

# PENGARUH DOPING BORON TERHADAP STRUKTUR, MORFOLOGI DAN KARAKTERISTIK OPTIK FILM CdS HASIL DEPOSISI DENGAN METODE CBD

Sitti Yani<sup>1</sup>, Akhiruddin Maddu<sup>2</sup>, Irmansyah<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Biofisika, Departemen Fisika, Institut Pertanian Bogor, Bogor

<sup>2</sup>Departemen Fisika, Institut Pertanian Bogor, Bogor

Email korespondensi : sitti.yani@gmail.com

## ABSTRAK

Dalam penelitian ini telah dibuat Cadmium sulfida (CdS) dengan memberikan doping Boron dengan metode *Chemical Bath Deposistion* (CBD). Pemberian doping Boron dilakukan dengan penambahan asam borat ( $H_3BO_3$ ), jumlah penambahan  $H_3BO_3$  sebanyak 4%, 6% dan 8% dari berat  $CdCl_2$ . Struktur dan morfologi film dideteksi masing-masing menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Sifat optik film CdS yang dihasilkan dikarakterisasi menggunakan Spektrofotometer. CdS doping 0% memiliki ukuran kristal 40,4 nm sedangkan CdS doping 4%, 6% dan 8% masing-masing sebesar 29,7 nm, 31,3 nm dan 34,4 nm. Hal ini disebabkan karena perubahan struktur film CdS yang dihasilkan ketika diberikan sejumlah doping. Struktur CdS doping 0% didominasi oleh fase heksagonal. Ketika diberikan sejumlah doping, struktur CdS yang muncul didominasi oleh fase kubik. Dari hasil SEM terlihat bahwa semakin banyak jumlah doping yang diberikan maka tingkat kekasaran film juga akan semakin besar. Gap energi CdS doping 0%, 4%, 6% dan 8% berturut-turut sebesar 4,9; 5,2; 5,0 dan 5,1 eV.

**Keywords:** Cadmium sulfida, Chemical Bath Deposition, Boron, Gap energi

## PENDAHULUAN

Selain silikon, yang merupakan bahan semikonduktor yang paling sering digunakan untuk aplikasi sel surya, banyak bahan semikonduktor lain yang sedang dikembangkan saat ini. Diantaranya bahan semikonduktor yang banyak dikembangkan sebagai sel surya adalah senyawa II-IV dan I-III-VI. Beberapa tahun terakhir, terjadi perkembangan yang sangat pesat dalam pengembangan semikonduktor II-IV yang digunakan pada sel surya. CdS merupakan bahan semikonduktor logam *chalcogenide* (II-IV) yang memiliki celah energi sebesar 2,45 eV, indeks bias 2,5 dan termasuk semikonduktor tipe-n. CdS secara luas digunakan untuk sel surya *heterojunction* CdS/CdTe dan CdS/Cu<sub>2</sub>S. Hal ini disebabkan karena CdS memiliki energi *bandgap* menengah, efisiensi konversinya cocok digunakan sebagai bahan sel surya, stabilitas dan biaya produksinya rendah. Cadmium sulfida (CdS) sangat berguna dalam hal optoelektronika, piezo-elektronika, dan bahan semikonduktor. Film tipis CdS sangat menarik terutama masalah efisiensi penggunaannya dalam pembuatan sel surya (Patidar *et al.* 2004 dan Devi *et al.* 2007).

Penelitian tentang sifat fisika film CdS merupakan hal yang menarik. Beberapa tahun terakhir, banyak bahan semikonduktor subgroup II–VI digunakan sebagai bahan pembuatan sel surya. Ada beberapa teknik pendeposisian yang digunakan untuk menumbuhkan lapisan CdS sehingga sifat optik, listrik dan strukturnya sesuai dengan yang diinginkan. Beberapa diantaranya menggunakan pendeposisian secara kimia,

*physical vapour deposition*, *spray pyrolysis* (Hiie *et al.* 2006), *electro deposition*, *chemical bath deposition* (Hiie *et al.* 2006, Khallaf *et al.* 2008 dan 2009, Zhou *et al.* 2008, Cetinorgu *et al.* 2006, Metin *et al.* 2008), teknik *brush plating* (Murali *et al.* 2007), hidrotermal (Jinxin *et al.* 2007) dan lain-lain. Penggunaan setiap metode ini akan mempengaruhi sifat optik, listrik dan struktur CdS yang dihasilkan. Dari semua teknik di atas, *Chemical Bath Deposition* (CBD) merupakan teknik yang biasanya digunakan untuk menumbuhkan film tipis CdS. Teknik CBD memiliki banyak keuntungan seperti sederhana, tidak membutuhkan peralatan yang canggih, bahan yang terbuang sedikit, merupakan cara yang ekonomis teknik pendeposisian pada area yang luas untuk semikonduktor golongan II–VI seperti CdS, dan tidak menghasilkan gas yang beracun (Cetinorgu *et al.* 2006). Metode CBD merupakan proses yang lambat, sehingga orientasi kristalnya dapat diatur dengan peningkatan struktur bulirnya. Metode ini bertujuan untuk mendapatkan film tipis yang homogen dengan komposisi sampel yang dihasilkan dapat dikontrol sesuai dengan keinginan. Meskipun CdS-CBD yang dihasilkan memiliki permukaan film dengan kristalinitas yang lebih rendah jika dibandingkan dengan metode pendeposisian yang lain. Namun film yang dihasilkan memperlihatkan morfologi dan konduktivitas yang baik seperti tingkat kekasaran film dan densitas *pinhole* (kekosongan) jika dibandingkan dengan film yang dihasilkan dengan menggunakan metode pendeposisian yang lain.

