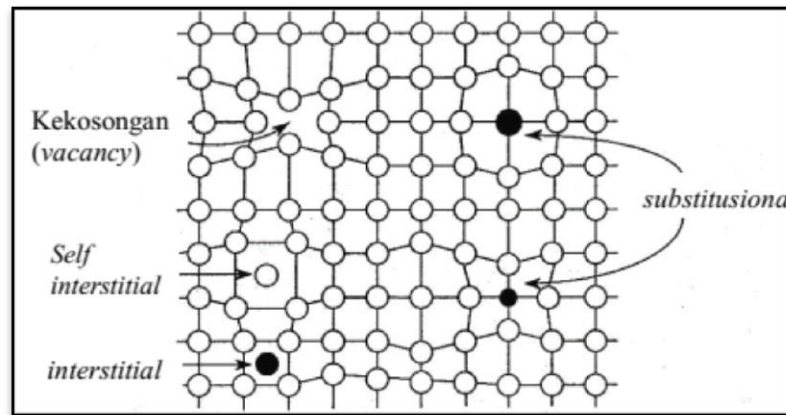
*Nickle oxide* merupakan salah satu material yang memiliki sifat fisika dan kimia yang khusus serta dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang optik dan elektronik seperti lapisan tipis, sel surya, kapasitor, dan isi ulang baterai *lithium* <sup>[16]</sup>. NiO memiliki lebar celah pita energi (*band gap*) sebesar 3,6 - 4,0 eV dan merupakan *semiconductor* tipe-p dengan struktur kubik <sup>[16-17]</sup>.

## **II.6. Cacat Kristal**

Permasalahan yang sering muncul dalam pengembangan bahan semikonduktor adalah cacat dalam bahan. Cacat sering diartikan sebagai ketidak sempurnaan dalam kisi kristal. Kualitas dari kristal dikatakan baik apabila kecacatan atau ketidak sempurnaan yang terjadi dapat diminimalisasi. Cacat yang sering terjadi dalam pembentukan film tipis adalah cacat titik (*point defect*) dan cacat garis (*dislocation*) <sup>[12]</sup>.

Cacat titik merupakan cacat nol dimensi yang terdiri dari atom tunggal atau beberapa atom kompleks. Gangguan yang menyebabkan perubahan potensial periodik dalam satu atau beberapa unit sel atau yang dinamakan sebagai *deep level* keadaan tingkat energi yang berbeda jauh dari energi pita valensi ( $E_v$ ) dan pita konduksi ( $E_c$ ). Kemudian terjadi perubahan potensial yang semakin luas, meliputi lebih dari 10 unit sel dinamakan sebagai *shallow level* (keadaan tingkat energi yang berdekatan dengan  $E_c$  dan  $E_v$ ) <sup>[19]</sup>. Cacat titik digolongkan menjadi

tiga macam yaitu kekosongan (*vacancy*), *interstitial*, dan *antisite*. Ditunjukkan dalam gambar II.4.

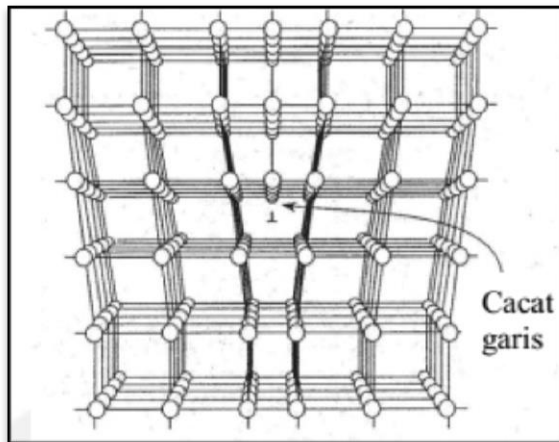


Gambar II.1. Cacat Titik (*Vacancy, Self Interstitial dan Interstitial*)<sup>[18]</sup>

Kekosongan adalah cacat kristal yang terjadi karena atom-atom tidak menempati posisi pada kristal sehingga posisi atom tidak terisi (kosong). Kekosongan disebabkan karena adanya gangguan lokal, susunan atom dalam kristal karena mobilitas atomik, pendinginan sangat cepat dan faktor eksternal. *Interstitial* adalah cacat kristal yang terjadi karena penambahan atom-atom (logam atau nitrogen) yang masuk diantara kisi kristal yang terjadi karena faktor *external* seperti radiasi<sup>[12]</sup>.

Cacat garis (cacat dua dimensi) atau sering disebut juga dislokasi ditunjukkan pada gambar II.2:

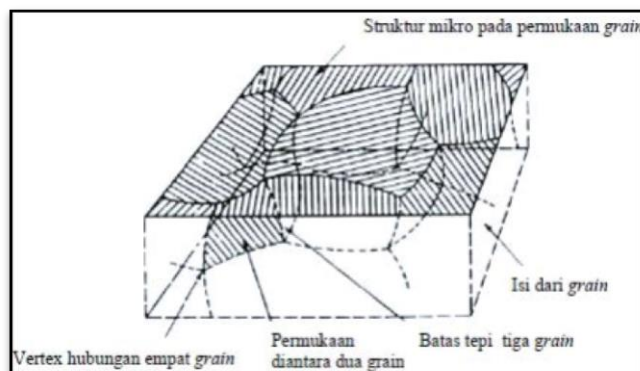




Gambar II.2 Cacat Garis (Dislokasi) <sup>[19]</sup>

Dislokasi terjadi ketika terdapat dua atom yang bertemu tetapi ukurannya berbeda<sup>[19]</sup>. Dislokasi menyebabkan atom-atom terlepas dari ikatan tetangga terdekatnya yang dapat menghasilkan *deep level* pada pita energi. *Deep level* dapat menjadi perangkap elektron dan *hole* saat proses rekombinasi pada pita energi.

*Grain boundaries* (cacat tiga dimensi) adalah cacat permukaan pada material polikristal yang memisahkan *grain* dari orientasi yang berbeda. Permukaan *grain boundaries* ditunjukkan pada gambar II.3 <sup>[9]</sup>:

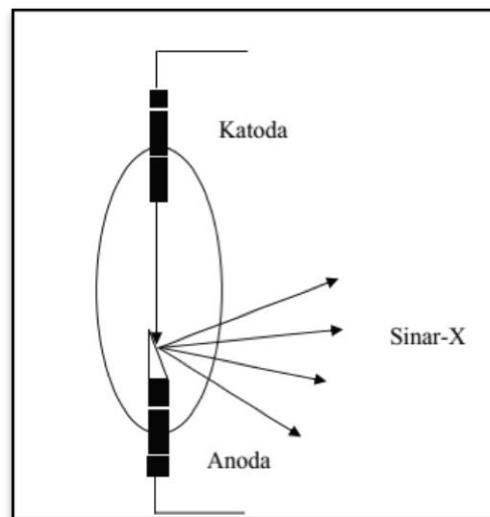


Gambar II.3. Batas butir (*Grain Boundaries*) <sup>[9]</sup>

*Grain boundaries* adalah daerah sempit antara dua *grain*, daerah antara atom-atom yang bersebalahan <sup>[9]</sup>.

## II.7.Pembentukan Sinar-X

Sinar-X terjadi apabila suatu berkas elektron bebas berenergi tinggi mengenai atau menumbuk logam dalam tabung vakum, seperti yang ditunjukkan pada Gambar II.4 <sup>[20]</sup>.

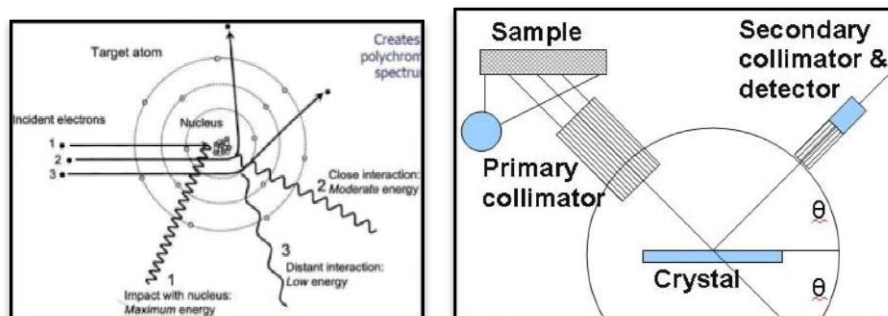


Gambar II.4 Skema Pembangkitan Sinar-X <sup>[20]</sup>

Katoda yang dihubungkan dengan kutub negatif diberi sumber tegangan tinggi yang kemudian dipanaskan dengan menggunakan filamen agar lebih mudah memancarkan elektron. Elektron-elektron tersebut akan menumbuk logam pada anoda dan menimbulkan pancaran sinar-X dengan daya tembus yang besar <sup>[21]</sup>.

Fungsi tabung dalam keadaan vakum dengan katoda dan anoda di dalamnya agar elektron yang mengalir dari katoda ke anoda tidak mengalami gangguan dari lingkungan sekitar. Sinar-X dapat dihasilkan dengan 2 cara yaitu

dengan *Bremsstrahlung* yang bersifat kontinu dan sinar-X karakteristik yang bersifat diskrit. Sinar-X *bremsstrahlung* terbentuk akibat adanya elektron yang dipercepat oleh beda potensial antara anoda dan katoda yang mengarah ke inti atom kemudian melambat dan berbelok akibat daya tarik inti yang bermuatan positif. Pada saat elektron melambat dan kecepatan elektron berkurang maka elektron akan memancarkan sinar-X. Sinar-X karakteristik adalah sinar-X yang terbentuk akibat tumbukan elektron yang terdapat pada kulit K. Sehingga, terjadi kekosongan pada kulit K. Yang menyebabkan elektron dari kulit terluar akan mengisi kekosongan tersebut (kulit L, M, N). Pada proses perpindahan ini elektron akan memancarkan sinar-X <sup>[21]</sup>.



Gambar II.5 Dua Cara Menghasilkan Sinar-X (a) Sinar-X Bremstrahlung (b) Sinar-X Karakteristik

Gelombang elektromagnetik membuat suatu material berinteraksi dengan material lain, interaksi yang terjadi akibat sifat listrik dan magnetik dari gelombang elektro magnet. Interaksi yang mungkin terjadi ketika sinar-X mengenai suatu material antara lain <sup>[21]</sup>:

#### a) Interaksi Koheren

Interaksi ini terjadi ketika gelombang sinar-X yang datang diserap seluruhnya oleh elektron kemudian diemisikan kembali dengan energi yang

sama besar. Jadi pada interaksi ini energi tidak digunakan untuk mengubah elektron.

b) Interaksi Inkoheren

Interaksi ini terjadi ketika gelombang sinar-X yang datang diserap seluruhnya oleh elektron kemudian diemisikan kembali tidak seluruhnya. Sebagian energi sinar-X yang diserap elektron digunakan untuk mengubah keadaan elektron.

c) Fotoelektron

Interaksi ini terjadi ketika gelombang sinar-X yang datang diserap seluruhnya oleh electron, kemudian energi ini melebihi fungsi kerja elektron sehingga elektron keluar dari atom. Interaksi tersebut disebut fotoelektron atau juga dikenal sebagai efek fotolistrik.

d) Interaksi *Flourecent*

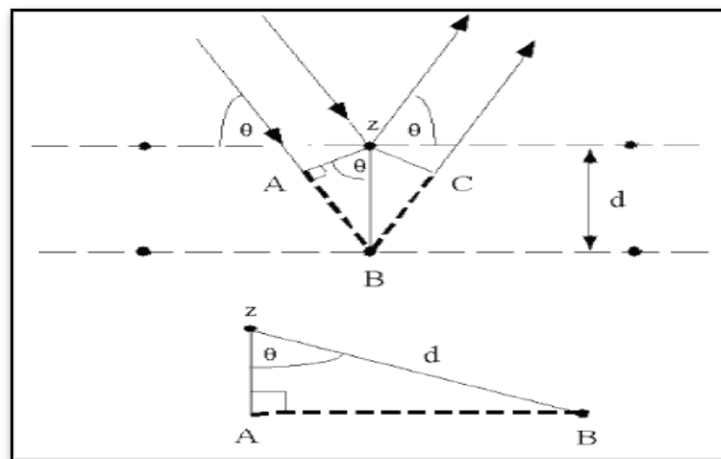
Interaksi ini terjadi ketika gelombang sinar-X yang datang diserap oleh elektron pada kulit K, kemudian elektron tersebut tereksitasi. Karena terjadi kekosongan pada kulit K maka elektron yang berada pada energi yang lebih rendah (kulit L dan M) akan mengisi kekosongan pada kulit K. Pada saat elektron pada kulit L dan M berpindah ke kulit K, elektron ini mengemisikan gelombang.

e) Elektron Auger

Interaksi ini terjadi ketika gelombang sinar-X yang datang diserap oleh elektron pada kulit K, kemudian elektron tersebut tereksitasi. Pada saat terjadi kekosongan elektron pada kulit K, elektron pada kulit terluar mengisi

kekosongan tersebut dan pada saat yang bersamaan elektron dari kulit yang sama tereksitasi untuk menyamakan momentum. Elektron kedua yang tereksitasi ini disebut elektron Auger.

