

**SINTESIS KOMPOSIT CoFe₂O₄/SiO₂/NiO UNTUK
DEGRADASI FOTOKATALITIK ZAT WARNA
METILEN BIRU**

SKRIPSI

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



**VERONICHA FHADILASARI
08031281823026**

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2022**

HALAMAN PENGESAHAN
SINTESIS KOMPOSIT CoFe₂O₄/SiO₂/NiO UNTUK DEGRADASI
FOTOKATALITIK ZAT WARNA METILEN BIRU

SKRIPSI

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

Oleh:

VERONICHA FHADILASARI
08031281823026

Indralaya, 21 Juli 2022

Pembimbing I



Dr. Addy Rachmat, M.Si
NIP. 197409282000121001

Pembimbing II



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

Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



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

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi dengan judul dengan judul “ Sintesis Komposit CoFe₂O₄/SiO₂/NiO Untuk Degradasi Fotokatalitik Zat Warna Metilen Biru” telah diseminarkan dihadapan Tim Pengaji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 19 Juli 2022 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang telah diberikan.

Inderalaya, 21 Juli 2022

Ketua:

1. Dr. Nurlisa Hidayati, M.Si.

NIP. 197211092000032001

Sekretaris :

1. Dr. Heni Yohandini K, M.Si.

NIP. 197011152000122004

Pembimbing:

1. Dr. Addy Rachmat, M.Si.

NIP. 197409282000121001

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

NIP. 196808271994022001

Pengaji:

1. Dra. Fatma, M.S.

NIP. 196207131991022001

2. Dr. Dedi Rohendi, M.T.

NIP. 196704191993031001

Mengetahui,

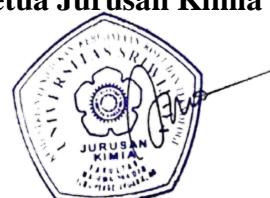
Dekan FMIPA



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 : Veronicha Fhadilasari

NIM : 08031281823026

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 Juli 2022

Penulis



Veronicha Fhadilasari

NIM. 08031281823026

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama mahasiswa : Veronicha Fhadilasari

NIM : 08031281823026

Fakultas / Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam / Kimia

Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “hak bebas royalti non-eksklusif” (non-exclusively royalty-free right) atas karya ilmiah saya yang berjudul : “Sintesis Komposit CoFe₂O₄/SiO₂/NiO Untuk Degradasi Fotokatalitik Zat Warna Metilen Biru”. 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, 21 Juli 2022

Penulis,



Veronicha Fhadilasari

NIM. 08031281823026

HALAMAN PERSEMBAHAN



“ Dan sesungguhnya telah Kami berikan hikmat kepada Luqman, yaitu :
“Bersyukurlah kepada Allah. Dan barangsiapa yang bersyukur (kepada Allah),
maka sesungguhnya ia bersyukur untuk dirinya sendiri; dan barangsiapa yang
tidak bersyukur, maka sesungguhnya Allah Maha Kaya lagi Maha Terpuji”
(QS. Luqman: 12)

Skripsi ini adalah salah satu bentuk rasa syukur saya terhadap Allah yang Maha Esa. Saya persembahkan skripsi ini untuk kedua orang tua saya, kedua dosen pembimbing saya, dan terutama untuk diri saya sendiri. Terima kasih karena tidak menyerah dan terima kasih telah berjuang hingga semuanya terselesaikan.

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas berkat dan ridho-Nya dalam mempermudah segala urusan serta memberikan pundak yang kuat sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "Sintesis Komposit CoFe₂O₄/SiO₂/NiO Untuk Degradasi Fotokatalitik Zat Warna Metilen Biru". Skripsi ini dibuat sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia, Universitas Sriwijaya.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada dosen pembimbing ibu Prof. Dr. Poedji Loekitowati H, M. Si dan bapak Dr. Addy Rachmat, M. Si yang telah banyak memberikan bimbingan, motivasi, masukan, saran dan petunjuk dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang mana telah memberikan rahmat, ridho dan nikmat-Nya yang begitu besar.
2. Ibu Prof. Dr. Poedji Loekitowati H, M. Si dan bapak Addy Rachmat, M. Si selaku dosen pembimbing penyusunan skripsi ini. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya karena telah dengan sabar membantu dan senantiasa memberikan dukungan, motivasi dan saran kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Semoga ibu dan bapak senantiasa diberikan kesehatan dan kemudahan dalam setiap urusan, serta nantinya akan menjadi pahala jariah bagi ibu dan bapak.
3. Kedua orang tuaku yang sangat amat kusayangi bapak Ridwan Iskandar dan ibu Tinti Novita, adikku Riska & Risti, nenek Kasmah dan Almh. Nenek Bunaya, serta Alm. Kakek Sukarman dan Alm. Kakek Mahidin, yang mana selalu menjadi motivasi dan semangat utamaku dalam mencapai gelar sarjana. Terima kasih karena selalu mendoakanku, mendukungku, menyayangiku, dan selalu berusaha untuk membahagiakanku. Penulis sangat bersyukur memiliki kalian, gelar sarjana ini kupersembahkan untuk kalian terutama mamak, bapak, nenek Kasmah dan Alm. Kakek Sukarman. Bukan kalian yang harus bangga padaku, tapi diri inilah yang sangat bangga kepada kalian.