Menurut beberapa literatur, struktur film tipis CdS yang dibuat dengan menggunakan metode CBD dapat bermacam-macam tergantung pada kondisi deposisi. Strukturnya dapat berbentuk kubik, hexagonal atau campuran kedua fasa tersebut (Haider *et al.* 2008 dan Malinowska *et al.* 2005). Selain itu, banyak peneliti mencatat bahwa terjadi pengotoran oleh oksigen dan nitrogen pada film tipis CdS jika menggunakan metode penumbuhan dengan CBD. Penggunaan *complexing agent* juga dapat mempengaruhi sifat fisis CdS. Penambahan *complexing agent* ammonium dapat memperbesar jumlah cadmium sulfida yang terbentuk dibanding molekul pengotor lainnya (Malinowska *et al.* 2005). Film CdS yang ditumbuhkan dengan metode CBD memiliki stoikiometri yang tinggi dan resistansi *dark* yang tinggi. Untuk dapat mereduksi resistivitas *dark*nya dapat dilakukan dengan *annealing* dan pemberian sejumlah doping unsur pada Golongan IIIA (Khallaf *et al.* 2008 dan 2009).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh doping Boron terhadap struktur, morfologi dan karakteristik optik film tipis CdS yang dideposisi dengan metode *Chemical Bath Deposition* (CBD).

## METODE

### 1. Pembersihan Substrat TCO

Kaca TCO yang digunakan berukuran 1 cm x 2 cm. Kaca ini direndam dalam detergen selama 10 menit. Setelah itu dibilas dengan *deionized water*. Selanjutnya dibersihkan dengan etanol selama 10 menit untuk menghilangkan pengotor yang melekat pada permukaan kaca. Kaca tersebut dikeringkan pada suhu kamar.

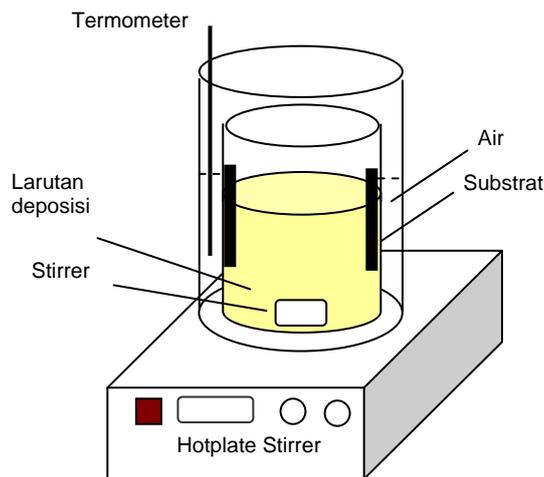
### 2. Deposisi Film CdS

Lapisan tipis CdS dibuat dengan metode CBD (*Chemical Bath Deposition*). Dengan metode ini, film terdeposisi pada substrat dengan mencelupkan substrat ke dalam larutan yang mengandung ion-ion  $\text{Cd}^{2+}$  dan ion-ion sulfida  $\text{S}^{2-}$  sambil dipanaskan serta diaduk. Metode pembuatan CdS ini diadopsi dari metode yang telah dilakukan oleh Eitssayeam et al. (2005) dengan memodifikasi beberapa hal seperti konsentrasi larutan dan waktu deposisi.

Bahan-bahan yang digunakan adalah  $\text{CdCl}_2$  sebagai sumber ion kadmuim ( $\text{Cd}^{2+}$ ),  $\text{CS}(\text{NH}_2)_2$  sebagai sumber ion sulfur ( $\text{S}^{2-}$ ), larutan amonia sebagai agen pengkompleks (*complexing agent*), sebagai sumber basa dan larutan *buffer*, air destilasi dan TEA sebagai stabiliser agar larutan tidak cepat mengendap.

Skema metode CBD ditunjukkan pada Gambar 1, terdiri dari dua gelas piala dengan ukuran berbeda. Salah satunya berukuran kecil sehingga dapat dimasukkan ke dalam gelas yang lebih besar. Gelas yang kecil diisi larutan deposisi, kemudian dimasukkan ke dalam gelas lebih besar yang diisi air. Sebelumnya, pada dinding sebelah dalam gelas kecil ditempel beberapa substrat kaca TCO. Selanjutnya, kedua gelas diletakkan di atas pemanas (*hot plate*) yang dilengkapi pengaduk magnetik (*magnetic stirrer*).

