

**PENGARUH EFEK pH DALAM MENDEGRADASI ZAT
WARNA METILEN BIRU MENGGUNAKAN FOTOKATALIS
*MAGNETIT-TiO₂***

TUGAS AKHIR

Diajukan oleh:

SAINUR FATIKHIN

NIM. 190702030

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



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2024 M/1442 H**

LEMBAR PERSETUJUAN

**PENGARUH EFEK pH DALAM MENDEGRADASI ZAT WARNA
METILEN BIRU MENGGUNAKAN FOTOKATALIS *MAGNETIT-TiO₂*
TUGAS AKHIR**

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana dalam Teknik lingkungan

Diajukan Oleh:

SAINUR FATIKHIN

NIM.190702030

Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan

Banda Aceh, 3 Juli 2024

Telah Diperiksa dan Disetujui Oleh:

Pembimbing I

Sri Nengsih, S.Si., M.Sc

NIDN. 2010088501

Pembimbing II

Arief Rahman, M.T

NIDN. 2010038901

Mengetahui,

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

Husnawati Yahya, M.Sc

NIDN. 2009118301

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**PENGARUH EFEK pH DALAM MENDEGRADASI ZAT WARNA
METILEN BIRU MENGGUNAKAN FOTOKATALIS $MAGNETIT-TiO_2$**

TUGAS AKHIR

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

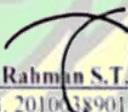
Pada Hari/Tanggal. Selasa/16 Juli 2024
Selasa/10 Muharram 1446

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

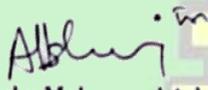
Ketua


Sri Nengsih, S.Si., M.Sc
NIDN. 2010088501

Sekretaris


Arief Rahman S.T., M.T
NIDN. 2010028901

Penguji I


Teuku Muhammad Ashari, M. Sc
NIDN. 230005660

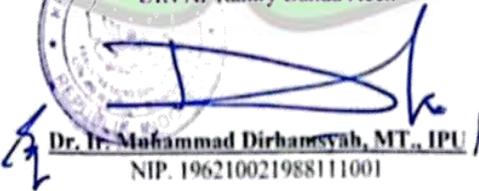
Penguji II


Dr. Ir. Juliansyah Harahap, S.T. M.Sc.
NIDN. 2031078204

AR-RANIRY

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Ar-Raniry Banda Aceh


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

KATA PENGANTAR

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

Syukur *Alhamdulillah*, berkat petunjuk dan pertolongan Allah Swt penulis dapat menyelesaikan Tugas akhir dengan judul “Pengaruh Efek pH Dalam Mendegradasi Zat Warna Metilen Biru Menggunakan Fotokatalis *Magnetit-TiO₂*“

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Lingkungan pada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

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

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

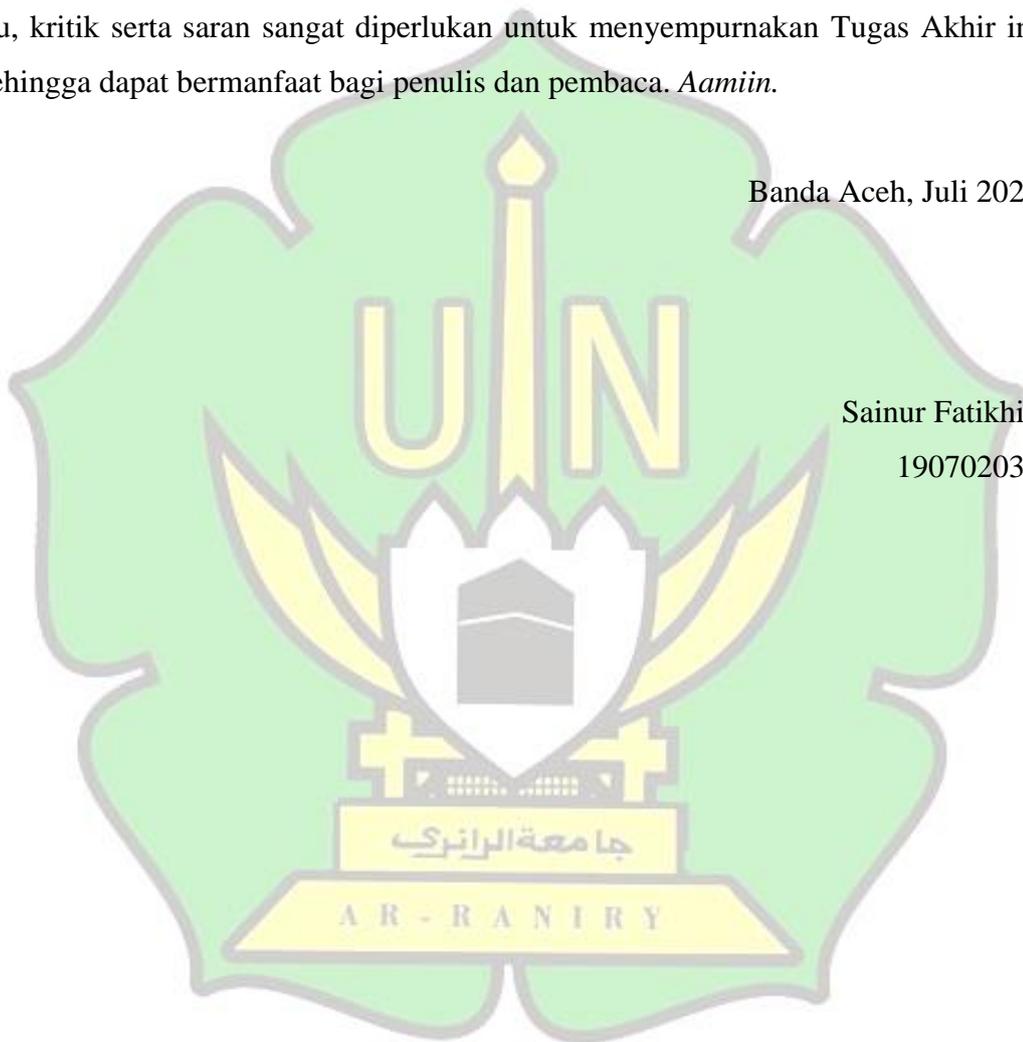
1. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islma Negeri Ar-Raniry.
2. Ibu Husnawati Yahya, M.Si. selaku Ketua Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh sekaligus dosen pembimbing akademik penulis.
3. Bapak Aulia Rohendi, S.T., M.Dc, Selaku Sekretaris Prodi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

4. Ibu Sri Nengsih, M.Sc, Selaku Dosen Pembimbing yang telah berkenan memberikan nasehat serta arahan agar proposal tugas akhir ini disusun dengan sebaik mungkin.
5. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan seluruhnya yang telah membantu dalam proses penulisan Tugas akhir ini.

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

Banda Aceh, Juli 2024

Sainur Fatikhin
190702030



ABSTRAK

Nama : Sainur Fatikhin
Nim : 190702030
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Pengaruh Efek pH Dalam Mendegradasi Zat Warna Metilen Biru Menggunakan Fotokatalis *Magnetit-TiO₂*
Tanggal Sidang : 16 Juli 2024
Jumlah Halaman : 69 Halaman
Pembimbing I : Sri Nengsih, M. Sc.
Pembimbing II : Arief Rahman, M. T.
Kata Kunci : Fotodegradasi, metilen biru, pH, Katalis *Magnetit-TiO₂*

Titanium dioksida (TiO_2) dikenal sebagai material yang baik untuk degradasi polutan lingkungan karena aktivitas fotokatalitisnya tinggi, tidak beracun, stabil dalam larutan air, dan berbiaya rendah. Magnetit merupakan salah satu mineral yang terdapat dalam pasir besi, mineral ini mengandung unsur besi (Fe) dan oksigen (O_2) dengan rumus kimia Fe_3O_4 . Penelitian ini bertujuan untuk menentukan hasil sintesis magnetit- TiO_2 dengan metode kopresipitasi serta mengetahui kemampuan fotodegradasinya terhadap variasi pH larutan limbah metilen biru dan karakteristiknya melalui pengujian XRD, SEM, dan VSM. Hasil karakterisasi katalis *magnetit-TiO₂* dilakukan menggunakan XRD untuk mengidentifikasi dan menentukan struktur nanopartikel dimana hasil puncak dengan sudut 2θ sekitar $25,22^\circ$ dan $48,46^\circ$. VSM untuk melihat analisa sifat magnetik fotokatalisnya dengan hasil nilai H_c yaitu -0.0218T yang menunjukkan feromagnetik. SEM untuk melihat morfologi dari *magnetit + TiO₂* dimana ukuran yang didapat tergolong mikrometer. Metilen biru dengan berbagai konsentrasi berhasil terdegradasi menggunakan katalis *magnetit-TiO₂* pada pH 3, 5, 7, 9, dan 11. Nilai maksimum yang didapatkan mencapai 71,12% pada pH 11, dengan waktu kontak 90 menit. Dapat disimpulkan bahwa pH berpengaruh pada proses degradasi menggunakan katalis magnetit- TiO_2 , sehingga dapat membuktikan bahwa *magnetit-TiO₂* mampu mendegradasi zat warna metilen biru.

ABSTRACT

Name : Sainur Fatikhin
Student ID Number : 190702030
Department : Environmental Engineering
Title : Influence of pH Effect in Degrading Methylene Blue Dyes
Using Magnetite-TiO₂ Photocatalyst
Date of Session : Juli 16, 2024
Number of Pages : 69 page
Advisor I : Sri Nengsih, M. Sc.
Advisor II : Arief Rahman, M. T.
Keywords : Photodegradation, methylene blue, pH, magnetite-TiO₂

Titanium dioxide (TiO₂) is known as a good material for the degradation of environmental pollutants because of its high photocatalytic activity, non-toxicity, stability in aqueous solutions, and low cost. Magnetite is one of the minerals found in iron sand, this mineral contains the elements iron (Fe) and oxygen (O₂) with the chemical formula Fe₃O₄. This research aims to determine the results of the synthesis of magnetite-TiO₂ using the coprecipitation method and determine its photodegradation ability against variations in the pH of the methylene blue waste solution and its characteristics through XRD, SEM and VSM testing. The results of the characterization of the magnetite-TiO₂ catalyst were carried out using VSM to see the analysis of the magnetic properties of the photocatalyst with the H_c value being -0.0218T which indicates ferromagnetism. SEM to see the morphology of magnetite + TiO₂ where the size obtained is classified as micrometers. Methylene blue with various concentrations was successfully degraded using a magnetite-TiO₂ catalyst at pH 3, 5, 7, 9, and 11. The maximum value obtained reached 71.12% at pH 11, with a contact time of 90 minutes. It can be concluded that pH influences the degradation process using the magnetite-TiO₂ catalyst, so it can prove that magnetite-TiO₂ is capable of degrading methylene blue dye.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	v
BAB I PENDAHULUAN.....	9
1.1. Latar Belakang	9
1.2. Rumusan Masalah	11
1.3. Tujuan Penelitian.....	12
1.4. Manfaat Penelitian.....	12
1.5. Batasan Penelitian	12
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	13
2.1 Fotokatalis	13
2.2 Zat Warna Metilen Biru.....	14
2.3 Pengaruh pH Pada Proses Fotokatalis	15
2.4 Fotodegradasi	16
2.5 <i>Magnetit</i> -Pasir Besi	17
2.6 <i>Titanium Dioksida (TiO₂)</i>	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Rancangan Penelitian	21
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	21
3.3 Alat dan bahan.....	23
3.3.1 Alat.....	23
3.3.2 Jenis penelitian.....	27
3.4 Prosedur Eksperimen.....	27
3.4.1 Preparasi Pasir Besi	27
3.4.2 Sintesis Pasir Besi.....	28
3.4.3 Penggabungan <i>Magnetit-TiO₂</i>	28
3.4.4 <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	28
3.4.5 <i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i>	29
3.4.6 <i>Vibrating sampel magnetometer (VSM)</i>	29

3.4.7 Fotodegradasi.....	29
3.4.8 Desain Reaktor.....	29
3.4.9 Uji Pengaruh pH pada limbah Metilen Biru terhadap degradasi fotokatalis <i>magnetit-TiO₂</i>	30
3.5 Analisis Data	31
3.5.1 <i>Efektifitas</i>	31
3.5.2 <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	31
3.5.3 <i>Vibrating sampel magnetometer (VSM)</i>	31
BAB IV	32
HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1 Sintesis dan Proses Preparasi Pasir Besi	32
4.2 Karakterisasi Magnetit dan TiO ₂ dengan <i>X-ray diffraction (XRD)</i>	33
4.3 Pengaruh Waktu Penyinaran Dari Proses Degradasi Menggunakan Rasio <i>Magnetit-TiO₂</i>	36
4.4 Penentuan Panjang Gelombang Zat Warna Metilen Biru Sebelum Degradasi	37
4.5 Pengaruh pH Terhadap Degradasi Metilen Biru	37
4.6 Optimasi Waktu Degradasi Zat Warna Metilen Biru	38
4.7 Laju Degradasi Terhadap Waktu Pada Fotokatalis <i>Magnetit-TiO₂</i>	43
BAB V.....	46
PENUTUP.....	46
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN.....	53

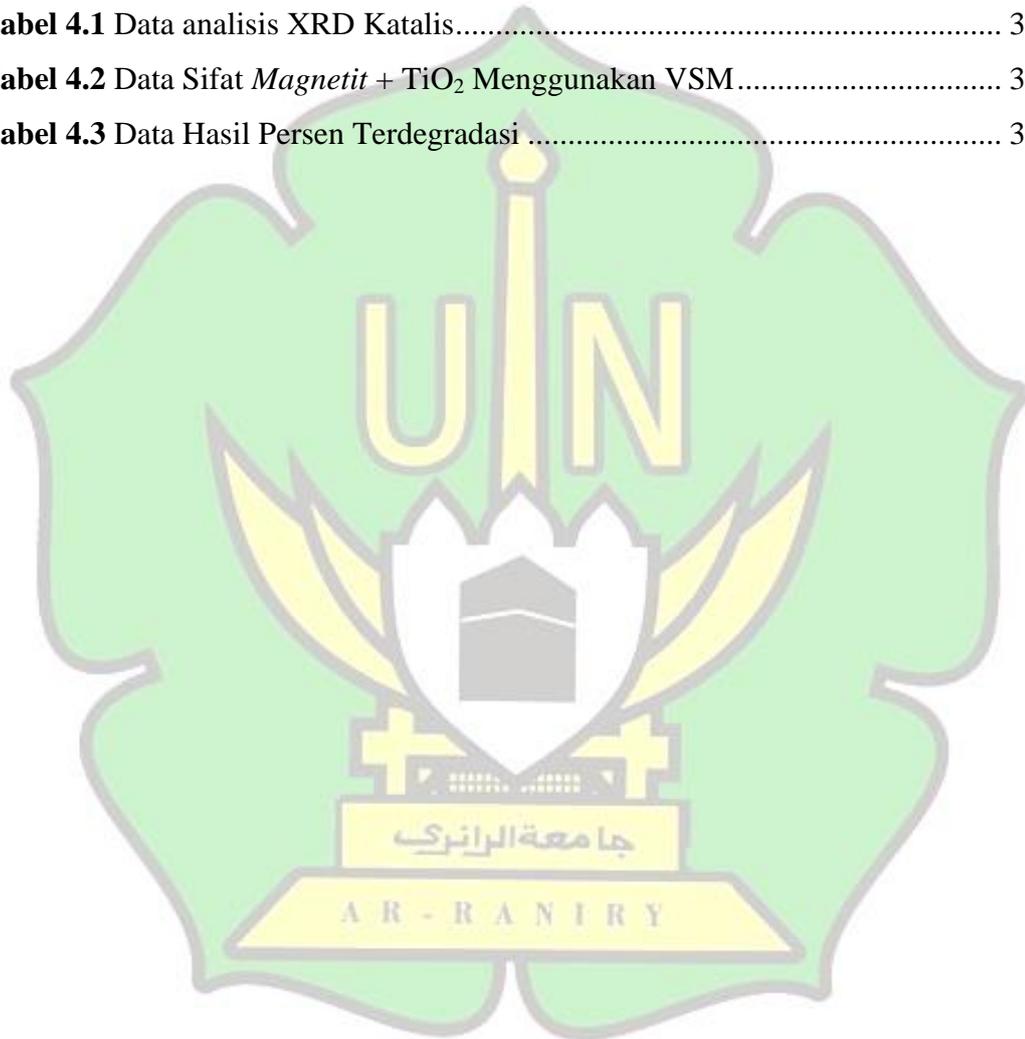
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema dari proses fotokatalis	14
Gambar 2.2 Struktur Metilen Biru.....	15
Gambar 2.3 Mekanisme Kinerja Fotodegradasi Menggunakan Fotokatalis	17
Gambar 3.1 Peta Lokasi Pengambilan Sampel.....	13
Gambar 3.2 Gambar Reaktor Fotodegradasi	17
Gambar 3.3 Diagram Alir Prosedur Penelitian.....	20
Gambar 4.1 Perbandingan Difraktogram TiO_2 dan <i>magnetit</i>	33
Gambar 4.2 <i>Magnetit</i> + TiO_2	35
Gambar 4.3 Sampel <i>Magnetit</i> - TiO_2	36
Gambar 4.4 Panjang Gelombang Maksimum Metilen Biru	37
Gambar 4.5 Nilai MB pada setiap pH	38
Gambar 4.6 Grafik Hasil Persen Terdegradasi Katalis pH 3.....	40
Gambar 4.7 Grafik Hasil Persen Terdegradasi Katalis pH 5.....	40
Gambar 4.8 Grafik Hasil Persen Terdegradasi Katalis pH 7.....	41
Gambar 4.9 Grafik Hasil Persen Terdegradasi Katalis pH 9.....	41
Gambar 4.10 Grafik Hasil Persen Terdegradasi Katalis pH 11.....	42



