

**PENGARUH pH NANO FOTOKATALIS $\text{MnO}_2/\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$
TERHADAP DEGRADASI KONTAMINAN ORGANIK
SEBAGAI *SELF-CLEANING***

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains



Oleh:
ANTHONI STEVEN
NIM. 18034069/2018

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

PERSETUJUAN SKRIPSI

PENGARUH pH NANO FOTOKATALIS $\text{MnO}_2/\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ TERHADAP DEGRADASI KONTAMINAN ORGANIK SEBAGAI *SELF-CLEANING*

Nama : Anthoni Steven
NIM : 18034069
Program Studi : Fisika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 13 Februari 2023

Mengetahui:
Ketua Jurusan Fisika



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

Disetujui Oleh
Pembimbing



Prof. Dr. Ratnawulan, M.Si
NIP. 1960120 199303 2 002

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI



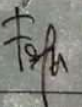
Nama : Anthoni Steven
NIM : 18034069
Program Studi : Fisika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

PENGARUH pH NANO FOTOKATALIS $\text{MnO}_2/\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ TERHADAP DEGRADASI KONTAMINAN ORGANIK SEBAGAI *SELF-CLEANING*

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, 13 Februari 2023

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
Ketua	: Prof. Dr. Ratnawulan, M.Si	
Anggota	: Dr. Riri Jonuarti, M.Si	
Anggota	: Fadila Ulfa Jhora, S.Pd., M.Si	

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Anthoni Steven
NIM/TM : 18034069/2018
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : FMIPA

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi saya dengan judul: Pengaruh PH Nanofotokatalis $\text{MnO}_2 - \text{CuO} - \text{Fe}_2\text{O}_3$ Terhadap Degradasi Kontaminan Organik Sebagai *Self Cleaning* 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 Universitas Negeri Padang maupun dimasyarakat dan hukum negara.

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

Saya yang menyatakan,



Anthoni Steven

NIM. 18034069

Pengaruh pH Nano Fotokatalis $\text{MnO}_2/\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ terhadap Degradasi Kontaminan Organik sebagai *Self-Cleaning*

Anthoni Steven

ABSTRAK

Limbah cair merupakan penyebab dalam menurunnya kualitas air. Mayoritas sumber limbah cair berasal dari industri tekstil dan rumah tangga. Salah satu upaya yang dilakukan dalam menangani ini adalah dengan memanfaatkan teknologi semikonduktor yang bersifat fotokatalis. Fotokatalis memanfaatkan reaksi kimia dengan energi foton sinar matahari. Peneliti menggabungkan ketiga bahan semikonduktor oksida hematit (Fe_2O_3), tenorite (CuO), dan mangan oksida (MnO_2) menjadi nanokomposit $\text{MnO}_2/\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kondisi struktur fotokatalis yaitu ukuran kristal, struktur fasa, gugus fungsi, ukuran partikel dan struktur morfologi yang terbentuk. Serta mengetahui sifat optik dan pengaruh nano fotokatalis $\text{MnO}_2/\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ yang disintesis dalam berbagai variasi pH terhadap degradasi kontaminan organik sebagai *self-cleaning*. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode sol gel. Variasi pH yang digunakan adalah pH 5, pH 6, pH 7, pH 8, dan pH 9. Alat uji yang digunakan dalam uji karakterisasi adalah XRD, FTIR, SEM, dan Spektrofotometer Uv-Vis.

Hasil penelitian ini menunjukkan variasi pH berpengaruh terhadap degradasi kontaminan organik. Ukuran kristal yang diperoleh 23,86 nm, fasa dominan yang terbentuk adalah *hematite*, *copper ferrit*, *tenorite*, *jacobsite*, gugus fungsi yang terbentuk adalah Fe, Cu, dan Mn menunjukkan adanya ikatan dengan O yang berada pada bilangan gelombang berturut-turut adalah $532,77\text{ cm}^{-1}$, $897,29\text{ cm}^{-1}$, dan $474,87\text{ cm}^{-1}$, ukuran partikel yang didapatkan 43,082 nm. Nilai band gap yang diperoleh berada antara 1,08 - 1,91 eV. Degradasi tertinggi nano fotokatalis $\text{MnO}_2/\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ dalam larutan *Crystal Violet* didapatkan sebesar 39,19%. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan nano fotokatalis $\text{MnO}_2/\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ disebut sebagai *self-cleaning* karena mampu mendegradasi kontaminan organik dengan memanfaatkan cahaya matahari.