Mula-mula dibuat larutan campuran 20 ml  $\text{CdCl}_2$  (0,1 M) dengan 20 ml  $\text{CS}(\text{NH}_2)_2$  (1 M) di dalam gelas piala 100 ml. Larutan tersebut diletakkan di atas *hot plate* dipanaskan pada suhu  $30^\circ\text{C}$  dan diputar pada kelajuan 300 rpm selama 30 menit. Sebanyak 10 mL  $\text{NH}_4\text{OH}$  (0.1 M) dan 5 ml TEA ditambahkan ke dalam larutan campuran tersebut. Larutan campuran tersebut dipanaskan pada suhu  $70^\circ\text{C}$  dan diputar pada kelajuan 300 rpm selama 2 jam. Optimasi suhu dan waktu perlu dilakukan untuk mengatur morfologi baik struktur, sifat dan ketebalan lapisan yang dihasilkan. Selain itu, dibuat pula CdS dengan doping boron dengan menambahkan asam borat ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) sebanyak 4%, 6% dan 8% wt  $\text{CdCl}_2$ .



Gambar 1 Skema deposisi CBD

### 3. Karakterisasi Film Tipis CdS

Sampel-sampel lapisan tipis CdS yang berhasil ditumbuhkan dengan metode CBD selanjutnya dikarakterisasi dengan XRD, SEM dan spektroskopi UV-Vis. Karakterisasi XRD dilakukan untuk memastikan CdS telah tumbuh pada substrat serta untuk mengetahui struktur kristal CdS dengan menggunakan Shimadzu XRD-7000 MAXIMA. Pola-pola difraksi berupa puncak-puncak karakteristik orientasi kristal CdS, digunakan untuk menentukan parameter kisi dan ukuran kristal.

Ukuran kristal (*crystalline size*) sampel film tipis CdS diperoleh dengan menggunakan persamaan Scheerer (Dumbrava *et al.* 2010, Dwivedi 2010) sebagai berikut.

$$D = \frac{k \lambda}{\beta \cos \theta} \quad (1)$$

dengan k adalah konstanta sebesar 0,89;  $\lambda$  adalah panjang gelombang sumber sinar-X (dalam hal ini Cu  $K\alpha$  sebesar 1,54 Å atau 15,4 nm) dan  $\beta$  adalah lebar setengah puncak difraksi atau Full Width Half Maximum (FWHM) dan  $\theta$  adalah sudut difraksi (rad). Nilai  $\theta$  yang digunakan adalah nilai-nilai puncak maksimum dan minimum yang dimiliki oleh fase kubik atau heksagonal CdS.

Untuk mengetahui morfologi permukaan sampel CdS, digunakan metode *Scanning Electron Mycroscope* (SEM) model Zeiss EVO-50.

Uji Spektroskopi UV-VIS ditujukan untuk mengetahui sifat optik lapisan CdS hingga dapat ditentukan nilai celah energinya. Sifat optik lapisan tipis CdS yang dibuat dengan metode CBD diukur pada temperatur ruang dengan menggunakan Spektrofotometer Ocean Optic 2000 dengan range panjang gelombang 200 -1000 nm. Analisis gap energi dilakukan secara manual dengan menggunakan kurva absorbansi sehingga dapat diketahui panjang gelombang terbesar yang diserap oleh bahan

dengan menggunakan metode tepi absorpsi (*absorbance edge*). Dari data panjang gelombang itu dapat diketahui besarnya gap energi dengan menggunakan persamaan berikut:

$$E_g = \frac{h c}{\lambda} \quad (2)$$

dengan  $E_g$  adalah gap energi (eV),  $h$  adalah konstanta Planck ( $6,63 \times 10^{-34}$  Js),  $c$  adalah kecepatan cahaya di udara ( $3 \times 10^8$ ) dan  $\lambda$  adalah panjang gelombang (nm). Dimana  $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$ .

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Proses Deposisi Film CdS

Tahapan pembentukan CdS terbagi dalam 3 tahapan yaitu tahap awal proses *nucleation center*, pembentukan ion per ion (mekanisme heterogen) dan pembentukan cluster per cluster (mekanisme homogen) (Mahdi *et al.* 2009). Proses *nucleation center* merupakan proses pembentukan ion Cadmium dan ion Sulfur baik itu pada permukaan substrat maupun dalam larutan *bath*. Pembentukan CdS ion per ion menghasilkan CdS dengan morfologi yang sangat baik dibandingkan jika yang terjadi adalah cluster per cluster. Mekanisme ion per ion ini terjadi pada pH sekitar 12. Sedangkan cluster per cluster terjadi dalam larutan dengan pH sekitar 10,5 bahkan pada pH 10, tidak ada CdS yang menempel pada permukaan substrat namun hanya membentuk koloid dalam larutan *bath* dan khususnya pada substrat yang menyebabkan terbentuknya film dengan derajat kristalinitas yang rendah (Pentia *et al.* 2000).

