

**SINTESIS KOMPOSIT Fe_3O_4 /KITOSAN-POLIVINIL ALKOHOL/ SnO_2
SEBAGAI FOTOKATALITIK UNTUK DEGRADASI TETRASIKLIN**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana

Bidang Studi Kimia



Vira Ardana

08031282025066

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

2024

HALAMAN PENGESAHAN

**SINTESIS KOMPOSIT Fe₃O₄/KITOSAN-POLIVINIL ALKOHOL/SnO₂
UNTUK DEGRADASI FOTOKATALITIK TETRASIKLIN**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Bidang Studi Kimia

Oleh :

Vira Ardana
08031282025066

Menyetujui,
Pembimbing



Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si.
NIP. 196808271994022001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



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

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi Vira Ardana (08031282025066) dengan judul “Sintesis Komposit Fe_3O_4 /Kitosan-Polivinil Alkohol/ SnO_2 untuk Degradasi Fotokatalitik Tetrasiklin” telah diseminarkan dihadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 17 Mei 2024 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang telah diberikan.

Indralaya, 20 Mei 2024

Ketua :

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

()

Sekretaris :

2. **Dr. Heni Yohandini K, M.Si.**
NIP.197011152000122004

()

Pembimbing:

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

()

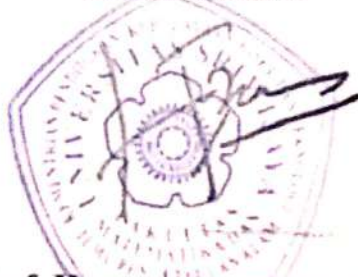
Penguji:

1. **Dra. Fatma, M.S.**
NIP. 196207131991022001
2. **Dr. Ferlinahayati, M.Si.**
NIP. 197402052000032001

()
()

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 di bawah ini :

Nama Mahasiswa :Vira Ardana

NIM :08031282025066

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 starta (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 mana 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



Vira Ardana

NIM. 08031282025066

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

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Vira Ardana
NIM : 08031282025066
Fakultas/ Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/ Kimia
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan saya menyetujui untuk memeberikan kepada Universitas Sriwijaya “Sintesis Komposit Fe_3O_4 /Kitosan-Polivinil Alkohol/ SnO_2 untuk Degradasi Fotokatalitik Tetrasiklin” dengan hak bebas royalti non-eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, edit/ memformatikan, 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



Vira Ardana

NIM. 08031282025066

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Allah tidak membebani seseorang melainkan dengan kesanggupannya”

(QS. Al-Baqarah: 286)

“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum sehingga mereka mengubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri”

(QS. Ar –Ra’d: 11)

“Hasbunallah Wanikmal Wakil Nikmal Maula Wanikman Nasir
artinya Cukuplah bagi kami Allah SWT, sebaik-baiknya pelindung dan
sebaik-baiknya penolong kami”

Skripsi ini sebagai tanda syukurku kepada:

- Allah SWT
- Nabi Muhammad SAW

Skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Ibu, Ayah, Adik tercinta yang senantiasa mendoakan dan memberikan motivasi
2. Dosen pembimbing (Prof. Dr. Poedji Loekitowati, M.Si.)
3. Keluarga besar, sahabat dan semua orang yang membantu hingga terselesaikannya skripsi ini
4. Kampusku (Universitas Sriwijaya)

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah SWT yang maha pengasih lagi maha penyayang. Saya panjatkan puji dan syukur atas kehadiran-Nya yang telah melimpahkan rahmat, hidayah dan inayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Sintesis Komposit Fe_3O_4 /Kitosan-Polivinil Alkohol/ SnO_2 untuk Degradasi Fotokatalitik 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, 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. Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada Ibu **Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si.** yang telah banyak membantu, memberikan bimbingan, bantuan, saran, nasehat dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan nikmat-Nya yang sangat luar biasa kepada penulis.
2. Keluarga saya tercinta (mamak Yenura, abah Aidil Fitri, adek Intan Ramadhani dan M. Farel Abror) yang sudah banyak memberikan doa, materi, serta motivasi dalam mengerjakan skripsi ini. Ayuk bersyukur bisa lahir dan dibesarkan oleh keluarga yang luar biasa hebat sehingga bisa memahami arti kehidupan. Terimakasih aba dan mamak sudah selalu sabar menghadapi ayuk dan selalu ada buat ayuk dalam segala situasi, selalu menjadi garda terdepan ayuk. Terima kasih banyak telah memberikan pendidikan kepada anakmu ini hingga perguruan tinggi penulis ucapkan selamat karena telah berhasil menyekolahkan anaknya sampai mendapatkan gelar S.Si. kalian luar biasa sudah memberikan

segala yang terbaik untuk penulis. Semoga gelar ini bisa membuat abah dan mamak bangga aamiin.

3. Bapak Hermasyah, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Prof. Dr. Muharni, M.Si. selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si. selaku Sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
6. Ibu Prof. Dr. Poedji Loekitowati H., M.Si. selaku dosen pembimbing akademik dan tugas akhir penulis. Terima kasih banyak atas bimbingannya selama ini dari awal semester pertama hingga akhir sehingga penulis dapat menyelesaikan studinya dengan baik. Terima kasih banyak atas perhatian, waktunya serta memberikan motivasi dan semangat kepada penulis. Semoga ibu panjang umur, selalu diberikan kesehatan, dilancarkan segala urusannya Aamiin. Tetap menjadi dosen terbaik yang rasa tulusnya tersampaikan ke hati setiap mahasiwa. Semoga banyak generasi emas yang diciptakan dari kebaikan dan rasa sayang ibu.
7. Ibu Dra. Fatma, M.S. dan Ibu Dr. Ferlinahayati, M.Si. selaku pembahas dan penguji sidang sarjana. Terima kasih banyak atas waktunya dan masukkan yang telah diberikan kepada penulis. Terima kasih banyak telah sabar menghadapi penulis dan semoga ilmu yang diberikan bermanfaat. Semoga ibu fatma dan ibu ferlina selalu diberikan kesehatan dan kebahagiaan.
8. Seluruh Dosen FMIPA Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu, mendidik dan membimbing selama masa perkuliahan hingga lulus.
9. Kak Chosiin dan Mba Novi selaku Admin Jurusan Kimia yang selalu sabar serta banyak membantu selama masa perkuliahan hingga lulus.
10. Elpera Yulianti dan Laelia Denada selaku teman satu tim dalam melaksanakan penelitian ini. Terima kasih banyak telah membantu dan berjuang bersama selama penelitian, banyak suka dan duka yang kita lewati hingga saat ini. Mulai dari tidur di lab, mindah-mindahin alat dari lab analis ke lab atas, berangkat pagi pulang menjelang magrib. Maaf kalau ada hal-hal yang menyinggung perasaan kalian berdua terutama selama penelitian penulis sering datang terlambat

sehingga membuat kalian berdua kerepotan. Penulis bersyukur bisa satu tim dengan kalian dan semoga persahabatan kita tetap terjaga dengan baik sampai kita tua.

