

# Sintesis dan Karakterisasi Semikonduktor CuO dengan Metode *DC Sputtering*

Rifliany Restiannisa

Mahasiswa Fisika,  
Fakultas Sains dan Teknologi Terapan,  
Universitas Ahmad Dahlan

## ABSTRAK

Penelitian ini mengenai fabrikasi dan karakterisasi semikonduktor berupa lapisan tipis CuO yang dideposisi menggunakan metode *DC Sputtering* pada substrat kaca dengan target tembaga (Cu) yang direaksikan dengan gas Oksigen (O<sub>2</sub>). Proses *DC sputtering* berlangsung pada tegangan 2 kV, arus 40 mA dan tekanan ruang deposisi  $3 \times 10^{-2}$  Torr. Waktu yang digunakan pada proses *sputtering* masing-masing yaitu 10, 15, 20, 25 dan 30 (menit) dengan rasio konsentrasi gas reaktan yang tetap yaitu 71% Ar : 29% O<sub>2</sub>. Kemudian dengan waktu yang tetap 10 menit, divariasikan lagi berdasarkan rasio konsentrasi gas reaktan Ar : O<sub>2</sub> yaitu 58% : 42%, 71% : 29%, 82% : 18% dan 90% : 10%. Lapisan tipis hasil deposisi diuji menggunakan alat *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk memastikan senyawa yang terbentuk di permukaan substrat. Hasil XRD menunjukkan bahwa pada waktu deposisi 10 menit dengan rasio gas reaktan Ar : O<sub>2</sub> yaitu 71 % : 29% dihasilkan senyawa CuO murni. Uji karakteristik optik dan elektrik menghasilkan nilai *energy gap* pada rentang 1,83 – 2,51 (eV) dan resistivitas pada rentang 0,03 – 22,92 ( $\Omega$ .cm).

**Kata kunci :** Deposisi lapisan tipis, sintesis CuO, *Reactive DC Sputtering*, karakteristik optik, karakteristik elektrik, XRD.

## 1. PENDAHULUAN

Semikonduktor adalah bahan yang bersifat setengah konduktor dan memiliki konduktivitas listrik yang berada di antara isolator dan konduktor. Ilmu fisika khususnya fisika material dan elektronika memiliki peran yang sangat penting dalam pengembangan studi mengenai bahan semikonduktor ini. Hal ini dapat dilihat dari banyaknya kemajuan yang dicapai dalam pengembangan peralatan-peralatan penumbuh material dalam bentuk film tipis (Wenas, 2019).

Lapisan tipis semikonduktor merupakan komponen yang sangat menarik karena memiliki sifat optik yang sangat tergantung pada konstanta dielektrik, indeks bias, dan *energy gap*. Lapisan tipis juga sangat tergantung pada sifat-sifat dan reaksi dari bahan-bahan target dalam proses pendeposisiannya. Dengan teknologi lapisan tipis diharapkan dapat diperoleh suatu bahan yang berkualitas baik, sehingga dapat diaplikasikan sebagai komponen elektronika baik dalam bidang komunikasi, ilmu teknik dan teknologi lainnya termasuk aplikasi dalam bidang Fisika yang digunakan dalam industri

elektronika dan mikroelektronika untuk perangkat bahan semikonduktor lainnya (Atmono, 1999).

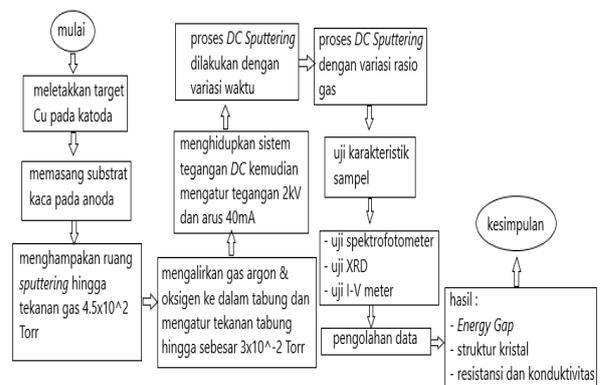
Kupri oksida (CuO) merupakan salah satu semikonduktor yang menjanjikan untuk dijadikan sebagai komponen elektronika karena memiliki absorbansi yang tinggi dan emisi panas yang rendah. Selain itu kupri oksida juga masih banyak tersedia di alam dan proses pengolahannya cukup mudah. Kupri oksida adalah semikonduktor tipe P yang memiliki *energy gap* 1,21-2,1 eV dan memiliki struktur kristal monoklinik (Balamurugan, 2001). Lapisan tipis CuO memiliki transmisi 20% pada spektrum tampak dan dapat mencapai 90% untuk panjang gelombang yang lebih besar (Mugwang, 2013).

