

**FOTOKATALITIK DEGRADASI ZAT WARNA METILEN BIRU
MENGUNAKAN KOMPOSIT $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{ZnO}$**

SKRIPSI

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



ARCELLA LA JUNIDADELIA DWI PUTRI

08031281722047

JURUSAN KIMIA

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

2021

HALAMAN PENGESAHAN

**FOTOKATALITIK DEGRADASI ZAT WARNA METILEN BIRU
MENGUNAKAN KOMPOSIT $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{ZnO}$**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Kimia

Oleh :

ARCELLA LA JUNIDADELIA DWI PUTRI

08031281722047

Indralaya, 21 Mei 2021

Pembimbing I

Prof. Dr. Poedji Loekitowati H, M.Si
NIP. 196808271994622601

Pembimbing II

Dr. Nurlisa Hidayati, M.Si
NIP. 19721109200003200

Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



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

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi ini dengan judul “Fotokatalitik Degradasi Zat Warna Metilen Biru Menggunakan Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{ZnO}$ ” telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada Tanggal 19 Mei 2021 dan telah diperbaiki, diperiksa serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Indralaya, 21 Mei 2021

Ketua:

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

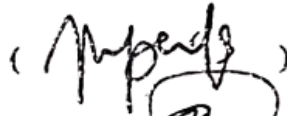
NIP. 196808271994022001



Anggota:

2. Dr. Nurlisa Hidayati, M.Si

NIP. 197211092000032001



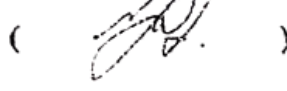
3. Dr. Hasanudin, M. Si

NIP. 197205151997021003



4. Nova Yuliasari, M.Si

NIP.197307261999032001

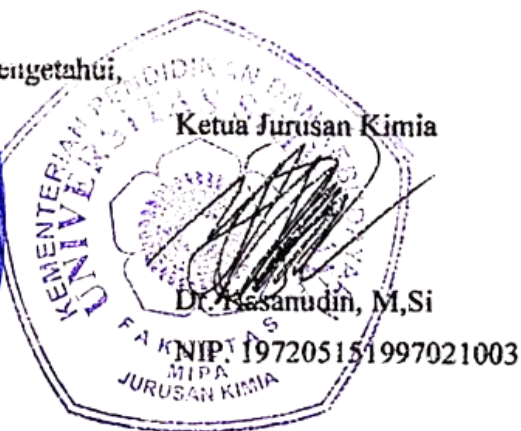


5. Dr. Heni Yohandini, M.Si

NIP. 1970011152000122004



Mengetahui,



PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Arcella La Junidadelia Dwi Putri
NIM : 08031281722047
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, 21 Mei 2021

Penulis



Arcella La Junidadelia DP

NIM. 08031181722047

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

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

Nama Mahasiswa : Arcella La Junidadelia Dwi Putri
NIM : 08031281722047
Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “Fotokatalitik Degradasi Zat Warna Metilen Biru Menggunakan Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{ZnO}$ ”. Dengan hak bebas royalti non-eksklusive ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, edit, memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, 21 Mei 2021

Yang menyatakan,



Arcella La Junidadelia DP
NIM. 08031281722047

SUMMARY

PHOTOCATALYTIC DEGRADATION OF METHYLENE BLUE DYES USING CoFe₂O₄/SiO₂/ZnO COMPOSITE

Arcella La Junidadelia Dwi Putri : Supervised by Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariyani., M. Si and Dr. Nurlisa Hidayati., M. Si.

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

xii + 75 pages, 3 tables, 26 pictures, 13 attachments.

Research on photocatalytic degradation of methylene blue dye using CoFe₂O₄/SiO₂/ZnO composite has carried out. CoFe₂O₄ nanomagnetics were synthesized by the coprecipitation method and CoFe₂O₄/SiO₂ composite by sol-gel method. The synthesized materials were characterized using X-Ray Diffraction (XRD), Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive Spectroscopy (SEM-EDS), Vibrating Sample Magnetometer (VSM), Ultraviolet-Visible Diffuse Reflectance (UV-VIS DRS), pH Point of Zero Change (pHpzc), Gas Chromatography-Mass Spectroscopy (GC-MS) and Thin Layer Chromatography (TLC). XRD diffractogram showed a highest peak CoFe₂O₄ at $2\theta = 34.86^\circ$, CoFe₂O₄/SiO₂ at $2\theta = 34.5146$ and CoFe₂O₄/SiO₂/ZnO at $2\theta = 34.5192^\circ$ which indicated composite are amorphous state. The result of SEM-EDS analysis showed CoFe₂O₄/SiO₂/ZnO has more homogeneous morphology than CoFe₂O₄ and there are CoFe₂O₄/SiO₂ core structures scattered around the ZnO particles with constituent elements Co (10.88%), Fe (21.82%), Si (22.52%), O (37.11%) dan Zn (16.7%). VSM analysis obtained a hysterical curve with saturation magnetization of 19.47 emu/g. CoFe₂O₄/SiO₂/ZnO composite have a pHpzc value at 5.36. The best condition for the effectiveness of decreasing the concentration of methylene blue dyes with Vis irradiation occurred at pH 9, concentration of 6 mg/L and contact time of 40 minutes with a degradation effectiveness of 83.24% and without Vis irradiation of 49.3283%. GC-MS analysis obtained methylene blue compounds has been degraded with a retention time of 3.76 and 3.29% area. TLC analysis obtained a Rf value of 0.76.

Keywords : Degradation, photocatalytic, CoFe₂O₄/SiO₂/ZnO composite, methylene blue.

RINGKASAN

DEGRADASI FOTOKATALITIK ZAT WARNA METILEN BIRU MENGUNAKAN KOMPOSIT $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{ZnO}$

Arcella La Junidadelia Dwi Putri : Dibimbing oleh Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariyani, M. Si and Dr. Nurlisa Hidayati., M. Si.

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

xii + 75 halaman, 3 tabel, 26 gambar, 13 lampiran.

