

**PEMANFAATAN GRAFENA OKSIDA TEREDUKSI (RGO) DARI
ARANG TEMPURUNG KELAPA (*COCOS NUCIFERA*) UNTUK
FOTODEGRADASI ZAT WARNA METILEN BIRU**

TUGAS AKHIR

Untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Sarjana S-1



Syamurti Inayah Putri

(19106020006)

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
PROGRAM STUDI FISIKA
SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
YOGYAKARTA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI 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-2255/Un.02/DST/PP.00.9/08/2023

Tugas Akhir dengan judul : Pemanfaatan Grafena Oksida Tereduksi (rGO) dari Arang Tempurung Kelapa (Cocos Nucifera) untuk Fotodegradasi Zat Warna Metilen Biru

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : SYAMURTI INAYAH PUTRI
Nomor Induk Mahasiswa : 19106020006
Telah diujikan pada : Kamis, 03 Agustus 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

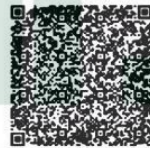
Valid ID: 64e58f3c23e7f



Penguji I

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

Valid ID: 64e585b883633



Penguji II

Dr. Nita Handayani, S.Si, M.Si
SIGNED

Valid ID: 64e2ebd7be637



Yogyakarta, 03 Agustus 2023

UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

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

Valid ID: 64e5ca1358a4d

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Syamurti Inayah Putri

NIM : 19106020006

Program Studi: Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "Pemanfaatan Grafena Oksida Tereduksi (Rgo) Dari Arang Tempurung Kelapa (Cocos Nucifera) Untuk Fotodegradasi Zat Warna Metilen Biru" 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 secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebut dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 24 Juli 2023

Penulis.



Syamurti Inayah Putri
19106020006



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	: SYAMURTI INAYAH PUTRI
NIM	: 19106020006
Judul Skripsi	: Pemanfaatan Grafena Oksida Tereduksi (<i>rGO</i>) Dari Arang Tempurung Kelapa (<i>Cocos Nucifera</i>) Untuk Fotodegradasi Zat Warna Metilen Biru

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, 21 Juli 2023

Pembimbing

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

MOTTO

“Boleh jadi kamu tidak menyenangi sesuatu, padahal itu baik bagimu, dan boleh jadi kamu menyukai sesuatu, padahal itu tidak baik bagimu. Allah mengetahui, sedang kamu tidak mengetahui.” – Surah Al-Baqarah (2):216

“Dan ketahuilah, sesungguhnya kemenangan itu beriringan dengan kesabaran. Jalan keluar beriringan dengan kesukaran. Dan sesudah kesulitan pasti akan datang kemudahan.” – HR. Tirmidzi



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan untuk:

Allah SWT

Nabi Muhammad SAW

Bapak Syamsul dan Ibu Murtiti

Kakak Syamurti Hidayat

Kakak Syamurti Rachmawati

Adik Juwairiyah Angela Bachri

Teman Fisika 2019

SC Fisika Material



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Assallamu'alaikum Wr. Wb

Alhamdulillah rabbi 'aalamin, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian dengan judul **“PEMANFAATAN GRAFENA OKSIDA TEREDUKSI (RGO) DARI ARANG TEMPURUNG KELAPA (COCOS NUCIFERA) UNTUK FOTODEGRADASI ZAT WARNA METILEN BIRU”** dengan baik. Shalawat serta salam tak lupa selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW., semoga kita mendapatkan syafaatnya di yaumulqiyamah aamiin.

Laporan ini merupakan suatu kewajiban bagi penulis untuk memenuhi salah satu persyaratan kelulusan serta untuk mendapatkan gelar sarjana. Penyusunan laporan ini tidak terlepas dari pihak-pihak yang turut membantu dalam penyelesaiannya. Oleh, karena itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Syamsul, Ibu Murtiti, Mas Dayat, Mbak Rachma, dan Adik Juwa yang senantiasa memberikan dukungan berupa materi, motivasi, semangat, maupun do'a yang tidak ada henti-hentinya.
2. Bapak Prof. Dr. Phil. Al Makin, S.Ag., M.A. selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Ibu Dr. Khurul Wardati, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

4. Ibu Anis Yuniati, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
5. Ibu Dr. Widayanti, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing yang selalu sabar membimbing, memberi nasihat, motivasi, ide serta waktu yang telah diberikan selama penyusunan laporan ini.
6. Bapak Frida Agung Rakhmadi, S.Si., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Akademik Mahasiswa Fisika Angkatan 2019.
7. Seluruh Dosen Fisika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah memberikan ilmunya.
8. Zulva Alifatin selaku *partner* yang telah selalu bersama dan membantu selama penelitian berlangsung.
9. Zainal Musthofa yang telah menemani, memberikan semangat, motivasi, dan membantu penulis mengerjakan laporan penelitian ini hingga selesai.
10. Miso, Miko, Meng-Meng, Milo, Dewi, Irin, Sevia, Chandra, teman-teman wwe, dan teman-teman Fisika 19 yang senantiasa memberikan semangat dan hiburan kepada peneliti.
11. Diri sendiri sebagai penulis, yang sudah mampu berjuang melawan rasa malas dan mengesampingkan hal lain untuk penyelesaian laporan penelitian ini.
12. Seluruh pihak yang turut memberi semangat dan do'a hingga laporan ini dapat diselesaikan.

Penulis menyadari penulisan laporan ini masih banyak kekurangan baik dari sistematika penyusunan, isi, hingga proses penulisan laporan ini. Penulis berharap dengan dilakukannya penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca. Aamiin.