Penelitian ini bertujuan untuk membuat lapisan tipis CuO dari target logam Cu dan gas reaktif oksigen dengan metode *DC sputtering*. Pemilihan metode ini berdasarkan pada alasan karena teknik *DC sputtering* dapat menghasilkan lapisan tipis yang daya rekatnya sangat kuat. Selain itu, sifat kimia dan sifat fisika dalam proses pembuatan film ini dapat dikontrol ataupun dioptimasi melalui parameter *sputtering*. Teknik *DC sputtering* juga banyak menyediakan bahan lapisan tipis yang seragam, padat (*dense*), memenuhi stoikiometri, dan apabila proses sputtering telah dimatikan maka seluruh proses deposisi akan segera berhenti. Kemudian parameter yang divariasi pada penelitian ini adalah waktu deposisi dan konsentrasi gas Oksigen sebagai doping atau reaktan untuk pembuatan lapisan tipis CuO di atas substrat kaca preparat. Dengan divariasikannya gas Oksigen diharapkan

dapat diketahui pada konsentrasi berapa Cu akan bereaksi secara optimal dengan Oksigen sehingga membentuk lapisan tipis yang sesuai dengan parameter yang dibutuhkan. Penelitian ini fokus pada pembuatan lapisan tipis CuO dengan teknik *DC sputtering* serta karakterisasi sifat optik dan elektrik serta struktur mikronya. Karakterisasi optik merupakan salah satu metode karakterisasi yang digunakan pada material, terutama material semikonduktor. Beberapa sifat optik yang berguna bisa didapatkan dari karakterisasi optik ini, antara lain absorbansi, transmitansi, koefisien peredaman, dan *energy gap*.

## 2. METODE PENELITIAN

Urutan kerja dalam penelitian ini dibagi menjadi tiga tahap yaitu, tahap preparasi sampel, tahap pendeposisian lapisan tipis dan tahap karakterisasi lapisan tipis yang terbentuk.



Gambar 2.1 Diagram Penelitian

### 2.1 Analisis Data

Analisis data dimulai dengan Karakterisasi sifat optik dilakukan dengan alat spektrofotometer untuk memperoleh data transmitansi. Penentuan nilai celah pita optik

dimulai dari penentuan nilai transmitansi maksimum dan minimum, tebal dan koefisien serapan lapisan tipis dan dilanjutkan perhitungan dengan menerapkan metode *Tauc Plot*. Nilai indeks bias dan ketebalan lapisan tipis ditentukan dengan persamaan Swanepoel:

$$n_i = \frac{(1+n_0) + \sqrt{(1+n_0)^2 - 4n_0 Tm}}{2\sqrt{Tm}}$$

Atau,

$$n_i = \frac{(1+n_0) + \sqrt{(1+n_0)^2 - 4n_0 TM}}{2\sqrt{TM}}$$

Setelah indeks bias masing-masing lapisan diketahui, selanjutnya adalah menentukan tebal lapisan.

$$d = \frac{1}{2n_i \left( \frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right)}$$

Kemudian koefisien serapan lapisan tipis untuk masing-masing panjang gelombang dapat diketahui dengan menggunakan persamaan :

$$\alpha = -\frac{1}{d} \ln T$$

Setelah koefisien serap lapisan tipis kemudian menentukan nilai celah optik yaitu dengan menggunakan pendekatan *Tauc Plot* untuk *direct transition* (Umadevi, 2013) :

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

Dengan  $n_i$  adalah indeks bias lapisan tipis,  $n_0$  adalah indeks bias substrat (kaca),  $Tm$  adalah transmitansi minimum dan  $TM$  adalah nilai transmitansi maksimum.  $\alpha$

merupakan koefisien serapan lapisan tipis,  $d$  ketebalan lapisan,  $\lambda$  panjang gelombang,  $h$  adalah konstanta Planck,  $\nu$  adalah frekuensi foton dan  $E_g$  adalah energi gap. Nilai band gap didapatkan mengekstrapolasi dari grafik linier hubungan  $(h\nu)$  sebagai absis dan  $(\alpha h\nu)^2$  sebagai ordinat hingga memotong sumbu energi sehingga diperoleh nilai celah pita optik (Bilalodin, 2012).

