

**STUDI VARIASI HCl DALAM KATALIS MAGNETIT-TiO₂
UNTUK FOTODEGRADASI PESTISIDA SIPERMETRIN**

TUGAS AKHIR

**Diajukan oleh:
NURUL ADILAH LUBIS
NIM. 190702043
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2023 M / 1444 H**

LEMBAR PERSETUJUAN

STUDI VARIASI HCl DALAM KATALIS MAGNETIT-TiO₂ UNTUK FOTODEGRADASI PESTISIDA SIPERMETRIN

TUGAS AKHIR

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Diajukan oleh:

NURUL ADILAH LUBIS

NIM. 190702043

Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan

Banda Aceh, 15 Desember 2023

Telah Diperiksa dan Disetujui oleh:

Pembimbing I

Sri Ningsih, M.Sc

NIP. 198508102014032002

Pembimbing II

Suardi Nur, M.Sc., Ph.D

NIP. 198110102006041006

AR - RANIRY

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Ar-Raniry Banda Aceh

Husnawati Yahya, M.Si

NIP. 1983110920144032002

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

STUDI VARIASI HCl DALAM KATALIS MAGNETIT-TiO₂ UNTUK FOTODEGRADASI PESTISIDA SIPERMETRIN

TUGAS AKHIR

Telah Diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
serta Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan Kelulusan Program Sarjana Teknik (S-1)
dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Pada Hari/Tanggal: Senin/26 Desember 2023
Senin/13 Jumadil Akhir 1445

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

Ketua

Sri Nengsih, M.Sc
NIP. 198508102014032002

Sekretaris

Suardi Nur, M.Sc., Ph.D
NIP. 198110102006041006

Penguji I

Dr. Eng Nur Aida, M.Si
NIP. 197806162005012009

Penguji II

Bhayu Gita Bhernama, M.Si
NIP. 198901232014032003

جامعة الرانيري

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Ar-Raniry Banda Aceh



Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, MT., IPU
NIP. 196210021988111001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nurul Adilah Lubis
NIM : 190702043
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Skripsi : Studi Variasi HCl Dalam Katalis Magnetit-TiO₂ Untuk Fotodegradasi Limbah Pestisida Sipermetrin

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggung jawabkan;
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya;
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini.

Bila kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggung jawabkan dan ternyata memang ditekan bukti bahwa saya melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 27 Desember 2023

Yang Menyatakan,

AR - RANIRY



Nurul Adilah Lubis

NIM.190702043

ABSTRAK

Nama : Nurul Adilah Lubis
NIM : 190702043
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Studi Variasi HCl dalam Katalis Magnetit-TiO₂ untuk Fotodegradasi Pestisida Sipermetrin
Tanggal Sidang : 26 Desember 2023
Jumlah Halaman : 66
Pembimbing I : Sri Nengsih, M.Sc
Pembimbing II : Suardi Nur, M.Sc., Ph.D
Kata Kunci : Pestisida sipermetrin, variasi pelarut HCl, magnetit-TiO₂, metode kopresipitasi, fotodegradasi

Sintesis dan karakterisasi Fe₃O₄ sebagai magnetit dengan variasi volume pelarut HCl 50, 60 dan 70 ml untuk digabungkan dengan katalis TiO₂ guna mendegradasi limbah pestisida jenis sipermetrin (pestisida yang dominan dipakai di Kabupaten Aceh Besar) dengan metode pencahayaan sinar ultraviolet dan tanpa penyinaran (kondisi gelap) telah dilakukan. Proses degradasi menggunakan katalis campuran magnetit Fe₃O₄ yang berasal dari pasir besi Pantai Anoi Itam Kota Sabang dan TiO₂ pasaran jenis *anatase*. Penggunaan campuran kedua material tersebut adalah untuk mengetahui efektivitas yang terjadi dalam menurunkan absorbansi selama proses degradasi pestisida. Dalam pembuatan magnetit dengan metode kopresipitasi, pelarut HCl bervolume 70 ml melarutkan pasir besi lebih banyak dibandingkan 50 dan 60 ml dengan hasil akhir sebesar 2,40 gram. Uji karakterisasi magnetit Fe₃O₄ pada XRD mendapatkan hasil puncak tertinggi pada sudut 2 theta 35,58 sebesar 1352 dan puncak paling rendah pada sudut 2 theta 53,48 sebesar 283. Hasil uji VSM magnetit mendapatkan nilai Ms (magnetisasi saturasi) pada 41,2 emu/gram, Mr (remanen) sebesar 50,6 emu/gr dan Hc (medan koersivitas) 0,0078 T dengan kondisi magnetit sebagai super paramagnetit. Ukuran magnetit berdasarkan uji SEM adalah magnetit berukuran mikrometer. Pasir

besi yang paling banyak terlarut adalah menggunakan volume HCl 70 ml yang menghasilkan serbuk magnetit sebanyak 2,40 gram. Pestisida sipermetrin dapat terdegrasi hingga 54% menggunakan penyinaran ultraviolet dengan magnetit yang dilarutkan pada 70 ml HCl.



ABSTRACT

Name : Nurul Adilah Lubis
Student ID Number : 190702043
Department : Environmental Engineering
Title : Study of HCl Variation in Magnetite-TiO₂ Catalyst for
Photodegradation of Cypermethrin Pesticide
Date of Session : December 26, 2023
Number of Pages : 66
Advisor I : Sri Nengsih, M. Sc.
Advisor II : Suardi Nur, M.Sc., Ph.D
Keywords : Cypermethrin pesticide, HCl solvent variations, magnetite-
TiO₂, coprecipitation method, photodegradation

The synthesis and characterization of Fe₃O₄ as magnetite with variations in the volume of HCl solvent 50, 60, and 70 ml were combined with TiO₂ catalysts to degrade cypermethrin pesticide waste (the dominant pesticide used in Aceh Besar Regency) using ultraviolet light illumination methods and without irradiation (dark conditions). The degradation process uses a mixture of magnetite Fe₃O₄ catalysts derived from iron sand from Anoi Itam Beach, Sabang City, and commercial anatase type TiO₂. The use of a mixture of these two materials is to determine the effectiveness that occurs in reducing absorbance during the pesticide degradation process. In the manufacture of magnetite by the coprecipitation method, 70 ml of HCl solvent dissolves more iron sand compared to 50 and 60 ml with a final result of 2.40 grams. The characterization test of Fe₃O₄ magnetite on XRD obtained the highest peak result at a 2 theta angle of 35.58 of 1352 and the lowest peak at a 2 theta angle of 53.48 of 283. The VSM test results of magnetite obtained Ms (saturation magnetization) values at 41.2 emu/gram, Mr (remanence) of 50.6 emu/gr and Hc (coercivity field) 0.0078 T with the condition of magnetite as superparamagnetite. The size of magnetite based on SEM tests is magnetite in micrometer size. The most commonly used iron sand is dissolved using a

volume of 70 ml HCl, which produces 2.40 grams of magnetite powder. The pesticide cypermethrin can be degraded up to 54% using ultraviolet radiation with magnetite dissolved in 70 ml HCl.



KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil 'alamin, puji serta syukur penulis ucapkan kepada Allah Swt, karena atas berkat rahmat dari-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul **“Studi Variasi HCl dalam Katalis Magnetit-TiO₂ untuk Fotodegradasi Pestisida Sipermetrin”**. Tugas ini merupakan suatu persyaratan dalam menyelesaikan tugas akhir yang merupakan kewajiban dan harus diselesaikan oleh setiap mahasiswa Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Penyusunan dan penulisan tugas akhir ini tak lepas dari bantuan, dukungan, dan partisipasi dari berbagai pihak, karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ayahanda dan Ibunda serta adik-adik kandung yang penulis sayangi yang sudah memberikan dukungan baik berupa materi, doa, motivasi dan semangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Ibu Husnawati Yahya, M.Sc., selaku Ketua Prodi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
3. Bapak Aulia Rohendi, M.Sc., selaku Sekretaris Prodi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
4. Ibu Sri Nengsih, M.Sc., selaku dosen pembimbing I penulis yang telah banyak membantu dan memberi materi, bimbingan, masukan serta saran selama proses penyusunan tugas akhir ini.
5. Bapak Suardi Nur, M.Sc., Ph.D, selaku dosen pembimbing II penulis yang telah banyak membantu dalam membimbing, memberi masukan dan saran dalam penulisan hingga rampungnya tugas akhir ini.
6. Bapak Teuku Muhammad Ashari, M.Sc, selaku dosen pembimbing akademik penulis.
7. Sahabat terdekat yang senantiasa memberikan dukungan dan motivasi untuk tidak pantang menyerah dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

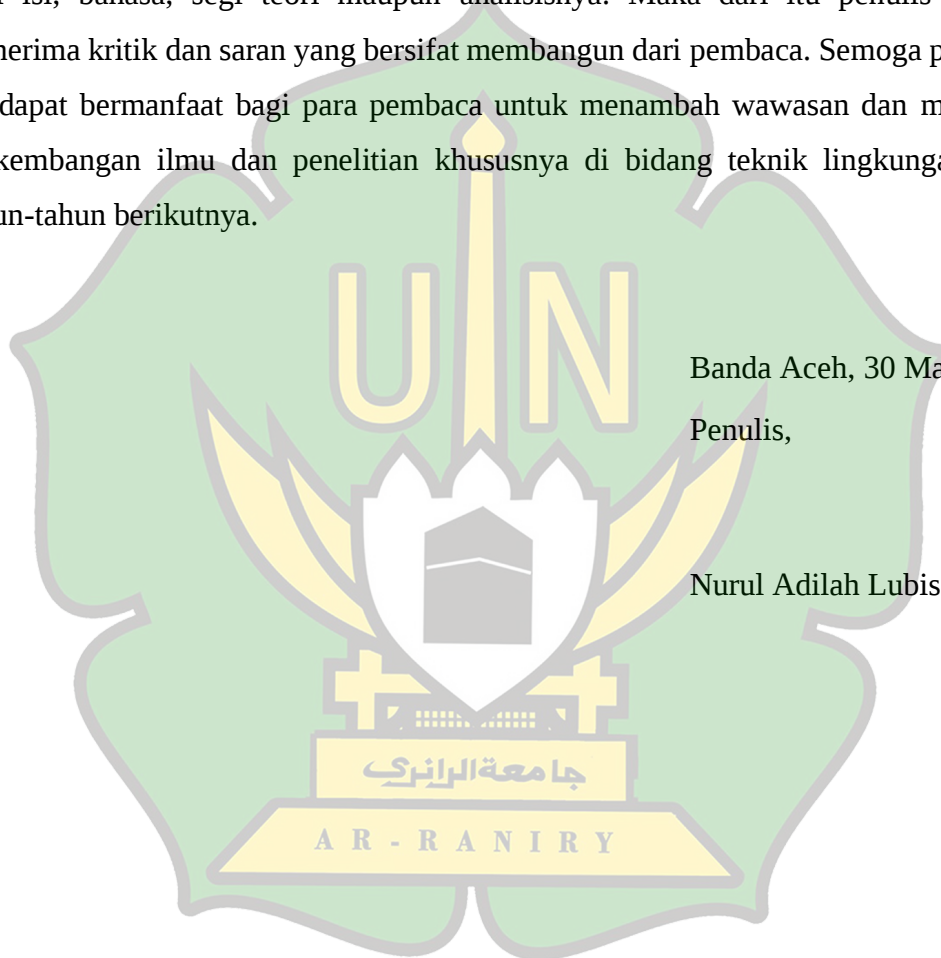
8. Teman-teman seperjuangan di angkatan 2019 prodi teknik lingkungan dan seluruh pihak yang ikut terlibat dan memberikan saran dalam penulisan tugas akhir penulis.
9. Pribadi penulis sendiri, yang terus berusaha bersemangat dan berjuang sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan rampung dan baik.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tugas akhir ini belum sempurna, baik dari segi isi, bahasa, segi teori maupun analisisnya. Maka dari itu penulis bersedia menerima kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi para pembaca untuk menambah wawasan dan membantu perkembangan ilmu dan penelitian khususnya di bidang teknik lingkungan untuk tahun-tahun berikutnya.

Banda Aceh, 30 Maret 2023

Penulis,

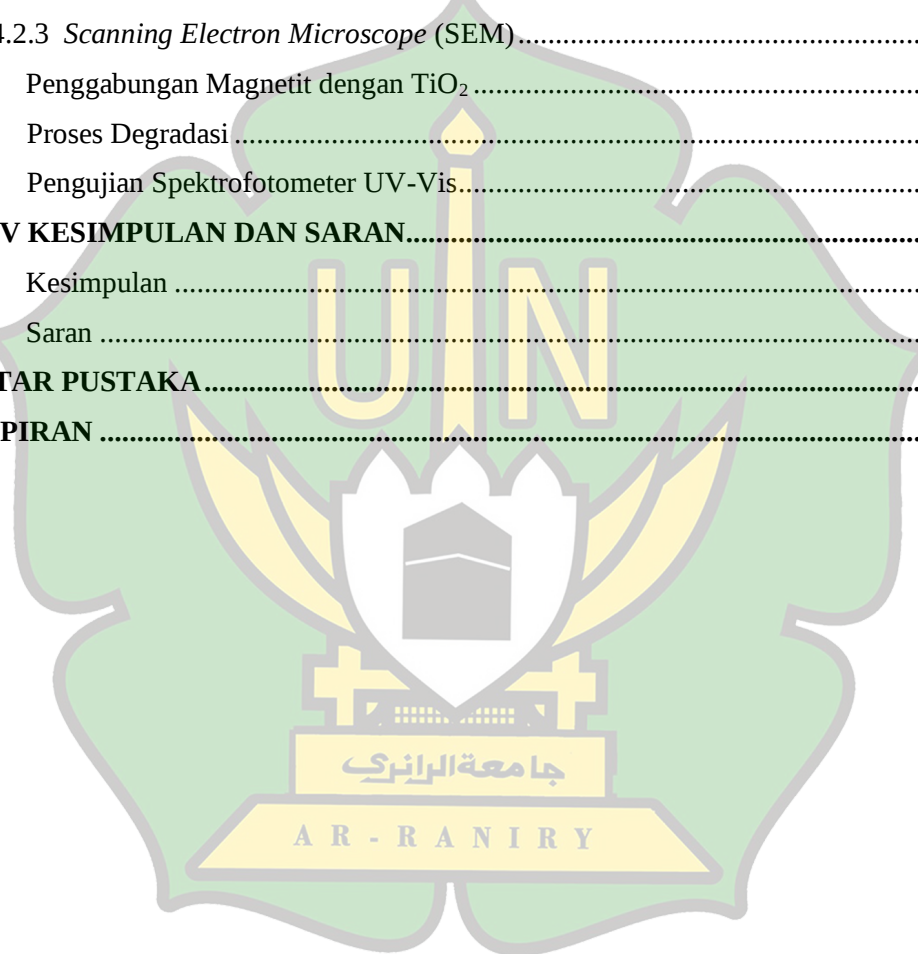
Nurul Adilah Lubis



DAFTAR ISI

LEMBAR PERSUTUJUAN TUGAS AKHIR	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
ABSTRAK.....	i
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Fotodegradasi	6
2.2 Fotokatalis TiO ₂	7
2.3 Metode Kopresipitasi	9
2.4 Pasir Besi	10
2.5.1 Pestisida Sipermetrin.....	13
2.6 <i>Hydrochloric acid</i> (HCl).....	14
2.7 Penelitian Terdahulu	15
BAB III METODE PENELITIAN.....	18
3.1 Rancangan Penelitian	18
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	18
3.2.1 Waktu Penelitian	18
3.2.2 Lokasi Penelitian.....	18
3.3 Alat dan Bahan.....	20
3.3.1 Alat.....	20

3.3.2 Bahan	22
3.4 Prosedur Penelitian.....	23
3.5 Analisis Data	29
BAB IV HASIL DAN KESIMPULAN	30
4.1 Sintesis dan Proses Pelarutan Pasir Besi.....	30
4.2 Pengujian Magnetit.....	31
4.2.1 <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	32
4.2.2 <i>Vibrating Sample Magnetometer (VSM)</i>	33
4.2.3 <i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i>	34
4.3 Penggabungan Magnetit dengan TiO_2	36
4.4 Proses Degradasi	37
4.5 Pengujian Spektrofotometer UV-Vis.....	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	43
5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA.....	44
LAMPIRAN	48



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Reaksi Fotokatalitik TiO_2	7
Gambar 2. 2 Jenis Kristal TiO_2	9
Gambar 2. 3 Pasir Besi.....	10
Gambar 2. 4 Pestisida Sipermetrin	14
Gambar 3. 1 Peta Lokasi Pasir Besi	19
Gambar 3. 2 Peta Lokasi Penelitian	19
Gambar 3. 3 Reaktor, (a) Desain Reaktor, (b dan c) Tampak Nyata Reaktor	26
Gambar 3. 4 Diagram Alir Penelitian	28
Gambar 4. 1 Hasil Pengadukan Pasir Besi dan HCl	30
Gambar 4. 2 Sisa Pasir Besi yang Tidak Terlarut.....	31
Gambar 4. 3 Hasil Akhir Magnetit Fe_3O_4	31
Gambar 4. 4 Grafik Hasil Uji XRD Magnetit.....	32
Gambar 4. 5 Grafik Hasil Uji VSM Magnetit	33
Gambar 4. 6 Hasil Uji SEM, (1)Magnetit (2)Magnetit- TiO_2 , dimana A Pembesaran 700x dan B Pembesaran 4.000x	35
Gambar 4. 7 Perubahan Morfologi Pasir Besi	37
Gambar 4. 8 Limbah Sipermetrin, (a)Sebelum Degradasi, (b)Setelah Degradasi	37
Gambar 4. 9 Titik Puncak Panjang Gelombang Sipermetrin.....	38
Gambar 4. 10 Grafik Hasil Degradasi Sipermetrin dengan Pelarut HCl Volume 50 ml.....	40
Gambar 4. 11 Grafik Hasil Degradasi Sipermetrin dengan Pelarut HCl Volume 60 ml.....	41
Gambar 4. 12 Grafik Hasil Degradasi Sipermetrin dengan Pelarut HCl Volume 70 ml.....	42



