

**FOTODEGRADASI PESTISIDA BERBAHAN AKTIF  
PROFENOFOS MENGGUNAKAN FOTOKATALIS  
MAGNETIT-TiO<sub>2</sub> MELALUI VARIASI pH**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Oleh:**

**SAFINA TUNNAJAH**

**NIM. 200702031**

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



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY  
BANDA ACEH  
2025 M/1446**

## **LEMBAR PERSETUJUAN**

### **FOTODEGRADASI PESTISIDA BERBAHAN AKTIF PROFENOFOS MENGGUNAKAN FOTOKATALIS MAGNETIT-TiO<sub>2</sub> MELALUI VARIASI Ph**

#### **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:

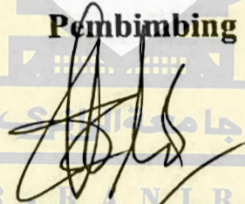
**SAFINA TUNNAJAH**

**NIM. 200702031**

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

Disetujui untuk Dimunaqasyahkan Oleh:

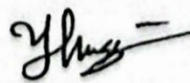
**Pembimbing**



**Dr. Sri Nengsih, S.Si., M.Sc.**

**NIP. 198508102014032002**

Mengetahui,  
**Ketua Program Studi Teknik Lingkungan**



**Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc.**

**NIP. 198311092014032002**

## LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

### FOTODEGRADASI PESTISIDA BERBAHAN AKTIF PROFENOFOS MENGGUNAKAN FOTOKATALIS MAGNETIT-TiO<sub>2</sub> MELALUI VARIASI pH

#### TUGAS AKHIR

Telah Diuji Oleh Panitia Ujian Munaqasah Tugas Akhir/Skripsi  
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh Dinyatakan Lulus  
Serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)  
dalam Teknik Lingkungan

Pada Hari/Tanggal: **Kamis, 24 April 2025**  
**25 Syawal 1146 H**

di Darussalam, Banda Aceh  
Panitia Ujian Munaqasah Tugas Akhir/Skripsi

Ketua:

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

Sekretaris:

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

Penguji I,

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

Penguji II,

**Teuku Muhammad Ashari, M.Sc.**  
**NIP. 198302022015031002**

Mengetahui:

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Ar-Raniry Banda Aceh



**Prof. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M. T., IPU**  
**NIP. 196210021988111001**

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Safina Tunnajah

NIM : 200702031

Program Studi : Teknik Lingkungan

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Skripsi : Fotodegradasi Pestisida Berbahan Aktif Profenofos Menggunakan Fotokatalis Magnetit-TiO<sub>2</sub> Melalui Variasi pH.

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 ditemukan 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, 24 April 2025

Yang Menyatakan,

A R - R A N I R Y



METERAI  
TEMPEL

BDAMX175727410

**Safina Tunnajah**  
**200702031**



## ABSTRAK

Nama : Safina Tunnajah  
Nim : 200702031  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Judul : Fotodegradasi Pestisida Berbahan Aktif Profenofos  
Menggunakan Fotokatalis Magnetik-TiO<sub>2</sub> Melalui  
Variasi pH.  
Tanggal Sidang : 24 April 2025  
Jumlah Halaman : 89 halaman  
Pembimbing : Dr. Sri Nengsih, S.Si., M.Sc.  
Kata Kunci : Fotodegradasi, Fotokatalis *magnetit*- TiO<sub>2</sub>, Pestisida  
Profenofos, pH larutan.

Pestisida merupakan komponen utama dalam pertanian modern karena efektif, mudah digunakan, dan relatif murah. Penggunaan insektisida organofosfat seperti profenofos sangat efektif, namun memiliki dampak terhadap lingkungan dan kesehatan jangka panjang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan kinerja terbaik fotokatalis *magnetit*-TiO<sub>2</sub> dalam proses fotodegradasi profenofos, serta memperoleh waktu kontak optimal pada variasi pH larutan. Penelitian ini menggunakan fotokatalis Titanium Dioksida (TiO<sub>2</sub>) jenis anatase yang dimodifikasi dengan *magnetit* Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, serta variasi pH yang digunakan adalah pH asam 3 dan 5, pH netral 7, sedangkan pH basa 9 dan 11. Hasil menunjukkan bahwa fotodegradasi meningkat seiring bertambahnya waktu kontak (30, 60, 90, 120 menit), terutama pada pH 7 dan pH 9. Fotodegradasi tertinggi dicapai pada pH 9 dengan nilai 87,56%, diikuti oleh pH 7 sebesar 85,74%, pH 3 sebesar 84,11%, pH 5 sebesar 76,59%, dan pH 11 sebesar 76,01% pada waktu kontak 120 menit. Hasil ini mendukung bahwa fotokatalis *magnetit*-TiO<sub>2</sub> efektif sebagai fotokatalis dalam proses fotodegradasi pestisida profenofos, terutama pada pH netral hingga basa khususnya pH 9.

