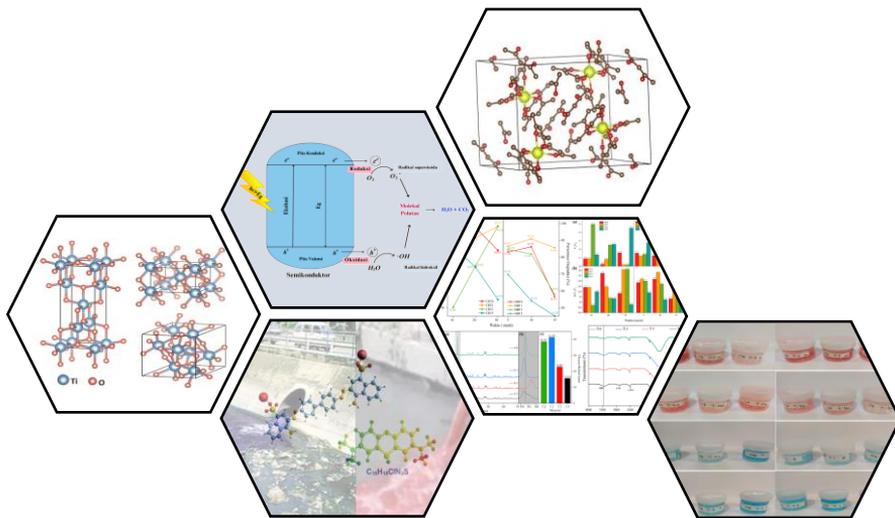


**SINTESIS KOMPOSIT TiO_2/Ce MENGGUNAKAN METODE
KOPRESIPITASI SEBAGAI KATALIS UNTUK MENDEGRADASI LIMBAH
CAIR INDUSTRI**

**SYNTHESIS OF TiO_2/Ce COMPOSITE USING COPRECIPITATION
METHOD AS A CATALYST FOR DEGRADING INDUSTRIAL
WASTEWATER**



**YUSNITA SARI
H032221002**



**PROGRAM STUDI MAGISTER FISIKA
DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**SINTESIS KOMPOSIT TiO_2/Ce MENGGUNAKAN METODE
KOPRESIPITASI SEBAGAI KATALIS UNTUK MENDEGRADASI LIMBAH
CAIR INDUSTRI**

**YUSNITA SARI
H032221002**



**PROGRAM STUDI MAGISTER FISIKA
DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**SINTESIS KOMPOSIT TiO₂/Ce MENGGUNAKAN METODE
KOPRESIPITASI SEBAGAI KATALIS UNTUK MENDEGRADASI LIMBAH
CAIR INDUSTRI**

Tesis

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar magister

Program Studi Magister Fisika

Disusun dan diajukan oleh

YUSNITA SARI
H032221002

Kepada

**PROGRAM STUDI MAGISTER FISIKA
DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

TESIS

SINTESIS KOMPOSIT TiO_2/Ce MENGGUNAKAN METODE
KOPRESIPITASI SEBAGAI KATALIS UNTUK MENDEGRADASI
LIMBAH CAIR INDUSTRI

YUSNITA SARI
H032221002

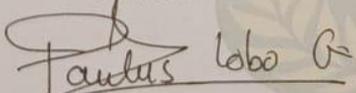
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Magister pada tahun 2024 dan
dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Pada

Program Studi Magister Fisika
Departemen Fisika
Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin
Makassar

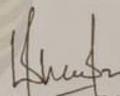
Mengesahkan:

Penasehat Utama,



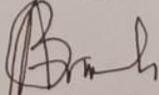
Prof. Dr. Paulus Lobo Gareso, M.Sc.
NIP. 19650305 199103 1 008

Penasehat Pendamping,



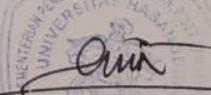
Prof. Dr. Dahlang Tahir, M.Si.
NIP. 19750907 200003 1 006

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. Ir. Bidayatul Armynah, M.T.
NIP. 19630830 198903 2 001

