

**STUDI VARIASI RASIO MASSA KATALIS MAGNETIT-TiO₂
UNTUK FOTODEGRADASI LIMBAH PESTISIDA**

SKRIPSI

Diajukan Oleh:

**SITI SARAH
NIM. 190702015**

**Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan**



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

LEMBAR PERSETUJUAN

**STUDI VARIASI RASIO MASSA 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:

SITI SARAH

NIM. 190702015

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
STUDI VARIASI RASIO MASSA KATALIS MAGNETIT-TiO₂ UNTUK
FOTODEGRADASI LIMBAH 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



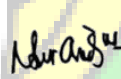
Suardi Nur, S.T., M.Sc, PhD
NIP. 198110102006041006

Penguji I



Bhayu Gita Bherhama, M.Si.
NIP. 198901232014032003

Penguji II

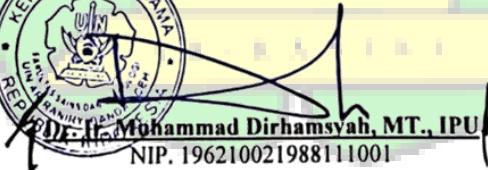


Dr. Eng. Nur Aida, M.Si
NIP. 197906162005012009

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UN Ar-Raniry Banda Aceh




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

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Siti Sarah
NIM : 190702015
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Skripsi : Studi Variasi Rasio Massa Katalis Magnetit-TiO₂ Untuk Fotodegradasi Limbah 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 ditukan 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,



Siti Sarah

Siti Sarah
NIM.190702015

ABSTRAK

Nama : Siti Sarah
Nim : 190702015
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Studi Variasi Rasio Massa Magnetit-TiO₂ Fotodegradasi Limbah Pestisida
Tanggal Sidang : 22 Desember 2023
Jumlah Halaman : 1
Pembimbing I : Sri Nengsih, S.Si, M.Sc
Pembimbing II : Suardi Nur, S.T, M.Sc, PhD
Kata Kunci : Fotodegradasi, variasi rasio massa magnetit-TiO₂, Pestisida Sipermetrin

Pencemaran dari pestisida dapat membuat kerugian pada makhluk hidup dan lingkungan. Adapun tujuan dari penelitian ini ialah mengetahui pengaruh rasio massa magnetit-TiO₂ untuk mendegradasi pestisida dan mengetahui laju reaksi terhadap rasio massa fotokatalis magnetiti-TiO₂. Pada penelitian ini fotodegradasi dilakukan dengan bantuan kalisator berupa *Titanium Dioksida* (TiO₂). Pasir besi yang digunakan diambil dari Pantai Anoi Itam Sabang, Aceh. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode kopresipitasi. Pada penelitian ini menggunakan variasi rasio massa magnetit-TiO₂ yaitu 1:2, 1:1 dan 2:1. 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 10 watt. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa katalis dengan variasi rasio massa 2:1 paling banyak terdegradasi pada menit ke 90 dengan menggunakan penyinaran UV sebesar 58,46% dengan laju degradasi sebanyak 0,005799. Data hasil analisis menunjukkan bahwa katalis dengan variasi rasio massa magnetit-TiO₂ 2:1 dengan penyinaran UV lebih efektif dalam mendegradasi pestisida.

ABSTRACT

Name : Siti Sarah
Student ID Number : 190702015
Departement : Environmental Engineering
Title : Study of Variations in Magnetite-TiO₂ Mass Ratio for Pesticide Degradation
Date of Session : 22 December 2023
Number of Pages : 1
Advisor I : Sri Nengsih, S.Si, M.Sc
Advisor II : Suardi Nur, S.T, M.Sc, PhD
Keywords : Photodegradation, variation of magnetite-TiO₂ mass ratio, Cypermethrin pesticide

Pollution from pesticides can cause harm to living things and the environment. The aim of this research is to determine the effect of the magnetite-TiO₂ mass ratio for degrading pesticides and to determine the reaction rate on the mass ratio of the magnetite-TiO₂ photocatalyst. In this research, photodegradation was carried out with the help of a catalyst in the form of Titanium Dioxide (TiO₂). The iron sand used was taken from Anoi Itam Beach, Sabang, Aceh. The method used in this research is the coprecipitation method. In this study, variations in the magnetite-TiO₂ mass ratio were used, namely 1:2, 1:1 and 2:1. 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 10 watt UV-A lamps. Experimental results show that the catalyst with a mass ratio variation of 2:1 degraded the most at 90 minutes using UV irradiation at 58.46% with a degradation rate of 0.005799. Data from the analysis shows that catalysts with variations in the magnetite-TiO₂ mass ratio of 2:1 with UV irradiation are more effective in degrading pesticides.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah segala puji hanya milik Allah Swt. yang telah melimpahkan segala karunia- Nya yang tidak terhingga, khususnya nikmat Iman dan Islam, yang dengan keduanya diperoleh kebahagiaan dunia dan akhirat. *Sholawat* dan *Salam* semoga selalu tercurah kepada Baginda Nabi Muhammad saw. dan atas keluarga dan sahabat beliau serta orang-orang yang mengikuti jejak langkah mereka itu hingga akhir zaman. Dengan mengucapkan rasa syukur kepada Allah Swt. yang maha kuasa, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “**Studi Variasi Rasio Massa Katalis Magnetit-TiO₂ Untuk Fotoegradasi Limbah Pestisida**”.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh. Tugas Akhir ini telah penulis susun dengan maksimal yang melibatkan bantuan dari berbagai pihak sehingga dapat memperlancar pembuatan Skripsi dari awal sampai dengan selesai.

Kemudian, penulis tak lupa mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Ishak dan Ibu Cut Idawati, selaku orang tua yang selalu memberi semangat dan dukungan penuh dengan doa-doanya untuk menyelesaikan proposal ini. Terima kasih Bapak dan juga Bunda atas jasa-jasanya yang tidak bisa dibalas sampai kapanpun

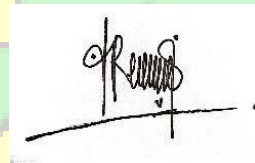
Terimakasih juga sebesar-besarnya penulis ucapkan kepada :

1. Ibu Sri Nengsih, S.Si., M.Sc selaku dosen pembimbing pertama yang telah banyak memberikan kritik dan saran untuk penyusunan Skripsi ini.
2. Bapak Suardi Nur, S.T, M.Sc, PhD selaku dosen pembimbing kedua yang telah banyak memberikan kritik dan saran untuk penyusunan Skripsi ini.
3. Ibu Husnawati Yahya, M.Si selaku ketua Prodi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
4. Dr. Eng. Nur Aida, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik di Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar- Raniry.

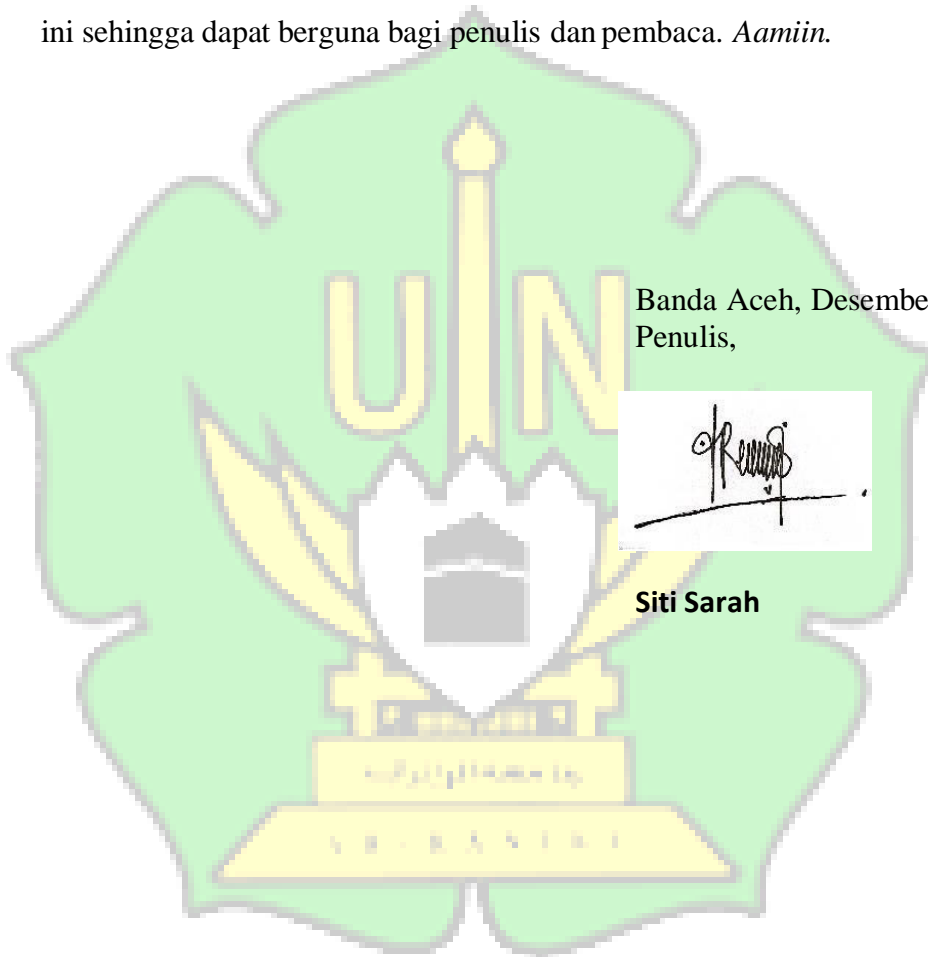
5. Kepada para sahabat penulis yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah banyak membantu dan memberi motivasi dalam pengerjaan Skripsi ini. Dan kepada semua pihak yang bersangkutan turut ikut mendukung yang tidak bisa disebut namanya satu persatu.

Penulis menyadari bahwa masih banyak terdapat kekurangan. Maka dari itu, kritik serta saran sangat diharapkan untuk menyempurnakan Skripsi ini sehingga dapat berguna bagi penulis dan pembaca. *Aamiin.*

Banda Aceh, Desember 2023
Penulis,



Siti Sarah



DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABTRAK.....	iv
ABSTRAC.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Masalah.....	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTKA	6
2.1 Fotokatalis	6
2.2 Pasir Besi	7
2.3 Titanium Dioksida (TiO ₂).....	8
2.4 Fotodegradasi.....	9
2.5 Pestisida Sipermetrin.....	9
2.6 Penelitian Terdahulu	11
BAB III METODE PENELITIAN	13
3.1. Rancangan Penelitian	13
3.2. Waktu dan Lokasi Penelitian	13
3.2.1. Waktu Penelitian.....	13
3.2.2. Lokasi Penelitian.....	13
3.3. Bahan dan Peralatan Penelitian.....	14

3.3.1. Bahan.....	14
3.3.2. Alat.....	16
3.4. Prosedur Penelitian.....	19
3.4.1. Proses Preparasi Pasir Besi.....	19
3.4.2. Sintesis Pasir Besi Fe_3O_4	19
3.4.3. Proses Penggabungan Pasir Besi Dengan TiO_2	20
3.4.4. Pengujian Katalis.....	21
3.4.5. Desain Reaktor Fotokatalis.....	21
3.4.6. Proses Fotodegradasi Pestisida Sipermetrin menggunakan $Fe_3O_4-TiO_2$	22
3.5. Analisis Data.....	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
4.1 Sintesis Pasir Besi.....	27
4.2 Proses Penggabungan (Fe_3O_4) dengan TiO_2	28
4.3 Karakterisasi Magnetit (Fe_3O_4)- TiO_2	29
4.3.1 Karakterisasi dengan <i>X-Ray Diffraction</i>	29
4.3.2 Karakterisasi Magnetit dengan <i>Vibrating Sample Magnetometer</i>	31
4.3.3 Karakterisasi Magnetit Dengan <i>Scanning Electron Microscope</i>	32
4.4 Penentuan Panjang Gelombang Pestisida Sebelum Degradasi.....	34
4.5 Optimasi Waktu Degradasi Pestisida Sipermetrin.....	35
4.6 Efektivitas Fotodegradasi Dengan Variasi Konsentrasi Magnetit- TiO_2	37
4.7 Laju Degradasi.....	39
BAB V PENUTUP.....	39
5.1 Kesimpulan.....	39
5.2 Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA.....	40
LAMPIRAN 1.....	45
LAMPIRAN 2.....	52
LAMPIRAN 3.....	55

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hasil Penelitian Terdahulu	11
Tabel 3.1. Bahan-bahan Dalam Penelitian.....	14
Tabel 3.2. Alat-alat Dalam Penelitian	16
Tabel 4.1 Data Analisis TiO ₂ , magnetit dan magnetit-TiO ₂	30
Tabel 4.2 Data Sifat magnetit-TiO ₂ menggunakan VSM	32
Tabel 4.3 Hasil Degradasi Pestisida Sipermetrin Dengan Konsentrasi Magnetit-TiO ₂	38
Tabel 4.4 Laju degradasi pestisida	39



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Skema Fotokatalis	7
Gambar 2.2. Struktur Rutile, Anatase dan Brookite	9
Gambar 2.3. Struktur Senyawa Sipermetrin	10
Gambar 3.1. Lokasi Pengambilan Sampel	13
Gambar 3.2. Lokasi Penelitian.....	14
Gambar 3.3. Desain Reaktor.....	21
Gambar 3.4 Diagram Alir Penelitian	24
Gambar 3.5 Diagram Alir Penelitian	25
Gambar 4.1 pasir besi sebelum dan sesudah diayak	27
Gambar 4.2 penggabungan pasir besi dan HCl	28
Gambar 4.3 perbandingan magnetit-TiO ₂	29
Gambar 4.4 grafik XRD magnetit, TiO ₂ dan magnetit-TiO ₂	30
Gambar 4.5 Hasil Pengujian <i>Vibrating Sampel Magnetometer</i>	31
Gambar 4.6 magnetit dengan pembesaran 5000 μ m.....	32
Gambar 4.7 Magnetit dengan pembesaran 10.000 μ m.....	33
Gambar 4.8 Magnetit-TiO ₂ dengan pembesaran 30.000 μ m	33
Gambar 4.9 Magnetit-TiO ₂ dengan pembesaran 50.000 μ m	34
Gambar 4.10 Grafik Panjang Gelombang Pestisida.....	35
Gambar 4.11 Perbandingan rasio massa magnetit-TiO ₂ 2:1	36
Gambar 4.12 Perbandingan rasio masa magnetit-TiO ₂ 1:1	36
Gambar 4.13 Perbandingan rasio massa magnetit-TiO ₂ 1:2	37



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Negara Indonesia merupakan negara yang memiliki jumlah penduduk hingga mencapai 275,77 juta jiwa. Indonesia juga merupakan negara yang Sebagian penduduknya bekerja di sektor pertanian. Sektor pertanian sendiri memiliki peranan penting dalam meningkatkan perekonomian dan memenuhi pangan. Untuk meningkatkan perekonomian dibutuhkan usaha untuk meningkatkan kualitas hasil produksi pertanian yaitu pestisida. Penggunaan pestisida sendiri menjadi bagian yang tidak bisa terpisahkan dari kegiatan pertanian (Siahaan & Restiaty, 2021).

