

**PENGARUH WAKTU MILLING NANOKOMPOSIT FOTOKATALIS  
MnO<sub>2</sub>/CuO/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> TERHADAP DEGRADASI KONTAMINAN  
ORGANIK DI LINGKUNGAN**



**KHAIRIYAH ANISA  
NIM. 18034051/2018**

**DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
2023**

**PENGARUH WAKTU MILLING NANOKOMPOSIT FOTOKATALIS  
MnO<sub>2</sub>/CuO/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> TERHADAP DEGRADASI KONTAMINAN  
ORGANIK DILINGKUNGAN**

**SKRIPSI**

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains*



**Oleh :**

**KHAIRIYAH ANISA  
NIM. 18034051/2018**

**PROGRAM STUDI FISIKA  
DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
2023**

## PERSETUJUAN SKRIPSI

### PENGARUH WAKTU MILLING NANOKOMPOSIT FOTOKATALIS $\text{MnO}_2/\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ TERHADAP DEGRADASI KONTAMINAN ORGANIK DI LINGKUNGAN

Nama : Khairiyah Anisa  
NIM : 18034051  
Program Studi : Fisika  
Departemen : Fisika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Februari 2023

Mengetahui :  
Ketua Departemen Fisika

Disetujui Oleh :  
Pembimbing



Prof. Dr. Ratnawulan, M. Si  
NIP. 19690120 199303 2 002



Prof. Dr. Ratnawulan, M. Si  
NIP. 19690120 199303 2 002

## SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Khairiyah Anisa  
NIM/TM : 18034051/2018  
Program Studi : Fisika  
Jurusan : Fisika  
Fakultas : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi saya dengan judul **Pengaruh Waktu Milling Nanokomposit Fotokatalis  $MnO_2/CuO/Fe_2O_3$  Terhadap Degradasi Kontaminan Organik Di Lingkungan** adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di Institusi UNP maupun dimasyarakat dan hukum Negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Saya yang menyatakan,



Khairiyah Anisa

NIM. 18034051

# **PENGARUH WAKTU MILLING NANOKOMPOSIT FOTOKATALIS MnO<sub>2</sub>/CuO/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> TERHADAP DEGRADASI KONTAMINAN ORGANIK DILINGKUNGAN**

**Khairiyah Anisa**

## **ABSTRAK**

Pembuangan limbah hasil cucian laundry berdampak negatif bagi kehidupan maupun kesehatan manusia dikarenakan mengandung zat pengoksidasi berbahaya seperti contohnya pemutih pakaian. Limbah cair merupakan sebuah permasalahan mengakibatkan turunnya kualitas air. Limbah hasil aktivitas industri sering kali menghasilkan bahan beresiko dan beracun. Perlu dilakukan pengolahan air limbah baik melalui proses fisis maupun kimia. Penggunaan fotokatalis adalah salah satu cara efektif dalam pengolahan limbah cair dimana mengubah energi cahaya menjadi energi kimia menghasilkan radikal hidroksil yang bereaksi dengan senyawa organik.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kondisi optimum pengaruh waktu milling untuk sifat fotokatalis nanokomposit MnO<sub>2</sub>/CuO/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dalam mendegradasi kontaminan Crystal Violet. Metode yang digunakan dalam penelitian ini dalam pembuatan komposit yaitu metode sol gel kemudian menggunakan metode spin coating dalam pembuatan lapisan tipis yang akan digunakan dalam pengujian karakterisasi dan uji aktivitas fotokatalik. Alat uji karakterisasi pada penelitian ini adalah XRD, SEM, FTIR, dan Uv-Vis.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan aktivitas fotokatalis membaik, dengan persentase degradasi tertinggi pada lapisan tipis MnO<sub>2</sub>/CuO/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pada larutan crystal violet sebesar 50,67%. Ukuran Kristal terkecil diperoleh 25,17 nm, ukuran partikel terkecil diperoleh 26,53 nm, gugus fungsi Mn, Cu, dan Fe menunjukkan adanya ikatan dengan O, nilai band gap yang diperoleh berada antara 1,64 – 1,87 eV. Penelitian ini menunjukkan lapisan telah mampu mendegradasi kontaminan dengan baik.

