

**SINTESIS ZnO/rGO DARI ARANG TEMPURUNG
KELAPA (*Cocos nucifera*) DENGAN PEREDUKSI
ASAM ASKORBAT UNTUK DEGRADASI
*RHODAMINE B***

TUGAS AKHIR

Untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Sarjana S-1
Program Studi Fisika



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

diajukan oleh:

Aldona Fafa Novita

19106020022

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UIN SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

2023



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-2903/Un.02/DST/PP.00.9/12/2023

Tugas Akhir dengan judul : Sintesis ZnO/rGO dari Arang Tempurung Kelapa (Cocos nucifera) dengan Pereduksi Asam Askorbat untuk Degradasi Rhodamine B

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : ALDONA FAFA NOVITA
Nomor Induk Mahasiswa : 19106020022
Telah diujikan pada : Selasa, 05 Desember 2023
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Dr. Widayanti, S.Si. M.Si.

SIGNED

Valid ID: 657f01bc55e8



Penguji I

Dr. Thaqibul Fikri Niyartama, S.Si., M.Si.

SIGNED

Valid ID: 6580c74f80b31



Penguji II

Asih Melati, S.Si., M.Sc

SIGNED

Valid ID: 657fedd84eb91



Yogyakarta, 05 Desember 2023

UIN Sunan Kalijaga

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.

SIGNED

Valid ID: 6581592ee9152

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Aldona Fafa Novita

NIM : 19106020022

Program Studi : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “Sintesis ZnO/rGO dari Arang Tempurung Kelapa (*Cocos nucifera*) dengan Pereduksi Asam Askorbat Untuk Degradasi *Rhodamine B*” merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 20 November 2023

Penulis



Aldona Fafa Novita

NIM. 19106020022



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Kal : Persetujuan skripsi

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : ALDONA FAFA NOVITA
NIM : 19106020022
Judul Skripsi : Sintesis ZnO/rGO dari Arang Tempurung Kelapa (*Cocos nucifera*) dengan Pereduksi Asam Askorbat Untuk Degradasi *Rhodamine B*

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Fisika.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 20 November 2023

Pembimbing

Dr. Widayanti, S.Si., M.Si.
NIP. 19760526 200604 2 005

MOTTO

﴿٢٨٦﴾ ^{قُلْ} لَا يُكَلِّفُ اللَّهُ نَفْسًا إِلَّا وُسْعَهَا لَهَا مَا كَسَبَتْ وَعَلَيْهَا مَا اكْتَسَبَتْ

“Allah tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

– Q.S Al Baqarah 286

“Raih dan wujudkan mimpimu dengan keyakinanmu yang suci dan dengan jalan yang diridhai Tuhanmu”

“Getting stressed is just bad for me”

– Doh Kyungsoo

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan untuk:

Allah SWT

Nabi Muhammad SAW

Bapak Sri Mulyana dan Ibu Dyah Yulandari

Kakak Reza Ufi Maulana

Kakak Nila Nurpala Sari

Diri sendiri

Teman Fisika 2019

SC Fisika Material

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji Syukur kehadiran Allah SWT yang selalu memberikan karunia dan hidayah sehingga dengan ridho-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Sintesis ZnO/rGO dari Arang Tempurung Kelapa (*Cocos nucifera*) dengan Pereduksi Asam Askorbat untuk Degradasi *Rhodamine B*”. Sholawat serta salam tidak lupa termurnikan kepada nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat, dan para pengikutnya di yaumul akhir. Kelancaran dan keberhasilan dalam penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari segala bantuan, bimbingan, serta nasihat dari berbagai pihak yang dengan keikhlasannya mendukung penulisan ini. Untuk itu, penulis menyampaikan rasa terimakasih yang tulus kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir.
2. Orang tua, kakak, kakak ipar, dan keluarga besar tercinta yang tanpa henti memberikan dukungan, do'a, serta kasih sayang.
3. Bapak Prof. Dr. Phil. Al Makin, S.Ag., M.A. selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Ibu Dr. Khurul Wardati, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
5. Ibu Anis Yuniati, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Kepala Program Studi Fisika.
6. Bapak Frida Agung, S.Si., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang senantiasa memberi arahan dan masukan selama penulis menempuh pendidikan ini.

7. Ibu Dr. Widayanti, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing yang senantiasa memberikan motivasi, masukan, pengarahan, dan nasihat selama penulis menempuh pendidikan sampai terselesaikannya tugas akhir ini.
8. Bapak Wijayanto, S.Si. selaku Pranata Laboratorium Pendidikan Kimia yang telah memberikan bantuan dan kemudahan fasilitas kepada penulis selama penelitian tugas akhir.
9. Bapak Agung Nugroho, S.Si. selaku Pranata Laboratorium Pendidikan Fisika yang telah mempermudah peminjaman Laboratorium Nano Material kepada penulis selama penelitian tugas akhir.
10. Bapak Asim Septiansyah, S.Si. selaku Pranata Laboratorium Pendidikan Fisika yang telah mempermudah peminjaman alat kepada penulis selama penelitian tugas akhir.
11. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Fisika yang telah memberikan nasihat dan membagikan ilmunya selama penulis menempuh pendidikan ini.
12. Arofahtin Qurrotu 'Aini selaku partner penelitian tugas akhir yang telah bersama penulis dalam keadaan suka dan duka.
13. Mbak Tia, Raissa, Minami, dan Tika yang telah bersama penulis selama awal perkuliahan hingga saat ini.
14. Teman-teman Fisika Angkatan 2019 yang telah mengarungi pendidikan ini bersama-sama dalam suka maupun duka dan saling memberikan dukungan untuk satu sama lain.
15. Semua pihak yang memberikan bantuan dan dukungan dalam penyusunan tugas akhir ini yang tidak disebutkan satu persatu.

Dengan segala keterbatasan, penulis menyadari bahwa penyusunan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu diharapkan kritik dan saran dengan terbuka. Penulis berharap dengan adanya tugas akhir ini dapat menambah inspirasi sekaligus wawasan bagi para pembaca. *Aamiin.*

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Klaten, 20 November 2023

Penulis



**SINTESIS ZnO/rGO DARI ARANG TEMPURUNG KELAPA
(*Cocos nucifera*) DENGAN PEREDUKSI ASAM ASKORBAT
UNTUK DEGRADASI *RHODAMINE B***

**Aldona Fafa Novita
19106020022**

INTISARI

Semakin banyaknya industri tekstil membuat sungai menjadi rawan untuk tercemar karena limbah berbahaya yang dihasilkan. Salah satu limbah berbahaya tersebut adalah zat warna *Rhodamine B*. Zat warna *Rhodamine B* merupakan senyawa halogen yang berbahaya dan reaktif sehingga bersifat toksik bagi tubuh manusia. Fotokatalis digunakan sebagai salah satu upaya mengurangi pencemaran zat warna *Rhodamine B*. Penelitian ini mensintesis komposit ZnO/rGO sebagai katalis untuk mendegradasi zat warna *Rhodamine B* dengan variasi waktu penyinaran dan penambahan rGO. Sintesis rGO menggunakan grafit tempurung kelapa dengan metode modifikasi Hummer dan pereduksi asam askorbat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa grafit arang tempurung kelapa dapat disintesis menggunakan metode modifikasi Hummer dan pereduksi asam askorbat. Keberhasilan tersebut ditandai dengan adanya ikatan O–H, C–O, C=C, dan C=O. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa waktu penyinaran dan penambahan rGO sangat berpengaruh dalam meningkatkan aktivitas fotokatalis, yang ditandai dengan adanya penurunan konsentrasi larutan uji *Rhodamine B* setelah degradasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa presentase degradasi terbesar adalah 68,5% yang dilakukan oleh sampel ZnO/rGO-II dengan waktu penyinaran 30 menit.