Karakterisasi listrik menggunakan I-V Meter Keithley 2410 sehingga diperoleh nilai konduktivitasnya. Nilai resistivitas dan konduktivitas pada masing-masing sampel ditentukan dari persamaan linier pada masing-masing grafik arus listrik ( $I$ ) terhadap tegangan ( $V$ ) yaitu:

$$\sigma = 1/\rho$$

Dengan  $\sigma$  adalah konduktivitas ( $\Omega.m$ )<sup>-1</sup> dan  $\rho$  adalah resistivitas ( $\Omega.m$ ).

Dan karakterisasi struktur kristal dengan menggunakan alat *X-Ray Diffraction*.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada karakterisasi struktur dan komposisi kimia pada 5 sampel lapisan menggunakan XRD menunjukkan bahwa sampel pada waktu deposisi 10 menit dengan konsentrasi reaktan 71% Ar : 29% O<sub>2</sub> yang berarti semakin sedikit waktu deposisi (semakin sedikit juga target Cu yang terdeposisi) dan semakin tinggi konsentrasi oksigen yang terdeposisi menghasilkan lapisan tipis CuO. Di sisi lain, jika jumlah reaktan Cu berlebih, atau jika konsentrasi oksigen berkurang, maka

yang terbentuk adalah senyawa  $\text{Cu}_2\text{O}$  seperti terlihat pada hasil deposisi Sampel B, Sampel D dan Sampel H dimana ketika waktu deposisi dinaikkan maka intensitas puncak  $\text{Cu}_2\text{O}$  yang terlihat juga semakin tinggi atau kuat. Hal tersebut juga berlaku ketika konsentrasi gas Argon diturunkan menjadi 58% dan kemudian Oksigen dinaikkan menjadi 42% seperti pada Sampel F maka reaksi yang terjadi adalah semakin berkurang pula bahan target (Cu) yang terdeposisi menuju substrat dikarenakan jumlah ion pendeposisi (Ar) yang berkurang sementara kadar Oksigen yang bertambah.

Berikut adalah hasil karakterisasi optik dengan menentukan nilai *energy gap* :

Tabel 3.1. Perbandingan nilai *energy gap* pada masing-masing sampel

No	Sampel	Nilai <i>energy gap</i> (eV)
1	A	1,83
2	B	2,03
3	C	2,46
4	D	2,50
5	E	2,45
6	F	2,09
7	G	2,45
8	H	2,51

Tabel 3.1 menunjukkan perbandingan nilai *energy gap* yang dihasilkan dengan perbedaan waktu deposisi lapisan tipis  $\text{CuO}$ . Lapisan tipis  $\text{CuO}$  dapat diketahui salah satunya dengan menganalisis *energy gap* nya. Untuk mengetahui *energy gap* dari masing-masing sampel, telah dilakukan analisis menggunakan metode *Tauc Plot*, dengan terlebih dahulu menghitung nilai indeks bias lapisan, koefisien serap dan energi foton tiap lapisan.

Dari delapan perbandingan waktu deposisi tersebut, dapat disimpulkan bahwa Sampel A, Sampel B dan Sampel F menghasilkan *energy gap* yang paling relevan dengan referensi yaitu pada rentang 1,21-2,1 eV (Balamurugan dan Mehta, 2001).

Hasil karakterisasi elektrik dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2. Perbandingan nilai elektrikal lapisan tipis pada masing-masing sampel.

