

SKRIPSI

**SINTESIS KOMPOSIT $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Mg}$ UNTUK APLIKASI FOTOKATALIS
LIMBAH INDUSTRI TEKSTIL**

Disusun dan diajukan oleh

NURUL FAUZIAH

H021 17 1018



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

**SINTESIS KOMPOSIT $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Mg}$ UNTUK APLIKASI FOTOKATALIS
LIMBAH INDUSTRI TEKSTIL**

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 FAUZIAH

H021171018

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

2021

LEMBAR PENGESAHAN

**SINTESIS KOMPOSIT $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Mg}$ UNTUK APLIKASI FOTOKATALIS
LIMBAH INDUSTRI TEKSTIL**

Disusun dan diajukan oleh:

NURUL FAUZIAH

H021171018

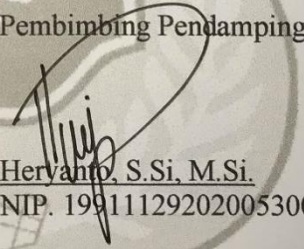
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin pada tanggal 31 Mei 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,


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

Pembimbing Pendamping,


Hervanto, 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 Fauziah
NIM : H021171018
Program Studi : Fisika
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Sintesis Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Mg}$ untuk Aplikasi Fotokatalis Limbah Industri Tekstil

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, 31 Mei 2021

Yang Menyatakan,


Nurul Fauziah



ABSTRAK

Serbuk CoFe_2O_4 disintesis dengan metode sol-gel dan komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Mg}$ dipreparasi dengan metode mechanical alloying. Material dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dan *UV-Visible* (UV-Vis). Hasil karakterisasi XRD menunjukkan ukuran kristal rata-rata berkurang dengan peningkatan konsentrasi Mg dalam komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Mg}$. Hasil karakterisasi UV-Vis ditemukan nilai energi gap 2,48; 2,72; dan 2,94 untuk masing-masing CoFe_2O_4 , $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Mg}$ (2:1) dan $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Mg}$ (1:1). Hasil analisis FTIR menunjukkan adanya ikatan Logam-Oksigen (L=Co dan Fe) dan pergeseran ikatan logam-oksigen dengan peningkatan Mg. Aktifitas fotokatalis diselidiki menggunakan dua pewarna tekstil yaitu *congo red* dan metilen biru yang menunjukkan efisiensi degradasi maksimum fotokatalis komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Mg}$ (1:1) lebih baik dibandingkan komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Mg}$ (2:1) dengan konstanta laju kinetik yang semakin tinggi dengan penambahan Mg dalam komposit. Material komposit mampu dipakai berulang selama 5 siklus di *congo red* dan metilen biru dengan penurunan prosentase degradasi yang kecil. Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Mg}$ mampu mendegradasi polutan dan dapat dipakai berulang serta kemudahannya dipisahkan dari polutan sehingga menjadi katalis yang mengurangi pencemaran lingkungan.

Kata Kunci: *Sol-gel*, *Mechanical alloying*, Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Mg}$, Fotokatalis, *Congo Red*, Metilen Biru

ABSTRACT

CoFe₂O₄ powder was synthesized by sol-gel method and CoFe₂O₄/Mg composite was prepared by mechanical alloying method. Materials were characterized using *X-Ray Diffraction (XRD)*, *Fourier Transform Infrared (FTIR)* and *UV-Visible (UV-Vis)*. The results of XRD characterization showed that the average crystal size decreased with increasing Mg concentration in the CoFe₂O₄/ Mg composite. The results of UV-Vis characterization found that the energy gap value was 2,48; 2,72; and 2,94 for CoFe₂O₄, CoFe₂O₄/ Mg (2:1) and CoFe₂O₄/Mg (1:1) respectively. FTIR analysis results showed the presence of Metal-Oxygen bonds (M = Co and Fe) and a shift in metal-oxygen bonds with an increase in Mg. Photocatalyst activity was investigated using two textile dyes, namely *congo red* and methylene blue which showed the maximum degradation efficiency of the photocatalyst composite CoFe₂O₄/Mg (1:1) was better than the CoFe₂O₄ Mg (2:1) with a kinetic rate constant. which is getting higher with the addition of Mg in the composite. Composite material can be used repeatedly for 5 cycles in *congo red* and methylene blue with a small decrease in the percentage of degradation. CoFe₂O₄/Mg composites are able to degrade pollutants and can be reusability and easily be separated from pollutants so that they become a catalyst that reduces environmental pollution.

