

**KEMAMPUAN FOTOKATALIS MAGNETIT-TiO<sub>2</sub> DALAM  
DEGRADASI VARIASI KONSENTRASI PESTISIDA**

**SKRIPSI**

**Diajukan Oleh:**

**MELSA OKTAVIANA**

**NIM. 190702071**

**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

# KEMAMPUAN FOTOKATALIS MAGNETIT-TiO<sub>2</sub> DALAM DEGRADASI VARIASI KONSENTRASI 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:

**MELSA OKTAVIANA**

**NIM. 190702071**

Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi  
Program Studi Teknik Lingkungan

Banda Aceh, 16 Desember 2023

Telah Diperiksa dan Disetujui oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,

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

  
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**  
**KEMAMPUAN FOTOKATALIS MAGNETIT-TiO<sub>2</sub> DALAM DEGRADASI VARIASI**  
**KONSENTRASI PESTISIDA**

**TUGAS AKHIR**

Telah Diuji oleh Panitia Ujian Munqasyah 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



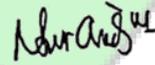
Suardi Nur, S.T., M.Sc, PhD  
NIP. 198110102006041006

Penguji I



Dr. Khairun Nisah, S.T., M.Si.  
NIP. 197902162014032001

Penguji II

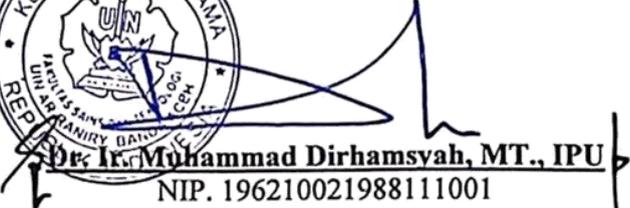


Dr. Eng. Nur Aida, M.Si  
NIP. 197906162005012009

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh



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

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Melsa Oktaviana  
NIM : 190702071  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Judul Skripsi : Kemampuan Fotokatalis Magnetit-TiO<sub>2</sub> Dalam Degradasi Variasi Konsentrasi Pestisida

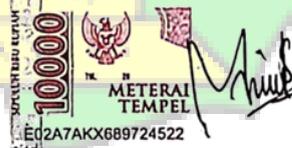
Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya:

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 ditecukan 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 Acch.

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

Banda Acch, 27 Desember 2023  
Yang Menyatakan,



Melsa Oktaviana  
NIM.190702071

## ABSTRAK

Nama : Melsa Oktaviana  
Nim : 190702071  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Judul : Kemampuan Fotokatalis Magnetit-TiO<sub>2</sub> Dalam Degradasi Variasi Konsentrasi Pestisida  
Tanggal Sidang : 22 Desember 2023  
Jumlah Halaman : 50  
Pembimbing 1 : Sri Nengsih, S.Si., M.Sc  
Pembimbing 2 : Suardi Nur, S.T., M.Sc, PhD  
Kata Kunci : Fotodegradasi, Perbandingan Konsentrasi Limbah Pestisida, magnetit-TiO<sub>2</sub>

Di Indonesia pencemaran pestisida semakin lama semakin meningkat. Mengingat dampak negatifnya perlu dilakukan upaya penurunan pencemarannya, salah satunya dengan proses fotodegradasi. Adapun tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui kemampuan fotokatalis magnetit-TiO<sub>2</sub> dalam degradasi pestisida dan mengetahui pengaruh variasi konsentrasi pestisida terhadap kemampuan degradasi dari fotokatalis magnetit-TiO<sub>2</sub>. Metode yang digunakan dalam sintesis katalis magnetit-TiO<sub>2</sub> yaitu metode kopresipitasi dan dikarakterisasi dengan XRD dengan nilai rata-rata ukuran kristal TiO<sub>2</sub> sebesar 30,7657 nm, 34,8125 nm dan 35,7108 nm untuk gabungan magnetit-TiO<sub>2</sub>. VSM didapatkan nilai Ms 14,22 emu/g, Mr 5,79 emu/g dan Hc 0,0218 T, sedangkan hasil SEM didapatkan pada skala pengukuran 1 µm (magnetit) dan skala pengukuran 0,5 µm (magnetit-TiO<sub>2</sub>) kemudian dalam fotodegradasi menggunakan lampu UV-A. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa degradasi katalis magnetit-TiO<sub>2</sub> dengan massa 0,75 gram dalam 1000 ml limbah pestisida dengan perbandingan variasi konsentrasi limbah terdegradasi sebesar 36,66% pada konsentrasi 1 ppm dengan lama waktu kontak 90 menit, 4,47% pada konsentrasi 10 ppm dengan lama waktu kontak 90 menit dan 43,67% pada konsentrasi 20 ppm dengan lama waktu kontak 30 menit. Dari hasil data analisis menunjukkan bahwa dengan penambahan katalis dan penyinaran UV proses degradasi mampu bekerja lebih cepat dan lebih maksimal.

## **ABSTRACT**

*Name* : Melsa Oktaviana  
*Student ID Number* : 190702071  
*Departement* : Environmental Engineering  
*Title* : Ability of Magnetite-TiO<sub>2</sub> Photocatalyst in  
Degradation Variation in Pesticide Concentration  
*Date of Pages* : 22 December 2023  
*Number of Pages* : 50  
*Advisor I* : Sri Nengsih, S.Si., M.Sc  
*Advisor II* : Suardi Nur, S.T., M.Sc, PhD  
*Keywords* : Photodegradation, Comparison of Waste  
Concentrations Pesticide, magnetite-TiO<sub>2</sub>

In Indonesia, pesticide pollution is increasing over time. Considering the negative impacts, efforts need to be made to reduce pollution, one of which is through the photodegradation process. The aim of this research is to determine the ability of the magnetite-TiO<sub>2</sub> photocatalyst in pesticide degradation and to determine the effect of variations in pesticide concentration on the degradation ability of the magnetite-TiO<sub>2</sub> photocatalyst. The method used in the synthesis of the magnetite-TiO<sub>2</sub> catalyst is the coprecipitation method and was characterized by XRD with an average value of TiO<sub>2</sub> crystal size of 30.7657 nm, 34.8125 nm and 35.7108 nm for the magnetite-TiO<sub>2</sub> combination, VSM obtained a Ms value of 14.22 emu/g, Mr 5.79 emu/g and Hc 0.0218 T, while the SEM results were obtained at a measurement scale of 1 μm (magnetite) and a measurement scale of 0.5 μm (magnetite-TiO<sub>2</sub>) then photodegraded using a UV lamp -A. Experimental results show that the degradation of the magnetite-TiO<sub>2</sub> catalyst with a mass of 0.75 grams in 1000 ml of pesticide waste with a ratio of variations in concentration of degraded waste is 36.66% at a concentration of 1 ppm with a contact time of 90 minutes, 4.47% at a concentration of 10 ppm with a contact time of 90 minutes and 43.67% at a concentration of 20 ppm with a contact time of 30 minutes. The results of the analysis data show that with the addition of a catalyst and UV irradiation the degradation process is able to work faster and more optimally.

## KATA PENGANTAR

*Alhamdulillah* puji syukur senantiasa kita panjatkan kepada Allah Swt. atas rahmat dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Kemampuan Fotokatalis Magnetit-TiO<sub>2</sub> Dalam Degradasi Variasi Konsentrasi Pestisida”. Tak lupa pula salawat beserta salam kepada junjungan kita baginda Nabi Muhammad saw yang telah membawa ummat nya dari alam kebodohan kealam yang berilmu pengetahuan seperti sekarang ini.

Dalam penulisan tugas akhir ini banyak pihak yang telah memberikan dukungan, semangat serta bantuan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas dengan baik. Sehingga penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Ayahanda Safnal dan Ibunda Elianur, selaku orang tua penulis, yang telah memberikan doa, dukungan, semangat, dan saran dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Terima kasih juga sebesar-besarnya penulis ucapkan kepada:

1. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
2. Ibuk Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
3. Bapak Aulia Rohendi, S.T., M.Sc Selaku sekretaris program studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry sekaligus sebagai Dosen Pembimbing Akademik penulis.
4. Ibu Sri Nengsih, S.Si., M.Sc selaku dosen pembimbing I yang telah membimbing dan membantu penulis dalam Menyusun tugas akhri ini menjadi lebih baik.
5. Bapak Suardi Nur, S.T., M.Sc, ph.D selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan arahan dan masukan dalam penulisan tugas akhir ini menjadi lebih baik.

6. Seluruh dosen program studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, yang senantiasa telah berbagi ilmu baik selama perkuliahan ataupun diluar perkuliahan.
7. Ibu Firda Elvisa, S.P.d yang telah membantu dalam proses administrasi.
8. Ibu Nurul Huda, S.Pd selaku laboran Teknik Lingkungan yang telah membantu dalam pengurusan pelaksanaan penelitian di laboratorium.
9. Teman-teman serta sahabat yang senantiasa memberikan doa, dukungan, dan motivasi untuk tetap semangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih terdapat banyak kekurangan, tidak ada pekerjaan yang luput dari kesalahan dan yang sempurna hanya milik Allah Swt. Oleh karena itu, penulis mohon maaf apabila ada kesalahan dalam penulisan, kritik dan saran yang membangun tetap penulis harapkan untuk lebih menyempurnakan tugas akhir ini. Akhir kata penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat dan dapat bernilai positif bagi semua pihak yang membutuhkan, juga bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Banda Aceh, 16 Desember 2023

Penulis,

Melsa Oktaviana

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat penelitian.....	4
1.5 Batasan Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Sipermetrin.....	5
2.2 Fotokatalisis .....	6
2.3 Fotodegradasi .....	7
2.4 <i>Titanium Dioksida (TiO<sub>2</sub>)</i> .....	8
2.5 Pasir Besi.....	9
2.6 Penelitian Terdahulu .....	10
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>13</b>
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 Alat Dan Bahan Penelitian.....	15
3.3.1 Alat .....	15
3.3.2 Bahan .....	18

3.4	Prosedur Penelitian .....	19
3.4.1	Teknik Preparasi Pasir Besi.....	19
3.4.2	Teknik Sintesis Pasir Besi .....	19
3.4.3	Proses Penggabungan Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) Dengan $\text{TiO}_2$ .....	20
3.4.4	Pengujian Katalis Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) - $\text{TiO}_2$ .....	20
3.4.5	Desain Reaktor Fotokatalis .....	21
3.4.6	Proses Fotodegradasi Limbah Pestisida Sipermetrin Menggunakan katalis Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) – $\text{TiO}_2$ .....	22
3.5	Diagram Alir Penelitian .....	24
3.6	Analisis Data .....	25
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>26</b>
4.1	Preparasi dan Sintesis Pasir Besi.....	26
4.2	Penggabungan magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) - $\text{TiO}_2$ .....	26
4.3	Karakterisasi magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) – $\text{TiO}_2$ .....	28
4.3.1	Karakterisasi magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) – $\text{TiO}_2$ dengan <i>X-ray diffraction</i> (XRD).....	28
4.3.2	Karakterisasi Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) - $\text{TiO}_2$ dengan <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	30
4.3.3	Karakterisasi Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) - $\text{TiO}_2$ dengan <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM).....	31
4.4	Penentuan Spektrum Serapan Limbah Pestisida Sipermetrin .....	32
4.5	Pengaruh Waktu Terhadap Degradasi Limbah Pestisida Sipermetrin dengan Penambahan Katalis Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) - $\text{TiO}_2$ .....	32
4.6	Efektivitas Fotodegradasi Variasi Konsentrasi Limbah Pestisida Dengan Katalis Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) - $\text{TiO}_2$ .....	34
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>37</b>
5.1	Kesimpulan.....	37
5.2	Saran .....	37
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>38</b>
<b>LAMPIRAN 1 .....</b>		<b>41</b>
<b>LAMPIRAN 2 .....</b>		<b>42</b>
<b>LAMPIRAN 3 .....</b>		<b>48</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Studi Penelitian Terdahulu.....	10
<b>Tabel 3. 1</b> Alat-Alat Dalam Penelitian.....	15
<b>Tabel 3. 2</b> Bahan-Bahan Dalam Penelitian .....	18
<b>Tabel 4. 1</b> Data XRD TiO <sub>2</sub> , magnetit-TiO <sub>2</sub> .....	29
<b>Tabel 4. 2</b> Data Sifat Magnetit-TiO <sub>2</sub> Menggunakan VSM .....	31
<b>Tabel 4. 3</b> Hasil Uji Spektrofotometer UV-Vis Limbah Pestisida 1 ppm, 10 ppm dan 20 ppm .....	35



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b> Struktur Kimia Sipermetrin .....	5
<b>Gambar 2. 2</b> Proses Fotokatalisis .....	7
<b>Gambar 2. 3</b> Nanoparticles TiO <sub>2</sub> Rutile, Anatase, Brookite .....	9
<b>Gambar 3. 1</b> Peta lokasi penelitian.....	14
<b>Gambar 3. 2</b> Desain Reaktor.....	21
<b>Gambar 3. 3</b> Prosedur Penelitian.....	23
<b>Gambar 3. 4</b> Diagram Alir Penelitian .....	24
<b>Gambar 4. 1</b> Hasil Preparasi dan Sintesis Pasir Besi.....	26
<b>Gambar 4. 2</b> Penggabungan Magnetit (Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> ) - TiO <sub>2</sub> .....	27
<b>Gambar 4. 3</b> Hasil Penggabungan Magnetit (Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> ) - TiO <sub>2</sub> .....	27
<b>Gambar 4. 4</b> Hasil XRD Magnetit (Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> ) - TiO <sub>2</sub> .....	28
<b>Gambar 4. 5</b> Magnetit 2 μm.....	30
<b>Gambar 4. 6</b> Magnetit 1 μm.....	30
<b>Gambar 4. 7</b> Magnetit- TiO <sub>2</sub> 1 μm.....	30
<b>Gambar 4. 8</b> Magnetit-TiO <sub>2</sub> 0,5 μm.....	30
<b>Gambar 4. 9</b> Kurva Histerisis Magnetit- TiO <sub>2</sub> .....	31
<b>Gambar 4. 10</b> Grafik Limbah Pestisida 1, 10 dan 20 ppm .....	32
<b>Gambar 4. 11</b> Grafik Spektrofotometer UV-Vis Limbah Pestisida 1 ppm.....	33
<b>Gambar 4. 12</b> Grafik Spektrofotometer UV-Vis Limbah Pestisida 10 ppm .....	33
<b>Gambar 4. 13</b> Grafik Spektrofotometer UV-Vis Limbah Pestisida 20 ppm .....	33

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Peningkatan jumlah penduduk di Indonesia menyebabkan kebutuhan pangan juga semakin meningkat. Salah satu cara untuk meningkatkan produksi pangan yaitu dengan meningkatkan produksi pertanian. Indonesia merupakan negara yang memiliki lahan pertanian yang begitu luas. Pertanian merupakan kegiatan pemanfaatan sumber daya hayati yang dilakukan manusia untuk menghasilkan bahan pangan. Indonesia merupakan negara yang sebagian besar penduduknya menggantungkan hidupnya dengan bertani. Pertanian di Indonesia banyak menggunakan pestisida untuk meningkatkan produksi pertanian juga sebagai pengendali hama, jasad renik, atau gulma yang dapat mengurangi hasil pertanian (Eddy, 2014).

