SKRIPSI

ANALISIS SIFAT OPTIK DAN SIFAT STRUKTUR KOMPOSIT CuO/ZnO UNTUK APLIKASI FOTOKATALIS

Disusun dan diajukan oleh

RONI RAHMAT

H021 17 1509

DEPARTEMEN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2021

ANALISIS SIFAT OPTIK DAN SIFAT STRUKTUR KOMPOSIT CuO/ZnO UNTUK APLIKASI FOTOKATALIS

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Sains
Pada Program Studi Fisika Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin

RONI RAHMAT
H021 17 1509

DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS SIFAT OPTIK DAN SIFAT STRUKTUR KOMPOSIT CuO/ZnO UNTUK APLIKASI FOTOKATALIS

Disusun dan diajukan oleh:

RONI RAHMAT
H021171509

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Fisika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 16 April 2021
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama,

Prof. Dr. Dahlang Tahir, M.Si.
NIP. 19750907 200003 1 006

Pembimbing Pendamping,

Heryanto, S.Si., M.Si.
NIP. 19911129 202005 3 001

Ketua Program Studi,

Prof. Dr. Arifin, M.T.
NIP. 19670520 199403 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	:	Roni Rahmat
NIM	:	H021171509
Program Studi	:	Fisika
Jenjang	:	S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Analisis Sifat Optik dan Sifat Struktur Komposit CuO/ZnO Untuk Aplikasi Fotokatalis

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau seluruh skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 19 April 2021

Yang Menyatakan

METERAI TEMPEL

Roni Rahmat

ABSTRAK

Transformasi fasa, struktur dan sifat optik komposit ZnO/CuO untuk berbagai waktu milling dipelajari masing-masing dengan menggunakan X-ray Diffraction (XRD), dan spektroskopi Fourier transform infrared (FTIR). Indeks bias (n), extinction coefficient (k), fungsi dielektrik, fungsi kehilangan energi (Im (-1 / (ε)), dan koefisien absorpsi optik ditentukan dari analisis kuantitatif spektrum FTIR dengan menerapkan relasi Kramers-Kronig. Untuk waktu milling hingga 12 jam, fasa kristalin dominan dan selama > 12 jam transformasi fasa berubah dari kristalin menjadi amorf. Ukuran kristal menunjukkan penurunan dengan bertambahnya waktu milling karena atom Zn dan Cu saling menyebar dan menghasilkan struktur kristal individu. Selama 20 jam waktu milling menunjukkan jarak (Δ) antara dua mode phonon optik minimum karena kisi yang membesar. Pada penelitian ini menunjukkan metode yang ampuh untuk menentukan sifat optik dari spektrum FTIR dan cara yang efektif untuk menyelidiki fasa transformasi dan sifat struktur dari spektrum XRD komposit CuO/ZnO.

Kata Kunci: Waktu *Milling*, Transformasi Fasa, Sifat Struktur, Sifat Optik, CuO/ZnO

ABSTRACT

Phase transformation, structural and optical properties of ZnO/CuO composite for various milling times was studied by means of X-ray diffraction (XRD), and Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy, respectively. The refractive index (n), extinction coefficient (k), dielectric function, energy loss function (Im (-1/(ε)), and optical absorption coefficient were determined from the quantitative analysis of FTIR spectra by applying Kramers-Kronig relation. For milling time up to 12 hours, crystalline phase is dominant and for >12 hours, phase transformation changed from crystalline to amorphous. The crystallite size shows decrease with increasing the milling time due to Zn and Cu atoms spread each other and produced the individual crystalline structure. For 20 hours milling time shows distance (Δ) between two optical phonon modes is minimum due to the enlarging lattice. In this study shows powerful method for determining optical properties from FTIR spectra and effective way to investigate the transformation phase and structural properties from XRD spectra of CuO/ZnO composite.

Keywords: Milling time, Transformation phase, Structural properties, Optical Properties, CuO/ZnO

بسم الله الرحمن الرحيم

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah Yang Maha Pemberi Petunjuk lagi Maha Pemberi Manfaat, Yang Maha Mengetahui lagi Maha luas karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul **"Analisis Sifat Optik dan Sifat Struktur Komposit CuO/ZnO Untuk Aplikasi Fotokatalis"**. Shalawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada baginda kita Rasulullah Muhammad ﷺ, Nabi yang perkataan, perilaku, dan diamnya menjadi patokan berperilaku dan beribadah umat Islam setelah kitab suci Al-Qur'an.

Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan untuk memenuhi satuan kredit semester (SKS) yang harus ditempuh sebagai persyaratan akademik di Departemen Fisika Fakultas FMIPA Universitas Hasanuddin Makassar. Penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari dukungan beberapa pihak, baik langsung maupun tidak langsung. Dalam kesempatan ini dengan segala kerendahan hati ingin mengucapkan terima kasih kepada beberapa pihak yang telah Allah takdirkan untuk membantu penulis dalam menempuh studi bidang ilmu Fisika di Universitas Hasanuddin dan dalam penyelesaian skripsi ini:

1. Kepada orang tua tercinta ibunda **Nuraeni**, **Alm. Rahman**, **saudara-saudara penulis (Kadir Rahmat & Jabar Rahmat)** serta **seluruh keluarga besar** penulis, terima kasih atas curahan kasih sayang, dorongan do'a, nasihat, motivasi, dan dukungan moril maupun materil selama penulis menempuh studi bidang ilmu Fisika di Universitas Hasanuddin.
2. Bapak **Prof. Dr. Dahlang Tahir, M.Si.**, selaku pembimbing utama penulis dalam menyelesaikan penelitian ini, dan lebih dari itu sebagai sosok guru dan orang tua bagi penulis selama menempuh studi di bidang ilmu Fisika, terima kasih atas arahan, nasihat, motivasi serta waktu yang atas izin Allah telah diluangkan untuk menurunkan ilmu yang Allah titipkan kepadanya kepada penulis.

3. Bapak **Heryanto, S.Si., M.Si.**, sebagai pembimbing pertama yang telah meluangkan waktu serta memberi masukan-masukan selama penulis melakukan penelitian dan menyelesaikan skripsi ini.
4. Ibu **Prof. Dr. Sri Suryani, DEA.**, dan Bapak **Prof. Dr. Tasrief Surungan, M.Sc.** sebagai Tim penguji dalam melaksanakan seminar proposal, hasil dan ujian sidang skripsi fisika yang telah banyak memberikan masukan dan saran yang membangun untuk kesempurnaan skripsi.
5. Bapak **Prof. Dr. Arifin, M.T.**, selaku Ketua Departemen Fisika, Universitas Hasanuddin.
6. Ibu **Nur Hasanah S.Si., M.Si.**, sebagai Penasehat Akademik (PA) yang telah banyak memberikan nasihat, arahan, motivasi dan bimbingan selama proses perkuliahan.
7. Seluruh **Dosen Departemen Fisika** yang atas izin Allah telah menurunkan ilmu yang Allah titipkan kepada mereka selama penulis menjalani studi sehingga penulis menyelesaikan skripsi.
8. Seluruh **Pegawai dan Jajaran Staf Departemen Fisika**. Terima kasih atas bantuannya yang membantu penulis dalam mengurus administrasi selama ini
9. Seluruh **Pegawai dan Jajaran Staf FMIPA**. Terima kasih atas bantuannya yang membantu penulis dalam mengurus administrasi selama ini.
10. Kak **Bahrul Ulum, S.Si., M. Ling.**, sebagai Murabbi penulis yang atas izin Allah banyak menurunkan ilmu adab, fiqih, aqidah dalam beragama yang dititipkan kepadanya kepada penulis.
11. **Kakak-kakak Laboratorium Fisika Material dan Energi,** terkhusus kak **Inayatul Mutmainna, S.Si., M.Si.**, kak **Sultan Ilyas, S.Si, M.Si.**, dan kak **Muhammad Angga Anugrah, S.Si., M.Si.**, yang selalu membersamai disetiap kondisi dan kesempatan, memberikan arahan dan masukan dalam masa studi, pengolahan data, dan penyusunan skripsi.
12. Terima kasih yang sebesar-besarnya penulis ucapkan kepada **teman-teman Himafi 2017** atas persaudaraan dan persahabatan yang InsyaaAllah menjadi catatan pengingat bagi penulis.