Kata kunci: Komposit ZnO/rGO, metode modifikasi Hummer, asam askorbat, *Rhodamine B*, fotokatalis, degradasi

**SYNTHESIS OF ZnO/rGO FROM COCONUT SHELL CHARCOAL
(Cocos nucifera) WITH ASCORBIC ACID REDUCTION
FOR RHODAMINE B DEGRADATION**

**Aldona Fafa Novita
19106020022**

ABSTRACT

The increasing number of textile industries makes rivers vulnerable to pollution due to the dangerous waste they produce. One of these dangerous wastes is Rhodamine B dye. Rhodamine B dye is a dangerous and reactive halogen compound so it is toxic to the human body. Photocatalysis is an effort to reduce contamination of Rhodamine B dye. Photocatalysis is used as an effort to reduce pollution from Rhodamine B dye. This research synthesizes a ZnO/rGO composite as a catalyst to degrade Rhodamine B dye by varying the alignment time and addition of rGO. Synthesis of rGO using coconut shell graphite with the modified Hummer method and ascorbic acid reduction. The research results show that coconut shell charcoal graphite can be synthesized using the modified Hummer method and ascorbic acid reduction. This success is marked by the presence of O–H, C–O, C=C, and C=O bonds. The research results also showed that the exposure time and addition of rGO were very influential in increasing the photocatalytic activity, which was indicated by a decrease in the concentration of the Rhodamine B test solution after degradation. The research results showed that the largest percentage of degradation was 68,5% carried out by the ZnO/rGO-II sample with an exposure time of 30 minutes.

Key words: *ZnO/rGO Composite, Hummer modification method, ascorbic acid, Rhodamine B, photocatalyst, degradation*

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR	i
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI.....	iii
MOTTO.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
GLOSARIUM.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	7
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.4 Batasan Penelitian.....	8
1.5 Manfaat Penelitian	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	10
2.1 Studi Pustaka.....	10
2.2 Landasan Teori.....	14
2.2.1 Rhodamine B.....	14
2.2.2 Fotokatalis	16
2.2.3 Arang Tempurung Kelapa.....	21
2.2.4 Grafena	22
2.2.5 Metode Hummer.....	26
2.2.6 Asam Askorbat	27
2.2.7 FTIR (<i>Fourier Transform Infrared</i>)	29
2.2.8 Spektrofotometri UV-Vis.....	30
BAB III METODE PENELITIAN.....	33
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	33
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	33

3.3 Tahapan Penelitian	35
3.3.1 Studi Literatur	36
3.3.2 Persiapan Bahan	37
3.3.3 Pembuatan Grafena Oksida (GO).....	38
3.3.4 Pembuatan Grafena Oksida Tereduksi (rGO).....	39
3.3.5 Pembuatan Komposit ZnO/rGO	39
3.3.6 Uji Degradasi <i>Rhodamine B</i>	40
3.3.7 Karakterisasi Sampel	42
3.3.8 Pengolahan Data	42
3.3.9 Analisa Hasil	43
3.4 Metode Analisa Data.....	43
3.4.1 Analisis Hasil Karakterisasi FTIR (<i>Fourier Transform Infrared</i>). 43	
3.4.2 Analisis Hasil Karakterisasi Spektrofotometri UV-Vis	44
3.4.3 Analisis Presentase Degradasi <i>Rhodamine B</i> yang diserap ZnO/rGO Arang Tempurung Kelapa	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	46
4.1 Hasil Penelitian	46
4.2 Pembahasan.....	52
BAB V KESIMPULAN	71
5.1 Kesimpulan	71
5.2 Saran	72
DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN.....	79

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Referensi penelitian sebelumnya	10
Tabel 2. 2 Karakteristik frekuensi FTIR (Silverstein, 2015) (Pang dkk, 2018) ...	30
Tabel 3. 1 Jadwal pelaksanaan penelitian.....	33
Tabel 3. 2 Daftar alat yang digunakan dalam sintesis komposit ZnO/rGO.....	34
Tabel 3. 3 Daftar alat karakterisasi sampel.....	34
Tabel 3. 4 Daftar alat pengolahan data hasil karakterisasi	34
Tabel 3. 5 Bahan yang digunakan dalam penelitian	35
Tabel 3. 6 Hasil uji UV-Vis larutan standar <i>Rhodamine B</i>	41
Tabel 4. 1 Hasil absorbansi larutan standar <i>Rhodamine B</i>	49
Tabel 4. 2 Hasil uji degradasi <i>Rhodamine B</i> oleh komposit ZnO/rGO.....	51



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Struktur kimia <i>Rhodamine B</i> (Fauzi dkk, 2019).....	15
Gambar 2. 2	Mekanisme fotokatalis pada permukaan semikonduktor (Susanto, 2015).....	17
Gambar 2. 3	Struktur kristal ZnO, (a) <i>Rocksalt</i> , (b) <i>Zinc blende</i> , (c) <i>Wurtzite</i> (Ozgun, 2005).....	19
Gambar 2. 4	Bagian-bagian buah kelapa (Beveridge dkk, 2022).....	21
Gambar 2. 5	Pola atom-atom yang menyusun grafena (Dwandaru, 2019)	23
Gambar 2. 6	Struktur kimia grafena oksida (Dwandaru dkk, 2019)	24
Gambar 2. 7	Struktur kimia grafena oksida tereduksi (Dwandaru dkk, 2019)..	25
Gambar 2. 8	Struktur kimia asam askorbat (Bucker dkk, 2013)	27
Gambar 2. 9	Reaksi kimia asam askorbat dalam reduksi GO (Palomba dkk, 2022).....	28
Gambar 2. 10	Prinsip kerja FTIR (Nicolet, 2001)	29
Gambar 2. 11	Prinsip kerja spektrofotometri UV-Vis (Dadi dan Yasir, 2022)	31
Gambar 3. 1	Diagram alir tahapan penelitian.....	36
Gambar 3. 2	Kurva kalibrasi larutan standar <i>Rhodamine B</i>	44
Gambar 4. 1	Hasil pembuatan (a) GO, (b) rGO, (c)ZnO/rGO-I, dan (d)ZnO/rGO-II	46
Gambar 4. 2	Spektra FTIR GO.....	47
Gambar 4. 3	Spektra FTIR rGO	47
Gambar 4. 4	Spektra FTIR ZnO/rGO-I	48
Gambar 4. 5	Spektra FTIR ZnO/rGO-II.....	48
Gambar 4. 6	Kurva panjang gelombang maksimum absorbansi <i>Rhodamine B</i> ..	49
Gambar 4. 7	Larutan <i>Rhodamine B</i> setelah degradasi (a) ZnO (b) ZnO/rGO-I (c) ZnO/rGO-II.....	50
Gambar 4. 8	Larutan grafit setelah penambahan $KMnO_4$	52
Gambar 4. 9	(a) Larutan grafit yang telah mengalami oksidasi (b) Larutan grafit setelah penambahan H_2O_2	53
Gambar 4. 10	Serbuk rGO	54
Gambar 4. 11	Sampel komposit ZnO/rGO	54

