

**PERBANDINGAN PELARUT HCL DAN NaOH PADA
KATALIS MAGNETIT-TiO₂ UNTUK FOTODEGRADASI
PESTISIDA**

SKRIPSI

Diajukan Oleh:

NAZHYRA SHADRINA

NIM. 190702001

Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi

Program Studi Teknik Lingkungan



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2023 M/1442 H**

LEMBAR PERSETUJUAN

PERBANDINGAN PELARUT HCl DAN NaOH PADA KATALIS MAGNETIT-TiO₂ UNTUK FOTODEGRADASI PESTISIDA

TUGAS AKHIR

Diajukan Kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Salah Satu Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana (S1)
Dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Oleh:

NAZHYRA SHADRINA

NIM. 190702001

Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan

Banda Aceh, 16 Desember 2023

Telah Diperiksa dan Disetujui oleh:

Pembimbing I,

Sri Nengsih, S.Si., M.Sc.
NIP. 198508102014032002

Pembimbing II,

Suardi Nur, S.T, M.Sc, PhD
NIP. 198110102006041006

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan

Husnawati Yahya, M.Sc.
NIP. 198311092014032002

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**PERBANDINGAN PELARUT HCl DAN NaOH PADA KATALIS MAGNETIT-TiO₂
UNTUK FOTODEGRADASI PESTISIDA**

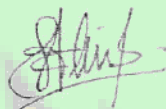
TUGAS AKHIR

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: Jumat/ 25- Desember 2023
12 Jumadil Akhir 1445

Panitia Ujian Munqasyah Skripsi

Ketua



Sri Nengsih, M.Sc.
NIP. 198508102014032002

Sekretaris



Suardi Nur, S.T., M.Sc, PhD
NIP. 198110102006041006

Penguji I



Bhayu Gita Bhernama, M.Si.
NIP. 198901232014032003

Penguji II



Dr. Eng. Nur Aida, M.Si
NIP. 197906162005012009

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



DR. M. Muhammad Dirhamsyah, MT., IPU
NIP. 196210021988111001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nazhyra Shadrina
NIM : 190702001
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Skripsi : Perbandingan Pelarut HCl dan NaOH Pada Katalis Magnetit-TiO₂ Untuk Fotodegradasi Pestisida

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 diteukan 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,



Nazhyra Shadrina

NIM.190702001

ABSTRAK

Nama : Nazhyra Shadrina
NIM : 190702001
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Perbandingan Pelarut HCl dan NaOH Pada Katalis Magnetit-TiO₂ Untuk Fotodegradasi Pestisida.
Tanggal Sidang : 22 Desember 2023
Jumlah Halaman : 53
Pembimbing I : Sri Nengsih, S.Si, M.Sc
Pembimbing II : Suardi Nur, S.T, M.Sc, PhD
Kata Kunci : Fotodegradasi, Perbandingan Pelarut Magnetit, Pestisida (Sipermetrin)

Pencemaran pestisida terus meningkat seiring berjalannya waktu. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk menurunkan pencemaran tersebut adalah dengan fotodegradasi. Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui kemampuan fotokatalis magnetit-TiO₂ dalam degradasi pestisida dan terhadap variasi pelarut katalisnya. Selain itu juga untuk melihat laju degradasinya dalam pestisida. Metode yang digunakan dalam mensintesis katalis magnetit-TiO₂ yaitu metode kopresipitasi. Pada penelitian ini menggunakan dua pelarut katalis yaitu HCl dan NaOH dalam sintesis magnetit. Katalis magnetit-TiO₂ yang digunakan dengan massa 0,75 gram dengan waktu kontak 30, 60 dan 90 menit serta menggunakan 6 buah lampu UV-A untuk konsentrasi pestisida 10 mg/L. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa katalis dengan menggunakan pelarut HCl paling banyak terdegradasi di menit 90 sebesar 9,86% dengan laju degradasi 0,000978 abs/menit. Sedangkan katalis dengan menggunakan pelarut NaOH paling banyak terdegradasi di menit 30 sebesar 16,60% dengan laju degradasi 0,004940 abs/menit. Data hasil analisis menunjukkan bahwa katalis dengan menggunakan pelarut NaOH lebih efektif dibandingkan dengan pelarut HCl dalam mendegradasi pestisida.

ABSTRACT

Name : Nazhyra Shadrina
Student ID Number : 190702001
Department : Environmental Engineering
Title : Comparison of HCl and NaOH Solvents on Magnetite-TiO₂ Catalysts for Pesticide Photodegradation.
Date of Session : 22 December 2023
Number of Pages : 53
Advisor I : Sri Nengsih, S.Si, M.Sc
Advisor II : Suardi Nur, S.T, M.Sc, PhD
Keywords : Photodegradation, Comparison of Magnetite Solvents, Pesticides (Cypermethrin)

Pesticide pollution continues to increase over time. One effort that can be made to reduce this pollution is photodegradation. The aim of this research is to determine the ability of the magnetite-TiO₂ photocatalyst in pesticide degradation and variations in the catalyst solvent. Apart from that, it is also to see the rate of degradation in pesticides. The method used to synthesize the magnetite-TiO₂ catalyst is the coprecipitation method. In this research, two catalyst solvents were used, namely HCl and NaOH in the synthesis of magnetite. The magnetite-TiO₂ catalyst used had a mass of 0.75 grams with a contact time of 30, 60 and 90 minutes and used 6 UV-A lamps for a pesticide concentration of 10 mg/L. Experimental results show that the catalyst using the HCl solvent was degraded the most in 90 minutes at 9.86% with a degradation rate of 0.000978 abs/minute. Meanwhile, the catalyst using the NaOH solvent was most degraded in 30 minutes at 16.60% with a degradation rate of 0.004940 abs/minute. Data from the analysis shows that the catalyst using the NaOH solvent is more effective than the HCl solvent in degrading pesticides.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji dan syukur senantiasa penulis panjatkan atas ke Hadirat Allah Swt. atas segala rahmat dan hidayah-Nya yang telah memberikan kekuatan dan kemampuan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini. *Shalawat* serta salam, senantiasa tercurah dan terlimpahkan kepada Nabi Muhammad saw. yang telah membimbing dan mengangkat derajat umat manusia dengan berkah ilmu pengetahuan.

Syukur *Alhamdulillah*, berkat petunjuk dan pertolongan Allah Swt penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“Perbandingan Pelarut HCl dan NaOH Pada Katalis Magnetit-TiO₂ Untuk Fotodegradasi Pestisida”** Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Lingkungan pada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

Pertama sekali penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak Jailani dan Ibu Nurhayati, selaku orang tua yang selalu memberi semangat dan dukungan penuh dengan doa-doanya dan juga solusi atas permasalahan pada Tugas Akhir ini. Serta seluruh anggota keluarga tercinta, atas segala bantuan dan dukungan dalam bentuk apapun yang diberikan kepada penulis. Semoga Allah Swt. senantiasa memberikan perlindungan-Nya kepada mereka.

Selesainya tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan serta motivasi dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Dirhamsyah, MT. IPU, Selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
2. Ibu Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc, Selaku Ketua Prodi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
3. Bapak Aulia Rohendi, S.T., M.Sc, Selaku Sekretaris Prodi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

4. Ibu Sri Nengsih, M.Sc, Selaku Dosen Pembimbing I yang telah berkenan memberikan nasehat serta arahan agar tugas ini disusun dengan sebaik mungkin.
5. Bapak Suardi Nur, ST., M.Sc., Ph.D, Selaku Dosen Pembimbing Akademik Program Studi Teknik Lingkungan dan Selaku Dosen Pembimbing II yang telah berkenan memberikan nasehat serta arahan agar tugas ini disusun dengan sebaik mungkin.
6. Seluruh Staf dan Karyawan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh yang telah memberikan banyak sekali bantuan.
7. Serta semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan seluruhnya yang telah membantu dalam proses penulisan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak terdapat kekurangan. Maka dari itu, kritik serta saran sangat diperlukan untuk menyempurnakan tugas akhir ini sehingga dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca. *Aamiin*.

Banda Aceh, 15 Desember 2023

Penulis,

Nazhyra Shadrina

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Fotokatalis.....	5
2.2 <i>Titanium Dioksida</i> (TiO ₂).....	6
2.3 Pasir Besi	7
2.4 Pestisida	8
2.5 Sipermetrin.....	8
2.6 Penelitian Terdahulu.....	9
BAB III METODE PENELITIAN	13
3.1 Rancangan Penelitian	13
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	13
3.2.1 Waktu Penelitian.....	13
3.2.2 Lokasi Penelitian	13
3.3 Bahan dan Peralatan Penelitian.....	15
3.3.1 Bahan	15

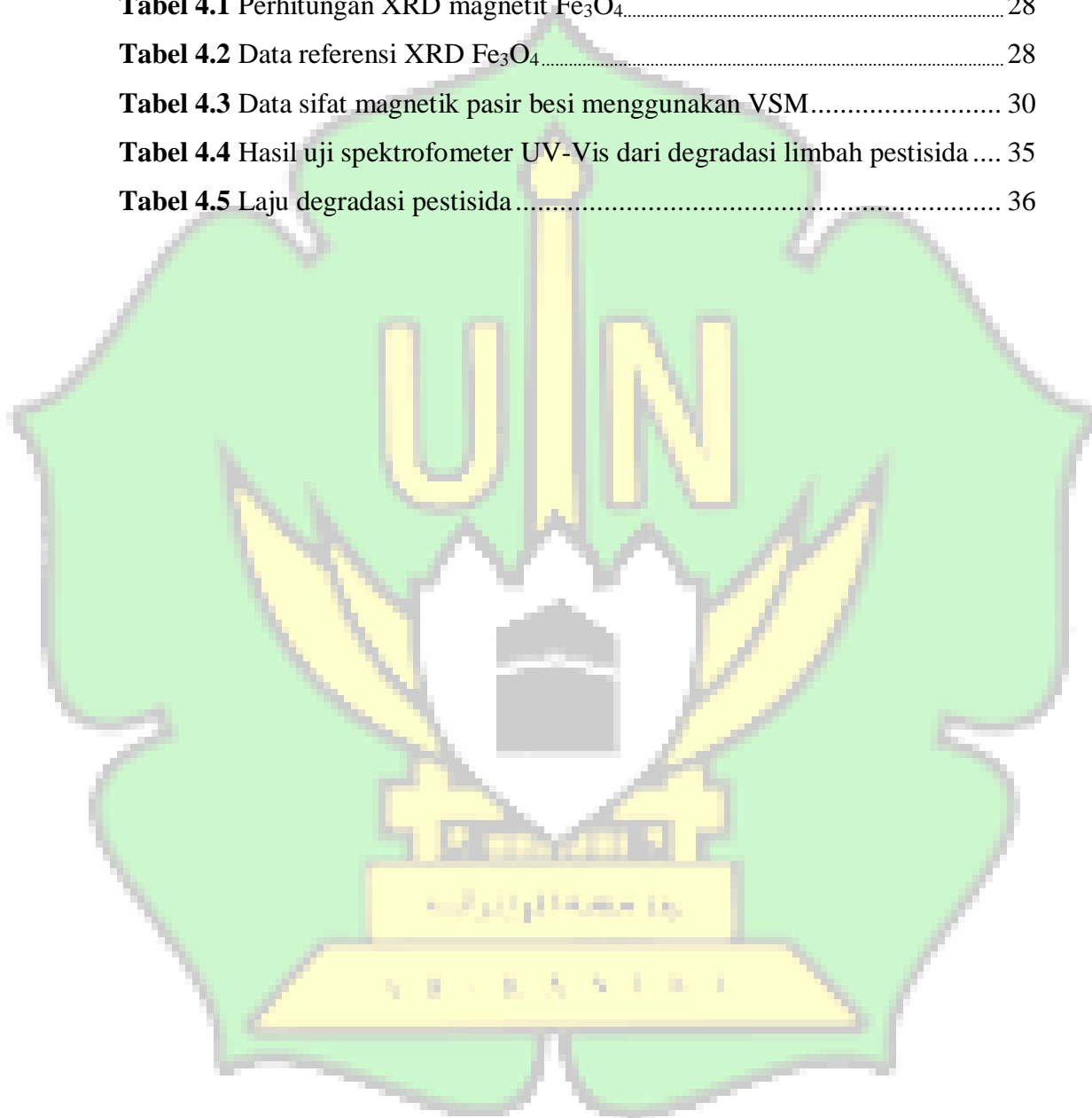
3.3.2 Alat.....	16
3.4 Prosedur Penelitian.....	19
3.4.1 Preparasi Pasir Besi.....	19
3.4.2 Sintesis Magnetit Fe ₃ O ₄	19
3.4.3 Pengujian Katalis	21
3.4.4 Penggabungan Magnetit dengan TiO ₂	21
3.4.5 Desain Reaktor	22
3.4.6 Fotodegradasi Pestisida Sipermetrin menggunakan Fe ₃ O ₄ -TiO ₂	23
3.5 Analisis Data.....	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
4.1. Preparasi dan Sintesis Pasir Besi.....	27
4.2. Karakterisasi Fe ₃ O ₄	28
4.2.1. Karakterisasi Magnetit Fe ₃ O ₄ dengan <i>X-ray Diffraction</i> (XRD).....	28
4.2.2. Karakterisasi Magnetit Fe ₃ O ₄ dengan <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM)	29
4.2.3. Karakterisasi Magnetit Fe ₃ O ₄ dengan <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	31
4.3. Penggabungan Magnetit-TiO ₂	33
4.4. Penentuan Panjang Gelombang Limbah Pestisida Sipermetrin Sebelum Fotodegradasi	34
4.5. Optimasi Waktu Fotodegradasi Pestisida	34
4.6. Laju Degradasi Pestisida.....	37
BAB V PENUTUP	39
5.1. Kesimpulan	39
5.2. Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Dari Proses Fotokatalis	4
Gambar 2.2 Bentuk Kristal TiO ₂	6
Gambar 2.3 Struktur Kimia Sipermetrin	8
Gambar 3.1 Peta Lokasi Pengambilan Sampel	13
Gambar 3.2 Peta Lokasi Penelitian	13
Gambar 3.3 Desain Reaktor.....	22
Gambar 3.4 Prosedur Penelitian.....	23
Gambar 3.5 Diagram Alir Penelitian.....	24
Gambar 4.1 Hasil preparasi pasir besi	26
Gambar 4.2 Hasil XRD magnetit (HCl) dan magnetit (NaOH).....	27
Gambar 4.3 Kurva histeresis magnetit (HCl)	29
Gambar 4.4 Kurva histeresis magnetit (NaOH).....	29
Gambar 4.5 Magnetit (HCl) skala pengukuran 20 μm	30
Gambar 4.6 Magnetit (HCl) skala pengukuran 0,5 μm	30
Gambar 4.7 Magnetit (NaOH) skala pengukuran 20 μm	31
Gambar 4.8 Magnetit (NaOH) skala pengukuran 5 μm	31
Gambar 4.9 Magnetit (HCl) dan magnetit (NaOH)	32
Gambar 4.10 Grafik limbah pestisida.....	33
Gambar 4.11 Grafik spektrofometer UV-Vis degradasi limbah (HCl)	34
Gambar 4.12 Grafik spektrofometer UV-Vis degradasi limbah (NaOH).....	34

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu	8
Tabel 3.1 Bahan-Bahan Yang Digunakan Dalam Penelitian	14
Tabel 3.2 Alat-Alat Yang Digunakan Dalam Penelitian	15
Tabel 4.1 Perhitungan XRD magnetit Fe_3O_4	28
Tabel 4.2 Data referensi XRD Fe_3O_4	28
Tabel 4.3 Data sifat magnetik pasir besi menggunakan VSM.....	30
Tabel 4.4 Hasil uji spektrofometer UV-Vis dari degradasi limbah pestisida	35
Tabel 4.5 Laju degradasi pestisida.....	36



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara agraris yang banyak menggunakan tanahnya pada bidang pertanian dan perkebunan. Pertanian di Indonesia banyak menggunakan pestisida untuk mendapatkan hasil yang maksimal karena pestisida digunakan untuk mengendalikan jasad renik pengganggu seperti hama, penyakit atau gulma yang dapat mengurangi hasil pertanian (Eddy, 2014).