Kata Kunci: pH, Nano Fotokatalis, $\text{MnO}_2/\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$, *Self Cleaning*

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur kehadiran Allah SWT yang maha memiliki ilmu dan maha luas ilmu-Nya. Berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan judul **Pengaruh pH Nano Fotokatalis $\text{MnO}_2/\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ terhadap Degradasi Kontaminan Organik sebagai *Self-Cleaning***. Selanjutnya salawat dan salam penulis persembahkan kepada Nabi Besar Muhammad S.A.W. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika, Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Penelitian ini merupakan Kontrak Pelaksanaan Penelitian Tahun Anggaran 2022 antara Direktorat Riset, Teknologi dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset dan Teknologi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi dengan Universitas Negeri Padang Nomor: 093/E5/PG.02.00.PT/2022 tanggal 10 Mei 2022. Pada penelitian ini Prof. Dr. Ratnawulan, M.Si sebagai Penanggung jawab pelaksanaan Penelitian Dasar Kompetitif Nasional dengan judul **Pengembangan Nano Fotokatalis $\text{MnO}_2/\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ untuk Degradasi Kontaminan Organik di lingkungan**.

Dalam penulisan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan masukan berupa sumbang pikiran, bimbingan, motivasi, dan saran dari berbagai pihak. Untuk itu dengan ketulusan hati penulis mengucapkan terima kasih 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 Dr. Riri Jonuarti, S.Pd., M.Si selaku dosen penguji I yang telah memberikan kritikan dan banyak masukan serta saran dalam penelitian sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini.
3. Ibu Dr. Fadhila Ulfa Jhora, S.Pd., M.Si selaku dosen penguji II yang telah memberikan waktu luang, perhatian dan motivasi selama penulis menjadi anak bimbingan di kampus serta terimakasih banyak saran dan masukan dalam penulisan skripsi ini.
4. Bapak dan ibu Dosen staff pengajar Departemen Fisika, Fakultas Matematika Ilmu dan Pengetahuan Alam yang telah memberikan banyak ilmu dan berbagi pengalaman sehingga menjadi inspirasi penulis.
5. Staff Administrasi, karyawan, dan kepala laboran Departemen Fisika dan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam yang telah memberikan kemudahan dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Semua pihak yang tidak bisa di 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 S.W.T. Penulis telah berupaya semaksimal mungkin dalam menyelesaikan skripsi ini. Penulis menyadari dan mohon maaf bahwa masih banyak kekurangan di dalam penulisan skripsi ini, sehingga penulis membutuhkan saran dan kritik yang konstruktif guna perbaikan penulisan ini kedepannya

Padang, Januari 2023

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Batasan Masalah	6
C. Rumusan Masalah.....	6
D. Tujuan Penelitian	7
E. Manfaat Penelitian	7
BAB II. KERANGKA TEORITIS	9
A. Mangan Dioksida (MnO ₂)	9
B. Tembaga (II) Oksida (CuO).....	11
C. Besi (III) Oksida (Fe ₂ O ₃)	12
D. Fotokatalis	13
E. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Fotokatalis	15
F. Degradasi Kontaminan Organik	18

G. Self Cleaning	19
H. Metode Sol-Gel	21
I. Instrumen Penleitian dan Alat Karakterisasi	22
J. Penelitian Relevan	34
BAB III. METODE PENELITIAN	39
A. Jenis Penelitian	39
B. Tempat dan Waktu Penelitian.....	39
C. Variabel Penelitian.....	39
D. Instrumen Penelitian.....	40
E. Prosedur Penelitian	51
F. Teknik Pengumpulan Data	53
G. Tahap Analisis Data	54
H. Kerangka Berfikir	57
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHSAN	59
A. Deskripsi Data	59
B. Analisa Data.....	88
C. Pembahasan	96
BAB V. PENUTUP	104
A. Kesimpulan	106
B. Saran	107
DAFTAR PUSTAKA.....	108

