

**SINTESIS ZnO/rGO DARI AMPAS TEBU DENGAN
AGEN PEREDUKSI EKSTRAK JERUK LEMON DAN
PENGAPLIKASIANNYA UNTUK FOTODEGRADASI
*RHODAMINE B***

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh derajat Sarjana S1

Program Studi Fisika



Diajukan oleh:

Arofahin Qurrotu 'Aini

19106020031

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PROGRAM STUDI FISIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA

YOGYAKARTA

2023



PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-2913/Un.02/DST/PP.00.9/12/2023

Tugas Akhir dengan judul : Sintesis ZnO/rGO dari Ampas Tebu dengan Agen Pereduksi Ekstrak Jeruk Lemon dan Pengaplikasiannya untuk Fotodegradasi Rhodamine B

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : AROFAHTIN QURROTU 'AINI
Nomor Induk Mahasiswa : 19106020031
Telah diujikan pada : Senin, 04 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: 65827afe15762



Penguji I
Frida Agung Rakhmadi, S.Si., M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 65825f261b962



Penguji II
Andi, M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 65822efd088e



Yogyakarta, 04 Desember 2023
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 6582a1ffb9f2e

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Arofahtin Qurrotu 'Aini

NIM : 19106020031

Program Studi : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "Sintesis ZnO/rGO dari Ampas Tebu dengan Agen Pereduksi Ekstrak Jeruk Lemon dan Pengaplikasiannya untuk Fotodegradasi *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, 23 November 2023

Penulis



Arofahtin Qurrotu 'Aini

NIM. 19106020031



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : 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 : AROFAHTIN QURROTU 'AINI
NIM : 19106020031
Judul Skripsi : Sintesis ZnO/GO dari Ampas Tebu dengan Agen Pereduksi Ekstrak Jeruk Lemon dan Pengaplikasiannya untuk Fotodegradasi 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 mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Yogyakarta, 23 November 2023

Pembimbing I

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

MOTTO

لا حَوْلَ وَلَا قُوَّةَ إِلَّا بِاللَّهِ

“There is no power and no strength except with Allah”

“Everything you lose is a step you take”

- Taylor Swift

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini dipersembahkan untuk:

Allah SWT

Nabi Muhammad SAW

Mama Emmy Farahdiba dan Ayah Muhammad Budi Prasetya

Embak Adlia Rizqi Salsabila

Adek Muhammad Labiib Rozzaq

Teman-teman Fisika 2019

Study Club Fisika Material

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kehadiran Allah SWT. yang tidak pernah berhenti memberikan karunia dan hidayah sehingga dengan ridho-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Sintesis ZnO/rGO dari Ampas Tebu dengan Agen Pereduksi Ekstrak Jeruk Lemon dan Pengaplikasiannya untuk Degradasi *Rhodamine B*” dengan segala kemudahan-Nya. Sholawat serta salam tak lupa tercurahkan kepada nabi besar kita, Nabi Muhammad SAW. beserta keluarga, sahabat, dan para pengikutnya di yaumul akhir. Keberhasilan dalam penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari segala bentuk semangat dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang tulus kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir.
 2. Mama dan ayah yang tanpa henti memberi dukungan, motivasi, semangat dan do'a kepada penulis.
 3. Embak dan adik yang selalu memberikan semangat, hiburan dan doa kepada penulis.
 4. Bapak Prof. Dr. Phil. Al Makin, S.Ag., M.A. selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
 5. Ibu Dr. Khurul Wardati, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
 6. Ibu Anis Yuniati, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Kepala Program Studi Fisika.
- Semoga diberikan kesehatan dan kekuatan dalam menjalankan amanah.

7. Bapak Dr. Thaqibul Fikri Niyartama, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang senantiasa memberi arahan dan masukan selama penulis menempuh pendidikan ini.
8. Ibu Dr. Widayanti, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing I yang senantiasa memberikan motivasi, masukan, arahan, dan nasihat selama penulis menempuh pendidikan sampai terselesaikannya tugas akhir ini.
9. Bapak Frida Agung Rakhmadi, S.Si., M.Sc. selaku Dosen Penguji I yang senantiasa memberikan motivasi, masukan, arahan, dan nasihat selama penulis menempuh pendidikan sampai terselesaikannya tugas akhir ini.
10. Bapak Andi, M.Sc. selaku Dosen Penguji II yang senantiasa memberikan motivasi, masukan, arahan, dan nasihat selama penulis menempuh pendidikan sampai terselesaikannya tugas akhir ini.
11. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Fisika yang telah membagikan ilmunya dan terus memberi semangat.
12. Bapak A. Wijayanto, S.Si. selaku PLP Laboratorium Kimia UIN Sunan Kalijaga yang senantiasa memberikan masukan, arahan, dan nasihat selama penulis menempuh proses penelitian.
13. Bapak Agung Nugroho, S.Si. dan Bapak Asim Septiansyah, S.Si. selaku PLP Laboratorium Fisika UIN Sunan Kalijaga yang senantiasa memberikan masukan, arahan, dan nasihat selama selama penulis menempuh proses penelitian.

14. Aldona Fafa Novita selaku *partner* penelitian yang senantiasa memberikan motivasi, masukan, dan semangat selama penulis menempuh proses penelitian dan penyusunan tugas akhir.
15. Minami, Raissa, Tika dan Fafa yang telah mengarungi pendidikan ini bersama-sama dalam suka maupun duka, serta saling memberikan dukungan dan kekuatan satu sama lain.
16. Teman-teman Fisika Angkatan 2019 dan Study Club Fisika Material yang telah mengarungi pendidikan ini bersama-sama dalam suka maupun duka. Serta saling memberikan dukungan dan kekuatan satu sama lain.
17. Diri sendiri sebagai penulis, yang sudah mampu berjuang melawan rasa malas dan mengesampingkan hal lain untuk penyelesaian tugas akhir ini.
18. Serta semua pihak yang memberikan bantuan dan dukungan dalam penyusunan tugas akhir ini yang tidak disebutkan satu persatu.

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

Wassalamu'alaikum. Wr. Wb.