4. Bapak Dr. Dedi Rohendi, M.T dan ibu Dra. Fatma, M.Si selaku dosen penguji seminar dan sidang sarjana penulis. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya karena telah memudahkan revisi dan proses seminar maupun sidang sarjana penulis sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini. Semoga bapak dan ibu senantiasa diberikan kesehatan dan kemudahan dalam setiap urusan bapak dan ibu.
5. Ibu Dr. Nurlisa Hidayati, M.Si selaku ketua sidang dan Ibu Dr. Heni Yohandini, M.Si selaku sekretaris sidang sarjana penulis. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya karena ibu telah bersedia menjadi ketua dan sekretaris sidang sarjana penulis sehingga semuanya bisa berjalan dengan lancar.
6. Bapak Prof. Hermansyah, Ph. D selaku Dekan Fakultas MIPA Universitas Sriwijaya.
7. Ibu Prof. Muharni, M. Si selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
8. Bapak Dr. Addy Rachmat, M. Si selaku dosen Pembimbing Akademik. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya karena bapak telah membantu penulis dari awal masuk kuliah hingga selesai. Semoga Allah membalas semua kebaikan bapak.
9. Kak Cosiin dan Mba Novi selaku admin jurusan. Terima kasih atas segala bantuan yang telah diberikan
10. Keluarga besarku tercinta, wak, wo, bibi dan pamanku yang senantiasa memberikan dukungan, bantuan dan semangat dalam penyelesaian kuliah ini.
11. Olga Syaputra yang selalu memberi semangat, motivasi dan bantuan dalam menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih karena selalu ada dalam keadaan apapun, semoga kita bisa segera mendapatkan gelar sarjana dan membanggakan kedua orang tua.
12. Dinda Ulandari dan Ade Ristika selaku sahabat yang selalu ada disetiap suka maupun duka. Terima kasih karena telah menjadi bagian dari hidupku, terima kasih karena sudah menjadi pendengar yang baik atas

setiap keluh kesahku, semoga kita akan tetap menjadi sahabat sampai kapanpun.

13. Salsabillah Aska Pirdausia selaku partner TA pergi pagi pulang malam agar penelitian cepat selesai. Lika liku yang kita jalani selama penelitian itu tidak sedikit. Terima kasih karena telah semangat sampai akhir dan semoga Allah mudahkan setiap urusanmu.
14. Annisa, Anita, Anggun, Tias, Dayah dan Zizah selaku teman TA yang selalu memberikan bantuan, dukungan dan semangat. Semoga kita segera menyelesaikan perkuliahan ini yaa
15. Teman-teman Kimia Angkatan 2018 yang senantiasa memberikan semangat dan dukungan. Semoga kita semua sukses dan bisa berkumpul lagi dikemudian hari.
16. Kakak tingkat angkatan 2015, 2016 dan 2017, serta adik tingkat angkatan 2019, 2020 dan 2021 yang tidak bisa diebutkan satu persatu.
17. Segenap keluarga HIMASTI UNSRI yang juga selalu memberikan dukungan dan semangat kepada penulis. Terima kasih karena telah menjadi keluarga di dunia perantauan ini.

Terima kasih atas semua bantuan dan dukungan dari kalian, semoga Allah membalas kebaikan kalian, Aamiin.

Indralaya, 21 Juli 2022
Penulis,

Veronicha Fhadilasari

SUMMARY

SYNTHESIS OF CoFe₂O₄/SiO₂/NiO COMPOSITES FOR PHOTOCATALYTIC DEGRADATION OF METHYLENE BLUE DYE

Veronica Fhadilasari: Supervised by Dr. Addy Rachmat M. Si. and Prof. Dr. Poedji Loekitowati H. M. Si

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

Xviii+ 74 pages, 3 tables, 18 pictures, 14 attachments

In this study, the synthesis of CoFe₂O₄/SiO₂/NiO composites was carried out for the photocatalytic degradation of methylene blue dye. The synthesized materials were characterized using XRD, SEM-EDS, VSM, and UV-VIS DRS. Characterization results using the XRD tool shows the highest intensity was located at $2\theta = 43.25^\circ$ with a crystal size of 2.41 nm. Characterization results using the SEM-EDS tool shows a homogeneous morphological structure and consists of Co (1.94%), Fe (3.51%), O (39.16%), Si (7.79%) and Ni (32 ,82%). The saturation magnetization value shows by the characterization results using the VSM tool was 43.96 emu/g and the band gap characterization results from the UV-VIS DRS measurement result was 1.5 eV. The pH_{pzc} CoFe₂O₄/SiO₂/NiO value was obtained at pH 7.1.

The best condition for concentration methylene blue dye removal by the CoFe₂O₄/SiO₂/NiO composite was at pH 8 with a concentration of 20 mg/L and a UV irradiation time of 60 minutes resulted in an effectiveness of dye removal by 99.30%. TOC analysis shows that the methylene blue dye before degradation contained 7.72 ppm carbon and 0 ppm after degradation process which indicated that the carbon content in methylene blue had been degraded 100%.

Keywords : composite CoFe₂O₄/SiO₂/NiO, degradation, photocatalytic, methylene blue

Citation : 69 (2006-2022)

RINGKASAN

SINTESIS KOMPOSIT CoFe₂O₄/SiO₂/NiO UNTUK DEGRADASI FOTOKATALITIK ZAT WARNA METILEN BIRU

Veronica Fhadilasari: Dibimbing oleh Dr. Addy Rachmat M. Si. dan Prof. Dr. Poedji Loekitowati H, M. Si

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

xviii + 74 halaman, 3 tabel, 18 gambar, 14 lampiran

Pada penelitian ini dilakukan sintesis komposit CoFe₂O₄/SiO₂/NiO untuk degradasi fotokatalitik zat warna metilen biru. Material hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan alat XRD, SEM-EDS, VSM, dan UV-VIS DRS. Hasil karakterisasi menggunakan alat XRD menunjukkan intensitas tertinggi terletak pada $2\theta = 43.25^\circ$ dengan ukuran kristal sebesar 2,41 nm. Hasil karakterisasi menggunakan alat SEM-EDS menunjukkan struktur morfologi yang homogen serta memiliki unsur penyusun yang terdiri dari Co (1,94%), Fe (3,51%), O (39,16%), Si (7,79%) dan Ni (32,82%). Nilai magnetisasi saturasi yang ditunjukkan oleh hasil karakterisasi menggunakan alat VSM sebesar 43,96 emu/g dan nilai band gap hasil karakterisasi alat UV-VIS DRS sebesar 1,5 eV. Nilai pH_{pzc} dari CoFe₂O₄/SiO₂/NiO diperoleh pada pH 7,1.

Kondisi terbaik penurunan konsentrasi zat warna metilen biru oleh komposit CoFe₂O₄/SiO₂/NiO berada pada pH 8 dengan konsentrasi 20 mg/L dan lama penyinaran UV 60 menit menghasilkan efektivitas penurunan konsentrasi sebesar 99,30%. Analisis TOC menunjukkan zat warna metilen biru sebelum degradasi mengandung karbon sebesar 7,72 ppm dan setelah degradasi sebesar 0 ppm yang menunjukkan bahwa kandungan karbon pada metilen biru telah terdegradasi 100%.

