

PENENTUAN *MICROSTRUCTURE* LAPISAN TIPIS CdS MENGUNAKAN X-RAY DIFFRACTOMETER

Djusmaini Djamas

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang

ABSTRACT

Five of sample CdS has been produced by using Thermal Evaporation method with temperature of substrat 200 °C – 250 °C. The samples characterized by using XRD. Based on XRD result and comparing it with data of PDF, thin film of CdS have crystal structure of hexagonal (wurzite), crystal orientation (002) with lattice parameter of $a = 4,132 \text{ \AA}$, $c = 6,77 \text{ \AA}$. Finally, by using Scherrer formula obtained mean of grain size 175 Å and growth zone of thin film of CdS reside at zone I and T (transition), this meaning movement of grain limited.

Keywords: *thermal evaporation, crystal structure, grain size, growth zone*

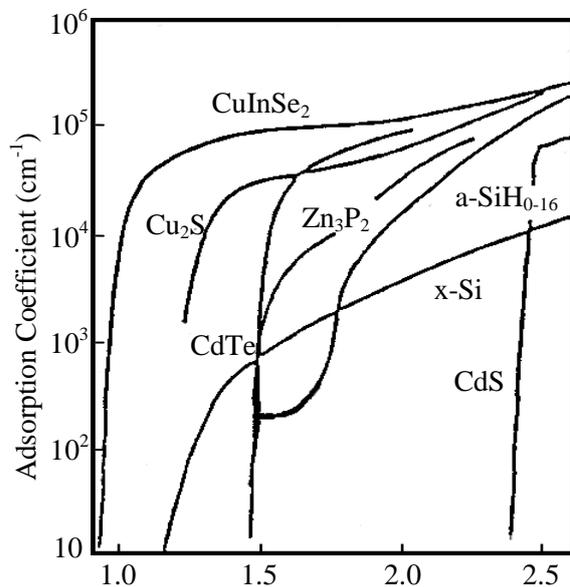
PENDAHULUAN

Perkembangan Ilmu Fisika khususnya bidang elektronika memegang peranan penting dalam memacu perkembangan teknologi dewasa ini untuk semua bidang kehidupan. Energi surya sebagai energi alternatif, akhir-akhir ini marak diteliti, karena dapat diubah menjadi energi listrik dengan menggunakan sel fotovoltaik. Sel surya (sel fotovoltaik) merupakan bahan semikonduktor yang mempunyai sambungan p-n (pn junction). Semikonduktor mempunyai sifat fisis seperti sensitif terhadap temperatur, cahaya, medan magnet dan listrik. Inilah yang menyebabkan semikonduktor menjadi salah satu material terpenting dalam bidang elektronika khususnya sel surya.

Bahan sel surya yang masih banyak dipakai sampai sekarang adalah silikon, yang memiliki efisiensi 13,2% ($0,25 \text{ cm}^2$). Silikon mempunyai koefisien absorpsi lebih rendah bila dibandingkan dengan bahan lain misalnya CuInSe_2 , CdS seperti terlihat dalam Gambar 1. CdS dapat dikombinasikan dengan CuInSe_2 (Chemseddine, 1994). Direncanakan akan dibuat devais sel surya CdS dengan CuInSe_2 . Hal ini disebabkan karena

CuInSe_2 adalah *compound* yang memiliki daerah panjang gelombang yang cukup lebar, sedangkan CdS memiliki daerah panjang gelombang yang lebih sempit. Apabila kedua bahan ini dibuat devais, diharapkan akan diperoleh sel surya yang memiliki efisiensi tinggi. Dari Gambar 1. terlihat kedua bahan tersebut di atas mempunyai koefisien absorpsi yang besar yaitu $10^4/\text{cm}$. Hal ini juga didukung oleh pendapat peneliti yang mengatakan dalam riset untuk sel surya, bahan yang menghasilkan efisiensi tinggi adalah menggunakan bahan *compound* II-VI dan *compound* I-III-IV (Kumazawa, 1996). Justru karena itulah CdS dipakai sebagai objek yang akan diteliti, sebab CdS adalah merupakan salah satu dari anggota *compound* II-VI dan salah satu dari semikonduktor yang penting diketahui karakteristiknya karena akan dikombinasikan dengan *compound* CuInSe_2 . Sebelum dilakukan pembuatan divais maka sangat diperlukan mengetahui karakteristik dari lapisan tipis CdS, karena struktur CdS yang terbentuk akan sangat menentukan efisiensi konversinya. Salah satu karakter yang ingin diketahui adalah bagaimana *grain (micro structure)* dari

CdS yang dihasilkan, karena ukuran *grain* (*grain size*) berhubungan erat dengan besar energi aktivasi dari semikonduktor CdS, sekaligus akan berpengaruh terhadap peluang mobilitas dari elektron dalam semikonduktor.