Wassallamu 'alaikum Wr. Wb

Yogyakarta, 3 Juli 2023

Penulis



**PEMANFAATAN GRAFENA OKSIDA TEREDUKSI (*rGO*) DARI
ARANG TEMPURUNG KELAPA (*COCOS NUCIFERA*) UNTUK
FOTODEGRADASI ZAT WARNA METILEN BIRU**

SYAMURTI INAYAH PUTRI

19106020006

INTISARI

Penelitian pemanfaatan grafena oksida tereduksi (*rGO*) dari arang tempurung kelapa (*Cocos Nucifera*) untuk fotodegradasi zat warna metilen biru telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan mensintesis grafena oksida tereduksi (*rGO*) dan mengkarakterisasi grafena oksida tereduksi (*rGO*) dari arang tempurung kelapa (*Cocos Nucifera*), serta mengetahui pengaruh variasi lama penyinaran terhadap degradasi metilen biru menggunakan grafena oksida tereduksi (*rGO*). Grafena oksida tereduksi (*rGO*) berhasil disintesis dengan hasil sebanyak 3,9 gram menggunakan metode Hummer. Hasil karakterisasi grafena oksida tereduksi (*rGO*) menggunakan XRD menunjukkan puncak 2θ sebesar $22,28^\circ$ dan $42,82^\circ$. Karakterisasi grafena oksida tereduksi (*rGO*) menggunakan FT-IR menunjukkan keberadaan gugus fungsi C-O, C=C, C=O, dan O-H pada serapan panjang gelombang $1170,37\text{ cm}^{-1}$, $1564,08\text{ cm}^{-1}$, $1696,75\text{ cm}^{-1}$, dan $3204,89\text{ cm}^{-1}$. Hasil menunjukkan bahwa semakin lama waktu penyinaran UV akan semakin besar persentase grafena oksida tereduksi (*rGO*) dalam mendegradasi zat warna metilen biru dengan waktu optimal selama 150 menit sebesar 86,9%.

Kata Kunci: grafena oksida tereduksi (*rGO*), metode Hummer, XRD, FT-IR, degradasi

**UTILIZATION OF REDUCED GRAPHENE OXIDE (RGO) FROM
COCONUT SHELL CHARCOAL (COCOS NUCIFERA) FOR
PHOTODEGRADATION OF METHYLENE BLUE DYE**

SYAMURTI INAYAH PUTRI

19106020006

ABSTRACT

Research on the utilization of reduced graphene oxide (rGO) from coconut shell charcoal (Cocos Nucifera) for the photodegradation of methylene blue dye has been carried out. This study aims to synthesize reduced graphene oxide (rGO) and characterize reduced graphene oxide (rGO) from coconut shell charcoal (Cocos Nucifera), as well as determine the effect of variations in the duration of irradiation on the degradation of methylene blue using reduced graphene oxide (rGO). Reduced graphene oxide (rGO) was successfully synthesized with a yield of 3.9 grams using the Hummer method. The results of the characterization of reduced graphene oxide (rGO) using XRD showed 2θ peaks of $22,28^\circ$ and $42,82^\circ$. Characterization of reduced graphene oxide (rGO) using FT-IR shows the presence of functional groups C-O, C=C, C=O, and O-H at absorption wavelengths of 1170.37 cm^{-1} , 1564.08 cm^{-1} , 1696.75 cm^{-1} , and 3204.89 cm^{-1} . The results showed that the longer the UV irradiation time, the greater the percentage of reduced graphene oxide (rGO) in degrading methylene blue dye with an optimal time of 150 minutes of 86.9%.

Keyword: *reduced graphene oxide (rGO), Hummer method, XRD, FT-IR, degradation*

DAFTAR ISI

PENGESAHAN TUGAS AKHIR	I
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	II
SURAT PERSETUJUAN	III
MOTTO	IV
HALAMAN PERSEMBAHAN	V
KATA PENGANTAR	VI
INTISARI	IX
ABSTRACT	X
DAFTAR ISI	XI
DAFTAR TABEL	XIII
DAFTAR GAMBAR	XIV
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 Tanaman Kelapa.....	14
2.2.2 Grafena Oksida Tereduksi (<i>rGO</i>).....	16
2.2.3 Metode Hummer	19
2.2.4 Metilen Biru	21
2.2.5 Fotodegradasi	22
2.2.6 <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	23
2.2.7 <i>Fourier Transform Infra Red (FT-IR)</i>	26
2.2.8 Spektrofotometer UV-Vis	28

BAB III METODE PENELITIAN	31
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	31
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	31
3.2.1 Alat Penelitian	31
3.2.2 Bahan Penelitian.....	32
3.3 Prosedur Penelitian.....	33
3.3.1 Diagram Alir Penelitian	33
3.3.2 Preparasi Sampel	34
3.3.3 Sintesis Grafena Oksida Tereduksi (<i>rGO</i>)	34
3.3.4 Karakterisasi Grafena Oksida Tereduksi (<i>rGO</i>).....	36
3.3.5 Analisis Karakterisasi Grafena Oksida Tereduksi (<i>rGO</i>)	37
3.3.6 Pembuatan Larutan Metilen Biru 10 ppm	38
3.3.7 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Absorbansi Metilen Biru..	
.....	38
3.3.8 Pembuatan Kurva Standar Metilen Biru	38
3.3.9 Uji Degradasi Larutan Metilen Biru oleh Grafena Oksida Tereduksi	
(<i>rGO</i>) dengan variasi waktu penyinaran.....	39
3.3.10 Analisis Degradasi Larutan Biru oleh Grafena Oksida Tereduksi (<i>rGO</i>)	
dengan variasi waktu penyinaran menggunakan Spektrofotometer UV-Vis ..	
.....	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
4.1 Hasil Penelitian	41
4.2 Pembahasan.....	46
4.3 Integrasi Interkoneksi.....	58
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	64
5.1 Kesimpulan.....	64
5.2 Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN.....	72

