

**SINTESIS KOMPOSIT Fe_3O_4 /GRAPHENE OXIDE/KITOSAN
MENGUNAKAN METODE KOPRESIPITASI SEBAGAI
FOTOKATALIS UNTUK DEGRADASI ZAT WARNA METILEN BIRU**

SKRIPSI

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



**FENI YUNITA
08031182025009**

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

2024

HALAMAN PENGESAHAN

**SINTESIS KOMPOSIT Fe₃O₄/GRAPHENE OXIDE/KITOSAN
MENGUNAKAN METODE KOPRESIPITASI SEBAGAI
FOTOKATALIS UNTUK DEGRADASI ZAT WARNA METILEN BIRU**

SKRIPSI

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

Oleh :

FENI YUNITA

08031182025009

Indralaya, 20 Mei 2024

Mengetahui,

PEMBIMBING I



Dr. Desnelli, M. Si
NIP. 19691225199702200

PEMBIMBING II



Dr. Muhammad Said, M. T
NIP. 197407212001121001

Dekan FMIPA



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

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi Feni Yunita (08031182025009) dengan judul " Sintesis Komposit $Fe_3O_4/Graphene\ Oxide/Kitosan$ Menggunakan Metode Kopresipitasi sebagai Fotokatalis untuk Degradasi Zat Warna Metilen Biru" telah diseminarkan dihadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 20 Mei 2024 dan telah diperbaiki, diperiksa serta disetujui sesuai masukan yang telah diberikan.

Indralaya, 20 Mei 2024

Ketua :

1. **Dra. Julinar M. Si**

NIP. 196507251993032002

Sekretaris :

2. **Dr. Addy Rachmat, M. Si**

NIP. 197409282000121001

Pembimbing :

1. **Dr. Desnelli, M. Si**

NIP. 196912251997022001

2. **Dr. Muhammad Said, M. T**

NIP. 197407212001121001

Penguji :

1. **Fahma Riyanti, M. Si**

NIP. 197204082000032001

2. **Dr. Nurlisa Hidayati, M. Si**

NIP. 197211092000032001

Mengetahui,


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


Ketua Jurusan Kimia
Prof. Dr. Muharni, M.Si
NIP. 196903041994122001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Feni Yunita
Nim : 08031182025009
Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain. Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Indralaya, 20 Mei 2024

Yang menyatakan,



Feni Yunita

Nim. 08031182025009

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama Mahasiswa : Feni Yunita
Nim : 08031182025009
Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “Sintesis Komposit $Fe_3O_4/Graphene\ Oxide/Kitosan$ Menggunakan Metode Kopresipitasi sebagai Fotokatalis untuk Degradasi 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.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, 20 Mei 2024

Yang menyatakan,



Feni Yunita

Nim. 08031182025009

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”

(QS. Al-Insyirah: 5-6)

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

(QS. Al-Baqarah: 286)

Skripsi ini sebagai tanda syukurku kepada:

- Allah SWT
- Nabi Muhammad SAW

Skripsi ini saya persembahkan kepada :

- 1. Ibu, Ayah dan Saudaraku yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan**
- 2. Dosen pembimbing (Dr. Desnelli, M. Si dan Dr. Muhammad Said, M. T)**
- 3. Sahabat dan semua orang yang membantu hingga terselesaikan skripsi ini**
- 4. Kampusku (Universitas Sriwijaya)**

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah SWT yang maha pengasih lagi maha penyayang. Saya panjatkan puji dan syukur atas kehadiran-Nya yang telah melimpahkan rahmat, hidayah dan inayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Sintesis Komposit Fe_3O_4 /Graphene Oxide/Kitosan Menggunakan Metode Kopresipitasi sebagai Fotokatalis untuk Degradasi Zat Warna Metilen Biru”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Sarjana (S1) Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.

Proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari berbagai rintangan yang dilalui. Namun dengan kesabaran dan ketekunan yang dilandasi dengan rasa tanggung jawab sebagai mahasiswa serta bantuan dari berbagai pihak lain berupa moril maupun materil akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan. Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada Ibu **Dr. Desnelli, M. Si** dan Bapak **Dr. Muhammad Said, M. T** yang telah membimbing, membantu, memberikan nasihat dan motivasi sejak awal penelitian hingga skripsi ini selesai.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunianya.
2. Keluarga saya yang sudah banyak memberikan doa, dukungan dan materi selama penulis mengerjakan penelitian dan skripsi ini.
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 Dr. Addy Rachmat, M. Si selaku Sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
6. Ibu Dr. Desnelli, M. Si dan Bapak Dr. Muhammad Said, M. T selaku pembimbing. Penulis banyak mengucapkan terimakasih karena sudah memberikan kesempatan kepada penulis untuk ikut penelitian bersama Bapak dan Ibu. Penulis juga berterimakasih kepada Bapak dan Ibu sudah meluangkan waktu kepada penulis untuk membimbing, memberikan arahan dan masukan dari awal penelitian hingga terselesainya skripsi ini.

Terimakasih untuk setiap hal yang Bapak dan Ibu usahakan kepada penulis agar proses penulisan skripsi dan kuliah ini cepat terselesaikan.

