



TUGAS AKHIR - SF 141501

**KARAKTERISASI PENGARUH TEMPERATUR
TERHADAP INTENSITAS EMISI MATERIAL
LUMINISENSI ZnO:Zn**

**Ra'idah Syarifah
NRP 1111 100 072**

**Dosen Pembimbing
Drs. Hasto Sunarno, M.Sc
Diky Anggoro, M.Si**

**Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015**



FINAL PROJECT - SF 141501

**CHARACTERIZATION OF TEMPERATURE
EFFECT ON THE EMISSION INTENSITY ZnO:Zn
AS LUMINESCENCE MATERIAL**

**Ra'idah Syarifah
NRP 1111 100 072**

**Advisor
Drs. Hasto Sunarno, M.Sc
Diky Anggoro, M.Si**

**Department of Physics
Faculty of Mathematics and Natural Science
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2015**

**KARAKTERISASI PENGARUH TEMPERATUR
TERHADAP INTENSITAS EMISI MATERIAL
LUMINISENSI ZnO:Zn**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada
Bidang Optoelektronika
Program Studi S-1 Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

RA'IDAH SYARIFAH

NRP 1111100072

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Drs. Hasto Sunandro, M.Sc

Diky Anggoro, M.Si

NIP. 19560331 198003.1.001

NIP. 19850809 201404.1.003



Surabaya, Juli 2015

KARAKTERISASI PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP INTENSITAS EMISI MATERIAL LUMINISENSI ZnO:Zn

Nama : Ra'idah Syarifah
NRP : 1111100072
Jurusan : Fisika FMIPA ITS
Pembimbing : Drs. Hasto Sunarno, M.Sc
Diky Anggoro, M.Si

Abstrak

Telah dilakukan penelitian mengenai karakterisasi pengaruh temperatur terhadap intensitas emisi material luminisensi ZnO:Zn. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat optik dari ZnO:Zn sebagai material luminisensi dan akan dianalisis pengaruh temperatur terhadap intensitas emisi material luminisensi ZnO:Zn pada konsentrasi *doping* 5%. Sintesis ZnO dilakukan dengan metode *solution phase* dan dalam mendapatkan material luminisen ZnO:Zn digunakan metode *milling*. Spektrum absorbansi terbaik dihasilkan oleh ZnO:Zn dengan suhu tertinggi kalsinasi yaitu 400°C. Berdasarkan dari karakterisasi spektrum *photoluminniscence* diketahui bahwa material luminisensi ZnO:Zn dengan variasi temperatur mampu mengemisikan cahaya hijau dengan rentang panjang gelombang 522,5nm. Variasi temperatur yang diberikan akan berpengaruh pada tingginya intensitas emisi ZnO:Zn yang dihasilkan seiring meningkatnya temperatur yang diberikan.

Kata kunci: luminisensi, *zinc oxide*, *solution phase*

CHARACTERIZATION OF TEMPERATURE EFFECT ON THE EMISSION INTENSITY ZnO:Zn AS LUMINESCENCE MATERIAL

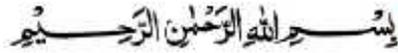
Name : Ra'idah Syarifah
NRP : 1111100072
Major : Physics, FMIPA-ITS
Advisor : Drs. Hasto Sunarno, M.Sc
Diky Anggoro, M.Si

Abstract

The research on characterization about temperature effect of the emission intensity of ZnO:Zn as luminescence material has been carried out. This study aims to determine the optical properties of ZnO:Zn as luminescence material and to analyze the effect of temperature on emission intensity of luminescence material ZnO:Zn with 5% doping concentration. ZnO was synthesized using solution phase method and ZnO:Zn obtained using milling method. The best absorbance spectrum was generated by the ZnO:Zn with a high temperature calcination at 400°C. Based on the characterization of the spectrum photoluminescence known that luminescence material ZnO:Zn is able to emit green light with a wavelength range of 522,5nm. The high temperature will affect the intensity value of emission ZnO:Zn.

Keywords: *luminescence, zinc oxide, solution phase*

KATA PENGANTAR



Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “*Karakterisasi Pengaruh Temperatur Terhadap Intensitas Emisi Material Luminisensi ZnO:Zn*”. Adapun tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai syarat untuk menyelesaikan program studi Strata – 1 di Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini, telah banyak daya, upaya, dan perjuangan yang penulis lakukan. Atas bantuan, dorongan, dan juga bimbingan dari berbagai pihak, akhirnya penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan baik. Sehubungan dengan hal tersebut, maka penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Bapak dan ibu tercinta, Muhidin Arsad dan Sri Endang Suparmi, yang telah memberikan didikan, nasehat, kasih sayang, dan do'a restu.
2. Kakak tersayang, Rizki Nur Kumalasari, yang selalu memberikan dukungan.
3. Bapak Drs. Hasto Sunarno, M.Sc dan Bapak Diky Anggoro, M.Si selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
4. Ibu Faridawati, M.Si yang telah banyak membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir
5. Dr. Yono Hadi Pramono, M.Eng, selaku Ketua Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
6. Prof. Suminar Pratapa selaku dosen wali penulis.
7. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Fisika yang telah berkenan membagi ilmunya selama penulis belajar di Jurusan Fisika.
8. Dosen penguji yang memberikan pengarahan yang sangat bermanfaat bagi penulis.

9. Kelompok Riset Laboratorium yang selalu memberikan masukan dalam setiap diskusi.
10. Muhammad Abrar yang telah memberikan dukungan serta motivasinya dalam pengerjaan Tugas Akhir.
11. Para sahabat penulis, Riri, Putri, Kiki, Keysha, Dhita, Astrid, Mentari, Fifi yang selalu memberikan waktu dan semangatnya.
12. Teman-teman FOTON 2011, atas kekeluargaannya selama ini yang selalu terjalin.
13. Dan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini

Penulis menyadari akan adanya kekurangan dalam penulisan laporan ini karena keterbatasan wawasan dan pengetahuan. Untuk itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak agar lebih baik di masa yang akan datang. Semoga laporan penelitian Tugas Akhir ini dapat berguna dan dimanfaatkan dengan baik sebagai referensi bagi yang membutuhkan serta menjadi sarana pengembangan kemampuan ilmiah bagi semua pihak yang bergerak dalam bidang Fisika Optoelektronika.

Surabaya, Juli 2015

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
COVER PAGE	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Material Luminesensi	5
2.2 ZnO (<i>Zinc Oxide</i>)	7
2.3 Celah Pita Energi	9
2.4 Emisi	11
2.5 Doping	13
2.6 XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>)	14
2.6.1 Metode <i>Scherrer</i>	15
2.7 Spektrometer Uv Vis	15
2.8 Fotoluminisen	16

BAB III METODOLOGI	19
3.1 Alat dan Bahan	19
3.2 Prosedur Eksperimen	19
3.2.1 Sintesis ZnO	19
3.2.2 Sintesis Material luminisensi ZnO:Zn	20
3.3 Karakterisasi	21
3.3.1 XRD (<i>X-ray Diffractometer</i>)	21
3.3.2 UV Vis	21
3.3.3 PL <i>Spectra</i>	21
3.5 Diagram Alir Penelitian.....	22
BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Analisis Fasa ZnO (<i>Zinc Oxide</i>) dan ZnO:Zn	25
4.2 Analisis Sifat Optik Absorbansi dan Transmittansi ZnO dan ZnO:Zn	29
4.3 Analisis Emisi ZnO pada Temperatur kalsinasi 800°C	32
4.4 Analisis Emisi Material Luminisen ZnO:Zn pada Variasi temperatur 200, 300, dan 400°C.....	33
BAB V KESIMPULAN	37
5.1 Kesimpulan	37
5.2 Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN	41
BIOGRAFI PENULIS	47

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Sifat Fisis Dasar ZnO dalam ukuran besar (<i>bulk</i>) 9
Tabel 4.1	Hasil Perhitungan Ukuran Kristal ZnO menggunakan persamaan <i>Scherrer</i>27

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1** Proses luminisensi sederhana (a) Sebuah ion fosfor A dalam kisi *host*. EXC: Eksitasi; EM: emisi (radiatif); *HEAT*: panas (non-radiatif). (b) Skema level energi dari ion fosfor A. Tanda bintang (*) menunjukkan keadaan eksitasi5
- Gambar 2.2** Proses luminisensi yang lebih kompleks (a) Transfer energi dari sebuah *sensitizer* S ke sebuah aktivator A. (b) Skema transfer energi dari S ke A. Transisi $S \rightarrow S^*$ adalah absorpsi (atau eksitasi). Transfer energi $S^* \rightarrow A_1^*$ menyebabkan emisi non-radiatif A_1^* ke tingkat A_2^* dan dilanjutkan transisi emisi dari $A_2^* \rightarrow A$ 6
- Gambar 2.3** Struktur Pita Energi (*band gap*) *direct* 7
- Gambar 2.4** Struktur *Wurtzite* *Heksagonal* ZnO 8
- Gambar 2.5** Ilustrasi teori pita energi pada semikonduktor10
- Gambar 2.6** Peristiwa emisi yang terjadi pada pita energi *indirect*, dimana $v' = 0$ merupakan tingkat energi terendah dari pita konduksi, dan R perbedaan kesetimbangan momentum 12
- Gambar 2.7** Spektra emisi dan eksitasi luminisensi Bi^{3+} di dalam LaOCl 12
- Gambar 2.8** Skema spektrofotometer fotoluminesen17
- Gambar 3.1** Diagram Alir penelitian23

Gambar 4.1	Pola XRD ZnO pada temperatur 800°C	26
Gambar 4.2	Pola XRD ZnO:Zn dengan variasi temperatur 200, 300, dan 400°C	28
Gambar 4.3	Spektrum absorbansi ZnO pada temperatur kalsinasi 800°C	29
Gambar 4.4	Spektrum tranmitansi ZnO pada temperatur kalsinasi 800°C	30
Gambar 4.5	Spektrum absorbansi ZnO:Zn dengan variasi temperatur kalsinasi 200, 300, dan 400°C.....	31
Gambar 4.6	Spektrum transmitansi ZnO:Zn dengan variasi temperatur kalsinasi 200, 300, dan 400°C.....	31
Gambar 4.7	Spektrum PL ZnO pada temperatur 800°C	33
Gambar 4.8	Spektrum PL ZnO:Zn dengan variasi temperatur 200, 300, dan 400°C	34
Gambar 4.9	Referensi spektrum cahaya tampak	35
Gambar 4.10	Proses luminisensi cahaya hijau ZnO:Zn	36

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	Proses pembuatan ZnO dengan menggunakan metode <i>solution phase</i>	41
Lampiran B	Hasil analisis kualitatif menggunakan <i>software macth2</i>	43

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi tepat guna dalam mengurangi jumlah kebutuhan energi yang berlebihan telah banyak dijadikan sebagai topik dalam penelitian. Inovasi teknologi tepat guna ini harus yang mempunyai efisiensi yang tinggi, ramah terhadap lingkungan sekitar dan memiliki nilai jual yang ekonomis. Salah satunya dengan pembuatan lampu hemat energi seperti LED (*Light Emitting Diodes*). LED telah banyak digunakan sebagai pengganti lampu pijar dikarenakan menggunakan daya yang lebih sedikit dan waktu pemakaian yang lebih lama. Dalam pembuatan LED bahan semikonduktor memegang peranan yang sangat penting yaitu sifat luminisensinya sebagai penghasil cahaya, seperti pada bahan semikonduktor yang mulai digunakan sejak tahun 2010 yaitu ZnO.