LAMPIRAN.....	113
----------------------	------------

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Bentuk kristal Mangan dioksida.....	10
Gambar 2. Struktur kristal tembaga oksida.....	11
Gambar 3. Struktur kristal dan data cristallographi dari hematite	13
Gambar 4. Skema aktivitas fotokatalis.....	14
Gambar 5. Diagram mekanisme degradasi kontaminan senyawa organik	19
Gambar 6. Prinsip kerja HEM-E3D	23
Gambar 7. Mekanisme terjadinya tumbukan	24
Gambar 8. Alat <i>High Energy Milling-3ED</i> (HEM-3ED).....	25
Gambar 9. Difraksi sinar-X pada XRD.....	26
Gambar 10. Ilustrasi difraksi sinar-X.....	27
Gambar 11. XRD rigaku mini flex II dan diagram blok alat	28
Gambar 12. SEM (<i>Scanning Electron Microscopy</i>)	30
Gambar 13. FTIR (<i>Fourier Transform Infrared spectroscopy</i>).....	32
Gambar 14. Alat Spektrofotometer Uv-Vis	34
Gambar 15. Hasil data TEM pada pH 4, pH 7, dan pH 10	35
Gambar 16. Grafik Variasi pH terhadap Persentase Degradasi.....	36
Gambar 17. Karakterisasi FTIR dari nanokomposit PS/CuO-Fe ₂ O ₃	37
Gambar 18. Sifat fotokatalis dari nanokomposit dari PS/CuO-Fe ₂ O ₃	37
Gambar 19. HEM-E3D (<i>High Energy Milling</i>)	40
Gambar 20. XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>).....	41
Gambar 21. <i>Scanning Electron Microscopy</i>).....	41
Gambar 22. FTIR (<i>Fourier Transform Infra-Red</i>).....	42
Gambar 23. UV-Vis (Sinar Ultraviolet-Visible)	42
Gambar 24. Timbangan Digital	43

Gambar 25. Gelas Ukur.....	44
Gambar 26. Furnace (Oven).....	44
Gambar 27. Cawan.....	45
Gambar 28. Gelas Beker	45
Gambar 29. Spatula.....	46
Gambar 30. Termometer	46
Gambar 31. Pipet Tetes	47
Gambar 32. Suntik	47
Gambar 33. Kertas Lakmus pH.....	48
Gambar 34. Mangan Dioksida (MnO_2).....	48
Gambar 35. Besi (III) Oksida (Fe_2O_3)/Hematit	49
Gambar 36. Tembaga (II) Oksida (Fe_2O_3)/Tenorite	49
Gambar 37. NH_4OH (Amonium Hidroksida)	50
Gambar 38. CH_3COOH (Asam Asetat).....	50
Gambar 39. Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian.....	57
Gambar 40. Diagram Alir Proses Preparasi dan Sintesis Sampel.....	58
Gambar 41. Hasil uji XRD pH 5.....	60
Gambar 42. Hasil uji XRD pH 6.....	62
Gambar 43. Hasil uji XRD pH 7.....	63
Gambar 44. Hasil uji XRD pH 8.....	65
Gambar 45. Hasil uji XRD pH 9.....	66
Gambar 46. Hasil FTIR pH 5.....	68
Gambar 47. Hasil FTIR pH 6.....	69
Gambar 48. Hasil FTIR pH 7.....	70

