



**PENGARUH TEMPERATUR PENUMBUHAN TERHADAP
MORFOLOGI PERMUKAAN FILM TIPIS ZnO DITUMBUHKAN
DENGAN METODE *SPIN COATING***

SKRIPSI

Oleh :

IzzatunNaimah

NIM 091810201043

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2015**



**PENGARUH TEMPERATUR PENUMBUHAN TERHADAP
MORFOLOGI PERMUKAAN FILM TIPIS ZnO DITUMBUHKAN
DENGAN METODE SPIN COATING**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Fisika (S1) dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh :

IzzatunNaimah

NIM 091810201043

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2015**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Orang tuaku terutama ibuku Tatik Wasilatur Rahma, terimakasih atas kasih sayang, dukungan nasihat dan doa yang senantiasa mengiringi setiap langkah keberhasilanku;
2. Kedua saudaraku Elianatun Naimah dan Rifatun Naimah terimakasih atas dukungan baik material maupun spiritual serta bidadari kecilku yang selalu membuatku semangat;
3. Taufiq Ismail;
4. Guru-guru sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi;
5. Almamater Fakultas MIPA Universitas Jember.

MOTTO

Allah yang maha pengasih, yang mengajarkan Al-Qur'an. Dia menciptakan manusia, mengajarkannya pandai bicara. Matahari dan bulan beredar menurut perhitungan, dan tumbuhan serta pepohonan, keduanya tunduk padaNya. **Maka nikmat Tuhanmu**

yang manakah yang kamu dustakan?

(AR-RAHMAN : 1-6; 13)^{*)}

Roma was not built in a day **so** where theres is a will,there is a away.

Therefore never put off until tomorrow what can be done today

(everday proverb)^{)}**

*) Departemen Agama Republik Indonesia. 2005. *Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Bandung : PT Syaamil Cipta Media.

***) Nina Artanti, R. 2009. *Percakapan Bahasa Inggris Sehari-hari Segala Situasi*. Yogyakarta : Pustaka Widyatama

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Izzatun Naimah

Nim : 091810201043

Jurusan : Fisika/ S-1

menyatakan yang sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul : Pengaruh Temperatur Penumbuhan Terhadap Morfologi Permukaan Film Tipis ZnO Ditumbuhkan dengan Metode *Spin Coating* merupakan hasil kerja tim dalam proyek Hibah Bersaing Sumberdana **DIPA PTN** No. 023.0.4.2.414995/2013 tanggal 5 Desember 2013, sehingga tidak diperkenankan mempublikasikan tanpa ijin dari pemegang hibah tersebut. Semua data yang ditampilkan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapatkan sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, September 2015

Yang menyatakan,

Izzatun Naimah

NIM 091810201043

SKRIPSI

**PENGARUH TEMPERATUR PENUMBUHAN TERHADAP
MORFOLOGI PERMUKAAN FILM TIPIS ZnO DITUMBUHKAN
DENGAN METODE *SPIN COATING***

Oleh

Izzatun Naimah

NIM 091810201043

Pembimbing :

Dosen Pembimbing I : Dr. Edy Supriyanto, S. Si., M. Si.

Dosen Pembimbing II : Supriyadi, S. Si, M. Si.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul Pengaruh Temperatur Penumbuhan Terhadap Morfologi Permukaan Film Tipis ZnO Ditumbuhkan dengan Metode *Spin Coating* telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember pada:

Hari :

tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember

Tim Penguji :

Ketua (Dosen Pembimbing I),

Sekretaris (Dosen pembimbing II),

Dr. Edy Supriyanto, S.Si., M.Si

Supriyadi, S.Si., M.Si

NIP. 196712151998021001

NIP. 198204242006041003

Anggota I,

Anggota II,

Ir. Misto, M.Si

Puguh Hiskiawan, S.Si, M.Si

NIP. 1959111211991031002

NIP. 197412152002121001

Mengesahkan

Dekan,

Prof. Drs. Kusno, DEA,Ph.D.

NIP. 19610108 198602 1 001

RINGKASAN

Pengaruh Temperatur Penumbuhan Terhadap Morfologi Permukaan Film Tipis ZnO Ditumbuhkan Dengan Metode *Spin Coating*; Izzatun Naimah, 091810201043; 2015; 40 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Seng oksida (ZnO) merupakan oksida konduktif transparan yang banyak diteliti sebagai alternatif pengganti untuk bahan dasar pembuatan sensor gas. Dalam berbagai aplikasi, khususnya sebagai komponen piranti optoelektronik bahan ZnO biasa dibuat dalam bentuk film tipis. Salah satu sifat menarik yang dimiliki oleh ZnO adalah pembentukan struktur kristal yang dapat terjadi dibawah temperatur 400°C. akan tetapi hal tersebut tergantung dari pelarut dan metode penumbuhan yang digunakan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui parameter temperatur pemanasan optimum untuk penumbuhan lapisan film tipis ZnO dengan menggunakan prekursor *Zinc(TMHD)₂* di atas substrat Si(100) menggunakan metode *spin coating*. Untuk memperkecil ketidaksesuaian kisi (*lattice mismatch*) antara substrat dengan film tipis maka digunakan *wetting layer* ZnO (cair). Penelitian ini melalui 4 tahapan yaitu preparasi prekursor, preparasi substrat, proses penumbuhan dan proses karakterisasi untuk mengetahui karakteristik film tipis. Untuk mengetahui morfologi permukaan dilakukan karakterisasi dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *Energy Dispersive X-Ray Spectrometer* (EDS) digunakan untuk mengetahui komposisi kimia penyusun film tipis ZnO. Dalam proses *spin coating*, *spinner* diputar dengan laju 3000 rpm selama 20 detik, kemudian lapisan dipanaskan pada suhu 100°C selama 10 menit untuk menguapkan pelarut prekursor selanjutnya proses penumbuhan struktur kristal film tipis dengan variasi temperatur 350°C, 400°C, 450°C, 500°C dan 550°C.

Proses penumbuhan tanpa menggunakan *wetting layer* pada temperatur 350°C dan 400°C diperoleh hasil persentase komposisi atom ZnO tidak ada. Sedangkan pada temperatur 450°C dan 500°C persentase komposisi ZnO lapisan tipis yang dihasilkan adalah sebesar 0,02 %, serta 0,56 %. Semakin tinggi temperatur penumbuhan maka komposisi ZnO yang terdapat pada film tipis semakin tinggi hal tersebut berkaitan dengan temperatur *annealing* sudah mencapai *melting point* dari film tipis tersebut. Selain itu untuk hasil analisa SEM pada temperatur penumbuhan 450°C dan 500°C memiliki struktur butiran yang halus dan homogen, akan tetapi pada proses ini film tipis yang dihasilkan masih bersifat amorf.

Untuk memperbaiki sifat dari film tipis maka penelitian ini digunakan *wetting layer* ZnO (cair). Film tipis yang ditumbuhkan dengan memakai *wetting layer* pada temperatur penumbuhan (400-500)°C dihasilkan film tipis yang bersifat polikristal. Dari analisa SEM menunjukkan bahwa film tipis ZnO tersusun dari sekumpulan butiran penyusun yang berbentuk kolumnar, tegak lurus terhadap permukaan substrat Si(100) dan pembentukan kristal lebih teratur (*preferred orientation*) serta seragam. Hal tersebut diperkuat dengan hasil analisa AFM yang menunjukkan bahwa penyusun film tipis ZnO berbentuk butiran diseluruh permukaan film, dengan kekasaran *roughness Root Mean Square* (RMS) masing-masing sebesar (a) 7.34 µm, (b) 8.30 µm, (c) 7.54µm, (d) 8.17µm untuk temperatur (a) 400°C, (b)450°C, (c) 500°C, dan (d) 550°C. Sehingga dalam penelitian ini film tipis yang ditumbuhkan dengan menggunakan *wetting layer* memiliki kualitas lebih baik dibandingkan dengan film tipis yang ditumbuhkan tanpa penggunaan *wetting layer*.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat, taufik serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul : Pengaruh Temperatur Penumbuhan Terhadap Morfologi Permukaan Film Tipis ZnO Ditumbuhkan dengan Metode *Spin Coating*. Skripsi ini disusun guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Jurusan Fisika di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Dalam penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan semua pihak. Oleh karena itu pada kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Edy Supriyanto, S. Si., M. Si. selaku dosen pembimbing akademik dan dosen pembimbing I serta Supriyadi, S. Si., M. Si. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam menyelesaikan skripsi ini;
2. Ir. Misto, M.Si selaku dosen penguji I dan Puguh Hiskiawan, S.Si, M.Si Selaku dosen penguji II yang telah memberikan masukan dan saran dalam penyelesaian skripsi ini;
3. Universitas Jember atas bantuannya melalui Hibah Bersaing Sumber dana **DIPA PTN** No.023.04.2414995/2013 tanggal 5 Desember 2013
4. Serta semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, untuk itu penulis menerima kritik dan saran yang berguna untuk menyempurnakan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan tambahan informasi tentang ilmu Pengetahuan bagi para pembaca.