Keywords: Sol-gel, Mechanical alloying, CoFe₂O₄/Mg Composite, Photocatalyst, Congo Red, Methylene Blue

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji syukur penulis panjatkan kepada kehadiran Allah SWT atas berkah, rahmat dan karunia-Nya, Tuhan Yang Maha Kuasa. Salawat serta salam penulis panjatkan kepada baginda Rasulullah, Nabi Muhammad SAW, Nabi yang telah membawa syafaat kepada umat Islam. Alhamdulillah, penulis telah diberikan kesempatan dan kesehatan sehingga dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul “**Sintesis Komposit CoFe₂O₄/Mg untuk Aplikasi Fotokatalis Limbah Industri Tekstil**” 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 sampai 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 **Sumantri** dan Ibunda **Hasnatang** yang selalu memberikan doa, kasih sayang, perhatian, semangat, nasehat dan dukungan baik secara moral maupun secara materi kepada penulis. Skripsi ini dibuat khusus dari penulis kepada kedua orang tua tercinta semog Allah senantiasa memberi kesehatan dan meridhai penulis untuk senantiasa membahagiakan dan membanggakan beliau.
2. **Prof. Dr. Dahlang Tahir, M.Si.** selaku Dosen Pembimbing Utama dan Kepala Labaoratorium Material dan Energi, dan bapak **Heryanto, S.Si, M.Si**

selaku Dosen Pembimbing Pertama yang telah banyak membimbing dan meluangkan waktu, tenaga, serta pemikirannya untuk penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

3. **Prof. Dr. Tasrief Surungan, M.Sc** selaku Dosen Penguji dan **Prof. Dr. Paulus Lobo Gareso, M.Sc** selaku Penasehat Akademik (PA) serta 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 menajdi bekal untuk masa depan penulis
5. Bapak/Ibu **Staf Pegawai FMIPA UNHAS**, terutama **Staf Departemen Fisika; Pak Syukur, Ibu Evi dan Ibu Rana** yang selalu membantu penulis selama proses administrasi di kampus.
6. Kakak fisika-ku (**Kak Inayatul Mutmainnah, S. Si, M.Si., Kak Nurul Awaliyah Muhammad, S.Si, Kak Rahma Anugrahwidya, S.Si dan Kak Elisabeth Clara sampebatu**) yang selalu memberikan bantuan selama proses penelitian, presentasi, pengolahan data dan masukan-masukan yang sangat bermanfaat bagi penulis serta memberikan hiburan ketika suntuk.
7. Saudara-ku, Asosiasi Wanita (**Ate, Asni, Ola, Owel, Rahmah dan Cinday**) dan **Fatimah** terima kasih banyak atas suka dan duka, motivasi, bantuan dan informasi aktual serta pemakluman perlakuan sikapku selama ini.
8. Pendengar-ku (**Muh. Zahari**) terimakasih telah senantiasa memotivasi dan mendengar keluh kesah serta memberikan pertolongan-pertolongan selama ini.
9. Seluruh anggota **Laboratorium Material dan Energi 2017**; terkhusus **Asni, Ola, Rahma, Ervi, Hajar, Fitria, Innah, Nova, dan Sarah** yang menjadi teman seperjuangan penelitian, **Fahri** yang membantu dan memberi saran dalam proses perbaikan skripsi, **Roni** yang membantu segala pengurusan data dan alat lab, **Ardiansyah dan Rial** sebagai penghibur di lab.
10. Lembaga-ku, **Himpunan Mahasiswa Fisika (Himafi) FMIPA Unhas**

terima kasih telah membentuk karakter **keras, kuat, cerdas dan berani** di dalam diri saya, serta mengajarkan manajemen waktu dalam diri saya.

