

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fenomena global terjadi sekarang ini adalah ketidakseimbangan antara penawaran dan permintaan serta ketersediaan sumber daya energi. Energi memiliki peranan penting dalam kehidupan manusia, hampir semua aktivitas manusia pada saat ini bergantung pada energi. Meningkatnya kebutuhan energi global dan transisi menuju energi bersih yang ramah lingkungan mendorong perkembangan material semikonduktor berkinerja tinggi untuk aplikasi perangkat elektronik terutama yang menghasilkan energi terbarukan. Sel surya merupakan salah satu alternatif sebagai solusi untuk menghindari krisis energi. Teknologi sel surya merupakan teknologi yang mampu mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan piranti semikonduktor.

Semikonduktor merupakan material yang mempunyai tingkat konduktivitas diantara isolator dan konduktor. Parameter utama pada semikonduktor dengan material lainnya yaitu energi band gap. Energi band gap mengarah pada perbedaan energi antara bagian celah pita valensi kemudian bagian bawah pita konduksi yang menentukan jumlah energi transisi yang dibutuhkan untuk membuat lonjakan elektron dari pita valensi ke pita konduksi (Aminullah et al., 2019).

Berdasarkan perkembangan industri sel surya saat ini, banyak perangkat keras berteknologi terbaru menggunakan nanopartikel semikonduktor sebagai bahan utama. Dalam perangkat tersebut, terdapat beberapa komponen yang sangat penting, salah satunya adalah elektroda, dengan perkembangan devais yang berbasis layer sentuh untuk meningkatkan efisiensi solar sel, dibutuhkan elektroda transparan (Reiter, 2011). Salah satu elektroda transparan yang sudah banyak digunakan adalah elektroda transparan yang berbahan dasar indium tin oxide (ITO) (Cui et al., 2001).

Diantara sifat ITO yaitu resistivitas listrik rendah dan transparan yang berada dibawah cahaya tampak. Karakteristik ITO dapat memberi potensi pengendapan untuk membentuk lapisan tipis. Sifat intrinsiknya yang unik, ITO sering dipakai dalam penyelidikan skala laboratorium dan industri sebagai komponen kunci dari perangkat

elektronik, contohnya pada display panel datar (Park et al., 2001), transistor film tipis (Liu et al., 2019), dan sel fotovoltaik (Wang et al., 2021).

ITO mempunyai karakteristik yang baik sebagai elektroda transparan, akan tetapi ITO mempunyai keterbatasan diantaranya persediaan Indium yang semakin sedikit di alam sehingga harga ITO menjadi mahal, memiliki fleksibilitas yang terbatas hanya sebesar 1,5% dan mengakibatkan penurunan sifat listrik, dan masalah waktu produksi yang lama serta biaya pembuatan yang mahal karena membutuhkan proses deposisi di dalam kondisi vakum. Selain ITO juga ada FTO (Fluorin Tin Oxide) yang juga termasuk semikonduktor yang umum digunakan sebagai lapisan elektroda transparan. FTO memiliki kelemahan dengan harga yang mahal karena ketersediannya yang cukup terbatas, tidak bisa digunakan untuk substrat yang fleksibel karena sifatnya yang brittle, kurang transparan terhadap spektrum dekat cahaya infra merah, dan kebocoran arus pada perangkat FTO yang disebabkan oleh cacat struktur FTO. Oleh karena itu, dibutuhkan material lain yang dapat menggantikan fungsi ITO dan FTO sebagai elektroda transparan yang mempunyai konduktivitas, transparansi, dan fleksibilitas yang tinggi namun dapat diproduksi dengan harga yang murah dan tersedia di alam dalam jumlah melimpah (Reiter, 2011).

Copper tin oxide (CTO) merupakan salah satu Senyawa yang dapat menggantikan ITO. CTO termasuk bahan semikonduktor oksida amorf dengan celah pita 2.0-2,5 eV, yang dihasilkan dari elemen berlimpah di bumi dan berbiaya murah. Untuk alasan ini, CuSnO_3 dianggap sebagai semikonduktor yang menarik, karena memiliki sifat sebagai oksida konduktor transparan, konduktivitas yang tinggi, translator, perangkat optoelektronik, dan fleksibel. CuSnO_3 ketika berukuran nano akan menjadi material superkonduktivitas dan banyak digunakan dalam berbagai aplikasi seperti elektrokimia dan elektrolisis, listrik, semikonduktor, sifat structural dan aplikasi energi terbarukan. Keunikan dan kelebihan sifat copper tin oxide ini

membuat material ini banyak digunakan sebagai bahan pengganti senyawa indium tin oxide (ITO) dalam beberapa aplikasi terutama sebagai pengganti material elektroda transparan atau oksida konduktor transparan.