Jember, September 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	ii
HALAMAN MOTTO.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PEMBIMBING.....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
RINGKASAN.....	vii
PRAKATA.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB 1. PENDAHULUAN	
3.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Film Tipis ZnO	6
2.1.1 Material ZnO.....	6
2.1.2 Struktur Kristal dan Parameter Kisi ZnO.....	8
2.1.3 Energi Band Gap.....	9
2.2 ZnO Sebagai Sensor Gas	11
2.3 Prekursor Zinc(TMHD)₃	12
2.4 Substrat Silikon (Si)	13
2.5 Wetting Layer	14

2.6 Pelarut Tetrahydrofuran (THF)	15
2.7 Spin Coating	15
2.8 Energy Dispersive Spectrometer (EDS)	18
2.9 Scanning Electron Microscopy (SEM)	19
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	22
3.2 Alat dan Bahan	22
3.3 Diagram Alir Penelitian	23
3.4 Prosedur Penelitian	24
3.4.1 Preparasi Substrat dan Prekursor.....	24
3.4.2 Penumbuhan Film Tipis ZnO.....	24
3.4.3 Karakteristik Film Tipis ZnO.....	25
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Penumbuhan Struktur Kristal Film Tipis ZnO diatas Substrat Si(100)	26
4.2 Komposisi Kimia Film Tipis ZnO	26
4.3 Struktur Kristal dan Morfologi Permukaan Film Tipis ZnO	28
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	34
5.2 Saran	35
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Karakteristik ZnO.....	7
Tabel 4.1 Presentasi atom dan senyawa penyusun lapisan film tipis.	29



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Struktur <i>Wurtzite</i> heksagonal ZnO.....	9
2.2 Struktur Kristal ZnO fase <i>rocksalt</i> dan fase <i>Zincblende</i>	9
2.3 Struktur Pita ZnO.	10
2.4 Ikatan oksidasi Zinc(TMHD) ₃	12
2.5 Struktur dua dimensi kristal Silikon.....	13
2.6 Struktur tiga dimensi dan orientasi kristal indek Miller (100).	14
2.7 Tahap penetasan sol gel.....	16
2.8 Grafik kecenderungan parameter proses <i>spin coating</i>	16
2.9 Cacat film tipis yang terjadi pada proses <i>spin coating</i>	17
2.10 Berkas electron pada permukaan material.....	19
2.11 Skema peralatan <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) dan <i>Energy Dispersive Spectrometer</i> (EDS).....	20
2.12 Peralatan <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) dan <i>Energy Dispersive Spectrometer</i> (EDS).....	20
3.1 Diagram alir penelitian.	23
4.1 Citra SEM dari film tipis ZnO yang ditumbuhkan di atas Si(100) pada temperatur (a) 350°C dan (b) 400°C.	28
4.2 (a) Citra SEM (b) citra AFM dari film tipis ZnO ditumbuhkan di atas Si(100) pada temperatur 450°C.	29
4.3 (a) Citra SEM (b) citra AFM dari film tipis ZnO ditumbuhkan di atas Si(100) pada temperatur 500°C.	29
4.4 Citra SEM dari film tipis ZnO yang ditumbuhkan dengan pemakaian <i>weting layer</i> pada temperatur (a) 400°C, (b) 450°C, (c) 500°C dan (d) 550°C.....	31
4.5 Citra AFM dari film tipis ZnO yang ditumbuhkan dengan pemakaian <i>weting layer</i> pada temperatur (a) 400°C, (b) 450°C, (c) 500°C dan (d) 550°C.....	3

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam beberapa tahun terakhir, bahan semikonduktor banyak menarik perhatian para peneliti. Hal ini dikarenakan salah satu sifat dari bahan semikonduktor yang secara selektif dapat digunakan sebagai sensor gas. Sensor gas berbasis logam-oksida semikonduktor banyak digunakan dan dikembangkan untuk pemantauan lingkungan, rumah tangga, industri dan aplikasi medis (Sadek *et al.*, 2007). Menurut Fan dan Lu (2005), beberapa gas yang dijadikan sebagai bahan uji adalah O_2 , NO_2 , CO , dan NH_3 . Hal ini disebabkan pemantauan gas tersebut dalam lingkungan sangat penting, karena peningkatan gas tersebut di alam dapat menyebabkan terjadinya perubahan iklim dan *global warming*.

Para peneliti di dunia banyak melakukan penelitian untuk mencari bahan perangkat sensor gas dengan bahan dasar semikonduktor yang berdimensi kecil, biaya murah dan kompatibilitas melalui proses mikroelektronik (Sadek., *et. al*, 2007). Beberapa lapisan tipis logam oksida yang banyak digunakan dalam penelitian di atas adalah In_2O_3 , SnO_2 , Cd_2SnO_4 , ZnO , TiO_2 dan ITO. Hal ini dikarenakan bahan lapisan tersebut memiliki beberapa keunggulan dibandingkan bahan lain. Bahan tersebut memiliki kombinasi unsur seyawa yang unik dan beberapa sifat menarik seperti non-toksisitas, sifat listrik, sifat optik dan perilaku piezoelektrik yang baik serta stabilitas dalam susunan plasma hidrogen, selain itu harga bahan tersebut relatif murah (Fawzy *et al.*, 2009).

Penelitian tentang sensor gas telah banyak dilakukan, salah satunya oleh Mawarni *et al.* (2006) dengan menggunakan SnO_2 , akan tetapi sensor tersebut masih kurang stabil dan sifat tahanannya selalu berubah terhadap waktu. Selain itu, sensor tersebut masih kurang selektif dan sensitif terhadap gas (Pribady, 2005). Penelitian tentang sensor gas pernah pula dilakukan dengan bahan GaN/Al_2O_3 oleh Rusdiana *et al.*, (2007) namun hasil yang diperoleh masih kurang baik dan perlu peningkatan agar

berpotensi untuk aplikasi divais karena sifat morfologi lapisan tipis GaN yang kasar dan kurang homogen.

Seng oksida (ZnO) merupakan oksida konduktif transparan yang banyak diteliti sebagai alternatif pengganti untuk bahan dasar pembuatan sensor gas. Hal ini dikarenakan ZnO merupakan bahan kimia yang memiliki kapasitas dan konduktivitas panas tinggi, tahan terhadap radiasi, ekspansi termal rendah, titik lebur tinggi, tidak beracun, stabilitas tinggi dan keberadaan di alam yang cukup melimpah serta harga yang relatif murah. Selain itu, bahan ZnO sensitif terhadap beberapa gas seperti hidrokarbon, oksigen, karbon monoksida dan sebagainya (Zhao *et al.*, 2004; Y.MA *et al.*, 2002). Dalam berbagai aplikasi, khususnya sebagai komponen piranti optoelektronik bahan ZnO biasa dibuat dalam bentuk film tipis.

Salah satu sifat menarik yang dimiliki oleh ZnO adalah pembentukan struktur kristal yang dapat terjadi dibawah temperatur 400°C . Akan tetapi hal tersebut tergantung dari pelarut dan metode penumbuhan yang digunakan. Menurut Huang (2008) pada temperatur penumbuhan kurang dari 300°C struktur yang terbentuk masih bersifat amorf, dan ketika melebihi 300°C struktur sudah mulai mengkristal namun belum terorientasi dengan sempurna.