Ada beberapa karakteristik yang membedakan ZnO dengan material semikonduktor lain. ZnO memiliki nilai band gap 3,44 eV pada suhu rendah dan 3,37 eV pada suhu kamar (Mang A, Reimann K and R`ubenacke St, 1995). Sebagai perbandingan, nilai band gap GaN 3,50 eV dan 3,44 eV pada suhu rendah dan suhu kamar (Madelung O,1996), dimana GaN merupakan material semikonduktor yang telah lebih dahulu digunakan. Sehingga material semikonduktor ZnO sangat sesuai digunakan sebagai bahan aplikasi fosfor dikarenakan sifatnya sebagai luminisensi kuat pada spektrum biru-hijau serta memiliki keuntungan yaitu keberadaannya yang melimpah di alam.

Dalam perkembangannya, sifat struktur dan optik semikonduktor Oksida Seng dapat ditingkatkan dengan memberikan dopan yang sesuai. Dalam penelitian ini akan dianalisis sifat optik luminisensi pada material ZnO yang akan diberi *doping* Zn dalam meningkatkan sifat optik sebagai material luminisensi serta pengaruh temperatur yang diberikan, dengan mengangkat judul “*Karakterisasasi Pengaruh Temperatur*

Terhadap Intensitas Emisi Material Luminisensi ZnO:Zn”
Adapun dalam penelitian kali ini akan digunakan variasi temperatur kalsinasi yaitu 200, 300, 400°C untuk mengetahui tingkat intensitas emisi luminisensi terhadap material ZnO:Zn.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat dirumuskan permasalahannya adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana sifat optik dari ZnO:Zn sebagai material luminisensi?
2. Apa pengaruh temperatur terhadap intensitas emisi material luminisensi ZnO:Zn pada konsentrasi *doping* 5%?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan dari rumusan masalah maka dapat dirumuskan tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui sifat optik dari ZnO:Zn sebagai material luminisensi.
2. Mengetahui pengaruh temperatur terhadap intensitas emisi material luminisensi ZnO:Zn pada konsentrasi *doping* 5%.

1.4 Batasan Masalah

Ruang lingkup masalah dalam Tugas Akhir ini adalah

1. Dopan yang digunakan pada penelitian ini adalah *Zinc* (Zn)
2. Metode sintesis dalam pembuatan ZnO adalah *Solution Phase* dan metode untuk ZnO:Zn adalah *milling*
3. Variasi temperatur yang digunakan untuk mengetahui intensitas emisi material luminisensi (*phosphor*) ZnO:Zn adalah 200, 300 dan 400°C.
4. Karakterisasi yang dilakukan adalah XRD (*X-Ray Diffractometer*), UV-Vis, dan *Photoluminescence Spectra*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian tugas akhir ini adalah memberikan informasi mengenai sifat optik material luminisensi ZnO:Zn dengan karakteristik yang berpotensi sebagai pengembangan sumber cahaya Lampu hemat Energi (LHE) / *Light Emitting Diode* (LED).

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan tugas akhir ini dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Bab I – Pendahuluan, berisi uraian mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan laporan penelitian.
2. Bab II – Tinjauan Pustaka, berisi uraian mengenai teori yang mendukung analisis.
3. Bab III – Metodologi, berisi alat dan bahan, data penelitian, pengujian material yang digunakan dalam penelitian, serta uraian mengenai metode-metode dan tahapan-tahapan yang dilakukan selama penelitian.
4. Bab IV – Analisis Data dan Pembahasan, menjelaskan tentang hasil-hasil yang didapat dari pengerjaan pada penelitian ini, yaitu hasil pembuatan material ZnO serta ZnO:Zn dengan metode *Solution Phase*, hasil pengujian material ZnO dan ZnO:Zn dengan uji XRD, Uv Vis, dan *PL Spectra*.
5. Bab V – Kesimpulan dan Saran, berisi uraian mengenai kesimpulan dari hasil analisis data dan pembahasan serta saran-saran yang digunakan untuk mendukung penelitian selanjutnya.
6. Lampiran, berisi data-data yang digunakan dalam penelitian beserta beberapa gambar yang menunjang penelitian ini.

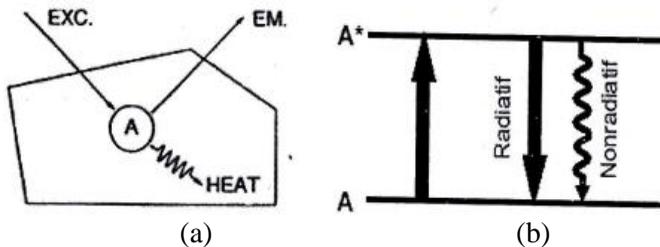
“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Material Luminisensi

Material luminisensi adalah material yang dapat mengkonversi berbagai macam energi menjadi radiasi elektromagnetik. Radiasi elektromagnetik yang diemisikan oleh fosfor biasanya dalam rentang cahaya tampak, namun terdapat juga di daerah spektrum ultraviolet atau infra merah. Ion fosfor dapat tereksitasi oleh banyak jenis energi, contohnya fotoluminisensi tereksitasi oleh foton, katodoluminisensi oleh elektron, elektroluminisensi oleh tegangan listrik, triboluminisensi oleh energi mekanik (contohnya penumbukan), *x-ray* luminisensi oleh sinar-x, kemoluminisensi oleh energi dari reaksi kimia dan sebagainya. (G.Blasse.1994)

Proses luminisensi yang terjadi pada fosfor secara sederhana dimuat dalam Gambar 2.1 (a) dan (b)

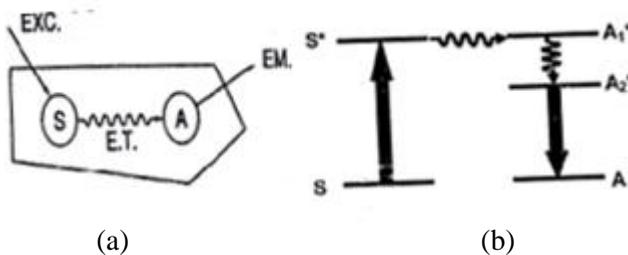


Gambar 2.1 Proses luminisensi sederhana (a) Sebuah ion fosfor A dalam kisi *host*. EXC: Eksitasi; EM: emisi (radiatif); HEAT: panas (non-radiatif). (b) Skema level energi dari ion fosfor A. Tanda bintang (*) menunjukkan keadaan eksitasi.

Secara umum fosfor terdiri dari *host* (matriks) dan dopan atau *luminescent center* (aktifator). *Host* adalah tempat aktifator

berada, sedangkan aktifator merupakan impuritas atom dalam jumlah kecil yang terdistribusi di dalam *host*. Proses luminisensi terjadi sebagai berikut. Radiasi eksitasi diabsorpsi oleh aktifator, menyebabkan elektron aktifator naik dari *ground* ke keadaan tereksitasi (Gambar 2.1 (b)). Dari keadaan tereksitasi tersebut, ion aktifator kembali ke keadaan dasar dan menghasilkan emisi dari radiasi. (Blasse, 1994)

Proses luminisensi yang terjadi pada fosfor yang lebih kompleks terdapat pada Gambar 2.2. Radiasi eksitasi tidak diabsorpsi oleh aktifator, namun oleh ion yang dinamakan *sensitizer*. Seperti pada Gambar 2.2 ion *sensitizer* ini dapat mengasorpsi radiasi hasil eksitasi kemudian mengirimnya ke aktifator (Blasse, 1994).



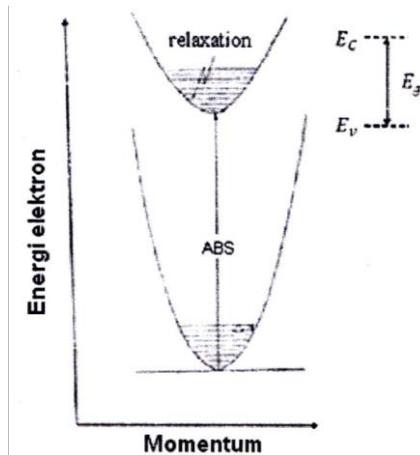
Gambar 2.2 Proses luminisensi yang lebih kompleks (a) Transfer energi dari sebuah *sensitizer* S ke sebuah aktifator A. (b) Skema transfer energi dari S ke A. Transisi $S \rightarrow S^*$ adalah absorpsi (atau eksitasi). Transfer energi $S^* \rightarrow A_1^*$ menyebabkan emisi non-radiatif $A_1^* \rightarrow A_2^*$ dan dilanjutkan transisi emisi dari $A_2^* \rightarrow A$ (Blasse, 1994).

Fosfor hanya akan memancarkan radiasi elektromagnetik bila energi yang diberikan untuk eksitasi oleh aktifator pada *host*. Syarat terjadinya eksitasi pada ion aktifator adalah energi yang diabsorpsi minimal sama dengan energi gapnya seperti diuraikan dalam persamaan 2.1 (Fred, 2003).

$$h\nu = E_g \dots \dots \dots (2.1)$$

dengan E_g adalah energi gap dan $h\nu_{\text{foton}}$ adalah energi foton.

Dengan demikian, aktifator akan tereksitasi dari tingkat energi tertinggi pada keadaan *ground state* menuju tingkat energi vibrasi terendah dari keadaan tereksitasi. Jika $h\nu_{\text{foton}}$ yang diabsorpsi lebih besar dari E_g , maka sebelum kembali ke keadaan dasar, ion aktifator akan berpindah terlebih dahulu dari tingkat energi yang lebih tinggi ke tingkat energi yang paling rendah pada keadaan tereksitasi. Hal tersebut secara skematik diperlihatkan pada Gambar 2.3. Pada pita energi *direct*, proses turunnya kembali elektron dari tingkat eksitasi (konduksi) menuju tingkat valensi akan langsung terjadi dikarenakan pita valensi dan pita konduksi terletak pada kesetimbangan momentum yang sama.



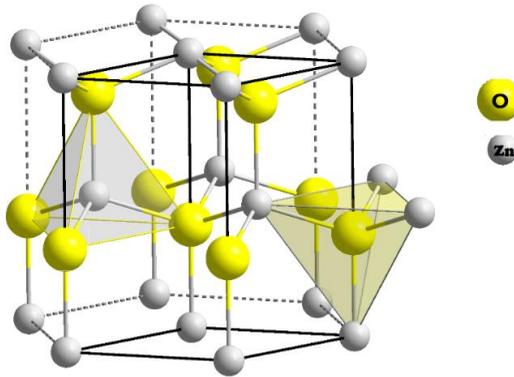
Gambar 2.3 Struktur Pita Energi (*band gap*) *direct*
(Nakamura, 1997)

2.2 ZnO (Zinc Oxide)

Zinc Oxide adalah salah satu senyawa anorganik dengan rumusan kimia ZnO, merupakan semikonduktor dengan struktur

wurtzite yang stabil seperti pada gambar 2.4. Terdapat di kulit bumi sebagai mineral *zincite* dan telah diteliti secara luas serta digunakan dalam berbagai aplikasi teknologi saat ini.

ZnO umumnya berupa serbuk berwarna putih yang hampir tidak larut dalam air. Sebagai material semikonduktor, ZnO menghasilkan luminisensi biru sampai hijau-kuning yang cukup efisien. Sifat ini menjadikan ZnO sebagai material yang sangat potensial bagi pengembangan sumber cahaya putih (*white light source*). (Witjaksono, 2011)



Gambar 2.4 Struktur *Wurtzite* Heksagonal ZnO

ZnO merupakan salah satu persenyawaan dari logam Zn yang tergolong senyawa oksida. Secara umum, ZnO dapat dibuat dengan mereaksikan logam Zn dan oksigen pada suhu tinggi. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Pada struktur Kristal, ZnO mempunyai sifat *piezoelectric* dan *thermionic* serta memiliki kisi Kristal dengan struktur *wurtzite* dan memiliki *lattice* terdiri dari Zn^{2+} dan O^{2-} , setiap ion yang dikelilingi oleh ion O_2 yang berbentuk tetrahedral. Struktur sangat dipengaruhi oleh pita energi dan dinamika kisi. Besarnya *band*

gap semikonduktor *Zinc Oxide* (ZnO) adalah 3,37 eV pada temperatur kamar dan besar eksitasi energi ikat 60 meV. Material *Zinc Oxide* (ZnO) memiliki band *gap* yang baik jika dibandingkan dengan material lainnya.