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Data Penelitian Terdahulu	19
Tabel 3.1 Alat-alat Dalam Penelitian	23
Tabel 3.2 Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian	26
Tabel 4.1 Data analisis XRD Katalis	34
Tabel 4.2 Data Sifat <i>Magnetit</i> + TiO ₂ Menggunakan VSM	35
Tabel 4.3 Data Hasil Persen Terdegradasi	39



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pencemaran air limbah yang berasal dari industri merupakan permasalahan lingkungan yang dominan. Limbah cair yang tidak diolah dan dikelola akan berdampak buruk terhadap perairan, khususnya sumber daya air. Industri tekstil dan produk tekstil merupakan salah satu bidang yang sangat berkembang di Indonesia. Perkembangan industri tekstil berbanding lurus dengan masalah serius yang ditimbulkan bagi lingkungan, terutama masalah yang diakibatkan oleh limbah cair yang dihasilkan. Salah satu limbah cair yang biasanya dihasilkan oleh industri tekstil adalah limbah zat warna. Umumnya Limbah zat warna yang dihasilkan dari industri tekstil merupakan senyawa organik non-biodegradable, yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan terutama lingkungan perairan (Marwick, 2006).

Limbah cair dari industri tekstil umumnya masih mengandung zat warna yang berbahaya. Salah satu limbah zat warna yang dihasilkan dari industri tekstil umumnya merupakan senyawa organik non-biodegradable, yang menyebabkan pencemaran lingkungan terutama lingkungan perairan. Limbah tersebut merupakan limbah cair yang memiliki warna pekat, umumnya berasal dari sisa zat warna yang merupakan suatu senyawa kompleks aromatik yang sulit didegradasi, sehingga keberadaannya di lingkungan dapat menjadi sumber penyakit (Muamar *et al.*, 2020). Zat warna biasanya merupakan struktur molekul aromatik kompleks yang membuat mereka sangat tahan terhadap biodegradasi dengan proses perlakuan oksidasi fisik dan biologis konvensional (Amelia, 2017). Zat warna yang sering digunakan pada industri tekstil ialah *metilen biru* yang merupakan senyawa aromatik heterosiklik kationik. Menurut Permen LHK No 5 tahun 2014 tentang baku mutu limbah cair, konsentrasi metilen biru yaitu 5-10 mg/L.

Mengingat akibat yang dihasilkan oleh pewarna tekstil *metilen biru* terhadap lingkungan dan makhluk hidup di dalamnya, di perlukan berbagai usaha untuk mengurangi limbah pewarna tersebut. Suatu metode yang tepat untuk

pengolahan zat warna tekstil tersebut ialah metode fotodegradasi. Fotodegradasi adalah suatu proses perubahan/pemecahan senyawa organik dengan bantuan foton (Asri, 2022). Semakin pesatnya industri yang menghasilkan limbah cair warna maka diperlukan suatu bahan kimia yang mampu mempercepat proses reaksi dalam pengolahan limbah sehingga produk secara cepat dan ramah lingkungan. Salah satu reaksi kimia tersebut adalah fotokatalis yang merupakan salah satu cara alternatif untuk menangani masalah pencemaran zat warna. Pada dekade terakhir ini senyawa titanium dioksida (TiO_2) telah menjadi pusat perhatian dari beberapa peneliti dan secara intensif telah diaplikasikan sebagai senyawa katalis alternatif untuk mendegradasi polutan organik pada air yang terkontaminasi oleh bahan pencemar berupa zat warna, hidrokarbon, pestisida dan sel mikroba patogen (Znaidi *et al.*, 2001).

Titanium dioksida (TiO_2) dikenal sebagai material yang baik untuk degradasi polutan lingkungan karena aktivitas fotokatalitisnya tinggi, tidak beracun dan stabil dalam larutan air serta biaya yang relatif rendah (Tian *et al.*, 2009). Menurut (Sunardi, 2017) TiO_2 merupakan fotokatalis yang memiliki kemampuan bagus dalam proses fotodegradasi zat warna. Namun, kemampuan adsorpsi TiO_2 memiliki kekurangan dalam proses fotodegradasi. Akan tetapi, kekurangan TiO_2 dalam proses fotokatalis dapat di minimalis dengan bantuan pasir besi. Hal ini sesuai dengan penelitian (Wardhani, 2018) terkait penambahan pasir besi dan TiO_2 . Upaya untuk meningkatkan aktivitas fotokatalitik dari TiO_2 ini perlu digabungkan dengan adsorben seperti pasir besi.

Pasir besi adalah jenis pasir yang memiliki kandungan besi yang cukup signifikan. Umumnya, pasir besi berwarna abu-abu gelap atau hitam. Dalam endapan pasir besi, terdapat mineral-mineral seperti magnetit, hematit dan maghemit. Magnetit sendiri merupakan salah satu mineral yang terdapat dalam pasir besi, mineral ini mengandung unsur besi (Fe) dan oksigen (O_2) dengan rumus kimia Fe_3O_4 . Untuk dapat memperoleh mineral *magnetit* Fe_3O_4 diperlukan proses pemurnian pada pasir besi. Metode pemurnian pasir besi dilakukan dengan cara mengekstraksi pasir besi menggunakan magnet. Salah satu teknik yang dapat diterapkan dalam pembuatan nanopartikel magnetit adalah melalui reaksi padat-

cair, dimana metode kopresipitasi merupakan salah satu caranya (Mira *et al.*, 2019).

Metode kopresipitasi merupakan proses kimia yang membawa suatu zat terlarut kebawah sehingga terbentuk endapan yang dikehendaki. Metode kopresipitasi adalah salah satu teknik sintesis senyawa anorganik yang didasarkan pada pengendapan lebih dari satu zat secara bersamaan ketika melewati titik jenuh (Astuti, 2015). Kelebihan metode ini adalah prosesnya menggunakan suhu rendah dan mudah untuk mengontrol ukuran partikel sehingga waktu yang dibutuhkan relatif singkat (Simamora *et al.*, 2016).

Secara umum perubahan pH akan mempengaruhi sifat dari suatu permukaan katalis sehingga akan mempengaruhi degradasi senyawa organik (Ghofur *et al.*, 2014). Pada penelitian (Bubacz, 2010) menunjukkan bahwa pada rentang pH antara 7-11 merupakan yang terbaik dalam mendegradasi limbah zat warna, sehingga variasi pH sangat berpengaruh pada proses fotokatalis.

Dalam penelitian ini dilakukan sintesis *magnetit*-TiO₂ menggunakan metode kopresipitasi dengan variasi pH. Untuk mengetahui karakteristik dari *magnetit*-TiO₂ akan dilakukan dengan beberapa pengujian yaitu uji XRD (*X-Ray Diffraction*), SEM, dan Uv. Penelitian ini diharapkan mampu mengatasi permasalahan dalam penguraian limbah zat warna, sehingga dapat mendukung teknologi yang ramah lingkungan.

1.2. Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana karakteristik *magnetit*-TiO₂ pada pengujian XRD, SEM, dan VSM?
2. Bagaimana kemampuan fotodegradasi terhadap larutan limbah zat warna metilen biru dengan variasi pH?
3. Bagaimana laju degradasi terhadap waktu pada fotokatalis *magnetit*-TiO₂?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui karakteristik *magnetit*-TiO₂ pada pengujian XRD, SEM, dan VSM
2. Mengetahui kemampuan degradasi dari *magnetit*-TiO₂, terhadap nilai pH larutan limbah zat warna metilen biru.
3. Mengetahui laju degradasi terhadap waktu pada fotokatalis *magnetit*-TiO₂

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu dapat memberikan informasi tentang:

1. kemampuan degradasi dari *magnetit*-TiO₂ pada konsentrasi pH larutan limbah zat warna metilen biru.
2. Meningkatkan pemahaman baru tentang teknik fotodegradasi yang bisa diterapkan dalam pengolahan limbah industri untuk mengurai zat warna yang terkandung dalam limbah tersebut dengan cepat dan menghasilkan hasil yang memuaskan.

1.5. Batasan Penelitian

Pada penelitian ini terdapat beberapa batasan masalah yaitu:

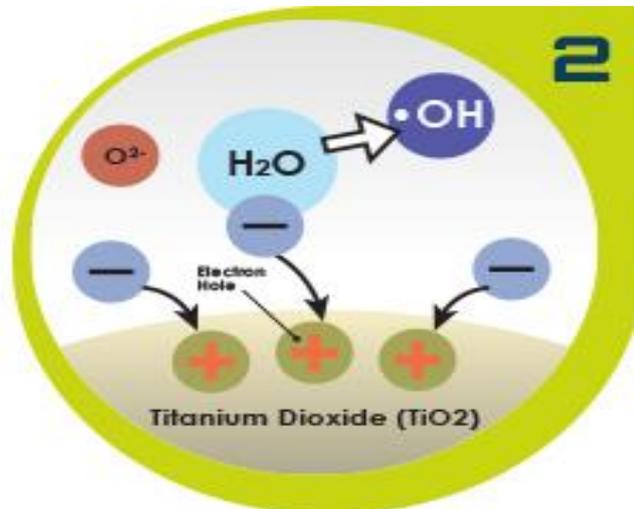
1. *Magnetit* yang digunakan berasal dari pasir besi yang berasal dari Pantai Anoi Itam, Kota Sabang dan metilen biru dengan konsentrasi 10 ppm. (Pasir Besi yang berasal dari Anoi Itam, Kota Sabang, berdasarkan penelitian dari (Nengsih, 2021) bahwa karakteristik dari pasir besi yang berasal dari Pantai Anoi Itam lebih baik di bandingkan pasir besi yang berasal dari Pantai Lampanah dan Syiah Kuala)
2. TiO₂ (*Titanium Dioksida*) yang digunakan berupa jenis anatase, dikarenakan jenis ini bekerja lebih baik dengan bantuan sinar ultraviolet dan relatif murah
3. Limbah zat warna yang digunakan berupa limbah sintetik.
4. Rentang pH yang akan di variasikan adalah asam (3 dan 5), netral (7) dan basa (9 dan 11).
5. Karakteristik *magnetit*-TiO₂ hanya dilakukan pada XRD, SEM, dan VSM

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fotokatalis

Fotokatalisis adalah reaksi perpaduan antara fotokimia dan katalis. Fotokatalisis sendiri adalah suatu proses yang dibantu oleh adanya cahaya sedangkan katalis merupakan suatu proses sintesis (transformasi) kimiawi yang dapat mempercepat laju reaksi tanpa ikut dikonsumsi dalam reaksi. Hal ini dikarenakan bahan-bahan yang dapat digunakan sebagai fotokatalis adalah bahan yang memiliki daerah energi yang kosong yang disebut dengan celah pita energi dimana bahan yang dimaksud adalah semikonduktor. Dengan demikian pengertian tersebut dapat disimpulkan bahwa fotokatalis adalah suatu proses transformasi kimia yang melibatkan unsur cahaya dan menggunakan katalis secara bersamaan dalam melangsungkan dan mempercepat proses transformasi tersebut (Adnan, 2022).

Berdasarkan jenis katalis yang digunakan, fotokatalis terdiri dari proses fotokatalis homogen dan proses fotokatalis heterogen. Fotokatalis homogen adalah proses fotokatalis yang berlangsung dengan bantuan zat pengoksidasi seperti ozon dan hidrogen peroksida, sedangkan fotokatalis heterogen merupakan suatu proses yang berdasarkan pada iradiasi fotokatalitik semikonduktor seperti titanium dioksida (TiO_2), seng oksida (ZnO) atau kadmium sulfida (CdS). Suatu semikonduktor dapat berfungsi sebagai katalis jika cahaya mengenainya memiliki energi yang sama atau lebih dari celah pita energi semikonduktor tersebut sehingga induksi oleh sinar tersebut menyebabkan terjadinya eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi (Erwanto, 2020). Tahapan fotokatalitik memakai beberapa langkah, termasuk penyerapan sinar oleh material semikonduktor yang menciptakan hasil dalam pembentukan elektron lubang, reaksi oksidasi-reduksi, penyisihan zat pencemar, dan penyerapan reaktan. Berikut merupakan skema dari proses fotokatalis yang di tunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Skema dari proses fotokatalis

Sumber: <http://ecocoat-tech.com/technology/what-is-photocatalyst-2/>

Ketika TiO_2 terkena cahaya Uv, elektron di dalam TiO_2 akan tereksitasi dari pita valensi ke pita konduksi, meninggalkan sebuah lubang di pita valensi. Cahaya yang diserap oleh TiO_2 menyebabkan elektron berpindah ke pita konduksi dan meninggalkan lubang positif di pita valensi. Lubang positif di TiO_2 berperan sebagai oksidator kuat yang dapat bereaksi dengan molekul air (H_2O) yang ada di permukaan untuk menghasilkan radikal hidroksil ($\bullet\text{OH}$). Radikal hidroksil ini sangat reaktif dan dapat memecah molekul organik. Elektron yang tereksitasi juga dapat berinteraksi dengan molekul oksigen (O_2) yang teradsorpsi di permukaan TiO_2 untuk menghasilkan ion superoksida (O_2^-). Ion superoksida ini juga bisa berperan dalam degradasi kontaminan (Ali Akbar, 2021). Secara keseluruhan, skema ini menggambarkan bagaimana TiO_2 dapat digunakan sebagai fotokatalis untuk mendekomposisi bahan organik atau polutan di lingkungan melalui reaksi-reaksi oksidasi yang melibatkan radikal hidroksil dan ion superoksida, yang terbentuk dari reaksi fotokatalitik.

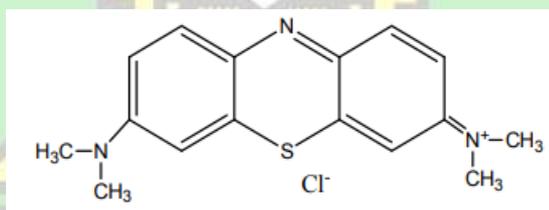
2.2 Zat Warna Metilen Biru

Zat warna yang sering digunakan karena bahannya murah adalah metilen biru. Zat warna metilen biru merupakan zat warna dasar yang penting dalam proses

pewarnaan kulit, kain mori, dan kain katun. Metilen biru dapat menyebabkan iritasi pada saluran pencernaan jika tertelan, menimbulkan sianosis jika terhirup, dan iritasi pada kulit jika tersentuh oleh kulit. Berdasarkan bahan yang ditimbulkan maka metilen biru yang diperbolehkan di lingkungan relatif rendah. Menurut Permen LHK No 5 tahun 2014 tentang baku mutu limbah cair, konsentrasi metilen biru yaitu 5-10 mg/L. Metilen biru pada Permen LHK NO 5 tahun 2014 termasuk ke dalam parameter baku mutu air limbah bagi usaha atau kegiatan yang belum memiliki baku mutu air limbah yang ditetapkan.

Limbah zat warna merupakan senyawa organik yang sukar terurai, bersifat resisten, dan toksik. Apabila limbah tersebut dibuang ke perairan maka akan menyebabkan pencemaran lingkungan. Zat warna mempunyai toksisitas yang tinggi terhadap mamalia dan organisme air. Metilen biru merupakan zat warna yang paling sering digunakan karena menghasilkan warna terang, cepatnya proses pewarnaan dan mudah diaplikasikan. Zat warna metilen biru bersifat toksik terhadap beberapa biota, sulit terdegradasi dalam kondisi alami perairan (Hendrawati, 2018).

