

Hasil Penelitian

**SINTESIS KOMPOSIT $ZnO/Ca_3(PO_4)_2$ MENGGUNAKAN METODE SOL-GEL
SEBAGAI MATERIAL FOTOKATALIS LIMBAH CAIR INDUSTRI**

NURUL FAJRI RAMADHANI TANG

H021181306



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

**SINTESIS KOMPOSIT ZnO/Ca₃(PO₄)₂ MENGGUNAKAN METODE
SOL-GEL SEBAGAI MATERIAL FOTOKATALIS LIMBAH CAIR
INDUSTRI**

SKRIPSI

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

NURUL FAJRI RAMADHANI TANG

H021181306

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

MAKASSAR

2021

HALAMAN PENGESAHAN

**SINTESIS KOMPOSIT $ZnO/Ca_3(PO_4)_2$ MENGGUNAKAN METODE
SOL-GEL SEBAGAI MATERIAL FOTOKATALIS LIMBAH CAIR
INDUSTRI**

**Disusun dan diajukan oleh:
NURUL FAJRI RAMADHANI TANG**

H021181306

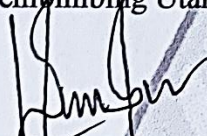
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Fisika Fakultas Matematika
dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin

Pada 4 Maret 2022

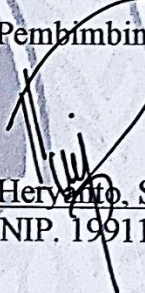
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

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 : Nurul Fajri Ramadhani Tang
NIM : H021181306
Program Studi : Fisika
Jenjang : SI

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Sintesis Komposit ZnO/Ca₃(PO₄)₂ Menggunakan Metode Sol-Gel sebagai Material Fotokatalis Limbah Cair Industri

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, 4 Maret 2022

Yang Menyatakan


Nurul Fajri Ramadhani Tang

ABSTRAK

Penelitian ini menggunakan material komposit ZnO/Ca₃(PO₄)₂ yang disintesis menggunakan metode Sol-Gel. Material Ca₃(PO₄)₂ berbahan dasar tulang ekor (coccyx) dari sapi yang dipanaskan pada suhu 300°C dengan waktu yang bervariasi : 10 menit, 90 menit, 120 menit dan 240 menit. Sampel dikarakterisasi menggunakan X-ray diffraction (XRD), Fourier transform infrared (FTIR) dan UV-Visible (UV-Vis). Analisis kuantitatif spektrum XRD menunjukkan ukuran kristal terendah dengan diameter 21.71nm pada pemanasan selama 90 menit. Hasil spektrum FTIR menunjukkan vibrasi dari ikatan PO₄ dan Zn-O pada bilangan gelombang 1039 cm⁻¹ dan 400-500 cm⁻¹. Presentase degradasi terbaik ditunjukkan oleh ukuran kristal yang kecil dan serapan infra-red yang tinggi oleh ikatan O-H. Hasil degradasi mencapai 93.98% hanya dalam waktu 5 menit dengan energi gap sebesar 3.84 eV. Berdasarkan hasil ini, komposit ZnO/Ca₃(PO₄)₂ merupakan salah satu material katalis yang menjanjikan dan potensial untuk menyelesaikan permasalahan pencemaran limbah industri khususnya metilen biru.

Kata Kunci: *Fotokatalis, Komposit ZnO/Ca₃(PO₄)₂, Metilen Biru, Sol-gel.*

ABSTRACT

This study use composite ZnO/Ca₃(PO₄)₂ material was synthesized by using sol-gel method. Composite material ZnO/Ca₃(PO₄)₂ is made from beef tailbone which is heated at a temperature of 300°C for 10, 90, 120, and 240 minutes. Samples were characterized using X-ray diffraction (XRD), Fourier transforms infrared (FTIR) dan UV - Visible (UV-Vis). Quantitative analysis of XRD spectra showed the lowest crystal size with a diameter of 21.71 nm on heating for 90 m. The results of the FTIR spectrum show the vibration of the PO₄ and ZnO bond at wavenumber 1039 cm⁻¹ and 400-500 cm⁻¹. The best percentage of degradation is indicated by small crystal size and high infrared absorption by O-H bonds. The degradation results reached 93.98% in just 5 minutes with an energy gap of 3.84 eV. Based on these results, the ZnO/Ca₃(PO₄)₂ composite is one of the promising and potential catalyst materials to solve the problem of industrial waste pollution, especially methylene blue.

