

**SINTESIS KOMPOSIT BENTONIT *POLYDOPAMINE* TERIMPREGNASI
CuO UNTUK FOTODEGRADASI KATALITIK ZAT WARNA METILEN
BIRU**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains
Bidang Studi Kimia Pada Fakultas MIPA**



Oleh :

SANDRA SAPUTRA

08031181823009

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2023

HALAMAN PENGESAHAN
SKRIPSI

**SINTESIS KOMPOSIT BENTONIT *POLYDOPAMINE* TERIMPREGNASI
CuO UNTUK FOTODEGRADASI KATALITIK ZAT WARNA METILEN
BIRU**

Disusun Oleh:

SANDRA SAPUTRA
08031181823009

Indralaya, 26 Juni 2023

Mengetahui:

PEMBIMBING



Fahma Riyanti, M.Si
NIP 197204082000032001

Dekan FMIPA



Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP. 197111191997021001

HALAMAN PERSETUJUAN

Makalah Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi Sandra Saputra (08031181823009) dengan judul “Sintesis Bentonit *Polydopamine* Terimpregnasi CuO Untuk Fotodegradasi Katalitik Zat Warna Metilen Biru” telah disidangkan di hadapan Tim Penguji Sidang Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 21 Juni 2023 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang telah diberikan.

Indralaya, 26 Juni 2023

Ketua:

1. **Dr. Muhammad Said, MT**
NIP. 197407212001121001

()

Sekretaris:

1. **Dr. Nurlisa Hidayati, M.Si**
NIP. 197211092000032001

()

Pembimbing:

2. **Fahma Riyanti, M.Si**
NIP. 197204082000032001

()

Penguji:

1. **Dr. Addy Rachmat, M.Si**
NIP. 197409282000121001

()

2. **Dra. Julinar, M.Si**
NIP. 196507251993032002

()

Mengetahui


Dekan FMIPA
Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP. 197111191997021001


Ketua Jurusan Kimia
Prof. Dr. Muharni, M.Si
NIP. 196903041994122001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Sandra Saputra

NIM : 08031181823009

Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain. Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya,

Indralaya, 26 Juni 2023

Penulis,



Sandra Saputra

NIM. 080311818123009

**HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa : Sandra Saputra
NIM : 08031181823009
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/ Kimia
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “hak bebas royalti non-eksklusif (*non-exclusively royalty-free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul : Sintesis Komposit Bentonit *Polydopamine* Terimpregnasi CuO Untuk Fotodegradasi Katalitik Zat Warna Metilen Biru Dengan hak bebas royalti non-eksklusive ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, edit/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, 26 Juni 2023

Yang menyatakan,



Sandra Saputra

NIM. 08031181823009

HALAMAN PERSEMBAHAN

Bismillahirrohmanirrohim

“Sesungguhnya sesudah kesulitan pasti ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan yang lain) dan hanya kepada Allah lah hendaknya kamu berharap”

(Q.S Al-Insyirah: 6-8)

“Barang siapa yang bertakwa kepada Allah niscaya Allah mnjadikan baginya kemudahan dalam urusannya”

(Q.S Ath-Thalaq: 4)

“Teruslah bergerak walaupun pelan, bertanggung jawablah pada jalan yang kamu pilih nikmati setiap prosesnya”

~Anonim

Skripsi ini sebagai salah satu rasa syukur kepada Allah SWT dan Nabi Muhammad SAW atas segala nikmat, rahmat dan kasih sayangnyadalam hidup sehingga penulis bisa menyelesaikan dengan baik dan penuh keyakinan hati.

Dan kupersembahkan juga kepada

1. Bapak Sairi dan ibu Musenti yang selalu mendoakan, memberi support baik secara moril maupun material serta dikala senang maupun sedih yang selalu menguatkan dan meyakinkan untuk selalu teguh pendirian dan menentukan pilihan sampai pada titik ini dan tidak lupa ucapan terima kasih untuk adikku Tita Atika
2. Seluruh keluarga besar
3. Dosen pembimbing akademik serta pembimbing tugas akhir ibu Fahma Riyanti, M.Si
4. Teman teman yang pernah terlibat dalam perjuangan penyelesaian tugas akhir
5. Almamaterku (Universitas Sriwijaya)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang maha pengasih lagi maha penyayang serta memohon pertolongan dan ampunan hanya kepada-Nya hingga pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul “Sintesis Komposit Bentonit *Polydopamine* Terimpregnasi CuO Untuk Fotodegradasi Katalitik Zat Warna Metilen Biru” tepat pada waktunya. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya.

Penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada kedua orang tua tercinta, yaitu **Bapak Sairi** dan **Ibu Musenti** yang sudah memberikan segalanya untuk anak-anaknya. Serta penulis juga mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada **Ibu Fahma Riyanti, M.Si.** selaku pembimbing akademik saya serta selaku pembimbing tugas akhir saya yang telah banyak memberikan bimbingan, motivasi, saran dan petunjuk kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, sehingga Alhamdulillah tiba masanya skripsi ini selesai ditulis.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada :

1. Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah memberikan rahmat dan nikmat-Nya yang begitu besar.
2. Bapak Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Prof. Dr. Muharni, M.Si. selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si. selaku Sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Dr. Muhammad Said, MT dan Ibu Dr. Nurlisa Hidayati, M.Si. selaku ketua dan sekretaris sidang sarjana
6. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si. dan Ibu Dra. Julinar, M.Si. selaku pembahas dan penguji sidang sarjana.
7. Seluruh Dosen FMIPA KIMIA yang telah mendidik dan membimbing selama masa perkuliahan.