Penggunaan pestisida di bidang pertanian dan perkebunan pada beberapa tahun lalu mengalami peningkatan secara kuantitas dan kualitas serta bertambahnya juga perusahaan yang membuat pestisida sintesis. Sebagian besar pestisida yang mencemari lingkungan merupakan senyawa organik yang sulit untuk didegradasi (Eddy, 2014).

Salah satu jenis pestisida yang sangat luas penggunaannya adalah berbahan aktif sipermetrin karena mudah didapatkan, serta efektif membunuh hama pada tanaman. Dari hasil observasi ke lapangan di beberapa toko pertanian yang berada di daerah kota Banda Aceh dan Kabupaten Aceh Besar jenis pestisida sipermetrin yang banyak dijumpai dan diperjual belikan. Jenis pestisida ini sangat beracun terutama bagi manusia dan hewan mamalia lainnya. Ia akan menghambat kerja enzim *asetilkolinesterase* pada sistem saraf bahkan bisa menyebabkan kematian pada manusia. Oleh sebab itu, konsentrasi limbah dan residu pestisida di lingkungan harus dikurangi atau diturunkan (Khoiriah dkk., 2019).

Saat ini sudah banyak metode yang digunakan untuk mengurangi pencemaran pestisida baik secara biologis maupun kimiawi. Secara kimiawi banyak menggunakan proses oksidasi tingkat lanjut (*Advance Oxidation Processes*) seperti penggunaan fotokatalis untuk fotodegradasi. Fotodegradasi banyak digunakan karena energi yang digunakan untuk degradasi bisa didapat dari radiasi cahaya. Fotokatalis dapat melakukan fotodegradasi senyawa organik dengan membentuk radikal hidroksida yang akan mendegradasi pencemaran senyawa organik. Katalis yang sering digunakan pada proses degradasi adalah TiO_2 karena

kelimpahannya yang cukup banyak, efektif, stabil terhadap fotokorosi, serta tidak beracun bagi makhluk hidup (Khoiriah dkk, 2019). Fotokatalis TiO_2 yang berfungsi sebagai katalisator dalam degradasi senyawa-senyawa pencemar organik. Proses fotokatalisis dapat memecahkan sejumlah besar variasi senyawa organik menjadi CO_2 , air dan garam mineral sebagai produk hasil degradasi (Poluakan dkk., 2015).

Semikonduktor TiO_2 telah lama dilaporkan sebagai fotokatalis yang menjanjikan karena harganya yang murah dan memiliki efektifitas yang tinggi. Aktivitas fotokatalitik dari TiO_2 dapat ditingkatkan dengan memodifikasi struktur, luas permukaan dan ukuran partikel. Hasil penelitian yang dilaporkan oleh Septiani, dkk (2013), karbon aktif dapat meningkatkan aktivitas fotokatalitik dari TiO_2 dengan memperluas permukaan dari TiO_2 (Poluakan dkk., 2015).

Pada proses fotodegradasi, kemampuan adsorpsi dari fotokatalis TiO_2 yang rendah menjadi salah satu kelemahan dari fotokatalis. Untuk meningkatkannya, TiO_2 perlu dikombinasikan dengan suatu material adsorben yaitu pasir besi. Pasir besi digunakan karena mempunyai sifat magnetik yang mana mempunyai kemampuan untuk mendegradasikan dari salah satu limbah yaitu limbah pestisida. Pasir besi secara alamiah bersifat feromagnetik (sifat magnet dengan daya tarik magnet yang kuat) dengan mineral-mineral magnetik seperti magnetit (Fe_3O_4), hematite ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) dan maghemite ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) pada pasir memiliki sifat magnet yang kuat (Karbeka dkk., 2020).

Banyak metode yang dapat digunakan dalam sintesis pasir besi, salah satunya metode kopresipitasi. Metode kopresipitasi merupakan salah satu metode sintesis senyawa anorganik yang didasarkan pada pengendapan lebih dari satu substansi secara bersama-sama ketika melewati titik jenuh. Kopresipitasi merupakan metode yang menjanjikan karena prosesnya menggunakan suhu rendah dan mudah untuk mengontrol ukuran partikel sehingga waktu yang dibutuhkan relatif lebih singkat (Nailazzulfa, 2014).

Pada penelitian ini digunakan dua pelarut katalis yaitu HCl dan NaOH karena HCl merupakan asam kuat yang dapat melarutkan besi hingga 90% sedangkan NaOH merupakan basa kuat yang kemampuan kalisatornya tinggi dan jauh lebih

reaktif. Berdasarkan uraian tersebut, maka pada penelitian ini akan dilakukan sintesis magnetit-TiO₂ berdasarkan perbandingan pelarut katalis HCl dan NaOH berdasarkan analisis kristal menggunakan *X-ray Diffraction* (XRD).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan dalam penelitian ini:

1. Bagaimana kemampuan fotokatalis magnetit-TiO₂ dalam degradasi pestisida?
2. Bagaimana pengaruh variasi pelarut katalis magnetit-TiO₂ terhadap hasil sintesis dengan metode kopresipitasi?
3. Bagaimana laju degradasi pestisida terhadap variasi pelarut HCl dan NaOH pada katalis magnetit-TiO₂?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui kemampuan fotokatalis magnetit-TiO₂ dalam degradasi pestisida.
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi pelarut katalis magnetit-TiO₂ terhadap hasil sintesis dengan metode kopresipitasi.
3. Untuk mengetahui laju degradasi pestisida terhadap variasi pelarut katalis HCl dan NaOH pada magnetit-TiO₂.

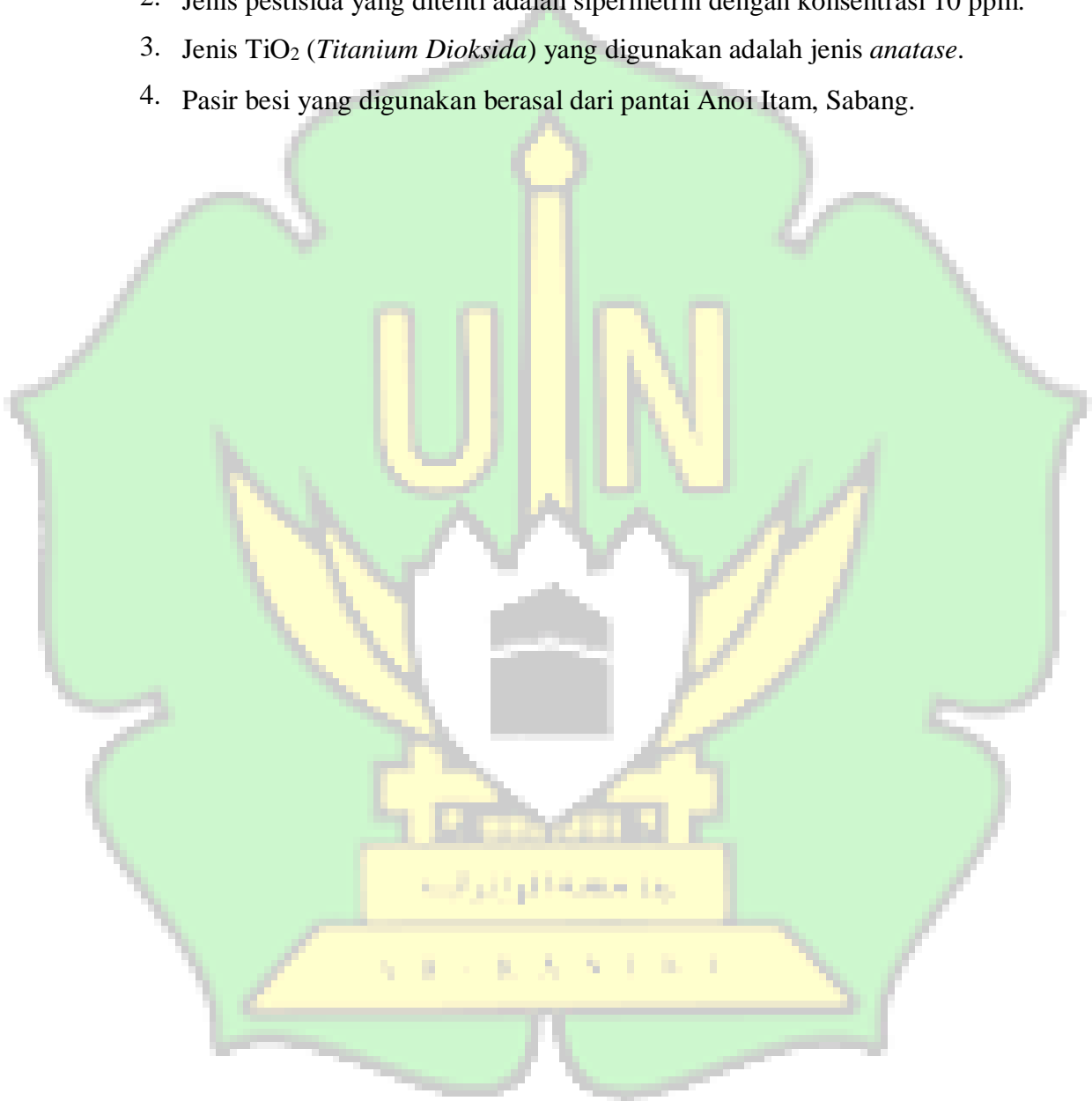
1.4 Manfaat Penelitian

Menambah pengetahuan tentang teknik fotodegradasi dalam pengolahan limbah pertanian untuk mendegradasi pestisida yang tersebar di lahan pertanian tanpa memerlukan waktu yang lama tetapi hasil yang diperoleh memuaskan. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi manfaat serta menjadi informasi terbaru mengenai fotodegradasi.

1.5 Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Dalam sintesis magnetit pada metode kopresipitasi menggunakan perbandingan pelarut HCl dan NaOH.
2. Jenis pestisida yang diteliti adalah sipermetrin dengan konsentrasi 10 ppm.
3. Jenis TiO_2 (*Titanium Dioksida*) yang digunakan adalah jenis *anatase*.
4. Pasir besi yang digunakan berasal dari pantai Anoi Itam, Sabang.

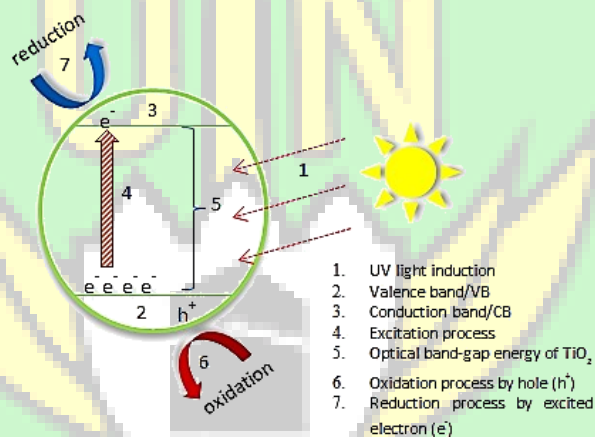


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fotokatalis

Fotokatalisis adalah reaksi perpaduan antara fotokimia dan katalis. Proses reaksi fotokimia melibatkan suatu cahaya (foto). Fotokatalisis sendiri adalah suatu proses yang dibantu oleh adanya cahaya dan material katalis. Katalis adalah suatu zat yang mempengaruhi proses laju reaksi tanpa ikut berubah secara kimia. Katalis dapat mempercepat fotoreaksi melalui interaksinya dengan substrat baik keadaan dasar maupun tereksitasi atau dengan fotoproduk utamanya, tergantung pada mekanisme fotoreaksi tersebut (Adnan dkk, 2022). Skema dari proses fotokatalis dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Skema dari proses fotokatalis

Sumber: Arutanti dkk, 2015

Semikonduktor bertipe-n (*electron donation*) apabila dikenai sinar atau foton (1) sesuai atau melebihi energi celah pita material fotokatalis (5), maka elektron akan tereksitasi (4) dari keadaan dasar (2) atau *ground state* (*valence band*/pita valensi) ke tingkatan energi yang lebih tinggi (3) atau *excited state* (*conduction band*/pita konduksi) menghasilkan *hole* (h^+). Dalam tahap ini energi celah pita atau *band gap energy* menunjukkan panjang gelombang dari sinar yang efektif terserap pada material fotokatalis.

Metode fotodegradasi merupakan metode yang efektif karena diketahui dapat menguraikan senyawa berbahaya menjadi senyawa yang tidak berbahaya, seperti H₂O dan CO₂. Metode fotodegradasi dapat dilakukan dengan menggunakan katalis berupa semikonduktor, dengan adanya katalis metode ini mampu menguraikan limbah zat warna lebih cepat jika dibandingkan peruraian secara alami. Material semikonduktor oksida yang sering digunakan adalah TiO₂, ZnO, CdS, dan Fe₂O₃. Pada oksidasi fotokatalis, cahaya ultraviolet (UV) memberikan energi yang dapat digunakan untuk menghasilkan pasangan elektron dan *hole* (Kurniawati dkk, 2016).

Reaksi fotokatalitik adalah reaksi yang melibatkan foton untuk mengaktifkan katalis. Fotokatalis pada dasarnya adalah semikonduktor (Kunarti dkk., 2018). Kendala penggunaan reaksi fotokatalitik adalah efisiensi fotokatalisis yang masih rendah. Beberapa faktor seperti ukuran kristal fotokatalis, lebar celah pita energi fotokatalis dan rekombinasi langsung elektron dan *hole* sangat mempengaruhi tingkat efisiensi fotokatalis (Rahmawati dkk., 2016).

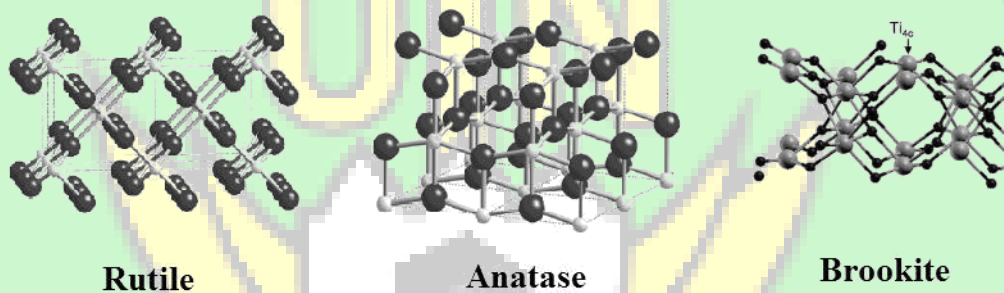
2.2 Titanium Dioksida (TiO₂)

Titanium dioksida (TiO₂) adalah material kimia anorganik yang memiliki nilai komersial tinggi. TiO₂ merupakan pigmen putih terbaik yang secara luas didayagunakan di industri kertas, plastik, karet, porselen dan pembuatan kaca. Karena karakteristiknya yang unik, titanium dioksida sangat berpotensi sebagai sensor gas, sel fotovoltaiik dan sebagai fotokatalis. Sifat senyawa TiO₂ adalah tidak tembus cahaya, mempunyai warna putih, lembab, tidak beracun, dan harganya relatif murah. TiO₂ dapat dihasilkan dari proses sulfat ataupun klorin (Dahlan & Andalas, 2015).

Titanium dioksida (TiO₂) memiliki tiga fase struktur kristal, yaitu *anatase*, *rutile*, *brookite*. Akan tetapi hanya anatase dan rutile saja yang keberadaanya di alam cukup stabil. Kemampuan fotoaktivitas semikonduktor TiO₂ dipengaruhi oleh morfologi, luas permukaan, kristalinitas dan ukuran partikel. *Anatase* diketahui sebagai kristal titania yang lebih fotoaktif daripada *rutile* (Dyah & Hari, 2020). Pada penelitian fotokatalis ini menggunakan jenis TiO₂ dengan struktur

anatase, dikarenakan jenis mempunyai luas serapan cahaya yang lebih besar dibandingkan dengan stuktur TiO_2 lain untuk mendegradasikan limbah.