Metilen biru, juga dikenal sebagai kapas biru, helvetia biru dan asam biru yang merupakan senyawa kimia aromatis heterosiklik yang beracun dengan rumus molekul $C_{16}H_{18}N_3SCl$ dan merupakan zat warna kationik dengan adsorpsi yang sangat kuat (Fajarwati *et al.*, 2014). Berikut merupakan struktur dari metilen biru:



Gambar 2.2 Struktur *Metylen Blue* (Wibowo, 2016)

Sumber: [http:// technology/what-is-metylenblue-2/](http://technology/what-is-metylenblue-2/)

2.3 Pengaruh pH Pada Proses Fotokatalis

Karakteristik permukaan fotokatalis dipengaruhi oleh pH larutan yang akan berpengaruh pada reaksi di permukaan partikel semikonduktor. (Guillard, 2003) melakukan penelitian pengaruh pH terhadap degradasi metilen biru pada pH 3,6,

dan 9. Penelitian yang dilakukan (Andari, 2014) menunjukkan pH optimum pada pH 11, adanya pengaruh pH mempengaruhi pembentukan OH^- yang mendegradasi senyawa warna. Pada pH asam pembentukan OH^- lebih sedikit dibanding pada pH basa disebabkan lambatnya pembentukan electron-hole. Elektron-hole merupakan konsep penting dalam fisika semikonduktor yang menggambarkan proses ketika sebuah elektron memperoleh energi yang cukup untuk berpindah dari pita valensi ke pita konduksi, meninggalkan sebuah lubang yang dapat dianggap sebagai partikel bermuatan positif yang bergerak melalui material semikonduktor. pH yang terlalu asam maupun basa akan berpengaruh terhadap proses fotokatalitik, dalam penelitian sebelumnya menunjukkan terjadinya kenaikan degradasi metilen biru dengan bertambahnya pH larutan.

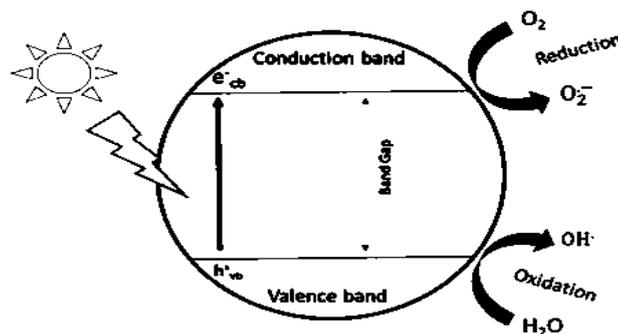
2.4 Fotodegradasi

Salah satu upaya alternatif pengolahan limbah adalah menggunakan prinsip fotodegradasi dengan menggunakan fotokatalis. Fotodegradasi dalam prosesnya menggunakan energi yang berasal dari cahaya (lampu UV) untuk mengaktifkan proses katalisis pada permukaan dari bahan semikonduktor yang akan menghasilkan radikal hidroksil (OH^\cdot) pendegradasi polutan organik dan zat warna (Riskiani, 2018).

Fotodegradasi merupakan salah satu pengolahan limbah zat warna tekstil dimana dalam metode ini akan menguraikan zat warna organik menjadi senyawa yang lebih sederhana dengan bantuan sinar dan dipercepat reaksinya dengan menggunakan katalis (Wahi, 2005).

Salah satu faktor yang menentukan kemampuan fotokatalis dalam mendegradasi adalah adsorpsi. Hal ini disebabkan dalam proses fotodegradasi, terlebih dahulu zat warna akan teradsorpsi ke permukaan partikel fotokatalis kemudian disertai proses oksidasi fotokatalitik (Wismayanti, 2015). Prinsip fotodegradasi adalah adanya loncatan elektron dari pita valensi ke pita konduksi pada logam semikonduktor yang dikenai foton. Loncatan elektron ini menyebabkan timbulnya hole yang dapat berinteraksi dengan air membentuk radikal OH^\cdot . Radikal ini bersifat aktif dan dapat berlanjut untuk menguraikan

senyawa organik. Secara sederhana, semua fotodegradasi adalah degradasi, tetapi tidak semua degradasi melibatkan cahaya, sehingga tidak semua degradasi adalah fotodegradasi. Fotodegradasi khusus terjadi karena interaksi dengan cahaya, sedangkan degradasi bisa disebabkan oleh berbagai faktor lain (Kunarto *et al.*, 2024).



Gambar 2.3 Mekanisme Kinerja Fotodegradasi Menggunakan Fotokatalis

Sumber: <http://ecocoat-tech.com/what-is-Fotodegradation-2/>

2.5 Magnetit-Pasir Besi

Magnetit merupakan salah satu oksida besi yang menunjukkan kemagnetan paling kuat diantara oksida-oksida besi yang lain seperti maghemit ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) dan hematit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) sehingga dimanfaatkan di berbagai bidang. Besi oksida dapat digunakan dalam berbagai aplikasi termasuk biomedis, adsorben, katalis, sistem pendingin magnet, perangkat penyimpanan yang bersifat magnetis dan sebagainya (Mawarni *et al.*, 2021). *Magnetit* memiliki sifat magnetik yang sangat baik, yaitu dapat merespon medan magnet luar sehingga mempunyai hubungan yang kuat dengan medan magnetnya sendiri, memiliki sifat khas yang keras, tahan panas dan zat kimia.

Pasir besi merupakan cadangan potensial yang belum dimanfaatkan dengan baik sebagai sumber bahan baku industri besi baja maupun sebagai sumber titanium. Pasir besi juga dapat dimanfaatkan sebagai sumber titanium. Namun, kadar TiO_2 dalam pasir besi harus mencapai sekitar 80% agar dapat dijual ke pasaran (Aliwarga *et al.*, 2019). Oleh karena itu, perlu dilakukan pemisahan titanium dari pasir besi serta komponen lainnya sehingga baik titanium maupun

besi dapat dimanfaatkan. Pasir besi juga mengandung banyak mineral-mineral seperti magnesium, aluminium, titanium, silica, dan lain sebagainya. Mineral magnetit besi termasuk salah satu mineral paling banyak yang terdapat dalam pasir besi. Kandungan besi yang terkandung didalam pasir besi biasanya dalam bentuk oksida-oksida seperti *magnetit* (Aini, 2022).

Pada umumnya pemisahan pasir besi dari material bakunya menggunakan teknik yang dipakai dengan menggunakan magnet batang yang didekatkan pada pasir besi. Teknik ini dikenal dengan nama *magnetic separation* (Hasna, 2018).

2.6 Titanium Dioksida (TiO₂)

Titanium Dioksida (TiO₂) merupakan suatu material yang memiliki berbagai keunggulan baik dari segi fisik maupun sifat kimia. Keunggulan yang dimiliki titanium dioksida (TiO₂) ini merupakan aplikasi yang sangat luas dalam berbagai bidang. Performa TiO₂ tergantung pada metode sintesis yang berpengaruh terhadap ukuran partikel, kristalinitas, kemurnian dan komposisi fasa (anatase, brookite dan rutile). Sehingga perlu pendekatan lebih lanjut untuk mengetahui efektifitas berbagai metode yang digunakan dalam melakukan sintesis TiO₂. TiO₂ merupakan oksidator kuat dikarenakan akan dioksidasikan senyawa kimia yang mempunyai potensial redoks yang lebih kecil, termasuk molekul air dan gugus hidroksil yang akan menghasilkan radikal hidroksil (Rosyidah, 2021)

Titanium dioksida merupakan material oksida yang memiliki beberapa keunggulan diantaranya memiliki sifat optik yang baik, aktivitas fotokatalis yang baik, superhidrofilik, ramah lingkungan serta stabilitas mekanik yang tinggi (Zhang *et al.*, 2016)

Namun demikian, TiO₂ memiliki kelemahan yaitu setelah dipakai dalam pengolahan limbah TiO₂ kembali, harus menggunakan penyaring atau dengan sentrifus karena TiO₂ bersifat koloid di dalam pelarut air (Lee *et al.*, 2001). Oleh karena itu diperlukan media yang baik agar TiO₂ berstruktur nano dapat dipisahkan dari hasil reaksinya.

Tabel 2.1 Data Penelitian Terdahulu

Nama	Judul	Keterangan
Husnul Hatimah (2022)	Efisiensi Adsorpsi Metilen Biru Menggunakan Karbon Baggase Teraktivasi	Karakteristik karbon baggase teraktivasi yang digunakan untuk menurangi kadar metilen biru didapatkan kadar air sebesar 4,64 % dan kadar abu sebesar 5,37 %. pH optimum didapat pada pH 5 dengan efiseinsi adsorpsi sebesar 86,4 %, sedangkan waktu kontak optimum di dapat pada menit ke 80 dengan efisiensi adsorpsi sebesar 86,9 %.
(Naimah, 2020)	Degradasi zat warna pada limbah cair industri tekstil dengan metode fotokatalitik menggunakan nanokomposit TiO ₂ -zeolit	Fotokatalitik merupakan kombinasi antara proses fotokimia dan katalis. Pada proses fotokatalitik diawali dengan terbentuknyapasangan electron hole positif (e ⁻ ,h ⁺) dalam partikel semikonduktor.
Nevi Dwi Andari dan Sri Wardhani (2014)	Fotokatalis TiO ₂ - Zeolit Untuk Degradasi Metilen Biru	Pada penelitian ini hasil maksimum ditunjukkan pada pH 11. Data variasi konsentrasi menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi metilen biru yang digunakan kemampuan degradasi semakin menurun. penurunan konsentrasi metilen biru optimum ditunjukkan pada konsentrasi 10 mg/L. Data waktu kontak menunjukkan bahwa semakin lama waktu kontak semakin banyak zat warna metilen biru yang terdegradasi. Pada penelitian ini waktu kontak optimum dicapai pada 50 menit.
(Firmansyah ,	Aplikasi	Salah satu contoh bahan semikonduktor

2021)	Fotokatalis TiO_2 - Zeolit Untuk Menurunkan Intensitas Zat Warna Tartrazin Secara Fotokatalitik	yang dapat menjadi fotokatalis adalah Titanium Dioksida (TiO_2), dimana kemampuan fotoaktivitasnya yang tinggi dan kestabilan kimia yang tinggi
Mohammad Abdul Ghofur, Sri Wardhani, Rachmat Triandi Tjahjanto (2014)	Pengaruh pH Awal dan Konsentrasi Awal Larutan Metilen Biru pada Degradasi Larutan Metilen Biru menggunakan Fotokatalis TiO_2 – bentonit	Variasi pH awal dan konsentrasi awal metilen biru mempengaruhi konstanta laju reaksi. Semakin besar pH awal larutan metilen biru, nilai konstanta laju juga semakin besar. Semakin besar konsentrasi larutan metilen biru, semakin kecil nilai konstanta laju. Dari penelitian didapatkan nilai pH dan konsentrasi awal optimum metilen biru pada pH 11 dan konsentrasi 5mg/L dengan nilai konstanta laju 0,0256 menit ⁻¹
Nur Fitriani Nafasari (2022)	Sintesis Fe_3O_4 - TiO_2 Dan Aplikasinya Pada Fotodegradasi Zat Warna Metilen Biru	komposit Fe_3O_4 - TiO_2 (1:2) dipilih sebagai fotokatalis untuk mendegradasi metilen biru. Kondisi terbaik fotodegradasi diperoleh pada pengaruh konsentrasi awal zat warna 5 mg/L dan waktu kontak 180 menit pada pH 5 dengan persen efektivitas penurunan konsentrasi tertinggi masing-masing 68,45% dan 66,53%.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

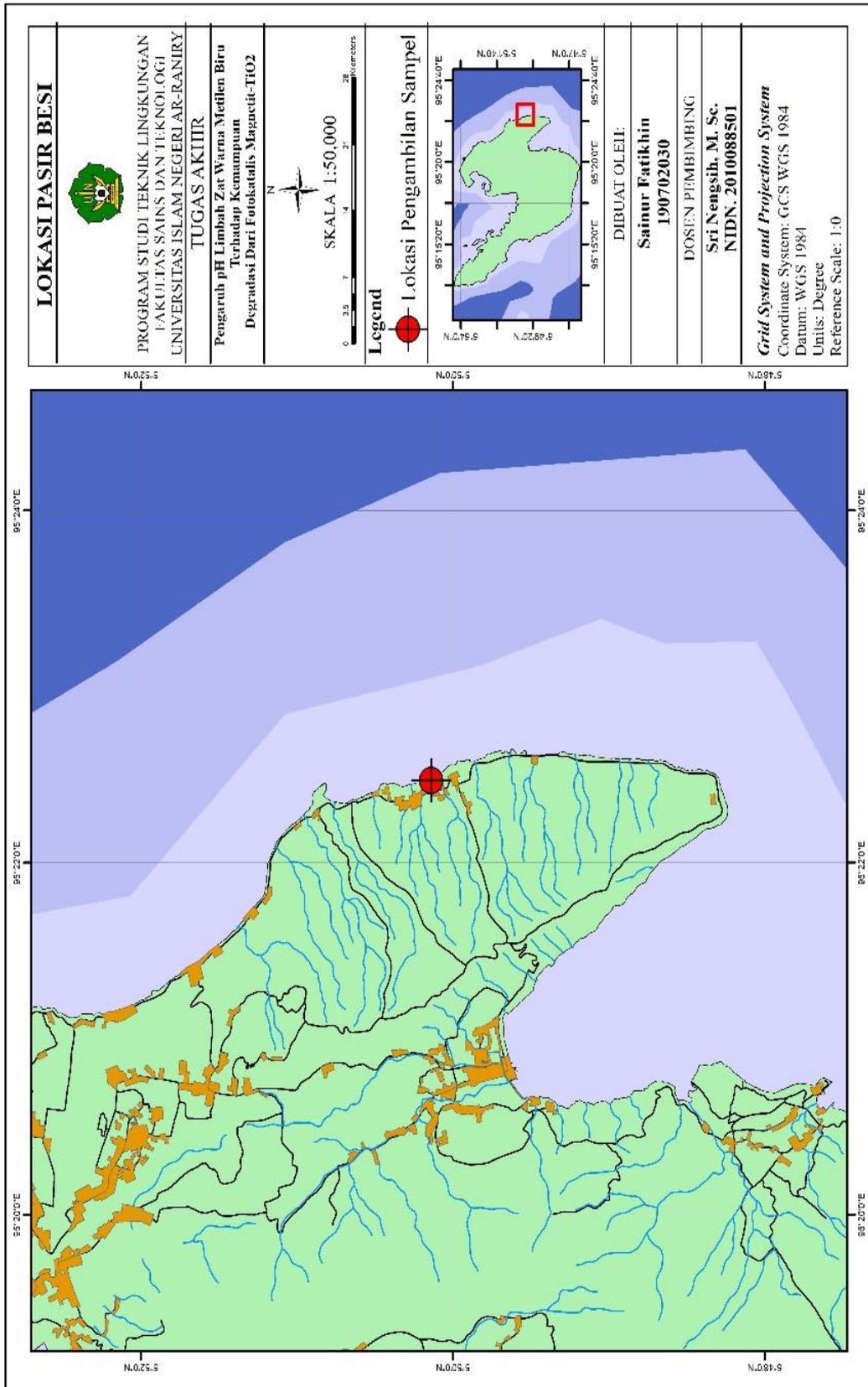
3.1 Rancangan Penelitian

Adapun rancangan dari penelitian ini terdapat beberapa tahap di antaranya, Tahapan perumusan masalah, merupakan tahapan guna menyusun beberapa pertanyaan yang akan dipecahkan. Studi literatur, merupakan studi yang dilakukan untuk mengetahui informasi dan mengumpulkan data terkait dengan penelitian baik dari buku, jurnal, maupun skripsi. Selanjutnya Tahap eksperimen merupakan tahap untuk mengetahui hasil sintesis *magnetit-TiO₂* dengan metode kopresipitasi dan mengetahui kemampuan fotodegradasi dari *magnetit-TiO₂* terhadap konsentrasi pH larutan limbah zat warna metilen biru. Tahap analisa data, tahap ini dilakukan apabila sampel air limbah yang telah diuji dengan *magnetit-TiO₂* pada air limbah zat warna metilen biru sehingga dipergunakan untuk menarik kesimpulan. Tahap penarikan kesimpulan, menjawab pertanyaan yang timbul dari rumusan masalah mengenai kemampuan fotodegradasi dari *magnetit-TiO₂* terhadap konsentrasi pH larutan limbah zat warna metilen biru.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan mulai dari studi literatur di bulan Mei 2023. Titik lokasi eksperimen pembuatan reaktor limbah sintesis dilakukan di Laboratorium Multifungsi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry. Lalu akan dilakukan pembuatan sampel air limbah sintesis untuk parameter pH yang dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.