## **ABSTRACT**

*Name : Safina Tunnajah*  
*Student ID Number : 200702031*  
*Department : Environmental Engineering*  
*Titel : Photodegradation Of Profenofos Active Pesticide Using  
Magnetic-TiO<sub>2</sub> Photocatalyst Under Varying pH  
Conditions.*  
*Date of Session : 24 April 2025*  
*Number of Pages : 89 page*  
*Advisor : Dr. Sri Nengsih, S.Si., M.Sc.*  
*Keywords : Photodegradation, magnetite-TiO<sub>2</sub> Photocatalyst,  
Pesticide Profenofos, Solution pH.*

*Pesticides are a key component in modern agriculture due to their effectiveness, ease of use, and relatively low cost. The use of organophosphate insecticides such as profenofos is highly effective; however, it poses long-term negative impacts on both the environment and human health. The aim of this study is to determine the optimal performance of magnetite-TiO<sub>2</sub> as a photocatalyst in the photodegradation process of profenofos, as well as to identify the optimal contact time under various pH conditions. This research utilizes anatase-type Titanium Dioxide (TiO<sub>2</sub>) modified with magnetite (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>), with pH variations including acidic (pH 3 and 5), neutral (pH 7), and basic (pH 9 and 11) conditions. The results indicate that photodegradation increases with longer contact times (30, 60, 90, 120 minutes), particularly at pH 7 and pH 9. The highest photodegradation was observed at pH 9 with a value of 87.56%, followed by pH 7 at 85.74%, pH 3 at 84.11%, pH 5 at 76.59%, and pH 11 at 76.01% after 120 minutes of contact time. These findings support that magnetite-TiO<sub>2</sub> is effective as a photocatalyst in the photodegradation of profenofos pesticides, specially under neutral to basic conditions, with optimal performance observed at pH 9.*

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur atas ke hadirat Allah Swt., Tuhan yang Maha Esa, karena dengan segala rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyusun tugas akhir yang berjudul “Fotodegradasi Pestisida Berbahan Aktif Profenofos Menggunakan Fotokatalis Magnetit-TiO<sub>2</sub> Melalui Variasi pH”. Tidak lupa juga selawat beserta salam kepada Nabi Muhammad saw., yang telah membimbing manusia dari alam kebodohan hingga ke alam ilmu pengetahuan yang kita rasakan saat ini.

Tugas akhir ini diselesaikan dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 1 pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh. Tugas akhir ini telah penulis selesaikan dengan sebaik-baiknya, berkat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak yang turut memperlancar proses penyusunan tugas akhir hingga selesai.

Penulis ingin mengungkapkan rasa terima kasih yang tulus dan mendalam kepada Ayahanda M. Hasballah, S.T serta Ibunda Rosmiati, AM.Keb., yang tidak hanya berperan sebagai orang tua, tetapi juga sebagai sumber inspirasi, motivasi, dan kekuatan bagi penulis. Dukungan mereka yang tak tergoyahkan, baik dalam bentuk semangat moral, nasihat berharga maupun bantuan finansial yang tiada henti, telah menjadi fondasi utama yang memungkinkan tersusunnya tugas akhir ini. Doa dan kasih sayang yang senantiasa mengiringi langkah penulis adalah cahaya yang menerangi setiap proses dan tantangan yang dihadapi. Penulis merasa beruntung dan bersyukur atas segala pengorbanan serta cinta yang tulus dari kedua orang tua tercinta. Kemudian, penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih yang sebesar besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
2. Ibu Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc., selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
3. Bapak Aulia Rohendi, S.T., M.Sc., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

4. Bapak Mulyadi Abdul Wahid, M.,Sc., selaku Dosen Pembimbing Akademik.
5. Ibu Dr. Sri Nengsih, S.Si., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing, yang selalu sabar dalam memberikan arahan serta dorongan dalam menyelesaikan tugas akhir.
6. Seluruh dosen program studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, yang tak henti-hentinya mencurahkan ilmu dan bimbingannya, baik di dalam ruang perkuliahan maupun di luar batas-batas akademik.
7. Teman-teman angkatan 2020 yang senantiasa memberikan doa, dukungan, dan inspirasi untuk tetap semangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Terakhir, kepada Wanita sederhana yang memiliki keinginan tinggi namun terkadang sulit dimengerti, yaitu diri saya sendiri Safina Tunnajah. Terimakasih telah memilih untuk tidak menyerah. Setiap langkah, kerja keras, dan dedikasi yang telah dicurahkan dalam proses ini merupakan bukti bahwa perjuangan dan keyakinan terhadap diri sendiri tidak pernah sia-sia. Untuk kedepannya raga yang kuat, hati yang selalu tegar, mari bekerjasama untuk berkembang menjadi pribadi yang jauh lebih baik lagi.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun tetap penulis harapkan untuk lebih menyempurnakan penulisan tugas akhir ini kedepannya.