Apabila sinar-X monokromatis mengenai material kristal, maka setiap bidang kristal akan merefleksikan atau menghamburkan sinar-X ke segala arah. Interferensi terjadi hanya antara sinar-sinar pantul sefase sehingga hanya terdapat sinar-X pantulan tertentu saja. Interferensi saling memperkuat terjadi apabila sinar-X yang sefase mempunyai selisih lintasan kelipatan bulat panjang gelombang ( $\lambda$ ). Pernyataan ini dinamakan Hukum Bragg untuk difraksi kristal <sup>[21]</sup>.



Gambar II.6 Hukum Bragg <sup>[21]</sup>.

Interferensi konstruktif hanya akan terjadi ketika  $AB=BC$ , maka:

$$n\lambda = AB + BC \tag{2.1}$$

karena  $AB=BC$ , maka

$$n\lambda = 2AB \tag{2.2}$$

dari Gambar II.6 terlihat bahwa:

$$\sin \theta = \frac{AB}{d} \rightarrow AB = d \sin \theta \tag{2.3}$$

Maka:

$$n\lambda = 2d \sin \theta \quad (2.4)$$

$$\lambda = 2d_{hkl} \sin \theta_{hkl} \quad (2.5)$$

Ukuran butir dari hasil XRD dapat dihitung dengan persamaan Dybee Scheerrer [21] :

$$D = \frac{0,9 \lambda}{\beta \cos \theta} \quad (2.6)$$

Kristal merupakan tumpukan bidang kisi, dimana dengan menganggap bidang kisi sebagai cermin yang dapat memantulkan setiap radiasi yang datang. Pada gambar II.9 terlihat bahwa jarak antar atom adalah  $d$ . Dan setiap sinar yang datang mengenai atom pada kristal akan dipantulkan dengan sudut sebesar  $\theta$  sehingga kedua sinar pada gambar memiliki selisih panjang jalan sebesar  $2d \sin \theta$ . Apabila gelombang yang dipantulkan sefase dan berinterferensi, maka selisih panjang jalannya merupakan kelipatan bilangan bulat dari panjang gelombang sehingga pola terang akan dihasilkan dari pantulannya [21].

## II.8. Celah Pita Energi

Celah pita energi merupakan kumpulan garis pada tingkat energi yang sama akan saling berimpit. Berdasarkan pengisian elektron, pita energi dapat dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu pita valensi dan pita konduksi. Pita valensi adalah pita energi teratas yang terisi penuh oleh electron, sedangkan pita konduksi adalah pita energi yang berada diatas pita valensi yang terisi sebagian oleh elektron atau tidak terisi sama sekali oleh electron. Pada umumnya diantara pita

valensi dan pita konduksi terdapat suatu celah yang disebut dengan celah energi. Energi celah pita atau yang sering juga disebut dengan energi gap ( $E_g$ ) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$E_g = hv \quad (2.6)$$

$$E_g = \frac{hc}{\lambda} \quad (2.7)$$

Pada keadaan kesetimbangan (*equilibrium*), pita energi terbagi menjadi 2 bagian dan dipisahkan oleh daerah dimana elektron tidak bisa bergerak atau beroperasi, daerah ini disebut daerah terlarang (*forbidden gap* atau *band gap*). Pita diatas dinamakan pita konduksi, dan pita bagian bawah dinamakan pita valensi [21].

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **III.1. Waktu dan Tempat**

Tempat penelitian ini dilakukan di Pusat Penelitian Fisika – Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (P2F-LIPI) Serpong Tangerang. Penelitian dimulai pada Tanggal 20 Mei 2017 penelitian ini dilakukan dari mulai penyiapan bahan sampai dengan karakterisasi bahan.

#### **III.2. Alat dan Bahan Penelitian**

##### **III.2.1. Alat Penelitian**

Adapun alat yang digunakan dalam melakukan penelitian ini adalah, Difraksi sinar X (XRD), spektroskopi *uv-visible*, *breakerglass*, timbangan digital, spatula, kertas alumunium, *magneticstirrer*, mikropipet, penjepit, *furnace*, desikator, *ultrasonic cleaner*, serta alat-alat lain yang digunakan diantara: kaca (*corning glass*), tisu, sarung tangan, masker, kertas label.

##### **III.2.2 Bahan Penelitian**

Adapun bahan yang digunakan dalam melakukan penelitian ini adalah *Zink Acetate Dihydrate*, *Nickle Acetate Tetrahydrate*, *Isopropanol*, *Dimethyl Formamide*, *Ethanolamine*, Aseton dan Metanol, *Deionized Water*.

#### **III.3. Metode Penelitian**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan sol-gel dengan teknik *spin coating*. Berikut prosedur penelitian secara umum.

##### **III.3.1. Persiapan sample sol-gel**



Subtrat yang digunakan adalah *corning glass* yang dicuci menggunakan *acetone* dan *methanol* selama masing-masing 10 menit didalam *ultrasonic cleaner* kemudian dikeringkan dengan alat pengering (*dryer*).

Bahan dasar *zinc acetat dehydrate* 2,193 gram yang dilarutkan dengan menggunakan pelarut *dimethyl formamide*. Bahan dasar diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan suhu 40°C selama 60 menit hingga larutan menjadi homogen. Kemudian ditambahkan *ethanolamine* sebagai penstabil dan diaduk selama 30 menit. Setelah itu diamkan larutan selama 24 jam pada suhu kamar. Setelah itu mencampur bahan dasar *nickel tetrahydrate* dilarutkan dengan *isopropanol*, lalu larutan diaduk dengan *magnetic stirrer* pada suhu 40°C selama 60 menit sampai larutan menjadi homogen. Kemudian menambahkan *ethanolamine* sebagai penstabil dan kembali diaduk selama 60 menit, lalu ditambahkan 6 ml *dimethyl formamide* dan diaduk selama 30 menit. Setelah itu larutan didiamkan selama 24 jam dalam suhu kamar.

### **III.3.2. Persiapan *Spin Coating***

Bahan dasar *zinc acetat dehydrate* dan *nickel tetrahydrate* yang telah homogen diposisikan diatas subtrat *corning glass* dan diletakkan diatas *spin coating*. Setelah itu bahan dasar yang diletakan diatas subtrat *corning glass* di *spin* dengan kecepatan 3000 rpm. Sample A terdiri dari 6 lapisan, sample B 10 lapisan , sample C 11 lapisan, dan sample D sebagai parameter menggunakan ZnO 3x pelapisan.

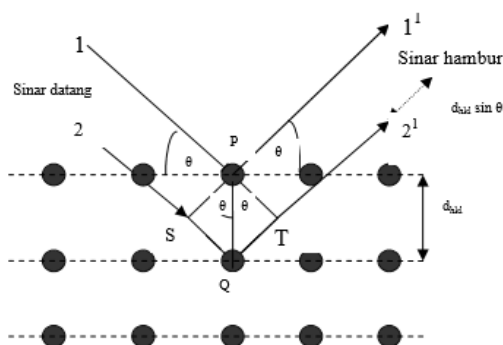
### III.3.3. Karakterisasi

Semua sampel lapisan tipis pada subtract kaca dilanjutkan dengan karakterisasi. Adapun karakterisasi yang dilakukan adalah analisa XRD, *photoluminescence*, uv-visible.

#### III.3.3.1.XRD (x-ray diffraction)

Difraksi sinar x atau *x-ray diffraction* (XRD) adalah suatu metode analisa yang digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel. Profil XRD juga dapat memberikan data kualitatif dan semi kuantitatif pada padatan atau sample. Difraksi sinar x ini digunakan untuk beberapa hal diantaranya, penentuan struktur kristal dari material yang diuji, mengukur bentuk, ukuran, dan tegangan dari kristal.

Untuk pembacaan spektra dengan membandingkan spektra yang berada pada induk data spektra XRD JCPDS (*Joint on Powder Diffraction Standard*). Untuk menyimpulkan minimal ada 3 puncak spektra yang identik dengan spektra pada data induk.



Gambar III.1. Difraksi sinar X <sup>[20]</sup>.

Adapun langkah-langkah dari pengujian ini adalah:

- a. Menyiapkan sample yang akan diuji
- b. Meletakkan sample di atas preparat
- c. Memasukan dalam XRD kemudian tutup rapat
- d. Menyiapkan software pendukung untuk pengoprasian XRD.

Prinsip dasar XRD adalah mendifraksikan cahaya melalui celah kristal. Difraksi cahaya oleh kisi-kisi atau kristal ini dapat terjadi apabila difraksi tersebut berasal dari radius yang memiliki panjang gelombang yang setara dengan jarak antara atom, yaitu sekitar 1 Angstrom. Radiasi yang digunakan merupakan radiasi sinar X, elektron, dan neutron. Sinar X yang terdifraksi oleh bidang permukaan sample memiliki sudut refleksi yang sama dengan sudut sinar datang.

### **III.3.3.2. Spektroskopi *Uv-Visible***

Spektroskopi *Uv-Visible* merupakan alat yang digunakan untuk mengukur panjang gelombang dan intensitas penyerapan sinar ultra-violet serta cahaya tampak. Eksitasi elektron dalam orbital molekul dari tingkat energi dasar ke tingkat energi yang lebih tinggi dapat terjadi akibat penyerapan sinar tampak atau ultraviolet oleh molekul tersebut. Hasil pengukuran *uv-visible* berupa data hubungan antara panjang gelombang terhadap transmisi spektrum absorbansi dapat digunakan sebagai pengakuan awal untuk menentukan besarnya energi celah pita.

Prinsip dasar spektrometer *uv-visible* yaitu jika material disinari gelombang elektromagnetik maka cahaya akan diserap oleh material sehingga menyebabkan elektron akan meloncat ke tingkat energi yang lebih tinggi.

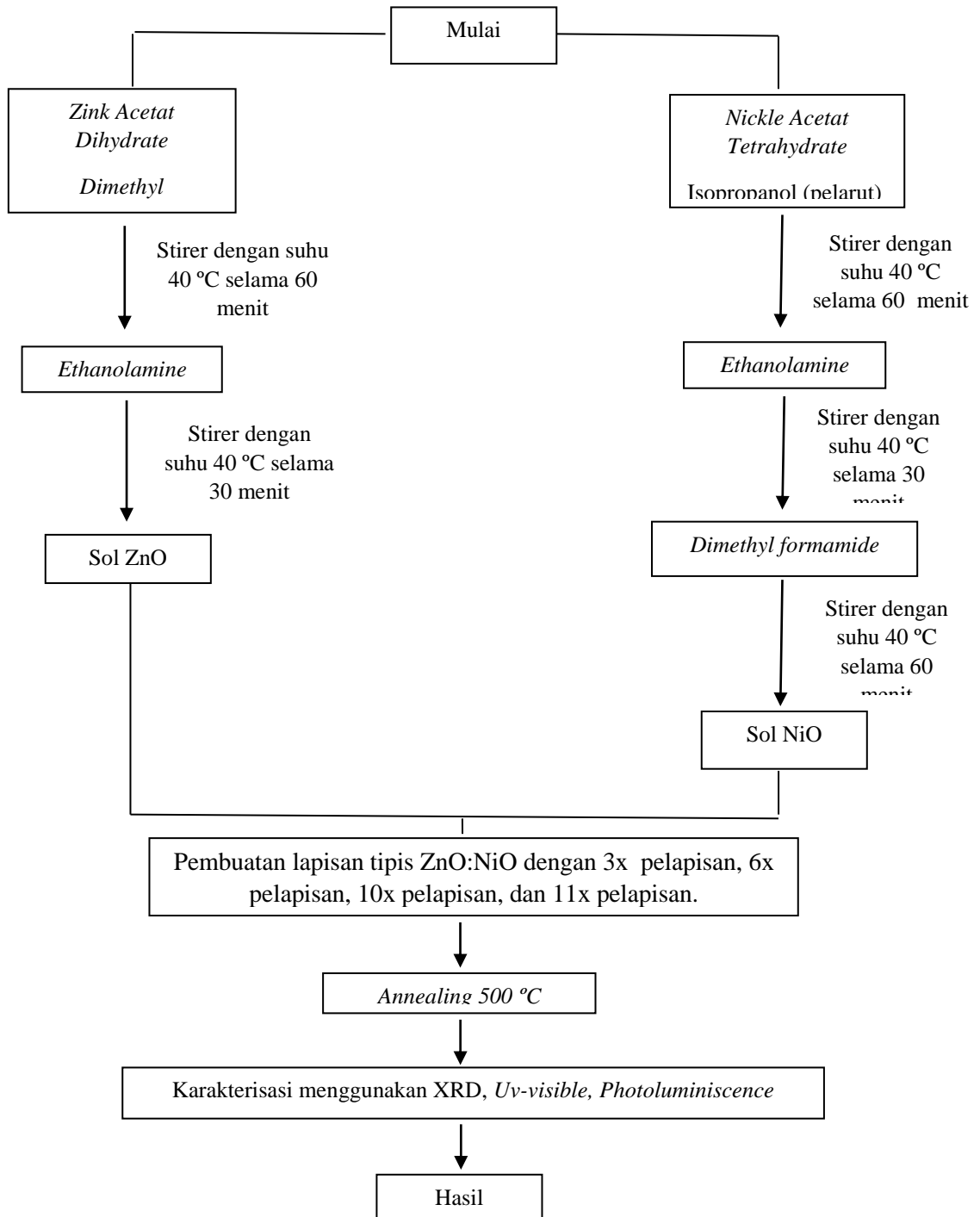
### **III.3.3.3. *Photoluminescence* (PL)**

*Photoluminescence* (PL) merupakan emisi cahaya secara spontan dari sebuah material yang mengalami ekstasi optik. Saat energi cahaya dari luar diberikan pada material cukup besar, maka foton akan terserap dan elektron mengalami eksitasi. Sering kali eksitasi tersebut tidak stabil sehingga elektron kembali pada keadaan normalnya.