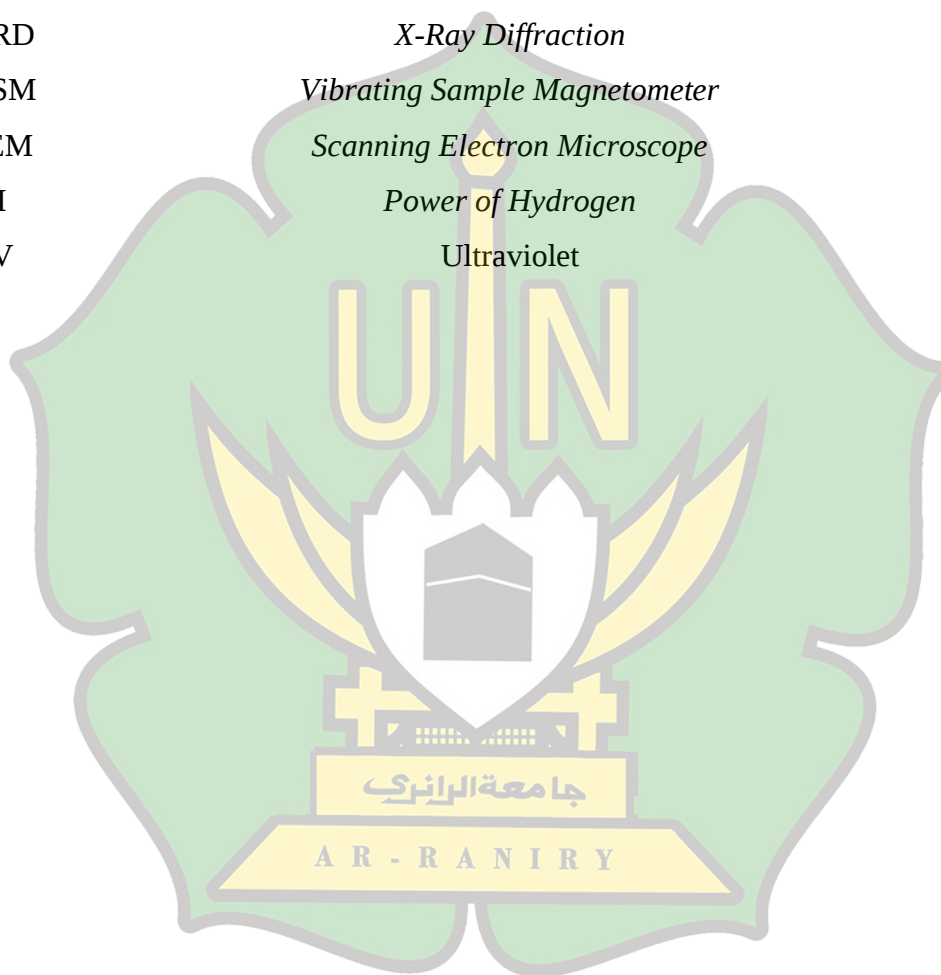
DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian dan Studi Terdahulu	15
Tabel 3. 1 Alat-Alat dalam Penelitian	20
Tabel 3. 2 Bahan-Bahan dalam Penelitian.....	22
Tabel 4. 1 Data Hasil Uji XRD Magnetit	32
Tabel 4. 2 Data Hasil Uji VSM Magnetit	34
Tabel 4. 3 Data Persen Degradasi Limbah Sipermetrin.....	39



DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

Lambang	Kepanjangan	Halaman
TiO ₂	Titanium dioksida	2
Fe ₃ O ₄	Besi oksida (Magnetit)	2
HCl	<i>Hydrochloric acid</i> (Asam klorida)	3
NH ₄ OH	Amonium hidroksida	22
XRD	<i>X-Ray Diffraction</i>	4
VSM	<i>Vibrating Sample Magnetometer</i>	4
SEM	<i>Scanning Electron Microscope</i>	4
pH	<i>Power of Hydrogen</i>	10
UV	Ultraviolet	6



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara agraris yang tidak terlepas dari permasalahan limbah pestisida yang berasal dari sektor pertanian dan perkebunan. Pestisida digunakan untuk membasmi hama, gulma, dan organisme pengganggu tanaman agar mendapatkan hasil panen yang baik sekaligus mencegah kerusakan akibat penyakit pada padi dan tanaman (Zilfa dkk., 2022). Akan tetapi selain kegunaannya, pestisida merupakan bahan kimia beracun dan berbahaya yang menimbulkan dampak negatif pada lingkungan dan kesehatan makhluk hidup. Di pertanian dan perkebunan Indonesia, pestisida digunakan sepanjang masa tanam, sejak pengolahan tanah, persiapan lahan, penanaman dan pemeliharaan tanaman, serta pasca panen (Andesgur, 2019).

Pestisida terbagi 2 yaitu sintetis dan alami/nabati. Pestisida jenis sintetis sangat efektif dan praktis digunakan akan tetapi meninggalkan residu yang tidak ramah lingkungan dan dapat mengganggu kesehatan makhluk hidup. Sementara pestisida nabati membutuhkan waktu untuk memproduksinya dari tumbuhan dan tidak meninggalkan residu yang mencemari lingkungan. Pestisida yang memberikan dampak buruk terhadap pertanian seperti merusak tanah dan air sekaligus bersifat racun terhadap makhluk hidup adalah pestisida sintetis atau kimiawi (A'yunin dkk., 2020).

Permasalahan penggunaan pestisida yang dapat memberikan dampak negatif terhadap lingkungan dan makhluk hidup tidak hanya terjadi di Indonesia, melainkan secara global. *World Health Organization (WHO)* menyatakan pestisida merupakan salah satu penyebab diantara kematian 12,6 juta orang pertahun. Bahaya pestisida pada manusia dapat mengakibatkan gangguan kesehatan melalui kulit yang terpapar langsung dengan pestisida dalam jumlah besar, memakan produk pertanian yang mengandung residu tertinggal pada produk serta pembuangan pestisida sembarangan (Prajawahyudo dkk., 2022).

Pemakaian pestisida yang sering mengakibatkan kadar pestisida yang digunakan menjadi lebih banyak sehingga dapat memberikan resiko pencemaran lingkungan yang lebih besar. Bahaya pestisida terhadap lingkungan adalah dapat mencemari lingkungan dengan cara penyebaran residu yang dihasilkan. Residu dapat masuk ke dalam tanah dan mengganggu kualitas, kesuburan, dan efektivitas tanah. Residu pestisida mengalir ke badan air sekitar, mencemari air dan mengganggu keberlangsungan hidup organisme air, serta pengaplikasian pestisida juga dapat meninggalkan residu pada tanaman yang ditanam serta dampak negatif terhadap hewan adalah keracunan dari tanah, air ataupun udara melalui penyemprotan pestisida (Andesgur, 2019).

Pemakaian pestisida di Aceh khususnya Kabupaten Aceh Besar yang merupakan wilayah dominan lahan pertanian, berdasarkan Surat Keputusan Menteri Agraris Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional No.686/SK-PG.03.03/XII/2019 bahwa pada tahun 2019 Kabupaten Aceh Besar memiliki wilayah persawahan dengan luas 25.692 Ha, sehingga Kabupaten Aceh Besar menjadi daerah kajian dalam penelitian ini. Keberadaan Kabupaten Aceh Besar yang bertetangga dengan Kota Banda Aceh mengakibatkan Kota Banda Aceh juga menerima dampak dari pembuangan limbah pestisida. Perencanaan degradasi pestisida jenis dominan di Kabupaten Aceh Besar pada studi ini diawali dengan tahap awal melakukan survei jenis pestisida yang paling banyak dibeli dan digunakan ke beberapa toko alat dan bahan pertanian. Survei dilakukan pada 5 daerah berbeda yaitu Kecamatan Blang Bintang, Tungkop, Lambaro, Ulee Kareng, dan Kajhu. Hasil yang didapatkan setelah melakukan observasi lapangan adalah pestisida dengan bahan aktif sipermetrin.

Setelah melakukan survei, peneliti melakukan studi pendahuluan terkait bahaya dan dampak yang ditimbulkan dari penggunaan pestisida berbahan aktif sipermetrin. Bahaya sipermetrin tidak hanya pada lingkungan, hewan, tetapi sipermetrin dapat mengganggu kesehatan petani dan manusia sekitar yang terpapar dalam dosis besar seperti mengalami kejang dan sesak nafas. Usaha yang dapat dilakukan dalam menangani dan mengurangi bahaya pestisida adalah beralih menggunakan pestisida nabati, menggunakan pestisida sintetis tidak berlebihan atau hanya sesuai kebutuhan,

mengajarkan petani dan masyarakat bahaya akan pestisida, menggunakan metode degradasi, metode prapanen dan mengaplikasikan arang aktif (Ardiwinata, 2020).

Salah satu metode penanganan limbah pestisida adalah dengan menggunakan metode degradasi. Degradasi merupakan metode yang digunakan untuk menguraikan suatu senyawa menjadi senyawa yang lebih sederhana sehingga metode ini dapat mengurangi kandungan bahaya pestisida dengan bantuan katalis. Katalis yang paling umum digunakan adalah TiO_2 atau titanium dioksida. Akan tetapi TiO_2 memiliki kelemahan sebagai katalis yang sulit diuraikan dari limbah saat degradasi, maka pemecahan TiO_2 akan lebih optimal ketika didukung oleh adanya magnetit serta bantuan cahaya tampak seperti matahari ataupun sinar ultraviolet. Magnetit yang digunakan dalam degradasi dapat berupa pasir besi (Fe_3O_4) (Fauzi dkk., 2019).

Pengolahan pestisida dengan metode degradasi telah dilakukan dalam beberapa penelitian sebelumnya seperti penelitian oleh Rachmat dkk (2018) yang melakukan penelitian fotodegradasi pada sipermetrin menggunakan katalis Montmorillonite- TiO_2 , penelitian Khoiriah dkk, (2019) yang melakukan penelitian fotodegradasi pestisida dengan katalis $\text{C}_3\text{N-Codoped TiO}_2$, sehingga berdasarkan hasil observasi dan studi, maka sipermetrin dipilih menjadi sampel limbah yang akan didegradasi. Melalui penelitian ini, peneliti akan berfokus kepada bagaimana hasil fotodegradasi pestisida sipermetrin yang menggunakan katalis magnetit- TiO_2 berdasarkan variasi dan waktu penyinaran selama proses fotodegradasi, serta pengaruh yang terjadi akibat perbedaan jumlah HCl yang digunakan dalam melarutkan Fe_3O_4 sebagai magnetit.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi HCl terhadap hasil sintesis dalam sintesis magnetit menggunakan metode kopresipitasi?
2. Bagaimana kemampuan fotokatalis magnetit- TiO_2 dalam degradasi pestisida?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari dilaksanakannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh variasi konsentrasi HCl yang berbeda-beda terhadap hasil sintesis magnetit menggunakan metode kopresipitasi.
2. Menganalisa hasil kemampuan fotokatalis magnetit-TiO₂ dalam degradasi pestisida.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi terbaru mengenai fotodegradasi pestisida berbahan aktif jenis sipermetrin menggunakan katalis Fe₃O₄-TiO₂ serta pengaruh banyaknya HCl yang ditambahkan pada proses sintesis magnetit sehingga dapat menjadi acuan serta informasi dalam riset pestisida jenis lainnya. Penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi sarana pengembangan pengetahuan dan penelitian terkait pestisida pada tahun-tahun berikutnya.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan pada penelitian berguna agar penelitian terlaksana dengan baik serta terfokus pada masalah dan tujuan. Adapun batasan-batasan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian secara eksperimen dilakukan di Laboratorium Multifungsi UIN Ar-Raniry Banda Aceh, pengujian XRD dilakukan di Laboratorium Fisika Fakultas MIPA Universitas Syiah Kuala, uji VSM dilakukan di Laboratorium Puspiptek Kawasan Nuklir Serpong, Tangerang serta uji SEM di Laboratorium Politeknik Negeri Lhokseumawe.
2. Sampel yang digunakan adalah pestisida berbahan aktif sipermetrin yang merupakan pestisida terbanyak yang digunakan di Kabupaten Aceh Besar dalam membasmi hama di pertanian.

3. Pasir besi yang digunakan sebagai magnetit diambil di Pantai Anoi Itam, Kota Sabang karena memiliki sifat magnetik yang bagus dibandingkan daerah sumber pasir besi lainnya di Aceh (Nengsih, 2021).
4. Jenis pelarut yang digunakan dalam sintesis magnetit hanya HCl atau asam klorida.
5. Variasi volume HCl yang digunakan yaitu 50, 60 dan 70 ml.
6. TiO_2 atau titanium dioksida yang digunakan pada penelitian berjenis TiO_2 anates.
7. Penelitian menggunakan metode degradasi dengan katalis magnetit $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-TiO}_2$ melalui penyinaran sinar ultraviolet dan tanpa penyinaran.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

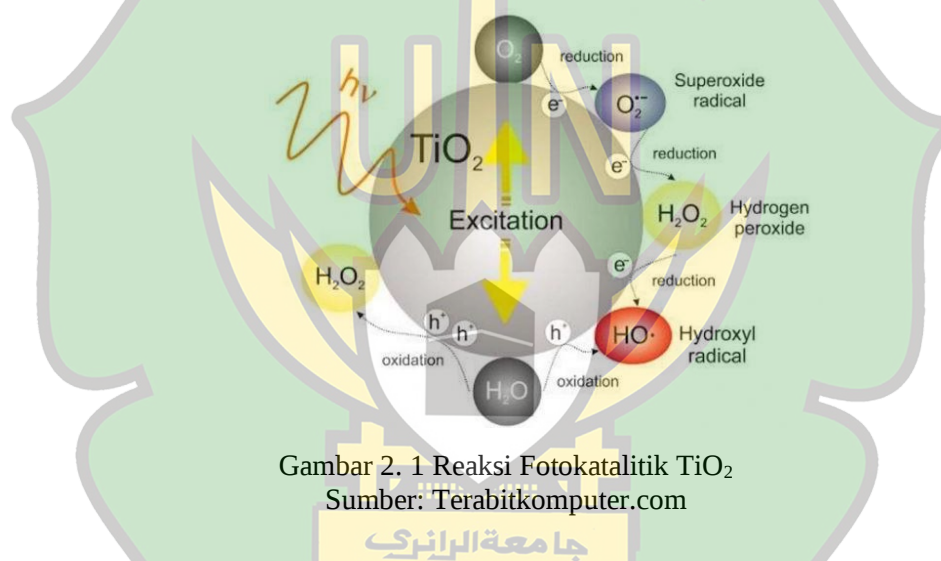
2.1 Fotodegradasi

Fotodegradasi merupakan salah satu metode untuk pengolahan limbah atau zat pencemar yang memanfaatkan bantuan cahaya dari lampu ultraviolet maupun cahaya tampak seperti matahari dan menggunakan fotokatalis dengan cara mendegradasi polutan organik pada limbah (Riskiani dkk., 2019). Fotodegradasi adalah proses menguraikan atau memecahkan senyawa organik dengan bantuan cahaya. Fotodegradasi berfungsi untuk menguraikan limbah menjadi komponen yang lebih sederhana. Fotodegradasi membutuhkan magnetit untuk membantu proses degradasi. Penggunaan magnetit nanopartikel sebagai katalis dalam proses fotodegradasi berfungsi untuk memisahkan adsorben dengan larutan sampel limbah (Nengsih, 2021). Fotodegradasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan sinar ultraviolet dan fotokatalis semikonduktor berjenis TiO_2 anates yang telah digabung dengan magnetit Fe_3O_4 .

Metode fotodegradasi memiliki kelebihan seperti dapat mendegradasi senyawa berbahaya pada limbah menjadi senyawa yang lebih ramah lingkungan, biaya pengoperasian relatif murah atau tidak membutuhkan alat yang mahal, sumber cahaya yang digunakan tidak hanya bisa pada lampu ultraviolet, tetapi bisa dengan cahaya matahari. Kekurangan proses fotodegradasi adalah membutuhkan katalis yang bersifat semikonduktor, memiliki daya adsorpsi serta bersifat stabil pada suhu (Fauzi dkk., 2019). Jumlah katalis yang digunakan saat proses fotodegradasi tidak boleh melebihi massa optimum agar tidak menimbulkan aglomerasi (penggumpalan) dan berkurangnya efektivitas cahaya yang dapat diserap sampel selama degradasi berlangsung (Khoiriah dkk., 2019).

2.2 Fotokatalis TiO₂

Salah satu metode yang dapat digunakan dalam mendegradasi limbah adalah metode fotokatalitik dengan menggunakan fotokatalis. Fotokatalitik merupakan reaksi yang mengabsorpsi atau menyerap dan menggunakan paparan cahaya dengan bantuan fotokatalis untuk mempercepat reaksinya. Fotokatalis yang paling sering digunakan dan banyak dikembangkan adalah fotokatalis jenis semikonduktor karena dapat mendeaktivasi mikroorganisme serta biaya yang murah seperti TiO₂ dan ZnO (Deka, 2019). Fotokatalis semikonduktor merupakan fotokatalis yang jika terkena penyinaran sinar ultraviolet akan menghasilkan oksidator yang mampu mendegradasi polutan agar aman bagi lingkungan (Aminullah dkk., 2019). Skema TiO₂ yang berfungsi sebagai fotokatalis dalam proses fotokatalitik dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut.