Banda Aceh, 24 April 2025

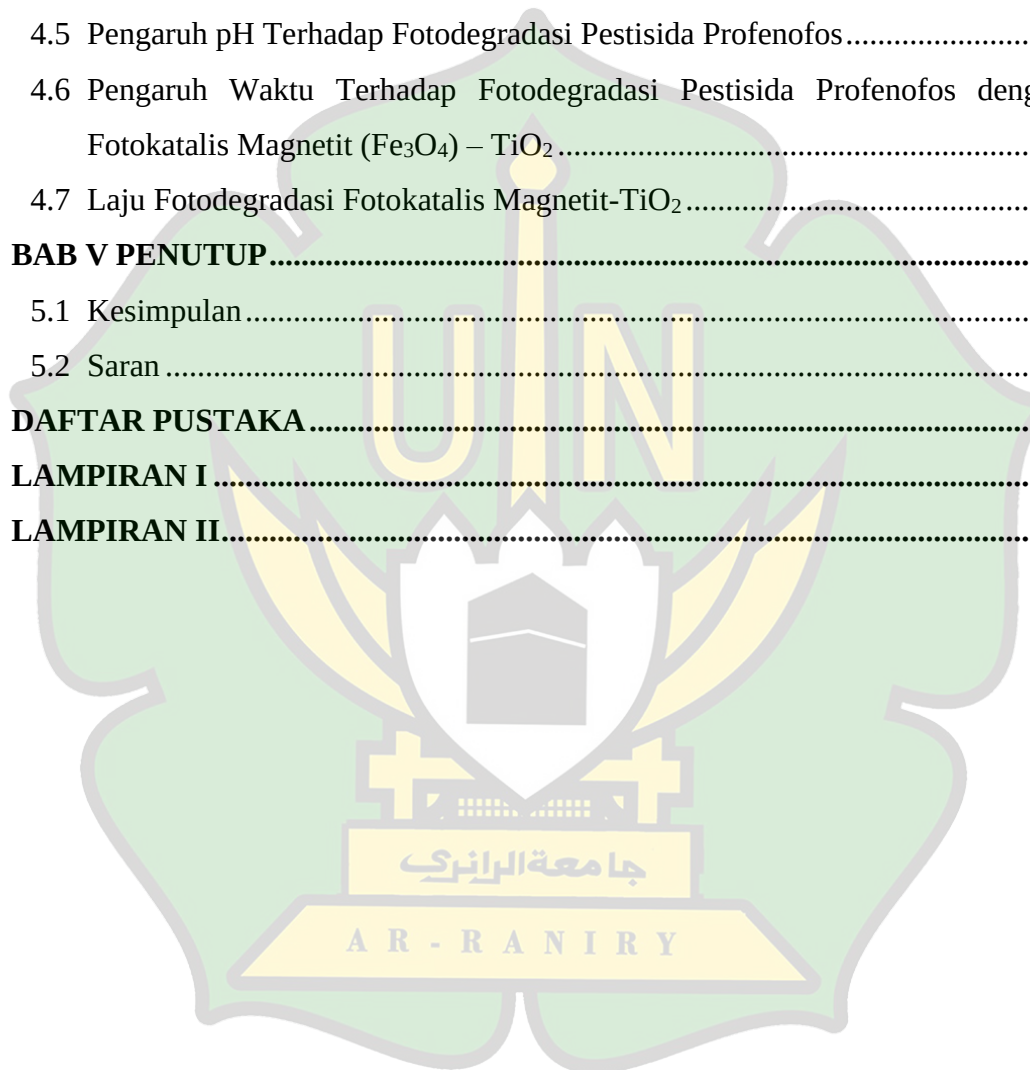
Safina Tunnajah  
200702031



## DAFTAR ISI

|                                                |             |
|------------------------------------------------|-------------|
| <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 GAMBAR.....</b>                      | <b>x</b>    |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                      | <b>xi</b>   |
| <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>                  | <b>1</b>    |
| 1.1 Latar Belakang.....                        | 1           |
| 1.2 Rumusan Masalah.....                       | 5           |
| 1.3 Tujuan Penelitian.....                     | 5           |
| 1.4 Manfaat Penelitian.....                    | 5           |
| 1.5 Batasan Penelitian.....                    | 5           |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>            | <b>7</b>    |
| 2.1 Fotodegradasi.....                         | 7           |
| 2.2 Pestisida Profenofos.....                  | 8           |
| 2.3 Magnetit-Pasir Besi .....                  | 10          |
| 2.4 Titanium Dioksida (TiO <sub>2</sub> )..... | 13          |
| 2.5 pH Larutan Dalam Fotodegradasi.....        | 15          |
| 2.6 Penelitian Terdahulu.....                  | 15          |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>          | <b>18</b>   |
| 3.1 Rancangan Penelitian.....                  | 18          |
| 3.2 Waktu dan Tempat Penelitian.....           | 18          |
| 3.2.1 Waktu Penelitian.....                    | 18          |
| 3.2.2 Lokasi Penelitian.....                   | 18          |
| 3.3 Alat dan Bahan Penelitian .....            | 20          |
| 3.3.1 Alat.....                                | 20          |
| 3.3.2 Bahan .....                              | 24          |
| 3.4 Prosedur Penelitian .....                  | 26          |
| 3.5 Diagram Alir Penelitian.....               | 33          |

|                                                                                                                                                  |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.6 Hasil Uji Pendahuluan .....                                                                                                                  | 34        |
| 3.7 Analisis Data.....                                                                                                                           | 34        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>                                                                                                          | <b>36</b> |
| 4.1 Preparasi dan Sintesis Pasir Besi .....                                                                                                      | 36        |
| 4.2 Penggabungan Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) – $\text{TiO}_2$ .....                                                                     | 37        |
| 4.3 Penentuan Spektrum Serapan Optik Larutan Pestisida Profenofos.....                                                                           | 38        |
| 4.4 Pembuatan Kurva Kalibrasi.....                                                                                                               | 38        |
| 4.5 Pengaruh pH Terhadap Fotodegradasi Pestisida Profenofos.....                                                                                 | 40        |
| 4.6 Pengaruh Waktu Terhadap Fotodegradasi Pestisida Profenofos dengan<br>Fotokatalis Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) – $\text{TiO}_2$ ..... | 41        |
| 4.7 Laju Fotodegradasi Fotokatalis Magnetit- $\text{TiO}_2$ .....                                                                                | 46        |
| <b>BAB V PENUTUP .....</b>                                                                                                                       | <b>49</b> |
| 5.1 Kesimpulan.....                                                                                                                              | 49        |
| 5.2 Saran .....                                                                                                                                  | 49        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>                                                                                                                       | <b>50</b> |
| <b>LAMPIRAN I .....</b>                                                                                                                          | <b>54</b> |
| <b>LAMPIRAN II.....</b>                                                                                                                          | <b>79</b> |

