

**ABSTRAK DAN EXECUTIVE SUMMARY  
PROGRAM PENELITIAN HIBAH BERSAING**



**Rancang Bangun Sensor Gas CO  
Berbasis Zinc Oxide Nanokristal**

**Tahun ke-1 dari rencana 2 tahun**

Oleh:

**Dr. Edy Supriyanto, S.Si., M.Si(Ketua Peneliti)/NIDN:0015126704**

**Ir. I.Dewa Putu Hermida, MT(Anggota)/NIP: 196605111994031003**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**Desember 2013**

## Rancang Bangun Sensor Gas CO Berbasis Zinc Oxide Nanokristal

Peneliti: Edy Supriyanto<sup>1</sup>, I.Dewa Putu Hermida<sup>2</sup>

Mahasiswa terlihat: Izzatun Naimah( NIM : 091810201043)

Sumber Dana : DIPA- Unuiversitas Jember

1. Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Jember
2. Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi (PPET) -LIPI

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun sensor gas CO yang berbasis *Zinc Oxide* nanokristal. Prekursor yang digunakan adalah *Bis (2,2,6,6-tetramethyl-3, 5-heptanedionato) Zinc*, 99%,  $Zn(C_{11}H_{19}O_2)_2$  berbentuk serbuk , sebagai pelarut digunakan THF ( $OC_4H_8$ ). Pada tahapan ini telah berhasil ditumbuhkan film tipis ZnO yang ditumbuhkan diatas substrat Si(100) bersifat polikristal, butiran penyusun film berorde nanometer. Selama proses deposisi digunakan *wetting layer*. *Wetting layer* digunakan untuk meminimal besarnya *lattice mismatch* antara film tipis dengan substrat. Besarnya *lattice mismatch* antara film tipis ZnO dengan substrat Si(100) adalah sebesar 39%. Pada tahapan berikutnya pada tahun pertama ini akan dilakukan lagi optimasi penumbuhan film tipis ZnO dengan menggunakan *wetting layer* dan optimasi lamanya *annealing* sehingga dihasilkan film tipis ZnO yang *epitaxy*, berorde nanometer. Kondisi optimum tersebut digunakan untuk melakukan rekayasa terhadap film tipis ZnO melalui pendadahan dengan unsur elemen Au. Kondisi penumbuhan, konsentrasi precursor dan pelarut dijadikan sebagai acuan dalam memperoleh film tipis ZnO nanokristal yang berkualitas baik yang dapat diaplikasikan sebagai sensor gas CO.

Untuk mengetahui sifat film beberapa teknik pengujian dilakukan, seperti: struktur kristal menggunakan *X-Ray diffractometer* (XRD), komposisi kimia dengan *Energy Dispersion Spectroscopy* (EDS), citra permukaan dan penampang film tipis memakai *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan uji transport listrik dengan menggunakan teknik empat titik metode *van der Paw*.

**Kata Kunci:** film tipis , *lattice mismatch*, nanokristal, ZnO, *wetting layer*

**Executive Summary**  
**Rancang Bangun Sensor Gas CO Berbasis Zinc Oxide Nanokristal**

Peneliti : Edy Supriyanto<sup>1</sup>, I.Dewa Putu Hermida<sup>2</sup>

Mahasiswa terlihat : Izzatun Naimah

Sumber Dana : DIPA- Unuiversitas Jember

Kontak email : edysupriyantounej@gmail.com

Diseminasi : belum ada

3. Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Jember

4. Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi (PPET) -LIPI

**Latar Belakang**

Kondisi lingkungan kita saat ini banyak mengalami perubahan yang cukup ekstrim akibat dari meningkatnya konsentrasi gas-gas buangan (emisi gas) yang berbahaya bagi kesehatan makhluk hidup. Hal ini merupakan masalah global yang dialami oleh hampir seluruh kota besar di dunia. Di Indonesia, mayoritas pencemaran udara disebabkan oleh emisi kendaraan bermotor, dimana zat-zat berbahaya seperti timbal (Pb), oksida nitrogen (NO<sub>x</sub>), karbon monoksida (CO), hidrokarbon, dan *suspended particulate matter* (SPM) yang dikeluarkan dapat mencapai kurang lebih 70% dari keseluruhan pencemaran udara ([http://www.walhi.or.id/kampanye/cemar/udara/penc\\_udara\\_info\\_020604/](http://www.walhi.or.id/kampanye/cemar/udara/penc_udara_info_020604/)). Gas CO merupakan gas yang tidak memiliki aroma khusus. Senyawa CO dapat bereaksi dengan haemoglobin darah membentuk karboksi haemoglobin (Hb-CO) yang tidak bisa mengangkut oksigen dalam sirkulasi darah. Kemampuan CO dalam mengikat Hb ternyata 210 kali lebih kuat di bandingkan oksigen, sehingga oksigen kalah bersaing. Seseorang yang teracuni gas CO akan mengalami gejala sakit kepala, gangguan metal, pusing, mual, muntah, kehilangan kontrol otot, diikuti dengan penurunan denyut nadi dan frekuensi pernapasan pingsan dan bahkan meninggal.

Mengingat bahaya yang dapat ditimbulkan, maka pengendalian pencemaran udara merupakan hal penting yang harus mendapat perhatian dari semua pihak, baik pemerintah maupun masyarakat. Pengendalian pencemaran udara mencakup dua hal pokok, yaitu penanggulangan penyebab pencemaran udara dan monitoring

pencemaran udara. Penanggulangan pencemaran udara dapat dilakukan dengan berbagai upaya seperti perbaikan sistem transportasi menggunakan kendaraan bermotor yang ramah lingkungan, memakai bahan bakar (bensin) tanpa timbal, serta penegakan hukum bagi industri pencemar.