Bentuk TiO_2 yang stabil adalah *rutile*, dimana bentuk lain TiO_2 berubah pada suhu tinggi. *Rutile* mempunyai struktur kristal mirip dengan anatase, dengan pengecualian bahwa Ti-O octahedral patungan 4 sisi bukan 4 sudut. Struktur *rutile* dan *anatase* dapat digambarkan sebagai rantai octahedral TO_6 kedua struktur kristal dibedakan oleh distorsi octahedral dan pola susunan rantai oktahedralnya. Serbuk TiO_2 dengan struktur *rutile* paling luas penggunaannya karena indeks biasnya yang tinggi, warna yang kuat, dan sifat kimianya yang *inert*. Struktur anatase lebih baik untuk aplikasi sel surya berbasis sensitiser zat warna pada lapis tipis TiO_2 . Hal ini ditunjuk pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Bentuk kristal TiO_2

Sumber: Sucahya dkk, 2016

2.3 Pasir Besi

Pasir besi merupakan bahan magnetik yang bersifat feromagnetik. Pasir besi memiliki komposisi yang terdiri dari fase magnetite (Fe_3O_4) hematite ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) dan maghemite ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$). Maghemit dan hematit, kedua bahan tersebut memiliki komposisi yang sama tetapi memiliki struktur kristal yang berbeda. Pasir besi apabila disintesis hingga ukuran nanometer akan memiliki sifat superparamagnetik. Sifat superparamagnetik yang mana tidak akan ada pada bahan ukuran besar. Super-paramagnetik bahan yang mempunyai magnetisasi saturasi tinggi dan koersivitas sangat kecil ketika bahan tersebut tidak dipengaruhi

oleh medan magnet dari luar. Sifat-sifat ini muncul hanya saat bahan feromagnetik dalam ukuran yang sangat kecil (nanometer) (Yulia & Erwin, 2019).

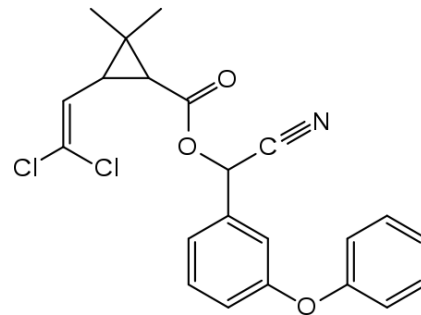
Metode yang digunakan untuk sintesis oksida besi yaitu metode fisika, kimia dan biologi. Khususnya metode fisika yang digunakan metode *Ball milling*. Metode ini mengubah ukuran partikel magnetik hingga berukuran lebih kecil dengan mentransfer momentum pada bola-bola kecil yang berada di dalam tabung yang bergabung dengan sampel (Yulia & Erwin, 2019).

2.4 Pestisida

Pestisida merupakan golongan bahan kimia yang umum digunakan untuk membasmi hama dan gulma atau tanaman pengganggu. Hama seperti jamur, serangga, siput, dan hewan pengerat adalah organisme target pestisida. Pestisida digunakan di berbagai bidang atau kegiatan, mulai dari rumah tangga, kesehatan, pertanian, dan lain-lain. Disamping manfaatnya, pestisida juga berpotensi juga meracuni dan membasmi makhluk hidup lainnya, termasuk tanaman dan serangga yang berguna, binatang serta manusia. Hal ini dikarenakan kebanyakan bahan aktif dalam pestisida tidak memiliki efek toksisitas yang spesifik, sehingga mempengaruhi baik organisme target, nontarget, manusia maupun lingkungan dan ekosistem secara keseluruhan (Pamungkas, 2016).

2.5 Sipermetrin

Sipermetrin ($C_{22}H_{19}C_{12}NO_3$) merupakan senyawa racun kontak dan perut yang penggunaannya sangat luas termasuk untuk insektisida. Sipermetrin adalah jenis bahan aktif pada golongan pyrethroid dan termasuk kedalam kategori asam. Sipermetrin adalah golongan insektisida yang mempunyai sifat khas untuk pengendalian serangga antara lain: efektifitas tinggi untuk ikan (sebagai racun kontak dan perut), kurang toksik terhadap mamalia, dan hilangnya efektivitas relatif cepat (Dirgayana dkk., 2018). Struktur kimia sipermetrin dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Struktur Kimia Sipermetrin

Sumber: Dirgayana dkk., 2018

2.6 Penelitian Terdahulu

Beberapa studi terdahulu mengenai penelitian mengenai variasi pelarut katalis dapat dilihat pada Tabel 2.1.

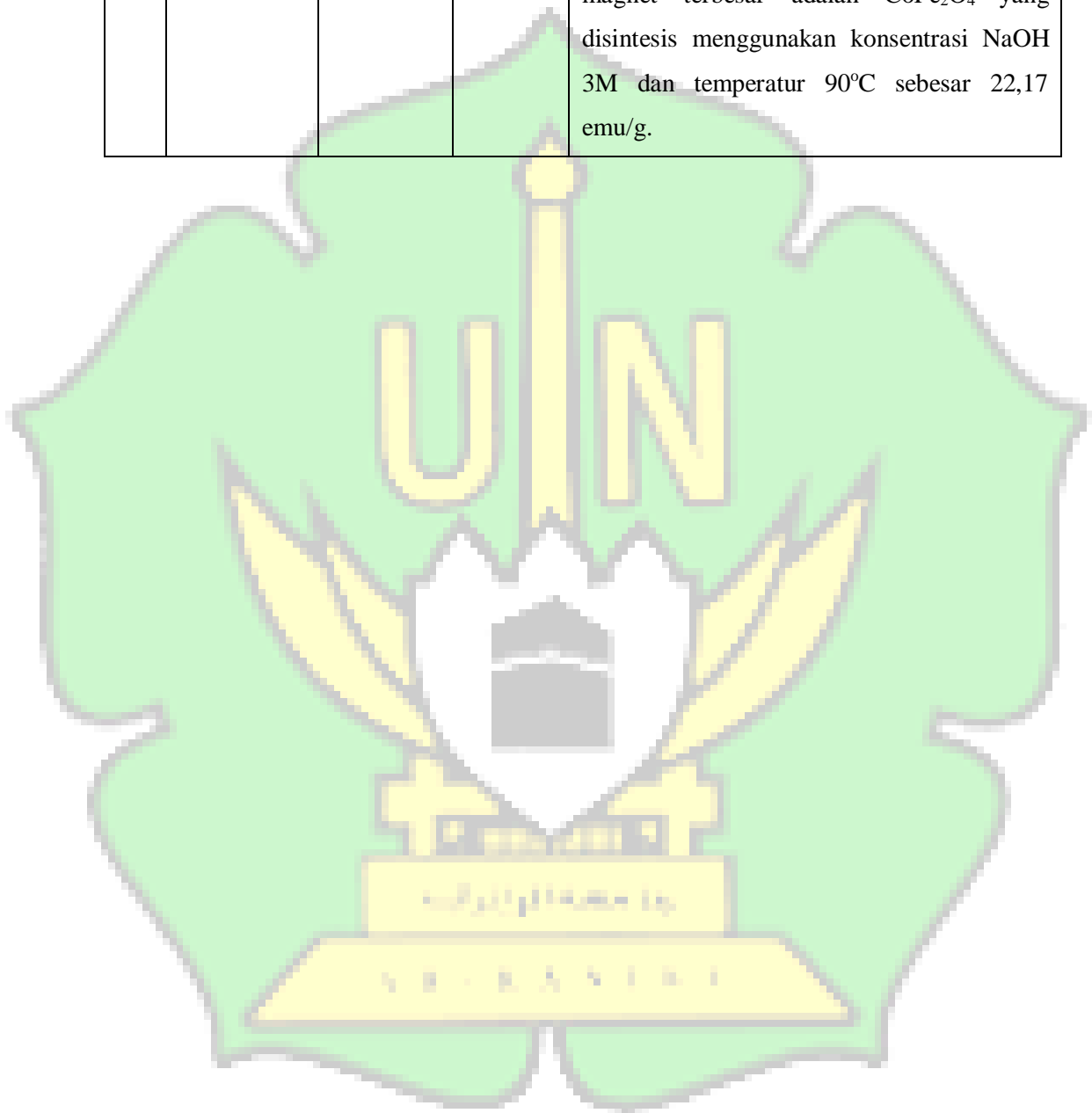
Tabel 2.1 Penelitian terdahulu

No	Penulis	Jenis Pelarut	Limbah	Pembahasan
1	Sari dkk, 2021	HCl dan NaOH	Metilen biru	Sintesis fotokatalis dilakukan dengan impregnasi basah TiO ₂ dalam bentonit dengan komposisi konsentrasi TiO ₂ dalam bentonit yaitu 0,0075; 0,010; 0,0125; 0,015; 0,02; dan 0,025 mol/g bentonit. TiO ₂ dan TiO ₂ -Bentonit dikarakterisasi menggunakan FTIR dan XRD. Variasi lama penyinaran yang digunakan adalah 20, 60, 100, 140, dan 180 menit. Variasi pH yang digunakan adalah pH 3, 5, 7, 9, dan 11. Jenis pelarut pasir besi HCl dan NaOH. Volume, konsentrasi metilen biru, dan massa fotokatalis yang digunakan berturut-turut adalah 25 ml, 10 mg/l, dan 100 mg. Hasil dari fotodegradasi menunjukkan bahwa fotokatalis TiO ₂ -Bentonit/ Alginat memiliki

				<p>persentase degradasi lebih baik dibandingkan $\text{TiO}_2/\text{Alginat}$. Persentase degradasi optimum dicapai pada fotokatalis komposisi TiO_2-bentonit 0,015 mol/g bentonit, lama penyinaran 100 menit, dan pH 7 dengan degradasi sebesar 82,33%.</p>
2	Linda dkk, 2018	HCl		<p>Pemurnian besi oksida dengan sintesis besi oksida menggunakan metode logam terlarut asam klorida. Kemudian, pasir besi diuji XRF dan XRD dari setiap proses pemurnian pasir besi. Pasir besi diproses lebih lanjut dengan cara dilarutkan dalam HCl (37%) pada temperatur 70°C selama 15 menit. Selanjutnya, hasil pelarutan disaring sebanyak 2 kali dan larutan lolos saring dikeringkan selama 8 jam pada temperatur 100°C. Serbuk hasil pengeringan ini lalu dikalsinasi pada temperatur $600\text{-}800^\circ\text{C}$. Serbuk-serbuk hasil kalsinasi dikarakterisasi XRD dan dianalisis menggunakan metode Rietveld melalui perangkat lunak Rietica untuk menentukan volume sel dan faktor skala. Data hasil pemurnian dan sintesis menunjukkan besi oksida dengan prosentase kandungan magnetit (Fe_3O_4) murni setelah proses awal dan hematit (Fe_2O_3) murni setelah pelarutan asam dan kalsinasi dengan rentang temperatur $600\text{-}800^\circ\text{C}$.</p>
3	Simamora, 2015	HCl		<p>Nanokomposit Fe_3O_4-Montmorilonit disintesis dengan menggunakan metode kopresipitasi. Sintesis dilakukan dengan mencampurkan pasir besi dengan HCl sebagai pelarut dan NH_4OH sebagai</p>

				<p>pengendap. Nanokomposit yang dihasilkan dikarakterisasi dengan menggunakan alat <i>X-Ray Diffractometer</i> (XRD) untuk mengetahui ukuran kristal dan kandungan fasa yang terbentuk dan <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM) untuk mengetahui sifat magnetik bahan. Dari hasil pengujian <i>X-Ray Diffractometer</i> (XRD) terhadap Nanopartikel Fe_3O_4 menunjukkan ukuran kristal 34,8691 nm.</p>
4	Elda Swastika dkk,2021	HCl		<p>Pengaruh konsentrasi HCl terhadap mikrostruktur dan sifat kemagnetan dari Fe_3O_4 dilihat menggunakan XRD, SEM & EDX serta VSM. Hasil XRD menunjukkan bahwa Fe_3O_4 yang dihasilkan memiliki struktur kristal kubik invers spinel. Semakin besar konsentrasi HCl, semakin baik derajat kristalinitasnya. Hasil SEM & EDX untuk sampel Fe_3O_4 dengan konsentrasi HCl 37% menunjukkan ukuran butir (<i>grain</i>) yang hampir sama serta tingkat kemurnian sampel Fe_3O_4 yang dihasilkan sebesar 100% (Fe 72,42% dan O 27,58%). Hasil VSM menunjukkan Fe_3O_4 hasil sintesis memiliki sifat superparamagnetik serta bersifat <i>soft magnetic</i>.</p>
5	Anggi Safitri, 2018	NaOH		<p>Konsentrasi NaOH yang digunakan 1M, 2M, dan 3M sedangkan temperatur pada 30°C, 60°C dan 90°C. CoFe_2O_4 yang dihasilkan dikarakterisasi menggunakan XRD dan VSM. Hasil karakterisasi menggunakan XRD menunjukkan bahwa 2θ dari CoFe_2O_4 sesuai dengan JCPDS No. 65-3107 yaitu</p>

				18,3°, 30,3°, 35,79°, 57,3°, 62,9°. Sifat kristalinitas tertinggi dimiliki oleh CoFe_2O_4 Yang disintesis menggunakan konsentrasi NaOH 1M dan temperatur 60°C. Sifat magnet terbesar adalah CoFe_2O_4 yang disintesis menggunakan konsentrasi NaOH 3M dan temperatur 90°C sebesar 22,17 emu/g.
--	--	--	--	--



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Pada peneliti kali ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen yang dilakukan di Laboratorium Multifungsi UIN Ar-Raniry. Sampel penelitian diperoleh dari pasir besi yang diambil langsung dari Pantai Anoi Itam, Kota Sabang dan diolah sampai menjadi magnetit dan kemudian dicampur dengan TiO_2 sebagai katalis dan selanjut dilakukan uji degradasi.

Langkah awal penelitian dimulai dengan proses preparasi dan sintesis magnetit pasir besi. Perlakuan terhadap sampel untuk menentukan karakterisasi XRD dan VSM, kemudian Penelitian dan uji sampel di laboratorium. Degradasi limbah pestisida dengan proses fotokatalisis magnetit- TiO_2 . Terakhir dilakukan analisis data guna untuk menganalisis data yang diperoleh selama penelitian dan mendapati hasil dan kesimpulan untuk menjawab rumusan masalah dalam penelitian ini.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

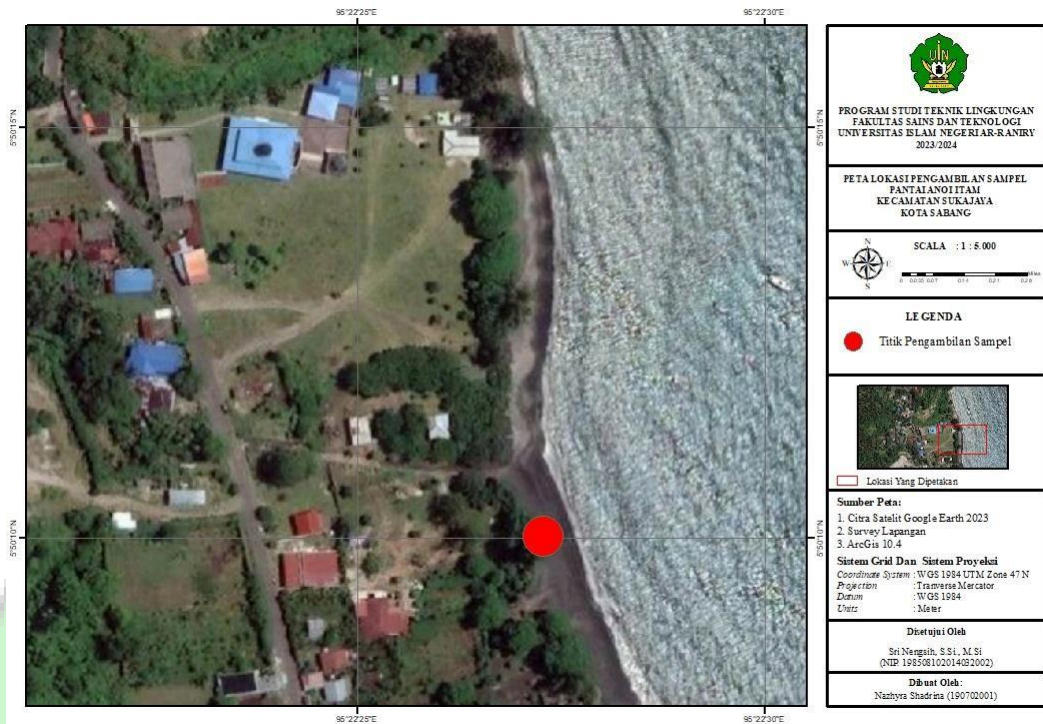
3.2.1 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan perkiraan waktu berlangsung kurang lebih selama 3 bulan dimulai bulan September-November 2023 dengan proses pengambilan sampel dan perlakuan pada sampel di laboratorium hingga menghasilkan kesimpulan dan analisis data.