8. Ibu Fahma Riyanti, M.Si terima kasih atas bimbingannya dan arahnya selama ini dalam penyelesaian skripsi ini, mungkin tanpa bantuan dari ibu penulis tidak dapat menyelesaikannya hingga saat ini. Banyak sekali bantuan dari ibu yang tidak bisa disebutkan satu persatu, yang sudah seperti orang tua sendiri. Semoga suatu saat nanti bisa membalas semua kebaikan yang telah ibu berikan selama ini.
9. Ibu Siti Nuraini, S.T., ibu Yuniar, S.T. M.Sc., dan ibu Hanida Yanti, A.Md. Selaku analis di laboratorium kimia yang selalu membantu dalam hal keperluan tugas akhir.
10. Bapak Sairi dan Musenti, kedua orang tua yang selalu memberikan dukungan, mendoakan, memberikan semangat, menyayangi dan mengasihi dengan caranya sendiri, hingga penulis sampai pada tahap ini
11. Kak Chosiin dan mbak Novi selaku admin jurusan kimia yang telah banyak membantu dalam kelancaran administrasi.
12. Adikku Tita Atika yang telah memberikan semangat untukku hingga bisa sampai dititik ini.
13. Keluarga besarku yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang selalu mendoakan serta senantiasa memberikan dukungan, perhatian, dan semangat.
14. Rekan-rekan seperjuangan TA (Fajar, Imam, dan Ghafar) terima kasih untuk segala bentuk bantuan, dukungan, kebersamaan dan kerjasamanya selama ini. Semoga kita selalu diberikan kemudahan dan sukses kedepannya.
15. Untuk teman sekaligus sudah seperti saudara sendiri, Jamal, Depan, dan Dika terima kasih atas dukungannya.
16. Olenq Squad (Van, Aby, Jeni, dan Rahma) terima kasih atas waktunya selama ini, senang bisa bertemu dengan kalian semua yang telah menghibur dalam proses penyelesaian skripsi ini. Semoga kedepannya nanti kita kembali dipertemukan kembali dengan versi terbaik masing-masing.
17. Erika Dhamayanti, Nur, dan Atul, serta masih banyak lagi terima kasih telah banyak membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

18. Seluruh teman-teman seperjuangan Kimia 2018, semangat berproses ditunggu kabar baik dari kalian semua. Semoga kita akan kembali dipertemukan dimasa yang akan datang.
19. Kakak-kakak angkatan 2016 dan 2017 terima kasih telah memberikan motivasi, bantuan, dukungan serta membimbing sampai dengan titik ini. Mohon maaf tidak bisa disebutkan satu persatu. Semoga dapat bertemu kembali dengan kakak-kakak semua.
20. Rekan rekan keluarga HIMAPALI UNSRI maaf tidak bisa disebutkan satu persatu, terima kasih telah menghabiskan waktu dan telah berkerja sama. Senang bertemu kalian semua, semangat semoga nanti dipertemukan kembali dalam versi terbaik masing-masing.
21. Teman teman yang pernah terlibat dalam proses penyelesaian skripsi ini secara langsung maupun tidak langsung yang tidak bisa disebutkan satu persatu, terima kasih semuanya mungkin tanpa kalian semua tidak bisa sampai pada titik ini.

Semoga jasa-jasa dan kebaikan bapak, ibu, saudara dan sahabat-sahabatku dan semua orang orang baik tersebut di atas bisa menjadi perhitungan untuk menambah amal dan pahala yang di terima Allah SWT. Akhirnya dengan kerendahan hati, penulis meminta maaf apabila dalam penulisan ini terdapat kekhilafan dan kata yang menyinggung hati. Penulis menyadari skripsi ini masih banyak kekurangan, sehingga penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari pembaca. Mudah-mudahan skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan semoga Tuhan melindungi dan memberkati kita semua

Indralaya, 26 Juni 2023

Penulis

SUMMARY
SYNTHESIS OF CuO IMPREGNATED POLYDOPAMINE BENTONITE
COMPOSITES FOR CATALYTIC PHOTODEGRADATION OF
METHYLENE BLUE DYE

Sandra Saputra: Supervised by Fahma Riyanti M.Si

Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences,
Sriwijaya University

LXIII + 62 pages, 2 tables, 11 figures, and 13 appendices .

Synthesis of Bentonite-Polydopamine Composite with CuO Semiconductor as Catalytic Photodegradation of Methylene Blue Dye has been conducted. The resulting bentonite-polydopamine CuO composite, was characterized using XRD, SEM-EDX, and UV-Vis DRS. The methylene blue photodegradation was carried out at several variabls, including the initial of concentration, contact time, and photocatalyst weight. XRD characterization of the bentonite-polydopamine CuO composite showed the formation of a typical peak at 2θ angle of 35.5291° . The band gap energy value of the bentonite-polydopamine CuO from UV-Vis DRS characterization was 2.10 eV. SEM-EDS characterization showed the constituent elements were C (37.65%), O (28.65%), Al (8.34%), Si (16.45%), K (0.03%), Ti (0.29%), Fe (1.19%), and Cu (7.74%). The best conditions for photodegradation were obtained at an initial dye concentration of 20 ppm, contact time of 150 minutes, and a composite mass of 40 mg with degradation efficiencies 99.14%. The research results showed that the bentonite-polydopamine CuO composite was able to degrade methylene blue. The TOC analysis indicates that the carbon content in methylene blue dye is 28,02%. The research findings show that the bentonite-polydopamine-CuO composite is capable of degrading methylene blue methylene blue dye is 28,02%.

Keywords: Composite, Bentonite-Polydopamine CuO, Photodegradation, Methylene Blue.