Zinc Oxide (ZnO) sebagai material keramik semikonduktor merupakan bahan dengan konduktivitas yang berada diantara isolator dan konduktor. Material semikonduktor bersifat sebagai isolator pada temperatur yang sangat rendah dan bersifat sebagai konduktor pada temperatur ruangan. Semikonduktor sangat berguna karena sifat konduktifitasnya dapat dirubah dan dikontrol dengan memberi material lain atau menambahkan ketidakmurnian (*doping*). (Putri, R.2011).

Tabel 2.1 Sifat fisis dasar ZnO dalam ukuran besar (*bulk*)

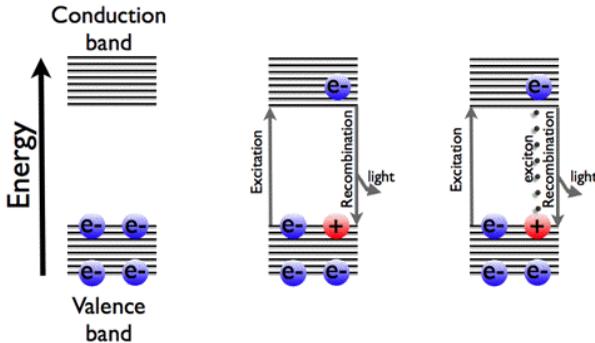
No.	Sifat (<i>Properties</i>)	Nilai
1.	Konstanta Kisi pada T = 300 °C	$a_0 = 0.32469 \text{ nm}$; $c_0 = 0.52069 \text{ nm}$
2.	Kerapatan	5.606 g/cm ³
3.	Titik Leleh	2248 K
4.	Konstanta Dielektrik Relatif	8.66
5.	Energi Gap	3.4 eV, langsung
6.	Konsentrasi Pembawa Instrinsik	$< 10^6 \text{ cm}^{-3}$
7.	Energi Ikut Eksiton	60 meV
8.	Massa Efektif Elektron	0.24
9.	Mobilitas Elektron (T = 300 K)	200 cm ² /Vs
10.	Massa efektif lubang (<i>hole</i>)	0.59
11.	Mobilitas lubang (<i>hole</i>)	5-50 cm ² /Vs
12.	Titik Leleh Logam Zn	419,5 °C

2.3 Celah Pita Energi

Material semikonduktor ditandai dengan adanya *band gap*, yaitu celah pita energi yang terletak diantara pita valensi yang berisi elektron penuh dengan pita konduksi yang kosong. Celah pita energi ini berkaitan dengan sifat luminesen material : eksitasi

tahap pertama pada semikonduktor adalah pada elektron di bawah pita konduksi dan *hole* pada pita valensi bagian atas.

(Subramanian, 2004)



Gambar 2.5 Ilustrasi teori pita energi pada semikonduktor

Apabila suatu material semikonduktor mendapat energi yang cukup misalnya dari foton atau panas, atau tumbukan oleh partikel lain, elektron yang semula berada di pita valensi dapat meloncat ke pita konduksi. Loncatan tersebut meninggalkan keadaan kosong di pita valensi, yang dikenal dengan *hole*. Agar elektron dapat mencapai pita konduksi, energi yang diterima harus sama dengan atau lebih besar dari celah pita energi. Umumnya, cahaya yang digunakan untuk mengeksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi adalah cahaya ultraviolet.

Keadaan tereksitasi bukan merupakan keadaan stabil. Elektron hanya bertahan beberapa saat pada keadaan eksitasi, setelah itu akan kembali ke keadaan awal mengisi keadaan kosong yang semula ditinggalkannya. Proses ini disebut deeksitasi dan terjadi pelepasan energi berupa panas atau pemancaran cahaya. Deeksitasi yang disertai dengan pelepasan panas disebut transisi tanpa radiasi, sedangkan deeksitasi yang disertai pemancaran gelombang elektromagnetik disebut transisi radiatif. Pada transisi radiatif, energi gelombang elektromagnetik

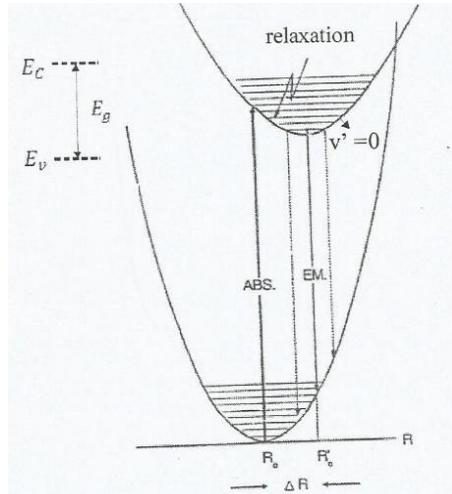
yang dipancarkan kurang lebih sama dengan lebar celah pita energi, yaitu $hf \approx E_g$. maka frekuensi gelombang elektromagnetik yang dipancarkan adalah $f \approx E_g/h$. (Mikrajuddin, 2007)

Karena frekuensi merepresentasikan warna, maka tampak disini bahwa warna yang dihasilkan material ketika terjadi proses deeksitasi sangat bergantung pada lebar celah pita energi. Ini merupakan salah satu dasar rekayasa pita energi. Jika dapat melakukan pengontrolan lebar celah pita energi material maka akan dihasilkan material yang menghasilkan warna yang berbeda-beda.

2.4 Emisi

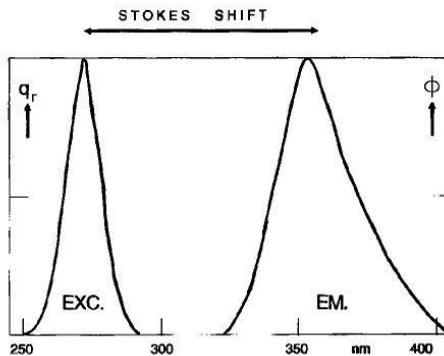
Emisi adalah perpindahan elektron secara spontan yang diikuti dengan pancaran radiasi cahaya dari tingkat vibrasi terendah ke keadaan tereksitasi ke keadaan *ground state* yang memiliki tingkat vibrasi tertinggi. Agar emisi dapat terjadi, *life time* keadaan tereksitasi dari ion aktivator harus pendek, yaitu sekitar 10^{-8} - 10^{-7} s (Blasse, 1994). Akibat proses relaksasi, tingkat energi emisi lebih rendah dari pada tingkat energi absorpsi seperti diperlihatkan pada gambar 2.6.

Relaksasi pertama terjadi ketika ion aktivator berpindah dari tingkat vibrasional tertinggi ke tingkat vibrasional eksitasi terendah. Dari tingkat vibrasional keadaan eksitasi terendah elektron dapat berpindah secara spontan ke *ground state* dengan memancarkan emisi. Melalui emisi, ion aktivator berpindah ke tingkat vibrasional tertinggi ke *ground state*. Kemudian relaksasi terjadi lagi tetapi sekarang menuju ke tingkat vibrasional terendah dari *ground state*. Selama relaksasi tersebut tidak terjadi emisi.



Gambar 2.6 Peristiwa emisi yang terjadi pada pita energi *indirect*, dimana $v' = 0$ merupakan tingkat energi terendah dari pita konduksi, dan ΔR perbedaan kesetimbangan momentum.

Gambar 2.7 memperlihatkan spektra emisi dan eksitasi luminisensi Bi^{3+} di dalam LaOCl . Perbedaan energi antara pita ekstasi terendah dan pita emisi yang terjadi disebut *stokes shift* (ΔR).



Gambar 2.7 Spektra emisi dan eksitasi luminisensi Bi^{3+} di dalam LaOCl (Blasse, 1994).

Berdasarkan Gambar 2.6 dan 2.7 dapat dilihat bahwa semakin besar ΔR , (semakin besar *stokes shift*), semakin lebar pita optik dan sebaliknya. Untuk sistem dua level seperti pada Gambar 2.7, populasi keadaan tereksitasi menurun menurut persamaan 2.3

$$\frac{dN_e}{dt} = -N_e P_{eg} \dots\dots\dots (2.3)$$

dengan :

N_e = jumlah ion aktifator pada keadaan eksitasi setelah eksitasi

P_{eg} = probabilitas emisi spontan dari keadaan eksitasi ke keadaan *ground state*

t = waktu tereksitasi

Bentuk integrasi dari persamaan (2.1) dapat ditulis seperti persamaan 2.3 atau 2.4

$$N_e(t) = N_e(0)e^{-P_{eg}t} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$N_e(t) = N_e(0)e^{-\frac{t}{\tau R}} \dots\dots\dots (2.5)$$

dimana $\tau R = (P_{eg}^{-1})$ adalah waktu peluruhan radiatif.

(G.Blasse.1994)

2.5 Doping

Doping adalah salah satu teknik yang digunakan untuk menambahkan sejumlah kecil atom pengotor ke dalam struktur kristal semikonduktor. Tujuan pendopingan adalah untuk mengoptimalkan sifat dari suatu material. Seng oksida memiliki beberapa kelemahan seperti area permukaan yang kecil atau ukuran partikel yang besar dan pita celah energi yang kurang sesuai ($E_g = 3,4$ eV) apabila diaplikasikan pada cahaya tampak.

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, nanostruktur doping dengan logam transisi adalah salah satu metode yang efektif untuk menyelesaikan permasalahan energi tingkat permukaan dari ZnO. Hal ini dapat dilakukan dengan merekayasa konsentrasi material yang didoping sehingga sifat-sifat fisik, terutama sifat optik dapat ditingkatkan. Kebanyakan ZnO memiliki karakteristik tipe-n bahkan tanpa adanya pendopingan.

Pendopongan tipe-n mudah dicapai dengan mengatikan Zn dengan kelompok unsur golongan III atau VII. (C.Jagadish.2006)

2.6 XRD (*X-ray Diffraction*)

Pengujian dengan menggunakan difraksi sinar-X umumnya terbatas pada zat padat saja. Hasil yang paling baik akan diperoleh apabila digunakan satu kristal tunggal. Tetapi dapat pula dilakukan dengan menggunakan padatan dalam bentuk serbuk yang sebenarnya terdiri dari kristal-kristal yang sangat kecil. Atau dapat juga menggunakan padatan dalam bentuk kumparan yang biasa digunakan untuk menentukan struktur molekul yang mempunyai ukuran yang sangat besar, seperti DNA, protein, dan sebagainya.

Panjang gelombang sinar-X, λ -10 sampai 0.0002 nm, lebih pendek dari panjang gelombang cahaya tampak yang embuatnya memiliki energi yang lebih besar. Suatu material apabila ditumbuk oleh sinar-X akan memberikan reaksi yang berbeda-beda untuk setiap material. Salah satu reaksi tersebut adalah penghamburan (difraksi). Sifat inilah yang dimanfaatkan sebagai salah satu teknik karakterisasi material.