Dekan Fakultas,



Dr. Eng. Amiruddin, M.Si.
NIP. 19720515 199702 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, tesis berjudul "Sintesis Komposit TiO₂/Ce Menggunakan Metode Kopersipitasi Sebagai Katalis Untuk Mendegradasi Limbah Cair Industri" adalah benar karya saya dengan arahan dari tim pembimbing Prof. Dr. Paulus Lobo Gareso, M.Sc dan Prof. Dr. Dahlang Tahir, M.Si. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini telah akan dipublikasikan sebagai artikel. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 16 Juli 2024



Yusnita Sari
H032221002

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian yang saya lakukan dapat terlaksana dengan sukses dan tesis ini dapat terampungkan atas bimbingan, diskusi dan arahan Prof. Dr. Paulus Lobo Gareso, M.Sc sebagai pembimbing utama dan Prof. Dr. Dahlang Tahir, M.Si sebagai pembimbing pertama. Saya mengucapkan terima kasih kepada mereka. Penghargaan yang tinggi juga saya sampaikan kepada kepala laboratorium material dan energi, Prof. Dr. Dahlang Tahir, M.Si yang telah mengizinkan saya untuk melaksanakan penelitian di laboratorium.

Kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi (Kemendikbudristek), saya mengucapkan terima kasih atas beasiswa unggulan yang diberikan (BU-0120221000890125306137) selama menempuh program pendidikan magister. Ucapan terima kasih juga saya ucapkan kepada pimpinan Universitas Hasanuddin dan Departemen Fisika yang telah memfasilitasi saya menempuh program magister serta para dosen dan rekan-rekan dalam tim penelitian. Akhirnya, kepada kedua orang tua tercinta saya mengucapkan terima kasih atas doa, pengorbanan dan motivasi selama saya menempuh pendidikan. Penghargaan yang besar juga saya sampaikan kepada seluruh keluarga atas motivasi dan dukungan yang tak ternilai.

Penulis,



Yusnita Sari

ABSTRAK

YUSNITA SARI. **Sintesis Komposit TiO₂/Ce Menggunakan Metode Kopresipitasi sebagai Katalis untuk Mendegradasi Limbah Cair Industri** (dibimbing oleh arahan Prof. Dr. Paulus Lobo Gareso, M.Sc dan Prof. Dr. Dahlang Tahir, M.Si).

Latar belakang. Semikonduktor titanium dioksida (TiO₂) yang didoping dengan serium (Ce) telah terbukti efektif dalam aplikasi katalitik untuk mendegradasi limbah cair industri, seperti *congo red* dan metilen biru. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan konsentrasi massa pencampuran dan efektivitas TiO₂/Ce dalam meningkatkan laju degradasi fotokatalitik serta menganalisis pengaruh penambahan serium pada titanium dioksida terhadap efisiensi degradasi. **Metode.** TiO₂ dan Ce disintesis secara bersamaan melalui metode kopresipitasi dengan variasi perbandingan massa Ce. **Hasil.** Karakterisasi XRD menunjukkan bahwa jarak antar atom meningkat pada doping konsentrasi rendah 1% karena ekspansi kisi, mengecil pada doping 3% akibat distorsi, dan meningkat lagi pada doping 5% karena redistribusi strain dan aglomerasi dopan, sementara ukuran kristal membesar pada doping 1% dan menurun pada doping 3% dan 5%. Karakterisasi FTIR memperlihatkan terbentuknya ikatan Ti-O-Ce yang menunjukkan bahwa material TiO₂ dan serium (Ce) tercampur dengan baik. Hasil karakterisasi UV-Vis menunjukkan nilai absorbansi setelah pengujian fotokatalis mengalami penurunan. Aktivitas fotokatalis dengan menggunakan polutan *Congo Red* dan metilen biru menunjukkan bahwa persentase degradasi optimal pada *Congo Red* mencapai 98% menggunakan katalis TiO₂/3%Ce pada durasi penyinaran 30 menit, sedangkan pada metilen biru mencapai 91% menggunakan katalis TiO₂/1%Ce pada durasi penyinaran 10 menit, didukung oleh laju kinetik fotodegradasi yang tinggi. Namun, pada katalis TiO₂/5%Ce, terjadi penurunan tingkat degradasi, menunjukkan adanya batas optimal untuk doping serium, di mana penambahan berlebihan dapat mengurangi efisiensi katalitik. **Kesimpulan.** Doping serium pada TiO₂ secara signifikan meningkatkan efektivitas katalitik dalam mendegradasi limbah cair, menyediakan landasan penting untuk pengembangan teknologi degradasi limbah cair yang ramah lingkungan dengan menggunakan katalis berbasis TiO₂/Ce.