Telah dilakukan penelitian tentang degradasi fotokatalitik zat warna metilen biru menggunakan komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{ZnO}$. Nanomagnetik CoFe_2O_4 disintesis menggunakan metode kopresipitasi dan komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2$ menggunakan metode sol gel. Material hasil sintesis dikarakterisasi dengan Difraksi Sinar-X (XRD), Mikroskop Pemindai Elektron-Energi Dispersi Spektroskopi (SEM-EDS), Getar Sampel Magnetometer (VSM), Spektra Ultra Violet-Sinar Tampak Difusi Reflektansi(UV-VIS DRS), pH titik muatan nol (pHpzc), Kromatografi Gas-Spektroskopi Massa (GC-MS) dan Kromatografi Lapis Tipis (KLT). Hasil kromatogram dari XRD CoFe_2O_4 menunjukkan puncak tertinggi pada $2\theta = 34,541^\circ$, $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2$ pada $2\theta = 34,5146^\circ$ dan $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{ZnO}$ pada $2\theta = 34,5192^\circ$ yang mengidentifikasi komposit pada keadaan amorf. Hasil karakterisasi SEM-EDS bahwa $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{ZnO}$ memiliki morfologi yang lebih homogen dibandingkan CoFe_2O_4 dan terdapat struktur inti $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2$ yang tersebar di sekitar partikel ZnO dengan elemen penyusun Co (10,88%), Fe (21,82%), Si (22,52%), O (37,11%) dan Zn (16,7%). Analisa VSM diperoleh kurva histerisis dengan magnetisasi saturasi sebesar 14,57 emu/g. Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{ZnO}$ memiliki pHpzc pada 5,36. Kondisi terbaik efektivitas penurunan konsentrasi zat warna metilen birudengan penyinaran Vis terjadi pada pH 9, konsentrasi sebesar 6 mg/L, dan waktu kontak pada 40 menit dengan efektivitas degradasi sebesar 83,24% dan tanpa penyinaran Vis sebesar 49,3283%. Analisis GC-MS menghasilkan senyawa metilen biru yang telah terdegradasi dengan waktu retensi 3,76 dan % area 3,29%. Analisis KLT menghasilkan nilai Rf sebesar 0,76.

Kata kunci : Degradasi, fotokatalitik, komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{ZnO}$, metilen biru.

HALAMAN PERSEMBAHAN

- *Do your best and let god do the rest.*

- *Tidak ada balasan kebaikan kecuali kebaikan (pula) (Q.S Ar-Rahman : 60). "Do good and good will come to you".*

Skripsi ini sebagai tanda syukurku kepada:

- Allah SWT
- Nabi Muhammad SAW

Dan kupersembahkan kepada:

- Mama dan Alm. Papa sebagai wujud rasa sayang & cintaku karena telah memberiku motivasi, semangat dan do'a sekaligus bukti bahwa aku bisa menyelesaikan kuliah pada usia 20 tahun sesuai janjiku. Alhamdulillah.
- Kakakku, adikku tercinta dan seluruh keluarga besarku
- Pembimbing dan sahabat-sahabatku
- Almamater (Universitas Sriwijaya)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah mempermudah segala urusan sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul: "Degradasi Fotokatalitik Zat Warna Metilen Biru menggunakan Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{ZnO}$ ". Skripsi ini dibuat sebagai tugas akhir yang menjadi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.

Melalui kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ibu **Prof. Dr. Poedji Loekitowati Hariyani, M.Si** dan Ibu **Dr. Nurlisa Hidayati, M.Si** yang telah memberikan bimbingan, motivasi, saran dan petunjuk dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah memberikan rahmat dan nikmat-Nya yang begitu besar.
2. Bapak Hermansyah, Ph.D selaku Dekan Fakultas MIPA Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Dr. Hasanudin, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si selaku Sekretaris Jurusan Kimia.
5. Ibu Nova Yuliasari, M.Si selaku dosen pembimbing akademik
6. Dosen Penguji Skripsi dan Ujian Skripsi yang telah memberikan usul, saran, masukan dan berkenan menguji penulis terhadap penulisan skripsi ini.
7. Seluruh Dosen FMIPA Kimia yang telah mendidik dan membimbing selama masa kuliah.
8. Kedua orang tua tercinta, Dedy Hendikon dan Rioliza Meidiasari untuk segala doa, usaha, arahan, kasih sayang yang tak terhingga selama menempuh pendidikan hingga saat ini. Terima kasih telah memberikanku motivasi yang menguatkan sehingga aku dapat bertahan dan berjuang melewati masa sulit selama menempuh pendidikan.

9. Kakakku tercinta, Deri Agustia Meidia Putri, S. E. I dan Anthony, S.Pd serta Adikku tercinta, Lafebia Dehenza Islamy Putri yang telah memberikan semangat, motivasi, doa dan bantuan dalam menyelesaikan pendidikan kuliah ini.
10. Keluarga besarku tercinta, H. Abdurrochim dan Syahinil terkhusus tante dan omku, Erni Catur Widya Kusuma, Triana Widiarti, Rona Ria dan Sri Hastuti yang telah memberikan dukungan, motivasi dan semangat dalam menyelesaikan pendidikan kuliah ini.
11. Barisan para mantan yang selama ini telah aku repotkan pada masa perkuliahan dan telah memberikan motivasi untuk menyelesaikan pendidikan kuliah ini.
12. Dian Dwita Maizur selaku sahabat yang selalu aku repotkan selama kuliah, yang selalu excited buat masak dan tidak pernah menolak kedatanganku. Semoga selalu dipermudah urusan ke depannya.
13. Zelyka Ananda selaku sahabat yang selalu ada disaat aku curhat tentang keriwueh skripsi ini walaupun sudah larut malam. Semoga selalu dipermudah urusan ke depannya.
14. Defi Yulianti Sari selaku sahabat sejak maba yang tau cerita selama kuliah dari A-Z. Semoga selalu dipermudah urusan ke depannya.
15. Tim bimbingan penelitian seperkompositan (Yohanna Asina, Melviana Violleta, Erna Amelia, Rahfy Farahdiba dan Putu Gita) tetap jadi tim yang penuh motivasi dan segera menyusul untuk meluluskan kuliah ini. Semangat tim iri dengki! Gonna miss us.
16. Lily Santika, Rizki Dwi Fahmi, Renny Mutiara Damayanti, Putra Aji dan Dely Gusna selaku sahabat sejak maba. Semoga cepat menyusul dan semangat selalu dalam perskripsian ini.
17. Gang SMA terutama Yenni, Natasya, Sukma, Ayu Bella yang sebenarnya tidak berkontribusi dalam penulisan skripsi ini tapi yang selalu kasih hadiah setiap seminar dan sidang, jadi aku apresiasi haha. Love you all.