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Waktu Penelitian	31
Tabel 3.2 Alat Penelitian.....	32
Tabel 3.3 Bahan Penelitian	32
Tabel 4.1 Hasil absorbansi standar metilen biru	44
Tabel 4.2 Hasil uji degradasi larutan metilen biru oleh grafena oksida tereduksi (<i>rGO</i>) dengan variasi waktu penyinaran menggunakan spektrofotometer UV- Vis.....	46
Tabel 4.3 Hasil uji FT-IR material <i>rGO</i>	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gambar Struktur Buah Kelapa	14
Gambar 2.2 Struktur Grafit	16
Gambar 2.3 Struktur Kimia Grafena	17
Gambar 2.4 Struktur Kimia Grafena Oksida.....	18
Gambar 2.5 Proses Pembentukan dari grafit hingga menjadi grafena oksida tereduksi (<i>rGO</i>).....	19
Gambar 2.6 Struktur kimia metilen biru.	22
Gambar 2.7 Contoh kurva kalibrasi metilen biru dengan persamaan regresi linear	23
Gambar 2.8 Gambar skema prinsip kerja XRD	25
Gambar 2.9 Prinsip kerja FT-IR.....	28
Gambar 2.10 Prinsip kerja spektrofotometer UV-Vis.....	29
Gambar 4.1 Arang Aktif	41
Gambar 4.2 Grafena Oksida Tereduksi (<i>rGO</i>).....	42
Gambar 4.3 Larutan Hasil Proses Oksidasi.....	42
Gambar 4.4 Hasil karakterisasi grafena oksida tereduksi (<i>rGO</i>) menggunakan XRD	43
Gambar 4.5 Hasil karakterisasi grafena oksida tereduksi (<i>rGO</i>) menggunakan FT-IR.....	43
Gambar 4.6 Kurva hubungan absorbansi sebagai sumbu Y dan panjang gelombang sebagai sumbu X	44
Gambar 4.7 Kurva hubungan konsentrasi metilen biru sebagai sumbu Y dengan absorbansi sebagai sumbu X	45
Gambar 4.9 Kurva hubungan Absorbansi sebagai sumbu Y dan variasi waktu penyinaran UV	46
Gambar 4.8 Grafik hubungan antara persentase degradasi metilen biru oleh grafena oksida tereduksi (<i>rGO</i>) dengan variasi waktu penyinaran uv	46
Gambar 4.10 (a) Larutan yang mengandung H ₂ SO ₄ , (b) Larutan yang mengandung KMnO ₄	49

Gambar 4.11 (a) Larutan dengan penambahan akuades, (b) Larutan hasil proses oksidasi.....	49
Gambar 4.12 Larutan pada proses reduksi.....	50
Gambar 4.13 Perbandingan grafik difraktogram hasil XRD	53



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri utama di Indonesia salah satunya ialah industri tekstil, menurut Asosiasi Tekstil Indonesia (API) industri tekstil secara nasional terbagi menjadi sekitar 22 industri benang, 300 industri pemintalan, dan 1.400 perusahaan jahit (Pelaporan POME, EBTKE – KESDM, 2020). Industri tekstil di Indonesia termasuk industri yang diprioritaskan untuk berkembang dengan pesat karena peran pentingnya dalam perekonomian nasional. Potensi pasar dan peluang tenaga yang besar membuat industri tekstil berkembang cukup banyak (Amirudin, 2021). Dilihat dari tren data pertumbuhan industri tekstil dan pakaian jadi, bahwa pertumbuhan periode sampai kuartal 3 2022 (*year on year*) sebesar 11,38% (Data Industri Research, 2022). Terlepas dari pesatnya perkembangan tersebut terdapat efek buruk yang dihasilkan oleh banyaknya industri tekstil di Indonesia. Salah satunya ialah efek yang dihasilkan oleh limbah cair zat warna sintetis yang merupakan sebuah senyawa organik berupa struktur aromatik yang sukar terdegradasi secara alamiah sehingga tidak ramah lingkungan (Saraswati dkk, 2015). Salah satu pewarna yang paling umum di industri tekstil ialah metilen biru (Arias dkk, 2020).

Zat warna sintetis metilen biru ialah salah satu zat warna sintetis dengan struktur senyawa kimia aromatik heterosiklik (Baunsele dan Hildegardis, 2020). Metilen biru ini dapat menghambat penetrasi cahaya sehingga mengganggu ekosistem serta beracun bagi beberapa organisme (Pathania dkk, 2017). Selain itu,

paparan jangka panjang yang disebabkan oleh metilen biru dapat menyebabkan muntah, mual, anemia hingga hipertensi (Hameed, 2009). Ditinjau dari efek negatif yang ditimbulkan oleh zat warna metilen biru tersebut maka perlu penanganan agar limbah yang dihasilkan tidak merusak lingkungan bahkan mengganggu kesehatan manusia. Sebagaimana sesuai dengan firman Allah SWT pada Q.S Al-A'raf ayat 56:

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ

Terjemahnya:

“Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik.”

Ayat tersebut menjelaskan bahwa janganlah membuat kerusakan di muka bumi dengan bentuk apapun sesudah Allah memperbaikinya dan berdoalah kepada Allah dengan rasa takut akan tidak diterimanya sebuah doa serta doa yang penuh harapan untuk dikabulkan. Rahmat Allah akan begitu dekat bagi orang-orang yang melakukan kebaikan.

Ditinjau dari ayat dan penjelasan singkat tersebut, perlunya menjaga lingkungan dengan mencegah pengaruh buruk dari limbah-limbah yang dapat merusak lingkungan. Penanganan limbah metilen biru yang tepat merupakan salah satu bentuk perbuatan baik yang dapat dilakukan untuk mencegah kerusakan lingkungan. Terdapat macam-macam metode yang dapat digunakan dalam menghilangkan zat warna di air diantaranya ialah metode ozonasi, klorinasi,

biodegradasi, koagulasi, oksidasi kimia, adsorpsi, dan osmosis balik (Wijaya dkk, 2006). Metode adsorpsi ialah metode yang tepat untuk menghilangkan zat kimia yang terlarut dalam air serta memiliki keunggulan yaitu biaya yang relative rendah dan pengoperasian yang cukup sederhana (Tiwari dkk, 2013). Metode adsorpsi ini dapat dikembangkan agar lebih efektif dalam mengadsorpsi zat kimia yaitu dengan metode fotodegradasi. Metode fotodegradasi digunakan dengan bantuan energi foton dan sinar UV sehingga dapat menguraikan zat kimia menjadi komponen yang lebih sederhana seperti CO_2 dan H_2O (Choi dkk, 2009). Variasi waktu penyinaran sinar UV terhadap metilen biru dilakukan karena ketika tingkat reaksi fotodegradasi dalam metilen biru dapat diketahui, maka waktu efektif yang diperlukan untuk mendestruksi metilen biru menggunakan bantuan sinar UV dapat ditentukan (Sumerta dkk, 2014).

