

**GREEN SYNTHESIS PEG-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/ZnO MENGGUNAKAN EKSTRAK  
DAUN MATOA (*Pometia pinnata*) DAN APLIKASINYA UNTUK  
DEGRADASI TETRASIKLIN**

**SKRIPSI**

**Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana  
Bidang Studi Kimia**



**Oktarina Munawaroh**

**08031282025065**

**JURUSAN KIMIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2024**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**GREEN SYNTHESIS PEG-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/ZnO MENGGUNAKAN EKSTRAK  
DAUN MATOA (*Pometia pinnata*) DAN APLIKASINYA UNTUK  
DEGRADASI TETRASIKLIN**

**SKRIPSI**

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Kimia

**Diusulkan oleh:**

**Oktarina Munawaroh**

**08031282025065**

Indralaya, 21 Mei 2024

**Mengetahui:**

**Pembimbing**

**Prof. Dr. Poedji Loekitowati H, M.Si**

**NIP. 196808271994022001**

**Mengetahui,**

**Dekan Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam**

**Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D**

**NIP. 197111191997021001**

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi Oktarina Munawaroh (08031282025065) dengan judul “*Green Synthesis* PEG-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/ZnO Menggunakan Ekstrak Daun Matoa (*Pometia pinnata*) dan Aplikasinya Untuk Degradasi Tetrasiklin” telah diseminarkan dihadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 21 Mei 2024 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang telah diberikan.

Indralaya, 21 Mei 2024

Ketua:

1. **Dr. Ady Mara, M.Si.**  
NIP. 196404301990031003

()

Sekretaris:

2. **Dr. Widia Purwaningrum, M.Si.**  
NIP. 197304031999032001

()

Pembimbing:

1. **Prof. Dr. Poedji Loekitowati H, M.Si.**  
NIP. 196808271994022001

()

Penguji:

1. **Dr. Muhammad Said, M.T.**  
NIP. 197407212001121001
2. **Fahma Riyanti, M.Si.**  
NIP. 197204082000032001

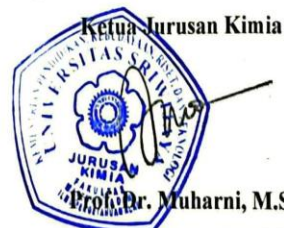
()

()

Mengetahui,



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



**Prof. Dr. Muharni, M.Si.**  
NIP. 296903041994122001

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Oktarina Munawaroh  
NIM : 08031282025065  
Fakultas/Jurusan : MIPA/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 yang 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.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, 21 Mei 2024

Yang menyatakan,



Oktarina Munawaroh

NIM. 08031282025065

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

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

Nama Mahasiswa : Oktarina Munawaroh  
NIM : 08031282025065  
Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia  
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya "*Green Synthesis PEG-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/ZnO Menggunakan Ekstrak Daun Matoa (Pometia pinnata) dan Aplikasinya Untuk Degradasi Tetrasiklin*" dengan hak bebas royalti non-eksklusif 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, 21 Mei 2024

Yang menyatakan,



Oktarina Munawaroh

NIM. 08031282025065

***“Be your self and love your self.”***

***“Setiap kali kamu merasa hidupmu berat, ingatlah bahwa kendali hidupmu tidak berada dalam genggamanmu. Ia berada dalam kendali Allah yang mengatakan bahwa bagiku semua itu mudah.”***

***(QS. Maryam: 9)***

***“Hasbunallah wani'mal wakil ni'mal maula wani'man nasir.”***

***(Cukuplah bagi kami Allah sebagai penolong dan Dia sebaik-baik pelindung).***

***“Hidup ini akan indah bila kita saling menghargai satu sama lainnya. Kesempurnaan hanya milik Tuhan, mari belajar saling menghargai dengan sebuah akal sempurna yang telah Tuhan anugerahkan.”***

**Skripsi ini sebagai tanda syukurku kepada:**

- Allah SWT
- Nabi Muhammad SAW

**Skripsi ini saya persembahkan kepada:**

1. Ayah, Ibu dan Adik tersayang yang senantiasa mendoakan dan memberikan motivasi
2. Dosen pembimbing (Prof. Dr. Poedji Loekitowati, M.Si)
3. Almarhumah Nenek dan almarhum Ayah Omuk
4. Keluarga besar Ayah dan Ibu, sahabat dan semua orang yang membantu saya menyelesaikan skripsi ini
5. Kampusku tercinta (Universitas Sriwijaya)

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah dan inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Green Synthesis* PEG-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/ZnO Menggunakan Ekstrak Daun Matoa (*Pometia pinnata*) dan Aplikasinya Untuk Degradasi Tetrasiklin”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Sarjana (S1) Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.

Proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari berbagai rintangan yang dilalui, mulai dari pencarian judul, literatur, penelitian dan pengumpulan data, pengolahan data dan penulisan. Namun dengan kesabaran dan ketekunan yang dilandasi dengan rasa tanggung jawab sebagai mahasiswa serta bantuan dari berbagai pihak lain baik berupa moril maupun materil akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan. Dalam kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D selaku Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya.
2. Ibu Prof. Dr. Muharni, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si selaku sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Prof. Dr. Poedji Loekitowati, M.Si selaku pembimbing akademik dan tugas akhir penulis. Terimakasih banyak Ibu karena Ibu selalu memberikan motivasi dan memberikan ilmu yang sangat bermanfaat untuk penulis, serta sudah meluangkan waktu untuk membimbing penulis dari awal masuk perkuliahan sampai akhir perkuliahan. Semoga Ibu selalu diberikan kesehatan dan keberkahan hidup serta dilancarkan segala urusan Ibu. Ibu akan selalu menjadi dosen terbaik dihati penulis.
5. Bapak Dr. Muhammad Said, M.T. selaku dosen pembahas seminar kemajuan sampai dengan skripsi. Terimakasih banyak Bapak atas ilmu yang sudah Bapak berikan kepada penulis. Semoga Bapak selalu diberikan kemudahan untuk semua urusan bapak dan selalu diberikan kesehatan.