**Kata Kunci** : Waktu Milling, Fotokatalis, MnO<sub>2</sub>/CuO/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Degradasi

# EFFECT OF $MnO_2/CuO/Fe_2O_3$ PHOTOCATALYST NANOCOMPOSITE MILLING TIME ON THE DEGRADATION OF ORGANIC CONTAMINANTS IN THE ENVIRONMENT

Khairiyah Anisa

## ABSTRACT

The disposal of laundry waste harms human life and health because it contains dangerous oxidizing substances such as clothes bleach. *Liquid waste* is a problem causing a decrease in water quality. Waste from industrial activities often produces hazardous and toxic materials. It is necessary to treat wastewater either through physical or chemical processes. Using photocatalysts is an effective way of treating wastewater where light energy is converted into chemical energy to produce hydroxyl radicals which react with organic compounds.

This study aimed to determine the optimum conditions for the effect of milling time on the photocatalyst properties of  $MnO_2/CuO/Fe_2O_3$  nanocomposites in degrading Crystal Violet contaminants. The method used in this research in the manufacture of composites is the sol-gel method, then using the spin coating method to manufacture thin films, which will be used in characterization tests and photocatalytic activity tests. The characterization test tools in this study were XRD, SEM, FTIR, and Uv-Vis.

The results of this study showed an improved photocatalyst activity, with the highest percentage of degradation on  $MnO_2/CuO/Fe_2O_3$  thin films in crystal violet solution of 50.67%. The smallest crystal size was obtained 25.17 nm, the smallest particle size was obtained 26.53 nm, the functional groups Mn, Cu, and Fe showed a bond with O, the band gap values obtained were between 1.64 – 1.87 eV. This research shows that the coating has been able to degrade contaminants well.

**Keyword :** Milling Time, Photocatalyst,  $MnO_2/CuO/Fe_2O_3$ , Degradation

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT, karena atas rahmat dan karunia-nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Pengaruh Waktu Milling Nanokomposit Fotokatalis  $\text{MnO}_2/\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$  Terhadap Degradasi Kontaminan Organik Di Lingkungan”**.

Skripsi ini ditulis untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan studi pada Program Studi Fisika (NK), Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang dan merupakan bagian dari penelitian Ibu Prof. Dr. Ratnawulan, M. Si . Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membimbing dan membantu dalam menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih penulis ucapkan kepada :

1. Ibu Prof. Dr. Ratnawulan, M. Si selaku dosen pembimbing skripsi saya sekaligus kepala Departemen Fisika, Universitas Negeri Padang yang telah memberikan banyak waktu luang, motivasi, bimbingan, arahan, dan saran yang sangat membangun kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini.
2. Ibu Dra. Yenni Darvina, M. Si selaku dosen penguji I dan Bapak Dr. Ramli, S.Pd, M.Si selaku dosen penguji II sekaligus dosen pembimbing akademik yang telah memberikan kritikan, masukan dan saran dalam menyelesaikan skripsi.
3. Bapak dan Ibu Staff Pengajar dan Karyawan Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.

4. Kedua orang tua serta seluruh keluarga yang selalu mendoakan, memberikan dukungan serta motivasi kepada penulis dalam segala hal.
5. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah membantu dan memberikan kemudahan hingga selesai skripsi ini.

Semoga semua bantuan, arahan, dan bimbingan yang telah diberikan bernilai ibadah di sisi Allah SWT. Penulis telah berupaya semaksimal mungkin dalam menyelesaikan skripsi ini. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini banyak kekurangan dan masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan skripsi ini.

