

**PERBANDINGAN JENIS ELEKTRODA PADA
ELEKTROKOAGULASI DALAM SISTEM TERINTEGRASI
DENGAN FOTOKATALISIS UNTUK FOTODEGRADASI ZAT
WARNA METILEN BIRU**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Oleh:
SYALFIANA PEBRANDA
NIM: 210702008
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknologi Lingkungan**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2026 M/1447 H**

LEMBAR PERSETUJUAN

PERBANDINGAN JENIS ELEKTRODA PADA ELEKTROKOAGULASI DALAM SISTEM TERINTEGRASI DENGAN FOTOKATALISIS UNTUK FOTODEGRADASI 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:
SYALFIANA PEBRANDA
NIM. 210702008

Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan

Telah Diperiksa dan Disetujui oleh:

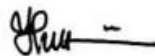
Pembimbing I



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

A R - R A N I R Y
Mengetahui,

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



Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc.
NIDN. 2009118301

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN JENIS ELEKTRODA PADA ELEKTROKOAGULASI DALAM SISTEM TERINTEGRASI DENGAN FOTOKATALISIS UNTUK FOTODEGRADASI ZAT WARNA METILEN BIRU

TUGAS AKHIR

Telah Diuji Oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir/Skripsi
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
Dinyatakan Lulus Serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi
Program Sarjana (S-1) Dalam Ilmu Teknik Lingkungan.

Pada Hari/Tanggal: Kamis, 22 Januari 2026
Kamis, 3 Sya'ban 1447 H

Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir/Skripsi

Ketua,

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

Sekretaris,

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

Penguji 1

Arief Rahman, M.T.
NIDN. 2010038901

Penguji 2

Lisa Ginayatri, S.T., M.T.

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Ar-Raniry Banda Aceh


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

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Syalfiana Pebranda

NIM : 210702008

Program Studi : Teknik Lingkungan

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul : Perbandingan Jenis Elektroda Pada Elektrokoagulasi Dalam Sistem Terintegrasi Dengan Fotokatalisis Untuk Forodegradasi Zat Warna Metilen Biru

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan tugas akhir/skripsi ini, saya:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh maupun di perguruan tinggi lainnya
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing
3. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
4. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya;
5. Tidak memanipulasi dan memalsukan data;
6. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggungjawab atas karya ini.

Bila dikemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

A R - R A N I R Y

Banda Aceh,

Yang Menyatakan



Syalfiana Pebranda

ABSTRAK

Nama : Syalfiana Pebranda
NIM : 210702008
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Perbandingan Jenis Elektroda pada Elektrokoagulasi dalam Sistem Terintegrasi dengan Fotokatalisis untuk Fotodegradasi Zat Warna Metilen Biru
Tanggal Sidang : 22 Januari 2026
Jumlah Halaman : 88
Pembimbing : Sri Nengsih, M. Sc.
Kata Kunci : Elektrokoagulasi, Fotodegradasi, Metilen Biru, Katalis, $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-TiO}_2$, Elektroda, Fotokatalisis, Penyinaran UV