6. Ibu Fahma Riyanti, M.Si selaku dosen pembahas seminar hasil sampai dengan skripsi. Terimakasih banyak Ibu sudah meluangkan waktu untuk penulis dan ilmu bermanfaat yang sudah Ibu berikan. Semoga Ibu selalu diberkahi hidupnya, dilancarkan segala urusan dan selalu diberikan kesehatan.
7. Seluruh Dosen FMIPA Universitas Sriwijaya yang sudah memberikan ilmu dan membimbing selama perkuliahan.
8. Kak Iin dan Mbak Novi selaku Admin Jurusan Kimia yang baik hati dan tidak sombong. Terimakasih banyak Kak Iin yang selalu tulus membantu penulis selama perkuliahan. Terimakasih Mbak Novi Admin Kimia pencinta warna pink karena selama penulis menjalani penelitian selalu memberikan senyuman yang tulus dan sapaan pagi hari kepada penulis yang membuat penulis semangat penelitian. Penulis sangat beruntung bisa bertemu dengan Mbak Nov dan penulis berharap Mbak Nov selalu diberikan kesehatan serta dilancarkan segala urusannya.
9. Yuk Nur dan Yuk Yanti selaku Analis Kimia FMIPA yang telah membantu selama penelitian. Semoga kebaikan kalian senantiasa dibalas oleh Allah SWT.
10. Lelaki kuat dan hebat yang bercita-cita menyekolahkan putri tercintanya sampai sarjana, Ayahku Ali Nasir. Beliau yang selalu mengajarkan sabar dan menguatkan penulis hingga penulis menyelesaikan skripsi ini. Terimakasih Ayahku untuk cinta, do'a dan support serta motivasi yang selalu membuat penulis percaya bahwa penulis mampu menyelesaikan skripsi ini hingga akhir. *I love you more.*
11. Pintu surgaku, Ibuku Faridah. Mustahil penulis mampu melewati semua permasalahan yang penulis alami selama ini jika tanpa do'a, ridha dan dukungan dari Ibu. Terimakasih Ibuku untuk semua do'a dan dukungannya, semoga Ibu selalu sehat selalu dan tolong hiduplah lebih lama. Ibu harus selalu ada disetiap perjalanan dan pencapaian hidup penulis. *I love you more.*
12. Adikku tercinta Imam Syaputra dan Afrizal Kurniawan. Terimakasih telah menjadi penyemangat bagi penulis lewat tingkah lucu kalian dan selalu



memberikan dukungan serta do'a. Semoga kita menjadi anak yang selalu membanggakan Ayah dan Ibu.

13. Almarhumah Ombaiku tercinta Zuhro. Beliau ingin sekali cucunya sarjana. Terimakasih banyak untuk semua motivasi yang sudah diberikan kepada penulis sebelum kepergianmu Ombai. Kangen rasanya dipijat Ombai.
14. Almarhum Ayah Omuk Ahmad Madil. Terimakasih untuk semua motivasi dan nasehat yang sudah diberikan sebelum pergi meninggalkan penulis. Kangen rasanya mendengar panggilanmu minta dibuatin teh.
15. Seluruh keluarga besar Ayah dan Ibu. Terimakasih banyak untuk semua do'a dan dukungannya yang telah diberikan kepada penulis. Penulis beruntung memiliki keluarga besar seperti kalian, semoga kalian selalu diberikan kesehatan dan dilancarkan segala urusannya.
16. "Kejora". Niyai tertua Tri Malia Febrianti. Wanita selalu memberikan dukungan dan mengajak penulis bermain ke Palembang sehingga penulis selama perkuliahan tidak merasakan stress berat karena dihadirkan Ameng. Niyai kedua tapi selalu mau dipanggil Adek Bungsu Liyu Susilawati. Terimakasih karena selalu memberikan penginapan di kos hijau yang menjadi saksi bisu kerandoman kita. Si Bungsu yang menjadi penengah kami bertiga Salma Zaurina. Terimakasih banyak sudah peduli kepada penulis dan selalu memberikan dukungan. Penulis sangat beruntung bisa ditemani orang-orang seperti kalian. Terimakasih untuk ketulusan, kabaikan, do'a dan support yang kalian berikan penulis. Semoga kita semua selalu diberikan kesehatan dan panjang umur karena masih banyak hal yang ingin penulis lakukan bersama kalian.
17. Nofryyani Buand selaku sahabat layo penulis dari awal perkuliahan di Layo City tercinta. Terimakasih Anik karena sudah membantu dan mewarnai masa perkuliahan, memberikam penginapan selama praktikum karena penulis sempat menjadi "anak pp", mendengarkan keluh kesah selama perkuliahan karena penulis sabarnya lebih tipis dibandingin Anik, merespon kerandoman penulis dan selalu memberi dukungan. Penulis sangat beruntung bisa bertemu dengan sahabat seperti Anik. Semoga kita tidak pernah menjadi asing dan kita dipertemukan kembali. Sayang Anik banyak-banyak.

18. Lismiani selaku sahabat layo penulis yang paling manies. Penulis beruntung bisa bertemu dan dekat dengan Elis dipertengahan perkuliahan. Terimakasih Elis sudah menjadi tempat cerita sehari-hari, menerima pap random, bermain bersama, memberikan contekan, dan selalu memberikan dukungan yang tulus. Semoga Elis sehat selalu dan semua kebaikan Elis dibalas oleh Allah SWT. Penulis berharap kita tidak pernah menjadi asing. Sayang Elis selalu.
19. Maria Angelina Ambarita selaku sahabat layo penulis dari zaman perkuliahan online. Terimakasih Kakak Maria karena sudah mau berteman dengan penulis, mendengarkan cerita, tiktokan bersama, dan selalu memberikan dukungan yang tulus kepada penulis. Penulis beruntung bisa bertemu manusia unik seperti Kakak Maria yang introvert parah. Semoga selalu diberkahi selalu hidupmu dan kita tidak menjadi asing. Penulis sayang Kakak Maria.
20. “Anak Bu Puji”. Riesky H. Sipahutar selaku teman seperjuangan penulis dari awal perkuliahan, partner organisasi dan partner tugas akhir penulis. Terimakasih banyak Riesky karena sudah mau berteman tulus dengan penulis, selalu membantu dan menemani lembur ketika penelitian. Elpera Yulianti dengan nama kontak di hp Elpera Baik Hati Yulianti karena El baik banget. Penulis beruntung bisa dekat dengan El selama penelitian. Setiap pagi selalu bilang “selamat pagi, jam berapa ke kampus, hari ini kita makan apa”. Karena itu semua penulis semangat penelitian. Terimakasih El anak baik hati sudah menemani, merawat dan selalu mengingatkan jangan lupa makan ketika sakit. Laellia Denada selaku sahabat dan teman penelitian menginap di lab. Anak ini randomnya tingkat dewa dan ambis banget. Keambisan Lae inilah yang membuat penulis semangat menyelesaikan skripsi karena Lae mengajak penulis ambis. Terimakasih sudah mau bersahabat dengan baik dengan penulis. Vira Ardana serasa emak penulis selama penelitian karena Vira bawaannya seperti emak-emak yang selalu mengingatkan, memberikan dukungan dan ngoceh. Tapi karena Vira penelitianku berwarna dan menyenangkan. Terimakasih Vira atas semua kebaikan tulus kepada penulis. Yeni Fransisca yang rumahnya selalu menjadi tempat penitipan paketku. Terimakasih Yeni untuk keperdulian, kekompakan dan bantuannya selama penelitian. Elsa Wahyuni seorang “bidadari” yang muncul dari Lab Analis. Terimakasih Elsa

untuk semua ketulusan dan kebaikanmu. Penulis beruntung bisa bertemu bidadari seperti Elsa.