Berdasarkan gambar tersebut, TiO₂ sebagai katalis akan bekerja ketika permukaan TiO₂ terkena sinar lampu atau cahaya dengan cara eksitasi dimana elektron (e^-) pada pita valensi akan menyerap cahaya dan berpindah ke pita konduksi dan meninggalkan *hole* (h^+). Sampel limbah cair yang diuji mengandung H₂O (air) dan H₂O₂ dimana kemudian senyawa-senyawa ini akan bereaksi dengan *hole* sehingga menghasilkan radikal hidroksil ($\cdot\text{OH}$). Sedangkan elektron akan bereaksi dengan O₂ dan menciptakan $\cdot\text{O}_2^-$. Radikal yang terbentuk ini akan bekerja mendegradasi limbah, semakin banyak radikal hidroksil yang tercipta maka semakin banyak limbah akan terdegradasi (Sagita dkk., 2020).

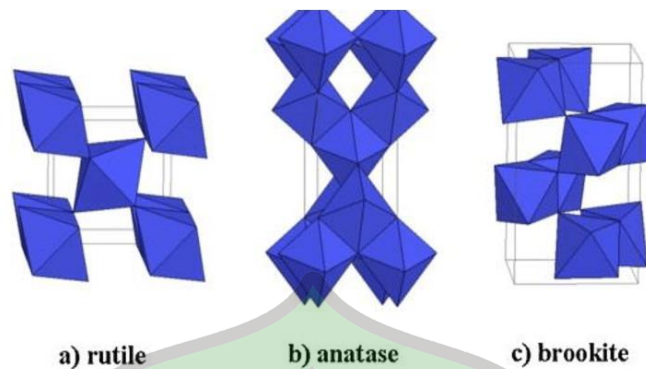
TiO₂ atau titanium dioksida merupakan material yang mempunyai kegunaan sebagai konverter katalis yang digunakan pada kegiatan fotokatalitik seperti adsorben atau degradasi pada limbah, logam berat, zat warna dan pengolahan zat pencemar lingkungan (Thahir dkk., 2019). TiO₂ adalah katalis yang paling sering digunakan untuk proses degradasi limbah karena ketersediannya yang melimpah, tidak beracun, bereaksi dengan cepat dan memiliki efektivitas yang tinggi (Khoiriah dkk., 2019). TiO₂ juga merupakan katalis yang dapat di-*reuse* atau digunakan kembali dalam jangka waktu yang panjang untuk proses degradasi limbah lainnya.

Titanium dioksida dapat digunakan sebagai katalis untuk mendegradasi pestisida karena memiliki kemampuan menyerap limbah sehingga pestisida dapat bereaksi pada permukaan fotokatalis menggunakan bantuan cahaya guna menguraikan TiO₂ dengan lebih cepat (Rachmat dkk., 2018). Fotokatalitik dapat digunakan untuk proses degradasi dengan cara fotokatalis TiO₂ membentuk radikal hidroksida dalam mendegradasi senyawa organik (Setiawan dkk., 2023). Selama proses fotodegradasi, TiO₂ yang terkena paparan sinar ultraviolet akan membentuk radikal aktif yang mampu menguraikan senyawa organik pada limbah (Rini dkk., 2019).

TiO₂ berwarna putih dan memiliki 3 bentuk kristal dengan tingkat efektivitas yang berbeda-beda. Kristal tersebut adalah TiO₂ fasa rutil, fasa anates, dan fasa brokit. Kristal jenis rutil dan anates memiliki bentuk yang sama yaitu tetragonal akan tetapi memiliki perbedaan pada *gap energy* nya dimana TiO₂ rutil memiliki *gap energy* sebesar 3,02 eV dan TiO₂ anates yang lebih tinggi yaitu sebesar 3,23 eV. Semakin tinggi *gap energy* yang dimiliki maka semakin besar sifat reaktifnya. Sehingga untuk proses fotokatalis, TiO₂ dengan kristal anates lebih efisien dibandingkan TiO₂ dengan kristal rutil karena anates cenderung stabil dan sering digunakan (Astuti dkk., 2021).

TiO₂ anates relatif murah dengan harga 70.000-80.000 per 500 gram, memiliki struktur kristal yang lebih mudah menyerap cahaya karena permukaannya yang luas dan partikelnya yang lebih kecil dibandingkan rutil. TiO₂ anates dapat terbentuk pada suhu 120°C hingga 500°C, sementara rutil terbentuk pada suhu 700°C dalam proses kalsinasi. TiO₂ brokit merupakan yang paling sulit diamati karena tidak stabil, bentuk

strukturnya yang rumit serta ketersediannya terbatas sehingga jarang digunakan. Bentuk ketiga jenis kristal TiO_2 dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut.



Gambar 2. 2 Jenis Kristal TiO_2
Sumber: Researchgate.net (M.Azami, 2019)

2.3 Metode Kopresipitasi

Metode kopresipitasi merupakan metode dimana terjadinya reaksi kimia yang membentuk endapan dengan membawa zat terlarut menuju dasar larutan. Metode ini memiliki kelebihan seperti hanya membutuhkan suhu yang rendah dibawah 100°C , waktu yang cepat, biaya yang murah dan proses yang sederhana (Hefdea & Rohmawati, 2020). Metode kopresipitasi merupakan salah satu metode yang paling umum digunakan dalam pembentukan magnetit nanopartikel karena biayanya yang relatif murah dan prosesnya yang sederhana (Nengsih, 2021).

Metode kopresipitasi berfungsi untuk mengetahui sifat magnetit serta mengetahui potensial dan peningkatan kualitas partikel dari magnetit. Kopresipitasi juga merupakan salah satu metode untuk menghasilkan nanopartikel. Pembentukan magnetit dengan metode kopresipitasi dipengaruhi waktu reaksi dan suhu. Semakin lama waktu reaksi maka kristal magnetit yang terbentuk akan semakin besar, sementara semakin tinggi suhu maka reaksi pembentukan magnetit akan semakin cepat (Lubis, 2022).

Dalam studi ini, digunakan pasir besi atau Fe_3O_4 sebagai bahan dasar magnetit dengan menggunakan metode kopresipitasi untuk menghasilkan partikel magnetit Fe_3O_4 yang lebih halus. Metode kopresipitasi akan bekerja dengan cara mensintesis Fe_3O_4 dengan HCl untuk menguraikan pasir besi dan membentuk ion Fe^{2+} dan Fe^{3+} ,

kemudian ditambahkan NaOH sebagai larutan untuk mengendapkan, etanol dan aquades untuk dinetralkan hingga mencapai pH 7 (Nengsih, 2021).

2.4 Pasir Besi

Pasir besi merupakan jenis material bersifat magnetik yang dapat ditemukan pada alam maupun dibuat secara sintesis. Pasir besi mengandung mineral magnetik yang bersifat feromagnetik yaitu memiliki daya tarik yang kuat (Karbeka dkk., 2020). Selain mengandung Fe dan Zn, pasir besi juga memiliki Fe_3O_4 (besi oksida) di dalamnya yang dapat dimanfaatkan pada berbagai keperluan bidang industri seperti bahan pembuatan semen, tinta, dan magnet (Didik dkk., 2020). Magnetit adalah bagian partikel dari pasir besi berukuran nano yang mempunyai sifat magnet paling kuat dan banyak digunakan untuk pembuatan tinta (Puspitarum dkk., 2019).

Keberadaan pasir besi di Indonesia sangat berlimpah, salah satunya berada di Aceh. Sumber pasir besi di Aceh beberapa diantaranya terdapat di Kecamatan Laweung, Bireuen, Kabupaten Aceh Jaya, Kecamatan Syiah Kuala, Lampanah, dan Kota Sabang. Berdasarkan penelitian Nengsih (2021), pasir besi yang berada di Kota Sabang yang mengandung senyawa Fe_3O_4 memiliki sifat magnetik paling bagus dan kuat dibandingkan pasir besi pada daerah lainnya di Aceh serta ketersediannya yang melimpah di sepanjang pantai Anoi Itam. Sehingga pada penelitian ini pasir besi yang akan digunakan diambil dari Pantai Anoi Itam, Kota Sabang. Bentuk pasir besi dapat dilihat pada Gambar 2.3 berikut.



Gambar 2. 3 Pasir Besi

2.5 Pestisida

Pestisida merupakan bahan yang tidak dapat dipisahkan dari pertanian dan perkebunan karena merupakan bahan penting dalam pemeliharaan tanaman yang berfungsi untuk membasmi hama, penyakit, atau organisme pengganggu tanaman. Disamping kegunaannya, pestisida meninggalkan limbah yang merugikan lingkungan dan makhluk hidup apabila tidak digunakan dengan baik seperti penggunaan secara berlebihan, mengalirkan residu pestisida langsung ke badan air, maupun peran alam yang mampu menggerakkan pestisida melalui udara atau terbawa air sehingga mencemari lingkungan. Selain itu, pestisida juga dapat membahayakan makhluk hidup apabila terpapar dalam jangka waktu lama (Sutriadi dkk., 2020).

Pestisida memiliki peran yang sangat membantu dalam pengendalian organisme pengganggu tanaman agar dapat meningkatkan hasil panen yang bagus, tetapi pestisida juga merupakan suatu zat pencemar lingkungan. Perairan dan tanah yang berada di sekitar daerah persawahan maupun perkebunan umumnya telah terkontaminasi limbah pestisida. Pestisida apabila digunakan sesuai anjuran tidak akan meninggalkan residu yang besar, akan tetapi pemakaian pestisida secara intensif dan berlebihan dapat mengganggu kestabilan ekosistem (Andesgur, 2019).

Air yang terkena aliran limbah pestisida akan mengandung zat limbah beracun yang nantinya harus dilakukan pengolahan air bersih terlebih dahulu jika aliran air tersebut ingin digunakan sebagai sumber air minum, pestisida dapat meracuni dan dikonsumsi oleh biota air seperti ikan yang kemudian ikan akan dikonsumsi oleh manusia (rantai makanan) sehingga secara tidak langsung limbah pestisida ikut masuk ke dalam tubuh manusia. Pestisida juga dapat menurunkan kandungan oksigen di dalam badan air. Pada tanah pertanian dan perkebunan, limbah pestisida dapat merusak kualitas dan kondisi alami tanah, kesuburan tanah menurun serta mempengaruhi keasaman dan pH tanah. Pestisida juga dapat terbawa dan mencemari melalui udara. (Prajawahyudo dkk., 2022).

Pestisida dapat masuk ke dalam tubuh makhluk hidup secara langsung maupun tidak langsung, seperti terpapar melalui kulit, oral, udara dan pernafasan. *World Health Organization* (WHO) pada tahun 2014 menyatakan terjadinya 1 hingga 5 juta kasus

keracunan pada petani yang mana 80% kasus tersebut terjadi pada petani di negara berkembang dengan perkiraan 5,5% atau 220.000 jiwa yang terpapar racun limbah pestisida. Manusia yang terpapar pestisida secara intensif memiliki kemungkinan untuk terkena kanker, anemia, hipertensi, tubuh lebih rentan terhadap infeksi, gangguan pada otak dan syaraf, mengalami kelumpuhan, kerusakan sel darah putih, organ hati, paru-paru akibat batuk, infeksi lambung serta usus (Pamungkas, 2016).

Pestisida terbagi pada 2 jenis yaitu pestisida kimia/sintesis dan nabati. Pestisida kimia atau yang biasa dikenal sebagai pestisida sintesis adalah jenis yang paling banyak digunakan oleh petani karena bersifat sangat efektif dalam mengendalikan hama dan organisme pengganggu tanaman. Akan tetapi, pestisida kimia ini memiliki dampak yang sangat mengkhawatirkan bagi lingkungan seperti mengakibatkan efektivitas tanah menurun, merusak kualitas dan morfologi tanah, mencemari aliran air, pencemaran udara melalui penyemprotan pestisida dan meracuni makhluk hidup (A'yunin dkk., 2020).

Pestisida nabati merupakan jenis pestisida yang aman terhadap lingkungan, ketersediaan bahan bakunya melimpah, tidak berbahaya, berbahan dasar tumbuhan dan terurai dengan cepat. Pestisida jenis nabati ini memiliki kekurangan yaitu tidak seefektif pestisida kimia dalam membunuh hama dan penyakit tanaman sehingga penggunaannya tidak sepopuler pestisida kimia. Penggunaan pestisida nabati ini dapat menjadi alternatif pengalihan dan pengganti pestisida kimia agar tidak mencemari dan tetap aman bagi lingkungan. Pestisida terbagi dalam beberapa kelompok yaitu insektisida, herbisida, rodentisida, fumigan, dan fungisida. Insektisida merupakan golongan pestisida terbesar (Sutriadi dkk., 2020).

Insektisida yang bekerja dengan cara menyerang metabolisme serangga hingga mengakibatkan ketidakseimbangan, kelumpuhan dan kematian ini terbagi dalam 4 jenis yaitu organofosfat, organoklorin, piretroid dan karbamat. Organofosfat merupakan jenis yang terbuat dari molekul organik ditambah fosfat sehingga mudah terurai di alam. Berdasarkan penelitian Ghodsi dkk., (2019), insektisida jenis organofosfat merupakan jenis pestisida yang paling cepat terurai sehingga menjadi pestisida paling banyak digunakan di dunia. Pestisida jenis ini mengandung oksigen,

nitrogen, sulfur, dan karbon serta sudah memenuhi standar konsentrasi pestisida yang diperbolehkan mengalir di perairan berdasarkan standar Agensi Perlindungan Lingkungan Amerika (EPA).

Insektisida organoklorin bersifat sangat racun atau toksik karena dapat bertahan dalam tubuh makhluk hidup yang terpapar selama bertahun-tahun dan meninggalkan residu yang sangat sulit diuraikan sehingga penggunaan organoklorin telah dilarang di Indonesia. Piretroid adalah jenis insektisida yang dapat melumpuhkan hama serta serangga dan bersifat fotosbail dan kemosabil, salah satu contoh insektida golongan ini adalah permetrin. Dan karbamat merupakan jenis insektisida yang meninggalkan residu yang mudah terurai apabila berada dalam keadaan basa (Ardiwinata, 2020).

2.5.1 Pestisida Sipermetrin

Sipermetrin adalah jenis pestisida yang paling banyak digunakan di Kabupaten Aceh Besar berdasarkan hasil survei secara langsung jenis pestisida yang telah dilakukan peneliti sebelumnya ke beberapa toko alat dan bahan pertanian. Sipermetrin merupakan salah satu bahan aktif pestisida jenis kimia/sintesis yang digunakan dalam mengelola hama dan serangga pada padi dan tanaman perkebunan. Tetapi disamping kegunaannya ia juga meninggalkan residu yang mencemari kestabilan lingkungan dan biota alam. Sipermetrin memiliki gugus α -siano sehingga digolongkan pada insektisida piretroid (mudah mengalir pada air). Sipermetrin memiliki tingkat racun yang relatif tinggi organisme perairan karena pestisida yang tergolong piretroid ini mudah terbawa aliran air. Pestisida ini juga menyebabkan manusia yang terpapar akan mengalami sakit kepala, mual, sesak nafas, air liur berlebihan, kejang dan melemahnya otot (Zhang dkk., 2020). Jenis insektisida sipermetrin yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.4 berikut.



Gambar 2. 4 Pestisida Sipermetrin

2.6 *Hydrochloric acid (HCl)*

Hydrochloric acid atau asam klorida merupakan jenis senyawa kimia anorganik bersifat asam kuat yang tidak memiliki warna, mempunyai titik didih pada 110°C dan titik leburnya $-27,32^{\circ}\text{C}$. Pada manusia, HCl dihasilkan setiap harinya di dalam tubuh yang berfungsi untuk membantu proses pencernaan di lambung. Asam klorida merupakan bahan anorganik yang digunakan pada keperluan berbagai bidang karena bersifat fleksibel dan mudah digunakan seperti pada proses produksi bahan pembersih, timah, karet, tekstil, pupuk, bahan katalis dan pelarut bahan organik (Kevin dkk., 2021).

Asam klorida memiliki rumus kimia HCl dengan atom hidrogen dan atom klorida yang bersifat korosif, menyengat, beracun, dan iritatif. HCl dapat dihasilkan dari melarutkan hidrogen klorida pada air, memanaskan asam sulfat dengan garam klorida serta pembakaran gas klor dalam hidrogen. Asam klorida biasanya digunakan sebagai larutan titrasi asam-basa, larutan pelarut dan mampu mendidihkan senyawa seperti nikel, logam, magnesium dan tembaga. HCl juga sering digunakan sebagai katalis pada reaksi-reaksi kimia. (Royani & Subagja, 2019).

Dalam proses kopresipitasi, HCl berfungsi sebagai larutan asam yang mengencerkan magnetit agar kandungan pada magnetit dapat bereaksi lebih cepat (Febriyani & Aini, 2023). Penelitian ini akan melakukan uji variasi jumlah larutan HCl pekat dengan konsentrasi 37% sebanyak 50, 60, dan 70 ml guna mengetahui apakah magnetit dapat terlarut dengan sempurna (tidak pekat) serta membandingkan

konsentrasi HCl yang dapat melakukan pembentukan ion Fe^{2+} dan Fe^{3+} lebih cepat dengan jumlah pasir besi yang sama sebanyak 20 gram, dimana larutan hasil penguraian ini akan berpengaruh terhadap efektivitas fotodegradasi sipermetrin dengan katalis magnetit- TiO_2 .

