

## SIFAT OPTIK FILM ZnO NANOKRISTAL YANG DITUMBUHKAN DENGAN METODE *CHEMICAL BATH DEPOSITION* (CBD)

Akhiruddin Maddu, Ujang Sudrajat, Mersi Kurniati

Departemen Fisika, FMIPA Institut Pertanian Bogor

Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

[akhirmaddu@hotmail.com](mailto:akhirmaddu@hotmail.com)

### ABSTRAK

Telah dibuat film-film ZnO nanokristal dengan metode *chemical bath deposition* (CBD). Tiga buah film ZnO dihasilkan dengan waktu deposisi berbeda, yaitu 3 jam, 5 jam dan 7 jam. Struktur dan sifat optik film-film ZnO yang dihasilkan dipelajari. Berdasarkan analisis difraksi sinar-X, film-film ZnO memiliki struktur *wurtzite* heksagonal. Ukuran kristal diperoleh dari pelebaran puncak difraksi sinar-X, masing-masing adalah 4,64 nm untuk film ZnO yang dideposisi selama 5 jam dan 9,30 nm untuk film ZnO yang dideposisi selama 7 jam. Hasil uji sifat optik memperlihatkan bahwa film-film ZnO menyerap dengan kuat spektrum UV ( $400 \text{ nm} < \lambda$ ) dengan puncak absorpsi sekitar 360 nm yang meningkat seiring lama waktu deposisi. Indeks bias film ZnO meningkat seiring lama waktu deposisi. Nilai celah energi ( $E_g$ ) ditentukan dari *plot Touc* berdasarkan spektrum absorbansinya, diperoleh nilai  $E_g$  film-film ZnO masing-masing adalah 3,15 eV untuk film yang dideposisi selama 3 jam; 3,10 eV untuk film yang dideposisi selama 5 jam; dan 3,00 eV untuk film yang dideposisi 7 jam.

**Kata Kunci:** ZnO, nanokristal, *chemical bath deposition*, celah energi ( $E_g$ )

### 1 PENDAHULUAN

Saat ini pengembangan material nanostruktur atau nanomaterial mendapat perhatian yang sangat besar, karena sifat fisika dan kimianya yang unik begitupun aplikasi industrinya yang sangat menjanjikan. Diantara nanomaterial yang banyak dikembangkan saat ini adalah nanostruktur ZnO yang memiliki banyak sifat unik dan menarik [1,2]. ZnO adalah bahan semikonduktor senyawa II-VI dengan celah pita langsung yang lebar, sekitar 3,3 eV pada suhu ruang [3,4]. Struktur kristal paling menonjol dari ZnO adalah tipe *wurtzite* (heksagonal), namun juga ada yang berstruktur *zinblend* (kubik) dan *rocksalt*. Pada tipe *wurtzite* dengan struktur kisi kristal heksagonal memiliki parameter kisi,  $a = 3,24 \text{ \AA}$  dan  $c = 5,16 \text{ \AA}$  [2].

ZnO memiliki banyak sifat yang sangat berguna, seperti absorpsi dan emisi optik [3,5], konduktivitas listrik [6], fotokatalitik [7] dan sensitivitas gas [8]. Oleh karena itu banyak usaha difokuskan pada mekanisme atau proses sintesis semikonduktor ZnO. Karena

Mula-mula film  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  ditumbuhkan pada substrat kaca *slide* mikroskop, kemudian dipanaskan untuk mentransformasi  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  menjadi  $\text{ZnO}$  dengan menguapkan  $\text{H}_2\text{O}$ . Substrat ditempatkan secara vertikal pada dinding sebelah dalam wadah (*bath*) deposisi, yang berisi larutan yang mengandung ion-ion  $\text{Zn}^{2+}$  dan  $\text{O}^{2-}$ . Wadah deposisi diletakkan di atas pelat panas yang dilengkapi pengaduk magnetik, kemudian diaduk dengan kecepatan 300 rpm sambil dipanaskan. Kondisi deposisi dikontrol, dalam hal ini suhu dan waktu deposisi. Suhu deposisi dikontrol pada pelat pemanas yang dapat diatur, yaitu pada  $70^\circ\text{C}$ . Waktu deposisi ditetapkan 3 jam, 5 jam dan 7 jam. Ketiga sampel film  $\text{ZnO}$  dipanaskan di dalam *furnace* pada suhu  $325^\circ\text{C}$  selama 1 jam untuk mentransformasi fasa  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  menjadi fasa  $\text{ZnO}$ .