Keywords: Methylene Blue, Photocatalyst, Sol-gel, ZnO/Ca₃(PO₄)₂ Composite.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur atas kehadiran **Allah SWT** atas berkah, rahmat dan karunia-Nya, TuhanYang Maha Kuasa. Salawat serta salam panjatkan kepada bagianda **Rasulullah Nabi Muhammad SAW**, Nabi yang membaea syafaat kepada umat Islam. *Alhamdulillahirabbil Alamin*, penulis telah diberikan Kesehatan dan kesempatan sehingga dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul “**Sintesis Komposit ZnO/Ca₃(PO₄)₂ Menggunakan Metode Sol-Gel sebagai Material Fotokatalis Limbah Cair Industri**” 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 **Mohammad Tang** dan Ibunda **Sufiana Arief** yang selalu mengirimkan doa, memberikan kasih sayang, perhatian, nasehat dan dukungan baik secara moral maupun materi, serta kakak dan adik tersayang **Marwah Awalya Tang, Rayhan Hanief Tang dan Rachmi Meydiani Tang**, juga keluarga tercinta (**kakek, nenek, tante, om dan semua penghuni grup cousins~**) yang selalu memberikan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

2. Skripsi ini dibuat khusus agar kedua orang tua tetap semangat dan senang tiasa diberi Kesehatan dari Allah SWT serta meridhai penulis untuk senang tiasa membanggakan dan membahagikan beliau.
3. **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.
4. **Ibu Dr. Nurlaela Rauf, M. Sc** dan **Bapak Eko Juarlin S.Si, M. Si** selaku Dosen Penguji yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk memberikan saran, diskusi dan ilmu untuk memnjadikan skripsi ini lebih baik.
5. **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 bermafaat dan menjadi bekal yang bermanfaat untuk masa depan.
6. Bapak/Ibu **Staf Pegawai FMIPA UNHAS**, terutama **Staf Departemen Fisika; Pak Syukur, Ibu Evi dan Kakak Rana** yang selalu membantu selama proses administrasi di departemen hingga kampus dan keramahan serta cemilannya.
7. Teman seperjuangan **Vika Sri Anti**, terimakasih telah menjadi teman belajar sejak Maba, teman bertukar pikiran, seluruh masukan dan bantuan yang diberikan selama penyelesaian skripsi ini.
8. **Himpunan Mahasiswa Fisika (Himafi) FMIPA Unhas** terima kasih telah membentuk karakter **Keras, Kuat, Cerdas dan Berani**.
9. **Himafi 2018** terima kasih untuk semua cerita yang telah dilalui dari masa pengumpulan hingga saat ini, dan telah mengajarkan arti kebersamaan. Sebuah keistimewaan dapat bagian dari kalian. Semoga tetap **satu tekad dalam menaklukkan waktu**.
10. Divisi **Kajian Strategis dan Advokasi BEM FMIPA Unhas 2021/2022** **Ainul, agung, Farhan, komang, ail, sarwan, wawan, Iswatun**, terkhusus kepada

koordinator Rahmat Rastin, atas semangat yang diberikan.

11. Kakak-kakak **Laboratorium Material dan Energi (Kak Inayatul Mutmainnah, S. Si, M. Si., Kak Nurul Awaliyah Muhammad, S. Si., Kak Rahma Anugrahwidya, S. Si., Kak Elisabeth Clara Sampebatu, S. Pd., dan Kak Fitria Mujtahid, S. Si.)** yang selalu memberikan bantuan selama proses penelitian, presentasi, pengolahan data, dan masukan-masukan yang sangat bermanfaat
12. Adik-adik **Himafi 2019** dan **Himafi 2020** terima kasih atas dukungan dan motivasi yang diberikan
13. **Seluruh Fisika UH angkatan 2018** banyak cerita telah dilalui bersama dari mahasiswa baru hingga sekarang satu persatu telah menyelesaikan masa studinya. Semoga kita semua sukses dimasa mendatang dan silaturahmi diantara kita tetap terjalin.
14. 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, 4 Maret 2022