Karakterisasi XRD sangat membantu dalam menganalisa struktur Kristal serta ukuran partikel dari setiap fasa. Prinsip kerja dari XRD adalah berdasarkan difraksi sinar-X yang disebabkan oleh adanya hubungan fasa tertentu antara dua gerak gelombang atau lebih sehingga paduan gelombang tersebut saling menguatkan. Atom-atom dalam zat padat dapat menghamburkan sinar-X. ketika sinar-X jatuh pada Kristal maka akan terjadi hamburan ke segala arah. Hamburan sinar-X ini bersifat koheren sehingga saling menguatkan atau saling melemahkan. Menurut hokum Bragg, didalam Kristal terdapat ato-atom yang dapat dipandang sebagai unsur yang dapat membnetuk susunan bidang datar. Masing-masing bidang datar memiliki jarak karakteristik antara bidang-bidang komponennya yang disebut bidang Bragg. Data yang diperoleh dari karakterisasi XRD adalah harga

intensitas dan panjang celah pada sudut 2θ tertentu. Menurut Hukum Bragg :

$$n\lambda = 2d \sin \theta \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

dimana λ adalah panjang gelombang berkas sinar X yang tergantung dari tabung anoda generator penghasil sinar X yang digunakan, n adalah bilangan bulat yang menyatakan fasa dimana fraksi menghasilkan terang, d adalah lebar celah, θ adalah sudut difraksi (sudut pengukuran dalam derajat). Setiap unsur atau senyawa memiliki harga lebar celah (d) dan intensitas yang berbeda dan spesifik. Berdasarkan sifat tersebut, XRD dapat dipakai untuk menguji suatu zat secara kualitatif.

2.6.1 Metode Scherrer

Pelebaran dibawah puncak dari pola difraksi material dapat dimanfaatkan untuk mengukur tingkat kekristalan suatu material. Untuk mengetahui tingkat kekristalan dari suatu material hasil XRD adalah dengan menggunakan persamaan 2.7 yang dikemukakan oleh seorang ilmuwan kebangsaan Jerman bernama Scherrer pada tahun 1918 sebagai berikut

$$t = \frac{k\lambda}{B \cos \theta} \quad \dots\dots\dots (2.7)$$

Dengan t merupakan besar ukuran kristalit rata-rata, k adalah faktor bentuk dari kristalit atau konstanta *scherrer* dalam rentang 0,87 – 1,0 (nilai yang umum digunakan 0.89), λ adalah panjang gelombang sinar-X yang diberikan, B adalah besar pelebaran pada setengah tinggi maksimum (*full width at half maximum*, FWHM) dan θ adalah besar sudut *Bragg*. Persamaan ini terbatas pada ukuran kristalit kurang dari 0.1 mikrometer (μm).

2.7 Spektrofotometer Uv Vis

Spektrofotometer ultraviolet merupakan alat untuk mengukur transmitansi dan absorbansi suatu sampel sebagai fungsi panjang gelombang. Spektrofotometer terdiri dari

spektrometer dan fotometer. Spektrometer berfungsi untuk menghasilkan sinar dengan panjang gelombang tertentu dan fotometer berfungsi sebagai alat pengukur intensitas cahaya yang diabsorpsi. (Khopkar, S. M., 2002)

Spektrofotometer ultraviolet adalah pengukuran panjang gelombang dan intensitas sinar ultraviolet yang diabsorpsi oleh sampel. Sinar ultraviolet memiliki energi yang cukup untuk mempromosikan elektron pada kulit terluar ke tingkat energi yang lebih tinggi. Spektrum ultraviolet mempunyai pita yang lebar dan hanya sedikit informasi tentang struktur yang biasa didapatkan dari spektrum ini. Konsentrasi dari analit di dalam larutan bisa ditentukan dengan mengukur serapan pada panjang gelombang tertentu dengan menggunakan hukum Lambert-Beer. Jika konsentrasi bertambah, jumlah molekul yang dilalui berkas sinar akan bertambah, sehingga serapan juga bertambah. Maka diperoleh bahwa serapan berbanding lurus dengan konsentrasi dan ketebalan bahan.

$$A = k \cdot c \cdot b \quad \dots\dots\dots (2.8)$$

Nilai tetapan (K) dalam hukum Lambert-Beer tergantung pada sistem konsentrasi yang digunakan. Bila c dalam gram perliter, tetapan tersebut disebut dengan absorptivitas (a) dan bila dalam mol per liter tetapan tersebut adalah absorbtivitas molar.

(Day, R.A., 2002)

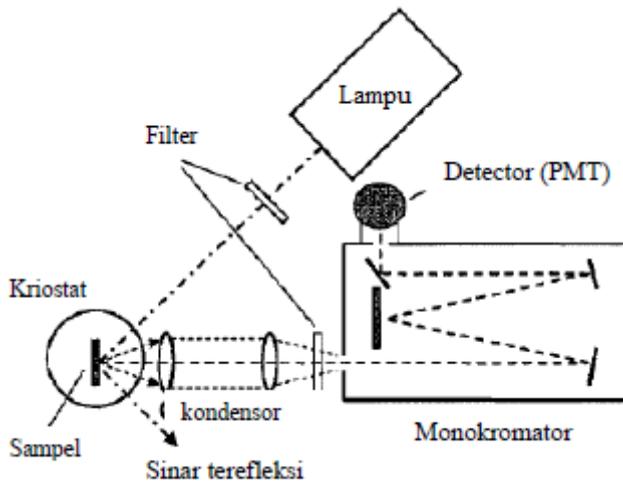
2.8 Fotoluminesen

Emisi cahaya dari suatu proses selain radiasi benda hitam disebut sebagai luminesensi. Luminesensi merupakan suatu proses non-kesetimbangan dimana untuk dapat berlangsung harus menggunakan sumber eksitasi seperti lampu atau laser. Fotoluminisen (PL) adalah suatu metode yang paling banyak digunakan untuk mempelajari material semikonduktor khususnya yang memiliki celah energi lebar. PL terbagi atas dua kelompok utama yaitu luminesen intrinsik dan ekstrinsik.

Luminesen ekstrinsik pada umumnya dihasilkan akibat ketidakmurnian yang secara sengaja atau tidak sengaja tidak terlibat. Jenis pengotor dalam material ini dikenal sebagai

aktivator. Defek (cacat) dalam semikonduktor dipelajari dari spektrum fotoluminesen. Adapun jenis-jenis cacat dalam semikonduktor yang telah banyak diteliti adalah kekosongan kisi atau kekosongan atom pada kristal dan Intertisi yaitu pengotor terisolasi dan menempati posisi pengganti.

Suatu sistem fotoluminesen yang lengkap biasanya melibatkan komponen-komponen seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Skema spektrofotometer fotoluminesen

Secara garis besar, komponen utama dalam spektrofluorometer terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut:

- Sumber sinar untuk eksitasi, dapat berupa He-Cd atau Xenon. Lampu dengan monokromator atau laser dengan pengatur panjang gelombang digunakan untuk eksitasi PL.
- Holder* sampel, biasanya material *cryostat* optis untuk suhu rendah.

- c) Filter dan pengumpul optik. Suatu filter untuk memilih emisi laser, filter lainnya untuk memecahkan hamburan sinar laser.
- d) Elemen dispersive untuk analisis spektra PL, biasanya suatu *grating* monokromator.
- e) Detektor optik.

(Xu, J. 2004)

BAB III METODOLOGI

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat optik dari ZnO:Zn sebagai material luminisensi dan mengetahui pengaruh temperatur terhadap intensitas emisi material luminisensi ZnO:Zn pada konsentrasi *doping* 5%. Metode penelitian akan diuraikan dalam tiga bagian, yaitu (1) alat dan bahan, (2) prosedur eksperimen, (3) karakterisasi, dan (4) diagram alir penelitian

3.1. Alat dan bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *beaker glass*, *spatula*, pipet, kertas saring, mortar, cawan krusibel, *combustion boat*, pengaduk magnetik, *hotplate magnetic stirrer*, timbangan digital, *aluminium foil*, *wrapping plastic*, Furnace tipe RHF 1400, *Ultrasonic cleaner*, UV-Vis dan PL Spektra.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah zinc acetate dyhidrate ($\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), PEG (4000), etanol, aquades dan alkohol.

3.2. Prosedur Eksperimen

3.2.1 Sintesis ZnO

ZnO (*Zinc Oxide*) yang akan digunakan dalam penelitian ini berasal dari sintesis seng asetat dihidrat ($\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) dengan menggunakan metode *solution phase* yang kemudian dikalsinasi pada temperatur tertentu sehingga didapatkan serbuk ZnO.

Proses sintesis seng oksida dengan metode *solution phase* menggunakan larutan yang dibuat dari prekursor 5 gram seng asetat dihidrat ($\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) dilarutkan kedalam 100 ml aquades dengan perlakuan pemanasan. Digunakan suhu pemanasan $\pm 100^\circ\text{C}$ selama 8 jam dan dilakukan di atas *hot plate magnetic stirrer*. Proses pemanasan larutan dimaksudkan agar aquades mencapai *melting point* dan untuk mempercepat

pelarutan. Untuk mengikat H_2O yang terdapat pada $(\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$, digunakan PEG (4000) sebanyak 11 gram. PEG dimasukkan pada larutan ketika *aquades* mencapai titik didih dalam kondisi pengadukan (*stirring*). PEG akan mengikat H_2O tanpa melepas ikatan Zn dengan CH_3COO . Seng oksida yang larut memiliki butir yang sangat kecil sehingga larutan akan tampak bening.

Setelah proses *mixing* pada temperatur konstan selama ± 8 jam, prekursor didiamkan dalam suhu kamar selama 24 jam. Akan dihasilkan Zn dalam bentuk gel yang kemudian diberi perlakuan kalsinasi pada temperatur 800°C menggunakan *furnace* tipe RHF 1400 dengan *holding time* selama 1 jam. Sampel yang didapatkan dari hasil kalsinasi digerus dengan mortar untuk mendapatkan serbuk ZnO yang lebih homogen. Dalam mendapatkan informasi fasa, akan dikarakterisasi dengan menggunakan *X-ray diffraction (XRD)* dan untuk mengetahui sifat optik akan diuji dengan Spektrometer Uv Vis serta dalam mengetahui emisi luminesensi akan diuji dengan PL *Spectra*.

3.2.2 Sintesis Material Luminesensi ZnO:Zn

Sintesis material ZnO:Zn dibuat dengan komponen utama yaitu ZnO yang telah berhasil dibuat sebelumnya dan seng asetat dihidrat $(\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ sebagai prekursor dopan. Dalam memperoleh material luminesensi ZnO:Zn, diberikan perlakuan *milling* selama 1 jam serta kalsinasi dengan temperatur tertentu.

Untuk mendapatkan material luminesen ZnO:Zn dalam bentuk serbuk, ZnO (0,4 g) yang telah dihasilkan pada metode sebelumnya digerus (*milling*) dengan seng asetat dihidrat $(\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ (0,057 g) selama 1 jam. Digunakan konsentrasi dopan sebesar 5%. Selanjutnya diberikan perlakuan kalsinasi dengan variasi temperatur 200, 300, dan 400°C dengan *holding time* masing-masing 1 jam. Sampel hasil dari perlakuan kalsinasi kemudian digerus dengan tujuan untuk memperoleh serbuk ZnO:Zn yang lebih homogen.

Dalam mendapatkan informasi fasa, akan dikarakterisasi dengan menggunakan *X-ray diffraction (XRD)* dan untuk mengetahui sifat optik akan diuji dengan Spektrometer Uv Vis serta dalam mengetahui emisi luminisensi akan diuji dengan *PL Spectra*.

3.3 Karakterisasi

3.3.1 XRD (*X-ray Diffractometer*)

Pada penelitian ini, pengujian XRD dimaksudkan untuk mengetahui nilai pelebaran dari setiap sampel Kristal (*broadening*). Untuk setiap tiga *peak* tertinggi dari tiap sampel akan dihitung nilai pelebaran pada setengah maksimum (*full width at half maximum, FWHM*). Nilai FWHM akan dimasukkan kedalam persamaan *Scherrer*.