Penggunaan pestisida merupakan suatu bahan kimia yang digunakan untuk membunuh dan mengendalikan hama (Arif, 2015). Keberadaan senyawa organik yang terkandung dalam air tanah, air permukaan, dan air sisa limbah pertanian adalah bahan beracun dan berbahaya atau sering disebut limbah B3. Pencemaran dari pestisida dapat membuat kerugian pada makhluk hidup dan lingkungan. (Ivnaini, 2019). Dari hasil wawancara yang telah dilakukan di beberapa toko penjual pestisida seperti di Lambaro, Darussalam, dan Ulee Kareng mayoritas petani menggunakan pestisida sipermetrin untuk membunuh hama pada persawahan. Namun penggunaan pestisida dengan intensitas yang tinggi dan dilakukan secara terus menerus pada setiap musim akan berdampak kepada lingkungan dan kesehatan manusia terlebih terhadap Kesehatan para petani yang sering berkontak langsung dengan pestisida.

Studi terbaru yang diterbitkan dalam jurnal *Public Health*, terdapat 385 juta orang di bidang pertanian jatuh sakit karena keracunan pestisida akut setiap tahun. Para petani melaporkan gejala yang dialami setelah keracunan seperti lemah, sakit kepala, muntah, diare, ruam kulit, gangguan system saraf dan pingsan, dalam beberapa kasus yang parah, jantung, paru-paru atau gagal ginjal. Tercatat 11.000 orang dibidang pertanian meninggal karena keracunan akut setiap tahunnya (Public Health, 2023).

Beberapa penelitian dengan banyak cara telah dilakukan untuk menangani senyawa-senyawa organik yang terkandung dalam pestisida termasuk biodegradasi yang telah diteliti oleh Kurade et al., (2016), secara adsorpsi juga telah diteliti oleh Moussavi et al., (2013), ataupun dengan cara filtrasi membrane dan oksidasi elektrokimia. Namun menurut (Fatimah et al., 2010) untuk menangani senyawa organik yang terkandung dalam pestisida memiliki cara lainnya yang relative murah dan sederhana yaitu dengan menggunakan proses fotokatalisis material semikonduktor.

Penelitian terdahulu tentang degradasi pestisida juga sudah banyak dilakukan seperti yang dilakukan oleh (Khoiriah et al., 2019) dimana hasil dari penelitiannya adalah pestisida dengan jenis diazinon berhasil didegradasikan secara fotokatalisis menggunakan *C,N-codoped TiO₂* mampu meningkatkan degradasi dari 45,51% menjadi 84,93%. Penelitian juga telah dilakukan oleh (Zilfa et al., 2018) dengan menggunakan TiO_2 untuk mendegradasi pestisida permethrin maka didapatkan hasil bahwa TiO_2 /Zeolit dapat digunakan sebagai katalis untuk mendegradasikan sipermetrin. Degradasi sipermetrin tanpa menggunakan katalis adalah 47,33% tetapi setelah ditambah Zeolit dan 0,8mg TiO_2 -anatase maka diperoleh degradasi sipermetrin asing-masing sebanyak 62,16% dan 82,77%. Maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan TiO_2 /Zeolit memiliki pengaruh lebih besar dalam mendegradasi senyawa sipermetrin disbanding dengan TiO_2 -anatase dan zeolite. Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Safni et al., 2020) senyawa dicofol dalam pestisida dapat didegradasikan sebanyak 86,13% dengan menambahkan TiO_2 -anatase. hal ini dapat membuktikan bahwa TiO_2 -anatase memiliki pengaruh besar dalam mendegradasikan senyawa dicofol.

Fotokatalisis merupakan suatu reaksi kimia yang melibatkan energi cahaya dan katalis guna mempercepat reaksi tersebut. Fotokatalis yang sering digunakan dalam proses fotokatalisis adalah TiO_2 yang bersifat stabil dan memiliki aktifitas katalis baik. Untuk meningkatkan aktifitas fotokatalis dapat menggunakan karbon aktif. Penambahan karbon aktif dinilai efisien sebagai material penyangga karena memiliki kemampuan adsorpsi yang tinggi untuk

menyerap senyawa diazinon dipermukaannya dan senyawa tersebut dapat didegradasi oleh TiO_2 (Salsabilla et al., 2017).

TiO_2 atau yang lebih sering disebut dengan Titania yang secara alami merupakan oksidasi dari titanium. Titania sendiri memiliki beberapa keunggulan diantaranya: tidak beracun, harga yang relatif murah, memiliki fotokatalis yang baik, dan yang pasti ramah terhadap lingkungan. Dalam proses fotodegradasi, TiO_2 memiliki daya adsorpsi yang rendah sehingga menjadi salah satu kelemahan dari fotokatalis. Oleh karena itu TiO_2 perlu dikombinasikan agar dapat meningkatkan fotokatalitiknya. Salah satu material adsorben yang dapat digunakan adalah pasir besi (Suahya, 2016).

Pasir besi adalah salah satu sumber daya alam yang banyak ditemui di Indonesia, pasir besi merupakan jenis pasir dengan konsentrasi besi yang signifikan. Pasir besi biasanya berwarna abu-abu gelap atau berwarna sedikit kehitaman. Endapan pasir besi ini biasanya mengandung mineral-mineral seperti magnetit, Fe_3O_4 , dan juga mengandung sejumlah kecil Titanium, Silika, mangan dan Kalsium.

Untuk itu pasir besi perlu dilakukan pemurnian agar mendapatkan mineral magnetik Fe_3O_4 yang terdapat dalam pasir besi. Mineral magnetik Fe_3O_4 adalah mineral biji besi umum yang berasal dari metasedimentary dan magnetit menurut Yulianto dkk, (2017) beberapa studi yang telah dilakukan menunjukkan bahwa kandungan mineral magnetik yang dominan dalam pasir besi adalah mineral magnetik (Fe_3O_4). Untuk mendapatkan mineral magnetik ini dapat dilakukan dengan mengesktrak pasir besi dengan menggunakan magnet permanen. Magnet permanen digunakan dalam mengesktra pasir besi dengan memanfaatkan sifat magnetik dari magnet yang terkandung dalam pasir besi sehingga dapat memisahkan mineral magnetik dari pengotor. Penggunaan pasir besi dalam penelitian ini adalah sebagai katalis yang berfungsi untuk meningkatkan efisiensi fotodegradasi menggunakan TiO_2 yang memiliki tingkat efisiensi yang rendah.

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 rasio massa magnetit-TiO₂ dalam degradasi pestisida?
3. Bagaimana laju degradasi pestisida terhadap rasio massa fotokatalis magnetit-TiO₂?

1.3 Tujuan Masalah

1. Menentukan kemampuan fotokatalis magnetit-TiO₂ dalam degradasi pestisida
2. Mengetahui pengaruh rasio massa magnetit-TiO₂ dalam kemampuan fotokatalis untuk degradasi pestisida
3. Mengetahui laju degradasi pestisida terhadap rasio massa fotokatalis magnetit-TiO₂

1.4 Manfaat Penelitian

Menambah wawasan mengenai fotodegradasi dalam pengolahan limbah industry untuk mendegradasi pestisida yang terdapat di tanah pertanian tanpa membutuhkan waktu yang lama namun bisa mendapatkan hasil yang memuaskan. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi manfaat dan juga menjadi sumber informasi terbaru tentang fotodegradasi.

1.5 Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Rasio massa magnetit-TiO₂ yang digunakan adalah 2:1, 1:1 dan 1:2
2. Variasi konsentrasi pestisida yang digunakan 10 ppm
3. Jenis TiO₂ yang digunakan adalah jenis Anatase
4. Pasir besi alam yang digunakan berasal dari Pantai Anoi Itam Kota Sabang Provinsi Aceh

5. Pengujian XRD akan dilakukan di Laboratorium MIPA Universitas Syiah Kuala
6. Pengujian VSM akan dilakukan di Batan Serpong



BAB II

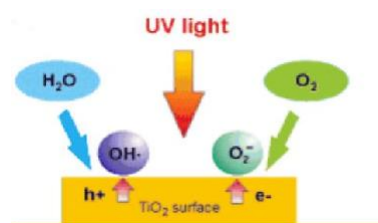
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fotokatalis

Fotokatalis merupakan suatu kombinasi proses antara proses fotokimia dan katalisis. Dimana yang dimaksud dengan fotokimia adalah suatu proses sintesis atau transformasi secara kimiawi dengan melibatkan cahaya sebagai pemicunya. Sedangkan katalis adalah substansi yang dapat mempercepat laju reaksi tanpa ikut bereaksi secara keseluruhan. Hal ini dapat disebabkan karena katalis memiliki kemampuan untuk mengadakan interaksi dengan minimal satu molekul. Katalis dalam proses ini disebut sebagai fotokatalisis karena memiliki kemampuan dalam menyerap energi foton (Andarini & Sarosa, 2015).

Menurut Said (2021) suatu bahan dapat dijadikan fotokatalis jika memiliki daerah energi kosong yang disebut celah pita energi (*energy bandgap*). Dari pendapat tersebut dapat disimpulkan bahwa fotokatalitik adalah suatu proses transformasi kimia yang melibatkan unsur cahaya dan katalis sekaligus dalam melangsungkan dan mempercepat proses transformasi yang terjadi. Metode degradasi fotokatalitik memiliki beberapa kelebihan, diantaranya seperti sifat toksik dalam logam berat dapat berkurang, kontaminan organik dapat terdekomposisi secara keseluruhan dengan cepat, dan bersifat *soft* (Suchaya et al., 2016).

Reaksi fotokatalis dimulai dengan energi foton melewati jumlah energi pada celah electron (e^-) dari pita valensi ke pita konduksi meninggalkan hole (h^+). Electron yang terseksitasi berpindah ke permukaan katalis dan mengambil bagian pada reaksi kimia dengan molekul pendonor (D) dan akseptor (A). Sementara lubang elektron dapat mengoksidasi molekul pendonor (Fitira, 2019). Untuk skema dari proses fotokatalis dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 skema proses fotokalis

Sumber: Fitria, 2019

2.2 Pasir Besi

Endapan pasir besi di Indonesia telah dikenal di sepanjang pesisir Sumatra, Jawa, Pulau Sunda Kecil, Sulawesi, dan Nusa Tenggara Timur. Endapan/sedimen pasir besi memiliki ukuran 0.074 – 0.075 mm dengan ukuran kasar (5-3mm) dan halus (< 1 mm). Pasir besi yang berasal dari pantai maupun sungai ini memiliki kandungan besi oksida *hematite* (Fe_2O_3) dan *magnetite* (Fe_3O_4) serta senyawa yang lain seperti Fe, Zn, dan Ni (Rianto et al., 2018). Kandungan pada pasir besi tersebut juga dapat digunakan di bidang perindustrian sebagai bahan campuran untuk membuat semen agar memiliki kualitas semen yang baik (Togibasa dkk., 2019).

Menurut (Yulianto et al., 2022) pasir besi adalah sejenis pasir yang memiliki konsentrasi besi yang signifikan. Pasir besi biasanya memiliki warna abu-abu gelap atau sedikit kehitaman dan endapannya memiliki mineral-mineral seperti magnetik, hematit, dan juga maghemite. Pasir besi dalam bentuk oksida banyak dikembangkan sebagai bahan pengompleks karena memiliki kemampuan untuk membentuk senyawa-senyawa yang kompleks melalui ikatan kovalen koordinasi. Oksida besi juga merupakan salah satu senyawa yang paling banyak digunakan untuk remediasi air logam berat, limbah dan mangan dioksida (MnO_2) (Suriadi dkk., 2017)

Menurut (Puspitarum et al., 2019) pertikel nano Fe_3O_4 merupakan material nano yang mempunyai sifat magnetik, kimia dan fisis yang baik. Fe_3O_4 pada umumnya telah menempel pada stuktur karbon aktif. Dalam pengaplikasiannya penggunaan bahan nanokomposit magnetit sebagai adsorben dapat mempermudah dan mempersingkat proses pengolahan limbah cair.

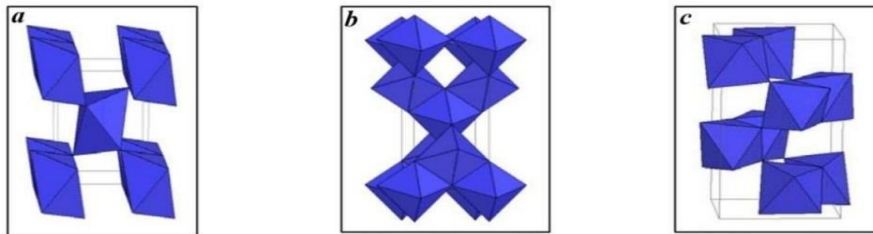
2.3 Titanium Dioksida (TiO₂)

Titanium Dioksida atau yang lebih dikenal dengan Titania yang secara alami merupakan oksida dari titanium. Ada banyak keunggulan yang dimiliki oleh TiO₂ seperti memiliki kestabilan yang tinggi, ketahanan terhadap korosi, ketersediaan yang melimpah, dan juga harga yang relative murah. (Agus dkk., 2018). Menurut (Tjahjanto, 2020) ada beberapa factor yang dapat mempengaruhi aktivitas TiO₂ sebagai fotokatalis salah satunya adalah bentuk kristalnya.