Banyaknya penelitian dalam bidang sensor gas didorong oleh meningkatnya kebutuhan manusia akan hidup yang sehat, aman, hemat energi, ramah lingkungan. Sensor gas yang umumnya digunakan sampai saat ini adalah berbasis SnO<sub>2</sub>, dari hasil penelitian menunjukkan sifatnya yang tidak sensitif dan tidak stabil jika dibandingkan dengan material ZnO. Maka pada dekade terakhir ini *Zinc* Oksida (ZnO) telah secara intensif diteliti untuk diaplikasikan sebagai material sensor di dalam industri, seperti monitoring keadaan lingkungan sekitar, instrumen biomedikal dan sistem *healthcare* (Kuang, dkk., 2008). ZnO potensial digunakan sebagai sensor gas karena besarnya energi *band gap* sekitar 3,37 eV (*direct band gap*) pada temperatur ruang, bersifat mekanik yang tinggi dan kestabilan termal yang tinggi (Hsueh, dkk., 2008, Kamarudin, 2011). Film tipis ZnO telah ditumbuhkan dengan menggunakan beberapa teknik meliputi: *Physical Vapor Deposition* (PVD) (Zhang, et.al., 2006), *Chemical Vapor Deposition* (CVD) (Purica, dkk, 2002) dan sol-gel (Smirnov, et.al.,2010, Sahoo, et.al., 2010, Ratkovich, 2009).

Sensor pada umumnya berbentuk film tipis atau film tebal (*thick films*). Keuntungan utama pemakaian sensor berbasis film tipis adalah ukuran yang kecil, konstruksi yang sederhana, biaya rendah, ringan dan konsumsi daya yang rendah. Namun demikian perlu dilakukan suatu usaha peningkatan unjuk kerja divais sensor seperti range temperatur operasi yang lebar, kestabilan yang tinggi, akurasi pengukuran, biaya rendah, konsentrasi gas terdeteksi yang tinggi dan reproduksibel (Kozłowska, dkk., 2005). Sensitivitas sensor gas ZnO dapat ditingkatkan dengan pemberian doping berupa bahan katalis logam seperti Au, Pt dan Pd (Zeng, dkk., 2009)

Berdasarkan uraian diatas maka pada penelitian ini akan dilakukan rancang bangun sensor gas CO dengan menggunakan film tipis ZnO. Pertama-tama ditumbuhkan film tipis ZnO yang bersifat baik (strukturnya nanokristal, butiran penyusun film tipis tumbuh secara epitaxy dan bersifat seragam) kemudian dilanjutkan dengan rekayasa material ZnO yang didadah dengan logam katalis Au,

bertujuan untuk meningkatkan sensitivitas dan kestabilan dari divais sensor gas CO. Bahan prekursor yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Bis (2,2,6,6-tetramethyl-3, 5-heptanedionato) Zinc*, 99%,  $Zn(C_{11}H_{19}O_2)_2$  berbentuk serbuk pada temperatur ruang dengan titik leleh  $230^{\circ}C$  (*Sigma Aldrich Chemical Co., Inc.*), serbuk  $Au_2O_3$ . Serbuk  $Zn(TMHD)_2$  dan  $Au_2O_3$  dicairkan dengan *tetrahydrofuran* (THF) untuk mendapatkan prekursor berbentuk *sol gel* (cairan). THF selain untuk melarutkan digunakan juga untuk menurunkan temperatur deposisi dari bahan ZnO. Teknik penumbuhan yang digunakan adalah *spin-coating*. Bahan-bahan precursor tersebut belum pernah digunakan oleh peneliti sebelumnya.

### **Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini akan difokuskan pada rancang bangun sensor gas CO berbasis ZnO nanokristal. Untuk mencapai tujuan tersebut maka dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menumbuhkan film tipis ZnO yang berkualitas baik ( secara morfologinya film tumbuh secara epitaksi dan kolumnar dalam orde nanometer)
2. Film tipis ZnO yang berkualitas baik tersebut kemudian di doping dengan Au, berguna untuk meningkatkan sensitifitas dan stabilitasnya jika sampel tersebut diaplikasikan sebagai sensor gas CO.
3. Merancang disain *interdigital transducer* (IDT) dengan metode fotolithografi, bertujuan digunakan sebagai elektroda dari divais sensor.
4. Membuat suatu karya ilmiah berupa tulisan ilmiah yang akan dipublikasikan pada jurnal ilmiah, nasional maupun internasional.
5. Menghasilkan suatu produk prototip sensor gas CO yang selanjutnya dapat dipatenkan apabila studi lanjut dapat dihasilkan sensitifitas deteksi gas sangat bagus.

### **METODE PENELITIAN**

Pada penelitian tahun pertama ini telah dilakukan penumbuhan film tipis ZnO di atas substrat Si(100) dengan menggunakan teknik *spin-coating*. Bahan prekursor yang digunakan adalah *Bis (2,2,6,6-tetramethyl-3, 5-heptanedionato) Zinc* ( $Zn(TMHD)_2$ ) dengan tingkat kemurnian 99%.  $Zn(C_{11}H_{19}O_2)_2$  berbentuk serbuk pada

temperatur ruang dengan titik leleh  $230^{\circ}\text{C}$  (*Sigma Aldrich Chemical Co., Inc.*). Serbuk  $(\text{Zn}(\text{TMHD})_3)$  dicairkan dengan *tetrahydrofuran* (THF) sehingga terbentuk prekursor berbentuk sol-gel.

Pertama-tama sebelum dilakukan deposisi film tipis, telah dilakukan uji *Differential Thermal Analysis/ Thermogravimetry Analysis* (DTA/TGA) terhadap precursor untuk mengetahui perubahan energi dan perubahan massa akibat adanya perubahan suhu. Berdasarkan hasil analisis DTA/TGA dapat diketahui transformasi fase dari prekursor sehingga dapat digunakan sebagai acuan pemberian temperature deposisi dari prekursor.