Prinsip kerja dari *photoluminescence* yaitu menyerap tenaga cahaya dan memancarkan cahaya kembali dan tidak melibatkan cahaya listrik. Suatu molekul yang awalnya mengabsorpsi cahaya UV atau cahaya tampak pada suatu waktu kembali ke tingkat dasar yang disebut dengan istilah mengalami *photoluminescence*. *Photoluminescence* terjadi hanya didalam beberapa molekul yang dapat mengalami emisi foton yang tertentu, setelah terjadi eksitasi yang kemudian kembali ke keadaan dasar.

Beberapa sifat material yang dapat dikarakterisasi menggunakan spektrokopi PL diantaranya pita energi ( $E_g$ ), deteksi cacat Kristal, dan juga kualitas material.

### III.4. Bagan Alir Penelitian

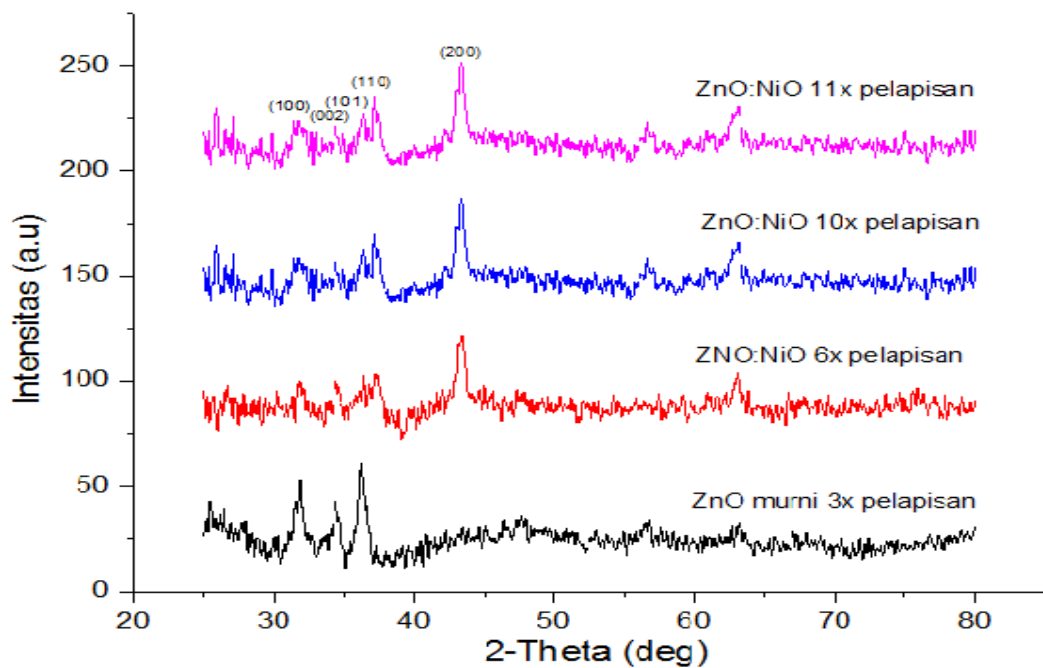


Gambar III.2. Diagram alir penelitian

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### IV.1. Hasil Karakterisasi Difraksi sinar-X (XRD) Lapisan Tipis ZnO:NiO

Karakterisasi film tipis ZnO:NiO dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi ketebalan lapisan tipis ZnO:NiO heterostruktur, meliputi ukuran kristal, nilai FWHM, dan bidang hkl. Karakterisasi ini dilakukan menggunakan Difraksi Sinar-X (XRD).



Gambar IV.1 Spektra XRD film tipis ZnO:NiO pada 3 kali pelapisan, 6 kali pelapisan, 10 kali pelapisan, dan 11 kali pelapisan.

Gambar IV.1 menunjukkan pola difraksi ZnO:NiO yang disintesis dengan variasi ketebalan 3 kali pelapisan, 6 kali pelapisan, 10 kali pelapisan, dan 11 kali pelapisan. Untuk 3 kali pelapisan difraksi ZnO:NiO terbentuk pada  $2\theta$  yaitu,  $31,88^\circ$ ,  $34,38^\circ$ , dan  $36,16^\circ$ , masing-masing pada bidang (100), (002), dan (101).

Intensitas difraksi yang relatif meningkat menunjukkan struktur kristal lebih dominan. Untuk 6 kali pelapisan difraksi ZnO:NiO terbentuk pada  $2\theta$  yaitu,  $31,68^\circ$ ,  $34,46^\circ$ ,  $37,14^\circ$ , dan  $43,40^\circ$ , masing-masing pada bidang (100), (002), (110), dan (200). Pada bidang (101) tidak terbentuk puncak difraksi, kemungkinan ini terjadi akibat proses rekristalisasi yang kurang baik. Untuk 10 kali pelapisan difraksi ZnO:NiO terbentuk pada  $2\theta$  yaitu,  $32,00^\circ$ ,  $34,38^\circ$ ,  $36,36^\circ$ ,  $37,46^\circ$ , dan  $43,36^\circ$ , masing-masing pada bidang (100), (002), (101), (110), dan (200). Bidang (101) mulai terbentuk kristal dengan munculnya puncak difraksi. Sedangkan untuk 11 kali pelapisan difraksi ZnO:NiO terbentuk pada  $2\theta$  yaitu,  $31,82^\circ$ ,  $36,44^\circ$ ,  $32,20^\circ$ ,  $37,35^\circ$ , dan  $43,34^\circ$ , masing-masing pada bidang (100), (002), (101), (110), dan (200). Intensitas difraksi yang relatif kecil menunjukkan struktur *amorf* lebih dominan dibandingkan dengan struktur kristal.

Pada gambar IV.1, diperoleh nilai fwhm ZnO murni dan ZnO:NiO. Pada bidang (100) ZnO murni memiliki nilai fwhm 0,05, setelah divariasikan NiO 3 kali pelapisan memiliki nilai fwhm 0,45, lalu pada NiO 4 kali pelapisan memiliki nilai fwhm 0,55, sedangkan pada NiO 5 kali pelapisan memiliki nilai fwhm 0,96. Pada bidang (002) ZnO murni memiliki nilai fwhm 0,27, setelah divariasikan NiO 3 kali pelapisan memiliki nilai fwhm 0,42, lalu setelah divariasikan NiO 4 kali pelapisan memiliki nilai fwhm 0,55, sedangkan pada NiO 5 kali pelapisan memiliki nilai fwhm 1,30. Pada bidang (101) ZnO murni memiliki nilai fwhm 0,15, pada 6 kali pelapisan tidak muncul bidang (101) karna terjadi cacatan kristal sehingga menyebabkan bidang tersebut tidak muncul, lalu pada variasi NiO 4 kali pelapisan memiliki nilai fwhm 0,36, kemudian variasi NiO 5 kali pelapisan

memiliki nilai fwhm 0,37. Pada 6 kali pelapisan bidang (110) memiliki nilai fwhm 0,50, lalu pada 10 kali pelapisan memiliki nilai fwhm 0,39, sedangkan pada 11 kali pelapisan memiliki nilai fwhm 0,08. Pada 6 kali pelapisan bidang (200) memiliki nilai fwhm 0,59, lalu pada 10 kali pelapisan memiliki nilai fwhm 0,74, dan pada 11 kali pelapisan memiliki nilai fwhm 0,61. Nilai fwhm menunjukkan adanya peningkatan dengan semakin banyak tumpukan lapisan dari senyawa NiO yang diberikan maka kualitas dari struktur kristal senyawa ZnO semakin menurun.

Berdasarkan data JCPDS (*Joint on Powder Diffraction Standard* No 00-005-0664), untuk lapisan ZnO memiliki ukuran parameter kisi  $a = b = 3,249 \text{ \AA}$  dan  $c = 5,205 \text{ \AA}$ . Parameter kisi  $a = b \neq c$  ini berlaku untuk struktur kristal heksagonal. Sedangkan berdasarkan data JCPDS (*Joint on Powder Diffraction Standard* No 04-006-6160) lapisan NiO memiliki ukuran parameter kisi  $a = 5,1009 \text{ \AA}$ ,  $b = 2,9556 \text{ \AA}$ , dan  $c = 2,9514$ . Parameter kisi  $a = b = c$  ini berlaku untuk struktur kristal kubik.

Dari gambar IV.1 menunjukkan bahwa ZnO merupakan kristal dengan struktur heksagonal dengan sumbu  $a = b \neq c$ . Sedangkan NiO merupakan kristal dengan struktur kubik. Dimana struktur kubik memiliki kisi sederhana dengan sumbu  $a = b = c$ . Senyawa NiO dengan struktur kubik memiliki jenis kisi sederhana berupa, *body-centered cubic*.

Tabel IV.1 Kualitas kristal film tipis ZnO:NiO dengan variasi ketebalan.



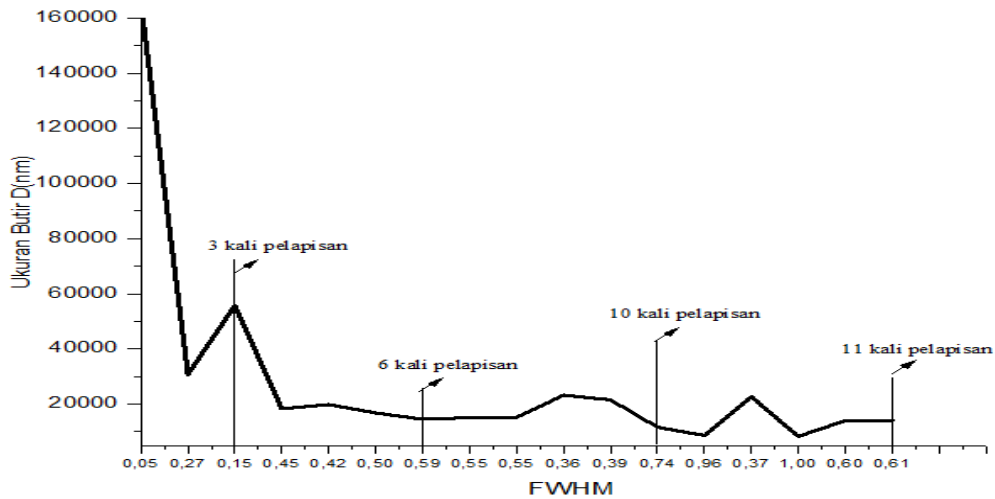
Ukuran butir kristal dari pola difraksi gambar IV.1, didapatkan dengan

<b>Sample</b>	<b>(hkl)</b>	<b>FWHM</b>	<b>2θ (deg)</b>	<b>D (nm)</b>
<b>ZnO 3 kali pelapisan (murni)</b>	(100)	0,05	31,88	165,239
	(002)	0,27	34,38	30,799
	(101)	0,15	36,16	55,712
<b>ZnO:NiO 6 kali pelapisan</b>	(100)	0,45	31,68	18,350
	(002)	0,42	34,46	19,803
	(110)	0,50	37,14	16,761
	(200)	0,59	43,40	14,491
<b>ZnO:NiO 10 kali pelapisan</b>	(100)	0,55	32,00	15,026
	(002)	0,55	34,38	15,119
	(101)	0,36	36,36	23,226
	(110)	0,39	37,46	21,509
	(200)	0,74	43,36	11,552
<b>ZnO:NiO 11 kali pelapisan</b>	(100)	0,96	31,82	8,604
	(002)	0,37	36,44	22,604
	(101)	1,00	32,20	8,268
	(110)	0,60	37,35	13,976
	(200)	0,61	43,34	14,013

menerapkan persamaan (2.6)

$$D = \frac{0,9 \lambda}{\beta \cos \theta} \quad (2.6)$$

D adalah ukuran butir kristal rata rata,  $\lambda$  adalah panjang gelombang (1,54056 Å),  $\theta$  adalah suhu difraksi, dan  $\beta$  adalah lebar puncak setengah maksimum (fwhm) masing-masing puncak.