Yogyakarta, 19 Desember 2023

Penulis

**SINTESIS ZnO/rGO DARI AMPAS TEBU
DENGAN AGEN PEREDUKSI EKSTRAK JERUK LEMON DAN
PENGAPLIKASIANNYA UNTUK FOTODEGRADASI RHODAMINE B**

Arofahtin Qurrotu 'Aini
19106020031

INTISARI

Pertumbuhan industri tekstil di Indonesia menjadi salah satu sektor penyumbang peningkatan polusi air karena limbah zat pewarna berbahaya yang dihasilkannya, salah satunya adalah *Rhodamine B* yang tidak dapat didegradasi secara alami. Fotodegradasi merupakan salah satu metode untuk mengolah limbah *Rhodamine B* dimana dalam proses ini membutuhkan fotokatalis seperti semikonduktor ZnO. Dewasa ini, telah dilakukan banyak penelitian untuk meningkatkan kemampuan ZnO sebagai fotokatalis, salah satunya yaitu mengkompositkan ZnO dengan rGO. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis komposit ZnO/rGO dengan memanfaatkan limbah argo yaitu ampas tebu dengan agen pereduksi ekstrak jeruk lemon melalui metode *Hummer* termodifikasi, melakukan karakterisasi pada komposit ZnO/rGO dan menganalisis pengaruh penambahan rGO terhadap kemampuan fotokatalis ZnO dalam proses fotodegradasi *Rhodamine B*. Komposit ZnO/rGO berhasil disintesis melalui metode *Hummer* termodifikasi dengan variasi massa rGO pada komposit ZnO/rGO sebesar 0,75 gram dan 1,5 gram. Hasil karakterisasi FTIR dari komposit ZnO/rGO menunjukkan keberadaan gugus fungsi O-H, C=C, C-O, dan ZnO yang mengindikasikan bahwa komposit ZnO/rGO telah berhasil terbentuk. Uji fotodegradasi menunjukkan hasil persen degradasi terbesar pada komposit ZnO/rGO-1,5 sebesar 80,6% pada waktu optimum 20 menit.

Kata Kunci: komposit ZnO/rGO, ampas tebu, ekstrak jeruk lemon, metode *Hummer* termodifikasi, fotokatalis, *Rhodamine B*, FTIR, UV-Vis.

**SYNTHESIS OF ZnO/rGO FROM SUGARCANE BAGASSE
WITH LEMON JUICE AS REDUCING AGENT AND ITS APPLICATION
FOR RHODAMINE B PHOTODEGRADATION**

Arofahtin Qurrotu 'Aini
19106020031

ABSTRACT

The growth of the textile industry in Indonesia is one of the contributing sectors to the increase in water pollution due to the hazardous dye waste that it, one of which is Rhodamine B waste that cannot be degraded by microorganism. Photodegradation is one of the methods to treat Rhodamine B waste which requires photocatalyst such as ZnO semiconductor in the process. Nowadays, many studies have been conducted to improve the ability of ZnO as a photocatalyst, one of which is compositing ZnO with rGO. This research aims to synthesize ZnO/rGO composite by utilizing one of argo waste, sugarcane bagasse with lemon extract as reducing agent through modified Hummer method. Beside that, this study aims to characterize ZnO/rGO composite and to examine the effect of rGO addition on the ability of ZnO photocatalyst in the process of Rhodamine B photodegradation. ZnO/rGO composite was successfully synthesized through modified Hummer method with variation of rGO mass in ZnO/rGO composite of 0.75 gram and 1.5 gram. The results of FTIR characterization of ZnO/rGO composite showed the presence of O-H, C=C, C-O, and ZnO functional groups. Those functional groups are the indicator that ZnO/rGO composite has been successfully formed. The photodegradation test showed the largest percent degradation result on the ZnO/rGO-1.5 composite of 80.6% at an optimum time of 20 minutes.

Keywords: *ZnO/rGO composite, sugarcane bagasse, lemon juice, modified Hummer method, photocatalyst, Rhodamine B, FTIR, UV-Vis.*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iii
PERSETUJUAN SKRIPSI	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
INTISARI.....	x
<i>ABSTRACT</i>	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	8
1.3. Tujuan Penelitian	8
1.4. Batasan Penelitian	9
1.5. Manfaat Penelitian	9
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	11
2.1 Studi Pustaka.....	11
2.2 Landasan Teori.....	14
2.2.1 Ampas Tebu.....	14
2.2.2 <i>Zinc Oxide (ZnO)</i>	15

2.2.3 <i>Reduced Graphene Oxide (rGO)</i>	17
2.2.4 Metode Hummer Termodifikasi	19
2.2.5 <i>Rhodamine B</i>	21
2.2.6 Fotokatalis	23
2.2.7 <i>Fourier Transform Infrared (FTIR)</i>	25
2.2.8 Spektrofotometer UV-Vis.....	29
BAB III. METODE PENELITIAN	33
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	33
3.2. Alat dan Bahan Penelitian.....	33
3.2.1. Alat Penelitian.....	33
3.2.2. Bahan Penelitian	35
3.3. Tahapan Penelitian	35
3.3.1. Studi Pustaka.....	37
3.3.2. Sintesis Komposit ZnO/rGO.....	38
3.3.3. Fotodegradasi <i>Rhodamine B</i> dengan ZnO/rGO.....	44
3.3.4. Karakterisasi Sampel.....	47
3.3.5. Pengolahan Data	49
3.4. Pembahasan.....	51
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	53
4.1. Hasil Penelitian	53
4.1.1. Hasil Sintesis Komposit ZnO/rGO	53
4.1.2. Hasil Pengujian FTIR.....	54
4.1.3. Panjang Gelombang Maksimum <i>Rhodamine B</i>	57
4.1.4. Kurva Kalibrasi.....	57
4.1.5. Uji Fotodegradasi	58

4.2. Pembahasan.....	59
4.2.1.Komposit ZnO/rGO	59
4.2.2.Pengujian FTIR.....	61
4.2.3.Panjang Gelombang Maksimum	65
4.2.4.Kurva Kalibrasi.....	66
4.2.5.Hasil Pengujian Fotodegradasi	67
4.3. Integrasi-Interkoneksi	72
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	74
5.1.Kesimpulan	74
5.2.Saran.....	75
DAFTAR PUSTAKA.....	76
LAMPIRAN.....	82