Titanium Dioksid (TiO₂) memiliki 3 jenis struktur kristal yaitu *Anatase*, *Rutile*, dan *Brookite*. Namun yang sering digunakan pada reaksi fotokatalis adalah struktur kristal *anatase* dan *rutile*. Menurut (Yani, 2020) secara fotokatalitik, struktur *anatase* menunjukkan aktifitas yang lebih baik dari segi kereaktifan dibandingkan dengan struktur *rutile*. Struktur *anatase* sering digunakan karena memiliki luas permukaan yang lebih besar serta ukuran partikel yang lebih kecil disbanding dengan struktur *rutile*. Selain itu *bandgap* energi *anatase* lebih besar dari *rutile* sehingga *anatase* memiliki aktifitas fotokatalik yang lebih tinggi (Licciuli L, 2017). *Rutile* sendiri merupakan bentuk kristal yang paling stabil dibanding dengan *anatase* dan *brookite*. Oleh karena itu kristal jenis *rutile* ini lebih sering ditemukan dalam bentuk (biji) yang paling murni.

Secara termodinamika, kestabilan *anatase* lebih tinggi dibandingkan dengan *rutile* dan *brookite* (Rahman, dkk., 2017) ukuran kristal *anatase* stabil pada ukuran 11 nm, *brookite* antara 11 dan 35 nm dan *rutile* 35nm. *Rutile* stabil pada suhu tinggi dan memiliki energi *bandgap* sebanyak 3,0 eV (415 nm) sedangkan *anatase* terbentuk pada suhu rendah dan memiliki energi *bandgap* 3,2 eV (380 nm).

Menurut (Greenwood dkk., 2017) *rutile* merupakan bentuk kritical yang paling sering dijumpai dan mudah didapatkan alam dan diproduksi dipasaran. *Rutile* sendiri memiliki struktur yang berbentuk octahedral yang ditempati oleh atom titanium. Berbeda dengan *anatase* dan *brookite*, mereka memiliki struktur berbentuk kubik, dan dapat dilihat pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Rutile (a), Anatase (b), Brookite (c)

Sumber: Sucahya, dkk, 2016

Pada penelitian fotokatalis ini menggunakan jenis TiO_2 struktur *anatase*, dikarenakan jenis tersebut dapat bekerja dengan baik di bawah sinar UV untuk mendegradasikan limbah. Hal tersebut terjadi karena *anatase* memiliki luas permukaan lebih besar dibanding dengan struktur rutile dan juga lebih fotoaktif dalam mendegradasikan pencemaran. Sedangkan dengan struktur *brookite* tidak digunakan karena struktur tersebut merupakan struktur yang paling tidak stabil dan paling sulit untuk dipreparasikan sehingga membuat struktur *brookite* jarang digunakan dalam aplikasi.

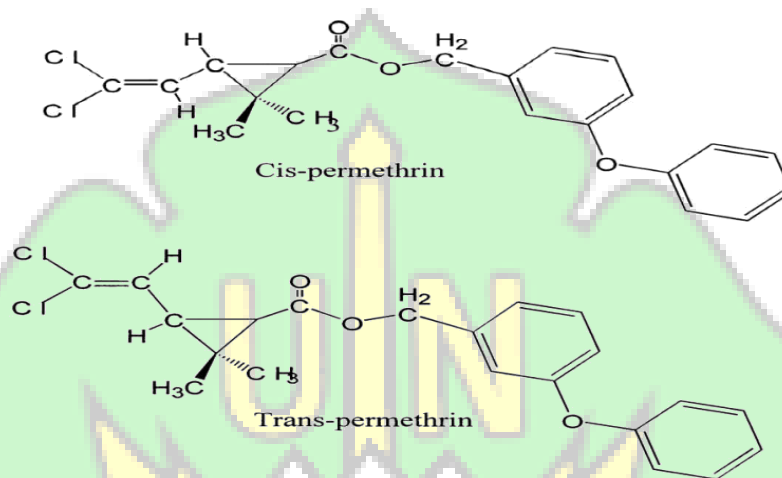
2.4 Fotodegradasi

Fotodegradasi merupakan metode penguraian senyawa (biasanya senyawa organik) menjadi yang lebih sederhana dengan bantuan foton. Fotodegradasi dapat berlangsung lebih cepat dengan bantuan katalis yang bersifat semikonduktor seperti TiO_2 . Fotodegradasi memiliki prinsip yaitu adanya loncatan elektron dari pita valensi ke pita konduksi pada logam semikonduktor jika dikenai energi foton. Dari loncatan ini dapat menimbulkan *hole* (lubang elektron) yang bisa berinteraksi dengan pelarut membentuk radikal (Tampak, 2021).

2.5 Pestisida Sipermetrin

Sipermethrin merupakan golongan insektisida piretroid sintetis yang kurang toksik bagi mamalia namun sangat toksik bagi ikan, serangga dan mikroorganisme air. Berdasarkan hasil wawancara dari beberapa toko pertanian dan beberapa orang petani yang berada di Kawasan Banda Aceh dan Aceh Besar pestisida yang sering dipakai adalah permetrin, karena memiliki harga yang murah dan mudah didapatkan (Hamzar, dkk, 2017).

Siermetrin adalah jenis pestisida yang sering digunakan untuk pembasmi serangga, memiliki sifat yang tidak berbau, dan dapat membasmi serangga apabila sudah berkontak langsung dengan serangga tersebut. Permetrin termasuk jenis pestisida organoklorin yang mempunyai dua diastomer dengan bahan kimia yang berbeda secara fisik maupun toxicological (Chun Lu, 2016). Menurut (Dian *et al.*, 2017) permetrin merupakan golongan organoklorin, golongan ini bersifat stabil dan tidak mudah didegradasikan secara alami. Untuk struktur kimia dari permetrin dapat dilihat pada Gambar 2.3



Gambar 2.3 Struktur Senyawa Sipermetrin

Sumber: Jurnal Natur Indonesia

Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Gracia *et al.*, (2016) pengolahan limbah pestisida permetrin sudah pernah dilakukan secara konvensional yaitu dengan menggunakan karbon aktif, sludge atau lumpur kemudian dibakar, akan, tetapi hal tersebut kurang efektif karena struktur senyawa dalam limbah mengandung beberapa buah cincin benzene. Oleh karena itu pembakaran sludge mengakibatkan terbentuknya senyawa klorooksida dan monoksida.

Adapun alternatif lain untuk menanggulangi pencemaran limbah pestisida jenis sipermetrin ini telah dilakukan penelitian oleh Safni *et al.*, (2015) dengan cara mendegradasikannya secara sonolisis dan ternyata dapat mencapai 70%. Metode lain yang lebih efektif juga dapat dilakukan dengan cara metode fotolisis. Dimana fotolisis adalah bagian dari proses oksidasi lanjutan (AOPS ;

Advanced Oxydation Process) dan dibantu dengan adanya cahaya dan material katalis. (Chun Le., 2021).

2.6 Penelitian terdahulu

Beberapa studi mengenai penelitian fotodegradasi limbah pestisida sintesis magnetit-TiO₂ sebagai berikut:

Tabel 2.1 hasil penelitian terdahulu

No	Penulis	Fotokatalisis	Sinar Cahaya	Limbah	Kemampuan degradasi
1	Khoiriah dkk., 2019	C,N- <i>CODOPED</i> TiO ₂	Sinar matahari	Limbah pestisida diazenon	Pestisida berhasil didegradasikan secara fotokatalisis termodifikasi C,N- <i>CODOPED</i> TiO ₂ meningkatkan persen degradasi dari 45,51% menjadi 84,93%.
2	Sulfi Adam, dkk, 2018	Zeolite-TiO ₂	Lampu UV	Pestisida sipermetrin	Mampu meningkatkan aktifitas fotokatalis Zeolite-TiO ₂ hingga 12,25% pada reaksi degradasi pestisidas
3	Suyani, 2020	TiO ₂ Anatase	Lampu UV	Pestisida diazenon	Mampu mendegradasikan senyawa diazinon sebanyak 85,59%.
4	Desnelli, 2020	KITIN- TiO ₂	Sinar matahari	Pestisida diazenon	Fotodegradasi pestisida diazinon dengan irradiasi menggunakan sinar matahari memiliki waktu kontak optimum selama 180 menit. Fotokatalis komposit kitin-TiO ₂ mampu menurunkankonsentrasi

					pestisida diazinon sebesar 93,42 %.
5	Febrina, 2018	N-doped TiO ₂	Sinar Uv dan Sinar Tampak	Pestisida gramoxone	Hasil penelitian menunjukkan degradasi melalui proses fotolisis sinar UV selama 120 menit diperoleh persentase degradasi 16% dan dengan penambahan katalis 25 mg N-doped TiO ₂ dengan waktu fotolisis yang sama persentase degradasi meningkat menjadi 58%. Sedangkan untuk degradasi melalui proses penyinaran cahaya matahari dengan konsentrasi dan penambahan katalis yang sama memberikan persentase degradasi yang lebih besar yaitu 80% setelah penyinaran 120 menit.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Rancangan Penelitian

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

Adapun rancangan dari penelitian ini dimulai dari mengidentifikasi masalah yang akan diteliti lalu melakukan studi literatur guna mengetahui kajian terdahulu dan menjadikannya sebagai sumber referensi. Dilanjut dengan melakukan observasi awal agar mengetahui kondisi sampel, selanjutnya melakukan preparasi dan sintesis magnetit besi, disini pasir besi diolah menjadi magnetit dan dicampur dengan TiO_2 sebagai katalis. Kemudian menentukan XRD dan VSM terhadap sampel. Lalu melakukan penelitian dan uji sampel di laboratorium UIN Ar-Raniry. Degradasi limbah pestisida dengan proses fotokatalis magnetit- TiO_2 dengan menggunakan beberapa variasi dari konsentrasi limbah pestisida. 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 Lokasi Penelitian

3.2.1. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan waktu perkiraan berlangsung kurang lebih selama 2 bulan dari Oktober sampai November. Dimulai dengan proses pengambilan sampel dan perlakuan pada sampel di Laboratorium hingga menghasilkan kesimpulan dan analisis data.

3.2.2. Lokasi Penelitian

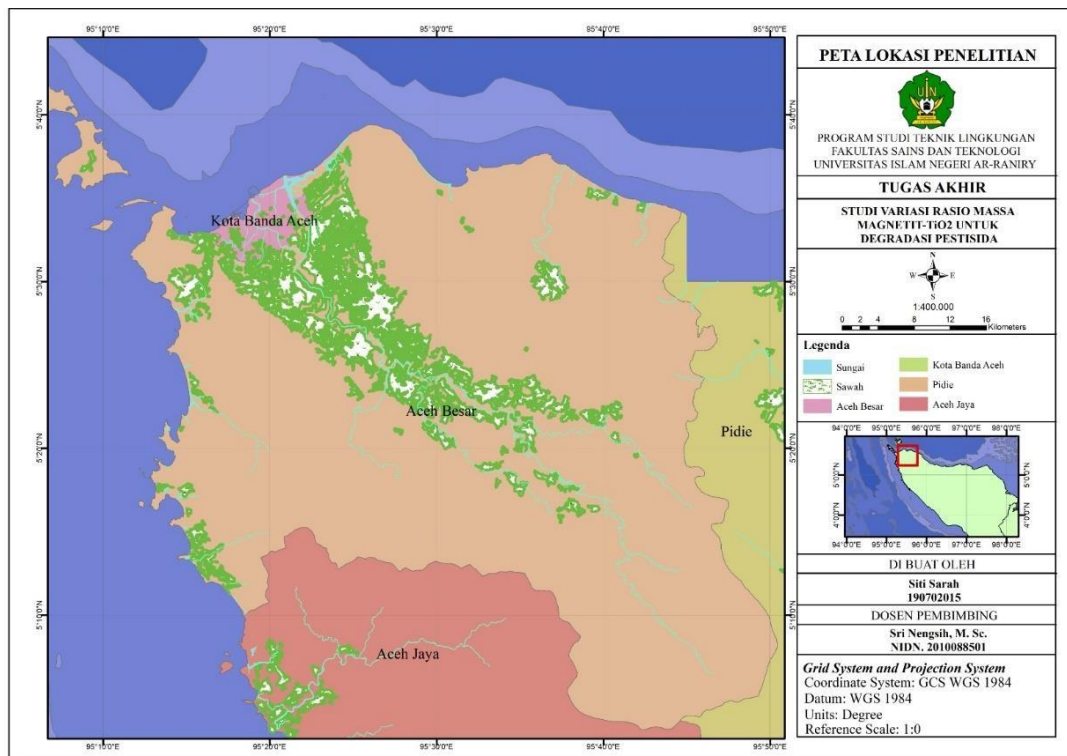
a. Lokasi Pengambilan Sampel

Sampel pasir besi (Fe_3O_4) yang akan digunakan dalam proses fotokatalis sebagai katalis yang akan digabungkan dengan TiO_2 berasal dari Pantai Anoi

Itam Kota Sabang Provinsi Aceh. Untuk sampel dari pestisida Sipermetrin di beli pada toko yang terletak di daerah Lambaro, Aceh Besar

b. Lokasi Penelitian

Penelitian sintesis dan degradasi sampel pestisida sipermetrin dilakukan di Laboratorium Multifungsi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Jl. Lingkar Kampus, Rukoh, Kecamatan Syiah Kuala, Banda Aceh.