11. Kepada Yeni Fransisca, Elsa Wahyuni, Oktarina Munawaroh, Fita Aulia, Rizki Sipahutar dan Dian Sintia Wati selaku teman seperjuangan dalam penelitian. Terima kasih banyak kepada anak-anak penelitian bu puji telah bekerja sama dengan baik dari awal penelitian hingga selesai. Terima kasih banyak atas setiap bantuan dan dukungan yang kalian lakukan untuk penulis. Terima kasih banyak atas waktu yang telah dilalui dengan tangisan dan canda tawa dalam setiap situasi. Semoga kalian selalu dilindungi Tuhan dan kita tetap berteman baik. Sukses untuk kalian semua.
12. Kepada keluarga Palembang-layo (Yeni, Merri, Syabina, Jijah, Nisa, Melani Vidya dan Hani) penulis bersyukur dipertemukan dengan kalian. Terima kasih banyak telah berjuang bersama mulai dari praktikum offline hingga sekarang. Terima kasih banyak telah memberikan warna selama perkuliahan sehingga penulis menjadi semangat. Banyak suka dan duka yang selalu kita hadapi bersama dengan canda tawa sehingga tidak merasa terbebani selama kuliah. Terima kasih atas rasa kekeluargaannya dan saling mendukung satu sama lain. Semoga kita tetap berteman baik sampai tua dan semoga impian kita semua menjadi kenyataan. Semoga kalian di berikan kesehatan dan kebahagiaan selalu penulis sayang kalian.
13. Kepada keluarga penulis semasa SMA (Julisa, Cahaya, Tiara, Rifka, Ica, Selly, Niak, Septi, Nisa, Wahyu, Rafi, Baset, Andanu, Dapit, Salman dan semua anak Ipa 3) penulis mengucapkan terima kasih banyak atas dukungan dan rasa kekeluargaan yang ada hingga saat ini. Semoga kalian semua diberikan kesehatan dan kebahagiaan. Semoga kita sama-sama sukses dimasa mendatang dan tetap saling menyemangati.
14. Kepada keluarga besar saya ucapkan terima kasih banyak atas dukungannya kepada penulis hingga dapat menyelesaikan perkuliahan dengan baik walaupun masih banyak kekurangan di dalamnya. Terima kasih banyak kepada bibik saya Fegi Septiani yang selalu memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis

untuk menjalani hidup dengan rasa syukur dan semangat. Terima kasih telah menjadi bibik sekaligus saudara untuk penulis dari kita bayi hingga sekarang selalu bersama dalam segala situasi yang baik maupun buruk. Semoga jujuk selalu sehat dan bahagia.

15. Kepada kakek dan nenek terima kasih banyak telah memberikan nasehat dan semangat kepada cucu kalian. Terima kasih telah memberikan banyak pelajaran tentang kehidupan yang keras dan banyak suka dukanya vira sayang kalian.
16. Kepada kak Siti dan kak Putri selaku kakak asuh penulis mengucapkan banyak terima kasih atas bimbingannya selama ini. Terima kasih selalu memberikan nasehat dan semangat kepada penulis. Terima kasih banyak atas rasa kekeluargaan yang kalian berikan. Semoga kakak berdua selalu ingat vira.
17. Kepada aulia dan reynaldi sebagai adik asuh terima kasih banyak atas dukungannya kepada penulis. Semoga kalian berdua bisa menyelesaikan kuliah dengan baik dan tetap semangat kuliahnya jangan menyerah dan tetap tersenyum.
18. Yeni Fransisca terima kasih banyak selalu mendengarkan keluh kesah penulis selama ini. Terima kasih banyak telah sama-sama berjuang dalam situasi yang sama. Terima kasih banyak mau direpotkan dalam segala hal dan terima kasih banyak telah memaklumi segala perkataan dan tindakan penulis.
19. Kepada diri saya sendiri selaku penulis terima kasih banyak telah bertahan sampai saat ini. Terima kasih banyak telah melewati segala situasi dalam hidup dengan semangat dan senyuman. Saya bangga dan bersyukur telah menyelesaikan pendidikan saya hingga sarjana dan telah menyelesaikan apa yang saya mulai. Terima kasih telah bertanggung jawab akan banyak hal dan mengubah nama saya menjadi Vira Ardana, S.Si.
20. Teman-teman seperjuangan kimia angkatan 2020, terima kasih banyak untuk kebersamaan, keceriaan dan kegilaan kalian selama perkuliahan ini. Semangat dan sukses untuk kita semua.

Indralaya, 20 Mei 2024

Penulis

Universitas Sriwijaya

SUMMARY

SYNTHESIS OF Fe₃O₄/CHITOSAN-POLIVINIL ALCOHOL/SnO₂ COMPOSITE AS PHOTOCATALYTIC FOR TETRACYCLINE DEGRADATION

Vira Ardana : supervised by Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si
Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya
University.

x + 76 page, 3 tables, 16 figures, 14 attachments

The waste from antibiotic used has a negative impact on environmental pollution, because the remaining waste from antibiotic use cannot be properly degraded, resulting in environmental pollution. Tetracycline is an antibiotic that is widely used because of its broad function in treating infections in humans and animals. Therefore, it is necessary to treat tetracycline waste using the photocatalytic method. This research synthesizes a Fe₃O₄/Chitosan-Polyvinyl Alcohol/SnO₂ composite as a photocatalytic for tetracycline degradation. Fe₃O₄ particles have properties as a magnetic material, semi-conductor SnO₂ as a catalyst and the addition of chitosan-polyvinyl alcohol to prevent tin oxide (SnO₂) from reacting with Fe₃O₄. Variables in the photocatalytic degradation of the Fe₃O₄/Chitosan-Polyvinyl Alcohol/SnO₂ composite against tetracycline include the influence of pH, concentration and exposure time. The synthesis results were characterized using XRD, SEM-EDS, VSM, and UV-VIS DRS tools. Characterization results using an XRD tool show the highest intensity at an angle of $2\theta = 26.61^\circ$ with a particle size of 28.28 nm. The characterization results using SEM-EDS show an uneven surface morphology with constituent elements consisting of C (1.60%), N (14.70%), O (38.50%), Fe (29.20%) and Sn (6.05%). The VSM characterization results show a saturation magnetization value of 65.75 emu/g and a band gap value resulting from characterization using the UV-VIS DRS tool of 1.38 eV. The pH_{pzc} value produced by Fe₃O₄/chitosan-polyvinyl alcohol/SnO₂ was obtained at pH 7. The optimum conditions for reducing the tetracycline concentration by the Fe₃O₄/chitosan-polyvinyl alcohol/SnO₂ composite were at pH 2 with a concentration of 10 ppm, and a visible exposure time of 105 minutes. The efficiency of reducing tetracycline levels under optimum conditions was 99.56%. TOC analysis shows that tetracycline before degradation contains 3.96 ppm of carbon and after degradation the carbon contained is 2.67 ppm, which shows that the carbon content decreases by 32.57%.

Keywords : Fe₃O₄/Chitosan-Polivinyl Alkohol/SnO₂ Composite, degradation
Photocatalytic, tetracycline.