Padang, Februari 2023

Penulis



## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Batasan Masalah.....	6
C. Rumusan Masalah .....	7
D. Tujuan Penelitian .....	7
E. Manfaat Penelitian .....	8
BAB II KERANGKA TEORITIS.....	9
A. Mangan Dioksida ( $MnO_2$ ).....	9
B. Tembaga (II) Oksida ( $CuO$ ).....	11
C. Besi (III) Oksida ( $Fe_2O_3$ ) .....	13
D. Nanokomposit .....	14
E. Fotokatalis.....	16
F. Faktor Yang Mempengaruhi Fotokatalis .....	18
G. Metode Sol Gel.....	20
H. Metode Spin Coating.....	22

I. Instrumen Preparasi Dan Karakterisasi Sampel .....	24
a. High Energy Milling ( HEM ).....	24
b. X-Ray Diffraction (XRD).....	25
c. Scanning Electron Microscope (SEM).....	28
d. Fourier Transform Infra-Red (FTIR).....	29
e. Ultraviolet-Visible (UV-Vis) .....	31
J. Penelitian Relevan.....	32
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>35</b>
A. Jenis Penelitian.....	35
B. Tempat dan Waktu Penelitian.....	35
C. Variabel Penelitian .....	35
D. Instrumen Penelitian .....	36
E. Prosedure Penelitian.....	51
F. Teknik Pengumpulan Data.....	55
G. Tahap Analisis Data.....	56
H. Diagram Alir .....	58
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>59</b>
A. Hasil Penelitian.....	59
1. Data Hasil Karakterisasi Menggunakan XRD.....	59
2. Data Hasil Karakterisasi Menggunakan SEM.....	66
3. Data Hasil Karakterisasi FTIR .....	70
4. Data Hasil Karakterisasi Uv-Vis.....	73
B. Analisis Data.....	80
1. Analisis Data XRD.....	81

2. Analisis Data SEM.....	83
3. Analisis Data FTIR.....	85
4. Analisis Data Uv-Vis.....	86
5. Analisis Hasil Uji Fotokatalis.....	87
C. Pembahasan.....	89
1. Variasi Waktu Milling $\text{MnO}_2/\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ Terhadap Struktur, Fasa dan Ukuran Kristal.....	89
2. Variasi Waktu Milling $\text{MnO}_2/\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ Terhadap Ukuran Partikel .....	91
3. Variasi Waktu Milling $\text{MnO}_2/\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ Terhadap Gugus Fungsi .....	92
4. Variasi Waktu Milling $\text{MnO}_2/\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ Terhadap Nilai Band Gap.....	92
5. Variasi Waktu Milling $\text{MnO}_2/\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ Terhadap % Degradasi <i>Crystal Violet</i> .....	93
BAB V PENUTUP.....	96
A. Kesimpulan .....	96
B. Saran .....	97
DAFTAR PUSTAKA .....	98
LAMPIRAN.....	105

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Mangan Dioksida .....	9
Gambar 2. CuO .....	12
Gambar 3. Nanopartikel CuO .....	12
Gambar 4. Struktur Kristal Hematite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).....	13
Gambar 5. Skema Aktivitas Fotokatalis .....	17
Gambar 6. Sketsa Prinsip Dasar Spin Coating .....	22
Gambar 7. Skema Tahapan Spin Coating .....	23
Gambar 8. High Energy Milling 3D (HEM-E3D) .....	24
Gambar 9. Ilustrasi Difraksi Sinar X.....	27
Gambar 10. XRD ( <i>X-Ray Diffraction</i> ).....	27
Gambar 11. Scanning Electron Microscope (SEM).....	28
Gambar 12. FTIR .....	29
Gambar 13. Alat Spektrometer UV-Vis .....	32
Gambar 14. Karakterisasi FTIR dari nanokomposit PS/CuO- $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .....	34
Gambar 15. Sifat Fotokatalis dari Nanokomposit PS/CuO- $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .....	34
Gambar 16. HEM.....	36
Gambar 17. XRD .....	37
Gambar 18. SEM .....	37
Gambar 19. FTIR .....	38
Gambar 20. UV-Vis .....	38
Gambar 21. Timbangan .....	38
Gambar 22. Gelas ukur .....	39
Gambar 23. Gelas Kimia .....	39
Gambar 24. Furnace.....	40
Gambar 25. Ultrasonic Cleaner.....	40
Gambar 26. Magnetic Stirer.....	41
Gambar 27. Substrat Kaca .....	41
Gambar 28. Cawan.....	41
Gambar 29. Pipet Tetes.....	42