21. Fita Aulia selaku anak Bu Puji yang baik hati dan suka menolong. Terimakasih sudah hadir selama penelitian karena berkat dirimu penulis tidak mengalami kesulitan selama penelitian. Semoga kita selalu berteman sampai kapan pun dan tidak menjadi asing.
22. Dian Sintia Wati selaku partner organisasi dan anak angkat Bu Puji. Terimakasih Dian untuk kekompakan dan bantuan selama penelitian. Semoga kebaikan Dian dibalas oleh Allah SWT dan diberikan kesehatan.
23. Penguasa Republik Sarjana Residence (Dimas, Alief, Riesky, Almer, Husnil, Angga, Alhadyu, Kevin, Bang Salo, Bang Riesky) selaku anak Kantin Emak dan tetangga tempat pulang penulis di Layo City. Terimakasih kalian sering mengajak penulis makan siang di Kantin Emak ketika teman cewek penulis belum datang ke kampus. Terimakasih juga dukungan dan semangat kalian semua. Semoga kita bisa reunion dan kita semua sukses selalu dimanapun kita berada.
24. Ciwi-ciwi Einstenium (Elis, Kamile, Icak, Betty, Chindy, Dian, Dinda, Piak, Eno, Ama, Risma, Elpera, Elsa, Erida, Feni, Fenti, Fita, Hani, Hanifah, Ikhtya, Juli, Khairunnisa, Lae, Mai, Maria, Melanie, Meri, Mhika, Nadiah, Ditak, Nandya, Nazila, Nilda, Eka, Ayu, Anik, Novta, Zizah, Dilak, Riska, Moli, Caca, Syirrin, Siscol, Bina, Syakira, Unti, Siti Fath, Syakila A. Z, Vidya, Vio, Vira, Yayang, Yeni, Ijah, Zaharo) terimakasih kalian sudah baik, mewarnai perkuliahan, praktikum, minjamen alat penelitian, menemani penelitian di Lab, mengingap bersama dan dukungan serta do'a kalian semua. Sukses selalu buat kita semua dan semoga kita diberikan kesehatan agar bisa bertemu kembali.
25. Terimakasih juga buat member Sanak is Back, Moodbooster, Departemen Gibah, Cewek Cantik, Naks PP, Kelas B dan Kelas Ganjil. Semoga semua member diberikan kesehatan, sukses selalu dimana pun kalian berada dan kita bertemu kembali.

banyak atas kepedulian kalian hilangnya tuis kesayangan penulis di dalam Lab Analisis yang penuh dengan kenangan dan saksi bisu penelitian penulis. Semoga kita bisa reunion.

27. Terimakasih untuk semua lagu Idgitaf yang sudah menemani selama

Analisis yang penuh dengan kenangan dan saksi bisu penelitian penulis. Semoga kita bisa reunian.

27. Terimakasih untuk semua lagu Idgitaf yang sudah menemani selama penelitian. Ketika pagi hari masuk Laboratorium lagu yang diputar pertama kali harus “Satu-satu”. Setiap lagu Idgitaf mempunyai kisah tersendiri bagi penulis.
28. Terimakasih lelaki pemilik tanggal lahir 12 Oktober 2001. Katanya “syarat skripsi itu antara patah hati atau jatuh cinta” dan penulis kebagian patah hati. Kamu baik dan kamu unik memperlakukan penulis. Terimakasih untuk semuanya. Do’a terbaik untuk dirimu dimanapun kamu berada.
29. Terimakasih untuk diri sendiri karena telah mampu berusaha keras dan berjuang sejauh ini. Tidak pernah menyerah sesulit apapun proses penyusunan skripsi dan mampu mengendalikan diri dari berbagai tekanan diluar keadaan. Terimakasih Ota, kamu hebat dan kamu kuat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.

Indralaya, 18 Mei 2024  
Penulis

Oktarina Munawaroh  
NIM 08031282025065

## SUMMARY

### **GREEN SYNTHESIS PEG-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/ZnO USING MATOA (*Pometia pinnata*) LEAF EXTRACT AND ITS APPLICATION FOR TETRACYCLINE DEGRADATION**

Oktarina Munawaroh: Supervised by Prof. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si. Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University. xxi + 56 pages, 7 tables, 26 figures, 13 attachments

One of the antibiotic type most widely used today is tetracycline. In this research, a PEG-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/ZnO composite was synthesized with the addition of matoa leaf extract as a capping agent using the green synthesis method used for photocatalytic degradation of tetracycline. The composite is composed of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> modified with ZnO as a catalyst. The addition of PEG as a coating to minimize agglomeration of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>. PEG-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/ZnO was characterized using XRD, SEM-EDX, VSM and UV-Vis DRS. The results of XRD characterization obtained a crystal size of 14,19 nm. SEM-EDX characterization results show that the heterogeneous morphology is a solid coated with granules with constituent elements consisting of C (0.10%), O (30.90%), Fe (64.30%) and Zn (4.70%). The VSM characterization results show a saturation magnetization (Ms) value of 63.80 emu/g. The UV-Vis DRS characterization results show a band gap value of 1.52 eV. The pH<sub>pzc</sub> value obtained was at pH 6.7. Photocatalytic degradation variables include the influence of pH, concentration and exposure time. The best conditions for the PEG-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/ZnO composite for tetracycline dye are at pH 3 with a tetracycline concentration of 10 ppm and a copying time of 30 minutes which results in a tetracycline degradation percentage of 100%.

Key words : PEG-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/ZnO, degradation, tetracycline, green synthesis

Citation : 70 (2004-2023)

## RINGKASAN

### **GREEN SYNTHESIS PEG-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/ZnO MENGGUNAKAN EKSTRAK DAUN MATOA (*Pometia pinnata*) DAN APLIKASINYA UNTUK DEGRADASI TETRASIKLIN**

Oktarina Munawaroh: Dibimbing oleh Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si. Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya. xxi + 56 halaman, 7 tabel, 18 gambar, 13 lampiran.

Salah satu jenis antibiotik yang paling banyak digunakan saat ini adalah tetrasiklin. Pada penelitian ini dilakukan sintesis komposit PEG-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/ZnO dengan penambahan ekstrak daun matoa sebagai *capping agent* menggunakan metode *green synthesis* yang digunakan untuk degradasi fotokatalitik tetrasiklin. Komposit tersusun dari Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> yang dimodifikasi dengan ZnO sebagai katalis. Penambahan PEG sebagai coating untuk meminimalisir terjadinya aglomerasi dari Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>. PEG-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/ZnO dikarakterisasi menggunakan alat XRD, SEM-EDX, VSM dan UV-Vis DRS. Hasil karakterisasi XRD didapatkan ukuran kristal sebesar 14,19 nm. Hasil karakterisasi SEM-EDX menunjukkan morfologi heterogen berupa padatan yang terlapisi oleh butiran-butiran dengan unsur penyusun terdiri dari C (0,10%), O (30,90%), Fe (64,30%) dan Zn (4,70%). Hasil karakterisasi VSM menunjukkan nilai magnetisasi saturasi (Ms) sebesar 63,80 emu/g. Hasil karakterisasi UV-Vis DRS menunjukkan nilai *band gap* sebesar 1,52 eV. Nilai pH<sub>pzc</sub> yang diperoleh berada pada pH 6,7. Variabel degradasi fotokatalitik meliputi pengaruh pH, konsentrasi dan waktu penyinaran. Kondisi terbaik degradasi komposit PEG-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/ZnO terhadap zat warna tetrasiklin menggunakan pH 3 dengan konsentrasi tetrasiklin sebesar 10 ppm dan waktu penyinaran selama 30 menit yang menghasilkan persen degradasi tetrasiklin sebesar 100%.

