

**SINTESIS $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{Ag}$ UNTUK ADSORPSI ZAT WARNA
METILEN BIRU DAN UJI ANTIBAKTERI**

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

SKRIPSI



TIAS ANISA KEMUNING

08031181823088

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

2022

HALAMAN PENGESAHAN

**SINTESIS $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{Ag}$ UNTUK ADSORPSI ZAT WARNA
METILEN BIRU DAN UJI ANTIBAKTERI**

SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains Pada
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya**

**Diusulkan Oleh:
Tias Anisa Kemuning
08031181823088**

Indralaya, 14 November 2022

Pembimbing I



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

Pembimbing II



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

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 dengan judul “Sintesis Fe₃O₄/SiO₂/Ag Untuk Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru dan Uji Antibakteri” telah diseminarkan dihadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 25 Oktober 2022 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang telah diberikan.

Indralaya, 14 November 2022

Ketua:

1. Dr. Suheryanto, M. Si.

NIP. 196006251989031006

()

Sekretaris:

2. Dr. Addy Rachmat, M. Si.

NIP. 197409282000121001

()

Pembimbing:

1. Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M. Si.

NIP. 196808271994022001

()

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

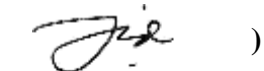
NIP. 197111191997021001

()

Penguji:

1. Widia Purwaningrum, M. Si.

NIP. 197304031999032001

()

2. Prof. Dr. Muharni, M. Si.

NIP. 196903041994122001

()

Mengetahui,

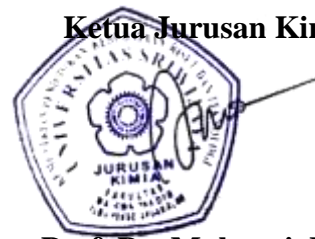
Dekan FMIPA



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 bertandatangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Tias Anisa Kemuning

Nim : 08031181823088

Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain. Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini 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, 14 November 2022

Penulis

A handwritten signature in black ink is written over a rectangular postage stamp. The stamp is light brown with a green and red design on the left side. It features the Garuda Pancasila emblem and the text 'METERAI TEMPEL' and '2BBAJX514740884'.

Tias Anisa Kemuning

NIM.08031181823088

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

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

Nama Mahasiswa : Tias Anisa Kemuning
Nim : 08031181823088
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Kimia
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “hak bebas royalti non-eksklusif” (non-exclusively royalty-free right) atas karya ilmiah saya yang berjudul: “Sintesis $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{Ag}$ Untuk Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru dan Uji Antibakteri”. 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.

Indralaya, 14 November 2022

Penulis



Tias Anisa Kemuning
NIM.08031181823088

SUMMARY
SYNTHESIS OF Fe₃O₄/SiO₂/Ag FOR METHYLENE BLUE DYE
ADSORPTION AND ANTIBACTERIAL TEST

Tias Anisa Kemuning : Supervised by Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M.Si.
and Prof. Hermansyah, M.Si., Ph. D.

Chemistry Department of Faculty of Mathematics and Natural Science, Sriwijaya
University.

xx+85 pages, 16 tables, 26 pictures, 18 attachments

The research of synthesis Fe₃O₄/SiO₂/Ag and application for adsorption of methylene blue dye and antibacterial activities has been done. Fe₃O₄ was synthesized using the coprecipitation method, Fe₃O₄/SiO₂ was performed using the sol-gel method and Fe₃O₄/SiO₂/Ag using the chemical reduction method. The Fe₃O₄/SiO₂/Ag were characterized using XRD, SEM-EDS and VSM. The XRD results show the highest peak at $2\theta = 35.55^\circ$ with a crystal size 9.985 nm. The SEM-EDS results show composite surface uneven and the least distribution Si and Ag on the surface with constituent elements Fe (45.43%), O (37.63%), Si (0.77%), Ag (4.64%). The saturation magnetization of Fe₃O₄/SiO₂/Ag composite has value of 54.697 emu/g. The pH_{zpc} composite results are at pH 7.8. The optimum condition of Fe₃O₄/SiO₂/Ag adsorption against methylene blue was at pH 11 with a concentration 50 mg/L and contact time 60 minutes with an adsorption effectiveness of 95.634%. The adsorption isotherm against methylene blue according to the Freundlich isotherm model with adsorption capacity (K_f) 4.386 mg/g and an n value 0.625 while adsorption kinetics according to the Pseudo second-order model with adsorption capacity (Q_e) 19.267 mg/g and k value 0.065 min⁻¹. The Fe₃O₄/SiO₂/Ag composites is able to inhibit *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* bacteria to a concentration 1.25 µg/mL with inhibition zone diameters 10.41 mm and 9.5 mm, respectively.

Fe₃O₄/SiO₂/Ag composites can be applied as adsorbents in adsorption of dyed wastewater according to the characterization data. Composites have a large magnetization value and also have superparamagnetic characteristics so that they are capable of adsorption. The composites have the ability to inhibit pathogenic bacteria *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* with good inhibition zone was produced in *Escherichia coli* bacteria.

Keyword: adsorption, antibacterial, Fe₃O₄/SiO₂/Ag composite, methylene blue dye

Citation: 100 (2005-2022).

RINGKASAN
SINTESIS Fe₃O₄/SiO₂/Ag UNTUK ADSORPSI ZAT WARNA
METILEN BIRU DAN UJI ANTIBAKTERI

Tias Anisa Kemuning : Dibimbing oleh Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani,
M.Si. dan Prof. Hermansyah, S. Si, M.Si., Ph. D.

Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas
Sriwijaya.

xx+85 halaman, 16 tabel, 26 gambar, 18 lampiran.

Penelitian mengenai sintesis Fe₃O₄/SiO₂/Ag dan aplikasinya untuk adsorpsi zat warna metilen biru serta uji aktivitas antibakteri telah dilakukan. Fe₃O₄ disintesis menggunakan metode kopresipitasi, Fe₃O₄/SiO₂ dilakukan menggunakan metode sol-gel dan Fe₃O₄/SiO₂/Ag menggunakan metode reduksi kimia. Hasil sintesis Fe₃O₄/SiO₂/Ag dikarakterisasi menggunakan XRD, SEM-EDS dan VSM. Hasil XRD menunjukkan puncak tertinggi pada $2\theta = 35,55^\circ$ dengan ukuran kristal sebesar 9,985 nm. Hasil SEM-EDS menunjukkan permukaan komposit Fe₃O₄/SiO₂/Ag yang tidak rata dan sedikitnya sebaran Si dan Ag pada permukaan dengan unsur penyusun Fe (45,43%), O (37,63%), Si (0,77%), Ag (4,64%). Nilai magnetisasi saturasi komposit Fe₃O₄/SiO₂/Ag sebesar 54,697 emu/g. Hasil pH_{pzc} komposit berada di pH 7,8. Kondisi optimum adsorpsi Fe₃O₄/SiO₂/Ag terhadap metilen biru berada di kondisi pH 11 dengan konsentrasi 50 mg/L dan waktu kontak 60 menit dengan efektivitas adsorpsi sebesar 95,634%. Isoterm adsorpsi terhadap metilen biru sesuai model isoterm Freundlich dengan kapasitas adsorpsi (K_f) sebesar 4,386 mg/g dan nilai n sebesar 0,625 sedangkan Kinetika adsorpsi sesuai model *Pseudo* orde dua dengan kapasitas adsorpsi (Q_e) sebesar 19,267 mg/g dan nilai k sebesar $0,065 \text{ min}^{-1}$. Komposit Fe₃O₄/SiO₂/Ag mampu menghambat bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* sampai pada konsentrasi 1,25 µg/mL dengan masing-masing diameter zona hambat sebesar 10,41 mm dan 9,5 mm.

Komposit Fe₃O₄/SiO₂/Ag dapat diaplikasikan sebagai adsorben dalam mengadsorpsi limbah cair zat warna sesuai data karakterisasi. Komposit memiliki nilai magnetisasi yang besar dan mempunyai karakteristik sifat superparamagnetik sehingga mampu mengadsorpsi zat warna. Komposit mampu menghambat bakteri patogen *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* dengan zona hambat yang baik dihasilkan pada bakteri *Escherichia coli*.

Kata kunci: adsorpsi, antibakteri, komposit Fe₃O₄/SiO₂/Ag, zat warna metilen biru.

Sitasi: 100 (2005-2022)

HALAMAN PERSEMBAHAN

حَسْبُنَا اللَّهُ وَنِعْمَ الْوَكِيلُ

“Cukuplah Allah (menjadi penolong) bagi kami dan Dia sebaik-baik pelindung.”