Citation : 76 (2009-2023)

RINGKASAN

SINTESIS KOMPOSIT Fe₃O₄/KITOSAN POLIVINIL-ALKOHOL/SnO₂ SEBAGAI FOTOKATALITIK UNTUK DEGRADASI TETRASIKLIN

Vira Ardana : Dibimbing oleh Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si
Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya
x + 76 halaman, 3 tabel, 16 gambar, 14 lampiran

Limbah sisa penggunaan antibiotik memberikan dampak negatif terhadap pencemaran lingkungan, dikarenakan limbah sisa dari penggunaan antibiotik tidak dapat terdegradasi dengan baik sehingga mengakibatkan pencemaran lingkungan. Tetrasiklin merupakan antibiotik yang banyak digunakan karena fungsinya luas dalam pengobatan infeksi pada manusia dan hewan. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengolahan limbah tetrasiklin menggunakan metode fotokatalitik. Penelitian ini mensintesis komposit Fe₃O₄/Kitosan-Polivinil Alkohol/SnO₂ sebagai fotokatalitik untuk degradasi tetrasiklin. Partikel Fe₃O₄ memiliki sifat sebagai bahan magnet, SnO₂ sebagai katalis dan penambahan kitosan- polivil alkohol untuk mencegah timah oksida (SnO₂) bereaksi dengan Fe₃O₄. Variabel degradasi fotokatalitik komposit Fe₃O₄/Kitosan-Polivinil Alkohol/SnO₂ terhadap tetrasiklin meliputi pengaruh pH, konsentrasi dan lama penyinaran . Hasil sintesis dari komposit Fe₃O₄/Kitosan-Polivinil Alkohol/SnO₂ dikarakterisasi menggunakan alat XRD, SEM-EDS, VSM, dan UV-VIS DRS. Hasil karakterisasi menggunakan alat XRD menunjukkan intensitas tertinggi pada sudut $2\theta = 26.61^\circ$ dengan ukuran partikel sebesar 28,28 nm. Hasil karakterisasi menggunakan alat SEM-EDS menunjukkan morfologi permukaan yang tidak rata dengan unsur penyusun yang terdiri dari C (1,60%), N (4,70%), O (38,50%), Fe (29,20%) dan Sn (6,05%). Hasil karakterisasi VSM menunjukkan nilai magnetisasi saturasi sebesar 65,75 emu/g dan nilai *band gap* hasil karakterisasi menggunakan alat UV-VIS DRS sebesar 1,38 eV. Nilai pH_{pzc} yang didapatkan dari Fe₃O₄/kitosan-polivinil alkohol/SnO₂ diperoleh pada pH 6,3. Kondisi terbaik pada penurunan konsentrasi tetrasiklin oleh komposit Fe₃O₄/kitosan-polivinil alkohol/ SnO₂ berada pada pH 2 dengan konsentrasi 10 ppm, dan lama penyinaran Visibel selama 105 menit. Efisiensi penurunan kadar tetrasiklin pada kondisi terbaik sebesar 99,56%. Analisis TOC menunjukkan bahwa tetrasiklin sebelum degradasi mengandung karbon sebesar 3,96 ppm dan setelah degradasi karbon yang terkandung 2,67 ppm yang memperlihatkan bahwa penurunan kadar karbon sebesar 32,57%.

Kata kunci : Komposit Fe₃O₄/Kitosan-Polivinil Alkohol/SnO₂, Degradasi,
fotokatalitik, tetrasiklin

Kutipan : 76 (2009-2023)

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TULIS.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
SUMMAR	iii
RINGKASAN.....	xii
DAFTAR ISI.....	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	16
1.1 Latar Belakang.....	16
1.2 Rumusan masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Peneitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Antibiotik	5
2.2 Tetrasiklin	5
2.3 Timah Oksida (SNO ₂).....	6
2.4 Magnetit Fe ₃ O ₄	6
2.5 Kitosan-Polivinil Alkohol (PVA)	7
2.6 Fotokatalitik	8
2.7 <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	9
2.8 <i>Scannin Electron Microscope-Energy Dispersive Spectroscopy (SEM-EDS)</i>	10
2.9 <i>Vibrating Sample Magnetometer (VSM)</i>	11
2.10 <i>Ultraviolet-Visible Diffuse Reflectance Spectroscopy (UV-VIS DRS)</i>	12

2. 11 Total Organik Karbon (TOC)	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	14
3.1 Waktu dan Tempat	14
3.2 Alat dan Bahan	14
3.2.1 Alat	14
3.2.2 Bahan	14
3.3 Prosedur Penelitian.....	14
3.3.1 Sintesis Komposit Fe ₃ O ₄ (Hariani <i>et al.</i> , 2023)	14
3.3.2 Sintesis komposit Fe ₃ O ₄ /kitosan-Polivinil alkohol (Reghioua <i>et al.</i> ,2021).....	15
3.3.3 Sintesis komposit Fe ₃ O ₄ /kitosan-Polivinil alkohol/ SnO ₂ (Reghioua <i>et al.</i> , 2021).....	15
3.4 Karakterisasi Material	16
3.4.1 <i>Scanning Electron Microscopy-Energi Dispersive Spectroscopy (SEM-EDS)</i>	16
3.4.2 <i>Ultraviolet-Visible Diffuse Reflectance (Uv-Vis DRS)</i>	16
3.4.3 <i>Vibrating Sample Magnometer (VSM)</i>	16
3.4.4 <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	16
3.4.5 Penentuan pH _{pzc} <i>Point of Zero Charge</i>	17
3.5 Penentuan Pembuatan Larutan Tetrasiklin.....	17
3.5.1 Pembuatan Larutan Induk Tetrasiklin 1000 ppm.....	17
3.5.2 Pembuatan Larutan Standar Tetrasiklin.....	17
3.5.3 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum	17
3.5.4 Penentuan Kurva Absorbansi Tetrasiklin	17
3.6 Penentuan Kondisi Optimum Degradasi Tetrasiklin Oleh Komposit Fe ₃ O ₄ /kitosan-Polivinil Alkohol/SnO ₂	18
3.6.1 Pengaruh pH (Liu <i>et al.</i> , 2012).....	18
3.6.2 Pengaruh Variasi Konsentrasi Tetrasiklin.....	18
3.6.3 Pengaruh Waktu Kontak	18
3.7 Analisis Data	19
3.7.1 <i>Scanning Electron Microscope – Energy Dispersive Spectroscopy (SEM- EDS)</i>	19
3.7.2 <i>Ultraviolet-Visible Diffuse Reflectance (Uv-Vis DRS)</i>	19

3.7.3	<i>Vibrating Sampel Magnetometer (VSM)</i>	19
3.7.4	<i>X-ray Diffraction (XRD)</i>	19
3.7.5	<i>Total Organic Carbon (TOC)</i>	19
3.7.6	Kondisi Terbaik Degradasi	19
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	20
4.1	Hasil Sintesis Fe ₃ O ₄	20
4.2	Hasil Sintesis Fe ₃ O ₄ kitosan-polivinil alkohol.....	20
4.3	Hasil Sintesis Fe ₃ O ₄ /kitosan-polivinil alkohol/SnO ₂	21
4.4	Hasil Karakterisasi Material Fe ₃ O ₄ ; Fe ₃ O ₄ kitosan-polivinil alkohol dan Fe ₃ O ₄ /kitosan-polivinil alkohol/SnO ₂	22
4.4.1	Hasil Karakterisasi Menggunakan <i>Vibrating Sampel Magnetometer (VSM)</i>	22
4.4.2	Hasil Karakterisasi Menggunakan <i>X-ray Diffraction (XRD)</i>	23
4.4.3	Hasil Karakterisasi Menggunakan <i>Scanning Electron Microscope Energy Dispersive Spectroscopy (SEM-EDS)</i>	25
4.4.4	Hasil Karakterisasi Menggunakan <i>Ultraviolet-Visible Diffuse Reflectance (UV-VIS DRS)</i>	27
4.4.5	Nilai pH Point of Zero Charge (pHpzc) Komposit Fe ₃ O ₄ /Kitosan/Polivinil Alkohol/SnO ₂	28
4.2.	Penentuan Kondisi Optimum Degradasi Konsentrasi Tetrasiklin oleh Komposit Fe ₃ O ₄ /Kitosan/Polivinil Alkohol/SnO ₂	29
4.2.1	Pengaruh pH.....	29
4.2.2	Pengaruh Konsentrasi.....	31
4.2.3	Pengaruh Waktu Kontak	32
4.3	Hasil <i>Total Organic Carbon (TOC)</i>	33
BAB V	KESIMPULAN	35
5.1	Kesimpulan	35
5.2	Saran.....	35
	DAFTAR PUSTAKA	376
	LAMPIRAN	43