Kata kunci : PEG-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/ZnO, degradasi, tetrasiklin, *green synthesis*

Sitasi : 70 (2004-2023)

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TULIS</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS</b> .....	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>xiii</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xx</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xxi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Limbah Tetrasiklin .....	5
2.2 <i>Green Synthesis</i> .....	5
2.3 Degradasi Fotokatalitik .....	7
2.4 Matoa ( <i>Pometia pinnata</i> ) .....	8
2.5 Polietilen Glikol .....	9
2.6 Nanopartikel Magnetit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> .....	10
2.7 Nanopartikel Seng Oksida (ZnO) .....	11
2.8 Tetrasiklin .....	13
2.9 Karakterisasi Sampel .....	14
2.9.1 <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	14
2.9.2 <i>Vibrating Sample Magnetometer (VSM)</i> .....	15

2.9.3 <i>Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive Spectroscopy (SEM-EDS)</i> .....	17
2.9.4 <i>UV-Vis Diffuse Reflectance Spectroscopy (UV-Vis DRS)</i> .....	18
2.10 Spektrofotometer UV-Vis .....	19
2.11 <i>pH Point of Zero Charge (pHpzc)</i> .....	20
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>21</b>
3.1 Waktu dan Tempat .....	21
3.2 Alat dan Bahan .....	21
3.2.1 Alat .....	21
3.2.2 Bahan .....	21
3.3 Prosedur Penelitian .....	22
3.3.1 Preparasi Sampel .....	22
3.3.2 Pembuatan Ekstrak Daun Matoa .....	22
3.3.3 Sintesis ZnO .....	22
3.3.4 Sintesis Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> .....	22
3.3.5 Sintesis PEG- Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> .....	23
3.3.6 Sintesis PEG-Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /ZnO .....	23
3.4 Karakterisasi Material .....	23
3.4.1 Karakterisasi <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	23
3.4.2 Karakterisasi <i>Vibrating Sample Magnetometer (VSM)</i> .....	24
3.4.3 Karakterisasi <i>Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive Spectroscopy (SEM-EDS)</i> .....	24
3.4.4 Karakterisasi <i>Ultraviolet-Visible Diffuse Reflectance (UV-Vis DRS)</i> .....	24
3.5 Penentuan <i>pH Point of Zero Charge (pHpzc)</i> Komposit PEG-Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /ZnO .....	24
3.6 Penentuan Konsentrasi Zat Tetrasiklin .....	25
3.6.1 Pembuatan Larutan Induk Tetrasiklin 1000 ppm.....	25
3.6.2 Pembuatan Larutan Standar Tetrasiklin .....	25
3.6.3 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum .....	25
3.6.4 Penentuan Kurva Standar Tetrasiklin .....	25



3.7 Analisis Kualitatif Kandungan Daun Matoa ( <i>Pometia pinnata</i> ) ...	26
3.7.1 Uji Alkaloid .....	26
3.7.2 Uji Flavonoid.....	26
3.7.3 Uji Saponin .....	26
3.7.4 Uji Steroid/Triterpenoid .....	26
3.7.5 Uji Polifenol .....	27
3.7.6 Uji Tanin .....	27
3.8 Penentuan Kondisi Terbaik Degradasi Fotokatalis Tetrasiklin .....	27
3.8.1 Pengaruh pH .....	27
3.8.2 Pengaruh Konsentrasi Tetrasiklin .....	27
3.8.3 Pengaruh Waktu Kontak .....	28
3.9 Analisis Data Komposit PEG-Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /ZnO .....	28
3.9.1 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) .....	28
3.9.2 <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM) .....	28
3.9.3 <i>Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive Spectroscopy</i> (SEM-EDS) .....	29
3.9.4 <i>Ultraviolet-Visible Diffuse Reflectance</i> (UV-Vis DRS) .....	29
3.9.5 Kondisi Optimum Degradasi .....	29
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>31</b>
4.1 Analisa Kualitatif Ekstrak Daun Matoa .....	31
4.2 Karakterisasi Material .....	33
4.2.1 Hasil karakterisasi <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM) .....	33
4.2.2 Hasil karakterisasi Material Menggunakan <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) .....	36
4.2.3 Hasil karakterisasi Material Menggunakan <i>Scanning Elektron Mircroscope Energy Dispersive Spectroscopy</i> (SEM-EDS).....	38
4.2.4 Hasil karakterisasi Material Menggunakan <i>Ultraviolet-visible Diffuse Reflectance</i> (UV-Vis DRS) .....	40
4.3 Hasil <i>pH Point of Zero Charge</i> (pHpzc) Komposit PEG-Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /ZnO .....	41

4.4 Penentuan Kondisi Terbaik Degradasi Tetrasiklin .....	42
4.4.1 Pengaruh pH.....	42
4.4.2 Pengaruh Konsentrasi.....	43
4.4.3 Pengaruh Waktu Kontak .....	44
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>46</b>
5.1 Kesimpulan .....	46
5.2 Saran .....	46
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>47</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>56</b>
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>93</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Keuntungan Utama Metode <i>Green Synthesis</i> .....	6
Gambar 2.	Daun Matoa .....	8
Gambar 3.	Struktur Polietilen Glikol .....	9
Gambar 4.	Struktur Kristal Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> .....	11
Gambar 5.	Struktur Wurtzitari Kristal ZnO (Hitam = Ion Zn <sup>2+</sup> ; abu-abu = Ion O <sup>2-</sup> .....	12
Gambar 6.	Struktur Tetrasiklin .....	13
Gambar 7.	Grafik Hasil Uji XRD pada Variasi PEG, Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dan ZnO .....	14
Gambar 8.	Hasil VSM Nanokomposit PEG-Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /ZnO .....	16
Gambar 9.	Uji SEM Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /ZnO Perbesaran 15.000x .....	18
Gambar 10.	Grafik Hasil Uji <i>UV-Vis Diffuse Reflectance Spectroscopy</i> pada Variasi Konsentrasi PEG, Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dan ZnO .....	19
Gambar 11.	Kurva VSM Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> , PEG-Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dan PEG-Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /ZnO.....	33
Gambar 12.	Difraktogram (a) ZnO (b) PEG-Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /ZnO (c) PEG-Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> (d) Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> .....	35
Gambar 13.	Morfologi (a) ZnO (b) Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> (c) PEG-Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> (d) PEG-Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /ZnO dengan perbesaran 3.000x .....	38
Gambar 14.	Besarnya Energi <i>Band Gap</i> (a) Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> (b) PEG-Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> (c) PEG-Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /ZnO (d) ZnO .....	40
Gambar 15.	Kurva pH <sub>pzc</sub> PEG-Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /ZnO .....	41
Gambar 16.	Kurva Persentase Degradasi Tetrasiklin Berdasarkan Variasi Pengaruh pH .....	42
Gambar 17.	Kurva Persentase Degradasi Tetrasiklin Berdasarkan Variasi Konsentrasi .....	43
Gambar 18.	Kurva Persentase Degradasi Tetrasiklin Berdasarkan Variasi Waktu Penyinaran .....	44