Kata kunci : komposit CoFe₂O₄/SiO₂/NiO, degradasi, fotokatalitik, metilen biru
Kutipan : 69 (2006-2022)

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
SUMMARY	x
RINGKASAN	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Limbah Industri Tekstil.....	5
2.2 Fotokatalitik	5
2.3 Cobalt Ferrite (CoFe_2O_4).....	6
2.4 Silika (SiO_2)	7
2.5 Nikel (II) Oksida (NiO).....	8

2.6 Metilen Biru	8
2.7 <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	9
2.8 <i>Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive Spectroscopy (SEM-EDS)</i>	11
2.9 <i>Vibrating Sample Magnetometer (VSM)</i>	13
2.10 <i>Ultraviolet-Visible Diffuse Reflectance (UV-VIS DRS)</i>	14
2.11 Nilai <i>pH Point of Zero Charge</i> (pHpzc)	15
2.12 <i>Total Organic Carbon</i> (TOC)	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Waktu dan Tempat	17
3.2 Alat dan Bahan.....	17
3.2.1 Alat	17
3.2.2 Bahan.....	17
3.3 Prosedur Penelitian	18
3.3.1 Sintesis Nanomagnetik CoFe ₂ O ₄	18
3.3.2 Sintesis CoFe ₂ O ₄ /SiO ₂	18
3.3.3 Sintesis Komposit CoFe ₂ O ₄ /SiO ₂ /NiO	18
3.4 Karakterisasi material	19
3.4.1 <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	19
3.4.2. <i>Scanning Electron Microscope - Energy Dispersive Spectroscopy (SEM-EDS)</i>	19
3.4.3. <i>Vibrating Sample Magnometer (VSM)</i>	19
3.4.4. <i>Ultraviolet-Visible Diffuse Reflectance (UV-VIS DRS)</i>	20
3.4.5 Nilai <i>pH Point of Zero Charge</i> (pHpzc).....	20
3.5 Penentuan Konsentrasi Zat Warna Metilen Biru	20
3.5.1 Pembuatan Larutan Induk Metilen Biru 1000 ppm	20
3.5.2 Pembuatan Larutan Standar Metilen Biru.....	20

3.5.3 Penentuan Kurva Kalibrasi Zat Warna Metilen Biru..	21
3.6 Penentuan Kondisi Terbaik Penurunan Efektivitas Zat Warna Metilen Biru.....	21
3.6.1 Pengaruh pH.....	21
3.6.2 Pengaruh Konsentrasi Zat Warna	21
3.6.3 Pengaruh Waktu Kontak	22
3.6.4 Penentuan <i>Total Organic Carbon</i> (TOC)	22
3.7. Analisis Data	22
3.7.1 Zat warna sebelum dan sesudah degradasi dianalisis menggunakan <i>Total Organic Carbon Analyzer</i> (TOC)	22
3.7.2 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	23
3.7.3 <i>Scanning Electron Microscopy-Energi Dispersive Spectroscopy</i> (SEM-EDS).....	23
3.7.4 <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM).....	23
3.7.5 <i>Ultraviolet-Visible Diffuse Reflectance</i> (UV-VIS DRS).....	23
3.7.6 Penentuan Efisiensi Degradasi	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	25
4.1 Sintesis Nanomagnetik CoFe ₂ O ₄	25
4.2 Sintesis CoFe ₂ O ₄ /SiO ₂	25
4.3 Sintesis Komposit CoFe ₂ O ₄ /SiO ₂ /NiO.....	26
4.4 Karakterisasi Material CoFe ₂ O ₄ , CoFe ₂ O ₄ /SiO ₂ , dan CoFe ₂ O ₄ /SiO ₂ /NiO	27
4.4.1 Hasil Karakterisasi menggunakan <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	27
4.4.2 Hasil Karakterisasi Menggunakan <i>Scanning Electron Microscope – Energy Dispersive Spectroscopy</i> (SEM-EDS)	28
4.4.3 Hasil Karakterisasi Menggunakan <i>Vibrating Sample Magnometer</i> (VSM)	30
4.4.4 Hasil Karakterisasi Menggunakan <i>Ultraviolet-Visible Diffuse Reflectance</i> (UV-VIS DRS)	31
4.4.5 Nilai <i>pH Point of Zero Charge</i> (pHpzc) Komposit CoFe ₂ O ₄ /SiO ₂ /NiO	33

4.5 Penentuan Kondisi Terbaik Penurunan Efektivitas Zat Warna Metilen Biru.....	34
4.5.1 Pengaruh pH.....	34
4.5.2 Pengaruh Konsentrasi Zat Warna	35
4.5.3 Pengaruh Waktu Penyinaran	37
4.6 Analisis Data	38
4.6.1 Hasil Karakterisasi <i>Total Organic Carbon</i> (TOC)	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	40
2.1 Kesimpulan	40
5.2 Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN.....	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur spinel CoFe ₂ O ₄	6
Gambar 2. Struktur Metilen Biru	9
Gambar 3. Pola difraksi CoFe ₂ O ₄ dan CoFe ₂ O ₄ /SiO ₂	11
Gambar 4. Cara kerja SEM	12
Gambar 5. Citra SEM dari nanopartikel CoFe ₂ O ₄	12
Gambar 6. Kurva variasi magnetisasi saturasi dengan luas permukaan CoFe ₂ O ₄	14
Gambar 7. Nilai <i>band gap</i> ZnO-SiO ₂ hasil sintesis	15
Gambar 8. CoFe ₂ O ₄ diuji dengan magnet permanen	25
Gambar 9. CoFe ₂ O ₄ /SiO ₂ diuji dengan magnet permanen	26
Gambar 10. CoFe ₂ O ₄ /SiO ₂ /NiO diuji dengan magnet permanen	26
Gambar 11. Difraktogram (a). CoFe ₂ O ₄ , (b). CoFe ₂ O ₄ /SiO ₂ , dan (c). CoFe ₂ O ₄ /SiO ₂ /NiO	27
Gambar 12. Morfologi (a). CoFe ₂ O ₄ (b). CoFe ₂ O ₄ /SiO ₂ (c). CoFe ₂ O ₄ /SiO ₂ /NiO dengan perbesaran 3.000x	29
Gambar 13. Kurva histeresis dari CoFe ₂ O ₄ , CoFe ₂ O ₄ /SiO ₂ , dan CoFe ₂ O ₄ /SiO ₂ /NiO	30
Gambar 14. Besarnya nilai <i>band gap</i> (a) CoFe ₂ O ₄ (b) CoFe ₂ O ₄ /SiO ₂ (c) CoFe ₂ O ₄ /SiO ₂ /NiO	32
Gambar 15. Kurva pH _{pzc} CoFe ₂ O ₄ /SiO ₂ /NiO.....	33
Gambar 16. Kurva persentase degradasi pengaruh pH zat warna metilen biru	34
Gambar 17. Kurva persentase degradasi pengaruh konsentrasi zat warna metilen biru	36
Gambar 18. Kurva persentase degradasi pengaruh waktu penyinaran zat warna metilen biru	37