Kata kunci: TiO₂, Serium, Kopresipitasi, Fotokatalis, *Congo red*, Metilen biru

ABSTRACT

YUSNITA SARI. **Synthesis of TiO₂/Ce Composite Using Coprecipitation Method as Catalyst for Degrading Industrial Wastewater** (supervised by Prof. Dr. Paulus Lobo Gareso, M.Sc and Prof. Dr. Dahlang Tahir, M.Si).

Background. Titanium dioxide (TiO₂) semiconductor doped with cerium (Ce) has been proven effective in catalytic applications for degrading industrial wastewater containing congo red and methylene blue. This study aims to determine the mass concentration mixing ratio and effectiveness of TiO₂/Ce in enhancing photocatalytic degradation rates, as well as to analyze the influence of cerium addition to titanium dioxide on degradation efficiency. **Method.** TiO₂ and Ce were simultaneously synthesized via coprecipitation method with varying mass ratios of Ce. **Results.** XRD characterization showed that interatomic distance increased at low doping concentration of 1% due to lattice expansion, decreased at 3% doping due to distortion, and increased again at 5% doping due to strain redistribution and dopant agglomeration, while crystal size increased at 1% doping and decreased at 3% and 5% doping. FTIR characterization indicated the formation of Ti-O-Ce bonds, confirming good mixing of TiO₂ and cerium (Ce) materials. UV-Vis characterization revealed decreased absorbance values after photocatalysis testing. Photocatalytic activity using Congo Red and methylene blue pollutants showed optimal degradation percentages of 98% for Congo Red using TiO₂/3%Ce catalyst with 30 minutes of irradiation, and 91% for methylene blue using TiO₂/1%Ce catalyst with 10 minutes of irradiation, supported by high kinetic rates of photodegradation. However, TiO₂/5%Ce catalyst exhibited decreased degradation levels, indicating an optimal limit for cerium doping, where excessive addition can reduce catalytic efficiency. **Conclusion.** Cerium doping on TiO₂ significantly enhances catalytic effectiveness in wastewater degradation, providing a crucial foundation for developing environmentally friendly wastewater degradation technologies using TiO₂/Ce-based catalysts.

Keywords: TiO₂, Cerium, Coprecipitation, Photocatalysis, Congo Red, Methylene blue

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN PENGAJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN TESIS	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
BAB II	3
METODE PENELITIAN	3
II.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan.....	3
II.2 Alat dan Bahan.....	3
II.2.1 Alat.....	3
II.2.2 Bahan	3
II.3.1 Preparasi Material	4
II.3.2 Preparasi Polutan	4
II.4 Mekanisme Fotokatalis	4
II.5 Karakterisasi Material.....	5
II.6 Bagan Alir Penelitian	6
BAB III	7
HASIL DAN PEMBAHASAN	7
III.1 Analisis <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF)	7
III.2 Analisis <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	7
III.3 Analisis <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR)	8
III.4 Aktivitas Fotokatalis Komposit TiO ₂ /Ce.....	9

BAB IV.....	14
PENUTUP.....	14
IV.1 Kesimpulan	14
IV.2 Saran.....	14
DAFTAR PUSTAKA	15
LAMPIRAN.....	18