2.7 Penelitian Terdahulu

Penelitian dan studi mengenai fotodegradasi pestisida maupun katalis TiO_2 telah diteliti pada tahun-tahun sebelumnya. Beberapa studi terdahulu dalam bentuk jurnal-jurnal yang mendukung sebagai sumber informasi terhadap penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2. 1 Penelitian dan Studi Terdahulu

No	Judul Penelitian	Penulis	Katalis	Sampel	Kemampuan Degradasi	Hasil dan Kesimpulan
1	Sintesis Nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{TiO}_2$ Sebagai Fotokatalis yang Dapat Diambil Kembali Dalam Fotoreduksi Limbah Ion Perak (I)	(Pradipta dkk., 2021)	Fe_3O_4 - TiO_2	Limbah Ion Ag(I)	98,60% menggunakan sinar ultraviolet	Nanopartikel Fe_3O_4 - TiO_2 dapat mereduksi ion Ag(I) dalam larutan AgNO_3 yang efektif pada pH 6 selama penyinaran 90 menit.
2	Photodegradation of Permethrin using Photocatalyst Montmorillonite- TiO_2	(Rachmat dkk., 2019)	Montmorillonite- TiO_2	Pestisida Permetrin	Mampu mendegradasi dengan baik dengan waktu penyinaran selama 180 menit	Aktivitas fotokatalis pada proses fotodegradasi mempengaruhi kemampuan permetrin untuk terdegradasi. Pembentukan katalis diharapkan

						dapat dimodifikasi dengan metode yang lebih baik agar mampu mendegradasi dengan baik
3	Study of Photocatalytic Degradation of Highly Abundant Pesticides in Agricultural Soils	(El-Saeid dkk., 2022)	TiO ₂ -ZnO	18 Pestisida: 8 Organofosfat, 4 Organoklorin, 2 Karbamat, 4 Pirethroid	Menggunakan radiasi UV dengan panjang gelombang $\lambda=306$ nm, dengan total waktu 25-30 jam hingga semua pestisida dapat terdegradasi	Degradasi dilakukan dengan dan tanpa katalis. Tanpa katalis, konsentrasi pestisida menjadi lebih buruk dari 3000-4000 ppm dan terdegradasi selama 60-100 jam. Sedangkan dengan katalis, pestisida terdegradasi dalam waktu yang lebih cepat yaitu 30 jam
4	Penggunaan TiO ₂ /Zeolit Untuk Mengurangi Konsentrasi Nitrat, Nitrit, Amoniak, Fosfat, BOD, COD, Dan pH Air Limbah Pertanian Secara Fotolisis	(Zilfa dkk., 2022)	TiO ₂ -Zeolit	Air Limbah Pertanian	Sangat baik karena proses degradasi yang dilakukan mampu menurunkan tingkat pencemaran parameter limbah sesuai ambang batas baku mutu air	Katalis TiO ₂ -Zeolit mampu menurunkan konsentrasi parameter-parameter yang diuji. Hasil uji XRD, SEM, dan FTIR menunjukkan bahwa katalis TiO ₂ -Zeolit tidak memiliki

						perubahan struktur signifikan selama proses degradasi,
5	Degradasi Pestisida Diazinon Dengan Proses Fotokatalisis Sinar Matahari Menggunakan Katalis $C_3N-Codoped TiO_2$	(Khoiriah dkk., 2019)	$C_3N-Codoped TiO_2$	Pestisida Diazinon	Katalis ditambahkan 4 kali selama proses degradasi, penambahan 6 mg dan 12 mg katalis terjadi peningkatan degradasi 47,3% menjadi 50,93%, penambahan, sementara penambahan 18 dan 24 mg katalis terjadi penurunan degradasi	Pestisida diazinon berhasil di degradasi dengan katalis yang digunakan dibawah sinar matahari dengan peningkatan konsentrasi degradasi dari 45,51% menjadi 84,93%

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian yang direncanakan akan berlangsung dengan metode eksperimen dan pendekatan kuantitatif dimana akan dilakukan beberapa tahapan dimulai dengan preparasi pasir besi sebagai magnetit yang siap digunakan, penentuan hasil XRD, VSM, dan SEM-EDX untuk mengetahui struktur kristal, sifat magnetik dan komposisi dari magnetit Fe_3O_4 , kemudian penggabungan magnetit dengan TiO_2 sebagai katalis untuk proses degradasi pestisida. Proses degradasi akan dilakukan tanpa dan dengan penyinaran. Selanjutnya hasil degradasi akan dilakukan pembacaan spektrofotometri UV-Vis untuk mendapatkan hasil akhir.

Berdasarkan rumusan masalah, hasil dari penelitian ini akan menjelaskan pengaruh 3 variasi jumlah larutan HCl pekat dengan konsentrasi 37% yang digunakan dalam proses kopresipitasi sintesis magnetit Fe_3O_4 serta mengetahui tingkat efektivitas katalis $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-TiO}_2$ dalam degradasi pestisida jenis sipermetrin.

3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian

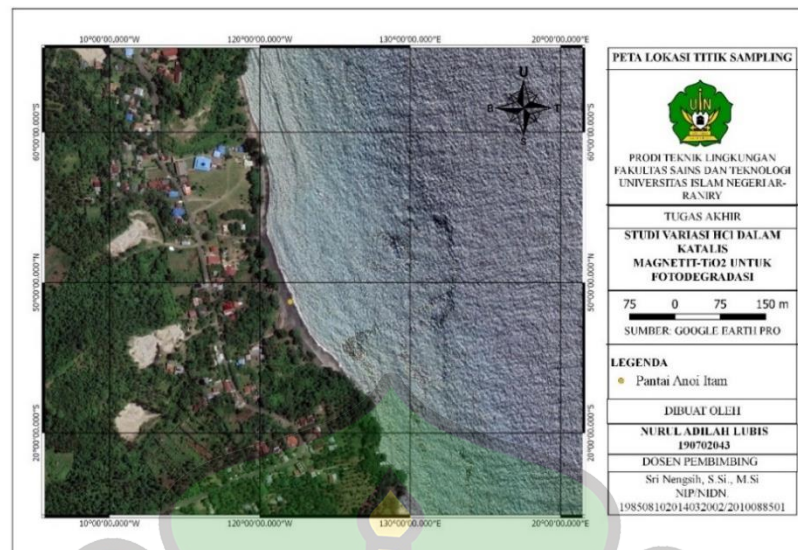
3.2.1 Waktu Penelitian

Waktu penelitian berlangsung selama kurang lebih 3 bulan dimulai pada bulan September hingga November dengan proses penelitian terhadap sampel di laboratorium hingga dihasilkan kesimpulan dan analisis data.

3.2.2 Lokasi Penelitian

a. Lokasi Pengambilan Fe_3O_4

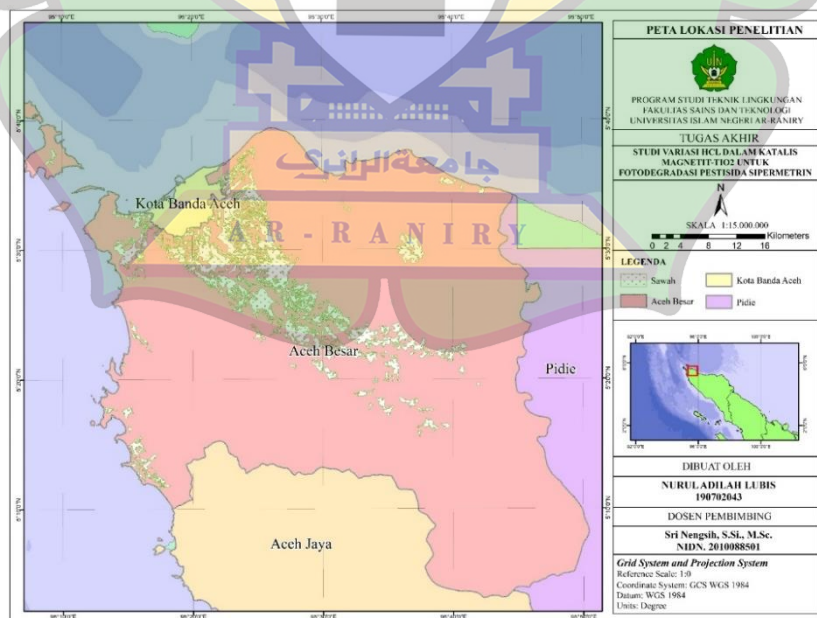
Fe_3O_4 atau pasir besi yang akan digunakan sebagai magnetit dan digabungkan dengan TiO_2 untuk menjadi katalis diambil di Pantai Anoi Itam, Kota Sabang, Aceh. Lokasi pengambilan dapat dilihat seperti Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3. 1 Peta Lokasi Pasir Besi

b. Lokasi Penelitian

Kabupaten Aceh Besar merupakan lokasi penelitian dimana dilakukan survei pada toko-toko pertanian untuk mengetahui jenis pestisida dan sawah penduduk karena daerah ini didominasi oleh lahan pertanian. Sementara lokasi penelitian secara eksperimen dilakukan secara skala lab pada Laboratorium Multifungsi UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Peta Kabupaten Aceh Besar dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut.



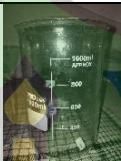
Gambar 3. 2 Peta Lokasi Penelitian

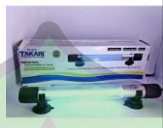
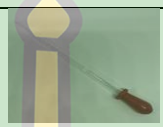
3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Penelitian ini menggunakan alat-alat yang dimuat dalam Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3. 1 Alat-Alat dalam Penelitian

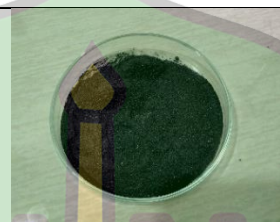
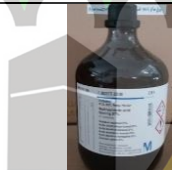
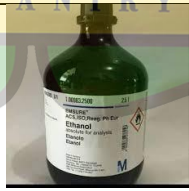
No	Alat	Gambar	Fungsi
1	Magnet Batang		Memisahkan pasir besi dengan kontaminan dan pasir biasa
2	Gelas Beker		Wadah sampel, bahan, dan larutan
3	Ayakan		Menyaring dan memisahkan pasir besi berdasarkan ukuran partikelnya
4	Neraca Analitik		Menimbang magnetit
5	Hotplate		Degradasi
6	Magnetic stirrer		Proses pengadukan saat degradasi
7	Lumpang/Mortal		Menggiling dan menghaluskan
8	Oven		Mengeringkan sampel

9	Kertas saring		Menyaring larutan
10	Shaker		Mengaduk larutan
11	Lampu UV-A		Penyinaran ultraviolet pada proses degradasi
12	Pipet tetes		Proses titrasi larutan hasil degradasi
13	Spektrofotometri UV-Vis		Mengukur adsorban sampel dalam bentuk gelombang
14	XRD (X-Ray Diffraction)		Menentukan struktur kristal nanopartikel katalis $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-TiO}_2$
15	VSM (Vibrating Sample Magnetometer)		Menentukan sifat magnetit
16	SEM (Scanning Electron Microscope)		Menentukan komposisi nanopartikel magnetit
17	Centrifuge		Menentukan absorbansi hasil proses degradasi

3.3.2 Bahan

Penelitian ini menggunakan bahan-bahan yang dimuat pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3. 2 Bahan-Bahan dalam Penelitian

No	Bahan	Gambar	Fungsi
1	Pestisida jenis sipermetrin		Limbah atau sampel penelitian
2	Pasir besi		Magnetit untuk katalis
3	TiO ₂ anates		Katalis yang akan digabungkan dengan Fe ₃ O ₄ untuk proses degradasi
4	Larutan HCl 37%		Pelarut pasir besi
5	NH ₄ OH		Larutan pengendapan pasir besi
6	Etanol 33%		Pelarut bahan kimia
7	Aquades		Larutan sterilisasi/kalibrasi

3.4 Prosedur Penelitian

1. Preparasi Pasir Besi

Preparasi pasir besi dilakukan untuk mendapatkan pasir dengan magnetit yang baik dan memisahkannya dengan kontaminan serta menyatukan ukuran butiran pasir besi agar memudahkan proses sintesis nantinya. Tahapan preparasi pasir besi adalah sebagai berikut (Nengsih, 2021).

- Pasir besi dengan kontaminannya dipisahkan menggunakan magnet batang
- Pasir besi dihaluskan menggunakan lumpang atau mortal
- Pasir besi disaring dengan ayakan berukuran 100 mesh hingga mendapatkan ukuran partikel yang sama
- Pasir besi dicuci dengan aquades dan dikeringkan menggunakan oven

2. Sintesis Magnetit Fe_3O_4

Pasir besi yang sudah dikeringkan kemudian diberi perlakuan agar siap menjadi magnetit yang akan dipakai pada proses fotodegradasi. Sintesis magnetit pasir besi terdiri dari beberapa langkah sebagai berikut (Nengsih, 2021).

- Pasir besi sebanyak 20 gram dengan ukuran partikel yang sama dimasukkan ke dalam tiap-tiap 3 gelas beker dan dicampurkan dengan larutan HCl 37% berdasarkan beberapa variasi jumlah larutan HCl yaitu 50 ml, 60 ml dan 70 ml, kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer*
- Campuran tersebut diaduk dengan kecepatan 800 rpm dan dipanaskan pada suhu 80°C selama 30 menit, kemudian didinginkan dan disaring menggunakan kertas saring
- Tiap-tiap larutan yang telah disaring kemudian ditambahkan NH_4OH (*ammonia*) 6,5 M menggunakan pipet tetes dengan rasio larutan yang disaring dan NH_4OH 1:5
- Diaduk kembali dengan *magnetic stirrer* pada kecepatan 800 rpm dan suhu 80°C selama 30 menit
- Hasil pengadukan dicuci menggunakan aquades dan diukur parameter pH nya hingga mencapai pH netral

- Magnetit kemudian disaring dengan kertas saring lalu dikeringkan menggunakan oven pada suhu 100°C selama 1 jam hingga menjadi serbuk
- Kemudian magnetit dihaluskan menggunakan lumpang/mortal kemudian diayak pada ayakan berukuran 200 mesh hingga menjadi nanopartikel Fe_3O_4
- Serbuk disimpan dan ditutup rapat

3. Pengujian Katalis Magnetit

Setelah magnetit terbentuk dan siap digunakan, dilakukan uji karakterisasi pada serbuk magnetit dengan beberapa alat sebagai berikut.

- XRD (*X-Ray Diffraction*) untuk mengetahui struktur kristal nanopartikel
- VSM (*Vibrating Sample Magnetometer*) untuk mengetahui sifat magnetik katalis pasir besi
- SEM (*Scanning Electron Microscope*) untuk mengetahui komposisi nanopartikel

4. Penggabungan Magnetit dengan TiO_2

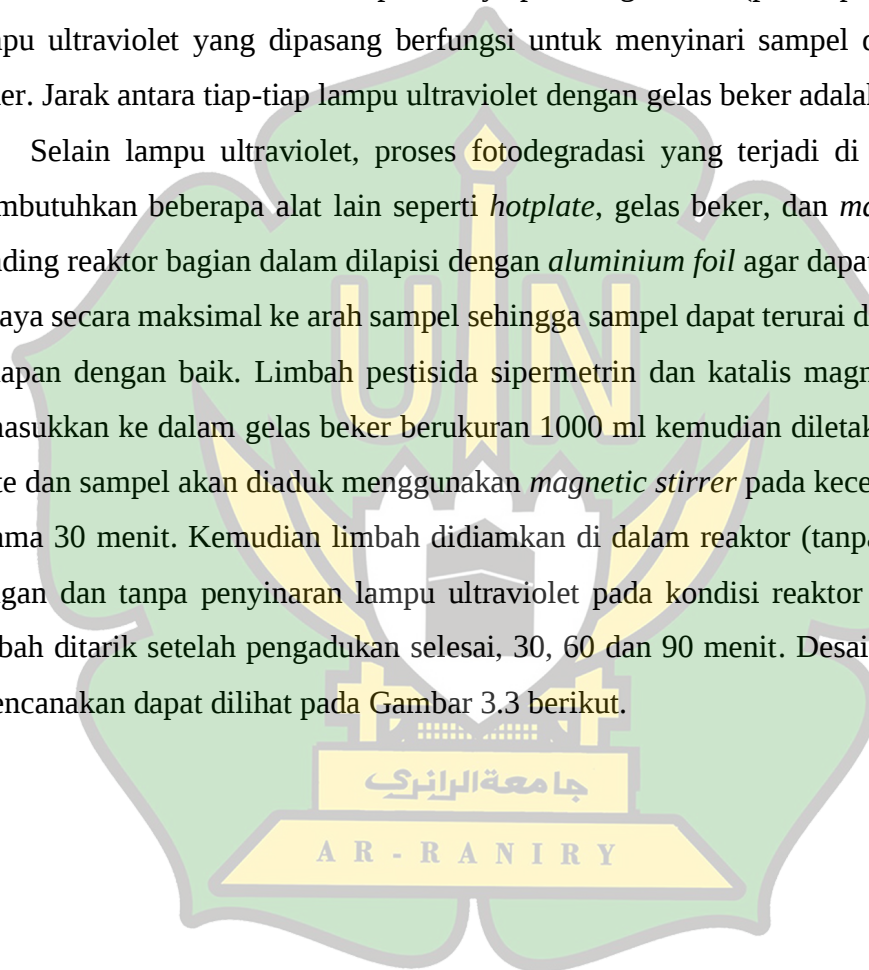
Setelah perlakuan pada magnetit selesai, selanjutnya menggabungkan pasir besi dan TiO_2 dengan tahapan dan proses sebagai berikut.