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Ukuran Kristal dari Sampel .....	15
Tabel 2. Sifat Magnet Nanokomposit PEG-Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /ZnO .....	16
Tabel 3. Serapan Maksimum Partikel .....	19
Tabel 4. Senyawa yang Terkandung pada Ekstrak Daun Matoa .....	31
Tabel 5. Hasil Sintesis Komposit .....	34
Tabel 6. Sudut 2θ Berdasarkan JCPDS dan Ukuran Partikel .....	36
Tabel 7. Elemen (%) Massa Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> , PEG-Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> , PEG-Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /ZnO dan ZnO .....	39

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Proses Sintesis Nanomagnetik PEG-Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /ZnO .....	57
Lampiran 2.	Reaksi Pembentukan Nanomagnetik Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> .....	61
Lampiran 3.	Hasil Karakterisasi Menggunakan XRD PEG-Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /ZnO .....	62
Lampiran 4.	Hasil Karakterisasi Menggunakan SEM-EDS PEG-Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /ZnO .....	74
Lampiran 5.	Hasil Karakterisasi Menggunakan VSM PEG-Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /ZnO .....	78
Lampiran 6.	Hasil Karakterisasi Menggunakan UV-Vis DRS PEG-Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /ZnO.....	79
Lampiran 7.	Penentuan pH <sub>pzc</sub> ( <i>Point Zero Charge</i> ) Komposit PEG-Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /ZnO .....	82
Lampiran 8.	Penentuan Panjang Gelombang Larutan Tetrasiklin .....	83
Lampiran 9.	Kurva Kalibrasi Larutan Standar Tetrasiklin .....	84
Lampiran 10.	Penentuan Kondisi Terbaik Degradasi Fotokatalis Tetrasiklin dengan Variasi pH Menggunakan Komposit PEG-Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /ZnO .....	85
Lampiran 11.	Penentuan Kondisi Terbaik Degradasi Fotokatalis Tetrasiklin dengan Variasi Konsentrasi Menggunakan Komposit PEG-Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /ZnO .....	87
Lampiran 12.	Penentuan Kondisi Terbaik Degradasi Fotokatalis Tetrasiklin dengan Variasi Waktu Kontak Menggunakan Komposit PEG-Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /ZnO.....	89
Lampiran 13.	Gambar Hasil Degradasi Tetrasiklin .....	91

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Beberapa metode berbeda digunakan untuk mensintesis nanopartikel dan dapat diklasifikasikan menjadi metode kimia, fisika, dan *green synthesis* atau sintesis hijau. Metode fisika dan kimia mempunyai kelemahan seperti penggunaan bahan kimia tambahan sehingga mencemari lingkungan dan membutuhkan biaya yang relatif mahal. Sementara itu, sintesis hijau nanopartikel menggunakan ekstrak tumbuhan, jamur, bakteri, zat biodegradabel, polimer dan sonikator. Nanopartikel sintesis hijau adalah metode yang ramah lingkungan, murah dan proses cepat. Tumbuhan mengandung bioaktif seperti protein, alkaloid, flavonoid, senyawa polifenol dan terpenoid, yang dapat mereduksi dan menstabilkan nanopartikel (Ahmad dkk, 2022).

Salah satu tanaman yang dapat digunakan adalah Matoa. Matoa (*Pometia pinnata*) merupakan tumbuhan khas Papua, termasuk dalam *famili Sapindaceae*. Rasa buahnya campuran rambutan, durian dan kelengkeng. Pohon matoa yang tingginya 0-50 meter. Saat ditanam di tanah terbuka, tanaman ini lebih tinggi (Effira *et al.*, 2018). Daun matoa mengandung flavonoid, saponin, tanin, alkaloid dan kumarin yang berperan sebagai agen bioreduktor. Flavonoid dan tanin yang dihasilkan dari ekstrak daun matoa merupakan molekul aktif permukaan yang dapat berperan dalam mereduksi pembentukan nanopartikel. Selain itu juga berfungsi sebagai *capping agent* atau penstabil selama sintesis nanomagnetik untuk tidak terjadi aglomerasi (Triana *et al.*, 2020).

Jenis antibiotik paling umum digunakan saat ini adalah tetrasiklin. Konsumsi berlebihan antibiotik seperti tetrasiklin pada manusia dan hewan telah menjadi ancaman besar bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Tetrasiklin memiliki efek negatif pada ekosistem, karena mampu terakumulasi bersama rantai makanan dan menyebabkan toksisitas pada komunitas mikroba, mendorong pengembangan dan penyebaran resistensi antibiotik. Selain itu, tetrasiklin menimbulkan ancaman terhadap air minum dan irigasi. Dampak buruk ini menimbulkan kekhawatiran serius tentang kontaminasi tetrasiklin dan menimbulkan masalah kesehatan masyarakat (Amangelsin *et al.*, 2023).

Metode fotodegradasi telah dikembangkan untuk pengolahan limbah organik. Metode ini menggunakan cahaya (foton) untuk menguraikan zat warna organik kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana. Metode fotodegradasi menggunakan katalis berupa semikonduktor. Contoh semikonduktor oksida logam yang biasa digunakan sebagai katalis adalah  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dan  $\text{SrTiO}_3$ . Dalam beberapa tahun terakhir, banyak penelitian menunjukkan bahwa nanopartikel  $\text{ZnO}$  lebih baik dibandingkan  $\text{TiO}_2$  sebagai fotokatalis.  $\text{ZnO}$  merupakan semikonduktor tipikal dengan celah pita lebar 3,37 eV dan energi pengikat eksitasi tinggi 60 meV pada suhu kamar, memiliki fotosensitivitas tinggi dan stabilitas lingkungan, sehingga banyak digunakan sebagai fotokatalis untuk mereduksi polutan organik pada air dan udara. Untuk meningkatkan aktivitas fotokatalis, banyak upaya yang dilakukan untuk mengubah *band gap*  $\text{ZnO}$ , yaitu dengan melakukan doping dengan unsur lain atau bahan semikonduktor yang memiliki *band gap* yang sempit (Mawarni dkk, 2021).

Salah satu unsur yang memiliki celah pita yang sempit adalah besi (III) oksida ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ). Besi (III) oksida ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) memiliki sifat kimia yang baik, stabil dan tidak menggumpal dalam waktu yang lama. Selain itu, sifat magnetik besi (III) oksida ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) memudahkan proses pemisahan nanokomposit  $\text{ZnO-Fe}_3\text{O}_4$  setelah digunakan dalam pengolahan limbah. Sehingga bahan material fotokatalis dapat terus digunakan kembali untuk waktu yang lama (Saridewi *et al.*, 2022). Banyak peneliti telah memodifikasi atau mengembangkan metode sintesis  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Salah satu caranya adalah dengan memperoleh sifat luminesenst pada nanopartikel dengan mendoping material  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dengan material lain. Salah satu material yang memiliki sifat luminesens adalah zinc oksida ( $\text{ZnO}$ ) (Veronica dkk, 2022).

Nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  mudah mengalami aglomerasi sehingga dapat mempengaruhi sifat-sifatnya. Untuk meminimalisir terjadinya aglomerasi dari  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  diperlukan perubahan permukaan nanopartikel dengan cara coating atau pelapisan menggunakan polimer seperti kitosan, alginat dan polietilen glikol (PEG) (Komariah dkk, 2022).  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  sebagai bahan inti, PEG (polietilen glikol) dan  $\text{ZnO}$  sebagai *shell*. Ketiganya bisa ditulis sebagai  $\text{PEG-Fe}_3\text{O}_4/\text{ZnO}$ . Bahan luminesens dan bahan magnet apabila digabungkan akan menimbulkan reaksi pada bahan magnet, seperti perubahan struktur kristal bahan magnet. Oleh karena itu, PEG

cocok karena PEG bersifat inert, biokompatibel, transparan secara optik, tidak menimbulkan reaksi antara  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dan  $\text{ZnO}$  serta dapat menyesuaikan bentuk dan ukuran partikel (Khaira dkk, 2022).

Penelitian ini melakukan *green synthesis* PEG- $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ZnO}$  menggunakan ekstrak daun matoa (*Pometia pinnata*) sebagai fotokatalis degradasi tetrasiklin. Hasil *green synthesis* kemudian akan dikarakterisasi dengan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM), *Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive Spectroscopy* (SEM-EDS), dan *Ultraviolet-Visible Diffuse Reflectance* (UV-VIS DSR).

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dipelajari pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana hasil dari karakterisasi komposit PEG- $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ZnO}$  yang disintesis menggunakan ekstrak daun matoa?
2. Bagaimana kemampuan komposit PEG- $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ZnO}$  dalam mendegradasi tetrasiklin?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini berupa :

1. Mendapatkan komposit PEG- $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ZnO}$  dengan ekstrak daun matoa kemudian melakukan karakterisasi material menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM), *Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive Spectroscopy* (SEM-EDS), dan *Ultraviolet-Visible Diffuse Reflectance* (UV-VIS DSR).
2. Menentukan kemampuan komposit PEG- $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ZnO}$  dalam mendegradasi tetrasiklin berdasarkan pengaruh pH, konsentrasi tetrasiklin dan lama waktu kontak.



#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini memberikan informasi kepada pembaca tentang proses *green synthesis* PEG-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/ZnO dan memanfaatkannya untuk mengurangi pencemaran lingkungan terutama pencemaran dari zat antibiotik seperti tetrasiklin.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah. M. dan Khairurrijal. 2009. Karakterisasi Nanomaterial. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*. 2(1): 1-9.
- Afrizal., Rahman. A., Sugiharto. I., and Ismail. M. 2020. Effect Concentrations of Polyethylene Glycol in Stability Structure of Blending Polymer Cholesteryl Acrylate-ITO. *Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia*. 5(2): 179-186.
- Agharkar. 2014. Trends in Green Reduction of Graphene Oxides, Issues and Challenges: A Review. *Materials Research Bulletin*. 323-328.
- Ahmad. 2022. Green Synthesis Nanopartikel Perak dengan Bantuan Gelombang Ultrasonik: Mini Review. *Prosiding Seminar Nasional Kimia*. 1-6.
- Ahriani., Zelviani. S., Hernawati., dan Fitriyanti. 2021. Analisis Nilai Absorbansi Untuk Menentukan Kadar Flavonoid Daun Jarak Merah (*Jatropha Gossypifolia L.*) Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis . *Jurnal Fisika dan Terapannya*. 8(2): 56-64.
- Al-Baghdadi. S. B., Abdullah. H. I., and Al-Amiery. A. A. 2022. Synthesis of ZnO Nanoparticles for Photodegradation of Clofibrate Acid as Organic Pollutant. *International Journal of Health Sciences*. 6(54): 3124-3131.
- Al-Maliky. E. A., Gzar. H. A., and Al-Azawy. M. G. 2021. Determination of Point of Zero Charge (PZC) of Concrete Particles Adsorbents. *IOP Conf. Series : Materials Science and Engineering*. 1-8.
- Ali. A., Chiang. Y. W., and Santos. R. M. 2021. X-Ray Diffraction Techniques for Mineral Characterization: a Review for Engineers of the Fundamentals, Applications, and Research Directions. *Minerals*. 205(12): 1-25.
- Amangelsin. Y., Semenova. Y., Dadar. M., Aljofan. M., and Bjorklund. G. 2023. The Impact of Tetracycline Pollution On The Aquatic Environment and Removal Strategies. *Antibiotics*. 12(3): 440.

- Ari. H. A., Adewole. A. O., Ugya. A. Y., Asipita. O. H., Musa. M. A., and Feng. W. 2021. Biogenic Fabrication and Enhanced Photocatalytic Degradation of Tetracycline by Bio Structured ZnO Nanoparticles. *Environmental Technology*. 1-16.
- Astuti., Arief. S., Usna. S. R. A., dan Khaira. I. 2022. Sintesis dan Karakterisasi Struktur dan Sifat Magnet Nanokomposit PEG-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/ZnO. *Indonesian Journal of Applied Physics (IJAP)*. 12(2): 217-224.
- Delarosa. D. A., Sumaiyah. S., and Hasibuan. P. A. Z. 2020. Formulation and In-Vitro Evaluation Curcumin Ovule with Polyethylene Glycol (PEG) Base. *Asian Journal of Pharmaceutical Research and Development*. 8(1): 38-41.
- Effira. N., Anwar. A., and Yusniwati. 2018. Seed Physiological Changes Matoa (*Pometia pinnata*) During Storage. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology (IJEAB)*. 3(6): 2182-2184.
- Fadli. A., Amri. A., Sari. E. O., Iwantono., and Adnan. A. 2017. Crystal-Growth Kinetics of Magnetite (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) Nanoparticles Using the Ostwald Ripening Model. *International Journal of Technology*. 8: 1445-1454.
- Fatimah. S., Ragadhita. R., Al-Husaeni. D. F., and Nandiyanto. A. B. D. 2021. How to Calculate Crystallite Size From X-Ray Diffraction (XRD) Using Scherrer Method. *Asean Journal of Science and Engineering*. 2(1). 65-76.
- Gupta. 2021. Core-Shell Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/ZnO Nanoparticles for Magnetic Hyperthermia and Bio-Imaging Applications. *AIP Advances*. 11(2): 1117-1121.
- Hajar. S., Rahmah. W., Putri. E. M., Ressaydy. S. S., dan Hamzah. H. 2021. Potensi Ekstrak Buah Matoa (*Pometia pinnata*) Sebagai Sumber Antioksidan: Literatur Review. *Jurnal Farmasi dan Praktis*. 7(1): 59-66.
- Indira *et al.* 2021. Photocatalytic Degradation of Congo Red Dye Using Nickel-Titanium Dioxide Nanoflakes Synthesized by Mukia Madrasapatna Leaf Extract. *Environ*. 202(1): 111647.