(Q.S Ali Imran: 173)

Skripsiku emang gak sat set sat set, tapi setidaknya smooth like butter

(Akun TWT-Scoups_of_suga)

Tak apa jika tidak memiliki mimpi selama masih memiliki saat-saat dimana kau merasakan bahagia.

(Paradise-BTS)

The past was honestly the best but my best is what comes next.

(Yet to Come- BTS)

Semua ada masanya

Skripsi ini sebagai tanda rasa syukurku kepada:

- 🍀 Allah SWT
- 🍀 Nabi Muhammad SAW

Kupersembahkan Skripsi ini kepada:

- 🍀 Pembimbing Tugas Akhir
- 🍀 Ayah, Ibu, Aak, Ayuk, Adek dan sekeluarga
- 🍀 Orang Terkasih (Bebeb)
- 🍀 Diri Sendiri
- 🍀 Almamater (Universitas Sriwijaya)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas berkat, rahmat, kasih sayang dan kesehatan yang telah diberikan sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi dengan judul “**Sintesis Fe₃O₄/SiO₂/Ag Untuk Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru dan Uji Antibakteri**”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains jurusan Kimia pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.

Proses pembuatan skripsi ini tidak luput dari kesulitan dan rintangan yang penulis alami. Namun terlepas dari kesulitan yang dihadapi, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak yang berperan dalam membantu penulis dari segi dukungan, moril, materil, bimbingan, saran dan nasihat sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Penulis akui skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, tetapi dari skripsi ini penulis banyak belajar hal, oleh karena itu penulis mengucapkan rasa syukur terima kasih setulus hati kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan nikmat paling baik, sehingga penulis masih menghembuskan napas dan mampu menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
2. Ibu Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariani, M. Si. dan Bapak Prof. Hermansyah, S. Si, M. Si, Ph. D. selaku pembimbing tugas akhir yang banyak memberikan masukan, dukungan dan ilmunya. Penulis mengucapkan banyak terima kasih atas kebaikan dan bantuan ibu dan bapak selama proses tugas akhir, penulis tidak akan melupakan jasa ibu dan bapak kapanpun. Penulis mohon maaf apabila selama bimbingan dengan Ibu/Bapak, Penulis kurang sopan dan banyak kekurangan.
3. Bapak Prof. Hermansyah, 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 Prof. Hermansyah, S. Si, M. Si, Ph. D. selaku pembimbing akademik yang telah banyak membantu penulis. Penulis mengucapkan banyak terima kasih atas kebaikan bapak.

6. Ibu widia purwaningrum, M. Si. dan Ibu Prof. Dr. Muharni, M. Si. selaku dosen penguji dari awal seminar sampai ke tahap sidang sarjana. Penulis mengucapkan banyak terima kasih atas kebaikan, saran dan masukan yang telah ibu berikan selama menjadi penguji Penulis.
7. Bapak Dr. Seheryanto, M. Si. dan Bapak Addy Rachmat, M. Si. selaku ketua dan sekretaris sidang sarjana Penulis. Penulis mengucapkan terima kasih atas kebaikan dan juga telah berkenan hadir saat sidang Penulis.
8. Seluruh Dosen FMIPA jurusan Kimia Universitas Sriwijaya yang telah banyak memberikan ilmu selama Penulis menjadi mahasiswi di Kimia.
9. Mbak Novi dan Kak Iin selaku admin di Kimia, terima kasih banyak telah banyak membantu Penulis dari awal sampai tahap akhir, terima kasih karena membiarkan Penulis stay terus di ruang admin sambil cerita-cerita, dan maaf kalau Penulis selalu buat mbak Nov dan Kak Iin repot.
10. Analis Kimia, Bu Yanti, Bu Yuniar dan Bu Nur. Terima kasih atas bantuannya, terutama kepada Bu Yanti yang banyak membantu Penulis dalam meminjam alat lab.
11. Analis Mikrobiologi jurusan Biologi Ibu Rosmania atau Uni, terima kasih banyak telah membantu Penulis saat ngelab di mikro, berkat Uni Penulis jadi tau cara pengerjaan terhadap bakteri, pemakaian alat di lab dan lainnya.
12. Ayah dan Ibu tercinta-ter sayang, terima kasih telah mendukung anakmu ini berkuliah walaupun secara ekonomi.... yaa gitu. Terima kasih atas ketulusan doamu, kasih sayang yang sebesar ini, sampai Penulis berada di tahap ini. Sebentar lagi... doakan anakmu ini menjadi orang yang sukses agar Penulis setidaknya membalas sedikit jeri payah kalian selama ini. Penulis mohon maaf atas kekecewaan yang sering Penulis buat, kedepannya Penulis akan lebih baik lagi untuk kalian ♥.
13. Keluarga Penulis, Aak Ejak, Aak Empik, Yuk iis dan Nita. Terima kasih telah menjadi pelengkap Penulis selama Penulis hidup. Terima kasih atas bantuan kalian untuk Penulis dan semangat yang diberikan. Terima kasih juga untuk Yuk Mely, Yuk Yus, dan Kak Faj, atas segala dukungan

semangatnya. Keponakan-keponakan Penulis Hafizh, Yuki, Vonny dan Zeezee, terima kasih sudah membuat suasana Penulis menjadi ceria ♥.

14. Lelaki terkasih Penulis, Mgs. M. Supriyadi. Terima kasih telah banyak membantu Penulis dari moril, materil dan motivasinya. Terima kasih selalu menemani Penulis setiap saat dan untuk waktu 7 tahunnya, selalu ada dalam kondisi apapun Penulis, maaf sudah banyak ngerepotin. Ayo kedepannya lebih baik lagi dan sukses bersama yah ♥.
15. Bestie dan Bestbro Penulis, Mbak Ana, Mbak Ani dan Ilham. Terima kasih telah kebersamai Penulis untuk waktu yang lama. Terima kasih karena kalian masih di sisi Penulis hingga sekarang, kebaikan kalian tidak akan Penulis lupa sampai kapanpun. Baik-buruk, suka-cita selama ini akan Penulis kenang. Untuk Mbak Ana yang sebentar lagi juga mau wisuda sukses terus kedepannya, untuk Mbak Ani sukses terus juga usahanya, semoga berkembang pesat yah, untuk ilham semangat menuju kompre, bisalah bulan Februari wisuda, ditunggu! ♥.
16. Bestie kampus Penulis *grup bareng, Anisa Fitri, Anita Andini dan Anggun Dita (triple A). terima kasih yah untuk kebersamaannya. Untuk Anisa terima kasih dari awal sudah banyak membantu Penulis dari numpang nginep, ditumpangi motor, terima kasih sudah satset gercep chat ibu puji kalo gak kita bisa-bisa kesalip yang lain. Untuk Nitak, terima kasih sudah memperlihatkan sisi gigihmu kepada Penulis, sehingga Penulis yang mudah ke *trigger* ini, tercontohkan untuk semangat terus sampai saat ini, terima kasih sudah mau di sisi dari maba yah nisa juga, salam #sobatmissqueen. Terima kasih kalian berdua sudah banyak membantu Penulis. Untuk Anggun, Penulis banyak terima kasih karena sudah mau dihinggap lalat ini dikosanmu dan dimotormu hoho. Kalo Anggun merasa terjebak di analisa karena Penulis, gakpapa yah udah terlanjur dah mau selesai juga. Tim Purple harus semangat terus demi ayang Taehyung suami kita ♥.
17. Teman seperkonsentrasi satu tim Penulis, Siti Azizah, Nurhidaya, Veronicha, Salsabila. Terima kasih atas kebersamaan kita dilab analisa, lab

anor juga dan terima kasih atas bantuan dan masukan kalian. Semoga kedepannya kita sukses yaah.