Gambar 30. Spatula.....	42
Gambar 31. Bola Hisap.....	43
Gambar 32. Spin Coating.....	43
Gambar 33. Labu Ukur .....	43
Gambar 34. Holder.....	44
Gambar 35. Pinset.....	44
Gambar 36. Kaca Arloji.....	45
Gambar 37. Batang Pengaduk .....	45
Gambar 38. Aluminium Foil.....	45
Gambar 39. Mangan Dioksida .....	46
Gambar 40. Tembaga (II) Oksida .....	47
Gambar 41. Besi (III) Oksida.....	47
Gambar 42. Aquadest.....	48
Gambar 43. Asam Nitrat .....	49
Gambar 44. Asam asetat .....	49
Gambar 45. Larutan Etanol.....	50
Gambar 46. Etilen Glikol .....	51
Gambar 47. Crystal Violet .....	51
Gambar 48. Data Hasil Pengujian XRD Milling 5 Jam .....	60
Gambar 49. Data Hasil Pengujian XRD Milling 10 Jam .....	62
Gambar 50. Data Hasil Pengujian XRD Milling 15 Jam.....	64
Gambar 51. Bentuk Morfologi Lapisan Tipis MnO <sub>2</sub> /CuO/Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Milling 5 Jam.....	66
Gambar 52. Bentuk Morfologi Lapisan Tipis MnO <sub>2</sub> /CuO/Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Milling 10 Jam....	67
Gambar 53. Bentuk Morfologi Lapisan Tipis MnO <sub>2</sub> /CuO/Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Milling 15 Jam.....	69
Gambar 54. Grafik Hasil Pengujian FTIR Milling 5 Jam.....	70
Gambar 55. Grafik Hasil Pengujian FTIR Milling 10 Jam.....	71
Gambar 56. Grafik Hasil Pengujian FTIR Milling 15 Jam.....	72
Gambar 57. Nilai Band Gap Waktu Milling 5 Jam .....	73
Gambar 58. Nilai Band Gap Waktu Milling 10 Jam .....	74
Gambar 59. Nilai Band Gap Waktu Milling 15 Jam .....	75

Gambar 60. Grafik Hubungan Panjang Gelombang Dengan Absorbansi Hasil Karakterisasi Uv-Vis Sebelum Diberi Katalis .....	76
Gambar 61. Grafik Hubungan Panjang Gelombang Dengan Absorbansi Penyinaran Crystal Violet dengan katalis waktu 4 jam .....	77
Gambar 62. Grafik Hubungan Panjang Gelombang Dengan Absorbansi Penyinaran Crystal Violet dengan katalis waktu 6 jam .....	78
Gambar 63. Grafik Hubungan Panjang Gelombang Dengan Absorbansi Penyinaran Crystal Violet dengan katalis waktu 8 jam .....	79
Gambar 64. Grafik Analisa Data XRD Sampel Lapisan Tipis $MnO_2/CuO/Fe_2O_3$ Untuk 3 Variasi .....	81
Gambar 65. Bentuk Morfologi Hasil Pencitraan SEM Lapisan Nanokomposit $MnO_2/CuO/Fe_2O_3$ Pembesaran 20.000X (a) 5 Jam, (b) 10 Jam, (c) 15 Jam .....	84
Gambar 66. Grafik Nilai Band Gap Katalis $MnO_2/CuO/Fe_2O_3$ .....	86
Gambar 67. Grafik Waktu Milling dan Waktu Penyinaran Katalis $MnO_2/CuO/Fe_2O_3$ Terhadap Persentase Degradasi <i>Crystal Violet</i> (a) Penyinaran 4 Jam (b) Penyinaran 6 Jam (c) Penyinaran 8 Jam .....	88