Setelah temperatur leleh dari prekursor diketahui maka dilakukan persiapan penumbuhan film tipis. Berbagai parameter penumbuhan dilibatkan, seperti: teknik pencucian substrat, yang mencakup jenis zat dan konsentrasinya prekursor, kelajuan pemutar substrat, temperatur dan lama pemanasan film serta kondisi lingkungan yang dilibatkan. Parameter-parameter ini dicatat sebagai bagian dari data penelitian.

**Pada tahun I** (Bertujuan menginvestigasi penumbuhan lapisan film tipis ZnO secara epitaksial diatas substrat Si(100)). Tahapan yang dilakukan pada tahun pertama meliputi:

- a) Investigasi DTA/TGA dari  $\text{Zn}(\text{TMHD})_3$  yang dilarutkan ke dalam *tetrahydrofuran* (THF) dengan konsentrasi 0,1 M dan 0,3 M.
- b) Preparasi precursor: *Bis (2,2,6,6-tetramethyl-3, 5-heptanedionato) Zinc* ( $\text{Zn}(\text{TMHD})_2$ ) dilarutkan ke dalam *tetrahydrofuran* (THF) dengan konsentrasi 0,1 M
- c) Preparasi substrat, pencucian substrat merupakan tahapan penting lain yang akan menentukan hasil dari film tipis yang tumbuh diatasnya.
- d) Preparasi alat spin coating meliputi: kecepatan spinner, timer dan pevakuman.
- e) Meneteskan precursor berbentuk sol gel sebanyak 0,2 ml di atas substrat yang telah di cuci secara standar, kemudian spin diputar dengan kecepatan spinner 500 rpm selama 20 detik
- f) Lapisan tipis yang telah terbentuk kemudian di panaskan ke dalam furnace pada temperatur  $100^{\circ}$  selama 10 menit, bertujuan menguapkan larutan

precursor. Proses berikutnya substrat dipanaskan pada temperatur akhir 350<sup>0</sup>C selama 20 menit, merupakan proses deposisi film tipis ZnO diatas Si(100).

- g) Mengulangi langkah (e) untuk kepingan substrat lain (sampel 2). Selanjutnya sampel dimasukkan ke dalam furnace pada temperatur 100<sup>0</sup> selama 10 menit, untuk menguapkan larutan precursor diteruskan pemanasan pada temperatur akhir 400<sup>0</sup>C selama 20 menit, merupakan proses deposisi film tipis ZnO diatas Si(100).
- h) Mengulangi langkah (e) untuk kepingan substrat lain (sampel 3). Selanjutnya sampel dimasukkan ke dalam furnace pada temperatur 100<sup>0</sup> selama 10 menit, untuk menguapkan larutan precursor diteruskan pemanasan pada temperatur akhir 450<sup>0</sup>C selama 20 menit, merupakan proses deposisi film tipis ZnO diatas Si(100).
- i) Mengulangi langkah (e) untuk kepingan substrat lain (sampel 4). Selanjutnya sampel dimasukkan ke dalam furnace pada temperatur 100<sup>0</sup> selama 10 menit, untuk menguapkan larutan precursor diteruskan pemanasan pada temperatur akhir 500<sup>0</sup>C selama 20 menit, merupakan proses deposisi film tipis ZnO diatas Si(100).
- j) Mengulangi langkah (e) untuk kepingan substrat lain (sampel 5). Selanjutnya sampel dimasukkan ke dalam furnace pada temperatur 100<sup>0</sup> selama 10 menit, untuk menguapkan larutan precursor diteruskan pemanasan pada temperatur akhir 550<sup>0</sup>C selama 20 menit, merupakan proses deposisi film tipis ZnO diatas Si(100).
- k) Mengulangi langkah (e) untuk kepingan substrat lain (sampel 6). Selanjutnya sampel dimasukkan ke dalam furnace pada temperatur 100<sup>0</sup> selama 10 menit, untuk menguapkan larutan precursor diteruskan pemanasan pada temperatur akhir 600<sup>0</sup>C selama 20 menit, merupakan proses deposisi film tipis ZnO diatas Si(100).
- l) Mengulangi langkah (b) sampai dengan langkah (k) dengan kecepatan putar spinner 1000 rpm. Diperoleh sampel no 7 sampai dengan no. 12.

- m) Mengulangi langkah (b) sampai dengan langkah (k) dengan kecepatan putar spinner 1500 rpm. Diperoleh sampel no 13 sampai dengan no. 18.
- n) Mengulangi langkah (b) sampai dengan langkah (k) dengan kecepatan putar spinner 2000 rpm. Diperoleh sampel no 19 sampai dengan no. 24.
- o) Mengulangi langkah (b) sampai dengan langkah (k) dengan kecepatan putar spinner 2500 rpm. Diperoleh sampel no 24 sampai dengan no. 30.
- p) Mengulangi langkah (b) sampai dengan langkah (k) dengan kecepatan putar spinner 3000 rpm. Diperoleh sampel no 30 sampai dengan no. 36.
- q) Semua sampel yang diperoleh selanjutnya di karakterisasi struktur kristal dan morfologi film tipis, serta sifat listriknya. Langkah ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui sifat dari film tipis ZnO yang ditumbuhkan di atas substrat Si(100).
- r) Tahap pertama ini diharapkan film tipis ZnO tumbuh secara epitaksial dan tersusun oleh butiran film yang homogen dengan ukuran butiran dalam orde nanometer.
- s) Apabila film tipis ZnO tumbuh tidak bersifat kristaline maka harus diulangi lagi langkah dari (b) sampai dengan langkah (k) dan disesuaikan dengan kecepatan spinner.
- t) Dari penelitian tahun pertama ini akan diperoleh parameter penumbuhan film tipis ZnO optimum yang akan digunakan sebagai parameter acuan pada penelitian tahun kedua.