Menurut Peraturan Pemerintah No. 7 Tahun 1973 Tentang Pengawasan Atas Peredaran, Penyimpanan dan Penggunaan Pestisida bahwa pestisida merupakan zat kimia yang dipergunakan untuk membunuh atau mencegah hama dan penyakit yang dapat merusak tanaman atau hasil-hasil dari pertanian. Salah satu contoh pestisida yang banyak dipergunakan pada pertanian Indonesia untuk mengendalikan hama pada tanaman yaitu jenis pestisida pyrethroid yang berbahan aktif sipermetrin, karena mudah untuk didapat dan efektif untuk membunuh hama pada tanaman (Ode & Nur, 2013). Dari hasil observasi ke lapangan yang dilakukan oleh peneliti, sipermetrin adalah jenis pestisida yang paling banyak dijual dan digunakan dalam pertanian terutama di daerah Banda Aceh dan Aceh Besar seperti daerah Blang Bintang, Tungkop, Lambaro, Ulee Kareng, dan Kajhu. Mayoritas toko di daerah tersebut menjual pestisida jenis sipermetrin, akan tetapi penggunaan pestisida sipermetrin secara berkelanjutan dapat mengakibatkan penyebaran pestisida di lingkungan semakin meningkat yang akibatnya terjadi pencemaran lingkungan. Karena pestisida ini berbahaya dan beracun terutama bagi manusia dan hewan yang dapat merusak ekosistem, bahkan dapat mengakibatkan iritasi kulit, mata, dan saluran pernapasan, serta dapat mempengaruhi sistem saraf, hormon pada manusia (Inayati dkk., 2016).

Mengingat dampak negatif yang ditimbulkan oleh penggunaan pestisida terhadap makhluk hidup dan lingkungan maka perlu dilakukan berbagai upaya untuk mengatasi pencemaran dari pestisida. Oleh karena itu, dilakukan penelitian untuk mengembangkan metode yang efektif dalam mendegradasi pestisida sipermetrin dan mengurangi dampak negatifnya pada lingkungan dan kesehatan manusia (Khoiriah dkk., 2019). Saat ini sudah banyak metode yang dilakukan untuk mengurangi pencemaran pestisida salah satunya dengan proses fotodegradasi. Fotodegradasi merupakan suatu proses penguraian senyawa organik menjadi senyawa yang lebih sederhana dan aman bagi lingkungan dengan bantuan radiasi sinar UV (Eddy, 2014). Proses fotodegradasi digunakan untuk menguraikan limbah pestisida sipermetrin pada lingkungan dengan bantuan sinar UV, juga digunakan untuk menguraikan senyawa kimia yang sulit untuk diuraikan. Adapun kelebihan proses fotodegradasi diantaranya, dapat digunakan untuk pengelolaan limbah non-biodegradabel, biaya pengoperasiannya murah, dan dapat dikombinasikan dengan metode lain seperti metode absorpsi (Simamora, 2015). Fotodegradasi dapat dilakukan dengan menggunakan bahan fotokatalis seperti *Titanium Dioksida* ( $\text{TiO}_2$ ) jenis anatase yang termasuk ke dalam golongan katalis heterogen.

*Titanium Dioksida* ( $\text{TiO}_2$ ) digunakan karena memiliki keunggulan harganya yang murah mulai dari Rp.70.000-80.000 per 500 gram, stabil secara kimia, tidak beracun, dan tidak memiliki daya serap terhadap cahaya tampak. Tetapi  $\text{TiO}_2$  juga memiliki energi yang relatif besar yaitu 3,2 eV sehingga membutuhkan energi aktivasi yang lebih besar (Eddy, 2014). Akan tetapi sebagai fotokatalis *Titanium Dioksida* ( $\text{TiO}_2$ ) memiliki tingkat efisiensi yang rendah dan memerlukan peningkatan untuk aplikasi yang lebih luas. Spektrum cahaya *Titanium Dioksida* ( $\text{TiO}_2$ ) yang terbatas hanya dapat menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu, sehingga membatasi efisiensi fotokatalisnya (Simamora, 2015). Untuk itu perlu ditambahkan pasir besi (*magnetite*) guna untuk mempercepat proses pemisahan limbah dan katalis setelah proses degradasi.

Pasir besi (*magnetit*) yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari pantai Anoi Itam Kota Sabang, karena pasir besi dari pantai Anoi Itam kota sabang sebelumnya belum pernah diteliti. Pasir besi (*magnetite*) merupakan sejenis pasir

dengan konsentrasi besi yang signifikan, berwarna abu-abu gelap atau kehitaman dengan mineral yang dominan dalam pasir besi adalah magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ). Penelitian terdahulu tentang degradasi pestisida telah banyak dilakukan seperti yang dilakukan oleh (Khoiriah dkk., 2019) dimana diazinon berhasil didegradasi dengan penambahan katalis *C,N-codoped*  $\text{TiO}_2$  mampu mendegradasi sebesar 90,75%. Penelitian juga dilakukan oleh (Ode & Nur, 2013) dengan menggunakan  $\text{TiO}_2$  sebagai katalis mampu mendegradasi sebesar 90,4%. Untuk mengidentifikasi dan mengkarakterisasi sifat magnetit dari mineral ini. Pasir besi memiliki berbagai potensi aplikasi, seperti penggunaannya sebagai katalis (Sunaryono dkk., 2015). Proses ekstraksi pasir besi dilakukan dengan tahapan pencucian, pengeringan, dan pemurnian secara manual dengan menggunakan magnet permanen. Penggunaan magnet permanen untuk mengekstrak pasir besi tersebut memanfaatkan sifat magnetit yang terkandung dalam pasir besi sehingga mineral magnetit dapat dipisahkan dari pengotor (Jalil dkk., 2014).

Magnetit- $\text{TiO}_2$  disintesis menggunakan metode kopresipitasi, metode kopresipitasi adalah salah satu metode sintesis nanopartikel yang melibatkan pengendapan senyawa kimia dari larutan. Dalam metode ini, senyawa kimia yang terlarut dalam larutan dicampur dengan senyawa kimia lainnya yang akan membentuk endapan. Endapan kemudian dipisahkan dari larutan dan dicuci untuk menghilangkan zat-zat yang tidak diinginkan. Metode kopresipitasi sering digunakan dalam sintesis nanopartikel magnetit seperti  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  karena metodenya yang sederhana, cepat, dan relatif murah. Metode ini juga dapat menghasilkan nanopartikel dengan ukuran yang seragam dan distribusi ukuran yang sempit (Fisika & Surabaya, 2020). Maka dalam penelitian ini peneliti akan mengkaji tentang bagaimana kemampuan degradasi fotokatalis magnetit- $\text{TiO}_2$  dalam variasi konsentrasi pestisida.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kemampuan fotokatalis magnetit- $\text{TiO}_2$  dalam degradasi pestisida?

2. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi pestisida terhadap kemampuan degradasi dari fotokatalis magnetit-TiO<sub>2</sub>?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah diatas, Adapun tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kemampuan fotokatalis magnetit-TiO<sub>2</sub> dalam degradasi pestisida.
2. Mengetahui pengaruh variasi konsentrasi pestisida terhadap kemampuan degradasi dari fotokatalis magnetit-TiO<sub>2</sub>.

### 1.4 Manfaat penelitian

Berkontribusi dalam pengetahuan teknik fotodegradasi dalam pengolahan limbah industri 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 Penelitian

Adapun Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Variasi konsentrasi pestisida yang digunakan 1 ppm, 10 ppm, dan 20 ppm.
2. Jenis TiO<sub>2</sub> yang digunakan adalah jenis anatase.
3. Pasir besi alam yang digunakan berasal dari Pantai Anoi Itam Kabupaten Sabang Provinsi Aceh.

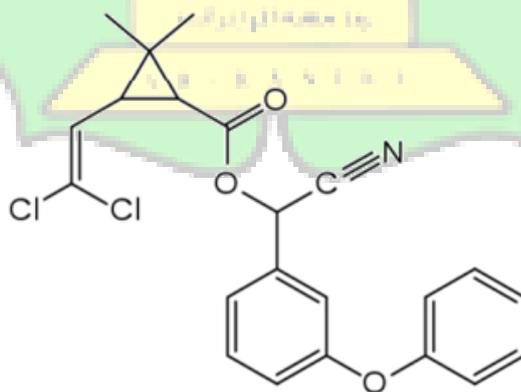
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Sipermetrin

Sipermetrin ( $C_{22}H_{19}C_{12}NO$ ) adalah salah satu jenis bahan aktif insektisida sintesis yang termasuk dalam golongan pyrethroid. Bahan aktif ini bekerja secara kontak dan dapat mengganggu mekanisme sistem saraf pada serangga, mempengaruhi tingkah laku, dan menurunkan aktivitas metabolisme dalam tubuh serangga. Sipermetrin digunakan untuk mengendalikan serangga pengganggu pada tanaman pertanian dan hortikultura, serta serangga pengganggu pada rumah dan bangunan (Rustam dkk., 2019).

Penggunaan sipermetrin yang terlalu banyak dapat menyebabkan dampak negatif pada lingkungan dan kesehatan manusia. Sipermetrin dapat mencemari air dan tanah, serta membahayakan kehidupan hewan lain yang tidak menjadi target pengendalian serangga. Selain itu, paparan sipermetrin pada manusia dapat menyebabkan iritasi kulit, mata, saluran pernapasan, hormon serta dapat mempengaruhi sistem saraf. Oleh karena itu, penggunaan sipermetrin harus dilakukan dengan hati-hati dan sesuai dengan dosis yang dianjurkan (Dirgayana dkk., 2017). Berikut merupakan struktur kimia sipermetrin pada Gambar 2.1.



**Gambar 2. 1** Struktur Kimia Sipermetrin

Sumber: Diana Rakhmawaty Eddy, 2014

## 2.2 Fotokatalisis

Fotokatalisis merupakan suatu reaksi kimia yang berfungsi dengan bantuan katalis dimana katalis tersebut akan aktif apabila disinari oleh Cahaya (Tussa'adah & Astuti, 2015). Katalis merupakan zat yang dapat membuat proses laju reaksi berubah tanpa adanya perubahan secara kimia (Rahmayeni dkk., 2012). Proses fotokatalis terjadi ketika foton dari sinar matahari menabrak katalis dan merangsang reaksi kimia yang menghasilkan radikal bebas yang dapat menguraikan senyawa organik (Rahmayeni dkk., 2012).

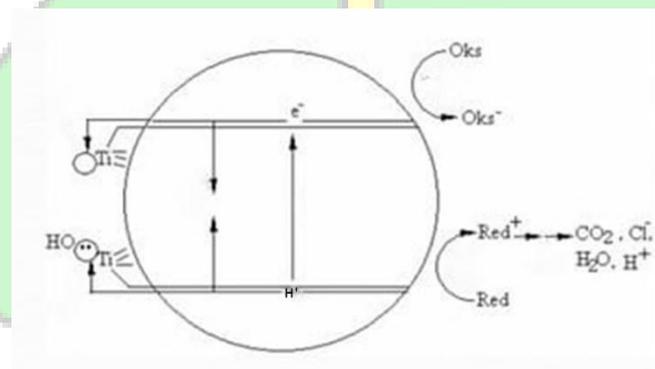
Fotokatalis terbagi menjadi dua jenis yaitu *homogenous photocatalysis* dan *heterogeneous photocatalysis*. Reaksi fotokatalis merupakan reaksi kimia yang dimana proses fotokatalis menyerap energi foton dari cahaya untuk menghasilkan pasangan elektron dan lubang elektron. Pasangan ini dapat berinteraksi dengan molekul di sekitarnya dan memicu reaksi kimia (Sri Kunarti dkk., 2018). Kendala dalam penggunaan reaksi fotokatalis adalah efisiensi dari fotokatalis yang masih rendah, beberapa faktor seperti kesulitan dalam memisahkan partikel katalis dari media cair setelah proses fotokatalis (Khoiriah, Wellia, dkk., 2020).

Menurut Sucahya dkk., (2016) Terdapat beberapa kelebihan dari degradasi fotokatalisis antara lain:

1. Efisiensi dalam mendegradasi senyawa organik fotokatalis dapat menghasilkan radikal OH yang dapat bereaksi dengan senyawa organik sebagai polutan, sehingga proses degradasi senyawa organik menjadi lebih cepat.
2. Bekerja di bawah radiasi sinar UV dan sinar tampak, beberapa fotokatalis seperti  $WO_3$  dapat bekerja di bawah radiasi sinar UV dan sinar tampak sehingga dapat digunakan dalam berbagai kondisi.
3. Metode yang efektif, metode degradasi fotokatalis dipilih sebagai metode yang efektif karena waktu yang dibutuhkan dalam mendegradasi polutan yang sedikit, rendahnya resiko toksikan baru yang dihasilkan, dan ketersediaan material yang melimpah.
4. Berbagai metode sintesis fotokatalis nanopartikel, terdapat berbagai metode sintesis fotokatalis nanopartikel yang dapat menyebabkan permukaan

komposit tersebut lebih luas sehingga dapat lebih efisien dalam mendegradasi senyawa organik (polutan).

Selama proses fotokatalisis, ketika semikonduktor  $\text{TiO}_2$  mengabsorpsi sinar UV dengan energi yang sama atau lebih dari energi listrik pada celah pitaanya, maka akan terjadi fotoeksitasi atau reaksi muatan pada kristal  $\text{TiO}_2$ . Elektron ( $e^-$ ) akan menuju keadaan dasar sambil memindahkan muatan positif ( $\text{H}^+$ ) pada tanah. Partikel bermuatan positif yang berinteraksi dengan molekul udara atau ion OH menghasilkan radikal hidroksil (OH). Zat yang sangat reaktif ini dikenal sebagai radikal hidroksil yang mampu melarutkan organel molekuler yang mengandung halogen menjadi  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , dan ion-ion halida. Oksidasi saat ini menuju organisme molekuler tidak terlalu selektif (Said, 2021). Berikut merupakan skema dari proses fotokatalisis pada Gambar 2.2.