Dengan pengujian difraksi sinar-x dapat diketahui informasi fasa serta ukuran partikel dari sampel nanopartikel ZnO yang dihitung dari besar kristalit. Sampel uji XRD terdiri dari hasil proses kalsinasi Zn pada temperatur 800°C dan sampel hasil proses kalsinasi ZnO:Zn dengan variasi temperatur 200, 300, dan 400°C. Pada pengujian XRD dilakukan di jurusan Teknik Material dan Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

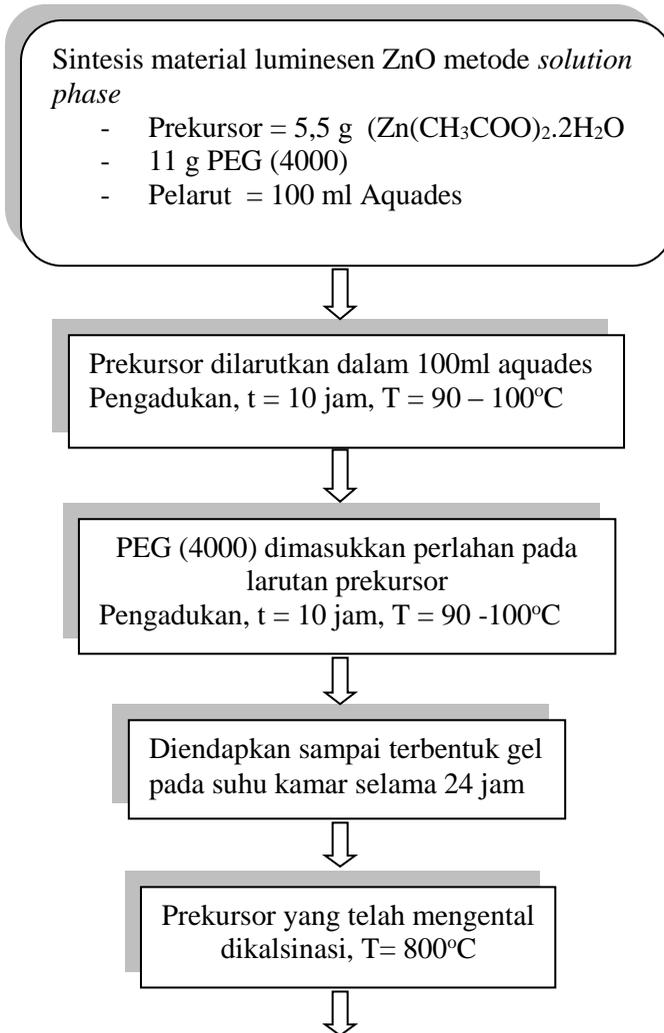
3.3.2 Uv Vis

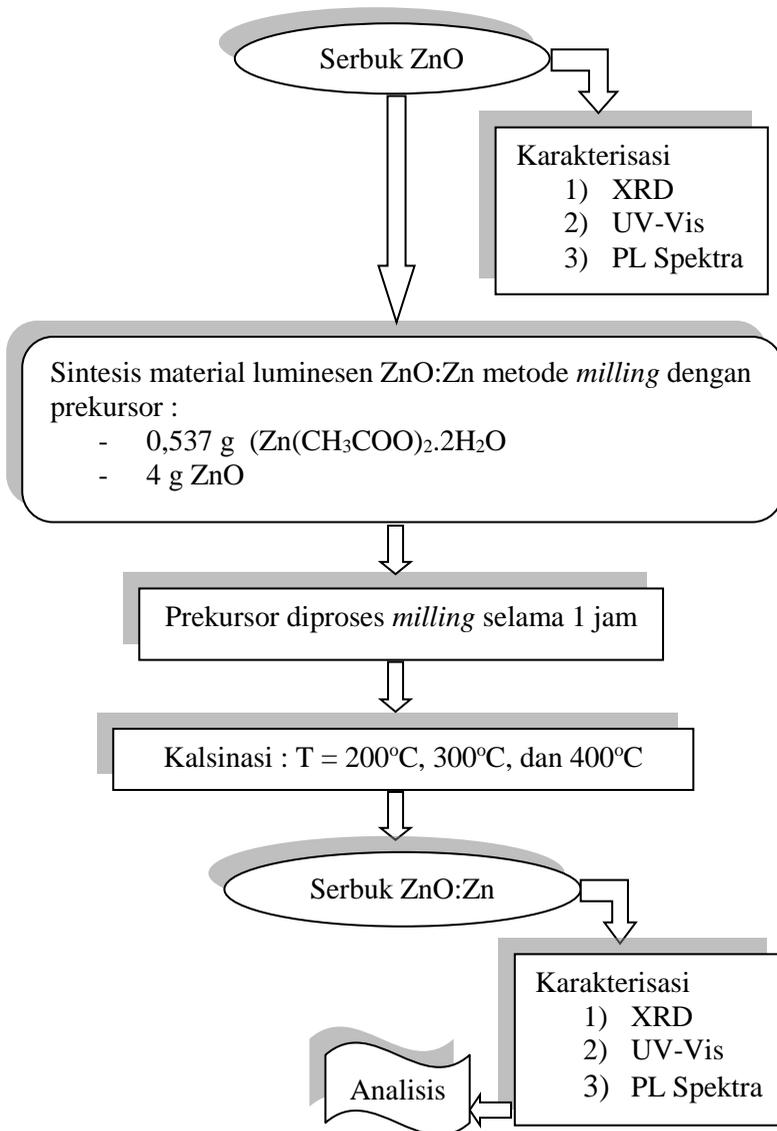
Spektrometer UV-Vis (*ultraviolet-visible*) digunakan untuk untuk mengetahui sifat optik dari ZnO serta material luminisensi ZnO:Zn pada panjang gelombang 200 hingga 700 nm. Akan didapatkan hasil uji berupa nilai absorbansi serta transmitansi. Alat yang digunakan ini terdapat pada jurusan Fisika FMIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

3.3.3 PL Spektra

PL spektra digunakan untuk mengamati sifat optik khususnya intensitas emisi pada material luminisensi ZnO dan ZnO:Zn dihasilkan masing-masing dari proses sintesis dengan metode *solution phase* dan *milling*. Alat yang akan digunakan ini terdapat pada Universitas Pandjajaran.

3.4 Diagram Alir Penelitian





Gambar 3.1 Diagram Alir penelitian

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

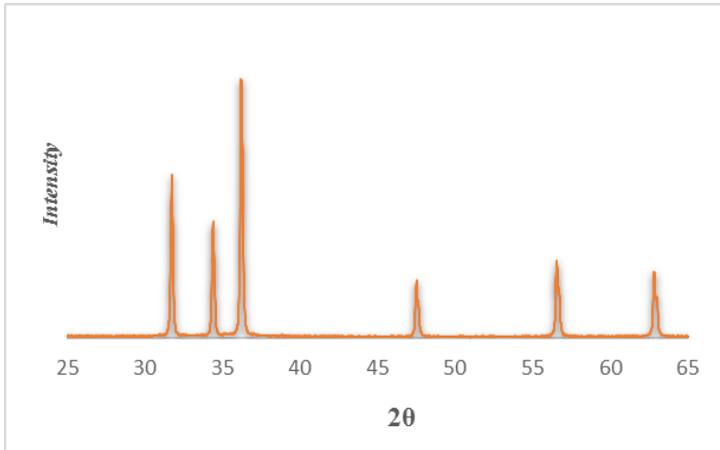
ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan dari tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat optik dari ZnO:Zn sebagai material luminisensi dan mengetahui pengaruh temperatur terhadap intensitas emisi material luminisensi ZnO:Zn pada konsentrasi *doping* 5%, maka dalam bab ini akan dijabarkan hasil dari penelitian. Pembahasan akan diuraikan dalam empat bagian, yaitu (1) Analisis Fasa ZnO (*Zinc Oxide*) dan ZnO:Zn, (2) Analisis sifat optik absorbansi dan transmitansi ZnO dan ZnO:Zn, (3) Analisis Emisi ZnO pada temperatur kalsinasi 800°C, dan (4) Analisis Emisi Material Luminisensi ZnO:Zn pada variasi temperatur 200, 300, dan 400°C

4.1 Analisis Fasa ZnO (*Zinc Oxide*) dan ZnO:Zn

Teknik preparasi material luminisensi ZnO melalui metode *solution phase* telah berhasil dilakukan pada penelitian ini. Serbuk ZnO berhasil diperoleh melalui proses kalsinasi dengan suhu 800°C. Untuk mengetahui fasa, struktur kristalit, dan ukuran kristal material luminesen ZnO tanpa *doping* dilakukan pengujian XRD (*X-Ray Diffraction*).

Tiap puncak yang muncul pada pola XRD mewakili satu bidang Kristal. Puncak-puncak yang didapatkan dari data pengukuran akan disesuaikan dengan JCPDS atau standar difraksi sinar-X. Dengan menggunakan program *Match2* sebagai referensi *database* kisi kristal berbagai senyawa, maka diperoleh nilai 2θ yang bersesuaian untuk masing-masing Kristal. Uji XRD dilakukan dengan jangkauan sudut 2θ dari sudut 25° sampai dengan 65°. Pola XRD ZnO pada suhu 800°C dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Pola XRD ZnO pada temperatur 800°C

Pola XRD pada gambar 4.1 menunjukkan bahwa puncak-puncak difraksi ZnO pada suhu 800°C terdapat pada 2θ : 31,75 ; 34,41 ; 36,23 ; 47,53 ; 56,57 ; 62,84 [PDF 96-900-4180]. Pada pola difraksi ZnO yang telah diuji tidak ditemukan fase lain. Hasil ini sesuai dengan pola difraksi ZnO struktur heksagonal dengan *space group* P 63 mc dan parameter *unit cell* $a = 3,253 \text{ \AA}$, dan $c = 5,2 \text{ \AA}$.

Dalam memperoleh ukuran kristal dapat dihitung dengan menggunakan persamaan *Scherrer* yang telah dijelaskan dalam bab sebelumnya pada persamaan (2.7),

Dimana,

β = lebar dari setengah puncak gelombang tertinggi
(FWHM)

k = faktor bentuk dari kristal (0.89)

λ = panjang gelombang radiasi sinar-X (1.54 nm)

θ = sudut difraksi

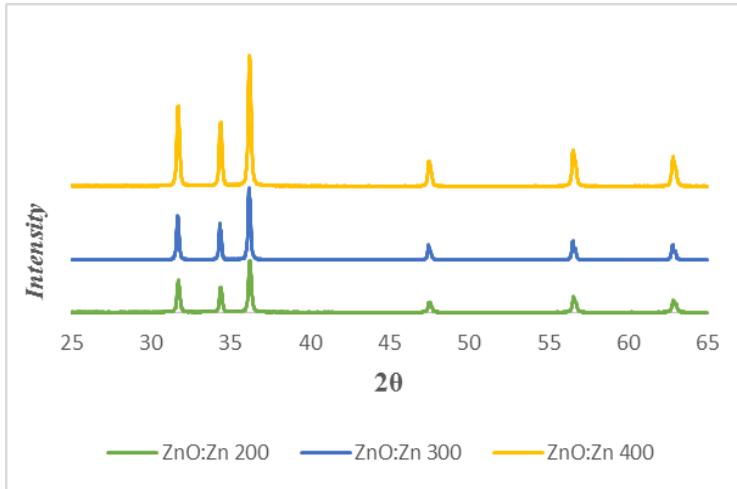
t = besar dari ukuran kristal rata-rata

Dari perhitungan yang telah dilakukan diperoleh hasil rata-rata ukuran kristal ZnO pada suhu 800°C yaitu sebesar 180,77 nm.