Adapun material-material yang dapat digunakan untuk adsorpsi yaitu karbon aktif, zeolit, polimer dan biomaterial. Diantara material-material tersebut efisiensi dalam proses adsorpsi masih relatif rendah sehingga diperlukan material alternatif (Gupta dkk, 2016). Salah satu material alternatif yang dapat digunakan ialah grafena oksida yang merupakan salah satu bentuk turunan dari grafena yang memiliki sifat seperti grafena. Grafena oksida tersusun atas lembaran grafena dengan gugus fungsi epoksi dan hidroksil. Struktur berlapis pada grafena oksida memiliki bidang atom karbon yang lebih berat daripada grafena karena terdapat atom oksigen di dalamnya, sehingga dapat memperluas jarak interlayer dan menyebabkan lapisan atom hidrofilik lebih tebal. Oleh karena itu grafena oksida dapat mudah larut dalam air dan berbagai pelarut (Pei dkk, 2012). Grafena oksida

tereduksi dapat diperoleh melalui proses reduksi oksida grafena. Metode top-down dapat digunakan dengan mengubah lapisan-lapisan karbon atau grafit menjadi grafena oksida yang kemudian diubah kembali menjadi grafena (Tang dkk, 2017).

Grafit yang disintesis menjadi grafena oksida tereduksi (*rGO*) dapat dilakukan juga dengan ekstrak bahan alam dalam prosesnya. Salah satunya seperti ekstrak daun matoa yang dilakukan oleh Sujatmiko (2020) dalam proses sintesisnya. Selain itu, terdapat pula bahan alam yang digunakan sebagai material awal untuk pembuatan grafena oksida tereduksi (*rGO*). Seperti penelitian yang dilakukan oleh Saleh dkk (2022) dengan menggunakan cangkang kemiri sebagai material awal pembuatan grafena oksida tereduksi (*rGO*). Bahan alam lain yang dapat digunakan ialah tempurung kelapa seperti pada penelitian Agustina dan Putri (2018) dan Sjahriza dan Herlambang (2021). Pembentukan grafena oksida dapat memanfaatkan sumber karbon dari tempurung kelapa (*Cocos Nucifera*) yang mudah didapatkan.

Penggunaan tempurung kelapa (*Cocos Nucifera*) dilakukan karena mengandung kadar karbon 57,11% dan tersusun dari selulosa ($C_6H_{10}O_5$) serta hemiselulosa dengan struktur atomik berupa ikatan heksagonal. Ikatan tersebut mampu menjadi grafena dengan mereduksi atom hidrogen dan karbonnya serta membuatnya menjadi satu lapis. Oleh karena itu, pemanfaatan arang tempurung kelapa (*Cocos Nucifera*) dilakukan oleh peneliti sebagai bahan dasar dalam pembuatan grafena oksida. Sebagaimana firman Allah SWT pada QS. Al-Baqarah ayat 22:

الَّذِي جَعَلَ لَكُمُ الْأَرْضَ فِرَاشًا وَالسَّمَاءَ بِنَاءً وَأَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجَ بِهِ مِنَ الثَّمَرَاتِ رِزْقًا لَكُمْ ۗ فَلَا تَجْعَلُوا لِلَّهِ أَنْدَادًا وَأَنْتُمْ تَعْلَمُونَ

Terjemahnya:

“Dialah yang menjadikan bumi sebagai hamparan bagimu dan langit sebagai atap, dan Dia menurunkan air (hujan) dari langit, lalu Dia menghasilkan dengan hujan itu segala buah-buahan sebagai rezeki untukmu; karena itu janganlah kamu mengadakan sekutu-sekutu bagi Allah, padahal kamu mengetahui.”

Penjelasan dari ayat tersebut bahwasannya Allah telah memberikan tempat bagi makhluk hidup di bumi dengan sedemikian hebatnya serta sumber daya alam sebagai rezeki dalam memenuhi kehidupan. Rezeki berupa hujan yang kemudian melimpahkan begitu banyak buah-buahan yang dapat dimanfaatkan.

Berdasarkan ayat dan penjelasan singkat tersebut banyaknya buah-buahan yang terdapat di muka bumi ini dapat dimanfaatkan dengan baik. Buah kelapa merupakan buah yang banyak digunakan mulai dari air kelapa, daging kelapa, hingga tempurung kelapa (*Cocos Nucifera*) yang dapat dimanfaatkan. Tempurung kelapa (*Cocos Nucifera*) tersebut mampu menghasilkan sebuah material grafena melalui proses sintesis yang dapat menjadikan arang tempurung kelapa (*Cocos Nucifera*) menjadi grafena oksida tereduksi (*rGO*).

Metode Hummer, metode Staudeumaier's, dan metode Brodie's ialah macam-macam metode yang dapat digunakan untuk mensintesis grafena oksida tereduksi (*rGO*) (Huang dkk, 2011). Metode Brodie's merupakan metode pertama yang dilakukan oleh Brodie dalam mensintesis grafena dengan menambahkan Kalium Klorat ($KClO_3$) ke dalam Asam Nitrat (HNO_3) (Yu H dkk, 2016). Metode

Staudeumaier's merupakan metode yang diciptakan oleh Staudenmaier dalam mengembangkan metode Brodie dengan menambahkan sulfida pada oksidanya.