Nurul Fajri Ramadhani Tang

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	Iii
ABSTRAK	Iv
ABSTRACT	V
KATA PENGANTAR	VI
DAFTAR ISI	X
DAFTAR GAMBAR	Xii
DAFTAR TABEL.....	Xiii
DAFTAR LAMPIRAN	
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 Limbah Cair	4
II.2 Metilen Biru (Mb)	4
II.3 Fotokatalis	4
II.4 Seng Oksida (Zno)	5
II.5 Trikalsium Fosfat ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$)	6
II.6 Sol-Gel	6
BAB III. METODE PENELITIAN	8
III.1 Waktu dan Tempat Penelitian	8
III.2 Alat dan Bahan Penelitian	8
III.3 Prosedur Penelitian	9
III.4 Bagan Alir Penelitian	11
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	12
IV.1 Analisis <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF)	12
IV.2 Analisis <i>Forrier Transform Infrared</i> (FTIR)	13
IV.3 Analisis <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	14

IV.4 Analisis <i>Band Gap</i>	15
IV.5 Analisis Fotokatalis ZnO/Ca ₃ (PO ₄) ₂ Menggunakan Metilen Biru	17
IV.6 Mekanisme Fotokatalis	19
BAB V. PENUTUP	22
V.1 Kesimpulan	22
V.2 Saran	22
DAFTAR PUSTAKA	23

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur Metilen Biru	4
Gambar 2.2	Skema proses fotokatalis	5
Gambar 2.3	Representasi dari struktur kristal ZnO: (a) <i>Rocksalt</i> , (b) <i>Zink blende</i> , dan (c) <i>wurtzit</i> heksagonal. Bola abu-abu dan hitam yang diarsir masing-masing menunjukkan atom Zn dan O	6
Gambar 2.4	Tahapan metode sol-gel	7
Gambar 3.1	Bagan alir penelitian	11
Gambar 4.1	Spektrum FTIR dari komposit ZnO/Ca ₃ (PO ₄) ₂ dengan variasi durasi pemanasan	14
Gambar 4.2	kurva XRD komposit (a) ZnO/Ca ₃ (PO ₄) ₂ (b) perbesaran pergeseran kurva untuk komposit ZnO/Ca ₃ (PO ₄) ₂ dengan variasi durasi pemanasan.	15
Gambar 4.3	<i>Band gap</i> komposit ZnO/ Ca ₃ (PO ₄) ₂ dengan variasi durasi pemanasan	16
Gambar 4.4	Kurva UV-Vis dan kemampuan degradasi komposit ZnO/Ca ₃ (PO ₄) ₂ dengan variasi durasi pemanasan	18
Gambar 4.5	Kurva laju kinetik komposit ZnO/Ca ₃ (PO ₄) ₂ dengan variasi durasi pemanasan.	19
Gambar 4.6	Skema proses degradasi Metilen Biru menggunakan material ZnO/Ca ₃ (PO ₄) ₂	19

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Presentase Senyawa Kimia Sebagai Fungsi Lama Pemanasan Dari 0 Menit Ke 240 Menit	12
Tabel 4.2	Daerah serapan sintesis komposit ZnO/Ca ₃ (PO ₄) ₂	13
Tabel 4.3	Rata-rata ukuran kristal komposit ZnO/Ca ₃ (PO ₄) ₂	15
Tabel 4.4	Rata-rata degradasi, Konstanta laju kinetik (k_r) dan nilai koefisien korelasi (R_2) dari sintesis komposit ZnO/Ca ₃ (PO ₄) ₂	17

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Prosedur Percobaan	29
-------------------	--------------------	-------	-----------