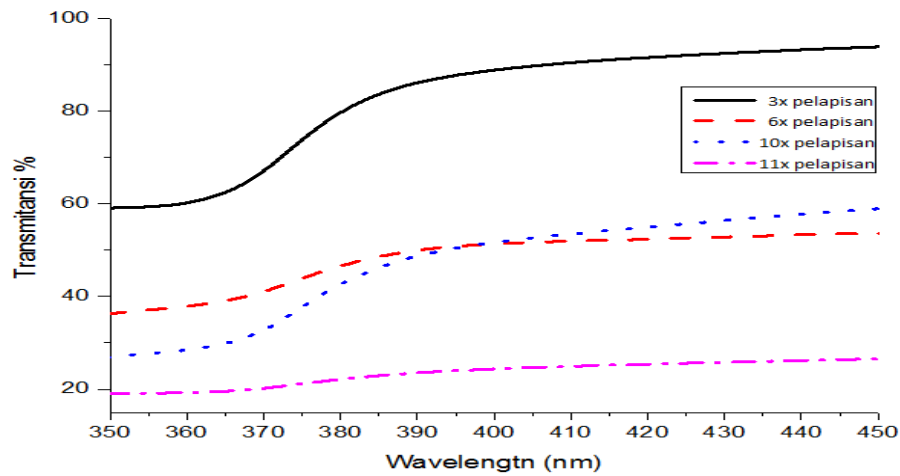


Gambar IV.2 Grafik pengaruh perubahan nilai fwhm terhadap ukuran butir kristal ZnO:NiO heterostruktur.

Pada gambar IV.2 terlihat bahwa ukuran butir kristal menurun dari 3 kali pelapisan sampai 6 kali pelapisan kemudian meningkat dari 6 kali pelapisan sampai 10 kali pelapisan, kemudian pada 10 kali pelapisan sampai dengan 11 kali pelapisan kembali mengalami penurunan. Nilai ukuran butir kristal dipengaruhi oleh lebar spektrum XRD yaitu nilai fwhm. Jika nilai fwhm kecil maka ukuran butir kristal besar begitupun sebaliknya.

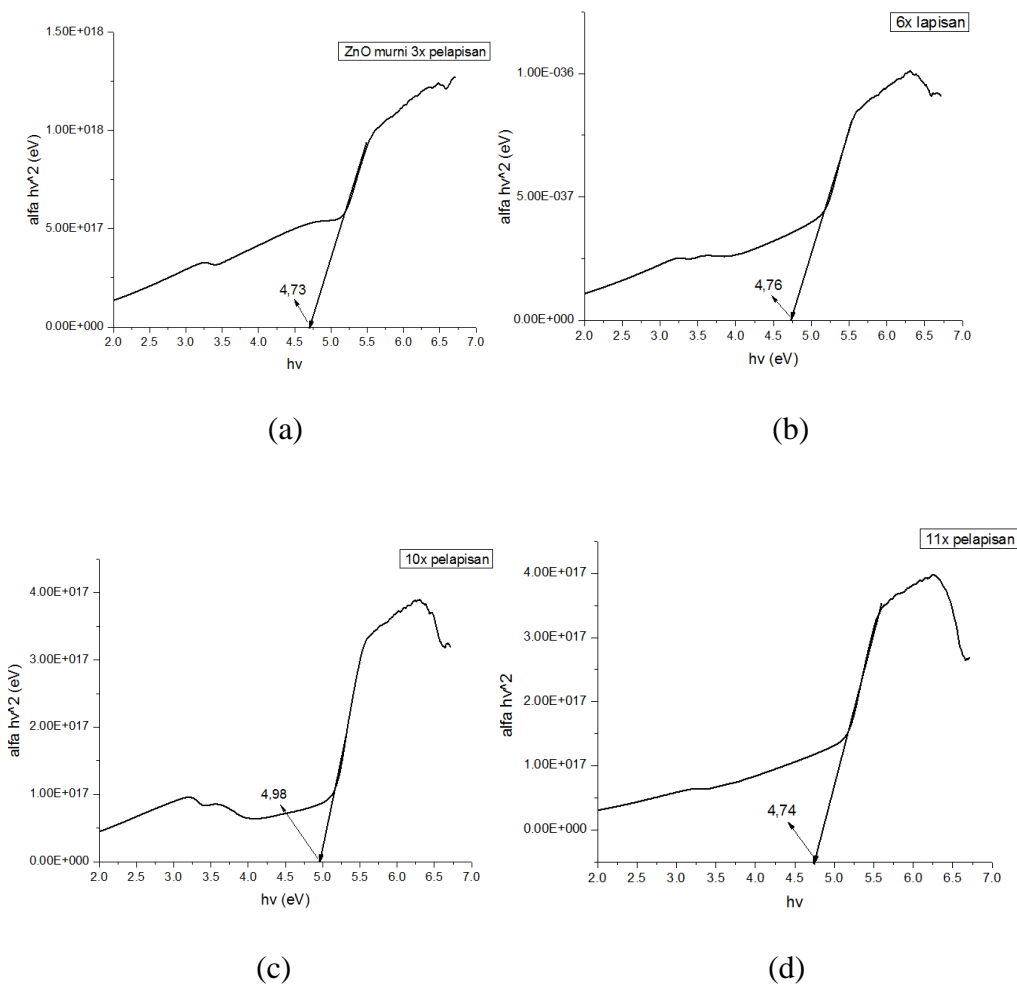
#### IV.2 Hasil uji karakterisasi spektrometer UV-Visible

Sifat optik lapisan tipis ZnO:NiO ditentukan berdasarkan pengukuran spektrum transmitansi yang diperoleh dari alat spektrometer Uv-Visible.



Gambar IV. 3 Spektrum transmitansi ZnO:NiO pada 3 kali pelapisan, 6 kali pelapisan, 10 kali pelapisan, dan 11 kali pelapisan.

Hasil pengukuran yang diperlihatkan pada gambar IV.3 dan IV.4 didapatkan bahwa film tipis ZnO:NiO menyerap energi UV pada panjang gelombang 365 nm untuk ZnO murni pada 3 kali pelapisan nilai ini menunjukkan bahwa sampel yang ditumbuhkan melalui metode *spin coating* memiliki sifat kristal yang cukup baik. Lapisan tipis ZnO sebelum dan setelah *heterostructure* NiO memiliki variasi ketebalan yang berbeda, sehingga menghasilkan nilai transmitansi yang berbeda pula. Semakin tebal lapisan yang diberikan maka nilai transmitansi yang dihasilkan semakin menurun. Dapat dilihat bahwa nilai transmitansi tertinggi ditunjukkan pada saat sebelum diberikan *heterostructure* NiO. Sehingga nilai transmitansi film tipis ZnO sebelum dan setelah *heterostructure* NiO digunakan untuk menentukan energi gap (band gap).



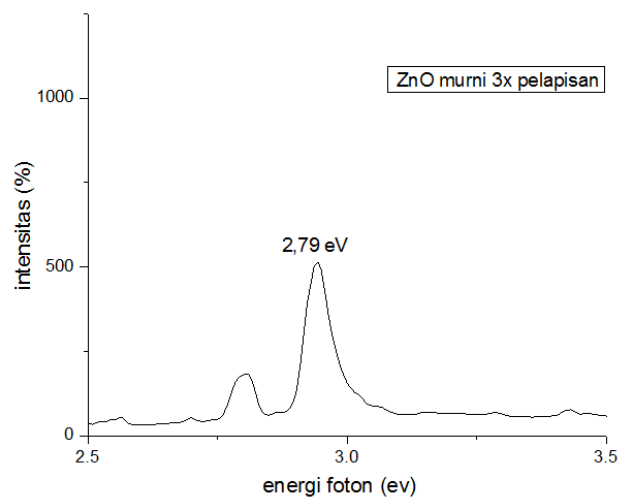
Gambar IV. 5 Plot  $(\alpha h\nu)^2$  terhadap  $h\nu$  film tipis ZnO:NiO *heterostructure* (a) ZnO murni 3 kali pelapisan (b) ZnO:NiO heterostruktur 6 kali pelapisan (c) ZnO:NiO *heterostructure* 10 kali pelapisan (d) ZnO:NiO heterostruktur 11 kali pelapisan.

Berdasarkan gambar IV.5 menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah variasi ketebalan lapisan tipis ZnO:NiO heterostruktur yang diberikan maka nilai energi band gap yang didapatkan cenderung meningkat. Pada lapisan tipis ZnO murni memiliki energi band gap yang lebih kecil dari pada setelah diberikan variasi ketebalan dengan senyawa NiO. Hasil ini sama dengan hasil penelitian

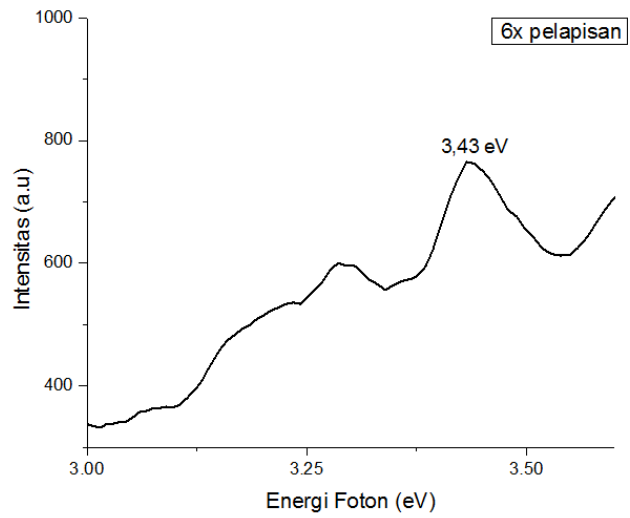
yang dilakukan oleh Xiaolin Hu et al (2016), yang menyatakan bahwa nilai energi gap akan meningkat dengan bertambahnya jumlah ketebalan.

#### IV.3 Hasil Uji karakterisasi Spektrometer *Photoluminescence*

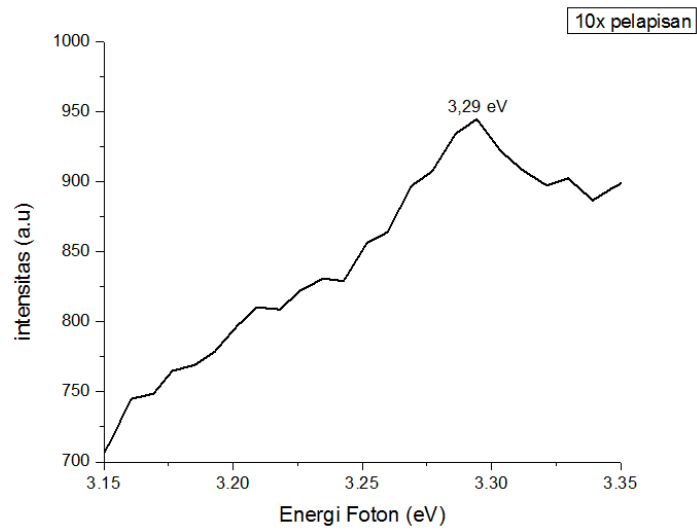
Sifat optik dari suatu lapisan tipis juga dapat diketahui melalui uji karakterisasi Spektrometer *Photoluminescence* (PL). Data *Photoluminescence* yang dihasilkan dapat digunakan untuk menghitung Energi gap ( $E_g$ ) film tipis ZnO heterostruktur menggunakan senyawa NiO dan tanpa senyawa NiO.



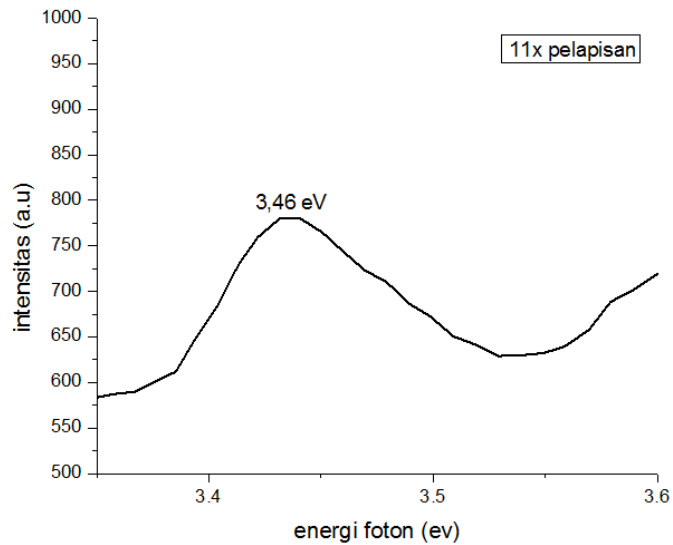
Gambar IV. 7. (a) Grafik Energi Gap lapisan tipis ZnO dengan 3 kali pelapisan



Gambar IV. 7. (b) Grafik Energi Gap lapisan tipis ZnO heterostruktur dengan menggunakan senyawa NiO 6 kali pelapisan



Gambar IV. 7. (c) Grafik Energi Gap lapisan tipis ZnO heterostruktur dengan menggunakan senyawa NiO 10 kali pelapisan.