Film tipis ZnO dapat ditumbuhkan dengan berbagai macam metode seperti metode *sol-gel dip coating*, metode *sputtering*, elektrodeposisi, *MOCVD*, *pulsed laser deposition*, *ultrasonic spray pyrolysis* dan *chemical bath deposition*. Dalam penumbuhan film tipis ZnO, karakteristik film tipis ZnO seperti struktur kristal, morfologi dan sifat optik sangat sensitif terhadap jenis prekursor, suhu penumbuhan film tipis dan metode penumbuhan film tipis. Pada penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa film tipis ZnO dengan kualitas tinggi dan homogenitas tinggi sebagian besar dihasilkan dengan teknik pertumbuhan fasa uap seperti *Metal Organic Chemical Vapor Deposition* (MOCVD), elektrodeposisi dan *sputtering*. Namun metode tersebut membutuhkan peralatan canggih sehingga biaya operasionalnya sangat mahal, sehingga diperlukan metode alternatif lainnya yang lebih sederhana, biaya murah namun dapat menghasilkan kualitas film tipis yang baik (Kamaruddin,

S.A, *et al.*, 2011). Salah satu metode alternatif yang dapat digunakan untuk penumbuhan film tipis adalah metode *spin coating*.

Metode *spin coating* merupakan metode penumbuhan film tipis dengan meneteskan cairan pada substrat yang ditempelkan di atas piringan *spinner*, kemudian diputar dengan kecepatan tinggi sehingga cairan menyebarkan di atas substrat dengan memanfaatkan gaya sentrifugal (Faozi, 2001). Proses *spin coating* mempunyai tahapan fabrikasi yang sederhana untuk lapisan ZnO, karena tidak membutuhkan fase uap untuk peralatan penumbuhan film tipis. Oleh karena itu, penumbuhan dengan metode *spin coating* memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan metode lain seperti *sputtering*, *pulsed laser deposition*, MOCVD dan *chemical bath deposition* yaitu pengoperasian lebih sederhana dan biaya operasinal yang murah serta kualitas film tipis yang dihasilkan lebih baik (Widodo, 2001). Selain itu, sifat film tipis yang dihasilkan oleh metode *spin coating* bersifat transparan dan homogen (Bensaha dan Machiackh, 2006). Metode *spin coating* pernah juga dipakai untuk menumbuhkan film tipis ZnO yang menggunakan prekursor asetat dan substratnya adalah kaca berlapis ITO oleh Maddu (2006). Berdasarkan penelitiannya diperoleh struktur kristal film tipis ZnO berbentuk lempeng yang tidak seragam dan tidak beraturan akibat dari *annealing* pada suhu 500°C dan dari hasil karakterisasi optik ZnO didapatkan transmitansi pada rentang cahaya tampak di atas 50 % serta reflektansi rendah pada rentang cahaya tampak.

Berdasarkan uraian di atas maka pada penelitian ini akan dilakukan penumbuhan film tipis ZnO. Prekursor yang digunakan adalah *Bis (2,2,6,6-tetramethyl-3,5-heptanodionato)zinc* ($Zn(C_{11}H_{19}O_2)_2$) atau (Zinc (TMHD)₂) yang berbentuk serbuk. Prekursor tersebut ditumbuhkan dengan metode *spin coating* dengan kecepatan putaran 3000 rpm serta proses *annealing* pada suhu (350-550)⁰C sehingga dihasilkan film tipis ZnO. Pada penelitian ini akan diteliti pengaruh temperatur penumbuhan terhadap struktur kristal film tipis ZnO. Dengan dilakukan variasi temperatur penumbuhan film tipis akan diketahui sifat fisis dari film tipis ZnO yang berkualitas baik dan temperatur penumbuhan optimum film tipis ZnO.

Film tipis ZnO yang telah ditumbuhkan akan dikarakterisasi dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk mendapatkan informasi tentang struktur kristal dan morfologi permukaan dan *Energi dispersive X-Ray Spectrometer* (EDS) digunakan untuk mengetahui presentasi atom-atom penyusun film tipis. Selanjutnya hasil karakterisasi dianalisa dan diberi kesimpulan.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu dengan variasi temperatur penumbuhan ($350-550$)^oC maka pada temperatur berapa film tipis ZnO dengan kualitas baik dapat ditumbuhkan pada substrat Si(100) menggunakan metode *spin coating*?

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini terdapat beberapa batasan masalah yaitu :

- a. Substrat yang digunakan adalah Si(100),
- b. Prekursor yang digunakan adalah Zinc(TMHD)₂ berbentuk serbuk,
- c. Prekursor Zinc(TMHD)₂ dilarutkan dalam *Tetrahydrofuran* (THF) dengan konsentrasi 0,1 M sehingga terbentuk sol gel,
- d. Karakterisasi film tipis ZnO dilakukan dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM), *Energi dispersive X-Ray Spectrometer* (EDS) dan *Atomic ForceMicroscopoy* (AFM).

1.4 Tujuan penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

- a. Menumbuhkan film tipis ZnO pada substrat Si(100) dengan menggunakan metode *spin coating*.
- b. Melakukan variasi temperatur terhadap penumbuhan film tipis ZnO sehingga diperoleh morfologi film tipis ZnO yang halus, tegak lurus terhadap permukaan substrat.

1.5 Manfaat penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

- a. Penelitian ini dapat memberikan informasi tentang proses pembuatan film tipis ZnO dengan menggunakan metode *spin coating*.
- b. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan penelitian selanjutnya untuk membuat film tipis ZnO dengan kualitas lebih baik lagi.
- c. Film tipis ZnO dengan sifat yang baik dapat diaplikasikan sebagai sensor gas.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

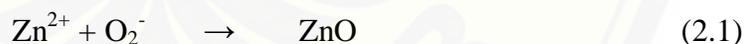
2.1 Film Tipis ZnO

Film tipis adalah lapisan yang mempunyai ketebalan dalam ukuran (0.01-2) μ m. Film tipis dapat dibuat dari bahan bersifat isolator, konduktor, semikonduktor maupun superkonduktor. Film tipis banyak digunakan sebagai sensor gas karena sifat elektriknya dapat diatur melalui parameter-parameter saat proses penumbuhan dan biaya yang murah dalam proses produksinya (Goswami.A, 2006; Soriaga.P et al, 2002). Salah satu contoh film tipis yang digunakan sebagai sensor gas adalah film tipis ZnO yang termasuk bahan semikonduktor. Sifat fisika dari material semikonduktor adalah memiliki kapasitas dan konduktifitas panas yang tinggi, serta ekspansi rendah dan titik lebur tinggi.

2.1.1 Material ZnO

ZnO berbentuk bubuk putih bersifat amfoter atau hampir tidak larut dalam larutan netral namun dapat larut dalam basa kuat atau asam kuat. ZnO dikenal sebagai seng putih atau *zincite mineral*. Selain itu ZnO memiliki sifat piezoelektrik tinggi dan laju reaksi yang cepat.

Secara umum ZnO dapat dibuat dengan mereaksikan logam Zn dan oksigen pada suhu tinggi seperti reaksi berikut :



Beberapa contoh senyawa organik seng yaitu senyawa $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Zn}(\text{ClO}_3)_2$, ZnSO_4 , dan yang paling sederhana adalah senyawa asetat misalnya $\text{Zn}(\text{COOCH}_3)_2$ (Baherra, tanpa tahun). Karakteristik ZnO dapat dilihat pada tabel 2.1.

Pembentukan senyawa ZnO dari berbagai senyawa seperti DEZn($\text{Zn}(\text{C}_5\text{H}_5)_2$) dan DMZn(Dimethyl Zinc) sejauh ini belum dipelajari secara intensif. Dari analisis spektrum massa *tertiarybutanol* (tBuOH) dan DEZn yang dimasukkan ke dalam reaktor secara terpisah, hasil yang paling melimpah adalah etana dan etilena untuk DEZn. Sementara dalam kasus *tertiarybutanol* terdeteksi air (H_2O) dan isobutene

(C₄H₈). Pembentukan isobutene ini disebabkan oleh rekombinasi *methyl* dan *propylradical*. Selain produk tersebut, *ethylene* (C₂H₄) diperoleh ketika DEZn dan *tertiarybutanol* berinteraksi dalam reaktor. *t*BuOH keadaan termalnya lebih stabil dari pada DEZn, dengan dekomposisi lengkap pada 430° C dan 360° C (Triboult dan Perriere, 2005).