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan pertambahan penduduk maka jumlah permintaan akan pakaian juga meningkat yang berdampak pada penggunaan pewarna yang semakin tinggi. Kemajuan industri tekstil memudahkan berkembangnya *industry mode* yang memberikan variasi *life style*, namun karena tidak adanya pengawasan ketat, secara bersamaan juga menciptakan pencemaran lingkungan, khususnya pencemaran pada air [1, 2], sehingga pencemaran air saat ini telah menjadi permasalahan global. Selain logam berat, obat-obatan, dan pestisida, terdapat limbah pewarna yang sulit terurai. Beberapa industri lainnya yang menggunakan pewarna adalah: percetakan, farmasi, dan kosmetik membutuhkan senyawa organik sintetis dalam bentuk pewarna untuk menghasilkan produknya. Limbah cair dapat menghambat aktivitas biologis tanaman air dan hewan yang ada pada air, beberapa juga memiliki sifat karsinogenik dan toksik [3], sehingga dapat meningkatkan kemunculan penyakit dan jumlah kematian pada manusia. Beberapa penelitian telah banyak dilakukan untuk mengurangi pencemaran lingkungan, salah satunya fotokatalis.

Fotokatalis merupakan salah satu metoda yang relatif murah dan mudah diterapkan untuk mengatasi pencemaran lingkungan dengan cara mengoksidasi limbah cair. Semikonduktor merupakan material yang sangat baik dalam melakukan degradasi [1]. Diantara bahan semikonduktor, ZnO memiliki kemampuan oksidasi yang kuat, sifat biokompatibilitas, serta celah pita lebar ($\sim 3,37$ eV) [4, 5] sehingga dapat digunakan sebagai bahan katalis. Namun kekurangan dari bahan tersebut adalah aktivitas fotokataliknya rendah karena rekombinasi yang tinggi dari pasangan electron-hole sehingga perlu dilakukan peningkatan aktivitas fotokatalitik dengan mengintegrasikan ZnO dan bahan yang memiliki energi celah pita berbeda untuk memisahkan pasangan electron-hole yang terfotogenerasi [2], contohnya dengan penambahan TiO_2 , Ni, Sr dan $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.

Berdasarkan beberapa referensi $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ banyak diaplikasikan pada bidang biokeramik, pasta gigi, dan biosemen. Namun, pengaplikasian $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ masih jarang ditemukan dalam bidang fotokatalis, pada penelitian yang dilakukan oleh Y. Naciri, dkk (2020) $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ sangat efisien sebagai material katalis untuk fotodegradasi polutan organik. Selain itu, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ memiliki beberapa sifat unik seperti karakteristik strukturalnya, sifat pertukaran ionnya, afinitas adsorpsi, mudah disintesis, memiliki harga yang murah, stabilitas kimia/termal pada rentang suhu yang luas, dan ketersediaan yang

melimpah [6], dalam beberapa penelitian $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ paling banyak ditemukan pada tulang sapi yaitu sekitar 58,30%. Produk utama yang dihasilkan pada pemotongan sapi adalah daging dan tulang, namun saat ini pemanfaatan dari tulang kurang dioptimalkan dan menjadi salah satu jenis limbah padat [7]. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka penelitian ini memanfaatkan limbah padat alami tersebut untuk dijadikan sebagai bahan utama sintesis $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.

Sintesis material komposit memiliki banyak cara contohnya hydrothermal, combustion, dan *chemical vapour deposition* (CVD). Namun, semua metode tersebut kecuali sol-gel memerlukan kondisi reaksi yang sulit dilakukan seperti reaksi suhu tinggi, teknik yang canggih, bahan baku yang mahal dan sebagainya. Sehingga, penelitian ini menggunakan metode sol-gel karena cukup sederhana, memiliki biaya rendah, dan sering digunakan karena hasil degradasi fotokatalik lebih tinggi dari metode yang lainnya. Sebagai contoh hasil sintesis pada penelitian yang dilakukan oleh Kalpesh A, dkk (2019) menunjukkan aktivitas fotokatalis yang tinggi [3, 8 dan 9]. Uji fotokatalis pada penelitian ini menggunakan polutan metilen biru (MB), karena termasuk salah satu molekul yang sering terdapat pada limbah industri tekstil [1].