Gambar 49. Hasil FTIR pH 8.....	71
Gambar 50. Hasil FTIR pH 9.....	72
Gambar 51. Hasil SEM pH 5	73
Gambar 52. Hasil SEM pH 6	74
Gambar 53. Hasil SEM pH 7	76
Gambar 54. Hasil SEM pH 8	77
Gambar 55. Hasil SEM pH 9	79
Gambar 56. Nilai band gap pH 5	80
Gambar 57. Nilai band gap pH 6	81
Gambar 58. Nilai band gap pH 7	82
Gambar 59. Nilai band gap pH 8	83
Gambar 60. Nilai band gap pH 9	84
Gambar 61. Nilai absorbansi larutan awal	85
Gambar 62. Nilai absorbansi larutan dengan katalis pada variasi waktu penyinaran 4 jam	86
Gambar 63. Nilai absorbansi larutan dengan katalis pada variasi waktu penyinaran 6 jam	87
Gambar 64. Nilai absorbansi larutan dengan katalis pada variasi waktu penyinaran 8 jam	88
Gambar 65. Hasil difraksi XRD.....	89
Gambar 66. Hasil data SEM.....	92
Gambar 67. Grafik nilai presentase degradasi	95
Gambar 68. Nilai absorbansi hasil pengujian menggunakan UV-Vis	100
Gambar 69. Mekanisme Degradasi fotokatalis larutan <i>crystal violet</i> dengan katalis lapisan tipis $\text{MnO}_2/\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$	102

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Sifat-sifat fisik mangan dioksida.....	10
Tabel 2. Energi celah pita dari bahan semikonduktor sebagai katalis	15
Tabel 3. JCPDS data base XRD	59
Tabel 4. Tiap Puncak Intensitas Signifikan pada pH 5	61
Tabel 5. Tiap Puncak Intensitas Signifikan pada pH 6	62
Tabel 6. Tiap Puncak Intensitas Signifikan pada pH 7	64
Tabel 7. Tiap Puncak Intensitas Signifikan pada pH 8	65
Tabel 8. Tiap Puncak Intensitas Signifikan pada pH 9	67
Tabel 9. Data Luas Area dan Ukuran Partikel pada pH 5.....	73
Tabel 10. Data Luas Area dan Ukuran Partikel pada pH 6.....	75
Tabel 11. Data Luas Area dan Ukuran Partikel pada pH 7.....	76
Tabel 12. Data Luas Area dan Ukuran Partikel pada pH 8.....	78
Tabel 13. Data Luas Area dan Ukuran Partikel pada pH 9.....	79
Tabel 14. Rata-rata ukuran kristal dari hasil uji XRD	90
Tabel 15. Analisis rata-rata ukuran partikel	92
Tabel 16. Nilai band gap masing-masing variasi pH	93

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Database XRD untuk mineral penyusun nanokomposit MnO ₂ /CuO/Fe ₂ O ₃	113
Lampiran 2. Table <i>Infrared Spectroscopy</i> Daerah Serapan Gugus Fungsi FTIR	125
Lampiran 3. Pengolahan Data Karakterisasi SEM menggunakan <i>Software Image J</i>	129
Lampiran 4. Hasil Uji Fotokatalis dengan menggunakan Uv-Vis.....	132

BAB 1.

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Air sejak dahulu kala selalu menjadi aset terpenting bagi kehidupan semua makhluk hidup. Bagi tumbuhan air dijadikan sebagai bahan utama dalam dalam pembuatan sumber energinya yaitu pada proses fotosintesis. Bagi hewan air dijadikan sebagai sebagai tempat tinggal dan juga untuk memenuhi kebutuhan metabolisme tubuh hewan. Sedangkan bagi manusia sendiri air digunakan hampir pada semua sektor kehidupan dari kebutuhan primer, sekunder hingga tersier. Namun dengan seiring meningkatnya kebutuhan akan air, isu pencemaran air yang nantinya berimbas kepada kualitas air semakin disoroti. Air yang semestinya digunakan adalah air bersih yang terhindar dari polutan-polutan aktif yang dapat membahayakan kehidupan.(Novianti et al., 2022)

Pencemaran air di Indonesia sangatlah mengkhawatirkan. Dilansir melalui data Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (LHK), dari tahun 2016 didapati dari 140 sungai di 34 provinsi, terdapat 73,24% dalam status tercemar. Penyebab pencemaran ini didominasi oleh aktivitas kehidupan manusia, limbah hasil pertanian, limbah industri, dan pertambangan. Limbah aktivitas kehidupan manusia dipahami sebagai semua bahan pencemar yang dihasilkan oleh rumah tangga. Limbah ini juga berasal dari berbagai usaha industri rumahan seperti tekstil dan jasa *laundry* pakaian yang sekarang banyak berkembang di kehidupan masyarakat. Sedangkan limbah industri didominasi oleh oleh semua bahan pencemar yang dihasilkan dari aktivitas industri yang sering kali menghasilkan bahan beresiko dan beracun (Andrini dkk, 2022).