Parameter penumbuhan yang dilibatkan, seperti: teknik pencucian substrat, kecepatan rotasi spinner, waktu spinner, proses annealing (mencakup: temperatur, lamanya), komposisi precursor. Parameter-parameter ini dicatat sebagai bagian dari data penelitian.

Film tipis yang dihasilkan pada setiap tahapan dikarakterisasi, yang meliputi : *Scanning Electron Microscope* (SEM), *Energi Dispersive Spectroscopy* (EDS) dan pengukuran sifat listrik. Citra SEM digunakan untuk mengamati homogenitas struktur butiran yang tumbuh dan model penumbuhan serta ketebalan film. Pola EDS digunakan untuk mengetahui persentasi fase-fase atom penyusun film, termasuk fase pengotor.

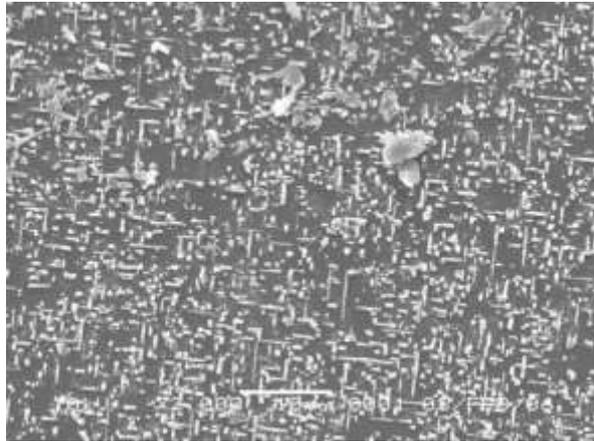
## HASIL YANG DICAPAI

**Penelitian ini merupakan tahun pertama dari tiga tahun yang diusulkan.**

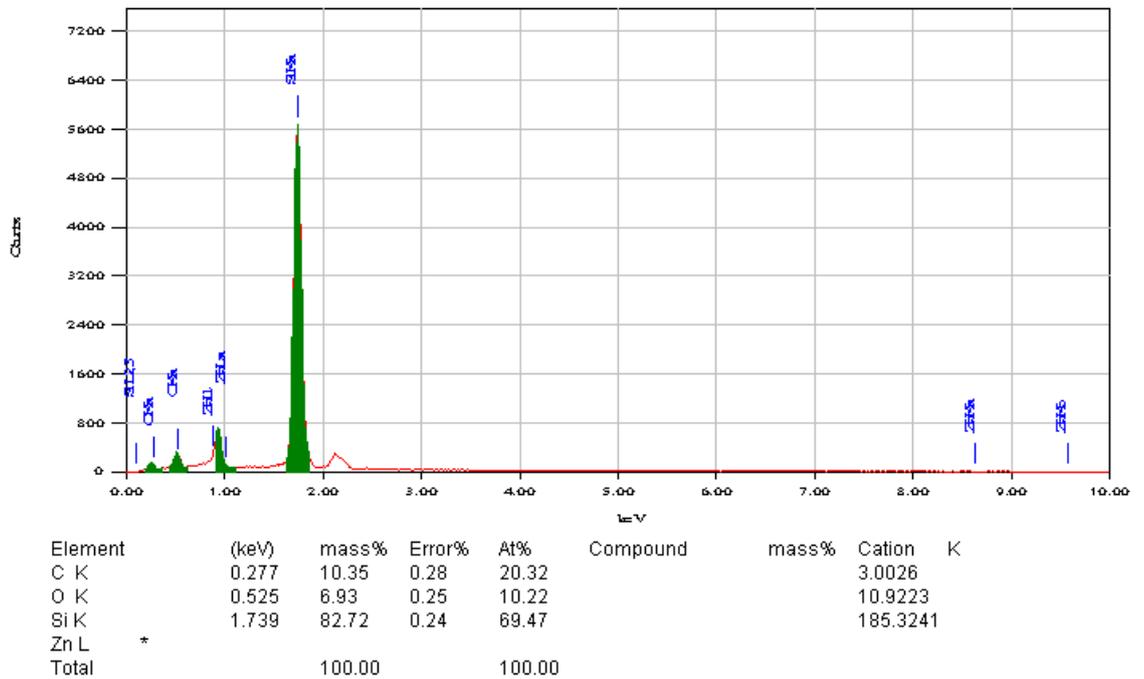
- **Penumbuhan film tipis ZnO di atas substrat Si(100)**

Film tipis ZnO ditumbuhkan di atas substrat Si(100) dengan menggunakan teknik *spin-coating*. Untuk mendeposisi lapisan tipis bahan semikonduktor dengan teknik *spincoating*, perlu dilakukan tiga tahapan kerja yaitu tahap preparasi substrat, preparasi *precursor* dilanjutkan tahap pelapisan substrat dengan metode *spin-coating* diteruskan tahap pasca pelapisan yaitu proses penguapan pelarut dan proses deposisi. Substrat Si(100) sebelum digunakan dibersihkan terlebih dahulu melalui proses pencucian *acetone* selama 5 menit, kemudian dengan *methanol* selama 5 menit dan diakhiri dengan 10% HF dicampur dengan *de-ionized water* (DI water) selama 2 menit untuk menghilangkan lapisan alami SiO<sub>2</sub> dari permukaan substrat dan diakhiri dengan proses pengeringan dengan cara disemprot dengan gas N<sub>2</sub>. Proses preparasi *precursor* dilakukan dengan cara melarutkan *Bis (2,2,6,6-tetramethyl-3, 5-heptanedionato) Zinc, 70%, Zn(C<sub>11</sub>H<sub>19</sub>O<sub>2</sub>)<sub>2</sub>* yang berbentuk serbuk pada temperatur ruang dengan titik leleh 230<sup>0</sup>C (*Sigma Aldrich Chemical Co., Inc.*) ke dalam pelarut *tetrahydrofuran* (THF) dengan konsentrasi 0,1 M. Prekursor berbentuk solgel kemudian di teteskan diatas substrat Si(100) yang telah di tempelkan pada alat spinner (*spincoating*). Kemudian laju spiner diatur. Laju spiner yang digunakan dalam percobaan ini berkisar pada (1500-3000) rpm selama 20 detik. Makin tinggi laju rotasi *spiner* maka lapisan yang terbentuk akan semakin tipis. Setelah proses penumbuhan lapisan selesai maka proses berikutnya adalah proses penguapan pelarut, sehingga yang tertinggal di atas substrat adalah hamparan tipis bahan semikonduktor tersebut. Proses penguapan pelarut dilakukan dengan memanaskan substrat menggunakan furnace dengan temperatur pemanasan sekitar 100<sup>0</sup>C. Tahapan akhir dari proses ini adalah pemanasan pada temperatur tinggi sekitar (350<sup>0</sup>C - 800<sup>0</sup>C) menggunakan furnace. Tahap ini dilakukan untuk proses kristalisasi bahan semikonduktor dan pelekatan pada permukaan substrat. Dengan berakhirnya tahap ini maka sampel lapisan tipis ZnO telah terbentuk dan siap untuk dikarakterisasi guna mengetahui sifat-sifat fisisnya.