Tabel 2.1 Karakterisasi ZnO

Karakterisasi	
Rumus molekul	ZnO
Massa molar	81.408 g/mol
Penampilan	Putih solid
Bau	Tanpa bau
Kepadatan	5.606 g / cm ³
Titik lebur	1975°C
Titik didih	2360°C
Kelarutan dalam air	0.16 mg/ 100 ml (30°C)
Band gap	3.37 eV
Indek bias (n _D)	2.0041

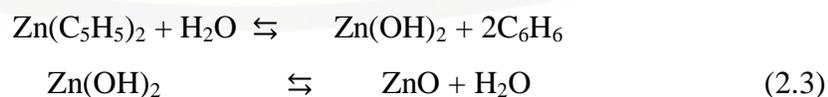
(Sumber: Henrich dan Cox, 2011)

Menurut Triboult dan Perriere (2005) pembentukan ZnO dapat diperoleh dari reaksi berikut:

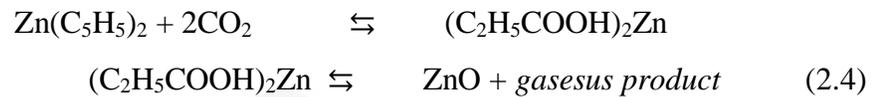
- a. Reaksi pembentukan ZnO dengan oksigen



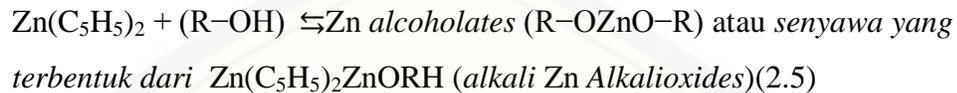
- b. Reaksi pembentukan ZnO dengan H₂O



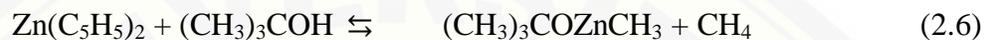
c. Reaksi $Zn(C_2H_5)_2$ dengan CO_2



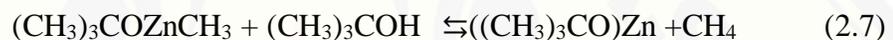
d. Reaksi $Zn(C_2H_5)_2$ dengan *alcohol*



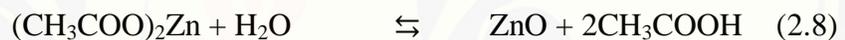
e. Reaksi dengan tipe sama dengan kasus DM Zn dengan *t*BuOH



Pada saat *t*BuOH bertemperatur dan tekanan parsial tinggi, *alkoxides* bereaksi pada tahap kedua yaitu *bisalkoxide*



f. Untuk pembentukan ZnO dari senyawa *zinc acetate* dengan air

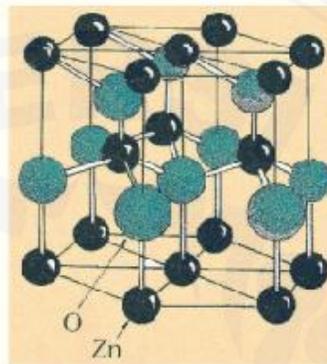


2.1.2 Struktur Kristal dan Parameter kisi ZnO

Seng oksida (ZnO) mengkristal dalam tiga bentuk yaitu *wurtzite* heksagonal, *zinblend* kubik, kubik *rocksalt*. Struktur *wurtzite* heksagonal merupakan struktur yang paling stabil dibanding struktur yang lain. Untuk *zinblend* kubik stabil jika tumbuh pada substrat dengan struktur kisi kubik, sedangkan kubik *rocksalt* merupakan struktur yang jarang diamati. Struktur kristal ZnO pada struktur *wurtzite* heksagonal seperti ditunjukkan pada gambar (2.1). memiliki kisi heksagonal yang terdiri dari Zn^{2+} dan O_2^- , setiap ion seng dikelilingi oleh ion O_2^- yang berbentuk tetrahedral (Bahera, tanpa tahun). Setiap ion Zn^{2+} maupun O_2^- merupakan pusat tetrahedral dari keempat ion tetangganya. ZnO yang memiliki struktur kristal *wurtzite* heksagonal dengan parameter kisi **a** dan **c** dengan konstanta kisi **a** = 3,2495 Å dan **c** = 5,2069 Å, dan densitasnya sebesar 5,605 g.cm⁻³.

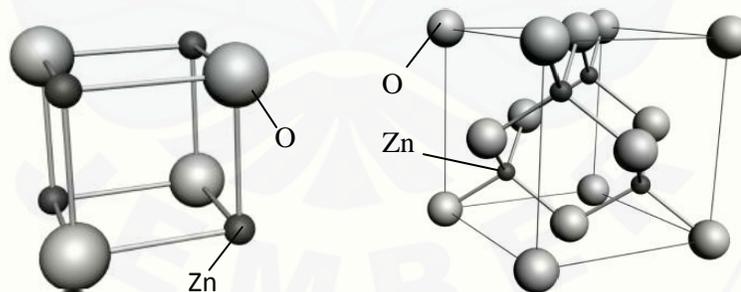
Pada bentuk struktur kristal *wurtzite* ideal, rasio aksial **c/a** dan parameter **u** (merupakan ukuran jumlah dimana setiap atom mengisi atom kekosongan atom

berikutnya sepanjang sumbu c) yang berkorelasi dengan hubungan $uc/a = (3/8)^{1/2}$ dimana $c/a = (8/3)^{1/2}$ dan $u = (3/8)$ untuk kristal yang ideal. Dalam suatu eksperimen untuk *wurtzite* ZnO nilai yang dihasilkan dalam kisaran $u = 0,3817-0,3856$ dan $c/a = 1,593-1,6035$ (Coleman dan Jagadish, 2007).



Gambar 2.1. Struktur *wurtzite* heksagonal ZnO. Atom O ditunjukkan sebagai bulatan besar, atom Zn sebagai bulatan kecil (Sumber : Coleman dan Jagadish, 2007)

Selain berbentuk *wurtzite* heksagonal, struktur Kristal ZnO juga berbentuk *zinblende* kubik dan struktur *rocksalt* ditunjukkan pada gambar 2.2



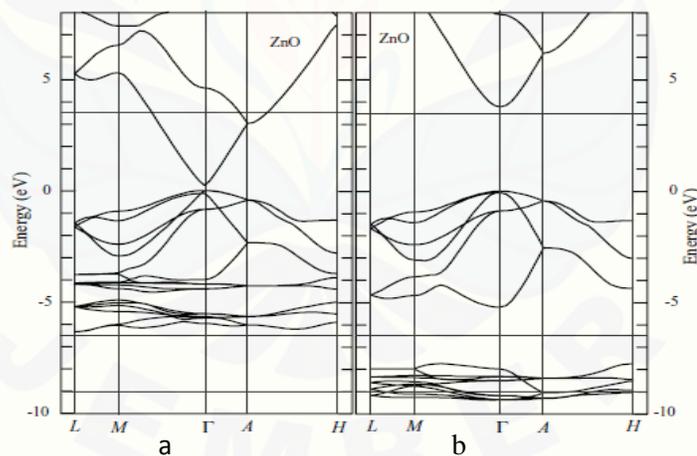
Gambar 2.2. Struktur kristal ZnO: (a) fase *rocksalt* (b) fase *zinblende*. Atom O ditunjukkan sebagai bulatan putih besar dan atom Zn sebagai bulatan hitam kecil (Sumber: Coleman dan Jagadish, 2007).

Struktur kristal ZnO fase *zinblende* akan bersifat stabil jika ditumbuhkan pada substrat berstruktur kubik sementara struktur kristal ZnO fase *rocksalt* akan bersifat

stabil jika ditumbuhkan pada tekanan tinggi (~10GPa) dan bersifat tidak stabil jika ditumbuhkan pada substrat berstruktur kubik (Coleman dan Jagadish, 2007).