Gambar IV. 7. (d) Grafik Energi Gap lapisan tipis ZnO heterostruktur dengan menggunakan senyawa NiO 11 kali pelapisan

Hasil dari gambar IV.7.(a), (b), (c), (d) menunjukkan bahwa Energi gap ( $E_g$ ) yang dihasilkan pada lapisan tipis ZnO heterostruktur dengan menggunakan senyawa NiO cenderung mengalami peningkatan pada jumlah pelapisan 6 kali pelapisan dan 11 kali pelapisan yaitu dari 3,43 eV menjadi 3,46 eV. Pada jumlah 10 kali pelapisan mengalami penurunan ( $E_g$ ) menjadi 3,29 eV. Hal ini disebabkan oleh pengaruh jumlah pelapisan, yang berpengaruh terhadap perubahan Energi gap ( $E_g$ ) pada lapisan tipis ZnO:NiO heterostruktur.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **V.1 Kesimpulan**

Kesimpulan dari penelitian ini adalah :

1. Hasil data XRD diketahui film tipis ZnO;NiO *heterostructure* mengalami peningkatan intensitas. Dan juga jumlah variasi pelapisan mempengaruhi ukuran butir kristal yang cenderung semakin menurun.
2. Pada lapisan tipis heterostruckur ZnO:NiO, nilai celah pita energi mengalami peningkatan dengan bertambahnya jumlah pelapisan.
3. Hasil pengujian UV- Visible menunjukkan bahwa nilai transmitansi dari masing-masing sample sebelum dan setelah diberikan lapisan NiO pada jumlah variasi lapisan yang berbeda-beda, memiliki nilai yang cenderung menurun akibat semakin banyaknya jumlah lapisan yang dibentuk .

#### **V.2 Saran**

1. Untuk penelitian selanjutnya disarankan menggunakan bahan TCO dan juga memalukan proses *annealing* pada suhu yang lebih tinggi agar proses reklistarilasi semakin baik.
2. Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan SEM untuk melihat morfologi dari masing-masing variasi lapisan yang diberikan.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] M.A. Boukadhaba, A. Fouzri, V. Sallet, S.S. Hassani, G. Amiri, A. Lusson, M. Oumezzine. 2015. "Characterization of ZnO thin film grown on c-plane substrates by MO-CVD:Effect of substrate annealing temperature, vicinal-cut angle and miscut direction". *Superlattices and Microstructures*.
- [2] A.R. Bari, M. D. Shinde, Vinita Deo, L. A. Patil. 2009. "Effect of Solvent on The Particle Morphology of Nanostructure ZnO". *Indian jurnal of pure and applied physics vol 47 24-27*.
- [3] Linhua Xu, Linxing Shi, Xiangyin Li. 2008. "Effect of TiO<sub>2</sub> buffer layer on the structural and optical properties of ZnO thin films deposited by E-beam evaporation and sol-gel method". *Applied Surface Science 255 (2008) 3230-3234*.
- [4] B. Saha, K. Sarkar, A. Bera, K. Deb, R. Thapa. 2017. "Schottky diode behaviour with excellent photoresponse in NiO/FTO heterostructure". *Applied Surface Science*.
- [5] Hadas Mamane, Inna Horovitz, Luca Lozzi, Daniela Di Camillo, Dror Avisar. 2014. "The role of physical and operational parameters in photocatalysis by N-doped TiO<sub>2</sub> sol-gel thin films". *Chemical Engineering Journal 257 (2014) 159-169*.

- [6] R.Zhang, Sh.U. Yuldashev, J.C. Lee, V.Sh. Yalishev, T.W. Kang, D.J. Fu. 2013. "Memristive behavior of ZnO/NiO stacked heterostructure". *Microelectronic Engineering* 112 (2013) 31–34.
- [7] Xin Yu, Jian Zhang, Zhenhuan Zhao, Weibo Guo, Jichuan Qiu, Xiaoning Mou, Aixue Li, Jerome P. Claverie, Hong Liu. 2015. "NiO-TiO<sub>2</sub> p-n heterostructured nanocables bridged by zero - bandgap rGO for highly efficient photocatalytic water splitting". *NanoEnergy*.
- [8] Yang Jiao, Yang Liu, Bosi Yin, Siwen Zhang, Fengyu Qu, Xiang Wu. "Hybrid  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> NiO heterostructures for flexible and high performance supercapacitor electrodes and visible light driven photocatalysts". *Nano Energy* (2014) 10, 90–98.
- [9] Suri, Mehra. 2007. "Effect of Electrolytes on The Photovoltaic Performance of A Hybrid Dye Sensitized ZnO Solar Cell". *Solar Energy Mater. Solar Cells*, 91 : 518-524.
- [10] Hoffman, Martin., Choi, D.W. 1995. "Environmental Applications of Semiconductor Photocatalysis". *Chem. Rev.* Pp 67-69.
- [11] Yahdiana. (2011). "Studi Degradasi Zat Warna Tekstil Congo red dengan Metode Fotokatalitik Menggunakan Suspensi TiO<sub>2</sub>". *Skripsi. Depok : FMIPA UI*.

- [12] Astuti, Santi Yuli. 2011. "Struktur dan Sifat Listrik Film Tipis CdTe:Cu Yang Ditumbuhkan dengan Metode DC Magnetron Sputtering". *Semarang : Universitas Negeri Semarang*.
- [13] Rukhman, Arie Megha. 2011. "Sintesis **Dan Karakterisasi Seng Peroksida (ZnO<sub>2</sub>) Dan Seng Oksida (ZnO) Dengan Permukaan Berongga**". *Departemen Kimia Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor*.
- [14] Amananti Wilda, Heri Sutanto. 2015. "Analisis Sifat Optis Lapisan Tipis ZnO, TiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>:ZnO, Dengan dan Tanpa Lapisan Penyangga yang Dideposisikan Menggunakan Metode Sol-Gel Spray Coating". *Jurnal Fisika Indonesia No: 55, Vol XIX, Edisi Mei 2015 ISSN : 1410-2994*.
- [15] Delphine Merche, Nicolas Vandencastele, François Reniers. 2012. "Atmospheric plasmas for thin film deposition: A critical review". *Thin Solid Films 520 (2012) 4219–4236*.
- [16] Nurul N M, Zorkipli, Noor Haida Mohd K, Ahmad Azmin Mohamad. 2016. "Synthesis of NiO Nanoparticles through Sol-gel Method". *Procedia Chemistry 19( 2016) 626 – 631*.
- [17] Jlassi, M., I.Staa, Hajji, M., Ezzaouia, H. 2014. Optical and electrical properties of nickel oxide thin films synthesized by sol-gel spin coating. *Materials Science in Semiconductor processing* 21,7-13.
- [18] Alshahrie, Ahmed, Yahia, Alghamdi, Atteiah, Al Hassan. 2016. "Morphological, structural and optical dispersion parameters of Cd-doped NiO nanostructure thin film". *Optik*

- [19] Singh, J. 1995. "Physisc Semiconductors and Their Heterostructures".  
*Singapore: Mcgraw-Hill*
- [20] Fridawati, Mika. 2008. "Analisa Struktur Kristal dari Lapisan Tipis Aluminium (Al) Dengan Metode Difraksi Sinar-X (Skripsi)". Yogyakarta:  
*Univertas Sanata Dharma.*
- [21] Wiyatmo, Yusman. 2003. "Fisika Modern". Yogyakarta: *Pustaka Pelajar.*
- [22] Xiaolin Hu, Yuanyuan Li, Jian Tian Hongru, Yang Hongzhi Cui. 2016.  
"Highly efficient full solar spectrum (UV-Vis-NIR) photocatalytic performance of Ag<sub>2</sub>S quantum dot/TiO<sub>2</sub> nanobelt heterostructures".  
*Journal of Industrial and Engineering Chemistry.*

# LAMPIRAN

## Lampiran 1. Data International Center for Diffraction Data (ICDD)

04-006-6160

Jan 27, 2017 10:32 AM (DELL)

Status: Primary QM: Indexed Pressure/Temperature: Ambient Chemical Formula: Ni O  
 Empirical Formula: Ni O Weight %: N978.58 O21.42 Atomic %: N950.00 O50.00 ANX: AX  
 Compound Name: Nickel Oxide

Radiation: CuKα1 λ: 1.54056 Å d-Spacing: Calculated Intensity: Calculated Wc: 3.15 Wc - ND: 1.18

SYS: Monoclinic SPGR: C2/m (12)

Author's Cell [ AuthCell a: 5.1099 Å AuthCell b: 2.9556 Å AuthCell c: 2.9514 Å AuthCell β: 125.2°

AuthCell Vol: 36.42 Å<sup>3</sup> AuthCell Z: 2.00 AuthCell MolVol: 18.21 ]

Author's Cell Axial Ratio [ c/a: 0.578 a/b: 1.729 c/b: 0.999 ]

Density [ Dcalc: 6.811 g/cm<sup>3</sup> Dmeas: 6.81 g/cm<sup>3</sup> ] SS/POM: F(15) = 13.9(0.022, 49)

Temp: 298.0 K (Author provided temperature)

Space Group: C2/m (12) Molecular Weight: 74.70

Crystal Data [ XCell a: 4.176 Å XCell b: 2.956 Å XCell c: 2.951 Å XCell α: 90.00°

XCell β: 90.08° XCell γ: 90.00° XCell Vol: 36.42 Å<sup>3</sup> XCell Z: 2.00 ]

Crystal Data Axial Ratio [ c/a: 0.707 a/b: 1.413 c/b: 0.998 ]

Reduced Cell [ RedCell a: 2.951 Å RedCell b: 2.952 Å RedCell c: 2.952 Å RedCell α: 60.09°

RedCell β: 60.07° RedCell γ: 60.07° RedCell Vol: 18.21 Å<sup>3</sup> ]

Warning: Metric Symmetry Exceeds Crystal Symmetry

Warning: Metric Symmetry Exceeds Crystal Symmetry

Crystal Data Bravais Lattice = NI Reduced Cell Bravais Lattice=CF

Metric (Initial to CF): 0.0-1.0 1.0/0.0 1.0 1.0/-1.0 0.0-1.0

CF Cell Parameters: 4.177 4.177 4.176 90.06 90.06 90.08

Crystal (Symmetry Allowed): Centrosymmetric

SG Symmetry Operators:

See Operator See Operator See Operator See Operator

1 x,y,z 2 -x,-y,-z 3 x,y,z 4 -x,-y,-z

Atomic Coordinates:

Atom	Num	Wyckoff	Symmetry	x	y	z	DOF	IMP	ACT
Ni	1	2a	2/m	0.0	0.0	0.0	1.0	6-a	
O	2	2d	2/m	0.0	0.5	0.5	1.0	6-a	

Subfile(s): Inorganic, Metals & Alloys Former PDF's #: 01-078-8794

Prototype Structure [Formula Order]: Co O Prototype Structure [Alpha Order]: Co O

LFP Prototype Structure [Formula Order]: Co O<sub>m</sub>S<sub>4</sub>,12 LFP Prototype Structure [Alpha Order]: Co O<sub>m</sub>S<sub>4</sub>,12

Pearson Symbol: mC4.00 Cross-Ref PDF #'s: / 04-007-8781 (Alternate) Entry Date: 09/01/2005

Last Modification Date: 09/01/2011 Last Modifications: Reflections

References:

Type DOI Reference

Primary Reference Calculated from LFP using POWD-13++.

Structure "Crystal Structure of Antiferromagnetic NiO Determined by X-Ray Topography". Nakagishi K., Fukuda N., Shimozu Y. J. Phys. Soc. Jpn. 38, 1604 (1975).