Gambar (1) memperlihatkan citra SEM morfologi permukaan dari film tipis ZnO yang dipanaskan dalam furnace pada temperatur 350<sup>0</sup>C. Dari morfologi diperoleh informasi bahwa film tipis ZnO belum tumbuh diatas Si(100). Hal ini sesuai dengan data EDS (gambar 2). Dari hasil



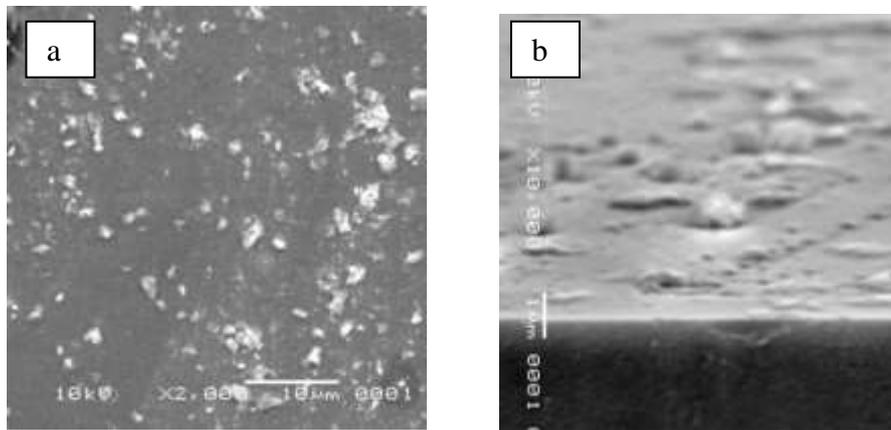
**Gambar 1** Citra SEM morfologi permukaan dari film tipis ZnO yang dideposisikan pada temperatur 350<sup>0</sup>C



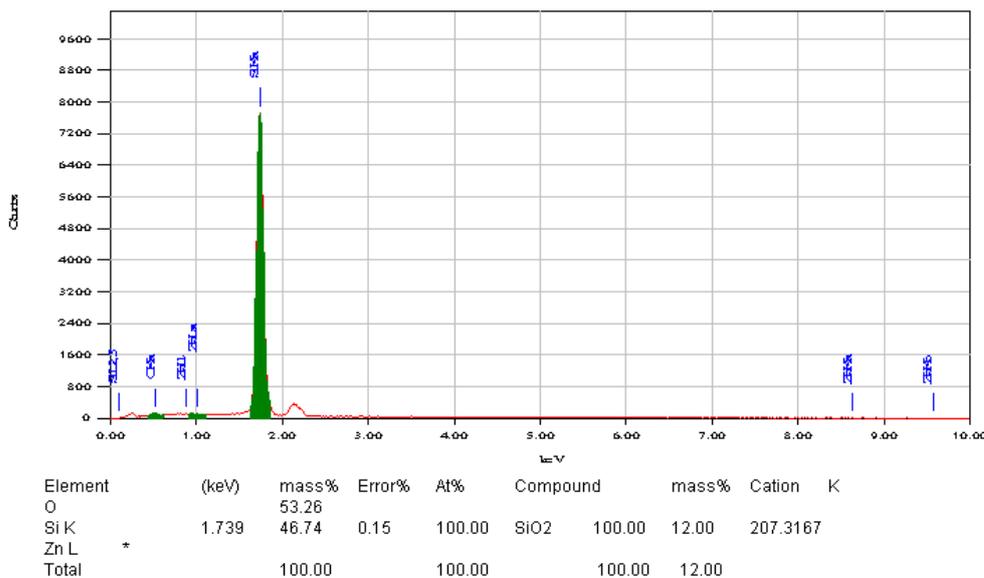
**Gambar 2** Analisis EDS dari film tipis ZnO yang dideposisikan pada temperatur 350<sup>0</sup>C

karakterisasi EDS terlihat bahwa ZnO belum tumbuh, karena persentasi atom penyusun film tipis tidak ada. Hal ini terjadi disebabkan temperatur annealing/pemanasan terakhir yang diberikan tidak sesuai dengan titik leleh dari precursor, sehingga butir-butiran atom tidak dapat tumbuh diatas substrat silikon.

Pada gambar (3a) diperlihatkan citra SEM dari morfologi permukaan film tipis ZnO dan (3b) citra SEM dari penampang lintang dari film tipis ZnO yang dideposisikan pada temperatur 400°C. Berdasarkan informasi karakteristik EDS (gambar 45.) pada temperatur 400°C film tipis ZnO belum tumbuh di atas Si(100). Persentasi atom penyusun film tipis terdiri Si sebesar 46,74% dan O sebesar 53,26%, atom ZnO tidak ada.