Tabel 4.1 Hasil perhitungan ukuran Kristal ZnO menggunakan persamaan *Scherrer*

β	2θ	$\cos 2\theta$	$\cos \theta$	t (Å)
0.10027	36.17487	0.04654	0.723374	18.8963
0.10027	36.19158	0.063226	0.729118	18.74744
0.10027	36.20829	0.079894	0.734811	18.60219
0.10027	36.22501	0.09654	0.740453	18.46046
0.10027	36.24172	0.113159	0.746043	18.32214
0.10027	36.25843	0.129746	0.75158	18.18713
0.10027	36.27514	0.146297	0.757066	18.05536
0.10027	36.29185	0.162808	0.762498	17.92672
0.10027	36.30856	0.179272	0.767878	17.80113
0.10027	36.32527	0.195687	0.773203	17.67852
0.10027	36.34198	0.212047	0.778475	17.5588
0.10027	36.3587	0.228348	0.783693	17.44191
0.10027	36.37541	0.244585	0.788855	17.32776

Setelah memperoleh informasi fasa yang terbentuk pada ZnO, maka dibuat material luminesensi ZnO:Zn dengan variasi temperatur kalsinasi. ZnO dengan *doping* Zn sebagai material luminesensi telah berhasil didapatkan melalui teknik *milling* (penggerusan). Setelah melalui proses *milling*, sampel diberi perlakuan *annealing* pada variasi suhu 200, 300 dan 400°C. Dilakukan pengujian XRD untuk mengetahui fasa yang terbentuk.



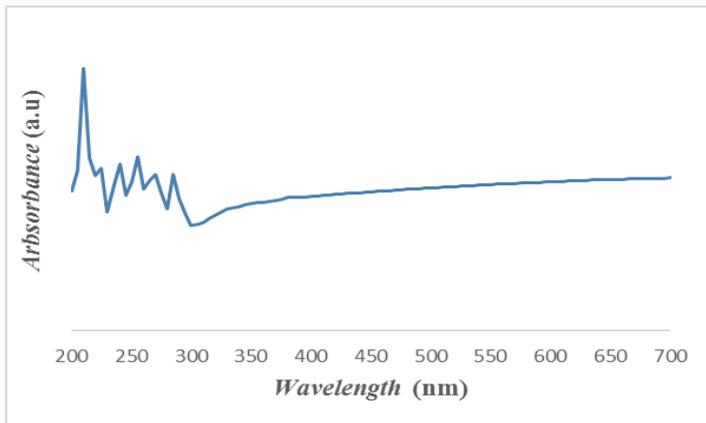
Gambar 4.2 Pola XRD ZnO:Zn dengan variasi temperatur 200, 300, dan 400°C

Berdasarkan dari hasil uji yang telah dilakukan didapatkan fasa tunggal yang terbentuk yaitu ZnO dengan struktur *wurtzit* tanpa adanya fasa lain. Hal ini dibuktikan dengan pola XRD yang terbentuk pada gambar 4.2 yang menunjukkan bahwa puncak-puncak difraksi ZnO:Zn terdapat pada 2θ : 31,75 ; 34,41 ; 36,25 ; 47,53 ; 56,50 ; 62,86 untuk temperatur 200°C, 31,68 ; 34,50 ; 36,34 ; 47,64 ; 56,75 ; 62,93 untuk temperatur 300°C, dan 31,76 ; 34,42 ; 36,24 ; 47,54 ; 56,58 ; 62,86 untuk temperatur 400°C. [96-230-0113]

Pada pola difraksi material luminisensi ZnO:Zn yang telah diuji tidak ditemukan puncak baru atau dengan kata lain fasa yang terbentuk merupakan fasa tunggal. Hal ini membuktikan bahwa *doping* Zn tidak mempengaruhi fasa ZnO yang terbentuk. Hasil ini sesuai dengan pola difraksi ZnO struktur heksagonal dengan *space group* P 63 mc dan parameter *unit cell* $a = 3,2494 \text{ \AA}$, dan $c = 5,2054 \text{ \AA}$.

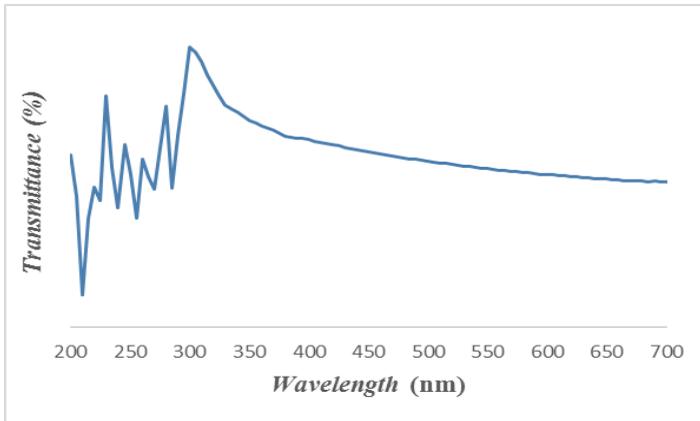
4.2 Analisis Sifat Optik Absorbansi dan Transmittansi ZnO dan ZnO:Zn

Spektrofotometer UV-Vis merupakan suatu gambaran yang menyatakan hubungan antara panjang gelombang atau frekuensi serapan terhadap intensitas serapan. Pengujian spektrofotometer UV-Vis-NIR dilakukan pada ZnO dengan temperatur kalsinasi 800°C untuk mengetahui absorbansi dan transmittansi dari ZnO pada rentang panjang gelombang 200 hingga 700 nm.



Gambar 4.3 Spektrum absorbansi ZnO pada temperatur kalsinasi 800°C

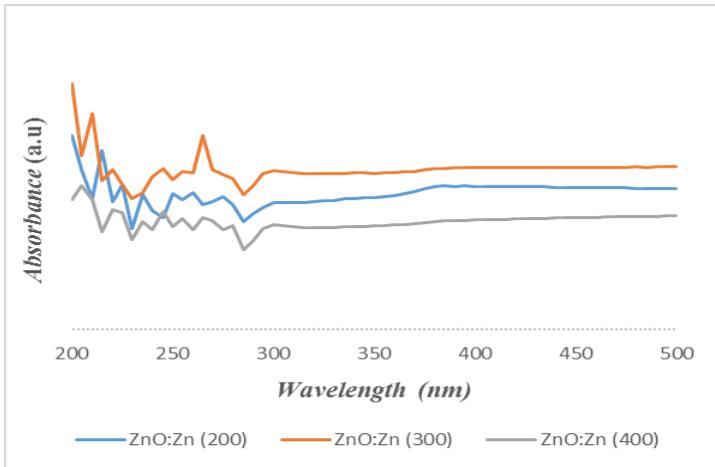
Pada Gambar 4.3 menunjukkan kemampuan absorbansi ZnO pada rentang sinar ultraviolet yaitu panjang gelombang 200nm sampai 300nm dengan absorbansi maksimum pada panjang gelombang 210nm. Absorbansi merupakan kemampuan suatu material dalam menyerap suatu cahaya atau energi. Absorbansi pada suatu material luminisen sangat berpengaruh terhadap intensitas emisi pada material ZnO.



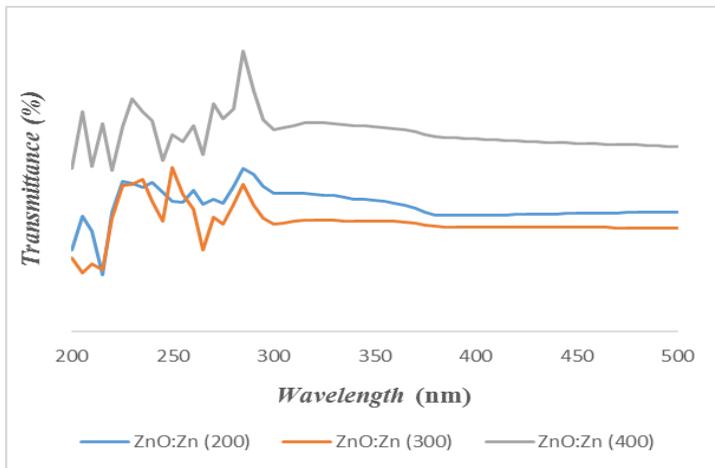
Gambar 4.4 Spektrum transmittansi ZnO pada temperatur kalsinasi 800°C

Terlihat pada Gambar 4.4 menunjukkan transmittansi dari ZnO dengan rentang panjang gelombang maksimum 300 nm. Apabila suatu molekul menyerap radiasi ultraviolet, di dalam molekul tersebut terjadi perpindahan tingkat energi elektron-elektron ikatan pada orbital molekular paling luar dari tingkat energi yang lebih rendah ke tingkat energi yang lebih tinggi. Transmittansi merupakan bagian cahaya yang diteruskan melalui larutan.

Proses pengujian sifat optik ZnO:Zn dilakukan dengan menggunakan alat UV-Vis untuk memperoleh nilai absorbansi dan transmittansi pada rentang panjang gelombang sinar ultraviolet sampai cahaya tampak. Pada proses Spektroskopi UV-Vis digunakan *spectrometer* UV-Vis dengan sampel larutan koloid ZnO:Zn dengan *aquades* sebagai pelarut yang telah melalui proses kalsinasi dengan variasi temperatur. Hasil pengujian sifat optik ZnO:Zn dengan menggunakan Spektroskopi UV-Vis (*Ultraviolet-Visible*) menghasilkan spektra absorbansi ZnO:Zn pada rentang panjang gelombang antara 200 sampai 500 nm.



Gambar 4.5 Spektrum absorbansi ZnO:Zn dengan variasi temperatur kalsinasi 200, 300, dan 400°C



Gambar 4.6 Spektrum transmitansi ZnO:Zn dengan variasi temperatur kalsinasi 200, 300, dan 400°C

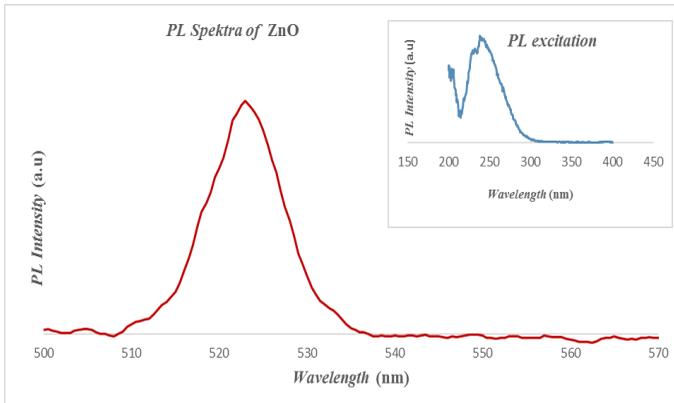
Gambar 4.5 dan gambar 4.6 masing-masing menunjukkan absorbansi dan transmitansi maksimum ZnO:Zn berada pada

temperatur 400°C dibandingkan dengan ZnO:Zn pada temperatur 200 dan 300°C. Hal ini ditunjukkan dari terbentuknya puncak spektrum maksimum berada pada rentang panjang gelombang 290nm.

Absorbansi cahaya pada suatu material merupakan bentuk interaksi gelombang cahaya dan atom molekulnya. Energi cahaya diserap oleh atom untuk bertransisi ke tingkat energi yang lebih tinggi. Pada material luminisensi ZnO:Zn untuk suhu kalsinasi 400°C memiliki kemampuan absorbansi lebih baik dibandingkan dengan pada suhu 200°C dan 300°C yang berkebalikan dengan kemampuan transmitansinya. Hal ini disebabkan tingginya absorbansi berpengaruh pada banyaknya cahaya yang akan diserap sedangkan cahaya yang akan dilewatkan sedikit.

