

**SKRIPSI**

**SINTESIS NANOPARTIKEL  $\text{ZnO}/\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  DENGAN METODE  
*MECHANICAL ALLOYING* SEBAGAI KATALIS LIMBAH CAIR**

**Disusun dan diajukan oleh**

**VIKA SRI ANTI**

**H021181002**



**DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2022**

**SINTESIS NANOPARTIKEL  $ZnO/Al_2(SO_4)_3$  DENGAN METODE  
*MECHANICAL ALLOYING* SEBAGAI KATALIS LIMBAH CAIR**

**SKRIPSI**

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

**VIKA SRI ANTI**

**H021181002**

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

**2022**

## HALAMAN PENGESAHAN

### SINTESIS NANOPARTIKEL $ZnO/Al_2(SO_4)_3$ DENGAN METODE *MECHANICAL ALLOYING* SEBAGAI KATALIS LIMBAH CAIR

Disusun dan diajukan oleh:

**VIKA SRI ANTI**

**H021181002**

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 02 Maret 2022

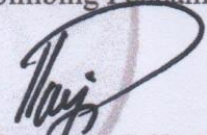
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui


Pembimbing Utama,

  
Prof. Dr. Dahlang Tahir, M.Si  
NIP. 197509072000031006

Pembimbing Pendamping

  
Heryanto, S.Si., M.Si.  
NIP. 199111292020053001

Ketua Program Studi,

  
Prof. Dr. Arifin, M. T.  
NIP. 196705201994031002

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Vika Sri Anti

NIM : H021181002

Program Studi : Fisika

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

### **Sintesis Nanopartikel $ZnO/Al_2(SO_4)_3$ Dengan Metode *Mechanical Alloying* Sebagai Katalis Limbah Cair**

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, 02 Maret 2022

Menyatakan



Vika Sri Anti

## ABSTRAK

ZnO/Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> disintesis dengan metode *mechanical alloying* (1, 10, dan 15 jam) diaplikasikan sebagai fotodegradasi metilen biru (MB). *Fourier transform infrared* (FTIR), *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *Uv-Visible* (Uv-Vis) digunakan untuk mengkarakterisasi sifat Fisika-Kimia dari komposit. Hasil karakterisasi XRD dan FTIR menunjukkan ukuran kristal rata rata 50.02 nm serta nilai transmitansi (%) terendah pada *milling* 10 jam, efisiensi degradasi banyak dipengaruhi oleh persentase kristalinitas, gugus fungsi dan waktu *milling*. Pada penelitian ini, degradasi optimal berdasarkan hasil Uv-Vis ditunjukkan oleh sampel ZnO/Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> selama 10 jam *milling* dengan persentase degradasi sebesar 84,87%. Selanjutnya ditemukan komposit ZnO/Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> dengan waktu degradasi yang sangat singkat yaitu 20 menit. Dalam rangka mengurangi pencemaran air di lingkungan, komposit berbasis bahan alam merupakan solusi yang menjanjikan karena kemampuannya dalam memutus ikatan senyawa radikal polutan.

**KATA KUNCI:** *Fotokatalis; Mechanical alloying; ZnO/Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>; Metilen biru.*

## ABSTRACT

ZnO/Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> synthesized by mechanical alloying method (1, 10, and 15 hours) was applied as methylene blue (MB) photodegradation. Fourier transform infrared (FTIR), X-Ray Diffraction (XRD) and Uv-Visible (Uv-Vis) were used to characterize the Physico-chemical properties of the composites. The results of XRD and FTIR characterization showed an average crystal size of 50.02 nm and the lowest transmittance value (%) at 10 hours *milling*, the degradation efficiency was much influenced by crystallinity speed, functional groups and *milling* time. In this study, the optimal degradation based on the results of the Uv-Vis was shown by the sample ZnO/Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> for 10 hours *milling* with a degradation percentage of 84.87%. Furthermore, it was found a ZnO/Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> composite with a very short degradation time of 20 minutes. In order to reduce water pollution in environments, composite based on natural material is a promising solution due to their ability to break up pollutant radical compounds bonding.