Limbah cair merupakan permasalahan dengan konsentrasi yang cukup tinggi pada hampir semua unit prosesnya. Akibatnya, kualitas air menurun karena tercampur dengan limbah cair tersebut. Dari beberapa cara yang dapat dilakukan, penggunaan fotokatalis merupakan salah satu cara yang efektif dalam pengolahan limbah cair. Fotokatalis mengubah energi cahaya menjadi energi kimia dan dalam prosesnya akan menghasilkan radikal hidroksil yang akan bereaksi redoks dengan senyawa organik (polutan), sehingga air akan kembali jernih karena terpisahkan dari limbah cair. Polutan ini diubah menjadi O_2 dan H_2 yang lebih ramah lingkungan (Transmissia Noviska Sucahya dkk, 2016).

Fotokatalis merupakan proses dimana penguraian materi yang akan dipercepat dengan bantuan katalis dan cahaya. Metode fototakatalis ini lebih sederhana, hasil reaksi oksidasi yang lebih cepat, efisiensi yang lebih tinggi dan produk dalam metode ini merupakan senyawa yang ramah lingkungan. Suatu metode fotokatalis akan meningkat performanya ketika ukuran partikel produknya semakin kecil, oleh karena itu fotokatalis yang berskala nano (nanofotokatalis) akan memiliki efektivitas yang lebih baik (Ravelli dkk, 2009). Dalam metode fotokatalis, katalis harus memiliki kemampuan dalam menyerap energi foton. Penyerapan katalis yang digunakan pada proses fotokatalis salah satunya dimiliki oleh bahan semikonduktor. Salah satu bahan semikonduktor yang kemampuan fotokatalis adalah Fe_2O_3 dan CuO . Penggunaan bahan semikonduktor sendiri sebagai katalis dalam nanofotokatalis memiliki banyak keunggulan. Keunggulan antara lainnya adalah dapat melakukan mineralisasi total polutan organik, biaya yang relatif murah, proses yang lebih cepat, tidak beracun, dan ramah lingkungan (Sukma Hayati, 2019).

Upaya yang sekarang menjadi opsi terdepan bagi kebanyakan kalangan adalah menggunakan teknologi fotokatalis pada material semikonduktor. Teknologi ini dianggap mampu menjadi alternatif upaya pembersihan yang dalam hal ini adalah pembersihan air menuju kualitas yang lebih baik. Air yang diberikan material bersifat fotokatalis diharapkan akan mampu membersihkan diri sendiri atau yang disebut juga *Self Cleaning* (Zaldi, 2021). Kemampuan *Self Cleaning* sendiri juga digunakan untuk melapisi permukaan seperti kaca, bangunan, tekstil, keramik, dan lainnya. Kemampuan ini diresap dari kemampuan daun teratai, permukaan daun teratai mampu membuat kotoran yang menempel di permukaan daun terakumulasi pada permukaan substratnya dan jatuh akibat replusi air (Ipal, 2021).

Self Cleaning adalah hasil yang diinginkan manusia dan membuat harapan akan permukaan bebas kontaminan menjadi kenyataan. Penelitian tentang *Self Cleaning* sendiri tidak hanya sebatas memiliki kepentingan itu saja tetapi dapat juga diaplikasikan dalam berbagai aktivitas sehari-hari seperti pertanian, industri, dan militer. Belakangan ini banyak strategi sintesis yang dilakukan untuk merancang dan membuat permukaan yang dapat membersihkan diri sendiri. Kebanyakan produk dari *Self Cleaning* tersebut juga telah dikomersialkan (Liu & Jiang, 2012).

