

LAPORAN PENELITIAN

KARAKTERISASI FISIS LAPISAN TIPIS CdS YANG DIBUAT DENGAN CARA EVAPORASI THERMAL



Dra. Djusmaini Djamas, M.Si
(Ketua Peneliti)

Penelitian ini dibiayai oleh :
Proyek Pengkajian dan Penelitian Ilmu Pengetahuan Terapan
Sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian
Nomor : 019/P2IPT/DPPM/LITMUDN/1998 Tanggal 20 Mei 1998
Direktorat Pembinaan Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat
Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi
Departemen Pendidikan dan Kebudayaan

INSTITUT KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN PADANG
1999

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP. PADANG

LAPORAN PENELITIAN

**KARAKTERISASI FISIS LAPISAN TIPIS CdS YANG
DIBUAT DENGAN CARA EVAPORASI THERMAL**

Oleh :

**Dra. Djusmaini Djamas , M.Si
Dra. Festiyed, M.S
Dra. Murtiani Kari**

**LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN
LAPORAN AKHIR HASIL PENELITIAN DOSEN MUDA**

-
1. a. Judul Penelitian : Karakterisasi Fisis Lapisan Tipis CdS yang Dibuat Dengan Cara Evaporasi Thermal.
b. Macam Penelitian : Pengembangan.
c. Kategori : III
-
2. Ketua Peneliti
a. Nama Lengkap dan Gelar : Dra. Djusmaini Djamas, M.Si.
b. Jenis Kelamin : Perempuan.
c. Pangkat/Golongan/NIP : Pembina Tk.I/IV.b/ 130 889 746.
d. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala Madya.
e. Fakultas/Jurusan : Pended. Fisika FPMIPA IKIP Padang.
f. Univ/Inst/Akademi : IKIP Padang.
g. Bidang Ilmu yang Diteliti : Fisika Material.
-
3. Jumlah Tim Peneliti : 3 orang.
-
4. Lokasi Penelitian : Kampus UI Depok.
-
5. Jangka Waktu Penelitian : 10 bulan.
-
6. Biaya yang Diperlukan : Rp. 4.500.000,-
(Empat juta lima ratus ribu rupiah).
-

Padang, Oktober 1998

Ketua Peneliti


Dra. Djusmaini Djamas, M.Si.
NIP. 130 889 746



RINGKASAN

KARAKTERISASI FISIS LAPISAN TIPIS CdS YANG DIBUAT DENGAN CARA EVAPORASI THERMAL

(Djusmaini Djamas, Festiyed, Murtiani Kari; 1998, halaman).

Salah satu usaha untuk mengatasi keterbatasan sumber energi dewasa ini adalah dengan cara memanfaatkan sumber energi surya. Pemanfaatan energi surya dapat dilakukan dengan cara mengubahnya menjadi energi panas atau langsung menjadi energi listrik dengan menggunakan sel fotovoltaik (sel surya). Sel surya merupakan bahan semikonduktor yang mempunyai sambungan p-n (*p-n junction*). Bahan sel surya yang masih banyak dipakai sampai sekarang adalah silikon yang memiliki efisiensi 13,2 %. Silikon memiliki koefisien absorpsi lebih rendah dibandingkan dengan bahan lain misalnya CuInSe₂ dan CdS. CdS dapat dikombinasikan dengan CuInSe₂. Direncanakan akan dibuat divais sel surya CdS yang dikombinasikan dengan CuInSe₂. Untuk itu sebelum dilakukan *fabrication*, perlu diketahui karakteristik masing-masing *compound*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat optik dan listrik dari *compound* CdS, sehingga apabila dikombinasikan nanti dengan *compound* CuInSe₂ akan diperoleh sel surya seperti yang diharapkan.

Lapisan tipis CdS yang dideposisi diatas substrat kaca ($n = 1,51$) dengan temperatur substrat 200 °C, 222 °C dan 250 °C dan variasi ketebalan antara (0,51-1,0) μm dibuat menggunakan Metode PVD (*Physical Vaporation Deposition*). Selanjutnya pada lapisan tipis CdS dilakukan pengukuran sifat optik dan listriknya. Sifat optik meliputi penentuan indeks bias, koefisien absorpsi, energi gap dan struktur lapisan tipis CdS. Untuk mengetahui sifat optiknya digunakan alat UV-VIS-NIR spektrofotometri type Cary 2415 dan X-Ray Diffraktometer XD- 610 Shimadzu Japan. Pengukuran transmittansi dan reflektansi dilakukan pada daerah 400nm-800nm. Dari nilai-nilai transmittansi yang diperoleh dan menggunakan pendekatan R.Swanepoel dan memasukkan harga besaran-besaran yang diukur kedalam program komputer diperoleh besarnya indeks bias (n) sekitar 2,2 - 3,45, besar koefisien absorpsi (α) sekitar $(0,5 - 4,3) \times 10^4 / \text{cm}$ dan energi gap sekitar (2,31 - 2,35) eV. Sedangkan dengan XRD diperoleh bahwa puncak

difraksi yang paling kuat dari kelima sampel yaitu pada $d = (3,37-3,39) \text{ \AA}$, memiliki orientasi bidang (002) dan konstanta kisi sekitar $a = 4,132 \text{ \AA}$ dan $c = 6,77 \text{ \AA}$ serta struktur kristal adalah hexagonal (Wurzite). Untuk sifat listriknya, hasil pengukuran menunjukkan besarnya resistivitas listrik (ρ) lapisan tipis CdS pada temperatur kamar adalah sekitar $(0,81-6,5) \times 10^5 \Omega \text{ cm}$.

Jurusan Pendidikan Fisika Fakultas Pendidikan Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Keguruan Dan Ilmu Pendidikan Padang.

SUMMARY

THE PHYSICAL CHARACTERISTIC OF THE THIN FILM CdS WHICH IS MADE BY THERMAL EVAPORATION

(Djusmaini Djamal, Festiyed, Murtiani Kari ; 1998, halaman)

One way to overcome the limited source of energy today is to use the light energy. Using the light energy can be done by changing the heat energy or directly use as electric energy by using the solar cell. The solar cell is the cell to form semiconductor material which have p-n junction. The solar cell material, is still used today is silicon which has efficiency 13.2 %. Silicon has coefficient absorption lower than that of CuInSe₂ and CdS. The CdS can be combined with CuInSe₂ to make device solar cell. Before fabrication, it is needed to characterize each compound. The purpose of this research is to know the optic and electric properties from CdS, and its combination with compound CuInSe₂ to get the expected solar cell.

The sample of the thin film of CdS is deposited on glass substrate ($n=1,51$) at substrate temperature 200 °C, 222 °C and 250 °C and the thickness of variation between (0,51-1,0) μm are made by PVD (Physical Vaporation Deposition). Then the optical and electrical properties of that CdS are measured. The optical properties are refraction index, absorption coefficient, structure and gap energy. The optics properties are measured by UV-VIS-NIR Spektrofotometric type Cary 2415 and X-Ray Diffraction (XRD) XD-610 Shimadzu Japan. Transmittance and reflectance are measured at 400 nm-800 nm. From the value of this transmittance and R.Swanepoel approaching then calculation on computer program obtained refraction index (n) of 2,2-3,45, absorption coefficient (α) (0,5 - 4,3) $\times 10^4$ /cm and band gap energy (2,31 - 2,35) eV. XRD showed the strongest fraction from the five samples at $d = (3,37 - 3,39) \text{ \AA}$, preferential orientation at (002) and lattice constant at $a = 4,132 \text{ \AA}$ and $c = 6,77 \text{ \AA}$. CdS have a hexagonal structure

(Wurzite). The electrical properties of CdS, showed the electrical resistivity (ρ) at room temperature at $(0,81 - 6,5) \times 10^{-5} \Omega \text{ cm}$.

PENGANTAR

Kegiatan penelitian merupakan bagian dari darma perguruan tinggi, di samping pendidikan dan pengabdian kepada Masyarakat. Kegiatan penelitian ini harus dilaksanakan oleh IKIP Padang yang dikerjakan oleh staf akademiknya dalam rangka meningkatkan mutu pendidikan, melalui peningkatan mutu staf akademik, baik sebagai dosen maupun peneliti.

Kegiatan penelitian ini mendukung pengembangan ilmu serta terapannya. Dalam hal ini, Lembaga Penelitian IKIP Padang berusaha mendorong dosen untuk melakukan penelitian sebagai bagian yang tidak terpisahkan dari kegiatan mengajarnya, baik yang secara langsung dibinai oleh dana IKIP Padang maupun dana dari sumber lain yang relevan atau bekerja sama dengan instansi terkait. Oleh karena itu, peningkatan mutu tenaga akademik peneliti dan hasil penelitiannya dilakukan sesuai dengan tingkatan serta kewenangan akademik peneliti.

Kami menyambut gembira usaha yang dilakukan peneliti untuk menjawab berbagai permasalahan pendidikan, baik yang bersifat interaksi berbagai faktor yang mempengaruhi praktek kependidikan, penguasaan materi bidang studi, ataupun proses pengajaran dalam kelas yang salah satunya muncul dalam kajian ini. Hasil penelitian seperti ini jelas menambah wawasan dan pemahaman kita tentang proses pendidikan. Walaupun hasil penelitian ini mungkin masih menunjukkan beberapa kelemahan, namun saya yakin hasilnya dapat dipakai sebagai bagian dari upaya peningkatan mutu pendidikan pada umumnya. Kami mengharapkan di masa yang akan datang semakin banyak penelitian yang hasilnya dapat langsung diterapkan dalam peningkatan dan pengembangan teori dan praktek kependidikan.

Hasil penelitian ini telah ditelaah oleh tim pereviu usul dan laporan penelitian Lembaga Penelitian IKIP Padang, yang dilakukan secara "blind reviewing". Kemudian diseminarkan yang melibatkan dosen fakultas IKIP Padang untuk tujuan diseminasi. Mudah-mudahan penelitian ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pada umumnya dan peningkatan mutu staf akademik IKIP Padang.

Pada kesempatan ini kami ingin mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang membantu terlaksananya penelitian ini, terutama pada Proyek Peningkatan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, lembaga terkait yang menjadi objek penelitian, responden yang menjadi sampel penelitian, dan tim pereviu Lembaga Penelitian IKIP Padang yang telah memberi masukan untuk penyempurnaan laporan penelitian ini. Kami yakin tanpa dedikasi dan kerjasama yang terjalin selama ini, penelitian ini tidak akan dapat diselesaikan sebagaimana yang diharapkan, kerjasama yang baik ini diharapkan akan menjadi lebih baik lagi di masa yang akan datang.

Terima kasih.

Padang, Maret 1999

Ketua Lembaga Penelitian
IKIP Padang,



Kumaidi
Drs. Kumaidi, MA., Ph.D.
NIP 130605231

DAFTAR ISI

	hal.
Lembar Identitas dan Pengesahan	i
Ringkasan	ii
Summary	iv
Pengantar	vi
Daftar Isi	vii
Daftar Tabel	viii
Daftar Gambar	ix
BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Dan Batasan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian	3
D. Metoda Penelitian	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Sifat dan Struktur CdS	5
B. Pendekatan R.Swanepoel Dalam Menentukan Sifat Optik Lapisan Tipis	6
C. Sifat Optis Semikonduktor	11
D. Penentuan Struktur Dari Kristal	14
E. Resistivitas Semikonduktor	15
BAB III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	
A. Tujuan Penelitian	18
B. Manfaat Penelitian	19
BAB IV. METODA EXPERIMENT	
A. Metoda Pembuatan Sampel	20
B. Metoda Pengukuran	23
BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Sifat Optis Dari Lapisan Tipis CdS	33
B. Sifat Listrik Dari Lapisan Tipis CdS	58
BAB VI. KESIMPULAN	59
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN	63

DAFTAR TABEL

Tabel	hal.
2.1. Data Standard PDF dari CdS	15
5.1. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Besaran-Besaran Optik dan Listrik Dari Lapisan Tipis CdS	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar	hal.
1.1. Variasi Koefisien Absorpsi (α) Terhadap Energi Dari Beberapa Material Semikonduktor	2
2.1. Struktur Wurzite (Hexagonal) Dari CdS	6
2.2. Sistem Absorpsi Lapisan Tipis Pada Substrat Transparan	6
2.3. Spektrum Transmisi Untuk Film a-Si:H Dengan Ketebalan 1 μ m	7
2.4. Direct Transisi Dari Elektron Dalam Semikonduktor	12
4.1. Bagan Pembuatan Lapisan Tipis Dengan Cara Evaporasi Thermal	23
4.2. Diagram Skematik Dari Spektrofotometri UV_VIS_NIR Yang Dipergunakan Dalam Experiment	26
4.3. Jalan Cahaya Dan Besar Intensitas Dalam Pembuatan Baseline	27
4.4. Jalan Cahaya Pada Saat Pengukuran Reflektansi Sampel	28
4.5. Diagram Dari X-Ray Diffraktometer	29
4.6. Titik Pengukuran Arus Dan Tegangan Lapisan Tipis	30
4.7. Pengukuran Tegangan Sumber Dan Tegangan Melalui Resistansi (V_r)	31
5.1. Spektrum Transmisi/Reflektansi Untuk Lapisan Tipis CdS (1/200)	34
5.2. Spektrum Transmisi/Reflektansi Untuk Lapisan Tipis CdS (2/200)	35
5.3. Spektrum Transmisi/Reflektansi Untuk Lapisan Tipis CdS (3/200)	36
5.4. Spektrum Transmisi/Reflektansi Untuk Lapisan Tipis CdS (6/222)	37
5.5. Spektrum Transmisi/Reflektansi Untuk Lapisan Tipis CdS (2/250)	38
5.6. Grafik Hubungan Antara Indeks Bias Dengan Panjang Gelombang Untuk Sampel CdS (1/200)	40
5.7. Grafik Hubungan Antara Indeks Bias Dengan Panjang Gelombang Untuk Sampel CdS (2/200)	41
5.8. Grafik Hubungan Antara Indeks Bias Dengan Panjang Gelombang Untuk Sampel CdS (3/200)	42
5.9. Grafik Hubungan Antara Indeks Bias Dengan Panjang Gelombang Untuk Sampel CdS (6/222)	42

5.10. Grafik Hubungan Antara Indeks Bias Dengan Panjang Gelombang Untuk Sampel CdS (2/250)	43
5.11. Grafik Hubungan Antara Koefisien Absorpsi (α) Dengan Energi (eV) Untuk Sampel CdS (1/200)	45
5.12. Grafik Hubungan Antara Koefisien Absorpsi (α) Dengan Energi (eV) Untuk Sampel CdS (2/200)	46
5.13. Grafik Hubungan Antara Koefisien Absorpsi (α) Dengan Energi (eV) Untuk Sampel CdS (3/200)	47
5.14. Grafik Hubungan Antara Koefisien Absorpsi (α) Dengan Energi (eV) Untuk Sampel CdS (6/222)	48
5.15. Grafik Hubungan Antara Koefisien Absorpsi (α) Dengan Energi (eV) Untuk Sampel CdS (2/250)	49
5.16. Grafik Hubungan Antara $(\alpha h\nu)^2$ Dengan Energi (eV) Untuk Sampel CdS (1/200)	51
5.17. Grafik Hubungan Antara $(\alpha h\nu)^2$ Dengan Energi (eV) Untuk Sampel CdS (2/200)	51
5.18. Grafik Hubungan Antara $(\alpha h\nu)^2$ Dengan Energi (eV) Untuk Sampel CdS (3/200)	53
5.19. Grafik Hubungan Antara $(\alpha h\nu)^2$ Dengan Energi (eV) Untuk Sampel CdS (6/222)	53
5.20. Grafik Hubungan Antara $(\alpha h\nu)^2$ Dengan Energi (eV) Untuk Sampel CdS (2/250)	54
5.21. Spektrum Hasil XRD Dari 5 Sampel CdS	56

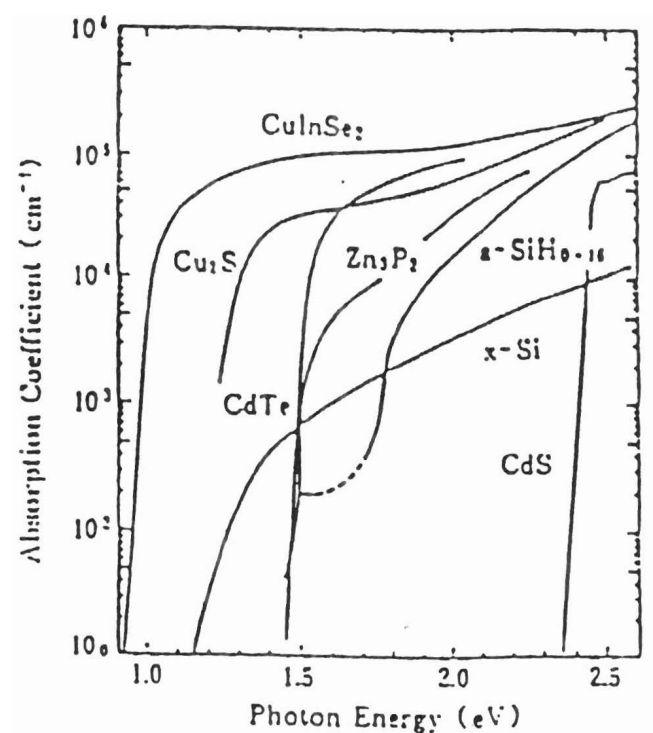
BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Salah satu usaha untuk mengatasi keterbatasan sumber energi dewasa ini adalah dengan cara memanfaatkan sumber energi surya. Pemanfaatan energi surya dapat dilakukan dengan cara mengubahnya menjadi energi panas atau langsung menjadi energi listrik dengan menggunakan sel fotovoltaik. Sel surya (sel fotovoltaik) merupakan bahan semikonduktor yang mempunyai sambungan p-n (*pn junction*). Semikonduktor memiliki sifat fisis seperti sensitif terhadap temperatur, cahaya, medan magnet dan listrik. Inilah yang menyebabkan semikonduktor menjadi salah satu material terpenting dalam bidang elektronika dan 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 1.1. CdS dapat dikombinasikan dengan CuInSe_2 [1]. 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, sehingga apabila kedua bahan ini dibuat devais, diharapkan akan diperoleh sel surya yang memiliki efisiensi tinggi. Dari Gambar 1.1 terlihat kedua bahan tersebut diatas mempunyai koefisien absorpsi yang besar yaitu $10^4 / \text{cm}$. Hal ini juga didukung oleh pendapat para ahli peneliti yang mengatakan dalam riset untuk sel surya yang menghasilkan efisiensi tinggi adalah menggunakan bahan compound II-VI dan

compound I-III-VI[2]. 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 CuInSe₂.



Gambar 1.1. Variasi koefisien absorpsi (α) terhadap energi dari beberapa material semikonduktor [3]

B. Identifikasi Dan Batasan Masalah

Suatu bahan / materi akan memiliki karakteristik yang berbeda- beda baik ditinjau dari sifat listrik, magnet dan sifat optiknya. Dari sifat optik antara lain akan dapat dilihat bagaimana indeks biasnya, strukturnya, koefisien serapnya , proporsi atom penyusunnya,

bagaimana reflektansi dan transmittansinya. Sedangkan dari sifat listriknya akan dapat dilihat bagaimana konsentrasi pembawa muatan, resistivitas, fotokonduktivitas, tegangan Hall dan lain sebagainya. Tetapi dalam penelitian ini peneliti hanya akan membatasi pada masalah Optik dan listrik saja. Sifat optik yang diteliti hanya meliputi bagaimana reflektansi dan transmittansi, dan dari sini akan dapat diketahui besaran-besaran optik yang lain. Sedangkan sifat listrik yang diteliti hanya mengenai resistivitasnya saja.

C. Tujuan Penelitian

Untuk memperoleh gambaran tentang penelitian ini ada baiknya dikemukakan bahwa tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat optis dan sifat listrik dari lapisan tipis CdS. Sifat optis yang diteliti meliputi penentuan koefisien absorpsi, indeks bias, energi gap dan struktur lapisan tipis CdS. Dari nilai transmittansi dapat ditentukan besarnya koefisien absorpsi, indeks bias dan energi gap dengan menggunakan pendekatan R.Swanepoel dan struktur lapisan tipis CdS dapat diketahui melalui hasil *X-Ray Diffraction*. Sedangkan sifat listrik yang diteliti adalah mengenai resistivitas listrik (ρ) dari lapisan tipis CdS

D. Metoda Penelitian

Metoda pembuatan lapisan tipis CdS dalam eksperimen ini adalah metode PVD (Physical Vapour Deposition) dan co evaporasi yang merupakan salah satu cara evaporasi dengan menggunakan evaporasi thermal. Sistem ini terdiri dari suatu sistem vakum, sebuah *crucible* (sumber pemanas) sebagai tempat sumber (source) CdS yang

akan dideposisikan pada substrat, yang juga dilengkapi dengan sensor untuk mengukur ketebalan yang diinginkan. Kemudian lapisan tipis yang dihasilkan akan dikarakterisasi sifat optik dan listriknya.

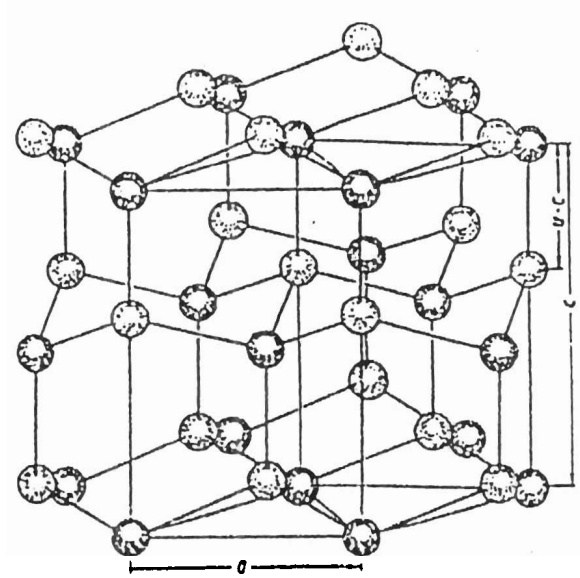
Penelitian tentang parameter-parameter optik dilakukan dalam daerah panjang gelombang $0,4 \mu\text{m}$ sampai $0,8 \mu\text{m}$ guna untuk mendapatkan besaran transmittansi dan reflektansi sebagai fungsi dari panjang gelombang (λ) atau energi (E). Disamping itu untuk menentukan struktur dari lapisan tipis dilakukan dengan XRD, memakai target Cobalt dan Cuprum pada tegangan 30 kV dan arus 30 mA. Selanjutnya data hasil XRD dianalisa dengan cara membandingkannya dengan data standard PDF (*Powder Diffraction File*) dan ASTM. Untuk menentukan resistivitas listrik yaitu dengan cara menempatkan lapisan tipis dalam suatu rangkaian tertutup (secara manual) yang dilengkapi dengan *High Voltage Power Supply* (0,5 kV,max 2 mA), mikrovoltmeter serta sebuah resistansi $1 \text{ k}\Omega$, hal ini dilakukan karena dengan metoda *four point probe* harga resistivitasnya tidak terukur.