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Daftar Studi Pustaka Penelitian yang Terkait	13
Tabel 2.2 Kandungan Ampas Tebu	15
Tabel 2.3 Informasi Umum <i>Rhodamine B</i>	22
Tabel 2.4 Tabel Korelasi IR	28
Tabel 2.5 Pelarut yang dapat Menyerap Sinar UV	30
Tabel 3.1 Waktu Penelitian	33
Tabel 3.2 Alat Sintesis Komposit ZnO/rGO	33
Tabel 3.3 Alat Fotodegradasi <i>Rhodamine B</i> dengan ZnO/rGO	34
Tabel 3.4 Alat Karakterisasi Sampel	34
Tabel 3.5 Alat Pengolahan Data Hasil Karakterisasi	34
Tabel 3.6 Bahan sintesis komposit ZnO/rGO	35
Tabel 3.7 Bahan fotodegradasi <i>Rhodamine B</i> dengan ZnO/rGO	35
Tabel 3.8 Data Hasil Karakterisasi UV-Vis	50
Tabel 4.1 Hasil uji fotodegradasi <i>Rhodamine B</i> oleh komposit ZnO/rGO	58
Tabel 4.2 Hasil pengujian FTIR grafit oksida	62
Tabel 4.3 Hasil pengujian FTIR rGO	63
Tabel 4.4 Nilai konsentrasi dan absorbansi larutan standar <i>Rhodamine B</i>	66
Tabel 4.5 Nilai absorbansi larutan <i>Rhodamine B</i> setelah proses fotodegradasi ...	67
Tabel 4.6 Nilai konsentrasi larutan <i>Rhodamine B</i> setelah proses fotodegradasi ..	68
Tabel 4.7 Persentase degradasi <i>Rhodamine B</i> setelah proses fotodegradasi	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ampas Tebu (Caggiano dkk., 2023)	14
Gambar 2.2 ZnO (www.azom.com)	16
Gambar 2.3 Struktur ZnO (Wojnarowicz, dkk., 2020)	16
Gambar 2.4 Struktur Kimia <i>rGO</i> (Szunerits dkk., 2016)	18
Gambar 2.5 Struktur Grafit, Grafena, CNT (Szunerits dkk., 2016)	19
Gambar 2.6 Struktur Kimia GO (Szunerits dkk., 2016)	19
Gambar 2.7 Struktur Kimia <i>Rhodamine B</i> (Saigl, 2021)	22
Gambar 2.8 Mekanisme Fotokatalis (Liao dkk., 2012)	24
Gambar 2.9 Skema FTIR (Pavia, dkk., 2001)	26
Gambar 2.10 Skema UV-Vis (Suhartati, 2013)	30
Gambar 2.11 Ilustrasi Hukum Lambert-Beer-Bouger (Oshina dan Spigulis, 2021)	30
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	36
Gambar 3.2 Diagram Alir Pembuatan Grafit Oksida	40
Gambar 3.3 Diagram Alir Pembuatan <i>rGO</i>	42
Gambar 3.4 Diagram Alir Pembuatan Komposit ZnO/ <i>rGO</i>	44
Gambar 3.5 Diagram Alir Fotodegradasi <i>Rhodamine B</i>	45
Gambar 3.6 Kurva Kalibrasi	50
Gambar 4.1 Komposit ZnO/ <i>rGO</i> -1,5	53
Gambar 4.2 Komposit ZnO/ <i>rGO</i> -0,75	54
Gambar 4.3 Hasil pengujian FTIR grafit oksida	54
Gambar 4.4 Hasil pengujian FTIR <i>rGO</i>	55
Gambar 4.5 Hasil pengujian FTIR komposit ZnO/ <i>rGO</i> -0,75	55
Gambar 4.6 Hasil pengujian FTIR komposit ZnO/ <i>rGO</i> -1,5	56
Gambar 4.7 Overlay spektrum dari grafit oksida, <i>rGO</i> ,	56
Gambar 4.8 Panjang gelombang maksimum larutan <i>Rhodamine B</i>	57
Gambar 4.9 Kurva kalibrasi	57
Gambar 4.10 Grafik hubungan waktu iradiasi dan nilai konsentarsi <i>Rhodamine B</i> oleh komposit ZnO/ <i>rGO</i> dengan variasi massa <i>rGO</i>	58

Gambar 4.11 Grafik hubungan waktu iradiasi dan persentase degradasi *Rhodamine B* oleh komposit ZnO/rGO dengan variasi massa rGO..... 59

Gambar 4.12 Prinsip kerja komposit ZnO/rGO sebagai fotokatalis 61



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Sintesis Komposit ZnO/rGO	82
Lampiran 2. Data Hasil Pengujian FTIR dalam Bentuk Spektrum Serapan	84
Lampiran 3. Data Hasil Pengujian UV-Vis untuk Penentuan λ Maksimum	85
Lampiran 4. Proses Fotodegradasi	87
Lampiran 5. Perhitungan Persamaan Kurva Kalibrasi	88
Lampiran 6. Perhitungan Konsentrasi Akhir Larutan <i>Rhodamine B</i>	88
Lampiran 7. Perhitungan Porsen Degradasi	89



BAB I

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Perkembangan industri tekstil dan pakaian di Indonesia menjadi salah satu dari lima sektor yang sedang diprioritaskan kesiapannya untuk memasuki era industri 4.0. Dunia perindustrian tekstil dan pakaian mencatat tingkat pertumbuhan paling tinggi sebesar 15,08% di tahun 2019 pada triwulan III. Angka pencapaian ini melampaui pertumbuhan ekonomi 5,02% pada periode yang sama. (Kemenperin, 2019)

Dalam proses produksi, industri tekstil menghasilkan limbah tekstil padat dan cair. Dari kedua jenis limbah tersebut, industri tekstil menghasilkan lebih banyak limbah cair (Enrico, 2019). Limbah merupakan sisa usaha atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya atau beracun berdasarkan sifat, konsentrasi dan jumlahnya (Suwarsa, 1998). Limbah dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan dan kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lainnya baik secara langsung maupun tidak langsung. Limbah tekstil cair dapat menyebabkan pencemaran air apabila air limbahnya dibuang ke selokan atau sungai tanpa diolah terlebih dahulu karena industri tekstil menggunakan zat pewarna dalam jumlah yang besar (Suwarsa, 1998). Industri tekstil dapat menggunakan 10.000 jenis pewarna dalam proses pewarnaan. Sebesar 10%–15% dari zat pewarna yang digunakan dalam proses pewarnaan akan larut dan terbuang sebagai limbah cair. (Selvam, dkk., 2003)

Rhodamine B merupakan salah satu zat pewarna yang kerap digunakan dalam industri tekstil karena harganya yang murah, mudah digunakan dan warna yang cerah (Sibarani dkk., 2016). Zat pewarna ini merupakan senyawa yang sulit didegradasi secara alami oleh mikroorganisme karena mengandung inti benzena dan gugus amino yang bersifat basa (Setiyanto, dkk., 2015). Inti benzena memiliki ikatan rangkap ganda dengan adanya perpindahan elektron antar atom karbon sehingga sulit didegradasi oleh lingkungan. Apabila *Rhodamine B* masuk ke dalam perairan, maka zat pewarna ini akan mempengaruhi pH air lingkungan sehingga dapat menyebabkan terganggunya ekosistem air (Laksono, 2009). Selain mempengaruhi pH air lingkungan, zat pewarna dapat menghambat proses fotosintesis tumbuhan air karena berkurangnya tingkat oksigen dalam air (Veiley dkk., 2006). *Rhodamine B* mengandung klorin (Cl) yang merupakan senyawa halogen berbahaya dan reaktif. Zat warna ini memiliki ikatan $\text{CH}_3\text{-CH}_3$ yang bersifat radikal dan dapat berikatan dengan DNA dalam tubuh (BPOM, 2008). Oleh karena itu, zat pewarna ini dapat membahayakan tubuh manusia apabila dikonsumsi karena dapat menyebabkan masalah kesehatan yang cukup serius, seperti keracunan dan kanker hati karena termasuk bahan karsinogen, iritasi pada mata, kulit dan saluran pencernaan.