7. Kak Iin dan Mba novi selaku Admin Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya yang telah membantu proses pemberkasan dan sabar menghadapi adik-adiknya.
8. Kepada Muhammad Rofif Anas, yang telah menjadi salah satu motivasi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Terimakasih telah banyak membantu penulis baik diluar maupun didalam proses penelitian kemarin. Terimakasih atas semua bantuan disetiap tahap yang dilalui oleh penulis. Memberikan penulis motivasi agar lebih berani dan percaya kepada kemampuan diri sendiri. Semoga cerita kita akan berakhir dengan baik. Penulis akan selalu mengingat setiap bantuan yang telah diberikan.
9. Kepada teman temanku (Dilla, Maisyah, Jijah, Kamileh, Elsa, Mayu, Yayang, Dimas) terimakasih sudah kebersamai penulis dari maba sampai semester akhir. Semangat untuk kita semua, dan sampai jumpa dimimpi mimpi kita selanjutnya.
10. Kepada tim serekan (Fenti dan Dilla), terimakasih 6 bulan telah berjuang bersama sama menyelesaikan penelitian ini dengan baik. Kita hebat.
11. Kepada sahabatku (Ojan, Pera, Vera), terimakasih sudah memberikan dukungan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Semoga pertemanan kita bertahan selamanya.
12. Kepada Kasuhku (Kak Erika dan Kak Sandra), telah membantu penulis dari awal proses perkuliahan hingga sekarang. Terimakasih sudah menjadikan penulis sebagai adik kecil kalian.

SUMMARY

SYNTHESIS OF Fe₃O₄/GRAPHENE OXIDE/CHITOSAN COMPOSITE USING COPRECIPITATION METHOD AS PHOTOCATALYST FOR DEGRADATION OF METHYLENE BLUE DYE

Feni Yunita: Supervised of Dr. Desnelli, M.Sc., and Dr. Muhammad Said, M.T.

Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University
x + 42 pages, 4 tables, 16 figures, 14 attachments.

The textile industry in Indonesia produces a significant amount of dye waste. Dye waste contains organic compounds that are difficult to degrade and pollute water environments. Methylene blue dye is commonly used in dye waste. Proper treatment of the generated waste is essential. One effective method for treating dye waste is photodegradation.

In this research, a Fe₃O₄/Graphene oxide/Chitosan composite was synthesized for the degradation of methylene blue dye. The synthesized product was characterized using XRD, SEM-EDS, VSM, and UV-VIS DRS instruments. The Fe₃O₄/Graphene oxide/Chitosan composite synthesized using the coprecipitation method resulted in a dark brownish powder with magnetic properties. XRD characterization of Fe₃O₄/Graphene oxide/Chitosan showed diffraction peaks at $2\theta = 35,49^\circ$ with a crystal size of 23,29 nm. SEM-EDS characterization revealed aggregate morphology and the presence of C (83,20%), O (11,70%), Na (1,00%), N (0,70%), and Fe (2,50%). VSM characterization showed a magnetization value of 25,39 emu/g for the Fe₃O₄/Graphene oxide/Chitosan composite. UV-VIS DRS characterization indicated a band gap value of 1,40 eV for Fe₃O₄/Graphene oxide/Chitosan.

The optimum conditions for the degradation of methylene blue dye using the Fe₃O₄/Graphene oxide/Chitosan composite occurred at pH 10 with a concentration of 20 mg/L and an irradiation time of 60 minutes, resulting in an effectiveness of 96.06%. The isotherm model followed the Langmuir Isotherm with a determination coefficient value of 0.9674 and an adsorption capacity of 10.235 mg/g.

Key words: Fe₃O₄/Graphene oxide/Chitosan composite, Methylene blue, Coprecipitation, Photodegradation.

RINGKASAN

SINTESIS KOMPOSIT Fe_3O_4 /GRAPHENE OXIDE/KITOSAN MENGUNAKAN METODE KOPRESIPITASI SEBAGAI FOTOKATALIS UNTUK DEGRADASI ZAT WARNA METILEN BIRU

Feni Yunita: Dibimbing oleh Dr. Desnelli, M.Si dan Dr. Muhammad Said, MT.

Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya
x + 42 halaman, 4 tabel, 16 gambar, 14 lampiran.

Industri tekstil Indonesia menghasilkan jumlah limbah zat warna yang cukup tinggi. Limbah zat warna mengandung senyawa organik yang sulit terurai dan mencemari lingkungan perairan. Limbah zat warna yang sering digunakan adalah metilen biru. Banyaknya limbah yang dihasilkan harus dilakukan pengolahan limbah cair dengan baik dan benar. Salah satu metode yang efektif dalam pengolahan limbah cair zat warna adalah fotodegradasi.

Pada penelitian ini dilakukan sintesis komposit Fe_3O_4 /Graphene oxide/Kitosan untuk degradasi zat warna metilen biru. Hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan instrumen XRD, SEM-EDS, VSM dan UV-VIS DRS. Sintesis komposit Fe_3O_4 /Graphene oxide/Kitosan menggunakan metode kopresipitasi menghasilkan serbuk berwarna hitam kecoklatan yang mempunyai sifat magnetik. Hasil karakterisasi XRD Fe_3O_4 /Graphene oxide/Kitosan menunjukkan puncak difraksi pada $2\theta = 35,49^\circ$ dengan ukuran kristal sebesar 23,29nm. Hasil karakterisasi SEM-EDS Fe_3O_4 /Graphene oxide/Kitosan menunjukkan morfologi berbentuk agregat dan memiliki unsur penyusun C (83,20%), O (11,70%), Na (1,00%), N (0,70%) dan Fe (2,50%). Hasil karakterisasi VSM menunjukkan nilai magnetisasi komposit Fe_3O_4 /Graphene oxide/Kitosan sebesar 25,39 emu/g. Hasil karakterisasi UV-VIS DRS menunjukkan nilai *band gap* Fe_3O_4 /Graphene oxide/Kitosan sebesar 1,40eV.