Gambar 4. 12 Kurva hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi larutan standar Rhodamine B	58
Gambar 4. 13 Grafik absorbansi larutan Rhodamine B setelah degradasi	61
Gambar 4. 14 Grafik konsentrasi larutan Rhodamine B setelah degradasi	62
Gambar 4. 15 Grafik konsentrasi larutan <i>Rhodamine B</i> setelah degradasi dengan waktu penyinaran 30 menit	62
Gambar 4. 16 Grafik absorbansi larutan Rhodamine B setelah degradasi dengan waktu penyinaran 30 menit	63
Gambar 4. 17 Grafik presentase degradasi larutan Rhodamine B oleh komposit ZnO/rGO.....	67

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Alat dan Bahan	79
Lampiran 2. Sintesis Komposit ZnO/rGO.....	80
Lampiran 3. Hasil Karakterisasi FTIR	81
Lampiran 4. Hasil Karakterisasi Uv-Vis	82
Lampiran 5. Perhitungan degradasi <i>Rhodamine B</i>	83



GLOSARIUM

A

Absorbansi :Ukuran suatu zat untuk menyerap cahaya dengan panjang gelombang tertentu.

Anionik :Ion yang memiliki muatan positif.

B

Band Gap :Lebar celah antar pita energi dalam kristal.

C

Carbon Nano Tube (CNT) :Atom karbon yang terbentuk dari lembaran grafena yang digulung menjadi tabung.

D

Degradasi Zat Warna :Perubahan senyawa kompleks pada zat warna menjadi senyawa yang lebih sederhana.

E

Electron :Partikel yang bermuatan negatif dan letaknya mengelilingi inti atom.

F

Fluorescent :Kemampuan suatu bahan kimia tertentu untuk mengeluarkan cahaya tampak setelah menyerap radiasi yang tidak terlihat.

Fotoaktif :Memiliki sifat responsif terhadap cahaya.

Fotokimia :Reaksi kimia yang disebabkan oleh cahaya.

Fotokatalis :Proses mempercepat reaksi kimia menggunakan katalis dan bantuan cahaya.

Fotosintesis :Reaksi kimia yang terjadi pada tumbuhan berklorofil hijau dengan bantuan sinar matahari.

Fulrena :Atom karbon yang terbentuk dari lembaran grafena yang terbungkus menjadi bola berongga.

G

Graphene Oxide :Turunan grafena yang memiliki kandungan oksigen dalam struktur kimianya.

H

Hidrofilik :Zat yang mudah larut dalam air.

Hidrofobik :Zat yang sukar larut dalam air.

Hidrokarbon :Suatu senyawa yang terdiri dari unsur karbon dan hidrogen.

Hole :Tempat yang ditinggalkan elektron dalam reaksi fotokatalis dan bermuatan positif.

Hukum Lambert-Beer :Hukum yang menyatakan hubungan linearitas antara absorbansi dengan konsentrasi larutan sampel.

I

Ikatan hibridasi :Ikatan terbentuknya orbital baru dari orbital-orbital atom yang bersatu.

Ikatan ion :Ikatan yang terbentuk antara logam dan non logam yang menghasilkan senyawa polar.

Ikatan kovalen	:Ikatan yang terbentuk antar non logam yang menghasilkan senyawa non polar.
Ikatan rangkap	:Ikatan yang memiliki lebih dari satu pasang elektron.
Ikatan tunggal	:Ikatan kimia antara dua atom yang berbagi sepasang elektron.
Inert	:Zat yang tidak bereaksi dengan zat lain.
K	
Katalis	:Zat yang dapat digunakan untuk mempercepat suatu reaksi kimia.
Kationik	:Ion yang memiliki muatan positif.
Koagulasi	:Penambahan suatu reagen kimia kedalam limbah cair untuk membentuk padatan yang mengendap.
Kofaktor redoks	:Senyawa kimia yang berperan dalam reaksi reduksi-oksidasi.
M	
Mutagen	:Faktor yang dapat menyebabkan perubahan genetik pada makhluk hidup
N	
Non-biodegradable	:Zat yang tidak dapat diuraikan oleh pengurai alami seperti mikroorganisme, oksigen, dan air.
O	
Oksidasi	:Proses penambahan oksigen dalam suatu zat.
P	
Pita konduksi	:Tempat dimana elektron valensi tereksitasi karena adanya energi yang lebih besar dari material semikonduktor mengenai permukaan semikonduktor.
Pita valensi	:Tempat dimana elektron bebas berkumpul sebelum tereksitasi karena adanya energi yang mengenai permukaan semikonduktor.
Polisiklik aromatik	:Senyawa yang mengandung karbon dan hidrogen yang tersusun dari dua atau lebih cincin aromatik.
R	
Reaktan	:Zat yang mengalami reaksi kimia.
Reduced Graphene Oxide	:Turunan grafena yang memiliki karakteristik dan sifat yang hampir sama dengan grafena namun memiliki gugus fungsi yang berbeda.
Reduksi	:Proses pengurangan oksigen dalam suatu zat.
S	
Senyawa aromatik	:Senyawa hidrokarbon yang memiliki ikatan tunggal dan ikatan rangkap diantara atom-atom karbonnya.
T	
Transmitansi	:Pengukuran jumlah cahaya yang melewati suatu zat dengan panjang gelombang tertentu.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri yang semakin maju membuat limbah dan polutan yang dihasilkan semakin meningkat. Industri tekstil adalah salah satu industri yang menghasilkan limbah yang berbahaya. Dampak negatif dari industri tekstil adalah pencemaran lingkungan apabila air limbah dibuang ke sungai tanpa diolah terlebih dahulu. Limbah tersebut dihasilkan dari proses produksi tekstil. Umumnya, air limbah dari industri tekstil mengandung hidrokarbon halogen dan logam (Ernawati dkk, 2020). Salah satu limbah cair yang dihasilkan dari proses produksi tekstil adalah limbah zat warna. Adanya limbah zat warna dapat menyebabkan kerusakan lingkungan karena zat warna tekstil adalah zat organik *non-biodegradable* yang mudah terakumulasi di tanah dan perairan (Nurdiansah dkk, 2020).