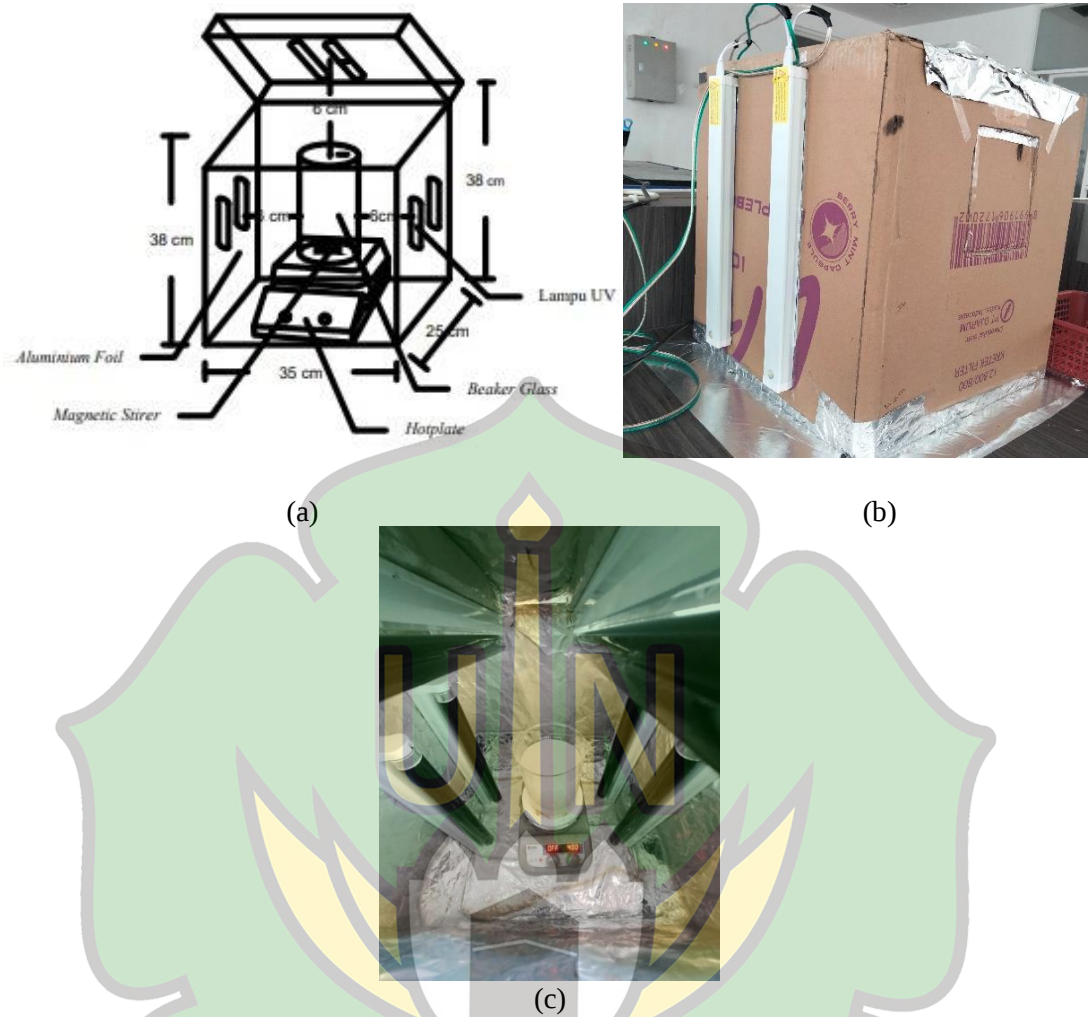
- Serbuk magnetit pasir besi dicampurkan dengan TiO_2 anates ke dalam gelas beker dengan rasio perbandingan 1:1 kemudian ditambahkan etanol konsentrasi 33%
- Larutan tersebut diaduk menggunakan *shaker* dengan kecepatan 130 rpm selama 30 menit
- Disaring menggunakan kertas saring dan dikeringkan dengan oven
- Dihaluskan dengan lumpang/mortal
- Dikalsinasi menggunakan *furnance* pada suhu 550°C selama 2 jam

5. Desain Reaktor

Reaktor yang direncanakan untuk digunakan selama proses fotodegradasi berbahan kardus bekas agar lebih ramah lingkungan (*reuse* dan *recycle*) berbentuk persegi panjang dengan ukuran panjang 35 cm, lebar 25 cm dan tinggi 38 cm. Reaktor diisi 6 lampu UV-A yang memiliki pita gelombang 315-400 nanometer berukuran 8 Watt dimana 2 lampu diletakkan pada masing-masing dinding samping kanan dan kiri bagian dalam reaktor serta 2 lampu lainnya pada bagian atas (penutup reaktor). Enam lampu ultraviolet yang dipasang berfungsi untuk menyinari sampel di dalam gelas beker. Jarak antara tiap-tiap lampu ultraviolet dengan gelas beker adalah 6 cm.

Selain lampu ultraviolet, proses fotodegradasi yang terjadi di dalam reaktor membutuhkan beberapa alat lain seperti *hotplate*, gelas beker, dan *magnetic stirrer*. Dinding reaktor bagian dalam dilapisi dengan *aluminium foil* agar dapat memantulkan cahaya secara maksimal ke arah sampel sehingga sampel dapat terurai dan membentuk endapan dengan baik. Limbah pestisida sipermetrin dan katalis magnetit-TiO₂ akan dimasukkan ke dalam gelas beker berukuran 1000 ml kemudian diletakkan diatas hot plate dan sampel akan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* pada kecepatan 400 rpm selama 30 menit. Kemudian limbah didiamkan di dalam reaktor (tanpa pengadukan) dengan dan tanpa penyinaran lampu ultraviolet pada kondisi reaktor yang tertutup, limbah ditarik setelah pengadukan selesai, 30, 60 dan 90 menit. Desain reaktor yang direncanakan dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut.





Gambar 3. 3 Reaktor, (a) Desain Reaktor, (b dan c) Tampak Nyata Reaktor

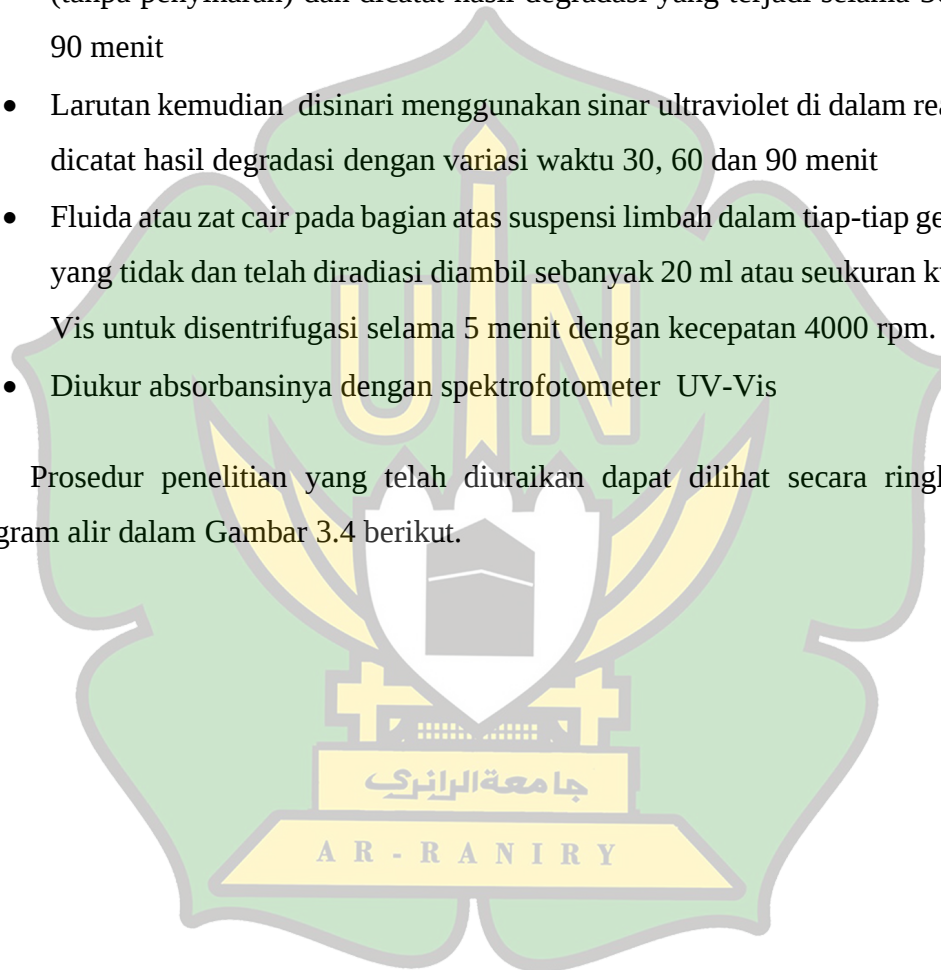
6. Proses Fotodegradasi Pestisida Sipermetrin

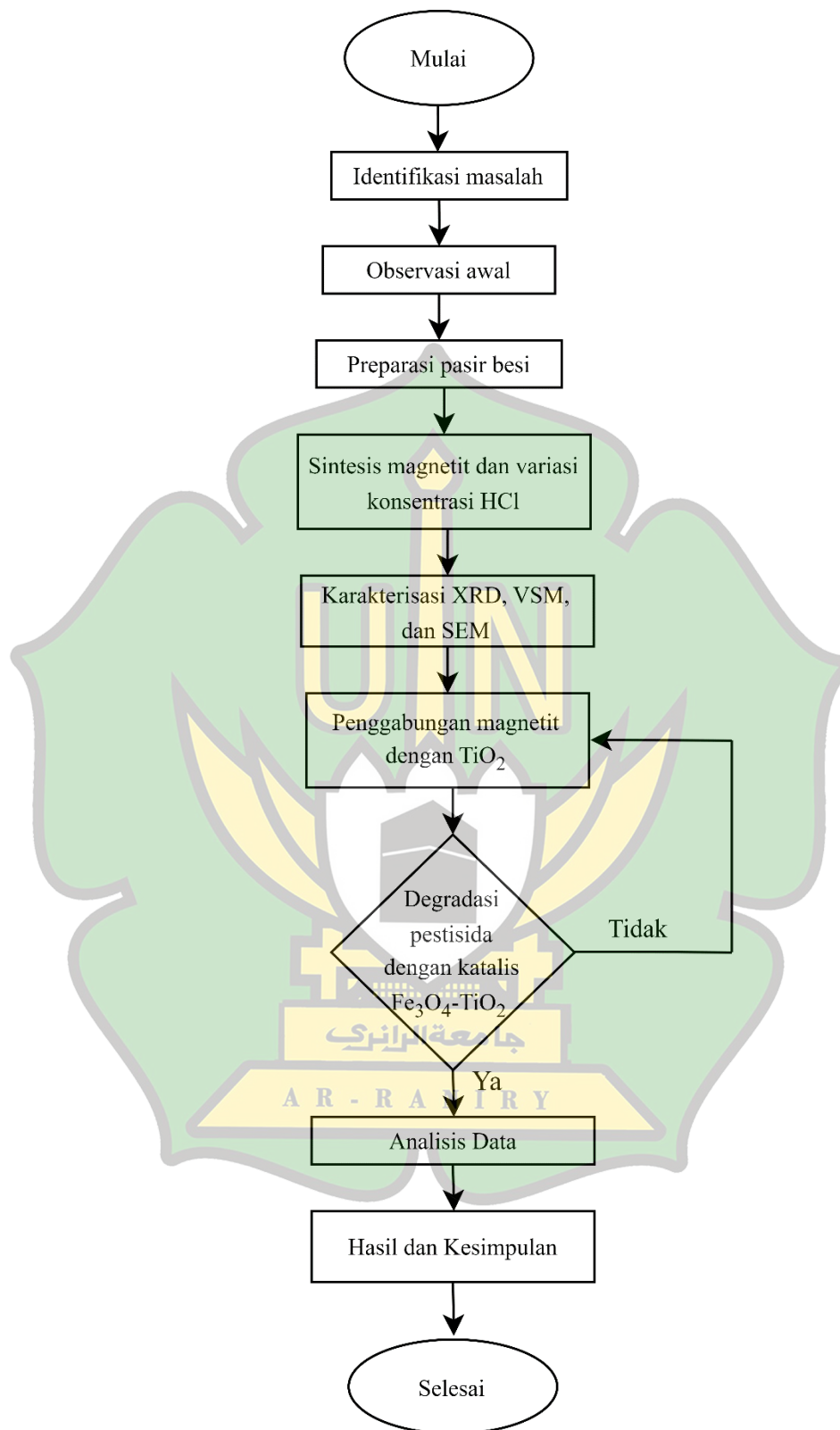
Fotodegradasi dilakukan untuk mengetahui apakah adanya perubahan variasi parameter sebelum dan sesudah perlakuan pada sampel pestisida dengan menggunakan reaktor serta mengubah senyawa organik menjadi senyawa yang lebih sederhana.

- Pestisida sipermetrin sebanyak 10 ppm tanpa perlakuan apapun diuji terlebih dahulu dengan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui serapan optik pada pestisida sebelum didegradasi

- Disiapkan 3 gelas beker yang masing-masing diisi 10 ppm atau 10 mg/liter pestisida sipermetrin dan dimasukkan katalis magnetit $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-TiO}_2$ pada tiap gelas beker berukuran 1000 ml dengan rasio pestisida dan katalis sebanyak 1:1
- Dimasukkan ke dalam reaktor untuk dihomogenkan menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 400 rpm selama 30 menit
- Larutan yang telah homogen didiamkan di dalam reaktor dalam kondisi gelap (tanpa penyinaran) dan dicatat hasil degradasi yang terjadi selama 30, 60 dan 90 menit
- Larutan kemudian disinari menggunakan sinar ultraviolet di dalam reaktor dan dicatat hasil degradasi dengan variasi waktu 30, 60 dan 90 menit
- Fluida atau zat cair pada bagian atas suspensi limbah dalam tiap-tiap gelas beker yang tidak dan telah diradiasi diambil sebanyak 20 ml atau seukuran kuvet UV-Vis untuk disentrifugasi selama 5 menit dengan kecepatan 4000 rpm.
- Diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis

Prosedur penelitian yang telah diuraikan dapat dilihat secara ringkas pada diagram alir dalam Gambar 3.4 berikut.





Gambar 3. 4 Diagram Alir Penelitian

3.5 Analisis Data

1. Berdasarkan rumusan masalah, hasil dari penelitian ini akan menjelaskan pengaruh variasi jumlah HCl yang digunakan selama proses kopresipitasi dalam preparasi magnetit. Fe_3O_4
2. Dalam pengujian XRD, ukuran kristal magnetit- TiO_2 dapat ditentukan dengan persamaan *Debye Scherrer* sebagai berikut.

$$D = \frac{K\lambda}{\beta \cos\theta} \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana:

D = ukuran kristal magnetit- TiO_2 (nm)

λ = panjang gelombang radiasi

K = konstanta (0,9)

β = luas lebar setengah puncak dalam satuan radian

θ = sudut puncak dalam satuan derajat

3. Berdasarkan rumusan masalah, hasil dari penelitian ini akan menjelaskan pengaruh variasi jumlah HCl yang digunakan selama proses kopresipitasi dalam preparasi magnetit Fe_3O_4 .
4. Pengujian VSM akan menghasilkan informasi dalam bentuk kurva histerisis mengenai besaran-besaran sifat magnetik akibat perubahan magnet luar. VSM juga mengukur sifat magnetik bahan yang diakibatkan oleh perubahan suhu.
5. Efektivitas katalis $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-TiO}_2$ dalam proses fotodegradasi pestisida akan dihitung menggunakan perhitungan persentase dari hasil proses fotodegradasi. Persentase tersebut menggunakan perhitungan pada persamaan 3.2 berikut.

$$\%D = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100\% \dots\dots\dots(3.2)$$

Dimana:

$\%D$ = persen degradasi

C_0 = konsentrasi awal

C_t = konsentrasi setelah penyinaran

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Sintesis dan Proses Pelarutan Pasir Besi

Pasir besi yang sudah dipisahkan dengan pasir biasa dan kontaminan lainnya (disebut juga pasir besi murni) dilarutkan menggunakan HCl untuk dipersiapkan sebagai serbuk magnetit yang akan digunakan sebagai campuran katalis untuk mendegradasi limbah pestisida. Dalam penelitian ini digunakan 3 variasi jumlah larutan HCl guna mengetahui perubahan dan efektivitas yang terjadi pada pasir besi. Banyaknya larutan HCl yang digunakan adalah 50, 60 dan 70 ml HCl yang masing-masing melarutkan 20 gram pasir besi murni. Hasil pengadukan pasir besi dan HCl menggunakan *hotplate* dan pengaduk magnetik dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4. 1 Hasil Pengadukan Pasir Besi dan HCl

Pasir besi yang telah dilarutkan dan disaring memiliki hasil saringan pada pelarut 50 ml sebanyak kurang lebih 45 ml, pelarut 60 ml sebanyak 55 ml dan pelarut 70 ml sebanyak 65 ml. Rata-rata total larutan terbuang adalah kurang lebih 5 ml dan 5 gram pasir besi per larutan yang tidak tersaring. Hasil saringan tersebut diambil sebanyak 20 ml pada masing-masing variasi pelarut, dimana jumlah pasir besi pada 20 ml ini diperkirakan terlarut sebanyak 8 gram. Selanjutnya digabungkan dengan NH_4OH 1:5 dan diaduk dengan suhu 80°C pada kecepatan 800 rpm selama 30 menit. Larutan kemudian dicuci menggunakan aquades hingga mencapai pH netral, lalu saring dan dikeringkan dengan oven pada suhu 100°C selama 1 jam hingga menjadi serbuk. Pasir besi yang tidak terlarut oleh tiap-tiap variasi pelarut HCl dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut.