Dalam penelitian ini, terlihat pembentukan CdS dengan mekanisme homogen yang ditandai dengan banyaknya terdapat endapan yang menunjukkan terbentuknya koloid dalam larutan *bath* yang berwarna kekuning-kuningan. Akibatnya akan mempengaruhi struktur kristal CdS yang terbentuk dimana jika dibandingkan kedua mekanisme pembentukan CdS tersebut di atas, maka dapat disimpulkan bahwa dari segi struktur CdS yang dihasilkan akan lebih baik dibanding jika terjadi mekanisme homogen.

Mekanisme pembentukan CdS tergantung pada prekursor yang digunakan dalam pembentukan CdS. Baik itu pemilihan sumber ion cadmium ( $\text{Cd}^{2+}$ ) maupun sumber ion sulfurnya ( $\text{S}^{2-}$ ).

Pembentukan CdS dengan menggunakan metode CBD, dapat dibuat dalam larutan yang bersifat basa dan harus terjadi hidrolisis thiourea di dalamnya. Pembentukan CdS dalam penelitian ini digunakan  $\text{NH}_4\text{OH}$  yang berperan sebagai

sumber basa dan agen pengkompleks untuk ion cadmium. Pembentukan ion kompleks diawali dengan terbentuknya  $\text{Cd}(\text{OH})_2$  yang berupa endapan dengan reaksi sebagai berikut



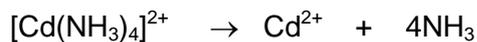
Endapan  $\text{Cd}(\text{OH})_2$  yang berwarna putih dapat bereaksi dengan larutan amonia sehingga dapat terbentuk ion kompleks  $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  dengan reaksi:



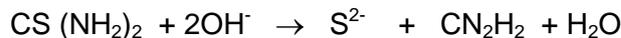
Ion kompleks yang terjadi  $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$  memiliki atom pusat Cadmium dan ligan  $[(\text{NH}_3)_4(\text{OH})_2]$ . Endapan  $\text{Cd}(\text{OH})_2$  yang terjadi memiliki pH sekitar 8 dan ketika senyawa ini bereaksi dengan amonia maka pHnya berubah sekitar 11. Ion kompleks  $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$  dapat terurai kembali menjadi



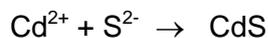
Selanjutnya dalam larutan terjadi dekomposisi ion kompleks tetramine  $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  sesuai dengan reaksi berikut ini



Sedangkan hidrolisis thiourea itu sendiri terjadi dalam larutan yang bersifat basa dimana terjadi generasi ion  $\text{S}^{2-}$  :



Ion cadmium yang dihasilkan dari dekomposisi ion kompleks tetramin selanjutnya bereaksi dengan ion  $\text{S}^{2-}$  untuk membentuk  $\text{CdS}$  sebagai berikut.

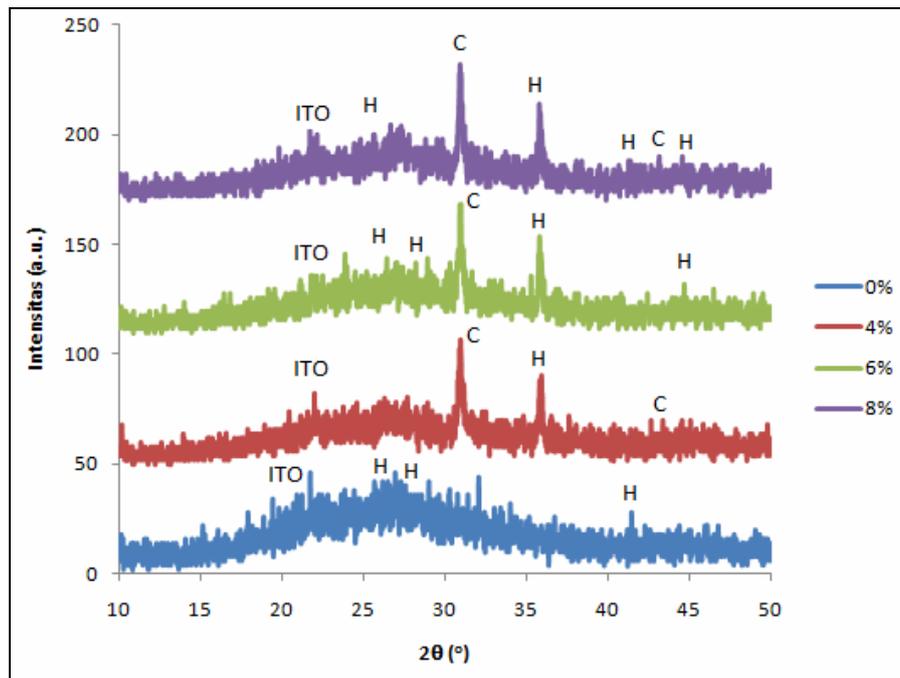


## 2. Struktur Film Tipis CdS

Dengan menggunakan metode preparasi yang berbeda,  $\text{CdS}$  dapat hadir dalam tiga struktur kristal: hexagonal (*wurtzite*), kubik (*zincblende*) dan campuran keduanya. Selain fase yang terakhir tersebut, dari penelitian sebelumnya diketahui bahwa film tipis  $\text{CdS}$  yang dihasilkan memiliki kedua fase tersebut jika dibuat dengan menggunakan metode CBD.