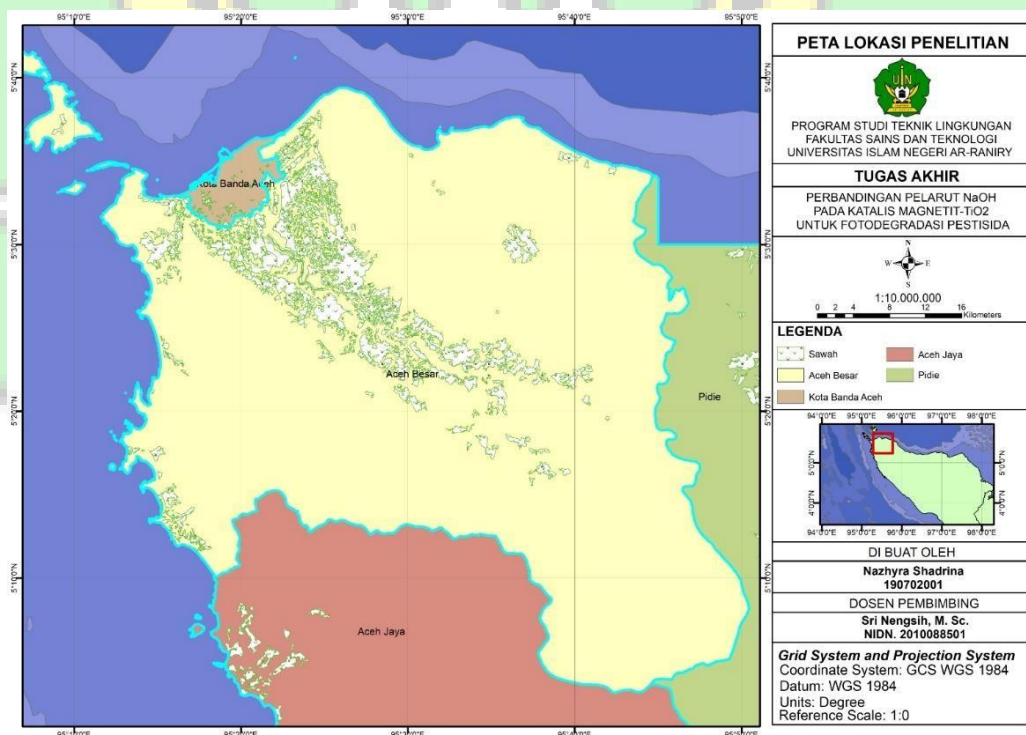
3.2.2 Lokasi Penelitian

a. Lokasi pengambilan sampel

Sampel pasir besi yang digunakan dalam proses fotokatalis sebagai katalis yang akan digabung dengan TiO_2 diambil dari pantai Anoi Itam, Kota Sabang, Aceh dan lokasi pembelian sampel pestisida dibeli ditoko tani yang berada di daerah Lambaro, Kecamatan Ingin Jaya, Aceh Besar.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Pengambilan Sampel Pasir Besi
 Sumber: Dokumen pribadi



Gambar 3.2 Peta Lokasi Penelitian
 Sumber: Dokumen pribadi

b. Lokasi penelitian





Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Multifungsi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

3.3 Bahan dan Peralatan Penelitian

3.3.1 Bahan

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini terdapat pada Tabel 3.1 sebagai berikut:

Tabel 3.1 Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian


Gambar	Nama	Kegunaan
	TiO ₂	Katalis untuk proses fotokatalis
	Sipermetrin	Limbah buatan yang akan diteliti
	Aquades	Pembersih alat-alat dari pengotor dan pelarut
	Etanol	Pelarut bahan kimia

	NH_4OH	Larutan yang mengendapkan pasir besi menjadi magnetit
	HCl 37%	Pelarut pasir besi
	Pasir Besi	Magnetit dalam katalis
	NaOH 3M	Larutan pelarut








3.3.2 Alat


Alat yang akan digunakan dalam penelitian ini terdapat pada Table 3.2 sebagai berikut:

Tabel 3.2 Alat-alat yang digunakan dalam penelitian

Gambar	Nama	Kegunaan
	Mortal	Menghaluskan serbuk Fe_3O_4

	pH Meter	Mengukur asam basa larutan
	Pipet Tetes	Proses tritasi larutan
	Ayakan	Menyaring dan memisahkan pasir besi berdasarkan ukurannya
	<i>Magnetic Stirrer</i>	Proses pengadukan sampel dan larutan
	<i>Beaker Glass</i>	Wadah sampel
	<i>Shaker waterbath</i>	Pencampur larutan

	Lampu UV	Penyinaran UV
	Kertas Saring	Penyaring larutan
	<i>Neraca Analitik</i>	Menimbang sampel
	Oven	Pengering sampel
	Spektrofometer UV-Vis	Pengukur absorben suatu sampel
	XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>)	Menentukan struktur kristal
	VSM (<i>Vibrating Sampel Magnometer</i>)	Mengetahui sifat magnetit fotokatalis

	<p><i>Centrifuge</i></p>	<p>Pemisah supernatant dari solid pada tiap interval analisa sebelum diukur absorbannya menggunakan Spektrofometer UV-Vis</p>
	<p>Magnet Batang</p>	<p>Memisahkan pasir besi dengan kontaminan</p>
	<p>SEM (<i>Scanning Electron Microscope</i>)</p>	<p>Menentukan komposisi Nanopartikel</p>

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Preparasi Pasir Besi

Proses preparasi pasir besi dilakukan agar pasir besi dapat terpisah dari pengotor dan mendapat ukuran yang halus agar memudahkan dalam proses sintesis. Dalam preparasi pasir besi menggunakan metode kopresipitasi yaitu dengan memisahkan pasir besi dari pengotor menggunakan media magnet batang sebagai media pemisahannya. Hasil dari pemisahan tersebut diayak dengan menggunakan ayakan 100 mesh agar mendapatkan ukuran yang relatif sama. Selanjutnya digilin dengan lumpang, dicuci dengan aquades dan dikeringkan dengan oven.

3.4.2 Sintesis Magnetit Fe₃O₄

Pada proses sintesis magnetit Fe₃O₄ digunakan dua pelarut pasir besi, yaitu HCl dan NaOH.

a. HCl

- 20 gram pasir besi dimasukkan ke dalam *Beaker glass* dan dicampur dengan 50 ml HCl 37%, kemudian diaduk menggunakan kecepatan

800 rpm dan dipanaskan dengan suhu 80°C selama 30 menit lalu didinginkan dan disaring dengan menggunakan kertas saring.

- Untuk mendapatkan serbuk nanopartikel Fe_3O_4 , larutan hasil saringan dicampurkan dengan 6,5 M NH_4OH (*ammonia*) dengan menggunakan rasio sebesar 1:5 secara titrasi dan diaduk dengan kecepatan 800 rpm dan dipanaskan dengan suhu 80°C selama 30 menit.
- Larutan hasil dari metode kopresipitasi dicuci dengan menggunakan aquades sampai pH netral kemudian endapan tersebut dikeringkan menggunakan oven dengan temperatur suhu 100°C sampai kering.
- Setelah kering, serbuk dihaluskan menggunakan mortal dan diayak dengan ayakan 200 mesh.
- Serbuk Fe_3O_4 yang dihasilkan disimpan dalam botol berukuran kecil dan ditutup rapat untuk dilakukan karakterisasi.
- Untuk uji karakterisasi menggunakan XRD untuk mengetahui struktur nanopartikel, SEM untuk mengetahui komposisi nanopartikel dan VSM untuk mengetahui sifat dari magnetit fotokatalisnya.

b. NaOH

- 20 gram pasir besi dimasukkan ke dalam *Beaker glass* dan dicampur dengan 50 ml NaOH, kemudian diaduk menggunakan kecepatan 800 rpm dan dipanaskan dengan suhu 80°C selama 30 menit lalu didinginkan.
- Larutan hasil dari metode kopresipitasi dicuci dengan menggunakan aquades sampai pH netral kemudian endapan tersebut dikeringkan menggunakan oven dengan temperatur suhu 100°C selama 5 jam.
- Setelah kering, serbuk dihaluskan menggunakan mortal dan diayak dengan ayakan 200 mesh.
- Serbuk Fe_3O_4 yang dihasilkan disimpan dalam botol berukuran kecil dan ditutup rapat untuk dilakukan karakterisasi.
- Untuk uji karakterisasi menggunakan XRD untuk mengetahui struktur nanopartikel, SEM untuk mengetahui komposisi

nanopartikel dan VSM untuk mengetahui sifat dari magnetit fotokatalisnya.

3.4.3 Pengujian Katalis

Hasil sintesis yang telah dilakukan kemudian akan dilakukan uji XRD, SEM dan VSM.

- Dilakukan Uji XRD di Laboratorium MIPA Universitas Syiah Kuala guna mengidentifikasi dan menentukan struktur fasa nanopartikel pada katalis.
- Selanjutnya menganalisa komposisi nanopartikel menggunakan uji SEM dilakukan di Laboratorium Politeknik Lhokseumawe dan Laboratorium MIPA Universitas Syiah Kuala.
- Uji VSM guna mengetahui sifat magnetit fotokatalisnya, sampel akan di uji pada Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN), Serpong, Tangerang Selatan, Banten.

3.4.4 Penggabungan Magnetit dengan TiO₂

Setelah proses sintesis magnetit Fe₃O₄ dilakukan, maka langkah selanjutnya adalah penggabungan Fe₃O₄ dan TiO₂.

a. Fe₃O₄ (HCl) + TiO₂

Pada proses ini diawali dengan mencampurkan 2 gr TiO₂ dengan 2 gr Fe₃O₄ dan ditambahkan etanol 33% lalu diaduk dengan menggunakan *shaker* dengan kecepatan 130 rpm selama 30 menit. Selanjutnya disaring dengan menggunakan kertas saring dan dikeringkan menggunakan oven dan kemudian menggunakan mortal untuk menghasilkan katalis. Endapan yang diperoleh diberi perlakuan kalsinasi pada suhu 500°C selama 2 jam.

b. Fe₃O₄ (NaOH) + TiO₂

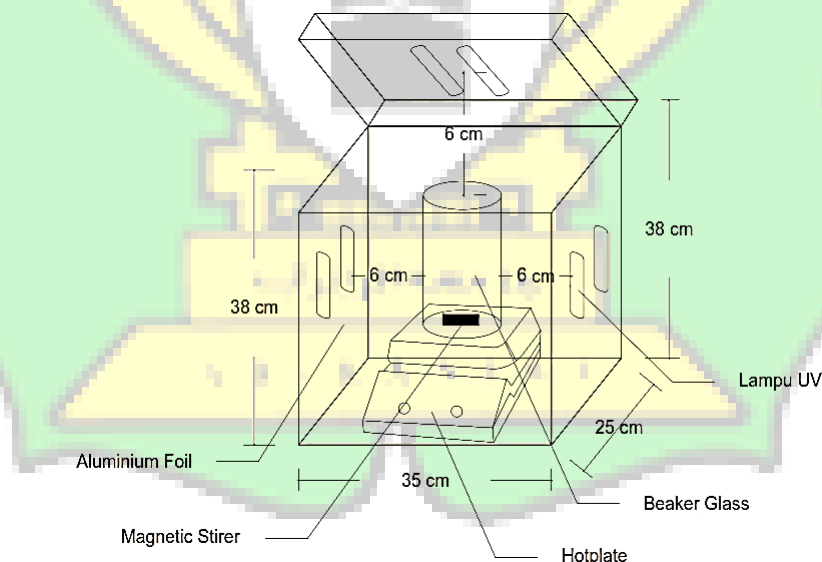
Pada proses ini diawali dengan mencampurkan 2 gr TiO₂ dengan 2 gr Fe₃O₄ dan ditambahkan etanol 33% lalu diaduk dengan menggunakan *shaker* dengan kecepatan 130 rpm selama 30 menit. Selanjutnya disaring dengan menggunakan kertas saring dan dikeringkan menggunakan oven

dan kemudian menggunakan mortal untuk menghasilkan katalis. Endapan yang diperoleh diberi perlakuan kalsinasi pada suhu 500°C selama 2 jam.

3.4.5 Desain Reaktor

Pada penelitian ini, proses fotokatalis dilakukan dalam reaktor yang tertutup yang didesain dengan ukuran panjang 35 cm, tinggi 38 cm dan lebar 25cm. Dimana dalam reaktor ini terdapat lampu UV-A ukuran 10 Watt masing-masing 2 di sisi kiri, 2 di sisi kanan dan 2 pada bagian atas kotak (penutup), dengan jarak antara lampu dengan limbah adalah 6 cm.

Dalam reaktor *batch* ini energi yang dihasilkan dapat mengaktifkan TiO_2 sehingga dapat bekerja dalam proses fotokatalisis. Selain itu, dinding reaktor dilapisi dengan aluminium foil sebagai reflektor yang membuat cahaya memantul ke arah limbah pestisida. *Beaker glass* 1000 mL dijadikan sebagai wadah untuk sampel pestisida sipermetrin yang akan diletakkan diatas *hotplate* diaduk menggunakan *magnetit stirrer* dengan kecepatan 400 rpm dengan penyinaran lampu UV didalam reaktor tertutup. Gambar desain reaktor dapat dilihat pada Gambar 3.3 dibawah ini.