Database Comments: ANX: AX. LFP Collection Code: 558175. Temperature of Data Collection: 298 K. Minor Warning: No s.u.d reported/abstracted on the cell dimension. No R factor reported/abstracted. Unit Cell Data Source: Single Crystal.

d-Spacings (2θ) - Ni O - 04-006-6160 (2θ Calc, Fixed SRT Intensity) - Cu Kα1 1.54056 Å

2θ (°)	d (Å)	I	h	k	l	h <sup>2</sup>	2θ (°)	d (Å)	I	h	k	l	h <sup>2</sup>	2θ (°)	d (Å)	I	h	k	l	h <sup>2</sup>
37.2411	2.413410	500m	0	0	1		76.3751	1.266200	70m	0	0	2		111.8272	0.934510	m	-1	3	1	
37.2411	2.413410	m	1	1	0		76.3751	1.266200	m	2	2	0		111.1999	0.933545	54m	-4	2	2	
43.2870	2.688440	900m	2	0	0		76.5284	1.264200	33	-4	0	2		111.1999	0.933545	m	-5	1	1	
43.2870	2.688440	m	-1	1	1		85.0650	1.044220	26m	4	0	0		129.2370	0.852576	44m	4	2	0	
62.8562	1.477250	264m	0	2	0		85.0650	1.044220	m	-2	2	2		129.2370	0.852576	m	-1	1	3	
62.8562	1.477250	m	1	1	1		108.8960	0.858871	21m	1	3	0		129.4783	0.851727	21m	-5	1	3	
62.8565	1.475770	277m	-2	0	2		108.8960	0.858871	m	-2	0	3		129.4783	0.851727	m	-6	0	2	
62.8565	1.475770	m	-3	1	1		107.1545	0.857276	13m	-4	0	3		148.8628	0.803440	18m	5	1	0	
75.3677	1.268060	105m	0	2	1		107.1545	0.857276	m	-5	1	2		148.8628	0.803440	m	-4	2	3	
75.3677	1.268060	m	-3	1	2		111.8272	0.934510	48m	3	1	1								

00-005-0664

Jan 27, 2017 10:32 AM (DELL)

Status: Alternate QM: Indexed Pressure/Temperature: Ambient Chemical Formula: ZnO  
 Empirical Formula: O Zn Weight %: O19.56 Zn80.34 Atomic %: O50.00 Zn50.00  
 Compound Name: Zinc Oxide Mineral Name: Zincite, sym Common Name: zinc white, chinese white

Radiation: CuKα1 λ: 1.5405 Å Filter: Ni Beta Intensity: Diffractometer Wc: 4.5

SYS: Hexagonal SPGR: P63mc (186)

Author's Cell [ AuthCell a: 3.249 Å AuthCell c: 5.205 Å AuthCell Vol: 47.58 Å³ AuthCell Z: 2.00

AuthCell MolVol: 23.79 Å³ Author's Cell Axial Ratio [ c/a: 1.602 ]

Density [ Dcalc: 5.68 g/cm³ Dmeas: 5.68 g/cm³ ] SSFOM: F(27) = 28.6(0.033, 29)

Temp: 299.0 K (Author provided temperature) Avg. Melting Point: 1943(10) K Color: Orange-yellow, dark red

Space Group: P63mc (186) Molecular Weight: 81.38

Crystal Data [ XCell a: 3.249 Å XCell b: 3.249 Å XCell c: 5.205 Å XCell α: 90.00°

XCell β: 90.00° XCell γ: 120.00° XCell Vol: 47.58 Å³ XCell Z: 2.00 ]

Crystal Data Axial Ratio [ c/a: 1.602 a/b: 1.000 c/b: 1.602 ]

Reduced Cell [ RedCell a: 3.249 Å RedCell b: 3.249 Å RedCell c: 5.205 Å RedCell α: 90.00°

RedCell β: 90.00° RedCell γ: 120.00° RedCell Vol: 47.58 Å³ ]

μ<sub>0</sub>: -0.013 ρ<sub>p</sub>: -0.029 Sign: ++

Atomic parameters are cross-referenced from PDF entry 04-063-2106 ADP: B

Crystal (Symmetry Allowed): Non-centrosymmetric - Pyro / Piezo (p), Piezo (2nd Harm.)

SG Symmetry Operators:

See Operator	See Operator	See Operator	See Operator	See Operator	See Operator
1 x,y,z	2 -x,y,z	3 x,y,z+1/2	4 -x,y,z+1/2	5 x,y,z+1/2	6 -x,y,z+1/2
7 x,y,z	8 -x,y,z	9 x,y,z+1/2	10 -x,y,z+1/2	11 x,y,z+1/2	12 -x,y,z+1/2

Atomic Coordinates:

Atom	Name	Wyckoff	Symmetry	x	y	z	OCF	Site	ACT
Zn	1	2b	3m	0.3333	0.6666	0.0	1.0	0.55	4-a
O	2	2b	3m	0.3333	0.6666	0.3817	1.0	0.55	4-a

Subfile(s): Common Phase, Forensic, Inorganic, Metals & Alloys, Mineral Related (Mineral, Synthetic), NBS Pattern, Pharmaceutical (Excipient), Pigment/Dye

Prototype Structure [Formula Order]: ZnO Prototype Structure [Alpha Order]: O Zn

LPF Prototype Structure [Formula Order]: Zn O,NP4,186 LPF Prototype Structure [Alpha Order]: O Zn,NP4,186

Mineral Classification: Wurtzite (Supergroup), 2H (Group) Pearson Symbol: NP4,00

00-001-1136 (Deleted), 00-003-0588 (Deleted), 00-036-1451 (Primary), 00-065-0725 (Primary),  
 00-065-0726 (Primary), 01-070-2551 (Alternate), 01-070-8070 (Alternate), 01-070-8072 (Alternate),  
 01-071-3830 (Alternate), 01-075-1526 (Alternate), 01-075-1533 (Alternate), 01-075-9742 (Alternate),  
 01-076-0704 (Alternate), 01-076-8930 (Alternate), 01-077-6262 (Alternate), 01-078-2585 (Alternate),  
 01-078-3315 (Alternate), 01-078-4490 (Alternate), 01-078-4603 (Alternate), 01-078-4604 (Alternate),  
 01-078-4605 (Alternate), 01-078-4606 (Alternate), 01-078-5604 (Alternate), 01-078-9878 (Alternate),  
 01-080-3002 (Alternate), 01-080-3003 (Alternate), 01-080-3004 (Alternate), 01-080-4199 (Alternate),  
 01-080-4433 (Alternate), 01-080-6503 (Alternate), 01-080-7009 (Alternate), 01-081-8038 (Alternate),  
 01-082-8987 (Alternate), 04-001-7297 (Alternate), 04-003-2106 (Primary), 04-004-2775 (Alternate),  
 04-004-4530 (Alternate), 04-004-4531 (Alternate), 04-004-5134 (Alternate), 04-004-6457 (Alternate),  
 04-004-7535 (Alternate), 04-004-8597 (Alternate), 04-004-8598 (Alternate), 04-005-4711 (Alternate),  
 04-005-5072 (Alternate), 04-005-5076 (Alternate), 04-006-1673 (Alternate), 04-006-2073 (Alternate),  
 04-006-2543 (Alternate), 04-006-2557 (Alternate), 04-006-7159 (Alternate), 04-006-9717 (Alternate),  
 04-007-1614 (Alternate), 04-007-4718 (Alternate), 04-007-5097 (Alternate), 04-007-9627 (Alternate),  
 04-007-9804 (Alternate), 04-007-9925 (Alternate), 04-008-2750 (Alternate), 04-008-3505 (Alternate), 04-008-6900 (Alternate), 04-008-6994 (Alternate),  
 04-008-7114 (Alternate), 04-008-8196 (Alternate), 04-008-8197 (Alternate), 04-008-8198 (Alternate),  
 04-008-8199 (Alternate), 04-008-8199 (Alternate), 04-008-8199 (Alternate), 04-013-6507 (Alternate),  
 04-013-6507 (Alternate), 04-013-6508 (Alternate), 04-013-6509 (Alternate), 04-013-6510 (Alternate),  
 04-013-6511 (Alternate), 04-013-7123 (Alternate), 04-014-0233 (Alternate), 04-015-0525 (Alternate),  
 04-015-2215 (Alternate), 04-015-2634 (Alternate), 04-015-4050 (Alternate), 04-015-5830 (Alternate),  
 04-015-5831 (Alternate), 04-015-5832 (Alternate), 04-015-5833 (Alternate), 04-015-5835 (Alternate),  
 04-015-5836 (Alternate), 04-015-6545 (Alternate), 04-016-2643 (Alternate)

Entry Date: 09/01/1955

References:

Type	DOI	Reference
Primary Reference		Swanson, Fuyat, Natl. Bur. Stand. (U.S.), Circ. 539 2, 25 (1953).
Crystal Structure		Crystal Structure Source: LPF.
Optical Data		Optical System of Mineralogy, 7th Ed., 5, 584.
Reference		IMA Commission on New Microscopy Q&F.

00-005-0664

Jan 27, 2017 10:32 AM (DELL)

Additional Patterns: See PDF 00-036-1451. Analysis: Spectroscopic analysis: <0.001% each of Mg, Si and Ca. Color: Orange-yellow, dark red. Melting Point: 1943(10) K. Reflectance: Opaque mineral optical data on specimen from Sterling Hill, New Jersey, USA: R3R%=11.8, Disp.#Std. Sample Source or Locality: Sample from New Jersey Zinc Company, Sterling Hill, New Jersey, USA. Temperature of Data Collection: Pattern taken at 299 K. Vickers Hardness Number: VHN100=190-219. Warning: Lines with abs(delta 2Theta)>0.06 DEG. Unit Cell Data Source: Powder Diffraction.

d-Spacings (27) - ZnO - 00-005-0664 (Stick, Fixed Slit Intensity) - Cu Kα1 1.54056 Å

2θ (°)	d (Å)	I	h	k	l	*	2θ (°)	d (Å)	I	h	k	l	*	2θ (°)	d (Å)	I	h	k	l	*
31.7497	2.816000	71	1	0	0		72.8077	1.301000	3	0	0	4		107.4437	0.955500	1	2	0	4	
34.4391	2.602000	56	0	0	2		76.9535	1.238000	5	2	0	2		110.3739	0.938200	4	3	0	0	
36.2509	2.476000	100	1	0	1		81.4027	1.181200	3	1	0	4		116.2832	0.906900	12	2	1	3	
47.5413	1.911000	29	1	0	2		89.6274	1.092900	10	2	0	3		121.5572	0.882600	6	3	0	2	
56.5530	1.626000	40	1	1	0		92.7740	1.063900	4	2	1	0		125.2288	0.867500	1	0	0	6	
62.8681	1.477000	35	1	0	3		95.3080	1.042200	10	2	1	1		133.9683	0.836900	6	2	0	5	
66.3862	1.407000	6	2	0	0		98.6289	1.015800	5	1	1	4		136.6109	0.829000	2	1	0	6	
67.9151	1.379000	28	1	1	2		102.9192	0.984800	4	2	1	2		138.5036	0.823700	2	2	1	4	
69.0546	1.359000	14	2	0	1		104.1653	0.976400	7	1	0	5		142.8966	0.812500	5	2	2	0	

Status Alternate QM: Star Pressure/Temperature: Temperature (Non-ambient)  
 Chemical Formula: Zn0.20 Ni0.80 O Empirical Formula: Ni0.8 O Zn0.2 Weight %: Ni61.76 O21.04 Zn17.20  
 Atomic %: Ni40.00 O50.00 Zn10.00 ANX: AX Compound Name: Nickel Zinc Oxide

Radiation: CuKα1 λ: 1.54056 Å d-Spacing: Calculated Intensity: Calculated I/c: 5.42 I/c - ND: 1.69

SYS: Rhombohedral SPGR: R-3m (166)  
 Author's Cell [ AuthCell a: 2.9629(2) Å AuthCell c: 7.2532(6) Å AuthCell Vol: 55.14 Å<sup>3</sup> AuthCell Z: 3.00  
 AuthCell MolVol: 18.38 Author's Cell Axial Ratio [ c/a: 2.448 ]  
 Density [ Calc: 5.889 g/cm<sup>3</sup> Dstruc: 6.87 g/cm<sup>3</sup> ] SSFOM: F(10) = 16.1(0.028, 22)  
 Temp: 250.0 K (Author provided temperature) R-factor: 0.016

Space Group: R-3m (166) Molecular Weight: 76.04  
 Crystal Data [ XaCell a: 2.963 Å XaCell b: 2.963 Å XaCell c: 7.253 Å XaCell α: 90.00°  
 XaCell β: 90.00° XaCell γ: 120.00° XaCell Vol: 55.14 Å<sup>3</sup> XaCell Z: 3.00 ]  
 Crystal Data Axial Ratio [ c/a: 2.448 a/b: 1.000 c/b: 2.448 ]  
 Reduced Cell [ RedCell a: 2.962 Å RedCell b: 2.962 Å RedCell c: 2.962 Å RedCell α: 60.00°  
 RedCell β: 60.00° RedCell γ: 60.00° RedCell Vol: 18.38 Å<sup>3</sup> ]

Warning: Metric Symmetry Exceeds Crystal Symmetry  
 Warning: Metric Symmetry Exceeds Crystal Symmetry  
 Crystal Data Bravais Lattice = RH Reduced Cell Bravais Lattice=CF  
 CF Cell Parameters: 4.189 4.189 4.189 90.00 90.00 90.00 Matrix (Initial to CF): 1.3 0.7-0.3-0.7-1.3-0.3-0.7 0.7-0.3

ADP: B Crystal (Symmetry Allowed): Centrosymmetric

SG Symmetry Operators:

Seq. Operator	Seq. Operator	Seq. Operator	Seq. Operator	Seq. Operator	Seq. Operator
1 x,y,z	3 -y,x,z	5 -x,y,-z	7 -y,-z	9 x,-y,z	11 -x,y,z
2 -x,-y,-z	4 y,-x,-z	6 x,y,-z	8 y,z	10 -x,-y,-z	12 x,-y,-z

Atomic Coordinates:

Atom	Num	Wyckoff	Symmetry	x	y	z	SOF	Site	AET
Ni	1	3a	-3m	0.0	0.0	0.0	0.8	0.190	
Zn	2	3a	-3m	0.0	0.0	0.0	0.3	0.190	
O	3	3b	-3m	0.0	0.0	0.5	1.0	0.28	

Subfile(s): Inorganic Former PDF's #: 01-071-0736 LFP Prototype Structure (Formula Order): Ni O<sub>2</sub>HRS,166  
 LFP Prototype Structure (Alpha Order): Ni O<sub>2</sub>HRS,166 Pearson Symbol: hR2.00

Cross-Ref PDF #s: ✓ 04-013-0898 (Alternate), ✓ 04-013-0899 (Alternate), ✓ 04-013-0900 (Alternate), ✓ 04-013-0901 (Alternate), ✓ 04-013-0903 (Primary)

Entry Date: 09/01/2010 Last Modification Date: 09/01/2011 Last Modifications: Reflections

#### References:

Type	DOI	Reference
Primary Reference		Calculated from LFP using POWD-13+.
Structure		"Magnetic Ordering in Polycrystalline Ni <sub>2</sub> Zn <sub>1-x</sub> O Solid Solutions". Rodic D., Spasojic V., Kuznetsov V., Tellgren R., Rundel H. Phys. Status Solid B 218, 207,208 (2008).