Gambar 3.1 Lokasi Pengambilan Sampel

Sumber: Dokumentasi Pribadi







3.3. Bahan dan Peralatan Penelitian

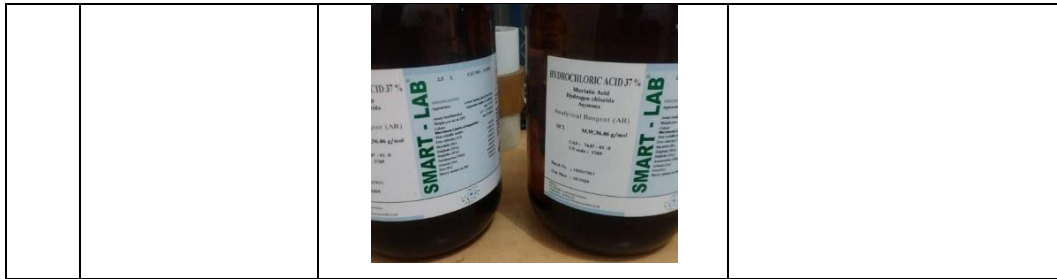
3.3.1 Bahan

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

Tabel 3.2 Bahan-bahan dalam Penelitian

No	Nama	Gambar	Kegunaan
1	TiO ₂		Katalis untuk proses Fotokatalisis




			
2	Aquades		Pembersih alat-alat dari pengotor
3	Pestisida		Limbah yang akan diteliti
4	Etanol 33%		Pelarut dalam pencampuran magnetit-TiO ₂
5	NH ₄ OH		Larutan pengendap magnetit
6	Pasir Besi		Perekat sampel limbah
7	HCL 37%		Pelarut pasir besi








3.3.2 Alat




Alat yang digunakan pada penelitian ini terdapat pada table 3.2 sebagai berikut:

Tabel 3.2 Alat-alat dalam Penelitian

No	Nama	Gambar	Kegunaan
1	Baker glass		Wadah atau media untuk penempatan larutan dan sampel
2	Kertas saring		Menyaring larutan
3	Neraca analitik		Menimbang sampel
4	Oven		Pengeringan sampel

			
5	Spektrofotometer UV-Vis		Pengukur adsorben suatu sampel
6	XRD (<i>X-ray diffraction</i>)		Menentukan struktur kristal dan nano partikel
7	<i>Centrifuge</i>		Pemisahan supernatant dari solid pada tiap interval Analisa sebelum diukur absorbennya menggunakan spektrofotometer UV-Vis
8	Ayakan		Menyaring dan memisahkan pasir besi berdasarkan ukurannya

9	Lumpang/alu		Penghalus zat kimia yang padat
10	Lampu UV		Penyinaran UV
11	SEM (<i>Scanning Electron Microscope</i>)		Untuk menentukan komposisi dari nanopartikel
12	VSM (<i>vibrating Sampel Magnetometer</i>)		Mengetahui sifat magnetic fotokatalis
13	Magnet Batang		Untuk memisahkan pasir besi dari kontaminan yang ada
14	pH Meter		Mengukur asam dan basa larutan
15	Pipet Tetes		Untuk proses titrasi larutan

16	<i>Magnetic bar</i>		Pengadukan sampel larutan
17	<i>Hotplate</i>		Untuk memanaskan dan menghomogenkan larutan
18	<i>Shaker</i>		Pencampuran larutan

3.4. Prosedur Penelitian

3.4.1. Proses 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 menggunakan metode kopresipitasi yaitu dengan memisahkan pasir besi dari pengotor menggunakan media magnet batang sebagai pemisahannya. Selanjutnya hasil dari pemisahan tersebut diayak dengan menggunakan ayakan 100 mesh agar mendapatkan ukuran yang relatif sama.

3.4.2. Sintesis Pasir Besi

- Pada proses sintesis pasir besi dengan memasukkan 20 gr pasir besi kedalam *Beaker glass* kemudian dicampur dengan 50 ml HCL 33%, lalu diaduk menggunakan kecepatan 800 rpm dan kemudian dipanaskan dengan suhu 80°C selama 30 menit.

- Setelah dipanaskan selanjutnya pasir besi didinginkan dan disaring dengan menggunakan kertas saring.
- Larutan pasir besi hasil saringan dicampurkan dengan 6,5 ml NH_4OH (*Ammonia*) dengan menggunakan rasio sebesar 1:5 secara titrasi dan kemudian diaduk dengan kecepatan 800 rpm dan dipanaskan dengan suhu 80°C selama 30 menit.
- Larutan hasil dari metode kopresipitasi dicuci dengan menggunakan aquades untuk menghilangkan basa sampai mencapai pH netral kemudian endapan tersebut dikeringkan menggunakan oven dengan temperatur suhu 100°C selama 1 jam sampai kering.
- Setelah kering dan menjadi serbuk, dilanjut dengan menghaluskan serbuk tersebut menggunakan lumpang dan diayak dengan ayakan 200 mesh.
- Serbuk Fe_3O_4 yang dihasilkan disimpan dalam botol berukuran kecil dan ditutup untuk selanjutnya dilakukan karakterisasi.

Untuk uji karakterisasi menggunakan XRD guna mengetahui struktur nanopartikel, untuk mengetahui komposisi partikel dilakukan uji Mikroskop Optik dan VSM untuk mengetahui sifat dari magnetit fotokatalisnya.

3.4.3. Proses penggabungan magnetit (Fe_3O_4) dengan TiO_2

Setelah proses sintesis pasir besi dilakukan, maka Langkah selanjutnya adalah penggabungan Fe_3O_4 dan TiO_2 .

- Variasi konsentrasi magnetit- TiO_2 yang digunakan dalam penggabungan memiliki rasio perbandingan berat per beratnya 2:1, 1:1, dan 1:2. Pada setiap perbandingan tersebut akan dilakukan pelarutan dengan menggunakan etanol 33% kemudian larutan tersebut akan diaduk dengan menggunakan *shaker* dengan kecepatan 130 rpm selama 30 menit.
- Setelah selesai diaduk, larutan penggabungan ini di saring dengan menggunakan kertas saring lalu dikeringkan dengan menggunakan oven selama 1 jam. Hasil dari penggabungan kemudian dihaluskan dengan menggunakan lumpang dan kemudian diayak dengan menggunakan ayakan berukuran 200 mesh.
- Terakhir, endapan yang diperoleh diberikan perlakuan kalsinasi pada suhu 500°C selama 120 menit.

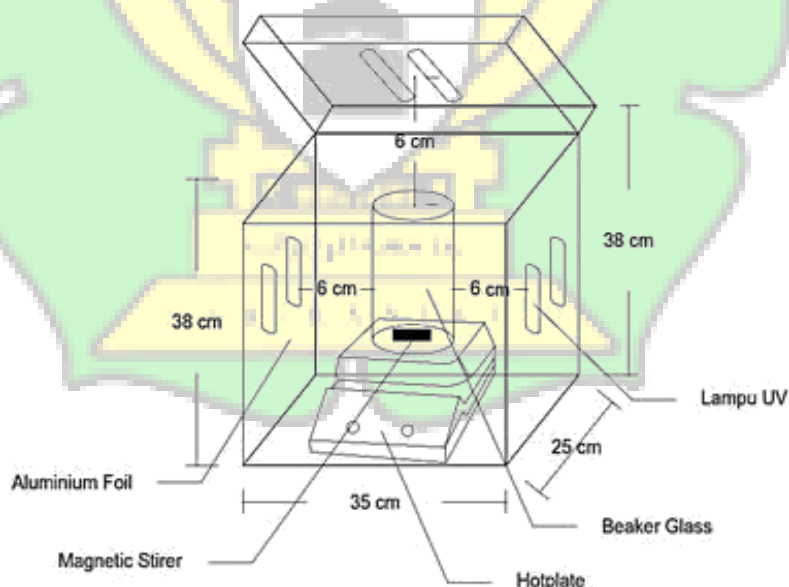
3.4.4. Pengujian katalis

Hasil sintesis yang didapat pada proses sebelumnya, selanjutnya akan dilakukan uji XRD, SEM-EDX, dan VSM.

- Pengujian XRD dilakukan di Laboratorium MIPA Universitas Syiah Kuala. Tujuan dari pengujian XRD untuk mengidentifikasi dan menentukan struktur fasa nanopartikel pada katalis.
- Selanjutnya komposisi nano partikel dianalisis dengan uji SEM. Analisis ini dilakukan di Laboratorium Politeknik Lhokseumawe.
- Dan terakhir di uji dengan pengujian VSM untuk mengetahui sifat magnetik fotokatalisnya. Sampel akan dilakukan pengujian di Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) Serpong, Tangerang Selatan, Banten.

3.4.5. Desain reaktor fotokatalisis

Pada penelitian ini, proses fotokatalisis dilakukan dalam reaktor yang tertutup yang didesain dengan ukuran panjang 35 cm, tinggi 38 cm dan lebar 25 cm. Dimana dalam reaktor ini terdapat lampu UV masing-masing 10 watt, 2 disisi kiri, 2 disisi kanan dan 2 pada bagian atas kotak (penutup), dengan jarak antara lampu dengan limbah adalah 6 cm. Untuk desain dari reaktor terdapat pada Gambar 3.3



Gambar 3.3 Desain Reaktor

Sumber: Dokumen Pribadi

Dalam reaktor *batch* ini energi yang dihasilkan dapat mengaktifkan *Titanium dioksida* sehingga dapat bekerja dalam proses fotokatalisis. Kecepatan pengadukan sebesar 800 rpm. Selain itu, dinding reaktor dilapisi dengan aluminium foil sebagai reflektor yang membuat cahaya memantul kearah limbah pestisida. *Beaker glass* 1000 mL dijadikan sebagai wadah untuk pestisida yang diaduk dengan *Shaker*. Kemudian ketalis TiO_2 dapat bekerja dalam proses fotokatalis pada suhu kamar dengan bantuan sinar UV sambil diaduk.

3.4.6. Proses fotodegradasi pestisida sipermetrin menggunakan $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-TiO}_2$

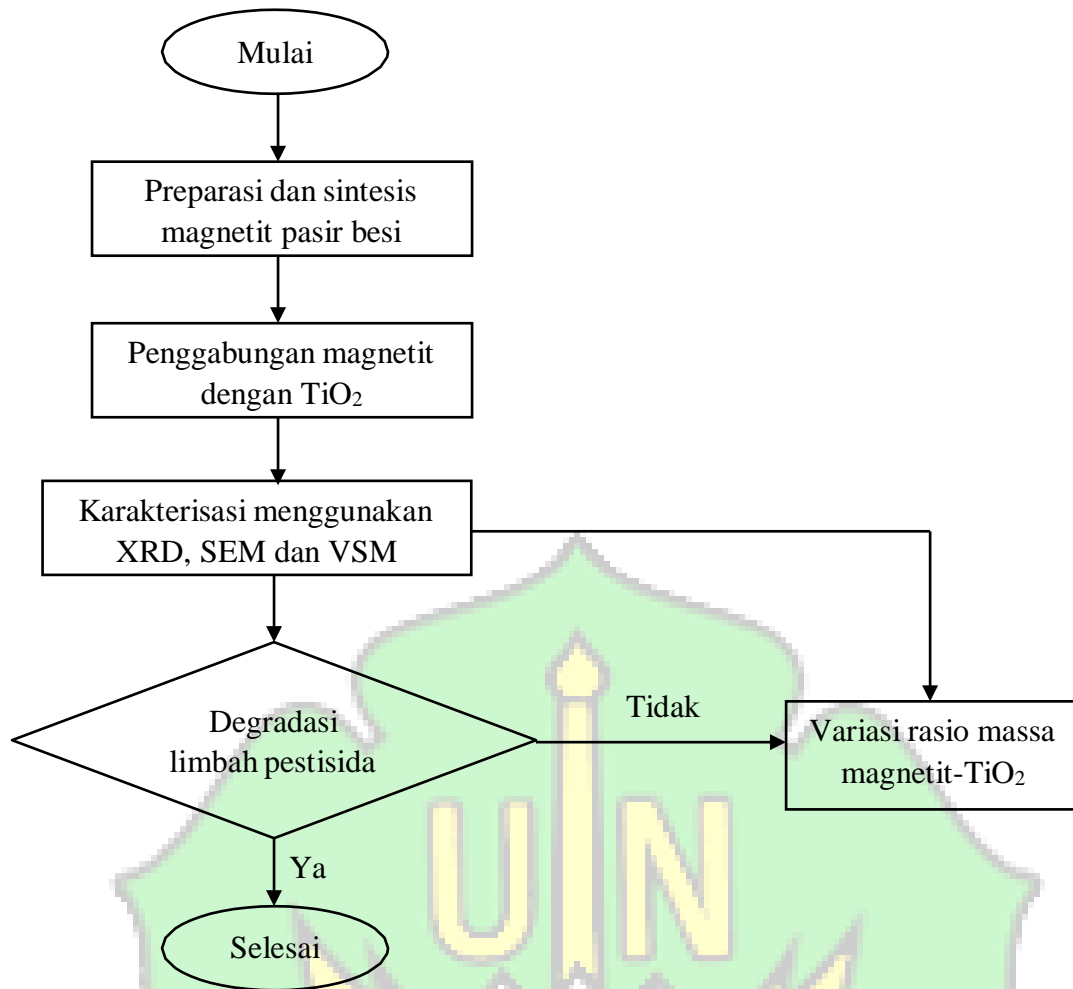
Analisa degradasi limbah pestisida sebelum atau sesudah perlakuan pada sampel guna mengetahui perubahan yang terjadi di setiap sampel dengan menggunakan spektrofotometer Uv-Vis.

- Proses ini diawali dengan disiapkan 3 *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 2:1, 1:1, dan 1:2.
- Selanjutnya *beaker glass* dimasukkan kedalam tabung reaktor tanpa penyinaran dan diaduk dengan kecepatan 400rpm selama 30 menit untuk melihat apakah ada terjadi perubahan terhadap sampel pada waktu 0, 30, 60, dan 90 menit.
- Selanjutnya *beaker glass* dimasukkan kedalam kotak reaktor yang akan diradiasi menggunakan sinar UV pada waktu 30, 60, dan 90 menit selama proses penyinaran dengan sinar UV larutan diaduk dengan menggunakan *magnetit stirrer*.
- Selanjutnya limbah diambil sebanyak 20ml dari masing-masing *beaker glass* untuk dilakukan 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 presentase dari proses fotodegradasi.