Kadangkala metode CBD yang dilakukan pada temperatur rendah menyebabkan pembentukan fase kubik pada film tipis  $\text{CdS}$ . Terdapat banyak variabel yang mempengaruhi struktur kristalnya termasuk karakteristik dari sumber ion cadmium dan sulfurnya, substrat yang digunakan dan bahkan proses stirringnya. Lee (2009) mengemukakan bahwa substrat yang digunakan mempengaruhi fase struktur film tipis  $\text{CdS}$ -CBD. Substrat yang berbeda menghasilkan fase kubik dan heksagonal tapi jika digunakan substrat kaca akan menghasilkan  $\text{CdS}$  dengan fase heksagonal yang sesuai dengan hasil penelitian ini. Beberapa peneliti juga menemukan bahwa konsentrasi amonium yang rendah dalam larutan menyebabkan terbentuknya fase

wurtzite karena  $\text{Cd}(\text{OH})_2$  akan membentuk suspensi (tidak terlarut secara keseluruhan) (Mahdi *et al.* 2009).



Gambar 2 Pola XRD film CdS berdasarkan jumlah doping

Kristalografi CdS dapat diamati dengan menggunakan teknik X-Ray Diffraction (XRD). Pengukuran difraksi sinar X dilakukan dengan Shimadzu XRD-7000 MAXIMA menggunakan panjang gelombang Cu sebesar  $1,5406 \text{ \AA}$ . Pada gambar 4 menunjukkan pola difraksi film CdS yang ditumbuhkan pada permukaan ITO. Untuk CdS doping 0% (biru), puncak CdS muncul pada  $2\theta$  sekitar  $25,7147^\circ$  dan  $27,0228^\circ$  yang menunjukkan CdS fase heksagonal sesuai dengan data Joint Committee Power Diffraction Standard (JCPDS) No. 80-006 yang bersesuaian dengan orientasi bidang (101) dan (202). Intensitas difraksi yang rendah menunjukkan struktur amorf lebih mendominasi film dibandingkan kristalnya. Kurva merah (CdS doping 4%) terlihat bahwa CdS terdeteksi pada puncak  $2\theta$  berdasarkan besar intensitas masing-masing pada  $30,9355^\circ$ ;  $35,8588^\circ$  dan  $44,5081^\circ$ . Pada  $2\theta$   $30,9355^\circ$  dan  $44,5081^\circ$  menunjukkan CdS fase kubik yang bersesuaian dengan orientasi bidang (200) dan (220). Hal ini sesuai dengan data JCPDS No. 80-0019. Sedangkan fase heksagonal terlihat pada puncak difraksi pada sudut  $2\theta$   $35,8588^\circ$  yang bersesuaian dengan orientasi bidang (102). Untuk doping 6% dan 8% menunjukkan pola difraksi yang hampir sama. Namun, pada doping 6%, puncak pada  $2\theta$   $44,5081^\circ$  tidak terlihat yang menunjukkan menurunnya CdS fase kubik. Pola XRD untuk CdS doping 8% (ungu) memperlihatkan puncak baru yang muncul pada  $2\theta$   $48,9810^\circ$  yang menunjukkan CdS fase heksagonal yang bersesuaian dengan orientasi bidang (103).

Dari hasil XRD pada gambar 2 tidak terlihat terbentuknya puncak baru misalnya puncak untuk B, BS atau B<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, hal ini menunjukkan bahwa penambahan doping boron tidak mempengaruhi struktur kristal film CdS. Boron yang diberikan ke dalam larutan *bath* dapat mengalami dua hal. (1) Boron akan menggantikan posisi ion Cd<sup>2+</sup> dalam kristal. Karena radius ion B<sup>3+</sup> (0,2Å) lebih kecil daripada radius ion Cd<sup>2+</sup> (0,97 Å) maka ukuran kristal CdS secara keseluruhan akan berkurang. Oleh karena itu, pada struktur kristal CdS hanya terjadi cacat kristal saja namun tidak mempengaruhi morfologinya secara umum. (2) Boron hanya akan berada pada kisi kristal yang berarti ukuran kristal akan semakin besar. Hal ini dapat memperpendek spasi interplanar kristal.

Tabel 1 Ukuran kristal CdS tanpa doping dan doping Boron 4%, 6% dan 8% wt

Jumlah doping	2θ (deg)/fase	β/FWHM (deg)	Ukuran kristal
0%	27,0228 (heksagonal)	0,2	0,040418
4%	30,9355 (kubik)	0,275	0,029655
6%	30,9479 (kubik)	0,26	0,031367
8%	30,9444 (kubik)	0,237	0,03441