18. Nyimas Nabila aka bila si julid selaku sahabat bujang gadis fakultas. Semoga cepat dapat kerja beb. Semangat ya, sukses buat bisnis jilbabnya biar bisa jadi Raven.
19. Permata Setyawati dan Nimyo Win Pe selaku sahabat bujang gadis dan jurusan. Semoga selalu dipermudah urusan ke depannya dan semoga kita dapat kerjaan yang dibayar full ya haha, tetap jadi partner julid manjyah oke.
20. Fhibi Fernanda, selaku sahabat bujang gadis fakultas. Jangan kapok ya liat foto aku yang mana harus diupload. Semoga selalu dipermudah urusan ke depannya.
21. Rekan perjuangan PP terutama Rahma, Meilynda, Rendy dan Danang. Semoga cepat menyusul. Semoga kita bias sukses bareng, terutama sukses dalam percuanan haha.
22. Mba Novi dan Kak Iin selaku admin jurusan kimia yang telah membantu kelancaran administrasi.
23. Rekan-rekan seperjuangan Kimia Angkatan 2017 yang senantiasa memberikan semangat dan dukungan, semangat dan sukses selalu. Semoga kelak kita dapat berkumpul lagi dengan kesuksesan masing-masing. Aamiin.
24. Rekan-rekan Bujang Gadis Fakultas MIPA Unsri yang senantiasa memberikan semangat. Sukses untuk kita semua.
25. Kakak-kakak tingkat Angkatan 2016, 2015, dan 2014, serta adik-adik tingkat Angkatan 2018 dan 2019 yang tidak bisa disebutkan satu persatu, yang selalu memberikan semangat dan dukungan.
26. Rekan seperjuangan PERMATA di UPN Veteran, Universitas Pattimura dan Universitas Tadaluko yang senantiasa banyak memberikan dukungan dan mengajarkan banyak ilmu dan mengenal budaya baru. Senang bisa berdiskusi dan bertukar pikiran dengan kalian. Semoga di kemudian hari kita dapat bertemu kembali secara langsung.
27. Semua pihak tertentu dan alam semesta yang telah membantu memberikan informasi baik secara langsung ataupun tidak sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan skripsi ini dengan baik.

Semoga bantuan kalian menjadi kemudahan dalam menjalankan kehidupan yang dirahmati Allah SWT. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat konstruktif dari pembaca demi sempurnanya penulisan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan memberi wawasan bagi semua pihak yang membacanya.

Palembang, 21 Mei 2021

Penulis,

Arcella La Junidadelia Dwi Putri

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
SUMMARY	vi
RINGKASAN	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Limbah Industri Tekstil	5
2.2 Zat Warna Metilen Biru	5
2.3 Kobalt Ferit (CoFe_2O_4)	6
2.4 Silika Dioksida (SiO_2)	7
2.5 Seng Oksida (ZnO)	8
2.7 Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{ZnO}$	9
2.8 Fotodegradasi	11
2.9 X-Ray Diffraction (XRD)	12
2.10 Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive Spectroscopy (SEM-EDS)	14

2.11	Vibrating Sample Magnetometer (VSM)	15
2.12	Ultraviolet-Visible Diffuse Reflectance (UV-VIS DRS).....	16
2.13	pH Point of Zero Charge (pHpzc).....	17
2.14	Gas Chromatography-Mass Spectroscopy (GC-MS).....	18
2.15	Kromatografi Lapis Tipis (KLT)	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		21
3.1	Tempat dan Waktu	21
3.2	Alat dan Bahan.....	21
3.2.1	Alat.....	21
3.2.2	Bahan	21
3.3	Prosedur Penelitian.....	22
3.3.1	Sintesis Nanomagnetik CoFe_2O_4	22
3.3.2	Sintesis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2$	22
3.3.3	Sintesis Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{ZnO}$	23
3.4	Karakterisasi material.....	23
3.4.1	X-Ray Diffraction (XRD)	23
3.4.2	Scanning Electron Microscopy-Energi Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDS)	23
3.4.3	Vibrating Sample Magnetometer (VSM)	24
3.4.4	Ultra-Visible Diffuse Reflectance (DRS)	24
3.4.5	pH Point Zero Charge (pHpzc).....	24
3.4.6	Gas Chromatography-Mass Spectroscopy (GC-MS)	24
3.4.7	Kromatografi Lapis Tipis (KLT).....	25
3.5	Penentuan Konsentrasi Zat Warna Metilen Biru	25
3.5.1	Pembuatan Larutan Stok Standar Metilen Biru	25
3.5.2	Penentuan Kurva Kalibrasi Zat Warna Metilen Biru	25
3.6	Penentuan Kondisi Optimum Penyerapan Zat Warna Metilen Biru	25
3.6.1	Pengaruh pH	26
3.6.2	Pengaruh Konsentrasi Zat Warna	26
3.6.3	Pengaruh Waktu Kontak	26
3.7	Analisis Data.....	27