Kondisi optimum degradasi zat warna metilen biru menggunakan komposit Fe_3O_4 /Graphene oxide/Kitosan terjadi pada pH 10 dengan konsentrasi 20 mg/L dan lama penyinaran 60 menit menghasilkan persen efektivitas sebesar 96,06%. Model isoterm mengikuti Isoterm Langmuir dengan nilai koefisien determinasi sebesar 0,9674 dan kapasitas adsorpsi sebesar 10,235 mg/g.

Kata kunci : Komposit Fe_3O_4 /Graphene oxide/Kitosan, Metilen biru, Kopresipitasi, Fotodegradasi.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
SUMMARY.....	ix
RINGKASAN.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Metilen Biru	5
2.2 Kitosan	5
2.3 Magnetit Fe ₃ O ₄	6
2.4 <i>Graphene Oxide</i>	7
2.5 Komposit Fe ₃ O ₄ / <i>Graphene oxide</i> /Kitosan	8
2.6 Metode Kopresipitasi	8
2.7 Adsorpsi	9
2.8 Fotokatalis	10
2.9 Karakterisasi	11
2.9.1 <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	11

2.9.2 Scanning Electron Microscope – Energy Dispersive X (SEM-EDS)	12
2.9.3 Vibrating Sample Magnetometer (VSM)	12
2.9.4 Uv-Vis Diffuse Reflectance Spectroscopy (UV-DRS)	13
BAB III METODE PENELITIAN	14
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	14
3.2 Alat dan Bahan	14
3.3 Prosedur Penelitian	14
3.3.1 Tahap Sintesis	14
3.3.1.1 Sintesis Fe ₃ O ₄	14
3.3.1.2 Sintesis <i>Graphene Oxide</i>	15
3.3.1.3 Sintesis Fe ₃ O ₄ / <i>Graphene Oxide</i>	15
3.3.1.4 Sintesis Fe ₃ O ₄ / <i>Graphene Oxide</i> /Kitosan	16
3.3.2 Preparasi Zat Warna	16
3.3.2.1 Pembuatan larutan metilen biru 1000 ppm	16
3.3.2.2 Penentuan panjang gelombang maksimum	16
3.3.2.3 Pembuatan kurva kalibrasi metilen biru	17
3.3.3 Penentuan pH _{pzc} (<i>Point Zero Charge</i>)	17
3.3.4 Penentuan Kondisi Optimum Zat Warna Metilen Biru dengan Komposit Fe ₃ O ₄ / <i>Graphene Oxide</i> /Kitosan	17
3.3.4.1 Pengaruh pH	17
3.3.4.2 Pengaruh konsentrasi	17
3.3.4.3 Pengaruh waktu kontak	18
3.3.5 Analisis Data	18
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1 Hasil Sintesis Fe ₃ O ₄	21
4.2 Hasil Sintesis <i>Graphene oxide</i>	21
4.3 Hasil Sintesis Fe ₃ O ₄ / <i>Graphene Oxide</i> /Kitosan	22
4.4 Karakterisasi Material	23
4.4.1 Karakterisasi <i>Graphene Oxide</i> , Kitosan, Fe ₃ O ₄ dan Fe ₃ O ₄ / <i>Graphene Oxide</i> dengan Difraksi X-Ray (XRD)	23
4.4.2 Karakterisasi Fe ₃ O ₄ / <i>Graphene Oxide</i> /Kitosan	

(1:1, 1:2, 1:3) dengan Difraksi X-Ray (XRD)	25
4.4.3 Karakterisasi Kitosan dan Fe ₃ O ₄ / <i>Graphene oxide</i> /Kitosan dengan SEM-EDS.....	26
4.4.4 Karakterisasi Fe ₃ O ₄ , Fe ₃ O ₄ / <i>Graphene Oxide</i> , Fe ₃ O ₄ / <i>Graphene oxide</i> /Kitosan (1:2) dengan VSM.....	28
4.4.5 Karakterisasi Fe ₃ O ₄ , <i>Graphene oxide</i> dan Fe ₃ O ₄ / <i>Graphene oxide</i> /Kitosan (1:2) dengan UV-VIS DRS.....	29
4.5 pH <i>Point Zero Charge</i> (pH PZC) pada Komposit Fe ₃ O ₄ / <i>Graphene Oxide</i> /Kitosan	30
4.6 Penentuan Kondisi Optimum Fotodegradasi Zat Warna Metilen Biru.....	31
4.6.1 Pengaruh pH	31
4.6.2 Pengaruh Konsentrasi.....	32
4.6.3 Pengaruh Waktu Kontak	34
4.7 Model Isoterm Adsorpsi	35
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	37
5.1 Kesimpulan	37
5.2 Saran	37
DAFTAR PUSTAKA.....	38
LAMPIRAN	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Struktur Metilen Biru	5
Gambar 2.	Struktur Kitosan	6
Gambar 3.	Struktur Grafit dan <i>Graphene Oxide</i>	8
Gambar 4.	Skema Proses Fotokatalis.....	11
Gambar 5.	Hasil Sintesis Fe ₃ O ₄	21
Gambar 6.	<i>Graphene Oxide</i>	21
Gambar 7.	Komposit Fe ₃ O ₄ / <i>Graphene Oxide</i> /Kitosan	22
Gambar 8.	Difraktogram XRD dari (a) GO dan Kitosan (b) Fe ₃ O ₄ dan Fe ₃ O ₄ /GO	23
Gambar 9.	Difraktogram XRD Fe ₃ O ₄ /GO/Kitosan	25
Gambar 10.	Morfologi SEM dari (a). Kitosan (b). Fe ₃ O ₄ /GO/Kitosan (1:2) dengan Perbesaran 30.000×	27
Gambar 11.	Kurva histeris dari Fe ₃ O ₄ , Fe ₃ O ₄ / <i>Graphene oxide</i> , Fe ₃ O ₄ / <i>Graphene oxide</i> /Kitosan (1:2)	28
Gambar 12.	Nilai band gap (a) Fe ₃ O ₄ (b) GO dan (c) Fe ₃ O ₄ / <i>Graphene Oxide</i> /Kitosan (1:2)	29
Gambar 13.	Grafik pH _{pzc} Komposit Fe ₃ O ₄ / <i>Graphene Oxide</i> /Kitosan	30
Gambar 14.	Kurva Pengaruh pH Metilen Biru	31
Gambar 15.	Kurva Pengaruh Konsentrasi Metilen Biru	33
Gambar 16.	Kurva Pengaruh Waktu Penyinaran Metilen Biru	34