Limbah tekstil yang mengandung metilen biru (MB) bersifat toksik dan sulit terurai, sehingga diperlukan metode pengolahan yang efektif dan ramah lingkungan. Penelitian ini membandingkan kinerja elektroda aluminium (Al) dan besi (Fe) dalam proses elektrokoagulasi serta mengevaluasi peningkatan degradasi melalui integrasi dengan fotokatalisis menggunakan katalis $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{TiO}_2$. Elektrokoagulasi menggunakan plat elektroda aluminium dan besi dengan variasi ukuran 10×20 cm dan 12×20 cm serta waktu kontak 30 dan 60 menit dilakukan untuk mengendapkan partikel zat warna. Fotokatalisis diawali dengan sintesis katalis magnetit- TiO_2 dengan perbandingan massa 2:1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa elektroda aluminium ukuran 12×20 cm memberikan efektivitas tertinggi dalam proses elektrokoagulasi, dengan penurunan konsentrasi dari 20 ppm menjadi 15,09 ppm dan menghasilkan degradasi terbaik sebesar 24,55%. Larutan hasil elektrokoagulasi kemudian diproses lebih lanjut menggunakan fotokatalisis berbasis $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{TiO}_2$ dengan penyinaran UV dan tanpa penyinaran. Sistem terintegrasi elektrokoagulasi–fotokatalisis menunjukkan kinerja paling optimal dengan penyinaran sinar UV, dengan degradasi maksimum mencapai 56,20% pada waktu kontak 120 menit. Kombinasi kedua metode ini terbukti mampu meningkatkan efektivitas penyisihan metilen biru sehingga berpotensi diterapkan sebagai solusi pengolahan limbah tekstil yang efisien dan ramah lingkungan.

ABSTRACT

Name : Syalfiana Pebranda
Student ID Number : 210702008
Study Program : Environmental Engineering
Title : Comparison of Electrode Types in Electrocoagulation in an Integrated System with Photocatalyst for Photodegradation of Methylene Blue Dye
Tanggal Sidang : 22 January 2026
Jumlah Halaman : 88
Advisor : Sri Nengsih, M. Sc.
Keyword : Electrocoagulation, Photodegradation, Methylene Blue, Catalyst, Fe₃O₄-TiO₂, Electrode, Photocatalysis, UV Irradiation

This study compares the performance of aluminum (Al) and iron (Fe) electrodes in the electrocoagulation process and evaluates the enhancement of degradation through integration with photocatalysis using Fe₃O₄/TiO₂ catalyst. Electrocoagulation was conducted using aluminum and iron electrode plates with size variations of 10×20 and 12×20 and contact times of 30 and 60 minutes to precipitate dye particles. Photocatalysis began with the synthesis of magnetite-TiO₂ catalyst at a mass ratio of 2:1. Results showed that the 12×20 cm aluminum electrode provided the highest effectiveness in electrocoagulation, reducing the concentration from 20 ppm to 15.09 ppm and achieving the best degradation of 24.55%. The electrocoagulated solution was further treated using Fe₃O₄/TiO₂-based photocatalysis with and without UV irradiation. The integrated electrocoagulation–photocatalysis system demonstrated optimal performance with UV light irradiation, reaching maximum degradation of 56.20% at 120 minutes contact time. The combination of these two methods effectively improved methylene blue removal, showing potential as an efficient and environmentally friendly textile wastewater treatment solutions.

KATA PENGANTAR

Segala puji hanya bagi Allah Swt. Yang telah melimpahkan rahmat, perlindungan dan berbagai nikmat-Nya, termasuk nikmat iman yang teguh serta kesempurnaan dalam agama Islam. *Shalawat* dan salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad saw, teladan akhlak mulia dan kewajiban menuntut ilmu, yang telah menerangi alam semesta dengan cahaya ilmunya. Tidak lupa juga ditujukan kepada keluarga, sahabat, serta para ulama penerusnya, baik yang terdahulu maupun yang hingga kini masih membimbing umat manusia.

Untuk kedua orang tua saya, Ayahanda Alm. Nusran dan Ibunda Asnalida, yang selalu memberikan doa dan tak henti-hentinya memberi dukungan serta semangat kepada saya hingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tugas Akhir ini saya persembahkan sebagai bentuk terima kasih atas segala yang telah Ayahanda dan Ibunda berikan selama ini, yang selalu menanamkan semangat untuk terus belajar, berusaha dan memberikan yang terbaik.