11. Teman-teman seperjuangan-ku, **Himafi 2017** terima kasih kepada manusia-manusia hebat (**80 orang**) untuk semua kenangan kebersamaan yang diukir dari masa mahasiswa baru sampai saat ini, dan segalanya yang tidak bisa disebutkan satu-persatu. Merupakan keistimewaan saya sebagai salah satu bagian dari kalian. Semoga tetap **Teguh dalam Keyakinan, Kukuh dalam Kebersamaan**.
12. Teman-ku **Fisika angkatan 2017** yang tidak sempat kusebutkan satu-satu persatu namanya, 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.
13. **Kanda-kanda Himafi 2015** dan **Kanda-kanda Himafi 2016** yang telah banyak memberikan arahan dan masukan selama saya menjadi mahasiswa, baik akademik maupun non-akademik.
14. Adik-adik yang tak sedarah, **Himafi 2018** (Nunu ganci, Vika, Milen, Zefanya, Iis, Ilmi, Azlan, Syahrul, Sinyo, Ainul, Yesi, Azlan, Syahrul, Bonca dan adik-adik yang belum sempat disebutkan namanya); **Himafi 2019**, terima kasih atas dukungan dan motivasi yang diberikan.
15. Penghuni grup **LA'AN** yang telah bersama selama kurang lebih 5 tahun dalam lingkaran pertemanan yang senantiasa berbagi kabar tentang perkembangan tugas akhir, hiburan dan informasi viral.
16. Teman-teman pondokan-ku (**Irma, Andini, Mifta, Tilla, Naya, Ani, Yunita dan Ainani**) yang selalu memberikan tawa dan kebersamaan.
17. Penghilang stres-ku (**Cimi**) yang selalu memberikan hiburan dan kenakalan dalam penyusunan skripsi.
18. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah memberikan kontribusi sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Harapan dari penulis skripsi hasil penelitian yang telah dilakukan semoga dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca. Penulis memohon maaf atas segala kekurangan yang terdapat dalam skripsi. Semoga ilmu yang

diperoleh menjadi berkah, Aamiin.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatu

Makassar, 31 Mei 2021

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Nurul Fauziah' with a stylized flourish at the end.

Nurul Fauziah

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar belakang	1
I.2 Rumusan Masalah.....	2
I.3 Tujuan Penelitian	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
II.1 Polutan Air	3
II.2 <i>Cobalt Ferrite</i>	3
II.3 Magnesium.....	4
II.4 Fotokatalis	4
II.5 <i>Sol-gel</i>	5
II.6 <i>Mechanicsl Alloying</i>	6
BAB III METODE PENELITIAN	7
III.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan Penelitian.....	7
III.2 Alat dan Bahan.....	7
III.3 Prosedur Kerja.....	8
III.4 Bagan Alir Penelitian.....	9
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	11
IV.1 Analisis XRD	11
IV.2 Analisis FTIR.....	12

IV.3 <i>Band Gap</i>	13
IV.4 Analisis Fotokatalis Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Mg}$ untuk Degradasi Pewarna tekstil	14
BAB V PENTUP	20
V.1 Kesimpulan	20
V.2 Saran	20
DAFTAR PUSTAKA	21
LAMPIRAN	28