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Sudut difraksi GO, Kitosan, Fe_3O_4 , $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{GO}$	24
Tabel 1. Sudut difraksi $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Graphene oxide}/\text{Kitosan}$	26
Tabel 3. Elemen Penyusun Kitosan dan $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Graphene oxide}/\text{Kitosan}$ (1:2)	27
Tabel 4. Data parameter isoterm adsorpsi komposit terhadap zat warna.....	35

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Diagram Alir Prosedur Penelitian	44
Lampiran 2.	Reaksi Pembentukan Fe_3O_4	48
Lampiran 3.	Hasil Karakterisasi Komposit <i>Graphene Oxide</i> , Kitosan, Fe_3O_4 , Fe_3O_4 / <i>Graphene Oxide</i> dan Fe_3O_4 / <i>Graphene Oxide</i> /Kitosan (1:1, 1:2, 1:3) Menggunakan XRD	49
Lampiran 4.	Hasil Karakterisasi Menggunakan SEM-EDS Kitosan dan Fe_3O_4 / <i>Graphene Oxide</i> /Kitosan	56
Lampiran 5.	Hasil Karakterisasi Menggunakan VSM	59
Lampiran 6.	Hasil Karakterisasi Menggunakan UV-VIS DRS	60
Lampiran 7.	Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Metilen Biru	62
Lampiran 8.	Penentuan Kurva Kalibrasi Metilen Biru	63
Lampiran 9.	Penentuan pH <i>Point Zero Charge</i> (pHpzc) Komposit Fe_3O_4 / <i>Graphene Oxide</i> /Kitosan (1:2)	64
Lampiran 10.	Penentuan Kondisi Terbaik Fotodegradasi Metilen Biru Menggunakan Komposit Fe_3O_4 / <i>Graphene Oxide</i> /Kitosan (1:2) Terhadap pH	65
Lampiran 11.	Penentuan Kondisi Terbaik Fotodegradasi Metilen Biru Menggunakan Komposit Fe_3O_4 / <i>Graphene Oxide</i> /Kitosan (1:2) Terhadap Konsentrasi	67
Lampiran 12.	Penentuan Kondisi Terbaik Fotodegradasi Metilen Biru Menggunakan Komposit Fe_3O_4 / <i>Graphene Oxide</i> /Kitosan (1:2) Terhadap Waktu Penyinaran	69
Lampiran 13.	Data Isoterm Adsorpsi	71
Lampiran 14.	Gambar	74

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang perkembangannya cukup pesat dalam bidang industri tekstil. Peningkatan tersebut berbanding lurus dengan kerusakan lingkungan akibat limbah industri tekstil yang semakin menjamur. Limbah zat warna yang dihasilkan dari industri tekstil termasuk senyawa organik yang berbahaya, sulit terurai, dan dapat mencemari lingkungan perairan (Kustiningsih dan Sari, 2017). Dalam industri pewarnaan kain zat warna yang sering digunakan adalah metilen biru (Wang dkk, 2008).

Metilen biru termasuk senyawa yang bersifat kationik, larut di dalam air, memiliki struktur *benzene* sehingga sangat sulit diuraikan serta bersifat toksik, mutagenik dan karsinogenik. Zat pewarna metilen biru dapat menyebabkan iritasi kulit, iritasi mata, efek sistematis termasuk perubahan darah. Selain itu, pada tingkat tertentu senyawa ini dapat menyebabkan diare, muntah, mual, pusing, radang pencernaan dan keringat berlebih. Ada beberapa cara yang digunakan untuk mengolah limbah dengan kandungan zat pewarna sintetik, diantaranya dengan metode biologi, fisika dan kimia yang meliputi proses adsorpsi, biosorpsi, koagulasi dan flokulasi, dan ekstraksi cair- cair (Asiah dkk, 2022).

Metode yang efektif dalam pengolahan limbah zat warna adalah adsorpsi dan fotodegradasi. Adsorpsi adalah peristiwa menempelnya atom atau molekul suatu zat pada permukaan zat lain karena adanya ketidakseimbangan gaya pada permukaan. Zat pengadsorpsi disebut adsorben dan zat yang teradsorpsi disebut adsorbat. Adsorpsi suatu adsorbat pada keadaan setimbang dan isothermal sering dinyatakan persamaan empiris Freundlich dan Langmuir. Isoterm Freundlich berhubungan dengan sistem heterogen, menggambarkan adsorpsi reversible dan terjadi pada situs multilayer. Isoterm Langmuir menggambarkan adsorpsi irreversible, permukaan bersifat homogen dan lapisan molekul yang teradsorpsi membentuk lapisan tunggal monolayer (Yustinah dkk, 2019).