3.7.1	Hasil fotodegradasi terbaik dianalisis menggunakan Gas Chromatography-Mass Spectroscopy (GC-MS)	27
3.7.2	X-Ray Diffraction (XRD)	27
3.7.3	<i>Scanning Electron Microscopy-Energi Dispersive X-Ray Spectroscopy</i> (SEM-EDS).....	27
3.7.4	Vibrating Sample Magnetometer (VSM).....	27
3.7.5	Ultraviolet-Visible Diffuse Reflectance (UV-VIS DRS)	27
3.7.6	Kromatografi Lapis Tipis (KLT).....	28
3.7.7	Efektivitas Degradasi	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		29
4.1	Nanomagnetik (CoFe ₂ O ₄).....	29
4.2	CoFe ₂ O ₄ /SiO ₂	29
4.3	CoFe ₂ O ₄ /SiO ₂ /ZnO	29
4.4	Karakterisasi CoFe ₂ O ₄ , CoFe ₂ O ₄ /SiO ₂ dan CoFe ₂ O ₄ /SiO ₂ /ZnO	31
4.3.2	Hasil karakterisasi XRD.....	31
4.4.2	Hasil Karakterisasi SEM-EDS	32
4.4.3	Hasil Karakterisasi VSM	34
4.4.4	Hasil Karakterisasi UV-VIS DRS	35
4.4.5	pHpzc CoFe ₂ O ₄ /SiO ₂ /ZnO	37
4.5	Penentuan Kondisi Optimum Penyerapan Zat Warna Metilen Biru...38	
4.5.1	Pengaruh pH Zat Warna.....	38
4.5.2	Pengaruh Konsentrasi Zat Warna	39
4.5.3	Pengaruh Waktu Kontak	41
4.5.4	Hasil Karakterisasi GC-MS.....	42
4.5.5	Hasil Karakterisasi KLT Metilen Biru.....	43
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		45
5.1	Kesimpulan.....	45
5.2	Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA		46
LAMPIRAN		52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Struktur metilen biru	6
Gambar 2.	Struktur spinel kubus ferit	7
Gambar 3.	Struktur kristal CoFe_2O_4	7
Gambar 4.	Struktur model wurtzite ZnO	9
Gambar 5.	Skema pendekatan eksperimental $\text{NiFe}_2\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$	10
Gambar 6.	Difraksi sinar-X pada jarak antar atom d dan sinar datang λ ...	13
Gambar 7.	Morfologi SEM $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2$	15
Gambar 8.	Kurva VSM dari CoFe_2O_4	16
Gambar 9.	Grafik hasil analisis UV-VIS DRS ZnO-SiO_2	17
Gambar 10.	Grafik besarnya energy gap ZnO-SiO_2 dengan persamaan <i>kubelka-munk</i>	17
Gambar 11.	pHpzc komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{ZnO}$ dan karbon aktif	18
Gambar 12.	Hasil uji kemagnetan CoFe_2O_4 hasil sintesis menggunakan neodymium magnet.....	29
Gambar 13.	Hasil uji kemagnetan $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2$ hasil sintesis menggunakan neodymium magnet.....	30
Gambar 14.	Hasil uji kemagnetan $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{ZnO}$ hasil sintesis menggunakan neodymium magnet.....	30
Gambar 15.	Sudut 2θ untuk intensitas (a) CoFe_2O_4 ; (b) $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2$; (c) $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{ZnO}$	31

Gambar 16. Morfologi dengan perbesaran 30.000x (a) CoFe_2O_4 ; (b) $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2$; (c) $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{ZnO}$	33
Gambar 17. Kurva VSM (a) CoFe_2O_4 ; (b) $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2$; (c) $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{ZnO}$	35
Gambar 18. Perhitungan besarnya energy gap $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2$	36
Gambar 19. Perhitungan besarnya energy gap $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{ZnO}$	37
Gambar 20. Kurva pH_{pzc} $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{ZnO}$	37
Gambar 21. Kurva persentasi degradasi zat warna metilen biru terhadap pengaruh pH.....	38
Gambar 22. Kurva persentasi degradasi zat warna metilen biru terhadap pengaruh konsentrasi	40
Gambar 23. Kurva persentasi degradasi zat warna metilen biru terhadap pengaruh waktu kontak.....	41
Gambar 24. Kromatogram GC-MS metilen biru setelah proses degradasi....	42
Gambar 25. Mekanisme reaksi metilen biru setelah proses degradasi	43
Gambar 26. Profil KLT metilen biru sebelum dan setelah proses degradasi .	44

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Pola XRD dari puncak difraksi $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{ZnO}$	14
Tabel 2. Sudut 2θ untuk intensitas CoFe_2O_4 , $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2$ dan $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{ZnO}$	32
Tabel 3. Hasil karakterisasi EDS CoFe_2O_4 , $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2$ dan $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{ZnO}$	34

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Diagram Alir Prosedur Penelitian.....	53
Lampiran 2.	Hasil Karakterisasi XRD CoFe ₂ O ₄ /SiO ₂ /ZnO.....	54
Lampiran 3.	Hasil Karakterisasi SEM-EDS CoFe ₂ O ₄ /SiO ₂ /ZnO.....	57
Lampiran 4.	Hasil Karakterisasi VSM CoFe ₂ O ₄ /SiO ₂ /ZnO.....	61
Lampiran 5.	Hasil Karakterisasi UV-VIS DRS CoFe ₂ O ₄ /SiO ₂ /ZnO.....	62
Lampiran 6.	Penentuan pH Point Zero Charge (pH _{pzc}) CoFe ₂ O ₄ /SiO ₂ /ZnO.....	65
Lampiran 7.	Penentuan Panjang Gelombang Metilen Biru.....	66
Lampiran 8.	Penentuan Kurva Kalibrasi Metilen Biru.....	67
Lampiran 9.	Penentuan Kondisi Optimum Penyerapan Metilen Biru Menggunakan Komposit CoFe ₂ O ₄ /SiO ₂ /ZnO Terhadap Pengaruh pH.....	68
Lampiran 10.	Penentuan Kondisi Optimum Penyerapan Metilen Biru Menggunakan Komposit CoFe ₂ O ₄ /SiO ₂ /ZnO Terhadap Pengaruh Konsentrasi.....	70
Lampiran 11.	Penentuan Kondisi Optimum Penyerapan Metilen Biru Menggunakan Komposit CoFe ₂ O ₄ /SiO ₂ /ZnO Terhadap Pengaruh Waktu Kontak.....	72
Lampiran 12.	Hasil Karakterisasi GC-MS Metilen Biru.....	74
Lampiran 13.	Hasil KLT Metilen Biru.....	76