Penelitian ini akan mensintesis $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ menggunakan tulang hewan (*xenograft*) dari tulang ekor (*coccyx*) pada sapi dengan variasi waktu pemanasan (0 menit, 10 menit, 90 menit, 120 menit, dan 240 menit) yang akan digunakan untuk membuat komposit $\text{ZnO}/\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ dengan komposisi $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ sebanyak 3% dan akan dianalisa sifat strukturnya menggunakan XRD, gugus fungsinya menggunakan FTIR, serta nilai *bandgap* dan uji fotokatalis menggunakan UV-Vis. Penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan solusi permasalahan dalam penguraian limbah cair dengan memanfaatkan bahan alam.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana analisis sifat struktur menggunakan XRD, gugus fungsi menggunakan FTIR, nilai *bandgap*, dan persen degradasi menggunakan UV-Vis dari material $\text{ZnO}/\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$?
2. Bagaimana pengaruh variasi waktu pemanasan $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ terhadap sifat fotokatalis komposit $\text{ZnO}/\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan di atas, maka didapatkan tujuan sebagai berikut:

1. Menganalisis sifat struktur menggunakan XRD, gugus fungsi menggunakan FTIR, nilai *bandgap*, dan persen degradasi menggunakan UV-Vis dari material ZnO/Ca₃(PO₄)₂
2. Menganalisis pengaruh variasi waktu pemanasan Ca₃(PO₄)₂ terhadap sifat fotokatalis komposit ZnO/Ca₃(PO₄)₂

BAB II

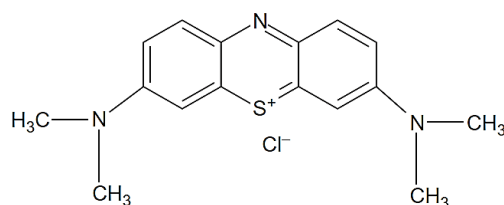
TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Limbah Cair

Saat ini pencemaran air merupakan masalah lingkungan yang serius di hampir semua negara di dunia. Peningkatan populasi telah membuat permintaan air bersih sulit terjangkau bagi sebagian besar negara berkembang. Secara umum, limbah cair merupakan bahan sisa hasil buangan dari suatu kegiatan berupa air serta kandungan zat berbahaya yang tercampur (tersuspensi) maupun larut dalam air. Ada banyak sumber limbah cair, salah satunya Limbah Cair Industri (*Industrial wastewater*) yaitu limbah cair yang berasal dari hasil buangan industri, contohnya sisa pewarna industri tekstil. Pewarna organik dalam air limbah industri tekstil cukup menjadi perhatian dalam lingkungan ekologi dan kesehatan manusia, karena tidak mudah terurai [10].

II.2 Metilen biru (MB)

Metilen biru (MB) adalah senyawa kimia aromatik heterosiklik dengan rumus molekul $C_{16}H_{18}N_3SCl$, berat molekul 319,85 g/mol, dan struktur yang ditunjukkan pada **Gambar 2.1**. MB juga merupakan polutan *thiazine* yang mudah diperoleh dan banyak digunakan di berbagai industri untuk tujuan yang berbeda (contohnya: pencelupan kapas, wol dan kain; pewarnaan kertas, sebagai pewarna rambut dan pewarna pakaian atau tekstil). Namun, sangat dikenal karena merupakan polutan karsinogenik yang memiliki dampak berbahaya terhadap manusia dan makhluk hidup lainnya [11, 12].