Struktur kristal film-film  $\text{ZnO}$  dianalisis dengan difraksi sinar-X (XRD). Pola difraksi XRD memberikan informasi tentang orientasi dan fasa kristal serta ukuran kristal  $\text{ZnO}$ . Sifat optik film  $\text{ZnO}$  dipelajari dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis yang memberikan informasi tentang karakteristik absorpsi optik film  $\text{ZnO}$ . Berdasarkan karakteristik absorpsi tersebut dapat ditentukan nilai indeks bias dan nilai energi celah pita optik ( $E_g$ ) film  $\text{ZnO}$ .

## 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Struktur Film $\text{ZnO}$

Penumbuhan film  $\text{ZnO}$  pada substrat kaca dilakukan dengan metode *chemical bath deposition* (CBD). Tiga sampel film  $\text{ZnO}$  dihasilkan dengan waktu deposisi berbeda, yaitu 3 jam, 5 jam dan 7 jam. Struktur kristal  $\text{ZnO}$  dianalisis dengan difraksi sinar-X yang dipayar pada rentang sudut  $2\theta$  dari  $20^\circ$  hingga  $80^\circ$  menggunakan sumber  $\text{CuK}\alpha$  dengan panjang gelombang ( $\lambda$ ) =  $1.54056 \text{ \AA}$ .

Hanya dua sampel film  $\text{ZnO}$  yang dianalisis XRD, yaitu film yang dideposisi selama 5 jam dan 7 jam. Ada perbedaan nyata pada pola difraksi kedua sampel, film  $\text{ZnO}$  yang dideposisi selama 5 jam pada suhu  $70^\circ\text{C}$  diperoleh hanya dua puncak nyata, berturut-turut pada  $31,73$  dan  $36,29$  yang besesuaian dengan bidang difraksi (111) dan (101). Tidak tampak puncak difraksi dari bidang difraksi (002). Berbeda dengan pola difraksi sampel film  $\text{ZnO}$  yang dideposisi selama 7 jam, dimana puncak difraksi dari bidang (002) muncul pada sudut ( $\theta$ )  $34,45$ . Puncak bidang difraksi (100) dan (101) juga muncul dengan jelas, masing-masing pada  $31,81$  dan  $36,21$ , bahkan puncak lain juga muncul yaitu bidang difraksi (100) pada sudut  $56,53$ . Namun demikian, kedua sampel disimpulkan memiliki struktur *wurtzite* heksagonal.