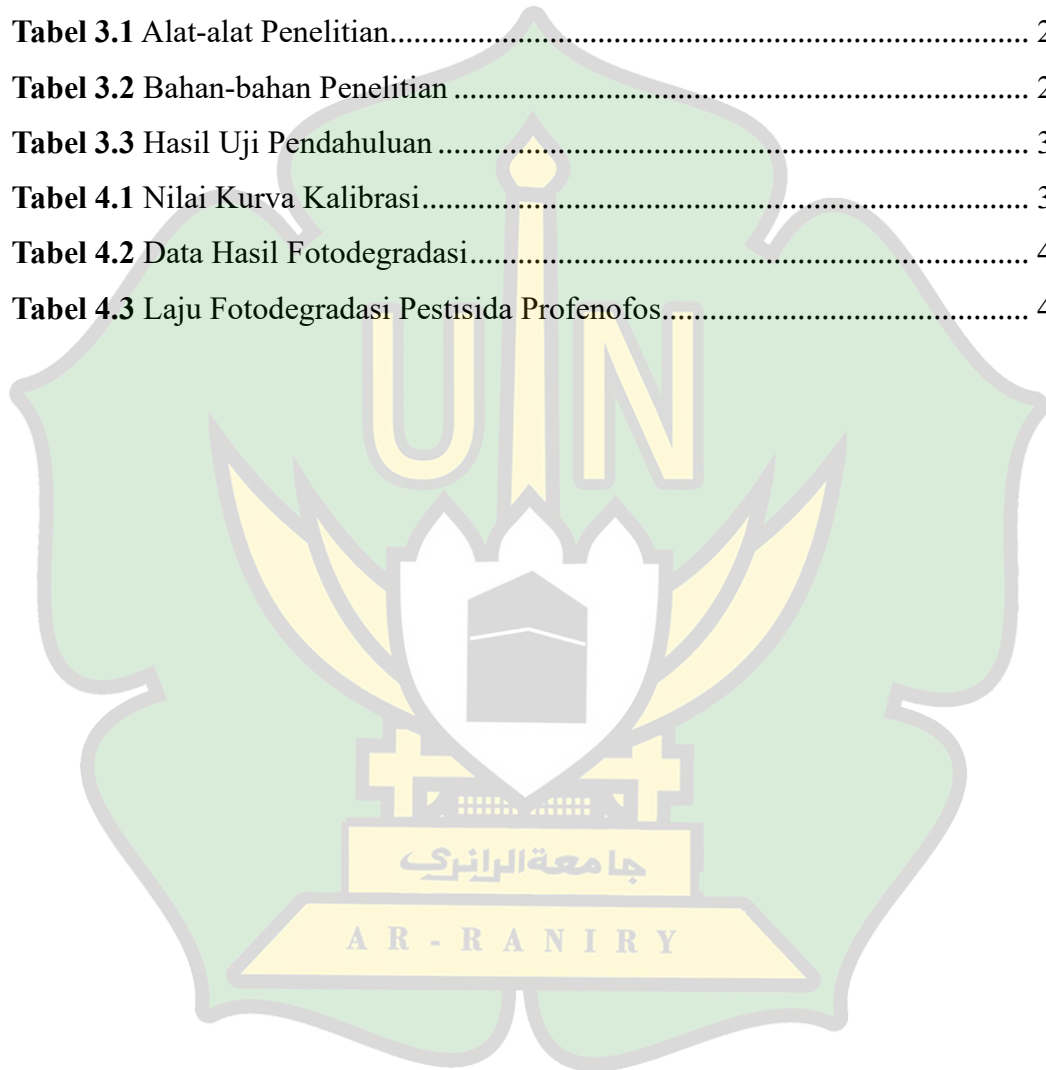


## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Gambar 2.1</b> Mekanisme Fotodegradasi .....                                                                                                                        | 7  |
| <b>Gambar 2.2</b> Struktur Kimia Profenopos .....                                                                                                                      | 10 |
| <b>Gambar 2.3</b> Struktur Kristal $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .....                                                                                                       | 12 |
| <b>Gambar 2.4</b> Jenis Kristal $\text{TiO}_2$ .....                                                                                                                   | 14 |
| <b>Gambar 3.1</b> Peta Pengambilan Pasir Besi .....                                                                                                                    | 19 |
| <b>Gambar 3.2</b> Peta Pengambilan Sampel Tanah.....                                                                                                                   | 20 |
| <b>Gambar 3.3</b> Pola Pengambilan Sampel Tanah.....                                                                                                                   | 27 |
| <b>Gambar 3.4</b> Desain Reaktor Fotodegradasi.....                                                                                                                    | 29 |
| <b>Gambar 3.5</b> Prosedur Penelitian .....                                                                                                                            | 32 |
| <b>Gambar 3.6</b> Diagram Alir Penelitian .....                                                                                                                        | 33 |
| <b>Gambar 4.1</b> A) Pasir besi alami, B) Pasir besi yang dipisahkan dengan magnet, C)<br>Pasir besi disaring menggunakan 100 mesh. ....                               | 37 |
| <b>Gambar 4.2</b> A) Magnetit pasir besi, B) $\text{TiO}_2$ anatase, C) Magnetit - $\text{TiO}_2$ , D)<br>Magnetit- $\text{TiO}_2$ yang sudah di <i>furnance</i> ..... | 37 |