Gambar 1. Variasi koefisien absorpsi (α) terhadap energi dari beberapa material semikonduktor (Harsono, 1993)

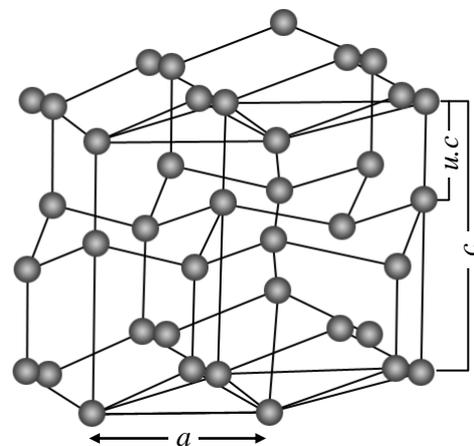
Setiap bahan atau materi akan memiliki karakteristik yang berbeda-beda baik ditinjau dari sifat listrik, magnet, dan sifat optiknya. Dari sifat optik antara lain akan dapat dilihat indeks bias, struktur, koefisien serap, proporsi atom penyusun, reflektansi, dan transmittansinya. Sedangkan dari sifat listriknya akan dapat dilihat konsentrasi pembawa muatan, resistivitas, fotokonduktivitas, tegangan Hall dan lain sebagainya. Dalam penelitian ini akan dibatasi pada masalah *microstructure* lapisan tipis CdS. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui ukuran butir (*grain size*) dan zona pertumbuhan *grain* dari lapisan tipis (semikonduktor) CdS.

Sifat dan Struktur CdS

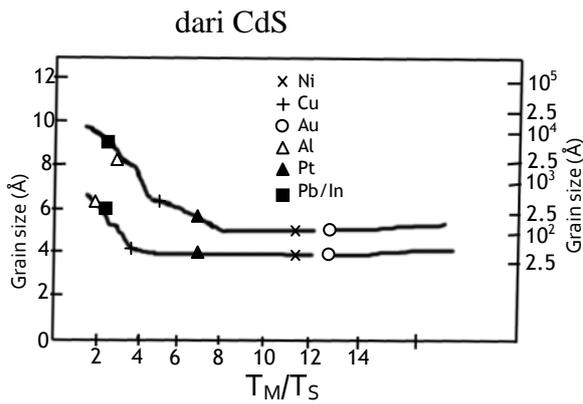
CdS berasal dari keluarga *binary compound* II-VI. Bahan ini membentuk kristal dengan struktur Wurzite (hexagonal)

seperti Gambar 2, dengan parameter kisi sebagai berikut; $a = 4,136 \text{ \AA}$ dan $c = 6,713 \text{ \AA}$ dan dapat bertransformasi ke Cubic sebagai hasil dari peningkatan suhu substrat yang diamati pada ketebalan 4000 \AA (Maisal-Glang, 1990). Disamping itu CdS adalah material yang memiliki *band gap* yang lebar yaitu $2,42 \text{ eV}$ (Stillman, 1989), sehingga dapat digunakan sebagai window layer (Kumazawa, 1996).

Pada Gambar 1. terlihat bahwa CdS mempunyai koefisien absorpsi sekitar $10^4/\text{cm}$, sehingga memungkinkan untuk dibuat sebagai bahan dasar sel surya. Di samping itu bahan ini mempunyai efisiensi konversi yang cukup tinggi bila dibandingkan dengan silikon, yaitu sebesar $5,2\%$ (600 \AA) (Madelung). Untuk semikonduktor dengan *direct band gap*, nilai α lebih besar pada panjang gelombang yang pendek (Ohring, 1992). Panjang gelombang di bawah 500 nm diserap oleh CdS yang mempunyai resistivitas rendah (Tomita, 1993). Di samping itu kondisi selama proses deposisi akan berpengaruh kepada lapisan tipis yang dihasilkan, antara lain temperatur substrat mempunyai efek penting terhadap indeks biasnya, untuk temperatur substrat yang besar, maka indeks bias juga besar (Ohring, 1992). CdS mempunyai *melting point* pada 1750 K . Sifat lain yang dimiliki oleh bahan semikonduktor CdS adalah resistivitas listriknya pada temperatur kamar lebih besar dari pada 10^6 \Omega cm (Tomita, 1993).



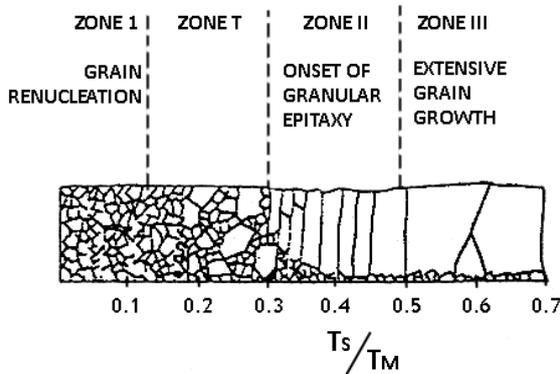
Gambar 2. Struktur wurzite (hexagonal)