**KEYWORDS :** *Fotokatalis; Mechanical alloying; ZnO/Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>; Metilen biru.*

## KATA PENGANTAR

# الرَّحِيمِ الرَّحْمَنِ اللَّهُ بِسْمِ

*Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Puji syukur atas kehadiran **Allah SWT** atas berkah, rahmat dan karunia-Nya Tuhan Yang Maha Kuasa. Sholawat serta salam kami panjatkan kepada baginda **Rasulullah Nabi Muhammad SAW**, Nabi yang membawa syafaat kepada umat Islam. *Alhamdulillahirabbil Alamin*, penulis telah diberikan Kesehatan dan kesempatan sehingga dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul “**Sintesis Nanopartikel  $ZnO/Al_2(SO_4)_3$  Dengan Metode *Mechanical Alloying* Sebagai Katalis Limbah Cair**” yang merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan studi dan mendapatkan gelar Sarjana Sains di Departemen Fisika Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin. Dalam penyelesaian skripsi penulis telah mengalami berbagai hambatan dari tahap awal penelitian hingga tahap penyusunan skripsi. Oleh karena itu, penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan pengetahuan yang dimiliki oleh penulis. Namun atas kehendak-Nya dan dukungan dari banyak pihak yang sangat berarti sehingga penulis termotivasi dan semangat untuk menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. **Orang tua tercinta**, Ayahanda **Asri** dan Ibunda **Indarwati** yang selalu mengirimkan doa yang tak henti hentinya, memberikan kasih sayang, semangat yang luar biasa, perhatian, motivasi, nasehat dan dukungan baik secara moral maupun materi, serta Adik satu satunya (**Reski Suci Ramadan**) menjadi penyemangat bagi penulis untuk menyelesaikan Skripsi ini. Skripsi ini dibuat khusus agar kedua orang tua bahagia dan senantiasa diberi Kesehatan dan umur yang panjang dari Allah SWT serta meridhoi penulis selalu membanggakan dan membahagiakan beliau.

2. **Prof. Dr. Dahlang Tahir, M.Si.** selaku Dosen Pembimbing Utama, Penasehat Akademik (PA) dan Kepala Labaoratorium Material dan Energi, dan **Bapak Heryanto, S.Si, M.Si** selaku Dosen Pembing Pertama yang telah banyak membimbing dan meluangkan waktu, tenaga, serta pemikirannya untuk penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan baik.
3. **Prof. Dr. Paulus Lobo Gareso, M.Sc** dan **Prof. Dr. Tasrief Surungan, M.Sc** selaku Dosen Penguji yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk memberikan saran, diskusi dan ilmu untuk memnjadikan skripsi ini lebih baik.
4. **Prof. Dr. Arifin, MT** selaku Ketua Departemen Fisika serta **Bapak dan Ibu Dosen Pengajar Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin**, terima kasih telah senantiasa memberikan ilmu yang bermanfaat dan menjadi bekal yang bermanfaat untuk masa depan.
5. Bapak/Ibu **Staf Pegawai FMIPA UNHAS**, terutama **Staf Departemen Fisika; Ibu Evi, Kakak Rana dan pak syukur** yang selalu membantu selama proses administrasi di departemen, serta Senantiasa bersikap *humble* kepada penulis.
6. Kepada Keluarga tercinta (**Kakek, Nenek, tante, om, sepupu**) yang memberi motivasi penulis untuk jadi lebih baik.
7. **Muh.Azhari Ramlan** yang selalu siap sedia saat penulis membutuhkan serta memberikan semangat bagi penulis dalam meyelesaikan skripsi ini, Terimakasih dalam segala hal.
8. Penghuni **Grub Bismillah (Tanti, Ani, Rita)** Terimakasih atas dukungan, cerita suka yang hampir tidak ada dukanya, selalu membuat penulis tertawa,
9. Teman Seperjuangan **Nurul fajri**, Terimakasih mulai A sampai Z. **Yulia, Dei, dayat, Hilal** terimakasih untuk belajar bersama, bertukar pikiran, dan masukanya dalam menyelesaikan skripsi ini.
10. Kakak kakak baik (**Kak Roni, Kak Fahri dan Kak Inaya, Kak Ola**) terimakasih telah membantu penulis dalam mempreparasi sampel, mengolah data, serta memberi solusi tiap ada masalah dalam menyelesaikan skripsi ini,