| <b>Gambar 4.3</b> Spektrum Serapan Optik Larutan Standar Pestisida Profenofos .....                                                                                    | 38 |
| <b>Gambar 4.4</b> kurva kalibrasi Pestisida Profenofos.....                                                                                                            | 39 |
| <b>Gambar 4.5</b> Nilai Serapan Optik Profenofos Pada Setiap pH .....                                                                                                  | 40 |
| <b>Gambar 4.6</b> Hasil persentase fotodegradasi pH 3.....                                                                                                             | 43 |
| <b>Gambar 4.7</b> Hasil persentase fotodegradasi pH 5.....                                                                                                             | 43 |
| <b>Gambar 4.8</b> Hasil persentase fotodegradasi pH 7.....                                                                                                             | 43 |
| <b>Gambar 4.9</b> Hasil persentase fotodegradasi pH 9.....                                                                                                             | 44 |
| <b>Gambar 4.10</b> Hasil persentase fotodegradasi pH 11 .....                                                                                                          | 44 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabel 2.1</b> Sifat Fisik dan Kimia Profenofos .....                           | 9  |
| <b>Tabel 2.2</b> Sifat Fisik dan Kimia Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) ..... | 11 |
| <b>Tabel 2.3</b> Sifat Fisik dan Kimia $\text{TiO}_2$ Jenis Anatase.....          | 14 |
| <b>Tabel 2.4</b> Studi Penelitian Terdahulu.....                                  | 15 |
| <b>Tabel 3.1</b> Alat-alat Penelitian.....                                        | 20 |
| <b>Tabel 3.2</b> Bahan-bahan Penelitian .....                                     | 24 |
| <b>Tabel 3.3</b> Hasil Uji Pendahuluan .....                                      | 34 |
| <b>Tabel 4.1</b> Nilai Kurva Kalibrasi.....                                       | 39 |
| <b>Tabel 4.2</b> Data Hasil Fotodegradasi.....                                    | 41 |
| <b>Tabel 4.3</b> Laju Fotodegradasi Pestisida Profenofos.....                     | 46 |





# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia mengalami peningkatan populasi dari tahun ke tahun. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia pada tahun 2024, jumlah penduduk Indonesia mencapai 281.603.800 jiwa, yang di mana sebagian besar dari mereka bekerja di sektor pertanian. Sektor pertanian memiliki peran penting dalam memajukan ekonomi dan memastikan ketersediaan pangan. Namun, produktivitas pertanian seringkali terancam oleh serangan hama, penyakit tanaman yang dapat menyebabkan kerugian besar dalam hasil panen. Pestisida menjadi salah satu solusi yang umum digunakan dalam pertanian untuk mengendalikan permasalahan tersebut (Prabaningrum & Moekasan, 2021)

Pestisida menjadi input utama pertanian modern, karena dianggap efektif, mudah digunakan dan relatif murah. Terdapat beberapa jenis pestisida yang sering digunakan oleh petani yaitu herbisida, insektisida dan fungisida (Setiawan dkk. 2024). Insektisida golongan organofosfat seperti profenofos merupakan pestisida yang paling efektif memberantas hama pada lahan pertanian sayuran dan buah-buahan (Ginting, Sasmita, dan Yenie 2019). Penggunaan pestisida kimia dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan akibat adanya residu pestisida yang tertinggal didalam tanah seperti meracuni organisme non-target, mencemari sumber air, masuk ke dalam rantai makanan sehingga dapat meracuni konsumen (Wahyuni dkk. 2019). Residu pestisida menimbulkan efek yang bersifat tidak langsung terhadap konsumen, namun dalam jangka panjang dapat menyebabkan gangguan kesehatan diantaranya berupa gangguan pada sistem saraf dan metabolisme enzim (Maulana dkk., 2023).

Pada hasil survei lapangan, peneliti mendapatkan bahwa petani sayuran di Desa Lamsabang, Kecamatan Kuta Baro, Aceh Besar menggunakan pestisida dengan merek dagang Curacron berbahan aktif profenopos dan Decis berbahan aktif deltametrin yang termasuk ke dalam insektisida untuk membunuh hama. Pestisida Decis memiliki konsentrasi 25 EC (*emulsifiable concentrate*) sedangkan

Curacron memiliki konsentrasi 500 EC. Peneliti akan berfokus pada penggunaan pestisida Curacron yang memiliki konsentrasi lebih tinggi dan berbahan aktif profenofos. Berdasarkan hasil uji pendahuluan kadar pestisida berbahan aktif profenofos yang tertinggal pada tanah memiliki nilai sebesar 0,37 mg/kg, dapat dilihat pada tabel 3.4.

Penggunaan pestisida profenofos cukup sering dilakukan pada lahan pertanian, tidak ada pembagian waktu tertentu, jika setelah disemprotkan hama masih ada maka akan disemprotkan kembali, tetapi terkadang disemprotkan 3 hari sekali. Meskipun banyak manfaat yang diperoleh dalam penggunaan pestisida, namun penggunaan pestisida terus menerus dengan dosis yang tidak sesuai aturan akan mengakibatkan pencemaran serta mengganggu keseimbangan alam (Pratiwi & Asri, 2022). Batas Maksimum Residu (BMR) yang diizinkan 0,05 ppm pada tanah (Widyanti, 2018). Oleh karena itu, perlu dilakukan pengawasan terhadap penggunaan pestisida melalui pemenuhan nilai batas maksimum residu (BMR) sehingga dapat menjamin keamanan pangan dengan cara membatasi kadar residu pestisida (Umayah dan Wagiyanti 2021). Selain itu, tanah yang terkena pestisida terus menerus dapat menyebabkan unsur hara di dalam tanah berkurang, padahal pH tanah sangat penting untuk diperhatikan karena larutan tanah mengandung unsur hara seperti nitrogen (N), kalium (K) dan fosfor (P), dimana tanaman membutuhkan dalam jumlah tertentu untuk tumbuh (Anggara dkk. 2021)