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mekanisme fotokatalis	5
Gambar 3.1 Bagan alir penelitian	10
Gambar 4.1 (a) Kurva XRD untuk CoFe_2O_4 dan komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Mg}$ (b) Perbesaran pergeseran kurva untuk CoFe_2O_4 dan komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Mg}$	11
Gambar 4.2 Spektrum FTIR CoFe_2O_4 dan komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Mg}$	12
Gambar 4.3 <i>Band gap</i> CoFe_2O_4 dan komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Mg}$	13
Gambar 4.4 Spektra UV-Vis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Mg}$ (1:1) (a) <i>congo red</i> (b) metilen biru dan $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Mg}$ (2:1) (c) <i>congo red</i> (d) metilen biru	14
Gambar 4.5 Waktu vs prosentase degradasi untuk pewarna (a) <i>congo red</i> (b) metilen biru	15
Gambar 4.6 Kurva laju kinetik dari pewarna <i>congo red</i> dan metilen biru	16
Gambar 4.7 Kinerja fotokatalis komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Mg}$	17
Gambar 4.8 Siklus degradasi a) <i>congo red</i> b) metilen biru	18
Gambar 1. Sintesis CoFe_2O_4	28

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Konstanta laju kinetik dan prosentase degradasi <i>congo red</i> dan metilen biru menggunakan komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Mg}$	17
--	----

DAFTAR LAMPIRAN

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

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Populasi manusia yang semakin meningkat berdampak pada peningkatan kebutuhan dalam perkembangan industri. Perkembangan industri ini memicu masalah lingkungan di seluruh dunia khususnya di Indonesia, salah satu yang paling kerap ditemui adalah masalah kebersihan air [1,2]. Industri tekstil menjadi penyumbang paling banyak pada pencemaran air. Secara global, sekitar 10.000 jenis pewarna dan pigmen diproduksi pertahun. Pewarna alami dan sintesis dipakai oleh industri tekstil dan dibuang percuma sekitar 20-30% selama pemrosesan [3]. Pencemaran air sangat berbahaya bagi lingkungan karena kandungan dari air yang beracun seperti pupuk, pelarut terklorinasi dan pewarna yang sebagian besar sulit terurai [1,3,4]. Untuk menghindari bahaya tersebut, sangat penting untuk mengatasi masalah polutan yang terkandung di dalam air [5]. Salah satu cara mengurangi dampak pencemaran air dengan proses yang ramah lingkungan adalah dengan mendegradasi senyawa organik melalui fotodegradasi dalam *Advanced Oxidation Process* (AOP) [1,6]. Banyak cara untuk menangani limbah air dengan AOP misalnya fotokatalis. Fotokatalis dipilih menjadi teknik yang disukai karena ramah lingkungan, toksisitas rendah, biaya rendah, dan hemat energi, selain itu juga cukup menggunakan energi matahari untuk mendegradasi limbah air khususnya zat warna melalui reaksi oksidasi reduksi [5,7-9].

Salah satu material fotokatalis yang menjanjikan adalah material oksida logam yang mampu menyerap sinar matahari. Contohnya seperti *spinel ferrite* yang dimanfaatkan sebagai fotokatalis karena sifat magnet dan dielektriknya yang sangat baik dan biaya relatif rendah [4,10-12]. Diantara berbagai *spinel ferrite*, yang paling menonjol adalah *Cobalt ferrite* (CoFe_2O_4) karena telah menunjukkan hasil magnetisasi yang tinggi, efektivitas biaya rendah, keserbagunaan bentuk, sifat kimia dan stabilitas mekanis, serta toksisitas relatif rendah [12-14]. CoFe_2O_4 diaplikasikan sebagai fotokatalis untuk mendegradasi kontaminan organik karena memiliki celah pita rendah yaitu 1,76 eV [15]. Namun, CoFe_2O_4 murni memiliki laju rekombinasi elektron dan *hole* yang tinggi sehingga mempengaruhi kinerja

fotokatalis. Untuk meningkatkan kinerja fotokatalis dan menghilangkan hambatan tersebut, CoFe_2O_4 berbasis komposit menjadi teknik yang efektif [16]. Kinerja fotokatalis CoFe_2O_4 dengan berbagai material komposit berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya [7, 17-19] mampu mendegradasi polutan pewarna hingga 97,3 %. Salah satu bahan yang dapat dijadikan sebagai alternatif untuk meningkatkan kinerja fotokatalis yaitu magnesium. Magnesium merupakan bahan yang memiliki sifat biodegradasi dan biokompabilitas. Selain itu Magnesium oksida memiliki celah pita lebar sekitar 7,8 eV [20].