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berkembangnya sektor industri tekstil saat ini menyebabkan meningkatnya penggunaan zat warna yang dapat mencemari lingkungan. Bahan kimia yang digunakan dalam pembuatan zat warna sintetis tersebut umumnya bersifat racun, dan karsinogenik. Jika pewarna sintetis ini terkandung di dalam limbah maka akan sangat sulit untuk dihilangkan karena mengandung senyawa organik yang sulit terdegradasi, tahan terhadap pengolahan secara aerob, stabil terhadap cahaya dan panas. Hal ini yang menyebabkan zat sintetis menjadi masalah ekologi. Oleh karena itu, diperlukan penghilangan kontaminan organik dari limbah sebelum dibuang agar tidak merusak ekologi sekitarnya.

Salah satu zat warna sintesis yang sering digunakan dalam industri adalah metilen biru (Raganata dkk, 2019). Metilen biru merupakan zat warna yang banyak digunakan untuk mewarnai kapas, sutra dan wol. Penggunaan metilen biru dapat menyebabkan efek buruk bagi kesehatan manusia. Kontak instan melalui inhalasi metilen biru dapat menyebabkan kesulitan bernapas, sedangkan kontak langsung dengan metilen biru dapat menyebabkan cedera mata permanen, sensasi terbakar, keringat berlebih, kebingungan logam, sianosis, kejang, takikardia, dan penyakit methemoglobinemia (Poteet *et al*, 2012). Toksisitas dan karakteristik karsinogenik dari metilen biru juga mempengaruhi sistem ekologi dengan mengkontaminasi air dengan zat warna yang menghambat kehidupan akuatik. Penghilangan metilen biru dari limbah sulit karena tidak mudah terdegradasi disebabkan oleh struktur molekul aromatikanya yang kompleks.

Beberapa metoda yang dapat digunakan untuk mengurangi konsentrasi metilen biru diantaranya pertukaran ion, osmosis balik, membrane filtrasi, koagulasi, teknik pemulihan evaporatif, adsorpsi dan fotodegradasi. Proses yang paling umum digunakan adalah adsorpsi. Namun, metode tersebut kurang efektif karena biaya operasional tinggi untuk regenerasi setiap siklus penyerapan (Hussin *et al*, 2015) dan sering menimbulkan persoalan baru bagi lingkungan.

Metode saat ini yang banyak dikembangkan untuk mengurangi konsentrasi polutan zat warna di lingkungan dikenal dengan fotokatalitik degradasi. Fotokatalitik degradasi dalam prosesnya menggunakan energi yang berasal dari cahaya (sinar matahari atau lampu UV-Vis) untuk mengaktifkan proses katalisis pada permukaan dari bahan semikonduktor yang menghasilkan radikal hidroksil (OH^\cdot) pendegradasi polutan organik dan zat warna. Radikal hidroksil memiliki reaktivitas yang tinggi sehingga dengan meningkatnya jumlah radikal hidroksil maka semakin banyak zat warna yang terdegradasi. Laju tersebut ditingkatkan dengan menggunakan bahan fotokatalis berupa oksida logam yang memiliki sifat semikonduktor seperti TiO_2 , ZnO , CuO , CdO , Fe_2O_3 , dan sebagainya. Bahan semikonduktor juga memiliki kemampuan fotokatalitik sehingga ketika terkena cahaya pada panjang gelombang (λ) tertentu akan menjadi oksidator yang memiliki kemampuan untuk mendegradasi polutan organik menjadi senyawa yang lebih sederhana dan tidak berbahaya (Riskiani dkk, 2019).

ZnO merupakan semikonduktor yang dapat digunakan sebagai bahan untuk proses fotokatalitik karena ramah lingkungan, tidak beracun, stabilitas kimia dan aktivitas fotokatalitik yang tinggi. Selain itu, ZnO juga memiliki celah pita yang cukup lebar yaitu 3,2 eV yang dapat menyerap sinar UV-Vis dengan baik tetapi terbatas untuk daerah yang tampak. ZnO perlu dimodifikasi untuk meningkatkan kemampuan menyerap cahaya tampak. Salah satu modifikasi ZnO yang dapat dilakukan adalah mengkompositkan ZnO dengan bahan oksida logam yang dikenal dengan spinel ferit CoFe_2O_4 membentuk komposit $\text{ZnO}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$. Bahan magnetik spinel ferit mempunyai celah pita yang kecil sehingga dapat meningkatkan kemampuan untuk menyerap cahaya tampak (Rahmayeni *et al*, 2019).

Nanopartikel spinel ferit memiliki rumus struktur MFe_2O_4 (M adalah ion logam seperti Ni, Co, Cu, Zn, Fe) dengan struktur kristal kubik spinel. Salah satu bahan spinel ferit adalah kobalt ferit (CoFe_2O_4). CoFe_2O_4 perlu dilakukan *coating* dengan bahan non-magnetik karena dapat meningkatkan stabilitas kimia, meningkatkan dispersibilitas nanopartikel dalam larutan dan meningkatkan sifat kemagnetan. Bahan non-magnetik yang diperlukan seperti SiO_2 dikarenakan silika

sangat stabil pada dispersi cairan, interaksi antar partikel mudah dikontrol dan mudah untuk memodifikasi permukaan (Sulanjari dkk, 2014).

Berdasarkan uraian tersebut, pada penelitian ini dilakukan sintesis komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{ZnO}$. Komposit hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscope - Energy Dispersive Spectroscopy* (SEM-EDS), *Vibrating Sample Magnetometer* (VSM), *Ultraviolet-Visible Diffuse Reflectance* (UV-VIS DRS), *pH Point Zero Charge* (pHpzc) dan *Gas Chromatography* (GC). Material hasil sintesis digunakan dalam proses fotokatalitik degradasi terhadap zat warna metilen biru dengan mempelajari pengaruh pH, konsentrasi dan waktu kontak.