Salah satu zat warna yang sering digunakan dalam proses produksi tekstil adalah *Rhodamine B* (RhB). Zat warna *Rhodamine B* sering digunakan karena harganya yang murah, memiliki warna merah kebiruan yang menarik, dan mudah untuk diperoleh (Ernawati dkk, 2020). *Rhodamine B* adalah pewarna sintetis yang termasuk dalam golongan kelas *Xanthene* (Gurr, 1971). Zat warna *Rhodamine B* merupakan salah satu bahan baku utama dalam industri tekstil. Sekitar 10-15% zat warna *Rhodamine B* yang sudah dimanfaatkan tidak dapat digunakan kembali dan harus dibuang sebagai limbah yang dapat mencemari lingkungan dan menyebabkan terjadinya mutagen. *Rhodamine B* juga

mengandung klorin (Cl) yang merupakan senyawa halogen yang berbahaya dan reaktif sehingga bersifat toksik bagi tubuh manusia (Fajriansyah, 2018). Kandungan klorin (Cl) dalam *Rhodamine B* menyebabkan toksisitas pada konsentrasi lebih dari 1 mg/L (Skjolding dkk, 2021). Proses pewarnaan dalam industri tekstil telah diketahui bahwa 10-15 % zat warna akan larut dalam limbah sehingga konsentrasi zat warna dalam limbah melebihi 1 mg/L (Ernawati dkk, 2020). Maka dari itu, diperlukan teknologi pengolahan limbah cair yang tepat terutama pada zat warna *Rhodamine B* untuk menjaga lingkungan supaya tidak mengalami kerusakan yang dapat merugikan manusia di masa mendatang. Perintah untuk menjaga lingkungan juga telah disinggung dalam Al-Qur'an surah Al-A'raf ayat 56 yang berbunyi:

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ (الاعراف: ٥٦)

Yang artinya “*Janganlah kamu berbuat kerusakan di bumi setelah diatur dengan baik. Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut dan penuh harap. Sesungguhnya rahmat Allah sangat dekat dengan orang-orang yang berbuat baik*” (Kementerian Agama, 2020).

Teknologi pengolahan limbah cair dalam industri tekstil dapat dilakukan secara fisika, kimia, dan biologi. Metode secara fisika untuk mereduksi zat warna dalam limbah cair industri tekstil adalah menggunakan ozonasi. Keuntungan utama dari ozonasi ini adalah penggunaan ozon sebagai oksidator kuat sehingga memberikan laju mineralisasi yang tinggi untuk hampir segala jenis limbah dan polutan (Ferry, 2017). Metode ozonasi dinilai kurang efisien karena tingginya biaya produksi ozon (Rame dkk, 2017). Metode reduksi zat

warna secara biologis dilakukan dengan menggunakan bakteri anaerob yang memiliki keuntungan yaitu biaya yang dibutuhkan murah. Metode menggunakan bakteri anaerob kurang efektif karena menghasilkan gas hidrogen sulfida (H_2S) dan merkaptan sehingga menimbulkan bau tidak sedap dan dalam proses persiapannya membutuhkan waktu yang lama (Handayani dkk, 2016). Metode reduksi zat warna secara kimia yang dilakukan dengan koagulasi memiliki kelebihan yaitu mudah diaplikasikan dan prosesnya sederhana (Rusydi dkk, 2017). Metode koagulasi memiliki kekurangan yaitu lumpur yang dihasilkan dari proses pengolahan limbah memiliki sifat beracun (Byrappa dkk, 2006). Dengan melihat beberapa kekurangan dari ketiga metode tersebut, maka dikembangkan metode kombinasi diantara ketiga metode tersebut untuk pengolahan limbah cair pada industri tekstil dengan metode fotokatalis (Nurdiansah dkk, 2020). Fotokatalis adalah suatu metode yang mampu mempercepat laju reaksi oksidasi maupun reduksi melalui reaksi fotokimia serta bersifat semikonduktor. Metode ini mampu menutupi kekurangan dari ketiga metode diatas karena memiliki kelebihan yaitu sifat oksidasinya yang kuat, tidak membentuk senyawa baru yang beracun, ikatan kimianya stabil terhadap cahaya, tidak larut dalam air, dan biayanya yang relatif lebih murah (Aliah dkk, 2012).

Material yang sering digunakan dalam fotokatalis adalah ZnO dan TiO_2 . ZnO merupakan nanomaterial yang memiliki sifat optik dan fotokatalitik serupa seperti TiO_2 . ZnO dinilai lebih baik daripada TiO_2 karena memiliki keunggulan yaitu murah, mobilitas elektron yang tinggi, luas permukaan yang

besar, tidak beracun, korosi rendah, sintesis yang relatif mudah dan memiliki aktivitas fotokatalis yang tinggi (Pang dkk, 2018). ZnO merupakan material semikonduktor tipe-n dengan energi *band gap* sebesar 3,37 eV dan energi ikat inti sebesar 60 eV (Ghozali, 2021). ZnO memiliki kelemahan berupa energi *bandgap* yang besar dan laju rekombinasi cepat dari pasangan *electron-hole* (Nanakkal dan Alexander, 2017) oleh karena itu ZnO dimodifikasi untuk mengurangi kemungkinan rekombinasi cepat pasangan *electron-hole* (Shaheen dkk, 2022). Energi *band gap* ZnO juga perlu diturunkan agar elektron yang tereksitasi lebih banyak sehingga efisiensi fotokatalis dapat meningkat. Apabila *band gap* ZnO dikenai oleh energi yang lebih besar dari foton, maka elektron pada pita valensi akan bergerak menuju pita konduksi. Perpindahan tersebut akan menghasilkan *hole* yang berinteraksi dengan pelarut air kemudian membentuk radikal yang diperlukan dalam proses degradasi (Rahmawati dkk, 2020). Upaya untuk menurunkan energi *band gap* dan mengurangi rekombinasi cepat pasangan *electron-hole* dalam meningkatkan efisiensi fotokatalis adalah dengan menambahkan material grafena. Grafena merupakan salah satu atom karbon dua dimensi (2D) yang terhibridisasi sp^2 dengan kisi heksagonal seperti sarang lebah. Struktur dua dimensi menyebabkan grafena memiliki *band gap* bernilai nol dan bersifat semi logam (Siregar dkk, 2018). Grafena dapat membantu pemisahan elektron dengan *hole* sehingga dapat mencegah rekombinasi cepat *electron-hole* dan meningkatkan kemampuan fotokatalis dari ZnO (Shaheen dkk, 2022).

Sintesis grafena dapat dilakukan secara kimia. Keuntungan dari sintesis grafena secara kimia adalah pembentukan grafena dalam jumlah besar dalam bentuk serbuk, yang terdispersi baik pada pelarut polar dan pelarut non polar. Serbuk grafit adalah prekursor utama dalam sintesis grafena. Grafit diklasifikasikan menjadi grafit alami dan grafit sintetis. Grafit dapat diproduksi dengan memanfaatkan prekursor hidrokarbon yang di induksi panas (Bledzki dkk, 2010). Di alam, salah satu bahan yang mengandung senyawa hidrokarbon adalah arang tempurung kelapa yang memiliki kandungan karbon sebanyak 76,32% (Budi dkk, 2012). Tempurung kelapa merupakan salah satu biomassa yang melimpah di bumi dan pemanfaatannya masih sangat terbuka untuk diteliti. Salah satu pemanfaatannya adalah diolah menjadi arang. Arang tempurung kelapa tersusun atas atom-atom karbon sehingga berpeluang digunakan sebagai bahan baku sintesis grafena (Putri dkk, 2023).