Database Comments: ANX: AX. LFP Collection Code: 1122988. Sample Preparation: STARTINGMATERIALS: Zn O, Ni O.  
 COMPOUND PREPARATION: sintered at 1500 K for 20 h, slowly cooled. ATMOSPHERE: argon.  
 Temperature of Data Collection: 250 K. Unit Cell Data Source: Powder Diffraction.

d-Spacings (1θ) - Zn0.20 Ni0.80 O - 04-013-0902 (Stick, Fixed SR Intensity) - Cu Kα1 1.54056 Å

2θ (°)	d (Å)	I	h	k	l	*	2θ (°)	d (Å)	I	h	k	l	*	2θ (°)	d (Å)	I	h	k	l	*
37.1354	2.418830	902m	0	0	3		75.1493	1.263180	m	1	1	3		145.6427	0.806348	123m	1	1	3	
37.1354	2.418830	m	1	0	1		75.1493	1.263180	114m	0	0	6		145.6427	0.806348	m	1	2	2	
43.1520	1.684660	999	0	1	2		78.1143	1.266520	m	2	0	2		138.5039	0.853300	96m	0	1	6	
62.8578	1.481450	451m	1	0	4		84.8839	1.047330	53	0	3	4		138.5039	0.853300	m	2	1	4	
62.8578	1.481450	m	1	1	0		108.5039	0.901281	51m	1	0	7		145.6427	0.806348	50m	0	0	9	
75.1493	1.263180	174m	0	1	5		108.5039	0.901281	m	2	1	1		145.6427	0.806348	m	1	2	5	