Gambar 3. Hubungan *grain size* dengan besarnya T_m/T_s untuk beberapa metal

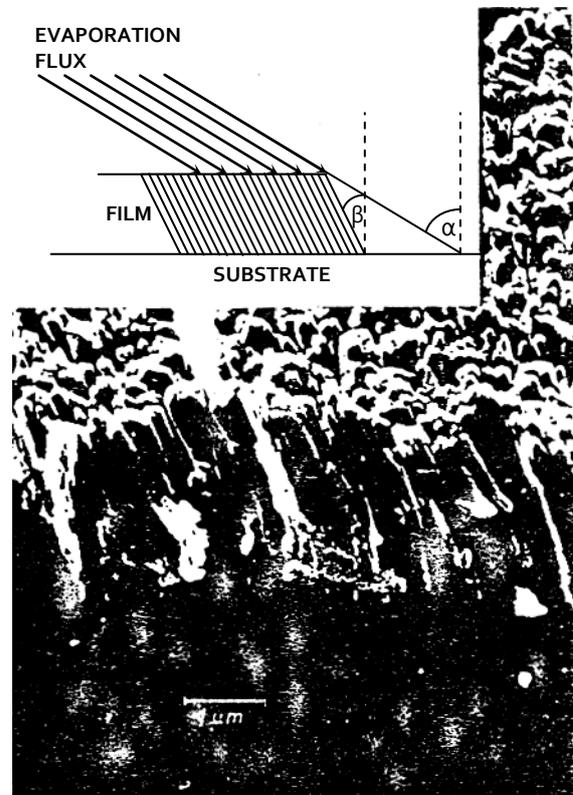
Grain boundary adalah permukaan atau daerah yang menghubungkan antara dua *grain* kristal tunggal. Fraksi dari atom yang dihubungkan *grain boundary* mendekati $3/dl$, dimana d adalah jarak bidang Bragg dan l adalah *grain size*.

Untuk $l = 1000 \text{ \AA}$, maka hubungannya kira-kira 5 dalam 1000. Menurut Ohring (1992) maksimum dan minimum dari *grain size* bervariasi oleh T_s (suhu substrat) seperti Gambar 3. Untuk $T_s/T_m < 0,2$ ($T_m/T_s > 5$) *grain* memiliki ukuran kurang dari 200 \AA . Dengan rank $0,2 < T_s/T_m < 0,3$ beberapa *grain* lebih besar dari 500 \AA dikitari oleh *grain* yang lebih kecil. *Columnar grain* membuat seperti pada $T_s/T_m > 0,37$ dan pada temperatur yang lebih tinggi pertumbuhan *grain* bagian sisi dengan *grain size* yang lebih besar dari pada ketebalan film seperti terlihat pada Gambar 4.



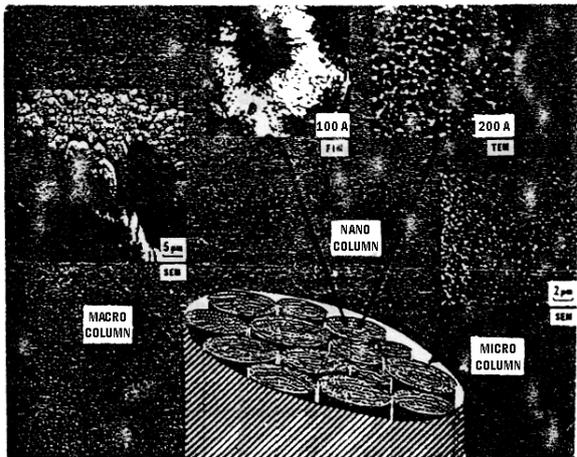
Gambar 4. Model-model zone dari film yang telah dievaporasi

Meskipun skema klasifikasi zone sama, morfologi zone I dan T berbeda. Zone I dan T adalah suatu zone transisi memiliki struktur yang dihasilkan oleh lanjutan renukleasi dari *grain* selama deposisi dan diikuti pertumbuhan *grain*. Hasilnya adalah dua bentuk struktur *grain* dari T. Struktur zone II adalah hasil dari *epitaxy granular* pertumbuhan *grain*. Variasi dalam struktur *grain*, zone I, T, dan II agaknya meningkat disebabkan perbedaan gerakan *grain boundaries* pada temperatur yang berbeda. Pada zone I, semua *grain boundaries* tidak bergerak dan pada zone II semuanya bergerak. Pertumbuhan *grain* yang lebih besar membentuk *columnar grain*, seperti terlihat pada Gambar 4. *Columnar grain* adalah suatu bentuk *microstructure* dari lapisan tipis (*thin film*). Untuk nilai $T_s/T_m > 0,37$ terjadi pertumbuhan dengan *grain size* lebih besar, seperti pada zone II, seluruh *grain* bergerak akibat pengaruh temperatur yang semakin tinggi. T_m adalah Melting Point dari material tertentu.



Gambar 5. Geometri deposisi dan electron micrograph dari film Al.

Dengan memperhatikan Gambar 5 dapat dikemukakan relasi antara sudut β dengan α adalah sebagai berikut: $\text{tg } \alpha = 2 \text{ tg } \beta$ dimana β adalah sudut antara substrat dengan columnar dan α adalah sudut antara flux vapor dengan normal substrat. Apabila kondisi gerakan atom rendah dengan $T_s/T_m < 0,5$, tiga struktur secara umum terbentuk yaitu nano, micro dan macro column. Secara skematik relasi ini terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Skema yang menggambarkan macro, micro, nano column dari film Ge