RINGKASAN
SINTESIS KOMPOSIT BENTONIT *POLYDOPAMINE* TERIMPREGNASI
CuO UNTUK FOTODEGRADASI KATALITIK ZAT WARNA METILEN
BIRU

Sandra Saputra: Dibimbing oleh Fahma Riyanti M,Si

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas
Sriwijaya

LXIII + 62 Halaman, 2 Tabel, 11 Gambar, Dan 13 Lampiran

Sintesis komposit bentonit *polydopamine* dengan semikonduktor CuO sebagai fotodegradasi katalitik zat warna metilen biru telah dilakukan. Komposit bentonit *polydopamine* CuO hasil sintesis dikarakterisasi dengan menggunakan XRD, SEM-EDX dan UV-Vis DRS. Proses fotodegradasi metilen biru dilakukan dengan beberapa variabel diantaranya pengaruh konsentrasi metilen biru, pengaruh waktu kontak, dan pengaruh massa komposit. Hasil karakterisasi XRD komposit bentonit *polydopamine* CuO menunjukkan terbentuknya puncak khas pada sudut 2θ $35,5291^\circ$. Nilai celah pita energi bentonit *polydopamine* CuO dari hasil karakterisasi UV-Vis DRS sebesar 2,10 eV. Karakterisasi SEM-EDS menunjukkan unsur penyusun yang terbentuk, C (37,65%), O (28,65%), Al (8,34%), Si (16,45%), K (0,03%), Ti (0,29%), Fe (1,19%) dan Cu (7,74%). Kondisi terbaik fotodegradasi diperoleh pada pengaruh konsentrasi awal zat warna 20 ppm dan waktu kontak 150 menit serta pengaruh massa komposit 40 mg dengan efektivitas penurunan konsentrasi metilen biru sebesar 99,14%. Analisis TOC menunjukkan bahwa karbon pada zat warna metilen biru terdegradasi sebesar 28,02%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposit bentonit *polydopamine* CuO mampu mendegradasi metilen biru sebesar 28,02%.

Kata kunci : Komposit, Bentonit *Polydopamine* CuO, Fotodegradasi, Metilen Biru.

DAFTAR ISI

| | |
|--|------------|
| HALAMAN PENGESAHAN | ii |
| HALAMAN PERSETUJUAN | iii |
| PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH | iv |
| HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS | v |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | vi |
| KATA PENGANTAR | vii |
| SUMMARY | x |
| RINGKASAN | xi |
| DAFTAR ISI | xii |
| DAFTAR TABEL | xiv |
| DAFTAR GAMBAR | xv |
| DAFTAR LAMPIRAN | xvi |
| BAB 1 PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3 Tujuan Peneitian | 3 |
| 1.4 Manfaat Penelitian..... | 3 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 4 |
| 2.1 Tembaga Oksida (CuO)..... | 4 |
| 2.2 Bentonit | 4 |
| 2.3 <i>Polydopamine</i> (PDA) | 6 |
| 2.4 Fotodegradasi | 7 |
| 2.5 Metilen Biru..... | 8 |
| 2.6 Karakterisasi | 9 |
| 2.6.1 SEM (<i>Scanning Electron Microscopy</i>) | 9 |
| 2.6.2 XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>) | 10 |
| 2.6.3 UV-Vis DRS (<i>Uv-Vis Diffuse Reflectance Spectroscopy</i>) | 11 |
| 2.7 TOC (<i>Total Organic Carbon</i>) | 12 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | 13 |
| 3.1 Waktu dan tempat penelitian | 13 |