Berdasarkan prosedur penelitian tersebut, berikut adalah prosedur penelitian dalam bentuk diagram alir terdapat pada Gambar 3.4

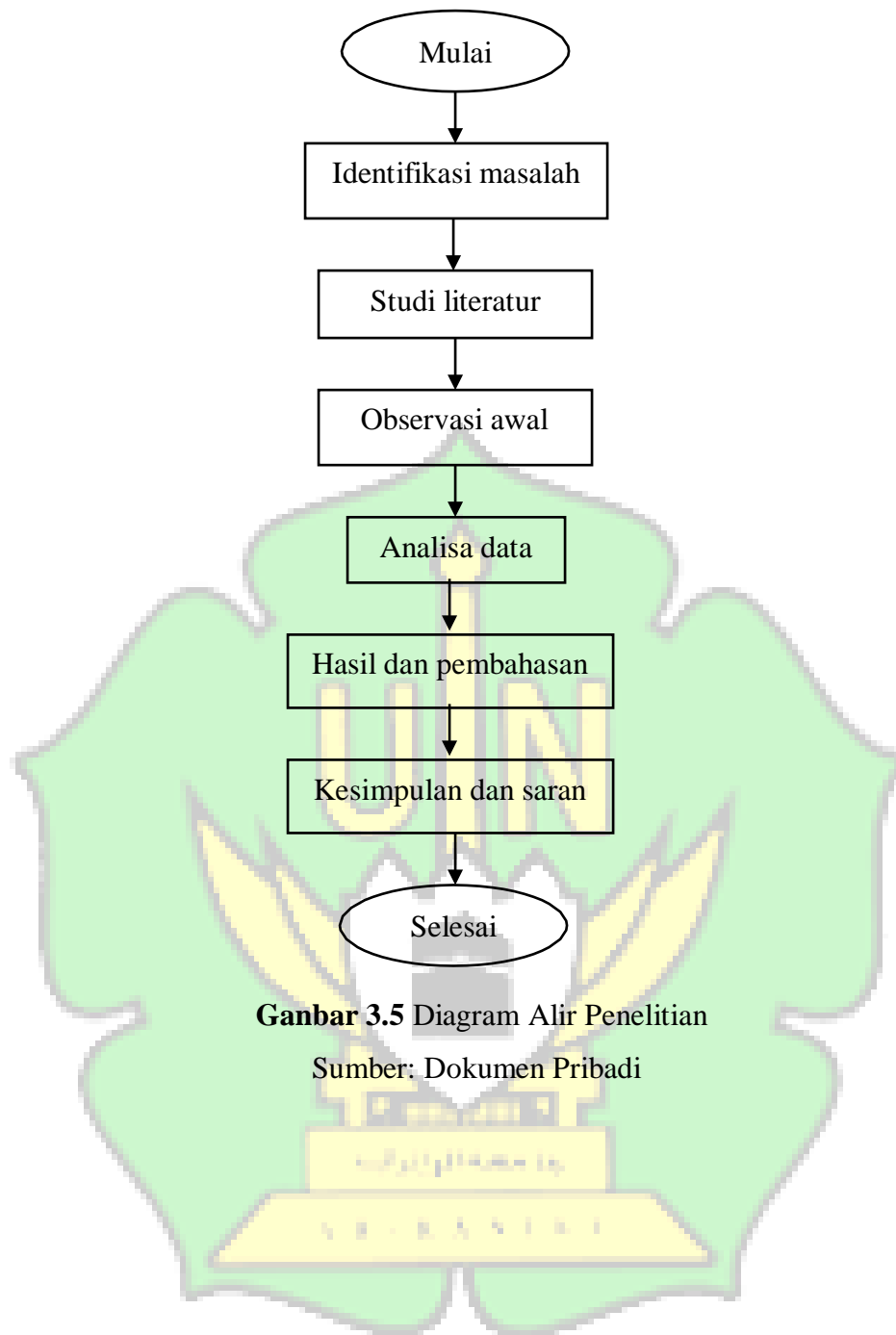




Gambar 3.4 Diagram Alir Penelitian

Sumber: Dokumen Pribadi

Adapun diagram alir pada penelitian ini terdapat pada Gambar 3.5 berikut.



Gambar 3.5 Diagram Alir Penelitian

Sumber: Dokumen Pribadi

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 Fe₃O₄-TiO₂
 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, dimana alat ini nantinya akan menghasilkan informasi mengenai besaran-besaran sifat magnetit sebagai akibat dari perubahan medan magnet yang digambarkan dalam bentuk kurva histerisis. Alat ini juga mengukur sifat magnetit bahan yang diakibatkan oleh perubahan suhu.

Hasil dari presentase degradasi limbah pestisida sipermetrin oleh Fe₃O₄-TiO₂ dihitung dengan 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
 C₀ = Konsentrasi awal
 C_t = Konsentrasi setelah penyinaran

Untuk mengukur laju degradasi dari pestisida terhadap rasio massa fotokatalis magnetit-TiO₂ digunakan persamaan 3.3 dengan rumus sebagai berikut:

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

Keterangan:

- V = laju degradasi limbah pestisida
 $\Delta A = A_0 - A_t$ = Selisih nilai absorbansi
 $\Delta t = t_t - t_0$ = Selisih waktu degradasi

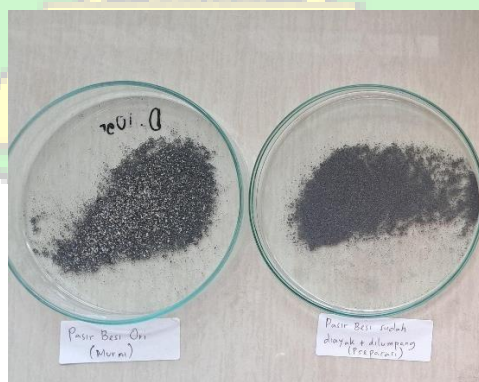
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan proses degradasi pestisida sipermetrin secara fotokatalitik dengan menggunakan pasir besi yang telah disintesis menjadi serbuk magnetit dan juga TiO_2 serta menggunakan lampu UV 10 Watt sebagai sumber radiasi. Pada penelitian ini juga dilakukan variasi pada konsentrasi magnetit- TiO_2 yaitu 1:2, 2:1 dan 1:1 yang sesuai dengan baku mutu pestisida yaitu 0,10 mg/l yang terdapat pada Peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia Nomor 78/M/-IND/PER/11/2016 Tentang Pemberlakuan Standar Nasional Indonesia Air Mineral, Air Demineral, Air Mineral Alami dan Air Minum Embun Secara Wajib.

4.1 Sintesis Pasir Besi

Sebelum proses degradasi magnetit- TiO_2 dilakukan terhadap pestisida sipermetrin, hal yang perlu dilakukan adalah mensintesis pasir besi. Dimana preparasi pasir besi yang berasal dari alam memiliki beberapa tahapan yang meliputi berbagai proses yang dimulai dengan memisahkan pasir besi dan bahan pengotor dengan menggunakan media magnet batang sebagai pemisahannya, setelah mendapatkan pasir besi yang bebas dari bahan pengotor selanjutnya pasir besi di ayak dengan menggunakan ayakan 200 mesh untuk mendapatkan ukuran yang relatif sama. Dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut



Gambar 4.1 pasir besi sebelum dan sesudah di ayak

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Dimana dari gambar tersebut dapat kita lihat bahwa pasir besi yang belum dilakukan preparasi dan sintesis (kiri) masih memiliki tekstur yang kasar karena masih bercampur dengan pasir yang lain dan juga berwarna abu-abu cerah, sedangkan untuk pasir besi yang sudah preparasi dan disintesis (kanan) memiliki tekstur yang cenderung lebih halus dan berwarna hitam pekat.

Proses selanjutnya yaitu serbuk besi dicampur dengan 50 ml HCL 37% dan diaduk dengan kecepatan 800 rpm, selanjutnya serbuk besi disaring menggunakan kertas saring. Hasil saringan kemudian dicampur dengan 6,5 ml NH_4OH (*Ammonia*) dengan perbandingan 1:5 dan diaduk dengan magnetit stirrer dengan kecepatan 800 rpm, dipanaskan dengan temperature 80°C dengan waktu 30 menit. Kemudian hasil saringan dicuci dengan akuades sampai mencapai pH netral lalu dikeringkan menggunakan oven pada suhu 100°C selama 60 menit. Setelah dikeringkan dan menjadi serbuk selanjutnya di haluskan menggunakan lumpang dan diayak dengan ayakan berukuran 200 mesh. Adapun untuk hasil dari penggabungan pasir besi dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut



Gambar 4.2 penggabungan pasir besi dan HCL

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa hasil dari penggabungan pasir besi dan HCL setelah dilakukan eksperimen memiliki tekstur yang lebih halus dan berwarna hitam pekat

4.2 Proses Penggabungan (Fe_3O_4) dengan TiO_2

Pada proses ini dilakukan penggabungan antara Fe_3O_4 dan TiO_2 . Variasi Variasi konsentrasi magnetit- TiO_2 yang digunakan dalam penggabungan

memiliki rasio perbandingan massa per massanya 1:2, 1:1, dan 2:1. Dimana pada setiap perbandingan tersebut akan dilakukan pelarutan dengan etanol 33% dan diaduk menggunakan shaker dengan kecepatan 130 rpm selama 30 menit.

Kemudian larutan penggabungan ini disaring menggunakan kertas saring dan dikeringkan dengan menggunakan oven selama 1 jam. Kemudian dihaluskan dengan menggunakan lumpang dan diayak menggunakan ayakan berukuran 200 mesh, dan terakhir endapan yang didapat diberi perlakuan kalsinasi pada suhu 500°C selama 120 menit. Untuk detail setiap penggabungan dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut. Dimana pada penggabungan magnetit-TiO₂ dengan rasio 1:1 (kiri) berwarna coklat muda penggabungan magnetit-TiO₂ dengan rasio 1:2 (tengah) berwarna sedikit lebih cerah dan yang terakhir penggabungan magnetit-TiO₂ dengan rasio 2:1 (kanan) berwarna lebih gelap dari yang lainnya.



Gambar 4.3 perbandingan magnetit-TiO₂

Sumber: Dokumentasi Pribadi

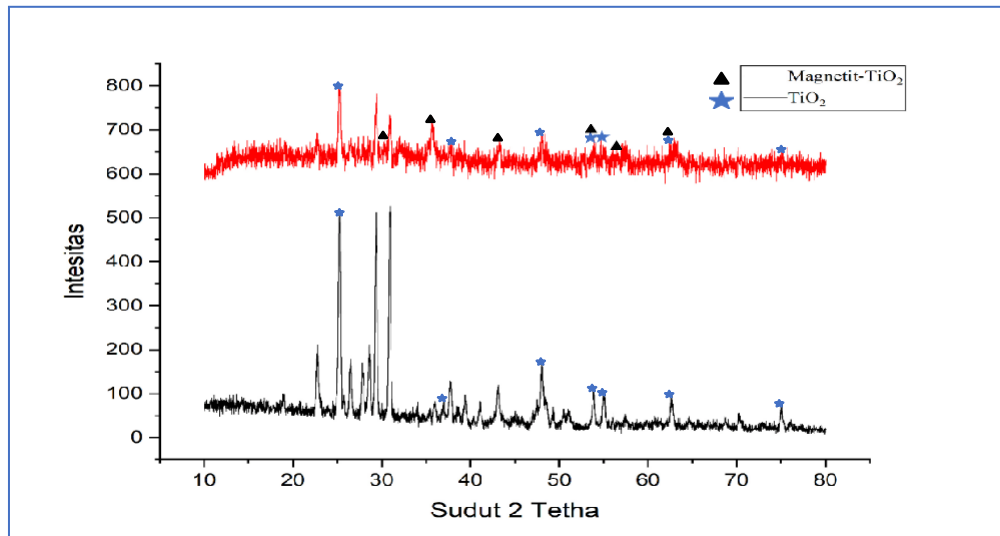
4.3 Karakterisasi Magnetit (Fe₃O₄) -TiO₂

Untuk mengetahui struktur dan gugus fungsi penyusun maka magnetit dan katalis TiO₂ perlu dilakukan karakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), *Vibrating Sampel Magnetometer* (VSM) dan *Scanning Electron Microscope* (SEM).

4.3.1 Karakterisasi dengan *X-Ray Diffraction* (XRD)

Difraksi sinar X atau *X-ray diffraction* (XRD) adalah suatu metode analisa yang digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel. Analisis kristal menggunakan difraktometer sinar-X yang dilengkapi dengan pencacah radiasi untuk mencatat sudut dan intensitas difraksi (Munawir

dkk., 2017). Berikut adalah hasil yang didapatkan setelah uji XRD dari Magnetit dan Magnetit-TiO₂ dilakukan dapat dilihat pada gambar 4.4 berikut.



Gambar 4.4 grafik XRD magnetit, TiO₂ dan magnetit-TiO₂

Dari grafik XRD diatas dapat dilihat ada beberapa titik puncak yang terdapat pada sudut $2\theta = 25,22^\circ$ dengan ukuran kristal 26,54306nm. Dari hasil grafik diatas maka dapat kita ketahui bahwa karakterisasi kristal TiO₂ yang digunakan dalam penelitian ini adalah TiO₂ dengan jenis *Anatase*. Karakterisasi X-Ray Diffraction (XRD) juga dilakukan untuk mengetahui informasi dari struktur kristal yang terbentuk dari pencampuran magnetit-TiO₂. Sedangkan dari pola XRD Magnetit-TiO₂ terdapat beberapa titik puncak tertinggi. Titik puncak tertinggi terdapat pada daerah $2\theta = 43,2106^\circ$ dengan ukuran kristal 29,9496nm. Dan data tertinggi TiO₂ pada daerah $2\theta = 25,2266$ dengan ukuran kristal 26,543nm.