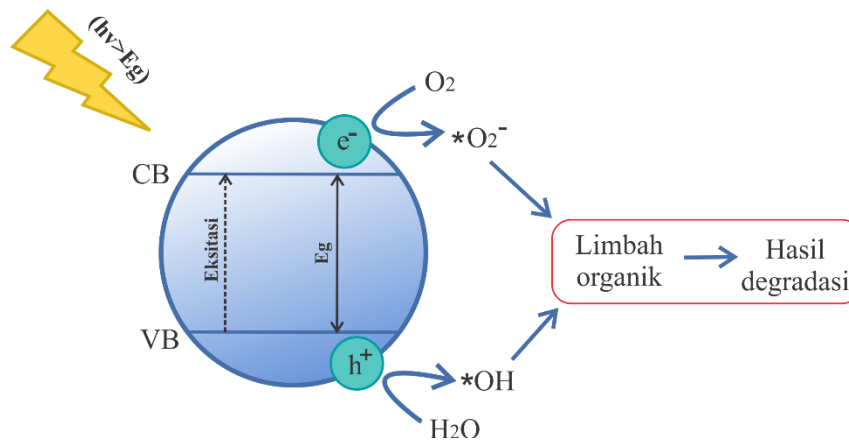


Gambar 2.1 Struktur Metilen Biru [12].

II.3 Fotokatalis

Fotokatalis merupakan salah satu metode yang ramah lingkungan dan efisien yang dapat digunakan dalam pengaplikasian untuk mengatasi limbah organik pada lingkungan dengan cara mendegradasi limbah ketika menjadi molekul kecil, seperti CO₂ dan H₂O. Di bidang pengolahan air limbah, fotokatalis memiliki prospek aplikasi yang cukup luas karena mudah dilakukan [13]. Fotokatalisis merupakan metode yang menggunakan

bantuan iradiasi cahaya untuk mengaktifkan katalis untuk memulai reaksi kimia yang dapat mempercepat proses pendegradasian air limbah. Semikonduktor merupakan material yang biasa digunakan sebagai katalis karena memiliki aktivitas fotokatalitik yang tinggi, sehingga memberikan efisiensi fotokatalitik yang lebih baik. Contohnya *zinc oxide* (ZnO), *titanium dioxide* (TiO₂) dan *iron (III) oxide* (Fe₂O₃). Mekanisme proses fotokatalisis terjadi ketika material katalis menyerap energi cahaya yang besarnya lebih tinggi atau sama dibandingkan dengan celah pita energi pada semikonduktor, sehingga akan terjadi eksitasi elektron menuju pita konduksi dan juga membentuk *hole* (h⁺) pada pita valensi [8]. kemudian, elektron (e⁻) akan mengoksidasi oksigen (O₂) dan membentuk radikal superoksida ($\bullet O_2^-$), dan *hole* akan mereduksi molekul air/ion OH dan menghasilkan radikal hidroksil ($\bullet OH$). Radikal yang terbentuk ini, yang akan membantu proses oksidasi dan mendegradasi zat warna paada air limbah [14]. **Gambar 2.2** memperlihatkan contoh skema proses fotokatalis.

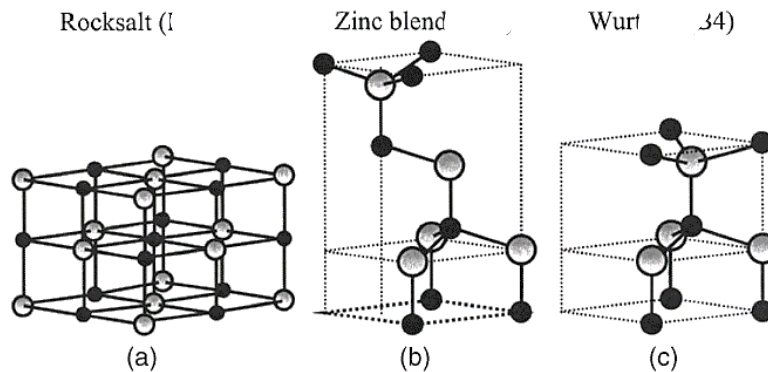


Gambar 2.2 Skema proses fotokatalis.

II.4 Seng Oksida (ZnO)