Penelitian mengenai pengaruh penambahan bahan semikonduktor terhadap karakteristik dan kinerja fotokatalis telah diteliti oleh (Wardiyati dkk, 2016). Menurut Siti Wardiyati, 2016. Untuk meningkatkan efektivitas katalitik dan mengetahui perubahan karakteristik yang akan terjadi perlu ditambahkan SiO_2 ke dalam komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{TiO}_2$. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ sebagai prekursor Fe_3O_4 , *TEOS* sebagai prekursor SiO_2 , *TBOT* sebagai prekursor TiO_2 . Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa adanya

SiO₂ pada nanokatalis Fe₃O₄/TiO₂ tidak mempengaruhi struktur, fasa, maupun ukuran partikel, akan tetapi berpengaruh terhadap sifat magnet, morfologi, dan energi *band gap*. Energi *band gap* yang dihasilkan dari Fe₃O₄/SiO₂/TiO₂ lebih kecil dari Fe₃O₄/TiO₂. Penurunan energi *band gap* ini menandakan efektivitas fotokatalitik semakin meningkat.

Penyatuan dua atau lebih bahan semikonduktor untuk dijadikan bahan fotokatalis dijadikan salah satu solusi dalam meningkatkan aktivitas fotokatalis. Pemanfaatan satu bahan dalam fotokatalis biasanya mempunyai beberapa kelemahan yakni nilai energi celah pita yang tergolong tinggi, dan laju rekombinasi *electron-hole* yang sangat cepat yang menyebabkan berkurangnya aktivitas fotokatalitik. Pembuatan material komposit *heterojunction* merupakan salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi laju rekombinasi *electron-hole* yang tinggi (Nur Lllahi et al., 2020). Pada penelitian yang dilakukan oleh Hayati, 2019, penyatuan bahan CuO/Fe₂O₃ yang mempunyai nilai celah pita 1,7 dan 2,3 eV didapatkan berhasil menurunkan ukuran partikel katalis dalam proses fotokatalis. Namun aktivitas fotokatalitiknya masih belum menemukan hasil yang baik untuk degradasi polutan organik.

Di sisi lain, nano mangan dioksida (MnO₂) yang mempunyai nilai celah pita 0,25 eV telah banyak dipakai dalam perlindungan lingkungan dan degradasi polutan organik. MnO₂ merupakan bahan memiliki luas permukaan spesifiknya yang tinggi, kristalinitas, dan kemampuan dalam mendegradasi molekul air menjadi ion hidrogen dan hidroksida. Pengujian sintesis fotokatalis komposit MnO₂ untuk mendegradasi limbah cair pabrik kelapa sawit berhasil menurunkan konsentrasi COD sebesar 89,58% dengan konsentrasi LCPKS encer (10/90 volume v/v), masa

fotokatalis komposit MnO_2 400 MG/L dalam waktu 120 menit (Noppianti et al., n.d.). Berdasarkan keuntungan tersebut semikonduktor MnO_2 dapat dipilih sebagai komponen pembantu pengembangan fotokatalis $\text{CuO-Fe}_2\text{O}_3$ dengan harapan dapat meningkatkan tingkat degradasi kontaminan organik (Touqeer dkk, 2020).

Menurut Ipal, 2021, variasi pH dapat memberikan perubahan presentasi degradasi pada lapisan tipis Nanokomposit $\text{MnFe}_2\text{O}_4/\text{PS}$. Hal ini dipengaruhi pengotor dan lamanya penyinaran dibawah sinar matahari. Variasi pH yang digunakan 5 sampai 9 pada pH 5 dan 6 dengan menambahkan NH_4OH (Amonium Hidroksida), ketika pH 8 dan 9 memiliki presentasi degradasi lebih tinggi, artinya elektron dari pita valensi pindah ke pita konduksi lebih banyak sehingga kualitas dari bahan menjadi bagus. Persentase degradasi kontaminan meningkat pada awal waktu dan menurun setelah bertambahnya waktu fotodegradasi. Nilai absorpsi awal 1.15 A dengan nilai absorpsi akhir berturut-turut adalah 3.00A, 3.25A, 3.10A, 3.40A, 340 A.