| | | |
|--|---|-----------|
| 3.2 | Alat dan Bahan | 13 |
| 3.2.1 | Alat | 13 |
| 3.2.2 | Bahan | 13 |
| 3.3 | Prosedur penelitian | 13 |
| 3.3.1 | Preparasi Bentonit | 13 |
| 3.3.2 | Preparasi Bentonit <i>Polydopamine</i> | 14 |
| 3.3.3 | Sintesis Bentonit <i>Polydopamine</i> CuO | 14 |
| 3.3.4 | Penentuan pH optimum | 14 |
| 3.3.5 | Penentuan Panjang Gelombang Maksimum dan Pembuatan Kurva Standar Metilen Biru | 14 |
| 3.3.6 | Fotodegradasi Metilen Biru dengan Fotokatalis Bentonit <i>Polydopamine</i> CuO | 15 |
| 3.3.7 | Analisis Data | 16 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | | 19 |
| 4.1 | Sintesis Bentonit <i>Polydopamine</i> CuO | 19 |
| 4.2 | Karakterisasi XRD (<i>X-ray Diffraction</i>) | 20 |
| 4.3 | Hasil Karakterisasi Menggunakan <i>Scanning Electron Microscopy Energy Dispersive Spectroscopy</i> (SEM-EDS)..... | 22 |
| 4.4 | Hasil Karakterisasi Menggunakan <i>UV-Vis Diffuse Reflectance Spectroscopy</i> (UV-Vis DRS) | 23 |
| 4.5 | Nilai pH <i>Point of Zero Charge</i> (pHpzc) Komposit Bentonit <i>Polydopamine</i> CuO | 25 |
| 4.6 | Penentuan Kondisi Terbaik Degradasi Zat Warna Metilen Biru | 26 |
| 4.6.1 | Pengaruh Konsentrasi Zat Warna Metilen Biru..... | 26 |
| 4.6.2 | Pengaruh Waktu Kontak Zat Warna Metilen Biru..... | 28 |
| 4.6.3 | Pengaruh Variasi Massa Komposit | 30 |
| 4.6.4 | Hasil Analisis <i>Total Organic Carbon</i> (TOC)..... | 32 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | | 34 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 35 |
| LAMPIRAN | | 41 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 1. Elemen penyusun bentonit <i>polydopamine</i> CuO | 23 |
| Tabel 2. Hasil Analisa TOC Metilen Biru Sebelum dan Sesudah Degradasi .. | 32 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 1. Reaksi pembentukan <i>polydopamine</i> (Lee <i>et.al.</i> 2007)..... | 6 |
| Gambar 2. Skema fotodegradasi (Safaat, 2020)..... | 7 |
| Gambar 3. Preparasi bentonit menggunakan HCl..... | 19 |
| Gambar 4. Hasil sintesis, a. bentonit <i>polydopamine</i> , b. bentonit <i>polydopamine</i> CuO | 20 |
| Gambar 5. Diffaktogram a. ICDD CuO No.00-048-1548t, b. Bentonit, c. Bentonit <i>Polydopamine</i> CuO | 21 |
| Gambar 6. Perbesaran 3000x a. Bentonit b. Bentonit <i>polydopamine</i> CuO..... | 23 |
| Gambar 7. Besarnya nilai <i>band gap</i> bentonit <i>polydopamine</i> CuO..... | 24 |
| Gambar 8. Kurva pH _{pzc} | 25 |
| Gambar 9. Efektivitas Penurunan Pengaruh Konsentrasi Zat Warna Metilen Biru..... | 26 |
| Gambar 10. Efektivitas Penurunan Pengaruh Waktu Zat Warna Metilen Biru. | 28 |
| Gambar 11. Efektivitas Penurunan Zat Warna Metilen Biru Terhadap Pengaruh Massa Komposit | 31 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | | |
|--------------|---|----|
| Lampiran 1. | Diagram Alir Prosedur Percobaan..... | 42 |
| Lampiran 2. | Hasil Karakterisasi XRD Bentonit <i>Polydopamine</i> CuO..... | 44 |
| Lampiran 3. | Hasil Karakterisasi SEM-EDS Bentonit <i>Polydopamine</i> CuO..... | 46 |
| Lampiran 4. | Hasil Karakterisasi UV- Vis DRS Bentonit <i>Polydopamine</i> CuO..... | 49 |
| Lampiran 5. | Penentuan <i>pH point zero charge</i> (pHpzc) Komposit Bentonit <i>Polydopamine</i> CuO..... | 51 |
| Lampiran 6. | Penentuan Panjang Gelombang Metilen Biru..... | 52 |
| Lampiran 7. | Penentuan Kurva Kalibrasi Metilen Biru..... | 53 |
| Lampiran 8. | Penentuan Konsentrasi Terbaik Fotodegradasi Metilen Biru Menggunakan Komposit Bentonit <i>Polydopamine</i> CuO..... | 54 |
| Lampiran 9. | Penentuan Waktu Terbaik Fotodegradasi Metilen Biru Menggunakan Komposit Bentonit <i>Polydopamine</i> CuO..... | 56 |
| Lampiran 10. | Pengaruh Massa Komposit Bentonit <i>Polydopamine</i> CuO Fotodegradasi Terhadap Metilen Biru..... | 58 |
| Lampiran 11. | Proses Sintesis Bentonit <i>Polydopamine</i> CuO..... | 60 |
| Lampiran 12. | Gambar Hasil Pengaplikasian Bentonit <i>Polydopamine</i> CuO dengan Zat Warna Metilen Biru..... | 61 |
| Lampiran 13. | Hasil Analisa <i>Total Organic Carbon</i> (TOC)..... | 63 |

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri tekstil, salah satu industri yang berkembang pesat di Indonesia, perkembangan yang sangat pesat ini tentunya dapat mengakibatkan dampak negatif terhadap lingkungan, salah satu sumbernya ialah berasal dari cairan limbah zat pewarnaan. Limbah cair ini tentunya mengandung bahan-bahan yang beracun dan berbahaya. Zat warna yang banyak digunakan dalam dunia perindustrian biasanya zat warna metilen biru (Andari dan Sri, 2014). Metilen biru adalah salah satu zat warna *thiazine* yang paling umum digunakan dalam industri. Zat warna metilen biru biasanya pada kain mori dan katun, digunakan sebagai warna dasar dalam proses pewarnaan. Keunggulan penggunaan zat warna ini diantaranya mudah didapat dan harganya yang tidak mahal. Zat warna metilen biru yang digunakan secara berlebihan, dapat membahayakan bagi lingkungan serta menyebabkan sianosis, iritasi pada saluran pencernaan dan iritasi yang dapat terjadi pada kulit (Diantariani dkk, 2014). Berdasarkan hal tersebut perlu pengolahan sehingga aman bagi lingkungan.

Metode yang digunakan untuk penanganan limbah zat warna umumnya menggunakan metode adsorpsi, biodegradasi serta metode kimia seperti klorinasi dan ozonisasi (Sunardi dkk, 2012). Salah satu metode yang digunakan untuk menghilangkan zat pencemar dari air limbah adalah adsorpsi. Pada metode adsorpsi masih memiliki kelemahan karena zat warna masih berupa adsorbat yang akan menimbulkan masalah baru lagi, sehingga kekurangan tersebut dapat ditangani dengan menggunakan fotodegradasi (Perdana dkk, 2014).

Metode fotodegradasi merupakan salah satu metode yang menguraikan zat warna organik menjadi senyawa yang lebih sederhana dengan bantuan sinar (foton), mempercepat reaksi dengan katalis dan mengurangi kandungan zat warna dalam limbah tekstil (Diantriani et al., 2016). Salah satu katalis yang digunakan dalam fotodegradasi adalah tembaga oksida (CuO), yang memiliki nilai band gap 1,2–1,9 eV (Indramawan, 2016)). Selain itu, tembaga oksida (CuO) adalah salah satu semikonduktor tipe P baru yang memiliki *band gap* yang cukup besar dan memiliki kinerja fotokatalitik yang baik (Yang *et.al*, 2021). Memiliki luas

permukaan dan porositasnya yang tinggi serta memiliki daya serap yang tinggi saat terkena sinar ultraviolet (Nuengmatcha *et.al*, 2019). Selain itu, CuO juga dapat digunakan untuk menguraikan berbagai jenis senyawa organik. Terakhir, CuO juga memiliki biaya produksi yang tidak mahal, karena merupakan senyawa yang mudah diperoleh (Tahir *et.al*, 2019).