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Bagan Alir Penelitian	6
Gambar 3.1	Spektra X-Ray Diffraction (XRD) (a) Spektra X-Ray Diffraction (XRD), (b) Pembesaran spektra $2\theta=29,0^\circ-30,0^\circ$, dan (c) Ukuran kristal untuk material T-0, T-1, T-3, dan T-5.	8
Gambar 3.2	Spektra Fourier Transform Infrared (FTIR) untuk material T-0, T-1, T- 3, dan T-5.	9
Gambar 3.3	(a) Spektra absorbansi hasil pengujian fotokatalis dan (b) Kurva persentase degradasi <i>Congo Red</i> dan Metilen Biru (30 mg/1000 ml) menggunakan material T-0, T-1, T-3, dan T-5.....	11
Gambar 3.4	(a) Kurva aktivitas fotokatalis dan (b) diagram batang laju kinetik fotodegradasi <i>Congo Red</i> dan Metilen Biru (30 mg/1000 ml) menggunakan material T-0, T-1, T-3, dan T-5.....	13

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kode Material dan jenis polutan pada proses fotokatalis	5
Tabel 3.1	Persentase unsur kimia setelah melakukan metode kopresipitasi	7
Tabel 3.2	Persentase degradasi <i>Congo Red</i> dan Metilen Biru (30 mg/1000 ml) menggunakan material T-0, T-1, T-3, dan T-5.	12
Tabel 3.3	Laju kinetik fotodegradasi (kr) degaradasi <i>Congo Red</i> dan Metilen Biru (30 mg/1000 ml) menggunakan material T-0, T-1, T-3, dan T-5.....	13

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Industrialisasi telah menyebabkan peningkatan yang signifikan dalam emisi senyawa beracun ke dalam sistem air secara global. Secara khusus, industri pewarnaan tekstil global menghasilkan 810.000-ton air limbah per tahun, yang mengandung berbagai polutan seperti pewarna organik, logam berat, dan bahan kimia lainnya (Palani, G et al., 2021; Halepoto, H., et al., 2022; Wang, X., 2022). Pembuangan air limbah pewarna tekstil di atas standar kualitas maksimum ke lingkungan dapat menyebabkan banyak dampak negatif pada ekosistem. Air limbah dapat mengubah warna dan keasaman pada air, dan pewarna organik dalam air limbah dapat berbahaya bagi organisme air (Lellis, B., et al., 2019; Al-Tohamy, R et al., 2022). Penggunaan pewarna sintesis dalam industri tekstil merupakan kontributor utama pencemaran sistem perairan. Pewarna sintesis adalah senyawa organik yang tidak dapat terurai secara hayati yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan, terutama di lingkungan akuatik (Lellis, B., et al., 2019; Amalina, F et al., 2022). Pewarna ini dapat bertahan di dalam air untuk waktu yang lama karena bersifat aromatik dan komponen yang sangat stabil (Ardila-Leal, L. D et al., 2021; Berradi, M et al., 2019).

Penanganan yang efektif terhadap pencemaran limbah warna industri telah banyak dilakukan, fotokatalis menjadi salah satu teknik yang efektif dalam mengatasi masalah pencemaran air akibat limbah cair (Serpone, N. A., 2012). Fotokatalis adalah proses yang memanfaatkan bahan semikonduktor untuk menguraikan senyawa organik kompleks dalam limbah cair menjadi molekul yang lebih sederhana di bawah paparan cahaya matahari yang terdiri dari 5% radiasi ultraviolet (UV) dan 45% cahaya tampak (Deng, W et al., 2017; Bodzek, M et al., 2012; Ren, G et al., 2017). Semikonduktor titanium dioksida (TiO_2) merupakan material yang banyak diaplikasikan sebagai fotokatalis dalam pemurnian air, udara dan degradasi polutan organik. Hal ini karena TiO_2 memiliki celah pita yang lebar (3,2 eV), stabilitas kimiawi yang baik, harga relatif terjangkau dan juga memiliki tingkat toksisitas yang rendah sehingga cocok digunakan sebagai katalis (Kutuzova, A et al., 2021; Gomes, J et al., 2019; Serpone, N., 2006; Yan, A et al., 2013). Namun karena tingginya derajat rekombinasi pasangan elektron-*hole* yang dihasilkan, membuat kinerja fotokatalisnya rendah. Telah dilakukan banyak studi untuk meningkatkan aktivitas fotokatalis TiO_2 , salah satunya adalah modifikasi dengan penambahan doping logam untuk menurunkan celah pita energi (*bandgap*) sehingga meningkatkan aktivitas fotokataliknya (Khlyustova, A et al., 2020; Basavarajappa, P. S et al., 2020; Haghshenas, N et al., 2023; Cerrato, E et al., 2022).