13. Seluruh anggota **Laboratorium Material dan Energi angkatan 2017 (Sitti Rahmah Fauziah, Andi Tessiwoja Tenri Ola, Ardiansyah, Erviani Rusman, Nurul Fauziah, Maysarah A. Mallarangi, Sitti Hajar, Mutmainnah, Muh. Syahrial G., Asni Damayanti, Fitria Hamza Lahu, dan Nova Marliana)** yang atas izin Allah telah banyak menjadi tempat diskusi dan bercerita.
14. Teman-teman **Fisika 2017** terkhusus kepada **Andi Agung Prawira Negara, Safrullah dan Ahmad Nurul fahri** yang telah menjadi teman berbagi ilmu selama penulis menyelesaikan masa studi.
15. Terima kasih yang sebesarnya-besarnya penulis ucapkan kepada ketua Yayasan Saudara **Ardiansyah,** dan selaku tim sukses Yayasan (**Ahmad Nurul Fahri dan Muh. Syahrial G)** yang telah memberikan banyak pelajaran dan eduksi selama penulis menyelesaikan masa studi.
16. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah memberikan kontribusi sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.

Semoga karya tulis ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembacanya. Penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada semua pihak yang telah Allah takdirkan untuk membantu penulis dan semoga Allah melimpahkan karuniaNya dalam setiap amal dan diberikan balasan sesuai yang dibutuhkan, di akhirat maupun di dunia. Aamiin.

Makassar, 19 April 2021

Roni Rahmat

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL i
HALAMAN JUDUL ii
HALAMAN PENGESAHAN iii
PERNYATAAN KEASLIAN iv
ABSTRAK v
ABSTRACT vi
KATA PENGANTAR vii
DAFTAR ISI x
DAFTAR GAMBAR xii
DAFTAR TABEL xiii
BAB I. PENDAHULUAN 1
I.1 Latar Belakang 1
I.2 Rumusan Masalah 2
I.3 Tujuan Penelitian 3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA 4
II.1 Tembaga (II) Oksida (CuO) 4
II.2 Seng Oksida (ZnO) 4
II.3 Fotokatalis. 5
BAB III. METODE PENELITIAN 6
III.1 Waktu dan Tempat Penelitian 6
III.2 Alat dan Bahan Penelitian 6
III.3 Prosedur Penelitian 7
III.4 Bagan Alir Penelitian 8
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN 9
IV.1 *X-Ray Diffraction* (XRD) 9
IV.2 FTIR Spektroskopi 12
BAB V. PENUTUP 18
V.1 Kesimpulan 18
V.2 Saran 18

DAFTAR PUSTAKA 19
LAMPIRAN 26

DAFTAR GAMBAR

Gambar III.1 Bagan Alir Penelitian 8

Gambar IV.1 (a) Spektrum X-Ray Diffaraction (XRD) komposit CuO/ZnO sebagai fungsi waktu *milling* (b) 30 menit sampai 12 jam (c) 16 jam sampai 56 jam..... 10

Gambar IV.2 Hubungan antara d-spacing, ukuran kristal (*D*), dislocation density (δ), regangan (ε), dan kristalin dari analisis kuantitatif spektrum XRD pada gambar IV.1 untuk beberapa waktu *milling*..... 12

Gambar IV.3 Spektrum *Fourier transform infrared* (FTIR) komposit CuO/ZnO untuk beberapa waktu *milling*..... 13

Gambar IV.4 Analisis kuantitatif spektrum FTIR pada gambar IV.3 untuk menentukan sifat optic: indeks bias n dan extinction coefficient k (baris pertama), bagian real $\varepsilon_1(\omega)$ dan imajiner $\varepsilon_2(\omega)$ dari fungsi dielektrik (baris kedua), dan energy loss function Im (-1/ ε) (baris ketiga) komposit CuO/ZnO untuk berbagai waktu *milling* 14

Gambar IV.5 Gambar IV.5 Koefisien absorpsi ditentukan dari bagian rill ε1(ω) dan imajiner $\varepsilon_2(\omega)$ dari fungsi dielektrik pada baris kedua gambar IV.4 16

Gambar IV.6 Hubungan antara bagian rill $\varepsilon_1(\omega)$ dari fungsi dielektrik, jarak (Δ) antara dua fonon optik LO dan TO, *full width half maximum* (FWHM) dari *energy loss function* Im (-1/ ε) dan fonon optik transversal (TO) 17

DAFTAR TABEL

Tabel IV.1 Mode getaran fonon LO, dan TO, titik puncak rill $\varepsilon_1(\omega)$ dan imajiner $\varepsilon_2(\omega)$ dari fungsi dielektrik, selisih mode getaran fonon, *energy loss function*, FWHM Im(-1/ε) 15