4.3 Analisis Emisi ZnO pada Temperatur Kalsinasi 800°C

Dalam mengetahui sifat optik khususnya emisi material luminesen yang dihasilkan oleh ZnO dilakukan pengujian *Photoluminescence* Spektra. Apabila suatu material memiliki absorbansi yang baik maka akan sangat berpengaruh terhadap sifat material luminisennya. Hal ini terjadi ketika material luminisensi memiliki absorbansi yang baik maka energi radiasi eksitasi yang diserap semakin besar. Sehingga akan dihasilkan pendaran emisi yang kuat disebabkan oleh semakin banyaknya elektron yang tereksitasi dari pita valensi ke pita konduksi.

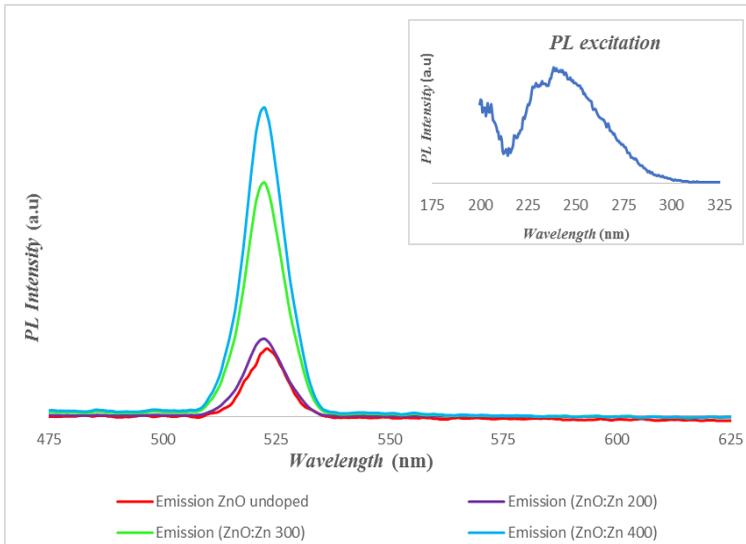


Gambar 4.7 Spektrum PL dari ZnO pada temperatur 800°C

Pada Gambar 4.7 menunjukkan intensitas eksitasi maksimum ZnO ditunjukkan pada panjang gelombang 230nm yang mampu menghasilkan intensitas emisi pada rentang panjang gelombang 500-530nm. Hal ini menunjukkan bahwa ZnO sebagai material luminesensi mampu mengemisikan warna hijau yaitu ditunjukkan dengan puncak intensitas tertinggi terletak pada panjang gelombang 523 nm.

4.4 Analisis Emisi Material Luminesen ZnO:Zn Pada Variasi Temperatur 200, 300, dan 400°C

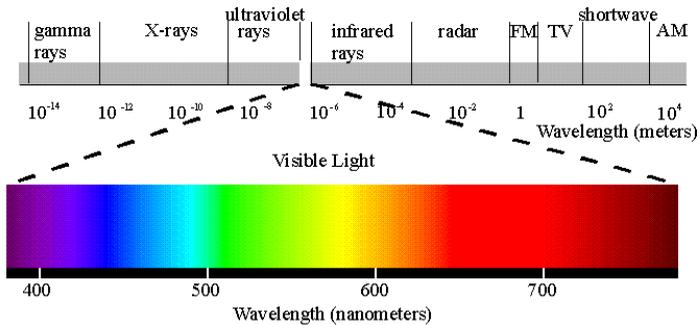
Hasil karakterisasi ZnO tanpa *doping* (subbab 4.3) menghasilkan pancaran emisi warna hijau pada panjang gelombang 523nm. Sedangkan pada ZnO:Zn akan dianalisis berdasarkan dari hasil uji *photoluminescence* Spektra dengan variasi temperatur.



Gambar 4.8 Spektrum PL ZnO:Zn dengan variasi temperatur 200, 300, dan 400°C

Pada gambar 4.8 Emisi yang tertinggi dipancarkan oleh ZnO:Zn pada temperatur 400°C dengan panjang gelombang maksimum 525,5nm. Sebaliknya pada panjang gelombang yang sama, emisi justru tampak menurun yaitu pada temperatur 200°C.

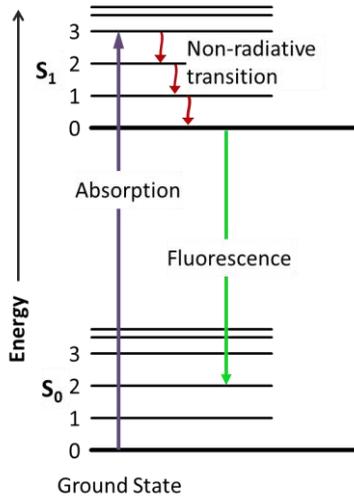
Semakin tinggi suhu, semakin banyak atom yang dapat meninggalkan posisi kesetimbangannya dan semakin banyak kekosongan yang dapat dijumpai pada kristal. Akibat dari banyaknya kekosongan yang terjadi maka *doping* akan masuk menggantikan kekosongan pada kristal. Apabila banyak energi foton yang terserap maka akan semakin banyak elektron yang tereksitasi hal ini menyebabkan intensitas emisi yang akan dipancarkan turut membesar. Hal ini menunjukkan bahwa temperatur akan berpengaruh terhadap emisi yang dipancarkan.



Gambar 4.9 Referensi spektrum cahaya tampak

Intensitas emisi yang dipancarkan pada masing-masing ZnO:Zn dengan variasi temperatur 200, 300 dan 400°C meningkat seiring dengan meningkatnya temperatur pada rentang panjang gelombang yang sama. Dengan demikian warna pada cahaya tampak yang dihasilkan akan semakin kuat. Puncak intensitas emisi pada ZnO tanpa dan dengan *doping* Zn terletak pada 500nm hingga 530nm yang merupakan rentang panjang gelombang warna hijau sesuai dengan referensi pada gambar 4.9.

Pemancaran emisi pada material luminisensi terjadi ketika tingkat energi eksitasi pada elektron tidak stabil, dimana setelah beberapa saat tanpa adanya energi dari luar menyebabkan elektron tersebut berpindah ke energi tingkat dasar dan mengeluarkan energi foton. Proses ini disebut dengan emisi spontan. Saat energi foton mengenai elektron pada tingkat energi eksitasi, elektron tersebut dapat distimulasi untuk melakukan perpindahan menuju energi tingkat dasar dan mengeluarkan energi foton (emisi stimulasi). Radiasi yang dihasilkan dari emisi stimulasi adalah monokromatik karena setiap foton tepatnya memiliki energi $h\nu$ dan koheren karena semua foton yang diemisikan sefase.



Gambar 4.10 Proses luminisensi cahaya hijau ZnO:Zn

Berdasarkan dari proses *photoluminescence* untuk ZnO:Zn dengan variasi temperatur pada Gambar 4.10 diklasifikasikan sebagai *Luminescence* Ekstrinsik. *Luminescence* Ekstrinsik adalah fenomena dimana foton dihasilkan oleh atom asing (cacat) yang dikenal dengan aktivator. Pada material luminisen ZnO:Zn, ZnO berperan sebagai *host* dan *doping* Zn berperan sebagai aktivator yang secara sengaja dimasukkan dalam *host* matriks (ZnO). Radiasi eksitasi akan diabsorpsi oleh aktifator (*doping*) yang akan menyebabkan elektron naik dari keadaan dasar ke keadaan tereksitasi. Ini menyebabkan terbentuknya elektron bebas pada pita konduksi dan *hole* bebas pada pita valensi. Dari keadaan tereksitasi elektron akan kembali ke keadaan dasar dengan memancarkan panas dan emisi luminisensi pada rentang cahaya hijau.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian dengan judul “*Karakterisasi Pengaruh Temperatur Terhadap Intensitas Emisi Material Luminisensi ZnO:Zn*” maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada material luminisensi ZnO:Zn untuk suhu kalsinasi 400°C memiliki kemampuan absorbansi yang baik yaitu pada rentang panjang gelombang sinar ultraviolet 290nm dan berkebalikan dengan kemampuan transmitansinya. Hal ini disebabkan tingginya absorbansi berpengaruh pada banyaknya cahaya yang akan diserap sedangkan cahaya yang akan dilewatkan sedikit.
2. Pengaruh temperatur terhadap intensitas emisi material luminisensi ZnO:Zn pada konsentrasi *doping* 5% yaitu semakin tinggi temperatur pada 200, 300, dan 400°C dihasilkan intensitas emisi yang semakin tinggi pula. Emisi yang tertinggi dipancarkan oleh ZnO:Zn pada temperatur 400°C dengan panjang gelombang maksimum yaitu 525,5nm.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian dengan variasi temperatur yang lebih tinggi untuk mengetahui pengaruhnya terhadap intensitas emisi maksimum yang dihasilkan oleh ZnO:Zn. Perlu dilakukan penelitian dengan variasi yang berbeda dalam mengetahui pengaruhnya terhadap emisi material luminisensi ZnO:Zn yang dihasilkan. Perlu dilakukan karakterisasi lain, seperti SEM untuk mengetahui morfologi permukaan ZnO:Zn hasil sintesis.

”Halaman ini sengaja dikosongkan”

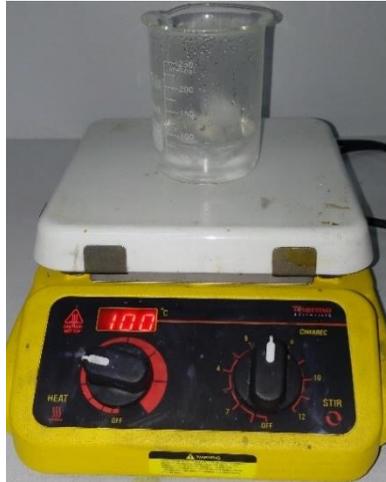
DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah Mikrajuddin, Kahirurrijal, dkk. 2008. *Nanopartikel Ceria yang Didop Neodimium untuk Aplikasi Solid Oxide Fuel Cell (SOFC)*. Bandung: Institut Teknologi Bandung
- C. Jagadish, and S. Pearton (Ed). 2006. *Zinc Oxide Bulk, Thin Film and Nanostructures*, Elsevier.
- G. Blasse, dan B.C Grabmaier. *Luminescent Materials*. 1994. Springer
- Gu, Y.Z., dkk,2013, *Optical and Microstructural Properties of ZnO/TiO₂ Nanolaminates Prepared by Atomic layer Deposition*, nanosclae Research Letters 8:107
- Khopkar, S. M., 2002, *Konsep Dasar kimia Analitik, Terjemahan Basic Concepts of Analytical Chemistry*, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- Day, R.A., dan Underwood., A.L, 2002, *Analisis Kimia Kuantitatif, alih bahasa Pudjatmaka, A.H., Erlangga, Jakarta.*
- Mikrajuddin, Abdullah. (2007), catatan kuliah : *Topik Khusus Fisika Material Elektronik Material Nanostruktur*. ITB, Jurusan Fisika, bandung.
- Nakamura, S and Faisol, G (1997), *The Blue Laser Diode:GaN Based Light Emitter and Lasers* (Springer,Berlin), 343 p.
- P.S. Gupta, Nandha Shakti, 2010. *Structural and Optical Properties of Sol-gel Prepared ZnO Thin Film. Applied Physics Research Vol. 2, No.1, May 2010. Department of Applied Physics, Indian School of Mines.*
- Putri, (2011), *Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Zinc Oxide (ZnO) dengan Menggunakan Metode Sol-Gel Berdasarkan Variasi pH*, Skripsi S1, Fakultas Sains dan Teknologi, Airlangga, Surabaya.
- S.Fred, Light Emitting Diodes. 2003 Cambrige
- Subramanian, V. (2004). *Photoelectrochemical and Photocatalytic Aspects of Semiconductor – metal*

nanocomposites. Notre Dame: Graduate Program In Chemical Engineering.