BAB II

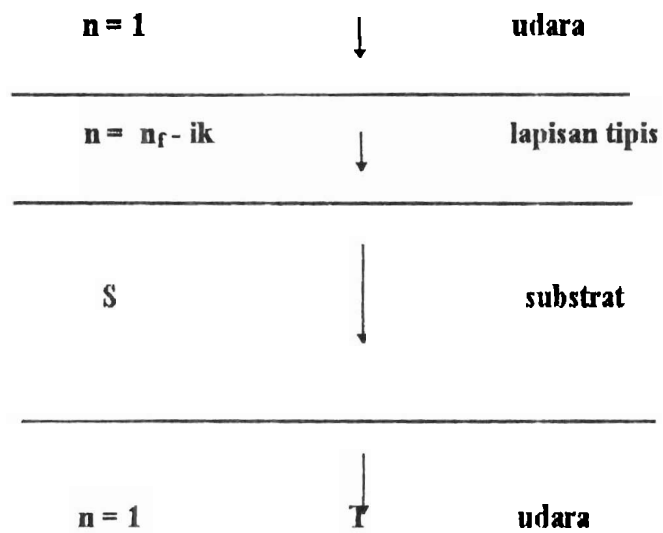
TINJAUAN PUSTAKA

A. Sifat Dan Struktur CdS

CdS berasal dari keluarga binary compound II-VI. Bahan ini membentuk kristal dengan struktur Wurzite (hexagonal) seperti Gambar 2.1, 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 [4]. Disamping itu CdS adalah material yang memiliki band gap yang lebar yaitu $2,42 \text{ eV}$ [5], sehingga dapat digunakan sebagai window layer [2]. Seperti pada gambar 2.2 terlihat bahwa CdS mempunyai koefisien absorpsi sekitar $10^4 / \text{cm}$, sehingga memungkinkan untuk dibuat sebagai bahan dasar sel surya . Disamping itu bahan ini mempunyai efisiensi konversi yang cukup tinggi bila dibandingkan dengan silikon , yaitu sebesar $5,2 \%$ (600 \AA) [2,6]. Untuk semikonduktor dengan *direct band gap* , nilai α lebih besar pada panjang gelombang yang pendek [7]. Panjang gelombang dibawah 500 nm diserap oleh CdS yang mempunyai resistivitas rendah [8]. Disamping 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 [7]. 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 $10^6 \Omega \text{ cm}$ [8].



Gambar 2.1. Struktur Wurzite (hexagonal) dari CdS [6]



Gbr. 2.2. Sistem absorpsi lapisan tipis pada substrat yang transparan [9]

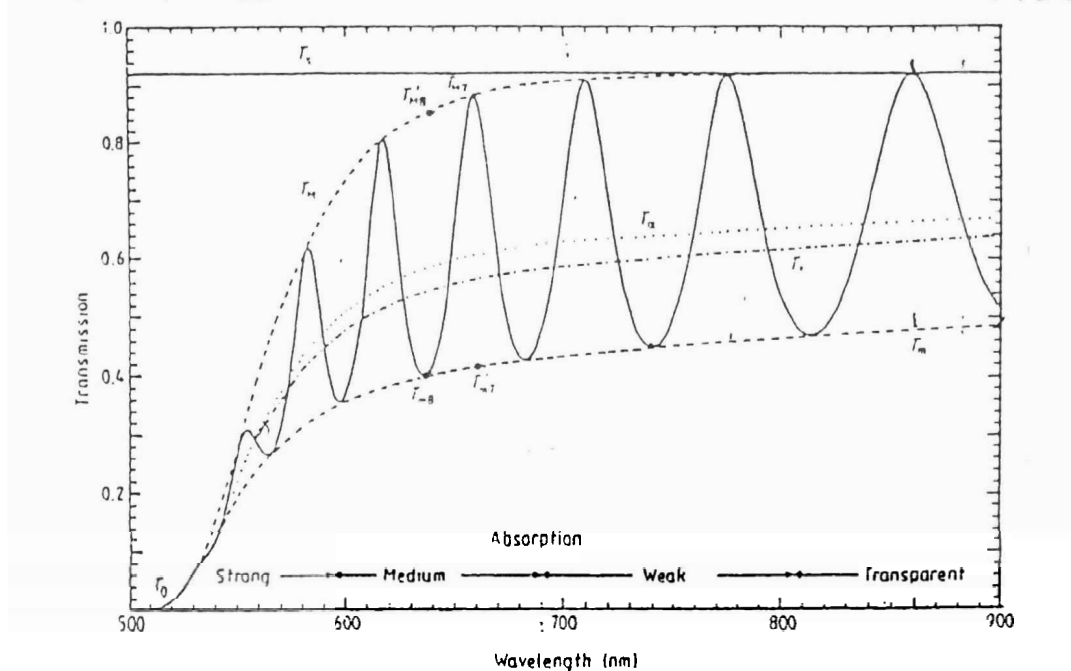
B. Pendekatan R.Swanepoel Dalam Menentukan Sifat Optik Lapisan Tipis

Gbr. 2.2 memperlihatkan sebuah lapisan tipis pada substrat transparan. Indeks bias substrat adalah S , lapisan tipis dengan ketebalan d mempunyai indeks bias $n = n_r - ik$,

dimana n_r adalah indek bias riil dan k adalah koefisien extinction yang bisa dinyatakan dalam bentuk koefisien α dengan persamaan :

$$k = \frac{\alpha\lambda}{4\pi} \quad (2.1)$$

Ketebalan lapisan tipis d dapat ditentukan melalui perhitungan spektrum transmisi seperti Gambar 2.3 . Dari Gambar 2.3 terlihat bahwa spektrum transmisi secara kasar dapat dibagi menjadi 4 daerah absorpsi yaitu daerah absorpsi transparan $\alpha = 0$, daerah absorpsi lemah dan daerah absorpsi medium serta absorpsi kuat. Freeman dan Paul (1979) menggunakan kurva transmisi smooth ini untuk menentukan $\alpha(\lambda)$ [9].



Gambar 2.3 Spektrum transmisi untuk film a. Si ; H dengan ketebalan 1 μm [9]

Transmisi T untuk keadaan Gambar 2.3 merupakan fungsi kompleks dan persamaannya dapat dinyatakan dengan:

$$T = T(\lambda, S, n, d, \alpha) \quad (2.2)$$

Jika S diketahui, Persamaan (2.2) dapat ditulis dalam bentuk $n(\lambda)$ dan absorptansi $x(\lambda)$, dimana x adalah seperti yang didefinisikan dalam Persamaan (2.5f), sehingga

$$T = T(n, x) \quad (2.3)$$

Pernyataan pada Lampiran C akan lebih sederhana jika $k = 0$, sehingga persamaan menjadi

$$T = \frac{Ax}{B - Cx \cos \phi + Dx^2} \quad (2.4)$$

dimana :

$$A = 16n^2S \quad (2.5a)$$

$$B = (n+1)^3(n+S^2) \quad (2.5b)$$

$$C = 2(n^2-1)(n^2-S^2) \quad (2.5c)$$

$$D = (n-1)^3(n-S^2) \quad (2.5d)$$

$$\Phi = \frac{4\pi nd}{\lambda} \quad (2.5e)$$

$$x = \exp(-\alpha d) \quad (2.5f)$$

Dari Gambar 2.3, transmisi maksimum (T_M) dan transmisi minimumnya (T_m) dapat ditentukan dengan persamaan :

$$T_M = \frac{Ax}{B - Cx + Dx^2} \quad (2.6)$$

dan

$$T_m = \frac{Ax}{B + Cx + Dx^2} \quad (2.7)$$

Untuk analisa, T_M dan T_m sekarang dipandang sebagai fungsi kontinu dari panjang

gelombang (λ), demikian juga untuk $n(\lambda)$ dan $x(\lambda)$ seperti ditunjukkan oleh envelope dalam Gambar 2.3. Untuk harga panjang gelombang tertentu, T_M berhubungan dengan T_m sebagai contoh yang ditunjukkan pada Gambar 2.3, T_M mempunyai hubungan dengan T_m [9].

Kemudian melalui model spektrum transmisi yang ditunjukkan Gambar 2.3, akan digunakan untuk menentukan indeks bias (n), dan koefisien absorpsi (α), Untuk itu dipilih pada daerah absorpsi lemah dan absorpsi medium ($\alpha \neq 0, x < 1$) yaitu dengan mengurangkan reciprocal Persamaan (2.6) dari reciprocal Persamaan (2.7), maka diperoleh :

$$\frac{1}{T_m} - \frac{1}{T_M} = \frac{2C}{A} \quad (2.8)$$

Dengan mensubstitusikan Persamaan (2.5) kedalam Persamaan (2.8), diperoleh persamaan untuk indek bias (n) sebagai berikut :

$$n = [N + (N^2 - S^2)^{1/2}]^{1/2} \quad (2.9)$$

dimana :

$$N = 2S \frac{T_M - T_m}{T_M T_m} + \frac{S^2 + 1}{2}$$

Jika semua konstanta dalam Persamaan(2.5) serta indeks bias(n) diketahui,maka koefisien absorpsi lapisan tipis dapat dihitung dengan menjumlahkan reciprocal Persamaan (2.6) dengan (2.7) sehingga dihasilkan :

$$\frac{2 T_M T_m}{T_M + T_m} = \frac{Ax}{B + Dx^2} \quad (2.10)$$

sehingga harga x dapat ditulis dalam bentuk persamaan :

$$x = \frac{F - [F^2 - (n^2 - 1)^3(n^2 - S^4)]^{1/2}}{(n - 1)^3(n - S^2)} \quad (2.11)$$

dimana :

$$F = \frac{8n^2S}{T_i}$$

dan

$$T_i = \frac{2T_M T_m}{T_M + T_m}$$

Selanjutnya besar koefisien absorpsi (α) dapat ditentukan dengan memakai Persamaan:

$$\alpha = -\frac{\ln x}{d} \quad (2.12)$$

dimana d adalah ketebalan lapisan tipis. Untuk menghitung indeks bias substrat (S) di daerah transparan ($\alpha=0, x=1$) yaitu dengan memasukkan Persamaan (2.5a),(2.5b),(2.5c),(2.5d) dan (2.5f) ke Persamaan (2.6) sehingga diperoleh Persamaan sebagai berikut:

$$T_{MS} = \frac{2S}{S^2 + 1}$$

atau

$$S = \frac{1}{T_{MS}} + \left(\frac{1}{T_{MS}^2} - 1 \right)^{1/2} \quad (2.13)$$

dimana T_{MS} adalah transmisi maksimum untuk daerah transparan (substrat kaca).

Selanjutnya untuk menentukan ketebalan lapisan tipis dipakai persamaan dasar dari interferensi gelombang

$$2nd = m\lambda \quad (2.14)$$

Interferensi maksimum pertama terjadi pada puncak gelombang pertama, bila beda lintasan 2 gelombang adalah :

$$m\lambda_1 = 2n_1d \quad (2.15)$$

Interferensi berikutnya terjadi apabila :

$$(m+1)\lambda_2 = 2n_2d \quad (2.16)$$

Dengan melakukan penyederhanaan Persamaan (2.15) dan (2.16) kemudian mengurangkannya diperoleh persamaan :

$$d = \frac{\lambda_1\lambda_2}{2(\lambda_1n_2 - \lambda_2n_1)} \quad (2.17)$$

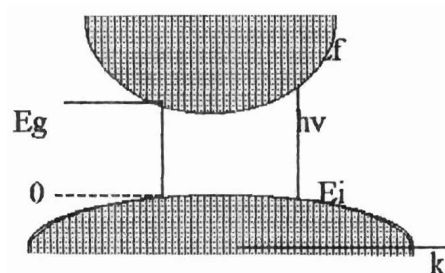
Dengan memasukkan kedalam program komputer dan melakukan interpolasi, maka diperoleh nilai ketebalan lapisan tipis (d).

C. Sifat Optis Semikonduktor.

Apabila cahaya datang pada suatu semikonduktor maka akan terjadi penomena optis seperti absorpsi, refleksi dan transmisi. Dari efek optis ini akan diperoleh informasi tentang struktur pita energi dan proses yang terjadi pada elektron dalam semikonduktor. Absorpsi dinyatakan dengan koefisien absorpsi $\alpha(h\nu)$ yang didefinisikan sebagai laju penurunan relatif dari intensitas cahaya $L(h\nu)$ sepanjang lintasan perambatannya yaitu :

$$\alpha(h\nu) = \frac{d[L(h\nu)]}{L(h\nu)dx} \quad (2.18)$$

Proses yang dialami elektron antara lain adalah transisi antar pita energi, eksiton, antar sub pita energi, impuritas dan lainnya. Namun apabila absorpsi fundamental terjadi, menyebabkan transisi elektron dari pita valensi ke pita konduksi. Hal ini dapat diamati adanya kenaikan yang cepat pada spektrum absorpsi, sehingga dapat diketahui besarnya energi gap. Karena proses transisi harus memenuhi aturan seleksi tertentu, penaksiran harga energi gap dari tepi absorpsi (absorption edge) bukan merupakan proses yang diperoleh secara langsung.



Gambar 2.4. Direct transisi dari elektron dalam semikonduktor [10].

Karena momentum foton besarnya h/λ (λ adalah panjang gelombang cahaya) besarnya sekitar ribuan angstrom, jauh lebih kecil dibandingkan dengan momentum kisi yaitu h/a (a adalah konstanta kisi) sekitar beberapa angstrom, proses absorpsi foton harus memenuhi hukum kekekalan momentum elektron. Koefisien absorpsi $\alpha(h\nu)$ untuk energi

foton tertentu adalah sebanding dengan probabilitas P_{if} untuk transisi dari tingkat energi awal ke tingkat energi akhir, sebanding dengan rapat keadaan awal n_i dan akhir n_f yang tersedia. Besar koefisien absorpsi merupakan jumlah dari semua transisi yang mungkin antara keadaan-keadaan energi yang terpisah sebesar $h\nu$:

$$\alpha(h\nu) = A \sum P_{if} n_i n_f \quad (2.19)$$

Pada Gambar 2.4 memperlihatkan keadaan awal dan keadaan akhir untuk *direct* transisi. *Direct* transisi terjadi ditentukan oleh energi foton dan struktur pita energi. Relasi antara keadaan energi awal E_i dengan keadaan energi akhir E_f akan memenuhi persamaan :

$$E_f = h\nu - |E_i| \quad (2.20)$$

Pada pita energi parabola berlaku Persamaan :

$$E_f - E_g = \frac{\hbar^2 k^2}{2m_s^*} \quad (2.21)$$

$$E_i = \frac{\hbar^2 k^2}{2m_h^*} \quad (2.22)$$

sehingga diperoleh :

$$h\nu - E_g = \frac{\hbar^2 k^2}{2} \left[\frac{1}{m_s^*} + \frac{1}{m_h^*} \right] \quad (2.23)$$

Rapat keadaan yang bersesuaian dengan keadaan diatas adalah :

$$\begin{aligned}
 N(h\nu)d(h\nu) &= \frac{8\pi k^2 dk}{(2\pi)^3} \\
 &= \frac{(2m_r)^{3/2}}{2\pi^2 \hbar^3} (h\nu - E_g)^{1/2} d(h\nu)
 \end{aligned}
 \tag{2.24}$$

dimana m_r adalah massa reduksi yang dirumuskan dengan : $\frac{1}{m_r} = \frac{1}{m_e^*} + \frac{1}{m_h^*}$

Besarnya koefisien absorpsi untuk transisi langsung (direct transition) dinyatakan dalam bentuk Persamaan :

$$\alpha(h\nu) = A^* (h\nu - E_g)^{1/2}
 \tag{2.25}$$

dimana besarnya A^* adalah :

$$A^* \approx q^2 \frac{\left(2 \frac{m_h^* m_e^*}{m_h^* + m_e^*} \right)^{1/2}}{nch^2 m_e^*}$$

D. Penentuan Struktur Dari Kristal

Untuk menentukan struktur dari kristal CdS digunakan *X-Ray Difraktometer* (XRD). Spektrum dan data hasil XRD akan diuji dengan cara membandingkannya 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 2.1. Dari perbandingan ini akan dapat ditentukan orientasi bidang (hkl). Apabila dari semua data hasil XRD dapat diketahui orientasi bidang berdasarkan PDF CdS, berarti sampel yang kita uji mempunyai struktur hexagonal (Wurzite). Selanjutnya berdasarkan harga (hkl) yang diperoleh dapat dilakukan

perhitungan parameter kisi dengan menggunakan rumus yang sesuai. Dari hasil perhitungan akan diperoleh harga parameter kisi (a, c). Kemudian hasil perhitungan parameter kisi (a, c) dibandingkan dengan parameter kisi standard guna untuk lebih menyakinkan bahwa sampel lapisan tipis yang dibuat telah sesuai dengan yang diharapkan (sesuai dengan sumbernya).

Tabel 2.1. Data Standard PDF (Powder Diffraction File) dari CdS [11]

d	3.16	3.58	3.36	3.58	CdS					
L/I ₁	100	75	60	75	CADMIUM SULFIDE (GREENOCKITE)					
Rad. CuK α	λ 1.5405	Filter Ni			d Å	L/I ₁	hkl	d Å	L/I ₁	hkl
Dia.	Cut off	Coil			3.58	75	100	1.1249	8	302
L/I ₁ DIFFRACTOMETER		d corr. abs.?			3.36	60	002	1.0743	6	205
Ref. NBS CIRCULAR 539 VOL IV pp 15-16 (1955)					3.16	100	101	1.0540	2	214
					2.450	25	102	1.0340	4	220
					2.068	55	110	0.9934	4	310
Sys. HEXAGONAL		S.G. P ₆ mc (186)			1.898	40	103	.9881	6	222
a 4.136 b ₁		c ₁ 6.713 Å			1.791	13	200	.9842	6	116
c β		γ Z 2			1.761	45	112	.9827	6	311
Ref. IBID.					1.731	18	201	.9729	2	304
					1.679	4	004	.9533	10	215, 312
n_D	n_D 2.5061 γ 2.529	Sign +			1.581	8	202	.9265	2	107
IV	D _x 4.82 mp	Color YELLOW			1.520	2	104	.9081	8	313
Ref. JANA'S SYSTEM OF MINERALOGY 7TH ED., VOL. 1					1.398	16	203	.8956	2	400
					1.3536	6	210	.8878	2	401
SAMPLE FROM R.C.A. SPECT. ANALYSIS <0.01% AL, B, FE, MG, SI <0.001% CA, CU.					1.3271	12	211	.8804	4	224
X-RAY PATTERN AT 25°C.					1.3032	8	114	.8653	4	402
THE SAMPLE WAS HEATED AT 400°C FOR 30 HOURS IN 5 ATMOS. TO ELIMINATE CUBIC PHASE.					1.2572	12	105	.8624	4	215
					1.2247	2	204	.8315	4	403
					1.1940	8	300	.8166	4	306
					1.1585	12	212	.8158	4	321

E. Resistivitas Semikonduktor

Sifat dasar dari listrik adalah resistivitas (ρ). Besarnya resistivitas merupakan kebalikan dari konduktivitas (σ) atau $\rho = \frac{1}{\sigma}$. Sebelum sampai pada rumusan resistivitas

ada baiknya dibahas terlebih dahulu tentang konduktivitas. Konduktivitas suatu bahan semikonduktor tergantung pada konsentrasi elektron atau hole serta mobilitas pembawa muatan dan dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan :

$$\sigma = ne\mu_e + pe\mu_h \quad (2.26)$$

Pada semikonduktor intrinsik konsentrasi elektron sama dengan konsentrasi hole, jadi $n=p$, sehingga Persamaan (2.26) menjadi :

$$\sigma = ne(\mu_e + \mu_h) \quad (2.27)$$

dimana :

$$n = p = n_i = \sqrt{N_s N_v} e^{-\frac{E_g}{2kT}}$$

$$n = 2 \left(\frac{2\pi kT}{h^2} \right)^{3/2} (m_e m_h)^{3/4} e^{-\frac{E_g}{2kT}}$$

dengan mengganti nilai n dari Persamaan (2.27), diperoleh :

$$\sigma = 2e \left(\frac{2\pi kT}{h^2} \right)^{3/2} (m_e m_h)^{3/4} e^{-\frac{E_g}{2kT}} (\mu_e + \mu_h) \quad (2.28)$$

Jika besaran $e, m_e, m_h, \mu_e, \mu_h$ mempunyai harga konstan, maka diperoleh besarnya :

$$\sigma = AT^{3/2} \exp\left(\frac{-E_g}{2kT}\right) \quad (2.29)$$

$$323/k(99 - k)(2)$$

dimana :

$$A = 2e(m_e m_h)^{3/4} \left(\frac{2\pi k}{h^2} \right)^{3/2} (\mu_e + \mu_h)$$

sehingga diperoleh besarnya resistivitas listrik (ρ) :

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = A^{-1} T^{-3/2} \exp\left(\frac{E_g}{2kT}\right) \quad (2.30)$$

Persamaan (2.30) memperlihatkan bahwa ρ merupakan fungsi dari temperatur. Menurut Matthiessen bahwa resistivitas suatu sampel tertentu merupakan penjumlahan dari resistivitas karena pengaruh temperatur, impuritas dan defect., dalam bentuk matematik dinyatakan sebagai berikut :

$$\rho(T) = \rho_T + \rho_{imp} + \rho_{defect} \quad (2.31)$$

Resistivitas karena pengaruh impuritas dan defect digabung menjadi satu disebut resistivitas residual, sehingga Persamaan (2.31) menjadi :

$$\rho(T) = \rho_T + \rho_{residual} \quad (2.32)$$

Harga resistivitas (ρ) dari suatu bahan semikonduktor dapat diukur dengan cara eksperimen.

BAB III

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

A. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat optis dan sifat listrik dari lapisan tipis CdS. Sifat optis yang diteliti meliputi penentuan koefisien absorpsi, indeks bias, energi gap dan struktur lapisan tipis CdS. Dari nilai-nilai transmittansi yang diperoleh dan menggunakan pendekatan R.Swanepoel kemudian memasukkan harga besaran-besaran yang diukur kedalam program komputer, akan dapat ditentukan besarnya koefisien absorpsi, indeks bias dan energi gap. Sedangkan untuk menentukan struktur lapisan tipis CdS dapat diketahui melalui hasil *X-Ray Diffraction*. Untuk mengetahui sifat listrik dapat dilakukan dengan menggunakan rangkaian yang disusun secara manual. Dari rangkaian ini akan dapat ditentukan tahanan dari lapisan tipis CdS, dan melalui perhitungan dengan menggunakan persamaan (4.6) akan dapat ditentukan besarnya resistivitas listrik (ρ). Untuk jelasnya secara rinci akan dikemukakan tujuan penelitian sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui besarnya indeks bias lapisan tipis CdS.
2. Untuk mengetahui besarnya koefisien absorpsi lapisan tipis CdS.
3. Untuk mengetahui orientasi bidang kristal CdS.
4. Untuk mengetahui struktur dari lapisan tipis CdS.
5. Untuk mengetahui besarnya resistivitas listrik kristal CdS.

B. Manfaat Penelitian

Dengan berhasilnya penelitian ini, hasil yang diperoleh diharapkan akan dapat berguna sebagai :

1. Input bagi para fisikawan yang sedang memusatkan perhatian dalam usaha pengembangan kristal semikonduktor.
 2. Salah satu alternatif dalam usaha menemukan jenis bahan sel surya yang mempunyai sifat absorpsi tinggi guna untuk dimanfaatkan dalam pembuatan divais.
 3. Suatu kajian perluasan pemahaman tentang Fisika Material khususnya mengenai selaput tipis (thin film) dalam rangka pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi.
 4. Salah satu alternatif pendekatan yang dapat dipakai dalam penentuan sifat optis (indeks bias, koefisien absorpsi dan energi gap) dari thin film.
-

BAB IV

METODA EKSPERIMEN

Eksperimen pada penelitian ini terdiri dari dua bagian, yaitu proses pembuatan sampel dan proses pengukuran sifat-sifat optik dan listiknya.

A. Metode Pembuatan Sampel

1. Bahan- Bahan dan Alat- Alat

Sampel yang digunakan dalam peneliitian ini adalah bahan CdS berupa kristal berbentuk butiran-butiran. Sampel yang dibuat berupa lapisan tipis (*thin film*) yang menempel pada sebuah substrat. Substrat yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis gelas yang dipergunakan untuk mikroskop (kaca preparat), berbentuk persegi dengan panjang 2,5 cm, lebar 2,5 cm, dan tinggi 0,1 cm. Untuk mendapatkan lapisan dengan daya lengket tinggi dan untuk menghindari kontaminasi lapisan, perlu dilakukan pembersihan substrat.