Fotodegradasi merupakan proses degradasi suatu materi yang berprinsip pada pemanfaatan energi foton dengan bantuan cahaya sehingga menjadi lebih

cepat terurai. Fotodegradasi dapat menguraikan senyawa zat warna menjadi senyawa yang tidak berbahaya dan aman bagi lingkungan seperti H₂O dan CO₂ (Titdoy dkk, 2015). Oleh karena itu perlu dikembangkan material yang dapat dijadikan sebagai fotokatalis yaitu material yang biasa digunakan adalah bahan semikonduktor seperti logam oksida (Deka, 2019).

Salah satu semikonduktor yang banyak digunakan adalah nanomagnetik Fe₃O₄. Nanomagnetik Fe₃O₄ dianggap sebagai semikonduktor yang cocok untuk reaksi fotokatalitik karena memiliki celah pita yang rendah, dapat digunakan kembali, bersifat supermagnetik membuat proses pemisahan lebih mudah, memiliki persen efektivitas yang tinggi. Nanomagnetik Fe₃O₄ dapat menyerap cahaya tampak dengan sangat baik dan menghasilkan pembawa muatan reaktif yang dapat mempercepat proses reaksi kimia (Monreal *et al.*, 2023).

Penelitian yang dilakukan oleh Komariah dkk (2022) degradasi zat warna metilen biru menggunakan fotokatalis Fe₃O₄/Kitosan menghasilkan persen efektivitas sebesar 50,43%. Dalam proses pemisahannya katalis besi oksida memiliki kekurangan yaitu cenderung menggumpal sehingga dapat menghalangi menghalangi interaksi besi oksida dengan radiasi sinar UV. Salah satu cara mengatasinya yaitu dengan memodifikasi permukaan nanopartikel dengan pelapisan (*coating*) berbasis polimer seperti kitosan (Wulandari dkk, 2016). Kitosan merupakan polimer yang bersifat polikationik yang digunakan untuk menghilangkan zat warna dan mengikat kation ion logam berat karena keberadaan gugus amino dan hidroksil sepanjang rantai polimer (Agustina dkk, 2015). Namun proses penyerapan zat warna dapat ditingkatkan kembali dengan penambahan adsorben. Salah satu adsorben yang memiliki luas permukaan yang besar adalah *Graphene oxide* (Tran *et al.*, 2017).

Graphene oxide sebagai sebagai bahan material komposit baru yang dianggap menjanjikan karena memiliki luas permukaan yang besar dan konduktivitas listrik yang baik. *Graphene oxide* mengandung cincin heksagonal karbon (C) dengan hibridisasi atom C sp² dan sp³ dimana terdapat gugus fungsi yang mengandung oksigen (O) seperti karbonil, hidroksil, karboksil dan epoksi pada permukaannya. Gugus fungsi pada *graphene oxide* berfungsi sebagai bahan untuk menstabilkan nanopartikel (Nisa *et al.*, 2022).

Sintesis komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Graphene oxide}/\text{Kitosan}$ dilakukan dengan menggunakan metode kopresipitasi. Pemilihan metode ini dikarenakan metode ini memiliki tahapan sintesis paling sederhana. Komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Graphene oxide}/\text{Kitosan}$ diaplikasikan untuk mendegradasi zat warna metilen biru dengan metode fotokatalis berdasarkan pengaruh variasi pH, variasi konsentrasi dan variasi waktu kontak, serta dilakukan penentuan model isoterm adsorpsi komposit terhadap zat warna metilen biru. Komposit hasil sintesis akan dikarakterisasi dengan menggunakan instrument XRD, SEM-EDS, VSM dan UV-VIS DRS.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana keberhasilan sintesis komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Graphene oxide}/\text{Kitosan}$ menggunakan metode kopresipitasi dan karakter komposit yang dihasilkan berdasarkan hasil karakterisasi XRD, SEM-EDS, VSM dan UV-VIS DRS?
2. Bagaimana kemampuan komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Graphene oxide}/\text{Kitosan}$ dalam mendegradasi zat warna metilen biru dengan variasi pengaruh pH, waktu kontak dan konsentrasi larutan metilen biru?
3. Bagaimana menentukan model isoterm adsorpsi komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Graphene oxide}/\text{Kitosan}$ terhadap zat warna metilen biru?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mensintesis komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Graphene oxide}/\text{Kitosan}$ menggunakan metode kopresipitasi dan karakterisasinya menggunakan instrumen XRD, SEM-EDS, VSM dan UV-DRS.
2. Mengetahui kemampuan komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Graphene oxide}/\text{Kitosan}$ dalam mendegradasi zat warna metilen biru dengan variasi pengaruh pH, waktu kontak dan konsentrasi larutan serta mengetahui model isoterm adsorpsi menggunakan persamaan Langmuir dan Freundlich.
3. Mengetahui model isoterm adsorpsi komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Graphene oxide}/\text{Kitosan}$ terhadap zat warna metilen biru.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memberikan informasi dan pengetahuan dalam proses sintesis Fe_3O_4 /*Graphene oxide*/Kitosan dan aplikasinya pada proses pengolahan zat warna metilen biru yang aman bagi lingkungan