Dalam proses fotodegradasi ini, bentonit digunakan sebagai padatan pengemban karena diharapkan dapat memperluas permukaan katalis, sehingga oksida fotokatalis dapat bekerja secara optimal. Selain itu sifat adsorpsi dari bentonit yang bertindak sebagai padatan pengemban katalis dapat mempercepat proses transfer massa adsorbatnya yang mengakibatkan kontak antara senyawa organik dan oksida logam fotokatalis akan lebih cepat berlangsung (Suprihatin dkk, 2021). Aktivasi bentonit sering dilakukan dengan menggunakan asam agar menghasilkan bentonit yang memiliki situs aktif lebih besar dan keasaman permukaan yang lebih besar, sehingga akan dihasilkan bentonit dengan kapasitas adsorpsi yang lebih besar daripada sebelum diaktivasi (Nugraha dkk, 2017). Aktivasi bentonit bertujuan agar dapat meningkatkan luas permukaan serta kemampuan adsorben, sehingga diharapkan agar dapat memaksimalkan penggunaannya sebagai adsorben (Bukit dkk, 2021).

Sintesis komposit bentonit dengan logam CuO dapat meningkatkan kemampuan fotodegradasi bentonit dalam mendegradasi polutan limbah (Suprihatin dkk, 2021). Selain itu penggunaan logam CuO karena mudah dibuat, harganya relatif murah, absorbansi cahaya yang tinggi, emisi termal yang rendah dan tidak beracun, serta proses pembuatannya yang relatif sederhana (Sundari dkk, 2018). Penambahan *polydopamine* atau lebih dikenal dengan singkatan PDA bertujuan sebagai lapisan penyanggah agar dapat lebih banyak mengikat bahan aktif, dengan kata lain agar lebih banyak CuO terikat pada bentonitnya (Zhang *et.al*, 2022). *Polydopamine* akan melapisi permukaan objek dalam hal ini berupa bentonit yang akan membentuk lapisan film pada bentonit (Hemmatpour *et.al*, 2023). Lapisan film yang terbentuk seperti grafit, yang memiliki ruang kosong (Wang *et.al*, 2023). Pada penelitian ini akan dilakukan sintesis bentonit *polydopamine* CuO diteliti aktivitasnya pada zat metilen biru. Adapun variabel yang digunakan ialah pengaruh waktu kontak, pengaruh konsentrasi dan pengaruh

massa komposit fotodegradasi metilen biru. Karakteristik yang digunakan pada penelitian ini berupa karakterisasi *X-Ray Diffraction (XRD)*, *Scanning Electron Microscope- Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX)*, dan *UV-Vis Diffuse Reflectance Spectroscopy (UV-Vis DRS)*.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana kemampuan fotodegradasi komposit bentonit *polydopamine* CuO terhadap limbah zat warna metilen biru menggunakan pengukuran spektrofotometer UV-Vis dan karakterisasinya menggunakan *X-Ray Diffraction (XRD)*, *Scanning Electron Microscope- Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX)*, dan *UV-Vis Diffuse Reflectance Spectroscopy (UV-Vis DRS)*.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Pembuatan komposit bentonit *polydopamine* CuO dan karakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction (XRD)*, *Scanning Electron Microscope- Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX)*, dan *UV-Vis Diffuse Reflectance Spectroscopy (UV-Vis DRS)*.
2. Menentukan kemampuan fotodegradasi bentonit *polydopamine* CuO terhadap metilen biru dengan parameter pengaruh konsentrasi, pengaruh waktu kontak serta pengaruh massa komposit.
3. Menentukan jumlah total karbon zat warna yang terdegradasi menggunakan metode *Total Organic Carbon (TOC)*.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi karakteristik tentang sintesis komposit bentonit *polydopamine* CuO dengan metode fotodegradasi metilen biru sebagai katalis zat warna.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M dan Khairurrijal. 2008. Review: Karakteristik Nanopartikel. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*. 2 (01): 1-2.
- Ain, Q. *et.al.* 2020. Superior dye degradation and adsorption capability of polydopamine modified Fe₃O₄-pillared bentonite composite. *Journal of Hazardous Materials*. 397 (01):1-2.
- Andari, N, D. dan Sri, W. 2014. Fotokatalis TiO₂-Zeolit Untuk Degradasi Metilen Biru. *Jurnal Chem. Prog.* 7 (01): 1-2.
- Angelov, B., Garamus, V. M., Drechsler, M., & Angelova, A. (2017). Structural Analysis of Nanoparticulate Carriers for Encapsulation of Macromolecular Drugs. *Journal of Molecular Liquids*. 235 (01): 83-89.
- Bausele, A, B., dan Missa, H. 2020. Kajian Kinetika Adsorpsi Metilen Biru Menggunakan Adsorben Serbuk Kelapa. *Jurnal Akta Kimia*. 5 (02): 76-85.
- Bhernama, B, G. 2015. Degradasi Zat Warna Metanil Yellow Dengan Penyinaran Matahari Dan Penambahan Katalis TiO₂-SnO₂. *Lantanida Jurnal*. 3 (02): 1-2.
- Desnelli, D., Padillah, I, H., Ulfa, M., Eliza, E., Mara, A., and Fatma, F. 2023. Synthesis of Chitosan-Al₂O₃ Composite using the Sol-Gel Method and Its Application in Photodegradation of Methylene Blue. *Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry*. 8 (01): 40-47.
- Dewi, R., Krisman., Khaironiati., dan Fauziana. 2014. Karakterisasi Mikrostruktur Material Feroelektrik Ba_{0,8}Sr_{0,2}TiO₃(BST) dengan Variasi Suhu Annaeling. *Jurnal Fisika Indonesia*. 53 (18): 21-34.
- Diantriani, N, P., Suprihatin I, E., dan Widiyanti, A, G. 2016. Fotodegradasi Zat Warna Tekstil Methylene Blue Dan Congo Red Menggunakan Komposit ZnO-AA Dan Sinar Uv. *Jurnal Kimia*. 10 (01): 133-140.
- Fajri, R, I, Trakono., dan Sugiyanto. 2013. Studi Sifat Mekanik Komposit Serat Sansevieria Cylindrica Dengan Variasi Fraksi Volume Bermatrik Polyester. *Jurnal FEMA*. 1 (02): 1-2.
- Fatimah, H. 2020. Aktivitas Degradasi Zat Warna Indigosol Biru menggunakan Fotokatalis TiO₂/Zeolit Alam. Skripsi. Tidak Diterbitkan. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang.
- Fatmawati, R, Y., Karna, W., dan Iqmal, T. 2018. Material CuO/Bentonit Sebagai Bahan Antibakteri Escherichia Coli. *Jurnal Berkala MIPA Universitas Gadjah Mada*. 25 (03): 1-2.
- Gogate, P. R., and Pandit, A. B. (2004). A Review Of Imperative Technologies For Wastewater Treatment I: Oxidation Technologies At Ambient Conditions. *Advances in Environmental Research*. 8(3-4): 501-551.