- Witjaksono, Ary. 2011. *Karakterisasi Nanokristalin ZnO Hasil Reseptasi dengan Perlakuan Pengeringan, Anil, dan Pasca-Hidrotermal*. Tesis Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok.
- Xu, J. (2004). *Luminescence in ZnO*. Mater Thesis, Virginia Commonwealth University, Electrical and Computer Engineering and Department of Physics, Richmond, Virginia.

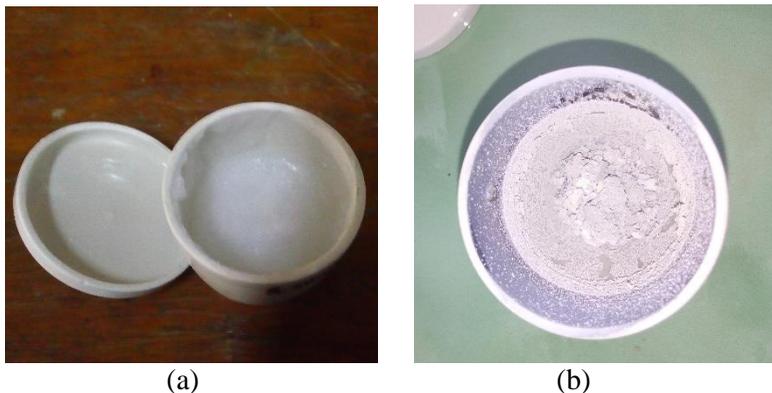
LAMPIRAN A
PROSES PEMBUATAN ZnO DENGAN MENGGUNAKAN
METODE *SOLUTION PHASE*



Gambar 1. Proses *mixing* prekursor dalam pembuatan ZnO tanpa *doping*



Gambar 2. Larutan prekursor setelah proses *mixing*

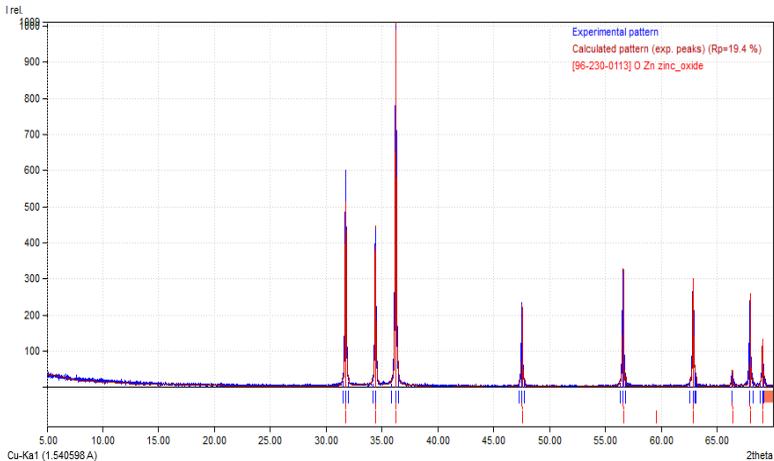


(a) (b)
Gambar 3. (a) larutan prekursor sebelum kalsinasi dan (b) sampel hasil kalsinasi pada suhu 800°C



Gambar 4. Sampel hasil kalsinasi yang telah digerus

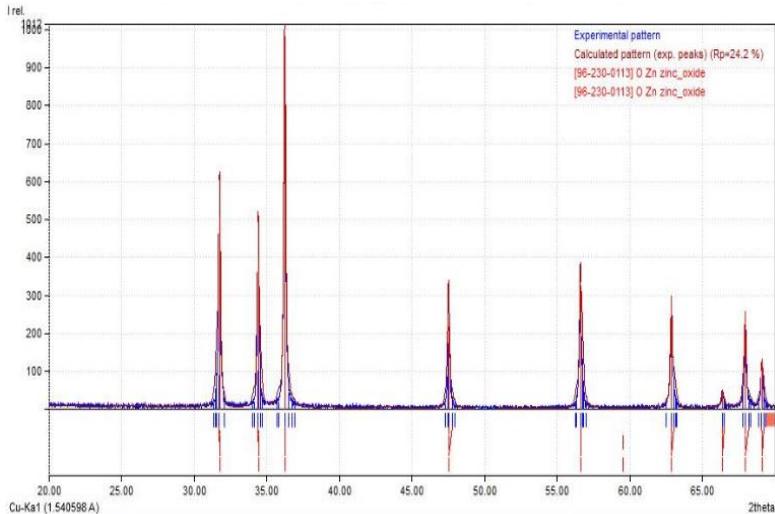
LAMPIRAN B
HASIL ANALISIS KUALITATIF MENGGUNAKAN
SOFTWARE MATCH2



Gambar 5. Grafik XRD Hasil *Search Match2* ZnO pada temperatur 800°C

A: zinc_oxide (100.0 %)

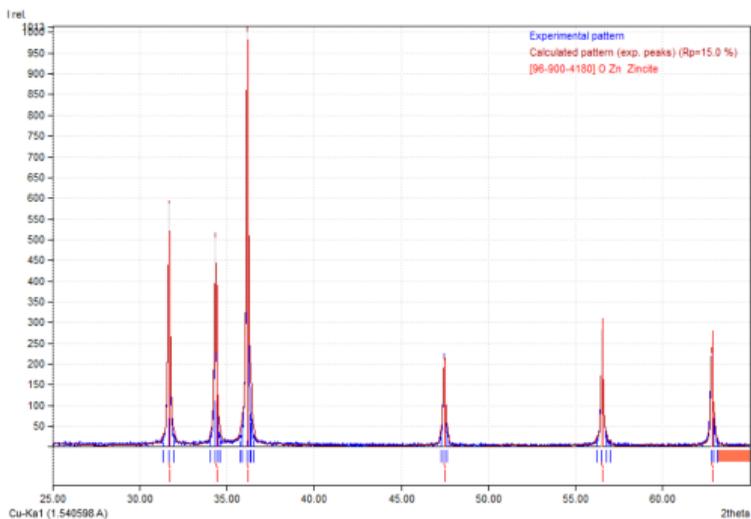
Formula sum	= OZn
Entry number	= 96-230-0113
Figure-of-Merit (FoM)	= 0.937736
Total number of peaks	= 18
Peaks in range	= 10
Peaks matched	= 9
Intensity scale factor	= 0.99
Space group	= P 63 m c
Crystal system	= hexagonal
Unit cell	= a= 8.3740 Å c= 5.2054 Å
I/Icor	= 7.12
Calc. density	= 5.676 g/cm ³
Reference	= Sowa Heidrun, Ahsbahs Hans, "High-pressure X-ray investigation of zincite ZnO single improved shape", Journal of Applied Crystallography 39(2), 169-175 (2006)



Gambar 6. Grafik XRD Hasil *Search Match2* ZnO:Zn pada temperatur 200°C

A: zinc_oxide (100.0 %)

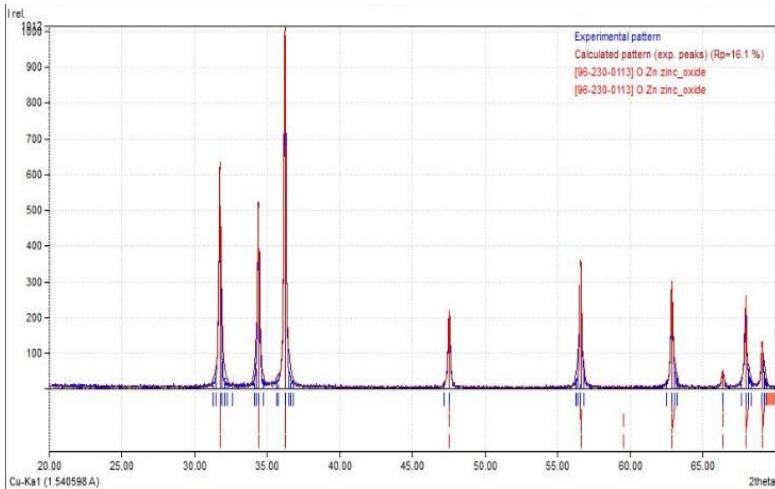
Formula sum	= OZn
Entry number	= 96-230-0113
Figure-of-Merit (FoM)	= 0.902860
Total number of peaks	= 18
Peaks in range	= 10
Peaks matched	= 9
Intensity scale factor	= 0.98
Space group	= P 63 m c
Crystal system	= hexagonal
Unit cell	= a= 8.3740 Å c= 5.2054 Å
I/Icor	= 7.12
Calc. density	= 5.676 g/cm ³
Reference	= sowa Heidrun, Ahsbahs Hans, "High-pressure X-ray investigation of zincite ZnO single improved shape", Journal of Applied Crystallography 39(2), 169-175 (2006)



Gambar 7. Grafik XRD Hasil *Search Match2* ZnO:Zn pada temperatur 300°C

A: Zincite (100.0 %)

Formula sum	= O Zn
Entry number	= 96-900-4180
Figure-of-Merit (FoM)	= 0.906581
Total number of peaks	= 16
Peaks in range	= 6
Peaks matched	= 6
Intensity scale factor	= 0.99
Space group	= P 63 m c
Crystal system	= hexagonal
Unit cell	= a= 3.2533 Å c= 5.2073 Å
I/lcor	= 6.84
Calc. density	= 5.663 g/cm ³
Reference	= Kihara K., Donnay G., "Anharmonic thermal vibrations in ZnO Model: 3-c, at T = 473 K", The Canadian Mineralogist 23, 647-654 (1985)



Gambar 8. Grafik XRD Hasil *Search Match2* ZnO:Zn pada temperatur 400°C

A: Zincite (100.0 %)

Formula sum	= O Zn
Entry number	= 96-900-4180
Figure-of-Merit (FoM)	= 0.906581
Total number of peaks	= 16
Peaks in range	= 6
Peaks matched	= 6
Intensity scale factor	= 0.99
Space group	= P 63 m c
Crystal system	= hexagonal
Unit cell	= a= 3.2533 Å c= 5.2073 Å
I/lcor	= 6.84
Calc. density	= 5.663 g/cm ³
Reference	= Sowa Heidrun, Ahsbahs Hans, "High-pressure X-ray investigation of zincite ZnO single improved shape", Journal of Applied Crystallography 39(2), 169-175 (2006)

BIODATA PENULIS



Ra'idah Syarifah lahir di Surabaya pada tanggal 21 Juli 1994, anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Muhidin Arsad dan Sri Endang Suparmi. Penulis mulai menempuh pendidikan formalnya di TK Asri Surabaya, SDN Wonorejo VIII (1999-2005), SMPN 29 Surabaya (2005-2008), SMA Trimurti Surabaya (2008-2011). Kemudian penulis diterima di Perguruan Tinggi Negeri Jurusan Fisika - FMIPA ITS Surabaya. Selama masa kuliah penulis aktif di organisasi kemahasiswaan jurusan Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMASIKA ITS) selama dua periode sebagai staff departemen hublu (2012-2014). Selain aktif dalam organisasi penulis juga pernah menjadi sisten Laboratorium Fisika Dasar dan asisten Laboratorium Optoelektronika pada semester 5 dan 7. Untuk keterangan lebih jelas mengenai tugas akhir ini dapat menghubungi penulis melalui email: ra.syrf@gmail.com