Dampak-dampak dari penggunaan zat warna *Rhodamine B* merupakan hasil dari perlakuan buruk manusia yang tidak mengolah limbah dengan tepat sehingga terjadi kerusakan lingkungan yang dapat merugikan makhluk hidup lain. Allah berfirman dalam Al-Qur'an Surat Ar-Rum ayat 41-42, yang berbunyi:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ 41
 قُلْ سِيرُوا فِي الْأَرْضِ فَانظُرُوا كَيْفَ كَانَ عَاقِبَةُ الَّذِينَ مِنْ قَبْلُ كَانُوا أَكْثَرُ هُمْ مُشْرِكِينَ 42

Artinya: *“Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan perbuatan tangan manusia. (Melalui hal itu) Allah membuat mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka agar mereka kembali (ke jalan yang benar). Katakanlah (Nabi Muhammad), “Bepergianlah di bumi, lalu lihatlah bagaimana kesudahan orang-orang dahulu. Kebanyakan mereka adalah orang-orang musyrik.”*

Ayat tersebut menjelaskan sifat buruk orang musyrik Mekah yang menuhankan hawa nafsu. Melalui ayat tersebut, Allah menegaskan bahwa kerusakan di bumi adalah akibat dari mempertuhankan hawa nafsu. Kerusakan yang terjadi di darat dan di laut, kota maupun desa, disebabkan oleh perbuatan manusia yang dikendalikan oleh hawa nafsu dan jauh dari tuntunan fitrah. (al-Wajiz, 2016)

Terdapat beberapa metode yang digunakan untuk mengatasi dampak limbah cair dari industri tekstil. Pengolahan limbah cair yang telah dilakukan umumnya menggunakan proses kimia, proses biologi, proses fisika dan kombinasi dari ketiga proses tersebut. Beberapa metode pengolahan limbah dengan proses kimia dapat menghilangkan warna secara efisien dan mudah dilakukan. Selain itu, beberapa metode dengan proses kimia dapat menghasilkan polusi sekunder berupa lumpur (*sludge*) dalam jumlah yang relatif besar (Sivarajasekar, 2015). Lumpur ini menjadi masalah baru dalam pengolahan limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) sehingga diperlukan proses lanjutan. Pengolahan limbah cair dengan proses biologi dapat memanfaatkan tumbuhan alam dengan enzim laktase pada jamur untuk mendegradasi komposisi warna (Amiruddin, dkk., 2018). Namun, proses ini memiliki beberapa kekurangan seperti eliminasi warna yang kurang efisien karena zat warna umumnya memiliki sifat tahan terhadap degradasi secara biologi (Sibarani dkk., 2016). Proses fisika memiliki efektifitas tinggi dalam pengolahan limbah zat warna karena dapat diterapkan pada berbagai jenis zat warna.

Kelemahan dalam penggunaan proses fisika dalam pengolahan limbah adalah penggunaan sumber energi listrik yang besar dan adanya polusi sekunder berupa *sludge* sehingga dinilai kurang efisien. (Sivarajasekar, 2015).

Salah satu metode yang efisien untuk pengolahan limbah adalah fotodegradasi dengan menggunakan fotokatalis karena hasil degradasinya tidak diperlukan metode pengolahan lanjutan. Metode fotodegradasi dapat menguraikan zat warna menjadi komponen-komponen yang lebih sederhana dan ramah lingkungan. Beberapa fotokatalis yang digunakan berasal dari bahan semikonduktor seperti TiO_2 , ZnO , Fe_2O_3 dan CuS (Sivarajasekar, 2015). Aktivitas fotokatalis pada proses fotodegradasi polutan bergantung pada eksitasi elektron yang efektif. Di antara bahan semikonduktor, TiO_2 dan ZnO merupakan bahan yang paling umum digunakan. ZnO memiliki efisiensi aktivitas fotokatalis yang lebih tinggi dibandingkan TiO_2 (Sudiarti, dkk., 2021). Waktu yang diperlukan fotokatalis ZnO dalam menyerap zat warna lebih singkat daripada waktu yang diperlukan oleh fotokatalis TiO_2 (Sakthivel, dkk., 2003). Hal ini menunjukkan ZnO memiliki kemampuan adsorpsi yang lebih baik dari TiO_2 . (Goueva, dkk., 2003)

Dalam beberapa tahun ini telah dilakukan penelitian untuk meningkatkan aktivitas fotokatalis dan stabilitas ZnO dengan berbagai modifikasi, seperti doping dengan logam, penggabungan dengan logam lain dan kombinasi dengan material karbon. Komposit ZnO yang dikombinasikan dengan material karbon seperti grafena, grafit dan (CNT) telah menunjukkan peningkatan yang relatif besar dalam aktivitas fotokatalis dan stabilitas ZnO . Hal tersebut dikarenakan oleh pengaruh rekombinasi elektron dan peningkatan kapasitas adsorpsi. (Nisar, dkk., 2021)

Grafena merupakan alotrop karbon yang atom-atomnya berikatan sp^2 dengan panjang ikatan molekul sebesar 0,142 nanometer (Rattan dkk., 2019). Grafena dapat disintesis dengan mengolah grafit menjadi lembaran tunggal grafena. Grafit dapat dioksidasi sehingga menghasilkan grafena oksida (GO). Grafit dioksidasi untuk menambah kadar oksigen yang dapat mengikat grafit untuk melepaskan grafit menjadi lembaran tunggal grafena dan untuk memutuskan ikatan karbon rangkap 2 ($C=C$) menjadi $-COOH$, $-OH$, dan ikatan $C-O-C$. Terdapat berbagai metode untuk mensintesis GO, contoh secara umum yaitu metode *Brodie*, metode *Staudenmaier* dan metode *Hummer*. Metode *Staudenmaier* dinilai membutuhkan waktu yang relatif lama pada proses oksidasi dan menghasilkan produk yang berbahaya. Metode *Hummer* merupakan metode yang paling umum digunakan untuk mensintesis GO karena memiliki tingkat oksidasi yang lebih tinggi dari metode *Staudenmaier*. Proses oksidasi pada metode *Hummer* berlangsung dengan suhu rendah dan waktu yang lebih singkat (Hummers dan Offeman, 1958).