1.2 Rumusan Masalah

Masalah yang dipelajari dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana keberhasilan sintesis dan karakterisasi dari $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{ZnO}$?
2. Bagaimana kemampuan komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{ZnO}$ hasil sintesis dalam mendegradasi metilen biru?
3. Bagaimana hasil degradasi zat warna metilen biru yang dianalisis dengan *Gas Chromatography-Mass Spectroscopy* (GC-MS)?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian ini adalah:

1. Mensintesis komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{ZnO}$ dan melakukan karakterisasi dengan XRD, SEM-EDS, VSM, UV-VIS DRS, pHpz, KLT dan GC-MS.
2. Mengkaji kemampuan komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{ZnO}$ dalam mendegradasi metilen biru dengan variabel pengaruh pH optimum, konsentrasi zat metilen biru optimum dan waktu kontak optimum.
3. Menganalisis hasil degradasi zat warna metilen biru menggunakan *Gas Chromatography-Mass Spectroscopy* (GC-MS).

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mempelajari proses sintesis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{ZnO}$ sehingga diharapkan dapat memberikan peluang yang lebih besar untuk pengaplikasiannya pada proses fotokatalitik. Hasil yang diperoleh

pada penelitian ini dapat digunakan untuk mengatasi limbah zat warna tekstil, sehingga tidak berbahaya bagi lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alen, Y., Agresa, F. L dan Yuliandra, Y. (2017). Analisis Kromatografi Lapis Tipis (KLT) dan Aktivitas Antihiperurisemia Ekstrak Rebung Schizostachyum Brachycladum Kurz (Kurz) pada Mencit Putih Jantan. *Jurnal Sains Farmasi dan Klinis*, 3(2), 146-152.
- 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.
- Astuti, N. P. W., Suaniti, N. M dan Mustika, I. G. (2018). Validasi Metode dalam Penentuan Kadar Etanol Pada Arak Menggunakan Kromatografi Gas Detektor Ionisasi Nyala. *Jurnal Kimia*, 12(2), 128-133.
- Bansal, M., Aghamkar, P and Ahlawat, D. S. (2015). Structural Properties of CoFe₂O₄-SiO₂ Nanocomposites Prepared by Sol-Gel Method and Co-Precipitation Method: A Comparative Study. *International Journal of Science, Technology and Management*, 4(1), 871-877.
- Bhernama, B. G., Safni and Syukri. (2015). Degradasi Zat Warna Metanil Yellow Secara Fotolisis dan Penyinaran Matahari dengan Penambahan Katalis TiO₂-Anatase dan SnO₂. *Journal of Islamic Science and Technology*, 1(1), 49-62.
- Choudhary, O. P and Priyanka. (2017). Scanning Electron Microscope: Advantages and Disadvantages in Imaging Components. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(5), 1877-1882.
- Deng, J., Shao, Y., Gao, N., Tan, C., Zhou, S and Hu, X. (2013). CoFe₂O₄ Magnetic Nanoparticles as A Highly Active Heterogeneous Catalyst of Oxone for the Degradation of Diclofenac in Water. *Journal of Hazardous Materials*, 262(1), 836-844.
- Dewi, S. H dan Ridwan. (2012). Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Fe₃O₄ Magnetik Untuk Adsorpsi Kromium Heksavalen. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 13(2), 137-138.
- Diantariani, N. P., Suprihatin, I. E dan Widihati, I. A. G. (2016). Fotodegradasi Zat Warna Tekstil Methylene Blue dan Congo Red Menggunakan Komposit ZnO-AA dan Sinar UV. *Jurnal Kimia*, 10(1), 133-140.
- Dinesh, V. P., Biji, P., Ashok, A., Dhara, S. K., Kamaruddin, M., Tyagi, A. K and Raj, B. (2014). Plasmon-Mediated Highly Enhanced Photocatalytic Degradation of Industrial Textile Effluent Dyes using Hybrid ZnO@Ag Core-shell Nanorods. *The Royal Society of Chemistry Journal*, 4(103), 1-10.
- Erdem, D., Bingham, N. S., Heiligttag, F. J., Pilet, N., Warnicke, P., Heyderman, L. J and Niederberger, M. (2016). CoFe₂O₄ and CoFe₂O₄-SiO₂ Nanoparticle Thin Films with Perpendicular Magnetic Anisotropy for Magnetic and

- Magneto-Optical Applications. *Advanced Functional Materials Journal*, 26(1), 1954-1963.
- Fairus, S., Haryono., Sugita, M. H dan Sudrajat, A. (2009). Proses Pembuatan Waterglass dari Pasir Silika dengan Pelebur Natrium Hidroksida. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 8(2), 56-62.
- Ghofur, M. A., Wardhani, S dan Tjahjanto, R. T. (2014). Pengaruh pH Awal dan Konsentrasi Awal Larutan Metilen Biru pada Degradasi Larutan Metilen Biru menggunakan Fotokatalis TiO_2 - Bentonit, *Kimia Student Journal*, 2(2), 548-554.
- Habila, M. A., Othman, Z. A., El-Toni, A. M., Labis, J. P and Soylak, M. (2016). Synthesis and Application of $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$ for Photocatalytic Decomposition of Organic Matrix Simultaneously with Magnetic Solid Phase Extraction of Heavy Metals Prior to ICP-MS Analysis. *Talanta*, 154(1), 539-547.
- Hannour, A., Vincent, D., Kahlouche, F., Tchangouljian, A., Neveu, S and Dupuis, V. (2014). Self-Biased Cobalt Ferrite Nanocomposites for Microwave Applications. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 353(1), 29-33.
- Hussin, Z. M., Talib, N., Hussin, N. M., Hanafiah, M. A. K. M and Khalir, W. K. A. W. M. (2015). Methylene Blue Adsorption onto NaOH Modified Durian Leaf Powder: Isotherm and Kinetic Studies. *American Journal of Environmental Engineering*, 5(3A), 38-43.
- Kundu, S., Ghosh, S. K., Mandal, M and Pal, T. (2002). Silver and Gold Nanocluster Catalyzed Reduction of Methylene Blue by Arsine in Micellar Medium. *Bull Mater Science Journal*, 25(6), 577-579.
- Lestari, J., Fahyuan, H. D dan Ngatijo. (2018). Pengaruh Doping Al Terhadap TiO_2 sebagai Pendegradasi Limbah Tekstil *Metyelene Blue*, 3(2), 15-20.
- Loan, N. T. T., *et al.* (2019). CoFe_2O_4 Nanomaterials: Effect of Annealing Temperature on Characterization, Magnetic, Photocatalytic, and Photo-Fenton Properties. *MDPI Journal*. 7(1): 1-14.
- Machiril, D., Jumaeri dan Ella, K. (2017). Interkalasi Montmorilonit dengan Kitosan Serta Aplikasinya sebagai Adsorben Methylene Blue. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 6(2), 118-124.
- Maylani, A. S., Sulistyarningsih, T dan Kusumastuti, E. (2016). Preparasi Nanopartikel Fe_3O_4 (Magnetit) Serta Aplikasinya sebagai Adsorben Ion Logam Kadmium, *Indonesian Journal of Chemical Science*, 5(2), 130-135.
- Meriatna, Maulinda, L., Khalil, M. dan Zulmiardi. (2015). Pengaruh Temperatur Pengeringan dan Konsentrasi Asam Sitrat pada Pembuatan Silika Gel dari Sekam Padi. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 4(1), 78-88.