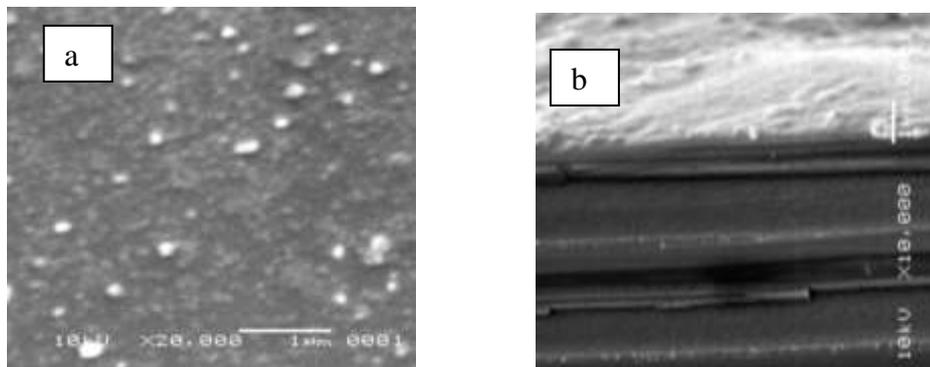
**Gambar 3** Citra SEM (a) morfologi permukaan (b) penampang lintang dari film tipis ZnO yang dideposisikan pada temperatur 400°C



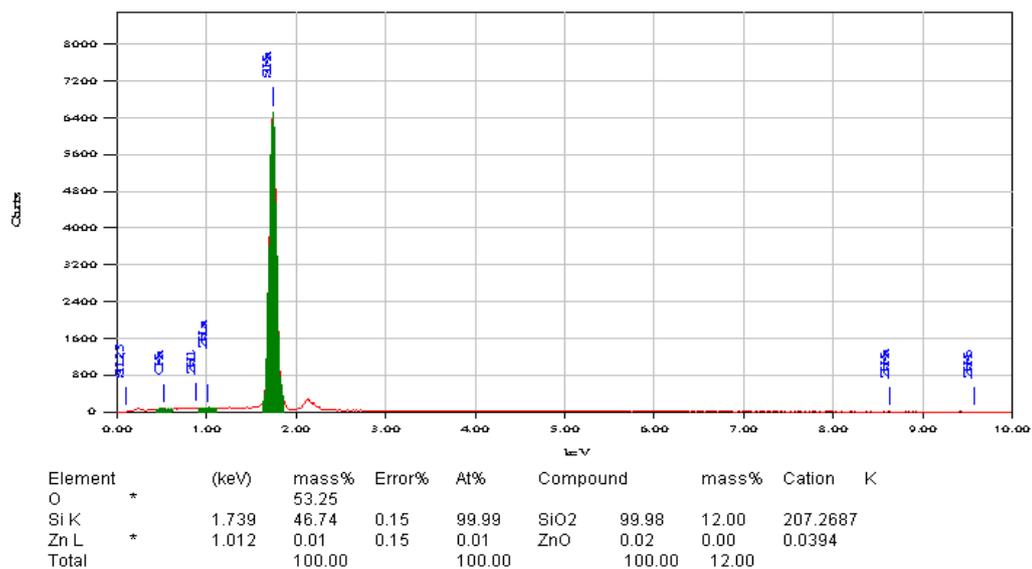
**Gambar 4** Analisis EDS dari film tipis ZnO yang dideposisikan pada temperatur 400°C

Pada temperatur annealing/pemanasan terakhir sebesar  $400^{\circ}\text{C}$  ternyata atom-atom penyusun film tipis belum dapat tumbuh diatas substrat silicon sehingga struktur film tipis bersifat amorf. Dengan kata lain temperaatur sebesar  $400^{\circ}\text{C}$  belum merupakan titik leleh dari atom-atom precursor.

Pada gambar (5a) diperlihatkan citra SEM dari morfologi permukaan film tipis ZnO dan (5b) citra SEM dari penampang lintang dari film tipis ZnO yang dideposisikan pada temperatur  $450^{\circ}\text{C}$ . Berdasarkan informasi karakteristik EDS (gambar 6) pada temperatur  $450^{\circ}\text{C}$  film tipis ZnO belum tumbuh di atas Si(100). Persentasi atom penyusun film tipis terdiri atas Si sebesar 46,74% , O sebesar 53,25% dan Zn sebesar 0,01% .

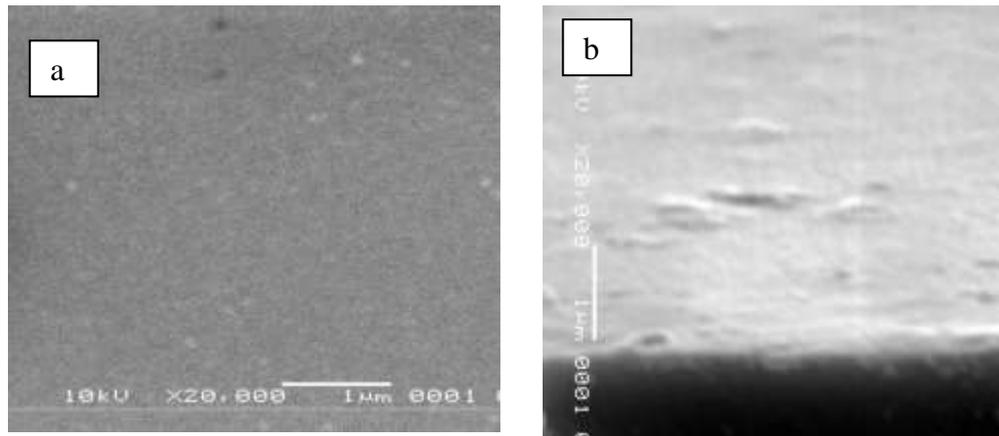


**Gambar 5** Citra SEM (a) morfologi permukaan (b) penampang lintang dari film tipis ZnO yang dideposisikan pada temperatur  $450^{\circ}\text{C}$