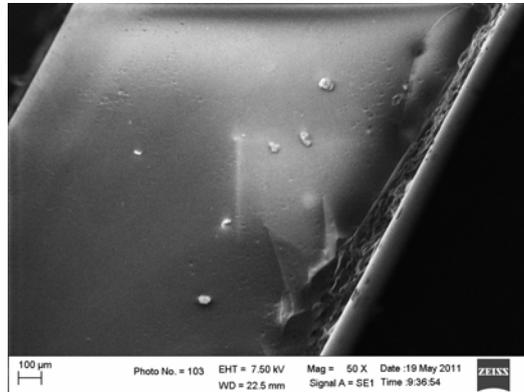
Boron merupakan unsur metaloid golongan IIIA dalam Sistem Periodik Unsur. Pemberian doping Boron mempengaruhi karakteristik film yang dihasilkan misalnya tingkat kekasaran film. Semakin besar konsentrasi doping Boron yang diberikan maka semakin kasar permukaan filmnya. Walaupun tingkat kekasarannya tidak dapat dilihat secara kasat mata (Eitssayeam *et al.* 2005). Seperti yang telah dikemukakan sebelumnya bahwa salah satu tujuan pemberian doping Boron adalah untuk menurunkan pH larutan. CdS yang dihasilkan dari larutan prekursor dengan pH sekitar 12 akan menghasilkan CdS dengan fase heksagonal. Jadi dengan penambahan asam borat pada larutan prekursor maka CdS yang dihasilkan didominasi oleh fase kubik walaupun masih ada puncak XRD yang menunjukkan hadirnya fase heksagonal CdS. Semakin rendah pH larutan maka fase CdS yang terbentuk akan bervariasi. Namun untuk menghasilkan CdS dengan kristalinitas yang baik, maka pH larutan harus berkisar antara 12-12,5 (Pentia 2000).

### 3. Morfologi Film Tipis CdS

Karakteristik permukaan film tipis CdS diteliti dengan menggunakan *Scanning Electron Mycroscope* (SEM) Zeiss tipe EVO-50. Gambar 27 menunjukkan penampang melintang CdS pada permukaan ITO yang dideposisikan pada suhu 70°C tanpa pemberian doping Boron.

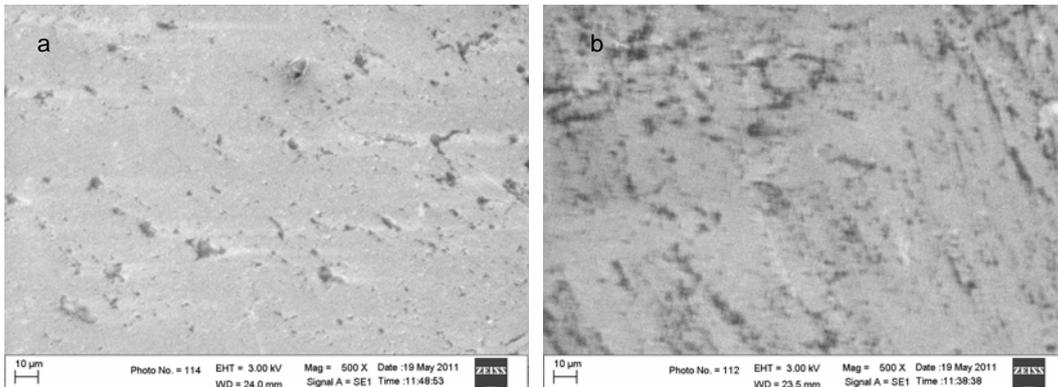
Salah satu kekurangan metode CBD adalah terbentuknya *pinhole* (kekosongan) pada permukaan sampel. Hal ini dapat disebabkan oleh penurunan

kadar ion  $\text{OH}^-$  dalam larutan *bath* sehingga yang menempel pada permukaan substrat adalah cluster-cluster CdS. Gambar 4 memperlihatkan morfologi film tipis CdS tanpa pemberian doping Boron dan film dengan pemberian doping 8% wt.



Gambar 3 Penampang melintang film tipis CdS pada permukaan ITO

Pada gambar 4a terlihat bahwa permukaan CdSnya lebih kasar jika dibandingkan dengan CdS tanpa doping Boron. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Khallaf *et al.* (2008) bahwa pemberian doping yang besar terhadap CdS maka akan menghasilkan CdS dengan permukaan yang kasar. Hal ini dapat terjadi karena pemberian doping berarti penambahan jumlah ion  $\text{H}^+$  ke dalam larutan. Pembentukan CdS pada permukaan substrat kaca menjadi terhambat karena kekurangan ion  $\text{OH}^-$ .