Gambar 4. 2 Sisa Pasir Besi yang Tidak Terlarut

Hasil dari oven kemudian dihaluskan menggunakan lumpang dan diayak pada ayakan berukuran 200 mesh hingga menjadi serbuk nanopartikel Fe_3O_4 . Setelah dilakukan seluruh proses sintesis, serbuk magnetit ditimbang dan didapatkan bahwa pasir besi yang menggunakan pelarut HCl 70 ml merupakan pasir besi yang terlarut dan menghasilkan serbuk paling banyak dibandingkan pelarut HCl 50 ml dan 60 ml dengan berat serbuk yang dihasilkan 50 ml sebanyak 2,07 gram. Serbuk 60 ml menghasilkan berat 2,13 gram dan 70 ml pada 2,40 gram. Bentuk akhir magnetit yang dibentuk dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Hasil Akhir Magnetit Fe_3O_4

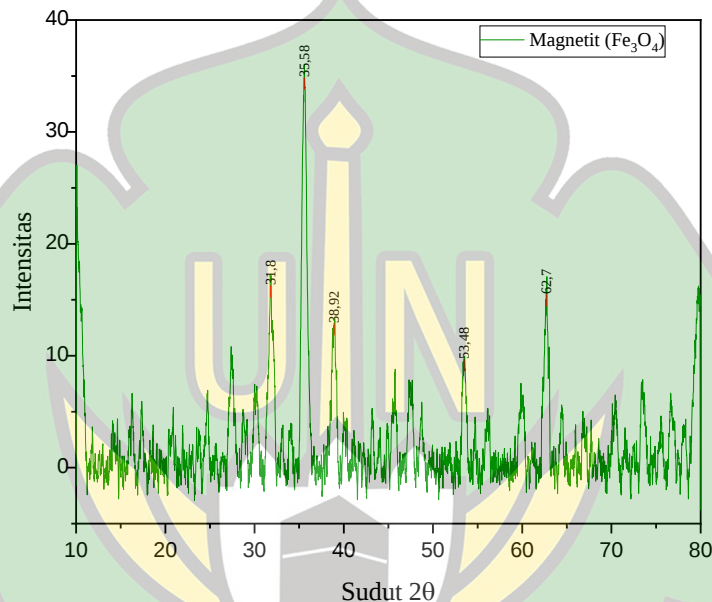
4.2 Pengujian Magnetit

Proses perubahan pasir besi murni menjadi magnetit dan katalis mengalami pereduksian dari partikel pasir biasa menjadi serbuk yang lebih halus karena dicampur dengan HCl, NH_4OH , diaduk, dikeringkan, diayak dan dilumpang. Sehingga diperlukan pengujian seperti XRD, SEM dan VSM untuk mengetahui hasil perubahan partikel yang terjadi apakah berukuran mikrometer atau sudah nanometer. Pengukuran

absorbansi hasil degradasi pestisida sipermetrin diuji menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

4.2.1 X-Ray Diffraction (XRD)

Pengujian XRD terhadap magnetit pasir besi yang sudah berbentuk serbuk dilakukan untuk mengetahui ukuran dan struktur kristal magnetit tersebut. Pengujian dilakukan di Laboratorium Fisika Fakultas MIPA Universitas Syiah Kuala dengan sampel magnetit yang menggunakan pelarut 50 ml HCl.



Gambar 4. 4 Grafik Hasil Uji XRD Magnetit

Berdasarkan grafik pengujian pada Gambar 4.4 tersebut, didapatkan hasil pengukuran magnetit (Fe_3O_4) yang dilampirkan pada Tabel 4.1 berikut berdasarkan standar rujukan JCPDS No. 00-019-0629.

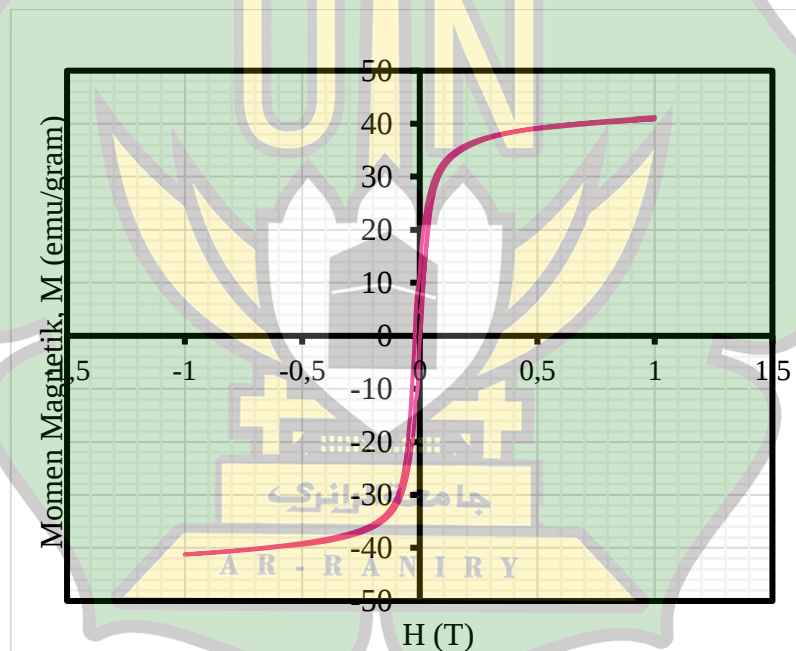
Tabel 4. 1 Data Hasil Uji XRD Magnetit

Sampel	Referensi Sudut 2θ	Sudut 2θ Hasil XRD	d (Å) Referensi	d (Å) Hasil XRD	Intensitas	Integrasi	FWHM (°)	Ukuran Kristal (nm)
Magnetit (Fe_3O_4)	30,05	31,86	2,97	2,94	18	680	0,24	34,29
	35,42	35,58	2,53	2,54	42	1352	0,31	26,88
	43,05	38,92	2,10	2,09	29	404	0,28	30,51
	53,40	53,48	1,71	1,71	12	283	0,17	52,26
	62,52	62,57	1,48	1,48	19	626	0,24	38,73

Puncak tertinggi magnetit pada Gambar 4.4 berada pada sudut 2θ $35,58^\circ$ dengan ukuran kristal 26,88 dan puncak paling rendah berada pada sudut 2θ $53,48^\circ$ dengan ukuran kristal 52,26. Grafik hasil XRD suatu sampel yang memiliki titik-titik puncak menunjukkan bahwa sampel tersebut memiliki ukuran kristal. Jika tidak ada titik puncak maka tidak terdapat kristal di dalamnya, tetapi hanya *amorf* (material yang tidak mempunyai senyawa kristal) (Prasetyowati dkk., 2021).

4.2.2 Vibrating Sample Magnetometer (VSM)

VSM berfungsi untuk mengetahui sifat magnetit pasir besi dalam bentuk kurva histerisis. Pengujian dilakukan di Laboratorium Material Maju Puspiptek, Kawasan Nuklir Serpong, Tangerang dengan sampel magnetit yang menggunakan pelarut 50 ml HCl.



Gambar 4. 5 Grafik Hasil Uji VSM Magnetit

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.5, didapatkan hasil pengukuran magnetit (Fe_3O_4) yang dilampirkan pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4. 2 Data Hasil Uji VSM Magnetit

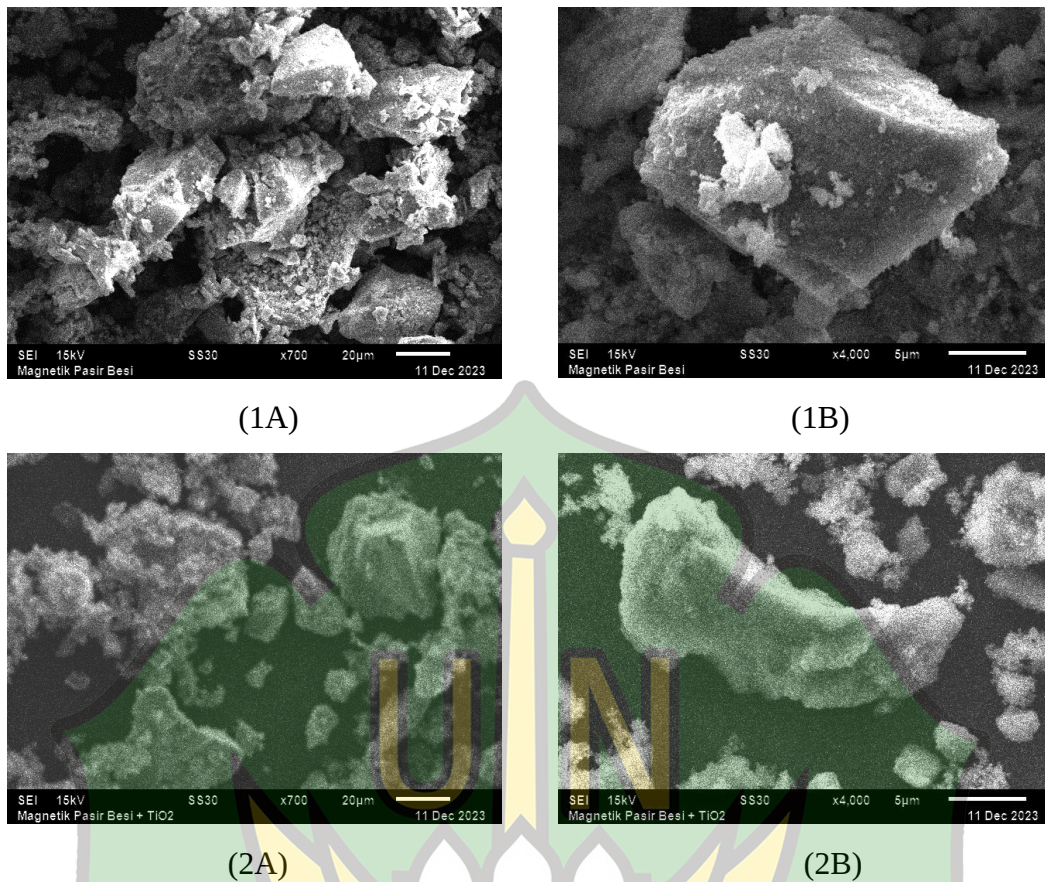
Sampel	Variabel Magnetit		
	Magnetisasi Saturasi (Ms) (emu/gr)	Magnetisasi Remanen (Mr) (emu/gr)	Medan Koersivitas (Hc) (T)
Magnetit (Fe_3O_4)	40,02	13,31	-0,0241

Nilai remanen (Ms) berfungsi untuk mengetahui ukuran magnetisasi yang tetap pada suatu bahan setelah medan magnet eksternal dihilangkan, nilai remanen mempengaruhi energi produk pada kurva. Nilai saturasi (Ms) berfungsi untuk menunjukkan batas maksimum magnetisasi yang dapat dicapai oleh suatu material sedangkan nilai Hc adalah untuk mengetahui bagaimana kemampuan material magnetic untuk menahan perubahan magnetisasi setelah terpapar medan magnet eksternal sehingga dari tiga variabel tersebut didapatkan hasil VSM Magnetit Fe_3O_4 menunjukkan bahwa magnetit ini bersifat super paramagnetit karena secara umum bahan Fe_3O_4 tidak memiliki momen magnet dimana hal ini dapat menjadikan Fe_3O_4 terdistribusi dengan mudah didalam air serta mudah untuk dikumpulkan/disatukan menggunakan magnet (Wardiyati dkk., 2016).

Variabel magnetit yang didapatkan berdasarkan hasil pengujian ini adalah 40,02 emu/gr pada nilai Ms (saturasi), 13,31 emu/gr pada nilai Mr (remanen) dan -0,0241 T pada Hc (koersivitas).

4.2.3 Scanning Electron Microscope (SEM)

Uji SEM dilakukan untuk mengetahui komposisi nanopartikel pada pasir besi (magnetit) dan magnetit- TiO_2 (katalis). Pengujian SEM dilakukan di Laboratorium Politeknik Negeri Lhokseumawe dengan sampel magnetit yang menggunakan pelarut 50 ml HCl dan magnetit yang telah digabungkan dengan TiO_2 .



Gambar 4. 6 Hasil Uji SEM, (1) Magnetit (2) Magnetit-TiO₂, dimana A Pembesaran 700x dan B Pembesaran 4.000x

Hasil uji SEM berdasarkan Gambar 4.6 menunjukkan bahwa pada kedua sampel terdapat penggumpalan (aglomerasi), yang mana hal ini dapat terjadi karena beberapa hal seperti adanya kontak udara dan pengaruh ayakan maupun lumpang. Jarak waktu antara selesainya sintesis kedua sampel hingga dilakukan pengujian berjarak 1 bulan karena adanya proses *booking* jadwal pengujian, proses pengiriman sampel ke lokasi pengujian, antrian pengujian SEM, hingga konfirmasi kesesuaian hasil uji yang diinginkan. Sehingga dalam jangka waktu sebulan tersebut dapat mengakibatkan terbentuknya aglomerasi (penggumpalan) dan perubahan morfologi akibat kontak udara dalam waktu yang lama.

Faktor lain yang dapat menyebabkan adanya aglomerasi adalah hasil ayakan. Proses ayakan dilakukan pada ayakan berukuran 200 mesh. Suatu ayakan belum tentu

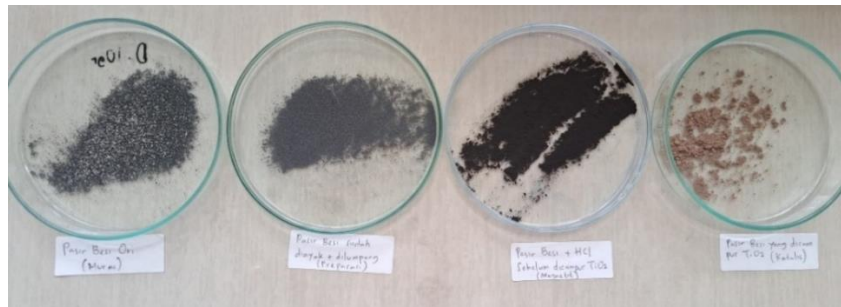
memiliki dimensi lolos partikel dengan ukuran sama yang diakibatkan gesekan karena penggunaan yang terlalu sering sehingga pasir besi yang telah selesai diayak bisa memiliki ukuran partikel yang tidak sama (berbeda). Kedua sampel masing-masing dilakukan uji SEM pada pembesaran 700 dan 4.000 kali dengan hasil yang didapatkan berukuran mikrometer.

4.3 Penggabungan Magnetit dengan TiO_2

Magnetit yang telah selesai disintesis masing-masing diambil 2 gram untuk digabungkan dengan 2 gram serbuk TiO_2 dan 150 ml etanol kemudian diaduk dengan *shaker*. Hasil pengadukan kemudian dikeringkan dengan oven dan dipanaskan menggunakan *furnance* pada suhu 500°C .

Perubahan morfologi pasir besi sejak awal diambil langsung di alam hingga penggabungan dengan TiO_2 mengalami perubahan pada bentuk dan struktur karena mengalami beberapa perlakuan, akan tetapi pasir tersebut tetap memiliki sifat magnetik walaupun telah digabung dengan beberapa komponen lain. Pasir besi yang diambil pada Pantai Anoi Itam Kota Sabang masih bercampur dengan pasir biasa dan kontaminan lainnya sehingga diperlukan proses pemisahan antara pasir besi dan kontaminannya menggunakan magnet batang untuk mendapatkan pasir besi murni. Pasir besi murni kemudian dilarutkan menggunakan HCl dan NH_4OH yang kemudian akan menghasilkan pasir besi berwarna hitam pekat dan memiliki partikel yang lebih halus dibandingkan pasir besi murni. Hasil pelarutan ini disebut juga magnetit.

Magnetit kemudian dicampurkan dengan serbuk TiO_2 dan etanol lalu diaduk, dikeringkan dan dikalsinasi. Proses penggabungan ini menghasilkan serbuk berwarna coklat kemerahan yang jauh lebih halus dibandingkan pasir besi murni dan magnetit. Hasil serbuk ini disebut juga katalis, yang nantinya akan digunakan sebagai serbuk yang mendegradasi limbah pestisida sipermetrin. Gambar 4.7 berikut menunjukkan bentuk fisik perbedaan pasir besi pada tiap perlakuan yang sudah dilakukan.



Gambar 4. 7 Perubahan Morfologi Pasir Besi

4.4 Proses Degradasi

Limbah pestisida berbahan aktif sipermetrin didegradasi menggunakan pasir besi dan TiO_2 sebagai katalis. Limbah yang digunakan sebanyak 1000 ml dengan katalis 0,75 gram. Proses degradasi dilakukan dengan dan tanpa penyinaran di dalam reaktor menggunakan *magnetic stirrer* 400 rpm selama 30 menit. Penyinaran menggunakan 6 buah lampu UV-A 10 Watt. Perubahan yang terjadi pada pestisida selama proses degradasi diamati pada 4 waktu kontak yaitu pada menit pertama setelah didegradasi, 30 menit, 60 menit dan 90 menit setelah degradasi. Limbah ditarik menggunakan pipet tetes untuk dilakukan sentrifugasi dan menghitung perubahan persen degradasi dan absorbansi yang terjadi pada limbah.



(a)

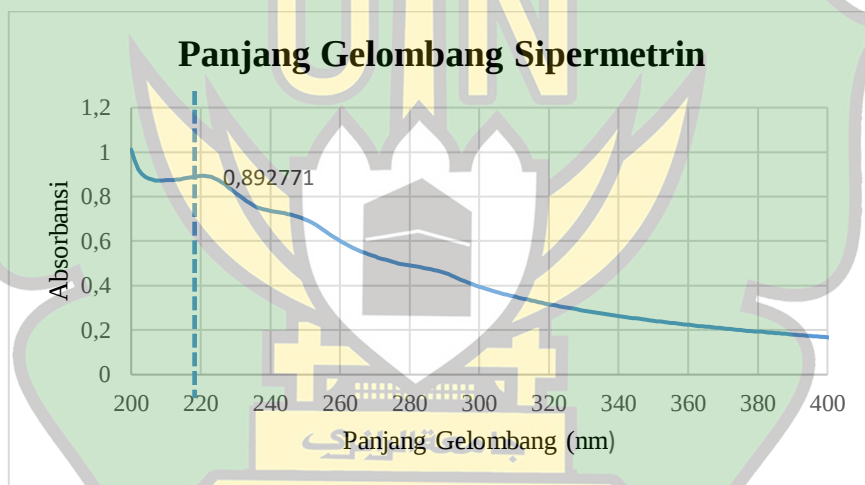
(b)

Gambar 4. 8 Limbah Sipermetrin, (a)Sebelum Degradasi, (b)Setelah Degradasi

Setelah didegradasi dan sentrifugasi, berdasarkan Gambar 4.8 dapat diketahui bahwa limbah pestisida sipermetrin secara kasat mata terlihat menjadi lebih jernih dan transparan serta aroma pestisida yang tajam berkurang. Untuk mengetahui perbedaan secara signifikan pada jumlah pestisida yang berhasil terdegradasi dilakukan pengujian UV-Vis guna mengetahui absorbansi dan persen degradasi pada tiap-tiap variasi waktu limbah.