Saat ini sudah banyak upaya yang dilakukan untuk mengurangi pencemaran pestisida, salah satu metode alternatif yang lebih ramah lingkungan yaitu melalui proses fotodegradasi yang menggunakan bantuan sinar UV dan katalis (Rahma dkk., 2023). Fotodegradasi merupakan proses penguraian senyawa organik menjadi komponen yang lebih sederhana. Fotodegradasi tersebut dapat menghancurkan zat beracun sepenuhnya tanpa menghasilkan limbah sekunder (Shanaah dkk. 2023). Fotokatalis didefinisikan sebagai kombinasi proses fotokimia dan katalis, yaitu suatu proses transformasi kimia yang memanfaatkan foton sebagai sumber energi dan katalis sebagai pemercepat laju transformasi. Proses ini bergantung pada kemampuan ganda dari material semikonduktor seperti ( $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CdS}$ ,  $\text{ZnS}$ ) (Adnan dkk., 2021).

Pada penelitian ini dilakukan fotodegradasi dengan waktu kontak 30, 60, 90, dan 120 menit. Fotokatalis yang digunakan yaitu Titanium Dioksida ( $\text{TiO}_2$ ) jenis anatase yang memiliki berbagai keunggulan diantaranya, memiliki kestabilan yang tinggi, ketahanan terhadap korosi, ketersediaan yang melimpah di alam, dan harga yang relatif murah (Adnan dkk, 2021). Proses fotokatalitik pada  $\text{TiO}_2$  diawali dengan absorpsi energi foton oleh fotokatalis, yang menyebabkan terjadinya pemisahan muatan atau fotoeksitasi dalam semikonduktor (Enriyani, Zulfikar, dan Alni 2020). Material semikonduktor  $\text{TiO}_2$  telah banyak dimanfaatkan dalam proses fotokatalisis karena sifatnya yang stabil dan tidak berbahaya. Namun, kemampuannya dalam menyerap sinar tampak sangat terbatas (hanya 5%) karena memiliki band gap yang tinggi (anatase 3,2 eV dan rutile 3,0 eV) sehingga memiliki efisiensi fotokatalitik yang rendah (Adhaina, Hindryawati, dan Koesnarpadi 2020).

Salah satu modifikasi terbaru pada  $\text{TiO}_2$  adalah penambahan sifat magnetik pada fotokatalis  $\text{TiO}_2$ . Modifikasi ini memungkinkan fotokatalis padat dapat dipisahkan dari larutannya dengan mudah menggunakan medan magnet eksternal. Fotokatalis magnetik ini diperoleh dengan cara melapiskan  $\text{TiO}_2$  pada material magnetik. Pada hasil penelitian Pradipta dkk., (2021) penggunaan nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{TiO}_2$  sebagai fotokatalitik menunjukkan bahwa nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{TiO}_2$  memiliki kemampuan reduksi yang baik dan dapat dipisahkan dari medium cair dengan menggunakan medan magnet eksternal dibandingkan dengan  $\text{TiO}_2$  tanpa campuran. Fotokatalis nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{TiO}_2$  memiliki persentase mencapai 98,4% (Fauzi, 2023).

Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) merupakan salah satu senyawa kimia yang mengandung besi dan oksigen dengan kekuatan tertinggi di antara oksida besi lainnya. Nanopartikel berwarna hitam ini memiliki sifat superparamagnetisme, dengan daya tarik kuat terhadap magnet serta ukuran partikel yang sangat kecil dan luas permukaan yang besar dalam skala nanometer. Kemampuan tersebut menjadikan magnetit sering dimanfaatkan sebagai absorben untuk menghilangkan berbagai kation logam berat dan limbah cair (Riyana dkk. 2022). Pada penelitian ini magnetit yang digunakan ialah pasir Anoi Itam Kota Sabang yang memiliki karakteristik berwarna abu-abu gelap atau kehitaman. Warna gelap pada pasir tersebut dapat dikatakan bahwa adanya kandungan mineral besi (Fe). Kandungan tersebut

terbentuk karena proses penghacuran oleh cuaca, air permukaan dan gelombang terhadap batuan asal yang mengandung mineral besi seperti magnetit, ilmenit, oksida besi, kemudian terakumulasi serta tercuci oleh gelombang air laut. Hasilnya endapan pasir besi yang kaya akan partikel-partikel besi dapat di manfaatkan untuk berbagai keperluan (Prasetyowati dkk., 2021). Magnetit dapat disintesis menggunakan beberapa metode, tetapi yang paling umum digunakan adalah metode kopresipitasi (Rahmayanti 2020).