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Pola XRD dari puncak difraksi CoFe ₂ O ₄ /SiO ₂ /NiO	10
Tabel 2. Unsur-unsur penyusun CoFe ₂ O ₄ , CoFe ₂ O ₄ /SiO ₂ dan CoFe ₂ O ₄ /SiO ₂ /NiO.....	29
Tabel 3. Hasil karakterisasi TOC metilen biru sebelum dan sesudah degradasi	39

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Diagram Alir Prosedur Percobaan	48
Lampiran 2.	Reaksi Pembentukan CoFe ₂ O ₄	51
Lampiran 3.	Hasil Karakterisasi Menggunakan XRD CoFe ₂ O ₄ , CoFe ₂ O ₄ /SiO ₂ , dan . CoFe ₂ O ₄ /SiO ₂ /NiO.....	52
Lampiran 4.	Hasil Karakterisasi Menggunakan SEM-EDS CoFe ₂ O ₄ , CoFe ₂ O ₄ /SiO ₂ , dan CoFe ₂ O ₄ /SiO ₂ /NiO.....	55
Lampiran 5.	Hasil Karakterisasi Menggunakan VSM	57
Lampiran 6.	Hasil Karakterisasi Menggunakan UV-VIS DRS	59
Lampiran 7.	Penentuan pH Point Zero Charge (pHpzc) Komposit CoFe ₂ O ₄ /SiO ₂ /NiO	60
Lampiran 8.	Penentuan Panjang Gelombang Metilen Biru	61
Lampiran 9.	Penentuan Kurva Kalibrasi Metilen Biru	62
Lampiran 10.	Penentuan Kondisi Terbaik Fotodegradasi Metilen Biru Menggunakan Komposit CoFe ₂ O ₄ /SiO ₂ /NiO Terhadap Pengaruh pH	63
Lampiran 11.	Penentuan Kondisi Terbaik Fotodegradasi Metilen Biru Menggunakan Komposit CoFe ₂ O ₄ /SiO ₂ /NiO Terhadap Pengaruh Konsentrasi	66
Lampiran 12.	Penentuan Kondisi Terbaik Fotodegradasi Metilen Biru Menggunakan Komposit CoFe ₂ O ₄ /SiO ₂ /NiO Terhadap Pengaruh Waktu Kontak.....	69
Lampiran 13.	Gambar Hasil Degradasi	72
Lampiran 14.	Hasil Karakterisasi <i>Total Organic Carbon</i> (TOC)	74

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini perkembangan industri sudah mengalami kemajuan yang sangat pesat, salah satunya adalah industri tekstil. Akibat semakin banyaknya industri di Indonesia, limbah yang dihasilkan tentu semakin banyak. Limbah yang dihasilkan dapat berupa limbah padat, cair dan gas. Salah satu limbah yang menjadi masalah utama bagi lingkungan adalah limbah yang berasal dari zat warna. Zat warna merupakan salah satu zat yang mengandung bahan beracun dan berbahaya sehingga limbah yang dihasilkan juga berbahaya bagi lingkungan. Limbah zat warna adalah senyawa organik yang bersifat toksik dan sangat sukar terurai (Nurhasni dkk, 2018). Metilen biru adalah salah satu limbah zat warna yang dihasilkan oleh industri tekstil. Limbah yang dihasilkan berasal dari senyawa organik yang bersifat sukar terurai sehingga memerlukan suatu metode dalam penguraiannya. Metilen biru merupakan golongan zat warna thiazine yang bisa didapatkan dengan mudah serta memiliki harga yang murah yang juga digunakan dalam pewarnaan kain (Widihati dkk, 2011).

Limbah cair industri tekstil mengandung senyawa organik dan anorganik dengan konsentrasi yang cukup tinggi. Hal ini menyebabkan turunnya mutu air karena telah tergabung dengan limbah cair tersebut. Untuk mengatasi pencemaran yang terjadi akibat limbah cair industri telah dilakukan penelitian tentang cara pengolahan limbah cair yaitu dengan penggunaan metode degradasi fotokatalitik. Fotokatalis mampu mengubah energi cahaya menjadi energi kimia yang dalam prosesnya dihasilkan radikal hidroksil yang nantinya mengalami reaksi reduksi oksidasi dengan senyawa organik, sehingga menyebabkan air akan kembali menjadi jernih karena limbah cair yang terkandung di dalamnya sudah terurai (Sucanya dkk, 2016). Radikal hidroksil bersifat reaktif dalam mengoksidasi zat warna sehingga semakin banyak jumlah radikal hidroksil maka zat warna yang terdegradasi juga semakin banyak (Ali and Siew, 2006). Metode degradasi fotokatalitik memiliki beberapa kelebihan seperti dapat mendegradasi senyawa organik dan mereduksi senyawa anorganik menjadi komponen-komponen yang

lebih sederhana, ramah lingkungan, aman digunakan dan mampu menyerap di daerah sinar UV (Permatasari dkk, 2015).