4.5 Pengujian Spektrofotometer UV-Vis

Pengujian UV-Vis dilakukan pada limbah pestisida sebelum dilakukan perlakuan apapun untuk mengetahui panjang gelombang pestisida dan pada hasil degradasi limbah pestisida berdasarkan waktu kontak yang divariasikan. Hasil UV-Vis limbah pestisida sipermetrin berada pada panjang gelombang 220 nm yang dilampirkan pada Gambar 4.9 berikut.



Gambar 4. 9 Titik Puncak Panjang Gelombang Sipermetrin

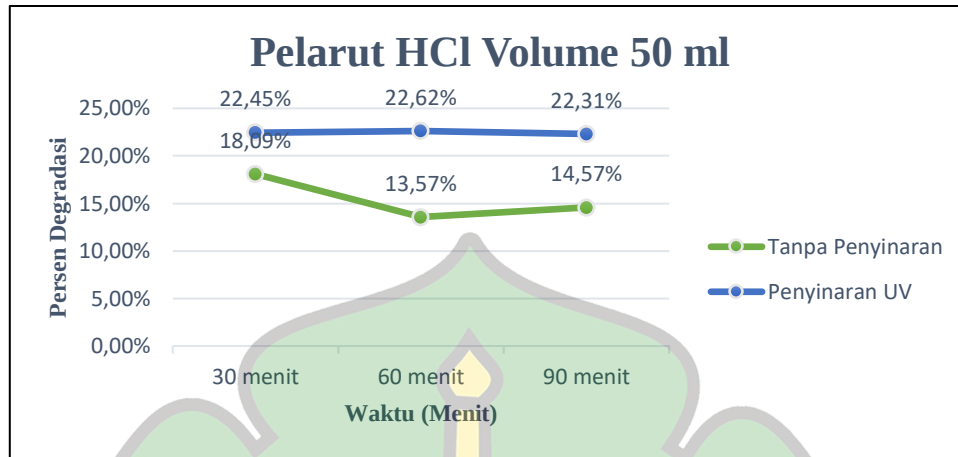
Hasil degradasi pada 3 sampel limbah pestisida sipermetrin yang telah diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4. 3 Data Persen Degradasi Limbah Sipermetrin

Volume HCl	Sistem Penyinaran	Waktu Kontak	Absorbansi	Persen Degradasi
50 ml	tanpa penyinaran	30 menit	0.908505	18,09%
50 ml	tanpa penyinaran	60 menit	0.998126	13,75%
50 ml	tanpa penyinaran	90 menit	0.804675	14,57%
50 ml	UV	30 menit	0.860965	22,45%
50 ml	UV	60 menit	0.869077	22,62%
50 ml	UV	90 menit	0.852795	22,31%
60 ml	tanpa penyinaran	30 menit	0.497665	44,25%
60 ml	tanpa penyinaran	60 menit	0.51506	42,30%
60 ml	tanpa penyinaran	90 menit	0.57219	35,90%
60 ml	UV	30 menit	0.45622	48,89%
60 ml	UV	60 menit	0.44891	49,71%
60 ml	UV	90 menit	0.431921	51,62%
70 ml	tanpa penyinaran	30 menit	0.542126	39,27%
70 ml	tanpa penyinaran	60 menit	0.538059	39,73%
70 ml	tanpa penyinaran	90 menit	0.536196	39,94%
70 ml	UV	30 menit	0.405890	54,53%
70 ml	UV	60 menit	0.416109	53,39%
70 ml	UV	90 menit	0.437141	51,03%

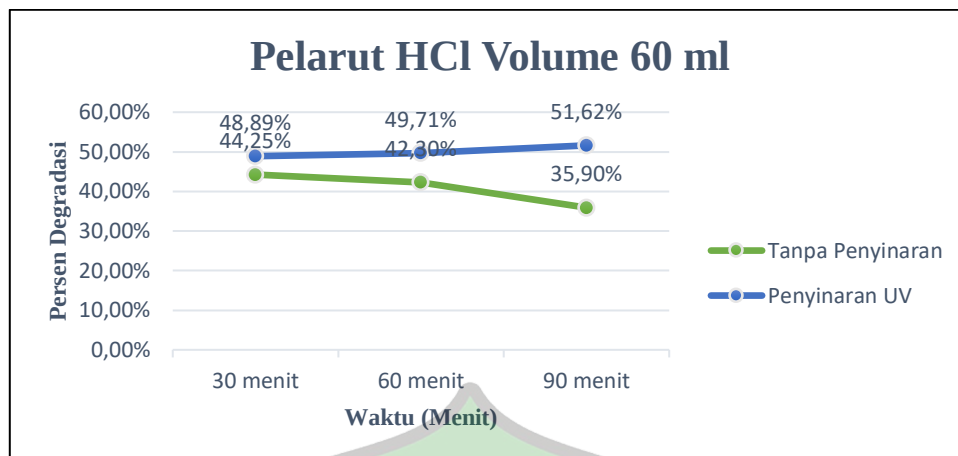
Berdasarkan Tabel 4.3, pada sampel pelarut magnetit HCl 50 ml menit ke-60 tanpa penyinaran terjadi absorbansi sebesar 13,75% dimana ini merupakan absorbansi terkecil diantara seluruh absorbansi yang terjadi. Sedangkan absorbansi tertinggi terjadi pada sampel pelarut magnetit HCl 70 ml menit ke-30 menggunakan penyinaran UV yaitu sebesar 54,53%. Penggunaan sinar ultraviolet juga mempengaruhi proses degradasi, dimana rata-rata hasil absorbansi yang terjadi menggunakan sinar UV pada

setiap sampel lebih tinggi dibandingkan tanpa penyinaran. Grafik pada masing-masing sampel dijelaskan pada Gambar 4.10 sampai Gambar 4.12 berikut.



Gambar 4. 10 Grafik Hasil Degradasi Sipermetrin dengan Pelarut HCl Volume 50 ml

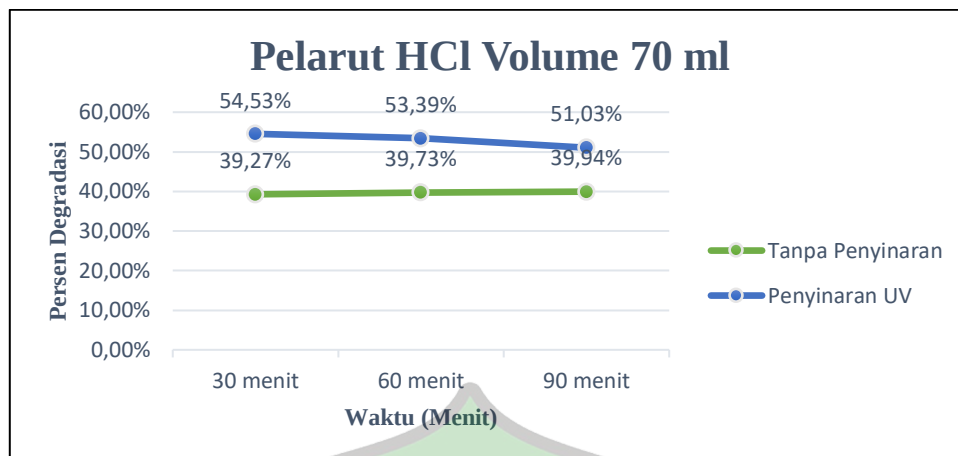
Berdasarkan hasil grafik dalam Gambar 4.10, degradasi yang terjadi pada limbah sipermetrin dengan magnetit yang dilarutkan dalam 50 ml HCl berkisar mulai dari 13,57% hingga 22,62%. Pada 30 menit pertama tanpa penyinaran terjadi absorbansi sebesar 18,09% yang kemudian menurun 5% pada menit ke-60 yaitu sebesar 13,57% dan naik kembali menjadi 14,57%. Sedangkan dengan sinar ultraviolet, sipermetrin terdegradasi sebesar 22,45% pada 30 menit pertama, 22,62% pada 30 menit kedua dan berakhir dengan turunnya absorbansi di menit ke-90 sebanyak 22,31%. Degradasi menggunakan penyinaran ultraviolet lebih efektif dibandingkan tidak adanya penyinaran, hal ini dikarenakan TiO_2 dapat bekerja lebih baik pada gelombang ultraviolet. Penurunan degradasi paling tinggi terjadi pada menit ke 60 dengan sinar ultraviolet yaitu sebesar 22,62%.



Gambar 4. 11 Grafik Hasil Degradasi Sipermetrin dengan Pelarut HCl Volume 60 ml

Gambar 4.11 menunjukkan grafik degradasi pestisida dengan magnetit yang menggunakan pelarut HCl 60 ml dengan penyinaran ultraviolet pada 30 menit mengalami 48,89% pestisida yang terdegradasi, pada menit ke-60 pestisida mengalami kenaikan terdegradasi sebanyak 49,71% dan pada menit 90 pestisida berhasil terdegradasi sebesar 51,62%. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa sinar ultraviolet berpengaruh dalam efektivitas proses degradasi.

Degradasi tanpa penyinaran apapun pada 60 m HCl mengalami penurunan pada tiap variasi waktu. Pada 30 menit pertama, terjadi degradasi sebesar 44,25%. 30 menit kedua degradasi pestisida mengalami penurunan menjadi 42,30% dan pada 30 menit terakhir degradasi turun menjadi 35,90%. Hal ini bisa saja terjadi diakibatkan beberapa faktor seperti tercampurnya kembali katalis yang sudah mengendap dengan limbah pestisida karena guncangan saat penarikan limbah menggunakan pipet tetes serta tidak adanya cahaya ultraviolet yang membantu kinerja katalis dalam mempercepat proses degradasi. Penurunan degradasi paling tinggi terjadi pada menit ke-90 dengan sinar ultraviolet yaitu sebesar 51,62%.



Gambar 4. 12 Grafik Hasil Degradasi Sipermetrin dengan Pelarut HCl Volume 70 ml

Degradasi pestisida dengan magnetit yang menggunakan pelarut HCl 70 ml dalam Gambar 4.12 menunjukkan bahwa sampel dengan penyinaran ultraviolet pada 30 menit pertama mengalami 54,53% pestisida yang terdegradasi, pada 30 menit kedua pestisida mengalami penurunan degradasi sebanyak 53,39% dan pada 30 menit terakhir pestisida berhasil terdegradasi sebesar 51,03%. Degradasi yang terjadi dengan bantuan lampu UV ini mengalami penurunan yang bisa saja dikarenakan faktor seperti tercampurnya kembali katalis yang sudah mengendap dengan limbah pestisida karena guncangan saat penarikan limbah menggunakan pipet tetes. Hasil degradasi menggunakan penyinaran ultraviolet pada 70 ml HCl mengalami peningkatan pada tiap variasi waktu. Pada menit 30 terjadi degradasi sebesar 39,27%. Pada waktu 60 menit degradasi pestisida mengalami kenaikan menjadi 39,73% dan pada 30 menit terakhir pestisida berhasil terdegradasi sebanyak 39,94%. Penurunan degradasi paling tinggi terjadi pada menit 30 menit pertama dengan sinar ultraviolet yaitu sebesar 54,53%.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Pengaruh variasi konsentrasi HCl yang terjadi pada hasil sintesis dalam sintesis magnetit menggunakan metode kopresipitasi adalah perbedaan jumlah pasir besi yang terlarut, dimana pasir besi yang dilarutkan dengan volume pelarut HCl 50 ml terlarut dan menghasilkan serbuk magnetit sebanyak 2,07 gram, pelarut HCl volume 60 ml sebanyak 2,40 gram dan pelarut HCl volume 70 ml sebanyak 2,40 gram serbuk magnetit, sehingga pasir besi paling banyak terlarut menggunakan HCl bervolume 70 ml.
2. Fotokatalis magnetit-TiO₂ sebanyak 0,75 gram mampu mendegradasi limbah sipermetrin dengan volume 1000 ml hingga mencapai absorbansi terkecil sebesar 13,75% dan absorbansi tertinggi sebesar 54% dengan penggunaan metode penyinaran sinar ultraviolet lebih efektif dalam menurunkan absorbansi dibandingkan tanpa penyinaran.

5.2 Saran

1. Penelitian ini hanya fokus pada kemampuan atau efektivitas katalis untuk mendegradasi limbah sipermetrin dan tidak difokuskan pada penurunan konsentrasi pestisida yang diperbolehkan sesuai standar baku mutu. Sehingga untuk penelitian selanjutnya, diperlukan kajian lanjutan untuk mengetahui bagaimana hasil perubahan konsentrasi pestisida (ppm) setelah degradasi.
2. Penelitian ini hanya dapat dilakukan pada skala laboratorium dengan menggunakan limbah buatan sebanyak 1000 ml, sehingga ke depannya diharapkan adanya penelitian yang dapat mengaplikasikan langsung pada limbah di lingkungan misalnya pada aliran air yang terkontaminasi limbah pestisida dengan katalis yang sama yaitu Fe₃O₄-TiO₂.

DAFTAR PUSTAKA

- A'yunin, N. Q., Achdiyat, A., & Saridewi, T. R. (2020). Preferensi Anggota Kelompok Tani Terhadap Penerapan Prinsip Enam Tepat (6T) Dalam Aplikasi Pestisida. *Jurnal Inovasi Penelitian*, 1(3), 253–264. <https://doi.org/10.47492/jip.v1i3.73>
- Aminullah, M., Sukarno, F., & Baiti, I. F. (2019). Pemanfaatan TiO₂ Pada Proses Fotodegradasi Limbah Pewarna Batik (Remazol Yellow Fg). *Jurnal Crystal : Publikasi Kimia Dan Terapannya*, 1(01), 28–38.
- Andesgur, I. (2019). Analisa Kebijakan Hukum Lingkungan dalam Pengelolaan Pestisida. *Bestuur*, 7(2), 93–105.
- Ardiwinata, A. N. (2020). Pemanfaatan Arang Aktif dalam Pengendalian Residu Pestisida di Tanah: Prospek dan Masalahnya. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 14(1), 49–62.
- Astuti, S. R. D., Sari, A. R. P., & Karlinda. (2021). Perbandingan Aktivitas Reaksi Fotodegradasi Remazol Red dengan TiO₂ Anatas 50%-Rutil 50% dan TiO₂ Anatas Tersupport Agl. *Walisono Journal of Chemistry*, 4(1), 32–44.
- Deka, P. T. (2019). Perbandingan Proses Fotodegradasi Pada Zat Warna Metil Jingga Menggunakan Zeolit, Katalis Fe₂O₃-Zeolit dan Sinar UV. *Journal of Pharmacy and Science*, 4(2), 71–76. <https://doi.org/10.53342/pharmasci.v4i2.139>
- Didik, L. A., Aini, H., & Zohdi, A. (2020). Analisis Perbandingan Kandungan Fe dan Karakteristik Sifat Listrik Pasir Besi Sungai dan Pantai. *Fisika Flux*, 17(02), 138–145.
- El-Saeid, M. H., Baqais, A., & Alshabanat, M. (2022). Study of the Photocatalytic Degradation of Highly Abundant Pesticides in Agricultural Soils. *Molecules*, 27(3), 1–13. <https://doi.org/10.3390/molecules27030634>
- Fauzi, W. A., Simpen, I. N., & Sudiarta, I. W. (2019). Sintesis dan Karakterisasi Zeolit-TiO₂ Serta Pemanfaatannya sebagai Fotokatalis untuk Degradasi Rhodamin B. *Jurnal Kimia*, 13(1), 74. <https://doi.org/10.24843/jchem.2019.v13.i01.p12>
- Febriyani, S., & Aini, S. (2023). Synthesis of Magnetite (Fe₃O₄) Nanoparticles from Iron Ore with the Addition of Lauric Acid. *Natural Science: Jurnal Bidang IPA*

Dan Pendidikan IPA, 9(1), 57–69.