Lapisan tipis dibuat dengan menggunakan 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 termal Evaporator Source AS 052.

2. Proses Pembuatan Lapisan Tipis

Pada eksperimen ini lapisan tipis dibuat dengan cara coevaporasi thermal. Mula-mula substrat yang telah dipersiapkan harus dibersihkan terlebih dahulu, agar evapiran dapat menempel dengan baik. Substrat dicuci denga air sabun lalu dibilas

dengan air hingga bersih setelah itu kaca dimasukkan dalam *ultra sonic cleaner* yang berisi air selama 10 - 15 menit untuk menghilangkan kotoran dan lemak serta kontaminasi lain dari permukaannya. Kemudian substrat diangkat dan dikeringkan dengan bahan yang lembut dan terakhir dioleskan alkohol lalu dikeringkan kembali.. Setelah substrat benar-benar kering lalu diletakkan pada masker aluminium dan ditempatkan dalam bejana vakum. Kemudian kapal evaporasi dipasang. Sampel kristal CdS yang berupa butiran-butiran kecil (halus) dimasukkan ke dalam *crucible* (kapal evaporasi) jenis molybdenum. Setelah semua di cek maka pengosongan udara dari bejana vakum siap dilakukan secara bertahap.

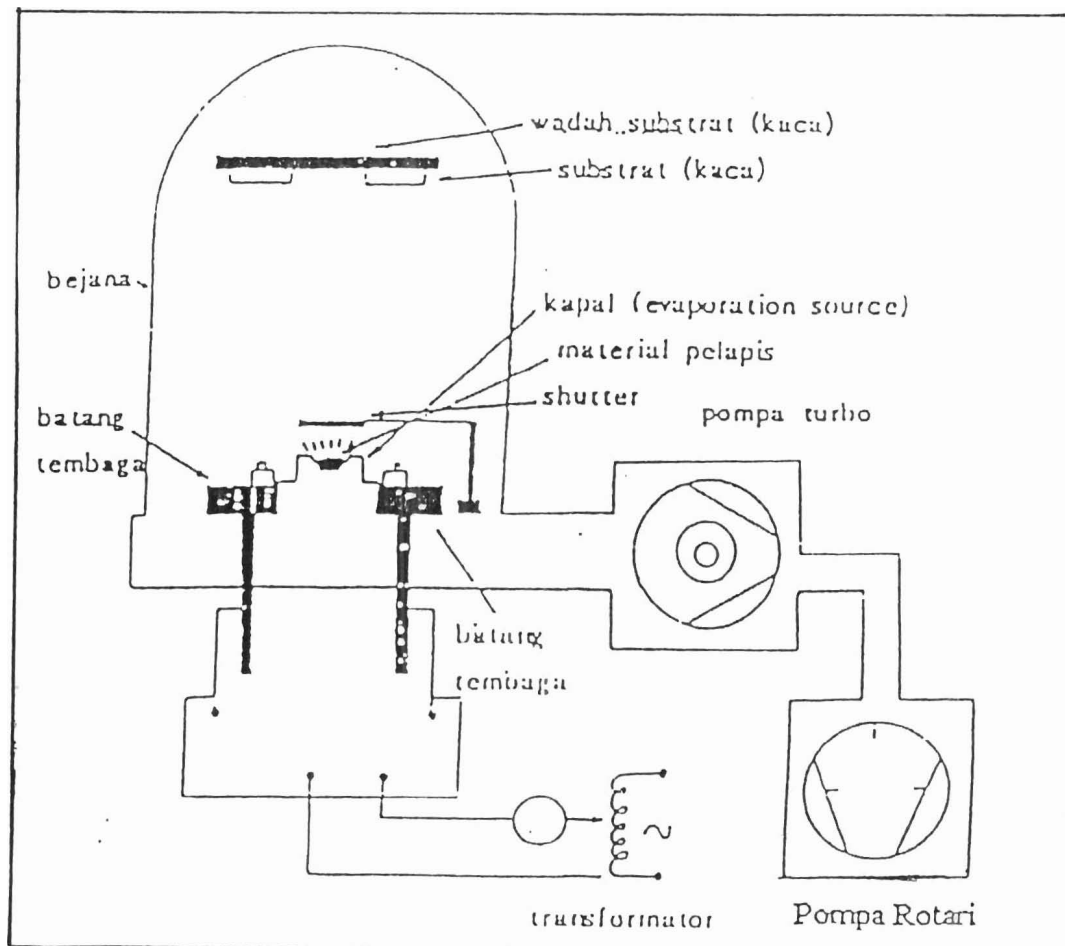
Untuk pemakuman dalam tabung vakum mula-mula pemompaan udara dilakukan dengan menggunakan pompa rotari sampai tekanan udara mencapai $\pm 10^{-1}$ mbar kemudian pompa turbo dihidupkan hingga mencapai tekanan 10^{-4} mbar - 10^{-5} mbar. Sebaiknya cukup tabung dipanaskan sampai $\pm 70^\circ \text{C}$ hal ini dilakukan untuk membantu melepaskan kotoran-kotoran yang melekat pada tabung. Untuk membersihkan permukaan substrat dilakukan proses *Glow Discharge* pada tekanan 10^{-4} mbar - 10^{-5} mbar, dengan cara memasukkan gas argon sampai tekanan dalam tabung mencapai orde 10^{-1} mbar, kemudian piringan *Glow Discharge* diberi arus sebesar 55 mA sehingga terjadi ionisasi gas argon. Argon yang terionisasi menumbuk substrat. Proses ini 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 keinginan kita, 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. Pada *Glow Discharge* ini, terjadi 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 [12].

Kemudian pemompaan dilanjutkan hingga mencapai orde 10^{-5} mbar - 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. Karena tumbukan yang terjadi menyebabkan hasil pelapisan yang kurang baik. 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. Dengan pemberian arus dan tegangan dimulai dengan arus yang kecil sampai arus yang diinginkan sehingga energi yang dihasilkan dapat digunakan untuk mengubah sampel dari fase padat menjadi fase gas. Setelah ketebalan yang diinginkan tercapai sumber tegangan tinggi dimatikan. Dalam eksperimen ini dibuat lapisan tipis dengan substratnya dipanaskan masing-masing 200 °C, 222 °C dan 250 °C. Gambar 4.1 memperlihatkan bagan pembuatan lapisan tipis dengan cara evaporasi thermal dalam ruang vakum. Jumlah sampel yang telah dibuat untuk tiga kondisi suhu seperti tersebut diatas adalah 18 buah, dengan ketebalan berbeda-beda, masing-masing 6 sampel untuk suhu 200 °C, 6 sampel untuk suhu 222 °C dan 6 sampel untuk suhu 250 °C. Dari 18 sampel tersebut yang akan dikarakterisasi adalah 5 sampel yaitu : 3 sampel

yang bersuhu 200°C , 1 (satu) sampel bersuhu 222°C dan 1(satu) sampel bersuhu 250°C .



Gambar 4.1 Bagan pembuatan lapisan tipis dengan cara evaporasi thermal

B. Metoda Pengukuran

1. Pengukuran Reflektansi dan Transmisi

Lapisan tipis CdS kemudian diukur dengan menggunakan UV-VIS - NIR Spektrophotometri type Cary 2415 dengan menggunakan hubungan antara persentase reflektansi dan panjang gelombang. Terjadinya reflektansi bila adanya perbedaan indeks bias diantara kedua media dan makin besar perbedaan indeks bias makin besar reflektansi. Sinar-sinar yang direflektasikan menghasilkan interferensi

maksimum dan minimum. Interferensi maksimum pertama terjadi pada puncak gelombang pertama bila beda lintasan 2 gelombang :

$$m\lambda_1 = 2n_2d$$

interferensi berikutnya terjadi bila :

$$(m+1)\lambda_2 = 2n_2d$$

Dengan melakukan penyederhanaan persamaan diatas, akan diperoleh Persamaan (2.17). Dengan memasukkan besaran-besaran yang diketahui kedalam program komputer dan melakukan interpolasi, maka diperoleh nilai ketebalan lapisan tipis (d).

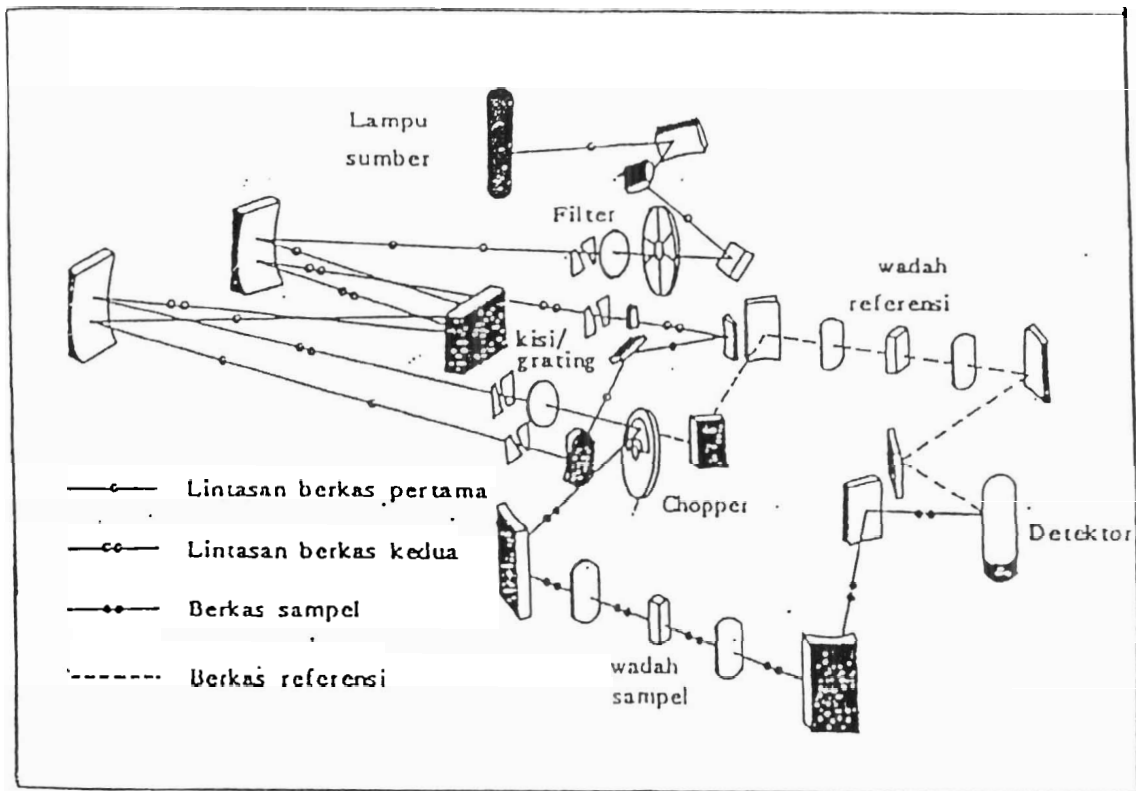
Prinsip kerjanya dapat dilihat pada Gambar 4.2, dimana cahaya dari monokromator yang dipantulkan oleh chopper digunakan sebagai berkas sampel, sedangkan cahaya yang diteruskan chopper dipakai untuk berkas referensi . Kedua berkas cahaya sesudah melalui sampel dan referensi dikumpulkan masuk ke detektor. Dan hasilnya adalah pengurangan antara berkas sampel dan berkas referensi. Sebelumnya mengadakan pengukuran, dilakukan baseline terlebih dahulu agar hasil yang didapat lebih teliti.

Untuk pengukuran reflektansi digunakan perlengkapan SRA (*Specular Reflectance Accessories*) yang bagian-bagiannya terdapat pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4. Pada alat terdapat tempat untuk sampel dan untuk cermin referensi. Pada pembuatan *baseline*, cahaya dengan intensitas I_o (dengan panjang gelombang tertentu) datang dari cahaya yang masuk ke chopper menumbuk cermin M_D , dan dipantulkan dengan intensitas $I_o R_D$. Cahaya dengan intensitas $I_o R_D$ menumbuk cermin B (M_D) dan dipantulkan dengan intensitas $I_o R_D^2$ yang kemudian menumbuk cermin M_D dan dipantulkan dengan intensitas $I_o R_D^3$, kemudian ditangkap

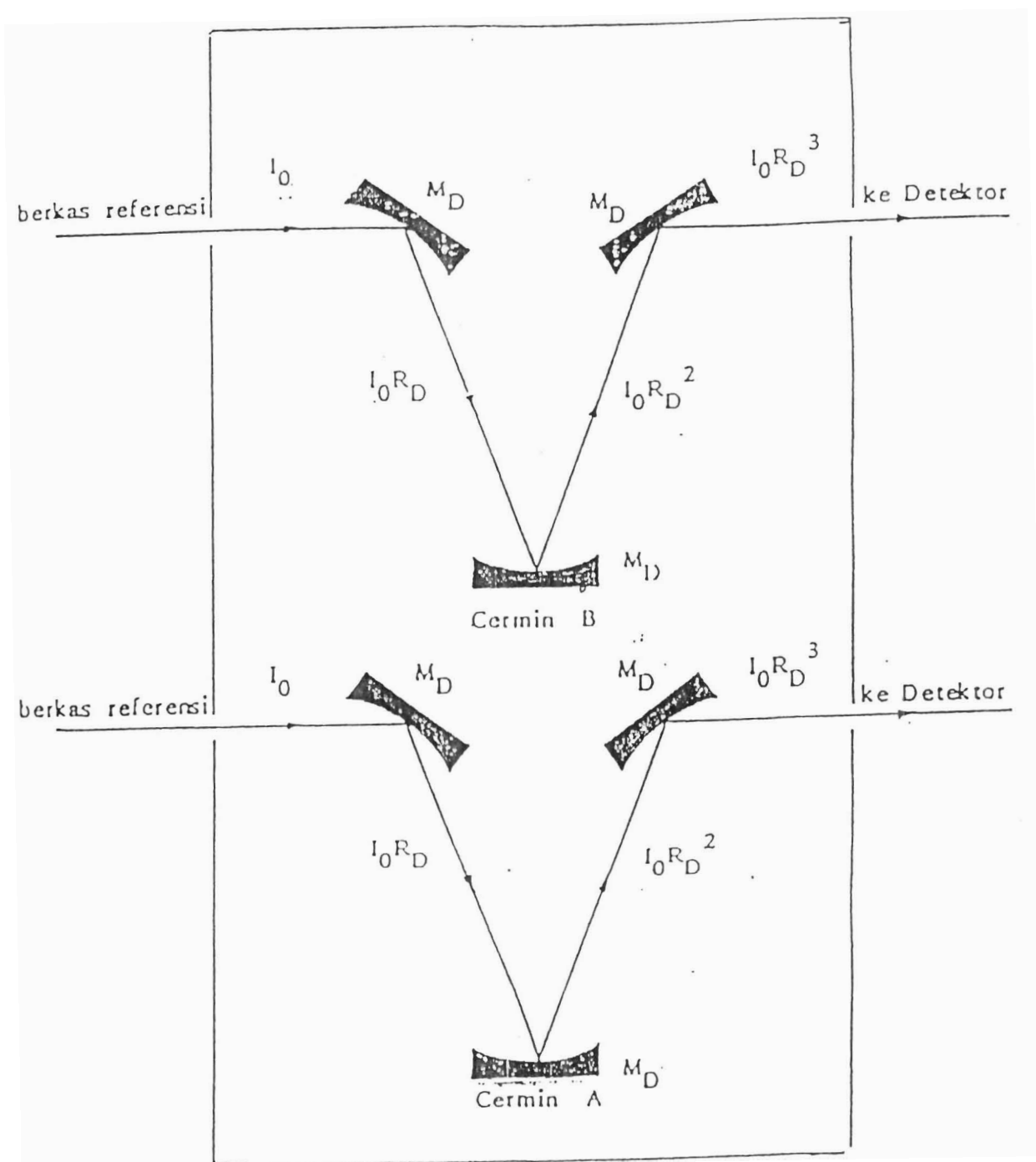
oleh detektor. Begitu pula berkas yang menumbuk cermin A, dimana intensitas yang masuk ke detektor juga $I_0 R_D^3$. Sumbernya sendiri mampu menghasilkan cahaya dengan panjang gelombang dari 3125 nm hingga 185 nm.

Setelah pembuatan *baseline*, sampel dan cermin diletakkan pada tempatnya masing-masing, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.4. Pengukuran sampel sekarang dapat dilakukan. Secara garis besar, pengukuran reflektansi R oleh alat adalah sebagai berikut :

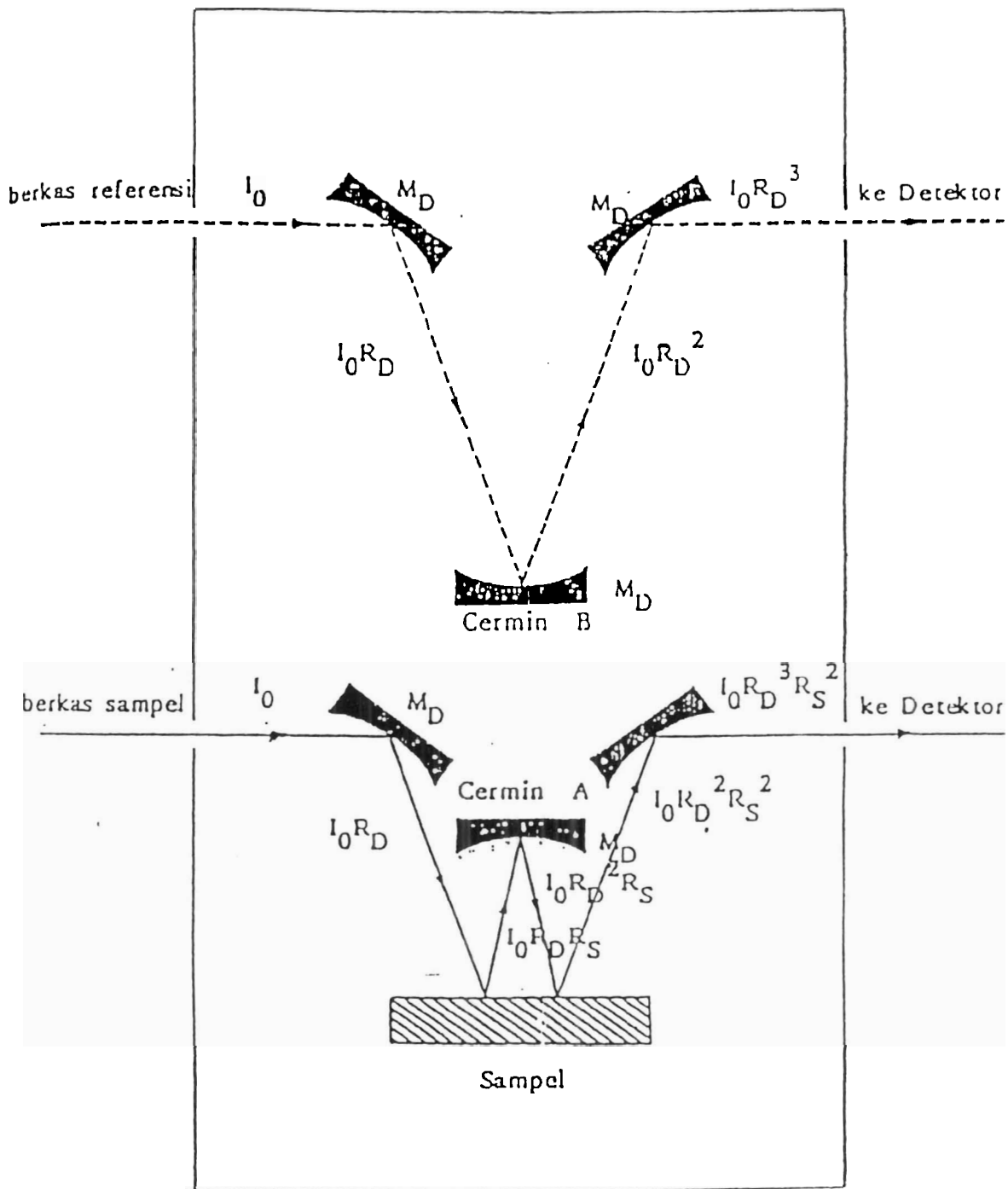
Untuk berkas referensi jalannya cahaya seperti yang dipaparkan pada pembuatan *baseline* yang dipantulkan pada cermin B saja. Sedangkan berkas sampel dipantulkan ke cermin A. Cahaya dengan intensitas I_0 yang datang dari cahaya yang dipantulkan oleh chopper dengan panjang gelombang tertentu menumbuk cermin M_D dan dipantulkan dengan intensitas $I_0 R_D$. Cahaya dengan intensitas $I_0 R_D$ dipantulkan ke sampel dengan intensitas $I_0 R_D R_s$, kemudian dipantulkan cermin A yang intensitasnya $I_0 R_D^2 R_s^2$. Yang akhirnya dipantulkan ke cermin M_D yang mempunyai intensitas $I_0 R_D^2 R_s^2$ dan masuk ke detektor. Hasil akhir yang didapatkan adalah R_s^2 yaitu intensitas $I_0 R_D^3 R_s^2$ dari sampel dibagi dengan intensitas $I_0 R_D^3$ dari referensi, R_s^2 inilah yang diterima detektor, direkam dalam memori komputer dan ditampilkan di layar, sewaktu pengukuran sampel sedang berjalan. Nilai reflektansi sesungguhnya diperoleh dengan menarik akar pada setiap harga reflektansi yang sudah direkam.



Gambar 4.2 Diagram skematik dari Spektrofotometri UV-VIS-NIR yang dipergunakan dalam eksperimen [13].



Gambar 4.3. Jalan cahaya dan besar intensitas dalam pembuatan baseline [13]

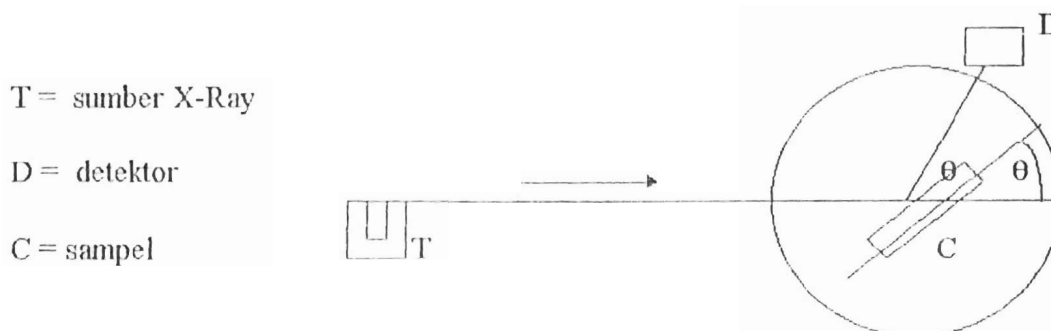


Gambar 4.4 Jalan cahaya pada saat pengukuran reflektansi sampel [13]

2. Pelaksanaan XRD Pada Film

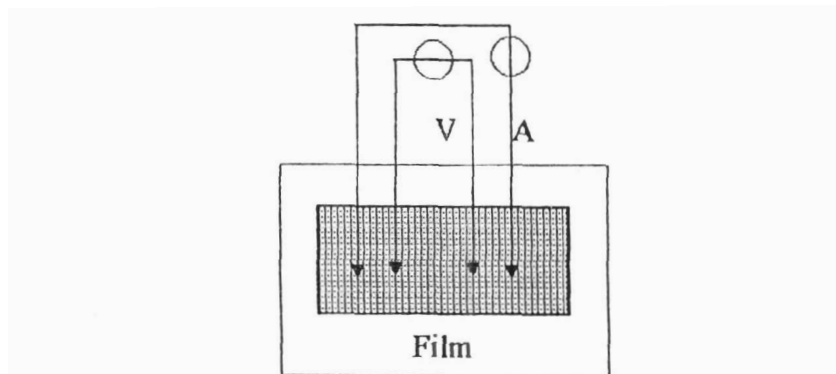
Untuk menentukan parameter kisi dan orientasi bidang dilakukan XRD terhadap sampel. Instrument ini sangat berguna untuk menganalisa karakteristik dari suatu kristal. Cara kerjanya adalah sebagai berikut : Gambar 4.5 memperlihatkan berkas X-Ray yang mengenai sampel (kristal) dihamburkan ke segala arah, keteraturan posisi atom pada arah hamburan dapat menyebabkan gelombang yang dihamburkan berinterferensi secara konstruktif dan destruktif. Atom-atom dalam kristal merupakan unsur yang membentuk bidang datar dan mempunyai jarak tertentu antara masing-masing bidang. 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 adalah memenuhi persamaan :

$$2d \sin \theta = n\lambda \quad (4.1)$$



Gambar 4.5. Diagram dari X-Ray Difraktometer

Hasil dari X-Ray Difraktometer ini adalah berupa spektrum yang dilengkapi dengan beberapa informasi seperti sudut 2θ (deg.), intensitas relatif, FWHM (deg.), jarak antara bidang kristal (d) dalam Å dan lain-lain. Pada penelitian ini digunakan X-Ray Difraktometer XD-610 Shimadzu Japan dengan target $\text{Cu K}\alpha$ dan $\text{Co K}\alpha$ pada tegangan generator 30 kV dan arus 30 mA.