$$\sigma = \frac{0.9\lambda}{B.\cos\theta} \quad (1)$$

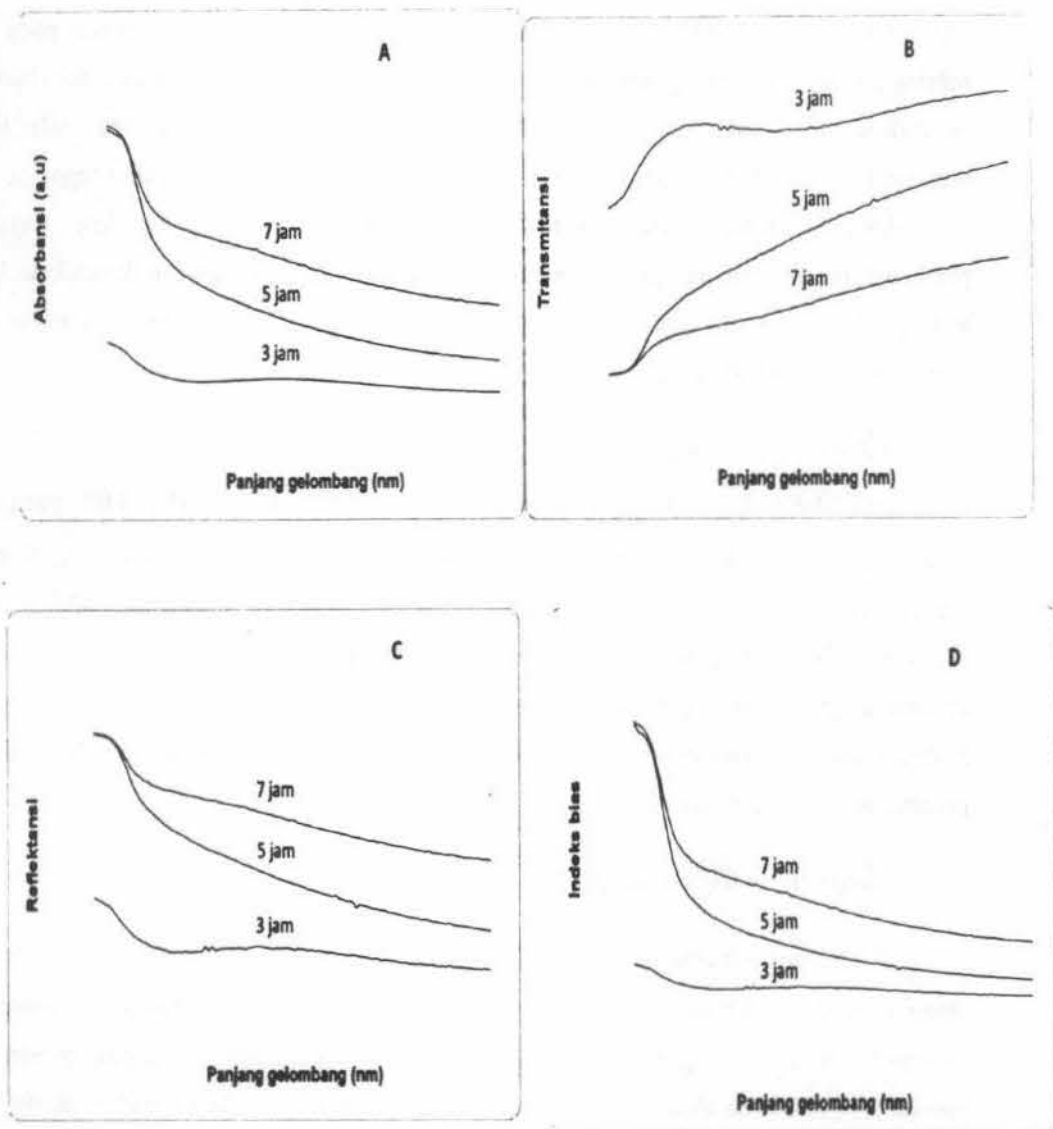
dengan  $\lambda$  adalah panjang gelombang sinar-X (sumber Cu),  $\sigma$  adalah ukuran kristal,  $\theta$  adalah sudut difraksi dan  $B$  adalah nilai FWHM setiap puncak. Hasil perhitungan ukuran kristal untuk film ZnO yang deposisi selama 5 jam adalah sekitar 11,50 nm, dan untuk film ZnO yang dideposisi 7 jam adalah 11,30 nm.

### 3.2 Sifat Optik Film ZnO

Sifat optik film ZnO diuji menggunakan Spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui karakteristik transmitansi dan absorbansi dalam rentang spektrum UV-Vis. Dari karakteristik absorbansi dan transmitansi dapat ditentukan sifat optik lain, yaitu indeks bias dan nilai energi celah pita optik. Gambar 3 memperlihatkan spektra absorbansi, transmitansi, reflektansi dan indeks bias film ZnO dengan waktu deposisi berbeda. Gambar 3a memperlihatkan bahwa film ZnO memiliki pita absorpsi pada daerah ultra-violet (UV), sedangkan Gambar 3b memperlihatkan film ZnO mentransmisikan seluruh spektrum tampak dan sedikit spektrum UV. Tepi pita absorpsi (absorption edge) berada di daerah UV, yaitu sekitar panjang gelombang 380 nm yang mengindikasikan film-film ZnO memiliki celah pita energi yang lebar.