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, S., Swantara, I. M. D. dan Suartha, I. N. 2015. Isolasi Kitin, Karakterisasi, dan Sintesis Kitosan Dari Kulit Udang. *Jurnal Kimia*. 9(2) : 271–278.
- Asiah, N., Sylvia, N dan Bahri, S. 2022. Adsorpsi Zat Warna *Methylene Blue* Menggunakan Adsorben dari Ampas Teh pada Kolom. *Chemical Engineering Journal*. 2(2) : 75-86.
- Budiman, S., Suryasaputra, D. dan Ristinanti, D. 2014. Fotodegradasi Zat Warna Tekstil dengan Fotokatalis TiO_2 , Al_2O_3 , dan H_2O_2 . *Prosiding Seminar Nasional Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK)*.
- Cahyana, A., Ahmad., M. dan Cari. 2014. Analisa SEM (Scanning Electron Microscope) pada Kaca TZN yang dikristalkan Sebagian. *Prosiding Mathematics and Science Forum*.
- Dini, E. W. P dan Wardhani, S. 2014. Degradasi Metilen Biru Menggunakan Fotokatalis ZnO -Zeolit. *Chem. Prog.* 7(1) : 29-33.
- Deka, P. T. 2019. Perbandingan Proses Fotodegradasi pada at Warna Metil Jingga Menggunakan Zeolit, Katalis Fe_2O_3 -Zeolit dan Sinar UV. 4(2) : 71-76.
- Dwandaru, W. S. B., Wijaya, R. I. W dan Parwati, L. D. 2019. *Nanomaterial Graphene Oxide Sintesis dan Karakterisasinya*. Yogyakarta: UNY Press.
- Ederer, J., Ecorchard, P., Slušná, M. Š., Tolasz, J., Smržová, D., Lupínková, S. and Janoš, P. 2022. A Study of Methylene Blue Dye Interaction and Adsorption by Monolayer Graphene Oxide. *Adsorption Science and Technology*. 2022 : 16.
- Fajarwati, F. I., Sugiharto, E. dan Siswanta, D. 2016 Film of Chitosan-carboxymethyl Cellulose Polyelectrolyte Complex as Metthylene Blue Adsorbent. *Eksakta: Jurnal Ilmu-Ilmu MIPA*. 11(2) : 36–45.
- Fajri, R. dan Amri, Y. 2018. Uji Kandungan Kitosan dari Limbah Cangkang Tiram (*Crassostrea* sp.). *Jurnal Jeumpa*. 5(2) : 101-105.
- Filatova, E. O and Konashuk, A. S. 2015. Interpretation the Cganging the Band Gap of Al_2O_3 Depending on its Crystalline Form: Connection with Different Lo0755-20761.cal Symmetries. *The Journal Physical Chemistry*. 119(35) : 2
- Fito, J., Abewaa, M., Mengistum A., Angasaa, K., Ambaye, A. D., Moyo, W and Nkambule, T. 2023. Adsorption of Methylene Blue from Textile Industrial Wastewater using Actived Karbon Developed from *Rumex abyssinicus* Plant. *Nature Journal*. 13(5427) : 1-17.
- Gaol, B. Y. L 2020. Sintesis dan Karakterisasi Nanokomposit $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{RGO}$ sebagai adsorben CO_2 . *Skripsi*. Universitas Pertamina: Jakarta.
- Ghosh., T. K., Gope, S., Rana, D., Roy, I., Sarkar, G., Sadhukhan, S., Bhattacharya, A., Pramanik, K., Chattopadhyay, S., Chakraborty, M and Chattopadhyay, D. 2015. Pyhsical and Electrical Characterization of Reduced Graphene Oxide

- Synthesized Adopting Green Route. *Bull Mater Sci.* 39(2) : 543-550.
- Hamda, S. dan Afnidar. 2014. Sintesa Molekul Pencetak Magnetit Kitosan Untuk Mengadsorpsi *Malachite Green* dari Larutan. *Seminar Nasional Riset Inovatif II.* 891 -899.
- Hanifa, I. I. dan Dwandaru, W. S. B. 2021. Synthesis and Characterization of Graphene Oxide Based on Processed Graphite Using Audiosonation Method. *Jurnal Ilmu Fisika Dan Terapannya.* 8(1) :17–20.
- Hayu, L. D. R., Nasra, E., Azhar, M dan Etika, S. B. 2021. Adsorpsi Zat Warna *Methylene Blue* Menggunakan Karbon Aktif Kulit Durian (*Durio zibethinus Murr.*). 10(2) : 8-13.
- Hessain, H. A and Hassan, J. J. 2019. Green Synthesis of Reduced Graphene Oxide Using Ascorbic Acid. *Iraqi Journal of Science.* 61(6) : 1313-1319.
- Jizhou, J., Zou, J., Huang, L., Jiang, H. and Zhang, Y. 2011. Degradation of Methylene Blue with H₂O₂ Activated by Peroxidase-Like Fe₃O₄ Magnetic Nanoparticles. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology.* 11 : 4793-4799.
- Jumardin., Maddu, A., Santoso, K. dan Isnaeni. 2022. Karakterisasi Sifat Optik Nanopartikel Karbon (*Carbone Dots*) dengan Metode UV-Vis DRS (*Ultra Violet-Visible Diffuse Reflectance Spectroscopy*). *Jurnal Fisika dan Terapannya.* 9(10) : 1-15.
- Khan, I., Saeed, K., Zekker, I., Zhang, B., Hendi, A. H., Ahmad, A., Ahmad, S., Zada., N., Ahmad, H., Shah, L. A., Shah, T. and Khan, I. 2022. Review on Methylene Blue: Its Properties, Uses, Toxicity and Photodegradation. *MDPI.* 14(242) : 1-30.
- Kurtiningsih, I. dan Sari, D. K. 2017. Uji Adsorpsi Zeolit Alam Bayah dan Pengaruh Sinar Ultraviolet terhadap Degradasi Limbah Methylene Blue. *Jurnal Teknika.* 13(1) : 25-32.
- Liang, X., Wang, W., Zhuang, J., Chen, Y., Wang, D. dan Li, Y. 2006. Synthesis of Nearly Monodisperse Iron Oxide and Oxyhydroxide Nanocrystals. *Journal of Advanced Functional Materials.* 16: 1805-1813.
- Lubis, H. 2022. Perbandingan Karakteisasi Morfolgi Fe₃O₄ terhadap Fe₃O₄ Merck melalui Metode Kopresipitasi. *Jurnal Institut Politeknik Ganeshha Medan.* 5(2) : 458-463.
- Lubis, S., Irawan., Ramli, M. dan Sheilatina. 2016. Photocatalytic Degradation of Indigo Carmine by TiO₂/Actived Carbon Derived From Waste Coffee Grounds. *Jurnal Natual.* 16(1) : 21-26.
- Martini, S., Yuliwati, E. dan Kharismadewi, D. 2020. Pembuatan Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri. *Jurnal Distilasi.* 5(2) : 26.
- Masruroh, Manggara, A. B., Lapailaka, T. dan Triandi, R. 2013. Penentuan Ukuran Kristal (Crystallite Size) Lapisan Tipis Pzt Dengan Metode XRD Melalui Pendekatan Persamaan Debye Scherrer. *Erudio Journal of Educational Innovation.* 1(2) : 24–29.