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Sifat Fisik Mangan .....	11
Tabel 2. Sifat Fisik Tenorit.....	12
Tabel 3. Sifat Fisik Hematite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) .....	14
Tabel 4. Variabel Penelitian .....	36
Tabel 5. Data Tiap Puncak Intensitas Signifikan pada Milling 5 Jam .....	61
Tabel 6. Data Tiap Puncak Intensitas Signifikan pada Milling 10 Jam.....	63
Tabel 7. Data Tiap Puncak Intensitas Signifikan pada Milling 15 Jam.....	65
Tabel 8. Data Luas dan Ukuan Partikel Milling 5 Jam .....	67
Tabel 9. Data Luas dan Ukuan Partikel Milling 10 Jam .....	68
Tabel 10. Data Luas dan Ukuan Partikel Milling 15 Jam .....	69
Tabel 11. Infrared Spectroscopy Hasil Uji FTIR Milling 5 Jam .....	71
Tabel 12. Infrared Spectroscopy Hasil Uji FTIR Milling 10 Jam .....	72
Tabel 13. Infrared Spectroscopy Hasil Uji FTIR Milling 15 Jam .....	73
Tabel 14. Data % Degradasi Crystal Violet Oleh Nanokomposit Fotokatalis $\text{MnO}_2/\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ .....	80
Tabel 15. Rata-Rata Ukuran Kristal dari Hasil Uji XRD .....	83
Tabel 16. Rata-Rata Ukuran Partikel dari Hasil Karakterisasi SEM.....	84
Tabel 17. Rata-Rata Nilai <i>Band Gap</i> dari Hasil Uji Karakterisasi Uv-Vis .....	86

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Database XRD Nanokomposit MnO <sub>2</sub> /CuO/Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	105
Lampiran 2. Pengolahan Data Karakterisasi SEM Menggunakan Software Image J. .....	141
Lampiran 3. Tabel Infrared Spectroscopy Daerah Serapan dan Gugus Fungsi FTIR .....	144
Lampiran 4. Hasil Uji Fotokatalis Menggunakan Uv-Vis .....	147
Lampiran 5. Dokumentasi Penelitian .....	150



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Banyaknya masalah pada lingkungan saat sekarang ini yang dapat berbahaya bagi kehidupan maupun kesehatan manusia. Seperti contohnya pembuangan limbah hasil cucian laundry yang mengandung zat pengoksidasi seperti pemutih pakaian ke saluran air tanpa pengolahan awal yang dapat menimbulkan masalah yang berdampak negatif terhadap kualitas air.

Di Indonesia pencemaran air sudah sangat dikhawatirkan. Dilansir melalui data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (LHK), dari tahun 2016 didapati dari 140 sungai di 34 provinsi, terdapat 73,24% dalam status pencemaran. Penyebab pencemaran didominasi oleh aktivitas kehidupan manusia, limbah pertanian, limbah industri, dan pertambangan. Limbah aktivitas kehidupan manusia seperti yang dihasilkan oleh rumah tangga. Limbah ini juga berasal dari berbagai usaha industri rumahan seperti tekstil dan jasa laundry pakaian yang banyak berkembang di kehidupan masyarakat. Limbah industri ini didominasi oleh semua bahan pencemar yang dihasilkan dari aktivitas industry yang sering kali menghasilkan bahan beresiko dan beracun (Andrinia et al., 2021).

Limbah cair merupakan sebuah permasalahan yang mengakibatkan kualitas air menurun karena tercampur dengan limbah cair tersebut. Banyak cara yang dapat dilakukan untuk mengatasinya, penggunaan fotokatalis merupakan salah satu cara

yang efektif dalam pengolahan limbah cair. Fotokatalis mengubah energi cahaya menjadi energi kimia yang mana dalam prosesnya menghasilkan radikal hidroksil yang akan bereaksi redoks dengan senyawa organik (polutan), sehingga air kembali jernih karena terpisahkan dari limbah cair. Polutan ini diubah menjadi  $O_2$  dan  $H_2$  yang lebih ramah lingkungan (Suahya et al., 2016).

Pengolahan air limbah telah banyak dilakukan dengan berbagai metode, baik melalui pemanfaatan proses fisis maupun kimia. Salah satunya ialah metode fotodegradasi. Metode ini memanfaatkan interaksi antara cahaya dengan materi dalam proses pemecahan senyawa polutan organik maupun anorganik. Fotodegradasi ini memiliki kelebihan yaitu proses degradasinya tidak menghasilkan produk sampingan. Selain itu teknik ini sesuai untuk dikembangkan di Indonesia yang secara geografis mengalami tingkat penyinaran matahari sepanjang tahun (Thefany et al., 2021).