18. Anak Umang, Balqis, Desta dan Agus. Terima kasih telah menciptakan nama yang unik sekali, karena waktu maba seringnya gak ada asisten terus kita. Terima kasih untuk kebersamaannya selama ini, semoga Penulis tidak terlupakan yah.
19. Teman satu lab, Sicho, Vika, Nurul, Dinda, Galuh, Ela, Dwi Hamel, Iqbal Surya dan Aini. Terima kasih atas kebersamaan kita di lab analisa.
20. Teman seperlemburan selama ngelab, Siti Solecha dan Tiara ada Irene juga, Terima kasih atas kebersamaannya, sukses terus. Untuk Restri si anak antibakteri, makasih sudah banyak membantu Penulis dalam perantibakterian.
21. Teman saat maba, Devi, Rolis, Jessi, Ela. Terima kasih mau berteman dengan Penulis dari awal pk2.
22. Bestie SMA Penulis, Nendis, Fadila dan Aulia. Terima kasih untuk kebersamaannya saat-saat SMA.
23. Teman-teman satu angkatan 2018, yang tidak bisa disebut satu persatu, terima kasih untuk kebersamaannya. Kompak terus kedepannya.
24. Kak wid as kasuh Penulis, terima kasih sudah banyak membantu Penulis saat maba.
25. Kakak-kakak Hidrogen yang tidak bisa disebut satu persatu. Kak Apres, Kak Oik dan Kak Alfan, terima kasih atas pembelajaran kepengurusahn selama satu periode lalu. Terima kasih untuk setiap masukan dan saran selama Penulis menjadi pengurus. Juga teman seangkatan di Hidrogen terima kasih untuk waktu dan kebersamaannya.
26. Teman sejadwal seminar dengan Penulis, ada Lidya, Nanda, Reza, Fira, Bening, Iqbal Rifki, Iren Martha, Kak Nad dan semua yang tidak bisa disebut satu persatu, semangat pemberkasan.
27. Teman-teman SMA (Radeon) dan teman-teman Sd (6A) Penulis yang masih ingat dengan Penulis.
28. Kakak tingkat angkatan 2015-2017 serta adik tingkat angkatan 2019-2022 yang tidak bisa disebut satu persatu serta adik asuh Penulis.

29. Teman seperlorong amal, Ada Rizki, Raja, Dani.
30. Orang-orang baik yang mengenal Penulis sampai sekarang.
31. Tujuh Ayang Penulis, 방탄소년단(BTS). Kim Namjoon, Kim Seokjin, Min Yoongi, Jung Heosok, Park Jimin, Kim Taehyung dan Jeon Jungkook, Penulis sangat-sangat berterima kasih atas semua karya kalian, berkat itu Penulis selalu semangat menjalani hari-hari dari awal menjadi maba sampai saat ini. Kalian luar biasa, karya kalian luar biasa. Terus ciptakan karya yang indah ya sayang. Jangan lupa untuk kembali pada tahun 2025, Apobangpo♥
32. Ayang-ayang baru Penulis Seventeen (SVT) yang tidak bisa disebut, karena kalian banyak ehehe. Penulis menemukan kalian baru-baru ini, berkat lagu-lagu kalian Penulis tambah bersemangat menjalani hari menuju pemberhentian akhir dari perkuliahan ini. Terus ciptakan karya yang keren yah svtku♥.
33. And last, si pembuat skripsi ini. Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada diri Penulis, karena sudah mau bertahan di jurusan ini, bertahan untuk terus semangat bernapas, sudah mau banyak belajar hal, kamu hebat, kamu keren untuk dirimu sendiri. Akhirnya penantian untuk waktu ini telah tergapai, semua ketakutan telah terlewati begitu saja. Kedepannya semoga lebih baik dan sukses yah, dan Happy Birthday, hari ini tepat di tanggal itu. Semoga di usia di tahun 2022 ini bisa menjadi pribadi yang lebih baik lagi ♥.

Indralaya, 4 November 2022

Penulis♥

DAFTAR ISI

	Halaman
COVER	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iii
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
SUMMARY	vi
RINGKASAN	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Limbah Industri Tekstil	5
2.2 Zat Warna Metilen Biru	5
2.3 Besi (II, III) Oksida (Fe_3O_4)	6
2.4 Silikon Dioksida (SiO_2)	7
2.5 Perak (Ag).....	8
2.6 Adsorpsi	9
2.7 Isoterm Adsorpsi.....	9
2.8 Kinetika Adsorpsi	11

2.9 Spektrofotometri UV-VIS.....	12
2.10 X-Ray Diffraction (XRD).....	13
2.11 Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy (SEM-EDS).....	15
2.12 Vibrating Sample Magnetometer (VSM).....	16
2.13 pH Point Zero Charge (pHpzc).....	17
2.14 Uji Antibakteri.....	17

BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....

Error! Bookmark not defined.19	
3.1 Waktu dan Tempat.....	19
3.2 Alat dan Bahan.....	19
3.2.1 Alat.....	19
3.2.2 Bahan.....	19
3.3 Prosedur Penelitian.....	20
3.3.1 Sintesis Nanomagnetik Fe ₃ O ₄	20
3.3.2 Sintesis Nanomagnetik Fe ₃ O ₄ /SiO ₂	20
3.3.3 Sintesis <i>Core-Shell</i> Nanomagnetik Fe ₃ O ₄ /SiO ₂ /Ag.....	
Error! Bookmark not defined.20	
3.4 Karakterisasi.....	21
3.4.1 X-Ray Diffractometer (XRD).....	21
3.4.2 Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDS).....	21
3.4.3 Vibrating Sample Magnetometer (VSM).....	21
3.5 Penentuan pH Point Zero Charge.....	21
3.6 Penentuan Konsentrasi Zat Warna Metilen Biru.....	22
3.6.1 Pembuatan Larutan Stok Standar Metilen Biru 1000 ppm	22
3.6.2 Penentuan Kurva Kalibrasi Zat Warna Metilen Biru.....	22
3.7 Penentuan Kondisi Optimum Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru	22
3.7.1 Pengaruh pH.....	22
3.7.2 Penentuan Konsentrasi Zat Warna.....	22
3.7.3 Pengaruh Waktu Kontak.....	22
3.8 Pengujian Antibakteri.....	23

3.8.1 Sterilisasi Alat	23
3.8.2 Pembuatan Media Tumbuh <i>Nutrient Agar</i> (NA).....	23
3.8.3 Kultur Bakteri.....	23
3.8.4 Suspensi Bakteri Uji.....	23
3.8.5 Uji Antibakteri.....	24
3.9 Analisis Data.....	24
3.9.1 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	24
3.9.2 <i>Scanning Electron Miscroscopy-Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy</i> (SEM-EDS).....	24
3.9.3 <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM)	24
3.9.4 Uji Antibakteri.....	24
3.9.5 Isoterm dan Kinetika Adsorpsi Metilen Biru	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Hasil Sintesis Fe ₃ O ₄	26
4.2 Hasil Sintesis Fe ₃ O ₄ /SiO ₂	26
4.3 Hasil Sintesis Fe ₃ O ₄ /SiO ₂ /Ag	27
4.4 Karakterisasi Material.....	28
4.4.1 Hasil Karakterisasi Fe ₃ O ₄ , Fe ₃ O ₄ /SiO ₂ dan Fe ₃ O ₄ /SiO ₂ /Ag dengan XRD	28
4.4.2 Hasil Karakterisasi Fe ₃ O ₄ , Fe ₃ O ₄ /SiO ₂ dan Fe ₃ O ₄ /SiO ₂ /Ag dengan SEM-EDS	30
4.4.3 Hasil Karakterisasi Fe ₃ O ₄ , Fe ₃ O ₄ /SiO ₂ dan Fe ₃ O ₄ /SiO ₂ /Ag dengan VSM.....	32
4.5 pH Point Zero Charge (pH PZC) Komposit Fe ₃ O ₄ /SiO ₂ /Ag	Erro
.....	r! Bookmark not defined.
4.6 Penentuan Kondisi Optimum Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru	34
4.6.1 Pengaruh pH	34
4.6.2 Kondisi Optimum Adsorpsi Variasi Konsentrasi.....	36
4.6.3 Kondisi Optimum Adsorpsi Variasi Waktu Kontak.....	37
4.7 Hasil Penentuan Isoterm Adsorpsi Komposit Fe ₃ O ₄ /SiO ₂ /Ag Terhadap Zat Warna Metilen Biru	38

4.8 Hasil Penentuan Kinetika Adsorpsi Komposit Fe ₃ O ₄ /SiO ₂ /Ag Terhadap Zat Warna Metilen Biru	39
4.9 Hasil Uji Antibakteri pada Komposit Fe ₃ O ₄ /SiO ₂ /Ag	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	44
5.1 Kesimpulan	44
5.2 Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	445
LAMPIRAN.....	54
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	85