Ada beberapa material yang biasa digunakan sebagai fotokatalis dalam pengolahan limbah yang umumnya bersifat semikonduktor, diantaranya adalah TiO_2 , WO_3 dan SnO_2 . Masing-masing fotokatalis memiliki nilai band gap yang berbeda-beda dimana TiO_2 memiliki nilai *band gap* 3,2, WO_3 2,7 dan SnO_2 3,5. *Band gap* merupakan energi antara pita konduksi dengan pita valensi yang akan menghasilkan pembawa arus (Sucarya dkk, 2016). Semakin kecil nilai energi *band gap* maka energi yang dibutuhkan untuk terjadi loncatan elektron dari pita valensi ke pita konduksi akan semakin kecil. Sebaliknya jika energi *band gap* besar maka kinerja yang dihasilkan kurang maksimal, hal ini dikarenakan energi yang dibutuhkan untuk terjadinya loncatan elektron akan lebih besar untuk dapat menghasilkan arus (Aminullah dkk, 2019). Semikonduktor lain yang bisa digunakan adalah NiO . NiO bersifat semikonduktor yang memiliki celah pita lebar dengan sifat elektronik, kimia dan listrik yang baik. NiO hanya dapat menyerap sinar ultraviolet sehingga tingkat pemanfaatannya terhadap matahari rendah. Hal ini menyebabkan NiO baik digabungkan dengan bahan semikonduktor lain guna untuk meningkatkan aktifitas fotokatalitiknya (Liu *et al*, 2020).

Baru-baru ini banyak dikembangkan penelitian tentang nanopartikel *spinel ferrite*. Hal ini dikarenakan nanopartikel ini memiliki sifat listrik dan kemagnetan yang sangat baik. CoFe_2O_4 adalah material *spinel ferrite* yang menarik karena mempunyai *anisotropy magnetocrystallin cubic* tinggi, kenaikan koersivitas, dan penurunan magnetisasi saturasi. Bahan- bahan yang bersifat non-magnetik dapat melapisi partikel magnetik sehingga mampu meningkatkan dispersibilitas nanopartikel dalam larutan, mereduksi gaya magnetik antar partikel dan meningkatkan sifat kemagnetan (Zhao *et al*, 2007). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Setiadi dkk (2013), CoFe_2O_4 bersifat super paramagnetik yang berasal dari feromagnetik dan ferimagnetik dengan ukuran material yang sangat kecil. Menurut Li *et al* (2018), nanopartikel CoFe_2O_4 telah diterapkan dalam biokimia, aplikasi biomedis dan fotokatalitik. $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2$ telah digunakan untuk mengolah larutan air yang mengandung metilen biru.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Wardiyati dkk (2016) penggabungan $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{TiO}_2$ akan menghasilkan efek foto disolusi. Hal ini terjadi karena interaksi elektronik antara kedua senyawa ini mengakibatkan aktivitas TiO_2 melemah. Namun hal ini dapat diatasi dengan memberikan lapisan penghalang diantara kedua senyawa tersebut. Penghalang yang digunakan harus bisa mempertahankan efektivitas katalis TiO_2 maupun fungsi Fe_3O_4 dan bersifat stabil. Salah satu penghalang yang baik digunakan adalah SiO_2 . Dengan adanya penambahan SiO_2 pada kedua senyawa tersebut maka akan terbentuk komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$.

Silika merupakan material non magnetik yang memiliki banyak kelebihan daripada bahan non magnetik yang lainnya (Zhao *et al*, 2007). Silika memiliki beberapa sifat, seperti stabil, memiliki kelembapan kimiawi yang baik, tidak beracun dan memiliki luas permukaan yang tinggi. Luas permukaan yang tinggi ini menjadikan silika sebagai bahan adsorpsi yang baik. Silika juga memiliki stabilitas termal yang baik, hal ini menyebabkan silika dapat digunakan sebagai adsorben polutan (Shahjuee *et al*, 2017).

Pada penelitian ini dilakukan sintesis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{NiO}$ untuk degradasi fotokatalitik zat warna metilen biru. CoFe_2O_4 berfungsi sebagai bahan magnetik, NiO sebagai katalis dan SiO_2 berfungsi untuk mempertahankan efektivitas katalis NiO dan melindungi aglomerasi CoFe_2O_4 . Dengan adanya penambahan SiO_2 maka akan terbentuk komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{NiO}$. Komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{NiO}$ akan digunakan untuk mendegradasi zat warna metilen biru. Variabel degradasi fotokatalitik yang akan diamati adalah pengaruh pH, konsentrasi dan waktu kontak yang akan dievaluasi untuk mengetahui efektivitas degradasi dari metilen biru.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana karakter fotokatalis yang disintesis dari komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{NiO}$?

2. Bagaimana kemampuan $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{NiO}$ terhadap degradasi fotokatalitik zat warna metilen biru dengan variabel uji pengaruh pH, konsentrasi zat warna, waktu kontak ?
3. Bagaimana degradasi fotokatalitik zat warna metilen biru dapat dikonfirmasi berdasarkan *Total Organic Carbon* (TOC)?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mensintesis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{NiO}$ dan mengkarakterisasi nanomagnetik $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{NiO}$ menggunakan alat XRD, SEM-EDS, VSM, UV-VIS DRS dan pHpz.
2. Menentukan kondisi terbaik degradasi fotokatalitik zat warna metilen biru dengan variabel uji pengaruh pH, konsentrasi zat warna dan waktu kontak menggunakan komposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{NiO}$.
3. Menganalisis zat warna metilen biru sebelum dan setelah degradasi menggunakan *Total Organic Carbon* (TOC).