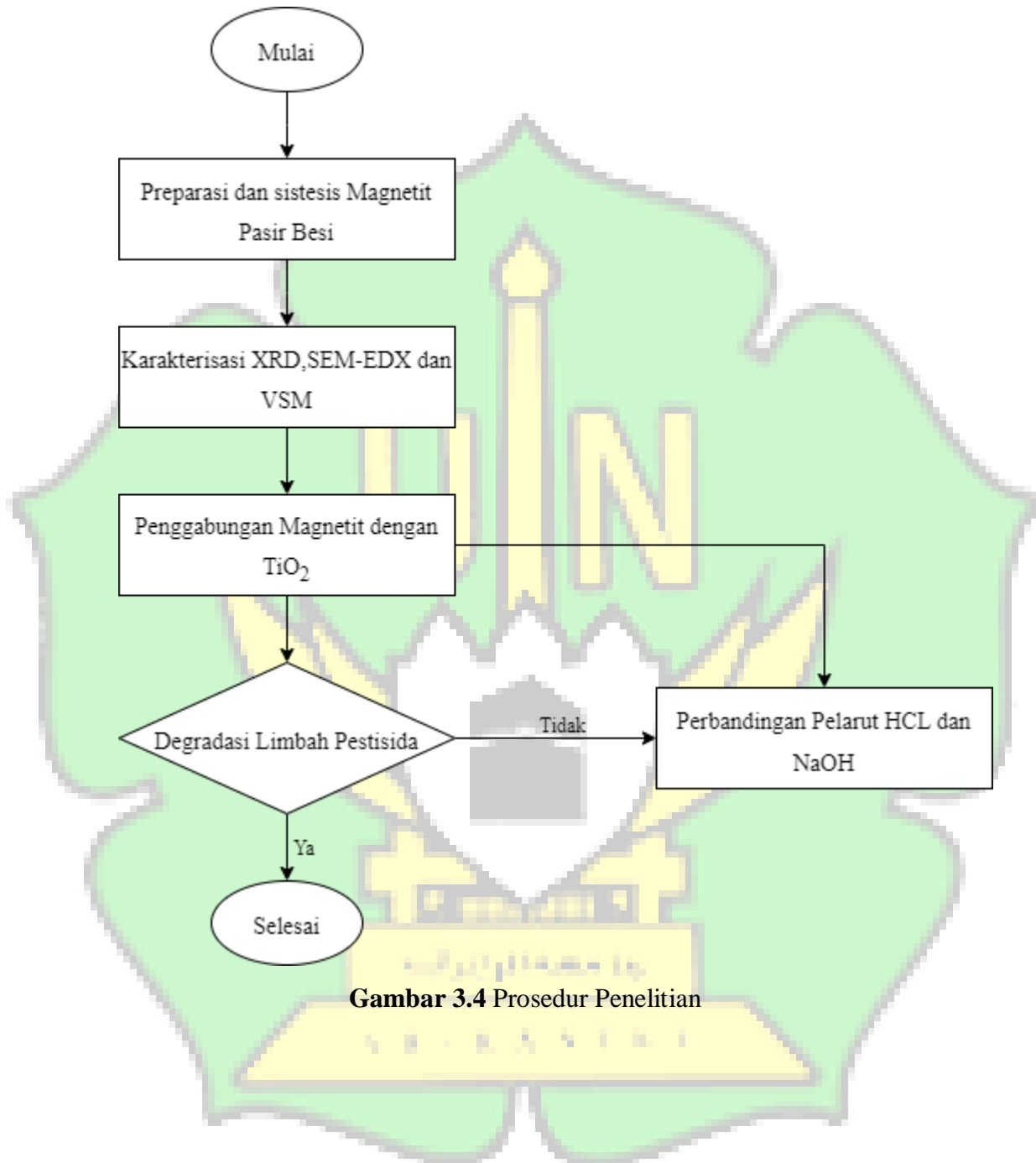
Gambar 3.3 Desain Reaktor
Sumber: Dokumen Pribadi

3.4.6 Fotodegradasi Pestisida Sipermetrin menggunakan $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-TiO}_2$

Analisa degradasi limbah pestisida sebelum atau sesudah perlakuan pada sampel guna mengetahui perubahan yang terjadi di setiap sampel dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

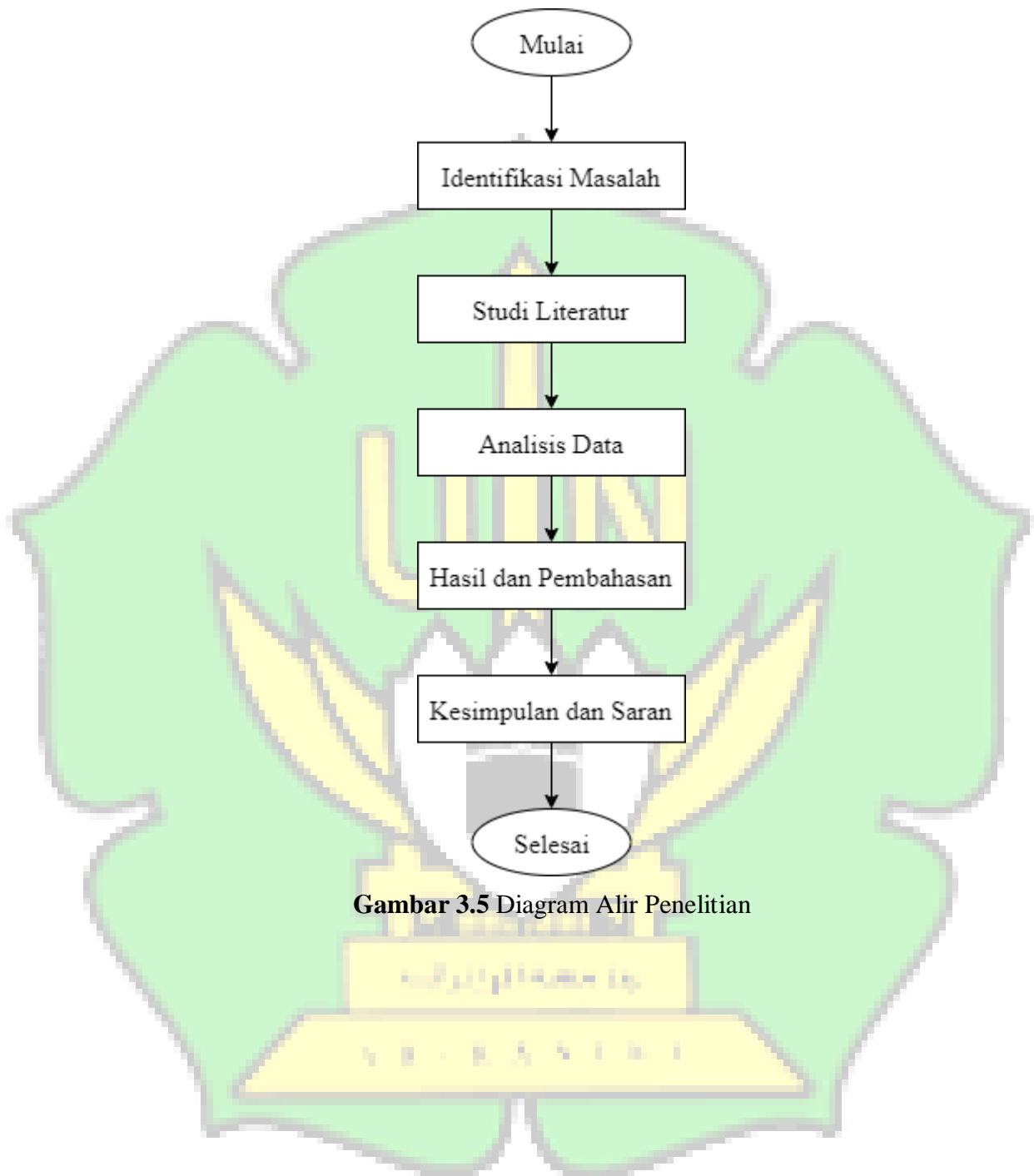
- Proses ini diawali dengan disiapkan 2 *beaker glass* yang diisi dengan konsentrasi 10 ppm larutan pestisida sipermetrin, dimana tiap-tiap *beaker glass* diisi katalis sejumlah $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-TiO}_2$ dengan rasio 1:1 untuk variasi pelarut.
- Selanjutnya *beaker glass* dimasukkan ke dalam tabung reaktor tanpa penyinaran dan diaduk dengan kecepatan 400 rpm selama 30 menit untuk melihat apakah ada terjadi perubahan terhadap sampel pada waktu 30, 60, dan 90 menit.
- Selanjutnya *beaker glass* dimasukkan kedalam tabung reaktor yang akan diradiasi menggunakan sinar UV dan diaduk dengan kecepatan 400 rpm selama 30 menit untuk melihat apakah ada terjadi perubahan terhadap sampel pada waktu 30, 60, dan 90 menit.
- Selanjutnya limbah diambil sebanyak 20 ml dari masing-masing *beaker glass* untuk disentrifugasi dengan kecepatan 4000 rpm selama 5 menit.
- Hasil dari endapan masing-masing *beaker glass* diukur absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang maksimum dari larutan pestisida sampai memperoleh konsentrasi pestisida.
- Selanjutnya fotodegradasi pestisida sipermetrin dengan katalis $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-TiO}_2$ dan sinar UV-Vis dapat ditentukan dengan perhitungan persentase dari proses degradasi.

Berdasarkan prosedur penelitian tersebut alur dalam penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Prosedur Penelitian

Adapun diagram alir pada penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3.5 Diagram Alir Penelitian

3.5 Analisis Data

Untuk ukuran kristal dari hasil pengujian XRD dapat ditentukan dengan menggunakan ketetapan Debye-Scherrer pada Persamaan 3.1

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

Keterangan:

D = ukuran kristal katalis magnetit TiO_2 (nm),

λ = Panjang gelombang radiasi,

K = konstanta (0,9),

θ = sudut puncak dalam satuan derajat,

β = luas lebar setengah puncak dalam suatu radian.

Proses selanjutnya dilakukan dengan menggunakan alat VSM yang akan menghasilkan informasi mengenai besaran-besaran sifat magnetit sebagai akibat perubahan medan magnet luar yang digambarkan dalam kurva histerisis. Alat ini juga dapat mengukur sifat magnetit bahan yang diakibatkan oleh perubahan suhu.

Hasil dari persentase degradasi limbah pestisida sipermetrin oleh $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-TiO}_2$ akan dihitung menggunakan Persamaan 3.2 dengan rumus sebagai berikut:

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

Keterangan:

$\%D$ = Persen degradasi

C_0 = Konsentrasi awal

C_t = Konsentrasi setelah penyinaran

Untuk mengetahui laju degradasi limbah pestisida sipermetrin oleh $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-TiO}_2$ akan dihitung menggunakan Persamaan 3.3 dengan rumus sebagai berikut:

$$V = \frac{\Delta A}{\Delta t} \dots\dots\dots 3.3$$

Dimana: V = Laju degradasi pestisida

$\Delta A = A_0 - A_t =$ Selisih nilai absorbansi

$\Delta t = t_t - t_0 =$ Selisih waktu kontak

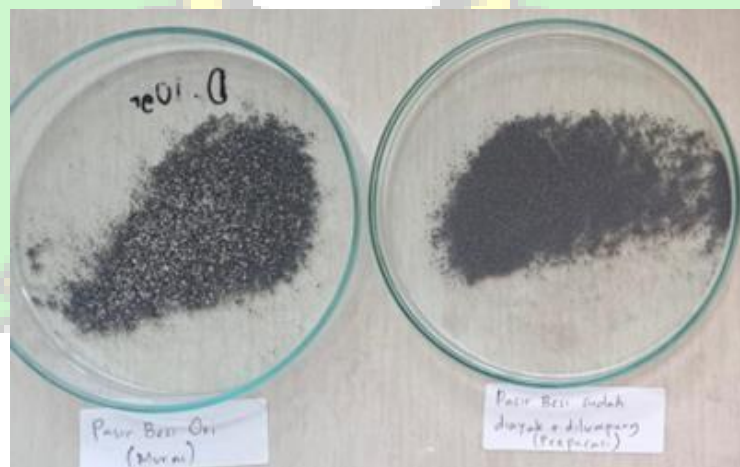
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan proses degradasi pestisida sipermetrin secara fotokatalitik dengan menggunakan pasir besi yang telah disintesis menjadi serbuk magnetit dan TiO_2 serta lampu UV dengan daya 10 Watt sebagai sumber radiasi. Penelitian ini juga dilakukan perbandingan pelarut pada katalis magnetit- TiO_2 dalam proses degradasi dan juga menentukan kondisi optimum degradasi yaitu pada lama waktu degradasi.

4.1. Preparasi dan Sintesis Pasir Besi

Sebelum proses degradasi terhadap limbah pestisida sipermetrin dilakukan, pasir besi terlebih dahulu dipreparasi dan disintesis. Hasil dari preparasi dan sintesis pasir besi (magnetit) dapat dilihat pada Gambar 4.1. Berdasarkan hasil penelitian, pasir besi yang belum dilakukan preparasi dan sintesis cenderung memiliki tekstur yang kasar dan masih bercampur dengan pasir. Untuk pasir besi yang sudah dipreparasi cenderung memiliki tekstur yang halus juga berwarna abu-abu, sedangkan pasir besi yang sudah disintesis memiliki tekstur yang lebih halus dan juga berwarna hitam pekat yang dapat dilihat pada Gambar 4.1.



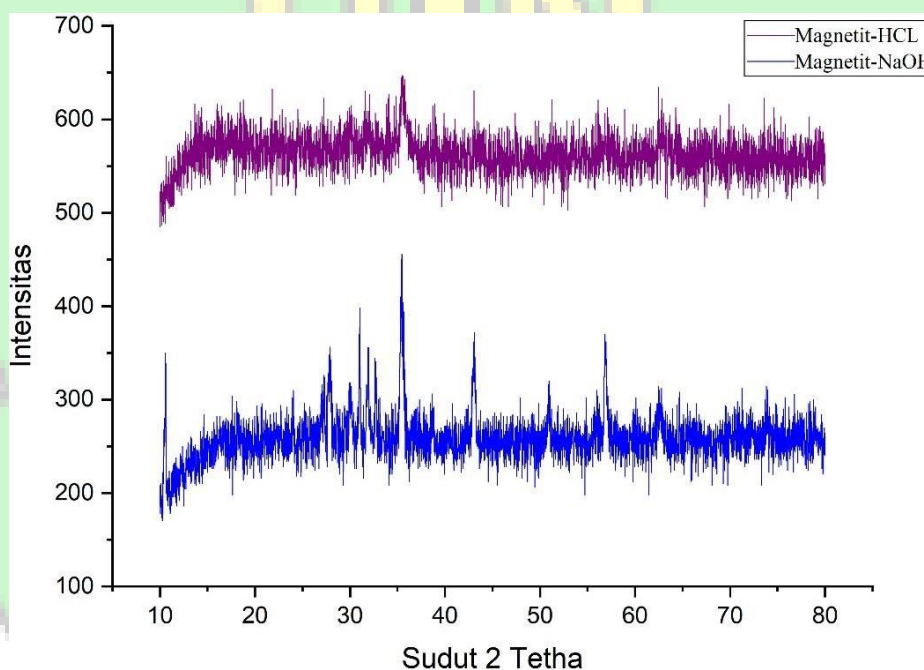
Gambar 4.1 Hasil preparasi pasir besi
Sumber: Dokumen pribadi

4.2. Karakterisasi Fe₃O₄

Untuk mengetahui struktur kristal pada magnetit Fe₃O₄ maka dilakukan karakterisasi menggunakan *X-ray Diffraction (XRD)*, *Vibrating Sample Magnetometer (VSM)* dan *Scanning Electron Microscope (SEM)*.

4.2.1. Karakterisasi Fe₃O₄ dengan *X-ray Diffraction (XRD)*

Difraksi sinar x merupakan metode analisis yang berperan penting dalam menentukan karakter mineral yang menyusun kristal nanopartikel pada sampel Fe₃O₄. Hasil yang didapat setelah dilakukan uji XRD dapat dilihat pada Gambar 4.2 dibawah ini.



Gambar 4.2 Hasil XRD magnetit (HCl) dan magnetit (NaOH)

Dari pola XRD terdapat puncak tertinggi yang dapat dilihat pada Gambar 4.2. Puncak tertinggi magnetit (HCl) terdapat pada daerah $I = 100$ dengan ukuran kristal 12,2681 nm sedangkan magnetit (NaOH) terdapat pada daerah $I = 100$ dengan ukuran kristal 22,4849 nm. Berikut merupakan hasil dari perhitungan XRD magnetit Fe₃O₄.