Alhamdulillah, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Perbandingan jenis Elektroda pada Elektrokoagulasi dalam sistem Terintegrasi dengan Fotokatalisis untuk Fotodegradasi Zat Warna Metilen Biru” telah penulis selesaikan. Tugas Akhir ini dibuat sebagai salah satu persyaratan untuk meraih gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, Banda Aceh. Penulis menyampaikan penghargaan dan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi, antara lain:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
2. Ibu Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc., selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh. Serta 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 Dr. Sri Nengsih, S.Si., M.Sc., Selaku Dosen Pembimbing yang telah berkenan memberikan nasihat serta arahan agar Tugas Akhir ini disusun dengan sebaik mungkin.
5. Kepada semua pengajar dan staf program studi Teknik Lingkungan di Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh, saya mengucapkan terima kasih atas dukungan dan bantuan administratif yang telah diberikan selama proses pembuatan Tugas akhir ini.

Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi banyak pihak. Penulis juga menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu, saran dan kritik sangat dihargai untuk memperbaiki dan menyempurnakan Tugas Akhir ini. Demikian, dan saya ucapkan terima kasih.

Banda Aceh, 22 Januari 2026
Penulis,

Syalfiana Pebranda



DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
2.1 Elektrokoagulasi	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
2.1.1 Mekanisme Elektrokoagulasi.....	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
2.1.2 Proses Pembentukan dan Peran Flok dalam Elektrokoagulasi.....	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
2.2 Fotokatalisis.....	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
2.3 Fotodegradasi	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
2.4 Titanium Dioksida (TiO ₂).....	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
2.5 Magnetik Fe ₃ O ₄	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
2.6 Zat Warna Metilen Biru (MB).....	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
2.7 Spektrofotometri UV-Vis	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
2.8 Metode Kopersipitasi.....	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
2.9 Penelitian Terdahulu	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
BAB III METODE PENELITIAN	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.

- 3.1 Waktu dan Lokasi Pelaksanaan **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 3.1.1 Waktu Pelaksanaan Penelitian **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 3.1.2 Lokasi Penelitian..... **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 3.2 Alat dan Bahan Penelitian ... **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 3.2.1 Alat..... **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 3.2.2 Bahan **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 3.3 Rancangan Penelitian..... **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 3.4 Prosedur Penelitian **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 3.4.1 Teknik Preparasi Pasir Besi **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 3.4.2 Teknik Sintesis Magnetit Fe_3O_4 dengan Metode Kopersipitasi **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 3.4.3 Proses Penggabungan $\text{Fe}_3\text{O}_4 - \text{TiO}_2$ **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 3.4.4 Pengujian Katalis Magnetit (Fe_3O_4) - TiO_2 **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 3.4.5 Desain Reaktor Elektrokoagulasi **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 3.4.6 Desain Reaktor Fotokatalisis **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 3.4.7 Nilai Rapat Arus Elektrokoagulasi **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 3.5 Proses Pembuatan Larutan Metilen Biru (MB) **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 3.6 Tahapan Fotodegradasi pada Zat Warna Metilen Biru..... **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 3.6.1 Fotodegradasi MB dengan Metode Elektrokoagulasi..... **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 3.6.2 Fotodegradasi MB dengan Metode Fotokatalisis **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 3.6.3 Diagram Alir Penelitian .. **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**

- 3.7 Analisis Data **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 3.7.1 Efektivitas Elektrokoagulasi**Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 3.7.2 Efektivitas Fotokatalisis.. **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 3.7.3 Pengukuran *Chemical Oxygen Demand* (COD)..... **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 3.7.4 Pengukuran *Potential of Hydrogen* (pH)**Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.

- 4.1 Prosedur Pelaksanaan Penelitian**Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 4.1.1 Jenis Elektroda..... **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 4.1.2 Preparasi dan Sintesis Pasir Besi**Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 4.2 Penentuan Spektrum Serapan Optik Larutan Zat Warna Metilen Biru **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 4.2.1 Pengujian COD dan pH Metilen Biru**Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 4.3 Analisis Data **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 4.3.1 Pengaruh Jenis dan Ukuran Elektroda Terhadap Performa Elektrokoagulasi **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 4.3.2 Efektivitas Degradasi Metilen Biru dalam Sistem Terintegrasi Elektrokoagulasi – Fotokatalisis**Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 4.3.3 Pengaruh Waktu Kontak dalam Proses Elektrokoagulasi – Fotokatalisis **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**

BAB V PENUTUP.....Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.