Metode Brodie's dan metode Staudeumaier's tersebut membutuhkan waktu yang cukup lama dan menghasilkan produk samping yang berbahaya dalam membuat grafena oksida. Sebagai upaya dalam mengembangkan metode sebelumnya, Hummers dan Offeman melakukan sintesis grafena yang juga dikenal sebagai metode Hummer. Metode Hummer merupakan metode eksfoliasi kimia dengan oksidasi dilakukan menggunakan kalium permanganat (KMnO_4) dan asam sulfat (H_2SO_4). Metode Hummer dianggap lebih baik dibandingkan dengan dua metode sebelumnya karena pada proses oksidasi tidak mengeluarkan gas ClO_2 yang berbahaya sebagai hasil dari penggunaan KClO_3 maka diganti dengan KMnO_4 (Syakir N dkk, 2015).

Oleh karena itu dalam penelitian ini akan dilakukan sintesis grafena oksida tereduksi (*rGO*) dengan menggunakan metode Hummer berbahan dasar arang tempurung kelapa (*Cocos Nucifera*) yang selanjutnya akan dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction (XRD)* dan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR)*. Kemudian pada penelitian ini juga akan dilakukan uji degradasi metilen biru dengan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis berdasarkan variasi lama penyinaran.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, maka permasalahan dalam penelitian dapat dirumuskan sebagai berikut.

1. Bagaimana mensintesis grafena oksida tereduksi (*rGO*) dari arang tempurung kelapa (*Cocos Nucifera*)?
2. Bagaimana karakterisasi grafena oksida tereduksi (*rGO*) dari arang tempurung kelapa (*Cocos Nucifera*)?
3. Bagaimana pengaruh variasi lama penyinaran terhadap degradasi metilen biru menggunakan grafena oksida tereduksi (*rGO*) dari arang tempurung kelapa (*Cocos Nucifera*)?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah penelitian, maka dapat diturunkan tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Mensintesis grafena oksida tereduksi (*rGO*) dari arang tempurung kelapa (*Cocos Nucifera*).
2. Mengkarakterisasi grafena oksida tereduksi (*rGO*) dari arang tempurung kelapa (*Cocos Nucifera*).
3. Mengetahui pengaruh variasi lama penyinaran terhadap degradasi metilen biru menggunakan grafena oksida tereduksi (*rGO*) dari arang tempurung kelapa (*Cocos Nucifera*).

1.4 Batasan Penelitian

Penelitian ini dibatasi hanya pada hal-hal berikut:

1. Sintesis grafena oksida tereduksi (*rGO*) dari arang tempurung kelapa (*Cocos Nucifera*) dilakukan dengan menggunakan metode Hummer.
2. Karakterisasi grafena oksida tereduksi (*rGO*) dari arang tempurung kelapa (*Cocos Nucifera*) dilakukan dengan menggunakan XRD dan FTIR.
3. Uji degradasi metilen biru menggunakan grafena oksida tereduksi (*rGO*) dari arang tempurung kelapa (*Cocos Nucifera*) dilakukan dengan variasi lama penyinaran yaitu 30, 60, 90, 120, dan 150 menit.
4. Uji degradasi dianalisis menggunakan Spektrofotometer UV-Vis.
5. Arang tempurung kelapa (*Cocos Nucifera*) yang digunakan ialah arang tempurung kelapa (*Cocos Nucifera*) komersil.

1.5 Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini diharapkan dapat diperoleh beberapa manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat dalam khazanah keilmuan
 - a. Menjadikan salah satu kajian ilmiah bahwa tempurung kelapa (*Cocos Nucifera*) dapat dijadikan material awal pembuatan grafena oksida tereduksi (*rGO*) menggunakan metode Hummer.
 - b. Memberikan informasi terkait karakteristik grafena oksida tereduksi (*rGO*) dari arang tempurung kelapa (*Cocos Nucifera*).

- c. Menjadikan salah satu kajian ilmiah bahwa grafena oksida tereduksi (*rGO*) dari arang tempurung kelapa (*Cocos Nucifera*) dapat mendegradasi zat warna metilen biru.
2. Manfaat dalam praktik sosial
 - a. Pemanfaatannya dalam mengurangi limbah tempurung kelapa (*Cocos Nucifera*) yang mudah dijumpai dan dapat diaplikasikan.
 - b. Informasi kepada industri tekstil terkait limbah yang mengandung zat warna metilen biru dapat diminimalisir dengan mendegradasinya menggunakan *rGO* sebagai upaya memelihara lingkungan disekitarnya.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasannya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sintesis grafena oksida tereduksi (*rGO*) berhasil dilakukan dengan memanfaatkan arang aktif dari tempurung kelapa (*Cocos Nucifera*). Sintesis grafena oksida tereduksi (*rGO*) dilakukan menggunakan metode Hummer yang melibatkan H_2SO_4 dan KMnO_4 pada proses oksidasi serta H_2O_2 pada proses reduksi. Sintesis menggunakan metode Hummer ini menghasilkan serbuk grafena oksida tereduksi (*rGO*) sebanyak 3,9 gram.
2. Grafena oksida tereduksi (*rGO*) yang telah disintesis dikarakterisasi menggunakan XRD dan FT-IR. Hasil karakterisasi menggunakan XRD menunjukkan bahwa grafena oksida tereduksi (*rGO*) berhasil dibentuk dengan ditunjukkannya puncak 2θ sebesar $22,28^\circ$ dan $42,82^\circ$. Selain itu, karakterisasi menggunakan FT-IR juga dilakukan dengan hasil yang menunjukkan keberadaan gugus fungsi C=C sebagai indikasi utama terbentuknya grafena oksida tereduksi (*rGO*) pada serapan panjang gelombang $1564,08 \text{ cm}^{-1}$.
3. Pengaruh waktu penyinaran UV terhadap persentase degradasi menunjukkan bahwa semakin lama waktu penyinaran maka persentase degradasi yang dihasilkan akan semakin besar. Hal tersebut menunjukkan bahwa grafena oksida tereduksi (*rGO*) akan mendegradasi metilen biru secara optimal sebesar 86,9% dengan waktu penyinaran UV 150 menit.