BAB I
PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Perkembangan industri terus meningkat setiap tahunnya, yang diikuti dengan meningkatnya pertumbuhan industri tekstil. Industri tekstil banyak menggunakan pewarna metilen biru (MB) sebagai pewarna kain dan beberapa produk industri lainnya. Selain harganya yang murah dan mudah diperoleh, MB juga memilikii daya tahan yang kuat terhadap air, detergen dan cahaya sehingga sangat sukar untuk terdegradasi. Namun dalam praktiknya, 95% MB ikut terbuang sebagai limbah cair. MB dengan konsetrasi yang tinggi dapat menjadi polutan yang merusak keseimbangan ekosistem karena dapat meningkatkan chemical oxygen demand (COD) dan dapat memicu gangguan kesehatan pada manusia seperti mual, muntah, anemia dan hipertensi [1]. Untuk itu dibutuhkan material yang sesuai untuk menangani permasalahan tersebut

Sifat-sifat struktur material termasuk fase merupakan pengetahuan dasar yang penting untuk dipahami terutama tentang korelasi antara sintesis dan kinerja material yang diinginkan [2]. Ref. [3] melaporkan bahwa kinerja bahan sangat dipengaruhi oleh komposisi dan proses sintesisnya. Berbagai metode telah dijelaskan oleh para peneliti untuk mensintesis bahan seperti sol-gel, hydrothermal processing, vapor phase transport, chemical phase transport dan mechanical alloying [4-8]. Komposisi dan sintesis material tertentu dapat menghasilkan karakteristik yang berbeda, dimana proses sintesis yang tidak melibatkan temperatur tinggi adalah proses mechanical alloying (MA).

Mechanical Alloying (MA) adalah proses sintesis bahan serbuk material dengan solid state [9] yang memungkinkan untuk mendapatkan fase metastabil [10] pada high energy milling (HEM). MA menggunakan bubuk padat dengan energi mekanik tinggi yang terdiri dari tumbukan bola dan partikel sampel yang mampu menghasilkan sejumlah besar fase metastabil, *nano-crystals*, *supersaturated solid solutions* dan paduan amorf [11-13].

HEM memiliki beberapa fungsi, seperti mengurangi ukuran partikel [14], menggabungkan dua atau lebih jenis bahan untuk membentuk paduan atau komposit [15-16], dan mensintesis reaksi tertentu [17-18]. Ada banyak peneliti juga melaporkan efek waktu milling dari paduan atau komposit antar material, seperti NiTeGe [19], Ti-Mg [20], AlCuNiFeCr [21], Ni-Nb-Y [22], Al-CuO [23], CuO-Fe2O3 [24] dan Fe-ZnO [25]. ZnO merupakan salah satu material yang memiliki sifat stabilitas tinggi, tidak beracun, energi bandgap besar (3,37 eV), energi pengikat eksiton tinggi (~60 meV) [26], dan memiliki berbagai morfologi (nanorods, nanosheet, nanoflower, dan nanowire) [27-30]. Berbagai aplikasi ZnO telah diteliti sebagai sensor, sel surya, dan perangkat optoelektronik [31-33].

CuO merupakan semikonduktor tipe-p yang memiliki energi bandgap 1,22 eV dengan berbagai aplikasi seperti katalisis heterogen [34], baterai [35], dan sensor gas [36] karena ramah lingkungan dan biaya rendah [37]. Dilaporkan dalam Ref. [26] nanopartikel ZnO yang disintesis dengan ball milling sangat mempengaruhi transformasi fasa, ukuran kristal, dan sifat optik. CuO dan ZnO merupakan material fungsional dengan berbagai aplikasi. Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya tidak ada penelitian yang membahas, sifat struktur, dan sifat optik sebagai fungsi waktu milling untuk paduan antara CuO dan ZnO.

Pada penelitian ini dilakukan sintesis dengan metode mechanical alloying antara CuO dan ZnO dengan variasi waktu milling hingga 56 jam untuk mengetahui pengaruh waktu milling terhadap sifat struktur dengan menggunakan X-ray diffaraction (XRD) dan sifat optik dengan menggunakan analisis Kuantitatif spektroskopi Fourier transformiInfrared (FTIR) serta hasil fotokatalis diperoleh dari hasil karakterisasi UV-Vis spektrofotometer.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasar pada latar belakang diatas, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Apa pengaruh parameter waktu proses *mechanical alloying* terhadap sifat struktur dan sifat optik komposit CuO/ZnO?