Sampel yang di gunakan dalam proses fotokatalis adalah magnetit yang di gabungkan dengan TiO_2 di ambil dari pantai Anoi Itam, Kota Sabang, Aceh.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Pengambilan Sampel Pasir Besi

3.3 Alat dan bahan

3.3.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

Tabel 3.1 Alat-alat Dalam Penelitian

Nama alat	Gambar	Keterangan
Gelas Beker		Sebagai wadah sampel limbah sintesis
<i>Magnetic stirrer</i>		Proses pengadukan sampel dan larutan
Kertas Saring		Penyaring larutan
Neraca analitik		Menimbang sampel

<p>XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>)</p>		<p>Untuk mengidentifikasi fasa kristalin di dalam suatu material benda</p>
<p>SEM (<i>Scanning Electron Microscope</i>)</p>		<p>untuk menentukan ukuran dan struktur pori</p>
<p>Spektrofotometer UV-Vis</p>		<p>Spektrofotometer UV-Vis berfungsi dalam penentuan terhadap sampel (larutan, gas atau uap)</p>
<p>Furnance</p>		<p>Sebagai pemanas untuk sampel magnetit-TiO₂</p>

<i>Hotplate</i>		Pengadukan larutan sampel
Ayakan		Menyaring pasir besi sesuai ukuran
<i>Centrifuge</i>		Pemisahan supernatant dari solid pada tiap interval analisa sebelum diukur absorbannya menggunakan spektrofotometer Uv-vis
Pipet Tetes		Menetrasi larutan
<i>Shaker</i>		Menetrasi larutan

Lumpang		Penghalusan magnetit
Oven		Pengeringan sampel dari magnetit-TiO ₂

Tabel 3.2 Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian

Bahan	Gambar	Keterangan
<i>Kristal Titanium dioksida (TiO₂)</i>		Bahan ini digunakan sebagai Katalis untuk proses fotokatalis
<i>Metylen blue</i>		Sampel yang akan di teliti
<i>Aquadest (H₂O)</i>		Untuk membersihkan peralatan yang kotor

HCL 37%		Sebagai Larutan pelarut
Amonium hidroksida (NH ₄ OH)		Sebagai Larutan yang mendegradasikan magnetit pasir besi
Etanol (C ₂ H ₆ O)		Pelarut bahan kimia
Pasir besi		Magnetit dalam katalis

3.3.2 Jenis penelitian

Penelitian yang dilakukan menggunakan metode kuantitatif dan penelitian dalam skala lab. Penelitian kuantitatif merupakan penelitian yang berdasarkan ilmiah, dimana penelitian ini adalah untuk mengetahui zat warna metilen biru pada air limbah sebelum dan sesudah diperlakukan menggunakan *magnetit* -TiO₂.

3.4 Prosedur Eksperimen

3.4.1 Preparasi Pasir Besi

Diawali dengan pengambilan sampel di pantai Anoi Itam, Kota Sabang dilanjutkan proses pemisahan pasir besi alami dari pengotornya dilakukan dengan menggunakan batang magnet sebagai media pisah. Pemisahan material magnetik dari sampel pasir besi dilakukan sebanyak tiga kali (Prasdiantika, 2017). Kemudian hasil pemisahan pasir besi diayak dengan ayakan 60 mesh supaya

mendapatkan ukuran yang relatif sama. Selanjutnya pasir besi dicuci menggunakan aquades dan dikeringkan menggunakan oven.

3.4.2 Sintesis Pasir Besi

Sebanyak 20 gr pasir besi dimasukkan kedalam gelas beaker, ditambahkan larutan HCL 37% sebanyak 50 ml. campuran diaduk menggunakan *magnetic stirrer* menggunakan 800 rpm dan dipanaskan menggunakan hotplate dengan temperatur 80°C selama 30 menit. Setelah itu, larutan disaring dengan menggunakan kertas saring. Larutan hasil dari proses saringan tersebut dilakukan titrasi dengan menambahkan 6,5 mol larutan *ammonia* (NH₄OH) menggunakan pipet tetes dengan perbandingan 1:5 kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 800 rpm, dipanaskan dengan temperatur 80°C, dengan waktu 30 menit. Setelah itu, larutan hasil dicuci menggunakan aquades untuk menghilangkan zatbasa. Kemudian, endapan dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C hingga kering menjadi serbuk selama 60 menit. Setelah menjadi serbuk, *Magnetit* dihaluskan dengan lumpang lalu diayak menggunakan ayakan 200 mesh. Setelah itu, serbuk *magnetit* yang dihasilkan kemudian disimpan dalam botol kaca guna dilakukan karakterisasi

3.4.3 Penggabungan Magnetit-TiO₂

Serbuk pasir besi yang mengandung *magnetit* dicampur dengan TiO₂ *Anatase* dalam lima gelas beaker dengan perbandingan variasi konsentrasi *magnetit* -TiO₂ sebanyak 1:1. Setelah itu, ditambahkan etanol sebanyak 33% ke setiap gelas beaker. Kemudian diaduk menggunakan *shaker* selama 30 menit pada kecepatan 130 rpm dan disaring dengan kertas saring, dikeringkan dengan oven dan dihaluskan menggunakan lumpang.

3.4.4 X-Ray Diffraction (XRD)

Karakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) dilakukan dengan menyiapkan produk sampel dengan cara dihaluskan dengan *grinding* lalu dimasukkan kedalam plat dengan sampel sama rata dan datar. Di hidupkan lalu di tunggu sampai 30 menit lalu ditekan tombol power pada mesin XRD dan menunggu sampai 5 menit sebelum difraksi sinar X diaktifkan lalu sampel diletakkan pada penjepit tempat sampel, diinput data identitas sampel pada standard pengukuran, di tekan tombol ON untuk menyalakan XRD lalu di klik

Icon Execute yang terdapat pada tabel Standard Measurement dan ditunggu sampai running selesai. Ditekan tombol off pada X-Ray, selanjutnya menyimpan file/data hasil XRD pada komputer.

3.4.5 Scanning Electron Microscope (SEM)

Scanning Electron Microscope (SEM) ialah suatu jenis mikroskop elektron yang mampu memperoleh hasil berupa gambaran sampel melalui proses pemindaian bagian permukaannya dengan sinaran elektron yang mempunyai fokus tinggi dan perbesarannya sampai pada skala yang ditentukan. Sampel ditempatkan pada instrumen SEM kemudian dilakukan pengamatan SEM pada rentang perbesaran 1000 sampai dengan 10.000 kali hingga terlihat ukuran dan bentuk partikel dengan jelas dan dapat diketahui komposisi senyawa tersebut.

3.4.6 Vibrating sampel magnetometer (VSM)

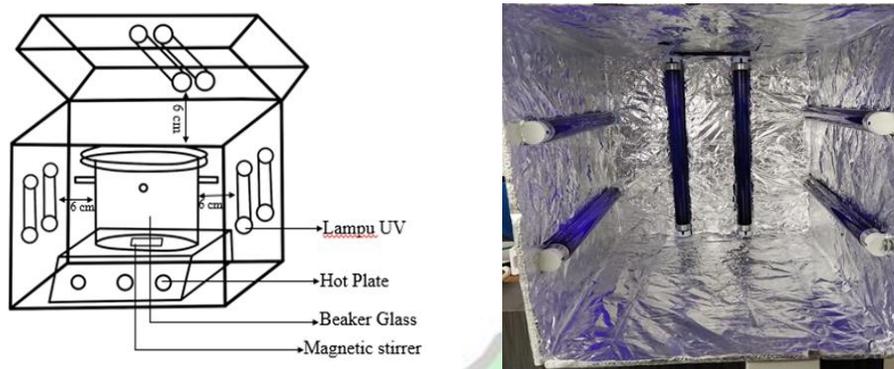
Sampel diambil dalam bentuk serbuk dan dibungkus rapat pada tempat sampel. Frekuensi vibrator ditetapkan sekitar 79 Hz sampai interfensi minimum dari noise 50 Hz jalur AC amplitudo 205 mV. Sampel yang akan diukur magnetisasinya dipasang pada ujung bawah batang kaku yang bergetar secara vertikal dalam lingkungan medan magnet luar.

3.4.7 Fotodegradasi

Proses degradasi zat warna metilen biru dilakukan dibawah UV. Proses reaksi degradasi dilakukan selama 2 jam. Larutan metilen biru berhasil di degradasi, hasil yang didapatkan di sentrifug untuk memisahkan padatan material fotokatalis dan supernatan. Supernatan yang didapatkan di ukur absrobansinya dengan spektrofotometer UV-Vis

3.4.8 Desain Reaktor

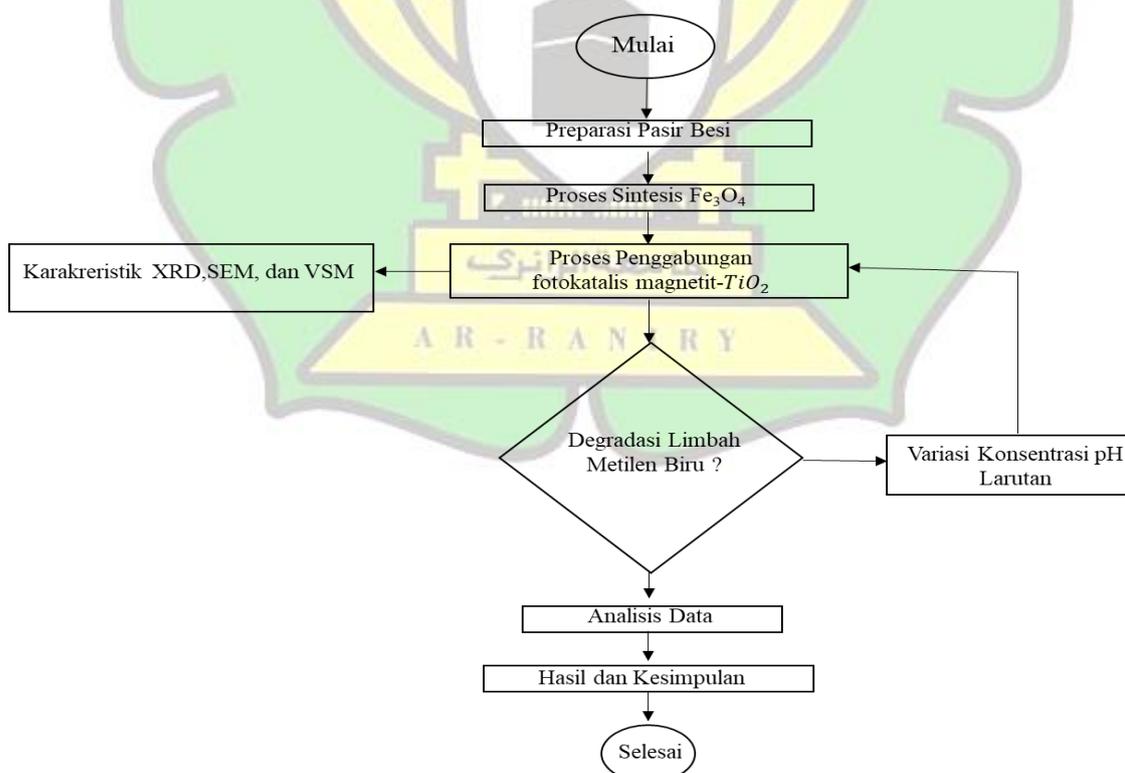
Proses fotokatalis pada penelitian ini dilakukan dalam sebuah reaktor tertutup yang dirancang dengan dimensi panjang 26 cm × lebar 35 cm × tinggi 32 cm, dan dilengkapi dengan 6 buah lampu UV-A yang masing-masing memiliki daya 8 watt. Jarak antara lampu UV dan zat warna adalah sebesar 6 cm. Reaktor batch ini menghasilkan energi sebesar 3,39 eV yang dapat mengaktifkan titanium dioksida untuk bekerja dalam proses fotokatalis.



Gambar 3.2 Gambar Reaktor Fotodegradasi

3.4.9 Uji Pengaruh pH Pada Limbah Metilen Biru Terhadap Degradasi Fotokatalis *Magnetit-TiO₂*

Siapkan larutan metilen biru sebanyak 1 Liter beaker glass. Lima wadah disiapkan dan 1 Liter beaker glass larutan *metilen biru*. Ditambahkan ke wadah tersebut, atur pH larutan pada wadah yang telah diisi larutan *metilen biru* dengan menambahkan larutan asam klorida 0,1 M untuk pH 3 dan 5, sedangkan natrium hidroksida 0,1 M untuk pH 7, 9 dan 11 Untuk mengetahui larutan tersebut telah mencapai pH yang diinginkan bisa menggunakan pH meter atau kertas pH.



Gambar 3.3 Diagram Alir Prosedur Penelitian

3.5 Analisis Data

3.5.1 Efektifitas

Dalam menghitung efektivitas dari *magnetit*-TiO₂ terhadap pengurangan kadar metilen biru dapat menggunakan persamaan (Purnawan, dkk., 2014).

$$(\%) D \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100\% \dots\dots\dots 3.1$$

Keterangan :

- %D = Persen degradasi
- C₀ = konsentrasi sebelum teradsorpsi.
- C_e = konsentrasi setelah teradsorpsi

3.5.2 X-Ray Diffraction (XRD)

Untuk menentukan ukuran partikel dapat menggunakan persamaan *Debye-Scherrer* (Wardiyati et al., 2016):

$$D = \left(\frac{K \lambda}{\beta \cdot \cos \theta} \right) \dots\dots\dots 3.2$$

Keterangan:

- D = Ukuran Partikel (nm)
- λ = Panjang Gelombang Radiasi
- K = Konstanta (0,9)
- β = integrasi luas puncak refleksi

3.5.3 Vibrating sampel magnetometer (VSM)

Prosedur ini dilakukan terhadap karakterisasi instrumen VSM yang akan menghasilkan data mengenai besaran sifat magnetik karena perubahan medan magnet luar yang tergambar dalam kurva histerisis. Instrumen ini juga termasuk dalam jenis peralatan yang dipakai untuk mempelajari sifat magnetik suatu bahan. Sifat magnetik pada bahan muncul karena perubahan suhu, dan sifat-sifat magnetik tergantung pada penyusutan ukuran.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

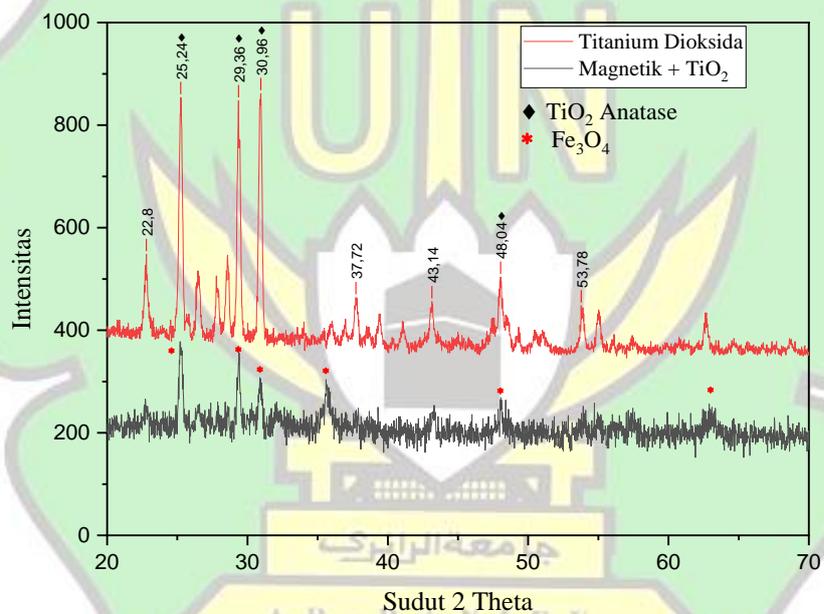
Penelitian ini dimulai dengan proses preparasi pasir besi, proses sintesis pasir besi menjadi *magnetit*, proses penggabungan *magnetit* dengan TiO_2 dan proses fotodegradasi zat warna metilen biru. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan fotodegradasi dari variasi pH pada metilen biru dan juga untuk menentukan kondisi optimum degradasi yaitu pada waktu lama degradasi.