5.2 Saran

Penelitian ini diharapkan mampu dijadikan kajian ilmiah dengan memperhatikan beberapa saran seperti:

1. Penggunaan *sentrifugasi* berkecepatan tinggi dalam memisahkan *rGO* dengan zat warna metilen biru, serta magnetic stirrer untuk mencampurkan grafena oksida tereduksi (*rGO*) dalam metilen biru.
2. Pembuatan grafena oksida tereduksi (*rGO*) dari bahan alam lain dan metode lain sebagai pembanding.
3. Penggunaan variasi panjang gelombang dan waktu penyinaran sinar UV dalam mendegradasi zat warna metilen biru.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah. 2012. *Sintesis TiO₂ Nanopartikel Non Hidrolisis untuk Fotodegradasi Zat Warna Metilen Biru*. (Tugas Akhir), Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga, Yogyakarta.
- Agustina, L., dan Putri, N. P. 2018. Analisis fasa dan ikatan molekul reduced graphene oxide (rGO) berbahan dasar tempurung kelapa. Membumikan Fisika dan Pembelajaran Fisika dalam Membangun Kearifan Global. *SEMINAR NASIONAL FISIKA (SNF) 2018*. 222 – 225.
- Al-Doury, M. M., dan Suha, S. A. 2015. Removal of Phenol and Parachlorophenol from Synthetic Wastewater Using Prepared Activated Carbon from Agricultural Wastes. *International Journal of Sustainable and Green Energy*, **4**, **3**, 92-101.
- Amirudin, A. 2021. *Analisis Daya Saing Industri Tekstil dan Produk Tekstil di Indonesia*. (Tugas Akhir), Universitas Hasanuddin Makassar Fakultas Ekonomi dan Bisnis Departemen Ilmu Ekonomi.
- Andari, N. D., dan Wardhani, S. 2014. Fotokatalis Tio₂-Zeolit Untuk Degradasi Metilen Biru. *Chem. Prog.* **Vol. 7**, **No.1**.
- Anisyah, Arnelli, dan Astuti, Y. 2021. Pembuatan Karbon Aktif Termodifikasi Surfaktan Sodium Lauryl Sulphate (SMAC-SLS) dari Tempurung Kelapa Menggunakan Aktivator ZnCl₂ dan Gelombang Mikro sebagai Adsorben Kation Pb (II). *Greensphere: J. Environ. Chem.* **1** (1) 1-6.
- Arias, F., Guevera, M., Tene, T., Angamarca, P., Molina, R., Valarezo, A., Salguero, O., Gomez, C. V., Arias, M., dan Caputi, L. S. 2020. The Adsorption of Methylene Blue on Eco-Friendly Reduced Graphene Oxide. *Nanomaterials*, **10**, **681**.
- Aritonang, A. B., Parwaty, P., Wibowo, M., A., Ardiningsih, P., dan Adhitiyawarman. 2022. Sintesis TiO₂-rGO Dengan Pereduksi Alumunium untuk Fotokatalisis Degradasi Metilen Biru dibawah Irradiasi Sinar Tampak. *Equilibrium Journal of Chemical Engineering* **6(2)**: 150–156.
- Asri, A., Arief I. L., Hasanudim, Faryuni, I. D., Nurhanisa, M., dan Hidayat, W. 2022. Uji Kinerja Polipropilena Berlapisan Fotokatalis TiO₂ pada Fotodegradasi Methylene Blue. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat* **vol. 19**, **no. 2**, 182-189.

- Awan, Z., Naqvi, A. A., Shahis, Z., Butt, F. A., dan Faizan, R. 2022. Synthesis and Characterization of Graphene Sheets from Graphite Powder by Using Ball Milling. *Revista UIS Ingenierías* **Vol. 21, no 3.** 71-76.
- Bakti, A. I., Yuanita, A. H., dan Mahendra, K. N. 2022. Karakterisasi Karbon Aktif yang Terbuat dari Tempurung Kelapa dengan Aktivasi Na_2CO_3 Dan Suhu $1000\text{ }^\circ\text{C}$ Menggunakan Teknik XRD dan SEM-EDX. *Chem. Prog.* **Vol. 15, No. 2,** 76-82.
- Baunsele, A.B., dan Hildegardis, M. 2020. Kajian Kinetika Adsorpsi Metilen Biru Menggunakan Adsorben Sabut Kelapa. *Akta Kimia Indonesia* **5(2),** 76-85.
- Chan, S. H. S., Wu, Y. T., Juan, J. C., dan Teh, C. Y. 2011. Recent developments of metal oxide semiconductors as photocatalysts in advanced oxidation processes (AOPs) for treatment of dye waste-water. *J Chem Technol Biot,* **86(9),** 1130-1158.
- Ciptasari, N., Darsono, N., Handayani, M., dan Soedarsono J. W. 2020. Synthesis of Graphite Oxide Using Hummers Method: Oxidation Time Influence. *Proceedings of the 4th International Seminar on Metallurgy and Materials (ISMM2020) AIP Conf. Proc.* 2382, 020010-1–020010-5.
- Data Industri Research. 2022. *Pertumbuhan Industri Tekstil dan Pakaian Jadi, 2011 – 2022.* Diakses 16 Februari 2023 dari <https://www.dataindustri.com/produk/tren-data-pertumbuhan-industri-tekstil-dan-pakaian-jadi/>
- Day, R. A., dan Underwood, A. L. 1999. *Analisis Kimia Kuantitatif (Penerjemah Aloysius Hadyana Pudjaatmaka, Ph. D).* Jakarta: Erlangga.
- Dwandaru, W. S. B., Wijaya, R. I. W., dan Parwati, L. D. 2019. *Nanomaterial Graphene Oxide.* Yogyakarta: UNY Press.
- Fessenden, R. J., dan Fessenden, J. S. 1989. *Kimia Organik: Edisi Ketiga.* Jakarta: Erlangga.
- Geim, A. K., dan Novoselov, K. S. 2007. The Rise of Graphene. *Nature Materials.* **vol. 6.** 1-14.
- Hardian, A., Putri, R.H., Budiman, S., dan Syarif, D.G. 2021. Sintesis Keramik Komposit $\text{ZrO}_2\text{-ZnFe}_2\text{O}_4$ sebagai Fotokatalis Magnetik untuk Degradasi Metilen Biru. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia,* **Vol. 17(1),** 43-53
- Hameed, B. H. 2009. Spent tea leaves: a new non-conventional and low-cost adsorbent for removal of basic dye from aqueous solutions. *J. Hazard. Mater.* **161,** 753–759.