Sampel	Konduktivitas ( $\Omega.\text{cm}$ ) <sup>-1</sup>	Resistivitas ( $\Omega.\text{cm}$ )
A	0,741	1,35
B	0,286	3,50
C	0,196	5,10
D	0,121	8,27
E	0,044	22,92
F	3,773	0,03
G	0,051	19,28
H	0,444	2,25

Terjadinya perbedaan nilai resistivitas tiap sampel lapisan tipis pada Tabel 3.2 disebabkan oleh kandungan yang terbentuk di dalam lapisan dan perbedaan presentase antara ion gas *sputter* dengan gas reaktan. Namun disamping itu, karakteristik elektrik yang dihasilkan pada delapan sampel diatas masih termasuk dalam karakteristik bahan semikonduktor dengan rentang nilai konduktivitas maupun resistivitas yaitu  $10^{-08} - 10^{03}$  (S/cm) untuk nilai konduktivitas, dan  $10^{09} - 10^{-03}$  ( $\Omega.\text{cm}$ ) untuk nilai resistivitas (Rizaldy, 2004).

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan akhir penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Lapisan tipis kupri oksida (CuO) telah berhasil ditumbuhkan dengan baik menggunakan metode *DC sputtering* dengan target tembaga (Cu), dan direaksikan dengan gas Oksigen (O<sub>2</sub>). Pada metode *DC sputtering*, waktu deposisi dan konsentrasi yang menghasilkan lapisan tipis CuO murni yaitu sampel dengan waktu deposisi 10 menit dengan konsentrasi 71% Ag : 29% O<sub>2</sub> yang memiliki *energy gap* 1,827 eV dan konduktivitas 0,741 (Ω.cm)<sup>-1</sup>.
2. Karakterisasi senyawa yang terkandung pada lapisan tipis dan struktur kristalnya yang terbentuk dianalisis dengan menggunakan teknik XRD. Dari eksperimen ini, dapat diketahui bahwa Sampel A menghasilkan lapisan tipis CuO. sedangkan Sampel B dan Sampel F merupakan campuran antara CuO dan Cu<sub>2</sub>O karena memiliki puncak dari kedua unsur tersebut. Pada Sampel B, puncak dari Cu<sub>2</sub>O lebih dominan intensitasnya dibandingkan Sampel F, hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu deposisi menunjukkan bahwa reaksi kimia yang terbentuk di dalam proses *sputtering* cenderung menghasilkan Cu<sub>2</sub>O lebih banyak, hal tersebut juga terkait dengan Sampel D dan H yang menunjukkan bahwa semakin lama waktu deposisi maka lapisan tipis yang terbentuk menjadi senyawa Cu<sub>2</sub>O. Berdasarkan karakterisasi sifat optik dari delapan sampel perbandingan waktu dan konsentrasi deposisi yang dihasilkan, dapat disimpulkan bahwa Sampel A,

Sampel B dan Sampel F menghasilkan *energy gap* yang paling relevan yaitu pada rentang 1,21-2,1 eV berdasarkan referensi penelitian oleh Balamurugan (2001).

3. Karakteristik elektik yang dihasilkan pada masing-masing sampel menghasilkan nilai konduktivitas yang termasuk ke dalam rentang nilai yang dimiliki bahan jenis semikonduktor yaitu, 10<sup>-08</sup> – 10<sup>03</sup> (S/cm).

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- Atmono, Rita P., dan Angie M. *Konstruksi dan Uji Karakteristik Sistem RF-Sputtering untuk Preparasi Lapisan Tipis*. Yogyakarta : BATAN (1999).
- Balamurugan ,B. dan Mehta, B.R. (2001) *.Optical and structural properties of nanocrystalline Copper Oxide thin films prepared by activated reactive evaporation*, Thin Solid Films 396: 90-96.
- Bilalodin. 2012. *Pembuatan dan Penentuan Celah Pita Optik Film Tipis TiO2*. Prosiding Pertemuan Ilmiah. ISSN : 0853-0823.
- Mugwang, F.K., Karimi P.K., Njoroge W.K., Omayio O dan Waita S.M. *Optical characterization of Copper Oxide thin films prepared by reactive dc magnetron sputtering for solar cell applications*. International Journal Thin Film Science and Technology. 2 No. 1, 15-24 (2013).
- Rizaldy, Ahmad F. dan Fadliluzaman. 2004. *Resistivitas Kawat Konduktor*. Unlam.

Umadevi, M., Debjit B., Sampath K.,  
Duraivel S. 2013. *Medical Plants  
With Potential Antifertility Activity.*  
Journal of Medicinal Plants Studies.

Wenas, W. W. 2019. *Teknologi  
Semikonduktor Sekarang dan yang  
Akan Datang.* TGJ LIPI.