2.1.3 Energi *Band Gap*

ZnO merupakan bahan semikonduktor senyawa II-VI dengan lebar pita energi (*band gap*) sebesar ~3,37 eV pada suhu kamar, ZnO tidak berwarna dan transparan (Coleman dan Jagadish, 2007). Struktur pita elektronik ZnO telah dihitung seperti yang dilakukan oleh Rossler's dalam sebuah artikel yang ditulis oleh Markoc dan Ozgur pada tahun 2009. Rossler's memprediksi hasil perhitungan pita yang diperoleh dari pengukuran photoemisi UV struktur heksagonal ZnO dalam ruang hampa dimana menjelaskan elektron Zn pada tingkat orbital 3d memiliki *band gap* sebesar 7,5 eV pada pita konduksi maksimum sedangkan pada pita konduksi minimum *band gap* menurun sampai 3 eV (Markoc dan Ozgur, 2009).



Gambar 2.3. Struktur pita ZnO dihitung dengan menggunakan (a) standard *pseudopotential* (PP). (b) menggunakan *self-interaction-corrected pseudopotentials* (SIC-PP). Metode ini lebih efisien jika dilakukan pada tingkatan *d* dibandingkan metode LDA (Sumber : Markoc dan Ozgur, 2009)

Teori tentang perhitungan struktur pita elektronik dari ZnO kebanyakan menggunakan *Local Density Approximation* (LDA) dan *incorporating atomic Self-*

Interaction Corrected Pseudopotentials (SIC-PP) karena secara akurat menjelaskan elektron Zn pada tingkat orbital 3d seperti ditunjukkan pada gambar 2.3. Struktur pita ditunjukkan sepanjang garis simetri tinggi pada zona heksagonal. Untuk kedua pita valensi maksimum dan minimum serta pita konduksi terendah menunjukkan secara langsung besarnya *band gap* ZnO (Morkoc dan Ozgur, 2009).

Pada gambar 2.3 ditunjukkan bahwa pada waktu tingkatan ikatan elektron dalam ZnO berubah maka tingkatan orbital akan bergeser ke bawah seperti saat terdapat 10 ikatan elektron yang sesuai dengan Zn pada tingkat energi sub kulit 3d yang terjadi sekitar ~ 9 eV. Selanjutnya ketika terdapat 6 ikatan elektron bersesuaian dengan tingkat energi 2p pada atom O dengan energi dari -5 eV sampai 0 eV. Untuk dua keadaan pita konduksi yang mana Zn terlokalisasi akan bersesuaian dengan tingkat energi 3s yang kosong. Semakin tinggi pita konduksi Zn maka akan seperti elektron bebas. Untuk atom O pada tingkat energi 2s berhubungan dengan tingkat energi inti yang terjadi disekitar -20 eV sehingga celah *band gap* yang ditentukan dari perhitungan ini adalah sebesar 3,77 eV. Hal ini sesuai dengan nilai hasil eksperimental yaitu 3,4 eV dan lebih dekat dari pada nilai yang diperoleh dari perhitungan LDA standar, yang cenderung menunjukkan bahwa *band gap* ~ 3 eV. Hal tersebut dimungkinkan karena kegagalan dalam akurasi memodelkan elektron pada Zn ditingkat energi 3d (Coleman dan Jagadish, 2007).

2.2 ZnO Sebagai Sensor Gas

Sensor adalah sesuatu yang digunakan untuk mendeteksi adanya perubahan baik secara kimia maupun fisika. Sensor mengubah suatu variabel dari besaran mekanik menjadi besaran listrik sehingga dapat dianalisa. Berbagai macam sensor salah satunya sensor untuk mendeteksi keberadaan gas-gas tertentu seperti O₂, NO₂, CO, dan NH₃ (Widodo, 2010).

Sensor gas pada umumnya berbahan dasar lapisan tipis oksida seperti SnO₂, In₂O₃, TiO₂, ZnO dan ITO (Widodo, 2010). Menurut Khalil *et al.*, 2009 keuntungan

pembuatan sensor gas dengan bahan semikonduktor oksida logam yaitu berstruktur mikro, konstruksi sederhana, biaya rendah, ringan dan konsumsi daya yang rendah.

ZnO merupakan salah satu bahan semikonduktor oksida logam yang digunakan sebagai lapisan aktif sensor gas. Hal ini karena bahan ZnO sensitif terhadap beberapa gas seperti hidrokarbon, oksigen, karbon monoksida dan sebagainya (Maddu *et. al.*, 2006).

Dalam sensor gas semikonduktor, penyerapan oksigen memiliki peranan penting dalam *transport* elektron (Liu *et al.*, 2009). Serapan oksigen mempengaruhi konduktivitas permukaan semikonduktor karena gas CO berada di sekitar permukaan sensor. Sensor semikonduktor memiliki sifat reduktor sehingga dapat mengikat sejumlah atom oksigen yang terabsorpsi yang kemudian elektron akan dilepaskan kembali ke permukaan semikonduktor (Mawarni *et al.*, 2006).

Menurut Liu *et al.* (2009) mekanisme pengindraan sensor gas untuk gas CO dapat dijelaskan melalui reaksi kimia seperti berikut :

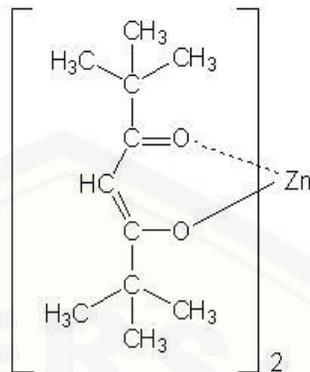


Reaksi antara gas CO dan permukaan semikonduktor dapat ditampilkan sebagai berikut :



2.3 Prekursor Zinc(TMHD)₂

Zinc(TMHD)₂ merupakan senyawa organik seng oksida dengan rumus molekul Zn(C₁₁H₁₉O₂)₂. Secara ilmiah Zinc(TMHD)₂ disebut *Bis (2,2,6,6-tetramethyl-3,5-heptanodionato) zinc* dengan struktur molekul ditunjukkan pada gambar 2.4.

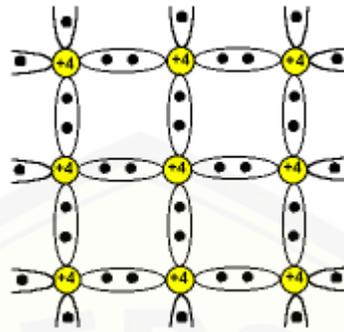


Gambar.2.4 Ikatan oksidasi karbon *Bis (2,2,6,6-tetramethyl-3,5-heptanodionato) zinc*.
(Sumber :Saraf *et al.*, 2006)

Zinc(TMHD)₂ dijadikan sebagai prekursor karena merupakan prekursor padat *nonpyrophoric* dan memberikan hubungan yang baik antara keselamatan lingkungan dan *volatility* dengan kontaminasi karbon yang kurang tepat dalam film tipis (Hlaing Oo, *et.al.*, 2009). Selain itu prekursor Zn(TMHD)₂ memiliki titik didih 250°C dan *melting point* 144°C serta mempunyai stabilitas tinggi dalam udara. Hasil dari dekomposisi Zn(TMHD)₂ adalah *carbondioxide* (CO₂), *carbon monoxide* (CO), *organi cfumes*, and *zincoxide* (ZnO) (Strem chemical,Inc, tanpa tahun).

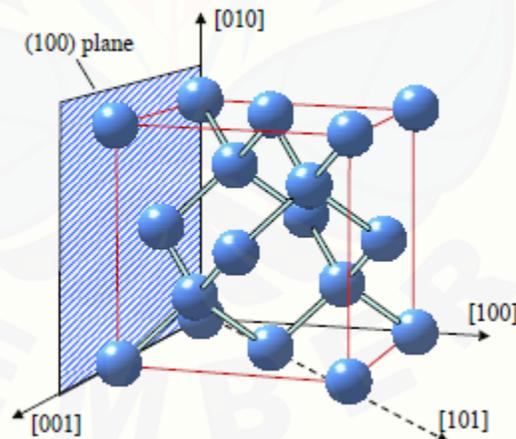
2.4 Substrat Silikon (Si)

Silikon merupakan unsur kimia yang memiliki nomor atom 14 dan termasuk bahan semikonduktor murni. Silikon merupakan bahan terbanyak ke dua yang ada di alam setelah oksigen (O₂). Silikon merupakan unsur golongan IVA dan memiliki struktur kristal *diamond*. Dalam struktur atom kristal silikon, satu inti atom (*nucleus*) masing-masing memiliki 4 elektron valensi. Ikatan inti atom akan stabil jika dikelilingi oleh 8 elektron, sehingga 4 buah elektron valensi yang dimiliki atom kristal silikon tersebut akan membentuk ikatan kovalen dengan elektron-elektron atom tetangganya seperti pada gambar 2.5 (Subekti, 2003).