**Gambar 2. 2** Proses Fotokatalisis

Sumber: Dr. Heri Sutanto, 2015

### 2.3 Fotodegradasi

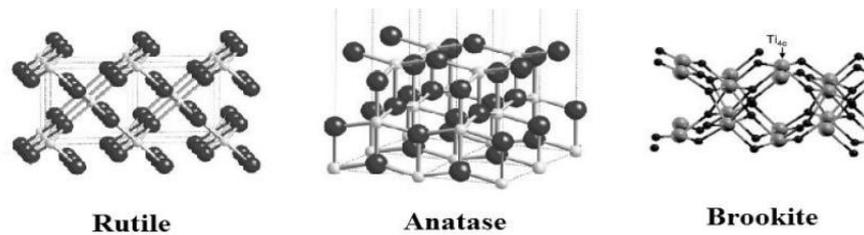
Fotodegradasi merupakan suatu metode yang efektif dalam mengurai senyawa berbahaya menjadi senyawa yang tidak berbahaya. Fotodegradasi dapat dilakukan dengan menggunakan katalis yang berupa semikonduktor (Wardhani, 2014). Proses ini melibatkan reaksi kimia yang diinduksi oleh energi radiasi, yang dapat menghasilkan senyawa yang lebih sederhana dan tidak berbahaya bagi lingkungan. Fotodegradasi sering digunakan dalam pengolahan air limbah dan penghilangan zat pencemar dari lingkungan. Salah satu contoh aplikasi fotodegradasi adalah dalam penghilangan zat warna dari limbah industri tekstil (Agusriyanti & Artsanti, 2015).

Prinsip fotodegradasi adalah penguraian senyawa kimia oleh sinar matahari atau radiasi elektromagnetik lainnya. Proses ini melibatkan reaksi kimia yang diinduksi oleh energi radiasi, yang dapat menghasilkan senyawa yang lebih sederhana dan tidak berbahaya bagi lingkungan. Dalam fotodegradasi, sinar UV atau radiasi elektromagnetik lainnya digunakan untuk mengaktifkan kinerja fotokatalis, seperti  $\text{TiO}_2$  yang dapat mengubah zat pencemar menjadi senyawa yang lebih sederhana. Proses fotodegradasi sering digunakan dalam pengolahan air limbah dan penghilangan zat pencemar dari lingkungan (Wardhani, 2014).

#### 2.4 *Titanium Dioksida* ( $\text{TiO}_2$ )

*Titanium Dioksida* ( $\text{TiO}_2$ ) merupakan material yang mempunyai daya tarik yang dapat menarik perhatian para peneliti untuk menggunakan material yang dimilikinya, *Titanium Dioksida* ( $\text{TiO}_2$ ), merupakan senyawa kimia yang digunakan sebagai fotokatalis dalam proses degradasi senyawa organik seperti pestisida. *Titanium Dioksida* ( $\text{TiO}_2$ ) memiliki struktur elektronik khas yang memungkinkan terjadinya fotodegradasi ketika dikenai sinar UV yang bersesuaian atau melebihi energi celah pita dalam oksida titan tersebut. *Titanium Dioksida* ( $\text{TiO}_2$ ) juga memiliki massa efektif yang perlu ditentukan untuk memastikan efektivitas penggunaannya dalam proses fotodegradasi (Ode & Nur, 2013).

*Titanium Dioksida* ( $\text{TiO}_2$ ) memiliki banyak kelebihan seperti mudah didapat, harga relatif murah mulai dari Rp.70.000-80.000 per 500 gram, tidak berbahaya, dan stabil secara kimia. Namun, salah satu kelemahannya adalah hanya aktif pada rentang sinar UV untuk menginisiasi proses fotokatalitik (Agus Salim Afrozi, Rahmat Salam, Auring R, 2016). *Titanium Dioksida* ( $\text{TiO}_2$ ) mempunyai tiga bentuk yaitu, *anatase*, *rutil* dan *brookite*. *Anatase* dan *rutil* memiliki struktur tetragonal dimana tetapan kiri sisi kristal dan sifat fisika yang berbeda. Sedangkan *brookite* memiliki struktur ortorombik. *Brookite* dan *anatase* merupakan bentuk yang menstabil atau tidak stabil, sedang *rutile* merupakan bentuk yang lebih stabil dibandingkan dengan *anatase* dalam semua temperature. Bentuk yang paling sering digunakan dalam proses fotokatalitik adalah *anatase* dan *rutil* (Poluakan dkk., 2015). Berikut merupakan skema nanopartikel  $\text{TiO}_2$  *Rutile*, *Anatase*, dan *Brookite* pada Gambar 2.3.



**Gambar 2. 3** Nanoparticles  $\text{TiO}_2$  *Rutile, Anatase, Brookite*

Sumber: Jurnal Integrasi Proses, 2016

## 2.5 Pasir Besi

Pasir besi merupakan salah satu jenis mineral yang diklasifikasikan sebagai bahan galian golongan B atau galian vital menurut Peraturan Pemerintah No. 27 Tahun 1980 tentang penggolongan bahan galian. Mineral yang dominan dalam pasir besi adalah magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), dan beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengidentifikasi dan mengkarakterisasi sifat magnetik dari mineral ini. Pasir besi memiliki berbagai potensi aplikasi dalam penggunaannya sebagai katalis (Jalil dkk., 2014).

Pasir besi adalah jenis pasir yang mengandung mineral besi dalam jumlah yang signifikan. Pasir besi biasanya ditemukan di pantai atau di dasar sungai dan danau. Pasir besi dapat digunakan sebagai bahan baku dalam industri besi dan baja, serta dalam produksi pigmen dan katalis. Proses ekstraksi pasir besi meliputi pencucian, pengeringan, penyaringan, dan pemisahan senyawa pengotor yang dapat mengganggu proses ekstraksi. Setelah itu, dilakukan analisis komposisi kandungan mineral yang terdapat pada pasir besi guna untuk mengetahui kandungan  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  pada pasir besi (Sunaryono dkk., 2015).

Pasir besi adalah bahan alam yang mengandung senyawa oksida besi, terutama magnetit, maghemit, dan hematit. Senyawa ini terbentuk secara alami selama proses pembentukan batuan. Pasir besi memiliki potensi untuk digunakan sebagai bahan baku dalam sintesis nanopartikel magnetit, maghemit, dan hematit. Proses ekstraksi oksida besi dari pasir besi dilakukan melalui tahapan pencucian, pengeringan, dan pemurnian secara manual dengan menggunakan magnet permanen serta menggunakan alat separator bahan magnetik. Hasil ekstraksi

digunakan sebagai bahan pembuatan larutan awal (*precursor*) yang terdiri dari ion alkali *ferric* dan *ferrous*. Larutan *precursor* tersebut selanjutnya diencerkan menggunakan air (H<sub>2</sub>O) dengan perbandingan volume *precursor* terhadap air adalah 1:10. Pada larutan encer tersebut ditambahkan secara perlahan larutan basa kuat berupa larutan amoniak (NH<sub>4</sub>OH) dengan konsentrasi 21% (Bukit dkk., 2015).

## 2.6 Penelitian Terdahulu

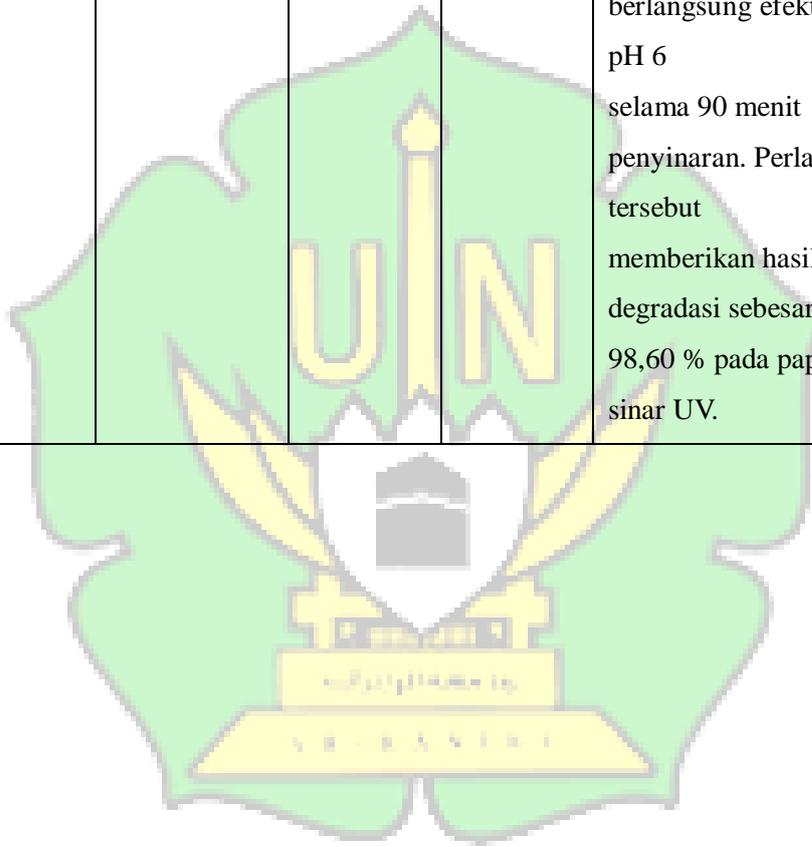
Beberapa studi mengenai penelitian terdahulu fotodegradasi pestisida dapat dilihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut:

**Tabel 2. 1** Studi Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Fotokatalis	Sinar Cahaya	Limbah	Kemampuan Degradasi
1	Khoiriah Khoiriah dkk. 2019	<i>C,N-Codoped</i> TiO <sub>2</sub>	Sinar Matahari	Pestisida Diazinon	Diazinon berhasil didegradasi dengan penambahan katalis <i>C,N-codoped</i> TiO <sub>2</sub> dengan konsentrasi awal 18 mg/l dan volume 20 ml terdegradasi sebesar 90,75% pada kondisi optimum pH 7, 12 mg katalis <i>C,N-codoped</i> TiO <sub>2</sub> , selama 300 menit fotokatalisis sinar matahari.
2	La Ode Ahmad Nur Ramadhan dan Amiruddi n. 2013	TiO <sub>2</sub>	Sinar UV	Pestisida Diazinon	Degradasi fotokatalisis pestisida diazinon menggunakan TiO <sub>2</sub> cukup efektif dengan massa TiO <sub>2</sub> sebesar 12,5 mg untuk konsentrasi awal diazinon 25 mg/l dan pengurangan konsentrasi awal diazinon

					mencapai sekitar 90,4 % dalam waktu 120 menit.
3	Novita Andarini dan Yasinta Sarosa. 2015	TiO <sub>2</sub>	Sinar UV	Pestisida Diazinon	Hasil penelitian menunjukkan bahwa fotokatalis lapis tipis TiO <sub>2</sub> /SiO <sub>2</sub> yang optimum mendegradasi diazinon adalah lapis tipis yang dibuat dari TiO <sub>2</sub> yang dihidrothermal 10 jam. Hasil optimasi lama fotodegradasi diazinon dengan fotokatalis lapis tipis TiO <sub>2</sub> /SiO <sub>2</sub> adalah 60 menit
4	K. Khoiriah, dkk. 2020	<i>C,N-Codoped</i> -TiO <sub>2</sub>	Sinar Matahari	Pestisida Diazinon	Efisiensi degradasi diazinon sangat dipengaruhi oleh titania termodifikasi, dosis katalis, pH awal, konsentrasi diazinon, H <sub>2</sub> HAI <sub>2</sub> , dan penambahan asam humat. Penambahan 0,25 mmol L <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> HAI <sub>2</sub> meningkatkan efisiensi diazinon pada fotokatalisis 30-60 menit. Sedangkan keberadaan asam humat pada sistem menurunkan degradasi diazinon. Fotokatalisis 18 mg L <sup>-1</sup> -1 diazinon pada pH 6
5	Adya Rizky	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> – TiO <sub>2</sub>	Sinar UV	Ion perak (1)	Fotokatalis nanopartikel Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /TiO <sub>2</sub> dapat

	Pradipta, dkk. 2021			<p>disintesis menggunakan metode sono-kopresipitasi dan metode sol gel, diikuti perlakuan termal pada suhu 500°C. Fotokatalis Nanopartikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/TiO<sub>2</sub> dapat mereduksi ion Ag(I) dalam larutan AgNO<sub>3</sub> berlangsung efektif pada pH 6 selama 90 menit penyinaran. Perlakuan tersebut memberikan hasil degradasi sebesar 98,60 % pada paparan sinar UV.</p>
--	------------------------	--	--	--



## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Rancangan Penelitian**

Adapun rancangan penelitian yang digunakan menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen yang dilakukan seraca langsung di laboratorium. Sampel penelitian berupa pasir besi yang diambil secara langsung dari pantai Anoi Itam Kota Sabang, pasir besi diolah menjadi magnetit dan dicampur dengan  $\text{TiO}_2$  sebagai katalis, berikutnya dilakukan uji degradasi.

Langkah awal penelitian dimulai dengan proses preparasi dan sintesis magnetit pasir besi. Perlakuan terhadap sampel untuk menentukan karakterisasi XRD, SEM, dan VSM, kemudian penelitian dan uji sampel di laboratorium. Degradasi limbah pestisida dengan proses fotokatalisis magnetit- $\text{TiO}_2$ , dengan menggunakan beberapa variasi konsentrasi limbah pestisida. Analisis data dilakukan untuk menganalisis data dan hasil yang diperoleh dari penelitian hasil dan kesimpulan untuk menjawab pertanyaan sesuai rumusan masalah dalam penelitian ini berdasarkan hasil yang diperoleh.

#### **3.2 Waktu dan Tempat Penelitian**

##### **3.2.1 Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilakukan dengan waktu diperkirakan berlangsung kurang lebih selama 2 bulan dimulai dengan proses pengambilan sampel dan perlakuan pada sampel di Laboratorium hingga menghasilkan kesimpulan dan analisis data.

##### **3.2.2 Lokasi Penelitian**

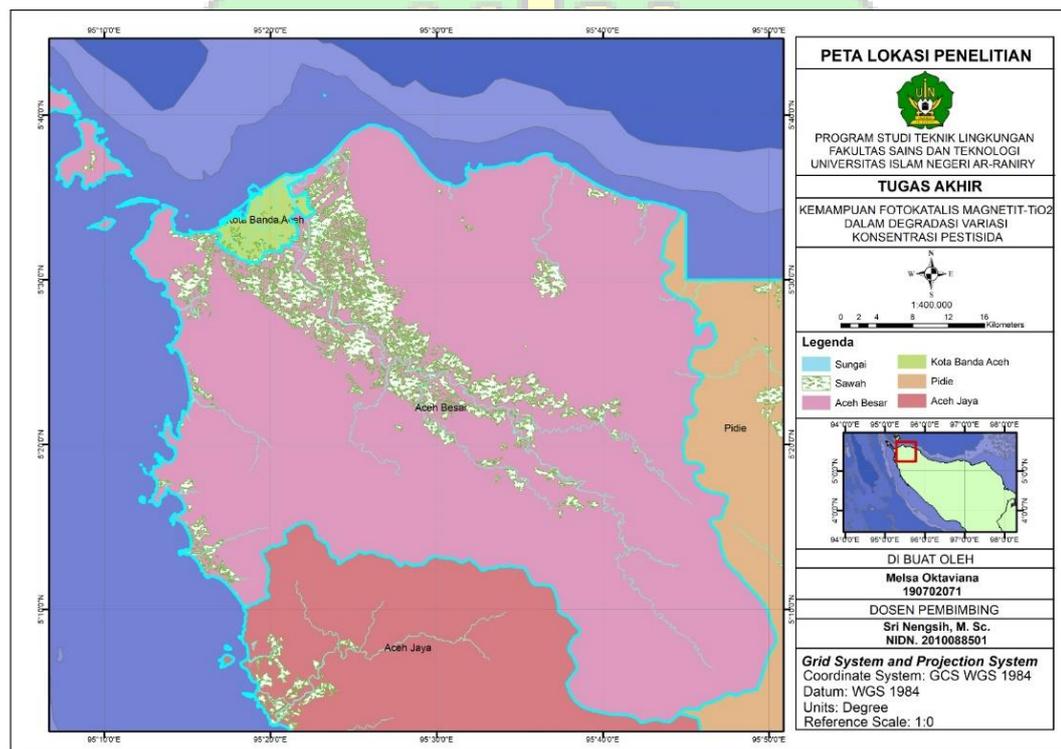
###### **a. Lokasi Pengambilan Pasir Besi**

Pasir besi yang digunakan dalam proses fotokatalisis sebagai katalis yang akan digabung dengan  $\text{TiO}_2$  diambil di Pantai Anoi Itam, Kota Sabang, Aceh.