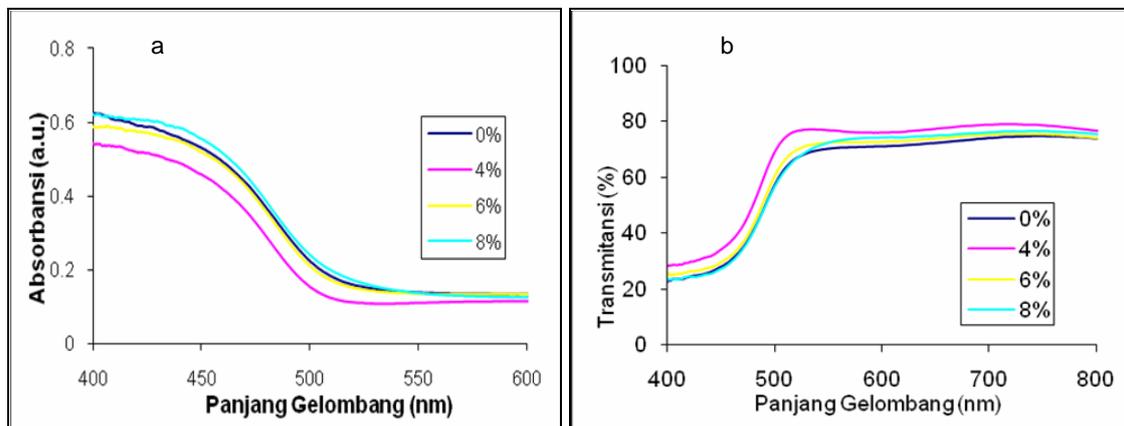


Gambar 4 Morfologi permukaan CdS (a) tanpa doping (b) doping 8% wt

Pembentukan senyawa  $\text{Cd}(\text{OH})_2$  dalam proses CBD sangat penting karena ion  $\text{OH}^-$  lah yang dapat melekatkan ion Cadmium pada substrat. Jadi dengan penambahan asam yang banyak dalam hal ini  $\text{H}^+$  maka ion  $\text{OH}^-$  akan lebih reaktif terhadap ion  $\text{H}^+$  membentuk molekul air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) sehingga pada akhirnya ion  $\text{OH}^-$  menjadi sangat berkurang. Dan cluster-cluster CdS lah yang menempel pada permukaan substrat kaca. Cluster CdS yang menyebabkan kekasaran permukaan CdS.

#### 4. Karakteristik Optik Film Tipis CdS

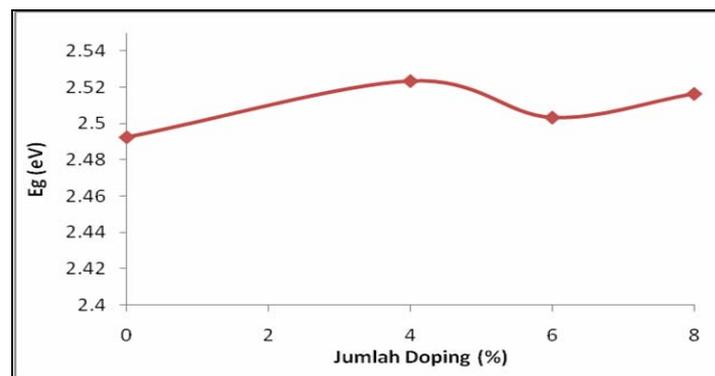
Spektrum serapan merupakan karakteristik kualitas suatu bahan, tingkat serapan suatu cahaya pada panjang gelombang tertentu dimana dapat digunakan untuk menentukan besar gap energi film tipis. Gambar 5a menunjukkan spektrum absorbansi CdS dengan variasi doping. Tepi pita absorbansi yang sedikit landai menunjukkan kristalinitas film yang rendah. Kristalinitas film akan meningkat jika di *annealing* pada suhu di atas 300°C. Dari gambar terlihat bahwa CdS menyerap cahaya pada panjang gelombang 400 - 500 nm. Hal ini sesuai dengan literatur lainnya yang memperlihatkan bahwa pita absorpsi CdS pada panjang gelombang 350 – 500 nm (Devi et al. 2007). Dengan menggunakan metode *absorbance edge*, besar gap energi masing-masing film dapat diperoleh. Gambar 5b menunjukkan bahwa film tersebut memiliki transmitansi yang cukup tinggi (40-80%) di daerah cahaya tampak.



Gambar 5 Kurva (a) absorbansi dan (b) transmitansi film tipis CdS berdasarkan jumlah doping

Telah diketahui bahwa CdS merupakan semikonduktor tipe-n dimana pembawa muatan mayoritasnya adalah elektron. Jadi ketika didoping dengan Boron yang bermuatan positif maka akan menaikkan level donor semakin mendekati pita konduksi sehingga dapat memperbesar gap energi. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Khallaf (2007) yang juga memberikan doping Boron terhadap CdS. Namun, pemberian doping Boron ke dalam larutan CBD pada jumlah yang sangat sedikit. Khallaf mengemukakan bahwa pemberian doping Boron dalam jumlah banyak akan mempengaruhi reaksi yang terjadi dalam larutan *bath*. Karena parameter utama dalam proses CBD adalah konsentrasi  $\text{NH}_4\text{OH}$  yang diberikan di mana senyawa ini dapat memisahkan ion  $\text{Cd}^{2+}$  dari  $\text{CdCl}_2$  melalui pembentukan ion kompleks. Jadi dengan penambahan asam borat yang cukup banyak dapat mempengaruhi kinerja basa ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ).