- 5.1 Kesimpulan..... **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- 5.2 Saran..... **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**

DAFTAR PUSTAKAKesalahan! Bookmark tidak ditentukan.

LAMPIRAN IKesalahan! Bookmark tidak ditentukan.



DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1** Mekanisme proses elektrokoagulasi **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- Gambar 2.2** Skema proses fotokatalisis **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- Gambar 2.3** Bentuk Atom TiO_2 **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- Gambar 2.4** Serbuk zat warna metilen biru **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- Gambar 3.1** Peta Lokasi Pengambilan Sampel..... 21
- Gambar 3.2** Peta Lokasi Penelitian.....22
- Gambar 3.3** Diagram Alir Umum Penelitian..... 29
- Gambar 3.4** Desain Reaktor Elektrokoagulasi 31
- Gambar 3.5** Desain Reaktor Fotokatalisis..... 32
- Gambar 3.6** Diagram Alir Tahapan Penelitian 36
- Gambar 4.1** Elektroda Aluminium (a) sebelum elektrokoagulasi (b) sesudah elektrokoagulasi **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- Gambar 4.2** Elektroda Besi (a) sebelum elektrokoagulasi (b) sesudah elektrokoagulasi38
- Gambar 4.3** Hasil preparasi dan sintesis pasir besi **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- Gambar 4.4** Proses penggabungan magnetik dan TiO_2 **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- Gambar 4.5** Hasil Penggabungan Magnetit- TiO_2 **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- Gambar 4.6** Panjang Gelombang Maksimum Metilen biru **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- Gambar 4.7** Kurva Kalibrasi Larutan Metilen Biru **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- Gambar 4.8** Spektrum Hasil Serapan Optik Untuk Plat Al Ukuran 10×20 cm **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**
- Gambar 4.9** Spektrum Hasil Serapan Optik Untuk Plat Al Ukuran 12×20 cm **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**

Gambar 4.10 Spektrum Hasil Serapan Optik Untuk Plat Fe Ukuran 10×20 cm
..... **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**

Gambar 4.11 Spektrum Hasil Serapan Optik Untuk Plat Fe Ukuran 12×20 cm
..... **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**

Gambar 4.12 Spektrum Hasil Fotokatalisis Metilen Biru Tanpa Penyinaran
untuk plat Al ukuran 12×20 cm **Kesalahan! Bookmark tidak
ditentukan.**

Gambar 4.13 Spektrum Hasil Fotokatalisis UV **Kesalahan! Bookmark tidak
ditentukan.**

Gambar 4.14 Grafik Hasil Elektrokoagulasi **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**

Gambar 4.15 Laju Kinetik Elektrokoagulasi Terhadap Waktu Kontak **Kesalahan!
Bookmark tidak ditentukan.**

Gambar 4.16 Laju Kinetik Fotokatalis Magnetit-TiO₂ Terhadap Waktu Kontak
..... **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik zat warna metilen biru **Kesalahan! Bookmark tidak
ditentukan.**

Tabel 2.2 Hasil penelitian terdahulu.... **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**

Tabel 3.1 Alat-alat penelitian 22

Tabel 3.2 Bahan-bahan penelitian 26

Tabel 4.1 Nilai Konsentrasi dan Nilai Absorbansi Larutan Metilen Biru Sebagai
Larutan Standar..... **A R - R A N I R Y** 42

Tabel 4.2 Nilai Parameter COD dan pH Metilen Biru **Kesalahan! Bookmark
tidak ditentukan.**