## b. Lokasi penelitian

Pemilihan lokasi penelitian didasarkan dari hasil observasi ke lapangan yang dilakukan oleh peneliti, dimana sebagian besar dari petani yang ada di aceh besar menggunakan pestisida sipermetrin sebagai pembasmi hama pada pertanian. Sipermetrin adalah jenis pestisida yang paling banyak dijual dan digunakan dalam pertanian terutama pada daerah Banda Aceh dan Aceh Besar seperti daerah Blang Bintang, Tungkop, Lambaro, Ulee Kareng, dan Kajhu. Mayoritas toko di daerah tersebut menjual pestisida jenis sipermetrin.

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. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.1** Peta Lokasi Penelitian

### 3.3 Alat Dan Bahan Penelitian

#### 3.3.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.1 sebagai berikut:

**Tabel 3. 1** Alat-Alat Dalam Penelitian

No	Nama	Gambar	Kegunaan
1	Pipet tetes		Proses titrasi larutan
2	<i>Shaker</i>		Pencampuran larutan
3	Ayakan		Menyaring dan memisahkan pasir besi berdasarkan ukurannya
4	Neraca Analitik		Menimbang sampel
5	<i>Magnetic bar</i>		Proses pengadukan sampel dan larutan

6	Kertas Saring		Menyaring larutan
7	Oven		Pengeringan sampel
8	Lampu UV-A		Penyinaran UV-A
9	<i>Beaker Glass</i>		Wadah atau media penempatan larutan dan sampel
10	<i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>		Menentukan struktur kristal Nanopartikel
11	<i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i>		Menentukan komposisi Nanopartikel

12	<i>Vibrating sample magnetometer (VSM)</i>		Mengetahui sifat magnetit fotokatalis
13	<i>Spektrofotometer UV-Vis</i>		Mengukur adsorban sampel dalam bentuk gelombang
14	<i>Hot plate</i>		Memanaskan dan mencampurkan atau menghomogenkan larutan
15	Lumpang		Menghaluskan atau menggiling
16	Magnet Batang		Memisahkan pasir besi dengan kontaminan
17	<i>Centrifuge</i>		Mengendapkan partikel pada larutan

### 3.3.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdapat pada Tabel 3.2 sebagai berikut:

**Tabel 3. 2** Bahan-Bahan Dalam Penelitian

No	Nama	Gambar	Kegunaan
1	Pestisida jenis sipermetrin		Limbah buatan yang akan di teliti
2	Pasir besi		Media magnetit
3	Larutan HCl 37%		Larutan pada proses kopresipitasi
5	Etanol 33%		Larutan kalibrasi
6	TiO <sub>2</sub> Anatase		Katalis pada proses fotokatalis
7	NH <sub>4</sub> OH		Larutan pengendap pasir besi agar menjadi magnetit

8	Aquadess		Larutan kalibrasi
---	----------	---	-------------------

### 3.4 Prosedur Penelitian

#### 3.4.1 Teknik Preparasi Pasir Besi

Tahapan preparasi pasir besi dilakukan untuk memisahkan pasir besi dari pengotor dan menghaluskan ukurannya agar memudahkan dalam proses sintesis. Tahapan preparasi pasir besi yaitu sebagai berikut.

1. Proses pemisahan pasir besi alami dari kotorannya dilakukan dengan menggunakan magnet batang sebagai media pemisahannya. Hasil pemisahan pasir besi diayak dengan ayakan 100 mesh untuk mendapatkan ukuran yang relatif sama, selanjutnya pasir besi yang telah dipisahkan digiling menggunakan lumpang, dicuci dengan aquades dan dikeringkan di oven.

#### 3.4.2 Teknik Sintesis Pasir Besi

Setelah selesai proses preparasi pasir besi, selanjutnya dilakukan proses sintesis pasir besi menggunakan metode kopresipitasi sebagai berikut.

1. 20 gr pasir besi dimasukkan kedalam *beaker glass* dan dicampur dengan 50 ml HCl 37%, kemudian diaduk dengan kecepatan 800 rpm dan dipanaskan dengan suhu 80°C selama 30 menit lalu didinginkan dan disaring menggunakan kertas saring.
2. Selanjutnya larutan hasil saringan di campurkan dengan 6,5 M NH<sub>4</sub>OH (*ammonia*) dengan rasio 1:5 secara titrasi dan diaduk dengan kecepatan 800 rpm dan suhu 80°C selama 30 menit. Untuk mendapatkan serbuk nano partikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>.
3. Selanjutnya larutan hasil proses metode kopresipitasi dicuci menggunakan aquades untuk menghilangkan basa hingga mencapai pH netral dan endapan disaring lalu dikeringkan dalam oven dengan temperatur dengan temperatur suhu 100°C selama 1 jam sampai kering.

4. Setelah kering, serbuk dihaluskan menggunakan lumpang dan diayak dengan ayakan 200 mesh.
5. Serbuk magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) yang dihasilkan kemudian disimpan dalam botol berukuran kecil dan ditutup dengan rapat untuk dilakukan karakterisasi selanjutnya.

### 3.4.3 Proses Penggabungan Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) Dengan $\text{TiO}_2$

Setelah selesai proses sintesis pasir besi, dilakukan proses penggabungan magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) dengan  $\text{TiO}_2$  sebagai berikut.

1. Proses sintesis  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ - $\text{TiO}_2$  diawali dengan mencampurkan  $\text{TiO}_2$  anatase 2 gr dengan 2 gr  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dengan rasio 1:1 dan larutan campuran ditambahkan Etanol dengan konsentrasi 33% hingga mencapai pH netral lalu dilakukan pengadukan menggunakan *shaker* selama 30 menit dengan kecepatan aduk 130 rpm.
2. Lalu, kemudian disaring menggunakan kertas saring dan dikeringkan dengan oven kemudian di lumpang sehingga menghasilkan katalis.
3. Kemudian endapan yang dihasilkan diberi perlakuan kalsinasi pada suhu  $500^\circ\text{C}$  selama 2 jam.

### 3.4.4 Pengujian Katalis Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) - $\text{TiO}_2$

Hasil sintesis yang telah dilakukan kemudian akan dilakukan uji *X-ray diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscope* (SEM), dan *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM).

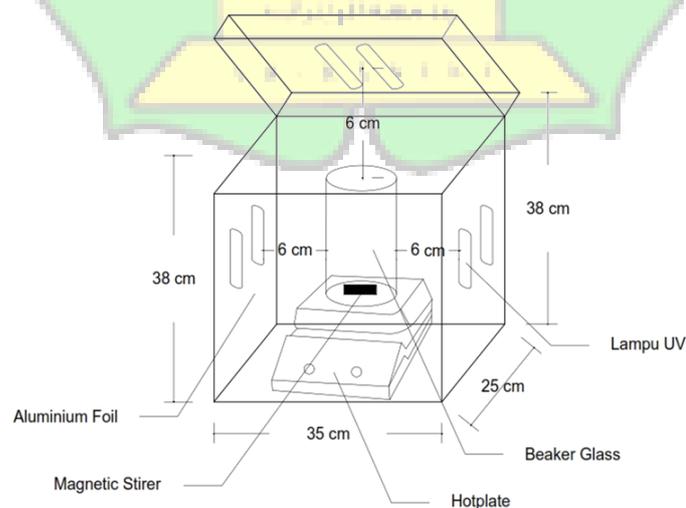
1. Dilakukan Uji *X-ray diffraction* (XRD) di laboratorium MIPA Universitas Syiah Kuala guna mengidentifikasi dan menentukan struktur fasa nanopartikel pada katalis.
2. Selanjutnya dianalisa komposisi nanopartikel menggunakan uji *Scanning Electron Microscope* (SEM) dilakukan di laboratorium Politeknik Lhouksmawe.
3. Kemudian, di uji dengan menggunakan *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM) guna mengetahui sifat magnetit fotokatalisnya, sampel akan di uji

pada Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN), Serpong, Tangerang Selatan, Banten.

### 3.4.5 Desain Reaktor Fotokatalis

Pada penelitian ini, proses fotokatalis dilakukan dalam reaktor tertutup yang didesain dengan dimensi panjang 35 cm, tinggi 38 cm, dan lebar 25 cm. Reaktor ini dilengkapi dengan enam lampu UV-A berdaya 10 Watt masing-masing 2 terletak di sisi kiri, 2 di sisi kanan dan 2 di bagian atas kotak (penutup). Jarak antara lampu dengan air limbah di bagian atas kotak (penutup) adalah 6 cm, sedangkan di bagian sisi kiri dan sisi kanan juga adalah 6 cm.

Dalam reaktor ini energi yang dihasilkan dari lampu UV dapat mengaktifkan *Titanium Dioksida* ( $\text{TiO}_2$ ) sehingga dapat bekerja dalam proses fotokatalisis. Selain itu, dinding reaktor dilapisi dengan aluminium foil sebagai reflektor yang mengarahkan cahaya ke arah sampel pestisida. Sebagai tempat sampel limbah pestisida sipermetrin, digunakan *Beaker glass* 1000 ml untuk diletakkan diatas *hot plate* dan diaduk menggunakan *magnetit stirrer* pada kecepatan 400 rpm dengan penyinaran lampu UV didalam reaktor tertutup. Rancangan desain reaktor dapat dilihat pada Gambar 3.2.



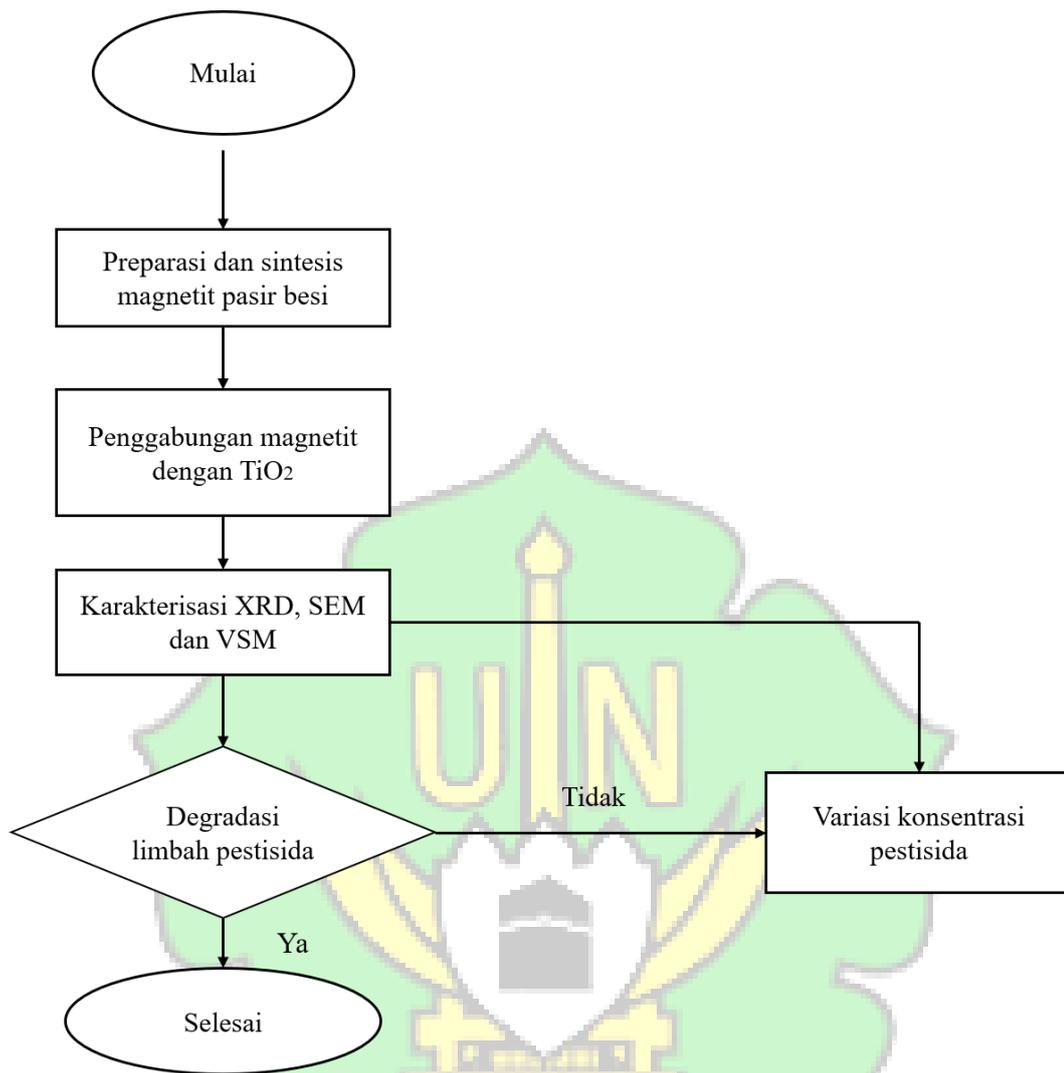
**Gambar 3. 2** Desain Reaktor

### 3.4.6 Proses Fotodegradasi Limbah Pestisida Sipermetrin Menggunakan katalis Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) – $\text{TiO}_2$

Analisa degradasi limbah pestisida sebelum dan sesudah perlakuan pada sampel untuk mengetahui apakah ada perubahan pada sampel dengan menggunakan *spektrofotometer UV-Vis*.