- Gunawan, I., Fauziah, M., Yulizar, Y., & Sudirman, S. (2019). Green Modifikasi Nanopartikel Au Terhadap Permukaan Bentonit Terpillar Cu Sebagai Degradasi Zat Warna Remazol Brilliant Blue R (RBBR). *Indonesian Journal of Industrial Research*, 41(2): 45-54.
- Hakim, L., Dirgantara, M. dan Nawir, M. 2019. Karakterisasi Struktur Material Pasir Bongkahan Galian Golongan C Dengan Menggunakan X-Ray Diffraction (X-RD) di kota Palangkaraya. *Jurnal jejaring matematika dan sains*. 1 (01):1-2.
- Hao, L., Wu, L., Jia, Z., Zhao, Y., and Li, X. (2016). Effects of polydopamine modification on self-grown CuO cube anodes in lithium-ion batteries. *Science China Technological Sciences*. (59): 667-672.
- Hartawan., dan Istiqomah. 2021. Penggunaan FTIR Pada Praktikum Farmasi Fisika Untuk Interaksi Fisika Menggunakan Basis Sedian Semi Solid Dengan Bahan Alam Lokal. *Jurnal Penelitian Sains*. 23 (1): 8-18.
- Hemmatpour, H., De Luca, O., Crestani, D., Stuart, M. C., Lasorsa, A., van der Wel, P. C., Loos, K., Giouisis, T., Haddadi-Asl, V., and Rudolf, P. (2023). New insights in polydopamine formation via surface adsorption. *Nature Communications*. 14(1), 664.
- Indramawan, R. 2016. Preparasi dan karakteristik Komposit CuO-Zeolit Alam Untuk Fotodegradasi Zat Warna Congo Red Dengan Sinar Ultraviolet. Skripsi. Tidak Diterbitkan. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Irawan, A. 2019. Kalibrasi Spektrofotometer Sebagai Penjaminan Mutu Hasil Pengukuran Dalam Kegiatan Penelitian Dan Pengujian. *Indonesian Journal Of Laboratory*. 1 (02): 1-9.
- Jamaluddin., Nugraha, S. T., Maria, M., dan Umar, E. P. 2018. Prediksi Total Organic Carbon (TOC) Menggunakan Regresi Multilinear dengan Pendekatan Data Well Log. *Jurnal Geoelebes*. 2(1): 1-5.
- Kinanti, C, A, A dan Murwani ,I, K. 2012. Pengamatan Struktur CuO/CaF₂ dengan Berbagai Loading Cu. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 1(01): 10-11.
- Latupeirissa, J, Tanasale, M, F, J, D, P. dan Musa, S, H. 2018. Kinetika Absorpsi Zat Warna Metilen Biru Oleh Karbon Aktif Dari Kulit Kemiri (Aleurites Moluccana (L) Wild). *Jurnal indoChem*. 6 (01): 12-21.
- Lau, G. E., Che Abdullah, C. A., Wan Ahmad, W. A. N., Assaw, S., and Zheng, A, L, T. 2020. Eco-Friendly Photocatalysts for Degradation of Dyes. *Catalysts*. 10(10): 1129.
- Lee, H., Dellatore, S. M., Miller, W. M., and Messersmith, P. B. (2007). Mussel-inspired surface chemistry for multifunctional coatings. *Science*. 318 (5849): 426-430.