4.1 Sintesis dan Proses Preparasi Pasir Besi

Sebelum proses degradasi *magnetit*- TiO_2 terhadap zat warna metilen biru dilakukan, pasir besi yang berperan sebagai material *magnetit* yang mendukung harus dipreparasi terlebih dahulu. Preparasi pasir besi yang dari alam meliputi berbagai proses dimulai dengan pemisahan, pengayakan, penggerusan, perendaman, pengeringan dan pemanasan. Padatan pasir besi yang sudah dipisahkan, diayak, dicuci dengan aquades dan dikeringkan agar mendapatkan ukuran butiran yang seragam dengan menggunakan oven. Selanjutnya, dilakukan proses pasir besi menjadi *magnetit* dengan metode kopresipitasi. Tahapan awal diambil 20gr pasir besi dimasukkan ke dalam *beaker glass*, ditambahkan larutan HCl 37% sebanyak 50 ml. Campuran diaduk memakai *magnetic stirrer* dengan kecepatan putar 800 rpm dan dipanaskan dengan temperatur 80°C selama 30 menit. Setelah itu, larutan disaring dengan menggunakan kertas saring, larutan hasil dari proses saringan tersebut dilakukan titrasi dengan menambahkan 6,5 M larutan amonia (NH_4OH). Perbandingan 1:5 antara larutan HCl dengan amonia kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan putar 800 rpm, dipanaskan dengan temperatur 80°C , dengan waktu 30 menit. Setelah itu, terdapat endapan di dalam larutan, lalu dicuci beberapa kali menggunakan aquades untuk mencapai pH netral. *Magnetit* yang telah terbentuk dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C selama 60 menit hingga kering menjadi kerak. Tahapan akhir *magnetit* dihaluskan dengan lumpang lalu diayak pada ayakan 200 mesh.

4.2 Karakterisasi Magnetit dan TiO₂ dengan X-ray diffraction (XRD)

Difraksi sinar-X (XRD) adalah suatu metode analisis yang berperan dalam menentukan karakter mineral yang menyusun suatu kristal. Difraksi sinar-X dapat memperlihatkan distribusi kerapatan elektronik dari atom-atom penyusun suatu kristal dan memberikan data sudut-sudut difraksi tersebut (Citradewi, 2018). Metode ini didasarkan pada prinsip difraksi sinar-X oleh atom-atom dalam material, yang menghasilkan pola puncak yang khas untuk setiap fasa. Ukuran partikel dapat dihitung dari lebar puncak yang diukur pada sudut tertentu dengan menggunakan rumus Scherrer. Berikut merupakan gambar grafik dari XRD magnetit-TiO₂ yang akan dianalisis dengan merujuk kepada data standar JCPDS 00-21-1272 untuk TiO₂ anatase dan 00-019-0629 untuk Fe₃O₄:



Gambar 4.1 Perbandingan Difraktogram magnetit-TiO₂

Tabel 4.1 Data analisis XRD Katalis

Sampel	Sudut 2θ Ref	Sudut 2θ Sampel	d (Å) Ref	d (Å) Sampel	I Sampel	FWHM (°)	Ukuran Kristal (nm)	Rata- rata ukuran (nm)
TiO ₂ (Titanium Dioksida)	25,24	25,24	3,52	3,52	93	0,29	28,03	30.76
	37,77	37,72	2,37	2,38	18	0,27	30,60	
	48,02	48,04	1,89	1,87	10	0,38	22,92	
	53,09	53,78	1,69	1,70	18	0,25	35,53	
	54,98	54,97	1,66	1,66	15	0,27	33,04	
	62,65	62,62	1,48	1,48	14	0,30	30,51	
	75,02	75,00	1,36	1,26	11	0,28	34,69	
Sampel	Sudut 2θ Ref	Sudut 2θ Sampel	d (Å) Ref	d (Å) Sampel	I Sampel	FWHM (°)	Ukuran Kristal (nm)	Rata- rata ukuran (nm)
Fe ₃ O ₄ (Magnetit)	30,05	30,30	2,97	2,94	6	0,24	34,29	35.49
	35,42	35,54	2,53	2,54	100	0,31	26,88	
	43,05	43,81	2,10	2,09	24	0,28	30,51	
	53,40	53,42	1,71	1,71	29	0,17	52,26	
	56,94	56,86	1,62	1,61	24	0,30	30,06	
	62,52	62,69	1,48	1,48	45	0,24	38,73	

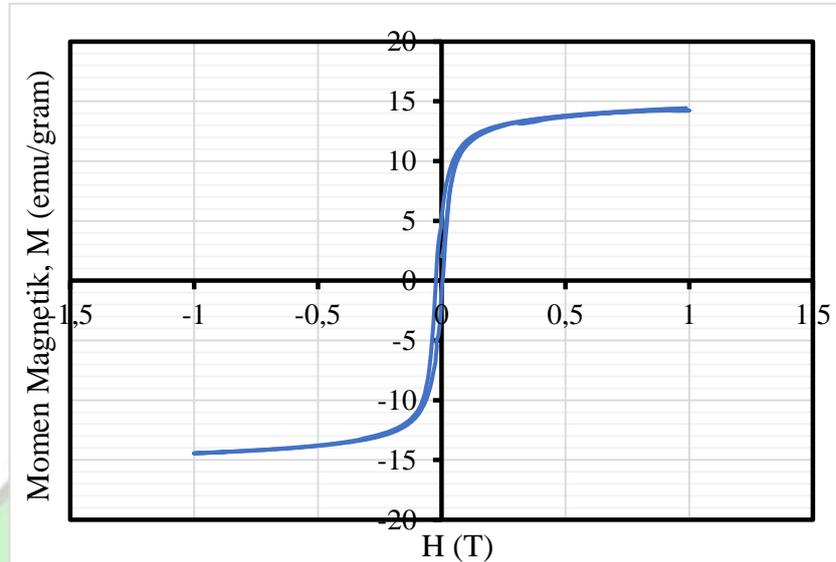
Sumber: JCPDS 00-21-1272 (TiO₂ Anatase) dan 00-019-0629(magnetit)

Pola TiO₂ pada Gambar 4.1 menunjukkan bahwa intensitas tertinggi terletak pada posisi 2θ dengan sudut 25,24° yaitu sebesar 93. Intensitas terendah terletak pada posisi 2θ dengan sudut 48,04° sebesar 10, puncak-puncak tersebut merupakan karakteristik dari kristal TiO₂ yang digunakan dalam penelitian ini yang merupakan jenis anatase. Ukuran rata-rata kristal pada sampel TiO₂ tersebut sebesar 30,76 nm.

4.2.1 Karakterisasi Magnetit dengan Vibrating Sample Magnetometer (VSM)

Uji karakterisasi sifat magnetit dilakukan dengan menggunakan VSM (Vibrating Sampel Magnetometer) di Laboratorium Radiasi Serpong, Kawasan Nuklir Serpong, Kawasan Sains dan Teknologi (KST) BJ Habibie, Puspiptek

Serpong, Tangerang Selatan. Informasi yang didapatkan berupa besaran-besaran sifat magnetik sebagai perubahan medan magnet luar yang digambarkan dengan kurva histeresis. Kurva histeresis dapat menunjukkan hubungan antara magnetis (M) dengan magnet luar (H), dapat dilihat pada Gambar 4.2 sebagai berikut:



Gambar 4.2 Magnetit + TiO₂

Tabel 4.2 Data Sifat Magnetit+TiO₂ Menggunakan VSM

Sampel	Variabel Magnetit		
	Magnetisasi Saturasi (M _s) (emu/gr)	Magnetisasi Remanance (M _r) (emu/gr)	Medan Koersivitas (H _c) (T)
Magnetit (Fe ₃ O ₄) +TiO ₂	14,21	5,78	-0.0218

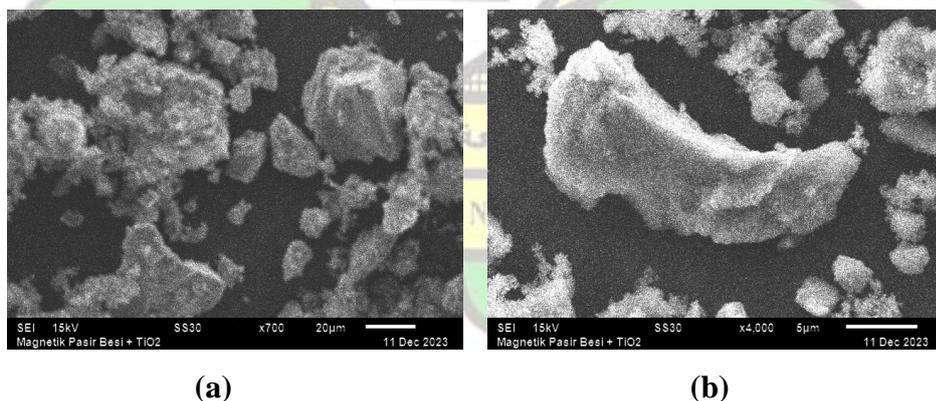
Berdasarkan kurva histeresis magnetit-TiO₂ (1:1) tersebut, besar magnetisasi saturasi (M_s) mencapai 14,21 emu/gr yang dicapai pada kuat medan, untuk nilai Magnetisasi remanance (M_r) merupakan istilah yang digunakan untuk menggambarkan sisa magnetisasi yang tetap ada dalam bahan magnetik. Nilai (M_r) pada sampel ini ketika medan eksternal saat diturunkan hingga nol sebesar 5,78 emu/gr sedangkan nilai medan koersivitas (H_c) sebesar 0.41 emu/gr pada kuat medan magnet yang dicapai sebesar -0.0218T. Dari nilai tersebut dapat diketahui bahwa kurva histeresis magnetik merupakan untuk bahan magnetik lunak dikarenakan kurva menunjukkan hubungan antara kerapatan fluks (B) dan kekuatan medan magnet (H), dengan bentuk kurva tersebut berbentuk ramping yang menunjukkan mineral magnetik pada sampel pasir mudah di magnetisasi dan

demagnetisasi. Hasil yang diperoleh dari nilai medan koersivitas (H_c) memperlihatkan bahwa semakin besar H_c maka sifat kemagnetannya semakin kuat.

Momen magnet timbul dari gerak elektron pada suatu bahan. Setiap elektron memiliki momen magnet karena gerakan orbitalnya mengelilingi inti dan putaran intrinsiknya. Momen magnet total suatu bahan adalah jumlah momen magnet seluruh elektronnya.

4.2.2 Karakterisasi *Magnetit-TiO₂* dengan Scanning Electron Microscope

Magnetit-TiO₂ dikarakterisasi menggunakan alat SEM. Berdasarkan hasil dari SEM tersebut dapat diketahui penampakan morfologi dan distribusi yang telah disintesis dari partikel pasir besi menjadi *magnetit* kemudian digabungkan dengan katalis *TiO₂* menjadi *magnetit-TiO₂*. Pada gambar 4.3 *magnetit-TiO₂* pembesaran 4000 kali, butiran-butiran partikel pada sampel terbentuk tidak bulat dan mengalami aglomerasi dimana terlihat penggabungan partikel-partikel kecil ke partikel-partikel yang besar yang membentuk agregat, hal ini dikarenakan tidak stabilnya partikel-partikel dalam larutan selama proses disintesis sehingga untuk dapat mencapai kestabilan partikel maka partikel-partikel akan berusaha untuk saling berikatan. Sampel juga memiliki ukuran butiran yang tidak seragam yang terlihat pada hasil penyebaran pada Gambar 4.3.



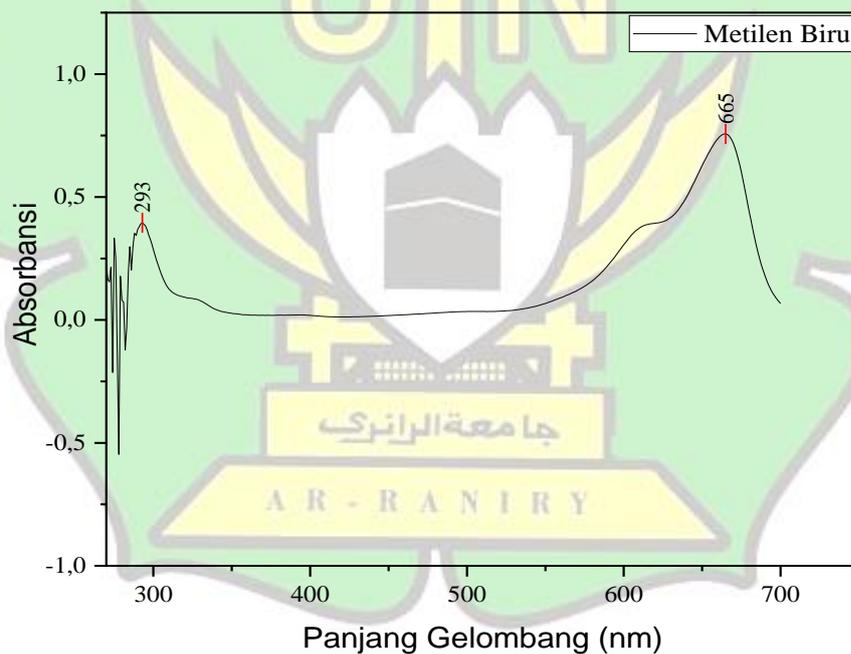
Gambar 4.3 Sampel *Magnetit-TiO₂*, (a) Pembesaran 700 kali (b) Pembesaran 4000 kali

4.3 Pengaruh Waktu Penyinaran Dari Proses Degradasi Menggunakan Rasio *Magnetit-TiO₂*

Proses degradasi metilen biru diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer Uv-Vis pada panjang gelombang maksimum. Kemudian, dihitung persen terdegradasi menggunakan rumus untuk melihat pengaruh waktu penyinarannya.

4.4 Penentuan Panjang Gelombang Zat Warna Metilen Biru Sebelum Degradasi

Panjang gelombang maksimum (λ_{max}) merupakan panjang gelombang yang mempunyai absorbansinya paling maksimum. Nilai panjang gelombang maksimum ditentukan dari pengukuran larutan metilen biru dengan menggunakan spektrofotometer Uv-Vis. Pengukuran tersebut dilakukan pada daerah tampak yaitu dengan rentang 400-700 nm. Dari Gambar 4.4 dibawah ini panjang gelombang larutan metilen biru terdapat pada $\lambda=293$ nm dan $\lambda=665$ nm. Panjang gelombang maksimum yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pada $\lambda=665$.

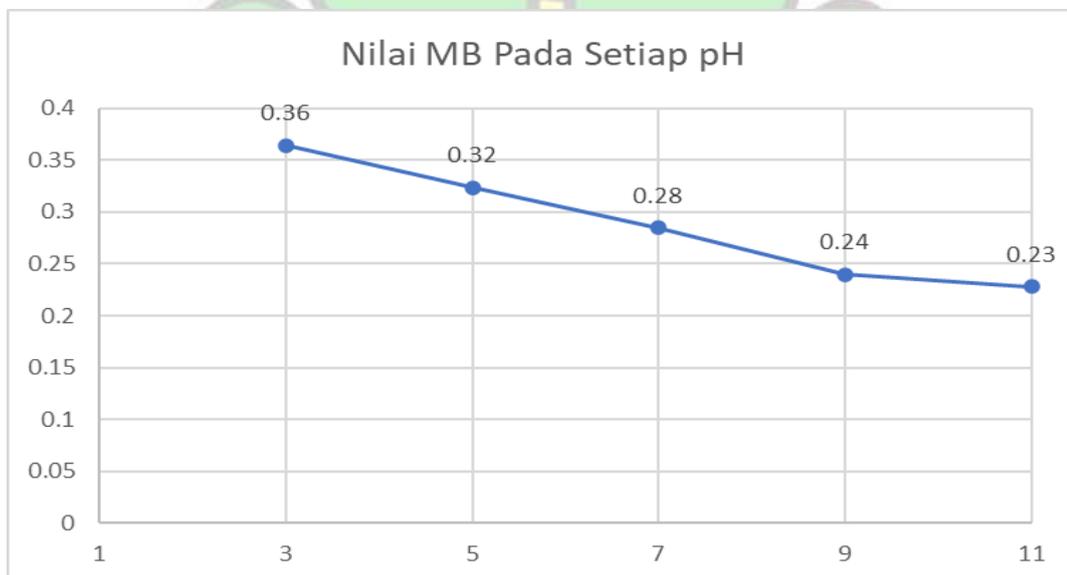


Gambar 4.4 Panjang Gelombang Maksimum Metilen Biru

4.5 Pengaruh pH Terhadap Degradasi Metilen Biru

Salah satu faktor yang mempengaruhi aktivitas suatu fotokatalis yaitu pH. Penentuan pH optimum dilakukan untuk mengetahui efektivitas degradasi metilen biru. Pada percobaan ini dipelajari tentang pengaruh pH larutan metilen biru

terhadap laju reaksi fotodegradasi. Pengaruh pH yang digunakan dalam penelitian ini adalah 3,5,7,9 dan 11. Pengaruh laju reaksi fotodegradasi dilakukan dengan berbagai waktu degradasi. Waktu yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0, 30, 60 dan 90 menit. Pengaruh pH tersebut dinyatakan dalam kurva hubungan antara pH larutan metilen biru terhadap laju reaksi fotodegradasi. Nilai pH larutan metilen biru mempengaruhi proses degradasi. Nilai pH juga mempengaruhi proses degradasi zat warna metilen biru pada fotokatalis TiO_2 . Proses degradasi metilen biru diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Nilai dari masing-masing pH dapat dilihat pada Gambar 4.5 di bawah ini:



Gambar 4.5 Nilai MB pada setiap pH

Nilai di atas didapat dari data spektrofotometri tanpa katalis. Nilai pada pH 3: 0.36, pH 5: 0.32, pH 7: 0.28, pH 9: 0.24 dan pH 11: 0.23. Dari grafik tersebut, terlihat bahwa nilai MB menurun seiring dengan meningkatnya pH.