1. Sipermetrin 1, 10 dan 20 ppm dilakukan uji serapan optik menggunakan *spektrofotometer UV-Vis*
2. Proses degradasi diawali dengan disiapkan 3 beaker glass yang diisi dengan konsentrasi 1, 10, dan 20 ppm larutan pestisida sipermetrin, dimana tiap-tiap *beaker glass* dimasukkan katalis  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-TiO}_2$  dengan massa 0,75 gram.
3. Selanjutnya *beaker glass* dimasukkan ke dalam reaktor tetapi tidak dilakukan penyinaran dan diaduk dengan kecepatan 400 rpm selama 30 menit untuk dihomogenkan, sebelum dilakukan degradasi dengan variasi waktu 30, 60, dan 90 menit.
4. Selanjutnya, *beaker glass* dimasukkan ke kotak reaktor yang akan diradiasi menggunakan sinar UV dengan variasi waktu masing-masing, sebelum dilakukan degradasi, 30, 60, dan 90 menit, selama proses penyinaran dengan sinar UV larutan diaduk menggunakan *magnetit stirrer*.
5. Setelah proses radiasi, limbah diambil 20 ml dari masing-masing *beaker glass* untuk *disentrifugasi* dengan kecepatan 4000 rpm selama 5 menit.
6. Hasil endapan yang diperoleh dari masing-masing *beaker glass* diukur absorbansinya menggunakan *spektrofotometer UV-Vis* pada panjang gelombang maksimum dari larutan pestisida, sehingga diperoleh konsentrasi pestisida.
7. Selanjutnya, efektivitas fotodegradasi pestisida sipermetrin dengan bahan fotokatalis  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-TiO}_2$  dan sinar *spektrofotometer UV-Vis* dapat ditentukan dengan perhitungan persentase dari proses degradasi.

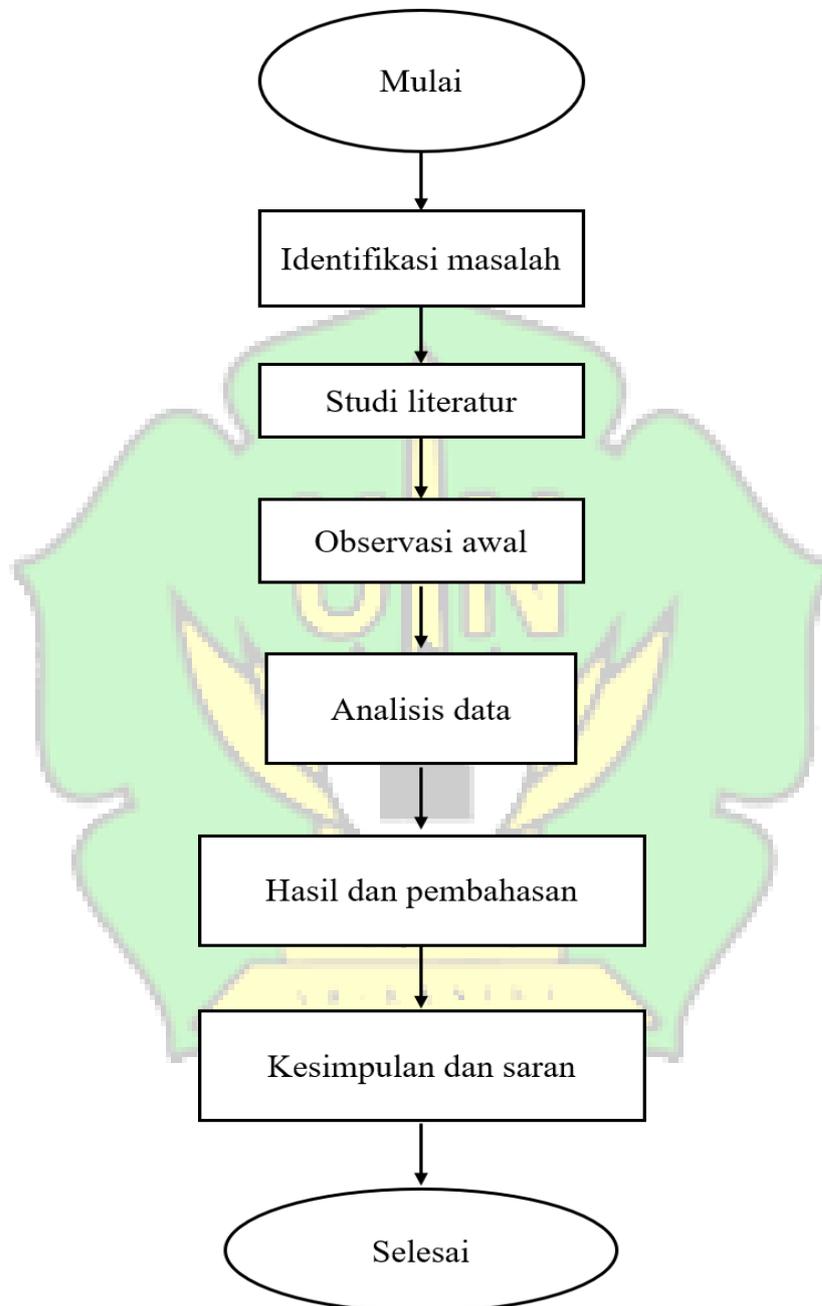
Berdasarkan prosedur penelitian tersebut, Gambar 3.3 adalah prosedur penelitian dalam bentuk diagram alir.



**Gambar 3. 3** Prosedur Penelitian

### 3.5 Diagram Alir Penelitian

Adapun diagram alir pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.4 sebagai berikut:



**Gambar 3. 4** Diagram Alir Penelitian

### 3.6 Analisis Data

1. Ukuran kristal dari pengujian XRD dapat ditentukan dengan menggunakan tetapan Debye-Scherrer pada persamaan 3.1

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

Dengan

D = ukuran partikel katalis magnetit TiO<sub>2</sub> (nm),

$\lambda$  = panjang gelombang radiasi,

K = Konstanta (0,9),

$\beta$  = luas lebar setengah puncak dalam suatu radian,

$\theta$  = sudut puncak dalam satuan derajat.

2. Proses dilakukan dengan alat VSM yang akan menghasilkan informasi mengenai besaran-besaran sifat magnetik sebagai akibat perubahan medan magnet luar yang digambarkan dalam kurva histerisis. Alat ini juga dapat mengukur sifat magnetik bahan yang diakibatkan oleh perubahan suhu.
3. Persentase hasil degradasi limbah pestisida sipermetrin oleh Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-TiO<sub>2</sub> akan dihitung pada persamaan 3.2 menggunakan rumus:

$$\%D = \frac{Co - Ct}{Co} \times 100\% \dots\dots\dots 3.2$$

Dimana:

%D = Persen degradasi

Co = Konsentrasi awal

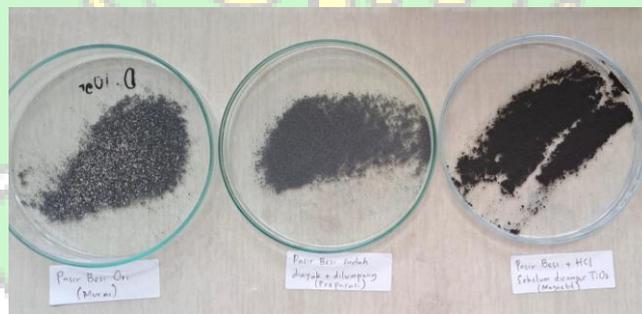
Ct = Konsentrasi setelah penyinaran

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Preparasi dan Sintesis Pasir Besi

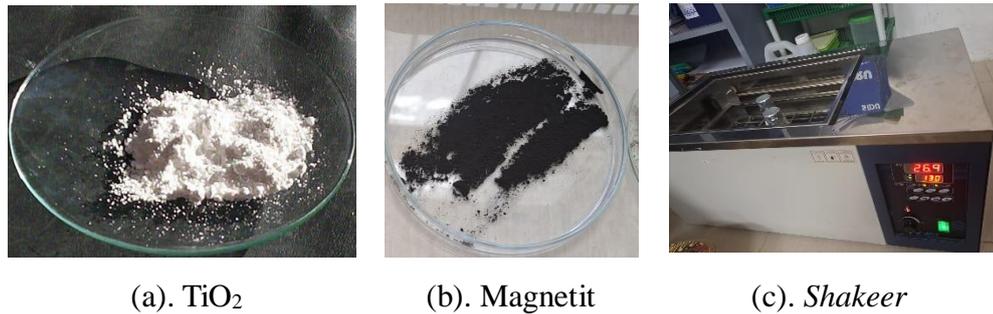
Sebelum proses fotodegradasi magnetit-TiO<sub>2</sub> terhadap limbah pestisida sipermetrin dilakukan, pasir besi yang berperan sebagai material magnetit yang mendukung harus dipreparasi dan disintesis terlebih dahulu. Hasil dari preparasi dan sintesis pada pasir besi (magnetit) dapat dilihat pada Gambar 4.1. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, 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 dan berwarna abu-abu, sedangkan pasir besi yang sudah disintesis menjadi magnetit memiliki tekstur yang lebih halus dan berwarna hitam pekat yang dapat dilihat pada Gambar 4.1.



**Gambar 4. 1** Hasil Preparasi dan Sintesis Pasir Besi

#### 4.2 Penggabungan magnetit (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) - TiO<sub>2</sub>

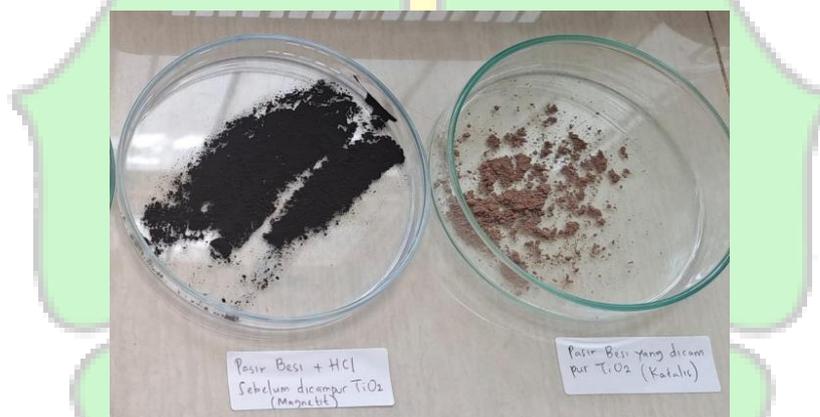
Penggabungan magnetit dengan TiO<sub>2</sub> dapat dilihat pada Gambar 4.2. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, sebelum di kalsinasi magnetit digabung dengan TiO<sub>2</sub> dengan rasio 1:1 lalu ditambahkan larutan etanol dengan konsentrasi 33% kemudian dilakukan pengadukan menggunakan *shaker* selama 30 menit dengan kecepatan 130 rpm.



(a).  $\text{TiO}_2$                       (b). Magnetit                      (c). *Shakeer*

**Gambar 4. 2** Penggabungan Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) -  $\text{TiO}_2$

Penampakan fisik magnetit sebelum eksperimen memiliki tekstur yang halus dan berwarna hitam pekat, sedangkan magnetit yang telah digabung dengan  $\text{TiO}_2$  dan setelah eksperimen memiliki tekstur yang lebih halus dan berwarna cenderung kemerahan yang dapat dilihat pada Gambar 4.3.



**Gambar 4. 3** Hasil Penggabungan Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) -  $\text{TiO}_2$

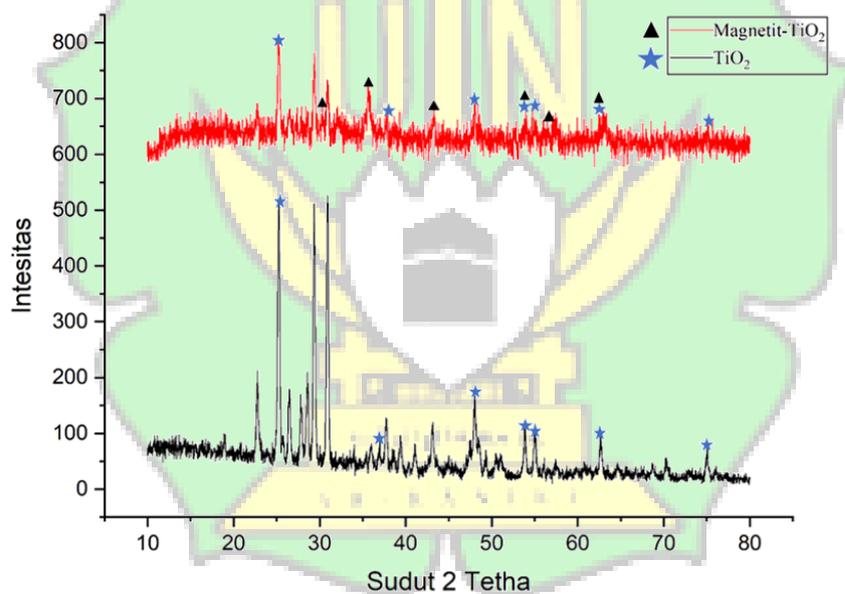
Penggunaan magnetit (material pendukung) yang bersifat adsorpsi dikombinasikan dengan  $\text{TiO}_2$  (material yang didukung) yang merupakan semikonduktor yang memiliki kemampuan dalam degradasi fotokatalitik diharapkan dapat meningkatkan aktivitas dalam degradasi pestisida sipermetrin. Untuk mengetahui apakah proses katalis  $\text{TiO}_2$  mempengaruhi struktur kristal, maka baik magnetit maupun  $\text{TiO}_2$  dikarakterisasi dengan menggunakan *X-ray diffraction* (XRD) *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM), dan *Scanning Electron Microscope* (SEM).

### 4.3 Karakterisasi magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) – $\text{TiO}_2$

Untuk mengetahui struktur kristal pada magnetit- $\text{TiO}_2$  maka dilakukan karakterisasi menggunakan *X-ray diffraction* (XRD), *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM), dan *Scanning Electron Microscope* (SEM).

#### 4.3.1 Karakterisasi magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) – $\text{TiO}_2$ dengan *X-ray diffraction* (XRD).

Karakterisasi struktur kristal  $\text{TiO}_2$  menggunakan *X-ray diffraction* (XRD) dilakukan untuk mendapatkan informasi dari susunan kristal. Metode difraksi sinar x merupakan metode analisis yang berperan penting dalam menentukan karakter mineral yang membentuk kristal nanopartikel pada sampel  $\text{TiO}_2$  (Karim dkk., 2016). Hasil yang didapat setelah dilakukan uji XRD dapat dilihat pada Gambar 4.4.