Berdasarkan beberapa referensi, doping logam tanah jarang (*rare earth*) mampu memberikan efek penurunan *bandgap* pada material TiO_2 . Hal ini karena Muatan (e^-) yang tereksitasi berpindah dari pita valensi ke pita konduksi, sementara muatan (h^+) di pita valensi tetap berada pada TiO_2 sehingga meningkatkan aktivitas

fotokataliknya (Serpone, N. A., 2012; Cerrato, E et al., 2022; Xu, A, W et al., 2002). Salah satu logam tanah jarang yang biasa digunakan untuk penambahan pada material semikonduktor adalah serium (Ce). Ion Ce dapat dengan efektif masuk ke dalam struktur TiO_2 , membantu mengendalikan peningkatan ukuran butir dan memperluas kemampuan penyerapan. Integrasi ini lebih terlihat pada tingkat doping yang lebih rendah, seperti 1% dan 3% (Cerrato, E et al., 2022; Xu, A, W et al., 2002).

Penambahan Ce ke dalam TiO_2 dapat mengurangi suhu transisi dari fase anatase ke rutil, yang kemudian menjaga fase anatase tetap stabil. Fase anatase secara umum memiliki aktivitas yang lebih tinggi dalam reaksi fotokatalitik (Cerrato, E et al., 2022). H. Pengzhen et al (2021), melaporkan bahwa katalis TiO_2/Ce yang dibuat dengan metode sol-gel dapat mendegradasi 96% *deoxyvalenol* (DON), Vieira, G. B et al (2021), melaporkan TiO_2 yang didoping Ce dibuat dengan metode hidrotermal berhasil mendegradasi zat warna metilen biru (MB) pada air limbah, serta H. C. Jeong dan Joon, Y. L. (2019), juga mensintesis katalis Ce/TiO_2 menggunakan metode *sonochemical*, hasilnya TiO_2 dengan doping Ce berhasil mendegradasi *oxilena* sebesar 99,4%. Metode sintesis kopresipitasi memiliki banyak keuntungan dibandingkan metode lainnya seperti proses menggunakan suhu rendah dan mudah dalam pengontrolan ukuran partikel sehingga waktu yang dibutuhkan relatif lebih singkat (Nam, N, H et al., 2019).

Berdasarkan uraian sebelumnya, maka penelitian ini akan memperlihatkan proses fotokatalis limbah cair *Congo Red* (CR) dan Metilen Biru (MB) dengan material TiO_2 didoping Ce dengan variasi konsentrasi dopan sebesar 1%, 3%, dan 5% yang disintesis menggunakan metode kopresipitasi.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah untuk penelitian ini adalah:

1. Bagaimana menentukan persentase berat serium (Ce) pada TiO_2 yang paling efektif dalam meningkatkan efisiensi kinerjanya untuk mendegradasi limbah cair pewarna *Congo Red* dan Metilen Biru dalam proses fotokatalis?
2. Bagaimana menganalisis pengaruh penambahan serium (Ce) pada TiO_2 terhadap peningkatan efisiensi katalitiknya dalam menjernihkan limbah cair pewarna *Congo Red* dan Metilen Biru dalam proses fotokatalis?

I.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan konsentrasi massa pencampuran dan penggunaan TiO_2/Ce yang efektif terhadap peningkatan laju degradasi fotokatalitik.
2. Menganalisis pengaruh penambahan serium (Ce) pada titanium dioksida (TiO_2) terhadap peningkatan efisiensi laju degradasi fotokatalitik.

BAB II METODE PENELITIAN

II.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian ini akan dilaksanakan dari bulan Juli-Oktober 2023 bertempat di Laboratorium Material dan Energi Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin dan Laboratorium Biofarmaka Fakultas Farmasi Universitas Hasanuddin.