Tabel 4.3 Hasil Degradasi Elektrokoagulasi **Kesalahan! Bookmark tidak
ditentukan.**

Tabel 4.4 Hasil Degradasi Metilen Biru Untuk Sistem Terintegrasi EC-FC
..... **Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.**



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keberadaan industri serta produk tekstil di suatu negara telah memberikan berbagai keuntungan, salah satunya untuk mengurangi angka pengangguran, meningkatkan pemasukan negara, serta mendorong pertumbuhan sektor produksi. Di Indonesia, industri tekstil dan produk turunannya seperti kain, benang dan pakaian jadi mengalami perkembangan pesat yang berkontribusi besar terhadap nilai ekonomi nasional (Maryudi dkk, 2021). Dibalik kemajuan tersebut, terdapat permasalahan lingkungan yang serius, terutama akibat peningkatan volume limbah cair yang mengandung residu pewarna sintetis. Pewarna sintetis digunakan secara luas karena murah dan mudah diperoleh, tetapi memiliki struktur kimia kompleks yang sulit terurai di lingkungan. Limbah ini dapat menurunkan kualitas air, mengganggu keseimbangan ekosistem, serta berpotensi karsinogenik dan mutagenik bagi manusia. Contohnya, limbah cair dari industri batik rumahan di Kampung Laweyan, Surakarta, kerap dibuang langsung ke sungai tanpa melalui pengolahan yang tepat, sehingga menimbulkan pencemaran pada sumber air (Yuniarti dan Widayatno, 2021).

Pewarna sintetis dalam limbah cair industri tekstil adalah senyawa organik yang memiliki cincin aromatik, sehingga sulit terdegradasi secara alami. Salah satu pewarna yang paling umum digunakan adalah metilen biru. Zat ini bersifat beracun, tidak mudah terdegradasi dan berpotensi membahayakan kesehatan karena dapat menimbulkan iritasi, gangguan pada sistem pernapasan, serta risiko karsinogenik ketika menumpuk di dalam tubuh (Maryudi dkk., 2021). Oleh karena itu, sangat penting untuk mengeliminasi metilen biru dari lingkungan perairan menggunakan metode yang efektif dan ramah lingkungan.

Beberapa metode konvensional seperti klorinasi, ozonisasi dan biodegradasi telah digunakan, namun dapat menimbulkan efek samping yang berbahaya. Proses elektrokoagulasi hadir sebagai metode pengolahan limbah cair yang lebih ramah lingkungan karena tidak memerlukan bahan kimia tambahan. Teknik ini dilakukan dengan mengalirkan arus listrik melalui dua elektroda logam dalam air limbah,

sehingga menghasilkan koagulan in situ yang dapat mengendapkan zat pencemar (Hernaningsih, 2016). Elektrokoagulasi telah terbukti efektif dalam mengurangi berbagai parameter pencemar, seperti TSS, TDS, COD, BOD, fosfat, minyak dan lemak, serta surfaktan dalam berbagai jenis limbah, termasuk limbah tekstil (Saputra dkk., 2022). Di samping itu, teknik ini menghasilkan lebih sedikit ion terlarut, yang berasal hanya dari pelarutan elektroda, contohnya aluminium yang berubah menjadi Al^{3+} (Adeline, 2015).

Selain elektrokoagulasi, metode lain yang berpotensi untuk menguraikan metilen biru adalah fotodegradasi. Fotokatalisis merupakan reaksi kimia yang dipicu oleh cahaya dengan bantuan katalis. Salah satu fotokatalis yang sering digunakan adalah Titanium Dioksida (TiO_2), karena memiliki kelebihan seperti kestabilan kimia yang tinggi, tidak beracun, biaya rendah dan dapat digunakan berulang kali tanpa mengurangi efektivitasnya (Pebritama dan Agung R., 2021). Namun, TiO_2 dalam bentuk anatase memiliki kelemahan yaitu hanya mampu menyerap cahaya di daerah UV, sedangkan sinar UV hanya merupakan sebagian kecil dari spektrum cahaya matahari yang mencapai permukaan bumi (Aritonang dkk., 2022). Untuk mengatasi keterbatasan ini, perlu dilakukan modifikasi struktur TiO_2 agar dapat menyerap cahaya tampak yang lebih melimpah.