Penentuan Struktur Dari Kristal

Untuk menentukan struktur dari kristal CdS digunakan *X-Ray Diffraktometer* (XRD). Spektrum dan data hasil XRD akan diuji dengan cara membandingkan dengan data standard PDF (*Powder Diffraction File*) dan ASTM. PDF berisikan informasi tentang orientasi bidang kristal (hkl) untuk harga d (jarak bidang kristal) tertentu dan intensitas relatif yang juga tertentu seperti Tabel 1. Dari perbandingan ini akan dapat ditentukan orientasi bidang (hkl). Apabila dari semua data hasil XRD dapat diketahui orientasi bidang berdasarkan PDF, berarti sampel yang diuji mempunyai struktur hexagonal (Wurzite). Selanjutnya, berdasarkan harga (hkl) yang diperoleh dapat dilakukan perhitungan parameter kisi dengan menggunakan Persamaan (1).

$$\sin^2 \theta = \lambda^2 \left[\frac{(h^2 + hk + k^2)}{3a^2} + \frac{l^2}{4c^2} \right] \dots\dots (1)$$

Tabel 1. Data Standard PDF (*Powder Diffraction File*) dari CdS

d	3.16	3.58	3.36	3.58	CdS					
I/I ₁	100	75	60	75	Cadmium Sulfide (Greenockite)					
Rad. CuK α	λ 1.5405	Filter			d Å	I/I ₁	hkl	d Å	I/I ₁	hkl
Dta.	Cut off	Call			3.58	75	100	1.1249	8	302
I/I ₁	Diffractometer				3.36	60	002	1.0743	6	205
Ref.	HBS Circular 539 Vol IV: 15 – 16 (1955)				3.16	100	101	1.0540	2	214
Sys.	Hexagonal		S.G. P6 ₃ mg	(186)	2.450	25	102	1.0340	4	220
a ₀	4.136	b ₀	c ₀	6.713 Å	2.068	55	110	0.9934	4	310
α	β	γ	Z%		1.898	40	103	.9881	6	222
Ref.					1.791	18	200	.9842	6	116
α	n β 2.506	γ 2.529	Sign +		1.761	45	112	.9827	6	311
IV	D × 4.82 mp	Color Yellow			1.731	18	201	.9729	2	304
Ref.	Bama's System of Mineralogy 7 th Ed., Vol 1				1.679	4	004	.9533	10	215,312
Sample from R.C.A Spect. Analysis	t < 0.01% Al, B, Fe, Mg, S				1.581	8	202	.9265	2	107
X-ray pattern at 25 °C.	Ca, Cu.				1.520	2	104	.9081	8	313
					1.398	16	203	.8956	2	400
					1.3536	6	210	.8878	2	401
					1.3271	12	211	.8804	4	224
					1.3032	8	114	.8653	1	402

The sample was heated at 400 °C for 30 hours 1 × S atmos. To eliminate cubic phase.	1.2572	12	105	.8624	1	216
	1.2247	2	204	.8315	4	233
	1.1940	8	300	.8166	4	306
	1.1585	12	211	.8158	4	321

(American Crystallographic Association)

Penentuan Grain Size dari Sampel

Untuk menentukan apakah sampel yang dihasilkan memiliki ukuran dalam daerah butir (*grain*) ataukah partikel, berdasarkan data hasil XRD dilakukan perhitungan diameter *grain* menggunakan persamaan Scherrer (Cullity, 1978) sebagai berikut :

$$t = \frac{0,9\lambda}{B \cos \theta} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

- t* = diameter *grain*
- B* = FWHM (rad)
- θ* = sudut Bragg

Berhubung karena data hasil XRD belum mempunyai satuan yang sama dengan yang dituntut dalam Persamaan (2) seperti harga FWHM masih dalam satuan derajat, sedangkan besaran *B* dari Persamaan (2) dalam radian, maka perlu dikonversi dari satuan derajat ke dalam radian dengan perbandingan sebagai berikut:

$$1 \text{ derajat} = 1/57,3 \text{ radian} = 1,7452 \times 10^{-2} \text{ radian}$$

METODE PENELITIAN

Sebelum dilakukan analisa terhadap sampel terlebih dahulu dilakukan pembuatan sampel lapisan tipis CdS. Berikut ini akan dikemukakan teknik pembuatan lapisan tipis CdS dan besaran-besaran lain yang diatur selama proses. Eksperimen penelitian ini terdiri dari dua bagian, yaitu proses pembuatan sampel dan proses penentuan struktur lapisan tipis CdS yaitu menggunakan XRD.

Metode Pembuatan Sampel

Lapisan tipis CdS dibuat dengan menggunakan alat Universal Vakum Coater dari Leybold AG model Univex 450 yang

dilengkapi dengan pompa rotari TRIVAC D 65 B, pompa turbo TURBOVEC 1000 dengan frekuensi konverter NT 1000/1500 VH yang mampu memompa dengan laju 1000 Vs. Tekanan diukur dengan Combivac IT 230, sebagai sumber evaporasi, alat ini memakai *Thermal Evaporator Source AS 052*.

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan source dari bahan CdS berupa butiran-butiran. Sampel yang dibuat berupa lapisan tipis (*thin film*) yang menempel pada sebuah substrat. Substrat yang digunakan berupa gelas atau kaca preparat, berbentuk persegi dengan panjang 2,5 cm, lebar 2,5 cm, dan tinggi 0,1 cm. Untuk mendapatkan lapisan tipis dengan daya lengket tinggi dan untuk menghindari kontaminasi dari unsur lain, perlu dilakukan pembersihan substrat menggunakan *ultra sonic cleaner*, kemudian dikeringkan sampai benar-benar kering, setelah itu diletakkan pada masker aluminium dan ditempatkan dalam bejana vakum, dan kapal evaporasi dipasang. Source kristal CdS yang berupa butiran-butiran kecil (halus) dimasukkan ke dalam *crucible* (kapal evaporasi) jenis molybdenum. Setelah semua dicek dengan benar, dilakukan pengosongan udara dari bejana vakum secara bertahap.