II.2 Alat dan Bahan

II.2.1 Alat

1. Timbangan Digital
2. Spatula Laboratorium
3. Gelas ukur 250 mL
4. Gelas Kimia 250 ml
5. Pipet Tetes
6. Lampu Halogen 300 Watt (OSRAM 645, Jerman)
7. Kertas Saring (*Filter Paper* Whatman Grade 42)
8. Botol sampel
9. Corong
10. Oven
11. Cawan porselen
12. Mortar dan alu
13. *Furnace*
14. *Magnetic Stirrer* (Thermo Scientific ELED SP142020-33Q)
15. *Magnetic Bar*
16. *X-ray fluorescence*
17. *X-Ray Diffraction* (Shimadzu 7000)
18. *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (Shimadzu IR Prestige-21)
19. *UV-Vis Spectroscopy* (Shimadzu UV-1800)
20. *Hematocrit Centrifuge* (DM1424)

II.2.2 Bahan

1. Titanium Dioksida (TiO_2)
2. Serium (III) nitrat heksahidrat ($\text{Ce}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)
3. Sodium Asetat (CH_3COONa)
4. Aquades
5. Natrium Hidroksida (NaOH)
6. Kertas pH
7. Metilen Biru ($\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{N}_3\text{ClS}$)
8. *Congo Red* ($\text{C}_{32}\text{H}_{22}\text{N}_6\text{Na}_2\text{O}_6\text{S}_2$)

II.3 Prosedur Penelitian

II.3.1 Preparasi Material

II.3.1.1 Preparasi Sintesis $Ce(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$

Menyiapkan 8 g serium (III) Nitrat Heksahidrat ($Ce(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$) yang ditimbang dan dilarutkan dalam 200 mL aquades. Larutan tersebut diaduk pada kecepatan 200 rpm selama 30 menit untuk mencapai homogenitas. Kemudian, 0,5 g sodium asetat (CH_3COONa) ditambahkan dan diaduk selama 15 menit. Untuk menetralsir larutan, natrium hidroksida ($NaOH$) ditambahkan secara perlahan hingga mencapai pH 11 untuk menetralsir larutan. Selanjutnya, larutan disaring untuk memisahkan endapan Serium (III) hidroksida ($Ce(OH)_3$), yang kemudian dicuci dengan aquades sebanyak 10 kali untuk menghilangkan zat-zat pengotor. Endapan dikeringkan pada suhu $100^\circ C$ selama 2 jam untuk menghilangkan kelebihan air, dan selanjutnya dipanaskan dalam *furnace* pada suhu $580^\circ C$ selama 2 jam untuk menghasilkan Serium murni (Ce). Endapan kemudian digerus untuk mendapatkan bubuk serium.

II.3.1.2 Preparasi Komposit TiO_2/Ce

Sintesis komposit TiO_2/Ce dengan variasi persen berat serium (Ce) sebesar 1%, 3%, dan 5% dimulai dengan penimbangan serium (Ce) dan titanium dioksida (TiO_2) sesuai dengan proporsi persen berat yang ditentukan, diikuti oleh pencampuran yang merata. Campuran tersebut kemudian dilarutkan dalam 200 mL aquades dan diaduk tanpa pengaturan suhu pada kecepatan rotasi 200 rpm selama 30 menit untuk mencapai homogenitas yang optimal. Selanjutnya, untuk menjaga stabilitas campuran, ditambahkan 0,5 g sodium asetat (CH_3COONa) dan diaduk selama 15 menit. Proses berlanjut dengan penyesuaian pH larutan menggunakan natrium hidroksida ($NaOH$) hingga mencapai pH 11. Larutan tersebut kemudian disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan endapan dari larutan, yang kemudian dicuci secara berulang dengan aquades dan disentrifugasi sebanyak 10 kali untuk menghilangkan zat-zat pengotor. Selanjutnya, endapan dikeringkan dalam oven pada suhu $100^\circ C$ selama 2 jam untuk menghilangkan kelebihan air, dan dipanaskan dalam *furnace* pada suhu $580^\circ C$ selama 2 jam. Setelah proses *furnace* selesai, produk sintesis komposit TiO_2/Ce kemudian digerus untuk mendapatkan bubuk komposit TiO_2/Ce dan dilabeli dengan T-0 (TiO_2 tanpa doping Ce), T-1 ($TiO_2/1\%Ce$), T-3 ($TiO_2/3\%Ce$), dan T-5 ($TiO_2/5\%Ce$).