- Ghods, S., Esrafil, A., Kalantary, R. R., Gholami, M., & Sobhi, H. R. (2019). Synthesis and evaluation of the performance of g-C₃N₄/Fe₃O₄/Ag photocatalyst for the efficient removal of diazinon: Kinetic studies. *Journal of Photochemistry & Photobiology, A: Chemistry*, 19(1–25), 112279. <https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2019.112279>
- Hefdea, A., & Rohmawati, L. (2020). Sintesis Fe₃O₄ dari Pasir Mineral Tulungagung Menggunakan Metode Kopresipitasi. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)*, 09(02), 1–4.
- Karbeka, M., Koly, F. V. L., & Tellu, N. M. (2020). Karakterisasi Sifat Kemagnetan Pasir Besi Pantai Puntaru Kabupaten Alor-NTT Martasiana. *Lantanida Journal*, 8(2), 96–188.
- Kevin, Aria, V. L., Handogo, R., & Sutikno, J. P. (2021). Pra Desain Pabrik Asam Klorida dari Elektrolisis Garam Industri. *Jurnal Teknik ITS*, 10(2), 139–144.
- Khoiriah, K., Wellia, D. V., & Safni, S. (2019). Degradasi Pestisida Diazinon dengan Proses Fotokatalisis Sinar Matahari Menggunakan Katalis C₃N-Codoped TiO₂. *Kimia Dan Kemasan*, 41(1), 17–25.
- Lubis, H. (2022). Perbandingan Karakterisasi Morfologi Fe₃O₄ terhadap Fe₃O₄ Merck melalui Metode Kopresipitasi. *Jurnal Institusi Politeknik Ganesha Medan*, 5(2), 458–463.
- Nengsih, S. (2021). Review Literatur: Sintesis Pasir Besi Menjadi Nanopartikel Magnetit Melalui Penerapan Metode Kopresipitasi. *Amina* 3(3), 3(3), 112–122.
- Pamungkas, O. S. (2016). Bahaya Paparan Pestisida terhadap Kesehatan Manusia. *Bioedukasi*, 14(1), 27–31. <https://jurnal.unej.ac.id/index.php/BIOED/article/download/4532/3355>
- Pradipta, A. R., Enriyani, R., Rahmatia, L., & Utami, A. (2021). Sintesis Nanokomposit Fe₃O₄/TiO₂ Sebagai Fotokatalis yang Dapat Diambil Kembali Dalam Fotoreduksi Limbah Ion Perak (I). *Warta Akab*, 45(1), 32–39.
- Prajawahyudo, T., K. P. Asiaka, F., & Ludang, E. (2022). Peranan Keamanan Pestisida Di Bidang Pertanian Bagi Petani Dan Lingkungan. *Journal Socio Economics*

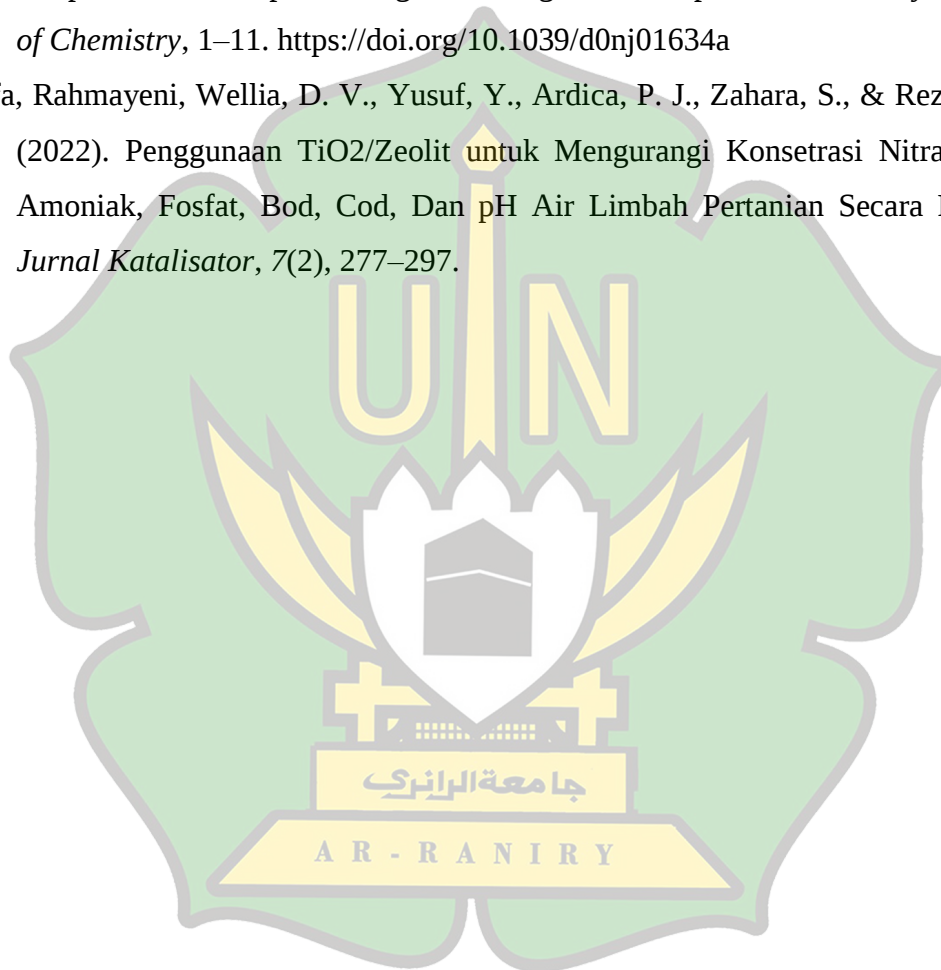
- Agricultural*, 17(1), 1–9. <https://doi.org/10.52850/jsea.v17i1.4227>
- Prasetyowati, R., Widiawati, D., & Swastika, P. E. (2021). Sintesis Dan Karakteristik Nanopartikel Magnetit (Fe_3O_4) Berbasis Pasir Besi Pantai Glagah Kulon Progo Dengan Metode Kopresipitasi Pada Berbagai Variasi Konsentrasi NH_4OH . *Jurnal Sains Dasar*, 10(2), 57–61.
- Puspitarum, D. L., Safitri, G., Ardiyanti, H., & Anrokhi, M. S. (2019). Karakterisasi dan Sifat Kemagnetan Pasir Besi di Wilayah Lampung Tengah. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 7(2), 236. <https://doi.org/10.24127/jpf.v7i2.2189>
- Rachmat, A., Said, M., Fatma, Badarwi, H. A., & Ramadhan, A. M. (2018). Photodegradation of Permethrin using Photocatalyst Montmorillonite- TiO_2 . *Indonesia Journal of Fundamental and Applied Chemistry*, 01(01), 1–6.
- Rini, R. S., Fajriati, I., & Kiswandono, A. A. (2019). Pengaruh Penambahan Hidrogen Peroksida (H_2O_2) Terhadap Efektivitas Fotodegradasi Naphthol Menggunakan Fotokatalis TiO_2 . *Jurnal Analytical and Enviromental Chemistry*, 4(01), 26–40.
- Riskiani, E., Suprihatin, I. E., & Sibarani, J. (2019). Fotokatalis Bentonit- Fe_2O_3 untuk Degradasi Zat Warna Remazol Brilliant Blue. *Cakra Kimia*, 7(1), 46–54.
- Royani, A., & Subagja, R. (2019). Extraction of Calcium from Calcined Dolomite Ore Using Hydrochloric Acid Leaching. *Jurnal Teknologi Mineral Dan Batubara*, 15(1), 13–22. <https://doi.org/10.30556/jtmb.Vol15.No1.2019.924>
- Sagita, A., Saputra, E., & Utama, P. S. (2020). Advanced Oxidation Process (AOP): Degradasi Zat Warna Rhodamin B Dengan Metode Fotokatalitik Menggunakan Katalis Covalent Triazine Framework (CTF). *FTekniik*, 7(2), 1–4.
- Setiawan, A., Sugiarto, C., Mayangsari, N. E., Ari, M., & Santiasih, I. (2023). Sintesis Dan Karakterisasi Komposit TiO_2 /Zeolit Sebagai Fotokatalis Pada Degradasi Amonia Di Dalam Air Limbah. *Jurnal Teknologi*, 15(1), 87–96.
- Sutriadi, M. T., Harsanti, E. S., & Wihardjaka, A. (2020). Pestisida Nabati: Prospek Pengendali Hama Ramah Lingkungan. *Sumberdaya Lahan*, 13(2), 89–101.
- Thahir, R., Wahab, A. W., Nafie, N. La, & Raya, I. (2019). Synthesis and Characterization of TiO_2 Nanoparticle as Adsorbent on The Treatment of Methylene Blue Dye Pollutant. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 14(1), 19–

27. <https://doi.org/10.23955/rkl.v14i1.13447>

Wardiyati, S., Adi, W. A., & Winatapura, D. S. (2016). Pengaruh Penambahan SiO₂ Terhadap Karakteristik dan Kinerja Fotokatalitik Fe₃O₄/TiO₂ Pada Degradasi. *Jurnal Kimia Kemasan*, 38(01), 31–40.

Zhang, M., Mei, J., Lv, S., Lai, J., Zheng, X., Yang, J., & Cui, S. (2020). Simultaneous extraction of permethrin diastereomers and deltamethrin in environmental water samples based on aperture regulated magnetic mesoporous silica. *Royal Society of Chemistry*, 1–11. <https://doi.org/10.1039/d0nj01634a>

Zilfa, Rahmayeni, Wellia, D. V., Yusuf, Y., Ardica, P. J., Zahara, S., & Reza, M. H. (2022). Penggunaan TiO₂/Zeolit untuk Mengurangi Konsetrasi Nitrat, Nitrit, Amoniak, Fosfat, Bod, Cod, Dan pH Air Limbah Pertanian Secara Fotolisis. *Jurnal Katalisator*, 7(2), 277–297.



LAMPIRAN

1. Perhitungan Konsentrasi Limbah

Limbah pestisida sipermetrin yang digunakan menggunakan limbah buatan dengan tingkat konsentrasi 10 ppm (*part per million*). Limbah pestisida buatan dibuat dengan 2 kali pengenceran sipermetrin yang dibeli pada toko pertanian. 1 botol pestisida yang digunakan berukuran 100 ml mengandung 250 gr/liter bahan aktif sipermetrin dengan konsentrasi 250.000 ppm. Dalam aquades bervolume 1000 ml, aquades ditarik 0,1 ml kemudian digantikan dengan ditambahkannya 0,1 ml pestisida sipermetrin ke dalam aquades tersebut. Larutan hasil pengenceran pertama ini memiliki konsentrasi 25 ppm. Untuk mendapatkan 10 ppm, dilakukan pengenceran kedua dengan perhitungan berikut.

$$M_1.V_1 = M_2.V_2$$

$$25.V_1 = 10.1000$$

$$V_1 = \frac{10.000}{25}$$

$$V_1 = 400 \text{ ml}$$

Maka 400 ml pestisida diencerkan ke dalam labu ukur ukuran 1000 ml ditambah dengan 600 ml aquades guna mendapatkan limbah sipermetrin dengan volume 1000 ml dan konsentrasi 10 ppm.

2. Perhitungan Persen Hasil Degradasi

Setelah degradasi pestisida sipermetrin dilakukan pengujian UV-Vis untuk mengetahui besaran absorbansi yang dihasilkan. Dari data absorbansi tersebut, dapat dilakukan perhitungan persen menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\%D = \frac{C_o - C_t}{C_o} \times 100\%$$

Dimana:

%D = persen degradasi

Co = konsentrasi awal

Ct = konsentrasi setelah penyinaran

a. Persen degradasi dengan pelarut HCl 50 ml tanpa penyinaran

-30 menit

$$\%D = \frac{Co - Ct}{Co} \times 100\% = \frac{0.892771 - 0.731217}{0.892771} \times 100\% = 18,09\%$$

-60 menit

$$\%D = \frac{Co - Ct}{Co} \times 100\% = \frac{0.892771 - 0.769983}{0.892771} \times 100\% = 13,75\%$$

-90 menit

$$\%D = \frac{Co - Ct}{Co} \times 100\% = \frac{0.892771 - 0.762672}{0.892771} \times 100\% = 14,57\%$$

b. Persen degradasi dengan pelarut HCl 50 ml dengan penyinaran UV

-30 menit

$$\%D = \frac{Co - Ct}{Co} \times 100\% = \frac{0.892771 - 0.692286}{0.892771} \times 100\% = 22,45\%$$

-60 menit

$$\%D = \frac{Co - Ct}{Co} \times 100\% = \frac{0.892771 - 0.690764}{0.892771} \times 100\% = 22,62\%$$

-90 menit

$$\%D = \frac{Co - Ct}{Co} \times 100\% = \frac{0.892771 - 0.693574}{0.892771} \times 100\% = 22,31\%$$

c. Persen degradasi dengan pelarut HCl 60 ml tanpa penyinaran

-30 menit

$$\%D = \frac{Co - Ct}{Co} \times 100\% = \frac{0.892771 - 0.497665}{0.892771} \times 100\% = 44,25\%$$

-60 menit

$$\%D = \frac{Co-Ct}{Co} \times 100\% = \frac{0.892771-0.515059}{0.892771} \times 100\% = 42,30\%$$

-90 menit

$$\%D = \frac{Co-Ct}{Co} \times 100\% = \frac{0.892771-0.572194}{0.892771} \times 100\% = 35,90\%$$

c. Persen degradasi dengan pelarut HCl 60 ml dengan penyinaran UV

-30 menit

$$\%D = \frac{Co-Ct}{Co} \times 100\% = \frac{0.892771-0.456218}{0.892771} \times 100\% = 48,89\%$$

-60 menit

$$\%D = \frac{Co-Ct}{Co} \times 100\% = \frac{0.892771-0.448906}{0.892771} \times 100\% = 49,71\%$$

-90 menit

$$\%D = \frac{Co-Ct}{Co} \times 100\% = \frac{0.892771-0.431921}{0.892771} \times 100\% = 51,62\%$$

d. Persen degradasi dengan pelarut HCl 70 ml tanpa penyinaran

-30 menit

$$\%D = \frac{Co-Ct}{Co} \times 100\% = \frac{0.892771-0.542126}{0.892771} \times 100\% = 39,27\%$$

-60 menit

$$\%D = \frac{Co-Ct}{Co} \times 100\% = \frac{0.892771-0.538059}{0.892771} \times 100\% = 39,73\%$$

-90 menit

$$\%D = \frac{Co-Ct}{Co} \times 100\% = \frac{0.892771-0.536196}{0.892771} \times 100\% = 39,94\%$$

e. Persen degradasi dengan pelarut HCl 70 ml dengan penyinaran UV

-30 menit

$$\%D = \frac{Co-Ct}{Co} \times 100\% = \frac{0.892771-0.40589}{0.892771} \times 100\% = 54,53\%$$

-60 menit

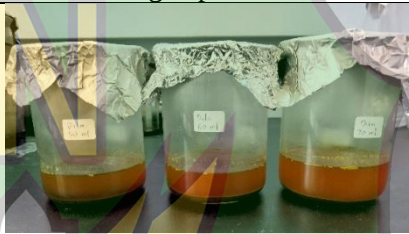
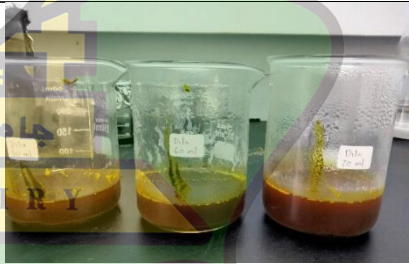
$$\%D = \frac{Co-Ct}{Co} \times 100\% = \frac{0.892771-0.416109}{0.892771} \times 100\% = 53,39\%$$

-90 menit

$$\%D = \frac{C_o - C_t}{C_o} \times 100\% = \frac{0.892771 - 0.437141}{0.892771} \times 100\% = 51,03\%$$

3. Dokumentasi Kegiatan Penelitian

1. Sintesis Pasir Besi

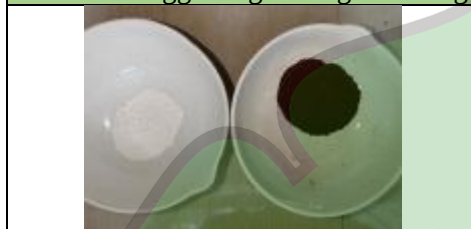
	
Pasir besi yang sudah dipisahkan dengan kontaminan dan pasir biasa	Pengambilan larutan HCl untuk digabungkan dengan pasir besi
	
Larutan HCl digabungkan ke dalam pasir besi	Pasir besi dan HCl sebelum diaduk
	
Proses pengadukan pasir besi dan HCl	Pasir besi dan HCl setelah pengadukan

	
Penyaringan hasil pengadukan pasir besi dan HCl	Hasil penyaringan larutan pasir besi dan HCl
	
Sisa pasir besi yang tidak terlarut selama pengadukan	Persiapan NH_4OH untuk digabungkan dengan larutan hasil saringan sebelumnya
	
Hasil gabungan larutan pasir besi dan NH_4OH sebelum diaduk	Proses pengadukan dengan NH_4OH
	
Larutan setelah diaduk dan dicuci dengan aquades hingga pH netral	Saringan hasil larutan dengan pH yang sudah netral disiapkan untuk dikeringkan dalam oven



Hasil serbuk magnetit dengan metode kopresipitasi

2. Penggabungan Magnetit dengan TiO_2



TiO_2 dan magnetit (Fe_3O_4)



TiO_2 dan magnetit dicampurkan dengan etanol dan diaduk dengan *shaker* untuk dijadikan sebagai katalis



Katalis dikeringkan dengan oven setelah di-*shaker*

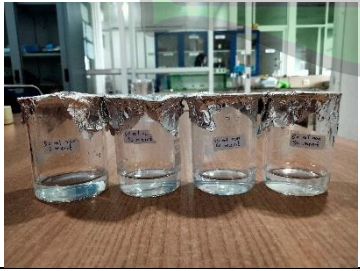


Katalis dikalsinasi dengan *furnance*



Perubahan morfologi pada Fe_3O_4 dari pasir asli hingga menjadi serbuk katalis

3. Degradasi Pestisida Sipermetrin

	
Limbah pestisida sipermetrin volume 1000 ml	Pengadukan untuk degradasi tanpa penyinaran
	
Degradasi menggunakan lampu UV	Limbah sipermetrin setelah selesai degradasi (sebelum sentrifus)
	
Pengujian sentrifus setelah degradasi	Hasil limbah setelah degradasi & sentrifus (sampel pelarut HCl volume 50 ml tanpa penyinaran)
	
Hasil limbah setelah degradasi & sentrifus (sampel pelarut HCl volume 50 ml dengan penyinaran uv)	Hasil limbah setelah degradasi & sentrifus (sampel pelarut HCl volume 60 ml tanpa penyinaran)

	
Hasil limbah setelah degradasi & sentrifus (sampel pelarut HCl volume 60 ml dengan penyinaran uv)	Hasil limbah setelah degradasi & sentrifus (sampel pelarut HCl volume 70 ml tanpa penyinaran)
	
Hasil limbah setelah degradasi & sentrifus (sampel pelarut HCl volume 70 ml dengan penyinaran uv)	