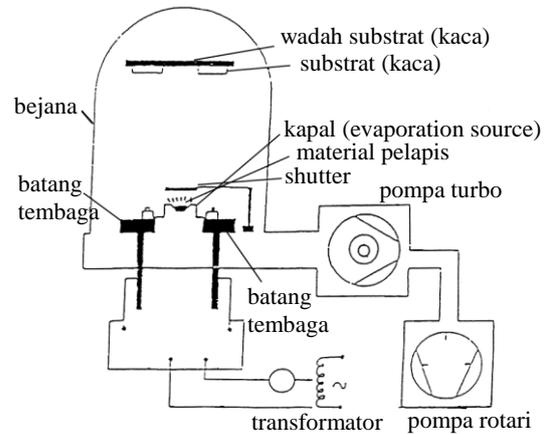
Untuk proses pemakuman, mula-mula pemompaan udara dilakukan dengan menggunakan pompa rotari sampai tekanan udara mencapai ± 10⁻¹ mbar, kemudian pompa turbo dihidupkan hingga mencapai tekanan 10⁻⁴-10⁻⁵ mbar. Sebaiknya tabung cukup dipanaskan sampai ± 70 °C, hal ini dilakukan untuk membantu melepaskan kotoran-kotoran yang melekat pada tabung. Untuk membersihkan permukaan substrat dilakukan proses *Glow Discharge* pada tekanan 10⁻⁴-10⁻⁵ mbar, dengan cara

memasukkan gas argon sampai tekanan dalam tabung mencapai 10^{-1} mbar, kemudian piringan *Glow Discharge* diberi arus sebesar 55 mA sehingga terjadi ionisasi gas argon. Argon yang terionisasi menumbuk substrat. Proses dapat dilihat pada tabung pengintai dengan ditandai menyalnya katoda dan anoda yang berwarna biru, proses *glow discharge* ini berlangsung kira-kira selama ± 20 menit sesuai dengan keinginan, makin lama makin baik. Setelah itu kran gas argon ditutup lagi. Proses pembersihan ini amat diperlukan karena dapat menghilangkan kotoran-kotoran terutama uap air yang tak dapat dilepaskan pada proses pembersihan sebelumnya. Proses *glow discharge* ini, terjadi pada tegangan ± 1000 Volt, yang mengakibatkan molekul-molekul gas Argon yang terdapat pada tabung vakum mendapat energi cukup besar untuk menumbuk partikel-partikel pengotor yang ada pada permukaan substrat, sehingga partikel-partikel pengotoran itu terlepas dari substrat.

Kemudian pemompaan dilanjutkan hingga mencapai orde 10^{-5} - 10^{-6} mbar dan tabung didinginkan $\pm 28,9$ °C. Keadaan tekanan yang cukup rendah ini diperlukan agar tidak terjadi tumbukan antara molekul-molekul udara dalam tabung vakum dengan partikel-partikel dari bahan pelapis saat evaporasi. Selama menunggu tekanan ini tercapai dapat dilakukan pengaturan kontrol Inficon, meliputi ketebalan, *density*, tolling faktor dan lain-lain.

Setelah tekanan mencapai 6×10^{-6} mbar, proses evaporasi thermal dapat dimulai. Pemberian arus dan tegangan dimulai dengan arus yang kecil sampai arus yang diinginkan, sehingga energi yang dihasilkan dapat digunakan untuk mengubah bahan atau source dari fase padat menjadi fase gas. Setelah ketebalan yang diinginkan tercapai sumber tegangan tinggi dimatikan. Dalam eksperimen ini dibuat lapisan tipis dengan substrat dipanaskan masing-masing 200 °C, 222 °C dan 250 °C. Gambar 7 memperlihatkan

bagian pembuatan lapisan tipis dengan cara evaporasi thermal dalam ruang vakum. Jumlah sampel yang akan dikarakterisasi adalah 5 sampel yaitu: 3 sampel bersuhu 200 °C, satu sampel bersuhu 222 °C dan satu sampel bersuhu 250 °C.

