

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI COPPER TIN OXIDE (CuSnO_3) MENGGUNAKAN
METODE SOL GEL SERTA APLIKASINYA PADA FOTOKATALISIS DAN SEL**

SURYA

DISERTASI



**PROGRAM STUDI S3 ILMU KIMIA
PASCASARJANA FAKULTAS MIPA
UNIVERSITAS ANDALAS**

2026

RINGKASAN

SINTESIS DAN KARAKTERISASI COPPER-TIN-OXIDE (CuSnO_3) MENGGUNAKAN METODE SOL GEL SERTA APLIKASINYA PADA FOTOKATALISIS DAN SEL SURYA

Meningkatnya kebutuhan energi global dan transisi menuju energi bersih yang ramah lingkungan mendorong perkembangan material semikonduktor berkinerja tinggi untuk aplikasi pada perangkat elektronik terutama yang menghasilkan energi listrik. Sel surya merupakan satu diantara alternatif sebagai solusi untuk menghindari krisis energi. Teknologi sel surya merupakan teknologi yang mampu mengubah energi foton menjadi energi listrik dengan menggunakan piranti semikonduktor. Penggunaan semikonduktor yang banyak ditemukan pada saat ini pada sel surya adalah indium tin oksida. Namun indium tin oksida memiliki kelemahan yaitu jumlahnya terbatas di alam sehingga diperlukan bahan pengganti indium yang jumlahnya lebih banyak tersedia di alam. Salah satu semikonduktor yang dapat digunakan sebagai pengganti indium tin oksida untuk bahan sel surya dan fotokatalis adalah CuSnO_3 , karena keberadaan tembaga (Cu) lebih banyak di alam dan sifatnya yang mirip dengan indium. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis dan mengkarakterisasi material copper tin-oxide (CuSnO_3) menggunakan metode sol-gel, mengevaluasi pengaruh temperatur kalsinasi dan penambahan MEA/DEA terhadap struktur, morfologi, sifat optik dan sifat listrik material serta mempelajari potensinya untuk aplikasi fotokatalisis dan *dye-sensitized solar cell* (DSSC). Sintesis dilakukan dengan prekursor $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dalam pelarut metanol, dengan variasi suhu kalsinasi (400°C , 600°C , 800°C) dan penambahan aditif monoetanolamina (MEA) dan dietanolamina (DEA) dengan variasi 1 ml, 1,5 ml dan 2 ml. Karakterisasi material menggunakan TGA, XRD, SEM, FTIR, UV-DR, XRF, dan pengukuran resistansi 4-point probe. Hasil TGA menunjukkan dekomposisi termal terjadi pada tiga tahap: pelepasan pelarut ($30\text{--}200^\circ\text{C}$), dekomposisi organik ($200\text{--}400^\circ\text{C}$), dan stabilisasi kerangka anorganik ($>400^\circ\text{C}$). XRD mengkonfirmasi terbentuknya campuran fasa CuO dan SnO_2 tanpa fasa CuSnO_3 tunggal. Peningkatan suhu kalsinasi meningkatkan ukuran partikel ($0,2\text{--}0,4\ \mu\text{m}$ pada 400°C menjadi $0,8\text{--}1,0\ \mu\text{m}$ pada 800°C), kristalinitas, dan nilai band gap (dari $3,4\ \text{eV}$ menjadi $2,9\ \text{eV}$). Penambahan 2 ml DEA menghasilkan partikel paling halus ($0,2\text{--}0,4\ \mu\text{m}$) dengan kristalinitas terbaik dan band gap $2,3\ \text{eV}$. Aplikasi material CuSnO_3 diuji sebagai fotokatalis untuk degradasi metil orange dan sebagai elektroda kerja pada DSSC. Uji fotokatalitik menunjukkan bahwa CuSnO_3 dengan penambahan 2 ml DEA memiliki efisiensi degradasi tertinggi dengan konstanta laju pseudo-orde pertama terbesar, berkorelasi dengan band gap terkecil ($2,3\ \text{eV}$) yang memungkinkan eksitasi elektron lebih mudah. Sintesis lapis tipis menggunakan metode dip coating menghasilkan film amorf dengan penambahan MEA dan DEA. Pengujian DSSC dengan tiga zat warna (kuersetin, asam tanat, ubi ungu) menunjukkan bahwa kuersetin memberikan kinerja terbaik dengan efisiensi $0,26\%$ ($V_{\text{max}}=0,33\ \text{V}$, $I_{\text{max}}=1,29 \times 10^{-3}\ \text{mA}$) pada lapisan CuSnO_3 yang memiliki konduktivitas $173,58\ \text{S/m}$ dan resistivitas $576,1 \times 10^{-6}\ \Omega\text{m}$. Penelitian ini berhasil mendemonstrasikan potensi CuSnO_3 sebagai material semikonduktor alternatif untuk aplikasi fotokatalitik dan DSSC, meskipun efisiensi yang dicapai masih relatif rendah (maksimal $0,26\%$) dan memerlukan optimasi lebih lanjut, terutama dalam menghasilkan fasa tunggal CuSnO_3 dan meningkatkan kinerja perangkat melalui modifikasi permukaan, optimasi ketebalan film, atau penggunaan zat warna sintetis dengan spektrum serapan lebih luas.