Berdasarkan data XRD Fe₃O₄-TiO₂ dilakukan analisis yang merujuk kepada data standar JCPDS No. 00-21-1272 untuk TiO₂ anatase dan 00-019-0629 untuk Fe₃O₄ maka dapat dibuat analisis data sebagai berikut:

Tabel 4.1 Data analisis TiO₂, magnetit dan magnetit TiO₂

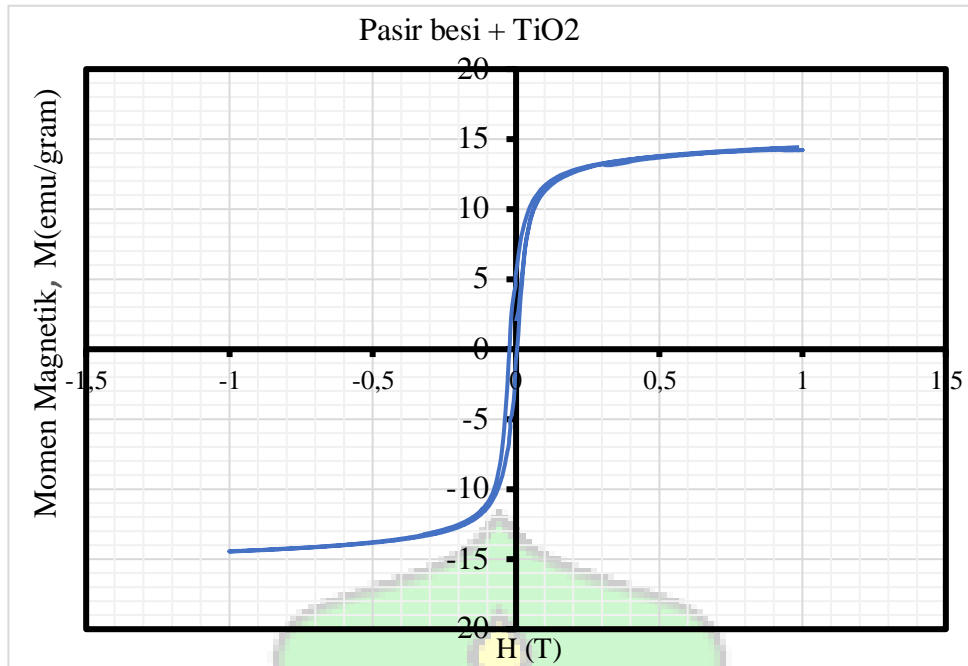
Sampel	Sudut 2θ ref	Sudut 2θ sampel	d (Å) ref	d(Å) sampel	I sampel	FWHM (derajat)	Ukuran Kristal (nm)
Titanium Dioksida (TiO ₂)	25,24	25,2266	3,52	3,5275	100	0,30670	26,5430
	37,77	37,7375	2,37	2,3818	20	0,28500	29,4577
	48,02	48,0400	1,89	1,8923	32	0,24000	36,2394
	53,99	53,9375	1,69	1,6985	21	0,28500	31,2758

	54,98	54,6950	1,66	1,6768	15	0,21000	42,5899
	62,65	62,5700	1,48	1,4833	19	0,24400	38,0982
	75,02	75,1545	1,36	1,2631	17	0,21900	45,7714
Magnetit	30,05	30,3025	2,97	2,9471	18	0,24500	33,5934
	35,42	35,6650	2,53	2,5153	53	0,41000	20,3542
	43,05	43,2106	2,10	2,0920	29	0,28530	29,9495
	53,40	53,2183	1,71	1,7198	12	1,7670	0,0005
	56,94	56,4900	1,62	1,6277	16	0,30000	30,0601
	62,52	62,5700	1,48	1,4833	19	0,24400	38,0982
TiO ₂ Anatase	25,24	25,2238	3,520	3,5278	93	0,2904	28,0327
	37,77	37,7171	2,3780	2,3831	18	0,2743	30,6049
	48,02	48,4600	1,8920	1,8769	10	0,3800	22,9256
	53,99	53,8186	1,6999	1,7020	18	0,2507	35,5361
	54,98	54,9795	1,6665	1,6688	15	0,2710	33,0458
	62,65	62,6209	1,4808	1,4822	14	0,3047	30,5168
	75,02	75,0043	1,3641	1,2652	11	0,2886	34,6980

4.3.2 Karakterisasi Magnetit Dengan *Vibrating Sampel Magnetometer* (VSM)

Vibrating Sample Magnetometer (VSM) merupakan salah satu jenis peralatan yang digunakan untuk mengetahui dan mempelajari sifat magnetik bahan. Karakterisasi dengan VSM menghasilkan informasi mengenai besaran-besaran sifat magnetik sebagai akibat perubahan medan magnet luar yang digambarkan dalam kurva histerisis (Sylvina, 2019).

Kurva histeris ini dapat menunjukkan hubungan antara magnetis (M) dengan magnet luar (H). Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Radiasi Serpong, Kawasan Nuklir Serpong, KST BJ Habibie, Puspitek Serpong, Tangerang Selatan. Kurva histeresis dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut.



Gambar 4.5 Hasil Pengujian *Vibrating Sampel Magnetometer* (VSM)

Tabel 4.2 Data sifat magnetit-TiO₂ menggunakan VSM

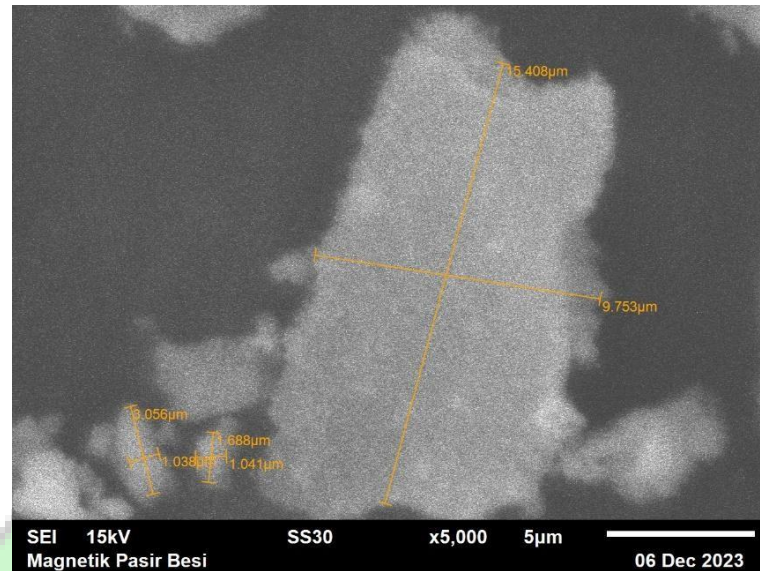
Sampel	Variabel		
	Ms (emu/g)	Mr (emu/g)	Hc (T)
Magnetit-TiO ₂	14,22	5,79	0,218

Dari Analisa ini akan diperoleh besaran-besaran sifat magnetit seperti magnetisasi saturasi (M_s), magnetisasi remanen (M_R), dan medan koersivitas (H_c). dimana dapat dilihat dari nilai medan koersivitas (H_c) pada data diatas magnetit yang didapat termasuk kedalam magnetit yang lunak atau superparamagnetit. Dimana sifat supermagnetiti ini merupakan sifat material yang memiliki manetisasi tinggi ketika diberi medan magnet eksternal, namun ketika tidak ada medan magnet eksternal nilai magnetisasi rata-ratanya adalah nol (Eko, dkk 2018).

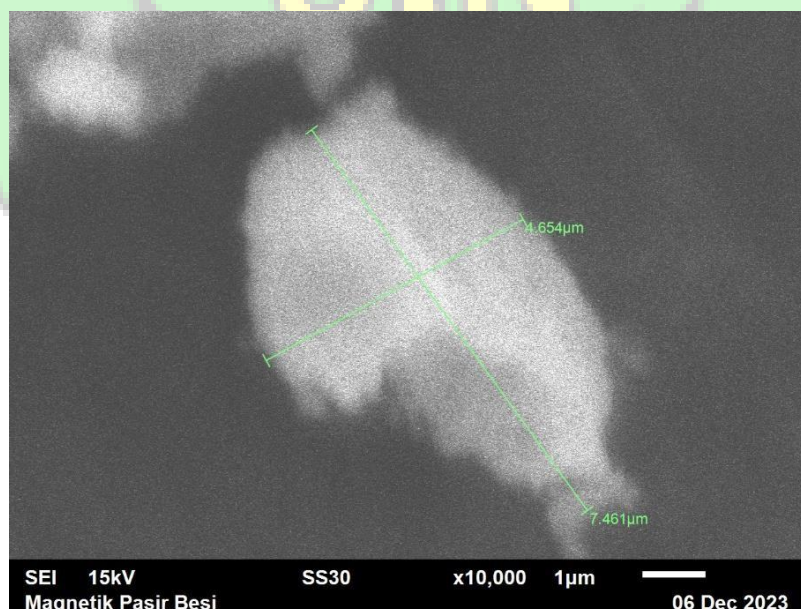
4.3.3 Karakterisasi Magnetit Dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM)

Scanning Electron Microscopy (SEM) merupakan mikroskop yang menggunakan elektron sebagai pengganti cahaya untuk melihat benda dengan

resolusi yang tinggi untuk mendapatkan gambar dari spesimen padat (Niken, 2019). Karakterisasi magnetit dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM) dilakukan dengan tujuan melihat struktur morfologi permukaan dari sampel magnetit dan magnetit-TiO₂. Berikut adalah hasil karakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM).



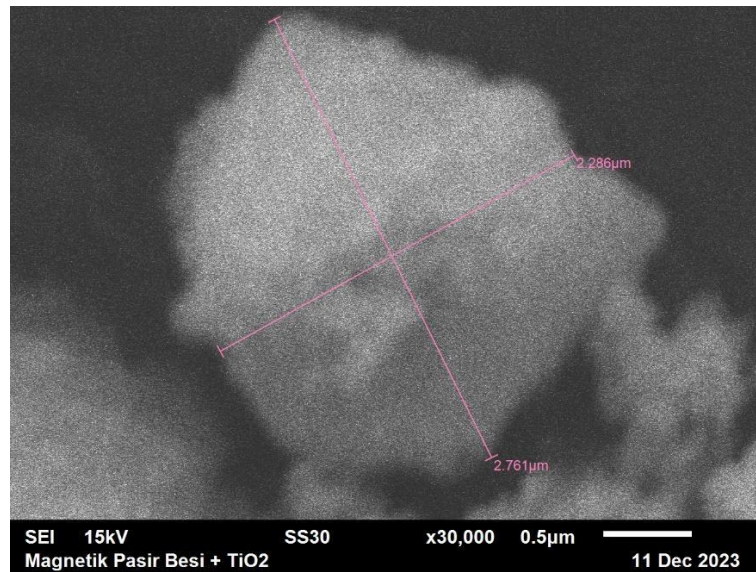
Gambar. 4.6 Magnetit pembesaran 5000



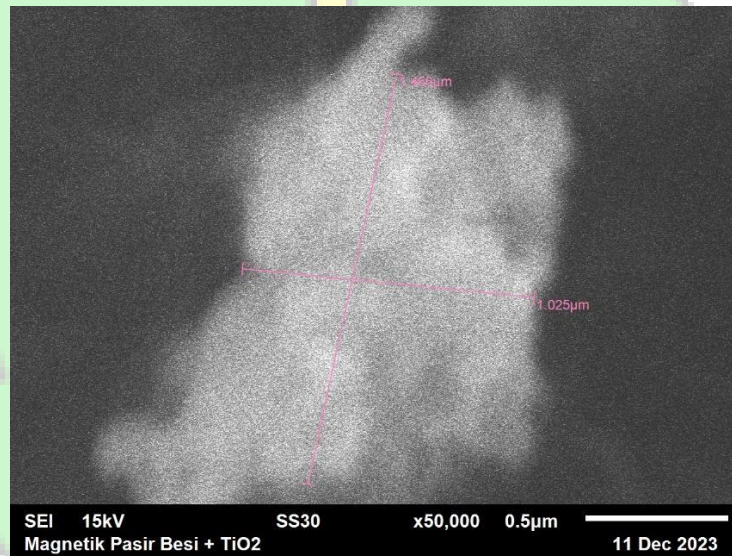
Gambar 4.7. magnetit pembesaran 10.000

Gambar diatas merupakan hasil dari karakterisasi *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Dimana hasil yang diperoleh dari Gambar 4.6 ukuran dari magnetit pasir besi dengan menggunakan pembesaran 5000 memiliki ukuran Panjang 15,498 μm dan lebar 9,753 μm . Sedangkan pada Gambar 4.7 yang

menggunakan pembesaran 10.000 memiliki ukuran Panjang 7,461 μm dan lebar 4,654 μm .



Gambar 4.8 Magnetit-TiO₂ pembesaran 30.000



Gambar 4.9 Magnetit-TiO₂ pembesaran 50.000

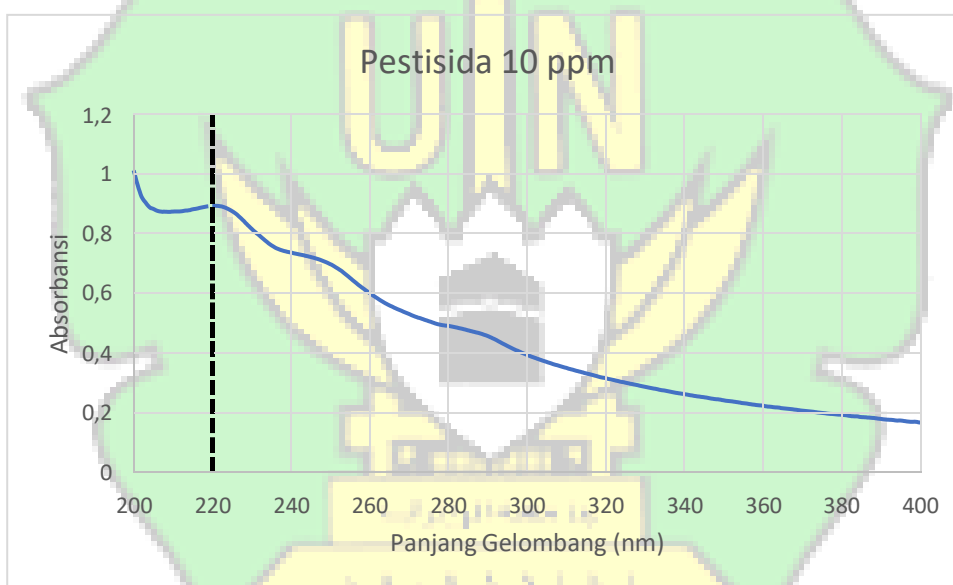
Dari gambar diatas merupakan hasil dari karakterisasi *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Dapat dilihat pada Gambar 4.8 karakterisasi magnetiti-TiO₂ dengan pembesaran 30.000 memiliki ukuran Panjang 2,761 μm dan lebar 2,286 μm . Sedangkan pada Gambar 4.9 karakterisasi magnetit-TiO₂ dengan pembesaran 50.000 memiliki ukuran Panjang 1,466 μm dan lebar 1,025 μm .

Dari gambar hasil pengujian SEM didapatkan hasil yang tidak beraturan (heterogen) seperti yang terdapat pada gambar-gambar diatas. Hal tersebut

diakibatkan terjadinya aglomerasi pada magnetit dan magnetit-TiO₂, dimana aglomerasi ini terjadi karena adanya kontak dengan udara yang menyebabkan terjadinya pergumpalan. Pergumpalan yang terjadipun memiliki variasi yang berbeda, namun sudah berhasil menurunkan ukuran pasir besi menjadi magnetit walaupun masih dalam skala mikrometer dan belum mencapai nanometer.