**Gambar 4. 4** Hasil XRD Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) -  $\text{TiO}_2$

Dari pola XRD *Titanium Dioksida* ( $\text{TiO}_2$ ) terdapat puncak tertinggi yang dapat dilihat yaitu pada sudut  $2\theta = 25,2238^\circ$  dengan ukuran kristal 28,0328 nm. Dari puncak-puncak tersebut menunjukkan bahwa karakteristik kristal  $\text{TiO}_2$  yang digunakan dalam penelitian ini adalah  $\text{TiO}_2$  jenis *anatase* dan didapatkan skala ukuran kristal nanometer. Sedangkan dari pola XRD magnetit- $\text{TiO}_2$  terdapat beberapa puncak tertinggi, puncak tertinggi magnetit pada daerah  $2\theta = 43,2106^\circ$  dengan ukuran kristal 29,9496 nm dan puncak tertinggi  $\text{TiO}_2$  pada daerah  $2\theta =$

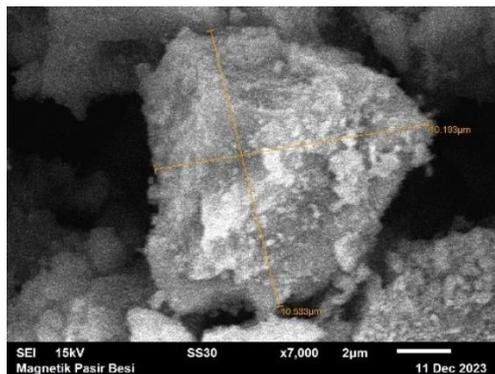
25,2266° dengan ukuran kristal 26,5431 nm. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa dari proses sintesis kopresipitasi penggabungan magnetit-TiO<sub>2</sub> didapatkan skala ukuran kristal nanometer dan memiliki sifat kristal yang tinggi sehingga mampu mendegradasi dalam proses fotodegradasi. Berikut merupakan data hasil analisis XRD TiO<sub>2</sub> dan magnetit-TiO<sub>2</sub> yang merujuk kepada data standar JCPDS No.00-21-1272 untuk TiO<sub>2</sub> *anatase* dan 00-019-0629 untuk magnetit dengan data standarnya seperti Tabel 4.1 berikut.

**Tabel 4. 1** Data XRD TiO<sub>2</sub>, magnetit-TiO<sub>2</sub>

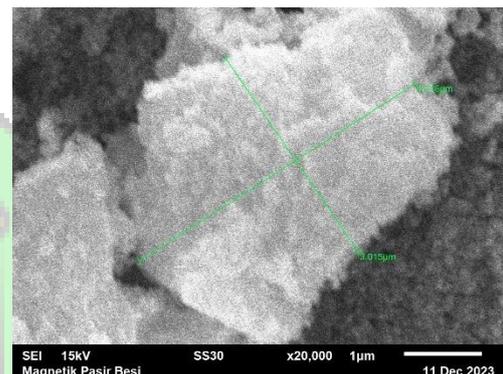
No	Sampel	Sudut 2θ Referensi	Sudut 2θ sampel	d (Å) Referensi	d (Å) sampel	Intensitas	FWHM (derajat)	Ukuran kristal (nm)
1	<i>(Titanium Dioksida)</i> TiO <sub>2</sub>	25,24	25,2238	3,520	3,5279	93	0,2904	28,0328
		37,77	37,7171	2,3780	2,3831	18	0,2743	30,6049
		48,02	48,4600	1,8920	1,8771	10	0,3800	22,9257
		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	1,4823	14	0,3047	30,5168
		75,02	75,0043	1,3641	1,2653	11	0,2886	34,6980
2	Magnetit (Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> )	30,05	30,3025	2,97	2,9472	18	0,2450	33,5934
		35,42	35,2400	2,53	2,5447	16	0,3100	26,8882
		43,05	43,2106	2,10	2,0920	29	0,2853	29,9496
		53,40	53,2183	1,71	1,7198	12	0,1767	50,2853
		56,94	56,4900	1,62	1,6277	16	0,3000	30,0602
		62,52	62,5700	1,48	1,4834	19	0,2440	38,0982
3	<i>(Titanium Dioksida)</i> TiO <sub>2</sub>	25,24	25,2266	3,520	3,5275	100	0,3067	26,5431
		37,77	37,7375	2,3780	2,3819	20	0,2850	29,4577
		48,02	48,0400	1,8920	1,8924	32	0,2400	36,2394
		53,99	53,9375	1,6999	1,6986	21	0,2850	31,2758
		54,98	54,6950	1,6665	1,6768	15	0,2100	42,5899
		62,65	62,5700	1,4808	1,4834	19	0,2440	38,0982
		75,02	75,1545	1,3641	1,2631	17	0,2190	45,7714

### 4.3.2 Karakterisasi Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) - $\text{TiO}_2$ dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM)

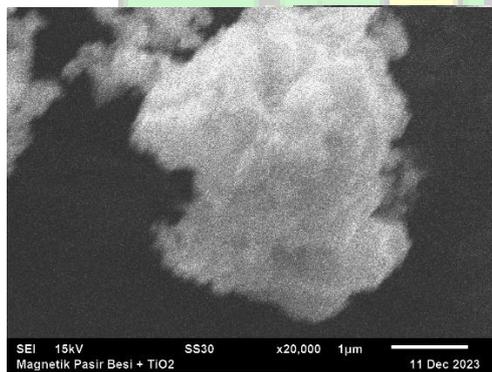
Karakterisasi *Scanning Electron Microscope* (SEM) dilakukan di Laboratorium Politeknik Lhouksemawe guna untuk melihat struktur morfologi permukaan dari nanopartikel dari sampel magnetit dan magnetit- $\text{TiO}_2$ . Hasil SEM dari sampel magnetit dan magnetit- $\text{TiO}_2$  dapat dilihat pada Gambar 4.5, Gambar 4.6, Gambar 4.7 dan Gambar 4.8.



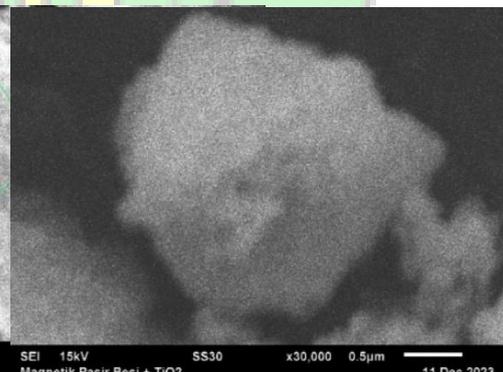
**Gambar 4. 5** Magnetit 2  $\mu\text{m}$



**Gambar 4. 6** Magnetit 1  $\mu\text{m}$



**Gambar 4. 7** Magnetit-  $\text{TiO}_2$  1  $\mu\text{m}$



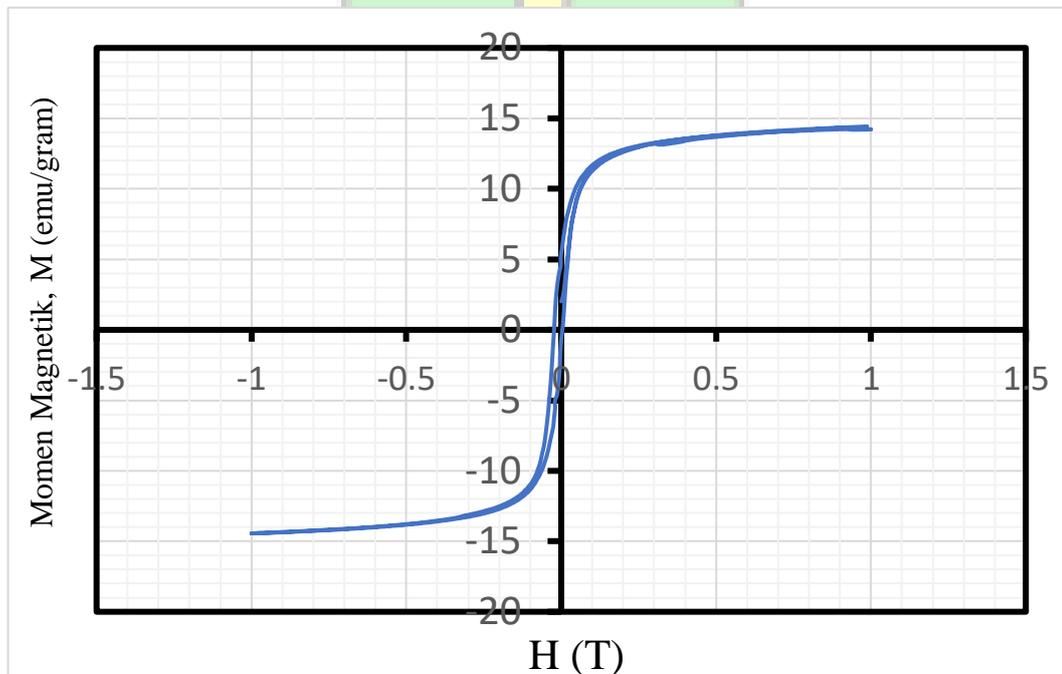
**Gambar 4. 8** Magnetit- $\text{TiO}_2$  0,5  $\mu\text{m}$

Berdasarkan hasil pengukuran SEM pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6 didapatkan skala pengukuran partikel magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) 2  $\mu\text{m}$  pada pembesaran 7.000 kali dan skala pengukuran 1  $\mu\text{m}$  pada pembesaran 20.000 kali. Gambar 4.7 dan Gambar 4.8 didapatkan skala pengukuran partikel magnetit- $\text{TiO}_2$  1  $\mu\text{m}$  pada pembesaran 20.000 kali dan skala pengukuran 0,5  $\mu\text{m}$  pada pembesaran 30.000 kali. Hasil diatas menunjukkan bahwa ukuran magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) dan magnetit- $\text{TiO}_2$  tidak beraturan. Hal ini terjadi karena adanya aglomerasi pada sampel yang diakibatkan adanya kontak dengan udara sehingga terjadi penggumpalan. Namun

penurunan ukuran magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) dan magnetit- $\text{TiO}_2$  sudah berhasil dilakukan walaupun masih dalam skala mikrometer ( $\mu\text{m}$ ).

#### 4.3.3 Karakterisasi Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) - $\text{TiO}_2$ dengan *Vibrating Sample Magnetometer (VSM)*

Untuk mengetahui karakteristik nanopartikel, dilakukan uji karakterisasi menggunakan *Vibrating Sample Magnetometer (VSM)* di laboratorium Radiasi Serpong, Kawasan Nuklir Serpong, KTS BJ Habibie, Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan. Hasil pengujian *Vibrating Sample Magnetometer (VSM)*, menunjukkan bahwa nanopartikel pada magnetit- $\text{TiO}_2$  menunjukkan sifat magnetik yang digambarkan dengan kurva histeresis dapat dilihat pada Gambar 4.9.



**Gambar 4. 9** Kurva Histerisis Magnetit-  $\text{TiO}_2$

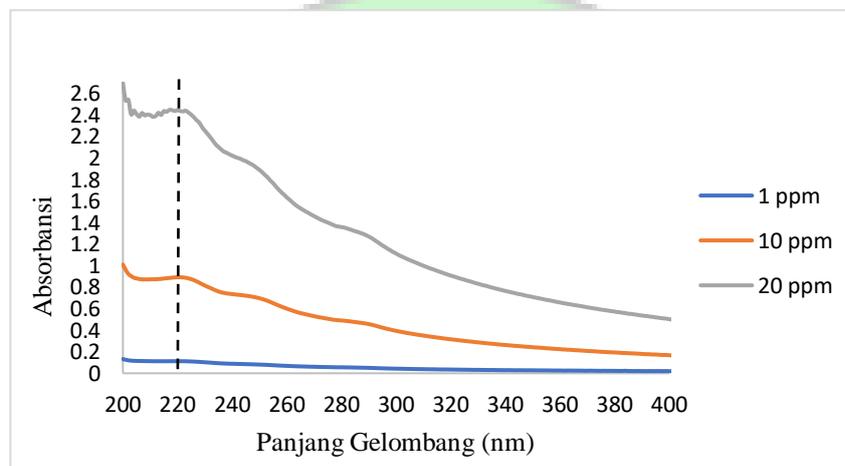
Berikut merupakan data sifat magnetik pada magnetit- $\text{TiO}_2$  menggunakan *Vibrating Sample Magnetometer (VSM)* dapat dilihat pada Tabel 4.2.

**Tabel 4. 2** Data Sifat Magnetit- $\text{TiO}_2$  Menggunakan VSM

Sampel	Variabel		
	Ms (emu/g)	Mr (emu/g)	Hc (T)
Magnetit- $\text{TiO}_2$	14,22	5,79	0,0218

#### 4.4 Penentuan Spektrum Serapan Limbah Pestisida Sipermetrin

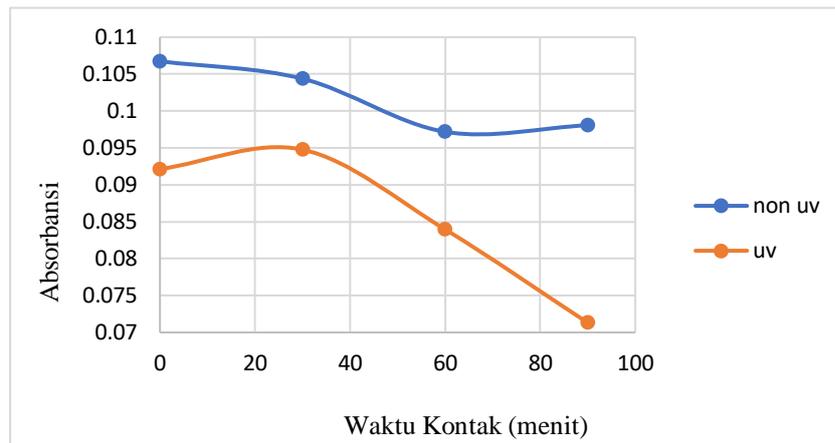
Nilai panjang gelombang maksimum ( $\lambda_{max}$ ) pada pestisida sipermetrin setelah diidentifikasi menggunakan *spektrofotometer UV-Vis* pada variasi konsentrasi 1 ppm, 10 ppm dan 20 ppm yang dilakukan pada daerah tampak dengan rentang panjang gelombang 200-400 nm memberikan serapan maksimum pada panjang gelombang 220 nm. Hasil spektrum serapan sipermetrin pada beberapa variasi konsentrasi dapat dilihat pada Gambar 4.10. Dari spektrum dapat dilihat bahwa kenaikan konsentrasi pestisida berbanding lurus dengan kenaikan absorbansi dari senyawa sipermetrin.