II.3.2 Preparasi Polutan

II.3.2.1 Preparasi Larutan Congo Red (CR)

Congo Red ($C_{32}H_{22}N_6Na_2O_6S_2$) 0,03 g dilarutkan dalam 1000 ml *Aquades*.

II.3.2.2 Preparasi larutan Metilen Biru (MB)

Metilen Biru ($C_{16}H_{18}N_3ClS$) 0,03 g dilarutkan dalam 1000 ml *Aquades*.

II.4 Mekanisme Fotokatalis

Aktivitas fotokatalitik katalis T-0, T-1, T-3, dan T-5 dievaluasi menggunakan dua jenis polutan, yaitu Metilen Biru dan Congo Red di bawah sinar UV-Vis (lampu

Halogen 300 watt). Langkah awal, 100 mL larutan MB dimasukkan ke dalam gelas kimia dan ditambahkan katalis T-1 sebanyak 0,25 g ke dalam larutan. Selanjutnya, campuran diaduk menggunakan *magnetic stirrer*, kemudian ditutup dan disinari dengan lampu optik. Campuran tersebut diambil 10 mL menggunakan pipet tetes tiap 5 menit sebanyak 3 kali, kemudian diteteskan pada corong yang telah dilapisi kertas saring *Filter Paper* Whatman Grade 42, kemudian disimpan dalam botol plastik. Prosedur di atas diulangi untuk katalis T-0, T-3, dan T-5.

Uji fotokatalis dilanjutkan menggunakan polutan CR. Larutan CR dimasukkan ke dalam gelas kimia sebanyak 100 mL, diikuti dengan penambahan katalis T-1 0,25 g. Campuran diaduk di atas *magnetic stirrer*, kemudian ditutup dan disinari dengan lampu optik. Sampel dari campuran diambil (10 mL) menggunakan pipet tetes dan disaring menggunakan corong yang telah dilapisi kertas saring *Filter Paper* Whatman Grade 42. Campuran diambil tiap 10 menit sebanyak 3 kali, kemudian disimpan di dalam botol. Prosedur yang sama juga dilakukan untuk katalis T-0, T-3, dan T-5. Pollutant yang sudah diuji dan disaring ke botol dan dilabeli berdasarkan kode material dan katalis yang terlihat pada **Tabel 2.1**.