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Struktur Tetrasiklin.....	6
Gambar 2. Struktur Lapisan antara Fe_3O_4 dan SnO_2	7
Gambar 3. Ikatan Hidrogen Molekul antara Kitosan - polivinil alkohol.....	8
Gambar 4. Difraksi Sinar X antara Atom d dan Sinar Datang.....	10
Gambar 5. Kurva Magnetisasi Fe_3O_4 dan nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SnO}_2$	12
Gambar 6. Kurva histeresis dari Fe_3O_4 ; $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Kitosan-Polivinil Alkohol}$ dan $\text{Fe}_3\text{O}_4 / \text{Kitosan} - \text{Polivinil Alkohol}/\text{SnO}_2$	21
Gambar 7. Hasil Fe_3O_4 diuji dengan magnet eksternal.....	22
Gambar 8. Hasil $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Kitosan-Polivinil Alkohol}$ diuji dengan magnet Eksternal.....	23
Gambar 9. Hasil $\text{Fe}_3\text{O}_4 / \text{Kitosan} - \text{Polivinil Alkohol}/\text{SnO}_2$ diuji Dengan Magnet eksternal.....	23
Gambar 10. Difraktogram (a.) Fe_3O_4 ; (b.) $\text{Fe}_3\text{O}_4 / \text{Kitosan} - \text{Polivinil Alkohol}$ (c.) $\text{Fe}_3\text{O}_4 / \text{Kitosan} - \text{Polivinil Alkohol}/\text{SnO}_2$	24
Gambar 11. Morfologi (a.) Fe_3O_4 ; (b.) $\text{Fe}_3\text{O}_4 / \text{Kitosan} - \text{Polivinil Alkohol}$ (c.) $\text{Fe}_3\text{O}_4 / \text{Kitosan} - \text{Polivinil Alkohol}/\text{SnO}_2$	26
Gambar 12. Band gap (a.) Fe_3O_4 ; (b.) $\text{Fe}_3\text{O}_4 / \text{Kitosan} - \text{Polivinil Alkohol}$ (c.) $\text{Fe}_3\text{O}_4 / \text{Kitosan} - \text{Polivinil Alkohol}/\text{SnO}_2$	26
Gambar 13. Kurva pH _{pzc} $\text{Fe}_3\text{O}_4 / \text{Kitosan} - \text{Polivinil Alkohol}/\text{SnO}_2$	29
Gambar 14. Kurva Persentase Degradasi Tetrasiklin berdasarkan Variasi pH.....	30
Gambar 15. Kurva Persentase Degradasi Tetrasiklin berdasarkan Variasi Konsentrasi.....	32
Gambar 16. Kurva Persentase Degradasi Tetrasiklin berdasarkan Variasi Waktu penyinaran	39

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Sudut 2θ berdasarkan JCPDS dan ukuran partikel.....	25
Tabel 2. Unsur-unsur Penyusun Fe_3O_4 ; Fe_3O_4 /Kitosan-Polivinil Alkohol dan Fe_3O_4 /Kitosan-Polivinil Alkohol/ SnO_2	27
Tabel 3. Hasil Karakterisasi TOC tetrasiklin sebelum dan sesudah degradasi.....	34

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Diagram Alir Prosedur Penelitian	44
Lampiran 2. Reaksi Pembentukan Fe ₃ O ₄	47
Lampiran 3. Hasil Karakterisasi Menggunakan VSM Fe ₃ O ₄ ; Fe ₃ O ₄ Kitosan-Polivinil Alkohol dan Fe ₃ O ₄ / Kitosan – Polivinil Alkohol /SnO ₂	48
Lampiran 4. Hasil Karakterisasi Menggunakan XRD Fe ₃ O ₄ ; Fe ₃ O ₄ KitosaN-Polivinil Alkohol dan Fe ₃ O ₄ / Kitosan – Polivinil Alkohol /SnO ₂	49
Lampiran 5. Hasil Karakterisasi Menggunakan SEM-EDX Fe ₃ O ₄ ; Fe ₃ O ₄ KitosaN-Polivinil Alkohol dan Fe ₃ O ₄ / Kitosan – Polivinil Alkohol /SnO ₂	55
Lampiran 6. Hasil Karakterisasi Menggunakan UV-VIS DRS Fe ₃ O ₄ ; Fe ₃ O ₄ KitosaN-Polivinil Alkohol dan Fe ₃ O ₄ / Kitosan – Polivinil Alkohol /SnO ₂	58
Lampiran 7. Penentuan pH _{pzc} (<i>Point Zero Charge</i>) komposit Fe ₃ O ₄ Kitosan- PolivinilAlkohol / SnO ₂	62
Lampiran 8. Penentuan Panjang Gelombang Tetrasiklin	63
Lampiran 9. Penentuan Kurva Kalibrasi Tetrasiklin.....	64
Lampiran 10. Penentuan Kondisi Optimum Degradasi Tetrasiklin Dengan variasi pH menggunakan Komposit Fe ₃ O ₄ Kitosan- Polivinil Alkohol/SnO ₂	65
Lampiran 11. Penentuan Kondisi Optimum Degradasi Tetrasiklin Dengan variasi Konsentrasi menggunakan Komposit Fe ₃ O ₄ /Kitosan-Polivinil Alkohol/SnO ₂	68
Lampiran 12. Penentuan Kondisi Optimum Degradasi Tetrasiklin dengan Variasi Waktu penyinaran menggunakan Komposit Fe ₃ O ₄ Kitosan-Polivinil Alkohol/SnO ₂	71
Lampiran 13. Pehitungan <i>Total Organic Carbon</i> (TOC)	74
Lampiran 14. Gambar Penelitian.....	75

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Maraknya penggunaan antibiotik memberi dampak terhadap negatif terhadap pencemaran lingkungan. Hal ini dikarenakan limbah sisa penggunaan antibiotik tidak dapat terdegradasi dengan baik sehingga mengakibatkan terjadinya pencemaran lingkungan (Kumar *et al.*, 2019). Antibiotik seperti tetrasiklin ($C_{22}H_{24}N_2O_8$) sedang menarik perhatian dunia karena fungsinya yang luas serta dapat mengobati infeksi bakteri, termasuk infeksi saluran pernapasan, infeksi kulit, dan infeksi mata pada manusia dan hewan. Antibiotik bekerja dengan cara membunuh atau memperlambat pertumbuhan bakteri penyebab infeksi tersebut. (Liu *et al.*, 2012). Pada bidang peternakan tetrasiklin digunakan untuk pengobatan dengan cara dimasukkan ke dalam pakan ternak sebagai pemacu pertumbuhan hewan ternak (Chinchilla & Rodriguez, 2017). Sebanyak 50-80% antibiotik sulit untuk sepenuhnya dimetabolisme pada manusia dan hewan, sehingga tetrasiklin diekresikan melalui urin dan feses (Zhang *et al.*, 2015). Jika limbah tetrasiklin tidak diolah secara efektif, maka residu antibiotik dapat menimbulkan pencemaran lingkungan dan risiko bagi kesehatan masyarakat. Residu antibiotik juga dapat masuk ke air, menyebabkan resistensi antibiotik pada bakteri di air (Pijoh *et al.*, 2021). Penelitian terhadap lingkungan telah lama berkonsentrasi pada masalah resistensi antibiotik pada mikroorganisme sebagai akibat dari residu antibiotik di lingkungan, terutama dalam perairan (Sanjayadi & Violita, 2020).