## Lampiran 2. Alat dan Bahan

### Alat



*Ultrasonic Cleanser*



*Neraca Digital*



*Tungku (furnace)*



*Magnetic stirrer*





Desikator Vakum



*X-Ray Diffraction (XRD)*

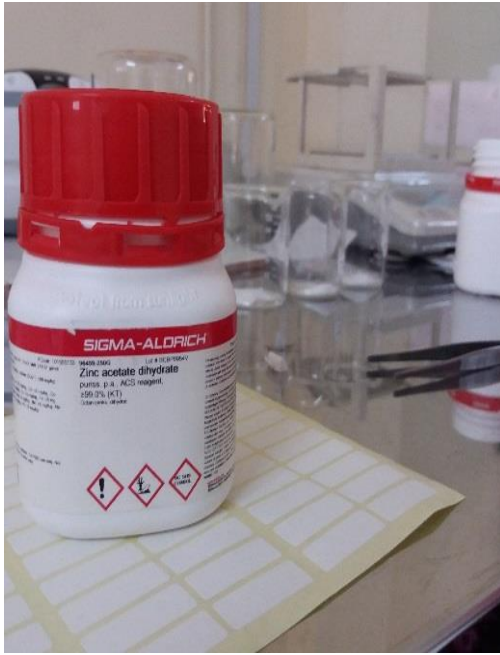


Mikropipet

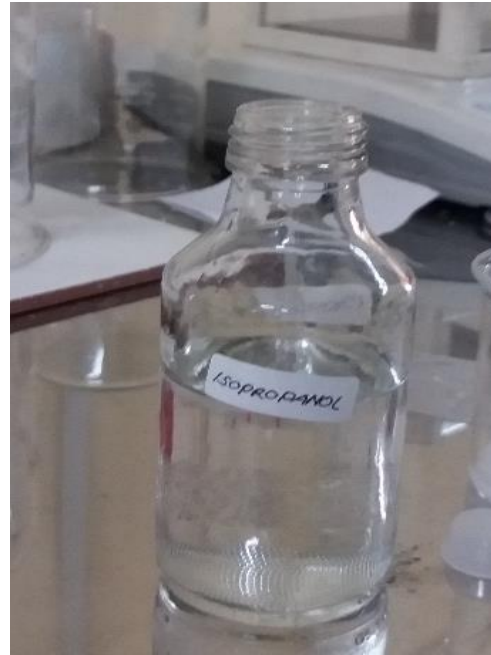
**Bahan**



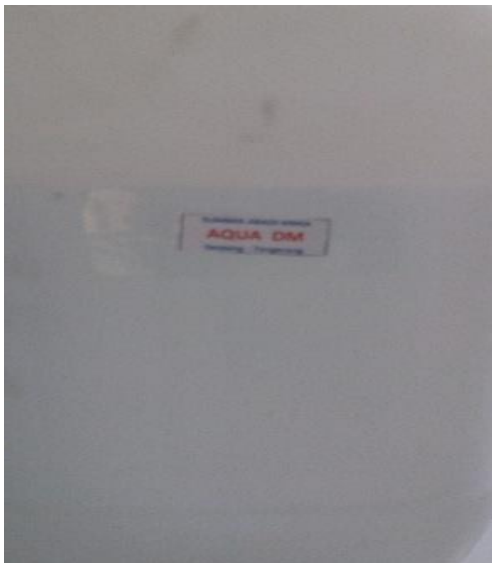
*Hair Dryer*



*Zinc acetat dihydrate*



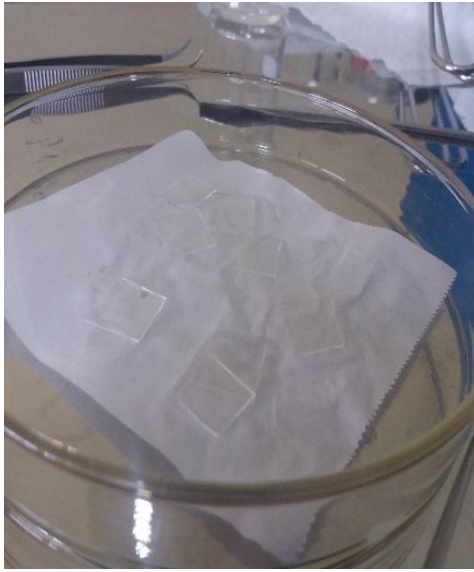
Isopronal



*DI Water*



Metanol

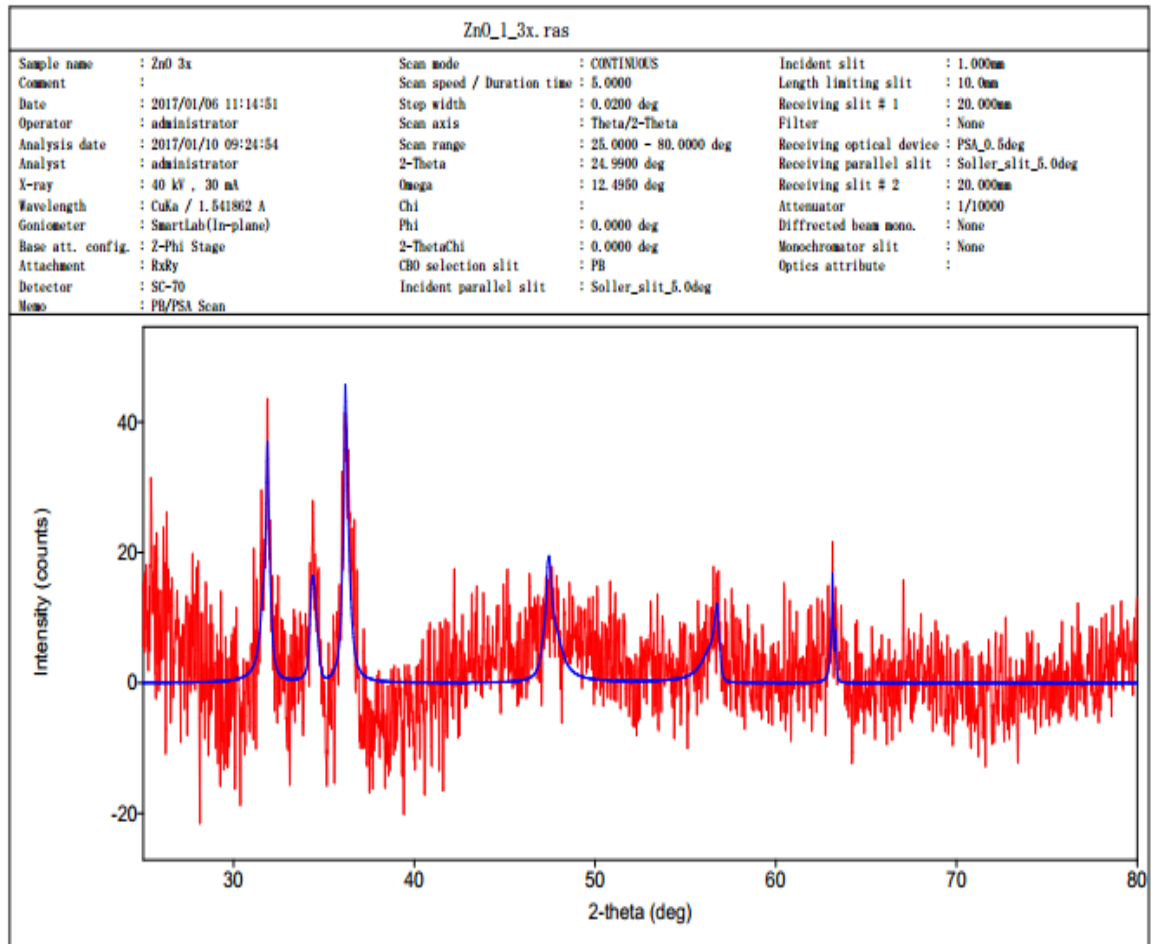


*Corning glass*

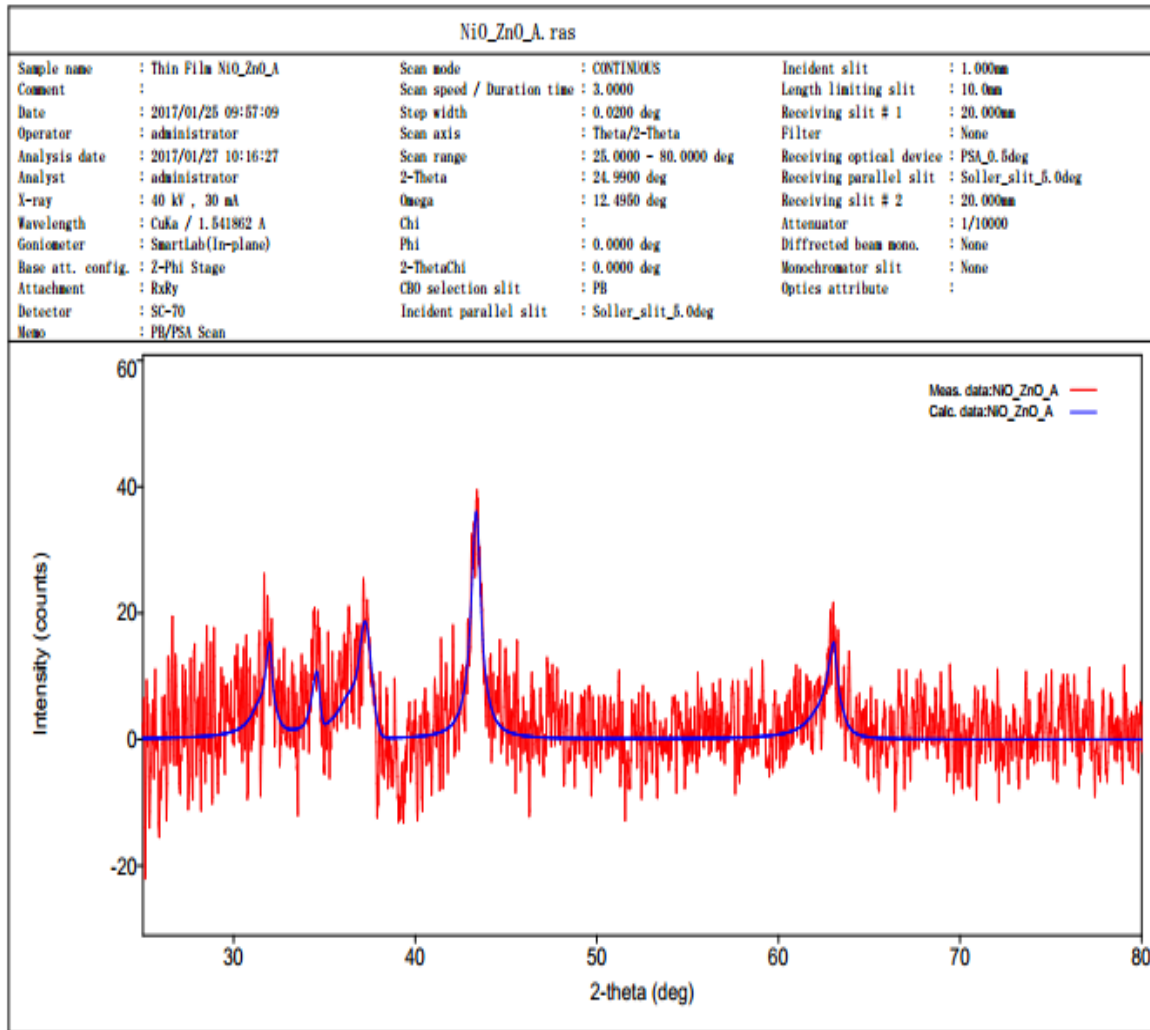
### **Lampiran 3 Gambar Hasil Uji XRD**

Pola difraksi film tipis ZnO;NiO menggunakan lapisan NiO dan tidak menggunakan lapisan NiO dengan variasi ketebalan yang berbeda 3x pelapisan, 6x pelapisan, 10x pelapisan, dan 11x pelapisan.

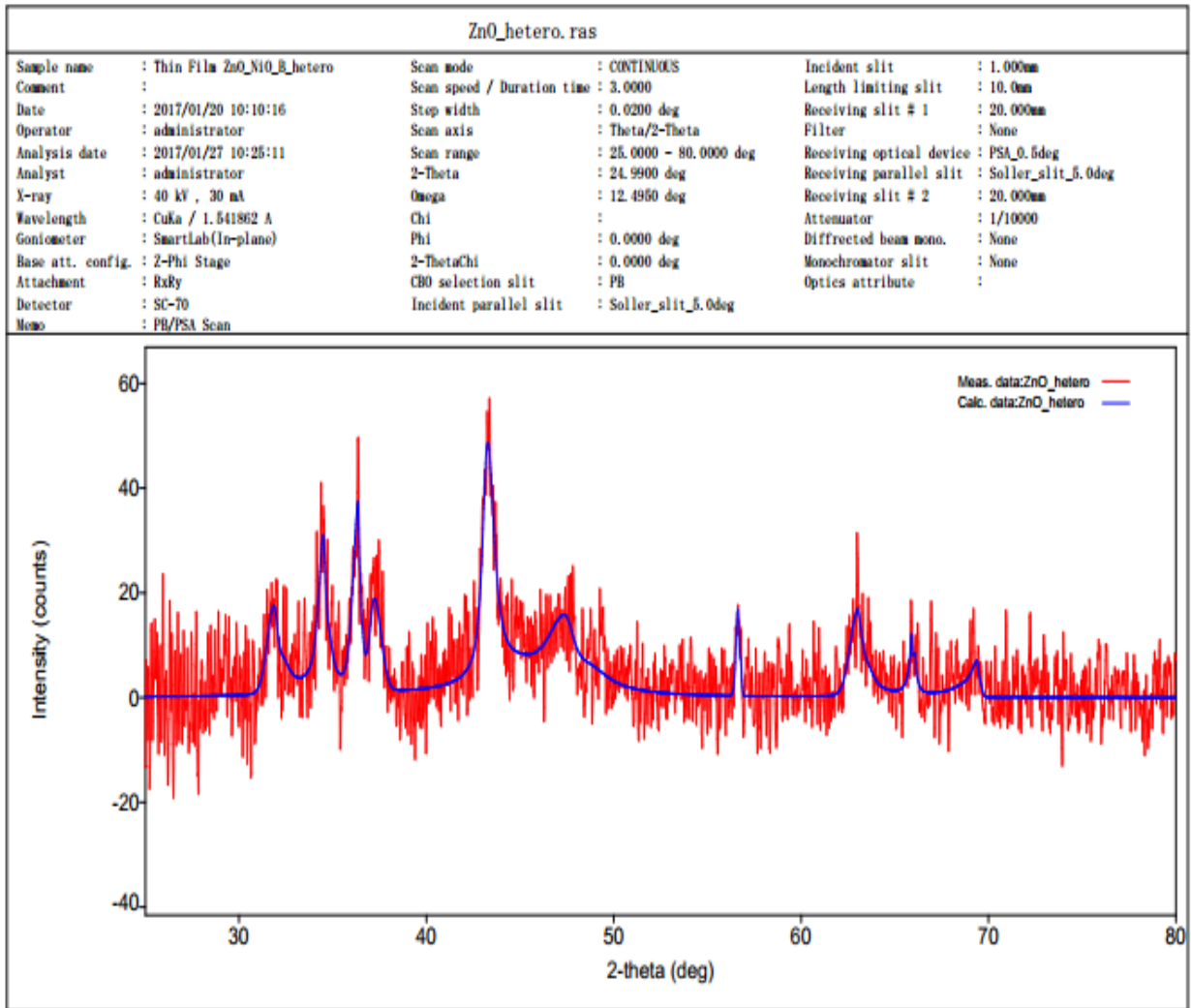
Pola difraksi tanpa menggunakan lapisan NiO dengan 3x pelapisan.



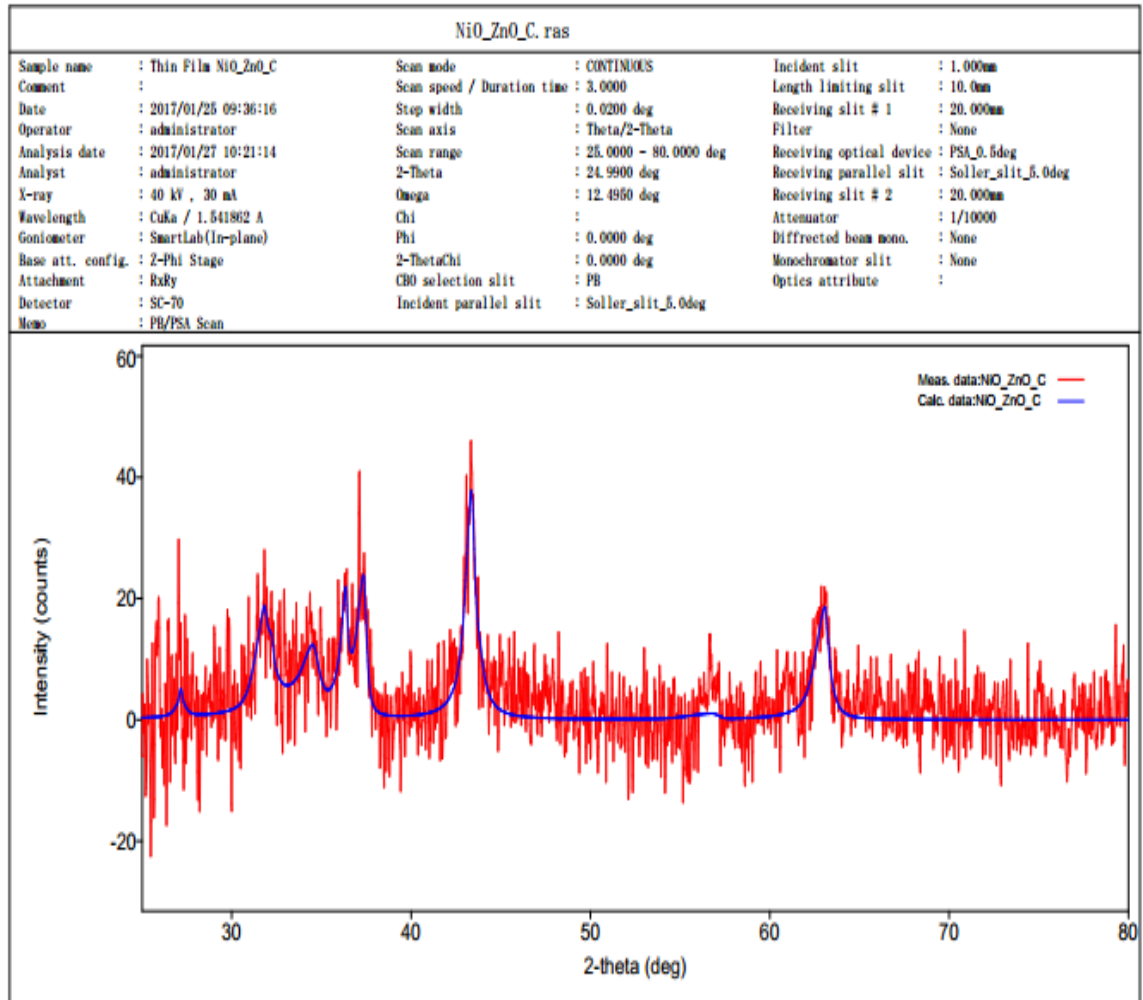
Pola difraksi menggunakan lapisan NiO dengan variasi lapisan 6x pelapisan.



Pola difraksi menggunakan lapisan NiO dengan variasi lapisan 10x pelapisan



Pola difraksi menggunakan lapisan NiO dengan variasi lapisan 11x pelapisan.



#### Lampiran 4. Perhitungan Kualitas Kristal Film tipis ZnO

Perhitungan kualitas kristal film tipis ZnO menggunakan lapisan penyangga NiO

Ukuran kristal (D)



$$D = \frac{0,9 \lambda}{\beta \cos \theta}$$

ZnO murni 3x pelapisan.

Bidang (100)

$$D = \frac{0,9 \times 1,5406}{0,05 \times 31,88} = 165,23 \text{ nm}$$

Bidang (002)

$$D = \frac{0,9 \times 1,5406}{0,27 \times 34,38} = 30,79 \text{ nm}$$

Bidang (001)

$$D = \frac{0,9 \times 1,5406}{0,15 \times 36,16} = 55,71 \text{ nm}$$

ZnO;NiO 6x pelapisan

Bidang (100)

$$D = \frac{0,9 \times 1,5406}{0,45 \times 31,68} = 18,35 \text{ nm}$$

Bidang (002)

$$D = \frac{0,9 \times 1,5406}{0,42 \times 34,46} = 19,80 \text{ nm}$$

Bidang (110)

$$D = \frac{0,9 \times 1,5406}{0,05 \times 37,14} = 16,76 \text{ nm}$$

Bidang (200)

$$D = \frac{0,9 \times 1,5406}{0,59 \times 43,40} = 14,49 \text{ nm}$$

ZnO;NiO 10x pelapisan

Bidang (100)



$$D = \frac{0,9 \times 1,5406}{0,55 \times 32,00} = 15,02 \text{ nm}$$

Bidang (002)

$$D = \frac{0,9 \times 1,5406}{0,55 \times 34,38} = 15,11 \text{ nm}$$

Bidang (001)

$$D = \frac{0,9 \times 1,5406}{0,36 \times 36,36} = 23,22 \text{ nm}$$

Bidang (110)

$$D = \frac{0,9 \times 1,5406}{0,39 \times 37,46} = 21,40 \text{ nm}$$

Bidang (200)

$$D = \frac{0,9 \times 1,5406}{0,74 \times 43,36} = 11,55 \text{ nm}$$

ZnO;NiO 11x pelapisan

Bidang (100)

$$D = \frac{0,9 \times 1,5406}{0,96 \times 31,82} = 8,60 \text{ nm}$$

Bidang (002)

$$D = \frac{0,9 \times 1,5406}{0,37 \times 36,44} = 22,60 \text{ nm}$$

Bidang (001)

$$D = \frac{0,9 \times 1,5406}{1,00 \times 32,20} = 8,26 \text{ nm}$$

Bidang (110)

$$D = \frac{0,9 \times 1,5406}{0,60 \times 37,35} = 13,97 \text{ nm}$$

Bidang (200)

$$D = \frac{0,9 \times 1,5406}{0,61 \times 43,44} = 14,01 \text{ nm}$$