4.4 Penentuan Panjang Gelombang Pestisida Sebelum Degradasi

Panjang gelombang maksimum (λ_{max}) merupakan panjang gelombang yang mempunyai absorbansi maksimum. Nilai panjang gelombang maksimum ditentukan dari pengukuran larutan pestisida dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Pengukuran panjang gelombang dilakukan pada daerah tampak (*visible*) yaitu 200-400 nm. Dari Gambar 4.3 terlihat bahwa panjang gelombang maksimum pestisida sipermetrin terdapat pada $\lambda_{max} = 220$

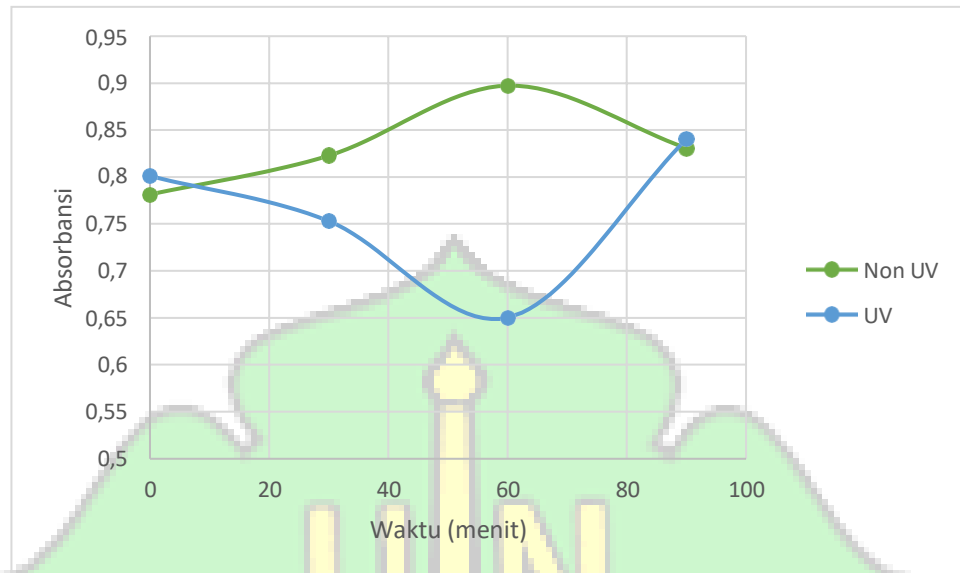


Gambar 4.10 Grafik Panjang Gelombang Pestisida

4.5 Pengaruh Waktu Terhadap Degradasi Limbah Pestisida Sipermetrin Dengan Penambahan Katalis magnetit-TiO₂

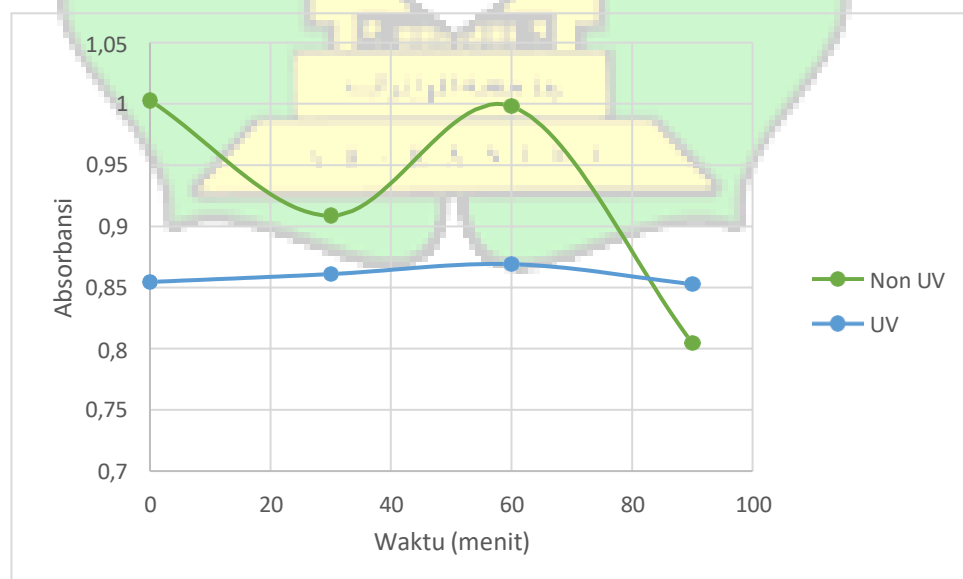
Waktu degradasi optimum adalah waktu larutan sampel pestisidas akan mengalami presentase degradasi paling besar. Penentuan waktu degradasi optimum dilakukan dengan menambahkan magnetit-TiO₂ dengan rasio perbandingan 2:1, 1:1 dan 1:2 dengan konsentrasi 10 PPM. Selanjutnya

campuran tersebut akan di degradasi dengan radiasi didalam reaktor dengan selang menit 30, 60 dan 90 menit. Pada setiap menitnya larutan diambil dan diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum 220 nm dari larutan pestisida. Hasil optimasi dapat dilihat pada gambar grafik berikut.



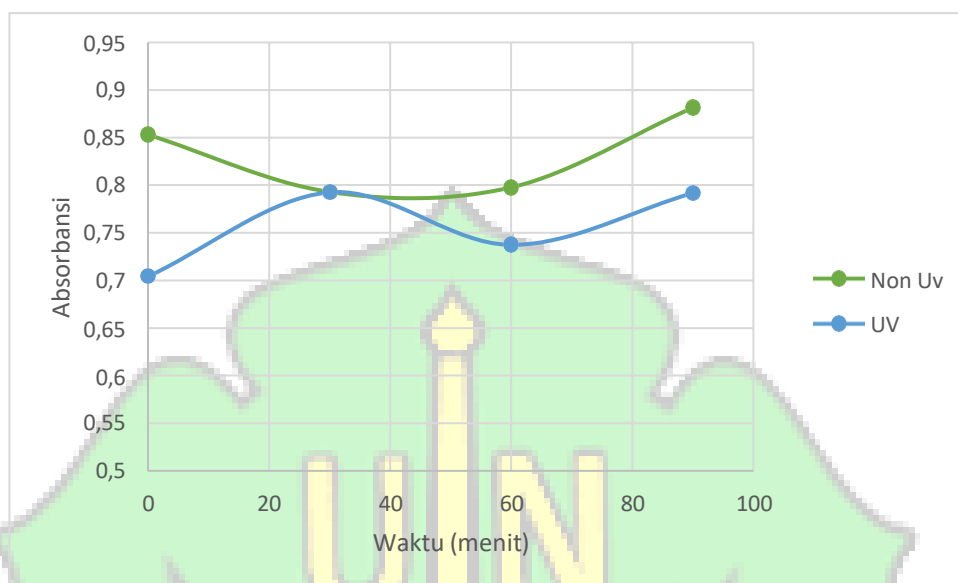
Gambar 4.11 Perbandingan rasio massa magnetit-TiO₂ 2:1

Dari gambar grafik diatas dapat dilihat bahwa pada perbandingan 2:1 dimana limbah pestisida yang paling banyak terdegradasi terjadi pada waktu 90 menit tanpa penyinaran dengan jumlah persen degradasi sebanyak 6,94%. Sedangkan dengan penyinaran limbah pestisida terdegradasi paling banyak 58,46%.



Gambar 4.12 Perbandingan rasio masa magnetit-TiO₂ 1:1

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa limbah pestisida dengan perbandingan konsentrasi magnetit-TiO₂ dengan variasi konsentrasi 1:1 yang paling banyak mengalami degradasi terjadi di waktu 90 menit tanpa penyinaran dengan persen degradasi sebanyak 9,86%. Sedangkan untuk perbandingan 1:1 dengan penyinaran hanya mampu mendegradasikan limbah sebanyak 4,47%.



Gambar 4.13 Perbandingan rasio massa magnetit-TiO₂ 1:2

Sedangkan untuk perbandingan magnetit-TiO₂ dengan rasio massa 1:2 yang paling banyak mengalami degradasi terjadi pada menit ke 60 tanpa penyinaran dengan persen degradasi sebanyak 12,94%. Sedangkan dengan penyinaran yang paling banyak mengalami degradasi terjadi di menit ke 90 dengan persen degradasi sebanyak 11,29s%.

4.6 Efektivitas Fotodegradasi Dengan Variasi Konsentrasi Magnetit-TiO₂

Untuk mengetahui efektifitas fotodegradasi dengan variasi magneti-TiO₂, larutan pestisida sipermetrin di degradasi dengan penambahan variasi konsentrasi magnetit-TiO₂ dengan perbandingan 1:2, 1:1 dan 2:1 pada larutan sampel pestisida dengan konsentrasi limbah 10 PPM dan variasi waktu selama 30, 60 dan 90 menit. Selanjutnya larutan diambil sebanyak 20ml untuk diukur absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan rentang

panjang gelombang 200-400 nm. Untuk hasil dari degradasi limbah pestisida sipermetrin dengan variasi konsentrasi magnetit-TiO₂ dapat dilihat pada Tabel 4.3 sebagai berikut.

Tabel 4.3 Hasil Degradasi Pestisida Sipermetrin Dengan Rasio Massa Magnetit- TiO₂

Variasi Rasio Massa Magnetit-TiO ₂	Waktu Degradasi	Absorbansi	% Degradasi
Tanpa Penyinaran			
1:2	30 menit	0,792949	11,81%
	60 menit	0,797718	12,94%
	90 menit	0,881357	12,78 %
1:1	30 menit	0,908505	1,76%
	60 menit	0,998126	11,80%
	90 menit	0,804675	9,86%
2:1	30 menit	0,822738	7,84%
	60 menit	0,897267	0,50%
	90 menit	0,830733	6,94%
Dengan Penyinaran			
1:2	30 menit	0,792703	11,20%
	60 menit	0,737439	17,39%
	90 menit	0,791917	11,29%
1:1	30 menit	0,860965	3,56%
	60 menit	0,869077	2,65%
	90 menit	0,852795	4,47%
2:1	30 menit	0,753237	15,62%
	60 menit	0,65036	27,15%
	90 menit	0,840572	58,46%

Dari Tabel 4.3 diatas dapat dilihat bahwa hasil dari degradasi dengan variasi rasio massa magnetit-TiO₂ tanpa penyinaran yang paling banyak terdegradasi terdapat pada variasi rasio massa magnetit-TiO₂ dengan rasio pebandingan 1:2 dengan selang waktu 60 menit dengan persen degradasi

sebanyak 12,94%. Sedangkan untuk degradasi limbah variasi rasio massa magnetit-TiO₂ dengan menggunakan penyinaran UV terdapat pada variasi rasio massa magnetit-TiO₂ 2:1 dengan selang waktu 90 menit dengan persen degradasi sebanyak 58,46%. Dari data tersebut dapat menunjukkan bahwa dengan penambahan katalis magnetit-TiO₂ dan juga sinar UV dalam proses fotodegradasi dapat menurunkan serapan optik pada limbah pestisida sipermetrin dan juga semakin cepat dalam mendegradasi limbah pestisida sipermetrin

4.7 Laju Degradasi

Hasil dari laju degradasi menunjukkan bahwa banyaknya pestisida yang terdegradasi terdapat pada rasio massa magnetit-TiO₂ 2:1 dengan menggunakan penyinaran UV di menit ke 90 sebesar 0,005799. Dari kondisi tersebut dapat menunjukkan bahwa degradasi limbah pestisida dengan rasio massa magnetit-TiO₂ memberikan nilai laju degradasi yang paling tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa degradasi dengan rasio massa magnetit-TiO₂ 2:1 dengan tanpa penyinaran UV lebih efektif dalam mendegradasi limbah pestisida. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel perhitungan laju degradasi sebagai berikut

Tabel 4.4 Laju degradasi pestisida

Variasi Rasio Massa Magnetit-TiO ₂	At	ΔA	Δt (menit)	Laju degradasi (abs/menit)
Tanpa Penyinaran				
1:2	0,792949	0,099822	30	0,003327
	0,797718	0,095053	60	0,001584
	0,881357	0,011414	90	0,0001268
1:1	0,908505	0,015734	30	0,0005244
	0,998126	0,105355	60	0,001755
	0,804675	0,088096	90	0,000978

Variasi Rasio Massa Magnetit-TiO ₂	At	ΔA	Δt (menit)	Laju degradasi (abs/menit)
2:1	0,822738	0,70033	30	0,001131
	0,897267	0,004496	60	7,49003
	0,830733	0,062038	90	0,006893
Dengan Penyinaran				
1:2	0,792703	0,099868	30	0,00335
	0,737439	0,155332	60	0,002588
	0,791917	0,100854	90	0,001131
1:1	0,860965	0,031806	30	0,001060
	0,869077	0,023694	60	0,000394
	0,852795	0,039976	90	0,000444
2:1	0,753237	0,139534	30	0,004651
	0,65036	0,242411	60	0,004040
	0,840572	0,052199	90	0,005799

$$A_0 = 0,892771$$

Dimana dari Tabel 4.4 diatas dapat dilihat bahwa degradasi limbah pestisida dengan rasio massa magnetit-TiO₂ memberikan nilai laju degradasi yang paling tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa degradasi dengan rasio massa magnetit-TiO₂ 2:1 tanpa menggunakan penyinaran UV lebih efektif dalam mendegradasi limbah pestisida.