Dalam metode fotodegradasi biasanya digunakan material fotokatalis yang berfungsi untuk mempercepat laju reaksi. Banyak penelitian terus mencoba untuk meningkatkan aktivitas fotokatalitik dengan menggunakan oksida semikonduktor atau menggabungkan dari beberapa oksida yang berbeda. Oksida logam semikonduktor seperti besi oksida ( $Fe_2O_3$ ) menunjukkan aktivitas fotokatalitik yang menjanjikan karena perilaku ramah lingkungan, biaya katalis rendah, luas permukaan spesifik yang tinggi, dan kristalinitas tinggi. Partikel oksida ini juga mudah beraglomerasi dalam larutan air yang menyebabkan penurunan efisiensi fotokatalitik.

Fotokatalis merupakan katalis yang bekerja dengan bantuan cahaya (foton). Fotokatalis didefinisikan sebagai proses transformasi kimia dengan adanya katalis

dan bantuan cahaya. Dalam proses ini cahaya berperan sebagai pemicu dan katalis sebagai akselerator dari proses transformasi kimia. Dalam fotokatalis, katalis harus memiliki kemampuan untuk menyerap energi foton. Penyerapan katalis yang digunakan pada proses fotokatalis dimiliki oleh bahan semikonduktor. Beberapa bahan semikonduktor dilaporkan memiliki kemampuan fotokatalis seperti  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CuO}$ ,  $\text{ZnO}$  dan  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Penggunaan bahan semikonduktor sebagai katalis dalam proses fotokatalis memiliki beberapa keuntungan seperti disebutkan, keuntungan menggunakan semikonduktor fotokatalis antara lain dapat melakukan mineralisasi total polutan organik, biaya yang murah, proses yang relatif cepat, tidak beracun dan memiliki kemampuan penggunaan jangka panjang (Sukma Hayati A.E. et al., 2019).

Beberapa material yang digunakan sebagai fotokatalis pengolahan limbah yang umumnya merupakan semikonduktor diantaranya  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{WO}_3$ , dan  $\text{SnO}_2$ . Ketiga fotokatalis ini memiliki band gap yang berbeda. Band gap merupakan energi antara pita konduksi dan pita valensi yang menghasilkan pembawa arus, pita valensi merupakan tingkat energi yang terisi elektron dengan keadaan energi yang rendah. Sedangkan pita konduksi merupakan tingkat energi yang tidak terisi oleh elektron atau disebut dengan *holes*, namun elektron dapat tereksitasi kedalamnya sehingga diperoleh konduktivitas akibat perpindahan elektron yang mengisi *holes* dan menghasilkan arus ketika potensial elektrodanya tercukupi. Beberapa metode yang dipakai dalam mensintesis fotokatalis nanopartikel diantaranya metode sol-gel, metode *flame spray*, dan metode hidrotermal (Sucharya et al., 2016).

Bijih besi hematit  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  berfungsi untuk semikonduktor fotokatalis, sehingga dapat mempercepat reaksi oksidasi yang diinduksi oleh cahaya. Kemampuan ini

disebabkan karena struktur yang dikarakterisasi oleh adanya pita valensi terisi dan pita konduksi kosong yang membentuk band gap ( $E_g$ ) diantara kedua pita tersebut (Modestov et al., 1997).

Oksida besi menjadi oksida logam paling banyak dipelajari karena memiliki reaktivitas permukaan yang tinggi dan sifat magnetif ramah lingkungan. Oksida logam dikombinasikan dengan tembaga untuk mendapatkan katalis oksida campuran dengan sifat fotokatalitik yang ditingkatkan untuk mengatasi kerugian dari logam tunggal yang mengandung oksida. Namun, sintesis katalis tembaga dan besi bimetal telah membuktikan efektivitasnya untuk degradasi (Li et al., 2013).