(**Kak Ardi dan Kak Rahma**) terimakasih buat kerendahan hatinya mau berbagi menggunakan *milling* (**Kak Uci, Kak Time, Kak rial, Kak Uga, Kak Awa, Kak Fitria, Kak Asni, Kak Clara,**) terimakasih yang selalu memberikan bantuan selama proses penelitian, presentasi, masukan-masukan yang sangat bermanfaat, serta kebahagiaan yang dirasakan oleh penulis.

11. Saudara - Saudara **Himafi 2018** (**Azlan, Nunu, Geby, Yuni, Wibu, Suci, Yesi, Acam, Dena, Cunni, Angela, Iswatun, Sefa, Jihan, Sarwan, Pian, Dede, Ramas, Pia, Onding, Ciwa, Olis, Sinyopatan, Jojo, Micin, Ilmi, Syahrul, Ayah, Ipul, Agung, Gopal, Hasnan, Heral, Dilla, Efe, Risda, Aqila, Afni, Fatima, Milen, Firda, Bonca, Fira, Irma, Komang, Mute, Juni, Uci, Nilam, Paikah, Nisa, Sheren, Inul dan yang belum sempat tertulis namanya**) Terimakasih telah mengukir kesan dari mahasiswa baru sampai sekarang yang tidak akan terlupakan, terimakasih orang-orang hebat.
12. **Seluruh Fisika UH angkatan 2018** banyak cerita telah dilalui bersama dari mahasiswa baru hingga covid hadir, sekarang telah dihadapkan dengan Tugas Akhir tetap semangat buat menyelesaikan masa study. Semoga kita semua sukses dimasa mendatang dan berbahagia dunia akhirat.
13. Teman Ok Gass, (**Indah, Azizah, Nasroh, Dayat, Geby, Nunu, Wibu, Hilal, Yuni**) Terimakasih jalan jalannya.
14. **Seluruh Kakak-Kakak Himafi 2015 (Kak Hafiz, Kak Jr.) 2016 (Kak Winda, Kak Uni, Kak Hasrina, Kak Arief, Kak Agung) 2017 (Kak, Aat, Kak Ate, Kak Madan, Kak Time, Kak Egi, Kak Ardi, Kak Uci, Kak Asni, Kak Puad, Kak Rahma, Kak Suci, Kak Evita, Kak Fadlan, Kak Rachel, Kak Inna, Kak Qoil, Kak Yesi)** yang telah banyak memberikan arahan dan masukan selama saya menjadi mahasiswa, baik akademik maupun *non-akademik*.
15. Adik-adik **Himafi 2019, Himafi 2020, dan 2021** terima kasih atas dukungan dan motivasi yang diberikan.
16. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah memberikan semangat, dukungan serta doa sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Harapan dari penulis skripsi, hasil penelitian yang telah dilakukan semoga dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca. Memohon maaf atas segala kekurangan yang terdapat dalam skripsi. Semoga ilmu yang diperoleh menjadi berkah, Aamiin.

*Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Makassar, 19 Februari 2022

Vika Sri Anti

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
I.1 Latar belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah.....	2
I.3 Tujuan Penelitian.....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>3</b>
II.1 Seng Oksida (ZnO).....	3
II.2 Aluminium sulfat ( $Al_2(SO_4)_3$ ).....	3
II.3 Metilen Biru (MB).....	4
II.4 <i>Mechanical Alloying</i> (MA).....	4
II.5 Fotokatalis.....	5
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>7</b>
III.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	7
III.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	7
III.3 Prosedur Kerja.....	8
III.4 Bagan Alir Penelitian.....	10
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>11</b>
IV.1 Analisis <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) .....	11
IV.2 Analisis <i>Forrier Transform Infrared</i> (FTIR).....	13
IV.3 <i>Band Gap</i> .....	15