Tabel 4.1 Perhitungan XRD magnetit Fe₃O₄

Sampel	Sudut 2θ ref	Sudut θ sampel	d (Å) ref	d (Å) sampel	I Sampel	FWHM (derajat)	Ukuran Krisal (nm)
Magnetit-HCl	30,05	30,1225	2,97	2,9643	36	0,6450	12,7549
	35,42	35,5400	2,53	2,5239	100	0,6800	12,2681
	43,05	43,1650	2,10	2,0941	29	0,4100	20,8372
	53,40	53,4250	1,71	1,7136	29	0,4300	20,6825
	56,96	56,1700	1,62	1,6362	31	0,3400	26,4840
	62,52	62,6983	1,48	1,4806	45	0,5433	17,1219
Magnetit-NaOH	30,05	30,0400	2,97	2,9723	33	0,4000	20,5633
	35,42	35,4254	2,53	2,5318	100	0,3709	22,4849
	43,05	43,0120	2,10	2,1012	58	0,3760	22,7095
	53,40	53,3600	1,71	1,7155	10	0,1334	66,6486
	56,96	56,8400	1,62	1,6185	65	0,2800	32,2604
	62,52	62,5550	1,48	1,4836	21	0,6100	15,2381

Pada data XRD magnetit Fe₃O₄ dilakukan analisis yang merujuk kepada data standar JCPDS No. 00-019-0629 dengan data standarnya adalah seperti Tabel 4.2 berikut:

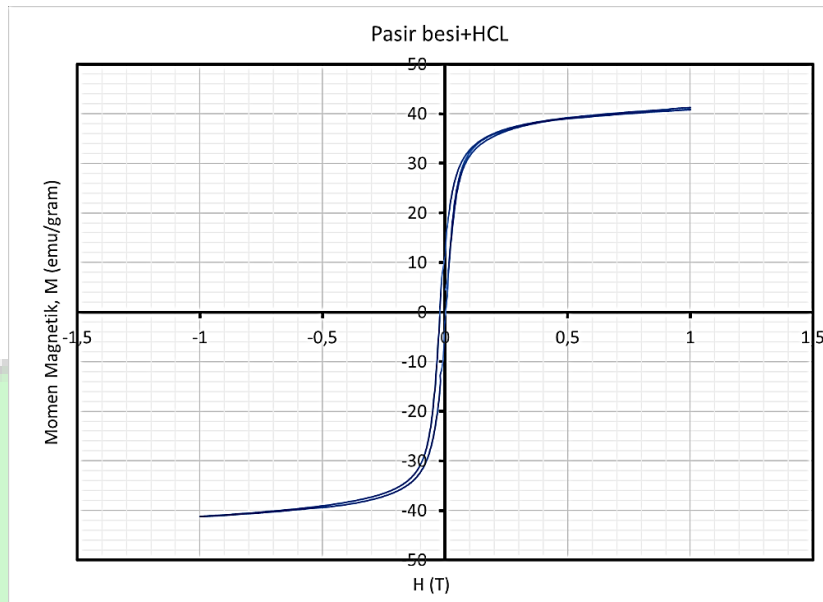
Tabel 4.2 Data referensi XRD Fe₃O₄

No	Sudut 2θ	Hkl	d (Å)
1	30,05	220	2,97
2	35,42	311	2,53
3	43,05	400	2,10
4	53,40	422	1,71
5	56,96	511	1,62
6	62,52	440	1,48

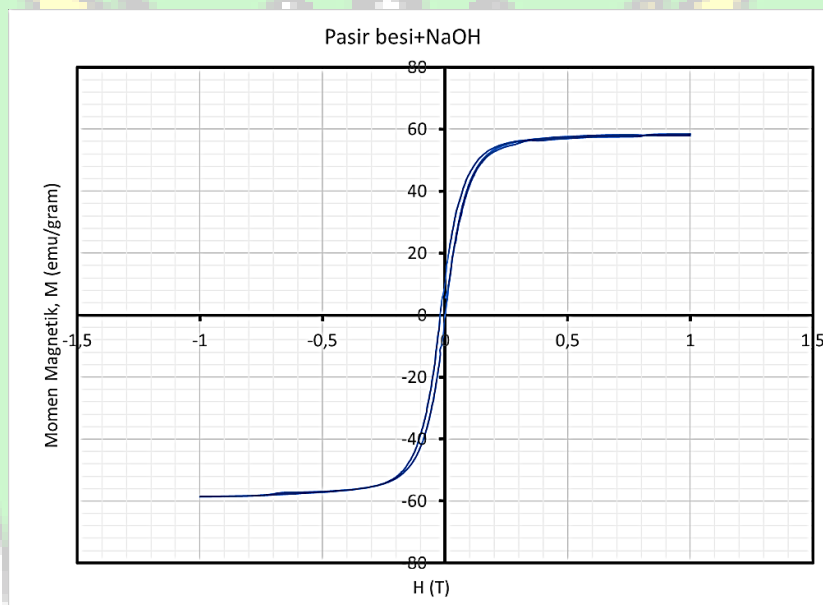
4.2.2. Karakterisasi Magnetit dengan *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM)

Uji karakterisasi sifat magnetit dilakukan dengan menggunakan VSM (*Vibrating Sample Magnetometer*) di Laboratorium Radiasi Serpong, Kawasan Nuklir Serpong, Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan. Informasi yang didapatkan berupa besaran-besaran sifat magnetik sebagai perubahan medan magnet luar yang digambarkan dengan kurva histeresis. Kurva histeresis dapat

menunjukkan hubungan antara magnetis (M) dengan magnet luar (H), kurva histeresis dapat dilihat pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4



Gambar 4.3 Kurva histeresis magnetit (HCl)
Sumber: Dokumen pribadi



Gambar 4.4 Kurva histeresis magnetit (NaOH)
Sumber: Dokumen pribadi

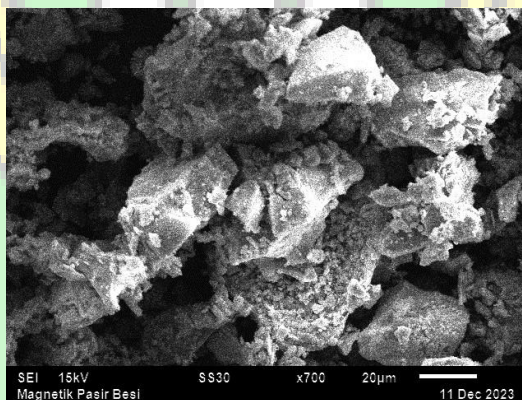
Tabel 4.3 Data sifat magnetik pasir besi menggunakan VSM

Sampel	Variabel		
	Ms (emu/g)	Mr (emu/g)	Hc (T)
Magnetit (HCl)	41,255	13,312	0,0241
Magnetit (NaOH)	57,975	12,055	0,0206

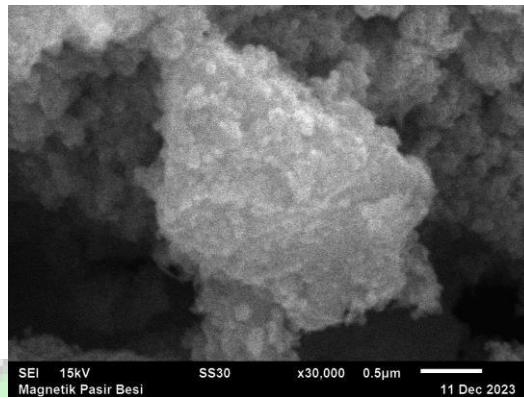
Dari data sifat magnetit diatas dapat dilihat bahwa nilai Ms pasir besi yang menggunakan pelarut NaOH lebih tinggi mencapai 57,975 emu/g dibandingkan dengan pasir besi menggunakan pelarut HCl yang hanya mencapai 41,255 emu/g.

4.2.3. Karakterisasi Magnetit dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM)

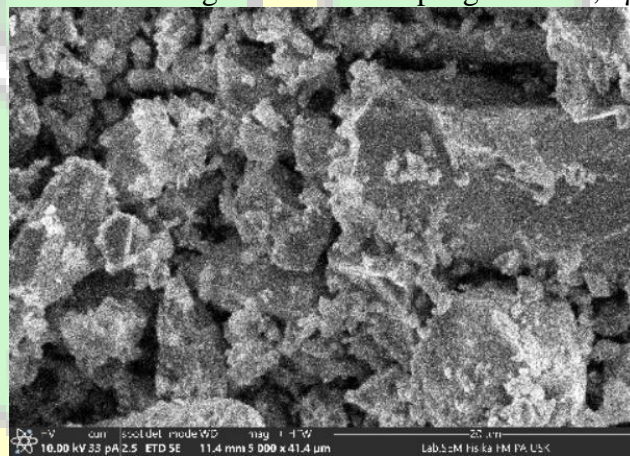
Analisis morfologi dan komposisi dari magnetit dengan menggunakan SEM dilakukan di Laboratorium Politeknik Lhokseumawe dan Laboratorium MIPA Universitas Syiah Kuala. Hasil yang didapat setelah dilakukan uji SEM dapat dilihat pada Gambar 4.5, Gambar 4.6, Gambar 4.7 dan Gambar 4.8 dibawah ini.



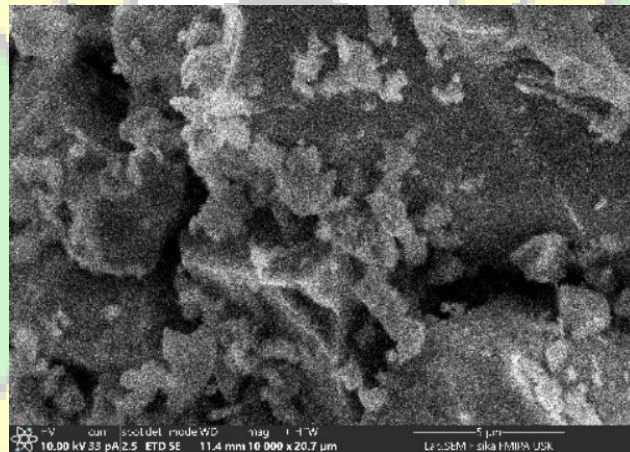
Gambar 4.5 Magnetit HCl skala pengukuran 20 μm



Gambar 4.6 Magnetit HCl skala pengukuran 0,5 μm



Gambar 4.7 Magnetit NaOH skala pengukuran 20 μm



Gambar 4.8 Magnetit NaOH skala pengukuran 5 μm

Berdasarkan pengujian SEM pada Gambar 4.5 dengan skala 20 μm pada pembesaran 700 kali, Gambar 4.6 dengan skala 0,5 μm pada pembesaran 30.000 kali, Gambar 4.7 dengan skala 20 μm pada pembesaran 5.000 kali dan Gambar 4.8 dengan skala 5 μm pada pembesaran 10.000 kali. Dari hasil SEM tersebut

didapatkan hasil yang tidak beraturan (heterogen) hal ini mengakibatkan terjadinya aglomerasi pada magnetit karena adanya kontak dengan udara yang mengakibatkan terjadinya penggumpalan. Penggumpalan yang terjadi juga sangat bervariasi namun dalam hal ini sudah berhasil mereduksi atau menurunkan ukuran pasir besi menjadi magnetit walaupun skalanya masih mikrometer belum mencapai nanometer.

4.3. Penggabungan Magnetit-TiO₂

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, penampakan fisik magnetit-TiO₂ sebelum eksperimen memiliki tekstur yang halus dan berwarna hitam pekat. Setelah eksperimen magnetit (HCl) memiliki tekstur yang lebih halus dan berwarna cenderung kemerahan sedangkan magnetit (NaOH) memiliki tekstur yang lebih halus dan berwarna abu-abu yang dapat dilihat pada Gambar 4.9



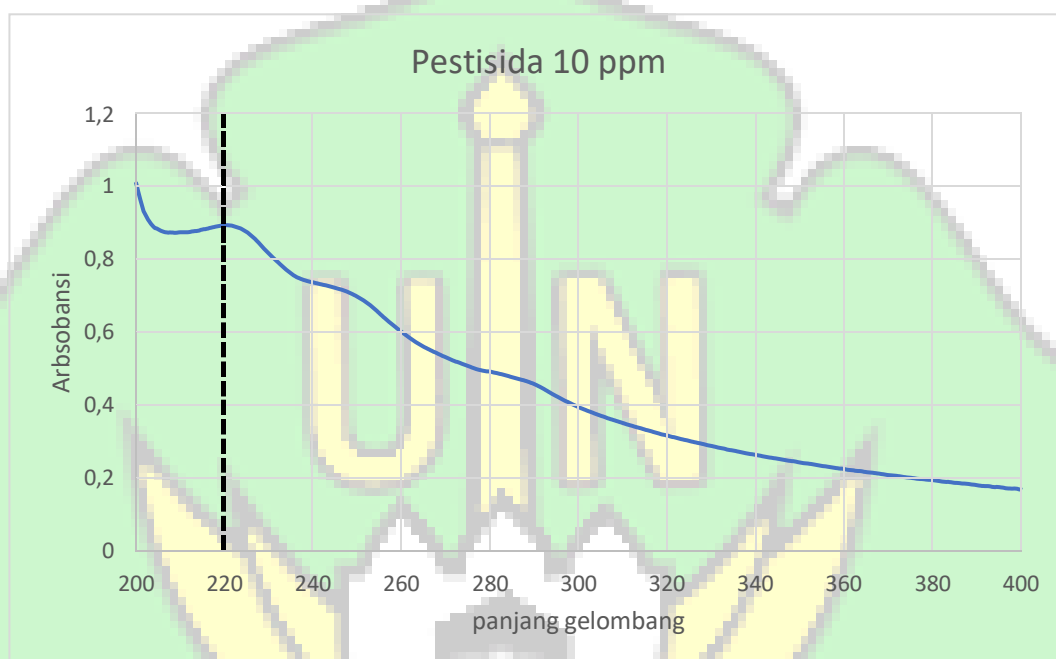
Gambar 4.9 Magnetit (HCl) dan magnetit (NaOH)

Sumber: Dokumen pribadi

Penggunaan magnetit (material pendukung) yang bersifat adsorpsi dikombinasikan dengan TiO₂ (material yang didukung) yang merupakan semikonduktor yang memiliki kemampuan dalam degradasi fotokatalitik diharapkan dapat meningkatkan aktivitas dalam degradasi pestisida sipermetrin.

4.4. Penentuan Panjang Gelombang Limbah Pestisida Sipermetrin Sebelum Fotodegradasi

Nilai Panjang gelombang maksimum pada pestisida sipermetrin setelah ditentukan dengan spektrofotometer UV-Vis. Pengukuran tersebut dilakukan pada daerah tampak dengan panjang gelombang 200-400 nm. Panjang gelombang pada pestisida sipermetrin terdapat pada $\lambda_{\text{max}} = 220 \text{ nm}$.