- Islamiyah. A. 2016. Parameter Spesifik Ekstrak Etanol 70% Daun Matoa (*Pometia pinnata* J.R Forst & G. Forst) Hasil Maserasi. *Akademi Farmasi Putra Indonesia Malang*. 1-6.
- Jamaluddin., Nugraha. S. T., Maria., dan Umar. E. P. 2018. Prediksi *Total Organic Carbon* (TOC) Menggunakan Regresi Multilinear dengan Pendekatan Data Well Log. *Jurnal Geoelebes*. 2(1): 1-5.
- Jumardin., Maddu. A., Santoso. K., dan Isnaeni. 2022. Karakteristik Sifat Optik Nanopartikel Karbon (*Carbon Dots*) dengan Metode UV-Vis DRS (*Ultra Violet-Visible Diffuse Reflectance Spectroscopy*) . *Jurnal Fisika dan Terapannya*. 9(1): 1-15.
- Khaira. I., Astuti., dan Usna. S. R A. 2022. Sintesis dan Karakterisasi Sifat Magnet Nanokomposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/PEG:ZnO. *Jurnal Fisika Unand (JFU)*. 11(1): 57-61.
- Kirupakar. B. R., Vishwanath. B. A., Sree. M. P., and Deenadayalan. 2016. Vibrating Sample Magnetometer and Its Application In Characterisation Of Magnetic Property Of The Anti Cancer Drug Magnetic Microspheres. *International Journal of Pharmaceutics & Drug Analysis*. 4(5): 227-233.
- Komariah. K., Setyaningtyas. T., dan Riyani. K. 2022. Pengaruh Penambahan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dan Variasi Massa Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Kitosan Beads dalam Mendegradasi Zat Warna *Methylene Blue* di Bawah Sinar UV. *Chimica et Natura Acta*. 10(1): 26-32.
- Krakko. D., Heieren. B. T., Illes. A., Kvamme. K., Dobe. S., and Zaray. G. 2022. (V)UV Degradation of The Antibiotic Tetracycline: Kinetics, Transformation Products and Pathway. *Process Safety and Environmental Protection*. 163: 395-404.
- Kuspradini. 2016. Aktivitas Antioksidan dan Antibakteri Ekstrak Daun *Pometia pinnata*. *Jurnal Jamu Indonesia*. 1(1): 26-34.

- Lexia. 2021. Aplikasi Spektrofotometri Terhadap Penentuan Kadar Besi Secara Kuantitatif dalam Sampel Air. *Jurnal Pijar MIPA*. 242-246.
- Lianah., Idris. F., and Krisantini. 2019. Short Communication: Analysis of the Chemical Constituents and Micromorphology of Bauhinia scandes Using SEM-EDS Techniques. *Biodiversitas*. 20(7): 2055-2060.
- Malega. F., Indrayana. I. P. T., and Suharyadi. E. 2018. Synthesis and Characterization of The Microstructure and Functional Group Bond of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Nanoparticles From Natural Iron Sand in Tobelo North Halmahera. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-BiRuNi*. 7(2): 129-138.
- Maregianti. M. Wardani. G. A., Wulandari. W. T. 2021. Adsorpsi Senyawa Antibiotik Tetrasiklin Hidrolirida Menggunakan Limbah Serbuk Gergaji dengan Metode Kolom. *Diseminasi*. 115-121.
- Mariyanto., Ramadhan. D. V., Purba. T. R., and Nabilah. F. A. 2022. Analysis of Vibarting Sample Magnetometer (VSM) Data of Brantas River Sediments Using HYSITS. *Journal of Physics: Conference Series*. 2309: 1-7.
- Martiningsih. 2016. Skining Fitokimia dan Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Matoa (*Pometia pinnata*) dengan Metode DPPH. *Prosiding Seminar Nasional MIPA*. 332-338.
- Maulana. D. S., Mubarak. A. S., and Pujiastuti. D. Y. 2021. The Concentration of Polyethylen Glycol (PEG) 400 on Bioplastic Cellulose Based Carrageenan Waste on Biodegradability and Mechanical Properties Bioplastic. *International Conference on Biotechnology and Food Sciences*. 679: 1-6.
- Mawarni. 2021. Degradasi Zat Warna Rhodamin B Menggunakan Sintesis Fotokatalis ZnO/NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> dan Diaplikasikan pada Limbah Cair Industri Pulp dan Kertas. *Jurnal Kinetika*. 12(3): 44-50.
- Mulyatno. B. S., Dewanto. O. and Rizky. S. 2018. Determining Layer Oil Shale as New Alternative Energy Sources Using Core Analysis and Will Log Method. *International Journal of Engineering & Technology*. 7: 941-949.

- Nurbayasari. 2017. Biosintesis dan Karakterisasi Nanopartikel ZnO dengan Ekstrak Rumput Laut Hijau *Caulerpa sp.* *Jurnal Perikanan Universitas Gajah Mada.* 19(1): 17-28.
- Obaid. A. H., Hussein. F. M., Abbas. S. A., and Ibrahim. T. A. 2022. Green Synthesis of Zinc Oxide Nanoparticles (ZnONPs) and Adsorption with Cibacron Brilliant Yellow (CBY) Dye. *International Journal of Special Education.* 37(3): 13004-13014.
- Orylska-Ratynska. M., Placek. W., and Owczarczyk-Saczonek. A. 2022. Tetracyclines-An Important Therapeutic Tool for Dermatologists. *International Journal of Environmental Research and Public Health.* 19: 1-13.
- Pham. T. M. H., Vu. M. T., Cung. T. D., Nguyen. N. S., Doan. T. A., Truong. T. T., and Nguyen. T. H. 2022. Green Sonochemical Process for Preparation of Polyethylene Glycol-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/ZnO Magnetic Nanocomposite Using Rambutan Peel Extract as Photocatalyst, for Removal of Methylene Blue in Solution. *Bull. Mater. Sci.* 45(13): 1-10.
- Pongkesu. A. 2006. *Metal Semikonduktor & Insulator.* Yogyakarta: Lingua Kata.
- Putri. I. R., Handayani. D., Irdawati., Fifendy. M., dan Indrianti. G. 2022. Uji Daya Hambat Ekstrak Daun Matoa (*Pometia pinnata* J.R & G.Forst) Terhadap Pertumbuhan Jamur *Candida albicans* Secara In-Vitro. *Serambi Biologi.* 7(4): 346-354.
- Raganata. T. C., Aritonang. H., dan Suryanto. E. 2019. Sintesis Fotokatalis Nanopartikel ZnO Untuk Mendegradasi Zat Warna *Methylene Blue.* *Chem. Prog.* 12(2): 54-58.
- Ragusa. A., et al. 2022. Plastic and Placenta: Identification of Polyethylene Glycol (PEG) Compounds in the Human Placenta by HPLC-MS/MS System. *International Journal of Molecular Sciences.* 12743(23): 1-8.