Limbah tetrasiklin telah mencemari berbagai aspek lingkungan termasuk perairan (Amangelsin *et al.*, 2023). Degradasi fotokatalitik telah menjadi solusi efektif untuk pengolahan polutan air. Penelitian di bidang pengolahan air dalam beberapa tahun terakhir telah melakukan upaya besar untuk mensintesis semikonduktor, seperti TiO_2 , MnO_2 , NiO , ZnO dan SnO_2 (Shi *et al.*, 2020). Fotokatalitik semikonduktor dianggap sebagai metode yang paling menjanjikan dan menarik untuk proses mendegradasi tetrasiklin karena potensi dari degradasinya yang baik, efisiensi yang tinggi, toksisitas rendah, biaya rendah, dan dapat digunakan berulang (Vinosel *et al.*, 2019).

Penggunaan timah dioksida (SnO_2) sebagai bahan semikonduktor tipe-n dengan *band gap* 3,5-4,5 eV (Sucahya *et al.*, 2016). Namun, SnO_2 murni memiliki kelemahan yaitu efisiensi fotokatalitiknya rendah yang disebabkan oleh nilai *band gap* yang terlalu besar. Nilai *band gap* yang besar dapat menghambat penyerapan cahaya pada proses degradasi, sehingga perlu dilakukan modifikasi dengan suatu material pendukung seperti Fe_3O_4 untuk menurunkan nilai *band gap* dari SnO_2 agar lebih efektif berinteraksi dengan cahaya tampak (Wardiyati *et al.*, 2016). Kombinasi antara SnO_2 dan Fe_3O_4 dapat meningkatkan penyerapan sinar tampak lebih efektif (Nouri & Sargolzaei, 2014).

SnO_2 tidak dapat langsung diinteraksikan dengan Fe_3O_4 , karena akan terjadi interaksi antara keduanya dan membentuk efek *dissolution*, sehingga dilakukan modifikasi permukaan melalui pemberian sebuah lapisan yang dapat menghalangi kedua senyawa terkait (Wardiyati *et al.*, 2018). Salah satu agen penghalang yang bisa dipergunakan secara baik ialah kitosan-Polivinil alkohol yang dapat melindungi Fe_3O_4 agar tidak bereaksi langsung dengan SnO_2 sehingga membentuk *core-shell*, dimana Fe_3O_4 sebagai *core* dan *shell* adalah kitosan-Polivinil alkohol sehingga SnO_2 akan terdistribusi pada *shell* (Jiménez-Gómez and Cecilia, 2020). Kitosan telah banyak dimanfaatkan sebagai adsorben dan *chelating agent* yang dapat menyerap logam berat ataupun limbah organik dalam air limbah. Kitosan mempunyai kekurangan karena memiliki kekuatan mekanik dan stabilitas kimia yang lemah sehingga perlu dilakukan modifikasi untuk meningkatkan stabilitasnya melalui reaksi silang (Nurhaeni *et al.*, 2019). Polivinil alkohol (PVA) merupakan senyawa yang dapat digunakan sebagai *crosslinker* karena memiliki stabilitas yang cukup baik dalam kondisi asam untuk proses reaksi silang (Nasution *et al.*, 2022). Karena interaksi elektrostatis dan ikatan hidrogen campuran antara kitosan dan polivinil alkohol (PVA) dapat membentuk ikatan silang sehingga kitosan dan polivinil alkohol dapat membantu proses degradasi untuk menghilangkan polutan dari air limbah seperti tetrasiklin (Nathan *et al.*, 2023).

Penelitian yang telah dilakukan oleh (Sharma *et al.*, 2022) terkait limbah tetrasiklin yang berhasil didegradasi menggunakan metode fotokatalitik

berbasis cahaya tampak atau visibel dengan penggabungan antara Cu_2O dan TiO menjadi suatu material komposit. Penelitian selanjutnya dilakukan oleh (Vargehese *et al.*, 2023) dengan pembuatan nanokomposit yang menggabungkan antara MWCNTs (*multi-walled carbon nanotubes*) dan NiFe_2O_4 dengan persen degradasi mencapai 95%. Beberapa penelitian lainnya juga menggunakan modifikasi dari penggabungan dua unsur atau lebih sehingga menghasilkan material baru berupa komposit untuk mendegradasi tetrasiklin.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka telah dilakukan penelitian sintesis komposit Fe_3O_4 /kitosan-Polivinil Alkohol/ SnO_2 . Komposit yang dihasilkan dari proses sintesis dikarakterisasikan dan dilaksanakan melalui penggunaan *Scanning Electron Microscope – Energy Dispersive Spectroscopy* (SEM-EDS), *X-Ray Diffraction* (XRD), Spektrofotometer Uv-Vis, *Vibrating Sampel Magnetometer* (VSM), *Ultraviolet – Diffuse Reflectance* (UV-DRS) serta Total Organik Karbon (TOC). Variabel fotokatalitik yang diukur diantaranya pengaruh pH, konsentrasi dan waktu kontak.

1.2 Rumusan masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana hasil sintesis dan karakterisasi komposit Fe_3O_4 /kitosan- polivinil alkohol/ SnO_2 ?
2. Bagaimana efektifitas komposit Fe_3O_4 /kitosan-polivinil alkohol/ SnO_2 dalam mendegradasi tetrasiklin berdasarkan variasi pH, konsentrasi, dan waktu kontak?
3. Bagaimana kadar organik karbon yang terkandung pada tetrasiklin sebelum dan setelah degradasi yang dianalisis menggunakan *Total Organic Carbon* (TOC) ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mensintesis Fe_3O_4 /kitosan-polivinil alkohol/ SnO_2 dan dikarakterisasi menggunakan SEM-EDS, Uv-Vis DRS, VSM dan XRD.
2. Menentukan kondisi terbaik dari komposit Fe_3O_4 /kitosan-polivinil alkohol/ SnO_2 pada proses degradasi tetrasiklin berdasarkan variasi pH, konsentrasi, dan waktu kontak.
3. Menentukan konsentrasi karbon sebelum dan setelah degradasi tetrasiklin menggunakan *Total Organic Carbon* (TOC).

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat mensintesis Fe_3O_4 /kitosan-polivinil alkohol/ SnO_2 menjadi suatu komposit. Komposit Fe_3O_4 / kitosan-polivinil alkohol / SnO_2 yang dikembangkan dapat digunakan sebagai bahan semikonduktor dalam metode fotokatalitik untuk mendegradasi tetrasiklin .