Metode yang digunakan dalam sintesis grafena secara kimia yaitu metode Hummer, metode Staudeumaier, dan metode Brodie (Hidayat dkk, 2019). Proses oksidasi grafena oksida pada metode Brodie dilakukan dengan campuran kalium klorida ($KClO_3$) dan asam nitrat (HNO_3). Namun dalam metode Brodie, proses oksidasi mengeluarkan gas ClO_2 sehingga apabila tidak ditangani dengan hati-hati dapat menimbulkan ledakan. Sedangkan pada metode Staudeumaier, proses oksidasi dilakukan dengan menggunakan sulfida dan $NaClO_3$. Kekurangan dari metode ini adalah waktu yang dibutuhkan untuk proses oksidasi lebih lama sehingga tidak efisien (Syakir dkk, 2015). Maka dari itu metode Hummer dinilai lebih baik daripada dua metode yang lain karena

memiliki tingkat oksidasi yang lebih tinggi dengan waktu yang lebih singkat (Zhao dkk, 2015).

Hummers, dan Offeman pada tahun 1958 menemukan metode kimia untuk mensintesis grafena yang terdiri atas dua tahap yaitu tahap oksidasi dan tahap reduksi. Tahap oksidasi pada proses sintesis grafena menggunakan oksidator kuat yaitu KMnO_4 dan NaNO_3 . Penggunaan NaNO_3 pada tahap ini akan menghasilkan gas beracun NO_2 dan N_2O_4 , sehingga NaNO_3 diganti dengan H_2SO_4 (Marcano dkk, 2010). Hasil akhir yang diperoleh dari tahap oksidasi disebut *Graphene Oxide* (GO). Selanjutnya GO masuk ke tahap reduksi untuk mengurangi kandungan oksigennya dan menghasilkan bentuk akhir *Reduced Graphene Oxide* (rGO) (Sharma dkk, 2017). Tahap reduksi dalam sintesis grafena sering digunakan reduktor seperti hidrazin hidrat yang merupakan senyawa beracun dan tidak ramah lingkungan (Rattan dkk, 2019). Usaha lain membuat sintesis rGO menjadi lebih ramah lingkungan adalah dengan menggunakan reduktor yang tidak beracun. Salah satu reduktor yang ramah lingkungan adalah asam askorbat yang dilaporkan dapat memproduksi rGO dengan kualitas yang baik (Fernández-Merino dkk, 2010). Asam askorbat memiliki kapasitas sebagai reduktor karena dapat mereduksi gugus epoksil dan hidroksil dalam sintesis GO menjadi rGO dan dapat menghilangkan ion Mn yang masih tersisa dalam sintesis GO (Zainuddin dkk, 2018).

Dalam melakukan penelitian sintesis ZnO/rGO perlu dilakukan karakterisasi untuk menganalisis gugus fungsi yang terbentuk dan daya serapan yang diserap komposit ZnO/rGO dalam degradasi *Rhodamine B*. Karakterisasi

dilakukan dengan FTIR (*Fourier Transform Infrared*) dan spektrofotometri UV-Vis. Karakterisasi FTIR digunakan untuk menganalisis gugus fungsi dari GO, rGO, dan komposit ZnO/rGO arang tempurung kelapa. Karakterisasi Spektrofotometri UV-Vis digunakan untuk menganalisis larutan *Rhodamine B* yang diserap oleh ZnO/rGO arang tempurung kelapa.

1.2 Rumusan Masalah

Penelitian yang berjudul “Sintesis ZnO/rGO dari Arang Tempurung Kelapa (*Cocos nucifera*) dengan Pereduksi Asam Askorbat untuk Degradasi *Rhodamine B*” memiliki masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana sintesis ZnO/rGO dari arang tempurung kelapa menggunakan metode modifikasi Hummer dengan pereduksi asam askorbat?
2. Bagaimana pengaruh waktu penyinaran dan penambahan rGO pada komposit ZnO/rGO arang tempurung kelapa dalam peningkatan aktivitas fotokatalis untuk degradasi *Rhodamine B*?
3. Bagaimana presentase degradasi *Rhodamine B* yang diserap oleh komposit ZnO/rGO arang tempurung kelapa?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian yang berjudul “Sintesis ZnO/rGO dari Arang Tempurung Kelapa (*Cocos nucifera*) dengan Pereduksi Asam Askorbat untuk Degradasi *Rhodamine B*” memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Melakukan sintesis ZnO/rGO arang tempurung kelapa menggunakan metode modifikasi Hummer dengan pereduksi asam askorbat.

2. Menganalisis pengaruh waktu penyinaran dan penambahan rGO pada komposit ZnO/rGO arang tempurung kelapa dalam peningkatan aktivitas fotokatalis untuk degradasi *Rhodamine B*.
3. Menentukan presentase degradasi *Rhodamine B* yang diserap oleh komposit ZnO/rGO arang tempurung kelapa.

1.4 Batasan Penelitian

Penelitian yang berjudul “Sintesis ZnO/rGO dari Arang Tempurung Kelapa (*Cocos nucifera*) dengan Pereduksi Asam Askorbat untuk Degradasi *Rhodamine B*” memiliki batasan penelitian sebagai berikut:

1. Metode sintesis rGO yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode modifikasi Hummer dengan pereduksi asam askorbat.
2. Variasi rGO yang ditambahkan ke dalam komposit ZnO/rGO adalah 0,50 gram dan 1,00 gram.
3. Variasi waktu penyinaran dalam uji degradasi *Rhodamine B* adalah 0, 15, dan 30 menit.
4. Sumber penyinaran dalam penelitian ini adalah LED UV sebesar 100 watt.
5. Karakterisasi yang dilakukan dalam penelitian ini adalah FTIR (*Fourier Transform Infrared*) dan Spektrofotometri UV-Vis.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian yang berjudul “Sintesis ZnO/rGO dari Arang Tempurung Kelapa (*Cocos nucifera*) dengan Pereduksi Asam Askorbat untuk Degradasi *Rhodamine B*” memiliki manfaat sebagai berikut:

1. Bagi peneliti, hasil penelitian ini dapat memperluas wawasan serta pemahaman, khususnya di bidang fisika material dalam riset komposit ZnO/rGO.
2. Bagi akademis, penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif pada penelitian di bidang material khususnya dalam riset komposit ZnO/rGO.
3. Bagi masyarakat, penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang berguna kepada masyarakat tentang teknologi pengolahan limbah cair pada industri tekstil yang ramah lingkungan.



BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan tahapan penelitian dan hasil karakterisasi dari komposit ZnO/rGO dalam degradasi *Rhodamine B* dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Sintesis ZnO/rGO dari arang tempurung kelapa menggunakan metode modifikasi Hummer dengan pereduksi asam askorbat telah berhasil dilakukan. Keberhasilan tersebut ditandai dari hasil karakterisasi FTIR sampel komposit ZnO/rGO, dimana terdapat ikatan C=C dan C=O yang mengindikasikan terbentuknya rGO serta ikatan Zn-O. Meskipun begitu, sampel rGO tidak tereduksi secara sempurna karena masih adanya gugus epoksil dan gugus hidroksil.
2. Komposit ZnO/rGO telah berhasil melakukan degradasi zat warna *Rhodamine B*. Keberhasilan tersebut ditandai dengan adanya perubahan warna pada larutan uji degradasi yang semakin jernih seiring dengan lama penyinaran dan penambahan rGO. Hasil karakterisasi UV-Vis untuk variasi waktu penyinaran diketahui bahwa semakin lama waktu penyinaran maka konsentrasi *Rhodamine B* semakin turun. Begitu pula dengan variasi penambahan rGO, dimana seiring penambahan rGO maka konsentrasi *Rhodamine B* juga semakin turun. Berdasarkan hasil tersebut dapat dikatakan bahwa waktu penyinaran dan penambahan rGO berpengaruh dalam

degradasi *Rhodamine B* sehingga semakin lama waktu penyinaran dan semakin banyak penambahan rGO akan meningkatkan aktivitas fotokatalis.

3. Presentase degradasi *Rhodamine B* untuk variasi waktu penyinaran 0, 15, dan 30 menit adalah (17,3%; 34,4%; 53,5%) untuk sampel ZnO, (19,4%; 42,5%; 63,7%) untuk sampel ZnO/rGO-I, dan (24,9%; 47,3%; 68,5%) untuk sampel ZnO/rGO-II. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut diketahui bahwa presentase degradasi terbesar adalah 68,5% yang dilakukan oleh sampel komposit ZnO/rGO-II dengan waktu penyinaran 30 menit.

5.2 Saran

Adapun beberapa saran dari penelitian yang telah dilakukan dan diharapkan dapat menjadi acuan untuk penelitian selanjutnya.

1. Optimasi waktu dalam melakukan sintesis komposit ZnO/rGO sehingga diperoleh hasil yang lebih maksimal.
2. Parameter pada variasi waktu penyinaran yang perlu diperhatikan kembali sehingga proses degradasi dapat berlangsung optimal dan dapat meningkatkan efisiensi fotokatalis hingga >90%.

DAFTAR PUSTAKA

- Agarwal, V., dan Zetterlund, P. B. 2021. Strategies for reduction of graphene oxide – A comprehensive review. *Chemical Engineering Journal*, **Vol.405 September 2020**: 127018.
- Alharthi, F. A., Alsyahi, A. A., Alshammari, S. G., Al-Abdulkarim, H. A., Al-Fawaz, A., dan Alsalme, A. 2022. Synthesis and Characterization of rGO@ZnO Nanocomposites for Esterification of Acetic Acid. *ACS Omega*, **Vol.07 No.03 Januari 2022**: 2786–2797.
- Aliah, H., Nurasih, A. E., Karlina, Y., Arutanti, O., Masturi., Sustini, E., Budiman, M., dan Abdullah, M. 2012. Optimasi Durasi Pelapisan Katalis TiO₂ pada Permukaan Polimer Polipropilena serta Aplikasinya dalam Fotodegradasi Larutan Metilen Biru. *Prosiding Seminar Nasional Material Fisika-ITB*.
- Amaliah, F., dan Nurul, F. 2018. Pengaruh Temperatur Terhadap Nilai Kapasitansi Elektroda Superkapasitor *Graphene* Berbasis Bambu Betung (*Dendrocalamus asper*). *JFT*, **Vol.05 No.02 Desember 2018**: 90-100.
- Amri, A. 2019. *Mengenal Grafena dan Aplikasinya*. UR Press. Riau.
- Benkhaya, S., Harfi, S. E., dan Harfi, A. E. 2017. Classifications, properties and applications of textile dyes: A review. *Appl. J. Envir. Eng. Sci*, **Vol.03 No.03 September 2017**: 311-320.
- Beveridge, F. C., Kalaipandian, S., Yang, C., dan Adkins, S. W. 2022. Fruit Biology of Coconut (*Cocos nucifera L.*). *Plants*, **Vol.11 No. 23 November 2022**: 3293.
- Bledzki A. K., Abdullah A. Mamun., dan Jurgen, V. 2010. Barley husk and coconut shell reinforced polypropylene composites: The effect of fibre physical, chemical and surface properties. *Journal of Composites Science and Technology*, **Vol.70 No.05 Mei 2010**: 840-846.
- Bucker R. B., Johnston C. S., dan Steinberg F. M. 2013. *Handbook of Vitamin Fourth Edition*. CRC Press. Amerika.
- Budi, E., Nasbey, H., Budi, S., Handoko, E., Suharmanto, P., Sinansari, R., dan Sunaryo. 2012. Kajian Pembentukan Karbon Aktif Berbahan Arang Tempurung Kelapa. *Seminar Nasional Fisika*, **Juni 2012**.
- Byrappa, K., Subramani, A. K., Ananda, S., Rai, K.M. L., Dinesh, R., dan Yoshimura, M. 2006. Photocatalytic degradation of rhodamine B dye using hydrothermally synthesized ZnO. *Bulletin of Materials Science*, **Vol.29 No.05 Oktober 2006**: 433-438.
- Chatwal, R. G. 2009. *Synthetic Dyes*. Himalaya Publishing House. New Delhi.

- Dadi, M., dan Yasir, M. 2022. *Colorimetry Chapter 4: Spectroscopy and Spectrophotometry: Principles and Applications for Colorimetric and Related Other Analysis*. Books on Demand. India.
- Damayanti, R., Aziz, L. M. S., dan Hanafiah, D. S. 2017. Karakter Morfologis dan Hubungan Kekekabatan Beberapa Genotipe Kelapa (*Cocos nucifera* L.) di Kecamatan Silau Laut Kabupaten Asahan. *Agroekoteknologi*, **Vol.06 No.04 Oktober 2018**: 874-884.
- Dwandaru, W. S. B., Wijaya R. I. W., dan Parwati L. D. 2019. *Nanomaterial Graphene Oxide*. UNY Press. Yogyakarta.
- Erbachan, R. 2019. Ekstraksi Silika dan Pembentukan Karbon Aktif dari Arang Sekam Padi dengan Metode Hidrotermal. (Tugas Akhir), Jurusan Kimia. Universitas Jember.
- Ernawati L., Ruri A. W., Inggit K. H., dan. 2020. Fotodegradasi Zat Pewarna Tekstil (Rhodamin B) Menggunakan Adsorben Berbasis Material Komposit Kalsium Titanate (CaTiO_3). *Jurnal Teknik Kimia*, **Vol.14 No.02 April 2020**: 32- 39.
- Fajriansyah, F. 2018. Pengaruh Perilaku Pedagang Es Campur Terhadap Penggunaan Bahan Kimia. *AcTion: Aceh Nutrition Journal*, **Vol.03 No.01 Mei 2018**: 82-87.
- Fauzi W. A., Simpen I. N., dan Sudiarta I. W. 2019. Sintesis dan Karakterisasi Zeolit- TiO_2 serta Pemanfaatannya sebagai Fotokatalis dalam Mendegradasi Zat Warna Rhodamin B. *Jurnal Kimia*, **Vol.13 No.01 Januari 2019**: 74-81.
- Ferry, V. 2017. Ozonasi Fotokatalitik Untuk Pengolahan Air dan Air Limbah. Diakses 05 Mei 2023 dari <https://doi.org/10.5281/ZENODO.1133800>
- Fernández-Merino, M. J., Guardia, L., Paredes, J. I., Villar-Rodil, P., Soliz-Fernandez., Martinez-Alonso, A., dan Tascon, M. D. 2010. Vitamin C Is an Ideal Substitute For Hydrazine in The Reduction of Graphene Oxide Suspensions. *Journal of Physical Chemistry*, **Vol.114 No.14 Februari 2010**: 6426-6432.
- Gao, J., Liu, F., Liu, Y., Wang, Z., dan Zhang, X. 2010. Environment-Friendly Method to Produce Graphene That Employs Vitamin C and Amino Acid. *Chemistry of Materials*, **Vol.22 No.07 Februari 2010**: 2213–2218.
- Ghozali, A. 2021. Pengaruh Konsentrasi Molar *Double Layer ZnO/ZnO:Ag* Terhadap Sifat Optis Dan Kristalinitasnya. (Tugas Akhir), Jurusan Fisika. UIN Walisongo Semarang.
- Gurlev, V. 2021. *Nanostructured Photocatalyst via Defect Engineering*. Springer. Switzerland.
- Gurr, E. 1971. *Synthetic Dye in Biology, Medicine, and Chemistry*. Academic Press. London.