CTO dapat di sintesis dari CuO dan SnO₂ dapat digunakan sebagai penganti bahan ITO, CTO ini juga dapat di sintesis dengan beberapa metode seperti kompresitasi (Sujatha et al., 2021), *ball milling* (Fadia et al., 2021), hidrotermal (Cai et al., 2019), dekomposisi termal (Lu et al., 2019), *electric discharge* (Yarali et al., 2020) dan metode sol-gel (Kim et al., 2018).

Metode sol-gel terdiri dari beberapa tahapan, yang pertama pembuatan sol dan selanjutnya penghilangan fasa cair dan gelas sol. Secara umum metode sol gel banyak digunakan dalam pembuatan material padat dari nanopartikel atau suatu molekul-molekul berukuran kecil yang digunakan sebagai fabrikasi oksida logam. Secara spesifik sol didefinisikan sebagai suspensi koloid yang fasa terdispersinya adalah zat padat yang mengalami gerak Brown, sedangkan fasa pendispersinya adalah zat cair. Gel didefinisikan sebagai suatu zat dari rantai polimer yang memiliki pori semirigid dalam bentuk 3 dimensi (Catauro et al., 2014). Proses sol-gel ini digambarkan sebagai proses pembuatan material anorganik dari fasa terdispersi koloid (sol) ke fasa cair yang kontinu (gel) yang terjadi dalam reaksi kimia larutan bersuhu rendah.

Untuk mengoptimalkan produk yang terbentuk dalam sintesis material semikonduktor dapat digunakan senyawa aditif, setiap senyawa aditif memiliki efek yang berbeda-beda (Dang & Wuest, 2013). Senyawa aditif yang dapat digunakan adalah monoethanolamin (MEA) dan diethanolamine (DEA). MEA dan DEA merupakan senyawa aditif yang dapat meningkatkan kelarutan dan memiliki sifat stabilitas suhu yang baik (Ningsih, 2016). Sintesis material semikonduktor dengan penambahan MEA sebagai agen pengompleks sangat berpengaruh terhadap sifat optik, struktur, dan morfologi lapisan tipis Hone & Dejene (2018). Selain penambahan

aditif, pengaruh suhu anil terhadap sifat optik dan listrik juga akan dilihat. Menurut Bagheri-Mohagheghi et al (2008), perbedaan suhu anil akan berpengaruh pada sifat optik material semikonduktor.

Pada penelitian sebelum telah melakukan sintesis material semikonduktor CuSnO_3 dengan menggunakan metode sol-gel (Kim et al., 2018) tetapi pada penelitian ini peneliti tidak menggunakan aditif sebagai *chelating agent*. Lain halnya dengan peneliti lainya juga melakukan sintesis material semikonduktor CuSnO_3 dengan metode yang berdeda yaitu dengan metode *Electrical Discharge* pada penelitian (Yarali et al., 2020), pada penelitian ini menggunakan perbandingan material yang sama yaitu Cu dan Sn (1:1) dan hasil ukuran partikel dari material yang di sintesis didapatkan dalam ukuran nano. Selain itu juga ada peneliti yang melakukan sintesis material CuSnO_3 dengan metoda sonokimia, pada penelitian ini dihasilkan CuSnO_3 yang digunakan untuk fotokatalis pada proses degradasi zat warna metilen biru (Abolhasani et al, 2025)