4.6 Optimasi Waktu Degradasi Zat Warna Metilen Biru

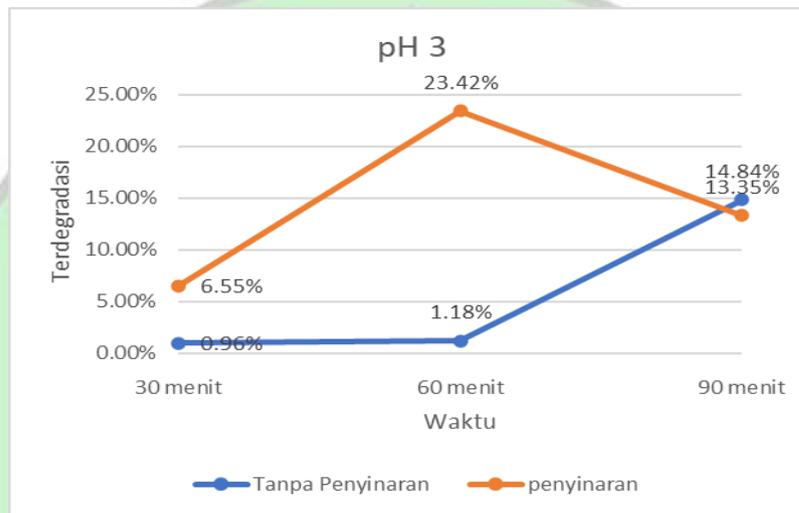
Waktu degradasi optimum merupakan waktu terdegradasi yang akan memberikan pada konsentrasi metilen biru di sisa yang paling sedikit. Dapat dikatakan bahwa waktu degradasi optimum merupakan waktu di mana larutan sampel metilen biru akan mengalami persentase degradasi paling besar. Penentuan waktu degradasi optimum tersebut dilakukan dengan menambahkan *magnetit-*

TiO₂ dengan variasi pH 3,5,7,9 dan 11 pada larutan sampel metilen biru dengan konsentrasi 15 ppm. Campuran tersebut akan diradiasi di dalam reaktor dengan penyinaran Uv dimana pada saat t=0 menit diambil sebanyak 20 ml sebagai larutan kontrol untuk setiap variasi pH. Pada selang menit ke- 30, 60 dan 90 menit, kemudian larutan diambil dan diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum (665nm) dari larutan metilen biru. Hasil optimasi waktu dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan grafik pada Gambar 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, dan 4.10.

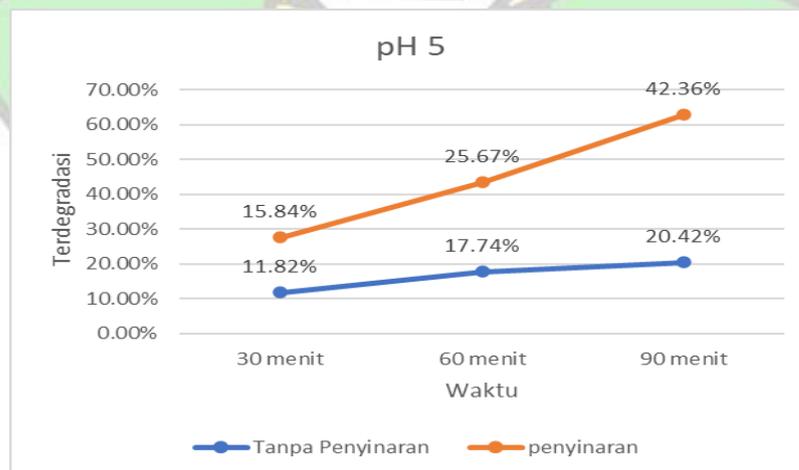
Tabel 4.3 Data Hasil Persen Terdegradasi

Variasi pH	waktu degradasi	absorbansi	% terdegradasi
Tanpa Penyinaran			
3	0 Menit	0.743609	
	30 menit	0.736417	0.96%
	60 menit	0.734818	1.18%
	90 menit	0.633212	14.84%
5	0 Menit	0.699346	
	30 menit	0.616679	11.82%
	60 menit	0.575267	17.74%
	90 menit	0.556492	20.42%
7	0 Menit	0.21666	
	30 menit	0.207461	4.24%
	60 menit	0.164001	24.30%
	90 menit	0.155751	28.11%
9	0 Menit	0.034067	
	30 menit	0.033983	0.24%
	60 menit	0.014892	56.28%
	90 menit	0.013441	60.54%
11	0 Menit	0.078126	
	30 menit	0.070116	10.25%
	60 menit	0.059632	23.67%
	90 menit	0.032852	57.94%
Penyinaran			
3	0 Menit	1.227278	
	30 menit	1.146771	6.55%
	60 menit	0.939792	23.42%
	90 menit	1.063355	13.35%
5	0 Menit	0.742346	
	30 menit	0.624743	15.84%
	60 menit	0.551716	25.67%
	90 menit	0.427883	42.36%
7	0 Menit	0.365073	

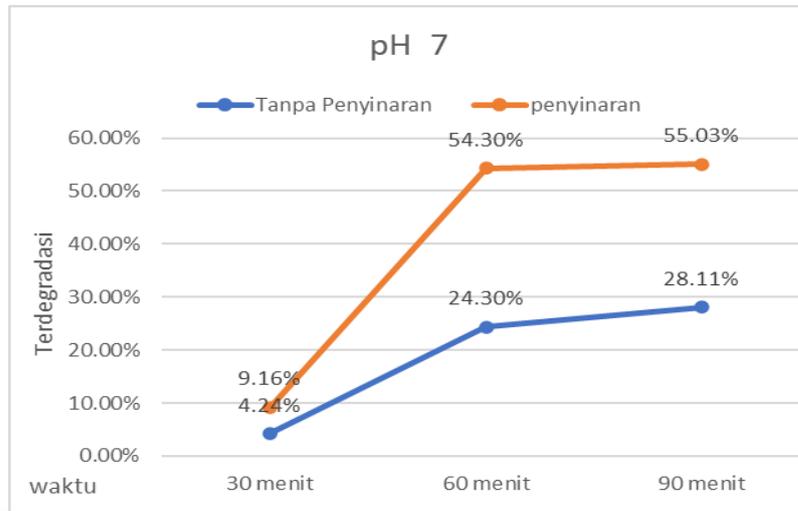
	30 menit	0.331601	9.16%
	60 menit	0.166816	54.30%
	90 menit	0.164153	55.03%
9	0 Menit	0.035513	
	30 menit	0.03314	6.68%
	60 menit	0.01461	58.86%
	90 menit	0.013445	62.14%
11	0 Menit	0.050593	
	30 menit	0.04835	4.43%
	60 menit	0.026945	46.74%
	90 menit	0.01461	71.12%



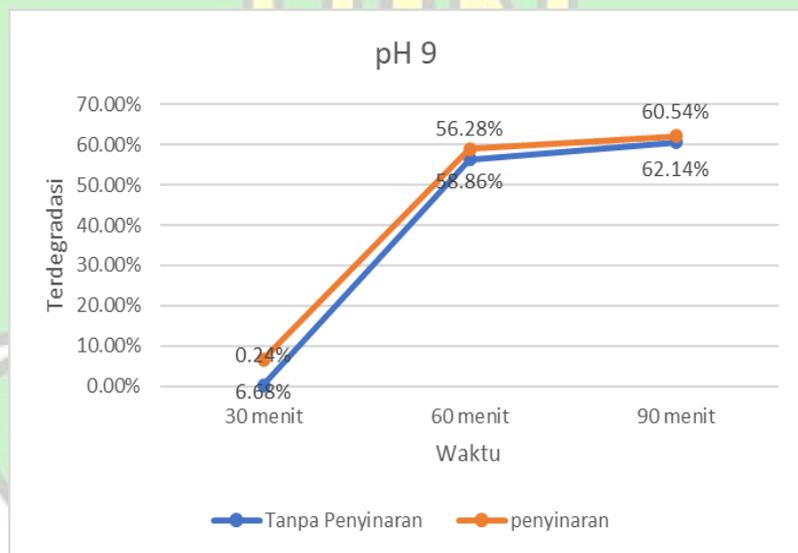
Gambar 4.6 Grafik Hasil Persen Terdegradasi Katalis pH 3



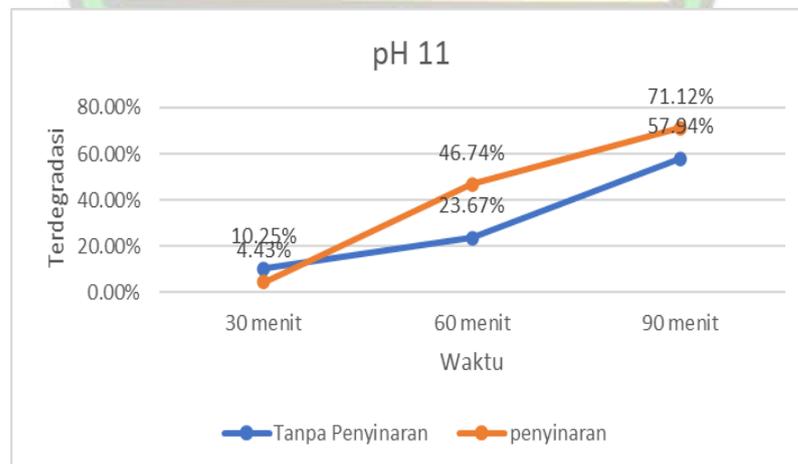
Gambar 4.7 Grafik Hasil Persen Terdegradasi Katalis pH 5



Gambar 4.8 Grafik Hasil Persen Terdegradasi Katalis pH 7



Gambar 4.9 Grafik Hasil Persen Terdegradasi Katalis pH 9



Gambar 4.10 Grafik Hasil Persen Terdegradasi Katalis pH 11

Hasil degradasi larutan metilen biru dengan konsentrasi 15 ppm dengan variasi pH (3,5,7,9 dan 11) ditambahkan dengan katalis *magnetit*-TiO₂ dengan penyinaran selama 30,60 dan 90 menit dengan sinar Uv yang menunjukkan hubungan anrata hasil degradasi metilen biru dengan variasi pH. pH asam diwakili oleh pH 3 dan 5 dengan persen degradasi pH 3 pada menit 90 sebesar 14,84%, sedangkan pH 5 pada menit ke 90 sebesar 42,36%. Pada pH 7 persen degradasi sebesar 55,03% pada menit ke 90. Sedangkan pada pH basa diwakili oleh pH 9 dan 11 dengan persen degradasi 62,14% dan 71,12% pada menit ke-90. Pada pH basa diperoleh persen degradasi yang lebih optimum dibandingkan pada pH asam, hal ini disebabkan oleh keadaan permukaan TiO₂ yang bermuatan negatif cenderung disukai reaksi dengan *metilen biru* yang bermuatan positif.

Degradasi yang lebih tinggi menunjukkan pH optimum pada pH 11, adanya pengaruh pH mempengaruhi pembentukan OH* yang mendegradasi senyawa warna. Berdasarkan kondisi yang diberikan, degradasi metilen biru dengan menggunakan katalis *magnetit* -TiO₂ dan dengan penyinaran memberikan nilai persentase degradasi yang paling tinggi. Hal ini dapat menunjukkan bahwa keberadaan sinar UV dan katalis pada proses fotodegradasi mengikuti mekanisme dimana foton cahaya (hv) diserap oleh fotokatalis (*Magnetit* dan TiO₂), elektron dipindahkan dari pita valensi ke pita konduksi, menciptakan lubang valensi (h_{vb}⁺) di pita valensi dan elektron (e_{cb}⁻) di pita konduksi. Selain itu, metilen biru bisa juga mengalami proses lain selain terdegradasi, seperti adsorpsi atau desorpsi, yang biasa mempengaruhi konsentrasi metilen biru dalam larutan. Zat warna metilen biru juga merupakan zat warna kationik (bermuatan positif) yaitu mempunyai gugus NH₃⁺, sehingga pada pH basa zat warna metilen biru akan bergerak menuju permukaan fotokatalis dan mempermudah adsorpsi dan proses fotodegradasi.

Hasil degradasi pH 11 sebesar 71,12% menunjukkan bahwa telah mampu mendegradasi zat warna metilen biru menggunakan *Magnetit*-TiO₂ dalam paparan sinar Uv pada menit ke-90, hal ini dapat dibuktikan dengan penelitian lain. Pada penelitian (Winatapura, 2014) hasil uji efek pH terhadap degradasi MB oleh komposit *magnetit* -SiO₂-TiO₂ .Degradasi maksimum *magnetit*-SiO₂-TiO₂

terhadap MB tercapai pada pH 9 setelah disinari lampu UV dengan persentase degradasi sekitar 70 %. Degradasi meningkat seiring dengan kenaikan pH dari 4 - 9 dan kemudian turun pada pH > 9. Hal ini sesuai dengan pengaruh pH pada keadaan ionisasi titanium. Pada kondisi asam dimana pH < 7, keberadaan ion H⁺ akan membuat permukaan menjadi bermuatan positif. Sedangkan pada kondisi basa pH > 7, permukaan menjadi bermuatan negatif akibat pengaruh ion OH⁻.

Penurunan laju degradasi pada pH asam disebabkan karena adsorpsi yang tinggi pada pH rendah. Permukaan katalis tertutup oleh molekul zat warna yang menyebabkan penyerapan radiasi UV pada permukaan katalis menurun (Naimah et al., 2020). Pada lingkungan pH rendah juga dianggap jenuh dengan kelebihan ion H⁺ sehingga menghambat MB dari yang terserap, sehingga pada kondisi asam dapat mengurangi jumlah muatan positif pada permukaan katalis, yang memfasilitasi pembentukan radikal hidroksil dari katalis aktif (Wahyu, 2014). Sedangkan pada pH yang lebih tinggi, terdapat kelebihan anion OH⁻ yang memfasilitasi fotodegradasi OH radikal. Perubahan pH menggeser potensial-redoks dari pita valensi dan konduksi yang dapat mempengaruhi transfer muatan antarmuka (Naimah et al., 2020). Sedangkan pada penelitian (Zendehtel, 2019) menunjukkan bahwa semakin tinggi pH maka kemampuan adsorpsi metilen biru naik. Penelitian tersebut diketahui bahwa pada pH di atas 9 adsorpsi metilen biru cenderung konstan.

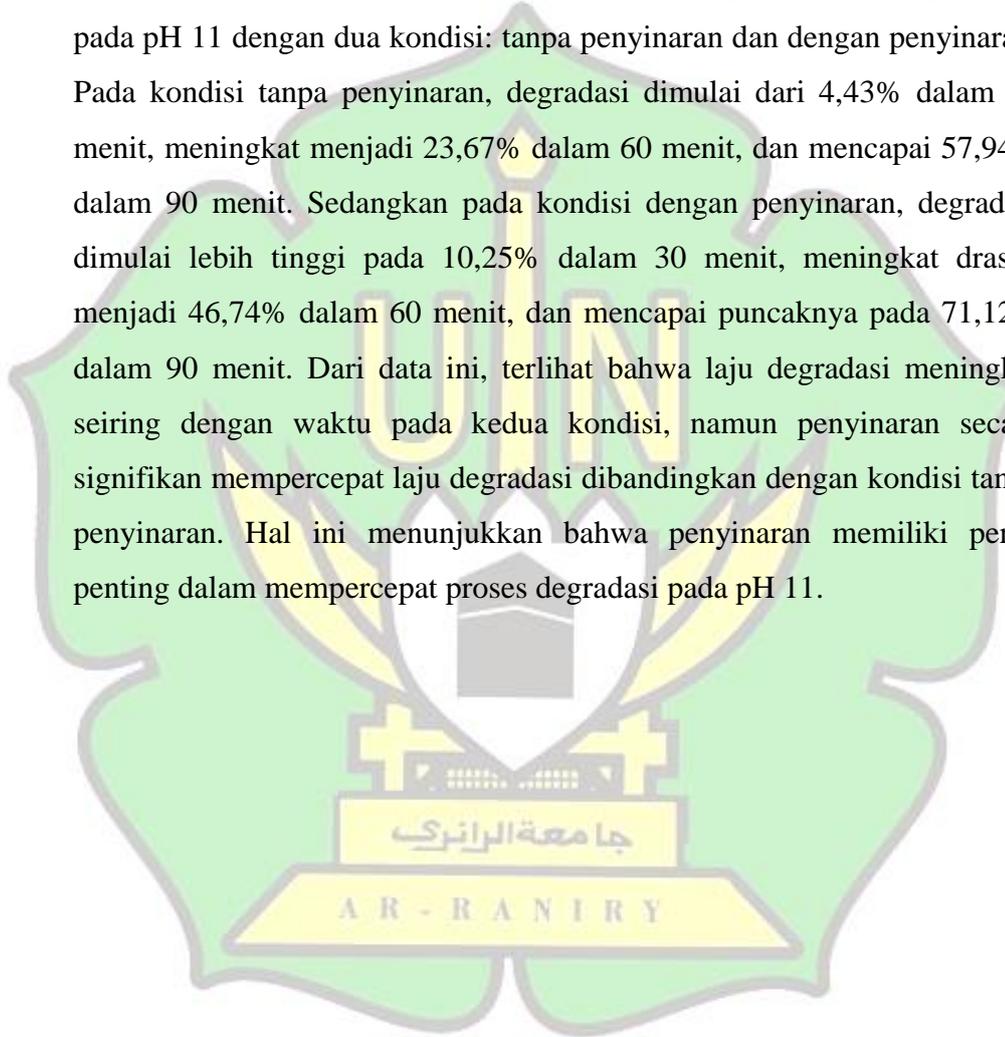
4.7 Laju Degradasi Terhadap Waktu Pada Fotokatalis Magnetit-TiO₂

- Pada Gambar 4.11 menunjukkan laju degradasi pada pH 3 dalam dua kondisi: tanpa penyinaran dan dengan penyinaran pada periode waktu 30, 60, dan 90 menit. Pada kondisi tanpa penyinaran, degradasi meningkat secara lambat dari 0,96% pada 30 menit menjadi 1,18% pada 60 menit, dan kemudian meningkat menjadi 13,35% pada 90 menit. Sebaliknya, pada kondisi dengan penyinaran, degradasi meningkat tajam dari 6,55% pada 30 menit menjadi 23,42% pada 60 menit, sebelum turun menjadi 14,84% pada 90 menit. Ini menunjukkan bahwa penyinaran mempercepat laju degradasi secara signifikan dibandingkan tanpa penyinaran

- Pada Gambar 4.7 menunjukkan laju degradasi pada pH 5 dalam dua kondisi: tanpa penyinaran dan dengan penyinaran selama periode waktu 30, 60, dan 90 menit. Pada kondisi tanpa penyinaran, degradasi meningkat secara bertahap dari 11,82% pada 30 menit menjadi 17,74% pada 60 menit, dan kemudian menjadi 20,42% pada 90 menit. Sebaliknya, pada kondisi dengan penyinaran, degradasi meningkat lebih cepat, dari 15,84% pada 30 menit menjadi 25,67% pada 60 menit, dan akhirnya mencapai 42,36% pada 90 menit. Data tersebut menunjukkan bahwa penyinaran mempercepat laju degradasi secara signifikan dibandingkan dengan kondisi tanpa penyinaran, serta bahwa laju degradasi pada pH 5 lebih tinggi dibandingkan dengan pH 3, baik dengan penyinaran atau tanpa penyinaran.
- Pada Gambar 4.8 laju degradasi pada pH 7 dalam dua kondisi: tanpa penyinaran dan dengan penyinaran selama periode waktu 30, 60, dan 90 menit. Pada kondisi tanpa penyinaran, degradasi meningkat secara bertahap dari 4,24% pada 30 menit menjadi 24,30% pada 60 menit, dan kemudian mencapai 28,11% pada 90 menit. Sebaliknya, pada kondisi dengan penyinaran, degradasi meningkat tajam dari 9,16% pada 30 menit menjadi 54,30% pada 60 menit, dan sedikit meningkat lagi menjadi 55,03% pada 90 menit. Data ini menunjukkan bahwa penyinaran secara signifikan mempercepat laju degradasi dibandingkan dengan kondisi tanpa penyinaran, serta bahwa laju degradasi pada pH 7 lebih tinggi dibandingkan dengan pH 3 dan pH 5, baik dengan penyinaran atau tanpa penyinaran.
- Pada Gambar 4.9 menunjukkan laju degradasi pada pH 9 dalam dua kondisi: dengan penyinaran dan tanpa penyinaran, selama periode waktu 30 menit, 60 menit, dan 90 menit. Pada waktu 30 menit, degradasi mencapai 0,24% tanpa penyinaran dan 6,68% dengan penyinaran. Setelah 60 menit, degradasi meningkat tajam menjadi 56,28% tanpa penyinaran dan 58,86% dengan penyinaran. Pada waktu 90 menit, degradasi mencapai 60,54% tanpa penyinaran dan 62,14% dengan penyinaran. Dari data ini, terlihat bahwa penyinaran mempercepat laju degradasi pada waktu awal

(30 menit), namun perbedaan laju degradasi antara kondisi dengan dan tanpa penyinaran tidak begitu signifikan pada waktu 60 dan 90 menit. Hal ini menunjukkan bahwa pada pH 9, penggunaan fotokatalis *magnetit*-TiO₂ menunjukkan efisiensi degradasi yang tinggi dengan dan tanpa penyinaran setelah 60 menit, dengan penyinaran memberikan sedikit peningkatan dalam laju degradasi pada waktu awal.

- Pada Gambar 4.10 menunjukkan persentase degradasi terhadap waktu pada pH 11 dengan dua kondisi: tanpa penyinaran dan dengan penyinaran. Pada kondisi tanpa penyinaran, degradasi dimulai dari 4,43% dalam 30 menit, meningkat menjadi 23,67% dalam 60 menit, dan mencapai 57,94% dalam 90 menit. Sedangkan pada kondisi dengan penyinaran, degradasi dimulai lebih tinggi pada 10,25% dalam 30 menit, meningkat drastis menjadi 46,74% dalam 60 menit, dan mencapai puncaknya pada 71,12% dalam 90 menit. Dari data ini, terlihat bahwa laju degradasi meningkat seiring dengan waktu pada kedua kondisi, namun penyinaran secara signifikan mempercepat laju degradasi dibandingkan dengan kondisi tanpa penyinaran. Hal ini menunjukkan bahwa penyinaran memiliki peran penting dalam mempercepat proses degradasi pada pH 11.



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Pasir Besi telah berhasil disintesis menjadi magnetit dengan metode kopresipitasi, dengan penggabungan *magnetit*-TiO₂ melalui metode pengadukan mekanik menggunakan shaker bath. Pada Karakterisasi hasil katalis *magnetit*-TiO₂ dilakukan menggunakan XRD untuk mengidentifikasi dan menentukan struktur nanopartikel dimana hasil puncak dengan sudut 2θ sekitar 25,24° dan 48,46°, VSM untuk melihat analisa sifat magnetik fotokatalisnya dengan hasil nilai Hc yaitu 0.006T yang menunjukkan feromagnetik dan SEM untuk melihat morfologi dari *magnetit*+TiO₂ dimana ukuran yang didapat tergolong kepada mikrometer
2. Metilen biru dengan berbagai konsentrasi berhasil terdegradasi menggunakan katalis *magnetit*-TiO₂ pada pH 3, 5, 7, 9, dan 11. Dengan nilai maksimum mencapai 71,12% pada pH 11, dengan waktu kontak 90 menit.
3. Laju degradasi cenderung lebih tinggi pada pH yang lebih tinggi, dengan pH 11 menunjukkan respons yang paling kuat terhadap penyinaran UV. Dengan demikian, hasil ini mendukung bahwa fotokatalis *magnetit*-TiO₂ efektif sebagai katalis dalam proses degradasi metilen biru, dengan penyinaran UV berperan penting dalam meningkatkan efisiensi reaksi fotokatalitiknya.

5.2 Saran

1. Penelitian ini masih menggunakan limbah buatan, diharapkan untuk selanjutnya agar dapat meneliti dari alam langsung supaya mengetahui hasil degradasi menggunakan katalis ini.

2. Untuk Penelitian selanjutnya disarankan perlu kajian waktu kontak lainnya
3. Dalam perlakuan pembuatan katalis harus diperhatikan dalam penggunaan bahan dan alat nya agar mendapatkan hasil yang maksimal
4. Perlu kajian lebih untuk mendapatkan katalis dalam ukuran nanopartikel supaya mencegah penggumpalan aglomerasi bahan



DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, F., Hidayat, R. K., & Meicahayanti, I. (2022). Pengaruh pH, UV Dan TiO₂ Untuk Mendegradasi Variasi Asam Humat Berbasis Fotokatalis. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 5(2), 9–16.
- Aini, S. (2022). Sintesis dan Karakterisasi Zat Warna Kuning Goethite (α -FeOOH) berbahan Pasir Besi Alam. *Jurnal Kimia*, 11(2), 16–20.
- Ali Akbar, S. (2021). Degradation of Carmoisine by Fenton Reagent: Optimization of Degradation Parameters. *Jurnal Penelitian Kimia Dan Pendidikan Kimia*, 4(2), 9–15.
- Aliwarga, L., Reynard, R., & Victoria, A. V. (2019). Pengendapan titanium pada larutan pasir besi dalam asam sulfat. *Jurnal Teknologi Mineral Dan Batubara*, 15(2), 109–118.
- Amelia, S., Sediawan, W. B., Prasetyo, I., & Ariyanto, T. (2017). Degradasi Limbah Zat Warna Dengan Katalis Karbon Aktif Teremban Oksida Besi. *Prosiding SNST Ke-8 Tahun 2017 Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang*, 24–29.
- Andari, N. D., & Wardhani, S. (2018). Fotokatalis TiO₂-Zeolit untuk Degradasi Metilen Biru. *Chemistry Progress*, 7(1), 9–14.
- Apriyanti., Asri, A. (2022). Pabrikasi dan Uji Kinerja Bulir Propilena Berfotokatalis Semikonduktor TiO₂ pada Fotodegradasi Air Gambut. *Prisma Fisika*, 10(1), 82–86.
- Bubacz, K., Choina, J., Dolat, D., & Morawski, A. W. (2010). Methylene blue and phenol photocatalytic degradation on nanoparticles of anatase TiO₂. *Polish Journal of Environmental Studies*, 19(4), 685–691.
- Erwanto, Yulinda, & Nabela, Q. (2020). Pengaruh Penambahan Ion Nitrat (NO₃-) Terhadap Kinetika Fotodegradasi Zat Warna Metilen Biru Menggunakan Zeolit-TiO₂. *Inovasi Teknik Kimia*, 5(2), 59–67.
- Fajarwati, F. I., Sugiharto, E., Siswanta, D., Indonesia, U. I., & Mada, U. G. (2014). Film of Chitisan-carboxymethyl Cellulose Polyelectrolyte Complex as Metthylene Blue Adsorbent. *Eksakta: Jurnal Ilmu-Ilmu MIPA*, 11(2), 36–

45.

- Firmansyah, Mirzan, M., & Prismawiryanti. (2021). Aplikasi Fotokatalis TiO₂ - Zeolit Untuk Menurunkan Intensitas Zat Warna Tartrazin Secara Fotokatalitik (Application of TiO₂ -Zeolite Photocatalyst To Reduce Intensity Of Tartrazine Dye Using Photocatalytic Method). *Online Jurnal of Natural Science*, 4(1), 10–16.
- Ghofur, M. A., Wardhani, S., Tjahjanto, R. T., Kimia, J., Matematika, F., Alam, P., Brawijaya, U., & Veteran, J. (2014). Pengaruh pH Awal dan Konsentrasi Awal Larutan Metilen Biru pada Degradasi Larutan Metilen Biru menggunakan Fotokatalis TiO₂ – Bentonit. *Kimia Student Journal*, 2(2), 548–554.
- Guillard, C., Lachheb, H., Houas, A., Ksibi, M., Elaloui, E., & Herrmann, J. M. (2003). Influence of chemical structure of dyes, of pH and of inorganic salts on their photocatalytic degradation by TiO₂ comparison of the efficiency of powder and supported TiO₂. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 158(1), 27–36.
- Hasna, N. R., Setiawan, A., & Parhusip, H. A. (2018). Penentuan Lokasi Lumbung Pangan Berdasarkan Gravity Location Models dengan Koordinat UTM di Provinsi Maluku Utara. *Jurnal Sains Dan Edukasi Sains*, 1(2), 7–16.
- Hayati, R., & Astuti. (2015). Sintesis Nanopartikel Silika dari Pantai Purus Padang Dengan Metode Kopresipitasi. *Jurnal Fisika Unand*, 4(3), 282–287.
- I, A. A. N. (2022). penjernihan air dengan biji kelor sebagai koagulan dengan proses fotokalis menggunakan titanium dioksida (TiO₂). *Jurnal Kimia*.
- Kunarto, B., Putri, A. S., & Seno, B. A. (2024). Ekstraksi berbantu gelombang ultrasonik dan fotodegradasi senyawa antosianin pada tangkai parioto (*Medinilla speciosa* Blume). *Jurnal Serambi Engineering*, 18(3), 613–622.
- Lee, S. A., Choo, K. H., Lee, C. H., Lee, H. I., Hyeon, T., Choi, W., & Kwon, H. H. (2001). Use of ultrafiltration membranes for the separation of TiO₂ photocatalysts in drinking water treatment. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 40(7), 1712–1719.
- Marhaini, & Wibowo, H. S. (2016). Pengembangan Proses Oksidasi Tingkat

- Lanjut Menggunakan Fotokatalis TiO_2 dengan Penambahan H_2O_2 untuk Pengolahan Limbah Cair Industri Pertambangan Batubara. *Distilasi*, 1(1), 51–56.
- Maria, U. (2022). Sintesis komposit $\text{zno-fe}_3\text{o}_4$ dan aplikasinya pada fotodegradasi zat warna metilen biru. *Kimia*, July, 1–23.
- Marwick, T. H. . (2006). Fotodegradasi Zat Warna Rhodamin B Dengan Fotokatalitik Komposit $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$. *European Heart Journal*, 28(12), 1407–1408.
- Mawarni, T., Fadarina, H. C., Aznury, M., Taufik, M., Kimia, T., Jurusan, I. /, Kimia, T., Sriwijaya, N., Srijaya, J., Bukit, N., & Palembang, B. (2021). Degradasi zat warna rhodamin b menggunakan sintesis fotokatalis $\text{zno/nife } 2 \text{ o } 4$ dan diaplikasikan pada limbah cair industri pulp dan kertas degradation of rhodamin b using $\text{zno/nife } 2 \text{ o } 4$ photocatalys and applied to industrial liquid waste pulp and paper. *Jurnal Kinetika*, 12(03), 44–50.
- Mira, P. V., Mahmudin, L., & Iqbal, I. (2019). Sintesis dan Analisis Sifat Magnetik Nanopartikel Magnetit (Fe_3o_4) Berbasis Pasir Besi. *Gravitasi*, 17(2), 0–4.
- Muamar, A., Nisah, K., & Nasution, R. S. (2020). Kajian Arang Aktif Dari Limbah Pertanian Sebagai Bioadsorben Zat Warna. *Amina*, 2(2), 59–63.
- Naimah, S., Ardhanie A., S., Jati, B. N., Aidha, N. N., & Arianti C., A. (2020). Degradasi zat warna pada limbah cair industri tekstil dengan metode fotokatalitik menggunakan nanokomposit $\text{tio } 2$ – zeolit (color degradation in textile industrial wastewater with. *Jurnal Kimia Kemasan*, 36, 225–236.
- Nurhasni, M.Si, N., Mar'af, R., & Hendrawati, H. (2018). Pemanfaatan Kulit Kacang Tanah (*Arachis hipogaea* L.) sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru. *Jurnal Kimia VALENSI*, 4(2), 156–167.
- Prasdiatika, R., & Susanto, S. (2017). Preparasi Dan Penentuan Jenis Oksida Besi Pada Material Magnetik Pasir Besi Lansilowo. *Jurnal Teknosains*, 6(1), 7.
- Riskiani, E., Suprihatin, I. E., & Sibarani, J. (2018). Fotokatalis Bentonit- Fe_2O_3 untuk Degradation Zat Warna Remazol Brilliant Blue. *Cakra Kimia*, 7(1),