- Rahmawita. S. dan Ulianas. A. 2021. Sintesis dan Karakterisasi Magnetik Nanopartikel  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  Menggunakan Ekstrak Kulit Buah Naga (*Hylocereus Polyrhizus*). *Chemistry Journal of Universitas Negeri Padang*. 10(1): 1-6.
- Rhamdiyah. F. K dan Maharani. D. K. 2022. Biosynthesis of ZnO Nanoparticles from Aqueous Extract of *Moringa oleifera L.*: Its Application an Antibacterial and Photocatalyst. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 11(2): 91-102.
- Ruiz-Baltazar. A. D. J., Mendez-Lozano. N., Larrafiaga-Ordaz. D., Reyes-Lopez. S. Y., Antufiano. M. A. Z., and Campos. R. P. 2020. Magnetic Nanoparticles of  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  Biosynthesized by *Cncus benedictus* Extract: Photocatalytic Study of Organic Dye Degradation and Antibacterial Behavior . *Processes*. 946(8): 1-17.
- Sa'adah. F., Miskiyah. R. Z., and Khumaeni. A. 2020. Zinc Oxide Nanoparticles (ZnONPs) Photocatalyst Using Pulse Laser Ablation Method for Antibacterial in Water Polltude. *Journal of Physics and Its Applications*. 2(2): 102-106.
- Sarecka-Hujar. B., Balwierz. R., Ostrozka-Cieslik. A., Dyja. R., Lukowiec. D., and Jankowski. A. 2017. Scanning Electron Microscopy and X-Ray Energy Dispersive Spectroscopy-Useful Tools in the Analysis of Pharmaceutical Products. *Journal of Physics: Conference Series*. 931: 1-5.
- Saridewi. N., Komala. S., Zulys. A., Nurbayti. S., Tulhusna. L., and Adawiah. A. 2022. Synthesis of  $\text{ZnO-Fe}_3\text{O}_4$  Magnetic Nanocomposites Through Sonochemical Methods for Methylene Blue Degradation. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*. 17(3): 650-660.
- Semeraro. P., *et al.* 2020. Photocatalytic Degradation of Tetracycline by  $\text{ZnO}/\text{Gamma-Fe}_2\text{O}_3$  Paramagnetic Nanocomposite Material. *Nanomaterials*. 1458(10): 1-12.

- Septiano. A. F., Susilo., and Setyaningsih. N. E. 2021. Analisis Citra Hasil Scanning Eelectron Microscopy Energy Dispersive X-Ray (SEM EDX) Komposit Resin Timbal dengan Metode Contrast to Noise Ratio (CNR). *Indonesia Journal of Mathematics and Natural Sciences*. 44(2): 81-85.
- Shah. M., Fawcet. D., Sharma. S., Tripathy. S. K., and Poinem. G. E. J. 2015. Green Synthesis of Metallic Nanoparticles Via Biological Entities. *Materials*. 8(1): 7278-7308.
- Sidoretno. W. M. 2021. Potensi Ekstrak Etanol Daun Matoa (*Pometia pinnata* J.R. & G. Forst) terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Proteksi Kesehatan*. 10(2): 107-112.
- Singh. J., Dutta. T., Kim. K. H., Rawat. M., Samddar. P., and Kumar. P. 2018. Green Synthesis of Metals and Their Oxide Nanoparticles: Applications for Environmental Remediation. *Journal of Nanobiotechnology*. 1-24.
- Stachurova. T., Malachova. K., Semerad. J., Sternisa. M., Rybkova. Z., and Mozina. S. S. 2020. Tetracycline Induces the Formation of Biofilm of Bacteria from Different Phases of Wastewater Treatment. *Processes*. 8: 1-20.
- Suedee. 2012. Anti HIV-1 Integrase Compound from *Pometia pinnata* Leaves. *Pharmaceutical Biology*. ISSN 1388-0209.
- Sugiyana. D dan Notodarmojo. S. 2015. Studi Mekanisme Degradasi Fotokatalitik Zat Warna Azo Acid Red 4 Menggunakan Katalis Mikropartikel TiO<sub>2</sub>. *Arena Tekstil*. 30(2): 115-124.
- Sugiyana. D dan Soekono. B. 2017. Identifikasi Mekanisme Fotokatalitik pada Degradasi Zat Warna Azo Reactive Black 5 Menggunakan Katalis Mikropartikel TiO<sub>2</sub>. *Arena Tekstil*. 31(2): 83-94.
- Tatinting. G. D., Aritonang. H. F., dan Wintu. A. D. 2021. Sintesis Nanopartikel Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Polietilen Glikol (PEG) 6000 dari Pasir Besi Pantai Hais Sebagai Adsorben Logam Kadmium (Cd). *Chem. Prog.* 14(2): 131-137.



- Triana. A., Maruddin. F., and Malaka. R. 2020. Supplementation of Matoa (*Pometia pinnata*) Leaf Extract and Alginate Suppressed the Growth of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* in Pasteurized Milk. *The 2nd International Conference of Animal Science and Technology*. 492: 1-4.
- Utama. V. K., Hendrika. Y., dan Astuti. F. 2022. Formulasi dan Evaluasi Fisik Sediaan Gel Ekstrak Etanol Daun Matoa (*Pometia pinnata*). *Jurnal Proteksi Kesehatan*. 11(1): 46-51.
- Veronica. Y., Astuti., dan Usna. S. R. A. 2022. Sintesis dan Karakterisasi Nanokomposit PEG-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/ZnO. *Jurnal Fisika Unand (JFU)*. 30-36.
- Widyandari. H dan Budiman. M. 2004. *Jurnal Berkala Fisika*. 7(1): 28-34.
- Winatapura. D. S., Dewi. S. H., dan Ridwan. 2014. Sintesis dan Karakterisasi Komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/ZnO dengan Metoda Presipitasi. *Jurnal Teknologi Pengelolaan Limbah*. 17(1): 71-77.
- Yaseen. D.A and Scholz. M. 2019. Textile Dye Wastewater Characteristics and Constituents of Synthetic Effluents: a Critical Review. *International Journal of Environmental Science and Technology* 16 : 1193-1226.
- Yuniar. 2023. Synthesis and Characterization of ZnO/MnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Nanocomposites for Degrading Cationic Dyes. *Journal of Ecological Engineering*. 24(4): 252-263.
- Yunita., Nurlina., dan Syahbanu. I. 2020. Sintesis Nanopartikel Zink Oksida (ZnO) dengan Penambahan Ekstrak Klorofil dari Daun Suji Sebagai Sumber *Capping Agent*. *Positron*. 10(2): 123-130.
- Zavisova *et al.*, 2015. The Cytotoxicity of Iron Oxide Nanoparticles with Different Modifications Evaluated in Vitro. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. 85-89.
- Zhang. X., Wang. X., and Niu. Y. 2022. Photocatalytic Degradation of Tetracycline by Supramolecular Materials Constructed with Organic Cations and Silver Iodide. *Catalysts*. 1581(12): 1-15.

Zheng. K., Chen. J., Gao. X., Cao. X., Wu. S., and Su. J. 2021. Photocatalytic Degradation of Tetracycline by Phosphorus-Doped Carbon Nitride Tube Combined with Peroxydisulfate Under Visible Light Irradiation. *Water Science & Technology*. 84(8) : 1-11.