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, R., Kestriani, N. D., and Maskoen, T. T. 2016. Empirical Antibiotics in Intensive Care Unit (ICU). *Journal Anesthesia & Critical Care* .34(1): 48–56.
- Agustina, S., Swantara, I. M. D., & Suartha, I. N. 2015. Isolasi Kitin, Karakterisasi, dan Sintesis Kitosan Dari Kulit Udang. *Jurnal Kimia*.9 (2): 271–278.
- Ajabshir, S. ., and Niasari, M. . 2019. Preparation of magnetically retrievable CoFe_2O_4 , SiO_2 , Ce_2O_7 nanocomposites as photocatalyst for highly efficient degradation of organic contaminants. *Journal of Composites Engineering*. 174 (5): 1-7.
- Alfarisa, S., Rifai, D. A., dan Toruan, P. L. 2018. Studi Difraksi Sinar-X Struktur Nano Seng Oksida (ZnO). *Jurnal Risalah Fisika*. 2(2) :53–57.
- Algethami, F. K., Al-Wasidi, A. S., Al-Farraj, E. S., Katouah, H. A., and Abdelrahman, E. A. 2023. Facile synthesis and characterization of Fe_3O_4 /analcime nanocomposite for the efficient removal of Cu (II) and Cd (II) ions from aqueous media. *Journal Discover Nano*. 18 (1): 2-5.
- Amangelsin, Y., Semenova, Y., Dadar, M., Aljofan, M., and Bjørklund, G. 2023. The Impact of Tetracycline Pollution on the Aquatic Environment and Removal Strategies. *Journal Antibiotics*. 12(440): 1–15.
- Andari, N. D., dan Wardhani, S. 2014. Fotokatalis TiO_2 untuk degradasi metilen biru. *Jurnal Chemistry Progress*.7(1): 9-14.
- Atmono, T. M., Prasetyowati, R., dan Kartika, A. M. R. 2015. Pembuatan Prototipe Vibrating Sample Magnetometer untuk Pengamatan Sifat Magnetik Lapisan Tipis. *jurnal Sains dan Teknologi Nuklir*. 47(40): 57–66.
- Bassim, S., Mageed, A. K., AbdulRazak, A. A., and Majdi, H. S. 2022. Green Synthesis of Fe_3O_4 Nanoparticles and Its Applications in Wastewater Treatment. *journal Inorganics*. 10 (12):27.
- Bhagat, M. M., Lokhande, D. P. B., and Mujawar, D. H. A. 2017. Photocatalytic Degradation of Carcinogenic Rhodamine 6G Dye By Strontium and Tin Doped Cadmium Sulphide Nanoparticles. *International Journal of Research Publications in Engineering and Technology*.3(6): 2454–7875.
- Bhagwat, A. D., Sawant, S. S., Ankamwar, B. G., and Mahajan, C. M. 2015. Synthesis of nanostructured tin oxide (SnO_2) powders and thin films by sol-gel method. *Journal of Nano- and Electronic Physics*. 7(4) : 7–10.
- Chen, Y. jin, Gao, P., Wang, R. X., Zhu, C. L., Wang, L. J., Cao, M. S., & JIN, H. B. 2009. properties of Fe_3O_4 / SnO_2 core shell nanorods: Synthesis and Electromagnetic Properties. *Journal of Applied Surface Science*. 113(11) :10061–10066.

- Chinchilla, F. G & Rodriguez, C. 2017. Tetracyclines in Food and Feedingstuffs : From Regulation to analytical Methods, Bacterial Resistance and Environmental and Health Implications. *Journal Of Analytical Methods in Chemistry*. 1(24): 11-13.
- Dewi, S. H., dan Ridwan. 2012. Sintesis Dan Karakterisasi Nanopartikel Fe₃O₄ Magnetik Untuk Adsorpsi Kromium Heksavalen. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 13(2): 136–140.
- Dompeipen, E. ., Kaimudin, M., dan Dewa, R. P. 2016. Isolasi Kitin dan Kitosan dari Limbah Cangkang Udang. *Jurnal sains dan teknologi*. 12(1): 32–39.
- Dony, N., Azis, H., dan Syukri. 2013. Studi Fotodegradasi Biru Metilen Di Bawah Sinar Matahari Oleh ZnO- SnO₂ Yang Dibuat Dengan Metoda Solid State Reaction. *Jurnal Prosiding Semirata*. 1(2): 297–303.
- Eka, Ermawati, D., dan Prastyo Adi, L. 2023. Pengaruh Konsentrasi Polivinil Alkohol terhadap Sifat Fisik dan Kimia Sediaan Peel-off Mask Ekstrak Etanol Kayu Secang (*Caesalpinia sappan* L.). *Journal of Applied Agriculture* 02(01): 43–53.
- Fahyuan, H. D., Deswardani, F., Nurhidayah, N., Afrianto, M. F., Heriansyah, H., Nazaruddin, N., and Nelson, N. 2021. The effect of doping variation on band gap energy and crystal structure of Biochar/TiO₂ thin layer. *Journal of Physics Conference Series*. 1731(1): 5-9.
- Ganeshan, S., and Vijayalakshmi, R. 2019. Synthesis, Structural and Optical studies of SnO₂ nanoparticles by Chemical precipitation method. *International Journal of Science and Engineering* 13(1): 24–27.
- Gebreslassie, G., Bharali, P., Chandra, U., Sergawie, A., Baruah, P. K., Das, M. R., and Alemayehu, E. 2019. Hydrothermal Synthesis of C₃N₄/NiFe₂O₄ Nanocomposite and Its Enhanced Photocatalytic Activity. *Journal of Applied Organometallic Chemistry*. 33(8): 1–12.
- Hariani, P. L., Said, M., Rachmat, A., Salni, S., Aprianti, N., and Amatullah, A. F. 2022. Synthesis of NiFe₂O₄/SiO₂/NiO Magnetic and Application for the Photocatalytic Degradation of Methyl Orange Dye under UV Irradiation. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering and Catalysis*. 17(4) : 699–711.
- Hariani, P. L., Said, M., Salni, Rachmat, A., Aprianti, N., and Sthephanie, E. A. 2023. Synthesis of Fe₃O₄ / SiO₂ /NiO magnetic composite: Evaluation of its catalytic activity for methylene blue degradation. *Global Nest Journal*. 25(2): 36–43.
- Imawanti, Y. D., Doyan, A., dan Gunawan, E. R. (2017). Sintesis Lapisan Tipis (Thin Film) SnO₂ dan SnO₂:Al Menggunakan Teknik Sol-Gel Spin Coating Pada Substrat Kaca Dan Quartz. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*.3(1): 2-4.
- Indrayana, I. putu T. 2019. Review Fe₃O₄ Dari Pasir Besi : Sintesis, Karakterisasi, Dan Fungsional Hingga Aplikasinya Dalam Bidang Nanoteknologi Maju.

Jurnal UNIERA. 8(2) : 65–75.