- Muchanyereyi, N., Matavire, N., Gwatidzo, L and Togarepi, E. (2014). Removal of Methylene Blue from Aqueous Solution by Dehydrated Maize Tassels. *Research Journal of Chemical Sciences*, 4(11), 5-12.
- Ningsih, S. K. W., Nizar, U. K dan Novitria, U. (2017). Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel ZnO DopedCu²⁺ Melalui Metoda Sol-Gel. *Jurnal Eksakta*, 18(2), 39-51.
- Nor, W. F. K. W., Soh, S. K. C., Azmi, A. A. A. R., Yusof, M. S. M and Shamsuddin, M. (2018). Synthesis and Physicochemical Properties of Magnetite Nanoparticles (Fe₃O₄) As Potential Solid Support for Homogeneous Catalysts. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 22(5), 768-774.
- Nugroho, R. T dan Fajriati, I. (2017). Efektivitas Fotodegradasi Zat Warna Alizarine Red-SMenggunakan Oksidator Hidrogen Peroksida (H₂O₂) dan Fotokatalis TiO₂. *Analit:Analytical and Environmental Chemistry Journal*, 2(2), 26-37.
- Oktaviani, Z. P dan Haris, A. (2016). Sintesis ZnO-SiO₂ dan Aplikasinya pada Fotokatalisis Degradasi Limbah Organik Fenol dan Penurunan Kadar Cd(II) secara Simultan. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 19(2), 45 – 49.
- Pansambal, S. S., Ghotekar, S. K., Shewale, S. S., Deshmukh, K. K., Barde, N. P and Bardapurkar, P. P. (2019). Efficient Synthesis of Magnetically Separable CoFe₂O₄@SiO₂ Nanoparticles and Its Potent Catalytic Applications for the Synthesis of 5-Aryl-1,2,4 Triazolidine-3-Thione Derivatives. *Journal Water Environment Nanotechnology*, 4(3), 174-186.
- Pratama, R., Hardeli dan Yerimadesi. (2012). Penentuan Kondisi Optimum Proses Degradasi Zat WarnaMethylene Blue Pada Reaktor Fotokatalitik TiO₂-PEG. *Periodic Journal*. 1(2), 52-58.
- Poteet, E., *et al.*(2012). Neuroprotective Actions of Methylene Blue and Its Derivatives. *Plos One Journal*, 7(10), 1-17.
- Qin, Y., Zhang, H., Tong, Z., Song, Z and Chen, N. (2017). A Facile Synthesis of Fe₃O₄@SiO₂@ZnO with Superior Photocatalytic Performance of 4-Nitrophenol. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 17(1), 1-26.
- Radzimska, A. K and Jesionowski, T. (2014). Zinc Oxide—From Synthesis to Application: A Review. *MDPI Journal*, 7(1), 2833-2881.
- Raganata, T. C., Aritonang, H dan Suryanto, E. (2019). Sintesis Fotokatalis Nanopartikel ZnO untuk Mendegradasi Zat Warna Methylene Blue. *Chemistry Program Journal*, 12(2), 54-58.
- Rahmayeni, Alfina, A., Stiadi, Y., Lee, H. J andZulhadjri. (2019). Green synthesis and Characterization of ZnO-CoFe₂O₄ Semiconductor Photocatalysts Prepared Using Rambutan (Nephelium lappaceum L.) Peel Extract. *Materials Research Journal*, 22(5), 1-10.