Telah diteliti oleh (Wardiyati et al., 2016) penelitian mengenai pengaruh penambahan bahan semikonduktor terhadap karakteristik dan kinerja fotokatalis. Menurut Siti Wardiyati, untuk meningkatkan efektivitas katalitik dan mengetahui perubahan karakteristik yang akan terjadi perlu ditambahkan  $\text{SiO}_2$  ke dalam komposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{TiO}_2$ . Bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya  $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  sebagai prekursor  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , TEOS sebagai prekursor  $\text{SiO}_2$ , TBOT sebagai prekursor  $\text{TiO}_2$ . Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa adanya  $\text{SiO}_2$  pada nanokatalis  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  tidak mempengaruhi struktur, fasa, maupun ukuran partikel, akan tetapi berpengaruh terhadap sifat magnet, morfologi, dan energi band gap. Energi band gap yang dihasilkan dari  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$  lebih kecil dari  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{TiO}_2$ . Penurunan energi band gap ini menandakan efektivitas fotokatalitik semakin meningkat.

Oksida logam semikonduktor besi menunjukkan aktivitas fotokatalitik yang menjanjikan karena perilaku ramah lingkungan, biaya katalis rendah, luas permukaan

spesifik yang tinggi, dan kristalinitas tinggi. Perlunya strategi khusus untuk penggunaan katalis oksida besi. Salah satunya dengan menerapkan metode doping dengan oksida yang mudah disebarkan dalam media organik dan dimuat secara homogen ke bahan pendukung seperti mangan dioksida ( $\text{MnO}_2$ ) dan Tembaga ( $\text{CuO}$ ). Nanopartikel  $\text{MnO}_2$  memiliki kelebihan dibandingkan oksida mangan biasa karena material berukuran nanometer. Tembaga oksida ( $\text{CuO}$ ) merupakan salah satu semikonduktor tipe-p yang memiliki sifat optik dan magnetik yang baik.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  semikonduktor tipe-n yang memiliki fase paling stabil dan ramah lingkungan (Ratnawulan et al., 2021).

Penelitian (Ratnawulan et al., 2021) telah melakukan milling pada bahan  $\text{CuO}$  selama variasi waktu milling 10, 20, 30, 40 jam waktu penggilingan yang menghasilkan ukuran partikel mengecil pada waktu milling 10 jam sebesar 88 nm dan 20 jam sebesar 68 nm, lalu semakin meningkat pada waktu milling 30 jam sebesar 87 nm dan 40 jam sebesar 89 nm. Dan variasi waktu milling yang dilakukan pada material nanohematit yaitu 2 jam, 6 jam dan 10 jam menghasilkan ukuran dan intensitas difraksinya menurun saat waktu penggilingan 5 jam sebesar 293 nm dan kembali membesar saat penggilingan 10 jam sebesar 466 nm.

Penelitian mengenai pengaruh waktu milling terhadap struktur Kristal magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) yang telah dilakukan dengan variasi waktu milling 25 jam, 30 jam, 35 jam, 40 jam dan 45 jam dapat disimpulkan bahwa terjadi sedikit perubahan struktur kristal magnetit yang mana perubahan ukuran kristal mengecil pada waktu milling 25 jam sebesar 71,10 nm selanjutnya meningkat pada waktu 30 jam sebesar 78,63 nm. Pada waktu 35 jam, dan 40 jam magnetit mengecil dengan ukuran kristal

55,42 nm dan 49,86 nm selanjutnya meningkat pada waktu 45 jam yaitu 66,25 nm (Pratiwi et al., 2017).

Penelitian sebelumnya berhasil menurunkan ukuran partikel katalis dalam proses fotokatalis. Namun aktivitas fotokatalitiknya masih belum menemukan hasil yang baik untuk degradasi polutan organik. Nano mangan dioksida ( $\text{MnO}_2$ ) telah banyak dipakai dalam perlindungan lingkungan dan degradasi polutan organik karena memiliki luas permukaan spesifiknya yang tinggi, kristalinitas dan kemampuan dalam mendegradasi molekul air menjadi ion hidrogen dan hidroksida. Karena keuntungan itulah semikonduktor  $\text{MnO}_2$  dapat dipilih sebagai komponen pembantu pengembangan fotokatalis  $\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$  dengan harapan dapat menaikkan tingkat degradasi kontaminan organik (Touqeer et al., 2020).