- Hidayah, N.M.S., Liu, W.W., Lai, C.W., Noriman, N.Z., Khe, C.S., Hashim, U., dan Lee, H.C. 2017. Comparison on Graphite, Graphene Oxide and Reduced Graphene Oxide: Synthesis and Characterization. *Proceedings of the International Conference of Global Network for Innovative Technology and AWAM International Conference in Civil Engineering (IGNITE-AICCE'17) AIP Conf. Proc. 1892*, **150002-1–150002-8**.
- Hidayat, A., Setiadi, S., dan Hadisantoso, E, P., 2018. Sintesis Oksida Grafena Tereduksi (*rGO*) Dari Arang Tempurung Kelapa (*Cocos Nucifera*). *l-Kimiya*, **Vol. 5, No. 2** 68-73.
- Hikmah, I. N., Hutapea, J. M. A., Bahtiar, A., Syakir, N., dan Fitrilawati. 2022. Studi Adsorpsi Methylene Blue oleh Graphene Oxide dengan dan Tanpa Penyinaran Menggunakan Sinar Uv-A. *JIF (Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika)* **Vol. 06, No. 02**: 174 – 181.
- Huang, N. M., Lim, H. N., Chia, C. H., Yarmo, A. M., dan Muhamad, M. R. 2011. "Simple Room Temperature Preparation of High Yield Graphene Oxide," *Dove Press*, pp. 3443-3448.
- Kevin. Spectrophotometry. Diakses 20 April 2023. <https://chem.libretexts.org/@go/page/1431?pdf>.
- Khopkar, S. M. 2007. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: UI Press.
- Kristiyanti, N., dan Dwandaru, W. S. B. 2017. *Sintesis dan Karakterisasi Reduced Graphene Oxide Berbahan Dasar Karbon Baterai NMC Menggunakan Metode Audiosonikasi*. Jurusan Pendidikan Fisika Universitas Negeri Yogyakarta.
- Kusumattaqiin, F., Ramli., Kurnyawaty, N., Halik, A., dan Hira, T. 2020. Analisa Struktur Oksida Grafena Tereduksi. *Jurnal Pendidikan Kimia dan Ilmu Kimia*, **Volume 3 Nomor 1**.
- Makhdoom, M. A. 2018. *Low Temperature Processing Route of Silicon Nanoparticle Layers for Solar Cell Application*. (Thesis), Fakultas Teknik Universitas Friedrich-Alexander Erlangen-Nuremberg.
- Mardiatmoko, G., dan Mira. 2018. *Produksi Tanaman Kelapa (Cocos Nucifera L)*. Ambon: BFP UNPATTI.
- Nugraheni, A. Y. 2017. *Analisis Struktur Grafena Oksida Tereduksi Dari Tempurung Kelapa Tua Dengan Hamburan Sinar-X Sudut Kecil Sinkrotron (Saxs)*. (Tugas Akhir), Jurusan Fisika, FMIPA, ITS, Surabaya.

- Pathania, D., Sharma, S., dan Singh, P. 2017. Removal of methylene blue by adsorption onto activated carbon developed from *Ficus carica* bast. *Arab. J. Chem.*, **vol. 10**: S1445–S1451.
- Pelaporan POME, EBTKE – KESDM. 2020. *Industri Tekstil*. Diakses pada 20 November 2022. https://simebtke.esdm.go.id/sinergi/sektor_pengguna_energi/detail/12/industri-tekstil.
- Permanasari, A., Zulkiyah, Suryana, A., dan Siswaningsih, W. 2016. *Kimia Analitik Instrumen*. Tangerang: Universitas Terbuka.
- Qiao, X., Shijun, L., Chenghang, Y., dan Rong, C. 2015. Phosphorus and Nitrogen Dual Doped and Simultaneously Reduced Graphene Oxide with High Surface Area as Efficient Metal-Free Electrocatalyst for Oxygen Reduction. *Catalysts* **5** (2): 981–91.
- Rafie, H. A., Ismail, N. S., Dasiano, S. H. N. I. D., Kasim, M. F., Ramli, N. I. T., Hir, Z. A. M., dan Mamat, M. H. 2022. Onstructing Ni-Doped ZnO/GO Heterostuctures For Enhanced Sunlight Triggered Degradation of Methylene Blue Dye. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, **Vol 26 No 3**: 520 – 531.
- Rafitasari, Y., Suhendar, H., Imani, N., Luciana, F., Radean, H., dan Santoso, I. 2016. Sintesis Graphene Oxide dan Reduced Graphene Oxide. *Prosding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2016*.
- Rukmana, R. H., dan Yudirachman, H. H. 2016. *Untung berlipat dari budidaya kelapa*. Yogyakarta: Andi.
- Saleh, A., Amhadin, F. A., dan Novianty, L. 2022. Synthesis of Reduced Graphene Oxide and Zinc Oxide Composite from Candlenut Shell Charcoal (*Aleurites Moluccana*). *Journal of Islamic Science and Technology* **Vol. 8, No. 1**.
- Saputro, B. A. 2021. Karbon Aktif Tempurung Kelapa Teraktivasi H₃PO₄ Sebagai Adsorben Pada Pemurnian Minyak Goreng Bekas. (Tugas Akhir), Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga, Yogyakarta
- Sastrohamidjojo, H. 2018. *Dasar – Dasar Spektroskopi*. Yogyakarta: UGM Press.
- Setiabudi, A., Hardian, R., dan Muzakir, A. 2012. *Karakterisasi Material; Prinsip dan Aplikasinya dalam Penelitian Kimia*. Bandung: UPI Press.
- Sharifi, Seyed, H., Archin, S., dan Asadpour, G. 2018. Optimization of Process Parameters by Response Surface Methodology for Methylene Blue Removal Using Cellulose Dusts. *Civil Engineering Journal* **Vol. 4, No. 3**.