- Handayani, N. I., Moenir, M., Setianingsih, N. I., dan Malik, R. A. 2016. Isolasi Bakteri Heterotrofik Anaerobik Pada Pengolahan Air Limbah Industri Tekstil. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri*, **Vol.07 No.01 Mei 2016**: 37-44.
- Hidayat A., Setiadji, S., dan Hardisantoso, E. P. 2019. Sintesis Oksida Grafena Tereduksi (rGO) Dari Arang Tempurung Kelapa (*Cocos nucifera*). *Jurnal Al-Kimiya*, **Vol.05 No.02 Desember 2018**: 68-73.
- Kementerian Agama. 2020. Qur'an Kemenag. *Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an*.
- Khosroshahi, Z., Kharaziha, M., Karimzadeh, F., dan Allafchian, A. 2018. Green Reduction of Graphene Oxide by Ascorbic Acid. *AIP Conference Proceedings*1920, 020032.
- Lin, C., Ling, L., dan Shang, C. 2023. Formation of Dichlorine Monoxide for Organic Pollutant Degradation by Free Chlorine in High Chloride-Containing Water. *ACS ES&T Water*, **Vol.03 Januari 2023**: 410-419.
- Marcano, D. C., Kosynkin, D. V., Berlin, J. M., Sinitskii, A., Sun, Z., Slesarev, A., Alemany, L. B., Lu, W., dan Tour, J. M. 2010. Improved Synthesis of Graphene Oxide. *ACS Nano*, **Vol.04 No.08 Juli 2010**: 4806-4814.
- Masthura. 2019. Identifikasi *rhodamin b* dan *methanyl yellow* pada manisan buah yang beredar di kota Banda Aceh secara kualitatif. *AMINA*, **Vol.01 No.01**: 39-44.
- Maynez-Navarro, O. D., dan Sánchez-Salas, J. L. 2018. Focus on Zinc Oxide as a Photocatalytic Material for Water Treatment. *Int J Biorem Biodegrad*, **Vol.106 Januari 2018**.
- Mukti, W. K. 2012. Analisis Spektroskopi "Penentuan Konsentrasi Permanganat (KMnO₄)". **Juni 2012**. <https://www.researchgate.net/publication/342520715>
- Nanakkal, A. R., dan Alexander, L. K. 2017. Photocatalytic Activity of Graphene/ZnO Nanocomposite Fabricated by Two-step Electrochemical Route. *Journal of Chemical Sciences*, **Vol.129 No.01 Januari 2017**: 95-102.
- Nurdiansyah H., Rena E. F., Diah S., dan Purwaningsih, H. 2020. Synthesis of ZnO/rGO/TiO₂ Composite and Its Photocatalytic Activity for Rhodamine B Degradation. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, **Vol.883**: 012028.
- Özgür, Ü., Alivov, Y. I., Liu, C., Teke, A., Reshchikov, M. A., Dogan, S., Avrutin, V., Cho, S. J., dan Morkoc, H. 2005. A Comprehensive Review of ZnO Materials and Devices. *Journal of Applied Physics*, **Vol. 98 No.04 Agustus 2005**: 041301.
- Pang, Y. L., Tee, S. F., Lim, S., Abdullah, A. Z., Ong, H. C., Wu, C., Chong, W. C., Mohammad, A. W., dan Mahmoudi, E. 2018. Enhancement of

- Photocatalytic Degradation of Organic Dyes Using ZnO Decorated on Reduced Graphene Oxide (rGO). *Desalination and Water Treatment*, **Vol. 108 Januari 2018**: 311-321.
- Palomba, M., Carotenuto, G., dan Longo, A. 2022. A Brief Review: The Use of L-Ascorbic Acid as a Green Reducing Agent of Graphene Oxide. *Materials*, **Vol. 15 No.18 September 2022**: 6456.
- Perkasa, B. M. 2016. Pengaruh Proses Reduksi Termal Terhadap Struktur Oksida Grafena. *Prosiding Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya-UNPAD*, **November 2016**: 45363.
- Putri N. A., Hikmah, U., dan Prasetyo, A. 2023. Green Sintesis Oksida Grafena Tereduksi dari Arang Tempurung Kelapa dan Kayu dengan Menggunakan Reduktor Ramah Lingkungan Asam Askorbat. *Jurnal Kimia*, **Vol.17 No.01 Januari 2023**: 82- 88.
- Rahman, Q. I., Ahmad, M., Misra, S. K., dan Lohani, M. 2013. Effective Photocatalytic Degradation of Rhodamine B Dye by ZnO Nanoparticles. *Materials Letters*, **Vol.91 September 2012**: 170–174.
- Rahmawati, A., Diah., dan Kusumawati, H. 2020. Review: Komposit TiO₂/rGO Sebagai Fotokatalis Untuk Mendegradasi Zat Warna. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia*, **Vol.09 No.02**: 78-84.
- Rai, S., Bhujel, R., Biswas, J., dan Swain, B. P. 2020. A Green Approach For Synthesis of Graphene. *AIP Conference Proceedings*, 2273.
- Rame, R., Purwanto, A., dan Budiarto, A. 2017. Pengolahan Air Limbah Tekstil Berbasis Ozonisasi Katalitik dengan Katalis Besi (III) Oksida (Fe₂O₃) dan Aluminium Oksida (Al₂O₃) Menggunakan Difuser Mikro. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri*, **Vol.08 No.02 November 2017**: 67- 75.
- Rattan, S., Kumar, S., dan Goswamy, J. K. 2019. Graphene Oxide Reduction Using Green Chemistry. *Materials Today: Proceedings*, **Vol.26 September 2019**: 3327-3331.
- Raub, A. A.M., Hamidah, I., Nandiyanto, A. B. D., Ridwan, J., Mohamed, M. A., Buyong, M. R., dan Yunas, J. 2023. ZnO NRs/rGO Photocatalyst in a Polymer-Based Microfluidic Platform. *Polymers*, **Vol.15 Maret 2023**: 1749.
- Rodnyi, P. A., dan Khodyuk, I. V. 2011. Optical and Luminescence Properties of Zinc Oxide. *Optics and Spectroscopy*, **Vol.111 No.05**: 776-785.
- Roy, N., dan Chakraborty, S. 2019. ZnO as photocatalyst: An approach to waste water treatment. *Materials Today: Proceedings*, **Vol.46 Juni 2020**: 6399-6403.