Berdasarkan permasalahan yang ada, peneliti ingin mengembangkan semikonduktor  $\text{MnO}_2$  yang dipilih sebagai komponen pembantu pengembangan fotokatalis  $\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$  bertujuan dapat meningkatkan aktivitas degradasi kontaminan organik di lingkungan. Pentingnya variasi waktu milling pada proses kalsinasi nanofotokatalis  $\text{MnO}_2/\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$  dalam penelitian ini berpengaruh pada sifat fisis dari sampel. Untuk ulasan diatas peneliti ingin melakukan penelitian yang berjudul “**Pengaruh Waktu Milling Nanokomposit Fotokatalis  $\text{MnO}_2/\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$  Terhadap Degradasi Kontaminan Organik Di Lingkungan**”.

## **B. Batasan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka dapat dirumuskan batasan masalah pada penelitian ini yaitu :

1. Variasi waktu milling nanokomposit fotokatalis  $\text{MnO}_2/\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$  sebagai bahan alternatif untuk mencegah perkembangbiakan pathogen yang digunakan adalah 5 jam, 10 jam, 15 jam.
2. Penelitian karakteristik yang diuji terdiri dari: struktur sampel  $\text{MnO}_2/\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$  menggunakan alat XRD, ukuran partikel menggunakan SEM, Ikatan yang terbentuk antar oksida semikonduktor menggunakan FTIR, dan analisis optis spektra serapan menggunakan UV-Vis.
3. Melakukan uji aktivis fotokatalis menggunakan pewarna organik yaitu Crystal Violet (CV).

### **C. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan suatu permasalahan yaitu:

1. Bagaimana pengaruh waktu milling pada lapisan nanokomposit  $\text{MnO}_2/\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$  terhadap struktur kristal serta ukuran kristal?
2. Bagaimana pengaruh waktu milling terhadap ukuran butir partikel dari nanokomposit  $\text{MnO}_2/\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ ?
3. Apa saja ikatan yang terbentuk antar oksida semikonduktor pada nanokomposit  $\text{MnO}_2/\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ ?
4. Bagaimana pengaruh waktu milling nanokomposit  $\text{MnO}_2/\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$  dalam mendegradasi kontaminan organik di lingkungan serta kondisi optimumnya?

### **D. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh waktu milling nanokomposit  $\text{MnO}_2/\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$  terhadap struktur kristal serta ukuran Kristal.
2. Mengetahui pengaruh waktu milling nanokomposit  $\text{MnO}_2/\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$  terhadap ukuran butir partikel dari  $\text{MnO}_2/\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ .
3. Mengetahui apa saja ikatan yang terbentuk antar oksida semikonduktor pada nanokomposit  $\text{MnO}_2/\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ .
4. Mengetahui pengaruh waktu millng nanokomposit  $\text{MnO}_2/\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$  dalam mendegradasi kontaminan organic dilingkungan serta kondisi optimumnya.

#### **E. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagi peneliti sebagai syarat untuk menyelesaikan program studi Fisika S1 dan pengembangan diri dalam bidang kajian Fisika.
2. Bagi kelompok kajian Fisika Material dan Biofisika dapat memberikan Ilmu Pengetahuan tentang pengembangan nanokomposit fotokatalis  $\text{MnO}_2/\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$  terhadap degradasi kontaminan organik di lingkungan.
3. Bagi peneliti lain, sebagai referensi dalam pengembangan penelitian tentang nanomaterial fotokatalitik dan pengaruh waktu milling nanokomposit fotokatalis  $\text{MnO}_2/\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$  terhadap degradasi kontaminan organik di lingkungan.
4. Bagi pembaca, dapat menambah pengetahuan dan memperluas wawasan dalam kajian material serta dapat diaplikasi diberbagai bidang instansi.