Pada awalnya, metode *Hummer* menggunakan oksidator kuat seperti $NaNO_3$ yang berpotensi menimbulkan gas beracun dan ledakan, sehingga metode *Hummer* dimodifikasi dengan mengganti oksidator kuat $NaNO_3$ (Marcano dkk., 2010). Metode *Hummer* yang telah dimodifikasi memiliki beberapa keunggulan, diantaranya metodenya relatif lebih sederhana, GO yang dihasilkan lebih terstruktur, biaya yang digunakan relatif rendah dan efisien waktu (Su dkk., 2010). GO dapat direduksi menjadi turunan grafena yaitu GO yang tereduksi (rGO). rGO memiliki kandungan oksigen lebih rendah dari GO, luas permukaan yang tinggi dan tingkat hidrofobitas yang relatif tinggi. (Chen dkk., 2015)

Grafena oksida dapat disintesis dari berbagai bahan yang mengandung karbon, seperti grafit, biomassa dan limbah. Ampas tebu merupakan salah satu biomassa yang melimpah dan digunakan sebagai sumber daya alternatif sehingga pemanfaatannya masih terbuka untuk diteliti. Salah satu pemanfaatan ampas tebu adalah dijadikan arang yang terdapat atom karbon sebagai penyusunnya. Dengan demikian, ampas tebu berpeluang sebagai bahan baku grafena. Pada penelitian yang dilakukan oleh Ariyanti, dkk. pada tahun 2021, grafena oksida dengan bahan baku ampas tebu berhasil terbentuk. Hal tersebut ditandai dengan adanya ikatan C=O, C-O dan C-OH pada sampel yang terbentuk melalui uji FTIR (Ariyanti dkk., 2021).

Proses reduksi GO pada sintesis *r*GO bertujuan untuk menghilangkan gugus fungsi yang mengandung oksigen setelah proses oksidasi (Hidayat, dkk., 2018). Proses reduksi yang kerap digunakan adalah proses reduksi secara kimia dengan menggunakan bahan kimia seperti hidrazine dan turunannya. Namun, *hidrazine* merupakan bahan kimia yang tidak stabil dan beracun. Beberapa penelitian mulai mengembangkan proses reduksi yang ramah lingkungan dan aman. Beberapa agen pereduksi alami yang telah digunakan adalah ekstrak daun matoa, ekstrak teh hijau dan ekstrak kulit jeruk. Ekstrak jeruk lemon sebagai antioksidan yang kaya akan vitamin C dapat digunakan dalam proses reduksi GO untuk sintesis *r*GO yang lebih ramah lingkungan.

Pengkajian ampas tebu dan ekstrak jeruk lemon sebagai bahan baku *r*GO merupakan salah satu bentuk pemanfaatan ciptaan Allah. Semua hal yang telah diciptakan oleh Allah di bumi ini pasti memiliki manfaat bagi makhluk hidup. Sebagai manusia yang dirahmati akal yang lebih, hendaknya manusia melakukan

penelitian mengenai apa yang telah diciptakan oleh-Nya. Allah berfirman dalam Al-Qur'an Surat Ali-Imran ayat 190-191, yang berbunyi:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِّأُولِي الْأَلْبَابِ 190 الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَاطِلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ 191

Artinya: “*Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi serta pergantian malam dan siang terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berakal, (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk, atau dalam keadaan berbaring, dan memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata), “Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan semua ini sia-sia. Mahasuci Engkau. Lindungilah kami dari azab neraka.*

Makna dari ayat tersebut adalah orang-orang yang berakal akan senantiasa memikirkan, merenungkan kemudian mengambil manfaat dari ciptaan dan keindahan Allah. Selain itu, orang-orang yang berakal akan mengingat Allah dan berzikir kepada Allah seraya melakukan aktivitas mereka serta bersaksi bahwa Allah menciptakan semua hal di dunia tidak ada yang sia-sia melainkan memiliki hikmah dan tujuan di balik ciptaan-Nya. (al-Wajiz, 2016)

Penelitian ini dilakukan untuk mensintesis *rGO* menggunakan bahan baku ampas tebu dengan agen pereduksi yang ramah lingkungan, yaitu ekstrak jeruk lemon. *rGO* yang terbentuk kemudian dikompositkan dengan ZnO membentuk material komposit yang digunakan untuk fotokatalis dalam proses fotodegradasi zat pewarna *Rhodamine B*. Penambahan *rGO* diharapkan dapat meningkatkan sifat fotokatalis pada ZnO. Untuk mengetahui kemampuan *rGO/ZnO* dalam proses fotodegradasi *Rhodamine B*, maka diperlukan karakterisasi terhadap *rGO/ZnO* untuk mengetahui karakteristiknya. Karakteristik tersebut antara lain fasa yang terbentuk pada sampel, gugus fungsi yang terdapat pada sampel dan persen degradasi dari larutan *Rhodamine B* setelah didegradasi menggunakan *rGO/ZnO*.

1.2. Rumusan Masalah

Penelitian yang berjudul “Sintesis ZnO/*r*GO dari Ampas Tebu dengan Agen Pereduksi Ekstrak Jeruk Lemon dan Pengaplikasiannya untuk Fotodegradasi *Rhodamine B*” memiliki rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil sintesis komposit ZnO/*r*GO yang dihasilkan dari reduksi grafit oksida berbahan dasar ampas tebu dengan ekstrak jeruk lemon sebagai agen pereduksi?
2. Bagaimana karakteristik komposit ZnO/*r*GO yang dihasilkan dari reduksi grafit oksida berbahan dasar ampas tebu dengan ekstrak jeruk lemon sebagai agen pereduksi?
3. Bagaimana pengaruh penambahan *r*GO terhadap kemampuan komposit ZnO/*r*GO sebagai fotokatalis dalam proses fotodegradasi zat warna *Rhodamine B*?