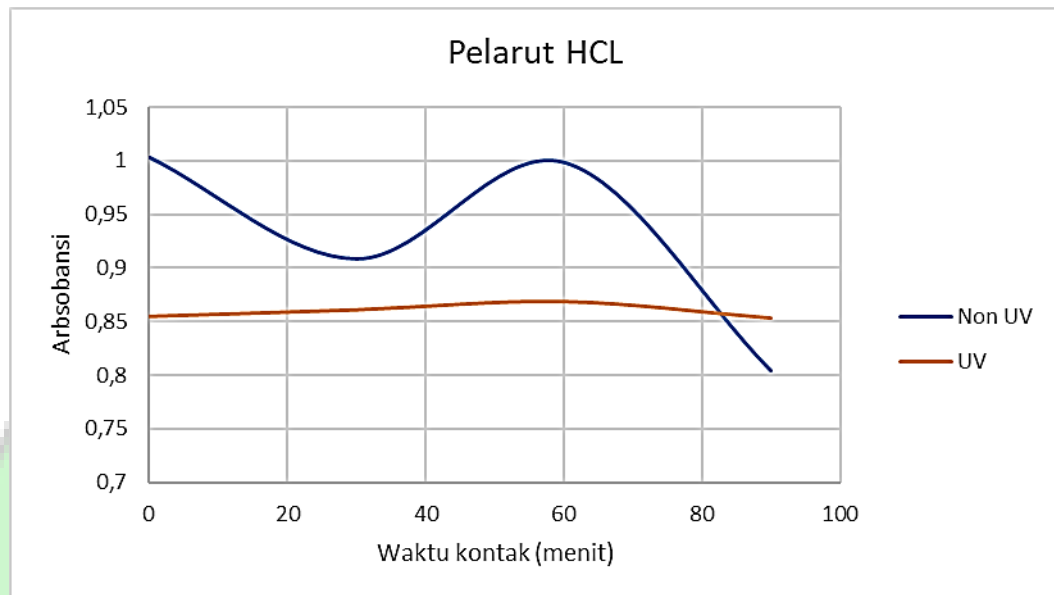


Gambar 4.10 Grafik limbah pestisida
Sumber: Dokumen pribadi

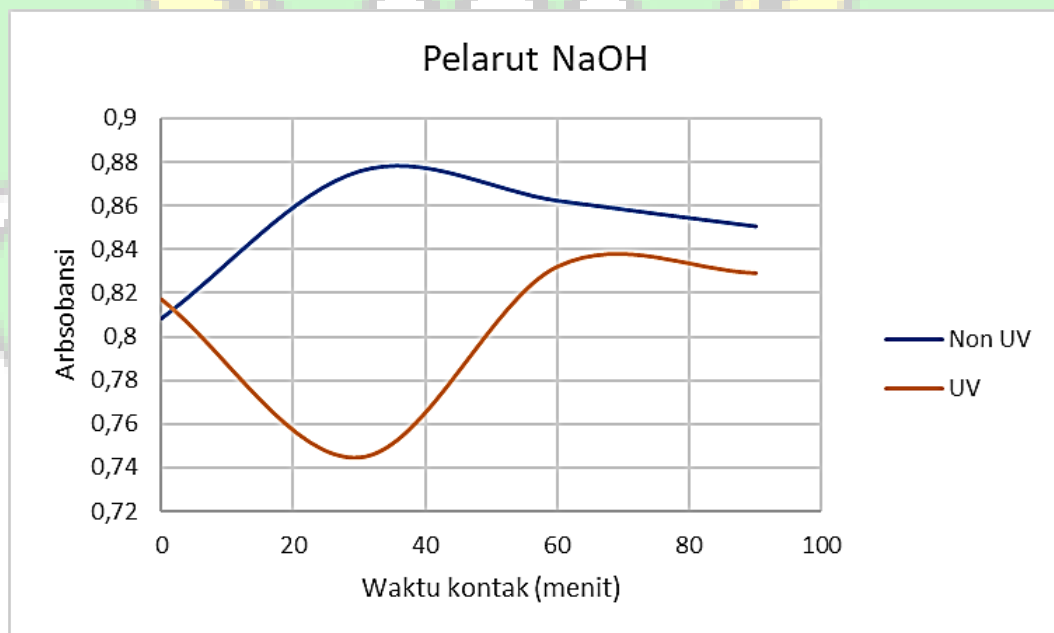
4.5. Optimasi Waktu Fotodegradasi Pestisida

Waktu degradasi optimum adalah waktu terdegradasi yang akan memberikan konsentrasi pestisida di sisa yang paling sedikit. Dapat dikatakan bahwa waktu degradasi optimum merupakan dimana waktu larutan sampel pestisida mengalami persentase degradasi paling besar. Penentuan waktu degradasi optimum tersebut dilakukan dengan menambahkan magnetit-TiO₂ dengan rasio 1:1 pada larutan sampel pestisida dengan perbandingan pelarut HCl dan NaOH. Sampel tersebut akan di degradasi didalam reaktor dengan selang waktu 30, 60 dan 90 menit kemudian larutan diambil 20 ml untuk dilakukan

pengukuran absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum dari larutan limbah pestisida.



Gambar 4.11 Grafik spektrofotometer UV-Vis dari degradasi limbah (HCl)
Sumber: Dokumen pribadi



Gambar 4.12 Grafik spektrofotometer UV-Vis dari degradasi limbah (NaOH)
Sumber: Dokumen pribadi

Hasil dari degradasi limbah pestisida sipermetrin dengan katalis $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-TiO}_2$ dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.4 Hasil uji spektrofometer UV-Vis dari degradasi limbah pestisida

perbandingan pelarut pada katalis magnetit- TiO_2	Waktu degradasi	Absorbansi	% Terdegradasi
Tanpa penyinaran			
Pelarut HCl	30 menit	0,908505	1,76 %
	60 menit	0,998126	11,80 %
	90 menit	0,804675	9,86 %
Pelarut NaOH	30 menit	0,875919	1,88 %
	60 menit	0,862409	3,40 %
	90 menit	0,85068	4,71 %
Dengan Penyinaran			
Pelarut HCl	30 menit	0,860965	3,56 %
	60 menit	0,869077	2,65 %
	90 menit	0,852795	4,47 %
Pelarut NaOH	30 menit	0,744547	16,60%
	60 menit	0,832314	6,77 %
	90 menit	0,829257	7,11 %

Hasil optimasi waktu degradasi menunjukkan bahwa banyaknya pestisida yang terdegradasi pada pelarut katalis NaOH dengan menggunakan penyinaran di menit ke 30 sebesar 16,602%. Dilihat dari kondisi yang didapat menunjukkan bahwa degradasi limbah pestisida dengan menggunakan pelarut katalis NaOH memberikan nilai persentase degradasi yang paling tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa pelarut NaOH lebih efektif dalam mendegradasi limbah pestisida dibandingkan dengan pelarut HCl.

4.6. Laju Degradasi Pestisida

Hasil dari laju degradasi limbah pestisida sipermetrin dengan katalis Fe_3O_4 - TiO_2 dapat dilihat pada tabel berikut:

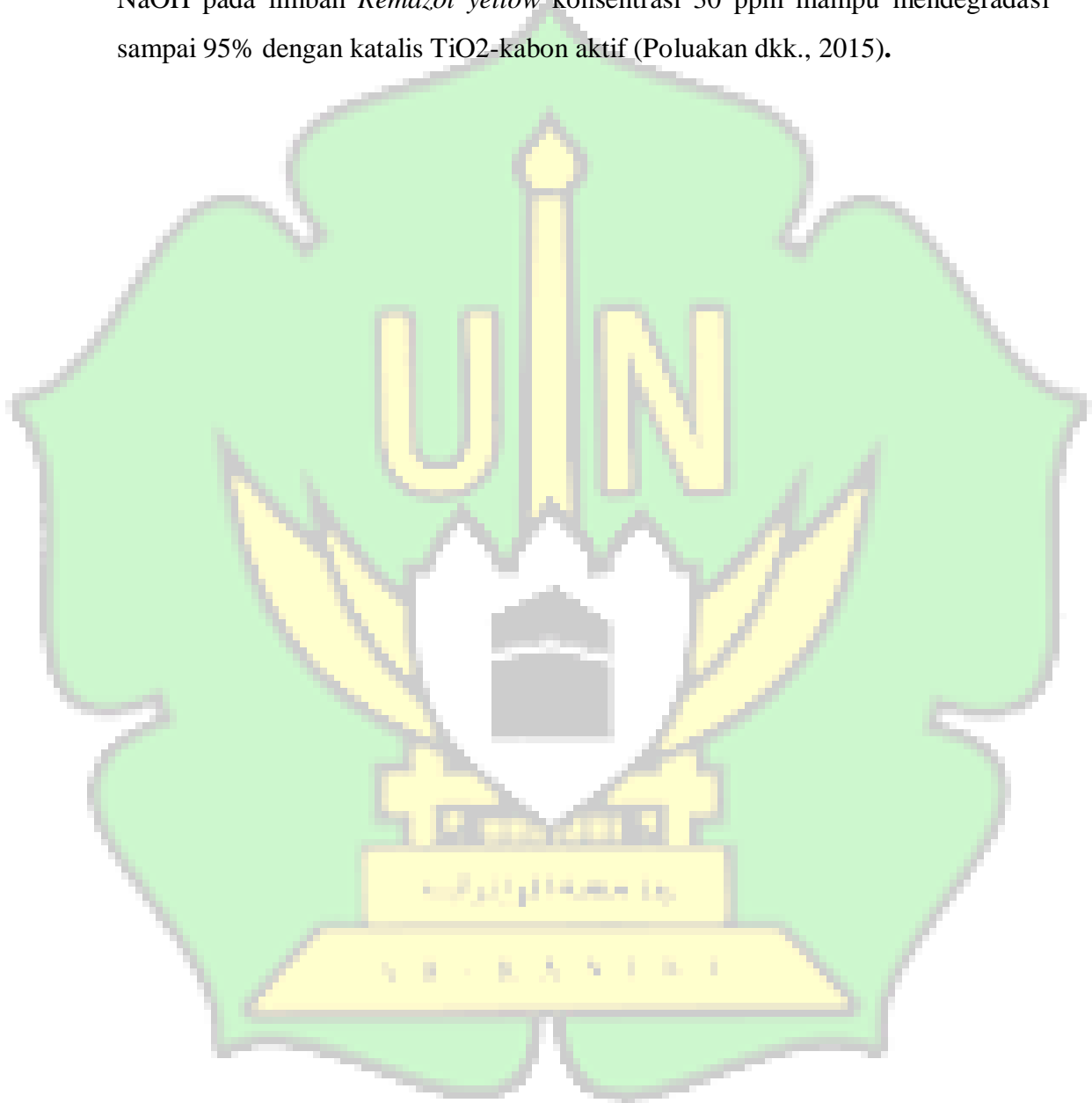
Tabel 4.5 Laju degradasi pestisida

perbandingan pelarut pada katalis magnetit- TiO_2	A_t	ΔA	Δt (menit)	Laju degradasi (abs/menit)
Tanpa penyinaran				
Pelarut HCl	0,908505	0,015734	30	0,0005244
	0,998126	0,105355	60	0,001755
	0,804675	0,088096	90	0,000978
Pelarut NaOH	0,875919	0,016852	30	0,0005617
	0,862409	0,030362	60	0,0005060
	0,85068	0,042091	90	0,0004676
Dengan Penyinaran				
Pelarut HCl	0,860965	0,031806	30	0,001060
	0,869077	0,023694	60	0,000394
	0,852795	0,039976	90	0,000444
Pelarut NaOH	0,744547	0,148224	30	0,004940
	0,832314	0,060457	60	0,001007
	0,829257	0,063514	90	0,000705

Dimana $A_0 = 0,892771$.

Hasil laju degradasi menunjukkan bahwa banyaknya pestisida yang terdegradasi pada pelarut katalis NaOH dengan menggunakan penyinaran di menit ke 30 sebesar 0,004940. Dilihat dari kondisi yang didapat menunjukkan bahwa degradasi limbah pestisida dengan menggunakan pelarut katalis NaOH memberikan nilai laju degradasi yang paling tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa pelarut NaOH lebih efektif dalam mendegradasi limbah pestisida dibandingkan dengan pelarut HCl.

Hal tersebut dapat dilihat dari kajian terdahulu dimana degradasi dengan menggunakan pelarut katalis HCl pada limbah pestisida diazinon konsentrasi 18 ppm yang terdegradasi sebesar 90,75% dengan katalis C,N-codoped TiO₂ (Khoiriah dkk., 2019). Sedangkan degradasi dengan menggunakan pelarut katalis NaOH pada limbah *Remazol yellow* konsentrasi 30 ppm mampu mendegradasi sampai 95% dengan katalis TiO₂-karon aktif (Poluakan dkk., 2015).



BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

- a. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan magnetit-TiO₂ pada proses fotodegradasi mampu dalam mendegradasi pestisida.
- b. Karakterisasi katalis Fe₃O₄ yang telah disintesis dengan menggunakan pelarut HCl berdasarkan XRD dinyatakan nanopartikel, SEM dinyatakan mikrometer karena terjadi aglomerasi dan VSM dinyatakan superparamagnetit dengan momen saturasi 41,255 emu/g. sedangkan katalis yang menggunakan pelarut HCl berdasarkan XRD dinyatakan nanopartikel, SEM dinyatakan mikrometer karena terjadi aglomerasi dan VSM dinyatakan superparamagnetit dengan momen saturasi 57,975 emu/g.
- c. Berdasarkan variasi pelarut katalis magnetit-TiO₂ dalam mendegradasi limbah pestisida menunjukkan bahwa katalis dengan menggunakan pelarut HCl paling banyak terdegradasi di menit 90 sebesar 9,86% dengan laju degradasi 0,000978 abs/menit. Sedangkan katalis dengan menggunakan pelarut NaOH paling banyak terdegradasi di menit 30 sebesar 16,60% dengan laju degradasi 0,004940 abs/menit. Dari hasil analisis menunjukkan bahwa katalis dengan menggunakan pelarut NaOH lebih efektif dibandingkan dengan pelarut HCl dalam mendegradasi pestisida.

5.2. Saran

- a. Perlu melakukan pengujian konsentrasi limbah setelah didegradasi untuk melihat terjadi penurunan konsentrasi dari jumlah awal.
- b. Perlu kajian tambahan waktu kontak limbah dengan katalis untuk mengamati kemampuan katalis.
- c. Perlu kajian lanjut untuk mendapatkan katalis dalam ukuran nanometer dan upaya mencegah terjadinya aglomerasi atau penggumpalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, F., Hidayat, R. K., & Meicahayanti, I. (2022). Pengaruh pH, UV dan TiO₂ Untuk Mendegradasi Variasi Asam Humat Berbasis Fotokatalis. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 5(2), 9–16.
- Anggi Safitri. (2018). Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Temperatur Pada Sintesis CoFe₂O₄ Terhadap Struktur, Sifat Kemagnetan dan Luas Permukaan. *Tugas Akhir Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya*.
- Arutanti, O., Abdullah, M., Khairurrijal, & Mahfudz, dan H. (2015). Penjernihan Air Dari Pencemar Organik dengan Proses Fotokatalis pada Permukaan Titanium Dioksida (TiO₂). *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*, 2–4.
- Dahlan, D., & Andalas, U. (2015). Sintesis Lapisan TiO₂ Menggunakan Prekursor TiCl₄ Untuk Anggi Pravita R, Dahyunir Dahlan. May 2013.
- Dirgayana, I. W., Sumiartha, I. K., & Adnyana, I. M. M. (2018). Efikasi Insektisida Berbahan Aktif (klorpirifos 540 g/l dan sipermetrin 60 g/l) terhadap Perkembangan Populasi dan Serangan Hama Penggulung Daun *Lamprosema indicata* Fabricius (Lepidoptera: Pyralidae) pada Tanaman Kedelai. *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 6(4), 378–388.
- Eddy, D. R. (2014). Penurunan Nilai COD Pada Pestisida Sipermetrin Dengan Fotokatalis Titanium(IV) Oksida-Platina. *Molekul*, 9(2), 136–143.
- Elda Swastika, P., Hardheyanti, F., Prasetyowati, R., Ariswan, A., & Warsono, W. (2021). Pengaruh Konsentrasi HCl terhadap Mikrostruktur dan Sifat Kemagnetan Nanopartikel Fe₃O₄ yang Disintesis dari Pasir Besi Pantai Glagah Kulonprogo. *Jurnal Sains Dasar*, 10(1), 24–29.
- 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.
- Khoiriah, K., Wellia, D. V., & Safni, S. (2019). Degradasi Pestisida Diazinon dengan Proses Fotokatalisis Sinar Matahari Menggunakan Katalis C,N-CODOPED TiO₂. *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, 41(1), 17.
- Linda, D., Pratapa, S., & Besi, A. P. P. (2018). Sintesis Fe₂O₃ dari Pasir Besi

- dengan Metode Logam Terlarut Asam Klorida. *JURNAL SAINS DAN SENI POMITS*, 3(2), 33–35.
- Nailazzulfa, K. (2014). Besi Dengan Metode Kopresipitasi Dalam pH Bervariasi Local Iron Sintesis Nanopartikel Fe_2O_3 Dari Batu Besi Dengan Metode Kopresipitasi Dalam pH Bervariasi. *Tugas Akhir Jurusan Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.
- Pamungkas, O. S. (2016). Bahaya Paparan Pestisida terhadap Kesehatan Manusia. *Bioedukasi*, 14(1), 27–31.
- Poluakan, M., Wuntu, A., & Sangi, M. S. (2015). *JURNAL MIPA UNSRAT ONLINE 4 (2) 137-140 Aktivitas Fotokatalitik TiO_2 -Karbon Aktif dan TiO_2 -Zeolit pada Fotodegradasi Zat Warna Remazol Yellow*. 4(2), 137–140.
- Sari, A. R., Wardhani, S., Mutrofin, S., Matematika, F., Alam, P., & Brawijaya, U. (2021). Sintesis Granul TiO_2 -Bentonit /Alginat Untuk Fotodegradasi Metilen Biru. *The Indonesian Green Technology Journal*, 10(2), 50–57.
- Simamora, P. (2015). Sintesis dan Karakterisasi Sifat Magnetik Nanokomposit Fe_3O_4 Montmorilonit Berdasarkan Variasi Suhu. *Prosiding Seminar Nasional Fisika, IV*, 75–80.
- Sucahya, T. N., Permatasari, N., & Nandiyanto, A. B. D. (2016). REVIEW: Fotokatalisis untuk Pengolahan Limbah Cair. *Jurnal Integrasi Proses*, 6(1), 1–15.
- Yulia, W., & Erwin, E. (2019). Analisis Sifat Magnetik Dan Struktur Partikel Pasir Besi Pantai Arta Pariaman Sumatera Barat Menggunakan Ball Milling. *Komunikasi Fisika Indonesia*, 16(2), 107.
- Yuzzaini Dwi Kurniawati, A.K. Prodjosantoso, C. K. (2016). UJI AKTIVITAS FOTOKATALIS SENYAWA $\text{Ca}_{1-x}\text{Co}_x\text{TiO}_3$ PADA PROSES DEGRADASI METILEN BIRU DENGAN SINAR UV DAN SINAR TAMPAK. *Elemen Kimia*, 05(05), 1–7.