Terjadinya perubahan gap energi pada gambar 6 dipengaruhi oleh fase CdS yang muncul (dijelaskan pada bagian selanjutnya). Besarnya gap energi untuk kristal tunggal CdS fase heksagonal yaitu 2,3-2,4 eV sedangkan untuk fase kubik, gap energinya sebesar 2,5 eV (Martinez *et al.* 1997). CdS doping 4% wt puncak yang muncul didominasi oleh fase kubik sedangkan untuk doping 6 dan 8% wt juga muncul puncak CdS fase kubik namun juga terdapat puncak-puncak yang lain yang menunjukkan CdS dengan fase heksagonal. Namun CdS dengan struktur kubik lebih banyak dimiliki oleh CdS dengan doping 4% wt.



Gambar 6 Grafik perubahan gap energi film CdS berdasarkan jumlah doping

## KESIMPULAN

1. Pemberian doping Boron 4%, 6% dan 8% wt terhadap CdS dapat menghasilkan CdS fase kubik walaupun untuk doping 6% wt CdS fase kubik jumlahnya lebih sedikit
2. Permukaan film CdS doping Boron lebih kasar dibandingkan dengan CdS tanpa doping
3. Terjadi pergeseran pita serapan film tipis CdS ketika diberikan sejumlah doping Boron

## DAFTAR PUSTAKA

- Cetinorgu E, Gumus C, Esen R. 2006. Effects of Deposition Time and Temperature on The Optical Properties of Air-Annealed Chemical Bath Deposited CdS Films. *Thin Solid Films*, 515,1688–1693.
- Devi R, Purkayastha P, Kalita PK, Sarma BK. 2007. Synthesis of Nanocrystalline CdS Thin Films In PVA Matrix. *Bull. Mater. Sci.*, 30(2),123–128.
- Dumbrava A, Badea C, Prodan G, Ciupina V. Synthesis and Characterization of Cadmium Sulfide Obtained At Room Temperature. *Chalcogenide Letters*, 7(2), 111-118.
- Dwivedi DK, Dayashankar, Dubey M. 2010. Synthesis, Structural and Optical Characterization of CdS Nanoparticles. *Journal of Ovonic Research*, 6(1), 57-62.
- Eitssayeam S, Inthatha U, Pengpat K, Tunkasiri T. 2005. Properties of CdS:Ni Films Prepared By Chemical Bath Deposition Method. *Journal of Materials Science*, 40, 3803 – 3807.

- Haider AJ, Mousa AM, Al-Jawad SMH. 2008. Annealing Effect on Structural, Electrical and Optical Properties of CdS Films Prepared by CBD Method. *Journal of Semiconductor Technology and Science*, 8(4).
- Hiie J, Dedova T, Valdna V, Muska K. 2006. Comparative Study of Nano-Structured CdS Thin Films Prepared by CBD and Spray Pyrolysis: Annealing Effect. *Thin Solid Films*, 511–512, 443–447.
- Jinxin Z, Gaoling Z, Gaorong H. 2007. Preparation of CdS Nanoparticles by Hydrothermal Method in Microemulsion. *Front. Chem. China*, 2(1), 98–101.
- Khallaf H, Chai G, Lupan O, Chow L, Park S, Schulte A. 2008. Investigation of Aluminium and Indium in situ Doping of Chemical Bath Deposited CdS Thin Films. *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 41, 185304.
- Khallaf H, Chai G, Lupan O, Chow L, Heinrich H, Park S, Schulte, A. 2009. In-situ Boron Doping of Chemical-Bath Deposited CdS Thin Films. *Status Solidi*, 206(2), 256–262.
- Lee HJ. 2006. Structural and Optical Properties of CdS Thin Films On Organic Substrates For Flexible Solar Cell Applications. *J Electroceram*, 17, 1103–1108.
- Mahdi MA, Kasem SJ, Hassen JJ, Swadi AA, Ani SKJA. 2009. Structural and Optical Properties of Chemical Deposition CdS Thin Films. *J. Nanoelectronics and Materials*, 2, 163-172.
- Malinowska B, Rakib M, Durand G. 2005. Analytical Characterization of Cadmium Cyanamide in CdS Thin Films and Bulk Precipitates Produced From CBD Process in Pilot Plant. *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 86, 399–419.
- Martinez JL, Martinez G, Torres-Delgado G. 1997. Cubic CdS thin films studied by spectroscopic ellipsometry. *Journal of Materials Science: Materials In Electronics*, 8, 399-403.
- Murali KR, Kumaresan S, Prince JJ. 2007. Characteristics of CdS Films Brush Electrodeposited On Low-Temperature Substrates. *Materials Science in Semiconductor Processing*, 10, 56–60.
- Patidar D, Sharma R, Jain N, Sharma TP, Saxena, NS. 2004. Optical Properties of CdS Sintered Film. *Bull. Mater. Sci.*, 29, 21–24.
- Pentia E, Pintilie L, Pintilie I, Botila T. 2000. The Influence of Cadmium Salt Anion On The Growth Mechanism and On The Physical Properties of CdS Thin Films. *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials*, 2(5), 593-601.
- Zhou X, Li Z, Xu S. 2008. Preparation and Formation Mechanism of CdS Nano-Films Via Chemical Bath Deposition. *Front. Chem. China*, 3(1), 18–22.

**KEMBALI KE DAFTAR ISI**