- Sholehah, A., Vinanza, N. E., Nurulhuda., dan Rengga, W. D. P. 2020. Synthesis and Characterization of Graphene Using Coconut Shell Charcoal. *Rekayasa* **18 (1)**: 12-17.
- Silverstein, R. M., Francis X. W., dan David J. K. 2005. *Spectrometric Identification of Organic Compounds: 7th ed.* Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Siong, V.L.E., Lee, K.M., Juan, J.C., Lai, C.W., Tai, X.H., and Khe, C.S. 2019. Removal of Methylene Blue Dye by Solvothermally Reduced Graphene Oxide: A Metal-free Adsorption and Photodegradation Method. *RSC Adv*, **9**, **37686**.
- Sjahfirdi, L., Aldi, N., Maheswari, H., dan Astuti, P. 2015. Aplikasi Fourier Transform Infrared (FTIR) dan Pengamatan Pembengkakan Genital Pada Spesies Primata, Lutung Jawa (*Trachypithecus Auratus*) Untuk Mendeteksi Masa Subur. *Jurnal Kedokteran Hewan* **Vol. 9 No. 2**.
- Sjahriza, A., dan Herlambang, S. 2021. Sintesis Oksida Grafena Dari Arang Tempurung Kelapa Untuk Aplikasi Antibakteri Dan Antioksidan. *al-Kimiya: Jurnal Ilmu Kimia dan Terapan*, **Vol. 8, No. 2**, 51-58.
- Slamet, Bismo, S., Arbianti, R., dan Sari, Z. 2006. Penyisihan Fenol Dengan Kombinasi Proses Adsorpsi dan Fotokatalisis Menggunakan Karbon Aktif dan TiO₂. *Jurnal Teknologi, Edisi No.4*.
- Suhendi, E. 2011. Graphene Dan Aplikasinya Pada Divais Elektronika. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir PTNBR – BATAN*.
- Sujatmiko, F. 2020. *Biosintesis Komposit Grafena Oksida Tereduksi/Sno₂ Menggunakan Ekstrak Daun Matoa (Pometia Pinnata) Untuk Degradasi Fotokatalitik Biru Metilena*. (Tugas Akhir), Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam.
- Sumerta, I. K., Wijaya, K., dan Tahir, I. 2002. Fotodegradasi Metilen Biru Menggunakan Katalis TiO₂-Monmorilonit dan Sinar UV. *Seminar Nasional Pendidikan Kimia, Jurusan Kimia FMIPA, Universitas Negeri Yogyakarta*.
- Swain, S.S., Unnikrishnan, L., Mohanty, S., dan Nayak, S. K. 2018. Hybridization of Mwcnts And Reduced Graphene Oxide on Random and Electrically Aligned Nanocomposite Membrane for Selective Separation of O₂/N₂ Gas Pair. *Journal of Material Science* **(53)9**.
- Syakir, N., Rhesti, N., Syafiul, A., Annisa, A., Sahrul, H., dan Fitrilawati. 2015. Kajian Pembuatan Oksida Grafite untuk Produksi Oksida Grafena dalam Jumlah Besar. *Jurnal Fisika Indonesia* **No: 55, Vol XIX**.

- Thema, F. T., Dikio, E. D., Moloto, M. J., Khenfouch, M., Nyangiwe, N. N., Kotsedi, L., dan Maaza, M. 2012. "Synthesis and Characrerization of Graphene Thin Film via Hummer's Method". *NSTI-Nanotech*, **vol. 1**, 13-16.
- Thermo Nicolet Corporation. 2007. *Introduction to Fourier Transform Infrared Spectrometry*. Madison: A Thermo Electron business.
- Tiwari, J. N., Mahesh, K., Le, N. H., Kemp, K. C., Timilsina, R., Tiwari, R. N., dan Kim, K. S. 2013. Reduced Graphene Oxide-Based Hydrogels for The Efficient Capture of Dye Pollutants from Aqueous Solutions. *Carbon*, **56**, 173–182.
- Wardhani, S., Bahari, A., dan Khunur, A. A. 2016. Aktivitas Fotokatalitik Beads Tio₂-N/Zeolit-Kitosan Pada Fotodegradasi Metilen Biru (Kajian Pengembangan, Sumber Sinar Dan Lama Penyinaran). *Journal of Environmental Engineering & Sustainable Technology JEEST* **Vol. 03 No. 02**, 78-84.
- Widihati, I. G., Diantariani, N. P., dan Nikmah, Y. F. 2011. Fotodegradasi Metilen Biru Dengan Sinar Uv Dan Katalis Al₂O₃. *Jurnal Kimia* **5 (1)**: 31-42.
- Wiryawan, A., Retnowati, R., dan Sabarudin, A. 2008. *Kimia Analitik untuk SMK*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.
- Yanlinastuti., dan Fatimah, S. 2016. Pengaruh Konsentrasi Pelarut Untuk Menentukan Kadar Zirkonium Dalam Paduan U-Zr Dengan Menggunakan Metode Spektrofotometri Uv-Vis. *ISSN 1979-2409* **No. 17**.