Hal tersebut dapat dilihat pada kajian terdahulu dimana degradasi pestisida jenis diazinon dengan menggunakan fotokatalis massa TiO₂ sebesar 12,5 mg dapat mendegradasi pestisida sebanyak 90,4% dengan waktu 210 menit (Ramadhan & Amiruddin, 2013). Dan juga pada kajian terdahulu oleh (Zilfa et al., 2019) dimana pestisida dengan jenis permethrin dengan penambahan 8mg katalis TiO₂ Anatase dan menggunakan sinar UV 10 watt dapat mendegradasi sebanyak 85,65% dengan waktu 120 menit.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Penggunaan magnetit-TiO₂ dalam proses fotodegradasi mampu mendegradasi limbah pestisida sipermetrin
2. Perbandingan rasio massa magnetit-TiO₂ dalam fotodegradasi terjadi paling maksimal pada variasi 2:1 dengan penyinaran UV dengan jumlah degradasi sebanyak 58,46% pada menit ke 90. Sedangkan degradasi limbah tanpa penyinaran UV paling banyak terdegradasi terjadi pada rasio massa-magnetit-TiO₂ 1:2 di menit ke 60 dengan jumlah degradasi sebanyak 12,78%.
3. Pada laju degradasi pestisida terhadap rasio massa magnetit-TiO₂ didapatkan bahwa degradasi dengan rasio massa magnetit-TiO₂ 2:1 dengan menggunakan penyinaran UV lebih efektif dalam mendegradasi limbah pestisida

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan kajian tambah waktu kontak limbah dengan katalis untuk mengamati kemampuan dalam fotodegradasi.
2. Perlu pengujian konsentrasi limbah setelah di degradasi
3. Perlu kajian tambahan dalam mendapatkan katalis dalam ukuran nanometer dan upaya untuk mencegah terjadinya gumpalan atau aglomerasi bahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andarini, N., & Sarosa, Y. (2015). Sintesis Fotokatalis Lapis Tipis TiO₂/SiO₂ untuk Fotodegradasi Pestisida Diazinon. *Prosiding Seminar Nasional Kimia*, 96–100.
- Arif, A. (2015). Pengaruh Bahan Kimia Terhadap Penggunaan Pestisida Lingkungan. *Jurnal Farmasi UIN Alauddin Makassar*, 3(4), 134–143.
- Fatimah, I., Sugiharto, E., Wijaya, K., Tahir, I., & Kamalia, K. (2010). TITANIUM OXIDE DISPERSED ON NATURAL ZEOLITE (TiO₂/ZEOLITE) AND ITS APPLICATION FOR CONGO RED PHOTODEGRADATION. *Indonesian Journal of Chemistry*, 6(1), 38–42. <https://doi.org/10.22146/ijc.21770>
- Ivnaini, A. (2019). Analisa Kebijakan Hukum Lingkungan dalam Pengelolaan Pestisida. *Bestuur*, 7(2), 93–105.
- Keputusan, S. P., Baru, P. P., Metode, M., & Product, W. (2017). *Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember*.
- 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. <https://doi.org/10.24817/jkk.v41i1.3834>
- Kurade, M. B., Kim, J. R., Govindwar, S. P., & Jeon, B. H. (2016). Dampak Aplikasi Pestisida Sipermetrin, Deltametrin, Klorpirifos dan λ-Sihalotrin Terhadap Kandungan Residu Pestisida pada Biji Kakao. *Algal Research*, 20, 126–134. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2016.10.003>
- Moussavi, G., Hosseini, H., & Alahabadi, A. (2013). The investigation of diazinon pesticide removal from contaminated water by adsorption onto NH₄Cl-induced activated carbon. *Chemical Engineering Journal*, 214, 172–179. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2012.10.034>
- 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>

Ramadhan, L. O. A., & Amiruddin. (2013). Fotodegradasi Pestisida Diazinon dalam TiO₂ Tersuspensi Photodegradation Of Diazinon Pesticide In Suspension Of TiO₂. *Journal*, 14(1), 23–28. <http://jurnal.unej.ac.id/index.php/JID>

Rianto, D., Yulfriska, N., Murti, F., Hidayati, H., & Ramli, R. (2018). Analysis of Crystal Structure of Fe₃O₄ Thin Films Based on Iron Sand Growth by Spin Coating Method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 335(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/335/1/012012>

Said, A. (2021). Degradasi Pewarna Tartrazin Dengan Fotokatalis Titanium Dioksida (TiO₂). *Cokroaminoto Journal of Chemical Science*, 3(1), 21–27.

Siahaan, S., & Restiaty, I. (2021). Pencemaran Tanah Oleh Pestisida di Perkebunan Sayur Kelurahan Eka Jaya Kecamatan Jambi Selatan Kota Jambi (Studi Keberadaan Jamur Makrozoa dan Cacing Tanah). 21(1), 460–466. <https://doi.org/10.33087/jiubj.v21i1.1348>

Sucahya, T. N., Permatasari, N., & Nandiyanto, A. B. D. (2016). REVIEW: Fotokatalisis untuk Pengolahan Limbah Cair. *Jurnal Integrasi Proses*, 6(1), 1–15. <http://dx.doi.org/10.36055/jip.v6i2.430>

Suriadi, A., Shofiyani, A., & Destiarti, L. (2017). Sintesis Dan Karakterisasi Pasir Besi Terlapis Mangan Dioksida Serta Aplikasinya Untuk Penurunan Kadar Ion Fosfat Dalam Air. *Jkk*, 6(1), 64–72.

Tampak, I. S. (2021). FOTODEGRADASI RHODAMIN B OLEH KATALIS ZEOLIT ALAM-TiO₂/ZnO DAN IRRADIASI SINAR TAMPAK N. K. A. Oktapiani, I N. Simpen*, dan I M. S. Negara. 15(1).

Togibasa, O., Akbar, M., Pratama, A., & Bijaksana, S. (2019). Distribution of Magnetic Susceptibility of Natural Iron Sand in the Sarmi Coast Area. *Journal of Physics: Conference Series*, 1204(1). <https://doi.org/10.1088/1742->

6596/1204/1/012074

Zilfa, Suyani, H., Safni, & Jamarun, N. (2019). Degradasi Senyawa Permetrin Secara Fotolisis Dengan TiO₂-Anatase Sebagai Katalis. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 11, 107–111.



Lampiran I

Perhitungan Kurva Standar Sipermetrin

Perhitungan Konsentrasi Sipermetrin

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

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

Keterangan:

%D = Persen degradasi

C_o = Konsentrasi awal

C_t = Konsentrasi setelah penyinaran

Perbandingan 1:2 tanpa penyinaran

- Data awal perbandingan 1:2 tanpa penyinaran, absorbansi sebesar 0,853122

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

$$\%D = \frac{|0,892771 - 0,853122|}{0,892771} \times 100\%$$

$$\%D = 44,41\%$$

- Perbandingan 1:2 tanpa penyinaran (30 menit) absorbansi sebesar 0,792949

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

$$\%D = \frac{|0,892771 - 0,792949|}{0,892771} \times 100\%$$

$$\%D = 11,18\%$$

- Perbandingan 1:2 tanpa penyinaran (60 menit) absorbansi sebesar 0,797718

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

$$\%D = \frac{|0,892771 - 0,797718|}{0,892771} \times 100\%$$

$$\%D = 12,94\%$$

- Perbandingan 1:2 tanpa penyinaran (90 menit) absorpsi sebesar 0,881357

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

$$\%D = \frac{|0,892771 - 0,881357|}{0,892771} \times 100\%$$

$$\%D = 12,78 \%$$

Perbandingan 1:2 dengan penyinaran

- Data awal perbandingan 1:2 dengan penyinaran, absorpsi sebesar 0,704183

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

$$\%D = \frac{|0,892771 - 0,704183|}{0,892771} \times 100\%$$

$$\%D = 21,123\%$$

- Data awal perbandingan 1:2 dengan penyinaran (30 menit) absorpsi sebesar 0,792703

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

$$\%D = \frac{|0,892771 - 0,792703|}{0,892771} \times 100\%$$

$$\%D = 11,20\%$$

- Data awal perbandingan 1:2 dengan penyinaran (60 menit) absorpsi sebesar 0,737439

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

$$\%D = \frac{|0,892771 - 0,737439|}{0,892771} \times 100\%$$

$$\%D = 17,39\%$$

- Data awal perbandingan 1:2 dengan penyinaran (60 menit) absorbansi sebesar 0,791917

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

$$\%D = \frac{|0,892771 - 0,791917|}{0,892771} \times 100\%$$

$$\%D = 11,29\%$$

Perbandingan 1:1 tanpa penyinaran

- Data awal perbandingan 1:1 tanpa penyinaran, absorbansi sebesar 1,002832

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

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

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

- Data awal perbandingan 1:1 tanpa penyinaran (30 menit), absorbansi sebesar 0,908505

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

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

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

- Data awal perbandingan 1:1 tanpa penyinaran (60 menit), absorbansi sebesar 0,998126

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

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

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

- Data awal perbandingan 1:1 tanpa penyinaran (90 menit), absorbansi sebesar 0,804675

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

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

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

Perbandingan 1:1 dengan penyinaran

- Data awal perbandingan 1:1 dengan penyinaran, absorbansi sebesar 0,854496

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

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

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

- Data awal perbandingan 1:1 dengan penyinaran (30 menit), absorbansi sebesar 0,860965

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

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

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

- Data awal perbandingan 1:1 dengan penyinaran (0 menit), absorbansi sebesar 0,869077

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

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

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

- Data awal perbandingan 1:1 dengan penyinaran (90 menit), absorbansi sebesar 0,852795

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

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

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

Perbandingan 2:1 tanpa penyinaran

- Data awal perbandingan 2:1 tanpa penyinaran, absorbansi sebesar 0,781303

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

$$\%D = \frac{|0,892771 - 0,781303|}{0,892771} \times 100\%$$

$$\%D = 12,48\%$$

- Data awal perbandingan 2:1 tanpa penyinaran (30 menit), absorbansi sebesar 0,822738

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

$$\%D = \frac{|0,892771 - 0,822738|}{0,892771} \times 100\%$$

$$\%D = 7,84\%$$

- Data awal perbandingan 2:1 tanpa penyinaran (60 menit), absorbansi sebesar 0,897267

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

$$\%D = \frac{|(0,892771 - 0,897267)|}{0,892771} \times 100\%$$

$$\%D = -0,50\%$$

- Data awal perbandingan 2:1 tanpa penyinaran (90 menit), absorbansi sebesar 0,830733

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

$$\%D = \frac{|0,892771 - 0,830733|}{0,892771} \times 100\%$$

$$\%D = 6,94\%$$

Perbandingan 2:1 dengan penyinaran

- Data awal perbandingan 2:1 dengan penyinaran, absorbansi sebesar 0,801207

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

$$\%D = \frac{|0,892771 - 0,801207|}{0,892771} \times 100\%$$

$$\%D = 10,256\%$$

- Data awal perbandingan 2:1 dengan penyinaran (30 menit), absorbansi sebesar 0,753237

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

$$\%D = \frac{|0,892771 - 0,753237|}{0,892771} \times 100\%$$

$$\%D = 15,62\%$$

- Data awal perbandingan 2:1 dengan penyinaran (60 menit), absorbansi sebesar 0,65036

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

$$\%D = \frac{|0,892771 - 0,65036|}{0,892771} \times 100\%$$

$$\%D = 27,15\%$$

- Data awal perbandingan 2:1 dengan penyinaran (90 menit), absorbansi sebesar 0,840572

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

$$\%D = \frac{|0,892771 - 0,840572|}{0,892771} \times 100\%$$

$$\%D = 58,46\%$$



Lampiran 2

Perhitungan laju degradasi rasio massa magnetit-TiO₂ 1:2

- Rasio massa Magnetit-TiO₂ 1:2 tanpa penyinaran UV

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{A_0 - A_{t1}}{tt - t_0} \\ &= \frac{0,892771 - 0,792949}{30 - 0} \\ &= 0,003327 \text{ abs/menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{A_0 - A_{t1}}{tt - t_0} \\ &= \frac{0,892771 - 0,797718}{60 - 0} \\ &= 0,001584 \text{ abs/menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{A_0 - A_{t1}}{tt - t_0} \\ &= \frac{0,892771 - 0,881357}{90 - 0} \\ &= 0,0001268 \text{ abs/menit} \end{aligned}$$

- Rasio massa Magnetit-TiO₂ 1:2 dengan penyinaran UV

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{A_0 - A_{t1}}{tt - t_0} \\ &= \frac{0,892771 - 0,792703}{30 - 0} \\ &= 0,00335 \text{ abs/menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{A_0 - A_{t1}}{tt - t_0} \\ &= \frac{0,892771 - 0,737439}{60 - 0} \\ &= 0,002588 \text{ abs/menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{A_0 - A_{t1}}{tt - t_0} \\ &= \frac{0,892771 - 0,791917}{90 - 0} \\ &= 0,001131 \text{ abs/menit} \end{aligned}$$

Perhitungan laju degradasi rasio massa magnetit-TiO₂ 1:1

- Rasio massa Magnetit-TiO₂ 1:1 tanpa penyinaran UV

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

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

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

- Rasio massa Magnetit-TiO₂ 1:1 dengan penyinaran UV

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

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

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

Perhitungan laju degradasi rasio massa magnetit-TiO₂ 2:1

- Rasio massa Magnetit-TiO₂ 2:1 tanpa penyinaran UV

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{A_0 - A_{t1}}{tt - t_0} \\ &= \frac{0,892771 - 0,822738}{30 - 0} \\ &= 0,001131 \text{ abs/menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{A_0 - A_{t1}}{tt - t_0} \\ &= \frac{0,892771 - 0,897267}{60 - 0} \\ &= -7,490033 \text{ abs/menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{A_0 - A_{t1}}{tt - t_0} \\ &= \frac{0,892771 - 0,830733}{90 - 0} \\ &= 0,006893 \text{ abs/menit} \end{aligned}$$

- Rasio massa Magnetit-TiO₂ 2:1 dengan penyinaran UV

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{A_0 - A_{t1}}{tt - t_0} \\ &= \frac{0,892771 - 0,753237}{30 - 0} \\ &= 0,004651 \text{ abs/menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{A_0 - A_{t1}}{tt - t_0} \\ &= \frac{0,892771 - 0,65036}{60 - 0} \\ &= 0,004040 \text{ abs/menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{A_0 - A_{t1}}{tt - t_0} \\ &= \frac{0,892771 - 0,840572}{90 - 0} \\ &= 0,005799 \text{ abs/menit} \end{aligned}$$

LAMPIRAN 3
FOTO KEGIATAN PENELITIAN



Pengambilan sampel pasir besi



Pemisahan pasir besi dari pengotor



Penghalusan pasir besi



Pengayakan pasir besi



Sintesis pasir besi



Stirrer pasir besi



Pemisahan pasir besi dengan larutan



Pencucian magnetit sampai pH netral



Magnetit hasil sintesis setelah di oven



Penggabungan magnetit-TiO₂



Penggabungan dengan shaker



Pembuatan limbah pestisida



Pembuatan limbah pestisida



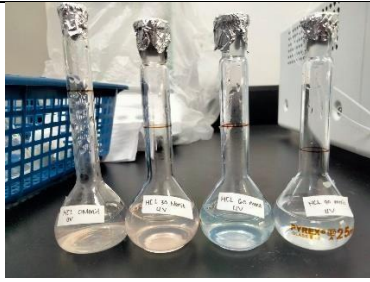
perbandingan 2:1 non UV



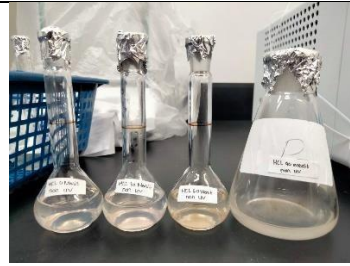
Perbandinga 2:1 UV



Perbandingan 1:2 non UV



Perbandingan 1:1 UV



Perbandingan 1:1 Non UV