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian yang berjudul “Sintesis ZnO/*r*GO dari Ampas Tebu dengan Agen Pereduksi Ekstrak Jeruk Lemon dan Pengaplikasiannya untuk Fotodegradasi *Rhodamine B*” memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Melakukan sintesis komposit ZnO/*r*GO yang dihasilkan dari reduksi grafit oksida berbahan dasar ampas tebu dengan ekstrak jeruk lemon sebagai agen pereduksi.
2. Melakukan karakterisasi pada komposit ZnO/*r*GO yang dihasilkan dari reduksi grafit oksida berbahan dasar ampas tebu dengan ekstrak jeruk lemon sebagai agen pereduksi.

3. Mengetahui pengaruh penambahan *rGO* terhadap kemampuan komposit *ZnO/rGO* sebagai fotokatalis melalui analisis nilai persen degradasi larutan *Rhodamine B* setelah proses fotodegradasi.

1.4. Batasan Penelitian

Penelitian yang berjudul “Sintesis *ZnO/rGO* dari Ampas Tebu dengan Agen Pereduksi Ekstrak Jeruk Lemon dan Pengaplikasiannya untuk Fotodegradasi *Rhodamine B*” memiliki batasan penelitian sebagai berikut:

1. Sintesis *rGO* dari ampas tebu dilakukan dengan metode *Hummer* termodifikasi.
2. Pembuatan komposit *ZnO/rGO* dilakukan dengan variasi massa *rGO* pada komposit *ZnO/rGO* sebesar 0,75 dan 1,5 gram.
3. *ZnO* yang digunakan adalah *ZnO* komersil.
4. Karakterisasi FTIR dilakukan pada sampel grafit oksida, *rGO*, komposit *ZnO/rGO*-0,75 dan komposit *ZnO/rGO*-1,5.
5. Fotodegradasi zat pewarna *Rhodamine B* oleh komposit *ZnO/rGO* dilakukan dengan variasi waktu penyinaran selama 10, 20 dan 30 menit.
6. Konsentrasi larutan uji *Rhodamine B* konstan.
7. Karakterisasi UV-Vis dilakukan pada larutan standar dan larutan uji.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian yang berjudul “Sintesis *ZnO/rGO* dari Ampas Tebu dengan Agen Pereduksi Ekstrak Jeruk Lemon dan Pengaplikasiannya untuk Degradasi *Rhodamine B*” memiliki manfaat penelitian sebagai berikut:

1. Memberikan informasi mengenai sintesis ZnO/rGO berbahan dasar ampas tebu dengan ekstrak jeruk lemon sebagai agen pereduksi.
2. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi dalam upaya pemanfaatan *agro-waste* sebagai pengaplikasian pengolahan limbah.
3. Penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi dalam upaya pengurangan dan pengolahan limbah, terutama limbah tekstil.
4. Penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi dalam pengembangan penelitian-penelitian mengenai pengolahan limbah, baik untuk penelitian terdahulu maupun penelitian selanjutnya.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan tahapan penelitian dan pembahasan hasil karakterisasi, maka kesimpulan yang dapat ditarik adalah sebagai berikut.

1. Sintesis komposit ZnO/rGO berhasil dilakukan dengan hasil berupa komposit ZnO/rGO-0,75 dan komposit ZnO/rGO-1,5. Sintesis komposit ZnO/rGO dilakukan menggunakan metode *Hummer* termodifikasi dengan ampas tebu sebagai bahan baku dan ekstrak jeruk lemon sebagai agen pereduksi. Proses reduksi dengan agen pereduksi ekstrak jeruk lemon pada sintesis komposit ZnO/rGO kurang berjalan dengan optimal
2. Komposit ZnO/rGO-0,75 dan komposit ZnO/rGO-1,5 telah dikarakterisasi menggunakan FTIR untuk diteliti kandungan gugus fungsinya. Gugus fungsi yang terkandung pada kedua sampel yaitu O-H, C=C, C-O dan ZnO yang masing-masing membentuk pita serapan pada panjang gelombang 3367, 1590, 1213 dan 749 cm^{-1} . Keberadaan gugus fungsi C=C dan ZnO mengindikasikan bahwa komposit ZnO/rGO telah berhasil terbentuk. Keberadaan gugus O-H pada komposit ZnO/rGO mengindikasikan bahwa proses reduksi dengan agen pereduksi ekstrak jeruk lemon pada sintesis komposit ZnO/rGO kurang berjalan dengan optimal.
3. Penambahan rGO terbukti dapat meningkatkan kemampuan fotokatalis ZnO. Hal ini dibuktikan dengan nilai persen degradasi dari larutan *Rhodamine B* yang didegradasi dengan ZnO, komposit ZnO/rGO-0,75 dan komposit

ZnO/rGO-1,5 pada waktu optimum masing-masing sebesar 61,5%, 68,8% dan 80,2%.

5.2.Saran

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi kajian ilmiah untuk penelitian selanjutnya dengan beberapa saran yang perlu diperhatikan.

1. Preparasi ekstrak jeruk lemon perlu dipertimbangkan konsentrasi dan kondisi penyimpanan ekstrak jeruk lemon.
2. Parameter sintesis komposit ZnO/rGO perlu dikembangkan kembali, seperti perlakuan pada proses sonikasi dan suhu pengeringan sampel.
3. Diperlukan karakterisasi lain yang mendukung penelitian karakteristik komposit ZnO/rGO, seperti *X-Ray Diffraction (XRD)*, *Gas Chromatography-Mass Spectrometer (GC-MS)* dan *UV-Vis Diffuse Reflectance Spectroscopy (UV-Vis DRS)*.
4. Parameter fotodegradasi zat *Rhodamine B* dengan sintesis komposit ZnO/rGO perlu dikembangkan kembali, seperti sumber cahaya iradiasi, pH larutan dan suhu larutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Wajiz. (2016). Tafsir Ringkas (Jilid 1). Jakarta: Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an.
- Al-Wajiz. (2016). Tafsir Ringkas (Jilid 2). Jakarta: Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an.
- Aniriani, G.W. (2017). Ekstraksi Xilan dan Delognifikasi Bagas (Limbah Pabrik Gula). *Jurnal EnviScience*, 1(1).
- Amiruddin, A., Hasri, H. & Sudding, S., (2018). Biodegradasi Zat Warna Acid Orange 7 Menggunakan Enzim Jamur Tiram Putih (Pleurotus Ostreatus). *Jurnal Kimia Riset*, 3(1): 47–51.
- Ariyanti, D., Lesdantina, D., Budiyo, & Satriadi, H. (2021). Synthesis and characterization of graphene-like material derived from sugarcane bagasse. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1053(1), 012013. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1053/1/012013>
- BPOM. (2008). *Rodamin B (Rhodamine B)*. Badan Pengawas Obat dan Makanan RI: Jakarta.
- Britannica, T. Editors of Encyclopaedia (2023, March 31). *X-ray diffraction*. *Encyclopedia Britannica*. <https://www.britannica.com/science/X-ray-diffraction>
- Caggiano, A., Yu-Hang Chao, C., Ouedraogo, M., Bamogo, H., Sanou, I., Mazars, V., Aubert, J.-E., & Millogo, Y. (2023). *Microstructural, Physical and Mechanical Characteristics of Adobes Reinforced with Sugarcane Bagasse*. <https://doi.org/10.3390/buildings>
- Chen, D., Feng, H., & Li, J. (2012). Graphene oxide: Preparation, functionalization, and electrochemical applications. Dalam *Chemical Reviews* (Vol. 112, Nomor 11, hlm. 6027–6053). <https://doi.org/10.1021/cr300115g>
- Chen, J., Li, Y., Zhang, Y., & Zhu, Y. (2015). Preparation and characterization of graphene oxide reinforced PVA film with boric acid as crosslinker. *Journal of Applied Polymer Science*, 132(22). <https://doi.org/10.1002/app.42000>
- Ditjenbun. (2019). *Statistik Perkebunan Unggulan Indonesia 2019–2021*. Jakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Djarwanti, C. S. & Yuniati. A. (2009). Degradasi Fotokatalitik Polutan Organik dalam Air Limbah Menggunakan TiO₂ Nano Partikel Sistem Lapisan Tipis-Alir. *Jurnal Riset Industri*, 3(2), 109–117.