- Miri, N. S. S dan Narimo. 2022. Review : Kajian Persamaan Isoterm Langmuir dan Freundlich pada Adsorpsi Logam Berat Fe(II) dengan Zeolit dan Karbon Aktif dari Biomassa. *Jurnal Kimia dan Rekaya*. 2(2) : 58-71.
- Meila A., U., Hasan, A. dan Purnamasari, I. 2021. Kinetika Adsorpsi Karbon Aktif Dalam Penurunan Konsentrasi Logam Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb). *Jurnal Kinetika*. 12(02) : 29–37.
- Monreal, R. A., Nunez, H. A. B., Farias, M. H and Barraza, F. C. 2023. Photocatalytic Activity of Fe₃O₄-Fe₂O₃ Particles Supported on Mordenite Under Visible Light Exposure for Methylene Blue Degradation. *A Springer Nature Journal* 5(389) : 1-14.
- Munandar, A., Alimuddin., Sari, I. Y. L. dan Koesnarpadi, S. 2019. Komposisi Optimum Pembuatan Adsorben Kitosan-Fe₃O₄ (K-Fe₃O₄) dan Karakterisasinya dengan Menggunakan FT-IR Dan XRD. *Prosiding Seminar Nasional Kimia*. 4 : 17–20.
- Nadimi, M., Ziarati Saravani, A., Aroon, M. A. and Ebrahimian Pirbazari, A. 2019. Photodegradation of methylene blue by a ternary magnetic TiO₂ /Fe₃O₄ /graphene oxide nanocomposite under visible light. *Materials Chemistry and Physics*. 225 : 464–474.
- Ngatijo, N., Gusmaini, N., Bemis, R. dan Basuki, R. 2021. Adsorpsi Methylene Blue pada Nanopartikel Magnetit tersalut Asam Humat: Kajian Isoterm dan Kinetika. *CHEESA: Chemical Engineering Research Articles*. 4(1) : 51.
- Nisa, A.. K., Supriyanto, G., Ibrahim, W. A. W. Preparation and Caharcterization of Graphene Oxide-Fe₃O₄ from Rice Husk. *Alchemy : Journal od Chemistry*. 11(1) : 29-34.
- Palupi, E. 2006. Degradasi *Methylene Blue* dengan Metoda Fotokatalis dan Fotoelektrokatalis menggunakan Film TiO₂. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Pathania, D., Katwal, R. and Kaur, H. 2016. Enhanced Photocatalytic Avtivity of Elektrochemically Synthesized Aluminium Oxide Nanoparticles. *International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials*. 23(3) : 358-371.
- Pradana, A. F., Lubis, W. Z., Sulungbudi, G. T., Handajani, A., Mujamilah dan Arifin, B. 2016. Sintesis dan Pencirian Nanopartikel Fe₃O₄ dalam Hidrogel Kitosan. *Majalah Polimer Indonesia*. 19(1) : 23-29.
- Putri, N. A dan Supardi, Z. A. I. 2023. Sintesis dan Karakterisasi Graphene oxide dari Bahan Alam Tempurung Kelapa. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)*. 12(2) : 47-55.
- Rahimah., Fadli, A., Yelmida., Nurfajriani dan Zakwan. 2019. Synthesis and Characterization Nanomagnetite by Co-precipitation. *Indonesian Journal of Chemical Science and Technology*. 02(2) : 90-96.
- Rahmayanti, M. 2020. Sintesis dan karakterisasi magnetit (Fe₃O₄): Studi Komparasi Metode Konvensional dan Metode Sonokimia. *Al Ulum Sains Dan*

Teknologi. 6(1) : 26–31.