- Liebcher, J. 2019. Chemistry of polydopamine-Scope, Variation, and Limitation. *European Journal of Organic Chemistry*.1 (1): 12-21.
- Lubis, K. 2015. Metoda-Metoda Karakterisasi Nanopartikel Perak. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*. 21 (01): 12-22.
- Lubis, S. 2007. Preparasi Bentonit Terpillar Alumina Dari Bentonit Alam Dan Pemanfaatannya Sebagai Katalis Pada Reaksi Dehidrasi Etanol 1-Propanol Serta 2-Propanol. *Jurnal Rekayasa Kimia Dan Lingkungan*. 6 (02): 77-81.
- Mahmuda, D., Sakinah, N., dan Suharyadi, E. 2014. Adsorpsi Logam Tembaga (Cu), Mangan (Mn) dan Nikel (Ni) dalam Artificial Limbah Cair dengan Menggunakan Nanopartikel Magnetit (Fe_3O_4). *Indonesian Journal of Applied Physic*. 4(2): 126-133.
- Mahnavi, A., Shahriari-Khalaji, M., Hosseinpour, B., Ahangarian, M., Aidun, A., Bungau, S., and Hassan, S. S. U. 2023. Evaluation Of Cell Adhesion And Osteoconductivity In Bone Substitutes Modified By Polydopamine. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 10: 1057699.
- Marioza, A. dan Astuti. 2016. Sintesis Nanopartikel Fe_3O_4 dari Batuan Besi Menggunakan Asam Laurat sebagai Zat Aditif. *Jurnal Fisika Unand*. 5 (03): 1-2.
- Meng, A., Cheng, B., Tan, H., Fan, J., Su, C., and Yu, J. (2021). TiO_2 /polydopamine S-scheme heterojunction photocatalyst with enhanced CO_2 -reduction selectivity. *Applied Catalysis B: Environmental*. 289. 120039.
- Missa, M. M. Y., Pingak, R. K., dan Sutaji, H. I. 2018. Penentuan Celah Energi Optik Ekstrak Daun Alpukat (*Persea Americana* Mill) Asal Desa Oinlasi Menggunakan Metode Tauc Plot. *Jurnal Fisika Sains dan Aplikasinya*, 3(1): 86-90.
- Munasir, M., Triwikantoro, T., Zainuri, M., dan Darminto, D. (2012). Uji XRD dan XRF pada bahan mineral (batuan dan pasir) sebagai sumber material cerdas (CaCO_3 dan SiO_2). *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA)*, 2(1), 20-29.
- Mutiara, S, B, W, Nurhidayati., dan Wahyudi, K. 2020. Penentuan Kadar Logam Oksida Pada Bentonit Menggunakan Energi Dispersive X-Ray Spectroscopy (Edx) Dengan Tiga Jenis Preparasi Sampel. *Jurnal Keramik Dan Gelas*. 28 (02): 83-102.
- Nuengmatcha, P., Porrawatkul, P., Chanthai, S., Sricharoen, P., and Limchoowong, N. (2019). Enhanced Photocatalytic Degradation of Methylene Blue using Fe_2O_3 /graphene/ CuO Nanocomposites Under Visible Light. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 7(6): 103438.

- Perdana, N. D., Wardhani, S., dan Khunur, M. M. (2014). Pengaruh Penambahan Hidrogen Peroksida (H_2O_2) terhadap Degradasi Methylene Blue dengan menggunakan Fotokatalis ZnO-Zeolit. *Kimia Student Journal*. 2(2): 576-582.
- Putri, L, E. 2017. Penentuan Konsentrasi Senyawa Berwarna $KMnO_4$ Dengan Metode Spektroskopis UV Visible. *Natural Science Journal*. 3 (01): 391-398.
- Rayendra, A, F., Wardhani, S., dan Rachmat, T, T. 2014. Pengaruh Komposisi TiO_2 -Bentonit Terhadap Degradasi Metilen Biru. *Kimia Student Journal*. 2(02): 555-561.
- Rehman, A. Mumtaz, S., and K. Hasanain. 2011. Size Effects On The Magnetic and Optical Properties of CuO Nanoparticles. *Journal of Nanoparticle Research*. 13(6): 2497–507.
- Reza, S. 2012. Preparasi dan Karakterisasi Bentonit Tapanuli Terinterkalasi Surfaktan Kationik HDTMABr dan Aplikasinya Sebagai Adsorben Para-Klorofenol. Skripsi. Tidak Diterbitkan. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Indonesia. Depok.
- Riskiani, E. Suprihatin, I, E., dan Sibarani, J. 2019. Fotokatalis Bentonit Fe_3O_4 Untuk Degradasi Zat Warna Remazol Brilliant Blue. *Jurnal Cakra Kimia indonesia*. 7 (01): 1-2.
- Rizna, A. 2023. Sintesis Komposit Fe_3O_4 /Kitosan-Glutaraldehyd/ TiO_2 Sebagai Fotokatalis Untuk degradasi Zat Warna Congo Red. Skripsi. Tidak Diterbitkan. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sriwijaya.
- Safriani, N., Kurniawan, E., Bahri, S., Ishak, I., dan Jalaluddin, J. 2021. Pembuatan Komposit Hybrid Dari Serbuk Bentonit dan Pelepah Pisang Dengan Penguat Matrik Polysterena. *Chemical Engineering Journal Storage*. 1 (2): 35-45.
- Sanjaya, H., Rida, P dan Ningsih, S, K, W. 2017. Degredasi Methylene Blue Menggunakan Katalis ZnO-PEG Dengan Metode Fotosonolisis. *Eksata* 18 (02): 1-2.
- Saraswati, I, G, A, A., Diantariani, N, P dan Putu, S. 2015. Fotodegradasi Zat Warna Tekstil Congo Red Dengan Fotokatalis ZnO-Arang Aktif Dan Sinar Ultraviolet (UV). *Jurnal Kimia*. 9(02): 175-182.
- Sari, A, R., Wardhani, S dan Siti, M. 2021. Sintesis Granul TiO_2 -Bentonit/Alginat Untuk Fotodegradasi Metilen Biru. *The Indonesian Green Technology Journal*. 10(02).
- Sartika, D., Malis, E. dan Lestari, A, S. 2019. Studi Penyerapan Logam Berat Pb Menggunakan Nanopartikel Fe_3O_4 . *JPSE (Journal of Physical Science and Engineering)*. 4 (01): 18-22.