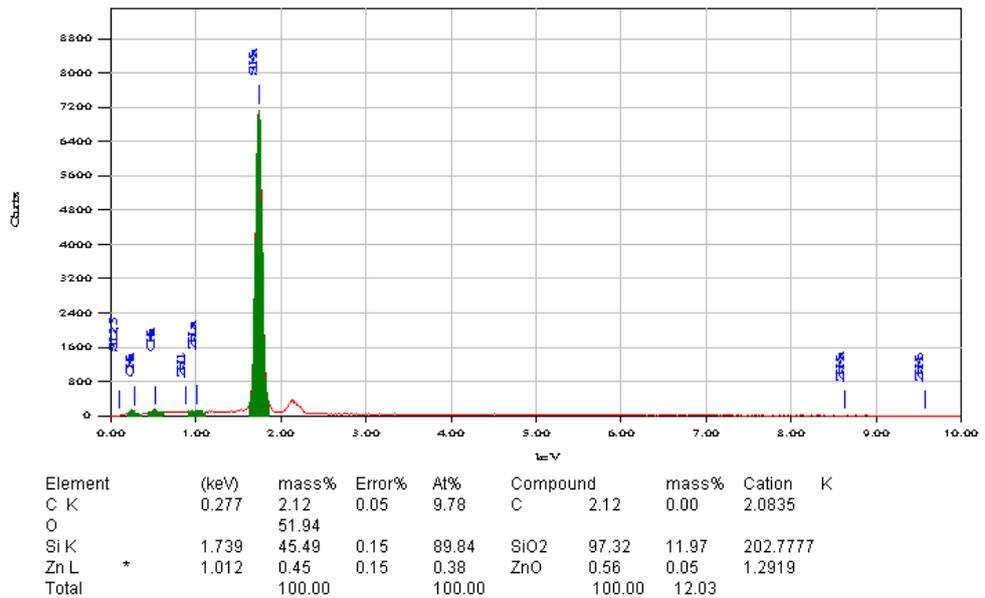


**Gambar 6.** Analisis EDS dari film tipis ZnO yang dideposisikan pada temperatur  $450^{\circ}\text{C}$

Pada gambar (7a) ditunjukkan citra SEM dari morfologi permukaan film tipis ZnO dan (7b) citra SEM dari penampang lintang dari film tipis ZnO yang dideposisikan pada temperatur 500<sup>0</sup>C. Berdasarkan hasil karakteristik EDS terlihat persentasi atom penyusun film tipis yaitu ZnO = 0,56 % , SiO<sub>2</sub> = 07,32 dan C = 2,12%. Hasil EDS (gambar 5.8) memperlihatkan bahwa SiO<sub>2</sub> pada di permukaan substrat Si, disebabkan oleh pencucian yang tidak sempurna sehingga timbul oksidasi di atas substrat Si.

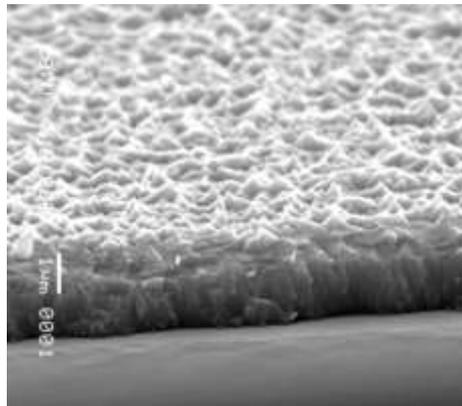


**Gambar 7.** Citra SEM (a) morfologi permukaan (b) penampang lintang dari film tipis ZnO yang dideposisikan pada temperatur 500<sup>0</sup>C

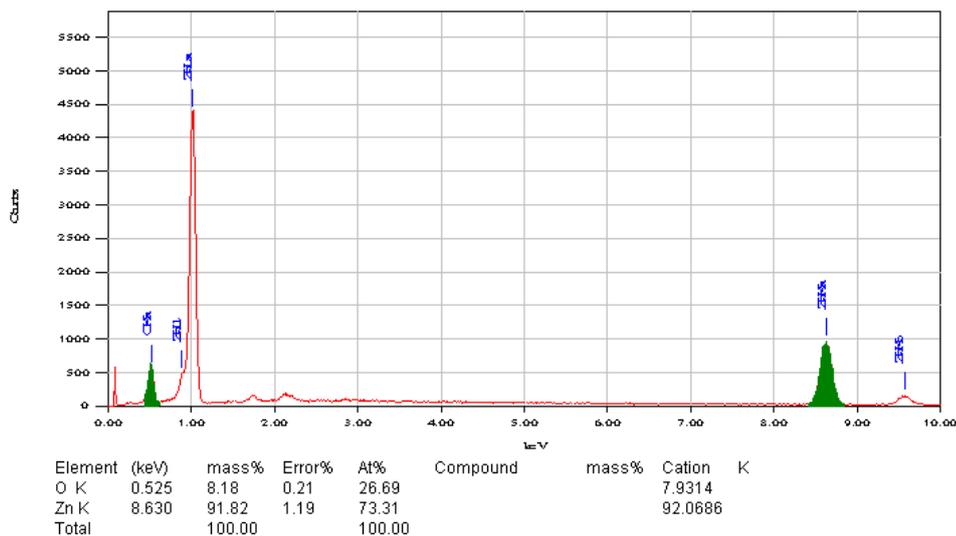


**Gambar 8.** Analisis EDS dari film tipis ZnO yang dideposisikan pada temperatur 500<sup>0</sup>C

Pada gambar (9) diperlihatkan citra SEM morfologi permukaan dan tampak lintang film tipis ZnO yang dideposisikan pada temperatur 450<sup>0</sup>C. Dibandingkan dengan gambar (5) maka terdapat perbaikan dalam struktur Kristal film tipis ZnO. Hal ini terjadi karena dalam proses penumbuhan film tipis ZnO ini telah dilakukan pemakaian wetting layer, sehingga *lattice mismatch* (ketidaksesuaian) antara film tipis dengan substrat dapat diminimal. Besarnya *lattice mismatch* (ketidaksesuaian) antara film tipis ZnO dengan substrat Si(100) adalah 39% (Kim, 2011).