- Dwandaru, S. B. W., Wijaya, R. I. W., Parwati, D. L. (2019). *Nanomaterial Graphene Oxide: Sintesis dan Karakterisasinya*. Yogyakarta: UNY Press.
- Enrico. (2019). Dampak Limbah Cair Industri Tekstil Terhadap Lingkungan Dan Aplikasi Tehnik Eco Printing Sebagai Usaha Mengurangi Limbah. *MODA*, 1(1), 1–9.
- El-Shater, T., Yigezu, Y. A., Shideed, K., & Aw-Hassan, A. (2017). Impacts of Improved Supplemental Irrigation on Farm Income, Productive Efficiency and Risk Management in Dry Areas. *Journal of Water Resource and Protection*, 09(13), 1709–1720. <https://doi.org/10.4236/jwarp.2017.913106>
- Fatimah, I., & Wijaya, K. (t.t.). *SINTESIS TIO₂ /ZEOLIT SEBAGAI FOTOKATALIS PADA PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI TAPIOKA SECARA ADSORPSI-FOTODEGRADASI*.
- Gouvêa, C. A. K., Fernando Wypych, Sandra G. Moraes, Nelson Durán, Patricio Peralta-Zamora. (2003). Semiconductor-assisted photodegradation of lignin, dye, and kraft effluent by Ag-doped ZnO. *Chemosphere*, 40 (2000), 427–432.
- Hidayat, A., Soni Setiadji, & Eko Prabowo Hadisantoso. (2018). SINTESIS OKSIDA GRAFENA TEREDUKSI (rGO) DARI ARANG TEMPURUNG KELAPA (*Cocos nucifera*). *al-Kimiya*, 5(2), (68–73).
- Hummers, W. S., & Offeman, R. E. (1958). Preparation of Graphitic Oxide.
- Indrawanto, Chandra, Purwono, Siswanto, M. Syakir, Widi Rumini, MS. (2010). *Budidaya dan Pasca Panen Tebu*. Jakarta: Eska Media.
- Kahar, Fitriani. (2022). *Buku Ajar Instrumen Dasar*. Purbalingga: Eureka Media Aksara.
- Kemenperin. (2019, November). *Industri Tekstil dan Pakaian Tumbuh Paling Tinggi*. Kementerian Perindustrian Republik Indonesia. <https://kemenperin.go.id/artikel/21230/Kemenperin:-Industri-Tekstil-dan-Pakaian-Tumbuh-Paling-Tinggi>
- Kolodziejczak-Radzimska, A., & Jesionowski, T. (2014). Zinc oxide-from synthesis to application: A review. Dalam *Materials* (Vol. 7, Nomor 4, hlm. 2833–2881). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ma7042833>
- Laksono, Endang Widjajanti. (2009). *Kajian Penggunaan Adsorben Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Zat Pewarna Tekstil*.
- Liao, C. H., Huang, C. W., & Wu, J. C. S. (2012). Hydrogen production from semiconductor-based photocatalysis via water splitting. Dalam *Catalysts* (Vol. 2, Nomor 4, hlm. 490–516). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/catal2040490>

- Mahiuddin, M., & Ochiai, B. (2021). Lemon Juice Assisted Green Synthesis of Reduced Graphene Oxide and Its Application for Adsorption of Methylene Blue. *Technologies*, 9(4). <https://doi.org/10.3390/technologies9040096>
- Marcano, D. C., Kosynkin, D. V., Berlin, J. M., Sinitskii, A., Sun, Z., Slesarev, A., Alemany, L. B., Lu, W., & Tour, J. M. (2010). Improved synthesis of graphene oxide. *ACS Nano*, 4(8), 4806–4814. <https://doi.org/10.1021/nn1006368>
- Mmaduka Obodo, R., Ahmad, I., & Ifeanyichukwu Ezema, F. (2019). Introductory Chapter: Graphene and Its Applications. *Graphene and Its Derivatives - Synthesis and Applications*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.86023>
- Nethravathi, C. and Rajamathi, M. (2008). Chemically Modified Graphene Sheets Produced by the Solvothermal Reduction of Colloidal Dispersions of Graphite Oxide. *Carbon*, 46, 1994-1998. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2008.08.013>
- Nisar, A., Saeed, M., Muneer, M., Usman, M., & Khan, I. (2022). Synthesis and characterization of ZnO decorated reduced graphene oxide (ZnO-rGO) and evaluation of its photocatalytic activity toward photodegradation of methylene blue. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(1), 418–430. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13520-6>
- Oshina, Ilze dan Janis Spigulis. (2021). Beer-Lambert law for optical tissue diagnostics: current state of the art and the main limitations. *Journal of Biomedical Optics*, 26(10). <https://doi.org/10.1117/1.JBO.26.10.100901>
- Paramasivan, T., Sivarajasekar, N., Muthusaravanan, S., Subashini, R., Prakashmaran, J., Sivamani, S., & Ajmal Koya, P. (2018). Graphene family materials for the removal of pesticides from water. Dalam *A New Generation Material Graphene: Applications in Water Technology* (hlm. 309–327). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-75484-0_13
- Pavia, D. L., Lampman, G. M., Kriz, G. S., (2001). *Introduction to Spectroscopy, Third Edition*. USA: Thomson Learning.
- Pratiwi, R. A. & Nandiyanto, A. B. D. (2022). How to Read and Interpret UV-VIS Spectrophotometric Results in Determining the Structure of Chemical Compounds. *Indonesian Journal of Educational Research and Technology*, 2(1), 1–20. <https://doi.org/10.17509/ijert.v2i1.35171>
- Putri, N., Hikmah, U., & Prasetyo, A. (2023). GREEN SINTESIS OKSIDA GRAFENA TEREDUKSI DARI ARANG TEMPURUNG KELAPA DAN KAYU DENGAN MENGGUNAKAN REDUKTOR RAMAH