Salah satu pendekatan modifikasi yang menjanjikan adalah menggabungkan TiO_2 dengan mineral lokal yang memiliki kemampuan adsorpsi tinggi dan bersifat magnetik, seperti pasir besi yang mengandung mineral magnetit (Fe_3O_4). Pasir besi banyak ditemukan di wilayah pantai Indonesia dan memiliki sifat magnetik serta kemampuan adsorpsi yang baik terhadap zat pencemar (Ningsih dkk., 2019). Ekstraksi magnetit dari pasir besi dapat dilakukan secara sederhana menggunakan magnet permanen (Diana dkk., 2021), sehingga memungkinkan penggunaan material lokal sebagai penopang (*support*) untuk meningkatkan efisiensi dan reusabilitas katalis.

Berdasarkan uraian tersebut, integrasi antara metode elektrokoagulasi dan fotokatalisis berbasis Fe_3O_4/TiO_2 menawarkan solusi yang menjanjikan dalam penanganan limbah zat warna metilen biru. Elektrokoagulasi dapat menurunkan kadar polutan dengan efisien di tahap awal, sementara fotokatalisis berperan dalam mendegradasi residu organik secara menyeluruh di tahap lanjutan. Dalam

penerapan elektrokoagulasi, jenis elektroda yang digunakan merupakan faktor penting yang sangat memengaruhi efektivitas proses. Setiap jenis elektroda, seperti aluminium, besi, atau grafit, memiliki karakteristik pelarutan, efisiensi pengendapan dan konsumsi energi yang berbeda. Oleh karena itu, untuk mendapatkan sistem pengolahan limbah yang optimal, dilakukan kajian perbandingan jenis elektroda dalam sistem elektrokoagulasi yang terintegrasi dengan fotokatalisis $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{TiO}_2$.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dibahas dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana pengaruh jenis dan ukuran elektroda terhadap performa Elektrokoagulasi?
2. Bagaimana efektivitas degradasi metilen biru dalam sistem terintegrasi Elektrokoagulasi-Fotokatalisis?
3. Bagaimana pengaruh waktu kontak terhadap konsentrasi metilen biru yang terintegrasi dalam sistem Elektrokoagulasi - Fotokatalisis?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mendapatkan perbedaan efektivitas degradasi metilen biru antara penggunaan elektroda aluminium dan besi dalam sistem terintegrasi EC-fotokatalisis
2. Mendapatkan pengaruh luas permukaan elektroda terhadap performa elektrokoagulasi dalam sistem gabungan dengan fotokatalisis $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{TiO}_2$
3. Mendapatkan pengaruh waktu kontak terhadap jenis dan ukuran elektroda dalam fotodegradasi dalam terintegrasi elektrokoagulasi - fotokatalisis?

1.4 Manfaat Penelitian

1. Meningkatkan pemahaman tentang elektrokoagulasi dan fotokatalisis yang bisa diterapkan dalam pengolahan limbah yang mengandung zat metilen biru yang dapat dilakukan dengan lebih ramah lingkungan serta mendapatkan hasil yang memuaskan.
2. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat dan informasi tentang elektrokoagulasi dan fotokatalisis.

1.5 Batasan Masalah

Adapun Batasan penelitian ini adalah:

1. Plat yang di gunakan adalah Elektrode Aluminium (Al) dan Besi (Fe) masing-masing lima buah
2. Luasan area yang ingin digunakan adalah 10×20 dan 12×20 cm
3. Konsentrasi Metilen Biru adalah 20 ppm.