Seng Oksida (ZnO) merupakan bahan semikonduktor tipe-n dari kelompok semikonduktor II-VI yang memiliki celah energi gap sebesar 3.37 eV serta termasuk senyawa logam oksida [15]. Material ZnO memiliki beberapa struktur yaitu *wurtzite*, *zinblende*, dan *rocksalt* yang diperlihatkan pada **Gambar 2.3**. struktur kristal *wurtzite* (sel satuan hexagonal) adalah struktur yang paling stabil pada kondisi lingkungan yang mana secara bergantian membentuk bidang dasar dan memiliki dua sub kisi yaitu Zn²⁺ dan O²⁻. Umumnya material ini berbentuk serbuk putih dan memiliki sifat stabilitas termal tinggi, mobilitas elektron yang baik, mudah disintesis, penyerapan yang kuat di wilayah ultraviolet, energi ikat eksiton yang tinggi (~60 meV), fotostabilitas tinggi, biokompatibilitas, daya pengoksidasi yang tinggi dan toksisitas rendah. Zno juga

memiliki efisiensi penyerapan foton yang lebih tinggi sehingga memiliki aktivitas fotokatalik dan fotodegradasi yang baik untuk berbagai jenis pewarna organik sehingga banyak digunakan dalam aplikasi fotokatalitis [16, 17].



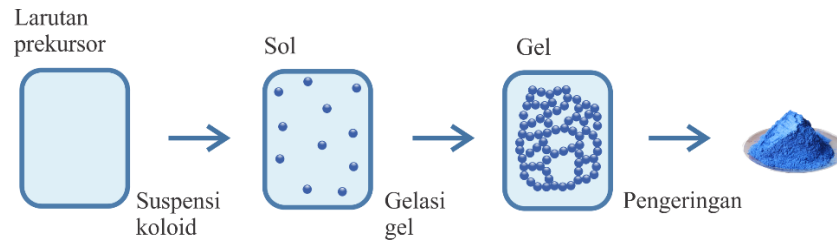
Gambar 2.3 Representasi dari struktur kristal ZnO: (a) *Rocksalt*, (b) *Zink blende*, dan (c) *wurtzit* heksagonal. Bola abu-abu dan hitam yang diarsir masing-masing menunjukkan atom Zn dan O [18].

II.5 Trikalsium Fosfat ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$)

Trikalsium fosfat (TCP) termasuk salah satu dari senyawa kalsium fosfat (CaP) dengan rumus kimia $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ juga merupakan salah satu material biokeramik yang memiliki kesamaan mineral pada tulang, pada beberapa penelitian juga menemukan material ini banyak terkandung pada tulang sapi yaitu sebesar 58,30% dan memiliki sifat biokompatibel, osteokonduktif, karakteristik strukturalnya yang unik, mudah disintesis, stabilitas kimia atau termal yang baik, memiliki harga yang murah, ketersediaan yang melimpah, dan tidak memiliki adanya tanda-tanda bersifat sitotoksitas. TCP sering diaplikasikan pada bidang medik, namun sangat efisien juga digunakan sebagai material katalis untuk fotodegradasi polutan organik [6, 19, 20 dan 21].

II.6 Sol-gel

Metode Sol-gel adalah metode untuk sintesis nanokomposit, termasuk salah satu teknik kimia basah yang dikenal juga sebagai deposisi larutan kimia karena pada prosesnya menggunakan larutan. Tahapan sol-gel terdiri dari persiapan sol, gelasi sol, dan penghilangan pelarut atau fasa cair (pengeringan), yang diperlihatkan pada **Gambar 2.4**. Istilah sol-gel juga dikaitkan dari proses transformasi kimianya yaitu pembentukan larutan koloid "sol" dan menjadi fase "gel" padat. Dimana "sol" cair (kebanyakan suspensi partikel koloid) dan menjadi fase "gel" jaringan agar-agar dan transisi berikutnya menjadi bahan oksida padat. [22, 23].



Gambar 2.4 Tahapan metode sol-gel

Metode sol-gel memiliki banyak keunggulan yaitu mudah dilakukan juga ramah lingkungan, prosesnya berlangsung pada suhu reaksi yang rendah, menghasilkan campuran dengan homogenitas tinggi, distribusi ukuran yang kecil, dan struktur kristal yang baik dan kemurnian yang tinggi, kontrol komposisi yang baik, suhu kristalisasi yang lebih rendah, biaya yang murah, menghasilkan keritalinitas yang baik juga distribusi ukuran yang kecil, dan dapat meningkatkan aktivitas fotokatalik suatu material sehingga sering digunakan untuk pembuatan material katalis logam oksida [3, 9, 17, 24 dan 25]