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Struktur Senyawa Metilen Biru	6
Gambar 2.	Struktur Kristal Fe_3O_4	
	7Error! Bookmark not defined.	
Gambar 3.	Struktur SiO_2	8
Gambar 4.	Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Satu.....	
	11Error! Bookmark not defined.	
Gambar 5.	Kinetika Adsorpsi Pseudo Dua	12
Gambar 6.	Hasil Karakterisasi XRD pada $Fe_3O_4/SiO_2/Ag$	13
Gambar 7.	a. SEM Fe_3O_4 , b. EDS Fe_3O_4	16
Gambar 8.	Kurva Histeristik Fe_3O_4 , Fe_3O_4/SiO_2 , $Fe_3O_4/SiO_2/Ag$	17
Gambar 9.	Hasil sintesis Fe_3O_4 diuji dengan magnet eksternal	26
Gambar 10.	Hasil sintesis Fe_3O_4/SiO_2 diuji dengan magnet eksternal	27
Gambar 11.	Hasil sintesis $Fe_3O_2/SiO_2/Ag$ diuji dengan magnet eksternal	27
Gambar 12.	Difraktogram (a) Fe_3O_4 , (b) Fe_3O_4/SiO_2 dan (c) $Fe_3O_4/SiO_2/Ag$	28
Gambar 13.	Morfologi SEM dengan perbesaran 10.000x a. Fe_3O_4 , b. Fe_3O_4/SiO_2 , c. $Fe_3O_4/SiO_2/Ag$	31
Gambar 14.	Morfologi SEM dengan mapping dispersi logam pada komposit $Fe_3O_4/SiO_2/Ag$	31
Gambar 15.	Kurva Histeresis (a) Fe_3O_4 , (b) Fe_3O_4/SiO_2 , (c) $Fe_3O_4/SiO_2/Ag$	33
Gambar 16.	Grafik pH _{pzc} komposit $Fe_3O_4/SiO_2/Ag$	34
Gambar 17.	Grafik kondisi optimum adsorpsi variasi pH.....	35
Gambar 18.	Grafik kondisi optimum adsorpsi variasi konsentrasi.....	36
Gambar 19.	Grafik kondisi optimum adsorpsi variasi waktu kontak	37
Gambar 20.	Hasil uji antibakteri $Fe_3O_4/SiO_2/Ag$ (a) <i>Escherichia coli</i> , (b) <i>Staphylococcus aureus</i>	41
Gambar 21.	Grafik panjang gelombang maksimum metilen biru	69
Gambar 22.	Grafik kurva kalibrasi metilen biru.....	70
Gambar 23.	Grafik model isoterm Freundlich.....	75
Gambar 24.	Grafik model Isoterm Langmuir	76
Gambar 25.	Model kinetika <i>pseudo</i> orde satu	78

Gambar 26.	Model kinetika <i>pseudo</i> orde dua.....	79
------------	--	----

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Data JCPDS Nanokomposit Fe ₃ O ₄ /SiO ₂ /Ag.....	14
Tabel 2.	Perbandingan Intensitas Puncak dan Ukuran Kristal Fe ₃ O ₄ , Fe ₃ O ₄ /SiO ₂ , Fe ₃ O ₄ /SiO ₂ /Ag	29
Tabel 3.	Data EDS unsur-unsur penyusun Fe ₃ O ₄ , Fe ₃ O ₄ /SiO ₂ dan Fe ₃ O ₄ /SiO ₂ /Ag	32
Tabel 4.	Nilai magnetisasi saturasi dan medan magnet pada Fe ₃ O ₄ , Fe ₃ O ₄ /SiO ₂ , Fe ₃ O ₄ /SiO ₂ /Ag	33
Tabel 5.	Data Isoterm Adsorpsi Freundlich dan Isoterm Adsorpsi Langmuir.....	38
Tabel 6.	Data Kinetika Adsorpsi pseudo orde satu dan Kinetika Adsorpsi pseudo orde dua	40
Tabel 7.	Data zona hambat bakteri <i>Escherichia coli</i>	41
Tabel 8.	Data zona hambat bakteri <i>Staphylococcus aureus</i>	41
Tabel 9.	Data kurva kalibrasi metilen biru.....	69
Tabel 10.	Data penentuan pH optimum komposit Fe ₃ O ₄ /SiO ₂ /Ag terhadap metilen biru	71
Tabel 11.	Data penentuan konsentrasi optimum komposit Fe ₃ O ₄ /SiO ₂ /Ag terhadap metilen biru	72
Tabel 12.	Data Penentuan Waktu Kontak Optimum Komposit Fe ₃ O ₄ /SiO ₂ /Ag Terhadap Metilen Biru.....	73
Tabel 13.	Data Perhitungan Isoterm Adsorpsi Metilen Biru oleh Komposit Fe ₃ O ₄ /SiO ₂ /Ag	75
Tabel 14.	Perhitungan Kinetika Adsorpsi Metilen Biru oleh Komposit Fe ₃ O ₄ /SiO ₂ /Ag	77
Tabel 15.	Data zona hambat bakteri <i>Escherichia coli</i>	80
Tabel 16.	Data zona hambat bakteri <i>Staphylococcus aureus</i>	81

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Diagram Alir Penelitian	55
Lampiran 2.	Perhitungan Pembuatan Fe_3O_4	57
Lampiran 3.	Hasil Karakterisasi Komposit Fe_3O_4 Menggunakan XRD	58
Lampiran 4.	Hasil Karakterisasi Komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ Menggunakan XRD	60
Lampiran 5.	Hasil Karakterisasi Komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{Ag}$ Menggunakan XRD	62
Lampiran 6.	Hasil Karakterisasi Komposit Fe_3O_4 Menggunakan SEM-EDS	64
Lampiran 7.	Hasil Karakterisasi Komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ Menggunakan SEM-EDS	65
Lampiran 8.	Hasil Karakterisasi Komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{Ag}$ Menggunakan SEM-EDS	66
Lampiran 9.	Hasil Karakterisasi Komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{Ag}$ Menggunakan VSM.....	67
Lampiran 10.	Data pH _{pzc}	68
Lampiran 11.	Penentuan Kurva Kalibrasi Zat Warna Metilen Biru.....	69
Lampiran 12.	Penentuan pH Optimum Komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{Ag}$ Terhadap Zat Warna Metilen Biru.....	71
Lampiran 13.	Penentuan Konsentrasi Optimum komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{Ag}$ Terhadap Metilen Biru	72
Lampiran 14.	Penentuan Waktu Kontak Optimum Komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{Ag}$ Terhadap Metilen Biru	73
Lampiran 15.	Perhitungan Isoterm Adsorpsi Metilen Biru oleh Komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{Ag}$	74
Lampiran 16.	Perhitungan Kinetika Adsorpsi Metilen Biru oleh Komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{Ag}$	77
Lampiran 17.	Perhitungan Zona Hambat Uji Antibakteri	80
Lampiran 18.	Gambar Penelitian	83

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini kemajuan industri telah meningkatkan pembuangan polutan ke perairan yang menyebabkan aliran air tercemar. Sebagian besar seperti industri tekstil membuang sisa pewarnaan ke air begitu saja tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu. Pewarna sintesis pada industri mengandung sifat karsinogenik, beracun dan mutagenik (Shindhal *et al.*, 2020). Zat warna yang banyak digunakan industri salah satunya adalah zat warna metilen biru. Metilen biru memiliki rumus molekul $C_{16}H_{18}N_3S \cdot 3H_2O$. Secara fisik metilen biru berwarna hijau tua, mudah larut pada air dan pelarut organik dengan larutan berwarna biru tua dan tidak memiliki bau. Metilen biru memiliki sifat yang toksik, sulit terdegradasi juga mengakibatkan terjadinya mutasi genetik sehingga reproduksi makhluk hidup terganggu (Bando dkk, 2019). Metilen biru yang digunakan pada industri tekstil hanya 25% pada proses pewarnaan sedangkan sisanya 75% dibuang sebagai limbah (Agnestisia, 2017).

Beberapa metode banyak digunakan dalam menangani permasalahan ini seperti ozonasi, degradasi fotokatalitik, Adsorpsi dan flotasi. Metode adsorpsi paling efektif digunakan dalam limbah cair karena metode adsorpsi mudah dilakukan, biaya yang murah, tidak meninggalkan polutan sekunder dan ketersediaan bahan untuk adsorben yang luas (Liu *et al.*, 2019). Metode adsorpsi dipengaruhi faktor seperti waktu kontak, pH dan konsentrasi (Sari dkk, 2017). Nanomaterial saat ini banyak digunakan sebagai adsorben karena permukaan nanomaterial dapat meningkatkan efisiensi dengan meningkatkan daya tarik adsorpsi antara adsorbat dan adsorben.