Gambar 4.6. Titik pengukuran Arus dan Tegangan Lapisan Tipis

3. Pengukuran Resistivitas Lapisan Tipis

Resistivitas dapat ditentukan dengan persamaan :

$$R = \frac{\rho l}{wd} \quad (4.2)$$

dimana : l = panjang film

w = lebar

d = tebal

Apabila panjang film sama dengan lebarnya maka Persamaan (4.2) menjadi :

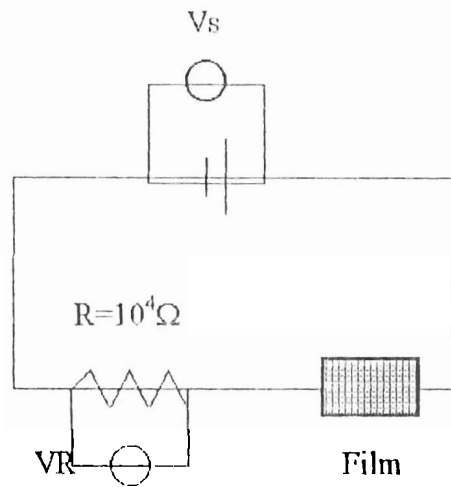
$$R = \frac{\rho}{d}$$

atau

$$\rho = Rd \quad (4.3)$$

Berhubung karena dengan metoda *pour point probe* yang terdapat di LSDE - BPPT Serpong tidak bisa mendeteksi resistivitas listrik dari film, maka langkah yang dilakukan untuk memperoleh harga resistivitas adalah dengan cara manual yaitu

menempatkan film dalam suatu rangkaian tertutup seperti Gambar 4.7.



Gambar 4.7..Pengukuran Tegangan sumber (V_s) danTegangan melalui resistan(V_R)

Tegangan sumber diukur dengan menggunakan *High Voltage PowerSupply Unit* (0-5kV) dan arus max 2 mA, sedangkan untuk mengukur tegangan dari tahanan yang diberikan (10 k Ω) memakai microvoltmeter 53213. Berdasarkan hasil pengukuran tegangan sumber dan tegangan yang melalui tahanan 10 k Ω , dapat diketahui besarnya arus yang mengalir melalui tahanan 10 k Ω dengan memakai persamaan

$$i = \frac{V_R}{10^4 \Omega} \quad (4.4)$$

dan

$$R_f = \frac{V_s}{i} \quad (4.5)$$

Dengan memakai Persamaan (4.5) tahanan dari film (R_f) dapat dihitung dengan cara mengurangkan tahanan total dengan tahanan yang diberikan (10 k Ω). Dari harga (R_f) ini dapat dihitung besarnya harga resistivitas film (ρ) dengan menggunakan persamaan :

$$R_f = \frac{\rho L}{A}$$

atau

$$\rho = \frac{RA}{L}$$

(4.6)

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Bagian ini akan dibicarakan berturut-turut mengenai hasil penelitian dan pembahasan mengenai sifat optik dan listrik dari lapisan tipis CdS

A. Sifat Optis Dari Lapisan Tipis CdS

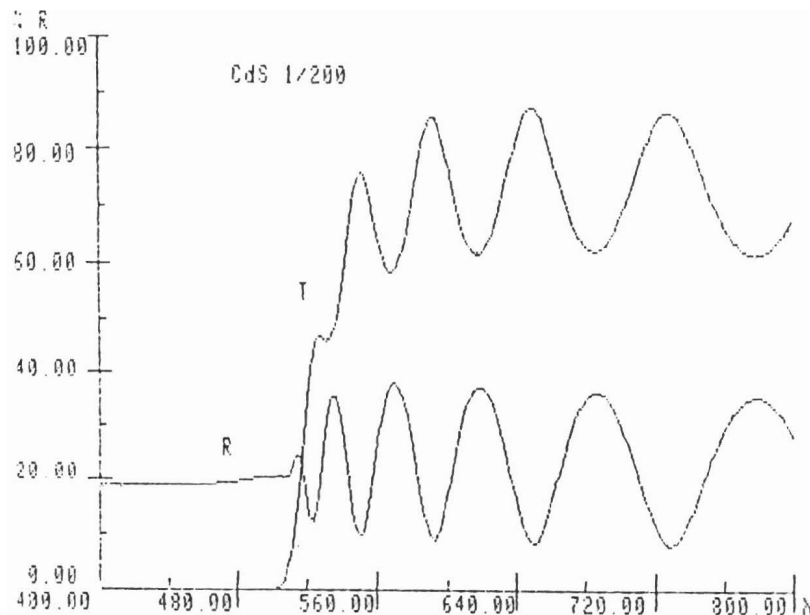
Sifat optis yang diselidiki dalam penelitian ini meliputi Transmittansi, Reflektansi, indeks bias, energi gap, besarnya koefisien absorpsi dan struktur dari lapisan tipis CdS. Untuk jelasnya akan dibicarakan masing-masing sebagai berikut :

1. Hubungan Antara Spektrum Transmisi/Reflektansi Dengan Panjang Gelombang

Dari hasil pengukuran reflektansi dan transmitansi terhadap lima sampel (lapisan tipis CdS) diperoleh 5(lima) buah grafik yang masing-masing menyatakan hubungan antara transmitansi/reflektansi dengan panjang gelombang. Dibawah ini akan dikemukakan masing-masing sampel sebagai berikut :

a. Sampel lapisan tipis CdS (1/200)

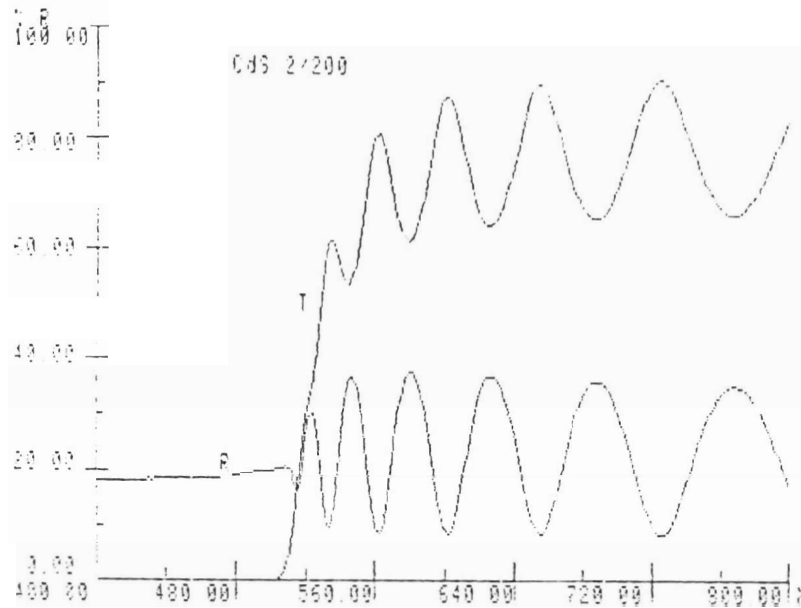
Gambar 5.1 menunjukkan hubungan antara grafik transmisi/Reflektansi dengan panjang gelombang untuk lapisan tipis CdS (1/200). Dari gambar terlihat bahwa mulai panjang gelombang 0,524 μm sampai dengan 0,505 μm , spektrum transmisi menurun secara drastis, ini menunjukkan terjadi absorpsi yang kuat (strong). Sedangkan nilai reflektansinya hampir relatif konstan pada panjang gelombang antara 0,509 μm sampai dengan 0,500 μm , ini berarti ada sebagian kecil cahaya yang ditransmisikan dan sebagian besar diserap oleh bahan lapisan tipis CdS (1/200).



Gambar 5.1. Spektrum Transmisi dan Reflektansi untuk lapisan tipis CdS (1/200).

b. Sampel lapisan tipis CdS (2/200)

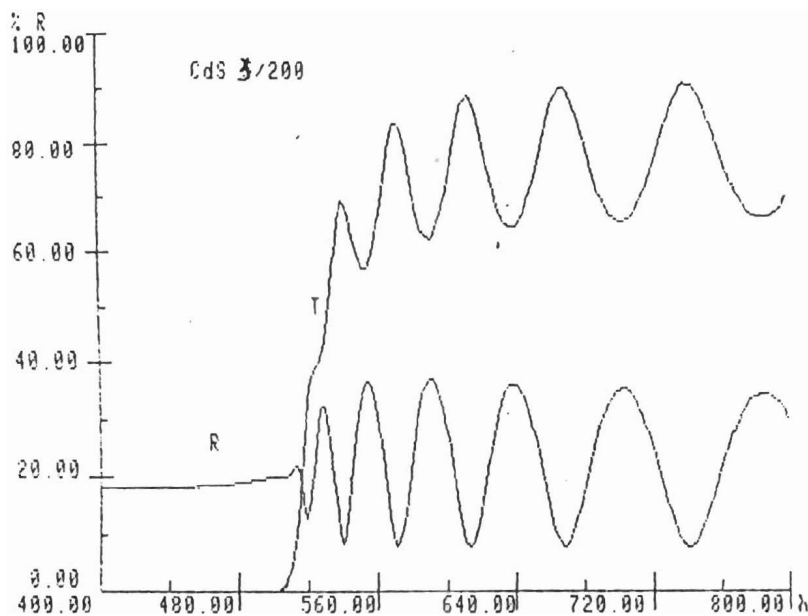
Gambar 5.2 menunjukkan hubungan antara spektrum transmisi/reflektansi dengan panjang gelombang pada lapisan tipis CdS (2/200). Dimana pada panjang gelombang antara 0,533 μm sampai dengan 0,506 μm terlihat spektrum transmisi menurun secara tajam, ini menunjukkan terjadinya absorpsi terkuat (strong). Sedangkan nilai reflektansinya hampir relatif konstan pada panjang gelombang antara 0,511 μm sampai dengan 0,500 μm , ini berarti ada sebagian kecil cahaya yang ditransmisikan dan sebagian besar diserap oleh bahan lapisan tipis CdS (2/200).



Gambar 5.2. Spektrum Transmisi dan Reflektansi untuk lapisan tipis CdS (2/200)

c. Sampel Lapisan Tipis CdS (3/200)

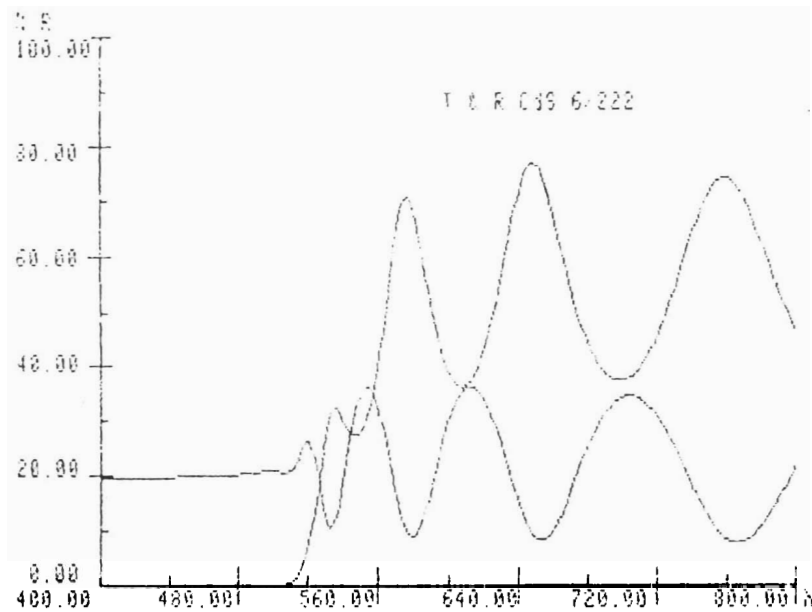
Dari gambar 5.3 terlihat hubungan antara grafik transmisi/reflektansi dengan panjang gelombang untuk lapisan tipis CdS (3/200). Pada panjang gelombang antara 0,520 μm sampai dengan 0,506 μm terlihat spektrum transmisi menurun secara drastis, ini menunjukkan terjadinya absorpsi paling kuat (strong), sedangkan nilai reflektansinya relatif konstan antara panjang gelombang 0,507 μm sampai dengan 0,500 μm . ini berarti ada sebagian kecil cahaya yang ditransmisikan dan sebagian besar diserap oleh bahan lapisan tipis CdS (3/200).



Gambar 5.3. Spektrum Transmisi dan Reflektansi dari lapisan Tipis CdS (3/200)

d. Sampel Lapisan Tipis CdS (6/222)

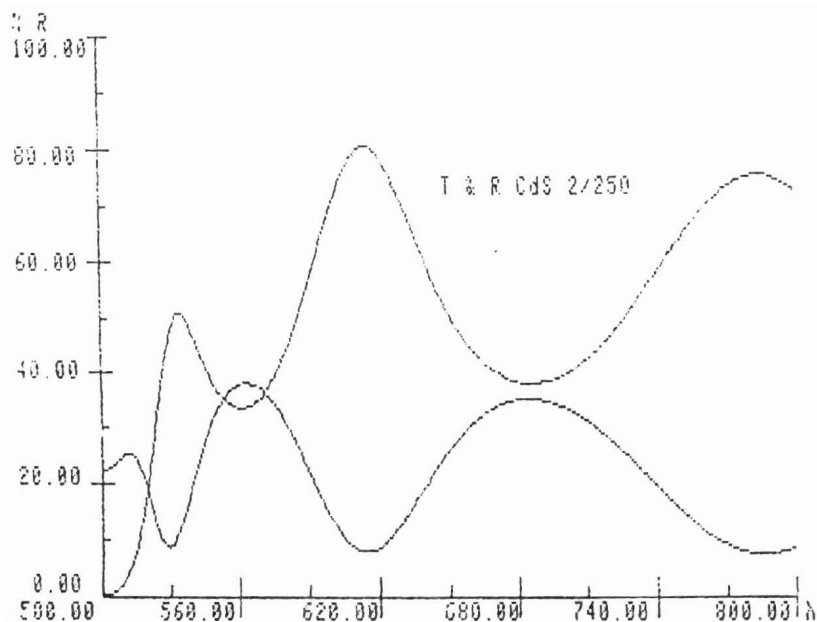
Dari gambar 5.4 terlihat hubungan antara grafik transmisi dan reflektansi dengan panjang gelombang untuk lapisan tipis CdS (6/222). Pada panjang gelombang antara $0,524 \mu\text{m}$ sampai dengan $0,510 \mu\text{m}$ terlihat spektrum transmisi menurun dengan tajam, ini menunjukkan terjadinya absorpsi yang kuat (strong), sedangkan nilai reflektansinya relatif konstan antara panjang gelombang $0,510 \mu\text{m}$ sampai dengan $0,500 \mu\text{m}$, ini berarti ada sebagian kecil gelombang cahaya yang ditransmisikan dan sebagian besar diserap oleh bahan lapisan tipis CdS(6/222).



Gambar 5.4. Spektrum Transmisi dan Reflektansi dari lapisan Tipis CdS (6/222)

e. Sampel Lapisan Tipis CdS (2/250)

Gambar 5.5 memperlihatkan hubungan antara grafik transmisi /reflektansi dengan panjang gelombang pada lapisan tipis CdS (2/250). Mulai dari panjang gelombang 0,512 μm sampai dengan 0,505 μm terlihat spektrum transmisi menurun secara drastis, ini menunjukkan terjadinya absorpsi yang kuat (strong). Sedangkan nilai reflektansinya relatif konstan antara panjang gelombang 0,504 μm sampai dengan 0,500 μm , ini berarti ada sebagian kecil gelombang cahaya yang ditransmisikan dan sebagian besar diserap oleh bahan lapisan tipis CdS (2/250).



Gambar 5.5. Spektrum Transmisi dan Reflektansi dari lapisan Tipis CdS (2/250)

Dari kelima grafik hubungan antara spektrum transmisi/reflektansi dengan panjang gelombang terlihat bahwa spektrum transmisi menurun dengan tajam pada daerah sekitar (0,520 - 0,505) μm dan nilai reflektansi relatif konstan rata-rata pada panjang gelombang sekitar 0,509 μm . Ini memperlihatkan bahwa absorpsi yang kuat dari lapisan tipis CdS ini berada pada daerah sekitar 0,505 μm . Hal ini menunjukkan bahwa pada daerah sekitar panjang gelombang 0,505 μm terjadi penyerapan energi oleh elektron untuk melakukan transisi dari pita valensi ke pita konduksi.

2. Indeks Bias

Berdasarkan spektrum transmisi (bagian 1) akan dilakukan perhitungan indeks bias dengan menggunakan pendekatan R.Swanepoel sehingga diperoleh hasil sebagai berikut :

a. Indeks Bias Substrat Kaca

Perhitungan indeks bias substrat kaca diambil dari data spektrum transmisi/reflektansi substrat kaca yang diperoleh dari hasil eksperimen dengan memakai Persamaan (2.13):

$$S = \frac{1}{T_M} + \left(\frac{1}{T_M^2} - 1 \right)^{1/2}$$

dimana S adalah indeks bias substrat kaca dan T_M merupakan transmisi maksimum dari substrat kaca hasil eksperimen. Dengan memasukkan nilai T_M kedalam Persamaan (2.13), maka diperoleh harga dari S sebagai berikut

$$S = \frac{1}{0.92} + \left(\frac{1}{0.92^2} - 1 \right)^{1/2}$$

$$S = 1,51.$$

b. Indeks Bias Lapisan Tipis CdS

Perhitungan indeks bias lapisan tipis dapat dilakukan dengan memakai Persamaan (2.9) :

$$n = \left[N + (N^2 + S^2)^{1/2} \right]^{1/2}$$

dimana

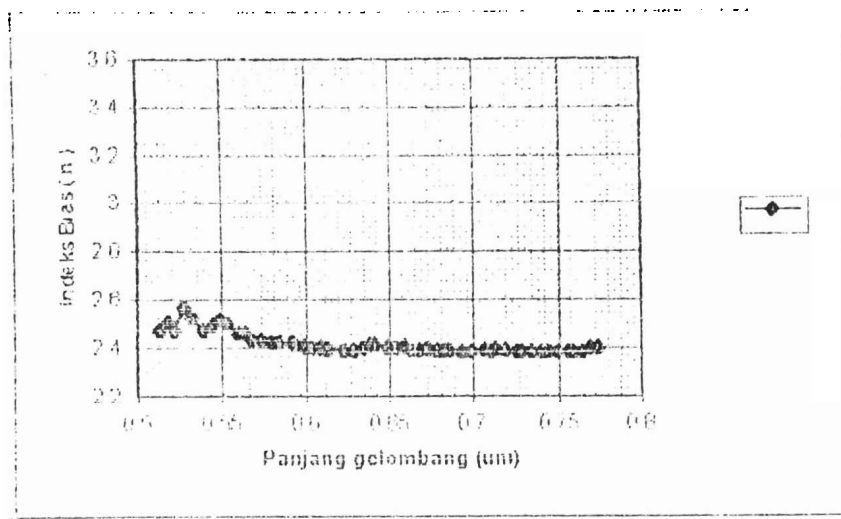
$$N = 2S \frac{T_M - T_m}{T_M T_m} + \frac{S^2 + 1}{2}$$

Jika harga S , T_M dan T_m sudah diketahui untuk setiap panjang gelombang tertentu, maka indeks bias dapat dihitung. Perhitungan indeks bias lapisan tipis CdS dapat dilakukan dengan memakai data eksperimen yang ada pada Lampiran A1 s/d Lampiran A5,

dimasukkan kedalam Persamaan (2.9) dan diproses dengan menggunakan program komputer, diperoleh hasil perhitungan seperti pada Lampiran B1 s/d Lampiran B5. Untuk mengetahui indeks bias secara keseluruhan dari gelombang yang ditampilkan untuk setiap lapisan tipis CdS dapat dilihat pada Grafik hubungan antara indeks bias dengan gelombang masing-masing seperti pada Gambar 5.6 sampai dengan 5.10.

1). Indeks Bias Lapisan Tipis CdS (1/200)

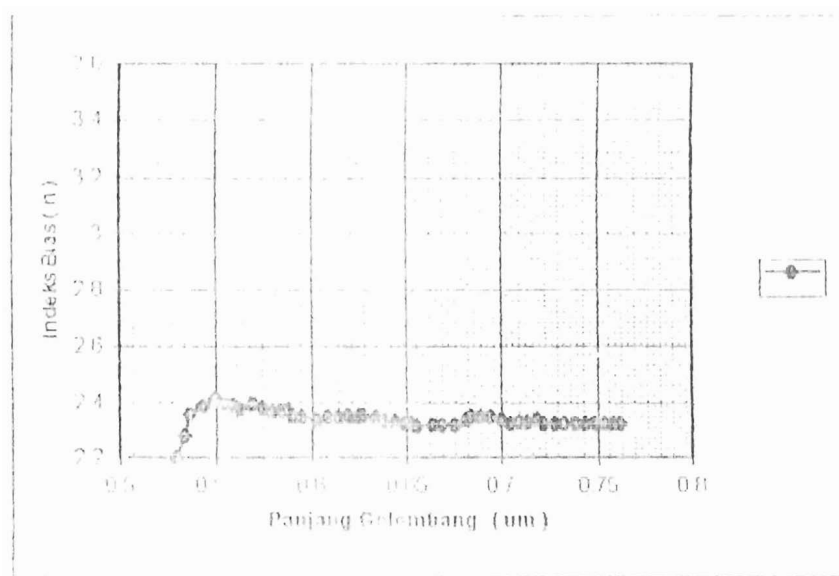
Pada gambar 5.6 terlihat bahwa pada panjang gelombang antara 0,513 μm sampai dengan 0,774 μm , besarnya indeks bias untuk lapisan tipis CdS (1/200) antara 2,57 sampai dengan 2,38. Ini berarti bahwa semakin besar panjang gelombang ternyata indeks bias semakin kecil. Dari grafik terlihat adanya fluktuasi dari indeks bias.