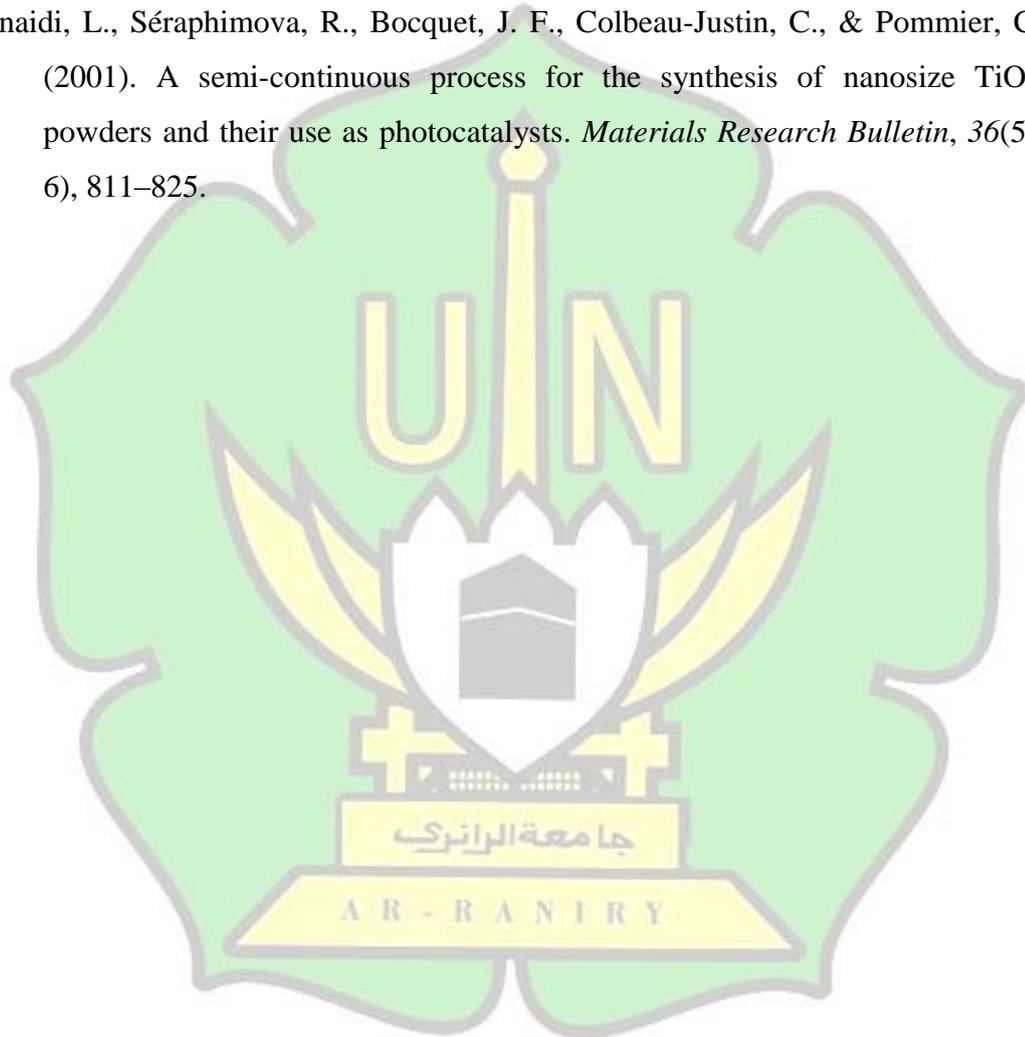
46–54.

- Rosyidah, A. K., & Suyanta, S. (2021). Sintesis dan karakterisasi komposit zeolit magnetit dan aplikasinya sebagai adsorben ni(ii). *Jurnal Sains Dan Terapan Kimia*, 15(1), 37.
- Simamora, J. R., Barus, D. A., Sembiring, A. D., & Pintor Simamora. (2016). Pengaruh Variasi Konsentrasi Larutan Pengendap Terhadap Sifat Optik Nanopartikel Cu₂O Yang Disintesis Dengan Metode Kopresipitasi. *Jurnal Sainika*, 16(1), 11–19.
- Tian, J., Chen, L., Yin, Y., Wang, X., Dai, J., Zhu, Z., Liu, X., & Wu, P. (2009). Photocatalyst of TiO₂/ZnO nano composite film: Preparation, characterization, and photodegradation activity of methyl orange. *Surface and Coatings Technology*, 204(1–2), 205–214.
- Wahi, R. K., Yu, W. W., Liu, Y., Mejia, M. L., Falkner, J. C., Nolte, W., & Colvin, V. L. (2005). Photodegradation of Congo Red catalyzed by nanosized TiO₂. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 242(1–2), 48–56.
- Wahyu, E., & Dini, P. (2014). Degradasi Metilen Biru Menggunakan Fotokatalis ZnO-zeolit. *Chemistry Progress*, 7(1), 29–33.
- Wardhani, N. D. A. dan S. (2014). Fotokatalis TiO₂-zeolit untuk degradasi metilen biru. *Chemistry Progress*, 7(1), 9–14.
- Wardiyati, S., Adi, W. A., & Winatapura, D. S. (2016). Pengaruh Penambahan SiO₂ Terhadap Karakteristik dan Kinerja Fotokatalitik Fe₃O₄/TiO₂ pada Degradasi Methylene Blue. *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, 38(1), 31.
- Winatapura, D. S. (2014). Kemampuan degradasi dari methylen biru pada nanopartikel. *Jurnal Sains Dan Edukasi Sains*, April 2012, 147–152.
- Wismayanti, D., Diantariani, N., & Santi, S. (2015). Pembuatan Komposit ZnO-Arang Aktif Sebagai Fotokatalis Untuk Mendegradasi Zat Warna Metilen Biru. *Jurnal Kimia*, 9(1), 109–116.
- Zendehdel, M., Kalateh, Z., & Alikhani, H. (2011). Efficiency evaluation of NaY zeolite and TiO₂/NaY zeolite in removal of methylene blue dye from

aqueous solutions. *Iranian Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 8(3), 265–272.

Zhang, J., Wu, B., Huang, L., Liu, P., Wang, X., Lu, Z., Xu, G., Zhang, E., Wang, H., Kong, Z., Xi, J., & Ji, Z. (2016). Anatase nano-TiO₂ with exposed curved surface for high photocatalytic activity. *Journal of Alloys and Compounds*, 661, 441–447.

Znaidi, L., Séraphimova, R., Bocquet, J. F., Colbeau-Justin, C., & Pommier, C. (2001). A semi-continuous process for the synthesis of nanosize TiO₂ powders and their use as photocatalysts. *Materials Research Bulletin*, 36(5–6), 811–825.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan

1. Konsentrasi Larutan Metilen Biru

Larutan standar metilen biru dibuat dengan konsentrasi sebesar 15 ppm untuk dapat digunakan sebagai larutan yang didegradasi dengan menggunakan magnetit (Fe_3O_4)- TiO_2 . Rumus pengenceran digunakan untuk mengencerkan larutan metilen biru dengan konsentrasinya 5000ppm ke 15 ppm, berikut merupakan hasil konsentrasi larutan metilen biru 15 ppm menggunakan rumus pengenceran

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 5000 = 15 \text{ ppm} \times 1000 \text{ ml}$$

$$V_1 = \frac{15 \text{ ppm} \cdot 1000 \text{ ml}}{5000 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = \frac{15000}{5000}$$

$$V_1 = 3 \text{ ml}$$

Sehingga untuk mendapatkan konsentrasi 15 ppm perlu dititrisi sebanyak 3ml dari larutan metilen biru dengan konsentrasi 5000 ppm.

a. Perhitungan persen degradasi Metilen Biru (%)

Perhitungan degradasi metilen biru untuk mendapatkan persen degradasi menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ Degradasi} = \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\%$$

Dimana

C_0 : waktu awal adsorbansi (0 menit)

C : Nilai absorbansi metilen biru degradasi

pH 3

1) Tanpa Penyinaran 30 menit

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{0.743609 - 0.736417}{0.743609} \times 100\% \\ &= 0,96\%\end{aligned}$$

2) Tanpa Penyinaran 60 menit

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{0.743609 - 0.734818}{0.743609} \times 100\% \\ &= 1,18\%\end{aligned}$$

3) Tanpa penyinaran 90 menit

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{0.743609 - 0.633212}{0.743609} \times 100\% \\ &= 11,82\%\end{aligned}$$

1) Penyinaran 30 menit

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_o - C}{C_o} \times 100\% \\ &= \frac{1,227278 - 0,1,146771}{1,227278} \times 100\% \\ &= 6,55\%\end{aligned}$$

2) Penyinaran 60 menit

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_o - C}{C_o} \times 100\% \\ &= \frac{1,227278 - 0,939792}{1,227278} \times 100\% \\ &= 23,42\%\end{aligned}$$

3) penyinaran 90 menit

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_o - C}{C_o} \times 100\% \\ &= \frac{1,227278 - 0,1,063355}{1,227278} \times 100\% \\ &= 13,35\%\end{aligned}$$

pH 5

1) Tanpa Penyinaran 30 menit

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,699346 - 0,616679}{0,699346} \times 100\% \\ &= 11,82\%\end{aligned}$$

2) Tanpa Penyinaran 60 menit

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,699346 - 0,575267}{0,699346} \times 100\% \\ &= 17,74\%\end{aligned}$$

3) Tanpa penyinaran 90 menit

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,699346 - 0,556492}{0,699346} \times 100\% \\ &= 20,42\%\end{aligned}$$

1) Penyinaran 30 menit

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_o - C}{C_o} \times 100\% \\ &= \frac{0,742346 - 0,624743}{0,742346} \times 100\% \\ &= 15,84\%\end{aligned}$$

2) Penyinaran 60 menit

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_o - C}{C_o} \times 100\% \\ &= \frac{0,742346 - 0,551716}{0,742346} \times 100\% \\ &= 25,67\%\end{aligned}$$

3) penyinaran 90 menit

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_o - C}{C_o} \times 100\% \\ &= \frac{0,742346 - 0,427883}{0,742346} \times 100\% \\ &= 42,36\%\end{aligned}$$

pH 7

- 1) Tanpa Penyinaran 30 menit

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,21666 - 0,207461}{0,21666} \times 100\% \\ &= 4,24\%\end{aligned}$$

- 2) Tanpa Penyinaran 60 menit

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,21666 - 0,164001}{0,216661} \times 100\% \\ &= 24,30\%\end{aligned}$$

- 3) Tanpa penyinaran 90 menit

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,21666 - 0,155751}{0,21666} \times 100\% \\ &= 28,11\%\end{aligned}$$

1) Penyinaran 30 menit

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_o - C}{C_o} \times 100\% \\ &= \frac{0,365073 - 0,331601}{0,365073} \times 100\% \\ &= 9,16\%\end{aligned}$$

2) Penyinaran 60 menit

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_o - C}{C_o} \times 100\% \\ &= \frac{0,365073 - 0,166816}{0,365073} \times 100\% \\ &= 54,30\%\end{aligned}$$

3) penyinaran 90 menit

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_o - C}{C_o} \times 100\% \\ &= \frac{0,365073 - 0,164153}{0,365073} \times 100\% \\ &= 55,03\%\end{aligned}$$

pH 9

1) Tanpa Penyinaran 30 menit

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,034067 - 0,33983}{0,034067} \times 100\% \\ &= 0,24\%\end{aligned}$$

2) Tanpa Penyinaran 60 menit

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,034067 - 0,014892}{0,034067} \times 100\% \\ &= 56,28\%\end{aligned}$$

3) Tanpa penyinaran 90 menit

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,034067 - 0,013441}{0,034067} \times 100\% \\ &= 60,54\%\end{aligned}$$

1) Penyinaran 30 menit

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,035513 - 0,03314}{0,035513} \times 100\% \\ &= 6,68\%\end{aligned}$$

2) Penyinaran 60 menit

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,035513 - 0,01461}{0,035513} \times 100\% \\ &= 58,86\%\end{aligned}$$

3) penyinaran 90 menit

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,035513 - 0,013445}{0,035513} \times 100\% \\ &= 62,14\%\end{aligned}$$

pH 11

1) Tanpa Penyinaran 30 menit

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,78126 - 0,070116}{0,78126} \times 100\% \\ &= 10,25\%\end{aligned}$$

2) Tanpa Penyinaran 60 menit

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,78126 - 0,059632}{0,78126} \times 100\% \\ &= 23,67\%\end{aligned}$$

3) Tanpa penyinaran 90 menit

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,78126 - 0,032852}{0,78126} \times 100\% \\ &= 57,94\%\end{aligned}$$

1) Penyinaran 30 menit

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_o - C}{C_o} \times 100\% \\ &= \frac{0,050593 - 0,04835}{0,050593} \times 100\% \\ &= 4,43\%\end{aligned}$$

2) Penyinaran 60 menit

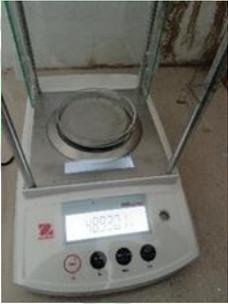
$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_o - C}{C_o} \times 100\% \\ &= \frac{0,050593 - 0,026945}{0,050593} \times 100\% \\ &= 46,74\%\end{aligned}$$

3) penyinaran 90 menit

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_o - C}{C_o} \times 100\% \\ &= \frac{0,050593 - 0,01461}{0,050593} \times 100\% \\ &= 71,12\%\end{aligned}$$

Lampiran 2. Dokumentasi Tahapan Perlakuan

Tahap Preparasi Pasir Besi

	
Proses Menghaluskan Pasir Besi	Proses Pengayakan Pasir Besi
	
Penimbangan TiO_2	Proses Penimbangan Pasir Besi yang sudah diayak

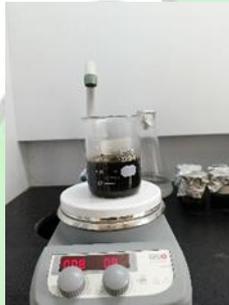
Tahap sintesis magnetit (Fe_3O_4) dengan metode kopresipitasi



Penambahan Pasir Besi dan HCl



Proses penyaringan larutan



Proses pengadukan dan memanaskan larutan

Proses Penggabungan Magnetit-TiO₂



Magnetit dan TiO₂ setelah Furnace



Perbandingan Magnetit-TiO₂



Proses Pengadukan Shaker

Degradasi Katalis Magnetit TiO_2 Variasi pH 3

	
Katalis non uv 0 menit	Katalis non uv 30 menit
	
Katalis non uv 60 menit	Katalis non uv 90 menit
	
Katalis UV 0 menit	Katalis UV 30 menit

	
Katalis UV 60 menit	Katalis UV 90 menit

Degradasi Katalis Magnetit TiO_2 Variasi pH 5

	
Katalis non uv 0 menit	Katalis non uv 30 menit
	
Katalis non uv 60 menit	Katalis non uv 90 menit

	
Katalis UV 0 menit	Katalis UV 30 menit
	
Katalis UV 60 menit	Katalis UV 90 menit

Degradasi Katalis Magnetit TiO₂ Variasi pH 7

	
Katalis non uv 0 menit	Katalis non uv 30 menit
	
Katalis non uv 60 menit	Katalis non uv 90 menit

	
Katalis UV 0 menit	Katalis UV 30 menit
	
Katalis UV 60 menit	Katalis UV 90 menit

Degradasi Katalis Magnetit TiO₂ Variasi pH 9

	
Katalis non uv 0 menit	Katalis non uv 30 menit
	

Katalis non uv 60 menit	Katalis non uv 90 menit
	
Katalis UV 0 menit	Katalis UV 30 menit
	
Katalis UV 60 menit	Katalis UV 90 menit

Degradasi Katalis Magnetit TiO₂ Variasi pH 11

	
Katalis non uv 0 menit	Katalis non uv 30 menit
	

Katalis non uv 60 menit	Katalis non uv 90 menit
	
Katalis UV 0 menit	Katalis UV 30 menit
	
Katalis UV 60 menit	Katalis UV 90 menit

جامعة الرانري

AR - RANIRY