Nanopartikel magnetik digunakan dalam permasalahan limbah air karena nanopartikel magnetik saat diaplikasikan akan mudah dipisahkan dari limbah menggunakan magnet eksternal, harga yang terjangkau, tidak beracun dan pengaplikasiannya sebagai adsorben akan mempercepat pemisahan pada limbah air. Diantara banyaknya senyawa magnetik, nanopartikel Fe_3O_4 digunakan sebagai adsorben karena sifat kemagnetannya yang kuat dan kompatibilitasnya terhadap lingkungan baik (Panda *et al.*, 2020, Li *et al.*, 2015). Berdasarkan penelitian Li *et*

al., (2019) nanopartikel Fe_3O_4 sangat efisien dalam menyerap polutan organik seperti metilen biru dengan kapasitas maksimum penyerapan yang cukup besar. Fe_3O_4 sangat berpotensi dalam aplikasi pengolahan limbah zat warna hal ini disebabkan stabilitas kimia yang baik dan dapat digunakan kembali. Selain digunakan sebagai adsorben dalam pengolahan limbah, nanopartikel Fe_3O_4 mempunyai sifat antibakteri sehingga dapat menghambat bakteri yang ada di limbah cair. Menurut Prabhu *et al.*, (2015) nanopartikel Fe_3O_4 memiliki sifat antibakteri, yang mampu menghambat bakteri patogen.

Keberadaan bakteri patogen pada limbah cair dapat mempengaruhi biota di dalam air. Bertambahnya sisa buangan ke perairan akan meningkatkan kandungan bakteri patogen yang menimbulkan penyakit bagi manusia dan makhluk hidup lain. Bakteri *Staphylococcus aureus* dan bakteri *Escherichia coli* merupakan bakteri gram positif dan bakteri gram negatif patogen yang banyak ditemukan di lingkungan perairan. Bakteri *s.aureus* dan *e.coli* bisa menimbulkan gangguan pada pencernaan dan menyebabkan infeksi bagi makhluk hidup. Oleh karena itu bakteri ini perlu dihambat dengan senyawa yang mempunyai sifat antibakteri (Widyaningsih dkk, 2016, Magani dkk, 2020). Nanomaterial banyak digunakan sebagai agen antibakteri, salah satunya perak. Penggabungan Fe_3O_4 dengan Ag akan meningkatkan efektivitas antibakteri karena Ag memiliki sifat antibakteri yang sangat baik. Namun Ag mudah mengalami agregasi, membuat Fe_3O_4 cenderung tidak stabil. Oleh karena itu penggabungan Fe_3O_4 dengan Ag akan disisipkan dengan SiO_2 (Lijuan *et al.*, 2013).

Silika digunakan sebagai pelindung dalam melapisi partikel Fe_3O_4 untuk membentuk struktur inti-kulit $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-SiO}_2$. Silika dapat mencegah agregasi partikel Fe_3O_4 dan menyediakan banyak permukaan gugus Si-OH. Silika mempunyai luas permukaan yang besar, kestabilan dan sifat adsorpsi yang baik, pengikatan pada silika bersifat *reversible* dan silika mudah berikatan dengan senyawa kimia lain sehingga kinerjanya akan meningkat (Chi *et al.*, 2012, Hardyanti dkk, 2017). Permukaan nanopartikel magnetik yang dilapisi silika akan mencegah gaya tarik menarik magnetik dipolar antar partikel, menyebabkan terbentuknya partikel yang mudah untuk terdispersi ke dalam medium cair (Deng *et al.*, 2005). Silika yang berikatan dengan Ag secara efektif mencegah aglomerasi

dalam media cair dan silika yang tergabung pada Ag akan menimbulkan daya tahan yang tinggi karena terkontrolnya pelepasan Ag di dalam larutan (Kooti *et al.*, 2015).

Berdasarkan uraian tersebut maka pada penelitian ini dilakukan sintesis $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{Ag}$ kemudian dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction (XRD)*, *Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDS)*, *Vibrating Sample Magnetometer (VSM)*, *pH Point Zero Charge (pHpzc)*. Komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{Ag}$ digunakan untuk mengadsorpsi zat warna metilen biru berdasarkan variabel pH, konsentrasi metilen biru dan waktu kontak serta dilakukan uji antibakteri pada $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{Ag}$ terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*, untuk mengetahui berapa konsentrasi hambat minimum (KHM) komposit dapat menghambat bakteri.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut

1. Bagaimana sintesis dan karakterisasi komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{Ag}$?
2. Bagaimana kemampuan komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{Ag}$ dalam mengadsorpsi zat warna metilen biru berdasarkan variabel pH, konsentrasi dan waktu kontak?
3. Bagaimana isoterm dan kinetika adsorpsi metilen biru menggunakan komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{Ag}$?
4. Bagaimana kemampuan antibakteri dan konsentrasi hambat minimum $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{Ag}$ terhadap bakteri *E.coli* dan *S.aureus*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini sebagai berikut

1. Mensintesis komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{Ag}$ dan mengkarakterisasi komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{Ag}$ dengan menggunakan XRD, SEM-EDS, VSM, dan pHpzc.
2. Menentukan kemampuan adsorpsi dari komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{Ag}$ untuk zat warna metilen biru berdasarkan variabel pH, konsentrasi dan waktu kontak.

3. Menentukan isoterm dan kinetika adsorpsi pada metilen biru menggunakan komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{Ag}$.
4. Menentukan kemampuan antibakteri dan konsentrasi hambat minimum (KHM) pada komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{Ag}$ terhadap bakteri *E.coli* dan *S.aureus*.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat untuk mengetahui dalam melakukan sintesis, hasil karakterisasi, mengadsorpsi limbah zat warna dan kemampuan antibakteri pada komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{Ag}$. Diharapkan juga pada penelitian ini bisa dimanfaatkan sebagai salah satu cara untuk mengatasi permasalahan pada limbah cair zat warna pada konteks yang lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA

- Agnestisia, R. (2017). Sintesis dan Karakterisasi Magnetit (Fe_3O_4) Serta Aplikasinya Sebagai Adsorben *Methylene Blue*. *Jurnal Sains Dan Terapan Kimia*, 11(2), 61.
- Al-Ghouti, M. A., & Da'ana, D. A. (2020). Guidelines For The Use and Interpretation of Adsorption Isotherm Models: A review. *Journal of Hazardous Materials*, 393(1), 122383.
- Angelina, M., Turnip, M., & Khotimah, S. (2015). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Kemangi (*Ocimum sanctum L.*) terhadap Pertumbuhan Bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Protobiont*, 4(1), 184–189.
- Anggraini, U. M., Hasan, A., & Purnamasari, I. (2021). Kinetika Adsorpsi Karbon Aktif Dalam Penurunan Konsentrasi Logam Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb). *Jurnal Kinetika*, 12(2), 29-37.
- Atmono, T. M., Prasetyowati, R., & Kartika, A. M. R. (2013). Pembuatan Prototipe Vibrating Sample Magnetometer Untuk Pengamatan Sifat Magnetik Lapisan Tipis. *Pusat Sains Dan Teknologi Akselerator-Batan*, 4(1), 345–350.
- Badriyah, L., & Putri, M. P. (2017). Kinetika Adsorpsi Cangkang Telur Pada Zat Warna Metilen Biru. *Alchemy: Journal of Chemistry*, 5(3), 85–91.
- Bando, R. E., Wuntu, A. D., & Aritonang, H. F. (2019). Kinetika Fotodegradasi Metilen Biru Oleh Cahaya Tampak Menggunakan Komposit Ag_3PO_4 /Ag/ HAP Dari Perlakuan Asam. *Chemistry Progress*, 12(2), 79–82.
- Baunsele, A. B., & Missa, H. (2020). Kajian Kinetika Adsorpsi Metilen Biru Menggunakan Adsorben Sabut Kelapa. *Akta Kimia Indonesia*, 5(2), 76.
- Chen, S.-S., Xu, H., Xu, H.-J., Gong, X.-L., Fang, Q.-L., Leung, K. C.-F., Xuan, S.-H., & Xiong, Q.-R. (2015). Facile Ultrasonic Assistant Method for $\text{Fe}_3\text{O}_4@ \text{SiO}_2$ -Ag Nanospheres with Excellent Antibacterial Activity. *Journal of the Chemical Society, Dalton Transactions*, 1(1), 1–25.
- Chi, Y., Yuan, Q., Li, Y., Tu, J., Zhao, L., Li, N., & Li, X. (2012). Synthesis of $\text{Fe}_3\text{O}_4@ \text{SiO}_2$ -Ag Magnetic Nanocomposite Based On Small-Sized and Highly Dispersed Silver Nanoparticles For Catalytic Reduction of 4-Nitrophenol. *Journal of Colloid and Interface Science*, 383(1), 96–102.
- Chu, D. T., Sai, D. C., Luu, Q. M., Tran, H. T. H. I., Quach, T. D. U. Y., & Kim, D. H. (2017). *Synthesis of Bifunctional $\text{Fe}_3\text{O}_4@ \text{SiO}_2$ -Ag Magnetic – Plasmonic Nanoparticles by an Ultrasound Assisted Chemical Method*. 46(6), 3646–3653.