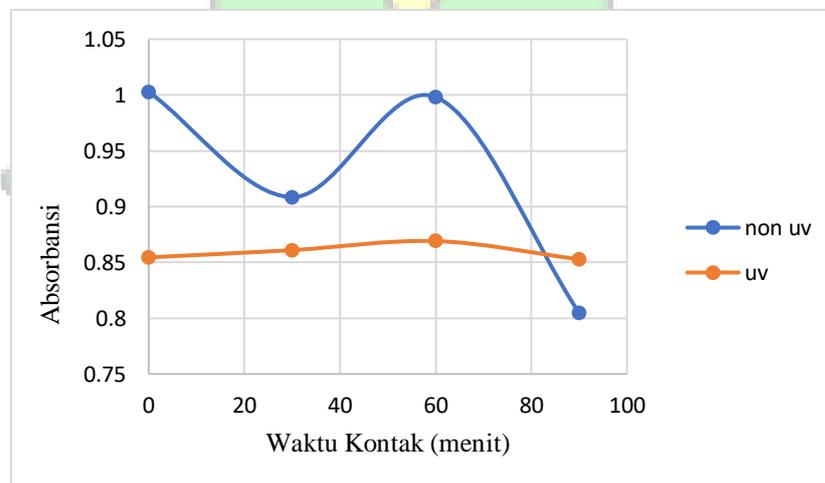
**Gambar 4. 10** Grafik Limbah Pestisida dengan Variasi Konsentrasi 1, 10 dan 20 ppm

#### 4.5 Pengaruh Waktu Terhadap Degradasi Limbah Pestisida Sipermetrin dengan Penambahan Katalis Magnetit ( $Fe_3O_4$ ) - $TiO_2$

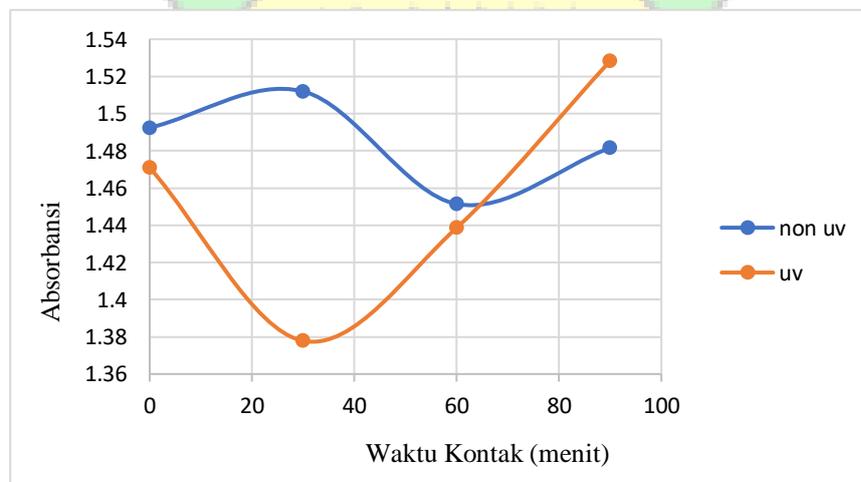
Dalam proses fotodegradasi penentuan kondisi optimum dilakukan pada degradasi lama waktu degradasi. Waktu degradasi optimum merujuk pada waktu terdegradasi sampel yang akan memberikan konsentrasi pestisida di sisa yang paling sedikit. Dengan kata lain, bahwa waktu degradasi optimum merupakan dimana waktu larutan sampel pestisida mengalami persentase degradasi paling tinggi. Larutan limbah pestisida sipermetrin sebanyak 1000 ml ditambahkan katalis magnetit- $TiO_2$  sebanyak 0,75 gram dengan konsentrasi limbah 1 ppm, 10 ppm dan 20 ppm pada variasi waktu selama 30, 60 dan 90 menit. Pengaruh waktu degradasi dengan penambahan katalis dapat dilihat pada Gambar 4.11



**Gambar 4. 11** Grafik Spektrofotometer UV-Vis Limbah Pestisida 1 PPM



**Gambar 4. 12** Grafik Spektrofotometer UV-Vis Limbah Pestisida 10 PPM



**Gambar 4. 13** Grafik Spektrofotometer UV-Vis Limbah Pestisida 20 PPM

Pada Gambar 4.11 menunjukkan bahwa fotodegradasi limbah 1 ppm tanpa penyinaran, katalis mampu mendegradasi secara maksimal pada waktu kontak 60 menit sedangkan fotodegradasi dengan penyinaran UV, katalis mampu mendegradasi pada waktu kontak 90 menit. Pada Gambar 4.12 menunjukkan bahwa fotodegradasi limbah 10 ppm tanpa penyinaran, katalis mampu mendegradasi secara maksimal pada waktu kontak 90 menit dan fotodegradasi dengan penyinaran UV, katalis juga mampu mendegradasi pada waktu kontak 90 menit. Pada Gambar 4.13 menunjukkan bahwa fotodegradasi limbah 20 ppm tanpa penyinaran, katalis mampu mendegradasi secara maksimal pada waktu kontak 60 menit sedangkan fotodegradasi dengan penyinaran UV, katalis mampu mendegradasi pada waktu kontak 30 menit. Dari data diatas menunjukkan bahwa pada konsentrasi limbah paling tinggi dan waktu kontak paling lama, katalis magnetit-TiO<sub>2</sub> tidak mampu lagi mengikat limbah pestisida karena sudah dalam keadaan jenuh.

#### **4.6 Efektivitas Fotodegradasi Variasi Konsentrasi Limbah Pestisida Dengan Katalis Magnetit (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) -TiO<sub>2</sub>**

Pada penelitian ini dilakukan perbandingan variasi konsentrasi limbah pestisida sipermetrin yang berdasarkan baku mutu pestisida total 0,10 mg/l 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. Larutan limbah pestisida sipermetrin didegradasi dengan menambahkan katalis magnetit-TiO<sub>2</sub> dengan massa 0,75 gram pada 1000 ml larutan sampel limbah pestisida dengan variasi konsentrasi limbah 1 ppm, 10 ppm dan 20 ppm dan variasi waktu selama 30, 60 dan 90 menit. Larutan diambil 20 ml untuk dilakukan pengukuran absorbansinya menggunakan *spektrofotometer UV-Vis* pada panjang gelombang dengan rentang 200-400 nm. Hasil degradasi limbah pestisida sipermetrin dengan menambahkan katalis magnetit-TiO<sub>2</sub> dapat dilihat pada Tabel 4.3.

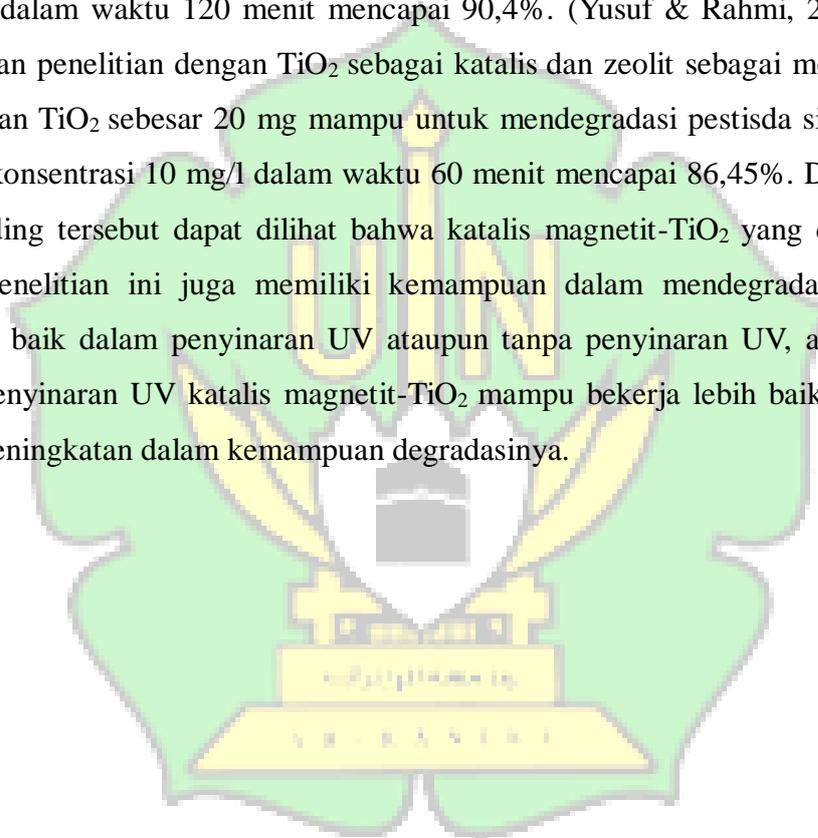
**Tabel 4. 3** Hasil Uji Spektrofotometer UV-Vis Limbah Pestisida 1 ppm, 10 ppm dan 20 ppm

Variasi konsentrasi perbandingan limbah pestisida	Waktu Degradasi	Absorbansi	% Terdegradasi
<b>Tanpa penyinaran</b>			
1 ppm	30 menit	0,104366	7,31%
	60 menit	0,097176	13,69%
	90 menit	0,098065	12,90%
10 ppm	30 menit	0,908505	1,76 %
	60 menit	0,998126	11,80 %
	90 menit	0,804675	9,86%
20 ppm	30 menit	1,511925	38,18%
	60 menit	1,451412	40,66%
	90 menit	1,481626	39,42%
<b>Dengan penyinaran UV</b>			
1 ppm	30 menit	0,094758	15,84%
	60 menit	0,083952	25,44%
	90 menit	0,071312	36,66%
10 ppm	30 menit	0,860965	3,56%
	60 menit	0,869077	2,65%
	90 menit	0,852795	4,47%
20 ppm	30 menit	1,377836	43,67%
	60 menit	1,438676	41,18%
	90 menit	1,528381	37,51%

Hasil degradasi variasi konsentrasi limbah pestisida menunjukkan bahwa limbah pestisida yang didegradasi tanpa penyinaran paling banyak terdegradasi terdapat pada variasi konsentrasi 20 ppm dengan lama waktu kontak 60 menit terdegradasi sebanyak 40,66%, sedangkan pada degradasi limbah dengan

penyinaran UV terdapat pada variasi konsentrasi 20 ppm dengan lama waktu kontak 30 menit terdegradasi sebanyak 43,67%. Hal ini menunjukkan bahwa dengan penambahan katalis magnetit-TiO<sub>2</sub> dan sinar UV dalam proses fotodegradasi mampu untuk menurunkan serapan optik pada limbah pestisida sipermetrin dan akan semakin cepat mendegradasi limbah pestisida sipermetrin.

Berdasarkan kajian peneliti sebelumnya dalam fotodegradasi yang dilakukan oleh (Ode & Nur, 2013) dengan TiO<sub>2</sub> sebagai katalis sebesar 12,5 mg dan sinar UV mampu untuk mendegradasi pestisida diazinon dengan konsentrasi 25 mg/l dalam waktu 120 menit mencapai 90,4%. (Yusuf & Rahmi, 2013) juga melakukan penelitian dengan TiO<sub>2</sub> sebagai katalis dan zeolit sebagai memperluas permukaan TiO<sub>2</sub> sebesar 20 mg mampu untuk mendegradasi pestisida sipermetrin dengan konsentrasi 10 mg/l dalam waktu 60 menit mencapai 86,45%. Dari kajian perbandingan tersebut dapat dilihat bahwa katalis magnetit-TiO<sub>2</sub> yang digunakan dalam penelitian ini juga memiliki kemampuan dalam mendegradasi limbah pestisida baik dalam penyinaran UV ataupun tanpa penyinaran UV, akan tetapi dalam penyinaran UV katalis magnetit-TiO<sub>2</sub> mampu bekerja lebih baik sehingga terjadi peningkatan dalam kemampuan degradasinya.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

- a. Berdasarkan penelitian dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan magnetit-TiO<sub>2</sub> sebagai katalis dalam proses fotodegradasi baik dengan penyinaran UV ataupun ketika tidak dengan penyinaran UV menunjukkan kemampuan degradasinya lebih meningkat saat diberi pencahayaan UV sehingga sampel limbah pestisida sipermetrin mampu untuk didegradasi.
- b. Perbandingan variasi konsentrasi limbah pestisida sipermetrin dalam fotodegradasi dengan penyinaran UV variasi 1 ppm dengan lama penyinaran 90 menit terdegradasi sebesar 36,66%, 10 ppm dengan lama penyinaran 90 menit terdegradasi sebesar 4,47% dan 20 ppm dengan lama penyinaran 30 menit terdegradasi sebanyak 43,67%. Hal ini menunjukkan bahwa degradasi pada perbandingan variasi konsentrasi limbah pestisida paling maksimal terjadi pada saat limbah disinari dengan lampu UV.

#### 5.2 Saran

- a. Perlu pengujian lanjutan untuk melihat konsentrasi dari limbah setelah di degradasi untuk memastikan apakah sudah terjadi penurunan jumlah konsentrasi dari konsentrasi awal.
- b. Perlu adanya kajian lanjutan pada waktu kontak limbah dengan katalis untuk mengamati kemampuan dalam fotodegradasi.
- c. Perlu kajian lanjutan dalam mendapatkan katalis dalam ukuran nanometer dengan upaya mencegah terjadinya aglomerasi (penggumpalan).

## DAFTAR PUSTAKA

- Agus Salim Afrozi, Rahmat Salam, Auring R, A. N. S. (2016). Pengolahan Limbah *Methylen Blue* secara Fotokatalisis  $\text{TiO}_2$  dengan Penambahan Fe dan Zeolit. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengelolaan Limbah*, 29–36.
- Agusriyanti, S., & Artsanti, P. (2015). Pemanfaatan Zeolit Alam Ciamis Sebagai Pengembangan Fotokatalis  $\text{TiO}_2$  Untuk Fotodegradasi Zat Warna *Rhodamine B*. *J.Sains Dasar*, 4(1), 92–99.
- Bukit, N., Frida, E., Simamoora, P., & Sinaga, T. (2015). Analisis difraksi nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  metode kopresipitasi dengan polietilen glikol 6000. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, 4, 163–166.
- Dirgayana, I. W., Sumiartha, I. K., & Adnyana, I. M. M. (2017). 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). *Reduction of Cod in Cypermethrin Pesticide Using*. *Molekul*, 9(2), 136–143.
- Fisika, P. S., & Surabaya, U. N. (2020). Sintesis  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dari Pasir Mineral Tulungagung Menggunakan Metode Kopresipitasi. 09, 2015–2018.
- Inayati, N., Adityo, & Hima, A. N. (2016). Prosiding Seminar Nasional II Tahun 2016, Kerjasama Prodi Pendidikan Biologi FKIP dengan Pusat Studi Lingkungan dan Kependudukan (PSLK) Universitas Muhammadiyah Malang Malang, 26 Maret 2016. *Prosiding Seminar Nasional II 2016, Kerjasama Prodi Pendidikan Biologi FKIP Dengan Pusat Studi Lingkungan Dan Kependudukan (PSLK) Universitas Muhammadiyah Malang*, 3(1), 1019–1028.
- Jalil, Z., Sari, E. N., & Handoko, E. (2014). Studi Komposisi Fasa dan Sifat Kemagnetan Pasir Besi di Pesisir Pantai Banda Aceh. *Journal of Applied Physics*, 04(1), 110–114.
- Khoiriah, K., Wellia, D. V., Gunluardi, J., & Safni, S. (2020). *Photocatalytic degradation of commercial diazinon pesticide using c,n-codoped  $\text{TiO}_2$  as photocatalyst*. *Indonesian Journal of Chemistry*, 20(3), 587–596.