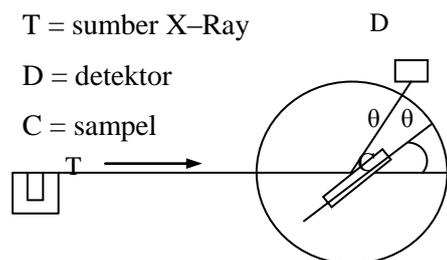


Gambar 7. Bagian pembuatan lapisan tipis dengan cara evaporasi thermal

Metode Pengukuran XRD Film Tipis CdS

Untuk menentukan parameter kisi dan orientasi bidang kristal, terlebih dahulu dilakukan XRD terhadap film tipis CdS. Instrumen ini berguna untuk mengetahui karakteristik dari suatu kristal. Cara kerjanya adalah sebagai berikut: Gambar 8 memperlihatkan berkas X-ray yang mengenai sampel (kristal) dihamburkan ke segala arah. Akibat keteraturan dari posisi atom penyusun kristal maka berkas sinar hambur akan mengalami interferensi secara konstruktif. Suatu X-Ray dengan panjang gelombang tertentu dikenakan pada kristal dengan sudut θ terhadap permukaan bidang Bragg yang berjarak d . Interferensi konstruktif dari X-Ray yang dihamburkan hanya akan terjadi, jika beda lintasannya memenuhi persamaan:

$$2d \sin \theta = n\lambda \dots\dots\dots (3)$$



Gambar 8. Diagram dari X-Ray difraktometer

Hasil X-Ray difraktometer ini adalah berupa spektrum yang dilengkapi dengan beberapa informasi seperti sudut 2θ (deg), intensitas relatif, FWHM (deg) dan lain-lain. Pada penelitian ini digunakan X-Ray Difraktometer XD-610 Shimadzu Japan dengan target $\text{CuK}\alpha$ dan $\text{CoK}\alpha$, pada tegangan generator 30 kV dan arus 30 mA.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Struktur Lapisan Tipis CdS

Dari hasil XRD diperoleh spektrum yang dilengkapi dengan informasi mengenai karakteristik untuk setiap sampel. Hasil XRD untuk 5 sampel dapat dilihat pada Gambar 9. Berdasarkan spektrum dan informasi dapat diketahui besaran-besaran

yang menggambarkan karakteristik setiap sampel yaitu sudut 2θ , jarak antara bidang Bragg (d), intensitas relatif, FWHM, dan lain-lainnya. Sedangkan dari spektrum hasil XRD dapat dilihat pada Gambar 9. Gambar 9 memperlihatkan sebagai berikut: Sampel CdS (1/200) mempunyai 4 puncak, CdS (2/200) mempunyai 5 puncak, CdS (3/200) dengan 5 puncak, CdS (6/222) ada 2 puncak; dan CdS (2/250) hanya satu. Berdasarkan nilai d dari setiap puncak spektrum akan ditentukan orientasi bidang kristal (hkl) dengan cara membandingkan dengan data standard PDF seperti Tabel 1. Untuk lebih jelasnya ada baiknya dikemukakan perhitungan parameter kisi dari salah satu sampel yaitu CdS (3/200) sebagai berikut: informasi dari hasil XRD CdS (3/200) adalah seperti Tabel 2.

Tabel 2 . Data hasil XRD dari sampel 3/200

2θ (deg)	d (Å)	I/I_1	FWHM (deg)	(hkl)
86,894	1,1201	1	0,609	302
75,188	1,2626	1	0,723	105
54,378	1,6857	4	0,441	004
47,441	1,9147	1	0,826	103
26,198	3,3987	100	0,407	002

Seperti yang dikemukakan terdahulu bahwa harga d untuk setiap puncak spektrum diuji dengan data PDF, kemudian setelah dibandingkan dengan data PDF diperoleh (hkl), untuk spektrum pertama dari sampel CdS 3/200 (hkl) nya yaitu 302 berarti $h=3$, $k=0$, dan $l=2$. Dengan cara yang sama dilakukan juga pada spektrum kedua diperoleh (hkl) 105, $h=1$, $k=0$, $l=5$. Selanjutnya dipergunakan Persamaan (1).

Untuk 302

$$\sin^2 \theta = \lambda^2 \left[\frac{3}{a^2} + \frac{1}{c^2} \right] \dots\dots\dots (4)$$