- Dakal, T. C., Kumar, A., Majumdar, R. S., & Yadav, V. (2016). Mechanistic Basis of Antimicrobial Actions of Silver Nanoparticles. *Journal of Frontiers In Microbiology*, 7(1), 1–17.
- Dalsup. (2022). Sintesis dan Karakterisasi Tanah Diatom Aceh sebagai Bahan Adsorben Penghasil Silika Oksida (SiO_2) Tinggi. *Jurnal Serambi Engineering*, VII(2), 3221–3228.
- Deng, Y., Wang, C., Hu, J., Yang, W., & Fu, S. (2005). Investigation of Formation of Silica-Coated Magnetite Nanoparticles Via Sol – Gel Approach. *Journal of Colloids and Surfaces A: Physicochem*, 262(1), 87–93.
- Desta, M. B. (2013). Batch Sorption Experiments : Langmuir and Freundlich Isotherm Studies for the Adsorption of Textile Metal Ions onto Teff Straw (*Eragrostis tef*) Agricultural Waste. *Journal of Thermodynamics*, 1(1), 1–7.
- Dewi, S. H., & Ridwan. (2012). Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Fe_3O_4 Magnetik untuk Adsorpsi Kromium Heksavalen. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 13(2), 136–140.
- Ebadollahzadeh, H., & Zabihi, M. (2020). Competitive Adsorption of Methylene Blue and Pb (II) Ions On The Nano-Magnetic Activated Carbon and Alumina. *Journal of Materials Chemistry and Physics*, 1(1), 1–35.
- Ernawati, Maflihah, I., Ubang, I., Podung, P. N., Nurbaiti, W., & Lestari, S. (2021). Adsorpsi Metilen Biru dengan Menggunakan Arang Aktif dari Ampas Kopi. *Prosiding Seminar Nasional Kimia*, 1(1), 173–179.
- Fisli, A., Safitri, R. D., Nurhasni, N., & Deswita, D. (2018). Analisis Struktur dan Porositas Komposit Fe_3O_4 -Karbon Aktif Dari Limbah Kertas Sebagai Adsorben Magnetik. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 19(4), 179.
- Guzel, F., Saygili, H., Saygili, G. A., & Koyuncu, F. (2014). Decolorisation of Aqueous Crystal Violet Solution by a New Nanoporous Carbon : Equilibrium and Kinetic Approach. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 20(1), 3375–3386.
- Guzmán, M. G., Dille, J., & Godet, S. (2009). Synthesis of Silver Nanoparticles by Chemical Reduction Method and Their Antibacterial Activity. *International Journal of Chemical and Biomolecular Engineering*, 2(3), 104–111.
- Hanum, F., Gultom, R. J., & Simanjuntak, M. (2017). Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru Dengan Karbon Aktif Dari Kulit Durian Menggunakan KOH dan NaOH Sebagai Aktivator. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 6(1), 49–55.

- Hardyanti, I. S., Nurani, I., Septyaningsih, D., Hp, H., Apriliani, E., & Prastyo, E. A. (2017). Pemanfaatan Silika (SiO_2) dan Bentonit sebagai Adsorben Logam Berat Fe pada Limbah Batik. *Jurnal Sains Terapan*, 3(2), 37–41.
- Hariani, P. L., Faizal, M., Ridwan, R., Marsi, M., & Setiabudidaya, D. (2013). Synthesis and Properties of Fe_3O_4 Nanoparticles by Co-precipitation Method to Removal Procion Dye. *International Journal of Environmental Science and Development*, 4(3), 336–340.
- Haryono, A., Dewi, S., Harmami, S. B., & Randy, M. (2008). Sintesis Nanopartikel Perak dan Potensi Aplikasinya. *Jurnal Riset Industri*, 2(3), 156–163
- Hernandez, J. S. T., Muriel, A. A., Tabares, J. A., Alcázar, G. A. P., & Bolaños, A. (2015). Preparation of Fe_3O_4 nanoparticles and removal of methylene blue through adsorption. *Journal of Physics: Conference Series*, 614(1), 1–4.
- Husain, S., Suryajaya, S., Haryanti, N. H., Manik, T. N., Rodiansono, R., Hutasoit, S. M., Riyanto, A., & Sudarningsih, S. (2019). Potensi Nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{C}$ dari Bijih Besi Sebagai Pendeteksi Kadar Glukosa. *Positron*, 9(2), 44.
- Irnawati, Sahumena, M. H., & Dewi, W. O. N. (2016). Analisis Hidrokuinon Pada Krim Pemutih Wajah Dengan Metode Spektrofotometri Uv-Vis. *Pharmacon*, 5(3), 229–237.
- Karimullah, R., Elvia, R., & Amir, H. (2018). Penentuan Parameter Adsorpsi Silika Sintetik Kandungan Ammonium pada Limbah Cair Tahu. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Kimia*, 2(1), 66–71.
- Karlina, C. Y., Ibrahim, M., & Trimulyono, G. (2013). Aktivitas Antibakteri Ekstrak Herba Krokot (*Portulaca oleracea L.*) terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Jurnal Lentera Bio*, 2(1), 87–93.
- Kazeminezhad, I., & Mosivand, S. (2014). Phase Transition of Electrooxidized Fe_3O_4 to γ and $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ Nanoparticles Using Sintering Treatment. *Acta Physica Polonica A*, 125(5), 1210–1214.
- Kim, J. S., Kuk, E., Yu, N., Kim, J., Park, S. J., Lee, J., Kim, H., Park, Y. K., Park, H., Hwang, C., Kim, Y., Lee, Y., Jeong, D. H., & Cho, M. (2007). Antimicrobial Effects of Silver Nanoparticles. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine*, 3(1), 95–101.
- Kooti, M., Gharineh, S., Mehrkhah, M., Shaker, A., & Motamedi, H. (2015). Preparation and Antibacterial Activity of $\text{CoFe}_2\text{O}_4 / \text{SiO}_2 / \text{Ag}$ Composite Impregnated with Streptomycin. *CHEMICAL ENGINEERING JOURNAL*, 259(1), 34–42.

- Kurniawan, R. A., & Muldarisnur, A. (2017). Pengaruh Penambahan Asam Laurat Terhadap Sifat Fisis dan Magnetik Nanopartikel Fe_3O_4 . *Jurnal Fisika Unand*, 6(4), 362–367.
- Kusumandari, K., Saraswati, T. E., & Saputri, N. S. (2019). Lucutan Plasma Pijar Korona dengan Variasi Tegangan untuk Degradasi Metilen Biru. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 9(1), 34.
- Lasera, A. G., Aritonang, H. F., & Koleangan, H. (2019). Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel CuFe_2O_4 Serta Aplikasinya Sebagai Antibakteri. *Chemistry Progress*, 12(2), 88–92.
- Lai, L., Xie, Q., Chi, L., Gu, W., & Wu, D. (2016). Adsorption of Phosphate from Water by Easily Separable $\text{Fe}_3\text{O}_4@ \text{SiO}_2$ core/shell Magnetic Nanoparticles Functionalized with Hydrous Lanthanum Oxide. *JOURNAL OF COLLOID AND INTERFACE SCIENCE*, 465(1), 76–82.
- Li, Y., Zhou, Y., Nie, W., Song, L., & Chen, P. (2015). Highly Efficient Methylene Blue Dyes Removal from Aqueous Systems by Chitosan Coated Magnetic Mesoporous Silica Nanoparticles. *Journal of Porous Materials*, 22(5), 1383–1392.
- Li, Z., Sun, Y., Xing, J., & Meng, A. (2019). Fast Removal of Methylene Blue by Fe_3O_4 Magnetic Nanoparticles and Their Cycling Property. *Journal of Nanscience and Nanotechnology*, 19(1), 2116–2123.
- Lijuan, S. U. N., Jiang, H. E., Songsong, A. N., Junwei, Z., Jinmin, Z., & Dong, R. E. N. (2013). Recyclable $\text{Fe}_3\text{O}_4@ \text{SiO}_2 - \text{Ag}$ Magnetic Nanospheres for The Rapid Decolorizing of Dye Pollutants. *Chinese Journal of Catalysis*, 34(7), 1378–1385.
- Liu, X., Tian, J., Li, Y., Sun, N., Mi, S., Xie, Y., & Chen, Z. (2019). Enhanced dyes Adsorption from Wastewater Via Fe_3O_4 Nanoparticles Functionalized Activated Carbon. *Journal of Hazardous Materials*, 1(1), 1–40.
- Luntungan, C. L., Aritonang, H. F., & Kamu, V. S. (2019). Sintesis Nanopartikel Kobalt Ferrit (CoFe_2O_4) Menggunakan Ekstrak Daun Binahong (Anredera Cordifolia (Ten) Steenis) dan Aplikasinya Sebagai Antibakteri. *Chemistry Progress*, 12(1), 33–38.
- Ma, M., Li, W., Tong, Z., Huang, W., Wang, R., Lyu, P., Ma, Y., Wu, G., Yan, Q., Li, P., & Yao, X. (2020). Facile Synthesis of The One-Dimensional Flower-Like Yolk-Shell $\text{Fe}_3\text{O}_4@ \text{SiO}_2@ \text{NiO}$ Nanochains Composites for High-Performance Microwave Absorption. *Journal of Alloys and Compounds*, 843(1), 1–10.