Faktor utama yang mempengaruhi laju fotodegradasi beberapa polutan senyawa organik salah satunya adalah nilai pH, karena nilai pH menentukan sifat muatan permukaan fotokatalis dan ukuran agregat yang dibentuknya. pH awal larutan merupakan salah satu parameter paling berpengaruh dalam proses fotokatalitik, karena dapat memengaruhi degradasi senyawa pewarna dengan mengubah karakteristik muatan permukaan fotokatalis dan menentukan tingkat ionisasi permukaan fotokatalis tersebut. Secara umum, setiap fotokatalis memiliki aktivitas yang berbeda dalam reaksi fotokatalitik, bergantung pada sifat polutan dan katalis pada pH yang berbeda. Namun, pengaruh pH pada proses fotodegradasi sulit diinterpretasikan karena perannya yang kompleks. Nilai pH memengaruhi kapasitas disosiasi senyawa, distribusi muatan pada permukaan katalis, dan potensi oksidasi pada pita valensi katalis (Hanafi dan Sapawe, 2020).

Penelitian sebelumnya tentang fotodegradasi telah banyak dilakukan seperti yang dilakukan oleh Aminullah dkk., (2019) yang mana dari hasil penelitian menunjukkan zat pewarna (Remazol Yellow FG) terdegradasi meningkat dengan semakin besarnya massa fotokatalis. Didapatkan massa katalis  $\text{TiO}_2$  optimal yaitu pada 100 mg dan Remazol Yellow terdegradasi sebesar 99,88%. Penelitian juga dilakukan oleh Khoiriah dkk., (2019) tentang pengaruh pH larutan awal terhadap degradasi pestisida diazinon, dikatakan bahwa konsentrasi awal diazinon 18 mg/l dan 12 mg katalis dengan waktu penyinaran selama 150 menit. Persen degradasi meningkat dari 37,09% hingga 61,58% pada pH 3 sampai 7 dan terjadi penurunan pada pH 11, sehingga dapat disimpulkan bahwa pH optimum diazinon terdegradasi secara fotokatalis sinar matahari pada pH 7. Penelitian ini akan berfokus pada variasi pH larutan dalam fotodegradasi pestisida profenofos menggunakan fotokatalis magnetit- $\text{TiO}_2$ .



## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, adapun rumusan masalah dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kemampuan kinerja fotokatalis magnetit-TiO<sub>2</sub> dalam fotodegradasi profenofos pada variasi pH larutan?
2. Bagaimana laju fotodegradasi profenofos menggunakan fotokatalis magnetit-TiO<sub>2</sub> terhadap waktu kontak pada variasi pH larutan?

## 1.3 Tujuan Penelitian

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

1. Untuk menentukan kinerja fotokatalis magnetit-TiO<sub>2</sub> terbaik dalam fotodegradasi profenofos pada variasi pH larutan.
2. Untuk mendapatkan waktu kontak optimal dalam laju fotodegradasi profenofos menggunakan fotokatalis magnetit-TiO<sub>2</sub> pada variasi pH.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dapat membantu mengidentifikasi efektivitas fotokatalis magnetit-TiO<sub>2</sub> dalam mendegradasi senyawa profenofos serta menentukan kondisi pH dan waktu kontak yang optimal untuk meningkatkan efesiensi proses fotodegradasi. Selain itu, hasil penelitian ini juga memberikan kontribusi terhadap pemahaman mekanisme fotokatalitik serta menjadi dasar ilmiah bagi pengembangan teknologi pengolahan tanah tercemar yang berkelanjutan dan dapat diterapkan dalam skala lebih luas di masa mendatang.

## 1.5 Batasan Penelitian

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

1. Pestisida yang digunakan memiliki nama dagang Curacron berbahan aktif profenopos yang merupakan pestisida terbanyak yang digunakan oleh petani sayuran di Desa Lamsabang.



2. Bahan fotokatalis yang digunakan adalah  $\text{TiO}_2$  jenis anatase, dikarenakan jenis ini bekerja lebih baik dengan bantuan sinar ultraviolet dan relatif murah.
3. Pasir besi yang digunakan sebagai magnetit diambil dari Pantai Anoi Itam, Kota Sabang karena memiliki sifat magnetit yang bagus dibandingkan daerah lainnya yang memiliki sumber pasir besi di Aceh (Nengsih, 2021).
4. Rentang pH yang akan di variasikan adalah asam (3 dan 5), netral (7) dan basa (9 dan 11).
5. Waktu kontak yang digunakan adalah 30, 60, 90, dan 120 menit.