Beberapa teknik sintesis bahan *cobalt ferrite* yaitu metode *microwave*, *sol-gel*, hidrotermal, dekomposisi termal, kopresipitasi [21]. Metode sintesis *sol-gel* merupakan salah satu yang paling sering digunakan karena dari komposisi, kemurnian, homogenitas, ukuran partikel, dan distribusi pada *ferrite* dapat dikontrol [22-24]. Disisi lain, untuk membuat komposit, *mechanical alloying* adalah teknik yang banyak digunakan karena menghasilkan paduan berskala atom [25].

Berdasarkan penjelasan sebelumnya, fokus penelitian yang dilakukan ini yaitu komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Mg}$ yang disintesis dengan metode *mechanical alloying* dengan CoFe_2O_4 disiapkan melalui sintesis *sol-gel* dengan harapan dapat dimanfaatkan sebagai material fotokatalis dalam proses degradasi limbah industri tekstil.

I.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana sifat fisis komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Mg}$?
2. Bagaimana efisiensi komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Mg}$ sebagai material fotokatalis dalam mendegradasi MB dan *congo red*?

I.3 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis sifat fisis komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Mg}$ menggunakan XRD, FTIR, dan UV-Vis .
2. Menganalisis efisiensi komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Mg}$ sebagai material fotokatalis dalam mendegradasi metilen biru dan *congo red*.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Polutan air

Peningkatan limbah industri cair yang semakin tinggi menyebabkan pencemaran lingkungan. Limbah cair dibuang langsung ke air tanpa penguraian terlebih dahulu. Salah satu limbah industri cair adalah zat pewarna yang banyak digunakan dalam industri tekstil, percetakan, dan kosmetik. Zat pewarna dalam air dapat merusak kualitas air dan dapat memperburuk kesehatan manusia [26,27].

A. Congo Red

Congo red merupakan pewarna langsung yang mudah larut dalam air dan lebih beracun dari pewarna lain [28, 29]. Congo red adalah jenis pewarna azo anionik yang berbasis *benzidine* dengan nama IUPAC *1-naphthalenesulfonic acid, 3,3'-(4,4'-biphenylenebis(azo))bis(4-aminodisodium) salt*. *Benzidine* merupakan metabolit beracun dan karsinogen bagi manusia [30,31]. Pewarna Congo red dengan rumus molekul $C_{32}H_{22}N_6Na_2O_6S_2$ yang menyebabkan iritasi serius pada mata, kulit, sistem reproduksi dan sistem pernapasan [32].

B. Metilen Biru

Metilen biru merupakan senyawa kimia aromatik heterosiklik dimana sebagai polutan umum di air karena banyak digunakan pada tekstil, kosmetik, pelapis kertas, dan farmasi. Metilen biru termasuk salah satu pewarna kationik *thiazine* yang mudah diperoleh dan harganya relatif murah. Namun memiliki efek berbahaya jika terkontaminasi dengan air dan diminum misalnya menyebabkan iritasi mata dan kulit, gangguan pencernaan, tekanan darah tinggi dan penyakit kuning [33,34].