Untuk 105

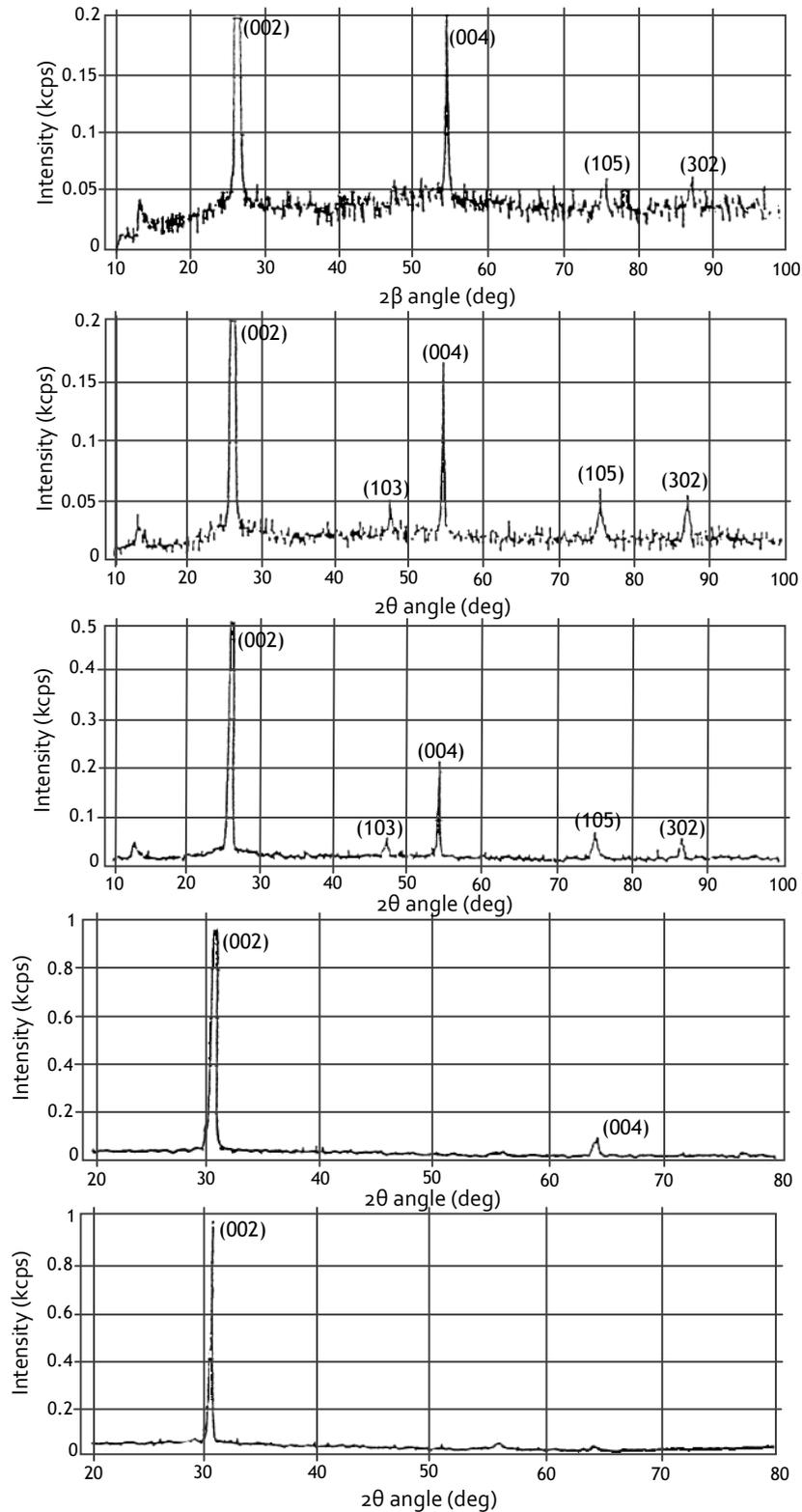
$$\sin^2 \theta = \lambda^2 \left[\frac{1}{3a^2} + \frac{25}{4c^2} \right] \times 9 \dots\dots\dots (5)$$

Sederhanakan kedua Persamaan (4) dan (5), kemudian kurangkan Persamaan (4) dengan (5), sehingga diperoleh harga parameter kisi $c = 6,751223333 = 6,751$. Kemudian masukkan harga c yang diperoleh ke dalam Persamaan (4), selesaikan persamaan tersebut maka diperoleh besarnya $a = 4,113039632 = 4,113$. Didasarkan hasil perhitungan parameter kisi a dan c ini, hitung harga perbandingan a/c yaitu: $a/c = 1,64141947$. Dengan diperoleh nilai a/c , langkah selanjutnya adalah menggunakan harga ini untuk menghitung parameter kisi untuk puncak spektrum yang lain pada sampel yang sama.

Harga (hkl) dan parameter kisi (a,c) yang diperoleh dari perhitungan ternyata berada sekitar harga ac standar, ini berarti bahwa sampel tadi mempunyai struktur

hexagonal (Wurzite). Berdasarkan Tabel 3 terlihat bahwa untuk kelima sampel memiliki orientasi bidang yang sama yaitu (002), dan sudut 2θ untuk tiga sampel pertama yaitu $26,3^\circ$ dan dua sampel

terakhir sudut 2θ sebesar $30,7^\circ$. Perbedaan sudut 2θ ini disebabkan karena atom target yang dipakai berbeda, yaitu Cu K α dengan $\lambda = 1,5405 \text{ \AA}$ dan Co K α dengan $\lambda = 1,7889 \text{ \AA}$.



Gambar 9. Spektrum hasil XRD dari 5 sampel CdS

Didasarkan hasil pengujian dengan data standard PDF dan perhitungan parameter kisi dapat disimpulkan bahwa sampel yang diselidiki memiliki struktur hexagonal (Wurzite), orientasi bidang (002).

Penentuan *Microstructure* Lapisan Tipis CdS

Nilai FWHM perlu dirubah dari derajat ke dalam radian sebagai berikut: $B = \text{FWHM} \times 1,745200698 \times 10^{-2}$ radian. Panjang gelombang (λ) adalah panjang gelombang dari foton sinar X yang dipakai dalam eksperimen XRD. Dengan memasukkan nilai besaran-besaran yang diperlukan dalam Persamaan (2), diperoleh hasil seperti tertera pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi hasil perhitungan parameter kisi dan diameter butir (*grain*)