Kata Kunci: CuSnO_3 , sol-gel, MEA, DEA, fotokatalisis, metil orange, Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC).

SUMMARY

Synthesis and Characterization of Copper-Tin-Oxide (CuSnO₃) Using the Sol-Gel Method and Its Application in Photocatalysis and Solar Cells

Rising global energy demands and the transition toward environmentally friendly clean energy are driving the development of high-performance semiconductor materials for electronic devices, particularly those that generate electricity. Solar cells represent a viable solution to avert an energy crisis; this technology converts photon energy into electrical energy using semiconductor devices. Currently, indium tin oxide (ITO) is a widely used semiconductor in solar cells. However, ITO suffers from limited natural abundance, creating a need for alternative materials based on more plentiful elements. Copper tin oxide (CuSnO₃) is a promising candidate to replace ITO in solar cell and photocatalyst applications, given the abundance of copper (Cu) in nature and its properties, which are similar to those of indium. This research aims to synthesize and characterize copper tin oxide (CuSnO₃) using the sol-gel method, evaluate the effects of calcination temperature and the addition of MEA or DEA on the material's structure, morphology, and optical and electrical properties, and investigate its potential for use in photocatalysis and dye-sensitized solar cells (DSSCs). Synthesis was carried out using Cu(NO₃)₂·3H₂O and SnCl₂·2H₂O precursors in a methanol solvent, varying the calcination temperature (400°C, 600°C, 800°C) and the addition of monoethanolamine (MEA) and diethanolamine (DEA) additives (1 ml, 1.5 ml, and 2 ml). Material characterization involved TGA, XRD, SEM, FTIR, UV-DR, XRF, and 4-point probe resistance measurements. TGA results indicated that thermal decomposition occurred in three stages: solvent release (30–200°C), organic decomposition (200–400°C), and inorganic framework stabilization (>400°C). XRD confirmed the formation of a mixed CuO and SnO₂ phase, with no single CuSnO₃ phase detected. Increasing the calcination temperature resulted in larger particle sizes (increasing from 0.2–0.4 µm at 400°C to 0.8–1.0 µm at 800°C), higher crystallinity, and a change in band gap value (from 3.4 eV to 2.9 eV). The addition of 2 ml of DEA yielded the finest particles (0.2–0.4 µm) with the highest crystallinity and a band gap of 2.3 eV. The CuSnO₃ material was tested as a photocatalyst for methyl orange degradation and as a working electrode in a dye-sensitized solar cell (DSSC). Photocatalytic tests showed that the CuSnO₃ sample prepared with 2 ml of DEA exhibited the highest degradation efficiency and the largest pseudo-first-order rate constant; this correlated with the smallest band gap (2.3 eV), which facilitated easier electron excitation. Thin-film synthesis via dip-coating produced amorphous films when MEA and DEA additives were used. DSSC testing using three dyes (quercetin, tannic acid, and purple sweet potato) revealed that quercetin yielded the best performance, achieving an efficiency of 0.26% ($V_{\text{max}} = 0.33$ V, $I_{\text{max}} = 1.29 \times 10^{-3}$ mA) on a CuSnO₃ layer characterized by a conductivity of 173.58 S/m and a resistivity of 576.1×10^{-6} Ωm. This study successfully demonstrated the potential of CuSnO₃ as an alternative semiconductor material for photocatalytic and DSSC applications; however, the achieved efficiency remains relatively low (maximum 0.26%) and requires further optimization—particularly regarding the synthesis of a single-phase CuSnO₃ and the enhancement of device performance through surface modification, film thickness optimization, or the use of synthetic dyes with broader absorption spectra.

Keywords: CuSnO₃, sol-gel, Monoethanolamine (MEA), Diethanolamine (DEA), photocatalysis, methyl orange, Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC).