

**PERBANDINGAN KEMAMPUAN DEGRADASI DARI RASIO
FOTOKATALIS MAGNETIT-TiO₂ PADA ZAT WARNA
METILEN BIRU**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Oleh:
NAWWAR SYAUQI YANSA
NIM. 190702041
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan**



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

LEMBAR PERSETUJUAN

**PERBANDINGAN KEMAMPUAN DEGRADASI DARI RASIO
FOTOKATALIS MAGNETIT-TiO₂ PADA ZAT WARNA METILEN
BIRU**

TUGAS AKHIR

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Diajukan oleh:

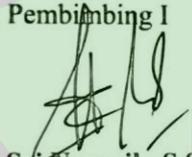
NAWWAR SYAUQI YANSA

NIM. 190702041

Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan

Banda Aceh, 15 Desember 2023
Telah Diperiksa dan Disetujui oleh:

Pembimbing I


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

Pembimbing II


Arief Rahman S.T., M.T
NIDN. 2010038901

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


Husnawati Yahya, M.Si
NIDN. 2009118301

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN KEMAMPUAN DEGRADASI DARI RASIO FOTOKATALIS MAGNETIT-TiO₂ PADA ZAT WARNA METILEN BIRU

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: Sabtu/23 Desember 2023
Sabtu/10 Jumadil Akhir 1445

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

Ketua

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

Sekretaris

Arief Rahman S.T., M.T
NIDN. 2010038901

Penguji I

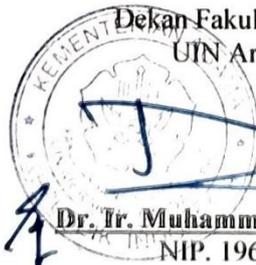
Bhayu Gita Bhernama, M.Si
NIDN. 2021028601

Penguji II

Febrina Arfi, M.Si
NIDN. 2021028601

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Ar-Raniry Banda Aceh



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

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nawwar Syauqi Yansa
NIM : 190702041
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Skripsi : Perbandingan Kemampuan Degradasi Dari Rasio Fotokatalis Magnetit-TiO₂ Pada Zat Warna Metilen Biru

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggung jawabkan;
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya;
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini.

Bila kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggung jawabkan dan ternyata memang diteukan bukti bahwa saya melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

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

Banda Aceh, 27 Desember 2023

Yang Menyatakan,



Nawwar Syauqi Yansa

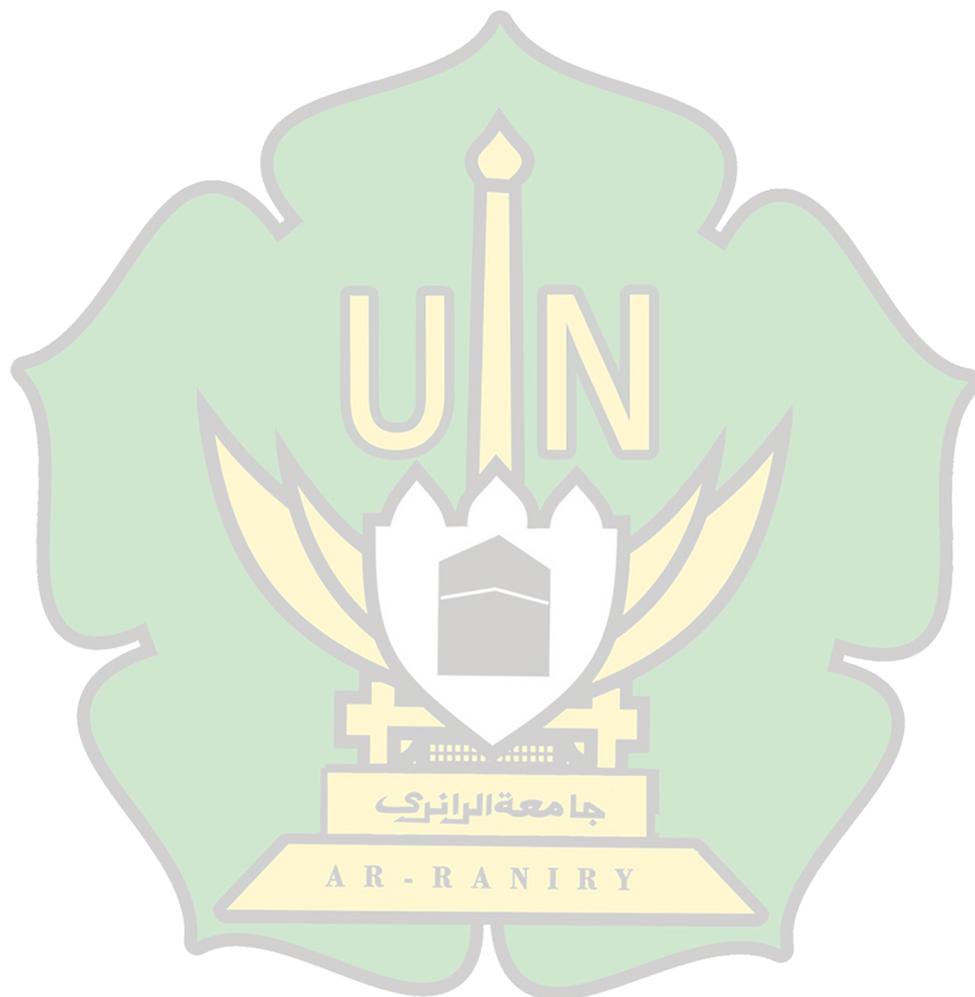
NIM.190702041

ABSTRAK

Nama : Nawwar Syauqi Yansa
Nim : 190702041
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Perbandingan Kemampuan Degradasi Dari Rasio Fotokatalis Magnetit-TiO₂ Pada Zat Warna Metilen Biru
Tanggal Sidang : 23 Desember 2023
Jumlah Halaman : 64
Pembimbing I : Sri Nengsih, M. Sc.
Pembimbing II : Arief Rahman, M. T.
Kata Kunci : Rasio magnetit-*titanium dioksida* (TiO₂), fotodegradasi, metilen biru

Penelitian tentang kemampuan degradasi dari rasio fotokatalis magnetit (Fe₃O₄)-TiO₂ terhadap zat warna metilen biru telah dilakukan. Komposit magnetit (Fe₃O₄)-TiO₂ dibuat dengan perbandingan massa (1:2), (1:1) dan (2:1). Magnetit berupa pasir besi sebagai katalis berasal dari Anoi itam, Sabang, kemudian disintesis dengan menggunakan metode kopresipitasi agar mendapatkan magnetit murni dan dilakukan penyinaran di dalam reaktor untuk proses degradasi. Karakterisasi hasil katalis magnetit-TiO₂ dilakukan menggunakan XRD untuk mengidentifikasi dan menentukan struktur nanopartikel dimana hasil puncak dengan sudut 2θ sekitar 25,22° dan 48,46°, VSM untuk melihat analisa sifat magnetik fotokatalisnya dengan hasil nilai H_c yaitu 0.006T yang menunjukkan feromagnetik dan SEM untuk melihat morfologi dari magnetit+TiO₂ dimana ukuran yang didapat tergolong kepada mikrometer. Hasil karakterisasi dari fotokatalis menunjukkan bahwa komposit magnetit (Fe₃O₄)-TiO₂ (2:1) dengan waktu kontak 90 menit dan menggunakan sinar UV berhasil mendegradasi zat warna metilen biru sebesar 86,52% dengan konsentrasi 15 ppm. Dapat disimpulkan bahwa waktu kontak berpengaruh dari proses degradasi menggunakan katalis

magnetit-TiO₂, sehingga dapat membuktikan bahwa magnetit-TiO₂ mampu mendegradasi zat warna metilen biru.



ABSTRACT

Name : Nawwar Syauqi Yansa
Student ID Number : 190702041
Department : Environmental Engineering
Title : Comparison of Degradation Ability from the Ratio of Magnetite-TiO₂ Photocatalyst on Methylene Blue Dye
Date of Session : December 23, 2023
Number of Pages : 64
Advisor I : Sri Nengsih, M. Sc.
Advisor II : Arief Rahman, M. T.
Keywords : Magnetite-titanium dioxide (TiO₂) ratio, photodegradation, methylene blue

Research on the degradation ability of the magnetite (Fe₃O₄)-TiO₂ photocatalyst ratio against methylene blue dye has been conducted. The magnetite (Fe₃O₄)-TiO₂ composite was made with mass ratios of (1:2), (1:1), and (2:1). Magnetite, in the form of iron sand used as a catalyst, originated from Anoi Itam, Sabang, was then synthesized using the coprecipitation method to obtain pure magnetite and irradiated in a reactor for the degradation process. Characterization of the magnetite-TiO₂ catalyst results was carried out using XRD to identify and determine the nanoparticle structure where the peak results with a 2θ angle of about 25.22° and 48.46°, VSM to see the magnetic properties analysis of the photocatalyst with the Hc value result of 0.006T indicating ferromagnetic, and SEM to see the morphology of magnetite+TiO₂ where the size obtained belongs to the micrometer. The characterization results of the photocatalyst show that the magnetite (Fe₃O₄)-TiO₂ (2:1) composite with a contact time of 60 minutes and using UV light successfully degraded methylene blue dye with a concentration of 15 ppm. The effectiveness of the contact time influence in the highest percentage of concentration reduction is 86.52%. The research results show that the magnetite (Fe₃O₄)-TiO₂ composite is capable of degrading methylene blue dye.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil 'alamin, puji serta syukur penulis panjatkan kepada yang maha kuasa Allah Swt, yang selalu memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas proposal yang berjudul “Perbandingan Kemampuan Degradasi Dari Rasio Fotokatalis Magnetit-TiO₂ Pada Zat Warna Metilen Biru”. Dan tak lupa juga *shalawat* serta salam kepada junjungan baginda Nabi Muhammad saw yang telah membawa umatnya dari alam kebodohan ke alam yang berilmu pengetahuan seperti yang kita rasakan saat ini, dan juga kepada keluarga, sahabat beliau yang senantiasa menemani pada saat berjuang.

Dalam penulisan ini banyak pihak-pihak yang telah memberi dukungan serta bantuan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas dengan semangat, bersyukur, dan pantang menyerah. Sehingga penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada Ayahanda Sopian dan Ibunda Nurussalami selaku orang tua dari penulis, juga kepada Kakak saya Sarah Najla Yansa, kakak Liana Dewi dan adik saya Nawwaf Syakir selaku saudara kandung dari penulis yang sudah memberikan dukungan, saran, doa dan semangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Kemudian, penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih yang tidak terhingga kepada:

1. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
2. Ibu Husnawati Yahya, M.Sc, 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, M.Sc, selaku sekretaris Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
4. Ibu Sri Nengsih, S.Si., M.Sc, selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan membantu saya dalam menyusun skripsi ini menjadi lebih baik.
5. Bapak Arief Rahman, M.T., selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan arahan dan masukan dalam penulisan tugas akhir, selaku dosen penguji II penulis

dalam pelaksanaan seminar proposal dan selaku Kepala Laboratorium Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh

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

Segala upaya penulis telah lakukan untuk menyelesaikan tugas akhir ini menjadi sempurna. Namun, penulis menyadari bahwa tidak ada pekerjaan yang luput dari kesalahan dan yang sempurna hanya milik Allah S.w.t semata. Oleh karena itu, penulis memohon maaf apabila ada kesalahan dalam penulisan serupa dimasa yang akan datang. Harapan besar penulis, semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat dan dapat bernilai positif bagi semua pihak yang membutuhkan. Kritik dan saran yang membangun juga dibutuhkan oleh penulis sehingga tugas ini dapat lebih baik. Akhir kata penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan bagi pembaca.

A R - R A N I R Y

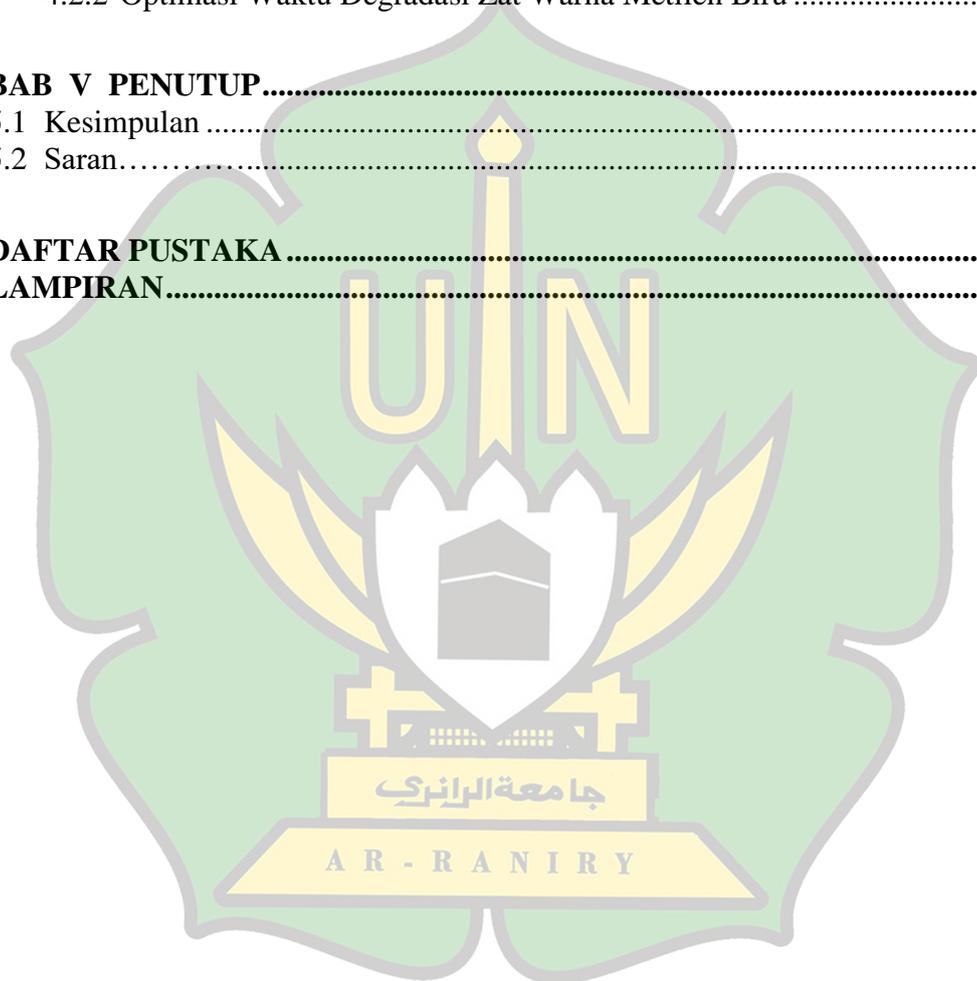
Banda Aceh, 30 Juli 2023
Penulis,

Nawwar Syauqi Yansa

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSUTUJUAN TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Fotokatalisis	5
2.2 <i>Titanium Dioksida</i> (TiO ₂)	6
2.3 <i>Magnetit</i> -Pasir Besi.....	8
2.4 Zat Warna 9	
2.4.1 Zat Warna Sintetik.....	9
2.4.2 Zat Warna Alami	10
2.4.3 Zat Warna Metilen Biru.....	10
2.5 Fotodegradasi	11
2.6 Spektrofotometri UV-Vis.....	12
2.7 Penelitian Terdahulu	13
BAB III METODE PENELITIAN.....	15
3.1 Rancangan Penelitian	15
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian	15
3.3 Peralatan dan Bahan Penelitian.....	17
3.3.1 Alat.....	17
3.3.2 Bahan.....	19
3.5 Prosedur Penelitian	21
3.6 Analisis Data	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
4.1 Kemampuan Fotodegradasi Variasi Konsentrasi Magnetit-TiO ₂	27
4.1.1 Sintesis Pasir Besi.....	27

4.1.2 Karakterisasi Magnetit dan Katalis TiO ₂ dengan <i>X-ray diffraction</i> (XRD).....	28
4.1.3 Karakterisasi Magnetit dengan <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM).....	30
4.1.4 Karakterisasi Magnetit-TiO ₂ dengan <i>Scanning Electron Microscope</i> .	31
4.2 Pengaruh Waktu Penyinaran Dari Proses Degradasi Menggunakan Rasio Magnetit-TiO ₂	32
4.2.1 Penentuan Panjang Gelombang Zat Warna Metilen Biru Sebelum Degradasi.....	32
4.2.2 Optimasi Waktu Degradasi Zat Warna Metilen Biru	33
BAB V PENUTUP	38
5.1 Kesimpulan	38
5.2 Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN	41



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Skema Dari Proses Fotokatalisis	6
Gambar 2. 2	Nanokristal TiO ₂ (kiri) <i>Anatase</i> , (tengah) <i>Rutile</i> , (kanan) <i>Brookite</i>	7
Gambar 2.3	Struktur Metilen Biru	11
Gambar 3.1	Peta Lokasi Pengambilan Sampel Pasir Besi	16
Gambar 3.2	Peta Lokasi Penelitian.....	16
Gambar 3.3	Reaktor Fotodegradasi (a) desain reaktor (b) tampak nyata reaktor.....	23
Gambar 3.4	Diagram Alir Prosedur Penelitian	25
Gambar 4. 1	Perbandingan Difraktogram TiO ₂ dan Fe ₃ O ₄	29
Gambar 4.2	Magnetit + TiO ₂	30
Gambar 4.3	Sampel Magnetit-TiO ₂ , (a) Pembesaran 700 kali (b) Pembesaran 4000 kali.....	32
Gambar 4. 4	Panjang Gelombang Maksimum Metilen Biru	33
Gambar 4.5	Grafik Hasil Persen Terdegradasi Katalis 1:2.....	34
Gambar 4.6	Grafik Hasil Persen Terdegradasi Katalis 1:1	35
Gambar 4.7	Grafik Hasil Persen Terdegradasi Katalis 2:1	35

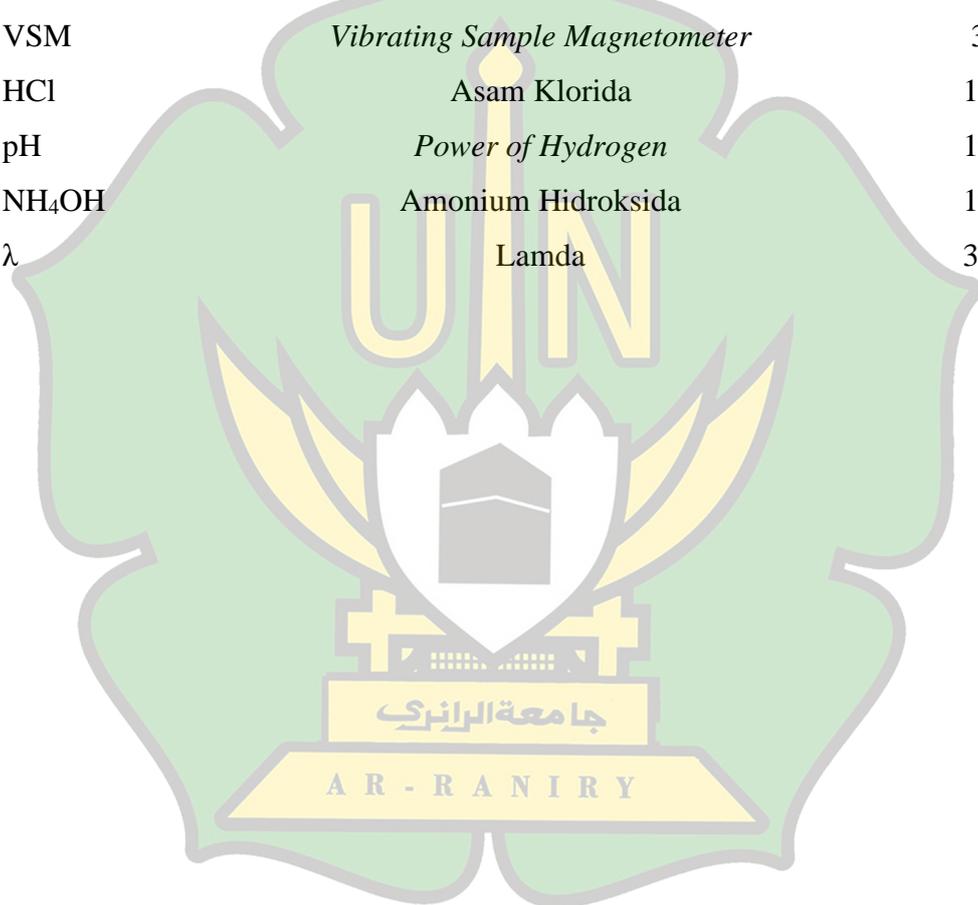
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Hasil Penelitian Terdahulu	13
Tabel 3.1	Alat-alat Dalam Penelitian	17
Tabel 3.2	Bahan- Bahan Dalam Penelitian	19
Tabel 4.1	Data Analisis XRD Katalis.....	27
Tabel 4.2	Data Sifat Magnetit+TiO ₂ Menggunakan VSM.....	28
Tabel 4.3	Data Hasil Persen Terdegradasi.....	31



DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

Lambang	Kepanjangan	Halaman
TiO ₂	<i>Titanium dioksida</i>	2
Fe ₃ O ₄	Magnetit	2
XRD	<i>X-Ray Diffraction</i>	3
UV	Ultraviolet	3
VSM	<i>Vibrating Sample Magnetometer</i>	3
HCl	Asam Klorida	18
pH	<i>Power of Hydrogen</i>	19
NH ₄ OH	Amonium Hidroksida	19
λ	Lamda	30



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keberadaan industri serta produk dari tekstil di suatu negara sudah banyak membagikan suatu keuntungan dan kelebihan untuk negara itu sendiri, salah satu diantaranya itu berkurangnya angka pengangguran yang terdapat di masyarakat, meningkatnya pemasukan, serta hasil produksi dari industri tersebut semakin meningkat. Di Indonesia, baik industri tekstil maupun produk tekstil telah menjadi industri yang signifikan dan terbukti mampu meningkatkan nilai ekonomi (Juzer dan Sri Darma, 2019). Umumnya, senyawa pewarna yang terdapat dalam limbah cair industri tekstil biasanya bersifat organik dan memiliki struktur aromatik yang sulit terdegradasi secara alami dan tidak bersahabat dengan lingkungan. Metilen biru, merupakan salah satu contoh pewarna tekstil yang sering dipakai. Keberadaan zat warna metilen biru di dalam lingkungan perairan bisa merusak berbagai macam spesies makhluk hidup yang ada, zat warna ini bersifat karsinogenik serta *non-biodegradable* sehingga tidak bisa dijabarkan oleh mikroorganisme serta sangat beresiko terhadap kesehatan tubuh manusia. Metilen biru yang terakumulasi dalam tubuh bisa menimbulkan iritasi pada saluran pencernaan bila terhisap, menimbulkan sianosis bila terhirup. Serta iritasi pada kulit bila tersentuh oleh kulit (Maryudi dkk., 2021).

Berkembangnya industri tekstil di Indonesia, produksi limbah pewarna tekstil terus meningkat. Dan, limbah-limbah tersebut mempunyai dampak yang signifikan terhadap pencemaran air jika tidak diolah sebelum dibuang (Naimah dkk., 2019). Limbah tekstil tersebut dihasilkan dari tahapan pewarnaan dalam industri tekstil. Selama proses tersebut, setidaknya 10-15% zat warna dihasilkan. Menurut keputusan Menteri Lingkungan Hidup nomor Kep-51/MENLH/10/1995, konsentrasi metilen biru nilai ambang batas yang diperbolehkan dalam perairan sekitar 5 sampai 10 mg/L. Pengelolaan limbah industri tekstil sebelum dibuang ke saluran akhir sangat penting karena dapat mempengaruhi aspek estetika dan perlindungan lingkungan (Dewi dkk., 2020).

Melihat akibat yang dihasilkan oleh pewarna tekstil metilen biru terhadap lingkungan dan makhluk hidup didalamnya, diperlukan berbagai usaha untuk mengurangi limbah pewarna tersebut sebelum dibuang ke dalam sistem perairan. Ada beberapa teknik yang digunakan, seperti teknik koagulasi, elektrokoagulasi, biologi, adsorpsi, klorinasi, dan ozonisasi untuk mengurangi kandungan pewarna (Rahayu dkk., 2022). Akan tetapi, metode-metode tersebut masih belum secara optimal dalam memproses zat warna untuk tekstil dan bahkan kerap kali menimbulkan masalah baru bagi lingkungan (Amelia dkk., 2023).

Suatu metode untuk pengolahan zat warna tekstil yang dikenal dengan metode fotodegradasi, saat ini sedang dikembangkan. Fotodegradasi merupakan suatu proses pembusukan zat organik menjadi zat yang lebih simpel dengan menggunakan bantuan energi foton dan radiasi sinar ultraviolet. Fotodegradasi zat warna dapat dilakukan dengan menggunakan bahan fotokatalis dan radiasi sinar ultraviolet, TiO_2 adalah salah satu semikonduktor yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan fotokatalis. TiO_2 memiliki kelebihan energi gap (energi celah) yang relatif besar sebesar 3,2 eV (Listanti dkk., 2018), murah dan memiliki aktivitas fotokatalitik yang tinggi (Wardiyati dkk., 2018). (Wilda Amananti dan Sunardi, 2017) menyatakan bahwa, TiO_2 merupakan fotokatalis yang memiliki kemampuan bagus dalam proses fotodegradasi zat warna. Menurut penelitian (Syam dan Widiyandari, 2019), TiO_2 adalah katalis yang sangat efektif dalam mendegradasikan zat warna metilen biru. Namun, kemampuan adsorpsi TiO_2 yang rendah adalah kekurangan dalam proses fotodegradasi. Untuk meningkatkan aktivitas fotokatalitik, TiO_2 perlu digabungkan dengan adsorben seperti pasir besi. Pasir besi dipilih karena memiliki sifat magnetik yang memungkinkannya dalam mendegradasikan dari salah satu limbah zat warna seperti zat warna metilen biru.

Pasir besi adalah jenis pasir yang memiliki kandungan besi yang cukup signifikan. Umumnya, pasir ini berwarna abu-abu gelap atau hitam. Dalam endapan pasir besi, terdapat mineral-mineral seperti magnetit, hematit, dan maghemit. Magnetit sendiri adalah salah satu mineral yang terdapat dalam pasir besi, mineral ini mengandung unsur besi (Fe) dan oksigen (O_2) dengan rumus kimia Fe_3O_4 .

Magnetit memiliki sifat tertarik oleh magnet dan dikenal sebagai bahan magnetik (Zaman dkk., 2022).

Diperlukan proses pemurnian pada pasir besi agar dapat memperoleh mineral magnetit Fe_3O_4 yang terdapat didalamnya. Metode pemurnian pasir besi dilakukan dengan cara mengekstraksi pasir besi menggunakan magnet permanen. Prinsip ekstraksi ini menggunakan sifat magnetis dari magnetit yang terdapat dalam pasir besi sehingga mineral tersebut dapat diekstrak dan dipisahkan dari kotorannya (Sinurat dkk., 2021). Salah satu teknik yang dapat diterapkan dalam pembuatan nanopartikel magnetit adalah melalui reaksi padat-cair, dimana metode kopresipitasi merupakan salah satu caranya (Simamora dkk., 2019).

Metode kopresipitasi adalah salah satu teknik sintesis senyawa anorganik yang didasarkan pada pengendapan lebih dari satu zat secara bersamaan ketika melewati titik jenuh. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh (Hayati dan Astuti, 2019) metode ini menggunakan suhu rendah selama prosesnya dan menghasilkan ukuran partikel yang kecil. Oleh karena itu, diharapkan bahwa metode kopresipitasi dapat menghasilkan partikel yang lebih kecil dan lebih seragam dibandingkan dengan metode *solid state*.

Dalam penelitian ini akan dilakukan sintesis magnetik- TiO_2 melalui metode kopresipitasi. Karakterisasi akan dilakukan dengan beberapa pengujian yaitu uji XRD (*X-Ray Diffraction*), SEM dan Uv-Vis penelitian ini diharapkan mampu mengatasi permasalahan dalam penguraian zat warna, sehingga dapat mendukung teknologi yang ramah lingkungan.

Berdasarkan uraian di atas, maka dalam penelitian ini dilakukan sintesis magnetit- TiO_2 dari bahan dasar pasir besi dengan menggunakan metode kopresipitasi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan fotodegradasi dari variasi konsentrasi magnetit- TiO_2 , maka dari itu penelitian ini penting untuk dilakukan.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dibahas dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana kemampuan fotodegradasi dari variasi konsentrasi magnetik-TiO₂ pada zat warna metilen biru?
2. Bagaimana pengaruh waktu penyinaran dari proses degradasi menggunakan magnetik (Fe₃O₄)-TiO₂?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kemampuan fotodegradasi dari variasi konsentrasi magnetik-TiO₂ pada zat warna metilen biru
2. Mengetahui pengaruh waktu penyinaran dari proses degradasi menggunakan magnetik (Fe₃O₄)-TiO₂

1.4 Manfaat Penelitian

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. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat dan informasi terkini tentang fotodegradasi.

1.5 Batasan Penelitian

Pada penelitian ini terdapat batasan masalah yaitu:

1. Pasir besi yang berasal dari Anoi Itam, Sabang, berdasarkan penelitian dari (Nengsih, 2021) bahwa karakteristik pasir besi dari tempat tersebut lebih baik dibandingkan pasir besi yang berasal dari Lampanah dan Syiah Kuala
2. TiO₂ (*Titanium Dioksida*) dengan jenis *anatase*, dikarenakan jenis ini dapat berfungsi lebih baik dengan bantuan sinar ultraviolet dan relatif murah.
3. Penelitian akan dilakukan di Laboratorium Multifungsi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, Laboratorium Fakultas MIPA Universitas Syiah Kuala untuk pengujian XRD dan SEM dan uji VSM akan dikirimkan ke Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN), Kecamatan Serpong, Tangerang Selatan, Provinsi Banten.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fotokatalisis

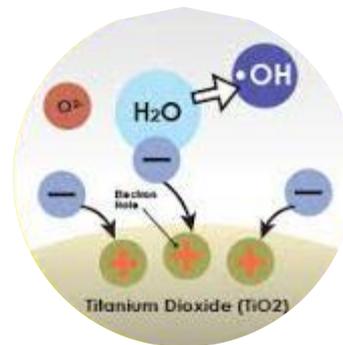
Fotokatalisis adalah kombinasi proses fotokimia dan katalis. Cahaya dan katalis diperlukan agar perubahan dan tindakan kimia dapat terjadi. Perubahan kimia yang disebabkan oleh cahaya terjadi pada permukaan katalis (Mudhofir dkk., 2018). Pencahayaan mengakibatkan terjadinya pergerakan elektron dari tingkat energi valensi ke tingkat energi konduksi. Proses ini akan menghasilkan tempat kosong yang akan berinteraksi dengan molekul air (H_2O) untuk membentuk *radikal hidroksil* (Hendra dkk., 2019)

Beberapa keunggulan yang terdapat didalam metode degradasi fotokatalitik, diantaranya adalah kemampuan untuk secara cepat mendekomposisi kontaminan organik secara menyeluruh, mengurangi sifat toksik dari logam berat, penggunaan sinar matahari sebagai sumber energi, serta bersifat lembut dengan dapat dilakukan pada suhu tekanan yang rendah (Sucahya dkk., 2019).

Fotokatalis dibagi menjadi dua jenis berdasarkan fasa, yaitu:

1. Fotokatalis seragam adalah suatu metode fotokatalisis satu fasa antara bahan dengan katalis. Biasanya, katalis berbentuk pengoksidasi seperti peroksida hidrogen (H_2O_2) dan ozon (O_3)
2. Fotokatalis heterogen adalah metode fotokatalisis yang melibatkan dua fasa dan memerlukan semikonduktor sebagai katalis. Beberapa semikonduktor yang digunakan dalam fotokatalisis heterogen antara lain *seng oksida* (ZnO), *kadmium sulfida* (CdS), dan *titanium oksida* (TiO_2) (M. I. Sari dan Agustina, 2019).

Menurut (Said, 2021), 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 ini adalah gambaran skema dari proses fotokatalis yang diperlihatkan pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Skema dari proses fotokatalisis

Sumber: lingkungan.itats

Proses reaksi fotokatalis dalam gambar dimulai dengan penyerapan foton sehingga elektron tereksitasi ke pita konduksi dan menghasilkan celah pada pita valensi. Pada permukaan partikel, elektron yang tercipta dari fotogenerasi bisa mengurangi oksigen menjadi anion superoksida, dan celah yang tercipta dari fotogenerasi bisa mengoksidasi OH⁻ atau air untuk membentuk radikal. Elektron dan celah kemudian bisa bergabung kembali pada permukaan semikonduktor atau disebalik semikonduktor.

Menurut (Lee dan Lee, 2020), faktor-faktor yang dapat memberikan penjelasan keseluruhan aktivitas fotokatalitik dari semikonduktor adalah efisiensi, selektivitas produk, stabilitas, dan respon pada rentang panjang gelombang. Sebagai contoh, semikonduktor CdS dengan celah pita yang kecil bisa diaktifkan oleh cahaya dalam waktu tertentu. Akan tetapi, semikonduktor TiO₂ akan lebih stabil dan mempunyai celah pita yang lebih lebar, sehingga hanya aktif pada sinar ultraviolet yang membentuk 10% dari keseluruhan cahaya matahari. Untuk mengatasi keterbatasan semikonduktor tersebut, maka permukaan atau struktur semikonduktor bisa dimodifikasi supaya bisa berfungsi pada daerah sinar tampak.

2.2 Titanium Dioksida (TiO₂)

Titanium dioksida (TiO₂) adalah oksida logam Ti (*Titanium*) yang paling umum ditemukan (Indrawati dan Taufiq Rochman, 2019). Titanium dioksida dikenal sebagai senyawa dioksida putih yang tahan terhadap korosi dan tidak berbahaya. Karena sifat-sifat ini, TiO₂ telah digunakan bertahun-tahun sebagai pigmen putih untuk makanan dan produk kosmetik.

Titanium dioksida (TiO_2) secara mikroskopis memiliki dua bentuk utama yaitu kristal dan *amorf* (Supriyanto dkk., 2019). *Titanium dioksida* (TiO_2) merupakan senyawa *amorf* yang tidak memiliki susunan atom yang teratur, seperti halnya senyawa *amorf* lainnya. Oleh karena itu, bahan ini tidak memiliki pita konduksi dan valensi yang teratur. Namun demikian, TiO_2 *amorf* terkenal karena kemampuannya dalam mendegradasi polutan dengan waktu yang cukup lama.

Kristal *titanium dioksida* memiliki tiga variasi yang berbeda, yaitu *rutile*, *anatase*, dan *brookite*. *Rutile* dianggap sebagai bentuk kristal yang paling stabil dibandingkan dengan dua bentuk lainnya. Oleh karena itu, kristal ini lebih mudah ditemukan dalam bentuk yang paling murni (bijih). *Anatase* dikenal sebagai bentuk kristal yang sangat sensitif terhadap cahaya. Jika kristal ini dikenai cahaya dengan energi yang lebih besar dari celah energinya, maka eksitasi elektron ke pita konduksi dapat dengan mudah terjadi. *Brookite* adalah bentuk kristal yang paling sulit diamati karena sifatnya yang sulit dibersihkan.

Rutile merupakan varian kristal TiO_2 yang paling sering terbentuk secara alami dan dibuat secara luas di pasaran. Struktur *rutile* memiliki bentuk *oktahedral* yang diisi oleh atom *titanium*, berbeda dengan *anatase* dan *brookite* memiliki bentuk kubik (Greenwood and Earnshaw, 2017).



Gambar 2.2 Nanokristal TiO_2 (kiri) *Anatase*, (tengah) *Rutile*, (kanan) *Brookite*

Sumber: Warstek.com/tio2

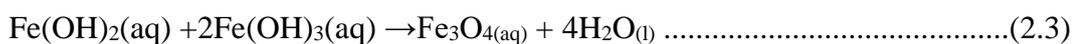
Penelitian fotokatalis ini menggunakan jenis TiO_2 dengan struktur *anatase* karena jenis ini dapat berfungsi lebih baik dengan bantuan sinar ultraviolet dalam mendegradasi pencemaran dan juga lebih fotoaktif jika dibandingkan dengan jenis *rutile*. Hal ini disebabkan oleh luasnya permukaan struktur *anatase* yang lebih besar

daripada yang dimiliki oleh strukturnya *rutile*. Sementara itu, struktur *brookite* sangat tidak stabil dan sulit dipersiapkan, sehingga jarang digunakan dalam berbagai aplikasi

2.3 Magnetit-Pasir Besi

Magnetit adalah salah satu senyawa oksida besi selain *maghemit* dan *hematit* yang memiliki kemampuan magnetik paling kuat diantara senyawa oksida besi lainnya. Oleh karena itu, senyawa ini digunakan secara luas di berbagai bidang (Teja dan Koh, 2018). Nanopartikel *magnetit* Fe_3O_4 sangat bermanfaat untuk berbagai keperluan seperti sebagai pengantar obat, diagnosis MRI untuk kesehatan, bahan rekaman, katalis, dan juga dalam lingkungan. Dalam bidang kimia, fisika dan ilmu material, nanopartikel oksida memainkan peran yang penting, salah satu contohnya ialah Fe_3O_4 . Ada berbagai metode yang telah dilaporkan di dalam jurnal untuk mempersiapkan nanopartikel Fe_3O_4 , serta menggunakan ultrasonik, impregnasi, penggilingan, serta ekstrak daun *Tridax Procumbens* (Hariani dkk., 2013).

Dalam prosesnya, sintesis partikel nano magnetik bisa dilakukan melalui metode elektrokimia, sol gel, hidrotermal, dan kopresipitasi. Metode kopresipitasi menjadi pilihan utama karena bisa dilakukan pada suhu kamar, terjangkau secara ekonomis, dan menggunakan alat sederhana yang dapat menghasilkan jumlah produk yang memadai (Ermawati dan Ratnawati, 2019). Menurut Wang dkk (2019) reaksi kimia yang terjadi pada saat sintesis Fe_3O_4 mengikuti persamaan (2.1), (2.2) dan (2.3).



Pasir besi merupakan suatu jenis mineral yang terbentuk dari endapan atau sedimen, yang memiliki ukuran butir antara 0,074 hingga 0,075 mm. Mineral ini memiliki variasi dengan ukuran kasar (antara 5 hingga 3 mm) dan halus (kurang 1 mm). Perbedaan karakteristik mineral seperti kandungan Fe, Ti, Mg, dan Si dalam pasir besi kemungkinan dikarenakan oleh lokasi endapan yang berbeda. Mineral

magnetik yang sering dijumpai pada wilayah sungai atau pantai adalah *magnetit* (Fe_3O_4) atau *ferrosit* (FeO) (Sunaryo dan Widyadara, 2020).

Kandungan besi yang terdapat pada mineral besi hadir berbentuk oksida. Oksida logam ini hadir dengan dua fase bijih pasir besi, yakni Fe_3O_4 dan Fe_2O_3 . Kedua jenis oksida tersebut berperan dalam sifat kemagnetan. Fe_3O_4 mempunyai interaksi yang cenderung dalam medan magnet dibandingkan dengan Fe_2O_3 . Bijih pasir besi ini lebih banyak dipakai manfaatnya dalam bidang ilmu material, memiliki nilai ekonomi yang lebih tinggi serta bersifat ramah lingkungan. Mineral besi dalam bentuk endapan pasir umumnya mengandung kadar Fe sebesar 38%-59% (Sunaryo dan Widyadara, 2020).

Pasir besi merupakan jenis pasir yang mempunyai kandungan besi yang cukup tinggi. Pada hakikatnya, pasir yang mengandung besi berwarna abu-abu gelap atau hitam. Diketahui bahwa endapan pasir besi mengandung mineral seperti *magnetit*, *hematit*, dan *maghemit* (Yulianto, 2022).

2.4 Zat Warna

Pewarna adalah zat kimia yang dapat memberikan zat warna, baik sintesis maupun alami. Penggunaan sangat umum di berbagai bidang, terutama di laboratorium, dimana zat pewarna digunakan untuk proses pewarnaan, seperti pewarnaan sel darah, pewarnaan sederhana, dan pewarnaan gram dengan tujuan tertentu (Putra dkk., 2018).

2.4.1 Zat Warna Sintetik

Zat warna buatan sintetik merupakan zat pewarna yang dihasilkan melalui reaksi atau sintesis kimia. Batu bara, arang, tar, atau minyak bumi yang mengandung senyawa turunan hidrokarbon aromatik seperti naftalena, antrasena, dan benzena digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan zat warna sintetik. Beberapa contoh zat warna sintetik yang telah terbukti efektif dalam pewarnaan sel adalah metilen biru, *biolet*, *Eosin*, *Carbol fuchsin*, *Safranin*, dan *Gentian* (Sitanggang, 2017).

Pemanfaatan pewarna buatan untuk mewarnai sel, umumnya lebih disukai karena memiliki keunggulan yang tersedia berbagai macam warna, warna yang lebih terang, warna yang tidak mudah pudar, dan lebih praktis. Walaupun warna buatan memiliki keunggulan tersebut, penggunaannya dapat memberikan efek yang merugikan baik bagi lingkungan maupun kesehatan manusia. Pencemaran lingkungan yang dihasilkan dari limbah pemakaian warna buatan dapat berdampak pada ekosistem air. Disamping itu, penggunaan bahan pewarna buatan dapat membahayakan kesehatan manusia dengan meningkatnya resiko kanker dan penyakit kulit lainnya (Budianto, 2019).

2.4.2 Zat Warna Alami

Pewarna alami adalah sebuah zat warna yang tercipta dari tumbuhan, hewan, atau sumber mineral lainnya. Kekayaan biologis dan sumber daya alam yang melimpah menyediakan berbagai macam zat warna alami yang dapat dimanfaatkan. Beberapa contoh zat warna alami yang umum digunakan adalah klorofil, karotenoid, kurkumin, dan antosianin. Zat warna tersebut dapat ditemukan pada berbagai jenis buah dan bunga seperti mawar, buah naga, kembang sepatu, dan tumbuhan lainnya (Sitanggang, 2017).

Alternatif pewarna alami telah disarankan sebagai pilihan yang lebih efisien untuk menggantikan zat pewarna buatan sebagai pewarna yang ramah lingkungan dan kesehatan. Selain itu, pewarna alami memiliki dampak lingkungan yang lebih rendah, tidak beracun, dan mudah terurai secara biologis. Meskipun memiliki keuntungan, pewarna alami juga memiliki kekurangan, dan memerlukan proses untuk mendapatkan bahan pewarna dari tumbuhan atau bahan alami lain yang mengandung pewarna (Budianto, 2019).

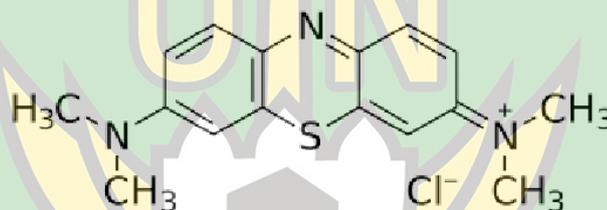
2.4.3 Zat Warna Metilen Biru

Metilen biru merupakan pigmen yang mengandung senyawa aromatik berbahaya dengan rumus kimia $C_{16}H_{18}ClN_3S$ dan termasuk dalam kelompok pewarna kationik yang memiliki kemampuan adsorpsi yang tinggi. Kristal ini berwarna hijau kebiruan dan dapat menghasilkan warna biru apabila dilarutkan

kedalam air ataupun alkohol. Metilen biru ini memiliki berat molekul sebesar 319,86 g/mol, titik lebur sebesar 105°C, dan kelarutan mencapai $4,36 \times 10^4$ mg/L (Rizki dkk., 2019).

Biasanya, pewarna metilen biru telah banyak digunakan dalam proses pewarnaan serat sutra, tekstil, wol, kosmetik, kertas, dan peralatan kantor. Namun penggunaannya, dapat menghasilkan limbah yang berbahaya bagi makhluk hidup karena dapat menghasilkan polutan dalam jumlah yang besar.

Limbah zat pewarna metilen biru sangat sulit dipecahkan atau didegradasi karena mengandung gugus benzena dan bersifat berbahaya yang dapat mengakibatkan perubahan genetik dan mempengaruhi sistem reproduksi. Salah satu solusi untuk menangani limbah zat warna tersebut adalah melalui metode adsorpsi. Metode ini biasanya dimanfaatkan untuk mengurangi polusi pewarna dan senyawa organik dalam limbah cair (Dwiarsi dkk., 2018).



Gambar 2.3 Struktur Metilen Biru

Sumber: [www.researchgate.net/Chemical structure of methylene blue](http://www.researchgate.net/Chemical%20structure%20of%20methylene%20blue)

2.5 Fotodegradasi

Fotodegradasi ialah suatu proses pemecahan senyawa tertentu (umumnya senyawa organik) dengan bantuan energi foton. Tahapan ini membutuhkan fotokatalis, yang umumnya terbuat dari bahan semikonduktor. Prinsip fotodegradasi adalah ketika energi foton diterapkan pada logam semikonduktor, Sehingga terjadi transisi elektronik dari pita valensi ke pita konduksi. Transisi ini mengakibatkan terbentuknya lubang elektron (*hole*) yang dapat langsung berinteraksi dengan medium pelarut (air) dan membentuk radikal (Nurillahi dkk., 2018).

Fotodegradasi yang diterapkan pada limbah zat warna metilen akan menggunakan sebuah reaktor yang memiliki tiga syarat utama, dimana syarat

tersebut yaitu sumber cahaya, senyawa target, dan katalis (Sianita dkk., 2017). Sumber cahaya terdiri dari tiga jenis, yaitu UV-A (320-400 nm), UV-B (270-320 nm), dan UV-C (150-30 nm). Karena panjang gelombang mempengaruhi besar energi yang dihasilkan, cahaya UV dapat menghilangkan polutan dalam air.

2.6 Spektrofotometri UV-Vis

Spektrofotometri merupakan sebuah instrumen yang dipakai untuk mengukur transmitansi atau absorpsi suatu sampel berdasarkan panjang gelombang (λ). Teknik analisis spektroskopi yang memanfaatkan sumber radiasi elektromagnetik ultraviolet dekat (190-380 nm) dan sinar tampak (380-780 nm) dengan menggunakan alat spektrofotometer yang disebut dengan spektrofotometri (Putri, 2017). Setiap molekul elektron yang dapat tereksitasi ke tingkat energi yang lebih tinggi, sehingga memungkinkannya menyerap radiasi dalam rentang UV-Vis. Spektrofotometer UV-Vis sering digunakan untuk analisis kuantitatif daripada kualitatif karena memerlukan sejumlah energi elektronik pada molekul yang diuji (Pratiwi dan Nandiyanto, 2022).

Satu substansi sederhana akan menyerap radiasi elektromagnetik yang sesuai. Hubungan ini akan meningkatkan energi potensial elektron pada level keadaan eksitasi. Apabila hanya ada pergeseran elektron pada satu jenis kelompok dalam substansi sederhana, maka akan terjadi satu penyerapan yang menunjukkan garis spektrum (Sianita dkk., 2017).

Spektrum UV-Vis sebaiknya diperoleh dari larutan yang terlarut. Jika radiasi atau cahaya putih melewati larutan yang berwarna, maka radiasi dengan panjang gelombang spesifik akan diserap (absorpsi) tergantung pada kekuatan elektron yang terikat dalam molekul tersebut (Padmaningrum dan Marwati, 2019).

Beberapa modifikasi absorpsi cahaya yang terjadi jika diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis meliputi pergeseran hipsokromatik dan batokromatik. Pergeseran hipokromatik merujuk pada perubahan penyerapan cahaya ke arah panjang gelombang yang lebih pendek, sedangkan bathokromatik merujuk pada pergeseran ke arah panjang gelombang yang lebih tinggi. Baik pergeseran

batokromatik maupun hipsokromatik dapat terjadi akibat penggantian atau pengaruh dari pelarut (Destria dkk., 2019).

Dalam ranah spektroskopi, dipakai kombinasi sumber radiasi, peringkat pemisah, dan detektor untuk menilai penyerapan atau pancaran dari sampel yang khusus. Penilaian ini berlandaskan pada pengukuran panjang gelombang maupun frekuensi radiasi (Kurniawati dkk., 2019).

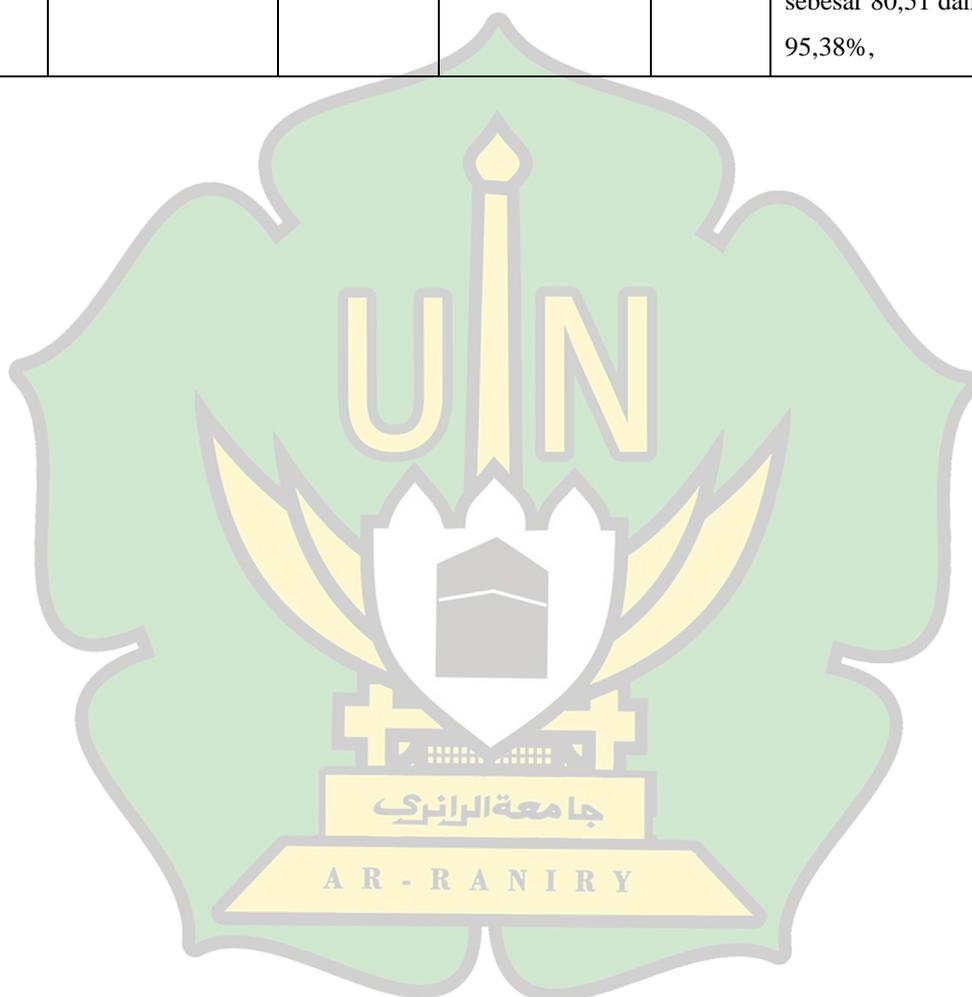
2.7 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian tentang fotodegradasi limbah pewarna metilen biru telah dilakukan sebagai berikut:

Tabel 2.1 Hasil Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Fotokatalis	Sinar Cahaya	Limbah	Kemampuan Degradasi
1	Charitha dkk., 2021	TiO ₂ -Fe ₃ C- Fe-Fe ₃ O ₄	Cahaya tampak – Sinar matahari	Metilen Biru	Hasil menunjukkan kapasitas adsorpsi tertinggi 45,87 mg/g menghilangkan 91,6% MB, sedangkan SF 10 menunjukkan kapasitas adsorpsi 44,33 mg/g menghilangkan 88,6% MB
2	Naimah dkk., 2018	Fe ₃ O ₄ /TiO ₂ - S A R - R	Ultraviolet – Sinar tampak	Metilen Biru	Fe ₃ O ₄ /TiO ₂ -s fotokatalis dengan rasio molar S/Ti sebesar 5% berhasil mengurangi kadar metilen biru sebesar 87,74% saat terpapar sinar ultraviolet dan 78,14% saat terpapar sinar tampak
3	Sri Kunarti dkk., 2018)	Fotokatalis magnetik	Sinar UV	Metilen Biru	Fe ₃ O ₄ /TiO ₂ -Co dengan massa 10 mg mampu

		Fe ₃ O ₄ /TiO ₂ - Co		menurunkan 5 mg/L metilen larutan biru pada pH 10 di bawah sinar UV dan cahaya tampak penyinaran selama 210 menit dengan hasil degradasi sebesar 80,51 dan 95,38%,
--	--	--	--	--



BAB III

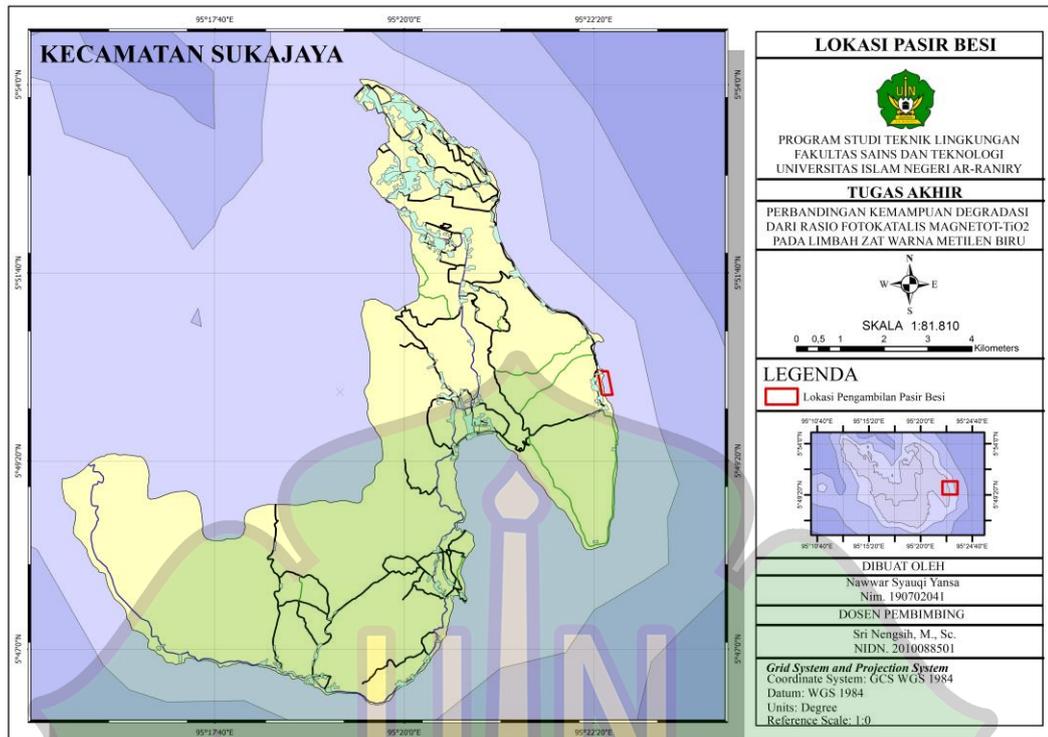
METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

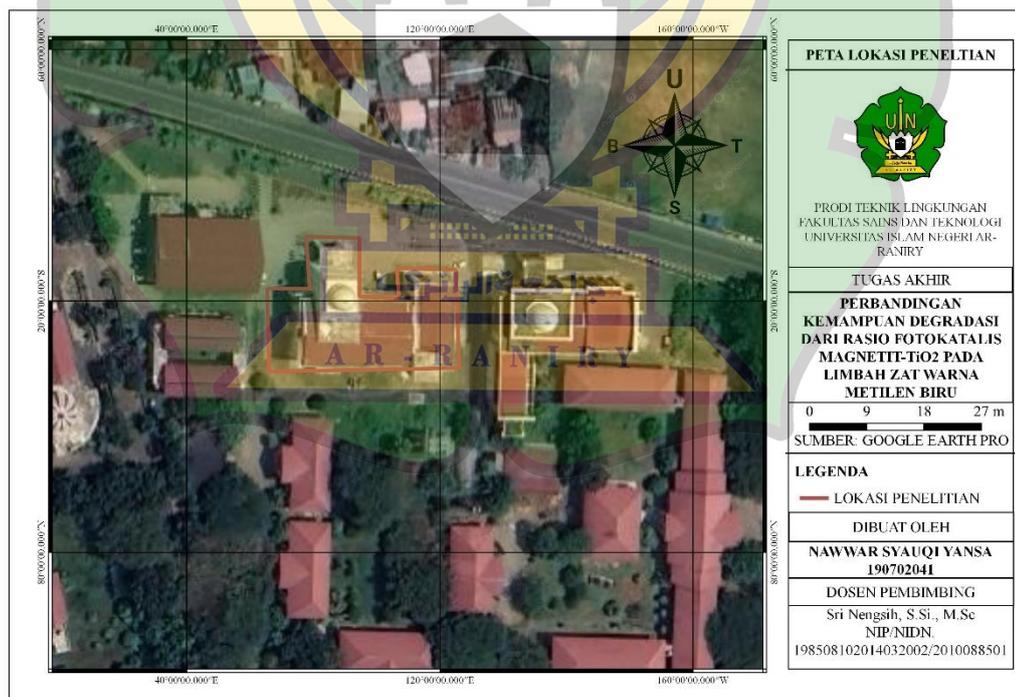
Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dimana metode eksperimen yang akan dilaksanakan secara langsung ditempat laboratorium, sampel bahan penelitian berupa pasir besi yang diambil secara langsung dari pantai Anoi Itam, Sabang. Dilakukan pengolahan terhadap pasir besi untuk menjadi magnetit dengan dicampurkan dengan bahan TiO_2 sehingga menjadi katalis, proses selanjutnya dilakukan pengujian degradasi terhadap metilen biru menggunakan katalis magnetit- TiO_2 .

3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian

Lokasi pengambilan sampel pasir besi di Pantai Anoi Itam, Kecamatan Sukajaya, Kota Sabang. Penelitian degradasi dari rasio fotokatalis magnetit- TiO_2 pada limbah zat warna metilen biru akan dilaksanakan mulai bulan Mei-Juli 2023 di Laboratorium Multifungsi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, Laboratorium Fakultas MIPA Universitas Syiah Kuala untuk pengujian XRD dan SEM dan uji VSM akan dikirimkan ke Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN), Kecamatan Serpong, Tangerang Selatan, Provinsi Banten. Berikut gambar peta lokasi pasir besi dan peta lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2



Gambar 3.1 Peta Lokasi Pengambilan Sampel Pasir Besi



Gambar 3.2 Peta Lokasi Penelitian

3.3 Peralatan dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat

Alat yang dimanfaatkan dalam penelitian ini tercantum pada Tabel 3.2 sebagai berikut:

Tabel 3.1 Alat-alat Dalam Penelitian

No	Nama	Gambar	Kegunaan
1	Gelas Beker		Wadah Sampel
2	<i>Hotplate</i>		Pengaduk larutan sampel
3	Kertas Saring		Penyaringan larutan
4	Neraca Analitik		Menimbang
5	Oven		Pemanasan dan pengeringan sampel
6	Ayakan		Menyaring pasir besi sesuai ukuran
7	<i>Spektrofotometer UV-Vis</i>		Pengukur absorban suatu sampel

8	XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>)		Menentukan struktur kristal
9	SEM (<i>Scanning Electron Microscope</i>)		Menentukan komposisi nanopartikel magnetik
10	VSM (<i>Vibrating Sample Magnetometer</i>)		Mengetahui sifat magnetik fotokatalis
11	<i>Centrifuge</i>		Pemisahan supernatan dari solid pada tiap interval analisa sebelum diukur absorbannya menggunakan spektrofotometer Uv-vis
12	Pipet tetes		Menetrasi larutan
13	<i>Shaker</i>		Pencampuran larutan
14	Lampu UV		Pencahayaan dalam reaktor
15	Lumpang		Penghalusan magnetit
16	Magnet Batang		Memisahkan pasir besi

17	<i>Magnetic Stirrer</i>		Pengadukan sampel dan larutan
----	-------------------------	---	-------------------------------

3.3.2 Bahan

Bahan yang akan dipergunakan dalam penelitian ini terdapat pada Tabel 3.1 dibawah ini:

Tabel 3.2 Bahan- Bahan Dalam Penelitian

No	Nama	Gambar	Kegunaan
1	TiO ₂ Anatase bubuk		Katalis untuk proses fotokatalis
2	Metilen Biru		Limbah yang akan didegradasi
3	Aquades		Pembersih alat-alat dari kontaminan
4	Etanol		Pelarut bahan kimia
5	NH ₄ OH		Larutan pengendap magnet
6	HCL 37%		Larutan campuran magnetit

7	Pasir Besi		Bahan magnetit
---	------------	--	----------------



3.5 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur dalam penelitian ini merujuk kepada penelitian (Nengsih, 2021).

1. Preparasi Pasir Besi
 - Pasir besi diawali dengan pengambilan sampel di Pantai Anoi Itam, Sabang
 - Dilanjutkan proses pemisahan pasir besi alami dari pengotornya dilakukan dengan menggunakan batang magnet sebagai media pisah
 - Kemudian hasil pemisahan pasir besi diayak dengan ayakan 60 mesh supaya mendapatkan ukuran yang relatif sama
 - Selanjutnya pasir besi dicuci menggunakan aquades dan dikeringkan dengan ukuran butiran yang seragam menggunakan oven
2. Proses sintesis Fe_3O_4 dengan metode kopresipitasi
 - Sebanyak 20 gram pasir besi dimasukkan kedalam gelas beker, ditambahkan larutan HCL 37% sebanyak 50 ml. Campuran diaduk memakai *magnetic stirrer* menggunakan 800 rpm dan dipanaskan menggunakan 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 *amonia* (NH_4OH) 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 proses dengan metode kopresipitasi dicuci menggunakan aquades untuk menghilangkan zat basa (pH netral). Kemudian, endapan dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C hingga kering menjadi serbuk selama 60 menit
 - Setelah menjadi serbuk, Fe_3O_4 dihaluskan dengan lumpang lalu diayak pada ayakan 200 mesh

- Serbuk Fe_3O_4 yang dihasilkan kemudian disimpan didalam botol kaca berukuran kecil dan ditutup dengan rapat guna dilakukan karakterisasi selanjutnya.

3. Proses penggabungan Fe_3O_4 - TiO_2

- Serbuk pasir besi yang mengandung Fe_3O_4 dicampur dengan TiO_2 Anatase dalam tiga gelas beker dengan perbandingan variasi konsentrasi Fe_3O_4 - TiO_2 sebanyak 1;2, 1;1 dan 2;1. Setelah itu, ditambahkan etanol sebanyak 33% ke setiap gelas beker
- Kemudian diaduk menggunakan *shaker* selama 30 menit pada kecepatan 130 rpm
- Disaring dengan kertas saring, dikeringkan dengan oven, dan dihaluskan menggunakan lumpang

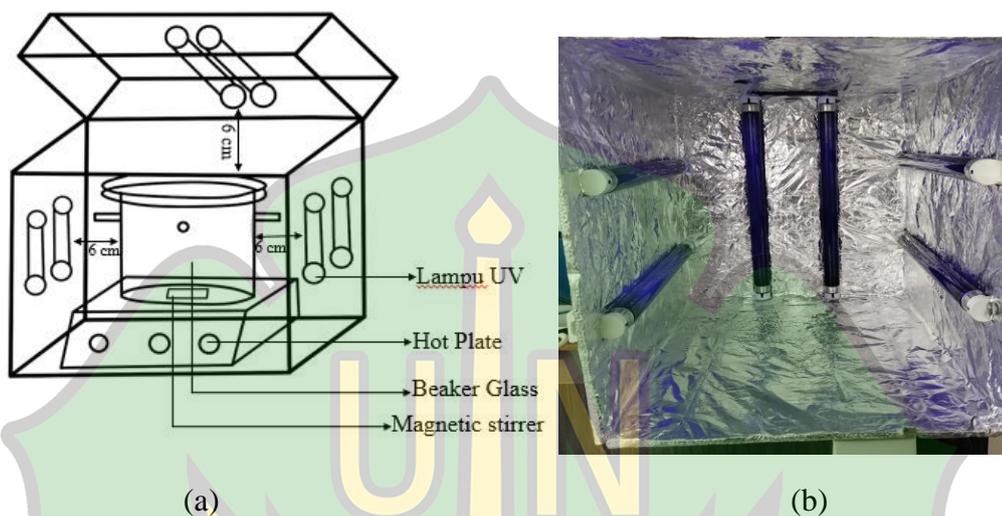
4. Proses Pengujian Katalis

Hasil penggabungan yang telah dilakukan kemudian dilakukan dengan uji karakterisasi dengan metode XRD untuk mengidentifikasi dan menentukan struktur nanopartikel, selanjutnya dianalisa komposisi nanopartikel menggunakan SEM dan sifat magnetik fotokatalisnya dianalisis dengan menggunakan VSM

5. 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 yang masing-masing memiliki daya 10 Watt dengan menggunakan lampu UV tipe A dengan panjang gelombang 315-400 nm. 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. Pengadukan dilakukan dengan kecepatan 800 rpm. Selain itu, dinding reaktor dilapisi dengan *aluminium foil* sebagai *reflektor* yang memantulkan cahaya ke arah zat warna metilen biru (Jayadi

dkk., 2017). Gelas beker berukuran 1000 ml digunakan sebagai tempat untuk mencampurkan zat warna metilen biru dengan menggunakan *magnetic stirrer*. Setelah itu, katalis TiO_2 dapat digunakan dalam proses fotokatalisis pada suhu ruangan dengan bantuan sinar UV sambil terus diaduk. Reaktor fotokatalis dapat dilihat pada Gambar 3.3 sebagai berikut:



Gambar 3.3 Reaktor Fotodegradasi (a) desain reaktor (b) tampak nyata reaktor

6. Pembuatan Limbah Zat Warna Metilen Biru

Proses pembuatan larutan induk zat warna metilen biru dijelaskan sebagai berikut:

- Disiapkan larutan metilen biru 5000ppm dengan cara dititrasi sebanyak 3 ml kemudian dilarutkan
- Proses pelarutan dilakukan dengan menuangkan sedikit-sedikit air aquades sampai padatnya terlarut
- Apabila sudah larut, larutan tersebut akan dipindahkan ke dalam wadah labu ukur yang berukuran 1 liter. Setelah itu, ditambahkan aquades hingga volumenya mencapai 1 liter dengan tepat.
- Larutan kemudian digoyangkan hingga homogen. Setelah itu, larutan metilen biru 15 ppm siap untuk dipakai
- Kemudian dilakukan pengenceran dari 100 ppm ke 10 ppm guna mendegradasi sejumlah $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-TiO}_2$

Untuk melakukan pengenceran, dibutuhkan rumus sebagai berikut:

$$V_1.M_1 = V_2.M_2$$

Dimana:

V_1 = Volume sebelum pengenceran (ml)

M_1 = Konsentrasi sebelum pengenceran (ppm)

V_2 = Volume setelah pengenceran (ml)

M_2 = Konsentrasi setelah pengenceran (ppm)

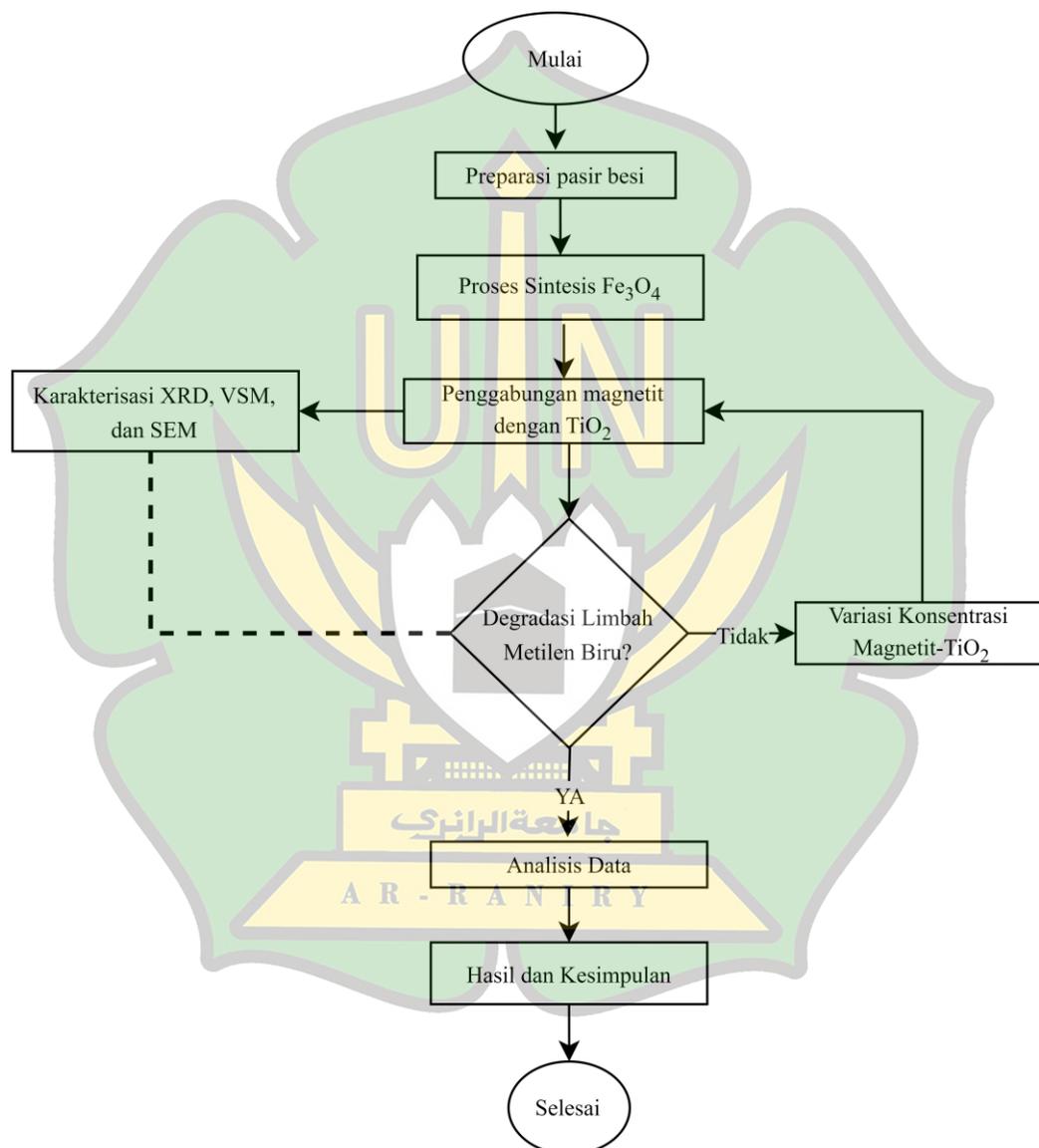
7. Proses Degradasi metilen biru menggunakan $Fe_3O_4-TiO_2$

Analisa degradasi limbah zat warna sebelum dan sesudah penyinaran sinar visibel dilakukan dengan mengukur panjang gelombang menggunakan Spektroskopi Uv-vis. Pengurangan nilai absorbansi menunjukkan adanya degradasi zat warna metilen biru akibat fotodegradasi oleh material fotokatalis.

- Proses degradasi diawali dengan disiapkan 3 *beaker glass* yang diisi dengan larutan metilen biru 15 ppm, kemudian tiap-tiap *beaker glass* dimasukkan sejumlah $Fe_3O_4-TiO_2$ yang telah divariasikan sebanyak 1;2, 1;1 dan 2;1.
- Selanjutnya *beaker glass* yang telah diisi dimasukkan ke kotak reaktor yang akan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 400 rpm selama 30 menit
- Larutan dibiarkan dalam kondisi tanpa penyinaran dari sinar UV dengan laju waktu masing-masing 30, 60 dan 90 menit kemudian didokumentasikan hasil yang terjadi
- Larutan kemudian disinari dengan sinar UV dengan laju waktu masing-masing 30, 60 dan 90 menit kemudian didokumentasikan hasil yang terjadi
- Setelah proses degradasi, larutan dari masing-masing *beaker glass* diambil 20 ml dan disentrifugasi dengan kecepatan 4000 rpm selama 5 menit
- Supernatan hasil sentrifugasi diukur absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang dengan rentang 200-700 nm dari larutan metilen biru, sehingga diperoleh Panjang gelombang maksimum metilen biru pada 665nm. Hasilnya adalah konsentrasi metilen biru yang terukur

- Selanjutnya, efektivitas fotodegradasi metilen biru dengan bahan fotokatalis $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-TiO}_2$ dan sinar UV-Vis dapat ditentukan dengan perhitungan persentase dari proses degradasi

Adapun prosedur penelitian secara umum dapat dilihat dalam diagram alir pada Gambar 3.4 sebagai berikut:



Gambar 3.4 Diagram Alir Prosedur Penelitian

3.6 Analisis Data

1. Ketetapan *Debye-Scherrer* pada persamaan 3.1 dibawah ini dapat dipakai untuk menentukan ukuran partikel

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

Dengan D = ukuran partikel (nm), λ = panjang gelombang radiasi, K = Konstanta (0,9), β = luas lebar setengah puncak dalam suatu radian, dan θ = sudut puncak dalam satuan derajat.

2. Prosedur dilakukan terhadap karakterisasi instrumen VSM yang akan menghasilkan data mengenai besaran sifat magnetik karena perubahan medan magnet luar yang tergambarkan 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 susut pengukuran atau kondisi *anisotropik* bahan
3. Persentase hasil degradasi limbah zat warna metilen biru oleh TiO₂-magnetit pasir besi akan dihitung pada persamaan 3.2 menggunakan rumus:

$$\%D = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100\% \dots\dots\dots 3.3$$

Dimana:

- %D = Persen degradasi
 C₀ = Konsentrasi awal
 C_t = Konsentrasi setelah penyinaran

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan proses degradasi zat warna metilen biru secara fotokatalitik dengan menggunakan pasir besi yang telah disintesis menjadi bubuk magnetit dan TiO_2 serta lampu UV dengan daya 10 Watt sebagai sumber radiasi. Penelitian ini juga dilakukan untuk melihat kemampuan fotodegradasi dari variasi pada konsentrasi magnetit dengan TiO_2 dan juga menentukan kondisi optimum degradasi yaitu pada lama waktu degradasi.

4.1 Kemampuan Fotodegradasi Variasi Konsentrasi Magnetit- TiO_2

Kemampuan fotodegradasi dalam penelitian ini dilihat dari sebuah proses penguraian senyawa organik oleh cahaya. Penggunaan katalis yang berupa magnetit (Fe_3O_4) dan *titanium dioksida* (TiO_2), untuk dapat meningkatkan efisiensi dalam proses fotodegradasi. Dimana magnetit dapat berperan sebagai pengoksidasi dan mempercepat fotokatalis, sementara TiO_2 bertindak sebagai fotokatalis utama. Efektivitas variasi konsentrasi magnetit- TiO_2 dalam campuran dapat mempengaruhi kemampuan fotodegradasi pada rasio magnetit- TiO_2 . Untuk melihat kemampuan fotodegradasi magnetit dan TiO_2 tersebut dilakukanlah beberapa tahapan.

4.1.1 Sintesis Pasir Besi

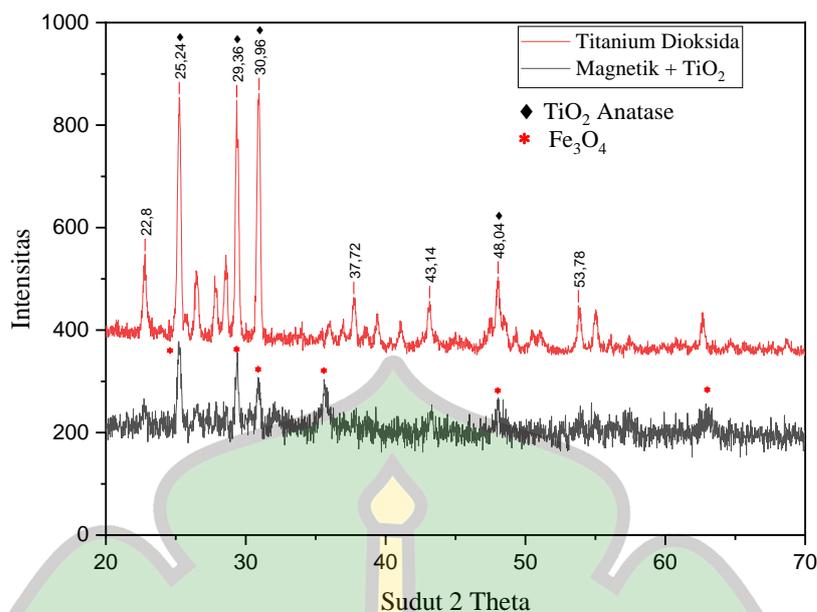
Sebelum proses degradasi magnetit- TiO_2 terhadap zat warna metilen biru dilakukan, pasir besi yang berperan sebagai material magnetit yang mendukung harus dipreparasi terlebih dahulu. Preparasi pasir besi yang dari alam meliputi berbagai proses dimulai dengan pemisahan, pengayakan, penggerusan, perendaman, pengeringan dan pemanasan. Padatan pasir besi yang sudah dipisahkan, diayak, dicuci dengan aquades agar dan dikeringkan agar mendapatkan ukuran butiran yang seragam dengan menggunakan oven. Selanjutnya, dilakukan proses sintesis magnetit (Fe_3O_4) dengan metode kopresipitasi dimana 20 gram pasir besi dimasukkan kedalam gelas beker, ditambahkan larutan HCL 37% sebanyak 50

ml. Campuran diaduk memakai *magnetic stirrer* menggunakan 800 rpm dan dipanaskan menggunakan 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 amonia (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 proses dengan metode kopresipitasi dicuci menggunakan aquades untuk menghilangkan zat basa (pH netral). Kemudian, endapan dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C hingga kering menjadi serbuk selama 60 menit, Setelah menjadi serbuk, Fe₃O₄ dihaluskan dengan lumpang lalu diayak pada ayakan 200 mesh.

Penggabungan magnetit (bahan pembawa) dengan sifat adsorpsi dan TiO₂ semikonduktor dengan dekomposisi fotokatalitik, diharapkan aktivitas dekomposisi pewarna metilen biru dapat ditingkatkan. Karakterisasi magnetit dan TiO₂ diteliti guna untuk mengetahui apakah proses fotokatalitik TiO₂ mempengaruhi struktur kristal dan gugus fungsi.

4.1.2 Karakterisasi Magnetit dan Katalis 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. Dengan menggunakan rumus *Scherrer*, ukuran partikel dapat dihitung dari lebar puncak yang diukur pada sudut tertentu. Berikut merupakan gambar grafik dari XRD TiO₂ dan Fe₃O₄ (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 TiO_2 dan Fe_3O_4

Tabel 4.1 Data analisis XRD Katalis

Sampel	Sudut 20 Ref	Sudut 20 Sampel	d (A) Ref	d (A) Sampel	I Sampel	FWHM (°)	Ukuran Kristal (nm)	Rata-rata ukuran
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 20 Ref	Sudut 20 Sampel	d (A) Ref	d (A) Sampel	I Sampel	FWHM (°)	Ukuran Kristal (nm)	Rata-rata ukuran
Magnetit (Fe ₃ O ₄) + TiO ₂	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 dan 00-019-0629

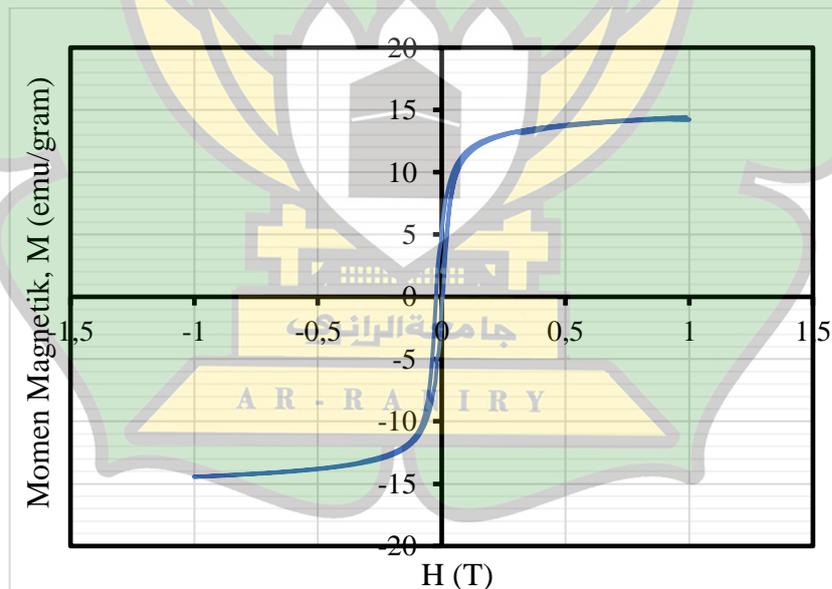
Pola TiO_2 pada Gambar 4.1 menunjukkan bahwa intensitas tertinggi terletak pada posisi 2θ dengan sudut $25,24^\circ$ yaitu sebesar 93. Kemudian, intensitas terendah terletak pada posisi 2θ dengan sudut $48,04^\circ$ sebesar 10, puncak-puncak tersebut merupakan karakteristik bahwa kristal TiO_2 yang digunakan dalam penelitian ini

masih banyak yang merupakan jenis *anatase*. Ukuran rata-rata kristal pada sampel TiO_2 tersebut adalah sebesar 30,76 nm.

Pada pola XRD dari nanopartikel Fe_3O_4 (magnetik)- TiO_2 dengan perbandingan yang dibuat 1:1 yang dikalsinasi dengan suhu 500°C . Dari gambar pola XRD dan nilai 2 theta yang spesifik dapat dijelaskan adanya TiO_2 yang terdapat dalam sampel yaitu pada $2\theta = 35,24$ dan $62,69$.

4.1.3 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, 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), kurva histeresis dapat dilihat pada Gambar 4.2 sebagai berikut:



Gambar 4.2 Magnetit + TiO_2

Tabel 4.2 Data Sifat Magnetit+TiO₂ Menggunakan VSM

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

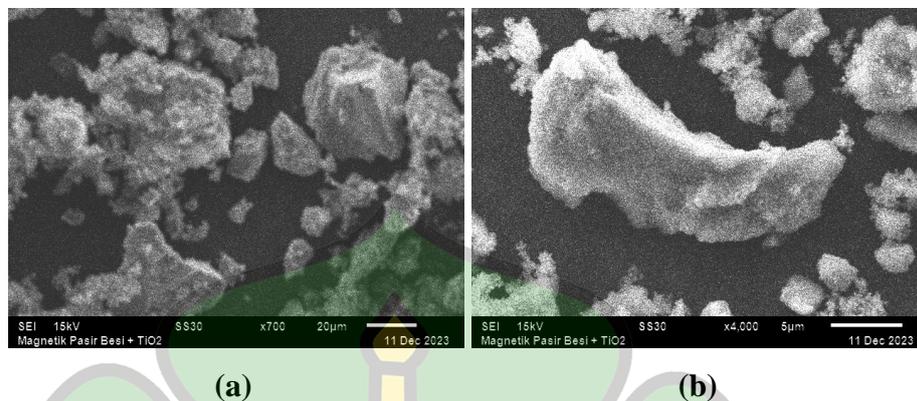
Berdasarkan kurva histeresis magnetik-TiO₂ (1:1) tersebut, besar magnetisasi saturasi (M_s) mencapai 14,21 emu/gr yang dicapai pada kuat medan, untuk nilai magnetisasi *remanance* (M_r) pada sampel ketika medan eksternal saat diturunkan hingga nol sebesar 5,78 emu/gr sedangkan nilai medan koersivitas (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 (Wang dkk., 2021).

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 (Nafasari, 2022).

4.1.4 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 magnetik 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.



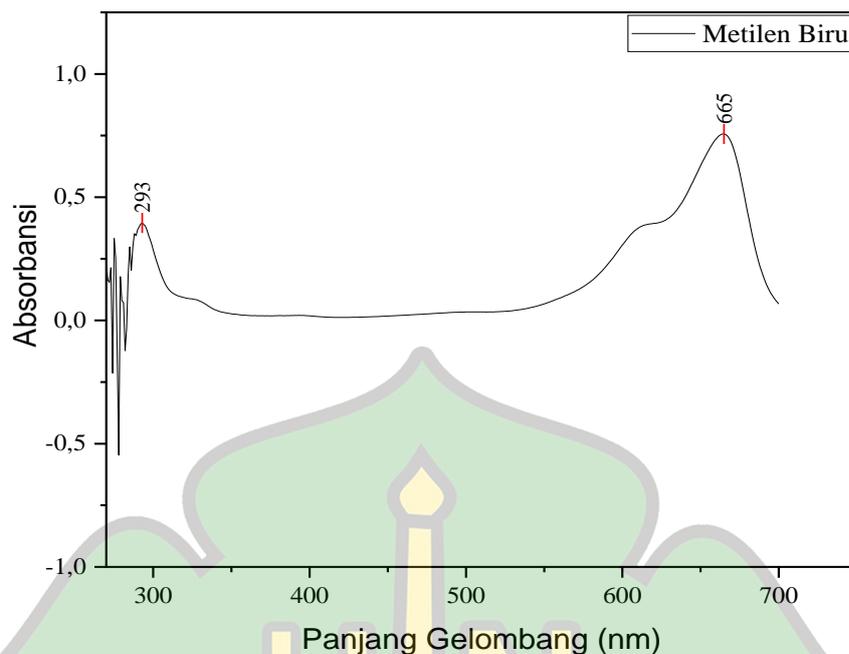
Gambar 4.3 Sampel Magnetit-TiO₂, (a) Pembesaran 700 kali (b) Pembesaran 4000 kali

4.2 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.

4.2.1 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 $\lambda=665$ nm dengan nilai absorbansi 0,756851.



Gambar 4.4 Panjang Gelombang Maksimum Metilen Biru

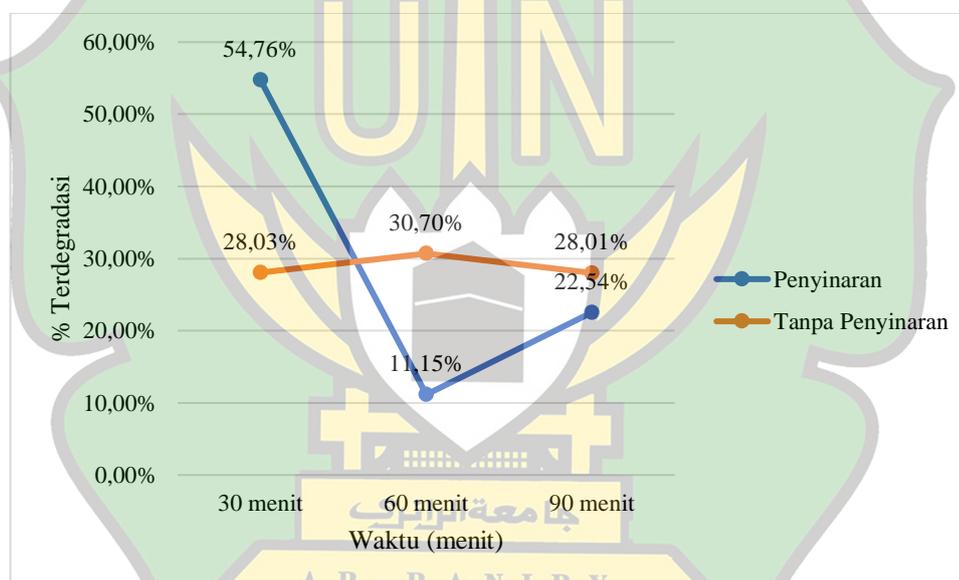
4.2.2 Optimasi Waktu Degradasi Zat Warna Metilen Biru

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 perbandingan 2:1, 1:1 dan 1:2, pada larutan sampel metilen biru dengan konsentrasi 15 ppm, campuran tersebut akan diradiasi di dalam reaktor dengan 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 4.5, 4.6 dan 4.7.

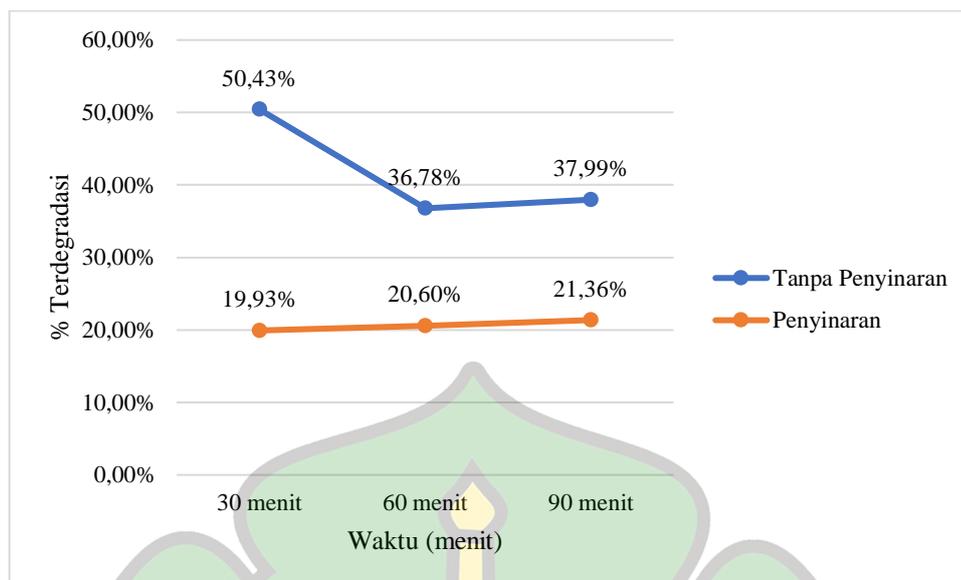
Tabel 4.3 Data Hasil Persen Terdegradasi

Variasi Konsentrasi Perbandingan Magnetit (Fe ₃ O ₄) – TiO ₂	Waktu Degradasi	Absorbansi	%Terdegradasi
Tanpa Penyinaran			

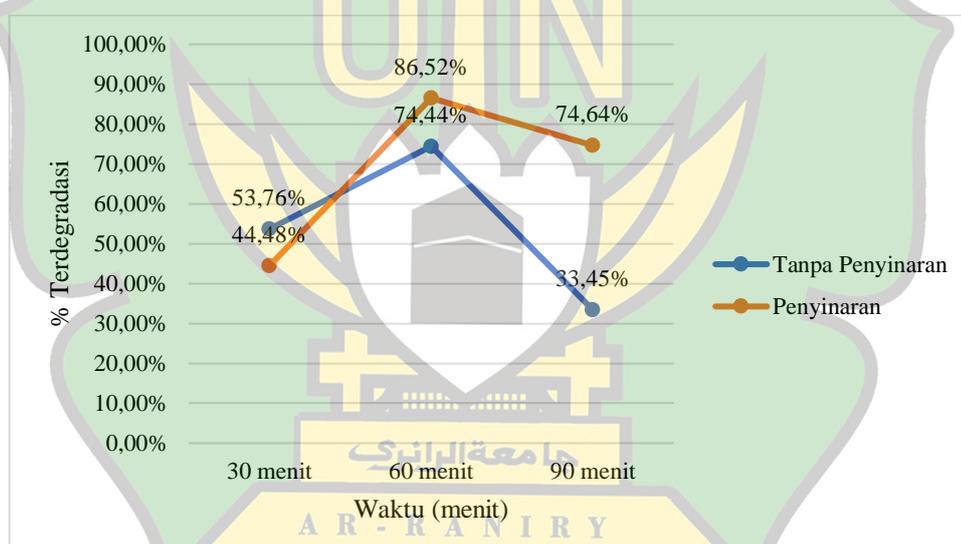
1:2	30 menit	0,544697	28,03%
	60 menit	0,524245	30,70%
	90 menit	0,544886	28,01%
1:1	30 menit	0,375176	50,43%
	60 menit	0,478515	36,78%
	90 menit	0,469265	37,99%
2:1	30 menit	0,349901	53,76%
	60 menit	0,19339	74,44%
	90 menit	0,503677	33,45%
Dengan Penyinaran			
1:2	30 menit	0,342343	54,76%
	60 menit	0,672422	11,15%
	90 menit	0,586232	22,54%
1:1	30 menit	0,60594	19,93%
	60 menit	0,600903	20,60%
	90 menit	0,595123	21,36%
2:1	30 menit	0,420192	44,48%
	60 menit	0,101996	86,52%
	90 menit	0,191897	74,64%



Gambar 4.5 Grafik Hasil Persen Terdegradasi Katalis 1:2



Gambar 4.6 Grafik Hasil Persen Terdegradasi Katalis 1:1



Gambar 4.7 Grafik Hasil Persen Terdegradasi Katalis 2:1

Hal ini ditunjukkan dengan hasil optimalisasi waktu yang bahwa banyaknya metilen biru yang terdegradasi pada variasi katalis 2:1 magnetit-TiO₂ dengan menggunakan penyinaran di menit ke-60 sebesar 86,52%. 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

photodegradation mengikuti mekanisme dimana foton cahaya ($h\nu$) diserap oleh fotokatalis (Fe_3O_4 dan TiO_2), elektron dipindahkan dari pita valensi ke pita konduksi, menciptakan lubang valensi (h_{vb}^+) di pita valensi dan elektron (e_{cb}^-) di pita konduksi. Namun fluktuasi persentase degradasi tersebut menunjukkan bahwa proses degradasi tidak berlangsung konstan. Pada menit ke-90, persentase degradasi turun menjadi 74,64%. Hal ini disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk kondisi reaksi konsentrasi reaktan dan sifat fisikokimia dari metilen biru itu sendiri. Misalnya jika ada perubahan dalam kondisi reaksi (seperti suhu, pH atau konsentrasi oksigen), ini bisa mempengaruhi laju degradasi. Selain itu, metilen biru mungkin juga mengalami proses lain selain terdegradasi, seperti adsorpsi atau desorpsi, yang biasa mempengaruhi konsentrasi metilen biru dalam larutan.