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat untuk memberi pengetahuan tentang proses sintesis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2/\text{NiO}$ sehingga dapat digunakan untuk pengaplikasianya dalam proses fotokatalitik. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini dapat digunakan untuk mengatasi limbah zat warna tekstil, sehingga tidak berbahaya bagi lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdollahi, Y., Abdullah, A. H., Zainal, Z. and Yusof, N. A. 2012. Photocatalytic Degradation of p-Cresol by Zinc Oxide under UV Irradiation. *International Journal of Molecular Sciences*. 13(1): 303.
- Ajabshir, S. Z., and Niasari, M. S. 2019. Preparation of Magnetically Retrievable $\text{CoFe}_2\text{O}_4@\text{SiO}_2@\text{Dy}_2\text{Ce}_2\text{O}_7$ Nanocomposites as Novel Photocatalyst for Highly Efficient Degradation of Organic Contaminants. *Journal Composites Part B*, 1-9.
- Akgedik, R., Aytekin, I., Kurt, A. B., dan Eren, D. C. 2016. Recurrent Pneumonia Due to Olive Aspiration in a Healthy Adult: a Case Report. *The Clinical Respiratory Journal*, 10(6), 809-810.
- Ali, R., and Siew, O. B. 2006. Photodegradation of New Methylene Blue N in Aqueous Solution Using Zinc Oxide and Titanium Dioxide as Catalyst. *Jurnal Teknologi*, 45(F), 31-42.
- Aminullah, M. W., Setiawan, H., Huda, A., Samaulah, H., Haryati, S., dan Bustan, M. D. 2019. Pengaruh Komposisi Material Semikonduktor Dalam Menurunkan Energi Band Gap dan Terhadap Konversi Gelombang Mikro. *Jurnal EECCIS*, 13(2), 65-70.
- Andari, N. D., dan Wardhani, S. 2014. Fotokatalis TiO_2 -Zeolit Untuk Degradasi Metilen Biru. *Jurnal Chem.* 7(1), 9-14.
- Ariyanto, A., dan Irwan, N. 2015. Kajian Fotodegradasi Methyl Orange Dengan Menggunakan Komposit TiO_2 -Montmorillonit. *Jurnal Molekul*, 10(1), 57-65.
- Asencios, Y. J. O., and Assaf, E. M. 2013. Combination of Dry Reforming and Partial Oxidation of Methane on NiO-NgO-ZrO_2 Catalyst : Effect of Nickel Content. *Fuel Processing Technology*, 106, 247-252.
- Asmin, L.O., Mutmainnah, dan Suharyadi, E. 2015. Pengaruh Ukuran Partikel Terhadap Struktural dan Sifat Kemagnetan Nanopartikel Zinc Ferrite (ZnFe_2O_4). *Prosiding Simposium Fisika Nasional (SFN) XXVIII 2015*. ISBN: 978-602-8161-87-9.
- Atmono, T. M., Prasetyowati, R., dan Kartika, A. M. R. 2015. Pembuatan Prototipe Vibrating Sample Magnetometer Untuk Pengamatan Sifat Magnetik Lapisan Tipis. *Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah*, 57-66.
- Bunaciu, A. A., Udristioiu, E. G., and Enein, H. Y. A. 2015. X-Ray Diffraction : Instrumentation and Applications. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 45, 289-299.

- Cai, X., Zhang, Y., Hu, H., Huang, Z., Yin, Y., Liang, X., Qin, Y., and Liang, J. 2020. Valorization of Manganese Residue to Prepare Stable and Active Fe_3O_4 - SiO_2 /Starch-Derived Carbon Composite for Catalytic Degradation of Dye Waste Water. *Journal of Cleaner Production*, 3-55.
- Cauto, S. R. 2009. Dye Removal by Immobilised Fungi. *Journal of Biotechnology Advances*, 27, 227-235.
- Cerda, L. A. G., Ramos, K. M. B., Montemayor, S. M., Lopez, M. A. Q., Galindo, R. B., and Baques, D. B. 2011. Preparation of hcp and fcc Ni and Ni/ NiO Nanoparticles Using a Citric Acid Assisted Pechini-Type Method. *Journal of Nanomaterials*, 1-6.
- Chandra, D. E., Hindryawati, N., dan Koesnarpadi, S. 2019. Degradasi Metilen Biru Dengan Metode Fotokatalitik Berdasarkan Variasi Berat Katalis Zeolit- WO_3 . *Prosiding Seminar Nasional*, 127-130.
- Dedi., Idayanti, N., Kristiantoro, T., Alam, G. F. N., and Sudrajat, N. 2018. Magnetic Properties of Cobalt Ferrite Synthesized by Mechanical Alloying. *Proceedings of the International Seminar on Metallurgy and Materials*, 1-4.
- Dewi, S. H., dan Ridwan. 2012. Sintesis Karakterisasi Nanopartikel Fe_3O_4 Magnetik Untuk Adsorpsi Kromium Heksavalen. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 13(2), 136-140.
- 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.
- Dini, E. W. P., dan Wardhani, S. 2014. Degradasi Metilen Biru Menggunakan Fotokatalis ZnO-Zeolit. *Jurnal Chem. Prog*, 7(1), 29-33.
- Habibi, M. H., and Parhizkar, H. J. 2014. FTIR and UV-Vis Diffuse Reflectance Spectroscopy Studies of the Wet Chemical (WC) Route Synthesized Nano-Structure CoFe_2O_4 from CoCl_2 and FeCl_3 . *Spectrochimica Acta Part A : Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 127, 102-106.
- Hakim, L., Dirgantara, M., dan Nawir, M. 2019. Karakterisasi Struktur Material Pasir Bongkahan Galian Golongan C dengan Menggunakan X-Ray Diffraction (X-RD) di Kota Palangkaraya. *Jurnal Jejaring Matematika dan Sains*, 1(1), 44-51.
- Haryono, Faizal, M. D., Liamita, C. N., dan Rostika, A. 2018. Pengolahan Limbah Zat Warna Tekstil Terdispersi dengan Metode Elektroflotasi. *Jurnal Kimia dan Pendidikan*, 3(1), 94-105.
- Hemmat, K., Nasseri, M. A., Allahresani, A., and Ghiami, S. 2019. $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{SiO}_2$: A Magnetically Recycable Heterogeneous Catalyst for the Synthesis of Spirooxindole Derivatives. *Journal of Organometallic Chemistry*, 903, 1-9.