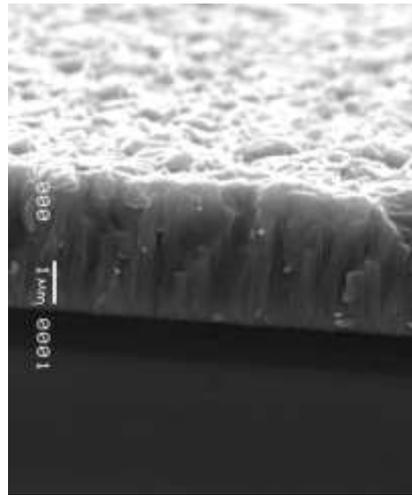


**Gambar 9.** Citra SEM (a) morfologi permukaan dan penampang lintang dari film tipis ZnO yang dideposisikan pada temperatur 450<sup>0</sup>C dengan menggunakan *wetting layer*

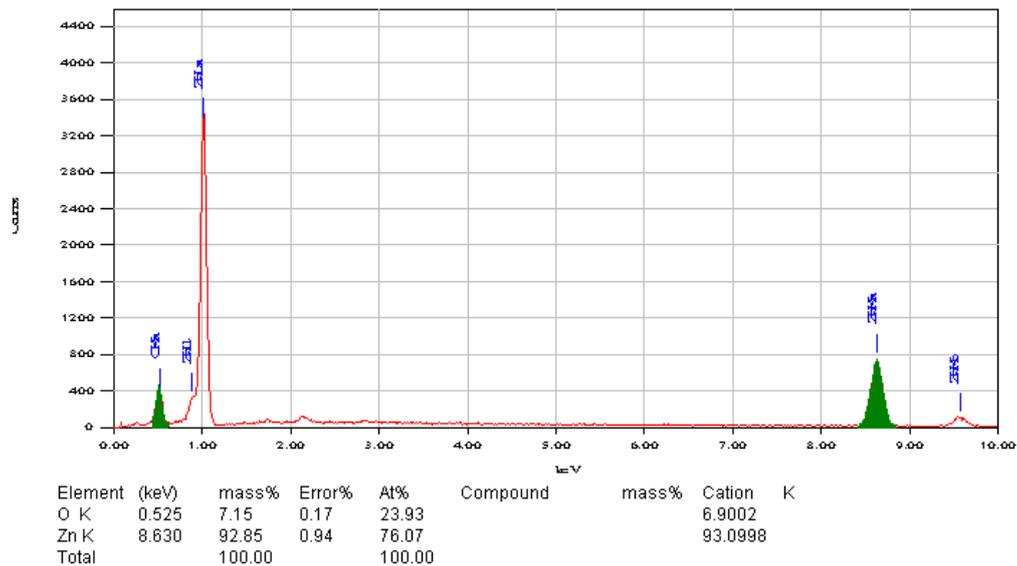


**Gambar 10** Analisis EDS dari film tipis ZnO yang dideposisikan pada temperatur 450<sup>0</sup>C dengan menggunakan *wetting layer*

Sedangkan dari data EDS nampak adanya perubahan jumlah atom persen Zn dan O yang cukup signifikan dibandingkan dengan data EDS gambar (6) . Butiran atom penyusun film tipis ZnO yang tumbuh di atas substrat berorientasi lebih dari satu arah sehingga disebut polikristal. Sehingga film tipis ZnO yang tumbuh bersifat polikristal. Ukuran butiran penyusun film tipis dalam range nanometer.



**Gambar 11.** Citra SEM (a) morfologi permukaan dan penampang lintang dari film tipis ZnO yang dideposisikan pada temperatur  $500^{\circ}\text{C}$  dengan menggunakan *wetting layer*



**Gambar 12** Analisis EDS dari film tipis ZnO yang dideposisikan pada temperatur  $500^{\circ}\text{C}$  dengan menggunakan *wetting layer*

Untuk film tipis ZnO yang dideposisikan pada temperatur  $500^{\circ}\text{C}$  ditunjukkan pada gambar (11). Dibandingkan dengan gambar (7) maka terdapat perbaikan dalam struktur kristal film tipis ZnO yang terdeposisi. Hal ini terjadi karena dalam proses penumbuhan film tipis ZnO ini telah dilakukan pemakaian *wetting layer*, sehingga *lattice mismatch* (ketidaksesuaian) antara film tipis dengan substrat dapat diminimal. Ukuran butiran penyusun film tipis dalam orde nanometer. Pada gambar (12) diperlihatkan data EDS yang menyatakan bahwa atom persen penyusun film tipis ZnO mengalami perubahan yang signifikan dibandingkan dengan data EDS gambar (8).

### **KESIMPULAN**

- a. Pemakaian *wetting layer* dapat meminimalkan besarnya *lattice mismatch* antara film tipis ZnO dengan substrat Si(100).
- b. Pada penelitian sampai tahap ini telah diperoleh film tipis ZnO yang bersifat polikristal. Ukuran butiran penyusun film tipis dalam orde nanometer yang dapat diaplikasikan sebagai sensor Gas CO.