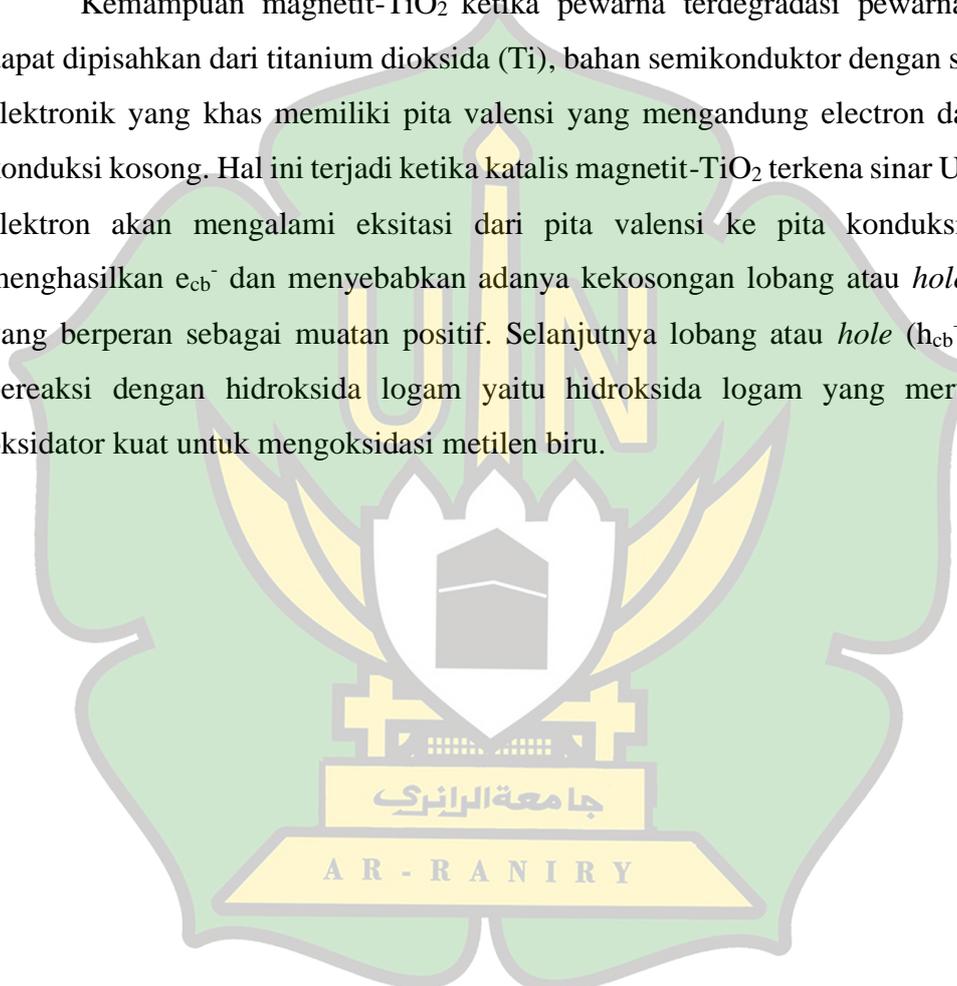
Kondisi pada katalis Magnetit- TiO_2 2:1 dengan tanpa radiasi UV. Waktu optimum yang diperoleh pada 60 menit, dengan persentase terdegradasi sebesar 74,44%. Dalam hal ini katalis tidak efektif membentuk radikal hidroksi dan ion superoksida, karena tidak ada energi yang berupa foton dari lampu UV yang mengenai katalis. Sehingga energi yang digunakan untuk mendegradasi metilen biru pada proses ini merupakan energi dari dalam sistem. Setelah waktu dari 30 menit, persentase degradasi mengalami penurunan. Hal ini mengindikasikan bahwa katalis $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-TiO}_2$ berfungsi sebagai katalis namun mempunyai sifat sebagai adsorben.

Hasil degradasi sebesar 86,52% menunjukkan bahwa telah mampu mendegradasi zat warna metilen biru menggunakan $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-TiO}_2$ dengan perbandingan katalis 2:1 dalam paparan sinar ultraviolet pada menit ke-60, hal ini dapat dibandingkan dengan penelitian lain (Nugroho, 2019) yang menunjukkan kemampuan dalam mendegradasi zat warna metilen biru menggunakan $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{TiO}_2$ dengan rasio molar optimum yang digunakan 1:5 dimana mampu mendegradasi zat warna metilen biru dengan seiring ditambahkan rasio molarnya sebesar 85,74% dalam paparan sinar ultraviolet dengan waktu optimumnya ke-210 menit.

Penelitian (Nafasari, 2022) juga menunjukkan hasil degradasi zat warna metilen biru dengan perbandingan komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-TiO}_2$ 1:2 yang mendapatkan hasil degradasi paling optimum dari perbandingan 1:1 dan 2:1, kondisi terbaik

photodegradation diperoleh pada waktu kontak 180 menit dengan persen efektivitasnya adalah sebesar 68,45%. Hal ini dapat membuktikan bahwa penelitian ini dengan penggunaan katalis TiO_2 dan pasir besi yang diambil dari Anoi Itam, Sabang lalu disintesis menjadi Fe_3O_4 merupakan salah satu yang mampu untuk mendegradasi zat warna metilen biru sebesar 86,52% dengan komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-TiO}_2$ 2:1 pada waktu kontak ke 60 menit.

Kemampuan magnetit- TiO_2 ketika pewarna terdegradasi pewarna tidak dapat dipisahkan dari titanium dioksida (Ti), bahan semikonduktor dengan struktur elektronik yang khas memiliki pita valensi yang mengandung electron dari pita konduksi kosong. Hal ini terjadi ketika katalis magnetit- TiO_2 terkena sinar UV-Vis, elektron akan mengalami eksitasi dari pita valensi ke pita konduksi yang menghasilkan e_{cb}^- dan menyebabkan adanya kekosongan lobang atau *hole* (h_{cb}^+) yang berperan sebagai muatan positif. Selanjutnya lobang atau *hole* (h_{cb}^+) akan bereaksi dengan hidroksida logam yaitu hidroksida logam yang merupakan oksidator kuat untuk mengoksidasi metilen biru.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Metilen biru dengan variasi konsentrasi berhasil terdegradasi menggunakan katalis magnetit (Fe_3O_4)+ TiO_2 dengan hasil yang baik pada rasio massa 1:1 tanpa penyinaran sebesar 50,43%, 1:1 dengan penyinaran sebesar 21,36%, 1:2 tanpa penyinaran sebesar 30,70%, 1:2 dengan penyinaran sebesar 54,76%, 2:1 tanpa penyinaran sebesar 74,44% dan hasil proses fotodegradasi yang paling optimum terjadi pada rasio masa 2:1 dengan penyinaran 86,52%.
2. Pengaruh waktu yang terjadi pada penyinaran dalam proses degradasi menggunakan magnetit (Fe_3O_4)+ TiO_2 adalah semakin lama metilen biru dibawah lampu UV maka persen terdegradasi semakin besar dibandingkan tanpa lampu UV karena energi foton yang dihasilkan lampu UV mampu mempercepat laju degradasi, dimana persen terdegradasi sebesar 86,52% terjadi pada waktu kontak di menit 90.

5.2 Saran

1. Penelitian ini masih menggunakan limbah buatan, diharapkan untuk selanjutnya agar dapat meneliti dari limbah alam langsung supaya 38anj mengetahui hasil degradasi menggunakan katalis ini.
2. Penelitian ini juga masih harus di kembangkan untuk 38anj diaplikasikan dalam ruang lingkup yang lebih besar contohnya sungai yang dialiri pewarna tekstil salah satunya metilen biru.
3. Perlu kajian waktu kontak untuk penelitian selanjutnya
4. Perlu kajian lanjut untuk mendapatkan katalis dalam ukuran nanopartikel supaya mencegah penggumpalan aglomerasi bahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amelia, S., Shitopyta, L. M., W, M. U., Sriyana, I., Studi, P., Kimia, T., Industri, F. T., Dahlan, U. A., dan Selatan, K. R. (2023). *Degradasi Warna Naphthol Jeans dengan Fotokatalis TiO_2 - SiO_2 dari Pasir Pantai Karangwuni Kulon Progo Color Degradation of Naphthol Jeans with TiO_2 - SiO_2 Photocatalyst from Karangwuni Beach Sand , Kulon Progo*. 20(1), 15–20.
- Baunsele, A. B., dan Missa, H. (2020). Kajian Kinetika Adsorpsi Metilen Biru Menggunakan Adsorben Sabut Kelapa. *Akta Kimia Indonesia*, 5(2), 76.
- Budianto, A. (2011). Formalin Dalam Kajian Undang-Undang Kesehatan; Undang-Undang Pangan dan Undang-Undang Perlindungan Konsumen. *Jurnal Legislasi Indonesia*, 8(1), 151–172.
- Charitha, T., Leshan, U., Shanitha, M., Ramanee, W., Buddi, L., dan Martin, B. (2021). *Efficient photodegradation activity of α - $Fe_2O_3/Fe_2TiO_5/TiO_2$ and Fe_2TiO_5/TiO_2 nanocomposites synthesized from natural ilmenite*. *Results in Materials*, 12.
- Citradewi, P. W. (2018). Sintesis Katalis Saponit Terlipar Seng Oksida Dan Heterostruktur Saponit Berpori Terimobilisasi Seng Oksida Serta Aplikasinya Pada Konversi Sitronelal Menjadi Isopulegol. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 3, 10–27.
- Destria, M., Widiyantoro, A., dan Jayuska, A. (2019). Senyawa Flavonoid Dari Fraksi Diklorometana Buah. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 8(1), 17–25.
- Dewi, G. A., Lestari Iryanti Eka, S., dan James, S. (2020). Efektivitas Nanopartikel Perak (NPAg) untuk Fotodegradasi Zat Warna Indigosol Blue. *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)*, 8(1), 34–40.
- Dwiasi, D. W., Setyaningtyas, T., dan Riyani, K. (2018). Penurunan Kadar Metilen Biru Dalam Limbah Batik Sokaraja Menggunakan Sistem Fe_2O_3 - H_2O_2 -UV. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 13(1), 78–86.
- Hayati, R., dan Astuti. (2015). Sintesis Nanopartikel Silika dari Pantai Purus Padang Dengan Metode Kopresipitasi. *Jurnal Fisika Unand*, 4(3), 282–287.
- Hendra, H., Barlian, E., Razak, A., dan Sanjaya, H. (2016). *Photo-Degradation of Surfactant Compounds Using Uv Rays With Addition of TiO_2 Catalysts in Laundry Waste*. *Sainstek : Jurnal Sains Dan Teknologi*, 7(1), 59.
- Indrawati, T., dan Taufiqu Rochman, N. (2013). Ekstraksi Titanium Dioksida

- (TiO₂) Berbahan Baku Limbah Peleburan Pasir Besi. *Jurnal Fisika Dan Terapannya*, 2(2), 1–15.
- Jayadi, S. F., Destiarti, L., dan Sitorus, B. (2017). Pembuatan Reaktor Fotokatalis dan Aplikasinya untuk Degradasi Bahan Organik Air Gambut menggunakan Katalis TiO₂. *Jurusan Fisika UIN SGD Bandung*, 2(1), 1–5.
- Juzer, J., dan Sri Darma, G. (2019). *Strategic Supply Chain Management in the Era of Industry Revolution 4.0: A Study of Textile Industry in Bali*. *Jurnal Manajemen Bisnis*, 16(3)
- Kurniawati, Y. D., Prodjosantoso, A. K., dan Kusumawardani, C. (2016). Uji Aktivitas Fotokatalis Senyawa Ca₁-XcOxtiO₃ Pada Proses Degradasi Metilen Biru Dengan Sinar Uv Dan Sinar Tampak. *Jurnal Elemen Kimia*, 5(5), 1–7.
- Lee, H. K., dan Lee, S. W. (2020). *Template-sacrificial conversion of MnCO₃ microspheres to fabricate Mn-doped TiO₂ visible light photocatalysts*. *Materials and Design*, 189, 1–12.
- Listanti, A., Taufiq, A., Hidayat, A., dan Sunaryono, S. (2018). Investigasi Struktur dan Energi Band Gap Partikel Nano TiO₂ Hasil Sintesis Menggunakan Metode Sol-Gel. *JPSE (Journal of Physical Science and Engineering)*, 3(1), 8–15.
- Maryudi, M., Aktawan, A., dan Amelia, S. (2021). Pengolahan Limbah Pewarna Metilen Biru Menggunakan Arang Aktif dan Zeolit Aktif dengan Katalis Fe dan Oksidator Hidrogen Peroksida. *Jurnal Riset Kimia*, 12(2).
- Mudhofir, F., Yulianti, I., dan Sujarwata. (2018). Teknologi Lingkungan Penyaring Udara Sebagai Upaya Degradasi Polutan Asap Rokok. *Jurnal MIPA*, 41(1), 1–5.
- Nafasari, N. F. (2022). *Sintesis Fe₃O₄-TiO₂ dan Aplikasinya pada Fotodegradasi Zat Warna metilen Biru*.
- Naimah, S., A., S. A., Jati, B. N., Aidha, N. N., dan Cahyaningtyas, A. A. (2018). Degradasi Zat Warna Pada Limbah Cair Industri Tekstil Dengan Metode Fotokatalitik Menggunakan Nanokomposit TiO₂ – Zeolit. *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, 36(2), 225.
- Nengsih, S. (2021). Sintesis Pasir Besi Menjadi Nanopartikel Magnetit Melalui Penerapan Metode. *AMINA*, 3(3), 112–122.
- Nugroho, M. G. (2019). *Sintesis Fe₃O₄ /TiO₂ -S Sebagai Fotokatalis Untuk Degradasi Zat Warna Metilen Biru*. 4–5.
- Nurillahi, R., Halimah, D. N., Apriliani, D. G., dan Fatimah, I. (2018). Pengolahan Limbah Batik Cair Menggunakan Fotokatalis TiO₂-Abu Vulkanik Desa

Wukirsari Yogyakarta. *Khazanah: Jurnal Mahasiswa*, 10(2), 1–8.

- Padmaningrum, R. T., dan Marwati, D. S. (2015). Validasi Metode Analisis Siklamat Secara Spektrofotometri Dan Turbidimetri. *J. Sains Dasar*, 4(1), 23–29.
- Pratiwi, R. A., dan Nandiyanto, A. B. D. (2022). *How to Read and Interpret UV-VIS Spectrophotometric Results in Determining the Structure of Chemical Compounds*. *Indonesian Journal of Educational Research and Technology*, 2(1), 1–20.
- Putra, I. R., Asterina, A., dan Isona, L. (2014). Gambaran Zat Pewarna Merah pada Saus Cabai yang Terdapat pada Jajanan yang Dijual di Sekolah Dasar Negeri Kecamatan Padang Utara. *Jurnal Kesehatan Andalas*, 3(3), 297–303.
- Putri, L. E. (2017). Penentuan Konsentrasi Senyawa Berwarna KMnO₄ Dengan Metoda Spektroskopi UV Visible. *Natural Science Journal*, 3(1), 391–398.
- Qomaru Zaman, Firman Johan, H. N. (2022). Mendukung Industri Pertahanan Dengan Analisa Proses Pengolahan Besi Spons Dari Pasir Besi Sebagai Bahan Baku Baja. *Journal of Industrial Engineering & Management Research*, 3(6), 17–27.
- Rahayu, A., Juliantri, L., Rahma, D., dan Amalia, Y. (2022). Degradasi remazol yellow FG dengan katalis oksida besi/karbon aktif dengan metode fotokatalis. *Jurnal Teknik Kimia*, 28(3), 2721–4885.
- Rizki, A., Syahputra, E., Pandia, S., dan Halimatuddahlia. (2019). Pengaruh Waktu Kontak dan Massa Adsorben Biji Asam Jawa (*Tamarindus indica*) dengan Aktivator H₃PO₄ terhadap Kapasitas Adsorpsi Zat Warna *Methylene Blue*. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 8(2), 54–60.
- Said, A. (2021). Degradasi Pewarna Tartrazin Dengan Fotokatalis Titanium Dioksida (TiO₂). *Cokroaminoto Journal of Chemical Science*, 3(1), 21–27.
- Sari, M. I., dan Tuty Emilia Agustina. (2019). Pengaruh Penambahan TiO₂-Powder Terhadap Kandungan Cod Pada Limbah Sintetis C.I. Reactive Red 2 Dengan Metode Fotokatalisis. *Jurnal Teknik Patra Akademika*, 10(01), 4–12.
- Sianitaa, M., Choiril Azmiyawati, dan Darmawan, A. (2017). Uji Aktivitas Fotokatalis Genteng Berglasir Silika / TiO₂ terhadap. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 20(2), 53–57.
- Simamora, J. R., Barus, D. A., Sembiring, A. D., dan Pintor Simamora. (2016).

Pengaruh Variasi Konsentrasi Larutan Pengendap Terhadap Sifat Optik Nanopartikel Cu_2O Yang Disintesis Dengan Metode Kopresipitasi. *Jurnal Sainika*, 16(1), 11–19.

Sinurat, M., Gusti, D. R., Deswardani, F., Safitri, dan SudibyO. (2021). Sintesis Dan Karakterisasi Nanopartikel Magnetit (Fe_3O_4) Dari Pasir Besi Sungai Batanghari, Jambi Yang Di Enkapsulasi Dengan Silika. *Jurna; Pendidikan Fisika Tadulako Online*, 9(1), 106–114.

Sitanggung, P. Y. (2017). Pengolahan Limbah Tekstil Dan Batik Di Indonesia. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 1(12), 1–10.

Sri Kunarti, E., Kartini, I., Syoufian, A., dan Widyandari, K. M. (2018). *Synthesis and photoactivity of $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{TiO}_2\text{-Co}$ as a magnetically separable visible light responsive photocatalyst*. *Indonesian Journal of Chemistry*, 18(3), 403–410.

Sucahya, T. N., Permatasari, N., dan Nandiyanto, A. B. D. (2016). REVIEW: Fotokatalisis untuk Pengolahan Limbah Cair. *Jurnal Integrasi Proses*, 6(1), 1–15.

Supriyanto, E., Holikin, A., dan Suwardiyanto, S. (2014). *The thermal annealing effect on Crystal Structure and Morphology of Titanium Dioxide (TiO_2) powder*. *Jurnal ILMU DASAR*, 15(1), 37.

Syam, B., dan Widiyandari, H. (2014). Sintesis Film Tungsten Oksida (WO_3) Dengan Penambahan Metal Co-Katalis Besi (Fe) Dan Aplikasinya Pada Peningkatan Aktivitas Fotokatalitik Degradasi Zat Warna *Methylene Blue* Menggunakan Cahaya Matahari. *Youngster Physics Journal*, 2(1), 15–24.

Wardiyati, S., Adel, F., dan Yusuf Saeful. (2018). Sintesis Nanokatalis TiO_2 Anatase Dalam Larutan Elektrolit Dengan Metode Sol Gel. *Jurnal Sains Materi Indonesia Akreditasi*, April 2012, 44.

Wilda Amananti, A. S., dan Sunardi, A. (2017). Analisis Mikrostruktur Lapisan Tipis $\text{TiO}_2:\text{ZnO}$ Yang Dideposisikan Diatas Subtrat Kaca Dengan Metode Spray Coating Untuk Degradasi Limbah Zat Warna. *EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA*, 18(2).

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 dititirasi sebanyak 3ml dari larutan metilen biru dengan konsentrasi 5000 ppm.

2. Penentuan Kurva Standar Larutan Metilen Biru

Larutan standar metilen biru dengan konsentrasi 15 ppm telah diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer Uv-Vis dengan nilai absorbansi yang didapatkan adalah 0,756851.

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 : Nilai absorbansi metilen biru 15 ppm

C : Nilai absorbansi metilen biru degradasi

a) Katalis Magnetit (Fe_3O_4) – TiO_2 1:1

- 1) 1:1 Tanpa Penyinaran 0 menit dengan absorbansi 0,600154

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,756851 - 0,600154}{0,756851} \times 100\% \\ &= 20,7\%\end{aligned}$$

- 2) 1:1 Tanpa Penyinaran 30 menit dengan absorbansi 0,375176

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,756851 - 0,375176}{0,756851} \times 100\% \\ &= 50,43\%\end{aligned}$$

- 3) 1:1 Tanpa Penyinaran 60 menit dengan absorbansi 0,478515

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,756851 - 0,478515}{0,756851} \times 100\% \\ &= 36,78\%\end{aligned}$$

- 4) 1:1 Tanpa Penyinaran 90 menit dengan absorbansi 0,469265

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,756851 - 0,469265}{0,756851} \times 100\% \\ &= 37,99\%\end{aligned}$$

- 5) 1:1 Penyinaran 0 menit dengan absorbansi 0,546133

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,756851 - 0,546133}{0,756851} \times 100\% \\ &= 27,84\%\end{aligned}$$

- 6) 1:1 Penyinaran 30 menit dengan absorbansi 0,60594

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,756851 - 0,60594}{0,756851} \times 100\% \\ &= 19,93\%\end{aligned}$$

7) 1:1 Penyinaran 60 menit dengan absorbansi 0,600903

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,756851 - 0,600903}{0,756851} \times 100\% \\ &= 20,60\%\end{aligned}$$

8) 1:1 Penyinaran 90 menit dengan absorbansi 0,595123

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,756851 - 0,595123}{0,756851} \times 100\% \\ &= 21,36\%\end{aligned}$$

b) Katalis Magnetit (Fe_3O_4) – TiO_2 1:2

1) 1:2 Tanpa Penyinaran 0 menit dengan absorbansi 0,554599

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,756851 - 0,554599}{0,756851} \times 100\% \\ &= 26,72\%\end{aligned}$$

2) 1:2 Tanpa Penyinaran 30 menit dengan absorbansi 0,544697

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,756851 - 0,544697}{0,756851} \times 100\% \\ &= 28,03\%\end{aligned}$$

3) 1:2 Tanpa Penyinaran 60 menit dengan absorbansi 0,524245

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,756851 - 0,524245}{0,756851} \times 100\% \\ &= 30,73\%\end{aligned}$$

4) 1:2 Tanpa Penyinaran 90 menit dengan absorbansi 0,544886

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,756851 - 0,544886}{0,756851} \times 100\%\end{aligned}$$

$$= 28,01\%$$

5) 1:2 Penyinaran 0 menit dengan absorbansi 0,38952

$$\begin{aligned} \% \text{ Degradasi} &= \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,756851 - 0,38952}{0,756851} \times 100\% \\ &= 48,53\% \end{aligned}$$

6) 1:2 Penyinaran 30 menit dengan absorbansi 0,342343

$$\begin{aligned} \% \text{ Degradasi} &= \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,756851 - 0,342343}{0,756851} \times 100\% \\ &= 54,72\% \end{aligned}$$

7) 1:2 Penyinaran 60 menit dengan absorbansi 0,67242

$$\begin{aligned} \% \text{ Degradasi} &= \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,756851 - 0,67242}{0,756851} \times 100\% \\ &= 11,15\% \end{aligned}$$

8) 1:2 Penyinaran 90 menit dengan absorbansi 0,586232

$$\begin{aligned} \% \text{ Degradasi} &= \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,756851 - 0,586232}{0,756851} \times 100\% \end{aligned}$$

$$A = 22,54\% \quad \text{A N I R Y}$$

c) Katalis Magnetit (Fe_3O_4) – TiO_2 2:1

1) 2:1 Tanpa Penyinaran 0 menit dengan absorbansi 0,34318

$$\begin{aligned} \% \text{ Degradasi} &= \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,756851 - 0,34318}{0,756851} \times 100\% \\ &= 54,65\% \end{aligned}$$

- 2) 2:1 Tanpa Penyinaran 30 menit dengan absorbansi 0,349901

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,756851 - 0,349901}{0,756851} \times 100\% \\ &= 53,76\%\end{aligned}$$

- 3) 2:1 Tanpa Penyinaran 60 menit dengan absorbansi 0,19339

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,756851 - 0,019339}{0,756851} \times 100\% \\ &= 74,44\%\end{aligned}$$

- 4) 2:1 Tanpa Penyinaran 90 menit dengan absorbansi 0,503677

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,756851 - 0,503677}{0,756851} \times 100\% \\ &= 33,45\%\end{aligned}$$

- 5) 2:1 Penyinaran 0 menit dengan absorbansi 0,529808

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,756851 - 0,529808}{0,756851} \times 100\% \\ &= 29,99\%\end{aligned}$$

- 6) 2:1 Penyinaran 30 menit dengan absorbansi 0,420192

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,756851 - 0,420192}{0,756851} \times 100\% \\ &= 44,48\%\end{aligned}$$

- 7) 2:1 Penyinaran 60 menit dengan absorbansi 0,101996

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,756851 - 0,101996}{0,756851} \times 100\% \\ &= 86,52\%\end{aligned}$$

- 8) 2:1 Penyinaran 90 menit dengan absorbansi 0,191897

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Degradasi} &= \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \\
 &= \frac{0,756851 - 0,191897}{0,756851} \times 100\% \\
 &= 74,64\%
 \end{aligned}$$

b. Data dan hasil perhitungan optimasi waktu degradasi Metilen Biru

Variasi Konsentrasi Perbandingan Magnetit (Fe ₃ O ₄) – TiO ₂	Waktu Degradasi	Absorbansi	% Terdegradasi
Tanpa Penyinaran			
1:2	30 menit	0,544697	28,03%
	60 menit	0,524245	30,70%
	90 menit	0,544886	28,01%
1:1	30 menit	0,375176	50,43%
	60 menit	0,478515	36,78%
	90 menit	0,469265	37,99%
2:1	30 menit	0,349901	53,76%
	60 menit	0,19339	74,44%
	90 menit	0,503677	33,45%
Dengan Penyinaran			
1:2	30 menit	0,342343	54,76%
	60 menit	0,672422	11,15%
	90 menit	0,586232	22,54%
1:1	30 menit	0,60594	19,93%
	60 menit	0,600903	20,60%
	90 menit	0,595123	21,36%
2:1	30 menit	0,420192	44,48%
	60 menit	0,101996	86,52%
	90 menit	0,191897	74,64%

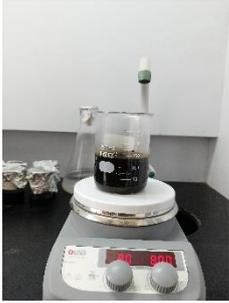
Lampiran 2. Dokumentasi Tahapan Perlakuan

Tahap Preparasi Pasir Besi

	
Proses Menghaluskan Pasir Besi	Proses Pengayakan Pasir Besi
	
Penimbangan TiO ₂	Proses Oven

Tahap sintesis magnetit (Fe₃O₄) dengan metode kopresipitasi

	
Penambahan Pasir Besi dan HCl	Proses Penyaringan Larutan

	
Proses Pengadukan dan memanaskan Larutan	Proses Penambahan Larutan NH_4OH
	
Proses dicuci Menggunakan Aquades	Mengukur pH sampai Netral

Proses Pembuatan Larutan Metilen Biru

	
---	--

Proses Penggabungan Magnetit-TiO₂

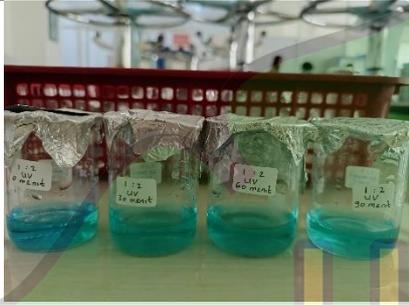
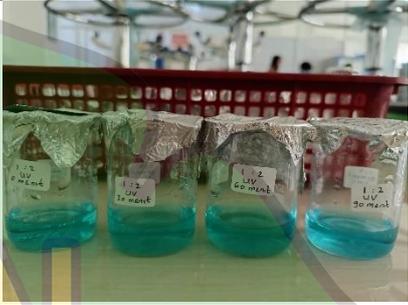
	
Magnetit dan TiO ₂ Setelah Furnace	Perbandingan Magnetit+TiO ₂
	
Proses Pengadukan <i>Shaker</i>	

Proses Degradasi metilen biru menggunakan Fe₃O₄-TiO₂

	
Proses Penambahan Katalis Ke Larutan Metilen Biru	Proses Degradasi Tanpa Penyinaran UV Dalam Kotak Reaktor
	
Proses Degradasi Dengan Penyinaran UV Dalam Kotak Reaktor	Proses Pada Saat Sentrifugasi dengan Kecepatan 4000 rpm

Proses Degradasi Katalis Magnetit-TiO₂ 1:2

	
Katalis 1:2 non uv 0 menit	Katalis 1:2 non uv 30 menit
	
Katalis 1:2 60 menit non uv	Katalis 1:2 non UV 90 menit
	
Katalis 1:2 UV 0 menit	Katalis 1:2 UV 30 menit
	
Katalis 1:2 UV 60 menit	Katalis 1:2 UV 90 menit

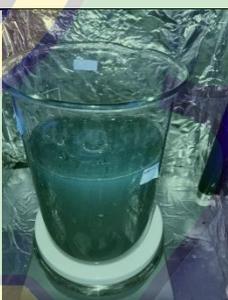
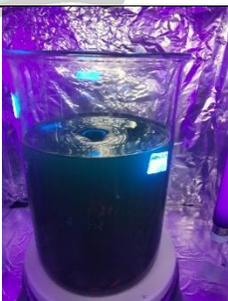
	
Perbandingan Katalis 1:2 Setelah Non UV 0,30,60,90 menit	Perbandingan Katalis 1:2 Setelah UV 0,30,60,90 menit
	
Katalis 1:2 Non UV 0, 30, 60, 90 menit setelah sentrifugasi	Katalis 1:2 UV 0, 30, 60, 90 menit setelah sentrifugasi

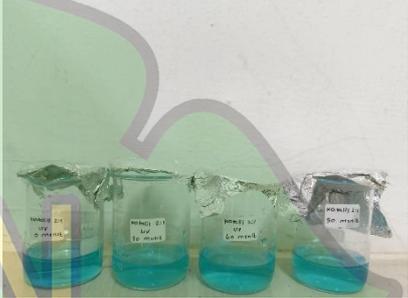
Proses Degradasi Katalis Magnetit-TiO₂ 1:1

	
Katalis 1:1 0 menit Non Uv	Katalis 1:1 30 menit tanpa cahaya
	
Katalis 1:1 60 menit tanpa cahaya	Katalis 1:1 90 menit non uv

	
Katalis 1:1 0 menit UV	Katalis 1:1 30 menit uv
	
Katalis 1:1 60 menit uv	Katalis 1:1 90 menit UV
	
Katalis 1:1 non uv 0, 30, 60, 90 menit setelah Degradasi	Katalis 1:1 non uv 0, 30, 60, 90 menit setelah sentrifugasi
	
Katalis 1:1 uv 0, 30, 60, 90 menit setelah Degradasi	Katalis 1:1 uv 0, 30, 60, 90 menit setelah sentrifugasi

Proses Degradasi Katalis Magnetit-TiO₂ 2:1

	
Katalis 2:1 0 menit non UV	Katalis 2:1 30 menit non UV
	
Katalis 2:1 60 menit non UV	Katalis 2:1 90 menit non UV
	
Katalis 2:1 UV 0 menit	Katalis 2:1 UV 30 menit
	
Katalis 2:1 60 menit Non UV	Katalis 2:1 UV 90 menit

	
<p>Katalis 2:1 non uv 0, 30, 60, 90 menit setelah Degradasi</p>	<p>Katalis 2:1 Non uv 0, 30, 60, 90 menit setelah sentrifugasi</p>
	
<p>Katalis 2:1 uv 0, 30, 60, 90 menit setelah Degradasi</p>	<p>Katalis 2:1 uv 0, 30, 60, 90 menit setelah sentrifugasi</p>