- Indriani, D., Fahyuan, H. D., dan Ngatijo, N. 2018. Uji UV-VIS Lapisan TiO₂/N₂ Untuk Menentukan Band Gap Energy. *Journal Online of Physics*. 3(2): 6–10.
- 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) : 1-4.
- Jiménez-Gómez, C. P., and Cecilia, J. A. 2020. Chitosan: A Natural Biopolymer with a Wide and Varied Range of Applications. *Molecules Journal*. 25(17): 2-15.
- Jumardin, Maddu, A., Santoso, K., dan Isnaeni. 2022. Karakteristik Sifat Optik Nanopartikel Karbon (Carbon Dots) Dengan Metode Uv-Vis Drs (Ultraviolet-Visible Diffuse Reflectance Spectroscopy). *JFT: Jurnal Fisika Dan Terapannya*. 9(1): 1–15.
- Koe, W. S., Lee, J. W., Chong, W. C., Pang, Y. L., and Sim, L. C. 2020. An overview of photocatalytic degradation: photocatalysts, mechanisms, and development of photocatalytic membrane. *Environmental Science and Pollution Research*. 27(3): 2522–2565.
- Kouchak, M., Ameri, A., Naseri, B., and Kargar Boldaji, S. 2014. Chitosan and polyvinyl alcohol composite films containing nitrofurazone: Preparation and evaluation. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences*. 17(1): 14–20.
- Kumar, M., Jaiswal, S., Sodhi, K. K., Shree, P., Singh, D. K., Agrawal, P. K., and Shukla, P. 2019. Antibiotics bioremediation: Perspectives on its ecotoxicity and resistance. *Environment International journal*. 124(43): 448–461.
- Kustomo. 2020. Uji karakterisasi dan mapping magnetit nanopartikel terlapisi asam humat dengan Scanning Electron Microscope – Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX). *Indonesian Journal of Chemical Science*. 9(3): 149–153.
- Liu, H., Yang, Y., Kang, J., Fan, M., and Qu, J. 2012. Removal of tetracycline from water by Fe-Mn binary oxide. *Journal of Environmental Sciences*. 24(2): 242–247.
- Mano, T., Nishimoto, S., Kameshima, Y., and Miyake, M. 2015. Water treatment efficacy of various metal oxide semiconductors for photocatalytic ozonation under UV and visible light irradiation. *Chemical Engineering Journal*. 264(24): 221–229.
- Manurung, P. L., Wibowo, R. C., and Dewanto, O. 2021. Total Organic Carbon (TOC) Value Prediction in Source Rock Potential at North East Java Basin, Indonesia. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*. 6(3): 147–151.
- Merdekani, S. 2013. Sintesis Partikel Nano Komposit Fe₃O₄/SiO₂ Dengan Metode Kopersipitasi. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Nuklir*. 2(2): 3–4.

- Mursal, lin L. P. 2017. Karakterisasi Xrd Dan Sem Pada Material Nanopartikel Serta Peran Material Nanopartikel Dalam Drug Delivery System. *Jurnal Sains Dan Ilmu Farmasi*. 3(2): 214–221.
- Mustari, Evi, J., Noor, A., Rafsanjani, R. A., and Tiandho, Y. 2019. Green-synthesis of CuO-doped SnO₂ nanoparticles using pelawan (*Tristanopsis merguensis*) leaf extract. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 353(1): 1–5.
- Nada, E. A., El-Maghrabi, H. H., Raynaud, P., Ali, H. R., El-Wahab, S. A., Sabry, D. Y., Moustafa, Y. M., and Nada, A. A. 2022. Enhanced Photocatalytic Activity of WS₂/TiO₂ Nanofibers for Degradation of Phenol under Visible Light Irradiation. *journal of Inorganics*. 10(4): 2–10.
- Naimah, S., Ardhanie, S. A., dan Jati, D. 2014. Degradasi Zat Warna Pada Limbah Cair Industri Tekstil Dengan Metode Fotokatalitik Menggunakan Komposit TiO₂ – Zeolit. *Jurnal Kimia Kemasan*. 36(2): 225–236.
- Nasution, H., Harahap, H., Dalimunthe, N. F., Ginting, M. H. S., Jaafar, M., Tan, O. O. H., Aruan, H. K., and Herfananda, A. L. 2022. Hydrogel and Effects of Crosslinking Agent on Cellulose-Based Hydrogels: A Review *Journal of Gels*. 8(9): 1-4.
- Nathan, K. G., Genasan, K., and Kamarul, T. 2023. Polyvinyl Alcohol-Chitosan Scaffold for Tissue Engineering and Regenerative Medicine Application *Journal of Review Marine Drugs*. 21(5): 1–18.
- Nouri, A., and Sargolzaei, J. 2014. Removal of Phenol Dyes Using a Photocatalytic Reactor with SnO₂ /Fe₃O₄ Nanoparticles. *Journal of Dispersion Science and Technology*. 35(7): 1031–1039.
- Nurhaeni, Hardianti, D., Hardi, J., Diharnaini, D., dan Khairunnisa, K. 2019. Recovery Remazol Yellow Menggunakan Gel Kitosan Tertaut Silang Glutaralhid. *Jurnal Riset Kimia*. 4(3): 254-261.
- Nurhasnawati, H., Jubaidah, S., dan Elfia, N. 2017. Penentuan Kadar Residu Tetrasiklin HCl pada Ikan Air Tawar yang Beredar di Pasar Segiri Menggunakan Spektrofotometri Ultra Violet. *Jurnal Ilmiah Manuntung* 2(2): 173-175.
- Oktianti, D., dan Hati, A. K. 2023. Edukasi Penggunaan Antibiotik pada Siswa di SMK Nusapersada dan SMK Bhakti Nusantara untuk Mencegah Terjadinya Resistensi. *Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia* 3(4): 1181–1186.
- Oluwole, A. O., and Olatunji, O. S. 2022. Photocatalytic degradation of tetracycline in aqueous systems under visible light irradiation using needle-like SnO₂ nanoparticles anchored on exfoliated g-C₃N₄. *Environmental Sciences Europe*. 34(1): 2-5.
- Ompusunggu, H. E. S. 2020. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Perilaku Penggunaan Antibiotik Tanpa Resep Pada Mahasiswa/I Universitas HKBP

- Nommensen Medan. *Nommensen Journal of Medicine*. 5(2): 48–51.
- Paramarta, V., Kristianto, Y., Taufik, A., and Saleh, R. 2017. Improve sonocatalytic performance using modified semiconductor catalyst SnO₂ and ZrO₂ by magnetite materials. *International Journal of Symposium on Current Progress in Functional Materials*. 755(1): 2–7.
- Permana, B., Saragi, T., Saputri, M., Safriani, L., Rahayu, I., dan Risdiana. 2017. Sintesis Nanopartikel Magnetik Dengan Metode Kopresipitasi. *Jurnal Material Dan Energi Indonesia*. 7(02): 17.
- Pijoh, J. E. E., Palandeng, H. M. F., dan Ottay, R. I. 2021. Gambaran kandungan antibiotik pada sedimen kawasan pesisir teluk Manado. *jurnal sains dan teknologi*. 9(2): 341–345.
- Ramli, R., Yulfriska, N., Darvina, Y., Yulkifli, Y., Sanjaya, E., dan Hartono, A. 2018. Struktur Mikro dan Sifat Magnetik dari Lapisan Tipis Nanokomposit Fe₃O₄/PVDF. *Spektra: Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*. 3(3): 143–150.
- Reghioua, A., Barkat, D., Jawad, A. H., and Saud, A. 2021. Synthesis of Schiff 's base magnetic crosslinked chitosan-glyoxal / ZnO / Fe₃O₄ nanoparticles for enhanced adsorption of organic dye: Modeling and mechanism study. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*. 2(1): 100379.
- Sanjayadi, dan Violita, L. B. 2020. Penetapan Kadar Tetrasiklin dalam Air Limbah dengan High Performance Liquid Chromatography-Photodiode Array Detector (HPLC-PDA). *Jurnal Farmasi Galenika*. 6(2): 237–242.
- Setiawan Mohar, R., Soewoto, H. P., dan Garinas, W. 2021. Tinjauan Penggunaan Material Fotokatalis untuk Peningkatan Reaksi Degradasi Sianida. *Jurnal Rekayasa Pertambangan*. 1(1): 34–36.
- Sharma, M., Mandal, M. K., Pandey, S., Kumar, R., & Dubey, K. K. 2022. Visible-Light-Driven Photocatalytic Degradation of Tetracycline Using Heterostructured Cu₂O-TiO₂ Nanotubes, Kinetics, and Toxicity Evaluation of Degraded Products on Cell Lines. *Journal Of ACS Omega*. 7(37): 33572–33586.
- Shi, H., Wu, Q., Jiang, L., Wang, L., Huang, M., Han, B., Yu, Z., and Zuo, Y. 2020. Synthesis of SnO₂ hollow microspheres with efficient photocatalytic activity for tetracycline hydrochloride. *International Journal of Electrochemical Science*. 15(2): 1539–1547.
- Sistesya, D., dan Sutanto, H. 2013. Sifat Optis Lapisan ZnO:Ag yang Dideposisi di atas Substrat Kaca Menggunakan Metode Chemical Solution Deposition (CSD) dan Aplikasinya pada Degradasi Zat Warna Methylene Blue. *Youngster Physics Journal*. 1(4) : 71–80.
- Sucahya, T. N., Permatasari, N., dan Nandiyanto, A. B. D. 2016. Fotokatalisis untuk Pengolahan Limbah Cair. *Jurnal Integrasi Proses*. 6(1): 1–15.
- Sugiyana, D., dan Notodarmojo, S. 2015. Studi Mekanisme Degradasi Fotokatalitik