Metode sol-gel memiliki beberapa keunggulan seperti proses sisntesisnya yang sederhana, memiliki reaksi yang ringan, proses kristalisasi yang cepat, reaksi berlangsung pada suhu rendah dan kehomogenan yang tinggi. Ditinjau dari dampaknya terhadap lingkungan, pemakaian metoda sol-gel ini dinilai ramah terhadap lingkungan karena limbah yang dihasilkan cukup rendah. Sehingga bisa digunakan dalam berbagai proses (Habte et al., 2019). Proses sol-gel dibagi menjadi empat tahapan yaitu hidrolisis, kondensasi, aging, dan drying (Lourenço et al., 2017a). Selain itu penambahan zat aditif seperti MEA dan DEA juga akan mempengaruhi hasil sintesis material terutama sifat optik dan sifat listriknya. Memodifikasi konsentrasi MEA dan DEA dengan tujuan untuk memperoleh secara selektif jumlah aditif yang dibutuhkan dalam mesintesis mikrokristal (Suchanek et al., 2018). MEA dan DEA juga sebagai penstabil suhu yang bagus dan dapat mengurangi waktu pengeringan dan digunakan untuk meningkatkan ketebalan lapisan tipis hingga mempunyai stabilitas

garam anorganik dalam etanol dengan koordinasi gugus -OH dan -NH₂ dengan ion logam, sehingga volume MEA dan DEA yang tepat bisa melarutkan lebih banyak reaktan, yang berguna untuk peningkatan ketebalan lapisan tipis.

Pada penelitian ini, CuSnO₃ disintesis dalam bentuk serbuk (*powder*) dan lapisan tipis (*thin film*) menggunakan metode sol–gel dengan variasi zat pengompleks MEA dan DEA. Material yang diperoleh dikarakterisasi menggunakan XRD, XRF, SEM, FTIR, UV–DRS, serta pengukuran resistivitas dengan metode *4-point probe*. Selanjutnya, CuSnO₃ berbentuk serbuk digunakan sebagai fotokatalis untuk degradasi zat warna organik, sedangkan lapisan tipis CuSnO₃ diaplikasikan sebagai fotoanoda pada *dye-sensitized solar cell* (DSSC). Kebaruan penelitian ini terletak pada sintesis dan pengembangan lapisan tipis CuSnO₃ menggunakan metode sol–gel dengan mengontrol dan memodifikasi sifat material melalui penambahan MEA dan DEA, serta kajian komprehensif untuk memperoleh hubungan antara kondisi sintesis, struktur kristal, sifat optik, sifat listrik dan performa material pada dua aplikasi fotoaktif, yaitu fotokatalisis dan DSSC. Berdasarkan studi pustaka yang telah dilakukan, laporan mengenai pemanfaatan lapisan tipis CuSnO₃ sebagai fotoanoda DSSC masih sangat terbatas, sehingga penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan material semikonduktor berbasis CuSnO₃.

1.2. Permasalahan Penelitian

Permasalahan yang akan dikaji pada penelitian ini adalah :

- Bagaimana menghasilkan material CuSnO₃ dalam ukuran nano partikel dengan metode sol gel.
- Bagaimana menghasilkan material CuSnO₃ dengan penambahan aditif MEA dan DEA.
- Bagaimana menghasilkan karakteristik Kristal (XRD), XRF, FTIR, SEM dan DR-UV.
- Bagaimana aktivitas katalitik CuSnO₃ dalam proses degradasi zat warna metil orange.

- e. Bagaimana menghasilkan sel surya tersensitasi zat warna dengan menggunakan kaca lapisan tipis CuSnO_3

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

- a. Menentukan temperatur kalsinasi CuSnO_3 dengan metoda sol – gel .
- b. Mengkarakterisasi material CuSnO_3 yang terbentuk dengan XRD, XRF, SEM, DR-UV , FTIR dan pengukuran resistansi lapisan dengan metoda 4 – point probe systems.
- c. Mempelajari pengaruh penambahan aditif MEA dan DEA, suhu kalsinasi serta komposisi material CuSnO_3 terhadap sifat Kristal, dan listriknya.
- d. Menguji aktivitas katalitik material CuSnO_3 terhadap degradasi zat warna metil orange..
- e. Mengukur efisiensi sel surya tersensitasi zat warna yang dibuat dengan kaca lapis tipis CuSnO_3 .

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat dalam bidang kimia material terutama mengenai :

- 1) Memberikan informasi proses sintesis CuSnO_3 dengan menggunakan metode sol-gel serta hasil karakterisasi dari CuSnO_3 .
- 2) Pengaruh penambahan aditif, suhu kalsinasi serta komposisi aditif pada sintesis material CuSnO_3 .
- 3) Kemampuan material CuSnO_3 sebagai fotokatalis dalam proses degradasi zat warna.
- 4) Kemampuan kaca film tipis CuSnO_3 pada pembuatan sel surya