Gambar 2.5 Struktur dua dimensi kristal silikon (Sumber : Subekti,2003)

Silikon sering digunakan sebagai substrat yaitu sebagai tempat menumbuhkan film tipis. Hal tersebut disebabkan silikon mempunyai banyak kelebihan dibanding dengan unsur-unsur lain, yaitu silikon banyak tersedia dalam bentuk kristal tunggal, kondisi yang termal baik dan stabilitas temperatur tinggi serta harga yang cukup ekonomis.



Gambar 2.6 Struktur kristal silikon dalam tiga dimensi dan orientasi kristal indeks Miller dengan (100) bertepatan dengan sumbu-.(Sumber :Ashcrof dan Marmind, 1976; Kittel C, 2005).

Pada gambar 2.6 merupakan struktur kristal dalam tiga dimensi yang menunjukkan struktur atom silikon dengan arah bidang kristal berbeda yang

berhubungan dengan struktur dasar suatu kristal. Arah bidang kristal ditentukan dengan menggunakan indek Miller. Indek Miller didapat dari kebalikan perpotongan pada sumbu a, b, c (Ashcrof dan Mermin, 1976; Kittel C, 2005)

2.5 Wetting Layer

Wetting layer atau lapisan pembasah merupakan lapisan awal atom yang ditumbuhkan pada permukaan substrat. Setiap prekursor memiliki kisi yang berbeda dengan substrat yang digunakan sehingga perbedaan kisi tersebut dapat mengakibatkan *lattice mismatch*. Besar *lattice mismatch* akan mengakibatkan ketidakstabilan film tipis. Untuk mengurangi besarnya ketidaksesuaian kisi (*lattice mismatch*) antara substrat dengan prekursor di dalam penumbuhan film tipis maka digunakan *wetting layer* (Eisenbreg dan Kandel, 2000)

2.6 Pelarut Tetrahydrofuran (THF)

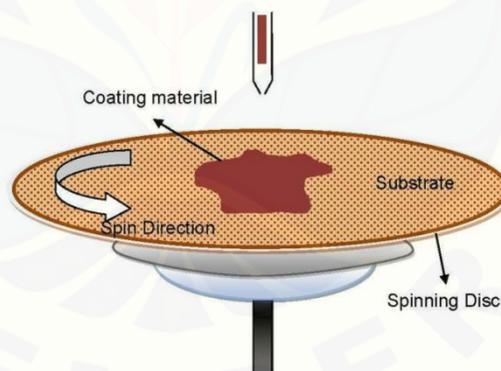
Tetrahydrofuran, atau dikenal sebagai THF merupakan senyawa organik heterosiklik dengan rumus kimia $(\text{CH}_2)_4\text{O}$. THF berupa cairan dengan viskositas rendah dan memiliki aroma seperti dietil eter dan termasuk dalam molekul eter yang paling polar. THF adalah analog yang terhidrogenasi dari senyawa aromatik furan. THF merupakan pelarut aprotik dengan tetapan dielektrik 7,6 dan memiliki kepolaran yang sedang serta dapat melarutkan berbagai macam senyawa nonpolar maupun polar.

Dalam sebuah penelitian *tetrahydrofuran* (THF) biasa digunakan sebagai pelarut prekursor dalam bentuk serbuk. Hal ini karena THF memiliki titik didih 66°C dan titik lebur -108.5°C sehingga dapat digunakan sebagai pelarut prekursor yang bertitik didih tinggi (Person.J, 1993). Penggunaan THF sebagai pelarut prekursor juga bertujuan untuk menghasilkan laju penguapan yang konstan sehingga temperatur uap bahan prekursor dapat diturunkan.

2.7 Spin Coating

Spin coating merupakan metode penumbuhan film tipis dengan pelapisan menggunakan putaran. *Spin coating* merupakan prosedur yang digunakan untuk menerapkan film tipis seragam untuk substrat datar (Kamaruddin,S.A.,*et al.*, 2011). Sedangkan alat yang digunakan untuk *spin coating* disebut *coater spin* atau *spinner* (Mulyadi, 2009).

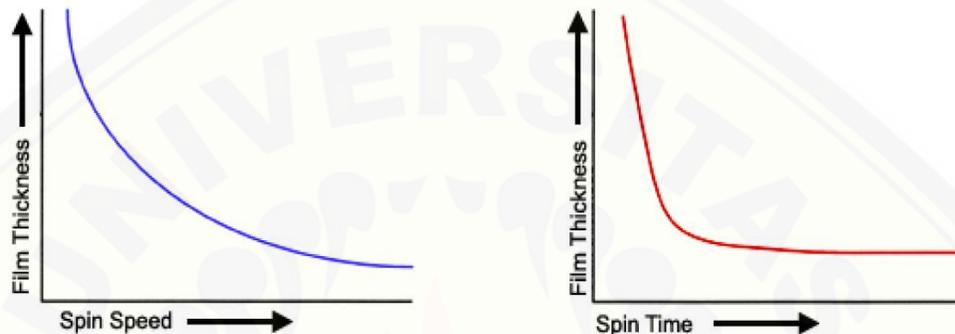
Dalam proses *spin coating* melibatkan deposisi suatu prekursor berbentuk sol gel pada pusat substrat dan kemudian diputar dengan kecepatan tinggi (sekitar 3000 rpm) seperti pada gambar 2.7. Percepatan sentripetal menyebabkan prekursor menyebar keseluruh permukaan substrat sehingga menghasilkan lapisan tipis. Kemudian lapisan tipis tersebut dikeringkan untuk menghilangkan kelebihan pelarut dari film yang dihasilkan. Proses pengeringan dilakukan secara terpisah dari proses putaran. Hal ini berguna untuk meningkatkan stabilitas sifat fisik dari lapisan film tipis tersebut.



Gambar 2.7 Tahap penetasan sol gel (Sumber : *Cost Effective Equipment (CEE)*, tanpa tahun).

Beberapa faktor yang mempengaruhi ketebalan film tipis dan karakteristik yang dihasilkan dengan menggunakan metode *spin coating* tergantung sifat prekursor tersebut seperti viskositas, laju pengeringan, kerapatan bahan pelapis yang digunakan, tegangan permukaan dan lain-lain (Hertanto,2008). Parameter lain yang merupakan

faktor untuk ketebalan film tipis dan karakteristiknya adalah kecepatan rotasi, percepatan, waktu dan *fume exhaust* serta pipa pembuangan asap. Grafik kecenderungan beberapa parameter yang mempengaruhi dalam proses *spin coating* ditunjukkan pada gambar 2.8.

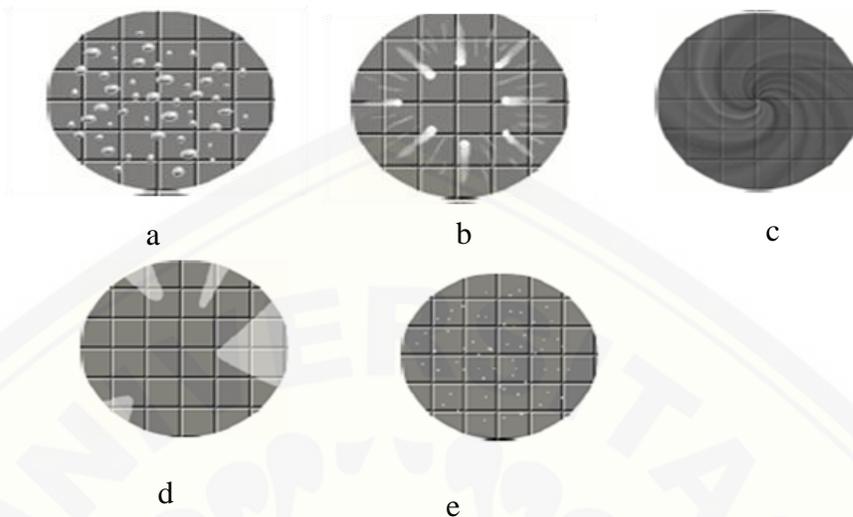


Gambar 2.8. Grafik kecenderungan umum berbagai proses parameter untuk kecepatan dan waktu yang digunakan dalam proses *spin coating* (Sumber: *Cost Effective Equipment (CEE)*, tanpa tahun).