Gambar 5.6. Grafik hubungan antara Indeks Bias (n) dengan Panjang gelombang (λ) untuk sampel CdS (1/200)

2). Indeks Bias Lapisan Tipis CdS (2/200)

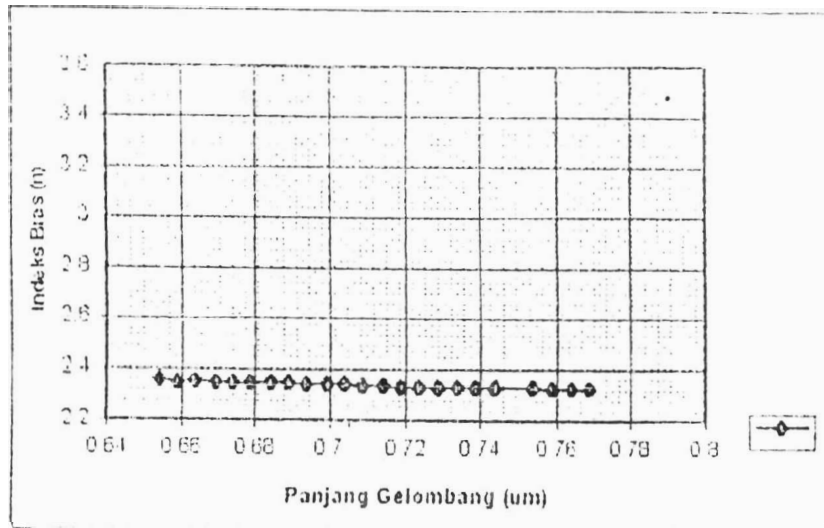
Gambar 5.7 menunjukkan bahwa pada panjang gelombang antara 0,529 μm sampai dengan 0,762 μm , besarnya indeks bias untuk lapisan tipis CdS (2/200) adalah antara 2,41 sampai dengan 2,20. Ini berarti bahwa semakin besar panjang gelombang ternyata indeks bias semakin kecil. Disamping itu dari grafik terlihat adanya fluktuasi dari indeks bias.



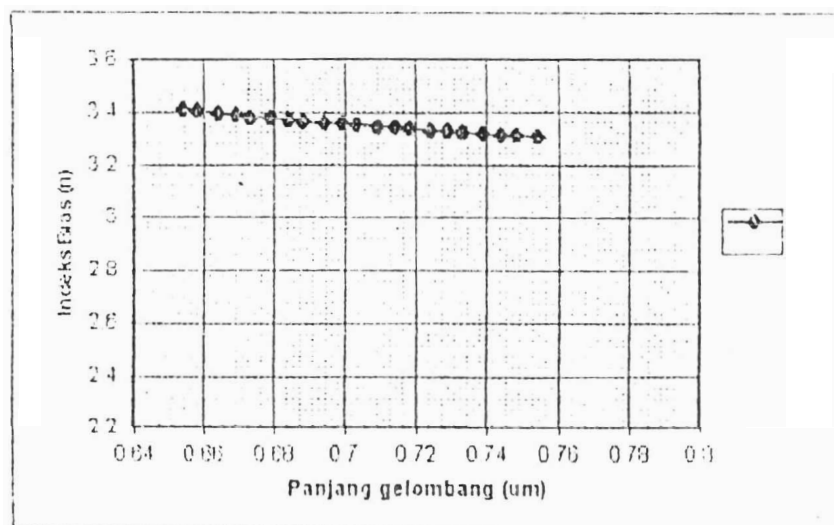
Gambar 5.7. Grafik hubungan antara Indeks Bias (n) dengan Panjang gelombang (λ) untuk sampel CdS (2/200)

3). Indeks Bias Lapisan Tipis CdS (3/200)

Dari gambar 5.8 dapat dibaca bahwa pada panjang gelombang antara 0,654 μm sampai dengan 0,769 μm , besarnya indeks bias lapisan tipis CdS 3/200 menurun dari 2,35 sampai dengan 2,33. Ini berarti bahwa semakin besar panjang gelombang (λ) ternyata indeks bias semakin mengecil.



Gambar 5.8. Grafik hubungan antara Indeks Bias (n) dengan panjang gelombang (λ) untuk sampel CdS (3/200)



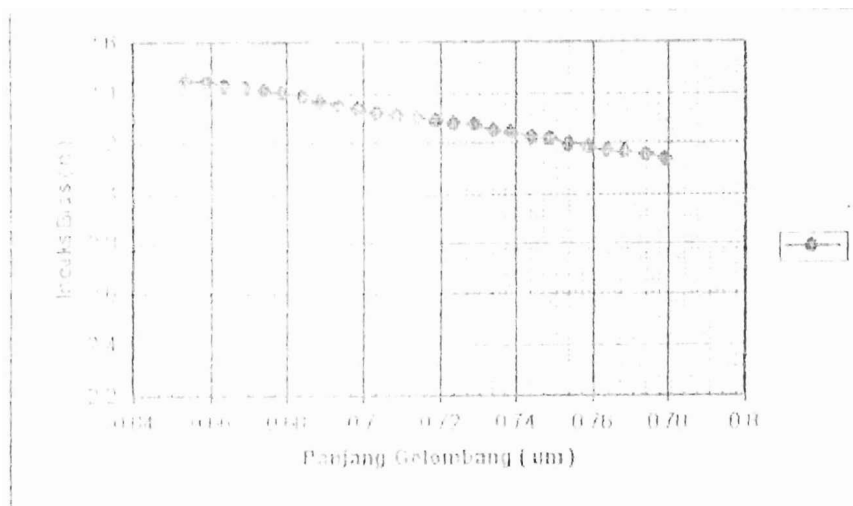
Gambar 5.9. Grafik hubungan antara Indeks Bias (n) dengan panjang gelombang (λ) untuk sampel CdS (6/222)

4). Indeks Bias Lapisan Tipis CdS (6/222)

Dari gambar 5.9 terlihat bahwa indeks bias menurun dengan tajam mulai dari 3.41 sampai dengan 3.11 mengikuti peningkatan besarnya panjang gelombang dari 0.654 μm sampai dengan 0.754 μm . Ini memperlihatkan bahwa indeks bias merupakan fungsi dari panjang gelombang.

5). Indeks Bias Lapisan Tipis CdS (2/250)

Pada gambar 5.10 terlihat bahwa antara panjang gelombang 0.654 μm sampai dengan 0.779 μm , besarnya indeks bias untuk CdS (2/250) menurun dengan tajam mulai dari 3.45 sampai dengan 3.14. Ini memperlihatkan penurunan indeks bias diikuti dengan peningkatan besarnya panjang gelombang.



Gambar 5.10. Grafik hubungan antara Indeks Bias dengan Panjang Gelombang (λ) untuk sampel CdS (2/250)

Dari kelima grafik hubungan indeks bias dengan panjang gelombang memperlihatkan adanya variasi besarnya indeks bias. Besarnya indeks bias dari kelima sampel ini berada pada rentang 2,20-3,45 untuk rentang energi antara (1,59- 2,41) eV. Indeks bias merupakan fungsi dari panjang gelombang. Disini juga terlihat bahwa untuk sampel dengan suhu substrat yang besar, ternyata indeks biasnya juga lebih besar . Ini diperkuat oleh pendapat ahli yang mengatakan bahwa suhu substrat selama deposisi mempunyai efek penting pada indeks bias [7].

3. Koefisien Absorpsi Lapisan Tipis CdS

Koefisien absorpsi lapisan tipis CdS dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (2.12) sebagai berikut :

$$\alpha = -\frac{\ln x}{d}$$

dimana d adalah ketebalan lapisan tipis dan

$$x = \frac{F - [F^2 - (n^2 - 1)^3(n^2 - S^4)]^{1/2}}{(n - 1)^3(n - S^2)}$$

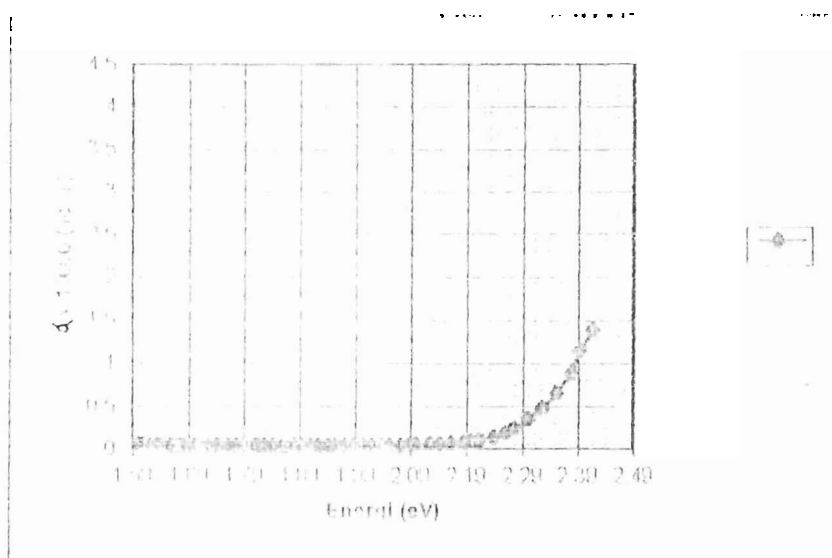
$$F = \frac{8n^2S}{T_i}, T_i = \frac{2T_M T_m}{T_M + T_m}$$

Untuk menghitung koefisien absorpsi dari lapisan tipis, dapat dilakukan dengan menggunakan data dalam lampiran A 1 sampai dengan A5, kemudian memasukkannya kedalam persamaan (2.11), selanjutnya diproses dengan menggunakan program komputer, maka diperoleh hasil perhitungan koefisien absorpsi untuk setiap panjang gelombang yang ditampilkan seperti yang terdapat dalam lampiran B1 sampai dengan B5. Untuk mengetahui keadaan koefisien absorpsi secara keseluruhan dari panjang gelombang yang

ditampilkan adalah dengan membuat grafik hubungan antara logaritma α dengan energi (eV) sebagai berikut :

a. Hubungan Antara Koefisien Absorpsi (α) Dengan Energi Pada Lapisan Tipis CdS (1/200)

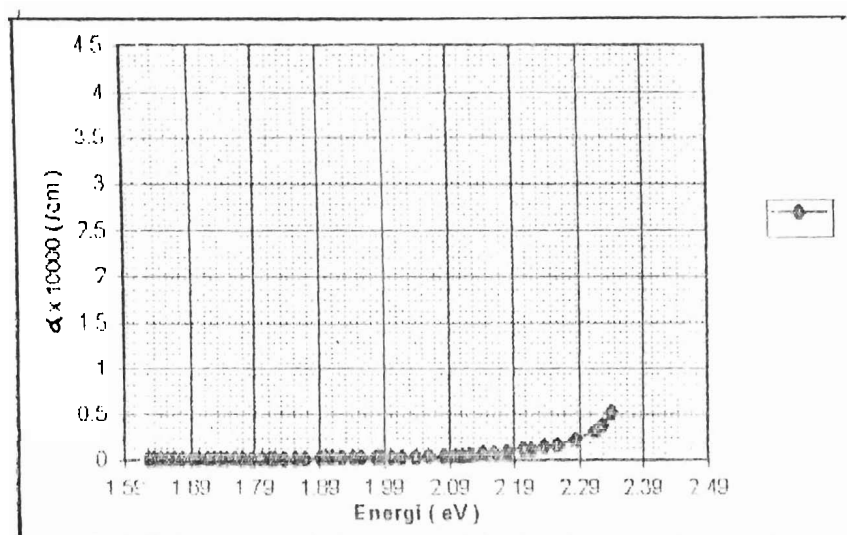
Gambar 5.11 menunjukkan hubungan antara koefisien absorpsi (α) dengan energi (eV) pada lapisan tipis CdS (1/200) dengan ketebalan 0.51 μm . Dari grafik terlihat koefisien absorpsi (α) mendatar mulai dari energi 1.59 eV sampai dengan 2.09 eV dan selanjutnya naik dengan tajam untuk energi yang semakin besar. Dalam eksperimen ini didapatkan koefisien absorpsi (α) dari $0.04 \cdot 10^4/\text{cm}$ sampai dengan $1.39 \cdot 10^4/\text{cm}$ untuk energi 1.60 eV sampai 2.41 eV.



Gambar 5.11. Grafik hubungan antara koefisien absorpsi dengan energi (eV) untuk sampel CdS (1/200)

b. Hubungan Antara Koefisien Absorpsi (α) Dengan Energi Pada Lapisan Tipis CdS (2/200)

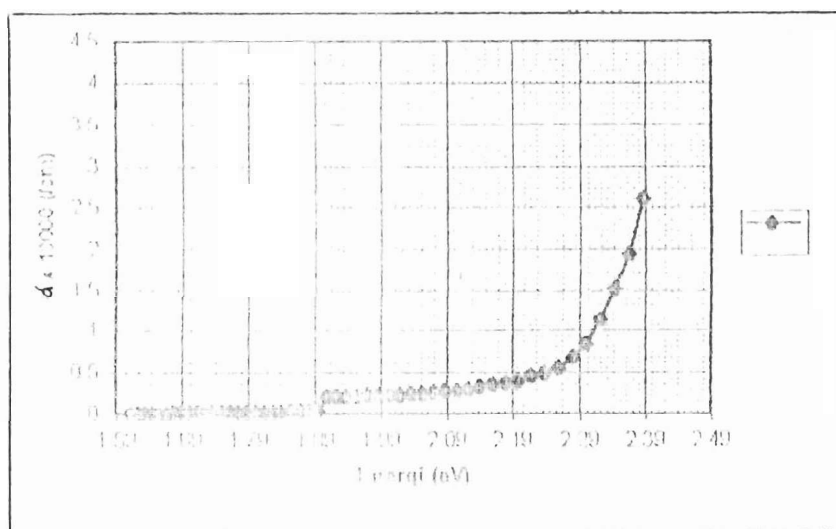
Gambar 5.12. menunjukkan grafik hubungan antara koefisien absorpsi (α) dengan energi pada lapisan tipis CdS (2/200) dengan ketebalan 1.00 μm . Dari grafik terlihat koefisien absorpsi (α) naik untuk energi yang semakin besar yaitu mulai dari $0.01 \cdot 10^4/\text{cm}$ sampai $0.51 \cdot 10^4/\text{cm}$ untuk energi dari 1.63 eV sampai dengan 2.34 eV. Koefisien absorpsi yang diperoleh mempunyai daerah panjang gelombang (λ) antara 0.529 μm sampai 0.762 μm .



Gambar 5.12. Grafik hubungan antara koefisien absorpsi dengan energi (eV) untuk sampel CdS (2/200)

c. Hubungan Antara Koefisien Absorpsi (α) Dengan Energi Pada Lapisan Tipis CdS (3/200)

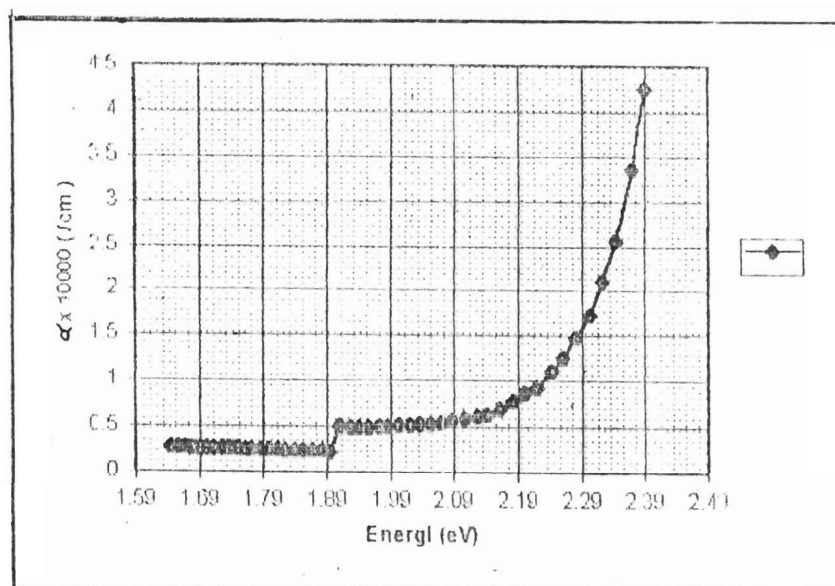
Gambar 5.13. menunjukkan grafik hubungan antara koefisien absorpsi (α) dengan energi pada lapisan tipis CdS (3/300) dengan ketebalan 0,51 μm . Dari grafik terlihat adanya loncatan yang tajam dari koefisien absorpsi pada energi 1,91 eV, namun secara keseluruhan terlihat adanya peningkatan harga koefisien absorpsi untuk energi yang semakin besar. Dalam eksperimen ini didapatkan besarnya koefisien absorpsi (α) dari $0,01 \cdot 10^4/\text{cm}$ sampai dengan $2,61 \cdot 10^4/\text{cm}$ untuk energi 1,61 eV sampai 2,39 eV.



Gambar 5.13. Grafik hubungan antara koefisien absorpsi (α) dengan energi (eV) untuk sampel CdS (3/200)

d. Hubungan Antara Koefisien Absorpsi (α) Dengan Energi Pada Lapisan Tipis CdS (6/222)

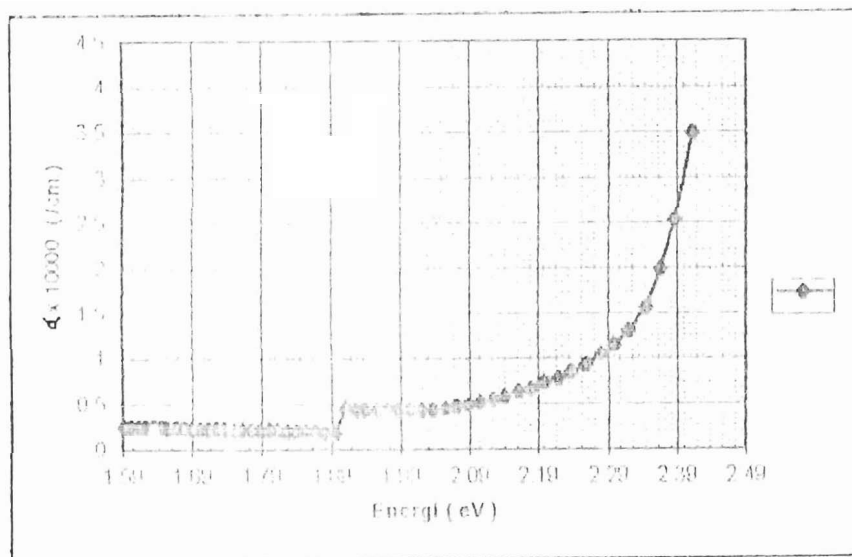
Gambar 5.14. menunjukkan grafik hubungan antara koefisien absorpsi (α) dengan energi pada lapisan tipis CdS (6/222) dengan ketebalan 0,51 μm . Dari grafik terlihat adanya loncatan yang tajam dari koefisien absorpsi pada energi 1,91 eV, namun secara keseluruhan terlihat adanya peningkatan harga koefisien absorpsi untuk energi yang semakin besar. Dalam eksperimen ini didapatkan besarnya koefisien absorpsi (α) dari $0,28 \cdot 10^4/\text{cm}$ sampai dengan $4,25 \cdot 10^4/\text{cm}$ untuk energi 1,645 eV sampai 2,389 eV. Koefisien absorpsi yang diperoleh mempunyai daerah panjang gelombang (λ) antara 0,519 μm sampai dengan 0,754 μm .



Gambar 5.14. Grafik hubungan antara koefisien absorpsi (α) dengan energi (eV) untuk sampel CdS (6/222)

e. Hubungan Antara Koefisien Absorpsi (α) Dengan Energi Pada Lapisan Tipis CdS (2/250)

Gambar 5.15 menunjukkan grafik hubungan antara koefisien absorpsi (α) dengan energi pada lapisan tipis CdS (2/250) dengan ketebalan $0,51 \mu\text{m}$. Dari grafik terlihat adanya loncatan yang tajam dari koefisien absorpsi pada energi $1,91 \text{ eV}$, namun secara keseluruhan terlihat adanya peningkatan harga koefisien absorpsi untuk energi yang semakin besar. Dalam eksperimen ini didapatkan besarnya koefisien absorpsi (α) dari $0,26 \cdot 10^4/\text{cm}$ sampai dengan $3,49 \cdot 10^4/\text{cm}$ untuk energi $1,59 \text{ eV}$ sampai $2,41 \text{ eV}$. Koefisien absorpsi yang diperoleh mempunyai daerah panjang gelombang (λ) antara $0,514 \mu\text{m}$ sampai dengan $0,779 \mu\text{m}$.



Gambar 5.15. Grafik hubungan antara koefisien absorpsi (α) dengan energi (eV) untuk sampel CdS (2/250)

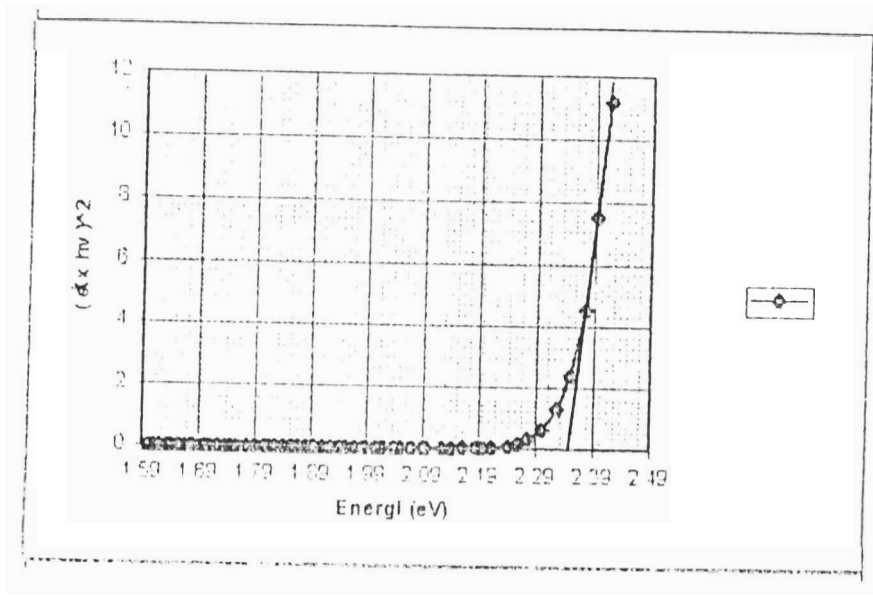
Dari kelima Grafik hubungan antara koefisien absorpsi dengan energi terlihat bahwa rata-rata koefisien absorpsi meningkat dengan lambat mulai dari energi 1,59 eV dan naik dengan tajam pada energi yang semakin besar. Dari kelima sampel, koefisien absorpsi yang diperoleh berada dalam rentangan $(0,5-4,3) \times 10^4/\text{cm}$.