Berdasarkan permasalahan diatas, peneliti bermaksud mengembangkan semikonduktor MnO_2 sebagai komponen pembantu untuk pengembangan fotokatalis $\text{CuO-Fe}_2\text{O}_3$ dengan tujuan dapat meningkatkan tingkat degradasi kontaminan organik di lingkungan. Dilihat dari penelitian yang sudah dikembangkan sebelumnya bahwa pengaruh pH dalam aktivitas fotokatalis sangat berpengaruh maka peneliti ingin serta memasukkan komponen tersebut ke dalam penelitian. Untuk alasan itu peneliti ingin melakukan penelitian yang berjudul “Pengaruh pH Nanofotokatalis $\text{MnO}_2/\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ Terhadap Degradasi Kontaminan Organik Sebagai *Self Cleaning*”.

B. Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terfokus , maka perlu diketahui batasan masalah dalam penelitian ini diantaranya adalah :

1. Variasi pH sintesis nano fotokatalis $\text{MnO}_2/\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ sebagai bahan alternatif untuk mencegah perkembangbiakan patogen yang digunakan adalah pH 5, pH 6, pH 7, pH 8, pH 9.
2. Uji karakteristik yang dilakukan terdiri dari struktur sampel $\text{MnO}_2/\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ menggunakan alat XRD, analisis optis spektra serapan, penentuan celah pita menggunakan UV-Vis, gugus fungsi yang terbentuk antar oksida semikonduktor menggunakan FTIR, dan ukuran partikel menggunakan SEM.
3. Uji aktivitas fotokatalis menggunakan pewarna organik yaitu kristal violet (CV).

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah diatas, dapat dirumuskan permasalahan yaitu :

1. Bagaimana struktur fotokatalis serta sifat lainnya seperti: ukuran kristal, struktur fasa yang terbentuk pada nano fotokatalis $\text{MnO}_2/\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$, gugus fungsi yang terbentuk antar oksida semikonduktor, dan ukuran partikel serta bentuk morfologi?
2. Bagaimana analisa sifat optik nano fotokatalis $\text{MnO}_2/\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ yang diuji dengan menggunakan alat Uv-Vis?

3. Bagaimana pengaruh nano fotokatalis $\text{MnO}_2/\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ yang disintesis dalam berbagai variasi pH terhadap degradasi kontaminan organik sebagai *self-cleaning*?

D. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang didapatkan adalah :

1. Mengetahui struktur fotokatalis serta sifat lainnya seperti: ukuran kristal, struktur fasa yang terbentuk pada nano fotokatalis $\text{MnO}_2/\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$, gugus fungsi yang terbentuk antar oksida semikonduktor, dan ukuran partikel serta bentuk morfologi.
2. Mengetahui sifat optik nano fotokatalis $\text{MnO}_2/\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ yang diuji dengan menggunakan alat Uv-Vis.
3. Mengetahui pengaruh nano fotokatalis $\text{MnO}_2/\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ yang disintesis dalam berbagai variasi pH terhadap degradasi kontaminan organik sebagai *self-cleaning*.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Bagi penulis sebagai syarat untuk menyelesaikan program studi fisika S1 dan pengembangan diri dalam bidang kajian fisika.
2. Kelompok kajian fisika material dan biofisika dapat memberikan ilmu pengetahuan tentang sifat fotokatalis bahan $\text{MnO}_2/\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ terhadap degradasi kontaminan organik sebagai *self cleaning*.
3. Bagi peneliti lain, sebagai referensi dalam pengembangan penelitian tentang material utama dan pengaplikasian pengaruh pH nanofotokatalis

$\text{MnO}_2/\text{CuO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ terhadap degradasi kontaminan organik sebagai *self cleaning*,

4. Bagi Pembaca, menambah pengetahuan pembaca dan memperluas wawasan dalam kajian material serta dapat diaplikasikan diberbagai bidang (rumah sakit, industri medis, dan farmasi) sebagai alternatif selain menggunakan obat atau bahan kimia untuk mencegah perkembangbiakan patogen.