- Rusydi, A. F., Suherman, D., dan Sumawijaya, N. 2017. Pengolahan Air Limbah Tekstil Melalui Proses Koagulasi – Flokulasi Dengan Menggunakan Lempung Sebagai Penyumbang Partikel Tersuspensi (Studi Kasus: Banaran, Sukoharjo dan Lawean, Kerto Suro, Jawa Tengah). *Arena Tekstil*, **Vol.31 No.02 Maret 2017**: 105-114.
- Saleh, A., Asy'ari Amhadin, F., dan Novianty, I. 2022. Synthesis Of Reduced Graphene Oxide And Zinc Oxide Composite From Candlenut Shell Charcoal (*Aleuritas moluccana*). *Journal of Islamic Science and Technology*, **Vol.08 No.01 Oktober 2022**.
- Saravanan, R., Gracia, F., dan Stephen, A. 2017. Basic Principles, Mechanism, and Challenges of Photocatalysis. *Nanocomposites for Visible Light-induced Photocatalysis*, **September 2017**: 19-40. DOI 10.1007/978-3-319-62446-4_2
- Shaheen, S., Iqbal, A., Ikram, M., Imran, M., Naz, S., Ul-Hamid, A., Shahzadi, A., Nabgan, W., Haider, J., dan Haider, A. 2022. Graphene Oxide-ZnO Nanorods for Efficient Dye Degradation, Antibacterial and in-Silico Analysis. *Applied Nanoscience*, **Vol.12 No.02 Januari 2022**: 165–177.
- Sharma, N., Sharma, V., Jain, Y., Kumari, M., Gupta, R., Sharma, S. K., dan Sachdev, K. 2017. Synthesis and Characterization of *Graphene Oxide* (GO) and *Reduced Graphene Oxide* (rGO) for Gas Sensing Application. *Macromol. Symp*, **Vol.376**: 1700006.
- Silva, K.K. H. D., Huang, H. H., Joshi, R. K., dan Yoshimura, M. 2017. Chemical reduction of graphene oxide using green reductants. *Carbon*, **Vol.119**: 190-199.
- Silverstein, R. M. 2015. *Spectrometric Identification of Organic Compounds*. John Wiley dan Sons, Inc. United States of America.
- Siregar S. A., M. Husnah., dan Syahwin. 2018. Sintesis Dan Karakterisasi *Reduced Graphene Oxide* (rGO) Dari Sumber Asap Sampah Anorganik. *Journal of Physics and Science Learning*, **Vol.02 No.02 Desember 2018**: 27- 32.
- Situmorang, R. M. 2018. The Analysis of Effect rGO (reduced Graphene Oxide) Addition to The Photocatalytic Properties of ZnO/rGO With Reduction Zinc Nitrate and Graphite Oxide Methods For Degradation of Rhodamine B. (Tugas Akhir), Jurusan Teknik Material. ITS.
- Skjolding, L. M., Jørgensen, L.V.G., Dyhr, K.S., Koppl, C.J., McKnight, U.S., Bauer-Gottwein, P., Mayer, P., Bjerg, P.L., dan Baun, A. 2021. Assessing the aquatic toxicity and environmental safety of tracer compounds Rhodamine B and Rhodamine WT. *Water Research*, **Vol.197**.
- Slama, H. B., Bouket, A. C., Pourhassan, Z., Silini, A., Cherif-Silini, H., Oszako, T., Luptakova, L., Golinska, P., dan Belbahri, L. 2021. Diversity of synthetic

- dyes from textile industries, discharge impacts and treatment methods. *Applied Sciences*, **Vol.11 No.14**.
- Srikant, V., dan Clarke, D. R. 1998. On The Optical Band Gap of Zinc Oxide. *Journal of Applied Physics*, **Vol.83 No.10 Mei 1998**: 5447-5450.
- Sujiono E. H., Zabrian, D., Dahlan M. Y., Amin, B. D., Samnur., dan Agus, J. 2020. Graphene Oxide Based Coconut Shell Waste: Synthesis by Modified Hummers Method and Characterization. *Heliyon*, **Vol.06 Juli 2020**: 04508.
- Susanto, H. W. S. 2015. *Semikonduktor Fotokatalis Seng Oksida dan Titania (Sintesis, Deposisi dan Aplikasi)*. Penerbit Telescope. Semarang.
- Syakir N., Rhesti, N., Syafiul, A., Aprilia, A., Hidayat, S., dan Fitriawati. 2015. Kajian Pembuatan Oksida Grafit untuk Produksi Oksida Grafena dalam Jumlah Besar. *Jurnal Fisika Indonesia*, **Vol.19 No.55 November 2015**: 26-29.
- Toledo. 2015. *UV/VIS Spectrophotometry*. Mettler-Toledo Analytical. Switzerland.
- Verayana., Paputungan, M., dan Iyabu, H. 2018. Pengaruh Aktivator HCl dan H₃PO₄ terhadap Karakteristik (Morfologi Pori) Arang Aktif Tempurung Kelapa serta Uji Adsorpsi pada Logam Timbal (Pb). *Jurnal Entropi*, **Vol.13 No.01 Februari 2018**: 67-75
- Wijaya, M. M., dan Wiharto, M. 2017. Characterization of Cacao Fruit Skin for Active Carbon and Green Chemicals. *Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia*, **Vol.02 No.01**: 66.
- Wirosoedarmo R., Haji A. T. S., dan Hidayati E. A. 2016. Pengaruh Konsentrasi Dan Waktu Kontak Pada Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Karbon Aktif Tongkol Jagung Untuk Menurunkan BOD dan COD. *Jurnal Sumber Alam dan Lingkungan*, 31-38.
- Zainuddin, M. F., Nik, R. N. H., Othman, N. H., dan Abdullah, W. F. H. 2018. Synthesis of reduced Graphene Oxide (rGO) using different treatments of Graphene Oxide (GO). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, **Vol.358 No.01**.
- Zhang, J., Yang, H., Shen, G., dkk. 2010. Reduction of graphene oxide vial-ascorbic acid. *Chemical Communications*, **Vol.46 No.07**: 1112–1114.
- Zhang, J. 2018. Mechanism of Photocatalysis. *Photocatalysis*. Diakses 20 Mei 2023 dari https://doi.org/10.1007/978-981-13-2113-9_1
- Zhao, J., Liu, L., dan Li, F. 2015. *Graphene Oxide: Physics and Applications*. Springer. London.