2. Bagaimana pengaruh parameter waktu proses *mechanical alloying* terhadap proses fotokatalis?

I.3 Tujuan Penelitian

Berdasar pada rumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh waktu *Mechanical Alloying* terhadap sifat struktur dan sifat optik komposit CuO/ZnO.
2. Menganalisis pengaruh waktu terhadap proses fotokatalis.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Tembaga (II) Oksida (CuO)

Oksida logam (CuO dan ZnO) merupakan kelompok penting dari katalis heterogen karena kemo-selektivitasnya yang tinggi, ramah lingkungan, prosesnya dan biaya produksi murah. Oksida logam dapat mengontrol difusi dari reagen dan produk ke dalam dan ke luar pori, hal ini disebabkan oleh oksida logam mempunyai luas permukaan internal dan volume pori yang besar [38].

Tembaga sebagai katalis digunakan secara luas karena mempunyai aktivitas dan selektivitas yang tinggi untuk reaksi oksidasi reduksi. Tembaga oksida (CuO) merupakan kristal hitam yang diperoleh melalui pirolisis dari garam-garam nitrat atau garam-garam okso yang lain. CuO merupakan padatan ionik yang mempunyai titik lebur diatas 1200°C [39].

II.2 Seng Oksida (ZnO)

ZnO merupakan salah satu senyawa dari logam Zn yang teergolong sebagai senyawa oksida. ZnO sulit atau bahkan tidak larut dalam air namun larut dalam garam-garam ammonium, asam atau basa dan tidak beracun [40]. ZnO memiliki sifat listrik dan sifat optik yang baik sehingga memiliki potens besar untuk digunakan sebagai fotodetektor dan bahan penting untuk laser dan beberapa perangkat optoelektronik [41].

ZnO merupakan kristal senyawa ionik yang terdiri atas kation dan anion yang tersusun secara teratur dan periodik. Berdasarkan struktur tersebut, ikatan kimi antara atom Zn dan O lebih cenderung kepada ikatan ion. Struktur kristal ZnO secara umum terdiri atas tiga yaitu wutzite hexagonal, zincblade cubic dan rocksalt cubic. Struktur wultzite merupakan struktur paling stabil dan banyak dijumpai. Bentuk zincblade terbentuk ketika pertumbuhan kristal dan mencapai kestabilan. Sementara bentuk rocksalt hanya dijumpai pada tekanan 10 GPa [40].

II.3 Fotokatalis

Fotokatalis merupakan bahan yang dapat mempercepat laju reaksi oksidasi dan reduksi yang diinduksikan oleh cahaya. Bahan yang digunakan sebagai fotokatalis umumnya adalah material semikonduktor. Fotokatalis berlangsung ketika material semikonduktor menyerap energi cahaya lebih besar atau sebanding dengan *bandgap*-nya. Hal ini kemudian menyebabkan terjadinya proses eksitasi dari pita valensi menuju pita konduksi. Beberapa proses pemisahan muatan mempengaruhi formasi elektron-hole sehingga menyebabkan terbentuknya radikal bebas. Radikal bebas berupa ikatan hidroksil sangat efisien dalam mengoksidasi material organik dan mendegeadasi polutan [42].

Mekanisme fotokatalitik terjadi ketika bahan semikonduktor disinari cahaya dengan panjang gelombang tertentu, elektron (e^-) akan tereksitasi dari pita valensi ke pita konduksi, meninggalkan *hole* (h^+) pada pita valensi. Jika pasangan elektron-*hole* dapat dipisahkan satu sama lain dengan cepat tanpa terjadi rekombinasi, elektron dan *hole* ini akan berpindah ke permukaan semikonduktor. *Hole* bereaksi dengan H_2O_2 atau OH- yang teradsorbsi pada permukaan semikonduktor dan menghasilkan radikal hidroksil ($^{\cdot}OH$) yang dikenal sebagai spesies oksidator yang sangat kuat, sedangkan elektron akan mengadsorbsi molekul O_2 atau H_2O_2 untuk membentuk radikal anion superoksida ($^{\cdot}O_2^-$) yang merupakan spesies reduktor. Spesies-spesies oksidator dan reduktor ini akan menyerang kontaminan yang terlarut dalam sistem dan mengubahnya menjadi senyawa yang tidak berbahaya [42].