IV.4 Analisis Fotokatalis Komposit ZnO/Al <sub>2</sub> (SO <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> .....	15
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>20</b>
V.1 Kesimpulan.....	20
V.2 Saran.....	20
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>21</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>27</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Kristal ZnO (a) <i>Rocksalt</i> (b) <i>Zinc blande</i> (c) <i>Wurtzite</i> .....	3
Gambar 2.2 Struktur ikatan Metilen biru .....	4
Gambar 2.3. Mekanisme Tumbukan bola pada serbuk.....	4
Gambar 2.4 Skema fotokatalis.....	5
Gambar 3.1 Bagan alir penelitian.....	10
Gambar 4.1 (a) Kurva <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) dari sintesis komposit ZnO/ Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (0,5 g) dengan waktu <i>milling</i> yang bervariasi (1, 10, dan 15 jam) (b) perbesaran (002) dan (101) bidang.....	11
Gambar 4.2 Kurva XRD yang memperlihatkan ukuran rata-rata kristal, regangan kisi dan jarak atomik dari sintesis komposit ZnO/Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> dengan waktu <i>milling</i> yang bervariasi (1, 10, dan 15 jam).....	12
Gambar 4.3 Spektrum FTIR dari komposit ZnO/Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> dengan waktu <i>milling</i> yang bervariasi (1, 10, dan 15 jam).....	14
Gambar 4.4 <i>Band gap</i> komposit ZnO/Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> dengan waktu <i>milling</i> yang bervariasi (1, 10, dan 15 jam).....	15
Gambar 4.5 Spektra UV-VIS dan Persentase degradasi dari komposit ZnO/Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> dengan waktu <i>milling</i> yang bervariasi (1, 10, dan 15 jam.).....	16
Gambar 4.6 (a) Kinerja Fotokatalis dan (b) Kurva Laju Kinetik dari komposit ZnO/Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (0,5g) dengan waktu <i>milling</i> yang bervariasi (1, 10, dan 15 jam)	17

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Rata-rata ukuran kristal dan band gap dari sintesis komposit ZnO/Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> .....	13
Tabel 4.2 Laju Kinetik (K <sub>r</sub> ) dan Koefisien Korelasi (R <sup>2</sup> ) .....	18

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Penelitian.....	27
Lampiran 2. Analisis Data.....	28

## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1. Latar Belakang**

Pencemaran lingkungan merupakan salah satu topik yang penting dan menarik untuk dikembangkan karena pertumbuhan industri diikuti dengan efek samping terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Sejumlah besar limbah dari industri seperti kosmetik, kertas, makanan, dan industri tekstil berbahaya bagi lingkungan dengan kandungan komponen beracun seperti logam berat dan senyawa organik, yang akan berdampak pada sungai, danau, dan sumber mata air lainnya. Limbah cair yang tidak diolah kemudian dibuang ke lingkungan menimbulkan pencemaran lingkungan. Sebagian besar industri tekstil menggunakan zat pewarna metilen biru (MB) yang bersifat beracun dan sulit terurai sehingga menjadi masalah bagi kesehatan lingkungan [1] yang dapat merusak ekosistem perairan dan secara tidak langsung dapat menyebabkan berbagai jenis penyakit pada manusia [2]. Karena itu diperlukan solusi yang mampu meminimalkan kontaminan pada air untuk penyediaan air bersih yang berkesinambungan.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mencari alternatif dalam mengurangi dampak pembuangan limbah yang merusak lingkungan. Salah satu alternatif yang sedang berkembang adalah katalis limbah cair. Proses fotokatalis memiliki potensi untuk mendegradasi limbah cair, dan menjadi salah satu pilihan karena prosesnya yang sederhana. Sifat-sifat struktur material merupakan hal dasar yang penting untuk dipahami terutama tentang korelasi antara metode sintesis dan kinerja material yang diinginkan [3]. Berbagai metode telah dikembangkan oleh para peneliti untuk mensintesis bahan seperti *vapor phase transport*, *sol-gel*, *hydrothermal processing*, *chemical phase transport* [4] dan *mechanical alloying* [5]. Komposisi dan sintesis material tertentu dapat menghasilkan karakteristik yang berbeda, dimana proses sintesis yang tidak menggunakan temperatur tinggi dalam prosesnya adalah *mechanical alloying* (MA). Proses ini menggunakan bubuk padat dengan memanfaatkan energi mekanik tumbukan bola dan sampel [6,7,8]. MA memiliki beberapa fungsi