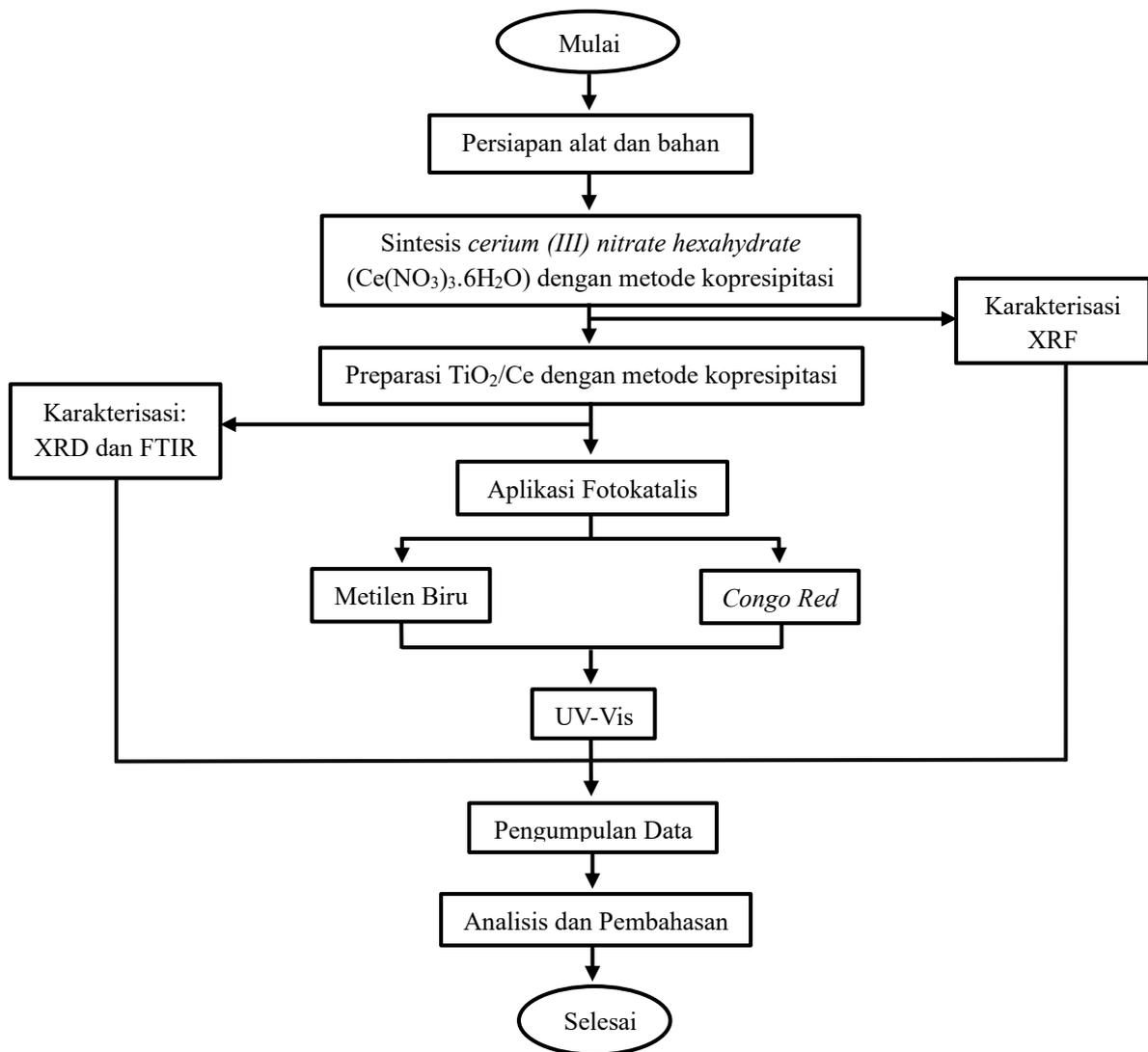
Tabel 2.1 Kode Material dan jenis polutan pada proses fotokatalis

Material	Kode Material	Kode Katalis	
		<i>Congo Red</i>	Metilen Biru
TiO ₂	T-0	CRT0	MBT0
TiO ₂ -1%Ce	T-1	CRT1	MBT1
TiO ₂ -3%Ce	T-3	CRT3	MBT3
TiO ₂ -5%Ce	T-5	CRT5	MBT5

II.5 Karakterisasi Material

X-Ray Fluorescence (XRF) digunakan untuk menentukan komposisi unsur kimia dalam material, sedangkan XRD digunakan untuk mengidentifikasi struktur atom dan ukuran kristal material menggunakan rumus *Debye Scherrer*. XRD yang digunakan yaitu *X-Ray Diffraction* Shimadzu 7000 dengan radiasi CuK α ($\lambda=0.15405$ nm atau 1.5405 \AA) pada sudut jangkauan $20^\circ \leq 2\theta \leq 70^\circ$ operasi pada 30 kV dan 10 mA. Karakterisasi FTIR dengan menggunakan Shimadzu IR Prestige-21 pada rentang bilangan gelombang $500-4000 \text{ cm}^{-1}$ digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi dalam material. UV-Vis *Spectroscopy* dengan menggunakan Shimadzu UV-1800 pada rentang panjang gelombang 300-600 nm digunakan untuk menganalisis aktivitas fotokatalisis material terhadap zat pewarna *Congo Red* dan Metilen Biru.

II.6 Bagan Alir Penelitian



Gambar 2.1 Bagan Alir Penelitian