II.2 Cobalt Ferrite (CoFe₂O₄)

Spinel ferrite memiliki rumus umum MFe_2O_4 dimana M adalah logam (Mg, Co, Ni, Zn, Fe, Cu, dan lain-lain). Spinel ferrit memiliki tiga tipe struktur yaitu normal, terbalik, dan campuran [13]. Dimana cobalt ferrit (CoFe₂O₄) adalah struktur spinel ferrit terbalik yang memiliki struktur kristal *face centre cubic* (fcc) dengan ion Co^{2+} menempati situs oktahedral dan ion Fe^{3+} tersebar di situs

oktahedral dan tetrahedral [35]. CoFe_2O_4 berpotensi digunakan untuk beberapa aplikasi seperti pembawa target dalam pengiriman obat, cairan magnetik, katalis, antibakteri, dan sebagainya karena memiliki beberapa karakteristik seperti anisotropi magnet yang tinggi, koersivitas besar, resistivitas listrik tinggi, dan stabilitas kimia tinggi [13,36]. Selain itu, CoFe_2O_4 juga diaplikasikan sebagai fotokatalis untuk mendegradasi kontaminan organik karena memiliki celah pita energi yang rendah yaitu 1,76 eV [15].

II.3 Magnesium (Mg)

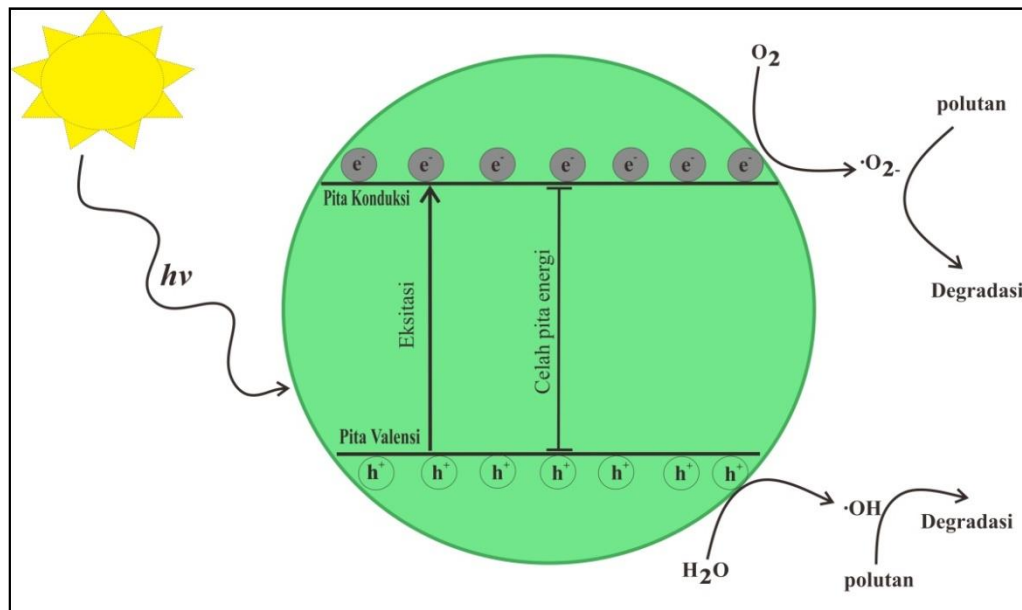
Magnesium merupakan jenis logam paling ringan dan paling berlimpah ketiga di kerak bumi. Jari-jari ionik Mg^{2+} adalah 0,72Å dan magnesium oksida memiliki celah pita lebar 7,8 eV[37]. Mg memiliki struktur kristal *Hexagonal Closed Packed* (HCP) dengan sifat spesifik mekanik tinggi, stabilitas termal dan ketahanan terhadap radiasi elektromagnetik. Selain itu magnesium mempunyai sifat bikompabilitas dan biodegradasi. Penggunaan magnesium banyak dijumpai pada sektor otomotif, elektronik dan industri terkait bidang olahraga juga pada aplikasi biomedik [38-40].