- Ramli, Jonuarti, R. dan Hartono, A. (2017). Analisis Struktur Nano dari Lapisan Tipis Cobalt Ferrite yang Dipreparasi dengan Metode Sputtering. *Jurnal Eksakta*, 18(1), 1-8.
- Raval, A., Panchal, N. dan Jotania, R. (2013). Structural Properties and Microstructure of Cobalt Ferrite Particles Synthesized by A Sol-Gel Auto Combustion Method. *International Journal of Modern Physics: Conference Series*, 22(1), 558-563.
- Reza, K. M., Kurni, A., and Gulshan, F. (2016). Photocatalytic Degradation of Methylene Blue by Magnetite-H₂O₂-UV Process. *International Journal of Environmental Science and Development*, 7(5), 325-329.
- Riskiani, E., Suprihatin, I. E dan Sibarani, J. (2019). Fotokatalis Bentonit-Fe₂O₃ untuk Degradasi Zat Warna Remazol Brilliant Blue. *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)*, 7(1), 46-54.
- Riyanti, F., Hariani, P. L. dan Purwaningrum, W., Elfita., Santika, S. dan Amelia, I. (2018). The Synthesis of MnFe₂O₄-Activated Carbon Composite for Removal of Methyl Red From Aqueous Solution. *Jurnal Molekul*, 13(2), 123-132.
- Rizalina, H., Cahyono, E., Mursiti, S., Nurcahyo, B dan Supartono. (2018). Optimasi Penentuan Kadar Metanol dalam Darah Menggunakan Gas Chromatography. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 7(3), 254-261.
- Rohayati, Z., Fajrin, M. M., Rua, J., Yulan dan Riyanto. (2017). Pengolahan Limbah Industri Tekstil Berbasis Green Technology Menggunakan Metode Gabungan Elektrodegradasi dan Elektrokolorisasi dalam Satu Sel Elektrolisis. *Chimicaet Natura Acta*, 5(2), 95-100.
- Saragi, T., Syakir, N., Nainggolan, T. H. dan Alboin, C. (2015). Studi Awal Preparasi Film Tipis Bahan Magnet CoFe₂O₄ dengan Metode Sol Gel dan Karakterisasinya. *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, 5(1), 50-56.
- Sari, E. K., Azmiyawati, C dan Taslimah. (2010). Modifikasi Silika Gel dari Abu Sekam Padi dengan γ -Glycidioxypropyltrimethoxysilane dan Mercaptobenzothiazole untuk Adsorpsi Logam Kadmium(II). *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 13(3), 71-75.
- Sari, T. A., Hmdid dan Fatni, M. (2014). Identifikasi Mineral Magnetik pada Guano di Gua Bau-Bau Kalimantan Timur Menggunakan Scanning Electron Microscope(SEM). *Pillar Of Physics*, 1(1), 97-104.
- Setiadi, E. A., Shabrina, N., Utami, H. R. B., Fahmi, N. F., Kato, T., Iwata, S dan Suharyadi, E. (2013). Sintesis Nanopartikel Cobalt Ferrite (CoFe₂O₄) dengan Metode Kopersipitasi dan Karakterisasi Sifat Kemagnetannya. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 3(1), 55-62.

- Setyawati, D. A dan Haris, A. (2015). Sintesis ZnO-SiO₂ serta Aplikasinya pada Degradasi Limbah Organik Fenol dan Fotoreduksi Pb(II) secara Simultan. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 18(3), 96-100.
- Suaib, Aritonang, H. F dan Koleangan, H. S. J. (2019). Sintesis Nanopartikel Cobalt Ferrite (CoFe₂O₄) dengan Metode Kopersipitasi dan Aplikasinya sebagai Fotokatalis. *Chemistry Program Journal*, 12(1), 49-53.
- Sulanjari, dkk. (2014). Kajian Sifat Kemagnetan pada Nanopartikel Cobalt Ferrite (CoFe₂O₄) yang Dicoating dengan Polyethylene Glykol (PEG-4000) dan Silika. *Jurnal Fisika Indonesia*, XVIII(54), 103-107.
- Sulistyono, A., Wahyuni, S dan Kasmui. 2018. Sintesis dan Karakterisasi TiO₂ (Nanorod)-SiO₂ dan Aplikasinya dalam Cat Akrilik. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 7(1), 56-63.
- Tebriani, S. (2019). Analisis Vibrating Sample Magnetometer (VSM) Pada Hasil Elektrodeposisi Lapisan Tipis Magnetite Menggunakan Aruscontinue Direct Current. *Natural Science Journal*, 5(1), 722-730.
- Udaibah, W and Priyanto, A. (2017). Synthesis and Structure Characterization of SiO₂ from Petung Bamboo Leaf Ash (*Dendrocalamus asper* (Schult.f.) Backer ex Heyne). *Journal of Natural Sciences and Mathematics Research*, 3(1), 215-220.
- Wang, J., Zhu, Y and Chen, Q. (2005). Preparation of Magnetic Composite of NiFe₂O₄@SiO₂ and The Assembly of The Colloid Particles by Magnetic Fields. *International Journal of Modern Physics Bullets*, 19(12), 2053-2059.
- Wang, Z. L. (2004). Zinc Oxide Nanostructures: Growth, Properties and Applications. *Journal Of Physics: Condensed Matter*, 16(25), 830-857.
- Widihati, I. A. G., Diantariani, N. P dan Nikmah, Y. F. (2011). Fotodegradasi Metilen Biru dengan Sinar UV dan Katalis Al₂O₃. *Jurnal Kimia*, 5(1), 31-42.
- Winatapura, D.S., Dewi, S. H. dan Ridwan. (2014). Sintesis dan Karakterisasi Komposit Fe₃O₄-ZnO dengan Metoda Presipitasi. *Jurnal Teknologi Pengelolaan Limbah*, 17(1), 71-77.
- Wulandari, L. (2011). *Kromatografi Lapis Tipis*, Cetakan Pertama, PT. Taman Kampus Presindo, Jember, Indonesia.
- Wulandari, I. O., Wardhani, S dan Purwonugroho, D. (2014). Sintesis dan Karakterisasi Fotokatalis ZnO pada Zeolit. *Kimia Student Journal*, 1(2), 243-247.
- Yakob, M., Umar, H., Wahyuningsih, P and Putra, R. A. (2019). Characterization of Microstructural and Optical CoFe₂O₄/SiO₂ Ferrite Nanocomposite for Photodegradation of Methylene Blue. *AIMS Materials Science Journal*, 6(1), 45-51.

- Yusuf, M., Suhendar, D dan Hadisantoso, E. P. (2014). Studi Karakteristik Silika Gel Hasil Sintesis dari Abu Ampas Tebu dengan Variasi Konsentrasi Asam Klorida. *Jurnal Edisi*, VIII(1), 16-28.
- Zou, R., Du, G., Zhang, W., Liu, L., Liu, Y., Mei, L and Li, Z. 2014. Photocatalytic Degradation of Methylene Blue Using TiO₂ Impregnated Diatomite. *Hindawi Journal*, 1(1), 1-8.