menggabungkan dua atau lebih jenis elemen atau senyawa kimia untuk membentuk paduan atau komposit [9,10] dan mengurangi ukuran partikel [11]. Salah satu material fotokatalis yang berkembang beberapa tahun terakhir adalah oksida logam karena kemampuannya menyerap cahaya dan mudahnya dalam transport muatan [12]. ZnO merupakan material semikonduktor tipe-n yang memiliki celah pita antara 3,2 eV – 3,7 eV sehingga dapat diaplikasikan dalam fotokatalis, selain harganya yang murah dan kemampuan oksidasi yang kuat serta ramah lingkungan [12]. Aktivitas fotokatalis dapat ditingkatkan dengan menambahkan aluminium sulfat  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  ke dalam ZnO.  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  memiliki sifat pengendapan dengan cepat dan melimpah sehingga mudah didapatkan dengan harga yang murah. Penambahan  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  digunakan sebagai pengikat ion logam dalam suatu sistem [13]. Hal ini bertujuan untuk mengurangi proses rekombinasi *elektron-hole* pada sampel [14]

Dalam penelitian ini akan disintesis komposit ZnO/ $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  menggunakan metode MA dengan waktu *milling* yang variasi (1, 10, dan 15 jam). Efektifitas komposit dianalisa menggunakan Spektrofotometer Uv-vis. Spektrum XRD digunakan untuk menentukan struktur dan ukuran kristal, sedangkan spektrum FTIR digunakan untuk mengetahui gugus fungsi dari komposit ZnO/ $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ .

### **1.1 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apa pengaruh variasi waktu *mechanical alloying* terhadap sifat struktur dan gugus fungsi komposit ZnO/  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ?
2. Bagaimana pengaruh variasi waktu proses *mechanical alloying* terhadap kemampuan degradasi limbah cair?

### **1.2 Tujuan Penelitian**

Tujuan khusus yang melatar belakangi penelitian ini adalah:

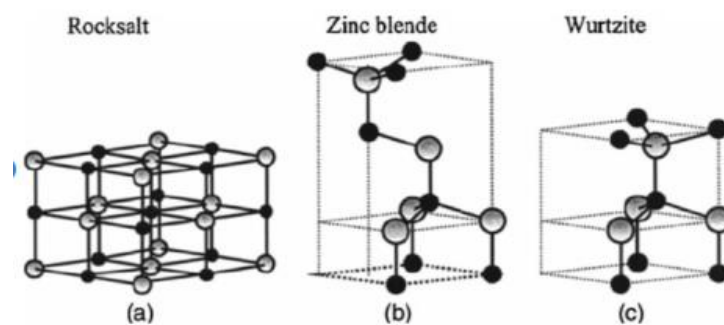
1. Menganalisis pengaruh variasi waktu Mechanical Alloying terhadap sifat struktur dan gugus fungsi komposit ZnO/ $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ .
2. Menganalisis pengaruh variasi waktu *mechanical alloying* terhadap kemampuan degradasi limbah cair

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### II.1 Seng Oksida (ZnO)