- Riskiani, E., Suprihatin, I, E dan Sibarani, J. 2019. Fotokatalis Bentonit-Fe₂O₃ untuk Degradasi Zat Warna Remazol *Brilliant Blue*. *Jurnal Cakra Kimia*. 7(1) : 46-54.
- Rusadi, E., Mahatmanti, W., Sulistyaningsih, T. 2018. Preparasi Komposit Kitosan-Bentonit sebagai Adsorben Zat Warna Methly Orang. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 7(3): 1-7.
- Sabzevari, M., Cree, D. E. and Wilson, L. D. 2018. Graphene Oxide-Chitosan Composite Material for Treatment of a Model Dye Effluent. *ACS Omega*. 3 : 13045-13053.
- Said, M., Rizki, W. T. Asri, W. R., Desnelli., Rachmat, A. dan Hariani, P. L. 2022. SnO₂-Fe₃O₄ Nanocomposites fot the Photodegradation of the Congo Red Dye. *Heliyon*. 2022 : 1-8.
- Senolinggi, G. P., Heritonang, H. F dan Katja, D. G. 2023. Sintesis Nanokomposit Kitosan/Ag/Fe₃O₄ Sebagai Fotokatalis untuk Mendegradasi Zat Warna Methylene Blue. *Chem. Prog*. 16(2) : 163-171.
- Setha, B., Rumata, F. dan Sillaban, B. 2019. Karakteristik Kitosan dari Kulit Udang Vaname dengan Menggunakan Suhu dan Waktu Yang Berbeda dalam Proses Deasetilasi. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 22(3) : 498-507.
- Shao, G., Lu, Y., Wu, F., Yang, A. C., Zeng, F and Wu, Q. 2012. Graphene oxide: The Mechanisme og Oxidation and Exofiliation. *Journal of Material Science*. 47(10) : 4400-4409.
- Susilowati, E., Mahatmanti, F. W dan HARYANI, S. 2018. Sintesis Kitosan-Silika Bead sebagai Pengadsorpsi Ion Logam Pb(II) pada Limbah Cair Batik. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 7(2) : 123-131.
- Sutanto, H dan Wibowo, S. 2015. *Semikonduktor Fotokatalis Seng Oksida dan Titania (Sintesis, Deposisi dan Aplikasi)*. Semarang: Telescope.
- Sutarno, R. L. V dan Suyanta. 2016. Studi Aktifitas Fotokatalitik MCM-41 Teremban Zn pada Zat Warna Metilen Biru. *Jurnal MIPA*. 39(1) : 45-50.
- Syakir, N., Nurlina, R., Anam, S., Aprilia, A., Hidayat, S dan Fitrilawati. 2015. Kajian Pembuatan Oksida Grafit untuk Produksi Oksiga Grafena dalam Jumlah Besar. *Jurnal Fisika Indonesia*. 55(19) : 26-29.
- Tebriani, S. 2019. Analisis Vibrating Sample Magnetometer (VSM) pada Hasil Elektrodeposisi Lapisan Tipis Magnetite Menggunakan Arus *Continue Direct Current*. *Natural Science Journal*. 5(1) : 722-730.
- Titdoy, S., Wuntu, A. D dan Kamu, V. S. 2015. Kinetika Fotodegradasi *Remazol Yellow* menggunakan Zeolit A Terimpregnasi TiO₂. *Jurnal Mipa*. 4(2) : 10.
- Tran, H. V., Bui, L. T., Dinh, T. T., Le, D. H., Huynh, C. D. and Trinh, A. X. 2017. Graphene oxide/Fe₃O₄/chitosan nanocomposite: A recoverable and recyclable adsorbent for organic dyes removal. Application to methylene blue. *Materials*

Research Express. 4(3) : 1-10.

- Tran, H. V., Hoang, N. T., Le., T. D., Tran, L. T and Dang, H. T. M. 2022. Graphene Oxide/Fe₃O₄/Chitosan-Coated Nonwoven Polyester Fabric Extracted from Disposable Face Mask for Enhanced Efficiency of Organic Dye Adsorption. *Hindawi Adsorption Science and Technology*. 2022: 1-13.
- Ullah, K., Ye, S., Zhu, L., Jo, S. B., Jang, W. K., Cho, K. Y. and Oh, W. C. 2014. Noble Metal Doped Graphene Nanocomposite and its Study of Photocatalytic Hydrogen Evolution. *Solid State Sci*. 31 : 91-98.
- Wang, X, S., Zhou, Y., Jiang, Y. and Sun, C. 2008. The Removal of Basic Dyes From Aqueous Solutions Using Agricultural By Products. *Journal of Hazardous Materials*. 157(2) : 374-385
- Widyandri, H. dan Budiman, M. 2004. *Berkala Fisika*. 7(1) : 28-34.
- Widyaningrum, B. A., Apriani, D., Amanda, P., Ismadi and Sutanto. 2021. Synthesis and Characterization: Composite of Graphene Oxide Based Palm Kernel Shell Waste with Fe₃O₄. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 22(2) : 101-109.
- Wulandari, I. O., Sabarudin, A. dan Santjojo, D. D. H. 2016. Pembuatan Nanopartikel Kitosan-Fe₃O₄ Secara Kopersipitasi Ex-Situ menggunakan Tripolyphosphate/Sulfat sebagai Crosslinker dan Karakterisasi Menggunakan XRD. *Natural*. 3(3) : 205-2012.
- Xing, S., Zhou, Z., Ma, Z. and Wu, Y. 2011. Characterization and reactivity of Fe₃O₄/FeMnOx core/shell nanoparticles for methylene blue discoloration with H₂O₂. *Applied Catalysis B: Environmental*. 107(3-4): 386-392
- Yadav, M., Rhee, K. Y. Park, S. J and Hui, D. 2014. Mechanical properties of Fe₃O₄/GO/Chitosan Composites. *Elsevier Journal*. 66 : 89-96.
- Ye, N., Xie, Y., Shi, P., Gao, T. and Ma, J. 2014. Synthesis of Magnetite/Graphene Oxide/Kitosan Composite and Its Application for Protein Adsorption. *Materials Science and Engineering C*. 45(2014) : 8-14.
- Zein, R., Purnomo, J. S., Ramadhani, P., Safni., Alif, M . F and Putri, C. N. 2022. Enhancing Sorption Capacity of Methylene Blue Dye using Solid Waste of Lemongrass Biosorbent by Modification Method. *Arabian Journal of Chemistry*. 2023(16) : 1-17.
- Zhao, J., Ren, W. and Cheng, H. M. 2012. Reduced Graphene Oxide Sponge for Efficient and Repeatable Adsorption and Desorption of Water Contaminations. *J. Master. Chem*. 22 : (20197-20202).