- Magani, A. K., Tallei, T. E., Kolondam, B. J., & Biologi, P. S. (2020). Uji Antibakteri Nanopartikel Kitosan terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Jurnal Bios Logos*, 10(1), 7–12.
- Mahmud, Notodarmojo, S., Padmi, T., & Soewondo, P. (2012). Adsorpsi Bahan Organik Alami (Boa) Air Gambut Pada Tanah Lempung Gambut Alami Dan Teraktivasi: Studi Kesetimbangan Isoterm Dan Kinetika Adsorpsi. *Info-Teknik*, 13(1), 28–38.
- Maryani, E., Nurjanah, N. S., & Hadisantoso, E. P. (2021). Pengaruh Penambahan TiO_2 dalam Bahan Glasir Produk Keramik Terhadap Fotodegradasi Metilen Biru. *Jurnal Ilmu Dan Inovasi Fisika*, 05(01), 50–58.
- Maylani, A., Sulistyaningsih, T., & Kusumastuti, E. (2016). Preparasi Nanopartikel Fe_3O_4 (Magnetit) Serta Aplikasinya Sebagai Adsorben Ion Logam Kadmium. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 5(2), 1–6.
- Merdekani, S. 2013. Sintesis Partikel Nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ dengan Metode Kopersipitasi. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir*. 1(1): 472.
- Mohammadi, P., & Sheibani, H. (2018). Green Synthesis of $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2\text{-Ag}$ Magnetic Nanocatalyst Using Safflower Extract and Its Application as Recoverable Catalyst for Reduction of Dye Pollutants in Water. *Journal of Applied Organometallic Chemistry*, 1(1), 1–12.
- Munasir, Setyaningsih, N., Yanasin, S., Supardi, Z. A. I., Taufiq, A., & Sunaryono. (2019). Phase and Magnetic Properties of $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ Natural Materials-Based Using Polyethylene Glycol Media. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 515(1), 1–9.
- Muzakar, K., Suratman, A., & Roto. (2019). Analisis Natrium Dodesilbenzena Sulfonat dalam Ikan Lele Secara Maserasi dan Spektrofotometri UV-VIS Menggunakan Metilen Biru. *Indo. J. Pure App. Chem*, 3(3), 33–43.
- Nafi'ah R. (2016). Kinetika Adsorpsi Pb (II) Dengan Adsoren Arang Aktif Dari Sabut Siwalan. *Jurnal Farmasi Sains Dan Praktis*, 1(2), 28–37.
- Nikmah, A., Taufiq, A., & Hidayat, A. (2019). Synthesis and Characterization of $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ nanocomposites. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 276(1), 1–11.
- Nikmah, A., Tau, A., & Hidayat, A. (2021). Excellent Antimicrobial Activity of $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{Ag}$ Nanocomposites. *Journal of Nano: Brief Reports and Review*, 16(5), 1–13.
- Nugroho, R., & Mahmud, I. (2018). Pengolahan Air Limbah Berwarna Industri Tekstil Dengan Proses AOPs. *Jurnal Air Indonesia*, 1(2), 163–172.

- Panda, S. K., Aggarwal, I., Kumar, H., Prasad, L., Kumar, A., Sharma, A., & Viet, D. (2021). Magnetite Nanoparticles as Sorbents for Dye Removal : a review. In *Environmental Chemistry Letters*, 1(1), 1-39.
- Pangemanan, A., Fatimawali, & Budiarmo, F. (2016). Uji Daya Hambat Ekstrak Rimpang Kunyit (*Curcuma longa*) terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Pseudomonas sp* . *Jurnal E-Biomedik*, 4(1), 81–85.
- Prabhu, Y. T., Rao, K. V., Kumari, B. S., Sessa, V., Kumar, S., & Pavani, T. (2015). Synthesis of Fe₃O₄ Nanoparticles and Its Antibacterial Application. *International Nano Letters*, 5(1), 85–92.
- Pratiwi, S. T., & Aditya, M. B. (2021). Temperature Optimization and Inhibition Test of *Lactobacillus acidophilus* Bacteriocin Against *Salmonella typhi* Bacteria. *Advances in Health Science Research*, 37(Asmc), 5–9.
- Purwaningsih, D., & Wulandari, D. (2021). Uji Aktivitas Antibakteri Hasil Fermentasi Bakteri Endofit Umbi Talas (*Colocasia esculenta L*) terhadap Bakteri *Pseudomonas aeruginosa*. *Jurnal Sains Dan Kesehatan*, 3(5), 750–759.
- Rahmayanti, M. (2020). Sintesis dan Karakterisasi Magnetit (Fe₃O₄): Studi Komparasi Metode Konvensional dan Metode Sonokimia. *Al Ulum Sains Dan Teknologi*, 6(1), 26–31.
- Ramadhan, M. D., Iriany, Misran, E., & Turmuzi, M. (2021). Studi Model Isoterm Adsorpsi Kristal Violet oleh Biosorben Kulit Ubi Kayu (*Manihot esculenta*). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 10(1), 38–44.
- Rampengan, A. M. (2017). Analisis Gugus Fungsi Pada Polimer Polyethylene Glycol (PEG) Coated-Nanopartikel Oksida Besi Hitam (Fe₃O₄) dan Biomolekul. *Fullerene Journal of Chemistry*, 2(2), 96.
- Riantino, L. B., Widiananda, V. S., Muljani, S., & Suprihatin. (2021). Pengaruh Jenis Asam dan Derajat Keasaman (pH) Terhadap Morfologi Komposit Titania-Silika. *ChemPro*, 2(03), 13–17.
- Ristian, I., Wahyuni, S., & Supardi, I. (2014). Kajian Pengaruh Konsentrasi Perak Nitrat Terhadap Ukuran Partikel Pada Sintesis Nanopartikel Perak. *IJCS - Indonesia Journal of Chemical Science*, 3(1), 7–11.
- Riwayati, I., Fikriyyah, N., & Suwardiyono, S. (2019). Adsorpsi Zat Warna Methylene Blue Menggunakan Abu Alang-Alang (*Imperata cylindrica*) Teraktivasi Asam Sulfat. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 4(2), 6–11.