Berdasarkan grafik di atas semakin tinggi kecepatan sudut putar, lapisan yang diperoleh akan semakin tipis, begitu pula dengan semakin lama waktu yang diberikan maka lapisan yang dihasilkan semakin tipis (*Cost Effective Equipment (CEE)*, tanpa tahun).

Secara umum penumbuhan film tipis dengan metode *spin coating* dihasilkan kualitas film tipis yang baik (Faozi, 2011). Namun terdapat beberapa masalah yang harus dipertimbangkan dalam proses *spin coating* seperti:

- a. film terlalu tipis karena kecepatan terlalu tinggi dan waktu putaran terlalu lama, begitupun sebaliknya film tipis terlalu tebal karena kecepatan putaran terlalu rendah, waktu putaran terlalu pendek dan viskositas bahan terlalu tinggi;



Gambar.2.9 Beberapa cacat film tipis yang terjadi saat proses *spin coating*. a. adanya gelembung udara pada film tipis. b. *Comets, streaks* atau *flares*. c. Pola *Swirl*. d. terdapat daerah tidak terlapsi. e. adanya lubang kecil pada film tipis(Sumber : *Cost Effective Equipment (CEE)*, tanpa tahun)

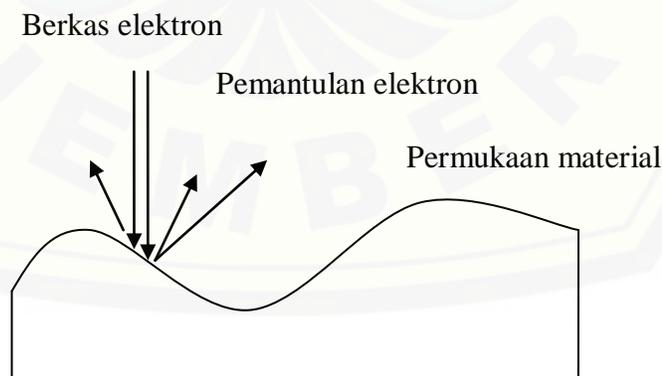
- b. Adanya gelembung udara dipermukaan lapisan tipis hal ini karena adanya cacat kristal pada lapisan tipis ditunjukkan pada gambar 2.9a;
- c. *Comet, streaks* atau *flares* hal ini terjadi karena viskositas terlalu tinggi, prekursor terlalu lama berada di substrat sebelum diputar, terdapat partikel di permukaan substrat sebelum dikeluarkan dari *spin coating* dan prekursor tidak diletakkan di tengah substrat ditunjukkan pada gambar 2.9b;
- d. Pola *swirl* terjadi karena prekursor tidak berada di pusat substrat, pengaturan kecepatan putaran dan akselerasi terlalu tinggi dan waktu putaran terlalu rendah ditunjukkan pada gambar 2.9c;
- e. Daerah substrat tidak dilapsi oleh prekursor secara menyeluruh ditunjukkan pada gambar 2.9d;
- f. Adanya lubang-lubang kecil karena terdapat gelembung udara partikel dalam prekursor sebelum ditetaskan pada permukaan substrat, ditunjukkan pada gambar 2.9e.

Metode *spin coating* adalah suatu cara yang sederhana, mudah dan biaya operasinal yang murah serta kualitas film tipis yang dihasilkan lebih baik. *Spin coating* secara luas digunakan dalam *microfabrication*, dimana *spin coating* dapat digunakan untuk membuat film tipis dengan ketebalan dibawah 10 nm. *Spin coating* juga digunakan secara intensif dalam *photolithography*, untuk lapisan *photoresist* dengan tebal sekitar 1 μ m (Franssila, 2010).

2.8 Energy Dispersive Spectrometer (EDS)

Energy Dispersive Spectrometer (EDS) merupakan alat yang digunakan untuk mengukur komposisi kimia atau untuk mengetahui atom-atom penyusun film tipis. Alat EDS menjadi satu dengan alat SEM. Prinsip kerja EDS yaitu saat elektron menumbuk permukaan sampel maka akan dihasilkan radiasi. Kemudian radiasi tersebut akan dikumpulkan dalam *collector*. Sistem kerja alat tersebut dapat dilihat pada gambar 2.10 dan gambar 2.11 (Flewitt *et al.*, 1994).

Perbedaan antara SEM dan EDS yaitu terletak pada radiasi yang terhimpun. Radiasi gelombang yang terhimpun merupakan gelombang sinar-X. Dengan identifikasi intensitas sinar-X yang dipancarkan maka konsentrasi atom dalam film tipis dapat ditentukan (Abdullah dan Khairurrijal, 2008; Brundl.C.R, 1992).



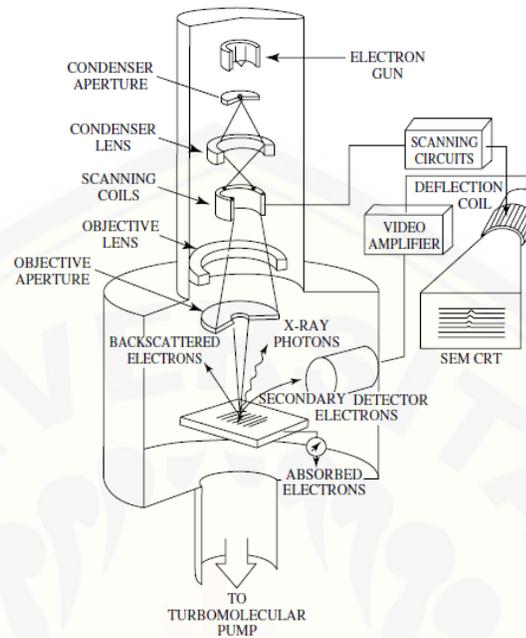
Gambar 2.10 Dalam SEM dan EDS berks elektron berenergi tinggi mengenai permukaan material.(sumber : Abdullah dan Khairurrijal, 2008)

2.9 Scanning Electron Microscopy (SEM)

Scanning Electron Microscopy (SEM) merupakan salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambarkan profil permukaan suatu benda. Oleh karena itu, *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dapat digunakan sebagai alat pencitraan morfologi film tipis. Tiga prinsip mikroskop elektron yaitu: *scanning*, *transmission* dan *emission*. Pada mikroskop elektron pembacaan sekilas dan transmisi, satu insiden berkas elektron pada sampel menghasilkan satu gambar sementara pada mikroskop pancaran medan spesimen sendiri adalah sumber dari elektron (Schoder, D.K, 2005).

Prinsip kerja SEM yaitu dengan menembakkan berkas elektron berenergi tinggi pada permukaan benda yang akan dikarakterisasi seperti pada gambar 2.11. Pada permukaan benda yang dikenai berkas akan memantulkan kembali berkas tersebut dan menghasilkan elektron sekunder ke segala arah. Tetapi ada satu arah di mana berkas dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Detektor di dalam SEM mendeteksi elektron yang dipantulkan dan menentukan lokasi berkas yang dipantulkan dengan intensitas tertinggi kemudian merubahnya menjadi signal yang akan ditampilkan pada monitor sebagai hasil akhir dari permukaan sampel yang diuji. Untuk alat *Scanning Electron Microscopy* SEM dan *Energy Dispersion Spektroskopi* (EDS) dapat dilihat pada gambar 2.12 (Schoder, D.K, 2005).

Syarat agar *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dapat menghasilkan citra yang tajam, permukaan benda harus bersifat sebagai pemantul elektron atau dapat melepaskan elektron sekunder ketika ditembak dengan berkas elektron. Oleh karena itu, benda yang akan diuji harus dilapisi dengan logam. Jika benda yang akan diamati berasal dari logam tidak perlu dilapisi dengan logam lagi (Mikrajuddin dan Khairurrijal, 2009).



Gambar 2.11 Skema peralatan *Scanning Electron microscope (SEM)* dan *Energy Dispersive X-ray Spektrometer (EDS)* (Sumber : Schroder, D.K.,2005).