- Khoiriah, K., Wellia, D. V., & Safni, S. (2019). Degradasi Pestisida Diazinon dengan Proses Fotokatalisis Sinar Matahari Menggunakan Katalis *C,N-CODOPED TiO<sub>2</sub>*. *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, 41(1), 17.
- Ode, L., & Nur, A. (2013). Fotodegradasi Pestisida Diazinon dalam TiO<sub>2</sub> Tersuspensi *Photodegradation Of Diazinon Pesticide In Suspension Of TiO<sub>2</sub>*. 14(1), 23–28.
- Poluakan, M., Wuntu, A., & Sangi, M. S. (2015). Jurnal Mipa Unsrat Online 4 (2) 137-140 Aktivitas Fotokatalitik TiO<sub>2</sub>-Karbon Aktif dan TiO<sub>2</sub>-Zeolit pada Fotodegradasi Zat Warna Remazol Yellow. 4(2), 137–140.
- Rahmayeni, Arief, S., Stiadi, Y., Rizal, R., & Zuhadjri. (2012). *Synthesis of magnetic nanoparticles of TiO<sub>2</sub>-NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>: Characterization and photocatalytic activity on degradation of rhodamine B*. *Indonesian Journal of Chemistry*, 12(3), 229–234.
- Rustam, R., Fauzanah, H., Ardan, A. M., Agroteknologi, P. S., Pertanian, F., & Riau, U. (2019). Uji Insektisida Sintetis terhadap Predator *Sycanus croceovittatus Dohrn* . Pemangsa Hama Ulat Api *Setora nitens Walker* pada Tanaman Kelapa Sawit ( *Elaeis guineensis Jacq.* ). 8(1), 43–52.
- Said, A. (2021). Degradasi Pewarna Tartrazin Dengan Fotokatalis Titanium Dioksida (TiO<sub>2</sub>). *Cokroaminoto Journal of Chemical Science*, 3(1), 21–27.
- Sains, J. K., Aplikasi, D., Karim, S., & Subagiyo, A. (2016). Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi 19 (2) (2016): 63-67 Sintesis dan Karakterisasi TiO<sub>2</sub> Terdoping Nitrogen (*N-Doped TiO<sub>2</sub>* ) dengan Metode Sol-Gel. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 19(2), 63–67.
- Simamora, P. (2015). Sintesis Dan Karakterisasi Sifat Magnetik Nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> – Montmorilonit Berdasarkan Variasi Suhu. *Iv*, 75–80.
- Sri Kunarti, E., Kartini, I., Syoufian, A., & Widyandari, K. M. (2018). *Synthesis and photoactivity of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/TiO<sub>2</sub>-Co as a magnetically separable visible light responsive photocatalyst*. *Indonesian Journal of Chemistry*, 18(3), 403–410.
- Sucahya, T. N., Permatasari, N., & Nandiyanto, A. B. D. (2016). Review: Fotokatalisis untuk Pengolahan Limbah Cair. *Jurnal Integrasi Proses*, 6(1), 1–15.
- Sunaryono, Taufiq, A., Mashuri, Pratapa, S., Zainuri, M., Triwikantoro, &

- Darminto. (2015). *Various magnetic properties of magnetite nanoparticles synthesized from iron-sands by coprecipitation method at room temperature. Materials Science Forum*, 827(June), 229–234.
- Tussa'adah, R., & Astuti. (2015). Sintesis Material Fotokatalis TiO<sub>2</sub> Untuk Penjernihan Limbah Tekstil. *Jurnal Fisika Unand*, 4(1), 91–96.
- Wardhani, N. D. A. dan S. (2014). Fotokatalis TiO<sub>2</sub>-zeolit untuk degradasi metilen biru. *Chemistry Progress*, 7(1), 9–14.
- Yusuf, Y., & Rahmi, W. (2013). Pemanfaatan TiO<sub>2</sub>/Zeolit Alam Sebagai Pendegradasi Pestisida ( Permetrin ) Secara Ozonolisis. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*, 477–482.



## LAMPIRAN 1

Perhitungan XRD TiO<sub>2</sub> dengan menggunakan tetapan Debye-Scherrer

	2 Theta	FWHM	Lambda	Konstanta	Ukuran partikel (nm)	Rata-rata ukuran kristal (nm)
Titanium Dioksida (TiO <sub>2</sub> )	25,2238	0,2904	0,15406	0,9	28,0328	30,7657
	37,7171	0,2743	0,15406	0,9	30,6049	
	48,4600	0,3800	0,15406	0,9	22,9257	
	53,8186	0,2507	0,15406	0,9	35,5361	
	54,9795	0,2710	0,15406	0,9	33,0458	
	62,6209	0,3047	0,15406	0,9	30,5168	
	75,0043	0,2886	0,15406	0,9	34,6980	
Magnetit	2 Theta	FWHM	Lambda	Konstanta	Ukuran partikel	Rata-rata ukuran kristal
	30,3025	0,2450	0,15406	0,9	33,5934	34,8125
	35,2400	0,3100	0,15406	0,9	26,8882	
	43,2106	0,2853	0,15406	0,9	29,9496	
	53,2183	0,1767	0,15406	0,9	50,2853	
	56,4900	0,3000	0,15406	0,9	30,0602	
	62,5700	0,2440	0,15406	0,9	38,0982	
Titanium Dioksida (TiO <sub>2</sub> )	2 Theta	FWHM	Lambda	Konstanta	Ukuran partikel	
	25,2266	0,3067	0,15406	0,9	26,5431	35,7108
	37,7375	0,2850	0,15406	0,9	29,4577	
	48,0400	0,2400	0,15406	0,9	36,2394	
	53,9375	0,2850	0,15406	0,9	31,2758	
	54,6950	0,2100	0,15406	0,9	42,5899	
	62,5700	0,2440	0,15406	0,9	38,0982	
75,1545	0,2190	0,15406	0,9	45,7714		

## LAMPIRAN 2

Persentase Hasil Degradasi Limbah Pestisida Sipermetrin

Berdasarkan kurva standar pestisida sipermetrin diperoleh regresi linier sebagai berikut:

$$\% D = \frac{|Co-Ct|}{Co} \times 100\%$$

Dengan:

%D = Persen degradasi

Co = Konsentrasi awal limbah sipermetrin (absorbansi)

Ct = Konsentrasi setelah penyinaran (absorbansi)

### 1 PPM NON-UV

- Limbah pestisida 1 ppm tanpa penyinaran (data awal) absorbansi sebesar 0,106729

$$\% D = \frac{|Co-Ct|}{Co} \times 100\%$$

$$\% D = \frac{|0,112601-0,106729|}{0,112601} \times 100\%$$

$$\% D = 5,21\%$$

- Limbah pestisida 1 ppm tanpa penyinaran (30 menit) absorbansi sebesar 0,104366

$$\% D = \frac{|Co-Ct|}{Co} \times 100\%$$

$$\% D = \frac{|0,112601-0,104366|}{0,112601} \times 100\%$$

$$\% D = 7,31\%$$

- Limbah pestisida 1 ppm tanpa penyinaran (60 menit) absorbansi sebesar 0,097176

$$\% D = \frac{|Co-Ct|}{Co} \times 100\%$$

$$\% D = \frac{|0,112601-0,097176|}{0,112601} \times 100\%$$

$$\% D = 13,69\%$$

- Limbah pestisida 1 ppm tanpa penyinaran (90 menit) absorbansi sebesar 0,098065

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

$$\% D = \frac{|0,112601 - 0,098065|}{0,112601} \times 100\%$$

$$\% D = 12,90\%$$

### 1 PPM UV

- Limbah pestisida 1 ppm penyinaran uv (data awal) absorbansi sebesar 0,092135

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

$$\% D = \frac{|0,112601 - 0,092135|}{0,112601} \times 100\%$$

$$\% D = 18,17\%$$

- Limbah pestisida 1 ppm penyinaran uv (30 menit) absorbansi sebesar 0,094758

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

$$\% D = \frac{|0,112601 - 0,094758|}{0,112601} \times 100\%$$

$$\% D = 15,84\%$$

- Limbah pestisida 1 ppm penyinaran uv (60 menit) absorbansi sebesar 0,083952

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

$$\% D = \frac{|0,112601 - 0,083952|}{0,112601} \times 100\%$$

$$\% D = 25,44\%$$

- Limbah pestisida 1 ppm penyinaran uv (90 menit) absorbansi sebesar 0,071312

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

$$\% D = \frac{|0,112601 - 0,071312|}{0,112601} \times 100\%$$

$$\% D = 36,66\%$$

### 10 PPM NON-UV

- Limbah pestisida 10 ppm tanpa penyinaran (data awal) absorbansi sebesar 1,002832

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

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

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

- Limbah pestisida 10 ppm tanpa penyinaran (30 menit) absorbansi sebesar 0,908505

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

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

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

- Limbah pestisida 10 ppm tanpa penyinaran (60 menit) absorbansi sebesar 0,998126

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

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

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

- Limbah pestisida 10 ppm tanpa penyinaran (90 menit) absorbansi sebesar 0,804675

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

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

$$\% D = 9,86\%$$

### 10 PPM UV

- Limbah pestisida 10 ppm penyinaran uv (data awal) absorbansi sebesar 0,854496

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

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

$$\% D = 4,28\%$$

- Limbah pestisida 10 ppm penyinaran uv (30 menit) absorbansi sebesar 0,860965

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

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

$$\% D = 3,56\%$$

- Limbah pestisida 10 ppm penyinaran uv (60 menit) absorbansi sebesar 0,869077

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

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

$$\% D = 2,65\%$$

- Limbah pestisida 10 ppm penyinaran uv (90 menit) absorbansi sebesar 0,852795

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

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

$$\% D = 4,47\%$$

## 20 PPM NON-UV

- Limbah pestisida 20 ppm tanpa penyinaran (data awal) absorbansi sebesar 1,492411

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

$$\% D = \frac{|2,446077 - 1,492411|}{2,446077} \times 100\%$$

$$\% D = 38,98\%$$

- Limbah pestisida 20 ppm tanpa penyinaran (30 menit) absorbansi sebesar 1,511925

$$\% D = \frac{|Co-Ct|}{Co} \times 100\%$$

$$\% D = \frac{|2,446077-1,511925|}{2,446077} \times 100\%$$

$$\% D = 38,18\%$$

- Limbah pestisida 20 ppm tanpa penyinaran (60 menit) absorbansi sebesar 1,451412

$$\% D = \frac{|Co-Ct|}{Co} \times 100\%$$

$$\% D = \frac{|2,446077-1,451412|}{2,446077} \times 100\%$$

$$\% D = 40,66\%$$

- Limbah pestisida 20 ppm tanpa penyinaran (90 menit) absorbansi sebesar 1,481626

$$\% D = \frac{|Co-Ct|}{Co} \times 100\%$$

$$\% D = \frac{|2,446077-1,481626|}{2,446077} \times 100\%$$

$$\% D = 39,42\%$$

## 20 PPM UV

- Limbah pestisida 20 ppm penyinaran uv (data awal) absorbansi sebesar 1,470913

$$\% D = \frac{|Co-Ct|}{Co} \times 100\%$$

$$\% D = \frac{|2,446077-1,470913|}{2,446077} \times 100\%$$

$$\% D = 39,86\%$$

- Limbah pestisida 20 ppm penyinaran uv (30 menit) absorbansi sebesar 1,377836

$$\% D = \frac{|Co-Ct|}{Co} \times 100\%$$

$$\% D = \frac{|2,446077-1,377836|}{2,446077} \times 100\%$$

$$\% D = 43,67\%$$

- Limbah pestisida 20 ppm penyinaran uv (60 menit) absorbansi sebesar 1,438676

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

$$\% D = \frac{|2,446077 - 1,438676|}{2,446077} \times 100\%$$

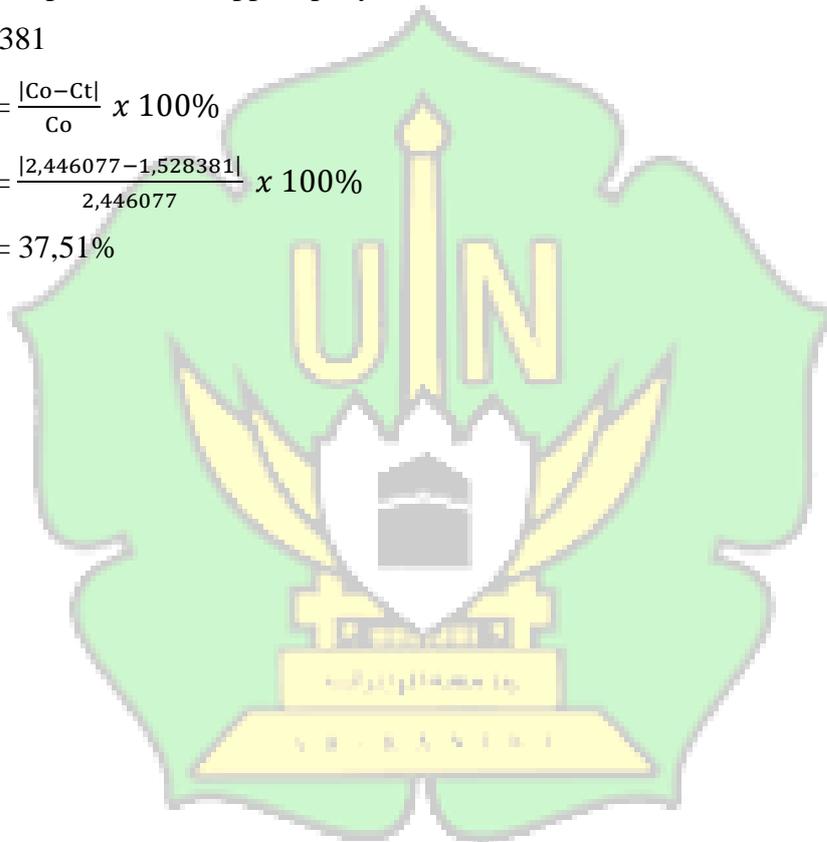
$$\% D = 41,18\%$$

- Limbah pestisida 20 ppm penyinaran uv (90 menit) absorbansi sebesar 1,528381

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

$$\% D = \frac{|2,446077 - 1,528381|}{2,446077} \times 100\%$$

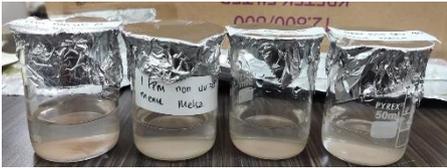
$$\% D = 37,51\%$$



### LAMPIRAN 3.

#### Dokumentasi Tahapan Penelitian

	
Tahapan preparasi pasir besi	Tahapan preparasi pasir besi
	
Tahapan sintesis pasir besi	Tahapan sintesis (pengadukan)
	
Tahapan sintesis (penyaringan)	Penggabungan magnetit-TiO <sub>2</sub>
	
Pengadukan ( <i>shakeer</i> )	Magnetit-TiO <sub>2</sub> setelah di oven

	
Magnetit-TiO <sub>2</sub> sebelum di furnance	Magnetit-TiO <sub>2</sub> setelah di furnance
	
Pembuatan sampel limbah pestisida	Limbah pestisida 1, 10 dan 20 PPM
	
Reaktor	Fotodegradasi sampel tanpa penyinaran
	
Fotodegradasi sampel sinar UV	Sampel <i>disentrifugasi</i>
	
Sampel 1 PPM non UV	Sampel 1 PPM UV

	
Sampel 10 PPM non UV	Sampel 10 PPM UV
	
Sampel 20 PPM non UV	Sampel 20 PPM UV