Nama sampel	2θ (deg)	d (Å)	(hkl)	Parameter kisi		t (Å)
				a (Å)	c (Å)	
CdS 1/200	26,414	3,3713	(002)	4,109	6,74	201,98
	54,595	1,6796	(004)	4,094	6,72	188,21
	87,002	1,1190	(302)	4,109	6,74	137,7
	75,296	1,2610	(105)	4,109	6,74	106,9
CdS 2/200	26,306	3,3850	(002)	4,132	6,77	198,99
	54,486	1,6826	(004)	4,108	6,73	193
	75,405	1,2595	(105)	4,11	6,73	195,3
	47,550	1,9106	(103)	4,136	6,78	143
	87,002	1,1190	(302)	4,11	6,73	159,7
CdS 3/200	26,198	3,3987	(002)	4,141	6,797	200,4
	54,378	1,6857	(004)	4,108	6,74	202,5
	75,188	1,2626	(105)	4,113	6,75	138,7
	47,441	1,9147	(103)	4,139	6,795	105,1
	86,894	1,1201	(302)	4,113	6,75	179,7
CdS 6/222	30,733	3,3754	(002)		6,751	231,1
	64,341	1,6799	(004)		6,72	168,4
CdS 2/250	30,674	3,3817	(002)		6,763	229,4

Dari data Tabel 3 terlihat bahwa harga t (diameter *grain*) besarnya antara 105,1 sampai dengan 231,1 Å. Kalau diamati secara rinci untuk sampel CdS 1/200 besarnya nilai t yaitu dari 106,9 – 201,98 Å. Untuk sampel CdS 2/200 adalah antara 143 – 198,99 Å, sampel CdS 3/200 adalah antara 105,1 – 202,5 Å. Sampel CdS 6/222

adalah antara 164,4 dan 231,1 Å dan sampel CdS 2/250 besarnya t adalah 229,4. Dari kelima sampel yang diteliti memperlihatkan bahwa harga t yang mengalami deviasi yang kecil adalah CdS 2/200. Namun secara umum harga t ini berada disekitar 175 Å, ini berarti bahwa nilai t yang diperoleh belum sesuai dengan

pendapat Ohring (1992) yang mengatakan bahwa untuk $T_s/T_m < 0,2$, besarnya *grain* adalah 200 Å. Ditinjau dari posisi sampel CdS 2/200 pada saat deposisi, sampel ini berada tepat di atas source atau dengan kata lain fluks vapor tegak lurus terhadap bidang substrat, sedangkan dua sampel lain yang suhu substrat sama yaitu CdS 3/200 dan CdS 1/200 fluks vapor membentuk sudut dengan normal substrat. Hal ini memperlihatkan bahwa proses pertumbuhan *grain* dan tebalnya sampel dalam selang waktu yang sama adalah berbeda. Hal ini dapat dilihat dari perbandingan ketiga sampel yaitu pada suhu substrat, waktu deposisi sama tetapi posisi sampel berbeda, diperoleh tebal yang berbeda yaitu sampel CdS 1/200 adalah (0,51 Å), CdS 2/200 (1,0 Å), CdS 3/200 (0,51 Å), sedangkan dua sampel lain tidak cukup informasi untuk memberikan gambarannya. Kalau ditinjau dari zone pertumbuhan *grain*, dari perbandingan T_s/T_m maka sampel CdS berada pada zone I dan T, dengan arti kata bahwa *grain boundary* kurang bergerak bila dibandingkan dengan *grain boundary* pada zone II, karena pada zone II *grain* bergerak lebih bebas.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, perhitungan dan pembahasan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Semikonduktor CdS memiliki struktur hexagonal (Wurzite) dengan orientasi bidang (002) dan parameter kisi $a = (4,108-4,141)$ Å dan $c = (6,72-6,797)$ Å.
2. Semikonduktor CdS mempunyai *grain size* antara 105,1 sampai dengan 231,1 Å. Apabila dirata-ratakan nilai *grain size* untuk kelima sampel CdS, maka *grain size* sekitar 175 Å.
3. Zone pertumbuhan *grain* dari semikonduktor CdS berada pada zone I dan T, dengan arti kata bahwa *grain boundary* kurang bergerak.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (1960). **American Crystallographic Association.** (The Institute of Physics and The National Association of Corrosion Engineers), Philadelphia: Published by the Joint Committee on Powder Diffraction Standards
- Chemseddine, A. and M.L. Fearheiley. (1994). **Thin Solid Film.** 247: 3-7
- Cullity. (1978). **Element of X-Ray Diffraction.** Philippines: Addison Wesley Publishing Company Inc.
- Djamas, Djusmaini. (1998). **Karakterisasi Fisis Lapisan Tipis CdS Yang Dibuat Dengan Cara Evaporasi Thermal.** Laporan Penelitian, PGSM, IKIP Padang
- Kumazawa, S., Shibutani, S., T.Nishio. (1996). **Technical Digest Of The International. PUSEC 9.** Japan.
- Leon L. Maisal and Reinard Glang. (1990). **Hand Book of Thin Film Technology.** New York: McGraw Hill Company
- Milton Ohring. (1992). **The Material Sciences of Thin Film.** London: Academic Press Inc.
- Madelung, O. (). **Data in Sciences and Technology Semiconductor Group IV Element and III-V Compound.** London
- Pankove. (1971). **Optical Proseses in Semicoductors.** New York: Dover Publication
- Stillman, H. dan Wolfe. (1989). **Physical Properties of Semicoductors.** USA: Prentice Hall International Inc.
- Yasuhiro Tomita, Y. Hatanaka dan B.M. More. (1993). **Transaction on Electron Devices.** 40: 345-349