- Sjahfirdi, L., Aldi, N., Maheshwari, H., dan Astuti, P. 2015. Aplikasi Fourier Transform Infrared (FTIR) Dan Pengamatan Pembengkakan Genetal Pada Spesies Primate Lutung Jawa (*Trachypithecus Auratus*) Untuk Mendeteksi Masa Subur. *Jurnal Kedokteran*. 9 (02): 21-34.
- Sugiyana, D dan Bambang, S. 2017. Idenrifikasi Mekanisme Fotokatalitik Pada Degradassi Zat Warna AZO Reactive Black 5 Menggunakan Katalis Mikropartikel TiO₂. *Arena Tekstil*. 31 (01): 115-124.
- Sunardi, Irawati, U. dan Sybianti, N, R. 2012. Sintesis Dan Karakterisasi Komposit Kaolin-TiO₂ Sebagai Fotokatalis Untuk Degradasi Zat Warna Rhodamine B. *Jurnal Sain Terapan Kimia*. 6 (02): 118-129.
- Suprihatin, I, E. Murdhani, N, D., dan Suarsa, I, W. 2021. Bentonit Fe₃O₄ Sebagai Fotokatalis Dalam Proses Fotodegradasi Napthanol Blue Black Dengan Iradasi UV. *Jurnal Kimia (Journal Chemistry)* . 15 (01): 59-66.
- Tahir, M., *et.al.* 2019. Photocatalytic Activity Of Copper Oxide (CuO) Nanoparticles For Degradation Of Organic Pollutants. *Journal of Enviromental Chemical Engineering*. 7(02).102-916.
- Tammi, T. Suaniti, N, M. dan Manurung, M. 2013. Variasi Konsentrasi dan pH Terhadap Kemampuan Kitosan Dalam Mengadsorpsi Metilen Biru. *Jurnal Kimia*. 7 (01): 11-18.
- Triandhani, T.,E Taslimah dan Sriyanti. 2021. Pilarisasi Lempung Dengan Al/Cr Sebagai Absorben Minyak Sisa Faksi. *Journal of Enviromental Chhemistry*. 1(01): 22-28.
- Tripathi, A., Dixit, T., Agrawal, J., & Singh, V. (2020). Bandgap engineering in CuO nanostructures: Dual-band, broadband, and UV-C photodetectors. *Applied Physics Letters*. 116(11): 111102.
- Utami, A. R., dan Wulandari, C. N. K. 2020. Verifikasi Metode Pengujian Total Organic Carbon (TOC) Dalam Air Limbah Kegiatan Minyak dan Gas Dengan Menggunakan TOC Analyzer. Prosiding Seminar Nasional Kimia. 258-267.
- Walewangko, Y., Bujung, C. A., & Rende, J. C. (2021). Analisis Komposisi Unsur Dan Jenis Mineral Batuan Gunungapi Sopotan Menggunakan SEM-EDX DAN FTIR. *Jurnal FisTa: Fisika dan Terapannya*. 2(1): 55-60.
- Wang, D., Wang, Q., Lin, Z., Pang, T., dan Ding, N. (2023). Effect of pH and Concentration of Dopamine Solution on the Deposited Polydopamine Film and the Prepared Graphene-like Material. *Crystals*. 13(4), 607.
- Wang, X., Han, S., Zhang, Q., Zhang, N., and Zhao, D, 2018. Photocatalytic Oxidation Degradation Mechanism Study of Methylene Blue Dye Waste

Water With GR/iTO₂. *International Conference on Novel Functional Materials*. 238.

- Widihati, I, A, Y, G., Diantaruani, N, P., dan Yuliana F, N. 2011. Fotodegradasi Metilen Biru Dengan Sinar Uv dan Katalis Al₂O₃. *Jurnal Kimia*. 5(01): 31-42.
- Wismayanti, D, A., Diantariani, N, P., dan Sri, R, S. Pembuatan Komposit Zn-Arang Aktif Sebagai Fotokatalis Untuk Mendegradasi Zat Warna Metilen Biru. *Jurnal Kimia*. 9(01): 1-2.
- Wulandari, I. O., Wardhani, S. dan Purwonugroho, D. 2014. Sintesis dan karakterisasi Fotokatalis ZnO pada Zeolit. *Kimia Student Journal*. 1(2): 241-247.
- Yamin, M. A., Hidayat, A. N., Rahmawati, R., Zufri, M. F., Putri, A. Y., dan Permana, E. (2022). Sintesis Dan Karakterisasi Anobentonit Terpilarisasi Cu (NO₃)₂ Sebagai Adsorben. *Applicable Innovation of Engineering and Science Research (AVoER)*. 1(1): 360-373.
- Yang, C., Xu, H., Shi, J., Liu, Z., and Zhao, L. 2021. Preparation and Photocatalysis of CuO/Bentonite Based on Adsorption and Photocatalytic Activity. *Materials*. 14(19): 5803.
- Yulizar, Y., Bakri, R., Apriandanu, D, O, B., and Taufik, H. 2018. ZnO/Cuo Nanocomposite Prepared in One-Pot Green Synthesis Using Seed Bark Extract Of Theobroma cacao. *Journal Nano-Structur & Nano-Objects*. (16)1:300-305.
- Zeffry, R., Ratnawulan. dan Yohandri. 2015. Pengaruh Temperatur Kalsinasi Terhadap Struktur Tembaga Oksida Dari Daerah Pinti Kayu Kec. Koto Parik Gadang Diatoh Kabupaten Solok Selatan. *Jurnal Pillar Of Physics*. 5 (01): 65-72.
- Zhang, Z., Zhang, N., Liu, Y., Fang, Q., Xi, J., Xiao, Y., Xiao, Y., Zhou, P., and Xu, L. (2022). Efficient degradation of organic dyes and reduced Cr (VI) in environmental water purification by in-situ deposition of silver nanoparticles on polydopamine-modified M-ATP/PCN. *Catalysis Communications*. 172: 106528.