ZnO merupakan salah satu senyawa dari logam Zn yang tergolong sebagai senyawa oksida. ZnO sulit atau bahkan tidak larut dalam air namun larut dalam garam-garam ammonium, asam atau basa dan tidak beracun [15]. ZnO memiliki sifat listrik dan sifat optik yang baik sehingga memiliki potensi besar untuk digunakan sebagai fotodetektor, fotokatalis dan bahan penting dalam pembuatan laser dan beberapa perangkat optoelektronik [16]. ZnO merupakan kristal senyawa ionik yang terdiri atas kation dan anion yang tersusun secara teratur dan periodik. Berdasarkan struktur tersebut, ikatan kimia antara atom Zn dan O lebih cenderung kepada ikatan ion. Struktur Kristal ZnO secara umum terdiri atas tiga yaitu *wurtzite hexagonal*, *zincblende cubic* dan *rocksalt cubic*. Struktur *wurtzite* merupakan struktur paling stabil pada suhu kamar dan tekanan serta banyak dijumpai. Bentuk *zincblende* terbentuk ketika pertumbuhan Kristal pada substrat kubik dan mencapai kestabilan. Sementara bentuk *rocksalt* hanya dijumpai pada tekanan 10 GPa [16].

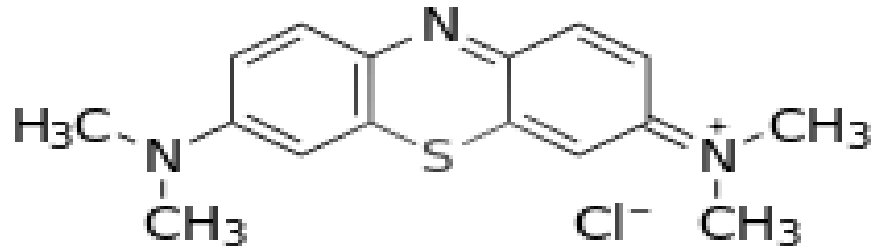


**Gambar 2.1** Struktur Kristal ZnO (a) *Rocksalt* (b) *Zinc blende* (c) *Wurtzite*

#### II.2 Alumunium sulfat ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ )

Aluminium sulfat merupakan bahan berbasis alam yang biasa dikenal sebagai tawas, senyawa ini sesuai dengan rumus umum  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ . Alumunium sulfat digunakan sebagai garam logam terhidrolisis yang efektif untuk destabilisasi partikel koloid [17], karena sebagian besar koloid bermuatan negatif yang dinetralkan dalam air menghasilkan pengendapan kontaminan. Serta memiliki sifat mudah larut dalam air sehingga banyak di gunakan sebagai koagulan [18].

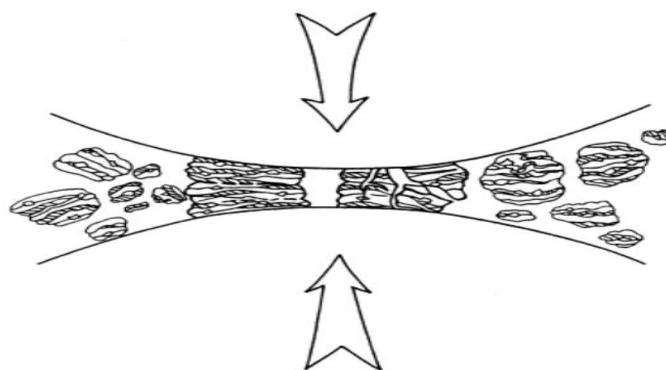
### II.3 Metilen Biru (MB)



**Gambar 2.2** Struktur ikatan Metilen biru [19]

Metilen biru memiliki rumus kimia  $C_{16}H_{18}N_3SCl$  adalah senyawa hidrokarbon aromatik yang beracun, sangat stabil dan sulit untuk diuraikan. Dilihat dari strukturnya senyawa metilen biru merupakan senyawa semi polar karena memiliki ikatan polar dan non polar sehingga akan sulit terurai menjadi ion-ionnya. Umumnya digunakan pada bidang biologi, kimia, dan industri tekstil, juga merupakan salah satu pencemar organik yang bersifat *non biodegradable* karena terdapat gugus benzena yang sulit didegradasi. Bila memungkinkan untuk didegradasi pun akan membutuhkan waktu yang lama. Senyawa dengan gugus benzena bersifat karsinogenik dan mutagenik sehingga limbah cairnya harus diuraikan terlebih dahulu. metilen biru juga memiliki efek samping yang berbahaya bagi tubuh manusia serta lingkungan air [20].