- Zat Warna Azo Acid Red 4 Menggunakan Katalis Mikropartikel TiO_2 . *Jurnal Arena Tekstil*. 30(2): 83–94.
- Sujatno, A., Salam, R., Bandriyana, B., & Dimiyati, A. 2015. Studi Scanning Electron Microscopy (Sem) Untuk Karakterisasi dan Proses Oksidasi Paduan dengan Zirkonium. *Jurnal Forum Nuklir*. 9(1): 44-46.
- Susi Susilawati, Taufik M. Fakhri, & Bertha Rusdi. 2023. Identifikasi Struktur Pada Antibiotika Golongan Tetrasiklin Yang Memberikan Efek Toksik Dengan Uji In-Silico. *Jurnal Bandung Conference Series: Pharmacy*. 2(1) : 441–449.
- Taib, S., dan Suharyadi, E. 2015. Sintesis Nanopartikel Magnetite (Fe_3O_4) dengan Template silika (SiO_2) dan Karakterisasi Sifat Kemagnetannya. *Indonesian Journal of Applied Physics*. 5(01): 23.
- Tariq, S., Rizvi, S. F. A., and Anwar, U. 2018. Tetracycline: Classification, Structure Activity Relationship and Mechanism of Action as a Theranostic Agent for Infectious Lesions-A Mini Review. *Biomedical Journal of Scientific and Technical Research*. 7(2): 5787–5796.
- Tebriani, S. 2019. Analisis Vibrating Sampel Magnetometer (VSM) Hasil Elektrodeposisi Lapisan Tipis Magnetite Menggunakan Aruscontinue Direct Current. *Natural Science Journal*. 5(1): 722–730.
- Umboh, M. K., Arungradang, T. A. R., Davidson, B., Teknik, J., Universitas, M., dan Ratulangi, S. 2021. Analisis Komposisi Kimia Plat Rantai Yamaha Mx 135 Menggunakan Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (Eds). *Jurnal Teknologi dan Mesin*. 7(1): 30–34.
- Utami, A. R., dan Wulandari, C. N. 2020. Verifikasi metode pengujian Total Organic Carbon (TOC) dalam air limbah kegiatan minyak dan gas dengan menggunakan TOC analyzer. *Jurnal Prosiding Seminar Nasional Kimia*. 2(4): 258-267.
- Varghese, D., Joe Raja Ruban, M., Joselene Suzan Jennifer, P., AnnieCanisius, D., Chakko, S., Muthupandi, S., Madhavan, J., & Victor Antony Raj, M. 2023. Comprehensive analysis of $\text{NiFe}_2\text{O}_4/\text{MWCNTs}$ nanocomposite to degrade a healthcare waste - tetracycline. *Journal Of RSC Advances*. 13(40): 28339–28361.
- Vinosel, V. M., Anand, S., Janifer, M. A., Pauline, S., Dhanavel, S., Praveena, P., & Stephen, A. (2019). Enhanced photocatalytic activity of $\text{Fe}_3\text{O}_4 / \text{SnO}_2$ magnetic nanocomposite for the degradation of organic dye. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*. 30(10): 9663–9677.
- Wang, J., D, J., MacNeil, and Kay, J. F. 2012. Antibiotics: Groups and Properties. *Journal of Chemical Analysis of Antibiotic Residues in Food*. 2(2): 75–79.
- Wardiyati, S., Ari Adi, W., & Winatapura, D. S. 2018. Sintesis dan Karakterisasi Microwave Absorbing Material Berbasis Ni- SiO_2 dengan Metode Sol-Gel. *Jurnal Fisika*. 8(2): 51–59.

- Wardiyati, S., Adi, W.A Dan Winatapura, D.S. 2016. Pengaruh Penambahan SiO₂ Terhadap Karakteristik dan Kinerja Fotokatalitik Fe₃O₄/TiO₂ Pada Degradasi Methylene Blue, *Jurnal Kimia Kemasan*, 38 (1): 32-39.
- Wulandari, I. O., Rahayu, L. B., Riva'i, I., Sulistyarti, H., dan Sabarudin, A. 2021. Sintesis Dan Karakterisasi Nanopartikel Fe₃O₄ Termodifikasi Biokompatibel Polimer Serta Potensinya Sebagai Penghantar Obat. *The Indonesian Green Technology Journal*. 2(4): 1–8.
- Wulandari, I. O., Sabarudin, A., dan Santjojo, D. H. D. J. 2016. Pembuatan Nanopartikel Kitosan- Fe₃O₄ secara Kopersipitasi Ex-Situ menggunakan Tripolyphosphate/Sulfat sebagai Crosslinker dan Karakterisasinya Menggunakan XRD. *journal of Natural*. 3(3): 205–212.
- Yang, S., Zong, P., Ren, X., Wang, Q., and Wang, X. 2012. Rapid and highly efficient preconcentration of Eu (III) by core-shell structured Fe₃O₄ Humic acid magnetic nanoparticles. *ACS Applied Materials and Interfaces*.4(12): 6891–6900.
- Zandipak, R., & Sobhanardakani, S. 2018. Novel mesoporous Fe₃O₄/SiO₂/CTAB–SiO₂ as an effective adsorbent for the removal of amoxicillin and tetracycline from water. *Journal of Clean Technologies and Environmental Policy*. 20(4) :871-885.
- Zhang, C., Tang, J., Wang, L., Gao, X., and He, X. 2015. Occurrence of antibiotics in water and sediment from zizhuyuan lake. *Polish Journal of Environmental Studies*. 24(4): 1831–1836.
- Zhu, H., Jiang, R., Fu, Y., Guan, Y., Yao, J., Xiao, L., and Zeng, G. 2012. Effective photocatalytic decolorization of methyl orange utilizing TiO₂/ZnO/chitosan nanocomposite films under simulated solar irradiation. *Journal of Desalination*. 286 (2): 41–48.