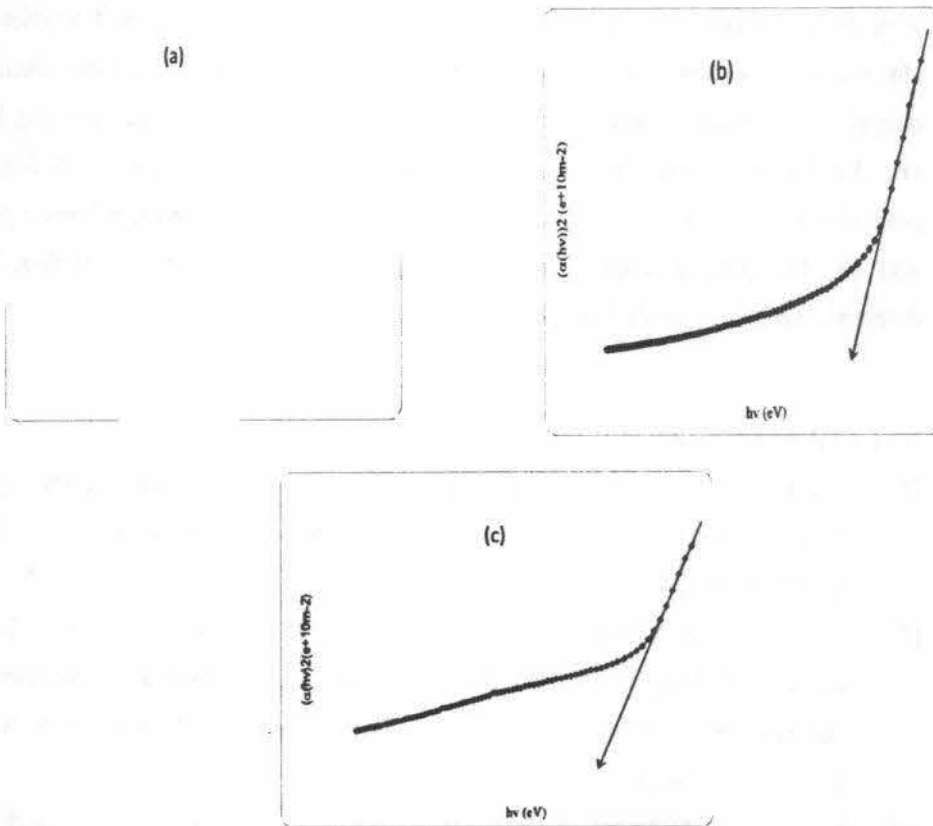
Absorbansi, transmitansi dan reflektansi film-film ZnO berubah signifikan terhadap lama waktu deposisi. Semakin lama waktu deposisi, absorbansi dan reflektansi meningkat, sebaliknya transmitansinya menurun, hal ini terjadi karena ketebalan film meningkat seiring kenaikan lama waktu deposisi. Misalnya, absorpsi maksimum pada 360 nm hanya sedikit di atas 0,2 (a.u) untuk film yang dideposisi dalam waktu 3 jam, dan berubah drastis menjadi 1,1 (a.u) untuk film yang dideposisi dalam waktu 5 dan 7 jam. Perubahan nilai absorbansi dan transmitansi juga signifikan pada daerah tampak.

Ketebalan film-film ZnO yang terdeposisi pada substrat kaca diukur menggunakan alat ukur ketebalan film merk *Tecloc* yang memiliki ketelitian 0.01 mm. Hasil pengukuran ini diperoleh bahwa ketebalan ketiga film masing-masing adalah 1,8  $\mu\text{m}$  untuk film yang dideposisi selama 3 jam; 2,7  $\mu\text{m}$  untuk film yang dideposisi selama 5 jam; dan 4,4  $\mu\text{m}$  untuk film yang dideposisi selama 7 jam.