4. Energi Gap Semikonduktor Cd S

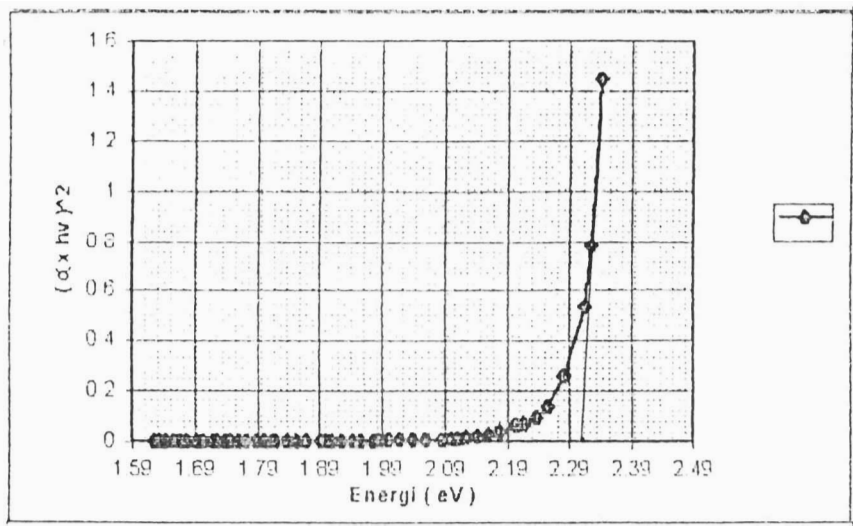
Dari data pada Lampiran B1 sampai dengan B5, jika dibuat grafik hubungan antara $h\nu$ (energi) versus $(\alpha h\nu)^2$ akan diperoleh grafik seperti Gambar 4.16 s/d 4.20. Seperti telah diketahui bahwa lebar energi gap suatu material (zat padat) akan menentukan sifat dari zat tersebut. Untuk mendapatkan besarnya energi gap dari dari eksperimen ini adalah dengan cara membuat garis singgung dari grafik gambar 4.16 s/d 4.20. Untuk jelasnya berikut ini akan diuraikan untuk masing-masing sampel.

a. Energi Gap Untuk Semikonduktor CdS (1/200)

Gambar 5.16. menunjukkan grafik hubungan antara energi ($h\nu$) dengan $(\alpha h\nu)^2$ dari semikonduktor CdS (1/200) pada temperatur substrat 200°C dengan ketebalan $0,51\ \mu\text{m}$. Dari Gambar 4.16 terlihat grafik berbentuk parabola . Dengan cara membuat garis singgung dari grafik parabola ini akan diperoleh besarnya energi gap yaitu titik perpotongan antara garis singgung dengan sumbu horizontal (energi). Ternyata didapat besarnya energi gap untuk sampel CdS (1/200) ini adalah 2,35 eV.



Gambar 5.16. Grafik hubungan antara $(\alpha hv)^2$ dengan energi (hv) untuk sampel CdS (1/200)



Gambar 5.17. Grafik hubungan antara $(\alpha hv)^2$ dengan energi (hv) untuk sampel CdS (2/200)

b. Energi Gap Untuk Semikonduktor CdS (2/200)

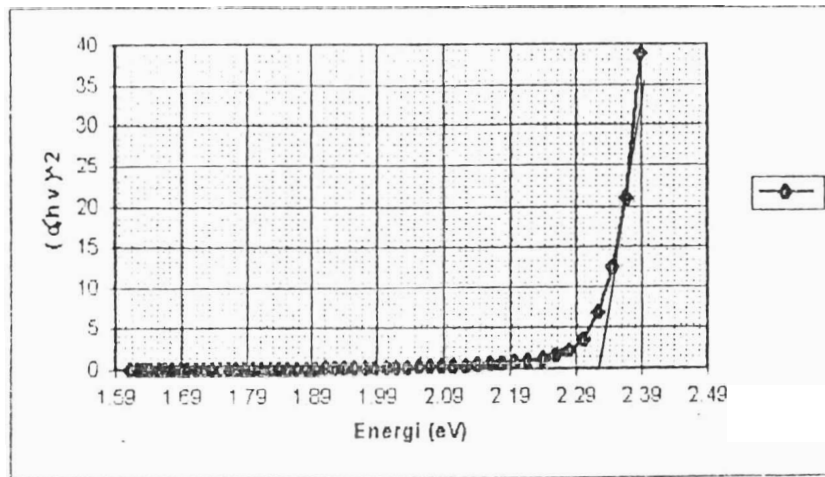
Gambar 5.17 menunjukkan grafik hubungan antara energi ($h\nu$) dengan $(\alpha h\nu)^2$ dari semikonduktor CdS (2/200) pada temperatur substrat 200°C dengan ketebalan $1,0\ \mu\text{m}$. Dari gambar 5.17 terlihat grafik berbentuk parabola. Dengan cara membuat garis singgung dari grafik parabola ini akan diperoleh besarnya energi gap yaitu titik perpotongan antara garis singgung dengan sumbu horizontal (energi). Ternyata didapat besarnya energi gap untuk sampel CdS (2/200) ini adalah $2,31\ \text{eV}$.

c. Energi Gap Untuk Semikonduktor CdS (3/200)

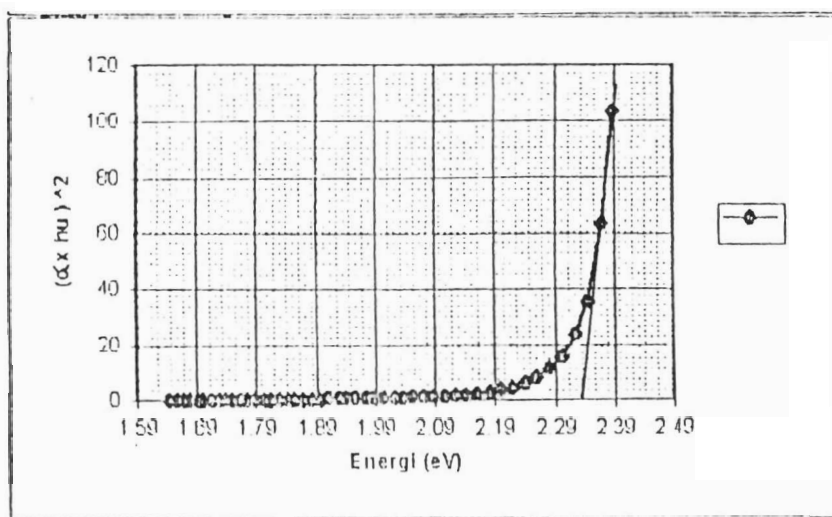
Gambar 5.18 menunjukkan grafik hubungan antara energi ($h\nu$) dengan $(\alpha h\nu)^2$ dari semikonduktor CdS (3/200) pada temperatur substrat 200°C dengan ketebalan $0,51\ \mu\text{m}$. Dari Gambar 5.18 terlihat grafik berbentuk parabola. Dengan cara membuat garis singgung dari grafik parabola ini akan diperoleh besarnya energi gap yaitu titik perpotongan antara garis singgung dengan sumbu horizontal (energi). Ternyata didapat besarnya energi gap untuk sampel CdS (3/200) ini adalah $2,32\ \text{eV}$.

d. Energi Gap Untuk Semikonduktor CdS (6/222)

Gambar 5.19 menunjukkan grafik hubungan antara energi ($h\nu$) dengan $(\alpha h\nu)^2$ dari semikonduktor CdS (6/222) pada temperatur substrat 222°C dengan ketebalan $0,51\ \mu\text{m}$. Dari Gambar 5.19 terlihat grafik berbentuk parabola. Dengan cara membuat garis singgung dari grafik parabola ini akan diperoleh besarnya energi gap yaitu titik perpotongan antara garis singgung dengan sumbu horizontal (energi). Ternyata didapat besarnya energi gap untuk sampel CdS (6/222) ini adalah $2,33\ \text{eV}$.



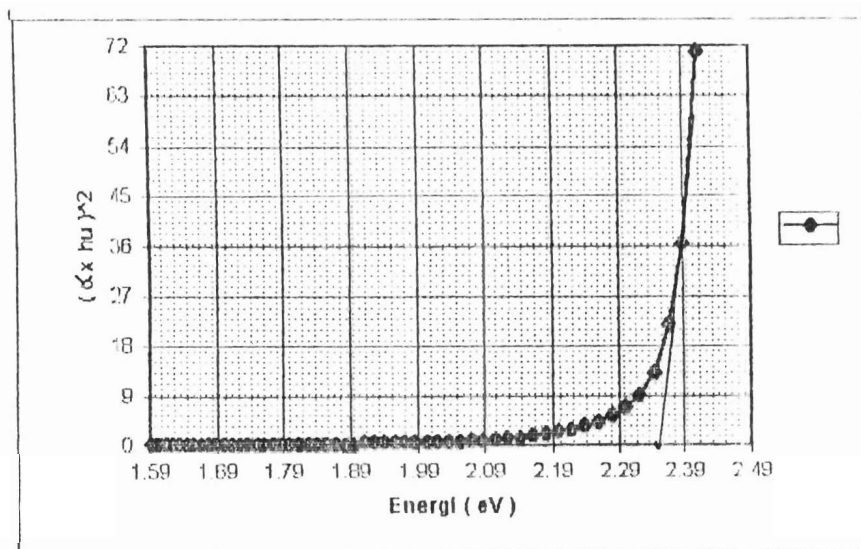
Gambar 5.18. Grafik hubungan antara $(\alpha hv)^2$ dengan energi (hv) untuk sampel CdS (3/200)



Gambar 5.19. Grafik hubungan antara $(\alpha hv)^2$ dengan energi (hv) untuk sampel CdS (6/222)

e. Energi Gap Untuk Semikonduktor CdS (2/250)

Gambar 5.20 menunjukkan grafik hubungan antara energi ($h\nu$) dengan $(\alpha h\nu)^2$ dari semikonduktor CdS (2/250) pada temperatur substrat 250°C dengan ketebalan $0,51\ \mu\text{m}$. Dari Gambar 5.20 terlihat grafik berbentuk parabola. Dengan cara membuat garis singgung dari grafik parabola ini akan diperoleh besarnya energi gap yaitu titik perpotongan antara garis singgung dengan sumbu horizontal (energi). Ternyata didapat besarnya energi gap untuk sampel CdS (2/250) ini adalah $2,35\ \text{eV}$.



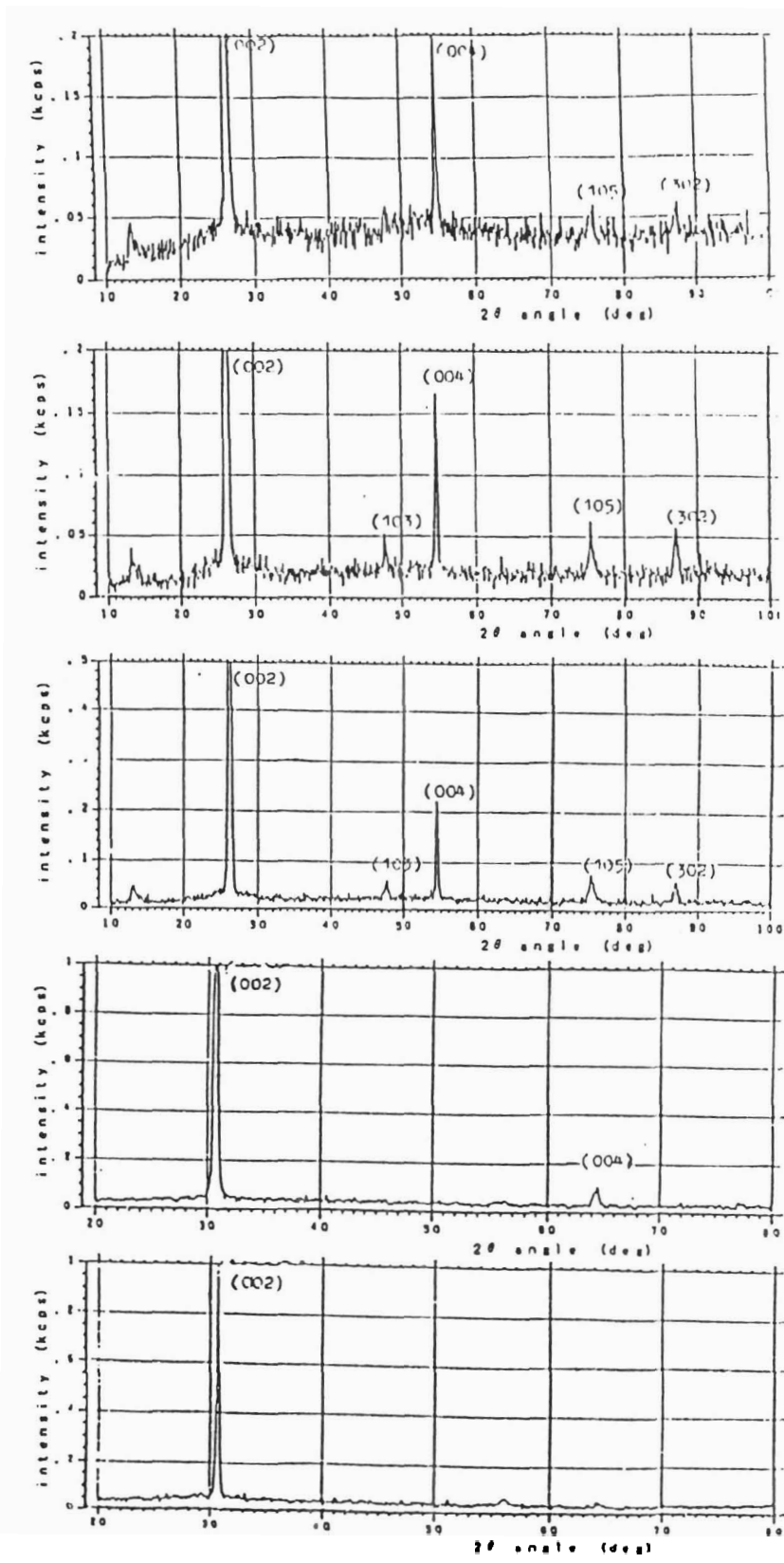
Gambar 5.20. Grafik hubungan antara $(\alpha h\nu)^2$ dengan energi ($h\nu$) untuk sampel CdS (2/250)

Berdasarkan kelima grafik yang memperlihatkan hubungan antara $(\alpha h\nu)^2$ dengan energi ($h\nu$) terlihat bahwa besarnya energi gap yang diperoleh adalah dalam rentang antara $(2,31-2,35)\ \text{eV}$., ini adalah suatu harga yang mendekati harga E_g yang terdapat dalam literatur yaitu $2,42\ \text{eV}$ [7], namun ada sedikit perbedaan. Perbedaan ini kemungkinan

disebabkan oleh faktor lain yaitu : nilai energi gap (E_g) ditunjukkan oleh kehadiran banyaknya CdS murni yang terdapat dalam sampel [14].

5. Penentuan Struktur Lapisan Tipis CdS

Dari hasil XRD untuk 5 sampel diperoleh spektrum seperti Gambar 5.21.



Gambar 5.21. Spektrum hasil XRD dari 5 sampel CdS

Berdasarkan spektrum diperoleh informasi tentang sudut 2θ , jarak antara bidang Bragg (d), intensitas relatif, FWHM dan lain-lain untuk setiap sampel. 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 puncak. Berdasarkan harga d dari setiap puncak spektrum akan diujikan dengan data standard PDF seperti Tabel 2.1, guna untuk memperoleh orientasi bidang (hkl). Selanjutnya dari harga (hkl) ini dapat dilakukan perhitungan parameter kisi (a,c). Hasil pengujian dan perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.1 kolom 6 s/d 10.

Dari harga (hkl) dan harga parameter kisi (a,c) yang diperoleh dari perhitungan setelah diujikan dengan harga yang terdapat dalam PDF ternyata harga parameter kisi (a,c) berada sekitar harga a,c standard, ini berarti bahwa sampel tadi mempunyai struktur hexagonal (Wurzite) dan lapisan tipis yang diselidiki adalah senyawa CdS. Berdasarkan Tabel 5.1 terlihat bahwa untuk kelima sampel memiliki orientasi bidang yang sama yaitu (002), dan sudut 2θ untuk 3 (tiga) sampel pertama yaitu 26,3 derajat dan dua sampel terakhir sudut 2θ sebesar 30,7 derajat. Perbedaan sudut 2θ ini disebabkan karena atom target yang dipakai berbeda, sehingga menghasilkan panjang gelombang yang juga berbeda yaitu Cu K α dengan $\lambda = 1,5405 \text{ \AA}$ dan Co K α dengan $\lambda = 1,7889 \text{ \AA}$.

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

B. Sifat Listrik Dari Lapisan Tipis CdS

Sifat listrik yang diteliti hanyalah mengenai resistivitas (ρ). Seperti yang telah diungkapkan terdahulu bahwa pengukuran sifat listrik dilakukan secara manual, untuk itu pertama-tama dilakukan pengukuran resistansi terhadap ke lima sampel penelitian dan selanjutnya dilakukan perhitungan resistivitas dengan menggunakan Persamaan (4.5) , maka diperoleh hasil seperti Tabel 5.1 kolom 11. Dari tabel 5.1 terlihat bahwa resistivitas dari lapisan tipis CdS memiliki harga dalam orde 10^5 , yaitu untuk ketebalan antara $0,51 \text{ \AA} - 1,0 \text{ \mu m}$ diperoleh besarnya resistivitas listrik (ρ) adalah antara $(0,81 - 6,49) \cdot 10^5 \text{ \Omega cm}$, ini memperlihatkan suatu harga resistivitas yang cukup kecil bila dibandingkan dengan harga resistivitas hasil penelitian yang mengatakan bahwa resistivitas listrik Cd S pada temperatur kamar lebih besar dari pada 10^6 \Omega cm [8].

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan terhadap semua besaran-besaran optik dan listrik dari lapisan tipis CdS yang diteliti, maka berikut ini akan dirangkum semua hasil perhitungan tersebut seperti tertera pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Besaran-Besaran Optik dan Listrik Dari Lapisan Tipis CdS

Nama sampel	Tebal (µm)	Indeks bias (n)	Energi Gap (eV)	Koefisien absorpsi (α) x 10 ⁴ /cm	2 θ (deg)	d (Å ^o)	(hkl)	Parameter kisi		ρ x10 ⁵ Ωcm
								a (Å ^o)	c (Å ^o)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
CdS 1/200	0,51	2,38-2,57	2,35	0,04-1,39	26,414	3,3713	(002)	4,109	6,74	1,24
					54,595	1,6796	(004)	4,094	6,72	
					87,002	1,1190	(302)	4,109	6,74	
					75,296	1,2610	(105)	4,109	6,74	
CdS 2/200	1,00	2,20-2,41	2,31	0,01-0,51	26,306	3,3850	(002)	4,132	6,77	6,50
					54,486	1,6826	(004)	4,108	6,73	
					75,405	1,2595	(105)	4,11	6,73	
					47,550	1,9106	(103)	4,136	6,78	
					87,002	1,1190	(302)	4,11	6,73	
CdS 3/200	0,51	2,33-2,36	2,32	0,01-2,61	26,198	3,3987	(002)	4,141	6,797	0,81
					54,378	1,6857	(004)	4,108	6,74	
					75,188	1,2626	(105)	4,113	6,75	
					47,441	1,9147	(103)	4,139	6,795	
					86,894	1,1201	(302)	4,113	6,75	
CdS 6/222	0,51	3,31-3,41	2,33	0,23-4,25	30,733	3,3754	(002)		6,751	0,88
					64,341	1,6799	(004)		6,72	
CdS 2/250	0,51	3,14-3,45	2,35	0,18-3,49	30,674	3,3817	(002)		6,763	0,93

BAB VI

KESIMPULAN

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

1. Untuk panjang gelombang (λ) antara $0,506 \mu\text{m}$ s/d $0,77 \mu\text{m}$ diperoleh indeks bias material CdS sekitar 2,2 s/d 3,45. Hasil ini berbeda dengan literatur yaitu antara 2,5-2,56. Perbedaan ini disebabkan antara lain oleh pendekatan yang dipakai dalam menghitung harga n dari sampel
2. Didapatkan harga koefisien absorpsi (α) sekitar $(0,51-4,25) \times 10^4$ /cm. Pada umumnya koefisien absorpsi dari 5 sampel tersebut naik secara drastis pada daerah cahaya tampak (energi diatas 2,14 eV) yang membuktikan terjadinya absorpsi optis dari semikonduktor CdS.
3. Besar energi gap dari semikonduktor CdS antara 2,31 eV s/d 2,35 eV. Hasil ini berbeda dengan literatur yaitu 2,42 eV. Terjadinya perbedaan ini kemungkinan disebabkan oleh mekanisme-mekanisme lain dan komposisi dari sampel yang terjadi selama proses evaporasi.
4. Semikonduktor CdS memiliki struktur hexagonal (Wurzite) dengan orientasi bidang (002) dan parameter kisi $a = (4,108 - 4,141) \text{ \AA}$ dan $c = (6,72 - 6,797) \text{ \AA}$. Harga rata- rata parameter kisi ini mendekati sama dengan yang terdapat dalam literatur yaitu $a = 4,136 \text{ \AA}$ dan $c = 6,713 \text{ \AA}$.
5. Harga resistivitas listrik lapisan tipis CdS adalah antara $(0,81- 6,499) \times 10^5 \Omega \text{ cm}$.

DAFTAR PUSTAKA

1. A.Chemseddine and M.L.Fearheiley. *Thin Solid Film* 247, 3-7, (1994).
2. S. Kumazawa, S. Shibutani, T.Nishio. *Technical Digest Of The International PVSEC-9*, Japan ,(1996).
3. A.Harsono Soepardjo, Thesis Doctor di Universitas Montpellier II, Prance, (1993).
4. Leon I.Maisal and Reinard Glang, *Hand Book of Thin Film Technology*, Mc.Graw Hill Company, New York, (1990).
5. Stillman , Holonyak, Wolfe, *Physical Properties of Semiconductors*, Prentice -Hall International Inc , USA, (1989).
6. O.Madelung, *Data in Sciences and Technology Semiconductor Group IV Element and III-V Compound*,London.
7. Milton Ohring, *The Material Sciences of Thin Film*, Academic Press Inc, London, (1992).
8. Yasuhiro Tomita, Y. Hatanaka, B.M. More, *Transaction on Electron Devices* 40, 345-349, (1993).
9. R. Swanepoel, *Phys.Sci. Instrument*, 16, Printed in Great Britain, (1983).
- 10 Pankove, *Optical Processes in Semiconductors*, Dover Publication, New York, (1971).
11., *American Crystallographic Association*, (The Institute of Physics and The National Association of Corrosion Engineers), Published by the Joint Commtee on Powder Diffraction Standards, Philadelphia , (1960).
12. A. Zangwill, *Physics at Surface*, Cambridge University Press, (1988).

13. Varian Techtron, *Operation Manual*, Mulgrave, Victoria, (1987).
14. J. M.Dona, J. Herrero, *Thin Solid Film* 268, 5-12, (1995).
15. O.B.Ayayi, O.K.Osuntola, *Thin Solid Film* 248, 57-62,(1994).
16. L.P.Deshmukh , S.G. Holikatti, *Material Chemistry and Physics* 39,278-283.
(1995).
17. Cullity, *Element of X-Ray Diffraction*, Addison Wesley Publishing Company Inc,
Philippines, (1978).

Lampiran A

**Hasil Pengukuran Transmittansi Maksimum dan
Minimum Untuk Panjang Gelombang Tertentu**

Lampiran A1

CdS 1/200

Ketebalan lapisan tipis (d) : 5129 um

Indeks bias substrat (S) : 1.51

No.	Lambda (μm)	Tm (%)	Tm (%)	R (%)	No.	Lambda (μm)	Tm (%)	Tm (%)	R (%)
1	0.5136	0.1952	0.1769	0.0000	44	0.7224	0.8633	0.6162	0.0000
2	0.5184	0.2501	0.2196	0.0000	45	0.7339	0.8633	0.6162	0.0000
3	0.5218	0.3294	0.2806	0.0000	46	0.7394	0.8633	0.6162	0.0000
4	0.5274	0.4210	0.3355	0.0000	47	0.7435	0.8633	0.6162	0.0000
5	0.5329	0.5125	0.3966	0.0000	48	0.7490	0.8633	0.6162	0.0000
6	0.5391	0.6040	0.4576	0.0000	49	0.7559	0.8633	0.6162	0.0000
7	0.5446	0.6772	0.4942	0.0000	50	0.7587	0.8633	0.6162	0.0000
8	0.5487	0.7321	0.5186	0.0000	51	0.7642	0.8633	0.6162	0.0000
9	0.5535	0.7749	0.5430	0.0000	52	0.7697	0.8603	0.6101	0.0000
10	0.5604	0.8054	0.5674	0.0000	53	0.7738	0.8603	0.6101	0.0000
11	0.5638	0.8178	0.5735	0.0000	54	0.7779	0.8603	0.6101	0.0000
12	0.5680	0.8293	0.5857	0.0000					
13	0.5735	0.8420	0.5918	0.0000					
14	0.5790	0.8481	0.5979	0.0000					
15	0.5838	0.8542	0.6010	0.0000					
16	0.5914	0.8603	0.6040	0.0000					
17	0.5934	0.8603	0.6071	0.0000					
18	0.5989	0.8633	0.6101	0.0000					
19	0.6045	0.8664	0.6132	0.0000					
20	0.6086	0.8664	0.6132	0.0000					
21	0.6141	0.8694	0.6162	0.0000					
22	0.6182	0.8694	0.6174	0.0000					
23	0.6237	0.8694	0.6180	0.0000					
24	0.6292	0.8694	0.6180	0.0000					
25	0.6347	0.8725	0.6162	0.0000					
26	0.6389	0.8725	0.6132	0.0000					
27	0.6444	0.8725	0.6132	0.0000					
28	0.6492	0.8725	0.6162	0.0000					
29	0.6540	0.8725	0.6162	0.0000					
30	0.6595	0.8755	0.6162	0.0000					
31	0.6637	0.8786	0.6223	0.0000					
32	0.6678	0.8786	0.6223	0.0000					
33	0.6733	0.8755	0.6193	0.0000					
34	0.6788	0.8725	0.6193	0.0000					
35	0.6829	0.8725	0.6193	0.0000					
36	0.6857	0.8725	0.6193	0.0000					
37	0.6926	0.8694	0.6193	0.0000					
38	0.6988	0.8694	0.6193	0.0000					
39	0.7050	0.8725	0.6193	0.0000					
40	0.7098	0.8694	0.6193	0.0000					
41	0.7132	0.8694	0.6162	0.0000					
42	0.7187	0.8664	0.6162	0.0000					
43	0.7256	0.8633	0.6162	0.0000					

Lampiran A.2.