- Sa'diyah, H., Nurhimawan, S., Fatoni, S. A., Irmansyah, I., & Irzaman, I. (2016). Ekstraksi Silikon Dioksida Dari Daun Bambu. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2016*, *V*(1), 13–16.
- Saini, J., Garg, V. K., & Gupta, R. K. (2018). Removal of Methylene Blue from Aqueous Solution by $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{Ag}/\text{SiO}_2$ Nanospheres: Synthesis, Characterization and Adsorption Performance. *Journal of Molecular Liquids*, *250*(1), 413–422.
- Saprudin, D., Gulamahdi, M., Hartatik, W., Darusman, L. K., & Nuraisyah, I. (2012). Pengembangan Pupuk Cair Nitrogen Berukuran Nanometer untuk Meningkatkan Efisiensi Pemupukan. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, *17*(2), 90–95.
- Sari, R. A., Firdaus, M. L., & Elvia, R. (2017). Penentuan Kesetimbangan, Termodinamika Dan Kinetika Adsorpsi Arang Aktif Tempurung Kelapa Sawit Pada Zat Warna *Reactive Red* Dan *Direct Blue*. *Alotrop*, *1*(1), 10–14.
- Sartika, D., Malis, E., & Lestari, A. S. (2020). Studi Penyerapan Logam Berat Pb Menggunakan Nanopartikel Fe_3O_4 . *JPSE (Journal of Physical Science and Engineering)*, *4*(1), 18–22.
- Septiani, S., Dewi, E. N., & Wijayanti, I. (2017). Aktivitas Antibakteri Ekstrak Lamun (*Cymodocea rotundata*) Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *SAINTEK PERIKANAN: Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology*, *13*(1), 1–6.
- Sembodo, B. S. T. (2005). Isoterm Kesetimbangan Adsorpsi Timbal Pada Abu Sekam Padi. *Ekuilibrium*, *4*(2), 100–105.
- Setyaningsih, N. E., Muttaqin, R., & Mar, I. (2017). Optimalisasi Waktu Coating pada Bahan Komposit Alam untuk Karakterisasi Morfologi dengan Scanning Electron Microscopy (SEM) – Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (EDX). *Jurnal Physics Communication*, *1*(2).
- Shindhal, T., Rakholiya, P., Varjani, S., Pandey, A., Ngo, H. H., Guo, W., Ng, H. Y., & Taherzadeh, M. J. (2021). A Critical Review on Advances in The Practices and Perspectives for The Treatment of Dye Industry Wastewater. *Bioengineered*, *12*(1), 70–87.
- Simamora, P., & Krisna. (2015). Sintesis Dan Karakterisasi Sifat Magnetik Nanokomposit Fe_3O_4 – Montmorilonit Berdasarkan Variasi Suhu. *Prosiding Seminar Nasional Fisika UNJ, IV*, 75–80.
- Sinurat, M., Gusti, D. R., Deswardani, F., Safitri, & Sudiby. (2021). Sintesis Dan Karakterisasi Nanopartikel Magnetit (Fe_3O_4) Dari Pasir Besi Sungai Batanghari, Jambi Yang Di Enkapsulasi Dengan Silika. *Jurnal; Pendidikan Fisika Tadulako Online*, *9*(1), 106–114.

- Suaib, S., Aritonang, H., & Koleangan, H. S. J. (2020). Sintesis Nanopartikel Cobalt Ferrite (CoFe_2O_4) Dengan Metode Kopresipitasi dan Aplikasinya Sebagai Fotokatalis. *Chemistry Progress*, 12(1), 49–53.
- Sudiarta, I. ., Diantariani, N. P., & Suarya, P. (2013). Modifikasi Silika Gel Dari Abu Sekam Padi dengan Ligan Difenilkarbazon. *Jurnal Kimia*, 7(1), 57–63.
- Sujatno, A., Salam, R., Bandriyana, B., & Dimiyati, A. (2017). Studi Scanning Electron Microscopy (SEM) Untuk Karakterisasi Proses Oksidasi Paduan Zirkonium. *Jurnal Forum Nuklir*, 9(1), 44.
- Sulastri, S., & Kristianingrum, S. (2010). Berbagai Macam Senyawa Silika : Sintesis, Karakterisasi dan Pemanfaatan. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan Dan Penerapan MIPA*, 1(1), 211–216.
- Sulistiyawati, E., Nandari, W. W., Nurchasanah, A. R., & Dewi, K. K. (2020). Kinetika Adsorpsi Mikrokapsul Kitosan Taut Silang Kalium Persulfat terhadap Zat Warna *Methyl Orange*. *Jurnal Rekayasa Proses*, 14(1), 47–59.
- Sulistiyono, A., Wahyuni, S., & Kasmui. (2018). Sintesis dan Karakterisasi TiO_2 (nanorod)- SiO_2 dan Aplikasinya Dalam Cat Akrilik. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 7(1), 56–63.
- Sumari, S., Prakasa, Y. F., Asrori, M. R., & Baharintasari, D. R. (2020). Analisis Kandungan Mineral Pasir Pantai Bajul Mati Kabupaten Malang Menggunakan XRF dan XRD. *Fullerene Journal of Chemistry*, 5(2), 58.
- Sumaiti, T., Ratnasari, D., & Mutiani, D. D. (2018). Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Ekstrak Kulit Bawang Merah (*Allium cepa L.*) dan Uji Aktivitas Antibakteri Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Farmamedika (Pharmamedica Journal)*, 3(1), 27–33.
- Sutrisno, B., Hidayat, A., & Mufrodi, Z. (2016). Modifikasi Limbah Abu Layang menjadi Adsorben untuk Mengurangi Limbah Zat Warna pada Industri Tekstil. *CHEMICA: Jurnal Teknik Kimia*, 1(2), 57.
- Syauqiah, I., Amalia, M., & Kartini, H. A. (2011). Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengadukan Pada Proses Adsorpsi. *Info Teknik*, 12(1), 11–20.
- Taib, S., & Suharyadi, E. (2015). Sintesis Nanopartikel Magnetite (Fe_3O_4) dengan Template silika (SiO_2) dan Karakterisasi Sifat Kemagnetannya. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 5(1), 23.
- Tammi, T., Suaniti, N., & Manurung, M. (2013). Variasi Konsentrasi Dan Ph Terhadap Kemampuan Kitosan Dalam Mengadsorpsi Metilen Biru. *Jurnal Kimia*, 7(1), 11–18.

- Tutu, R., Subaer, & Usman. (2015). Studi Analisis Karakterisasi dan Mikrostruktur Mineral Sedimen Sumber Air Panas Sulili di Kabupaten Pinrang. *Jurnal Sains Dan Pendidikan Fisika*, 11(2), 192–201.
- Utama, A. I., Fifendy, M., & Advinda, L. (2022). Uji Aktivitas Antimikroba Sabun Padat Anti acne terhadap *Staphylococcus aureus* Bakteri Penyebab Jerawat. *Jurnal Serambi Biologi*, 7(1), 99–107.
- Wahyudi, T., Sugiyana, D., & Helmy, Q. (2011). Sintesis Nanopartikel Perak Dan Uji Aktivasnya. *Arena Tekstil*, 26(1), 55–60.
- Wang, B., Wu, Z., Lan, J., Li, Y., Xie, L., Huang, X., Zhang, A., Qiao, H., Chang, X., Lin, H., Zhang, H., Li, T., & Huang, Y. (2021). Surface Modification of Titanium Implants by Silk Fibroin/Ag co-Functionalized Strontium Titanate Nanotubes for Inhibition of Bacterial-Associated Infection and Enhancement of in Vivo Osseointegration. *Surface and Coatings Technology*, 405(1), 126700.
- Wei, W., Yang, L., Zhong, W. H., Li, S. Y., Cui, J., & Wei, Z. G. (2015). Fast Removal of Methylene Blue from Aqueous Solution by Adsorption Onto Poorly Crystalline Hydroxyapatite Nanoparticles. *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*, 10(4), 1343–1363.
- Widihati, I., Adhi Suastuti, N., & Yohanita Nirmalasari, M. (2012). Studi Kinetika Adsorpsi Larutan Ion Logam Kromium (Cr) Menggunakan Arang Batang Pisang (Musa Paradisiaca). *Jurnal Kimia*, 6(1), 8–16.
- Widyaningsih, W., Widyorini, N., Studi, P., Sumberdaya, M., Diponegoro, U., & Coliform, B. (2016). Analisis Total Bakteri Coliform Di Perairan Muara Kali Wisu Jepara. *Diponegoro Journal of Maquares*, 5(3), 157–164.
- Wijayanti, I. E., & Kurniawati, E. A. (2019). Studi Kinetika Adsorpsi Isoterm Persamaan Langmuir dan Freundlich pada Abu Gosok sebagai Adsorben. *EduChemia (Jurnal Kimia Dan Pendidikan)*, 4(2), 175.
- Winatapura, D. S., & Yusuf, S. (2012). Sintesis Komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$ dan Aplikasinya Untuk Mendegradasi Limbah Zat Warna *Methylene Blue*. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 15(3), 147-152.
- Wuryanti, D., & Suharyadi, E. (2018). Studi Adsorpsi Logam Co(II), Cu(II), dan Ni(II) Dalam Limbah Cair Buatan Menggunakan Adsorben Nanopartikel Magnetik Fe_3O_4 dan ZnFe_2O_4 . *Jurnal Fisika Indonesia*, 20(2), 28.
- Yuliani, G., Grandistin, G. G., & Mursito, A. T. (2015). Karakterisasi Adsorpsi Batubara Muda Termodifikasi Hidrogen Peroksida Menggunakan Metode Kontinyu Terhadap Metilen Biru. *Chimica et Natura Acta*, 3(1), 21–24.