Gambar 3 Kurva (A) absorbansi, (B) transmitansi, (C) reflektansi dan (D) indeks bias film-film ZnO dengan waktu deposisi berbeda: 3 jam, 5 jam, dan 7 jam.

Dengan menggunakan persamaan (2) dan (3), nilai indeks bias dihitung terhadap panjang gelombang, hasilnya ditunjukkan pada Gambar 3d. Tampak bahwa film-film memiliki nilai indeks bias lebih besar pada daerah pita absorpsi yaitu pada daerah UV, dibandingkan di daerah transmisisinya yaitu pada daerah tampak. Hal ini bersesuaian dengan



Gambar 4 Plot  $E_g$  film ZnO yang dideposisi selama (a) 3 jam, (b) 5 jam dan (c) 7 jam

Berdasarkan kurva-kurva pada Gambar 4, diperoleh nilai energi celah pita optik film-film ZnO berturut-turut adalah 3,15 eV untuk film yang dideposisi selama 3 jam; 3,10 eV untuk film yang dideposisi selama 5 jam; dan 3,00 eV untuk film ZnO yang dideposisi selama 7 jam. Tampak bahwa nilai energi celah pita optik film ZnO sedikit menurun seiring lama waktu deposisi. Nilai energi celah pita ZnO yang dihasilkan dalam penelitian ini sedikit lebih kecil dibandingkan hasil-hasil penelitian terdahulu [3-6,15].

#### 4KESIMPULAN

Penumbuhan film-film nanokristal ZnO telah dilakukan dengan metode *chemical bath deposition* (CBD). Hasil analisis XRD menunjukkan film ZnO memiliki struktur heksagonal

- [8] P. Kathirvel, D. Manoharan, S.M. Mohan, S. Kumar, 2009. Spectral Investigations of Chemical Bath Deposited Zinc Oxide Thin Films – Ammonia Gas Sensor. *Journal of Optoelectronic and Biomedical Materials* Volume 1, Issue 1, p. 25-33
- [9] Periyayya Uthirakumar, Hyung Gu Kim, Chang-Hee Hong, 2009. Zinc oxide nanostructures derived from a simple solution method for solar cells and LEDs. *Chemical Engineering Journal* 155 (2009) 910–915
- [10] Honghui Guo, Jianzhang Zhou, Zhonghua Lin, 2008, ZnO nanorod light-emitting diodes fabricated by electrochemical approaches. *Electrochemistry Communications* 10 (2008) 146–150
- [11] Yvonne Selk, Melanie Minnermann, Torsten Oekermann, Michael Wark, Jurgen Caro, 2011. Solid-state dye-sensitized ZnO solar cells prepared by low-temperature methods. *J Appl Electrochem* (2011) 41:445–452
- [12] Jr Hau He, Shu Te Ho, Tai Bor Wu, Lih Juann Chen, Zhong Lin Wang. Electrical and photoelectrical performances of nano-photodiode based on ZnO nanowires. *Chemical Physics Letters* 435 (2007) 119–122
- [13] K. Ramamoorthy, K. Kumara, R. Chandramohan, K. Sankaranarayanan, 2006. Review on material properties of IZO thin films useful as epi-n-TCOs in opto-electronic (SIS solar cells, polymeric LEDs) devices. *Materials Science and Engineering B* 126 (2006) 1–15
- [14] M.A.Mastro, J.A.Freitas Jr., C.R.Eddy Jr., F.Kuba, J.Ahn, H.-Y.Kim, J.Kim, 2009. Luminescence characteristics of zinc oxide nanocrystals deposited on glass via a solution method. *Physica E* 41 (2009) 487–489
- [15]. A. Kathalingam, N. Ambika, M. R. Kim, J. Elanchezhian, Y. S. Chae, J. K. Rhee, 2010. Chemical bath deposition and characterization of nanocrystalline ZnO thin films. *Materials Science-Poland*, Vol. 28, No. 2, 2010