Gambar 2.12 Peralatan *Scanning Electron Microscopy (SEM)* dan *Energy Dispersion Spektroskopi (EDS)*. merek JOEL tipe JSM 6360 LA (Sumber: Schoder,D.K, 2005).

BAB 3. METODELOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fisika Bahan Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Jember dan Laboratorium Geologi Pusat Survey Geologi, Bandung. Penelitian ini telah dilakukan pada bulan Februari 2014 sampai dengan September 2015.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. *Spinner* digunakan untuk penumbuhan film tipis ZnO;
- b. *Energi dispersive X-Ray Spectrometer* (EDS) merek JOEL tipe JSM 6360 LA digunakan untuk mengetahui komposisi kimia;
- c. *Scanning Electron Microscopy* (SEM) digunakan untuk mengkarakterisasi struktur morfologi film tipis ZnO;
- d. Tabung reaksi untuk mencampur larutan;
- e. *Beaker glass* digunakan untuk tempat mencuci substrat;
- f. Pipet tetes digunakan untuk meneteskan prekursor ZnO di atas substrat;
- g. Tabung *furnace* digunakan untuk menguapkan larutan dan pendeposisian film tipis;
- h. Pinset untuk mengambil film tipis dari *spinner* / pemanas;
- i. Pisau pemotong untuk memotong substrat sesuai ukuran yang dibutuhkan.

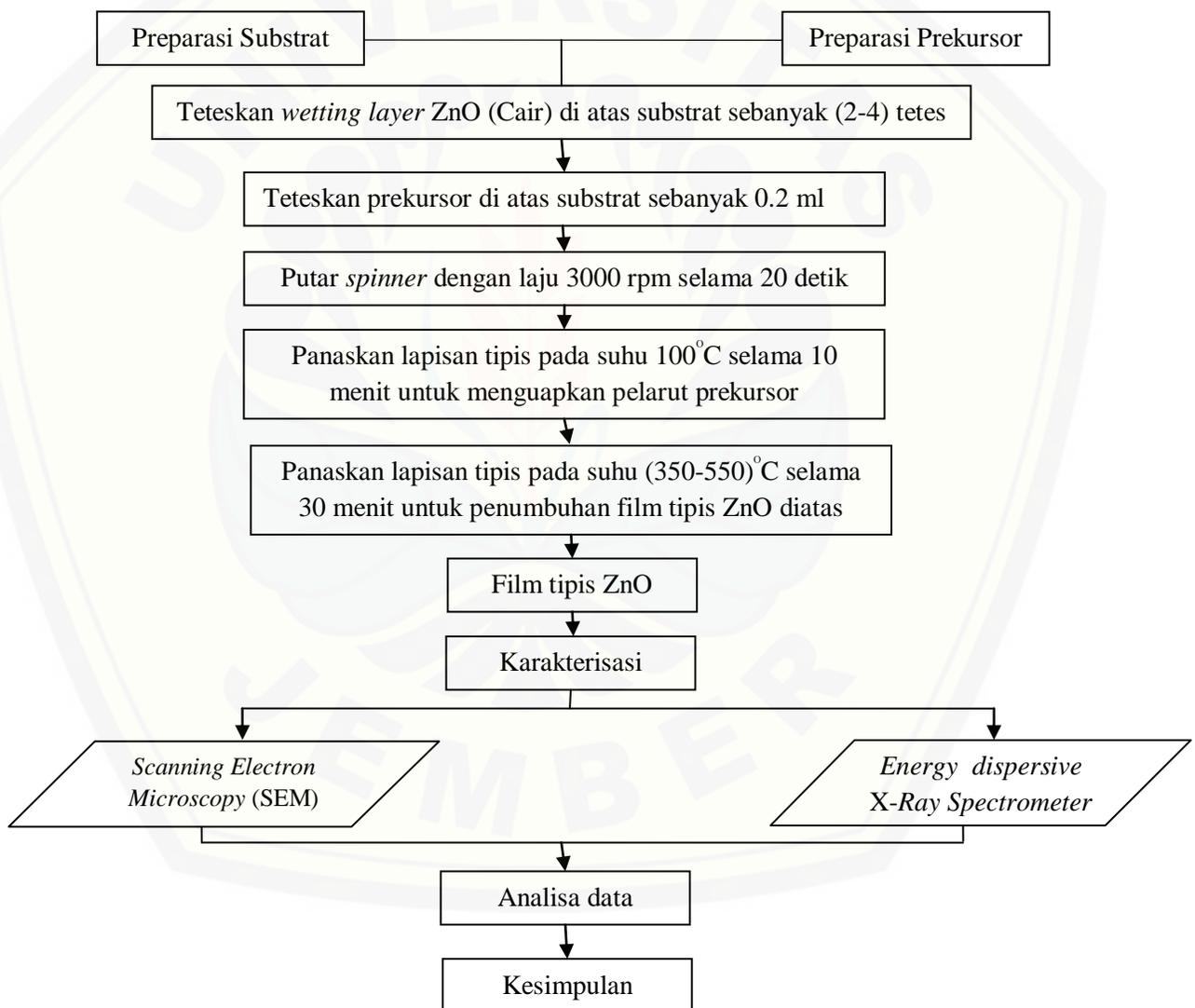
3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. $\text{Zn}(\text{CuH}_{19}\text{O}_{12})_2$ 99% atau serbuk Zinc(TMHD)₂ digunakan sebagai precursor ZnO;
- b. *Tetrahydrofuran* (THF) sebagai pelarut;

- c. *Aceton* digunakan untuk mencuci substrat yang bertujuan menghilangkan bahan minyak atau kotoran yang menempel di atas substrat;
- d. *Methanol* untuk mencuci substrat.;
- e. *De-ionized water* untuk mencuci substrat;
- f. Gas N_2 untuk mengeringkan substrat.

3.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Preparasi Substrat

Pada penelitian ini film tipis ZnO ditumbuhkan pada substrat Si(100). Langkah awal yang harus dilakukan adalah preparasi substrat terlebih dahulu. Substrat sebelum digunakan untuk tempat penumbuhan film tipis, dipotong dengan $(3 \times 3) \text{ cm}^2$, kemudian dicuci dengan menggunakan *acetone* selama 5 menit, selanjutnya substrat tersebut dicuci dengan menggunakan *methanol* selama 5 menit dan yang terakhir dicuci dengan 10% HF yang dicampur dengan *De-ionized water* (DI water) selama 2 menit. Hal ini bertujuan untuk menghilangkan lapisan alami oksida *silica* (SiO_2) yang berada di atas permukaan substrat. Setelah proses pencucian selesai maka substrat dikeringkan dengan menyemprotkan gas nitrogen (N_2).

3.4.2 Preparasi Prekursor

Prekursor yang digunakan dalam proses penumbuhan film tipis ZnO berupa sol-gel. Pertama-tama dilakukan preparasi prekursor untuk membuat gel ZnO dari bahan *Zinc(TMHD)*₂ dalam bentuk serbuk yang dilarutkan dalam larutan *tetrahydrofuran* (THF, $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$) sehingga diperoleh prekursor sol-gel dengan konsentrasi 0,1 mol per liter.

3.4.3 Penumbuhan Film Tipis ZnO

Hal pertama yang harus dilakukan pada tahap penumbuhan film tipis ZnO adalah mempersiapkan *spinner* yaitu dengan mengecek *spinner* yang akan digunakan dalam keadaan baik atau tidak serta mengecek aliran listrik yang akan digunakan. Selanjutnya substrat ditempelkan di atas piringan *spinner* kemudian ditetesi dengan ZnO (cair) sebagai *wetting layer*. Hal tersebut bertujuan untuk mengurangi adanya ketidaksesuaian kisi antara film tipis dengan substrat Si(100). Langkah selanjutnya, prekursor sol-gel dengan konsentrasi 0,1 M ditetaskan di atas permukaan substrat sebanyak 0.2 ml yang sebelumnya telah diberi lapisan *wetting layer ZnO*, kemudian *spinner* diputar dengan laju 3000 rpm selama 20 detik. Selanjutnya lapisan tipis yang dihasilkan dikeringkan dengan menggunakan *furnace* pada suhu 100°C selama 10