CdS 2/200

Ketebalan lapisan tipis (d) : 1.0011 μm

Indeks bias substrat (S) : 1.51

No.	Lambda (μm)	T _M (%)	T _m (%)	R (%)	No.	Lambda (μm)	T _M (%)	T _m (%)	R (%)
1	0.5236	0.4131	0.3352	0.0000	45	0.7438	0.9105	0.6583	0.0000
2	0.5293	0.5183	0.4412	0.0000	46	0.7487	0.9105	0.6583	0.0000
3	0.5335	0.5953	0.4832	0.0000	47	0.7537	0.9105	0.6583	0.0000
4	0.5359	0.6373	0.4972	0.0000	48	0.7586	0.9105	0.6583	0.0000
5	0.5433	0.7074	0.5323	0.0000	49	0.7623	0.9105	0.6583	0.0000
6	0.5495	0.7564	0.5533	0.0000	50	0.7696	0.9105	0.6583	0.0000
7	0.5544	0.7809	0.5703	0.0000					
8	0.5593	0.7934	0.5813	0.0000					
9	0.5624	0.8054	0.5883	0.0000					
10	0.5691	0.8264	0.5953	0.0000					
11	0.5741	0.8405	0.6058	0.0000					
12	0.5790	0.8475	0.6123	0.0000					
13	0.5839	0.8545	0.6163	0.0000					
14	0.5876	0.8685	0.6233	0.0000					
15	0.5901	0.8720	0.6303	0.0000					
16	0.5950	0.8755	0.6338	0.0000					
17	0.6024	0.8790	0.6373	0.0000					
18	0.6085	0.8825	0.6373	0.0000					
19	0.6147	0.8825	0.6373	0.0000					
20	0.6198	0.8860	0.6373	0.0000					
21	0.6245	0.8895	0.6408	0.0000					
22	0.6270	0.8930	0.6408	0.0000					
23	0.6343	0.8965	0.6443	0.0000					
24	0.6380	0.8965	0.6478	0.0000					
25	0.6442	0.8965	0.6478	0.0000					
26	0.6491	0.8965	0.6513	0.0000					
27	0.6523	0.8985	0.6513	0.0000					
28	0.6552	0.8965	0.6543	0.0000					
29	0.6639	0.9000	0.6548	0.0000					
30	0.6683	0.9000	0.6548	0.0000					
31	0.6749	0.9000	0.6548	0.0000					
32	0.6811	0.9035	0.6513	0.0000					
33	0.6835	0.9035	0.6478	0.0000					
34	0.6835	0.9035	0.6478	0.0000					
35	0.6934	0.9035	0.6478	0.0000					
36	0.6995	0.9035	0.6513	0.0000					
37	0.7044	0.9035	0.6548	0.0000					
38	0.7094	0.9070	0.6548	0.0000					
39	0.7131	0.9070	0.6548	0.0000					
40	0.7180	0.9105	0.6548	0.0000					
41	0.7217	0.9105	0.6583	0.0000					
42	0.7273	0.9105	0.6583	0.0000					
43	0.7327	0.9105	0.6583	0.0000					
44	0.7389	0.9105	0.6583	0.0000					

Lampiran A 3

CdS 3/200

Ketebalan lapisan tipis (d):0.5117um

Indeks bias substrat (S):1.51

No.	Lambda (um)	TM (%)	Tm (%)	R (%)	No.	Lambda (um)	TM (%)	Tm (%)	R (%)
1	0.5138	0.1614	0.1438	0.0000	41	0.7140	0.9132	0.6561	0.0000
2	0.5190	0.2614	0.2351	0.0000	42	0.7189	0.9140	0.6570	0.0000
3	0.5239	0.3702	0.3088	0.0000	43	0.7238	0.9140	0.6574	0.0000
4	0.5288	0.4614	0.3789	0.0000	44	0.7290	0.9144	0.6579	0.0000
5	0.5340	0.5614	0.4175	0.0000	45	0.7339	0.9149	0.6584	0.0000
6	0.5389	0.6526	0.4702	0.0000	46	0.7388	0.9158	0.6588	0.0000
7	0.5438	0.7038	0.5038	0.0000	47	0.7440	0.9162	0.6592	0.0000
8	0.5490	0.7526	0.5395	0.0000	48	0.7489	0.9166	0.6596	0.0000
9	0.5539	0.7789	0.5614	0.0000	49	0.7538	0.9171	0.6591	0.0000
10	0.5588	0.7958	0.5789	0.0000	50	0.7590	0.9171	0.6604	0.0000
11	0.5640	0.8175	0.5912	0.0000	51	0.7639	0.9175	0.6609	0.0000
12	0.5689	0.8263	0.6000	0.0000	52	0.7688	0.9178	0.6612	0.0000
13	0.5738	0.8346	0.6044	0.0000	53	0.7740	0.9183	0.6615	0.0000
14	0.5790	0.8482	0.6132	0.0000					
15	0.5839	0.8614	0.6175	0.0000					
16	0.5888	0.8658	0.6219	0.0000					
17	0.5940	0.8702	0.6263	0.0000					
18	0.5989	0.8789	0.6307	0.0000					
19	0.6038	0.8818	0.6321	0.0000					
20	0.6090	0.8833	0.6351	0.0000					
21	0.6139	0.8877	0.6368	0.0000					
22	0.6188	0.8895	0.6377	0.0000					
23	0.6240	0.8903	0.6381	0.0000					
24	0.6289	0.8936	0.6385	0.0000					
25	0.6338	0.8965	0.6403	0.0000					
26	0.6390	0.8982	0.6409	0.0000					
27	0.6439	0.8991	0.6421	0.0000					
28	0.6488	0.9018	0.6429	0.0000					
29	0.6540	0.9035	0.6438	0.0000					
30	0.6589	0.9044	0.6473	0.0000					
31	0.6638	0.9055	0.6474	0.0000					
32	0.6690	0.9070	0.6491	0.0000					
33	0.6739	0.9088	0.6496	0.0000					
34	0.6788	0.9096	0.6499	0.0000					
35	0.6840	0.9105	0.6509	0.0000					
36	0.6889	0.9114	0.6517	0.0000					
37	0.6938	0.9118	0.6526	0.0000					
38	0.6990	0.9123	0.6535	0.0000					
39	0.7039	0.9123	0.6543	0.0000					
40	0.7088	0.9132	0.6561	0.0000					

Lampiran A.4

CdS 6/222

Ketebalan lapisan tipis (d): 0.5126 μm

Indeks bias substrat (S) : 1.51

No.	Lambda (μm)	Tm(%)	Tm(%)	R(%)	No.	Lambda (μm)	Tm(%)	Tm(%)	R(%)
1	0.5139	0.0537	0.0372	0.0000	41	0.7140	0.7553	0.3749	0.0000
2	0.5190	0.1124	0.0950	0.0000	42	0.7184	0.7545	0.3752	0.0000
3	0.5234	0.1785	0.1207	0.0000	43	0.7239	0.7520	0.3760	0.0000
4	0.5289	0.2702	0.1578	0.0000	44	0.7290	0.7512	0.3764	0.0000
5	0.5340	0.3413	0.2027	0.0000	45	0.7334	0.7503	0.3768	0.0000
6	0.5384	0.4124	0.2248	0.0000	46	0.7389	0.7496	0.3770	0.0000
7	0.5439	0.4702	0.2578	0.0000	47	0.7440	0.7479	0.3772	0.0000
8	0.5490	0.5248	0.2826	0.0000	48	0.7484	0.7471	0.3774	0.0000
9	0.5534	0.5661	0.2959	0.0000	49	0.7539	0.7454	0.3776	0.0000
10	0.5589	0.6198	0.3124	0.0000	50	0.7590	0.7429	0.3785	0.0000
11	0.5640	0.6413	0.3206	0.0000					
12	0.5684	0.6702	0.3289	0.0000					
13	0.5739	0.7017	0.3388	0.0000					
14	0.5790	0.7198	0.3454	0.0000					
15	0.5834	0.7289	0.3496	0.0000					
16	0.5889	0.7372	0.3638	0.0000					
17	0.5940	0.7454	0.3644	0.0000					
18	0.5984	0.7537	0.3648	0.0000					
19	0.6039	0.7603	0.3652	0.0000					
20	0.6090	0.7628	0.3657	0.0000					
21	0.6134	0.7661	0.3659	0.0000					
22	0.6189	0.7686	0.3661	0.0000					
23	0.6240	0.7743	0.3669	0.0000					
24	0.6284	0.7752	0.3673	0.0000					
25	0.6339	0.7759	0.3677	0.0000					
26	0.6390	0.7768	0.3678	0.0000					
27	0.6434	0.7760	0.3681	0.0000					
28	0.6489	0.7726	0.3682	0.0000					
29	0.6540	0.7714	0.3686	0.0000					
30	0.6584	0.7710	0.3693	0.0000					
31	0.6639	0.7706	0.3710	0.0000					
32	0.6690	0.7702	0.3714	0.0000					
33	0.6734	0.7677	0.3719	0.0000					
34	0.6789	0.7669	0.3722	0.0000					
35	0.6840	0.7628	0.3727	0.0000					
36	0.6884	0.7620	0.3731	0.0000					
37	0.6939	0.7611	0.3735	0.0000					
38	0.6990	0.7603	0.3739	0.0000					
39	0.7034	0.7586	0.3743	0.0000					
40	0.7089	0.7562	0.3747	0.0000					

CDS250

Lampiran A 5

CdS 2/250

Ketebalan lapisan tipis (d) : 0.5094 μm

Indeks bias substrat (S) : 1.51

No.	Lambda (μm)	Tm(%)	Tm(%)	R (%)	No.	Lambda (μm)	Tm(%)	Tm(%)	R (%)
1	0.5039	0.0692	0.0385	0.0000	41	0.7087	0.7846	0.3877	0.0000
2	0.5137	0.1692	0.0846	0.0000	42	0.7140	0.7831	0.3884	0.0000
3	0.5190	0.2769	0.1308	0.0000	43	0.7189	0.7815	0.3907	0.0000
4	0.5239	0.3654	0.1731	0.0000	44	0.7237	0.7807	0.3915	0.0000
5	0.5287	0.4538	0.2038	0.0000	45	0.7290	0.7799	0.3923	0.0000
6	0.5340	0.5154	0.2346	0.0000	46	0.7339	0.7784	0.3961	0.0000
7	0.5389	0.5577	0.2577	0.0000	47	0.7387	0.7754	0.3969	0.0000
8	0.5437	0.5884	0.2815	0.0000	48	0.7440	0.7738	0.4000	0.0000
9	0.5490	0.6231	0.3015	0.0000	49	0.7489	0.7731	0.4007	0.0000
10	0.5539	0.6461	0.3192	0.0000	50	0.7537	0.7707	0.4031	0.0000
11	0.5587	0.6731	0.3308	0.0000	51	0.7590	0.7699	0.4046	0.0000
12	0.5640	0.6861	0.3369	0.0000	52	0.7639	0.7692	0.4069	0.0000
13	0.5689	0.7138	0.3423	0.0000	53	0.7687	0.7677	0.4077	0.0000
14	0.5737	0.7269	0.3438	0.0000	54	0.7740	0.7669	0.4092	0.0000
15	0.5790	0.7446	0.3461	0.0000	55	0.7789	0.7654	0.4115	0.0000
16	0.5839	0.7569	0.3469	0.0000	56	0.7837	0.7615	0.4138	0.0000
17	0.5887	0.7715	0.3499	0.0000					
18	0.5940	0.7792	0.3523	0.0000					
19	0.5989	0.7884	0.3538	0.0000					
20	0.6037	0.7969	0.3577	0.0000					
21	0.6090	0.8023	0.3584	0.0000					
22	0.6139	0.8077	0.3588	0.0000					
23	0.6187	0.8062	0.3592	0.0000					
24	0.6246	0.8054	0.3596	0.0000					
25	0.6289	0.8046	0.3615	0.0000					
26	0.6337	0.8042	0.3631	0.0000					
27	0.6390	0.8038	0.3638	0.0000					
28	0.6439	0.8023	0.3654	0.0000					
29	0.6487	0.8008	0.3677	0.0000					
30	0.6540	0.8000	0.3684	0.0000					
31	0.6589	0.7996	0.3692	0.0000					
32	0.6637	0.7954	0.3707	0.0000					
33	0.6690	0.7938	0.3723	0.0000					
34	0.6739	0.7923	0.3738	0.0000					
35	0.6787	0.7915	0.3754	0.0000					
36	0.6840	0.7907	0.3769	0.0000					
37	0.6889	0.7892	0.3799	0.0000					
38	0.6937	0.7884	0.3830	0.0000					
39	0.6990	0.7877	0.3838	0.0000					
40	0.7039	0.7861	0.3861	0.0000					

Lampiran B.1

Hasil Perhitungan Indeks Bias dan Koefisien Absorpsi untuk CdS 1/200

No.	Lambda (μm)	E = hv (eV)	Indeks Bias (n)	alp x hv	(hv) ^{3/2}	(alp x hv) ²	alpha
1	0.5136	2.4143	2.4714	3.3465	3.7514	11.1992	1.3861
2	0.5184	2.3920	2.5041	2.7414	3.6994	7.5153	1.1461
3	0.5218	2.3764	2.4688	2.1297	3.6633	4.5356	0.8962
4	0.5274	2.3512	2.5672	1.5525	3.6051	2.4101	0.6603
5	0.5329	2.3269	2.5231	1.1441	3.5495	1.3039	0.4917
6	0.5391	2.3001	2.4710	0.8126	3.4884	0.6604	0.3533
7	0.5446	2.2769	2.4932	0.5781	3.4357	0.3342	0.2539
8	0.5487	2.2599	2.5131	0.4235	3.3973	0.1793	0.1874
9	0.5535	2.2403	2.4988	0.3152	3.3532	0.0994	0.1407
10	0.5604	2.2127	2.4594	0.2430	3.2914	0.0591	0.1098
11	0.5638	2.1994	2.4591	0.2142	3.2817	0.0459	0.0974
12	0.5680	2.1831	2.4350	0.1869	3.2256	0.0349	0.0856
13	0.5735	2.1622	2.4348	0.1539	3.1793	0.0253	0.0735
14	0.5780	2.1416	2.4232	0.1450	3.1341	0.0210	0.0677
15	0.5838	2.1240	2.4229	0.1312	3.0955	0.0172	0.0618
16	0.5914	2.0967	2.4230	0.1171	3.0361	0.0137	0.0559
17	0.5934	2.0897	2.4117	0.1171	3.0207	0.0137	0.0560
18	0.5989	2.0705	2.4062	0.1102	2.9792	0.0121	0.0532
19	0.6045	2.0513	2.4006	0.1032	2.9379	0.0108	0.0503
20	0.6086	2.0375	2.4006	0.1025	2.9083	0.0105	0.0503
21	0.6141	2.0192	2.3953	0.0959	2.8693	0.0092	0.0475
22	0.6182	2.0058	2.3910	0.0953	2.8408	0.0091	0.0475
23	0.6237	1.9881	2.3889	0.0945	2.8033	0.0089	0.0476
24	0.6292	1.9708	2.3889	0.0937	2.7666	0.0088	0.0476
25	0.6347	1.9537	2.4008	0.0869	2.7307	0.0075	0.0445
26	0.6389	1.9408	2.4115	0.0861	2.7039	0.0074	0.0443
27	0.6444	1.9243	2.4115	0.0853	2.6693	0.0073	0.0443
28	0.6492	1.9100	2.4008	0.0849	2.6398	0.0072	0.0445
29	0.6540	1.8960	2.4008	0.0843	2.6103	0.0071	0.0445
30	0.6595	1.8802	2.4061	0.0781	2.5782	0.0061	0.0416
31	0.6637	1.8683	2.3900	0.0725	2.5537	0.0052	0.0388
32	0.6678	1.8568	2.3900	0.0720	2.5302	0.0052	0.0388
33	0.6733	1.8417	2.3951	0.0767	2.4993	0.0059	0.0417
34	0.6783	1.8268	2.3898	0.0814	2.4690	0.0066	0.0446
35	0.6829	1.8158	2.3898	0.0809	2.4468	0.0066	0.0446
36	0.6857	1.8034	2.3898	0.0806	2.4318	0.0065	0.0446
37	0.6926	1.7904	2.3842	0.0852	2.3956	0.0073	0.0476
38	0.6988	1.7745	2.3842	0.0845	2.3638	0.0071	0.0476
39	0.7050	1.7589	2.3898	0.0784	2.3326	0.0061	0.0446
40	0.7098	1.7470	2.3842	0.0832	2.3090	0.0069	0.0476
41	0.7132	1.7386	2.3953	0.0826	2.2925	0.0068	0.0475
42	0.7187	1.7253	2.3899	0.0870	2.2663	0.0076	0.0504
43	0.7256	1.7089	2.3842	0.0914	2.2340	0.0084	0.0535
44	0.7284	1.7024	2.3842	0.0911	2.2211	0.0083	0.0535

No.	Lambda (um)	E = hv (eV)	Indeks Bias (n)	alp x hv	(hv) ^{3/2}	(alp x hv) ²	alpha
45	0.7339	1.6896	2.3842	0.0904	2.1962	0.0082	0.0535
46	0.7394	1.6770	2.3842	0.0897	2.1713	0.0080	0.0535
47	0.7435	1.6678	2.3842	0.0892	2.1538	0.0080	0.0535
48	0.7490	1.6555	2.3842	0.0885	2.1301	0.0078	0.0535
49	0.7559	1.6404	2.3842	0.0877	2.1010	0.0077	0.0535
50	0.7587	1.6344	2.3842	0.0874	2.0894	0.0076	0.0535
51	0.7642	1.6226	2.3842	0.0868	2.0669	0.0075	0.0535
52	0.7697	1.6110	2.4003	0.0905	2.0448	0.0082	0.0562
53	0.7738	1.6025	2.4003	0.0900	2.0286	0.0081	0.0562

Lampiran B.2

Hasil Perhitungan Indeks Bias dan Koefisien Absorpsi untuk CdS 2/200

No.	lambda (μm)	E = hv (eV)	Indeks Bias(n)	alp x hv	(hv) ^{3/2}	(alp x hv) ²	alpha
1	0.5298	2.3405	2.2014	1.2018	3.5807	1.4443	0.5135
2	0.5335	2.3243	2.2793	0.8851	3.5435	0.7834	0.3808
3	0.5358	2.3139	2.3535	0.7287	3.5197	0.5310	0.3149
4	0.5433	2.2823	2.3849	0.5076	3.4480	0.2576	0.2224
5	0.5495	2.2586	2.4123	0.3701	3.3899	0.1370	0.1640
6	0.5544	2.2367	2.3936	0.3078	3.3450	0.0948	0.1376
7	0.5593	2.2171	2.3887	0.2639	3.3012	0.0697	0.1190
8	0.5624	2.2048	2.3756	0.2470	3.2739	0.0610	0.1120
9	0.5691	2.1789	2.3914	0.1960	3.2162	0.0384	0.0900
10	0.5741	2.1599	2.3794	0.1641	3.1743	0.0269	0.0760
11	0.5790	2.1416	2.3670	0.1482	3.1341	0.0220	0.0692
12	0.5839	2.1237	2.3675	0.1323	3.0947	0.0175	0.0623
13	0.5876	2.1103	2.3684	0.1027	3.0656	0.0105	0.0487
14	0.5901	2.1013	2.3502	0.0956	3.0461	0.0091	0.0455
15	0.5950	2.0840	2.3444	0.0879	3.0085	0.0077	0.0422
16	0.6024	2.0584	2.3386	0.0800	2.9533	0.0064	0.0389
17	0.6085	2.0378	2.3449	0.0723	2.9090	0.0052	0.0355
18	0.6147	2.0172	2.3449	0.0716	2.8651	0.0051	0.0355
19	0.6198	2.0013	2.3512	0.0643	2.8312	0.0041	0.0321
20	0.6245	1.9856	2.3454	0.0573	2.7979	0.0033	0.0288
21	0.6270	1.9777	2.3515	0.0505	2.7812	0.0025	0.0255
22	0.6343	1.9549	2.3458	0.0435	2.7333	0.0019	0.0223
23	0.6380	1.9436	2.3341	0.0434	2.7096	0.0019	0.0223
24	0.6442	1.9249	2.3341	0.0430	2.6706	0.0018	0.0223
25	0.6491	1.9103	2.3225	0.0428	2.6404	0.0018	0.0224
26	0.6528	1.8995	2.3225	0.0425	2.6180	0.0018	0.0224
27	0.6552	1.8926	2.3108	0.0425	2.6036	0.0018	0.0225
28	0.6639	1.8678	2.3170	0.0358	2.5526	0.0013	0.0191
29	0.6688	1.8541	2.3170	0.0355	2.5246	0.0013	0.0191
30	0.6749	1.8373	2.3170	0.0352	2.4904	0.0012	0.0191
31	0.6811	1.8206	2.3346	0.0288	2.4565	0.0008	0.0158
32	0.6835	1.8142	2.3462	0.0286	2.4436	0.0008	0.0158
33	0.6885	1.8010	2.3462	0.0284	2.4170	0.0008	0.0158
34	0.6934	1.7883	2.3462	0.0282	2.3914	0.0008	0.0158
35	0.6995	1.7727	2.3346	0.0280	2.3602	0.0008	0.0158
36	0.7044	1.7604	2.3231	0.0279	2.3356	0.0008	0.0158
37	0.7094	1.7480	2.3291	0.0220	2.3110	0.0005	0.0126
38	0.7131	1.7389	2.3291	0.0219	2.2930	0.0005	0.0126
39	0.7180	1.7270	2.3350	0.0161	2.2696	0.0003	0.0093
40	0.7217	1.7182	2.3236	0.0161	2.2522	0.0003	0.0094
41	0.7278	1.7038	2.3236	0.0159	2.2239	0.0003	0.0094
42	0.7327	1.6924	2.3236	0.0158	2.2016	0.0003	0.0094
43	0.7389	1.6782	2.3236	0.0157	2.1740	0.0002	0.0094
44	0.7438	1.6671	2.3236	0.0156	2.1525	0.0002	0.0094