- Jamaluddin., Nugraha, S. T., Maria., dan Umar, E. P. 2018. Prediksi Total Organic Carbon (TOC) Menggunakan Regresi Multilinear dengan Pendekatan Data Well Log. *Jurnal Geocelebes*, 2(1), 1-5.
- Kumar, V., Rana, A., Yadav, M. S., and Pant, R. P. 2008. Size-Induced Effect on Nano-Crystalline CoFe₂O₄. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 320, 1729-1734.
- Kusumaningrum, D., Hadisantoso, E. P., dan Sudiarti, T. 2022. Pengaruh Surfaktan pada Sintesis Nikel (II) Oksida (NiO) dengan Metode Presipitasi untuk Penanganan Metilen Biru Secara Fotokatalisis. *Prosiding Seminar Nasional Kimia*. 7, 38-50.
- Li, Z., Wang, J., Liu, M., Chen, T., Chen, J., Ge, W., Fu, Z., Peng, R., Zhai, X., and Lu, Y. 2018. Core-shelled Mesoporous CoFe₂O₄-SiO₂ Material with Good Adsorption and High-temperature Magnetic recycling Capabilities. *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, 1(1), 300-306.
- Liu, L., Hu, N., An, Y., Du, X., Zhang, X., Li, Y., Zeng, Y., and Cui, Z. 2020. Ag₂O and NiO Decorated CuFe₂O₄ with Enhanced Photocatalytic Performance to Improve the Degradation Efficiency of Methylene Blue. *Materials*, 13, 1-12.
- Luntungan, C. L., Aritonang, H. F., dan Kamu, V. S. 2019. Sintesis Nanopartikel Kobalt Ferrit (CoFe₂O₄) Menggunakan Ekstrak Daun Binahong (Anredera cordifolia (Ten) Steenis) dan Aplikasinya Sebagai Antibakteri. *Chem.Prog*, 12(1), 33-38.
- Mahmuda, D., Sakinah, N., dan Suharyadi, E. 2014. Adsorbsi Logam Tembaga (Cu), Mangan (Mn) dan Nikel (Ni) dalam Artificial Limbah Cair dengan Menggunakan Nanopartikel Magnetit (Fe₃O₄). *Indonesian Journal of Applied Physic*, 4(2), 126-133.
- Maulana, M. H., Maslukah, L., dan Wulandari, S. Y. 2014. Studi Kandungan Fosfat Bioavailable dan Karbon Organik Total (KOT) pada Sedimen Dasar di Muara Sungai Manyar Kabupaten Gresik. *Buletin Oseanografi Marina*, 3(1), 32-36.
- Miss, M. M. Y., Pingak, R. K., dan Sutaji, H. I. 2018. Penentuan Celah Energi Optik Ekstrak Daun Alpukat (*Persea Americana Mill*) Asal Desa Oinlasi Menggunakan Metode Tauc Plot. *Jurnal Fisika Sains dan Aplikasinya*, 3(1), 86-90.
- Nurhasni., Mar'af, R., dan Hendrawati. 2018. Pemanfaatan Kulit Kacang Tanah (*Arachis hipogaea L.*) sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru. *Jurnal Kimia Valensi*, 4(2), 156-167.
- Nurmanjaya, A., Putra, S., Megasari, K. 2018. Degradasi Zat Warna Lithol Dalam Medium Air Dengan Radiasi Gamma. *Inovasi Teknik Kimia*, 3(1), 14-24.

- Nurzam, F. R. P., Ramli., dan Ratnawulan. 2019. Pengaruh Komposisi CoFe₂O₄ Terhadap Sifat Listrik Nanokomposit CoFe₂O₄/PANI yang Disintesis dengan Metoda Sol-Gel. *Pillar of Physics*, 12(1), 38-45.
- 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 Derivates. *Journal Water Environ Nanotechnol*, 4(3), 174-186.
- Pascariu, P., Airinei, A., Olaru, N., Petrila, I., Nica, V., Sacarescu, L., and Tudorache, F. 2016. Microstructure. Electrical and Humidity Sensor Properties of Electrospun NiO-SnO₂ Nanofibers. *Sensors and Actuators*, 222, 1024-2031.
- Permatasari, O. S., Wardhani, S., dan Darjito. 2015. Studi Pengaruh Penambahan H₂O₂ Terhadap Degradasi Methyl Orange Menggunakan Fotokatalis TiO₂-N. *Jurnal Kimia Student*, 1(1), 661-667.
- Priya, P. G., Ramamurthi, V., and Annand, P. 2011. Degradation Studies of Tannery Effluents using Electro Flotation Technique. *Journal of Chemical Engineering & Process Technology*, 2(1), 1-4.
- Raganata, T. C., Aritonang, H., dan Suryanto, E. 2019. Sintesis Fotokatalis Nanopartikel ZnO Untuk Mendegradasi Zat Warna Methylene Blue. *Chem. Prog*, 12(2), 54-58.
- Ramadhan, N. I., Munasir., dan Triwikantoro. 2014. Sintesis dan Karakterisasi Serbuk SiO₂ dengan Variasi pH dan Molaritas Berbahan Dasar Pasir Bancar, Tuban. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, 3(1), 15-17.
- Rangga, A., Rasyid, H. A., Yuliana, N., dan Muhamad, G. E. 2015. Profil Depot Air Minum Isi Ulang dan Penerapan Analisis TOC pada Pemeriksaan Kualitas Air Minum Berdasarkan Sumber Air yang Digunakan di Bandar Lampung. *Jurnal Teknologi Industri dan Hasil Pertanian*, 20(2), 86-96.
- 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.
- Riswiyanto, S., Bakri, R., dan Titis, A. A. 2010. Degradasi Fotokatalitik Zat Warna Direct Yellow dan Direct Violet dengan Katalis TiO₂/AgI Sinar UV. *Jurnal Valensi*, 2(1), 319-324.
- Sanjaya, H., Rida, P., dan Nigsih, S. K. W. 2017. Degradasi Methylene Blue Menggunakan Katalis ZnO-PEG dengan Metode Fotosonolisis. *Eksakta*, 18(2), 21-29.