LAMPIRAN

Lampiran 1: perhitungan kurva standar sipermetrin

Berdasarkan kurva standar pestisida sipermetrin diperoleh regresi linier sebagai berikut:

$$\% D = \frac{|C_0 - C_t|}{C_0} \times 100\%$$

Dengan:

%D = Persen degradasi

C₀ = Konsentrasi awal

C_t = Konsentrasi setelah penyinaran (katalis)

Pelarut NaOH Tanpa Penyinaran

- Data awal pelarut NaOH, absorbansi sebesar 0,808605

$$\% D = \frac{|C_0 - C_t|}{C_0} \times 100\%$$

$$\% D = \frac{|0,892771 - 0,808605|}{0,892771} \times 100\%$$

$$\% D = 9,427\%$$

- Pelarut NaOH tanpa penyinaran (30 menit) absorbansi sebesar 0,875919

$$\% D = \frac{|C_0 - C_t|}{C_0} \times 100\%$$

$$\% D = \frac{|0,892771 - 0,875919|}{0,892771} \times 100\%$$

$$\% D = 1,887 \%$$

- Pelarut NaOH tanpa penyinaran (60 menit) absorbansi sebesar 0,862409

$$\% D = \frac{|C_0 - C_t|}{C_0} \times 100\%$$

$$\% D = \frac{|0,892771 - 0,862409|}{0,892771} \times 100\%$$

$$\% D = 3,40 \%$$

- Pelarut NaOH tanpa penyinaran (90 menit) absorbansi sebesar 0,85068

$$\% D = \frac{|C_0 - C_t|}{C_0} \times 100\%$$

$$\% D = \frac{|0,892771 - 0,85068|}{0,892771} \times 100\%$$

$$\% D = 4,714 \%$$

Pelarut NaOH Dengan Penyinaran

- Data awal pelarut NaOH, absorbansi sebesar 0,817166

$$\% D = \frac{|C_0 - C_t|}{C_0} \times 100\%$$

$$\% D = \frac{|0,892771 - 0,817166|}{0,892771} \times 100\%$$

$$\% D = 8,468 \%$$

- Pelarut NaOH penyinaran UV (30 menit) absorbansi sebesar 0,744547

$$\% D = \frac{|C_0 - C_t|}{C_0} \times 100\%$$

$$\% D = \frac{|0,892771 - 0,744547|}{0,892771} \times 100\%$$

$$\% D = 16,602\%$$

- Pelarut NaOH penyinaran UV (60 menit) absorbansi sebesar 0,832314

$$\% D = \frac{|C_0 - C_t|}{C_0} \times 100\%$$

$$\% D = \frac{|0,892771 - 0,832314|}{0,892771} \times 100\%$$

$$\% D = 6,771 \%$$

- Pelarut NaOH penyinaran UV (90 menit) absorbansi sebesar 0,829257

$$\% D = \frac{|C_0 - C_t|}{C_0} \times 100\%$$

$$\% D = \frac{|0,892771 - 0,829257|}{0,892771} \times 100\%$$

$$\% D = 7,114 \%$$

Pelarut HCl Tanpa Penyinaran

- Data awal pelarut HCl, absorbansi sebesar 1,002832

$$\% D = \frac{|C_0 - C_t|}{C_0} \times 100\%$$

$$\% D = \frac{|0,892771 - 1,002832|}{0,892771} \times 100\%$$

$$\% D = 12,32 \%$$

- Pelarut HCl tanpa penyinaran (30 menit) absorbansi sebesar 0,908505

$$\% D = \frac{|C_0 - C_t|}{C_0} \times 100\%$$

$$\% D = \frac{|0,892771 - 0,908505|}{0,892771} \times 100\%$$

$$\% D = 1,76 \%$$

- Pelarut HCl tanpa penyinaran (60 menit) absorbansi sebesar 0,998126

$$\% D = \frac{|C_0 - C_t|}{C_0} \times 100\%$$

$$\% D = \frac{|0,892771 - 0,998126|}{0,892771} \times 100\%$$

$$\% D = 11,80 \%$$

- Pelarut HCl tanpa penyinaran (90 menit) absorbansi sebesar 0,804675

$$\% D = \frac{|C_0 - C_t|}{C_0} \times 100\%$$

$$\% D = \frac{|0,892771 - 0,804675|}{0,892771} \times 100\%$$

$$\% D = 9,867 \%$$

Pelarut HCl dengan Penyinaran

- Pelarut HCl penyinaran UV (data awal) absorbansi sebesar 0,854496

$$\% D = \frac{|C_0 - C_t|}{C_0} \times 100\%$$

$$\% D = \frac{|0,892771 - 0,854496|}{0,892771} \times 100\%$$

$$\% D = 4,292 \%$$

- Pelarut HCl penyinaran UV (30 menit) absorbansi sebesar 0,860965

$$\% D = \frac{|C_0 - C_t|}{C_0} \times 100\%$$

$$\% D = \frac{|0,892771 - 0,860965|}{0,892771} \times 100\%$$

$$\% D = 3,562 \%$$

- Pelarut HCl penyinaran UV (60 menit) absorbansi sebesar 0,869077

$$\% D = \frac{|C_0 - C_t|}{C_0} \times 100\%$$

$$\% D = \frac{|0,892771 - 0,869077|}{0,892771} \times 100\%$$

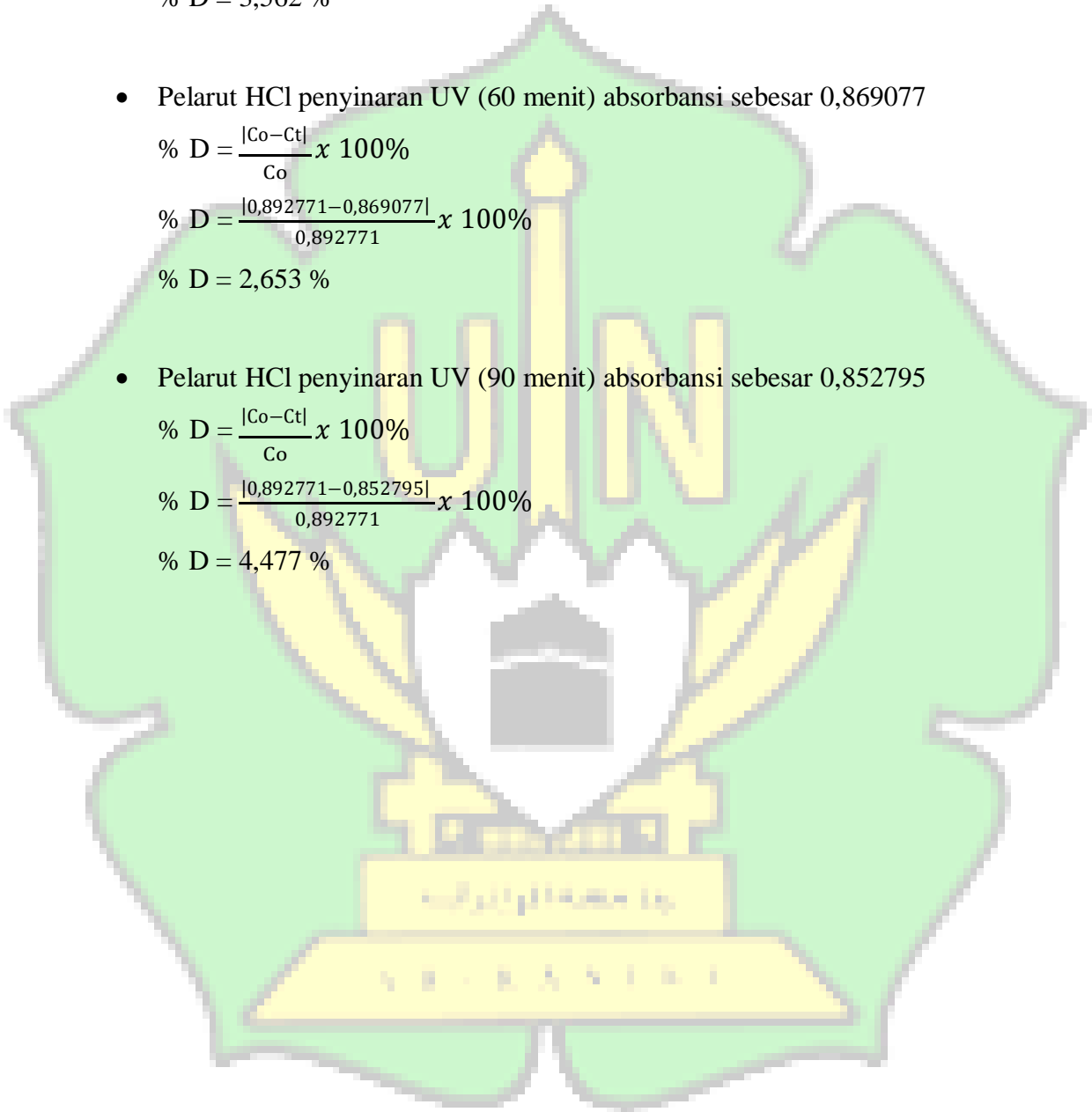
$$\% D = 2,653 \%$$

- Pelarut HCl penyinaran UV (90 menit) absorbansi sebesar 0,852795

$$\% D = \frac{|C_0 - C_t|}{C_0} \times 100\%$$

$$\% D = \frac{|0,892771 - 0,852795|}{0,892771} \times 100\%$$

$$\% D = 4,477 \%$$



Lampiran 2: Perhitungan data XRD magnetit dengan tetapan Debye-Scherrer

Sampel	2θ	Fwhm	lambda	k	ukuran kristal (nm)	rata-rata ukuran kristal (nm)
magnetit-NaOH	30,0400	0,4000	0,15406	0,9	20,5633	29,9841
	35,4254	0,3709	0,15406	0,9	22,4849	
	43,0120	0,3760	0,15406	0,9	22,7095	
	53,3600	0,1334	0,15406	0,9	66,6486	
	56,8400	0,2800	0,15406	0,9	32,2604	
	62,5550	0,6100	0,15406	0,9	15,2381	
magnetit-HCl	30,1225	0,6450	0,15406	0,9	12,7549	18,3581
	35,5400	0,6800	0,15406	0,9	12,2681	
	43,1650	0,4100	0,15406	0,9	20,8372	
	53,4250	0,4300	0,15406	0,9	20,6825	
	56,1700	0,3400	0,15406	0,9	26,4840	
	62,6983	0,5433	0,15406	0,9	17,1219	



Lampiran 3: Perhitungan laju degradasi pestisida

Pelarut HCl

- HCl tanpa penyinaran UV

$$\begin{aligned}V_1 &= \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{A_0 - A_{t1}}{t_1 - t_0} \\ &= \frac{0,892771 - 0,908505}{30 - 0} \\ &= 0,0005244 \text{ abs/menit}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_2 &= \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{A_0 - A_{t2}}{t_2 - t_0} \\ &= \frac{0,892771 - 0,998126}{60 - 0} \\ &= 0,001755 \text{ abs/menit}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_3 &= \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{A_0 - A_{t3}}{t_3 - t_0} \\ &= \frac{0,892771 - 0,804675}{90 - 0} \\ &= 0,000978 \text{ abs/menit}\end{aligned}$$

- HCl dengan penyinaran UV

$$\begin{aligned}V_1 &= \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{A_0 - A_{t1}}{t_1 - t_0} \\ &= \frac{0,892771 - 0,860965}{30 - 0} \\ &= 0,001060 \text{ abs/menit}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_2 &= \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{A_0 - A_{t2}}{t_2 - t_0} \\ &= \frac{0,892771 - 0,869077}{60 - 0} \\ &= 0,000394 \text{ abs/menit}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_3 &= \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{A_0 - A_{t3}}{t_3 - t_0} \\
 &= \frac{0,892771 - 0,852795}{90 - 0} \\
 &= 0,000444 \text{ abs/menit}
 \end{aligned}$$

Pelarut NaOH

- NaOH tanpa penyinaran UV

$$\begin{aligned}
 V_1 &= \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{A_0 - A_{t1}}{t_1 - t_0} \\
 &= \frac{0,892771 - 0,875919}{30 - 0} \\
 &= 0,0005617 \text{ abs/menit}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_2 &= \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{A_0 - A_{t2}}{t_2 - t_0} \\
 &= \frac{0,892771 - 0,862409}{60 - 0} \\
 &= 0,0005060 \text{ abs/menit}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_3 &= \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{A_0 - A_{t3}}{t_3 - t_0} \\
 &= \frac{0,892771 - 0,85068}{90 - 0} \\
 &= 0,0004676 \text{ abs/menit}
 \end{aligned}$$

- NAOH dengan penyinaran UV

$$\begin{aligned}
 V_1 &= \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{A_0 - A_{t1}}{t_1 - t_0} \\
 &= \frac{0,892771 - 0,744547}{30 - 0} \\
 &= 0,004940 \text{ abs/menit}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_2 &= \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{A_0 - A_{t2}}{t_2 - t_0} \\
 &= \frac{0,892771 - 0,832314}{60 - 0} \\
 &= 0,001007 \text{ abs/menit}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_3 &= \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{A_0 - A_{t3}}{t - t_0} \\ &= \frac{0,892771 - 0,829257}{90 - 0} \\ &= 0,000705 \text{ abs/menit}\end{aligned}$$



Lampiran 4: Foto kegiatan penelitian



Pengambilan sampel pasir besi



Pemisahan pasir besi



Tahapan preparasi pasir besi



Pengayakan pasir besi



Tahapan sintesis



Tahapan sintesis (pengadukan)



Tahapan sintesis (penyaringan)



Pencucian magnetit sampai pH normal



Magnetit HCl dan NaOH hasil sintesis

Penggabungan magnetit-TiO₂

Magnetit-TiO₂ setelah di *furnance*Penggadukan (*shaker*)

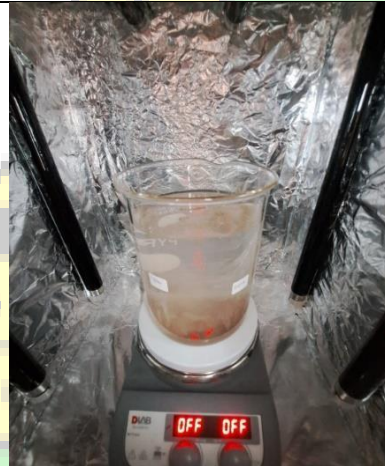
Reaktor



Pembuatan limbah pestisida



Pembuatan limbah pestisida



Fotodegradasi tanpa penyinaran