No.	lambda (um)	E = hν (eV)	Indeks Bias(n)	alp x hν	(hν) ^{3/2}	(alp x hν) ²	alpha
45	0.7487	1.6562	2.3236	0.0155	2.1314	0.0002	0.0094
46	0.7537	1.6452	2.3236	0.0154	2.1103	0.0002	0.0094
47	0.7586	1.6346	2.3236	0.0153	2.0898	0.0002	0.0094
48	0.7623	1.6267	2.3236	0.0152	2.0746	0.0002	0.0094

Lampiran B.3

Hasil perhitungan Indeks Bias dan koefisien absorpsi untuk CdS 3/200

No.	Lambda (μm)	E = hv (eV)	Indeks Bias (n)	alp x hv	(hv) ^{3/2}	(alp x hv) ²	alpha
1	0.5100	2.3892	0.0000	6.2390	3.6930	38.9254	2.6113
2	0.5239	2.3669	0.0000	4.5776	3.6413	20.9548	1.9340
3	0.5288	2.3449	0.0000	3.5301	3.5908	12.4818	1.5054
4	0.5340	2.3221	0.0000	2.8092	3.5385	8.8078	1.1236
5	0.5389	2.3010	0.0000	1.9113	3.4904	3.8532	0.8307
6	0.5438	2.2803	0.0000	1.5275	3.4433	2.3332	0.6699
7	0.5490	2.2587	0.0000	1.2484	3.3945	1.5611	0.5532
8	0.5539	2.2387	0.0000	1.0887	3.3495	1.1853	0.4863
9	0.5588	2.2190	0.0000	0.9875	3.3058	0.9753	0.4450
10	0.5640	2.1988	0.0000	0.8822	3.2600	0.7435	0.3922
11	0.5689	2.1796	0.0000	0.8094	3.2179	0.6551	0.3713
12	0.5738	2.1610	0.0000	0.7605	3.1768	0.5783	0.3519
13	0.5790	2.1418	0.0000	0.6882	3.1341	0.4709	0.3204
14	0.5839	2.1237	0.0000	0.6167	3.0947	0.3803	0.2904
15	0.5888	2.1060	0.0000	0.5906	3.0562	0.3489	0.2805
16	0.5940	2.0875	0.0000	0.5649	3.0181	0.3191	0.2706
17	0.5989	2.0705	0.0000	0.5202	2.9792	0.2706	0.2512
18	0.6038	2.0537	0.0000	0.5028	2.9430	0.2528	0.2448
19	0.6090	2.0361	0.0000	0.4918	2.9054	0.2418	0.2415
20	0.6139	2.0199	0.0000	0.4683	2.8707	0.2193	0.2318
21	0.6188	2.0039	0.0000	0.4587	2.8387	0.2038	0.2279
22	0.6240	1.9872	0.0000	0.4484	2.8013	0.2020	0.2262
23	0.6289	1.9717	0.0000	0.4317	2.7686	0.1864	0.2190
24	0.6338	1.9565	0.0000	0.4160	2.7366	0.1731	0.2126
25	0.6390	1.9405	0.0000	0.4055	2.7032	0.1644	0.2090
26	0.6439	1.9258	0.0000	0.3986	2.6724	0.1589	0.2070
27	0.6488	1.9112	0.0000	0.3845	2.6422	0.1478	0.2012
28	0.6540	1.8960	2.3585	0.0580	2.6108	0.0034	0.0308
29	0.6589	1.8819	2.3494	0.0546	2.5817	0.0030	0.0290
30	0.6638	1.8680	2.3506	0.0512	2.5532	0.0026	0.0274
31	0.6690	1.8535	2.3478	0.0452	2.5234	0.0020	0.0244
32	0.6739	1.8400	2.3492	0.0389	2.4960	0.0015	0.0211
33	0.6788	1.8268	2.3498	0.0360	2.4690	0.0013	0.0197
34	0.6840	1.8129	2.3478	0.0328	2.4409	0.0011	0.0181
35	0.6889	1.8000	2.3487	0.0297	2.4149	0.0009	0.0165
36	0.6938	1.7873	2.3444	0.0282	2.3894	0.0008	0.0158
37	0.6990	1.7740	2.3423	0.0285	2.3627	0.0007	0.0149
38	0.7039	1.7616	2.3397	0.0263	2.3381	0.0007	0.0149
39	0.7088	1.7494	2.3353	0.0233	2.3139	0.0005	0.0133
40	0.7140	1.7367	2.3353	0.0231	2.2887	0.0005	0.0133
41	0.7189	1.7249	2.3338	0.0205	2.2653	0.0004	0.0119
42	0.7238	1.7132	2.3325	0.0204	2.2424	0.0004	0.0119
43	0.7290	1.7010	2.3315	0.0190	2.2184	0.0004	0.0112
44	0.7338	1.6898	2.3307	0.0174	2.1982	0.0003	0.0103

No.	Lambda (um)	E = hν (eV)	Indeks Bias (n)	alp x hν	(hν) ^ 3/2	(alp x hν)^2	alpha
45	0.7333	1.6734	2.3309	0.0146	2.1744	0.0002	0.0037
46	0.7440	1.6667	2.3303	0.0133	2.1517	0.0002	0.0030
47	0.7439	1.6558	2.3297	0.0121	2.1306	0.0001	0.0073
48	0.7538	1.6450	2.3321	0.0105	2.1098	0.0001	0.0064
49	0.7590	1.6337	2.3230	0.0105	2.0832	0.0001	0.0064
50	0.7639	1.6232	2.3270	0.0092	2.0631	0.0001	0.0057
51	0.7633	1.6129	2.3265	0.0083	2.0434	0.0001	0.0052

Lampiran B.4

Hasil Perhitungan Indeks Bias dan Koefisien Absorpsi untuk CdS 6/222

No.	Lambda (um)	E=hv (eV)	Indeks Bias (n)	alp x hv	(hv) ^{3/2}	(alp x hv) ²	alpha
1	0.5190	2.3892	0.0000	10.1617	3.6930	103.2593	4.2531
2	0.5234	2.3691	0.0000	7.9440	3.6465	63.1064	3.3531
3	0.5289	2.3445	0.0000	5.9700	3.5893	35.6409	2.5464
4	0.5340	2.3221	0.0000	4.8574	3.5335	23.5947	2.0918
5	0.5384	2.3031	0.0000	3.9697	3.4952	15.7583	1.7236
6	0.5439	2.2798	0.0000	3.3476	3.4423	11.2067	1.4684
7	0.5490	2.2587	0.0000	2.8337	3.3945	8.0299	1.2546
8	0.5534	2.2407	0.0000	2.4809	3.3541	6.1547	1.1072
9	0.5589	2.2186	0.0000	2.0652	3.3047	4.2651	0.9308
10	0.5640	2.1986	0.0000	1.9006	3.2600	3.6124	0.8645
11	0.5684	2.1816	0.0000	1.6983	3.2222	2.8859	0.7787
12	0.5739	2.1607	0.0000	1.4894	3.1760	2.2184	0.6893
13	0.5790	2.1416	0.0000	1.3702	3.1341	1.8773	0.6398
14	0.5834	2.1255	0.0000	1.3079	3.0987	1.7105	0.6153
15	0.5889	2.1056	0.0000	1.2493	3.0554	1.5607	0.5933
16	0.5940	2.0875	0.0000	1.1936	3.0161	1.4247	0.5718
17	0.5984	2.0722	0.0000	1.1402	2.9829	1.3000	0.5502
18	0.6039	2.0533	0.0000	1.0950	2.9423	1.1989	0.5333
19	0.6090	2.0361	0.0000	1.0728	2.9054	1.1508	0.5269
20	0.6134	2.0215	0.0000	1.0481	2.8742	1.0935	0.5185
21	0.6189	2.0036	0.0000	1.0261	2.8360	1.0528	0.5121
22	0.6240	1.9872	0.0000	0.9891	2.8013	0.9784	0.4978
23	0.6284	1.9733	0.0000	0.9777	2.7719	0.8560	0.4955
24	0.6339	1.9561	0.0000	0.9658	2.7359	0.9328	0.4937
25	0.6390	1.9405	0.0000	0.9537	2.7032	0.9096	0.4915
26	0.6434	1.9273	0.0000	0.9511	2.6755	0.9045	0.4935
27	0.6489	1.9109	0.0000	0.9593	2.6416	0.8203	0.5020
28	0.6540	1.8960	3.4118	0.4331	2.6108	0.1876	0.2284
29	0.6584	1.8834	3.4066	0.4320	2.5846	0.1866	0.2294
30	0.6639	1.8678	3.3948	0.4308	2.5526	0.1856	0.2307
31	0.6690	1.8535	3.3915	0.4291	2.5234	0.1841	0.2315
32	0.6734	1.8414	3.3844	0.4349	2.4988	0.1892	0.2362
33	0.6789	1.8265	3.3812	0.4343	2.4684	0.1836	0.2378
34	0.6840	1.8129	3.3718	0.4450	2.4409	0.1980	0.2454
35	0.6884	1.8013	3.3677	0.4450	2.4175	0.1980	0.2471
36	0.6939	1.7870	3.3636	0.4447	2.3888	0.1978	0.2489
37	0.6990	1.7740	3.3598	0.4444	2.3627	0.1975	0.2505
38	0.7034	1.7629	3.3544	0.4474	2.3406	0.2002	0.2538
39	0.7088	1.7492	3.3480	0.4520	2.3134	0.2043	0.2584
40	0.7140	1.7367	3.3452	0.4519	2.2887	0.2042	0.2602
41	0.7184	1.7261	3.3420	0.4519	2.2677	0.2042	0.2618
42	0.7239	1.7129	3.3327	0.4571	2.2419	0.2039	0.2668
43	0.7290	1.7010	3.3288	0.4567	2.2184	0.2038	0.2685

No	Lambda (um)	E=hu (eV)	Indeks Bias (n)	alp x hu	(hu)^3/2	(alp x hu)^2	alpha
44	0.7334	1.6903	3.3255	0.4555	2.1835	0.2075	0.2694
45	0.7389	1.6782	3.3222	0.4561	2.1740	0.2081	0.2718
46	0.7440	1.6667	3.3181	0.4536	2.1517	0.2103	0.2751
47	0.7484	1.6569	3.3155	0.4585	2.1327	0.2103	0.2768
48	0.7539	1.6443	3.3113	0.4607	2.1094	0.2123	0.2801

Lampiran B.5

Hasil Perhitungan Indeks Bias dan Koefisien Absorpsi untuk CdS 2/250

No.	Lambda (μm)	E = hu (eV)	Indeks Bias(n)	alp x hu	(hu) ^{3/2}	(alp x hu) ²	alpha
1	0.5137	2.4139	0.0000	8.4273	3.7503	71.019	3.4912
2	0.5190	2.3892	0.0000	6.0287	3.6930	36.3447	2.5233
3	0.5239	2.3669	0.0000	4.6824	3.6413	21.9248	1.9783
4	0.5287	2.3454	0.0000	3.6413	3.5919	13.2594	1.5526
5	0.5340	2.3221	0.0000	3.0244	3.5385	9.1470	1.3024
6	0.5389	2.3010	0.0000	2.6402	3.4904	6.9709	1.1474
7	0.5437	2.2807	0.0000	2.3768	3.4442	5.6491	1.0421
8	0.5490	2.2587	0.0000	2.0995	3.3945	4.4080	0.9296
9	0.5539	2.2387	0.0000	1.9215	3.3495	3.6922	0.8583
10	0.5587	2.2194	0.0000	1.7264	3.3065	2.9806	0.7779
11	0.5640	2.1986	0.0000	1.6276	3.2600	2.6490	0.7403
12	0.5689	2.1796	0.0000	1.4440	3.2179	2.0353	0.6625
13	0.5737	2.1614	0.0000	1.3547	3.1776	1.8353	0.6268
14	0.5790	2.1416	0.0000	1.2411	3.1341	1.5403	0.5795
15	0.5839	2.1237	0.0000	1.1623	3.0947	1.3509	0.5473
16	0.5887	2.1063	0.0000	1.0737	3.0570	1.1529	0.5098
17	0.5940	2.0875	0.0000	1.0234	3.0161	1.0474	0.4902
18	0.5989	2.0705	0.0000	0.9673	2.9792	0.9356	0.4672
19	0.6037	2.0540	0.0000	0.9163	2.9437	0.8396	0.4461
20	0.6090	2.0361	0.0000	0.8813	2.9054	0.7767	0.4328
21	0.6139	2.0199	0.0000	0.8477	2.8707	0.7185	0.4197
22	0.6187	2.0042	0.0000	0.8484	2.8373	0.7193	0.4233
23	0.6246	1.9853	0.0000	0.8443	2.7972	0.7128	0.4253
24	0.6289	1.9717	0.0000	0.8423	2.7686	0.7095	0.4272
25	0.6337	1.9568	0.0000	0.8379	2.7372	0.7020	0.4282
26	0.6390	1.9405	0.0000	0.8328	2.7032	0.6936	0.4292
27	0.6439	1.9258	0.0000	0.8335	2.6724	0.6948	0.4328
28	0.6487	1.9115	0.0000	0.8344	2.6428	0.6962	0.4365
29	0.6540	1.8960	3.4548	0.3423	2.6108	0.1171	0.1805
30	0.6589	1.8819	3.4488	0.3414	2.5817	0.1165	0.1814
31	0.6637	1.8683	3.4331	0.3531	2.5537	0.1247	0.1890
32	0.6690	1.8535	3.4205	0.3562	2.5234	0.1269	0.1922
33	0.6739	1.8400	3.4086	0.3591	2.4960	0.1290	0.1952
34	0.6787	1.8270	3.3972	0.3599	2.4695	0.1296	0.1970
35	0.6840	1.8129	3.3864	0.3605	2.4409	0.1299	0.1988
36	0.6889	1.8000	3.3652	0.3642	2.4149	0.1328	0.2023
37	0.6937	1.7875	3.3445	0.3657	2.3899	0.1338	0.2046
38	0.6990	1.7740	3.3384	0.3656	2.3627	0.1336	0.2061
39	0.7039	1.7616	3.3217	0.3692	2.3381	0.1363	0.2096
40	0.7087	1.7497	3.3095	0.3723	2.3144	0.1386	0.2128
41	0.7140	1.7367	3.3029	0.3746	2.2887	0.1403	0.2157
42	0.7189	1.7249	3.2863	0.3782	2.2653	0.1431	0.2193
43	0.7237	1.7134	3.2801	0.3786	2.2428	0.1434	0.2210
44	0.7290	1.7010	3.2740	0.3788	2.2184	0.1435	0.2227

No.	Lambda (um)	E = hu (eV)	Indeks Bias(n)	alp x hu	(hu)^3/2	(alpxhu)^2	alpha
45	0.7339	1.6896	3.2486	0.3829	2.1962	0.1466	0.2266
46	0.7387	1.6786	3.2390	0.3902	2.1749	0.1522	0.2324
47	0.7440	1.6667	3.2173	0.3940	2.1517	0.1553	0.2364
48	0.7489	1.6558	3.2125	0.3940	2.1306	0.1552	0.2380
49	0.7537	1.6452	3.1943	0.4003	2.1103	0.1602	0.2433
50	0.7590	1.6337	3.1841	0.4007	2.0882	0.1606	0.2453
51	0.7639	1.6232	3.1693	0.4016	2.0681	0.1613	0.2474
52	0.7687	1.6131	3.1622	0.4042	2.0488	0.1633	0.2505
53	0.7740	1.6021	3.1520	0.4047	2.0278	0.1638	0.2526
54	0.7789	1.5920	3.1361	0.4080	2.0087	0.1665	0.2563

Lampiran C

Pernyataan Transmisi T untuk sistem seperti ditunjukkan gambar 2.3 adalah :

$$T = \frac{A'x}{B' - C'x - D'x^2}$$

dimana :

$$A' = 16s(n^2 - k^2)$$

$$B' = [(n-1)^2 + k^2][(n-1)(n+s^2) - k^2]$$

$$C' = [(n^2 - 1 + k^2)(n^2 - s^2 + k^2) - 2k^2(s^2 + 1)]2 \cos \varphi \\ - k[2(n^2 - s^2 + k^2) - (s^2 + 1)(n^2 - 1 + k^2)]2 \sin \varphi$$

$$D' = [(n-1)^2 + k^2][(n-1)(n-s^2) + k^2]$$

$$\varphi = \frac{4\pi d}{\lambda}$$

$$x = \exp(-\alpha d)$$

$$\alpha = \frac{4\pi k}{\lambda}$$

Lampiran D

Spektrum beserta data hasil XRD untuk 5 sampel CdS

PEAK DATA OUTPUT (DP-61)

date & time 97-08-04 11:4
operator

Raw Data

file no. : 90
comment : CdS 2-200 lap.tipis
date & time : 97-08-04 10:55

Measurement Condition

X-ray tube
target : Cu
voltage : 30 (kV)
current : 30 (mA)

Slits

divergence slit : 1 (deg)
scatter slit : 1 (deg)
receiving slit : .60 (mm)

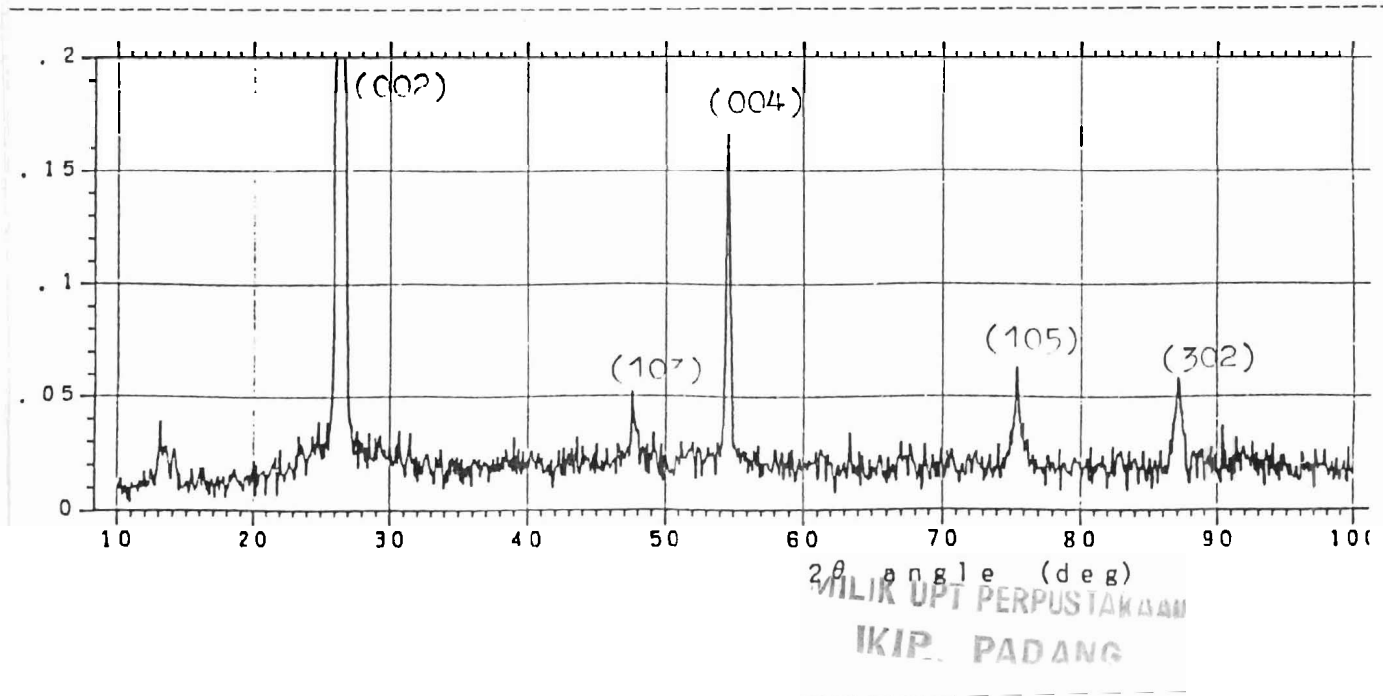
Scanning

scan mode : CONTI
scan speed : 4.000 (deg/min)
sampling pitch : 0.108 (deg)
preset time : 1.0 (sec)
full scale : 0.2 (kcps)

Data Processing Condition

smoothing points : 7
background subtraction : YES
K α 1- α 2 separation : YES

peak no.	2 θ (deg)	d (Å)	I/I ₁	FWHM (deg)	intensity (kcps)	integrated int (kcps*deg)
1	87.002	1.1190	1	0.686	0.026	0.0225
2	75.405	1.2595	1	0.514	0.027	0.0206
3	54.486	1.6826	3	0.462	0.084	0.0460
4	47.550	1.9106	1	0.607	0.019	0.0221
5	26.306	3.3850	100	0.410	2.558	1.0548
6	13.300	6.6516	0	0.867	0.009	0.0111



MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP. PADANG

PEAK DATA OUTPUT (DP-61)

date & time 1997-11- 3 11:4
operator

Raw Data

file no. : 80
comment : CDS 6-222
date & time : 97-11-03 11:15

Measurement Condition

X-ray tube
target : Co
voltage : 30 (kV)
current : 30 (mA)

Slits

divergence slit : 1 (deg)
scatter slit : 1 (deg)
receiving slit : .6 (mm)

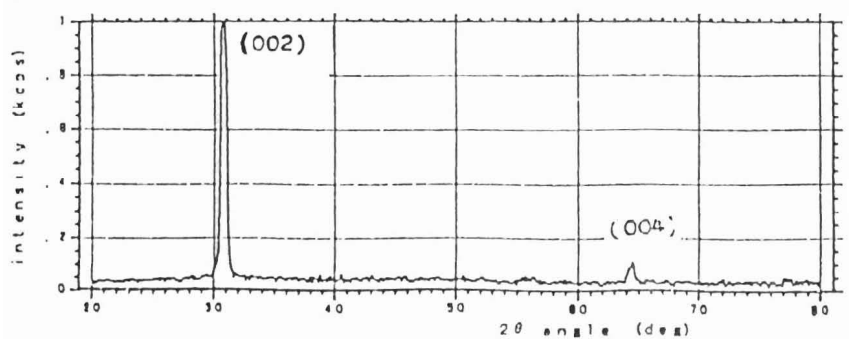
Scanning

scan mode : CONTI
scan speed : 4 (deg/min)
sampling pitch : .108 (deg)
preset time : 1.0 (s)
full scale : 1.0 (kcps)

Data Processing Condition

smoothing points : 7
background subtraction : YES
Kα 1, α 2 separation : YES

Table with 8 columns: peak no., 2θ (deg), d (Å), I/I1, FWHM (deg), intensity (kcps), integrated int (kcps·deg), by. Contains 2 rows of peak data.



file No. = 80
[97-11-03 11:15]
< CDS 6-222 >
X-ray: Co 30 kV
slit : (SS) 1 deg
(OS) 1 deg
(RS) .6 mm

```

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
PEAK DATA OUTPUT      (DP-61)
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
date & time 1997-11- 3 11:46
operator

```

Raw Data

```

file no.           : 81
comment            : CDS 2-250
date & time        : 97-11-03 11:37

```

Measurement Condition

```

X-ray tube
target             : Co
voltage            : 30 (kV)
current            : 30 (mA)

```

Slits

```

divergence slit   : 1 (deg)
scatter slit      : 1 (deg)
receiving slit    : .6 (mm)

```

Scanning

```

scan mode          : CONTI
scan speed         : 4 (deg/min)
sampling pitch     : .108 (deg)
preset time       : 1.0 (s)
full scale        : 1.0 (kcps)

```

Data Processing Condition

```

smoothing points  : 7
background subtraction : YES
K $\alpha$  1,  $\alpha$  2 separation : YES

```

peak no.	2 θ (deg)	d (Å)	I/I ₁	FWHM (deg)	intensity (kcps)	integrated int (kcps·deg)	type
1	30.674	3.3817	100	0.417	0.402	0.1703	A