- Sari, T. A., Hamdi., dan Mufit, F. 2014. Identifikasi Mineral Magnetik pada Guano di Gua Bau-Bau Kalimantan Timur Menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM). *Pillar of Physics*, 1, 97-104.
- Setiadi, E. A., Shabrina, N., Utami, H. R. B., Fahmi, N. F., Kato, T., Iwata, S., and Suharyadi, E. 2013. Sintesis Nanopartikel Cobalt Ferrite (CoFe_2O_4) dengan Metode Kopresipitasi dan Karakterisasi Sifat Kemagnetannya. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 3(1), 55-62.
- Setyawati, D. A., dan Haris, A. 2015. Sintesis ZnO - SiO_2 serta Aplikasinya pada Degradasi Limbah Organik Fenol dan Fotoreduksi $\text{Pb}(\text{II})$ secara Simultan. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 18(3), 96-100.
- Shahjuee, T., Masoudpanah, S.M., and Mirkazemi, S.M. 2017. Coprecipitation Synthesis of CoFe_2O_4 Nanoparticles for Hyperthermia. *Journal of ultrafine Grained and Nanostructured Materials*, 50(2), 105-110.
- Suaib., Aritonang, H. F dan Koleangan, H. S. J. 2019. Sintesis Nanopartikel Cobalt Ferrite (CoFe_2O_4) dengan Metode Kopresipitasi dan Aplikasinya sebagai Fotokatalis. *Chemistry Program Journal*, 12(1), 49-53.
- Sucayha, T. N., Permatasari, N., dan Nandiyanto, A. B. D. 2016. Fotokatalis Untuk Pengolahan Limbah Cair. *Jurnal Integrasi Proses*, 6(1), 1-15.
- Taib, S., dan Suharyadi, E. 2015. Sintesis Nanopartikel Magnetite (Fe_3O_4) dengan Template Silika (SiO_2) dan Karakterisasi Sifat Kemagnetannya. *Indonesian Journal of Applied Physic*, 5(1), 23-30.
- Tebriani, S. 2019. Analisis Vibrating Sample Magnetometer (VSM) Pada Hasil Elektrodepositi Lapisan Tipis Magnetite Menggunakan Aruscontinue Direct Current. *Natural Science Journal*, 5(1), 722-730.
- Trianasari., Manurung, P., dan Karo, P. K. 2017. Analisis dan Karakterisasi Kandungan Silika (SiO_2) sebagai Hasil Ekstraksi Batu Apung (*Pumice*). *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, 5(2), 179-186.
- Ukhiyani, I., Darwis, D., dan Iqbal. 2017. Purifikasi dan Karakterisasi Silika (SiO_2) Berbasis Pasir Kuarsa dari Desa Pasir Putih Kecamatan Pamona Selatan Kabupaten Poso. *Natural Science : Journal of Science and Technology*, 6(3), 270-275.
- Utami, A. R., dan Wulandari, C. N. K. 2020. Verifikasi Metode Pengujian Total Organic Carbon (TOC) Dalam Air Limbah Kegiatan Minyak dan Gas Dengan Menggunakan TOC Analyzer. *Prosiding Seminar Nasional Kimia*. 258-267.
- Vifta, R. L., Sutarno., dan Suyanta. 2016. Studi Aktifitas Fotokatalitik MCM-41 Teremban Zn Pada Zat Warna Metilen Biru. *Jurnal MIPA*, 39(1), 45-50.

- Wang, L., Huang, Y., Sun, X., Huang, H., Liu, P., Zong, M., and Wang, Y. 2014. Synthesis and Microwave Absorption Enhancement of Graphene@Fe₃O₄@SiO₂@NiO Nanosheet Hierarchical Structures. *Nanoscale*, 1-9.
- Wardiyati, S., Adi, W. A., dan Winatapura, D. S. 2016. Pengaruh Penambahan SiO₂ Terhadap Karakteristik dan Kinerja Fotokatalitik Fe₃O₄/TiO₂ pada Degradasi Methylene Blue. *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 38(1), 31-40.
- Wardiyati, S., Fisli, A., dan Ridwan. 2011. Penyerapan Logam Ni dalam Larutan Oleh Nanokomposit Fe₃O₄ Karbon Aktif. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 12(3), 224-228.
- Widihati, I., Diantariani, N. P dan., Nikmah, Y. F. 2011. Fotodegradasi Metilen Biru dengan Sinar UV dan Katalis Al₂O₃. *Jurnal Kimia*, 5(1), 31-42.
- Wilujeng, E. K., dan Murwani, I. K. 2017. Pengaruh Impregnasi NiO pada MgF_{1,985}(OH)_{0,015} terhadap Kristalinitas xNiO/MgF_{1,985}(OH)_{0,015}. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 6(2), 20-22.
- Wulandari, I. O., Wardhani, S dan Purwonugroho, D. 2014. Sintesis dan Karakterisasi Fotokatalis Zno pada Zeolit. *Kimia Student Journal*, 1(2), 243-247.
- Xue, S. H., Xie, H., Ping, H., Li, Q. C., Su, B. L., and Fu, Z. Y. 2015. Induced Transformation of Amorphous Silica to Cristobalite on Bacterial Surfaces. *RSC Advances*, 88, 1-11.
- Xu, Y., Zhang, H., Duan, X., and Ding, Y. 2009. Preparation and Investigation on a Novel Nanostructured Magnetic Base Catalyst MgAl-OH-LDH/CoFe₂O₄. *Materials Chemistry and Physics*, 114, 795-801.
- Yulianti, S., Ramli., Yulkifli., dan Darvina, Y. 2020. Pengaruh Komposisi CoFe₂O₄ Terhadap Sifat Magnetik Nanokomposit CoFe₂O₄/PVDF yang Disintesis dengan Solgel. *Pillar of Physics*, 13, 10-17.
- Yunani, N. Y., Fatimah, I., dan Riyanto. 2014. Preparasi Fe(III)-Montmorillonit Sebagai Katalis Pada Fotooksidasi Metilen Biru. *Indonesian Journal of Chemical Research*, 82-92.
- Zhao, L., Yang, H., Cui, Y., Zhao, X., and Feng, S. 2007. Study of Preparation and Magnetic Properties of Silica-Coated Cobalt Ferrite Nanocomposites. *Journal Mater Sci*, 1(42), 4110-4114.
- Zein, R., Nofita, D., Refilda., dan Aziz, H. 2019. Penyerapan Timbal(II) dan Cadmium(II) di dalam Larutan Menggunakan Limbah Kulit Buah Kapuk. *Chimica et Natura Acta*, 7(1), 37-45.