### II.4 Mechanical Alloying (MA)

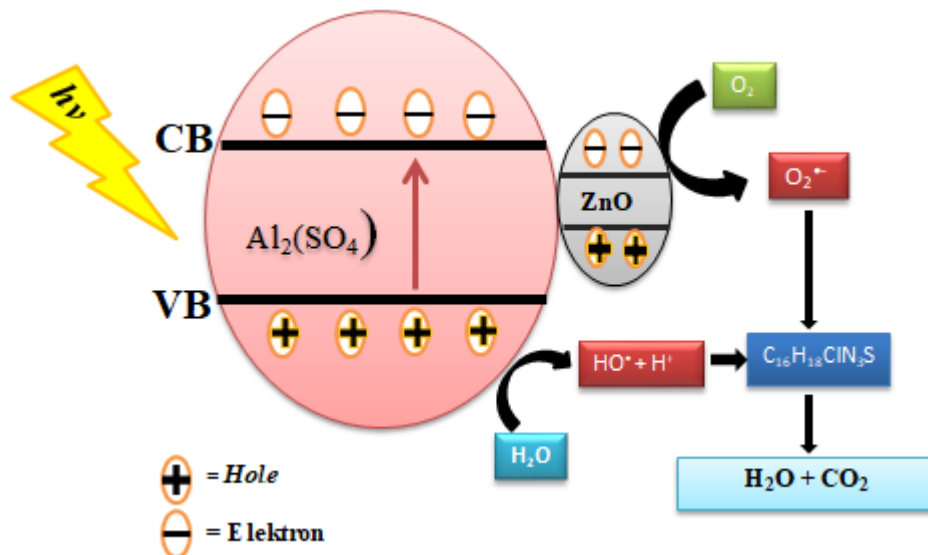


**Gambar 2.3.** Mekanisme Tumbukan bola pada serbuk [21]

Teknik *Mechanical Alloying* merupakan teknik menggunakan bola giling yang melibatkan dua serbuk penyusun atau lebih, mampu menghasilkan material

nanokristalin yang memiliki ukuran butir dalam skala nanometer [22]. Proses MA adalah penumbukan berulang yang akan mempengaruhi sifat material, seperti perubahan ukuran Kristal dan homogenitas material menjadi lebih baik [23]. Teknik *mechanical alloying* digunakan untuk menyiapkan berbagai nanokristalin, kristal metastabil, *quasicrystal* dan paduan amorf. Keunggulan lainnya, seperti biaya preparasi lebih mudah, biaya murah, bisa digunakan dalam skala industry serta hemat energi [22].

## II.5 Fotokatalis



**Gambar 2.4** Skema fotokatalis

Merupakan proses fotokimia yang dapat mempercepat laju reaksi oksidasi dan reduksi yang diinduksikan oleh cahaya foton. Bahan yang digunakan sebagai fotokatalis umumnya adalah material semikonduktor. Fotokatalis berlangsung ketika material semikonduktor menyerap *energy* cahaya lebih besar atau sebanding dengan nilai bandgap-nya. Hal ini kemudian menyebabkan terjadinya proses eksitasi elektron dari pita valensi menuju pita konduksi [24]. Serta terbentuknya *hole* yang menghasilkan pasangan *electron-hole*. Namun jika elektron tidak tereksitasi akan terjadi efek rekombinasi elektron, maka tidak akan terjadi fotokatalis [25]. Selanjutnya *electron-hole* akan bermigrasi dipermukaan material semikonduktor. Elektron yang ada di pita konduksi akan bereaksi dengan oksigen  $\text{O}_2$  membentuk radikal anion superoksida ( $\cdot\text{O}_2^-$ ) yang berperan sebagai

reduktor, sedangkan *hole* yang berada pada pita valensi bereaksi dengan molekul air  $H_2O$  membentuk senyawa radikal hidroksil ( $\bullet OH$ ), Radikal bebas yang terbentuk berupa ikatan hidroksil dan anion superoksida sangat efisien dalam dalam memutus ikatan material organik dan mendegeadasi polutan [24].