II.4 Fotokatalis

Fotokatalis merupakan cara efektif yang digunakan untuk mendegradasi limbah cair yang berasal dari bahan semikonduktor. Fotokatalis melibatkan cahaya untuk menginduksi katalis sehingga terjadi perpindahan elektron ke permukaan semikonduktor. Hal ini akan berfungsi sebagai sumber redoks dan bereaksi dengan polutan air, kemudian akan terjadi degradasi atau pemisahan senyawa organik dan air [41].

Selama proses fotokatalis berlangsung, katalis yang ada di dalam air menyerap energi foton sehingga elektron berpindah dari pita valensi ke pita konduksi dan *hole* terbentuk di pita valensi. Namun jika elektron tidak dapat berpindah ke pita konduksi atau terjadi rekombinasi antara elektron dan *hole* maka tidak akan terjadi fotokatalis. *Hole* (h^+) yang ada di pita valensi dapat bereaksi dengan H_2O membentuk radikal hidroksil ($\bullet\text{OH}$). Selanjutnya elektron (e^-) yang ada di pita konduksi bereaksi dengan oksigen (O_2) membentuk radikal

superoksida ($\bullet\text{O}_2^-$). ($\bullet\text{OH}$) memiliki sifat oksidator kuat sedangkan ($\bullet\text{O}_2^-$) memiliki sifat sebagai reduktor. Oksidator dan reduktor tersebut akan bereaksi dengan polutan sehingga mendegradasi polutan yang ada di dalam air menjadi tidak terlalu berbahaya [5,10]



Gambar 2.1 Mekanisme fotokatalis [5].

II.5 Sol-gel

Metode *Sol-gel* merupakan metode sintesis material dalam partikel yang berukuran nano. *Sol-gel* termasuk salah satu teknik basah karena menggunakan larutan dalam prosesnya. Tahapan *sol-gel* meliputi *sol*, *gelasi sol*, dan penghilangan fasa cair. *Sol* merupakan suspensi koloid yang memiliki fasa terdispersi yang berupa zat padat dan pendispersinya berupa zat cair. *Gelasi sol* atau perubahan *sol* menjadi *gel* merupakan suatu zat yang memiliki pori semirigid yang terdiri dari jaringan kontinu dalam tiga dimensi yang terbentuk dari rantai polimer. Gel ini nantinya akan digunakan untuk membuat bubuk [42].

Proses *sol* menjadi *gel* dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain pH, perbandingan air, alkoksida, jenis pelarut, konsentrasi bahan, dan suhu dari alkoksida. Metode *sol-gel* memiliki beberapa keuntungan yaitu menghasilkan homogenitas dan kemurnian yang tinggi, prosesnya berlangsung pada suhu rendah, apabila parameternya divariasikan maka ukuran dan distribusi dapat dikontrol, dan biaya relatif murah [43].

II.6 Mechanical Alloying

Mechanical Alloying (MA) merupakan teknik pencampuran dua atau lebih serbuk penyusun untuk menghasilkan paduan skala atom. Pada proses MA terjadi pemecahan partikel serbuk di dalam media *milling*. Pemecahan tersebut mengakibatkan penyebaran ukuran partikel yang heterogen sehingga berpengaruh pada sifat materialnya nanti. Selain itu, ukuran butir dan kristalnya berubah, serta homogenitas material menjadi lebih baik. Ada beberapa kriteria yang mempengaruhi efek *milling* seperti jenis penggilingan, waktu dan kecepatan *milling*, serta rasio antara bola dan serbuk [44,45].

Teknik MA banyak digunakan untuk paduan *nanocrystalline*, kristal metastabil, kuasikristal, paduan amorf, dan nanokomposit. Kelebihan dari teknik MA ini adalah persiapannya lebih mudah, biaya rendah, dapat dikontrol dengan mudah, bisa digunakan untuk produksi dalam jumlah banyak, dan hemat energi. Material yang disiapkan dengan MA sebagai paduan amorf memiliki ketahanan korosi dan kekerasan yang tinggi, dan sifat magnet yang sangat baik [25].