LINGKUNGAN ASAM L-ASKORBAT. *Jurnal Kimia (Journal Of Chemistry)*, 82-88. doi:10.24843/JCHEM.2023.v17.i01.p12

- Rattan, S., Kumar, S., & Goswamy, J. K. (2019). Graphene oxide reduction using green chemistry. *Materials Today: Proceedings*, 26, 3327–3331. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.09.168>
- Saigl, Z. M. (2021). Various adsorbents for removal of rhodamine b dye: A review. Dalam *Indonesian Journal of Chemistry* (Vol. 21, Nomor 4, hlm. 1039–1056). Gadjah Mada University. <https://doi.org/10.22146/ijc.62863>
- Sakthivel, S., Neppolian, B., Shankar, M. V, Arabindoo, B., Palanichamy, M., & Murugesan, V. (2003). Solar photocatalytic degradation of azo dye: comparison of photocatalytic efficiency of ZnO and TiO₂. Dalam *Solar Energy Materials & Solar Cells* (Vol. 77).
- Selvam, K., K. Swaminathan, Keon-Sang Chae. (2003). Decolourization of azo dyes and a dye industry effluent by a white rot fungus *Thelephora* sp. *Bioresource Technology*, 88(2), 115–119. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(02\)00280-8](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00280-8)
- Setiabudi, A., Hardian, R., mudzakir, A. (2012). *Karakterisasi Material: Prinsip dan Aplikasinya dalam Penelitian Kimia*. Bandung: UPI Press.
- Setiyanto, Riwayanti, I., dan Kurniasari, L. (2015). Adsorpsi Pewarna Tekstil. Rhodamin B Menggunakan Senyawa Xanthat Pulpa Kopi. *Jurnal Kimia*, 11(1), 24–28.
- Sibarani, J., Lindawati Purba, D., Suprihatin, I. E., & Manurung, M. (2016). FOTODEGRADASI RHODAMIN B MENGGUNAKAN ZnO/UV/REAGEN FENTON. Dalam *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)* (Vol. 4, Nomor 1).
- Sivarajasekar, N. (2015). Agriculture waste biomass valorisation for cationic dyes sequestration: A concise review Pharmaceutical Effluent treatment View project waste water treatment View project. Dalam *Article in Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. www.jocpr.com
- Su, C. Y., Xu, Y., Zhang, W., Zhao, J., Liu, A., Tang, X., Tsai, C. H., Huang, Y., & Li, L. J. (2010). Highly efficient restoration of graphitic structure in graphene oxide using alcohol vapors. *ACS Nano*, 4(9), 5285–5292. <https://doi.org/10.1021/nn101691m>
- Sudiarti, T., Handayani, N. H., Rohmatulloh, Y., Amelia, S. R., Yusuf, R. M., & Ivansyah, A. L. (2021). Facile Synthesis of ZnO Nanoparticles for the Photodegradation of Rhodamine-B. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 24(6), 185–191. <https://doi.org/10.14710/jksa.24.6.185-191>

- Suhartati, Tati. (2017). *DASAR-DASAR SPEKTROFOTOMETRI UV-VIS DAN SPEKTROMETRI MASSA UNTUK PENENTUAN STRUKTUR SENYAWA ORGANIK*. Bandar Lampung: Anugrah Utama Raharja.
- Suseno, E.J. dan K. Sofjan Firdausi. (2008). Rancang Bangun Spektroskopi FTIR (Fourier Transform Infrared) untuk Penentuan Kualitas Susu Sapi. *Berkala Fisika*, 1(1), 23–28.
- Suwarsa, Saepudin. (1998). Penyerapan Zat Warna Tekstil BR Red HE 7B Oleh Jerami Padi. *JMS*, 3(1), 32–40.
- Szunerits, S., Peteu, S., & Boukherroub, R. (2016). Chapter 4: Peroxynitrite-sensitive electrochemically active matrices. Dalam *RSC Detection Science* (Vol. 2016-January, Nomor 7, hlm. 63–77). Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/9781782622352-00063>
- Tahriri, M., Del Monico, M., Moghanian, A., Tavakkoli Yarak, M., Torres, R., Yadegari, A., & Tayebi, L. (2019). Graphene and its derivatives: Opportunities and challenges in dentistry. Dalam *Materials Science and Engineering C* (Vol. 102, hlm. 171–185). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2019.04.051>
- Veliev, E. V., T. Öztürk, S. Veli, A. G. Fatullayev. (2006). Application of Diffusion Model for Adsorption of Azo Reactive Dye on Pumice. *Polish J. Environ. Stud*, 15(2), 347–353.
- Widjonarko, E. N., (2016). Review: Introduction to Advanced X-ray Diffraction Techniques for Polymeric Thin Films. *Coatings*, 6(54), 1–17. doi:10.3390/coatings6040054
- Wojnarowicz, J., Chudoba, T., Lojkowski, W., (2020). A Review of Microwave Synthesis of Zinc Oxide Nanomaterials: Reactants, Process Parameters and Morphologies. *Nanomaterials*, 10(6), 1086. <https://doi.org/10.3390/nano10061086>
- Yusuf, T. L., Orimolade, B. O., Masekela, D., Mamba, B., Mabuba, N., (2022). The application of photoelectrocatalysis in the degradation of rhodamine B in aqueous solutions: a review. *RSC Advances*, 12, 26176–2619. 10.1039/d2ra04236c.
- Zaaba, N. I., Foo, K. L., Hashim, U., Tan, S. J., Liu, W. W., & Voon, C. H. (2017). Synthesis of Graphene Oxide using Modified Hummers Method: Solvent Influence. *Procedia Engineering*, 184, 469–477. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.118>
- Zainul, R., Effendi, J., & Mashuri. (2019). Preparation of ZnO-CuO composite photocatalyst using the sonochemical method. *Journal of Physics:*

Conference Series, 1317(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1317/1/012036>



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA